

ISSN 1598-5601

한국우주과학회보

Bulletin of The Korean Space Science Society

제27권 1호

2018년 5월



사단법인 한국우주과학회
The Korean Space Science Society

한 국 우 주 과 학 회

회 장: 김용하 (충남대, 042-821-5467, yhkim@cnu.ac.kr)
부 회 장: 손영중 (연세대, 02-2123-5688, sohnyj@yonsei.ac.kr)
오승준 ((주)에스이랩, 02-888-0850 oh@selab.co.kr)
최기혁 (항우연, 042-860-2217, gchoi@kari.re.kr)
총무이사: 광영실 (천문연, 042-865-2039, yskwak@kasi.re.kr)
학술이사: 이 유 (충남대, 042-821-5468, euyiyu@cnu.ac.kr)
재무이사: 김관혁 (경희대, 031-201-3845, khan@khu.ac.kr)

이 사

김해동 (항우연, 042-860-2812, haedkim@kari.re.kr)
박상영 (연세대, 02-2123-5687, spark@galaxy.yonsei.ac.kr)
박장현 (천문연, 042-865-3222, jhpark@kasi.re.kr)
박종욱 (천문연, 042-865-3233, jupark@kasi.re.kr)
용상순 (항우연, 042-860-2495, ssyong@kari.re.kr)
유광선 (과기원, 042-350-8619, kwangsun@kaist.ac.kr)
이대영 (충북대, 043-261-2316, dylee@chungbuk.ac.kr)
이동훈 (경희대, 031-201-2449, dhlee@khu.ac.kr)
이병선 (전자연, 042-860-4903, lbs@etri.re.kr)
이재진 (천문연, 042-865-3248, jilee@kasi.re.kr)
이주희 (항우연, 042-860-2378, jhl@kari.re.kr)
임조령 (항우연, 042-860-2874, jryim@kari.re.kr)
정종균 (천문연, 042-865-3239, jkchung@kasi.re.kr)
조중현 (천문연, 042-865-3238, jhjo39@kasi.re.kr)
지건화 (극지연, 032-760-5306, ghjee@kopri.re.kr)
진 호 (경희대, 031-201-3865, benho@khu.ac.kr)
채종철 (서울대, 02-880-6624, jcchae@snu.ac.kr)
최영준 (천문연, 042-865-3266, yjchoi@kasi.re.kr)

감 사

김갑성 (경희대, 032-201-2443, kskim@khu.ac.kr)
한원용 (천문연, 042-865-3219, whan@kasi.re.kr)

편집위원회

위원장 이 유 (충남대, 042-821-5468, euyiyu@cnu.ac.kr)
부위원장 이은상 (경희대, 031-201-2047, eslee@khu.ac.kr)
편집실장 김숙경 (학회, 042-865-3351, cosmos@kssss.or.kr)

위 원

김방엽 (항우연, 042-860-2144, kby@kari.re.kr)
나자경 (천문연, 042-865-2055, jknah@kasi.re.kr)
박찬덕 (연세대, 02-2123-5692, park.chandeok@yonsei.ac.kr)
이기원 (대가대, 053-850-2573, leekw@cu.ac.kr)
이대희 (천문연, 042-865-3370, dhlee@kasi.re.kr)
이병선 (전자연, 042-860-4903, lbs@etri.re.kr)
이수창 (충남대, 042-821-5470, screy@cnu.ac.kr)
이재진 (천문연, 042-865-3248, jilee@kasi.re.kr)
이주희 (항우연, 042-860-2378, jhl@kari.re.kr)
지건화 (극지연, 032-260-6132, ghjee@kopri.re.kr)
최영준 (천문연, 042-865-3266, yjchoi@kasi.re.kr)
Chung Yue Hui (Chungnam National University, Daejeon Korea)
Xinlin Li (University of Colorado, Boulder USA)
Tapas Kumar Das (Harish-Chandra Research Institute, Calcutta India)
Edward F. Guinan (Villanova University, Pennsylvania USA)
Boonrucksar Soonthornthum (Chiang Mai University, Chiang Mai Thailand)
Paul A. Evenson (University of Delaware, Newark USA)

David Ruffolo (Mahidol University, Bangkok Thailand)
Jeongwoo Lee (New Jersey Institute of Technology, Newark USA)
Eunhwa Kim (Princeton Plasma Physics Laboratory, Princeton USA)
Ivan L. Andronov (Odessa National Maritime University, Ukraine)
Lee-Anne Mckinnell (South African National Space Agency, South Africa)
Lin-Ni Hau (National Central University, Taiwan (R.O.C.))
Vitaly P. Kim (Russian Academy of Sciences (IZMIRAN), Russia)
Jiuhou Lei (University of Science and Technology of China, China)
Charles Lin (National Cheng Kung University, Taiwan (R.O.C.))
Huixin Liu (Kyushu University, Japan)
Valery Nakariakov (University of Warwick, United Kingdom)
Yuichi Otsuka (Nagoya, University)
Ilya Usoskin (University of Oulu, Finland)
Chao Xiong (GFZ German Research Centre for Geosciences, Germany)
Sungpil Yoon (NOAA, NOS, MD USA)

포상위원회

위원장 손영중 (연세대, 02-2123-5688, sohnyj@yonsei.ac.kr)

위 원

광영실 (천문연, 042-865-2039, yskwak@kasi.re.kr)
이 유 (충남대, 042-821-5468, euyiyu@cnu.ac.kr)
진 호 (경희대, 031-201-3865, benho@khu.ac.kr)
채종철 (서울대, 02-880-6624, jcchae@snu.ac.kr)

학술대회준비위원회

위원장 이대영 (충북대, 043-261-2316, dylee@chungbuk.ac.kr)

위 원

김연한 (천문연, 042-865-3209, yhkim@kasi.re.kr)
이주희 (항우연, 042-860-2378, jhl@kari.re.kr)
정종균 (천문연, 042-865-3239, jkchung@kasi.re.kr)
진 호 (경희대, 031-201-3865, benho@khu.ac.kr)
황정아 (천문연, 042-865-2061, jahwang@kasi.re.kr)

JASS발견위원회

위원장 김관혁 (경희대, 031-201-3845, khan@khu.ac.kr)

위 원

광영실 (천문연, 042-865-2039, yskwak@kasi.re.kr)
김은혁 (항우연, 042-870-3669, eunhyeuk@kari.re.kr)
오수연 (전남대, 062-571-7175, osy1999@cnu.ac.kr)
이대영 (충북대, 043-261-2316, dylee@chungbuk.ac.kr)
이 유 (충남대, 042-821-5468, euyiyu@cnu.ac.kr)
조중현 (천문연, 042-865-3238, jhjo39@kasi.re.kr)
지건화 (극지연, 032-760-5306, ghjee@kopri.re.kr)
최정림 (충북대, 043-261-2312, crchoi@chungbuk.ac.kr)
황정아 (천문연, 042-865-2061, jahwang@kasi.re.kr)

대외협력위원회

위원장 문홍규 (천문연, 042-865-3251, fullmoon@kasi.re.kr)

사무국

사무국장: 고미희 (학회, 042-865-3391, kssss@kssss.or.kr)
34055 대전광역시 유성구 대덕대로 776 한국천문연구원 내
Tel: (042) 865-3391 Homepage: <http://kssss.or.kr>

ISSN 1598-5601

한국우주과학회보

Bulletin of The Korean Space Science Society

제27권 1호

2018년 5월



사 단 법 인 한 국 우 주 과 학 회

The Korean Space Science Society

차 례

등록 및 교통 안내	8
2018년 봄 학술대회 일정표 요약(CONFERENCE PROGRAM)	9
구두발표 논문제목 및 시간표(PAPER PROGRAM)	13
포스터발표 논문제목 및 시간표(POSTER TITLES)	20
구두발표 논문 초록(ABSTRACTS)	27
포스터발표 논문 초록(ABSTRACTS-POSTER)	45
프로시딩(PROCEEDINGS)	67
학회 및 관련기관 소식	83
연구홍보 / 광고	119

<사단법인 한국우주과학회 입회 안내>

사단법인 한국우주과학회는 천문·우주과학 및 관련분야에 종사하는 여러분의 입회를 환영합니다. 우리 학회에 입회를 희망하시는 분은 입회원서 양식에 인적사항을 기재하시어 학회로 보내 주시거나 홈페이지에서 가입하시고 입회비와 연회비는 학회 은행계좌로 송금하시기 바랍니다.

■ 보낼곳: 한국우주과학회
34055 대전광역시 유성구 대덕대로 776
한국천문연구원 내
전화 042-865-3391
팩스 042-865-3392

■ 은행계좌:
국민은행 012-01-0603-888
우리은행 126-435843-01-001
예 금 주 한국우주과학회

■ 회비납부안내

회원구분	입회비	연회비
학생회원(학부생)	10,000원	-
정회원	10,000원	50,000원
회장,부회장,	-	100,000원
이사,감사	-	100,000원

※ 회원의 구분은 정관 제6조에 의거하며, 변경된 연회비는 학회운영에 대한 규정 제2조에 의거한 사항입니다.

※ 뒷면의 입회원서를 복사하여 사용해 주십시오.

[표지사진 설명]

SNIFE(Small-scale magNetospheric and Ionospheric Plasma Experiments)

한국천문연구원은 4기의 나노위성 (<10 kg)으로 구성된 저궤도 우주환경 관측 위성을 개발하여 2020년에 발사할 예정이다. 이들 위성들에는 자력계, 입자 검출기, 랑뮈어 탐침으로 구성된 동일한 관측장비가 탑재되며, 위성간 거리를 변화시키는 편대비행을 이용하여 과학임무를 수행하게 된다. SNIFE 미션은 근지구 우주(전리권 및 자기권) 플라즈마의 미세구조에 대한 시간적 공간적 변화를 동시에 관측함으로써 다양한 스케일을 갖는 플라즈마 구조의 발생 기작을 밝힐 것이다.

입 회 원 서

성 명	한글		성 별	남 여	생 년 월 일	년 월 일	
	영문						
자택주소				우편번호		전 화	
직장주소				우편번호		전 화	
e-mail						이동전화	
직 장 명				직 위			
학 력	학위명	입학년도	학위취득일	학교명		전 공	
경 력							
연구 업적							

위 본인은 귀 학회의 설립 목적과 취지에 찬동하여 이에 회원 가입을 신청합니다.

년 월 일

신청인: (인)

위 사람을 귀 학회의 회원으로 추천합니다(참고: 정관 7조 1항에 따라 추천인은 우리 학회 정회원이면 누구나 가능합니다).

추천인 : 직장 및 직위	성명	(인)
추천인 : 직장 및 직위	성명	(인)

사단법인 한국우주과학회 귀중

한국우주과학회

2018년 봄 학술대회 일정표

일 시 : 2018. 5. 9.(수) 13:00 - 11.(금) 12:00

장 소 : 홍천 대명비발디파크

발표논문 : 초청강연 1편, 구두발표 67편, 포스터발표 87편 총 155편
(태양계탐사 연합세션 구두발표 3편, 포스터발표 6편 총 9편)

발표시간 : 초청강연(30분), 연구발표(15분~20분) 3세션 동시 진행

포스터 집중 발표 : 2018. 5. 9.(수) 15:20 - 16:20

사단법인 한국우주과학회

등록 및 교통 안내

1. 등록

정회원의 등록비는 80,000원이며, 학생회원과 정회원 중 석.박사 과정(전일제) 학생은 40,000원입니다. 사전등록을 하신 회원은 등록자 명부에 서명 후 학회보, 명찰, 등록비 영수증(계산서)을 수령하시기 바랍니다.

2. 회원 가입

회원가입을 원하시는 분은 학회 홈페이지에서 회원가입신청 후 입회원서를 인쇄하여 추천인(2인) 서명을 받아 학회 사무국으로 송부하여 주시고 입회비와 연회비는 학회계좌로 송금하여 주시기 바랍니다.

입회비: 10,000원, 연회비: 50,000원

(학부학생회원은 입회비 10,000원, 연회비 면제)입니다.

학회계좌: 국민은행 012-01-0603-888

우리은행 126-435843-01-001

예금주 한국우주과학회

3. 발표자료 준비

구두발표: 발표자료는 파워포인트 파일로 준비하시기 바랍니다.
포스터발표: 회원들이 시간적 여유를 가지고 포스터를 관람할 수 있도록 5월 9일(수) 13시까지 지정된 장소에 게시하여 주시고, 11일(금) 10시까지 수거하여 주시기 바랍니다. 집중발표 시간에 발표자는 자신의 포스터 앞에서 회원들의 질문에 답할 수 있도록 준비해 주시기 바랍니다. 포스터를 부착하지 않거나 학회 종료 후 수거하지 않은 회원은 추후 학회발표가 제한될 수 있습니다(2006년 3차 이사회 결정).

4. 발표장

발표형식	구분	분과명
구두발표	1발표장 (코럴)	태양우주환경 I, II(국제세션), 자기권, 전리권
	2발표장 (토파즈)	우주기술, SNIPE 미션 (특별세션) 달과학 I, II(특별세션)
	3발표장 (사파이어)	우주감시 I, II, 태양
포스터 발표	에메랄드	우주기술, 우주응용, 우주천문, 태양 및 우주환경, 태양계 및 우주탐사, 기타

5. 교통

가. 주소

강원도 홍천군 서면 한치골길 262 T. 1588-4888

나. 찾아오시는 길

▶자가용 이용

-서울 : 약 1시간 소요

-대전 : 약 2시간 30분 소요

▶시외, 고속버스 이용

- 동서울 <-> 홍천터미널(1시간 소요)

- 대전복합터미널 <-> 홍천터미널(3시간 30분 소요)

▶홍천 시내버스 이용

- 홍천터미널 -> 비발디파크 : 1시간30분 소요

▶홍천 택시 이용

- 홍천터미널 -> 비발디파크 : 40분 소요(23,000원)

▶서틀버스예약

<http://www.daemyungresort.com/mv.dp/dmparse.dm?menuCd=5553002>

2018년 봄 학술대회 일정표

세션별 발표장

발표일	구분	시간	제1발표장 (코렐)	제2발표장 (토파즈)	제3발표장 (사파이어)	포스터발표장 (에메랄드)
5월 9일 (수)	초청강연 I	13:10~13:40	IS-1			집중발표 15:20~16:20
	세션 I	13:50~15:20	Space Weather I (Int'l session)	우주기술	우주감시 I	
	세션 II	16:20~17:50	Space Weather II (Int'l session)	SNiPE 미션 (특별세션)	우주감시 II	
5월 10일 (목)	세션 III	09:00~10:30	자기권	달과학 I (특별세션)	태양	
	세션 IV	10:45~12:30	전리권	달과학 II (특별세션)	ST분야 여성과학기술인 특별세션	
	연합세션	13:15~14:45	태양계 탐사			
	포럼	15:00~16:00	JASS 발전위원회			

구두발표

첫째 날 5월 9일 (수요일)

시간	구분	
11:30~	등록	메이플동 2층 로비
13:00~13:10	개회식	제1발표장 (코렐)
13:10~13:40	초청강연 I	장소 : 제1발표장 (코렐) 좌장: 최은정 (천문연) 박장현(KASI) / 우주위험과 우주물체감시
13:40~13:50	휴식	
	제1발표장 (코렐)	제2발표장 (토파즈)
	Space Weather I (Int'l session) 좌장: 박재홍 (천문연)	우주기술 좌장: 김주현 (항우연)
13:50~14:05	I-1-1 Y. Otsuka	I-2-1 오대현
14:05~14:20	I-1-2 Hyosub Kil	I-2-2 문봉곤
14:20~14:35	I-1-3 N. Ssessanga	I-2-3 봉수찬
14:35~14:50	I-1-4 S. Eswaraiah	I-2-4 김영록
14:50~15:05	I-1-5 홍준석	I-2-5 강호철
15:05~15:20	I-1-6 양태용	I-2-6 이종원
15:20~16:20	단체 사진 촬영 / 포스터 집중 발표	
	Space Weather II (Int'l session) 좌장: 박경선 (충북대)	SNiPE 미션 (특별세션) 좌장: 양태용 (천문연)
16:20~16:35	II-1-1 Y. Miyashita	II-2-1 이재진
16:35~16:50	II-1-2 채종철	II-2-2 곽영실
16:50~17:05	II-1-3 문용재	II-2-3 박재홍
17:05~17:20	II-1-4 김관혁	II-2-4 황정아
17:20~17:35	II-1-5 이상윤	II-2-5 이은상
17:35~17:50	II-1-6 최기혁	II-2-6 손종대
18:00~	태양우주환경분과 정기총회	우주관측기기분과 정기총회
		우주감시분과 정기총회

둘째 날 5월 10일 (목요일)

시간	제1발표장 (코렐)	제2발표장 (토파즈)	제3발표장 (사파이어)
	자기권 좌장: 황정아 (천문연)	달과학 I (특별세션) 좌장: 정민섭 (천문연)	태양 좌장: 문용재 (경희대)
09:00~09:15	III-1-1 최정림	III-2-1 김진규	III-3-1 김태영
09:15~09:30	III-1-2 박경선	III-2-2 심채경	III-3-2 이하림
09:30~09:45	III-1-3 김기정	III-2-3 이응석	III-3-3 서민주
09:45~10:00	III-1-4 김희은	III-2-4 백슬민	III-3-4 성숙경
10:00~10:15	III-1-5 이강우	III-2-5 강태윤	III-3-5 양희수
10:15~10:30	III-1-6 이종길	III-2-6 류동영1	III-3-6 유대중
10:30~10:45	휴 식		
	전리권 좌장: 정종균 (천문연)	달과학 II (특별세션) 좌장: 심채경 (경희대)	ST분야 여성과학기술인 특별세션 좌장: 이우경 (천문연)
10:45~11:00	IV-1-1 김정현	IV-2-1 정민섭	1. 환영사 (대한여성과학기술인회) 2. 초청강연 - 한선화 (한국과학기술정보연구원) - 하경자 (부산대학교) - 안영숙 (한국천문연구원) 3. 토의 (여성과학기술인을 위한 연구환경조성)
11:00~11:15	IV-1-2 박사라	IV-2-2 이정규	
11:15~11:30	IV-1-3 최종민	IV-2-3 이승아	
11:30~11:45	IV-1-4 이재욱	IV-2-4 이만규	
11:45~12:00	IV-1-5 감호식	IV-2-5 최영준	
12:00~12:15	IV-1-6 함영배	IV-2-6 김경자	
12:15~12:30		IV-2-7 류동영2	
12:30~13:15	점심 식사		
13:15~14:45	태양계 탐사 (연합세션) 장소 : 제1발표장 (코렐) 좌장: 문홍규 (천문연) 1. 김상준(경희대) / 행성탐사선과 지상관측에 의한 목성, 토성, 타이탄 분광 탐사 2. 최변각(서울대) / 암석과 광물에 저장된 태양계 탄생과 초기 진화의 기록 3. 박상영(연세대) / Space Missions to Asteroids		
14:45~15:00	휴 식		
15:00~16:00	JASS 발전위원회 포럼 / 장소 : 제1발표장 (코렐)		
16:40~17:40	전체 Plenary session / 장소 : 메이플동 3층 다이아몬드1 1. 이기화(서울대학교 명예교수) 2. 이형목(한국천문연구원 원장) 3. 홍성유(한국형수치예보모델개발사업단)		
17:50~18:20	한국지구과학연합회 연합학술대회 개회식 / 메이플동 3층 다이아몬드1		
18:20~20:30	한국지구과학연합회 만찬 / 메이플동 3층 다이아몬드1		

포스터 발표

집중 발표 시간 : 2018. 5. 9.(수) 15:20~16:20

번호	분야	발표자	소속	번호	분야	발표자	소속
P-1	우주기술	강우용	항우연	P-27	우주기술	조승원	항우연
P-2	우주기술	김영윤	항우연	P-28	우주기술	조창권	항우연
P-3	우주기술	김형완	항우연	P-29	우주기술	천이진	항우연
P-4	우주기술	김희경	항우연	P-30	우주기술	최정수	항우연
P-5	우주기술	박근주	항우연	P-31	우주기술	허윤구	항우연
P-6	우주기술	박봉규	항우연	P-32	우주기술	허행팔	항우연
P-7	우주기술	박성우1	항우연	P-33	우주응용	명환춘1	항우연
P-8	우주기술	박성우2	항우연	P-34	우주응용	명환춘2	항우연
P-9	우주기술	박응식	항우연	P-35	우주응용	박종억1	항우연
P-10	우주기술	박종석	항우연	P-36	우주응용	박종억2	항우연
P-11	우주기술	박종오1	항우연	P-37	우주응용	신상윤	항우연
P-12	우주기술	박종오2	항우연	P-38	우주응용	연정흠1	항우연
P-13	우주기술	박주호	항우연	P-39	우주응용	연정흠2	항우연
P-14	우주기술	신현규	항우연	P-40	우주응용	이도경	항우연
P-15	우주기술	양승은	항우연	P-41	우주응용	이종태	항우연
P-16	우주기술	윤영수	항우연	P-42	우주응용	이주희	항우연
P-17	우주기술	신재성	항우연	P-43	우주천문	강용우	천문연
P-18	우주기술	이동희	국가기상 위성센터	P-44	우주천문	김영수	천문연
P-19	우주기술	이상록	항우연	P-45	우주천문	김천휘	충북대
P-20	우주기술	이선희	항우연	P-46	우주천문	송민규	천문연
P-21	우주기술	이원범	항우연	P-47	우주천문	Alexander Yushchenko	어린이 천문대 연구소
P-22	우주기술	임정흠	항우연	P-48	우주천문	이대희	천문연
P-23	우주기술	임현수1	항우연	P-49	우주천문	이성재	충북대
P-24	우주기술	임현수2	항우연	P-50	우주천문	정민지	충북대
P-25	우주기술	장성수	항우연	P-51	태양 및 우주환경	김도현	인스페이스
P-26	우주기술	전현진	항우연	P-52	태양 및 우주환경	김은솔	충남대

번호	분야	발표자	소속	번호	분야	발표자	소속
P-53	태양 및 우주환경	김향표	천문연	P-71	태양 및 우주환경	이원석	충남대
P-54	태양 및 우주환경	나고운	경희대	P-72	태양 및 우주환경	임다예	경희대
P-55	태양 및 우주환경	문수인	충남대	P-73	태양 및 우주환경	정세현	충남대
P-56	태양 및 우주환경	박근찬	천문연	P-74	태양 및 우주환경	조규현	서울대
P-57	태양 및 우주환경	박우연	천문연	P-75	태양계 및 우주탐사	김연규	항우연
P-58	태양 및 우주환경	손종대	천문연	P-76	태양계 및 우주탐사	김일훈	경희대
P-59	태양 및 우주환경	이승욱	충북대	P-77	태양계 및 우주탐사	김주현1	항우연
P-60	태양 및 우주환경	이원형	국가기상 위성센터	P-78	태양계 및 우주탐사	김주현2	항우연
P-61	태양 및 우주환경	이재옥	천문연	P-79	태양계 및 우주탐사	배종희	항우연
P-62	태양 및 우주환경	조은별	충남대	P-80	태양계 및 우주탐사	송영주	항우연
P-63	태양 및 우주환경	최경은	충북대	P-81	태양계 및 우주탐사	이주희	항우연
P-64	태양 및 우주환경	최창대	경희대	P-82	태양계 및 우주탐사	이훈희	항우연
P-65	태양 및 우주환경	김수인	천문연	P-83	태양계 및 우주탐사	조은진	천문연
P-66	태양 및 우주환경	박은수	경희대	P-84	기타	강철	항우연
P-67	태양 및 우주환경	백지혜	천문연	P-85	기타	방수완	항우연
P-68	태양 및 우주환경	신경인	경희대	P-86	기타	신재성	항우연
P-69	태양 및 우주환경	신슬기	경희대	P-87	기타	우창호	과기원
P-70	태양 및 우주환경	이영숙	충남대				

연합세션 포스터 발표

번호	분야	발표자	소속	번호	분야	발표자	소속
연1-P01	태양계 탐사	김상준	경희대	연1-P04	태양계 탐사	이재용1	University of Tokyo
연1-P02	태양계 탐사	박윤수	서울대	연1-P05	태양계 탐사	이재용2	University of Tokyo
연1-P03	태양계 탐사	이동욱	경희대	연1-P06	태양계 탐사	진선호	서울대

구두발표 논문제목 및 시간표

5월 9일(수)

제1발표장 (코렐)

■ 초청강연 I

좌장: 최은정 (천문연)

13:10 [IS-I]

우주위험과 우주물체감시

박장현

한국천문연구원, 우주위험감시센터

제1발표장 (코렐)

■ I-1 Space Weather I (Int'l session)

좌장: 박재홍 (천문연)

13:50 [I-1-1]

GPS Observations of Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbances

Y. Otsuka¹, A. Shinbori¹, T. Takuya², M. Nishioka²¹ISEE, Nagoya Univ., Japan²NICT, Japan

14:05 [I-1-2]

Proton Aurora Observations by the KOPRI All-sky Imager at Longyearbyen

Hyosub Kil¹, Geonhwa Jee², Jeong-Han Kim², Jieun Kim², Kan Liou¹, and Frank Morgan¹¹Johns Hopkins University/Applied Physics Laboratory²Korea Polar Research Institute

14:20 [I-1-3]

A tomographic Investigation of mid-latitude nighttime ionospheric E-F coupling

Nicholas Ssessanga, Yong Ha Kim

Department of Astronomy and Space Science, Chungnam National University, Daejeon, South Korea

14:35 [I-1-4]

Signatures of low latitude-high latitude coupling in the Mesosphere-Lower Thermosphere (MLT) during sudden stratospheric warmings: Some new insights

S. Eswaraiah¹, Yongha Kim¹, Jaewook Lee¹, Neil Hindley², N.J. Mitchell²¹Department of Astronomy, Space Science, and Geology,

Chungnam National University, Daejeon, Korea.

²Centre for Space, Oceanic, and Atmospheric Sciences, University of Bath, UK

14:50 [I-1-5]

Climatology of total electron contents (TEC) and rate of TEC index (ROTI) over Chuuk station located at geomagnetic equator (geo: 7.45°N, 151.89°W, mag: 0.37°S) during ascending phase of solar cycle 24 (2012-2014)

Junseok Hong¹, Yong Ha Kim¹, Jong-Kyun Chung²¹Chungnam National University²Korea Astronomy and Space Science Institute

15:05 [I-1-6]

Characteristics of midlatitude GPS amplitude scintillations observed at Gangneung and Icheon

Tae-Yong Yang¹, Young-Sil Kwak^{1,2}, Ho-Sung Choi³, Jaeheung Park^{1,2}, Byung-Kyu Choi¹, Jongyoun Yun⁴, Jong-Min Choi¹, JaeJin Lee¹, Seonghwan Choi³¹Korea Astronomy and Space Science Institute²University of Science and Technology³Republic of Korea Air Force⁴Space Environment Laboratory, Inc.

제2발표장 (토파즈)

■ I-2 우주기술

좌장: 김주현 (항우연)

13:50 [I-2-1]

Satellite-based in-situ monitoring of space weather: KSEM Mission and Data Application

Daehyeon Oh, Jiyoung Kim, Hyesook Lee, and Kuenil Jang

National Meteorological Satellite Center, Korea Meteorological Administration

14:05 [I-2-2]

차세대소형위성 2호 과학탑재체 LEO-DOS 구조체 기본 설계

문봉곤¹, 남옥원¹, 박원기¹, 표정현¹, 황정아¹, 이재진¹, 손종대¹, 김성환², 류동민³, Justin Malimban³, 예성준³¹한국천문연구원, ²청주대학교 방사선학과, ³서울대학교 융합과학기술대학원 방사선의학물리연구실

14:20 [I-2-3]

Balloon-borne Investigation of Temperature and Speed of Electrons in the corona (BITSE)

Su-Chan Bong^{1,2}, Kyung-Suk Cho^{1,2}, Yeon-Han Kim^{1,2}, Natchimuthuk Gopalswamy³, Jeffrey S. Newmark, Seonghwan Choi, Jihun Kim, Heesu Yang¹, Jongyeob Park¹, Ji-Hye Baek¹, Qian Gong³, Mel Donahoo, Len Seals³, Hanson Nguyen³, Joseph-Paul Swinski³, Nelson L. Reginald³, Young-Deuk Park¹

*Korea Astronomy and Space Science Institute
University of Science and Technology
Goddard Space Flight Center, NASA, USA*

14:35 [I-2-4]

Effect of Observation Arc Length on Lunar Orbiter Orbit Determination Using Sequential Estimation Technique

Young-Rok Kim, Young-Joo Song, Jonghee Bae, Bang-Yeop Kim

Korea Aerospace Research Institute

14:50 [I-2-5]

CANYVAL-C 임무를 위한 큐브위성의 자세 결정 및 제어 시스템 예비 설계

강호철, 강대은, 김극남, 박상영

연세대학교 천문우주학과 우주비행제어연구실

15:05 [I-2-6]

마이크로중력 환경에서의 냉열 현상

이종원, 김연규, 이주희

한국항공우주연구원 융합기술연구센터 항공우주응용재료팀

제3발표장 (사파이어)

■ I-3 우주감시 I

좌장: 노경민 (천문연)

13:50 [I-3-1]

OWL-Net : A Global Network of Robotic Telescopes for Satellite Observation

Jang-Hyun Park¹, Hong-Suh Yim¹, Young-Jun Choi^{1,2}, Jung Hyun Jo^{1,2}, Hong-Kyu Moon¹, Young-Sik Park¹, Dong-Goo Roh¹, Sungki Cho¹, Eun-Jung Choi¹, Myung-Jin Kim¹, Soo-Young Kim¹, Jin Choi^{1,2}

¹*Korea Astronomy and Space Science Institute*

²*University of Science and Technology, Daejeon, Republic of Korea*

14:05 [I-3-2]

Photometric Variations of GEO Satellites using OWL-Net

Dong-Goo Roh, Jin Choi, Hong-Suh Yim, Jung-Hyun Jo

Korea Astronomy and Space Science Institute

14:20 [I-3-3]

Post-Processing of Least Squares Solutions with Short Arc Optical Measurement for Improving Orbit Prediction Accuracy

Eunji Lee and Sang-Young Park

Astrodynamics and Control Lab., Department of Astronomy, Yonsei University

14:35 [I-3-4]

OWL-Net을 이용한 인공위성 관측 결과 검토 및 궤도 결정 결과

최진^{1,2}, 조중현^{1,2}, 임홍서¹, 최은정¹, 김명진¹, 노동구¹, 김수영¹, 조성기¹, 박장현¹

¹한국천문연구원, ²과학기술연합대학원대학교

14:50 [I-3-5]

Regression and Prediction of the Satellite Tracking Data using Machine Learning

Byoung-Sun Lee^{1,4}, Won-Gil Kim², Junho Lee³, Yoola Hwang¹, Dae-Won Kim¹

¹*Electronics and Telecommunications Research Institute*

²*SOLETOP*

³*Korea Aerospace Industries, Ltd.*

⁴*University of Science and Technology*

15:05 [I-3-6]

우주물체의 낙하점 및 분산 영역 예측 프레임워크 연구

김시우¹, 조병운¹, 최은정², 조성기², 안재명¹

¹한국과학기술원 항공우주공학과

²한국천문연구원 우주위험감시센터

15:20 ~ 16:20 단체사진 촬영/ 포스터 집중발표

제1발표장 (코랄)

■ II-1 Space Weather II (Int'l session)

좌장: 박경선 (충북대)

16:20 [II-1-1]

Periodic Enhancements of Magnetic Field, Energetic Particle Fluxes, and High-Frequency Waves Deep in the Inner Magnetosphere during Substorm Dipolarization: ERG Observations

Yukinaga Miyashita¹, Yoshizumi Miyoshi², Ayako Matsuoka³, Yoshiya Kasahara⁴, Satoshi Kasahara⁵, Shoichiro Yokota⁶, Kazushi Asamura³, and Shiang-Yu Wang⁷

¹*Korea Astronomy and Space Science Institute*

Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University
Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency
Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University
Department of Earth and Planetary Science, School of Science, The University of Tokyo
Department of Earth and Space Science, Graduate School of Science, Osaka University
Academia Sinica, Taiwan

16:35 [II-1-2]
Measurement of Nonlinearity Parameters of Three-minute Oscillations at Different Levels of the Sunspot Atmosphere

Jongchul Chae¹, Kyuhyoun Cho¹, Donguk Song², and Yuri E. Litvinenko

Seoul National University
NAOJ, Japan
University of Waikato, New Zealand

16:50 [II-1-3]
Image-to-image translation of solar images by deep learning. I. Introduction

Yong-Jae Moon, Eunsu Park, Harim Lee, Daye Lim, Kimoon Kim, and Taeyoung Kim

School of Space Research, Kyung Hee University

17:05 [II-1-4]
Statistical study of EMIC Pc1-Pc2 waves observed at subauroral latitudes

Khan-Hyuk Kim and Jong-Woo Kwon

School of Space Research, Kyung Hee University

17:20 [II-1-5]
Electrostatic instability driven by scattered electrons in the development of electron firehose instability

Sang-Yun Lee¹, Ensang Lee², and Peter H. Yoon^{1,2}

School of Space Research, Kyung Hee University, Korea
² *Institute for Physical Science and Technology, University of Maryland, College Park, Maryland, USA*

17:35 [II-1-6]
Personal Recommendation on Mars Exploration

Gi-Hyuk Choi

Korea Aerospace Research Institute

제2발표장 (토파즈)

■ II-2 SNIPE 미션 (특별세션)

좌장: 양태용 (천문연)

16:20 [II-2-1]
SNIPE Science Target; Electron Microbursts

Jaejin Lee, Young-Sil Kwak, Junga Hwang, Jaeheung Park, Jongdae Sohn

Korea Astronomy and Space Science Institute,

16:35 [II-2-2]
Expected results on the high-latitude ionospheric irregularities from the SNIPE mission

Young-Sil Kwak^{1,2}, Jaeheung Park^{1,2}, Jae-Jin Lee^{1,2}, and Su-In Kim^{1,3}

¹ *Korea Astronomy and Space Science Institute, Korea*
² *University of Science and Technology, Korea*
³ *School of Space Research, Kyung Hee University, Korea*

16:50 [II-2-3]
국제 우주 정거장에서 측정된 전리권 전자 밀도 및 온도의 특성

박재홍, 광영실

한국천문연구원

17:05 [II-2-4]
Limitations of Electromagnetic Ion Cyclotron Wave Observations in Low Earth Orbit

Junga Hwang, Hang-Pyo Kim, Jaeheung Park and Jaejin Lee

Korea Astronomy and Space Science Institute
Korea University of Science and Technology

17:20 [II-2-5]
Properties of magnetic field disturbances over the auroral region observed by the Cluster spacecraft

Ensang Lee¹, Youra Shin¹, Jaejin Lee²

¹ *School of Space Research, Kyung Hee University*
² *Korea Astronomy and Space Science Institute*

17:35 [II-2-6]
Progress of the Engineering Model (EM) for Small scale magNetospheric Ionospheric Plasma Experiments (SNIPE) payloads

Jongdae Sohn, Jaejin Lee, Junga Hwang, Young-Sil Kwak, Jaeheung Park, Uk-Won Nam, and Won-Kee Park

Korea Astronomy and Space Science Institute

제3발표장 (사파이어)

■ II-3 우주감시 II

좌장: 안재명 (과기원)

16:20 [II-3-1]

우주물체감시센서 시뮬레이터 개발 개념 및 체계 설계

구원희¹, 정대원^{1,2}, 오태봉²

¹과학기술연합대학원대학교, ²한국항공우주연구원

16:35 [II-3-2]

대기 굴절에 의한 우주감시레이다 오차 특성 연구

문현옥¹, 최은정², 이종현¹, 엄재명¹, 조성기², 조중현²

¹LIG넥스원(주) 감시정찰연구센터 ²한국천문연구원 우주위험감시센터

16:50 [II-3-3]

우주감시레이더를 위한 소형 고속표적 탐지능력 향상기법

이종현¹, 엄재명², 최은정³, 문현옥², 조성기³, 조중현³

¹알에프코어(주), ²LIG넥스원(주) ³한국천문연구원 우주위험감시센터

17:05 [II-3-4]

국제우주과편조정위원회 및 지구 재진입 캠페인

정옥철, 성재동, 김해동, 정대원

한국항공우주연구원

17:20 [II-3-5]

텐궁 1호 추락 예측 및 결과 분석

최은정

한국천문연구원 우주위험감시센터

17:35 [II-3-6]

The Vision and the Mission of National Space Situational Awareness Organization

Jung Hyun Jo^{1,2}

¹Korea Astronomy and Space Science Institute

²University of Science and Technology

5월 10일 (목)

제1발표장 (코럴)

■ III-1 자기권

좌장: 황정아 (천문연)

09:00 [III-1-1]

Particle diffusion by obliquely propagating broadband kinetic Alfvén wave

Cheong Rim Choi¹, Min Ho Woo², Dae Young Lee¹, Kyung Sun Park¹, and Peter H Yoon^{3,4}

¹Chung Buk National University, ²National Fusion Research Institute, ³Institute for Physical Science and Technology, University of Maryland, ⁴Korea Astronomy and Space Science Institute

09:15 [III-1-2]

Can Geomagnetic Substorms be Triggered by Northward Magnetic Field of SMFR and MFR?

Kyung Sun Park¹, Dae-Young Lee¹, Rok Soon Kim^{2,3}, and Kyungsuk Cho^{2,3}

¹Dep. Astronomy and Space Science, Chungbuk National University

²Korea Astronomy and Space Science Institute,

³University of Science and Technology

09:30 [III-1-3]

Spectral characteristics of EMIC waves in the outer magnetosphere observed at THEMIS probes

Gi-Jeong Kim and Khan-Hyuk Kim

Kyung Hee University

09:45 [III-1-4]

Heating of Ions at the Quasi-perpendicular Bow Shocks

Hee-Eun Kim¹, Ensang Lee¹, George K. Parks², Naiguo Lin², Khan-Hyuk Kim¹, Dong-Hun Lee¹

¹School of Space Research, Kyung Hee University, Yongin, South Korea

²Space Sciences Laboratory, University of California, Berkeley, CA, USA

10:00 [III-1-5]

Statistical analysis of energetic particle flux effects in spacecraft anomalies at different orbits and different solar activity

Kang-Woo Yi and Yong-Jae Moon

School of Space Research, Kyung Hee University, Korea,

10:15 [III-1-6]**Space Weather Operation at KASI with Van Allen Probes Beacon Signals**

Jongkil Lee^{1,2}, Kyung-Chan Kim, Romeo Giuseppe, Sasha Ukhorskiy, David Sibeck, Ramona Kessel, Barry Mauk⁴, Barbara Giles⁵, Bon-Jun Gu, Hyesook Lee⁸, Young-Deuk Park, Jaejin Lee^{1,2}

Korea Astronomy and Space Science Institute, Daejeon, South Korea

University of Science and Technology, Daejeon, South Korea, Daegu University, Gyeongsan, Gyeongbuk, South Korea

4Applied Physics Laboratory, Johns Hopkins University, Laurel, Maryland, USA

5NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, USA

NASA Headquarters, Washington, DC, USA

Electronics and Telecommunications Research Institute, Daejeon, South Korea

8National Meteorological Satellite Centre, Korea Meteorological Administration, Jincheon-gun, Chungcheongbuk-do, South Korea

제2발표장 (토파즈)**■ III-2 달과학 I (특별세션)****좌장: 정민섭 (천문연)****09:00 [III-2-1]****경사면의 경향성과 지형 요철의 공간 분포에 기반한 달 표면 자동 크레이터 검출 알고리즘 개발**

김진규, 심채경, 김성수, 진호

경희대학교 우주탐사학과

09:15 [III-2-2]**반사율-색 공간을 활용한 달 크레이터 표면의 분광 특성 정량화**

심채경, 김성수

경희대학교 우주탐사학과

09:30 [III-2-3]**분광 및 지형분석을 이용한 달 착륙 후보지역 조사**

이응석^{1,2}, 김경자², 김용하¹

¹충남대학교 우주지질학과 우주과학실험실

²한국지질자원연구원 국토지질연구본부 지질연구센터

09:45 [III-2-4]**A study of paleomagnetic pole position: Implication for the history of the lunar dynamo**

Seul-Min Baek¹, Khan-Hyuk Kim¹, and Ian Garrick-Bethell^{1,2}

¹School of Space Research, Kyung Hee University,

²Earth and Planetary Science, UC Santa Cruz

10:00 [III-2-5]**달 모사토 개발 현황 및 향후 연구 방향**

강태윤^{1,2}, 김경자², 이유¹

¹충남대학교 대학원 우주지질학과국지질자원

²연구원 국토지질연구본부 지질연구센터

10:15 [III-2-6]**시험용 달 궤도선 : 참여과학자 프로그램**

류동영, 김은혁, 최석원

한국항공우주연구원

제3발표장 (사파이어)**■ III-3 태양****좌장: 문용재 (경희대)****09:00 [III-3-1]****AnoGAN을 이용한 비지도 태양 플레어 이벤트 감지**

김태영¹, 양승범¹, 김도현¹, 최명진¹, 박은수², 이강우², 문용재¹

¹(주)인스페이스, ²경희대학교 우주탐사학과

09:15 [III-3-2]**Image-to-image translation of solar images by deep learning. III. from the Carrington sunspot to AI-generated magnetogram**

Harim Lee¹, Y.-J. Moon¹, Daye Lim¹, Eunsu Park¹, and Taeyoung Kim^{1,2}

¹School of Space Research, Kyung Hee University, Yongin-si 17104, Korea

²Department of Research and Development, InSpace Co., Ltd., South Korea

09:30 [III-3-3]**Analysis of the Ellerman Bomb Spectra Observed by the FISS**

Minju Seo¹, Jongchul Chae¹, Jeongwoo Lee²

¹Seoul National University

²New Jersey Institute of Technology

09:45 [III-3-4]**Comparison of solar and interplanetary magnetic field orientations using 101 CME-ICME pairs**

Suk-Kyung Sung¹, Yong-Jae Moon^{1,2}, Jin-Yi Lee¹

¹School of Space Research, Kyung Hee University

²Department of Space Science, Kyung Hee University

10:00 [III-3-5]**Observation of Vortex-Formations and**

its-Associated Ejections in a Sunspot Light bridge

Heesu Yang, Eun-Kyung Lim¹, Sujin Kim^{1,2}, Yeon-Han Kim^{1,2}

*Korea Astronomy and Space Science Institute
University of Science and Technology*

10:15 [III-3-6]

Effect of the radial contraction and extension of the coronal loop on the loop oscillations

Dae Jung Yu, Dong-Hun Lee

School of Space Research, Kyung Hee University

제1발표장 (코럴)

■ IV-1 전리권

좌장: 정종균 (천문연)

10:45 [IV-1-1]

Developing a data-assimilated SAMI2-CNU model using Korean ionosonde data

JeongHeon Kim¹, YongHa Kim¹, SeHeon Jeong¹, SangWoo Lee¹, YoungSil Kwak², JinWook Han³

¹*Chungnam National University*

²*Korea Astronomy and Space science Institute*

³*Korea Space Weather Center (KSWC), Jeju, Korea*

11:00 [IV-1-2]

Statistical study of the middle-latitude ionization trough morphology

Sarah Park¹, Hyosub Kil², Khan-Hyuk Kim¹

¹*School of Space Research, Kyung Hee University, Korea*

²*The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, USA*

11:15 [IV-1-3]

Statistical analysis of the distribution of broad plasma depletions in the equatorial F region observed by the C/NOFS satellite

Jong-Min Choi¹, Young-Sil Kwak¹, Hyosub Kil², Jaeheung Park¹, Woo Kyoung Lee¹, Yong Ha Kim³, and Jae-Jin Lee¹

¹*Korea Astronomy and Space Science Institute, Daejeon, South Korea*

²*The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, Laurel Maryland, USA*

³*Chungnam National University, Daejeon, South Korea*

11:30 [IV-1-4]

Evidence for non-linear wave-wave interactions in mesospheric winds measured by a meteor radar at King Sejong station, Antarctica

Jaewook Lee, Yong Ha Kim, S. Eswaraiah

*Department of Astronomy, Space Science and Geology,
Chungnam National University, Daejeon, Korea.*

11:45 [IV-1-5]

Propagation characteristics of mesospheric gravity waves over King Sejong Station, Antarctic Peninsula, using OH and OI-557.7nm airglow imager.

Hosik Kam¹, Yong Ha Kim¹, Takuji Nakamura^{2,3}, Masaki Tsutsumi^{2,3}, Yoshihiro Tomikawa^{2,3}, Masaru Kogure^{3,2}, Septi Perwitasari², Jeong-Han Kim⁴

¹*Department of Astronomy, Space, and Geology, Chungnam National University, Daejeon, South Korea*

²*National Institute of Polar Research, Tachikawa, Japan*

³*Department of Polar Science, SOKENDAI (The Graduate University for Advanced Studies), Tachikawa, Japan*

⁴*Division of Polar Climate Sciences, Korea Polar Research Institute, Incheon, South Korea*

12:00 [IV-1-6]

Comparison of neutral winds and ion drifts observed at Jang Bogo station, Antarctica

Young-bae Ham^{1,2}, Geonhwa. Jee^{1,2}, Changsup Lee¹, Hyuck-Jin Kwon¹, Eunsol Kim^{1,5}, Jeong-Han Kim¹, Nikolay Zabotin³, Terence Bullett³, and Qian Wu⁴

¹*Korea Polar Research Institute, Incheon, R. of Korea*

²*University of Science and Technology, Daejeon, R. of Korea*

³*University of Colorado, Boulder, CO, USA*

⁴*National Center for Atmospheric Research, Boulder, CO, USA*

⁵*Chungnam National University, Daejeon, R. of Korea*

제2발표장 (토파즈)

■ IV-2 달과학 II (특별세션)

좌장: 심채경 (경희대)

10:45 [IV-2-1]

Interplanetary Dust Particles as the Space Weathering Agent for the Moon

Minsup Jeong¹, Young-Jun Choi^{1,2}, Hongu Yang¹, Sungsoo S. Kim³, Il-Hoon Kim³, Yuriy G. Shkuratov⁴

¹*Korea Astronomy and Space Science Institute*

²*University of Science and Technology*

³*Kyung Hee University*

⁴*Astronomical Institute of Kharkov V.N Karazin National University*

11:00 [IV-2-2]

Octopus 자기 이상 지역과 Reiner Gamma 자기 이상 지역의 형성 관계 연구

이정규¹, Rachel Maxwell², 진호¹, 백슬핀¹, Elliot Ghassemi², Megan Kelley², 이효정¹, 김관혁¹, 이성환^{1,3},

Ian Garrick-Bethell^{1,2}경희대학교 우주탐사학과, Earth and Planetary Science, University of California, Santa Cruz, ³인투를(주)**11:15 [IV-2-3]****우주 탐사용 서치코일 자력계 시험 모델 연구**이승아, 전다솜², 신재혁, 진호^{1,2}

경희대학교 우주탐사학과, 경희대학교 우주과학과

11:30 [IV-2-4]**달 궤도 자기장 측정기 엔지니어링 모델의 궤도 열 해석과 열 환경시험**이만규, 이덕행^{2,3}, 이성환^{1,4}, 진호^{1,5}경희대학교 우주탐사학과, York University, 한국천문연구원, ⁴인투를, 경희대학교 우주과학과**11:45 [IV-2-5]****Performance tests of core instruments for the future Korea lunar exploration**Young-Jun Choi^{1,2}, Mihyun Kim, Kyeong Ja Kim, Seung Kwan Kim⁴, Seong Je Park, Geon-Hee Kim, Kyungin Kang⁷Korea Astronomy and Space Science Institute, Korea University of Science and Technology
Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources
Korea Research Institute of Standards and Science
Korea Institute of Machinery and Materials
Korea Basic Science Institute
Satellite Technology Research Center, KAIST**12:00 [IV-2-6]****Development on a gamma-ray and neutron spectrometer suite for prospective planetary surface investigation**Kyeong Ja Kim^{1,2}, Junghun Park¹, Yire Choi^{1,2}, Eung Seok Yi^{1,3}, Chang Wan Sun^{1,2}, Sungsoo Lee, Young-Kwang Yeon, K. B. Lee, Nobuyuki Hasebe⁵, Won-Kee Park, Bongkon Moon⁶, Kyungin Kang, Young-Jun ChoiKorea Institute of Geoscience and Mineral Resources
University of Science and Technology
Chungnam National University
Korea Institute of Standards and Science
Waseda University
Korea Astronomy and Space Science Institute
Korea Advanced Institute of Science and Technology**12:15 [IV-2-7]****달 탐사 2단계 착륙 후보지 지형정보 확보를 위한 KPLO/LUTI 촬영 요구지역 도출 방안**

류동영, 이주희, 김은혁, 최석원

한국항공우주연구원

제1발표장 (코럴)**■ 태양계 탐사 (연합세션)****좌장: 문홍규 (천문연)****13:15 김상준(경희대)****행성탐사선과 지상관측에 의한 목성, 토성, 타이탄 분광 탐사****13:45 최변각(서울대)****암석과 광물에 저장된 태양계 탄생과 초기 진화의 기록****14:15 박상영(연세대)****Space Missions to Asteroids****제1발표장 (코럴)****15:00~16:00 JASS발전위원회 포럼****다이아몬드1****16:40~17:40 전체 Plenary session 세션****다이아몬드1****17:50~18:20 연합학술대회 개최식****다이아몬드1****18:20~20:30 한국지구과학연합회 만찬**

포스터발표 논문제목

집중발표시간: 5월 9일(수) 15:20~16:20

■ 우주기술

[P-1] 광학적 신호 모사 장치를 이용한 별추적기 시험 결과 분석

강우용

한국항공우주연구원

[P-2] Verification of the advanced equipment of the power interface check between avionics of satellite

Young-Yun Kim¹, Dong-Chul Choi¹, Gyeong-Seop Shin², Sang-Hoon Lee¹

¹Korea Aerospace Research Institute, ²IMT

[P-3] 프로세스 모델링을 통한 프로젝트 관리

김형완, 최정수, 박종석

한국항공우주연구원

[P-4] 달 착륙선의 태양전지판 면적에 관한 연구

김희경^{1,2}, 류동영¹

¹한국항공우주연구원 (KARI), ²과학기술연합대학원대학교 (UST)

[P-5] GEO Satellite In-Orbit Flight Operation Procedure Validation

Keun Joo Park, Young Ho Cho and Yee-Jin Cheon

Korea Aerospace Research Institute

[P-6] 정지궤도복합위성 액체원자점엔진 분리 및 벤팅 (Venting) 시점 연구

박봉규, 최재동

한국항공우주연구원 정지궤도복합위성체제팀

[P-7] Review on the Power Start-up Anomaly of Power Control Unit

Sung-Woo Park, Hee-Sung Park, Jeong-Hwan Yang, Jeong-Eon Park, Kyu-Dong Kim

Korea Aerospace Research Institute

[P-8] Review on the Solar Array Regulator Design for LEO Satellite Applications

Sung-Woo Park, Hee-Sung Park, Jeong-Hwan Yang, Jeong-Eon Park, Kyu-Dong Kim

Korea Aerospace Research Institute

[P-9] 정지궤도위성 궤도전이 추진제 오차분석

박응식

한국항공우주연구원 정지궤도복합위성사업단

[P-10] 정지궤도복합위성 발사체 기계 접속설계

박종석¹, 최정수¹, 이호형¹, 최재동¹, 이상률²

¹한국항공우주연구원 정지궤도복합위성체제팀, ²한국항공우주연구원 정지궤도복합위성사업단

[P-11] 차세대중형위성 시험인증모델 전력 접속 시험

박종오¹, 전현진¹, 김보성², 배진곤²

¹한국항공우주연구원 위성연구본부 차세대중형위성체제팀, ²한국항공우주산업 위성시스템팀

[P-12] 차세대중형위성 시험인증모델 접속 시험 방안

박종오¹, 전현진¹, 김보성², 배진곤²

¹한국항공우주연구원 위성연구본부 차세대중형위성체제팀, ²한국항공우주산업 위성시스템팀

[P-13] Central Time Synchronization with Initial Condition Adjustment for Ground Test System

Joo-Ho Park, Dong-Chul Chae, Young-Yun Kim

Korea Aerospace Research Institute

[P-14] A novel method for development and simulation of thermal control software

Hyun-Kyu Shin

Korea Aerospace Research Institute

[P-15] Design of the 1553B Interface for CMG Operation

Seung-Eun Yang

Korea Aerospace Research Institute

[P-16] Electrical System Design for LEO Satellite

Young-Su Youn¹, Jong-Jin Jang², Jae-Nam Yu², Jin-Hyuk Kim¹

¹Korea Aerospace Research Institute

²Korea Aerospace Industries

[P-17] 우주방사선 노출에 의한 국산용 복합재의 압축특성 연구

신재성, 윤용식, 최익현

한국항공우주연구원 (KARI) 항공우주응용재료팀

[P-18] 우주기상으로 인한 위성 아노말리 연구: 국내외 예측 기술 현황 및 정책적 시사점

이동희^{1,2}, 이진하, 김지영¹, 장근일

국가기상위성센터, 충북대학교 천문우주학과

[P-19] 태양전지판 구동기를 포함하는 위성의 태양전지판 접지 방안

이상록, 임성빈

한국항공우주연구원 달탐사체계팀

[P-20] MatLab Runtime 기반 인공위성 동역학 가시화를 연구

이선호

한국항공우주연구원

[P-21] 신소재기반 광구조체 지상검증모델 성능시험

이원범, 연정흠¹, 최종국, 임채형, 이덕규¹, 이승훈

한국항공우주연구원 ² DACC Aerospace Co.,LTD

[P-22] Structural Thermal Model Jitter Test for the Medium-sized Low Earth Orbit Satellite

Jeong-Heum Im¹, Jae-Hyuk Lim²

Korea Aerospace Research Institute
Chonbuk National University

[P-23] 정지궤도위성 지상시스템 시험 방법

임현수, 복준영, 박진형

지상체계개발팀, 국가위성정보활용지원센터, 한국항공우주연구원

[P-24] 정지궤도위성 운영을 위한 임무계획 자동화

임현수, 복준영

지상체계개발팀, 국가위성정보활용지원센터, 한국항공우주연구원

[P-25] 정지궤도위성용 리튬이온 배터리 전지의 모델링 개발

장성수, 최재동, 이상률

한국항공우주연구원

[P-26] 인공위성의 소프트웨어 기반 재설정 유닛과 비행소프트웨어의 동시 통신 Master 회피 방안

전현진, 박종오

한국항공우주연구원

[P-27] 전기지상지원장비의 전원분배장치 설계

조승원, 채동철, 방수완, 김영윤, 허윤구

한국항공우주연구원

[P-28] 정지궤도 복합위성의 초기 운영을 위한 시험 방안 소개

조창권, 박봉규, 조영호, 박근주

한국항공우주연구원

[P-29] A Study on Software Defined Architectural Design in Aerospace Applications

Yee-Jin Cheon

Korea Aerospace Research Institute

[P-30] 정지궤도복합위성 2A호 최초 정렬 측정 및 보정

최정수, 김형완¹, 박종석¹, 김인걸,

한국항공우주연구원 정지궤도복합위성체계팀, ²충남대학교 항공우주공학과

[P-31] 저궤도 위성용 통합시험 및 운영시스템 (ITOS: Integrated Test and Operation System) 설계 및 현황

허윤구, 방수완

한국항공우주연구원

[P-32] Signal to Noise Ratio Performance of the Camera System for the Lunar Orbiter

Haeng-Pal Heo, Gm-Sil Kang, Sang-Soon Yong, Seok-Weon Choi

Korea Aerospace Research Institute,

■ 우주응용

[P-33] 정지궤도 기상탐재체의 2017년 기술동향

명환준, 최재동, 이상률

한국항공우주연구원

[P-34] 일본의 조기경보탐재체 개발 및 추진 현황

명환준, 최재동, 이상률

한국항공우주연구원

[P-35] The Detail Design Analysis of the Electronic Module for the High Resolution GEO-Satellite Electro-Optic Camera System

Jong-Euk Park^{1,2}, SeungHoon Lee¹, Kijun Lee²

¹ Korea Aerospace Research Institute

² Chungnam National University, Department of Electronics Engineering

[P-36] The Critical Design Analysis of the Lunar

Exploration Electro-Optic Payload Camera Electronic Module

Jong-Euk Park^{1,2}, Haeng-Pal Heo¹, Kijun Lee²

*Korea Aerospace Research Institute
Chungnam National University, Department of Electronics Engineering*

[P-37] The study of high gain antenna assembly operation for the lunar exploration

Sangyoun SHIN^{1,2}, Haeng-Pal Heo¹, Hyoungho Ko²

*Korea Aerospace Research Institute
Chungnam National University, Department of Electronics Engineering*

[P-38] 해양탐사체 구동부의 동적 섭동 분석

연정흠¹, 용상순, 이덕규¹, 이승훈³

한국항공우주연구원 탑재체광학팀
한국항공우주연구원 탑재체전자팀
한국항공우주연구원 위성탐사체연구단

[P-39] 차세대중형위성 태양광 차단구조물 설계

연정흠¹, 이원범, 최종국¹, 이덕규¹, 이승훈², 임재형³

한국항공우주연구원 탑재체광학팀
한국항공우주연구원 위성탐사체연구단
테크항공 기술연구소

[P-40] Failure Mechanism investigation of memory for development of MCS

Do Kyoung Lee, Jong Tae Lee, Sang Gyu Lee,

Korea Aerospace Research Institute

[P-41] Flash Based Memory System Design for Low Earth Orbit Satellite

Jong-Tae Lee, Sang-Gyu Lee¹, Ki-Jun Lee

*Korea Aerospace Research Institute
Chungnam National University*

[P-42] 국제우주정거장용 공기 및 물 환경제어 시스템 분석

이주희, 김연규, 이종원

한국항공우주연구원 항공우주응용재료팀

■ 우주천문

[P-43] Current Status of the digital sampler development for radio observation

Yong-Woo Kang, Min-Gyu Song

Korea Astronomy & Space Science Institute

[P-44] Stray Light Analysis of the Entoto Observatory Telescopes in Ethiopia

Young-Soo Kim^{1,2}, Yong-Ik Byun³, Jeong Gyun Jang¹, Solomon Belay Tessema⁴, Leonid Berdnikov⁴, Etsegenet Getachew⁴, & Alemiye Mamo Yacob⁴

¹ *Korea Astronomy & Space Science Institute*

² *Chung Buk National University*

³ *Yonsei University*

⁴ *Ethiopian Space Science & Technology Institute*

[P-45] 우리 은하내 이심궤도를 가진 식쌍성의 새로운 카타로그 제작

김천휘^{1,2}, J. M. Kreiner³, B. Zakrzewski³, W. Ogloza³, 김현우^{1,4}, 정민지¹

¹ *충북대학교 천문우주학과*

² *충북대학교 천문대*

³ *Mt. Suhora Observatory, Poland*

⁴ *한국천문연구원*

[P-46] Current Status of Advanced Network based e-KVN and plan for the High Speed Data Processing

Min-Gyu Song¹, Hyo-Ryung Kim¹, Yong-Woo Kang¹, Seog-Oh Wi¹, Sung-Mo Lee¹, Jong-Soo Kim¹, Tae-Hyun Jung¹, Do-Young Byun¹, Hyun-Goo Kim¹, Duk-Gyoo Roh¹, Se-Jin Oh¹, Jae-Hwan Yeom¹, Do-Heung Je¹, Bu-Seung Cho², Min-Ki Noh³

¹ *Korea Astronomy & Space Science Institute*

² *Korea Institute of Science and Technology Information*

[P-47] The signs of accretion from interstellar medium in the atmospheres of F-M stars

Alexander Yushchenko¹, Yeuncheol Jeong², Dmitry Doikov³, Svetlana Vasil'eva⁴, Jinhee Yu^{1†}, Eunseok Lee¹, Hyunyoung Lee¹

¹ *Astrocamp Contents Research Institute, Goyang, 10329, Korea*

² *Daeyang Humanity College, Sejong University, Seoul, 05006, Korea*

³ *Odessa National Maritime University, 65001, Odessa, Ukraine*

⁴ *Astronomical observatory, Odessa National University named I.I. Mechnikov, Odessa, 65014, Ukraine*

[†] *Department of Astronomy, Yonsei University, Seoul, 03722, Korea*

[P-48] Improvements of the PLD (Pulsed Laser Deposition) method for fabricating photocathodes in ICMOS (Intensified CMOS) sensors

Dae-Hee Lee^{1,2}, Youngsik Park¹, Bongkon Moon¹, Yong-Woo Kang¹, Won-Kee Park¹, Seoung-Chul Bang¹, HyeunSeok Choi³, So-Jeong Na³, Sung-Bok Kang³, Nikolay Vedenkin⁴, Alexander Malyshev⁴, and Yang-Soo Kim⁴

¹ *Korea Astronomy and Space Science Institute*

² *University of Science and Technology*

³ *Korea Institute of Industrial Technology*

Satbyul Corporation Ltd.

[P-49] Geometrical Structure of the Symbiotic Star AG Peg

Seong-Jae Lee, Siek Hyung
Chungbuk National University

[P-50] 역동적인 광도변화를 보이는 열 개의 W UMa형 Kepler 쌍성의 측광학적 성질

정민지, 김천휘^{1,2}, 김혜영¹

충북대학교 천문우주학과, 충북대학교 천문대 천체관측소

■ 태양 및 우주환경

[P-51] Grad-Cam을 이용한 딥러닝 기반의 태양 플레어 이벤트 분류 모델 분석방법 연구

김도현¹, 김태영¹, 양승범¹, 강소연¹, 최명진¹, 박은수², 이강우², 문용재²

¹(주)인스페이스, ²경희대학교 우주탐사학과

[P-52] Characteristics of electron density profiles in the polar ionosphere using long-term incoherent scatter radar observations

Eunsol Kim^{1,2}, Geonhwa Jee², Yong Ha Kim¹, Eun-Young Ji², Young-Sil Kwak³

¹Chungnam National University

²Korea Polar Research Institute

³Korea Astronomy and Space Science Institute

[P-53] Large scale EMIC waves observed by Swarm satellites: Long-stretched and long lasting

Hyangpyo Kim^{1,2}, Junga Hwang^{1,2}, Jaeheung Park^{1,2} and Jaejin Lee^{1,2}

¹Korea Astronomy and Space Science Institute

²University of Science and Technology

[P-54] Operation of the Instruments for the Study of Stable/Storm-time Space (ISSS) Instruments for the Study of Space

Go Woon Na¹, Jongho Seon¹, Kyoung-Wook Min², Jongdae Sohn³, Kyung-In Kang⁴, Goo-Hwan Shin⁴

¹Kyung Hee University

²Korea Advanced Institute of Science and Technology

³Korea Astronomy and Space Science Institute

⁴Satellite Technology Research Center, Korea Advanced Institute of Science and Technology

[P-55] Predicting foF2 over Jeju Station using Artificial Neural Networks

Suin Moon and Yong Ha Kim

Department of Astronomy, Space Science and Geology,
Chungnam National University, Daejeon, South Korea

[P-56] The prediction of relativistic electron flux at geostationary orbit based on neural network

Keunchan Park^{1,2}, Jaejin Lee², Kyungchan Kim³, Yu Yi¹, BonJun Ku⁴, Hyesook Lee⁵

¹Department of Astronomy, Space Science and Geology, Chungnam National University

²Korea Astronomy & Space science Institute

³Division of Science education, College of Education, Daegu University

⁴Electronics and Telecommunications Research Institute

⁵korean meteorological administration

[P-57] 정지궤도 자기장 자료를 이용한 경험식 모델과 인공신경망을 결합한 지자기지수 예측 알고리즘 개발

박우연^{1,2}, 이재진¹, 김경찬³, 이유², 구본준⁴, 이혜숙⁵

¹한국천문연구원, ²충남대학교, ³대구대학교, ⁴한국전자통신연구원,

⁵국가기상위성센터

[P-58] Mechanical Design of Engineering Model (EM) for Small scale magnetospheric Ionospheric Plasma Experiments (SNIPE) mission

Jongdae Sohn¹, Gyeongbok Jo^{1,2}, Jaejin Lee^{1,3}, Junga Hwang^{1,3}, Young-Sil Kwak^{1,3}, Jaeheung Park^{1,3}, Uk-Won Nam^{1,3} and Won-Kee Park¹, Yu Yi²

¹Korea Astronomy and Space Science Institute

²Chungnam National University

³Korea University of Science and Technology

[P-59] 우주과학 연구를 위한 고정밀도 3축 Fluxgate형 자력계 개발 진행사항

이승욱¹, 노성준¹, 김주형¹, 최정림¹, 강경인², 류기홍³, 김준성¹, 최두영¹, 이현화¹, 이대영¹

¹충북대학교, ²한국과학기술원 인공위성센터, ³(주)알에프엔진

[P-60] Comparison of planetary and local geomagnetic disturbance indices: operational implications

Wonhyeong Yi, Jiyoung Kim, Kum-Il Jang

National Meteorological Satellite Center, Korea Meteorological Administration

[P-61] Investigation of coronal transverse wave energy fluxes by Coronal Multi Channel Polarimeter (CoMP)

Jae-Ok Lee, Kyung-Suk Cho, and Jung-Joon Seough

Korea Astronomy and Space Science Institute, Korea

[P-62] An investigation of relation between

sporadic E layer and vertical ion drift convergence using ionosonde data in Korea

Eun-Byeol Jo and Yong Ha Kim

Dpt. Astronomy, Space Science and Geology, Chungnam National University, Daejeon, South Korea

[P-63] Periodic properties of interplanetary magnetic field Bz measured near the Earth during solar cycle 23 and 24.

Kyung-Eun Choi, Dae-Young Lee, Kyung Sun Park, Kyung-Chan Kim, Kyu-Cheol Choi, Jae-Hun Kim⁴

*Department of Astronomy and Space Science, Chungbuk National University
Department of Earth Science Education, Daegu University
SELab, Inc.
Korean Space Weather Center, RRA*

[P-64] Derivation of Kinetic and Inertial Alfvén Wave Dispersion Relation from Two Fluid Theory

Changdae-Choi, Peter H. Yoon^{1,2,3}

*School of Space Research, Kyung Hee University, Yongin, Gyeonggi, South Korea,
Institute for Physical Science and Technology, University of Maryland, College Park, Maryland 20742, USA,
Korea Astronomy and Space Science Institute, Daejeon, South Korea*

[P-65] Classification of ionospheric mid- and high-latitude troughs under different geomagnetic conditions using Swarm observations

Su-In Kim^{1,2}, Young-Sil Kwak^{2,3}, Jaeheung Park^{2,3}, Hyosub Kil⁴, Khan-Hyuk Kim¹, and Jae-Jin Lee^{2,3}

*School of Space Research, Kyung Hee University, Korea
Korea Astronomy and Space Science Institute, Korea
University of Science and Technology, Korea
The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, USA*

[P-66] Image-to-image translation of solar images by deep learning. II. from magnetograms to AI-generated EUV images

Eunsu Park, Yong-Jae Moon¹, Harim Lee, Daye Lim¹, Taeyoung Kim^{1,2}

*School of Space Research, Kyung Hee University
Department of Research and Development, InSpace, Co., Ltd.*

[P-67] Space Weather Data System at KASI

Ji-Hye Baek¹, Seonghwan Choi, Jongyeob Park¹, Sujin Kim^{1,2}, Jihun Kim¹

*Korea Astronomy and Space Science Institute
University of Science and Technology*

[P-68] Image-to-image translation of solar

images by deep learning. IV. From Ca II images to AI-generated magnetograms

Gyungin Shin, Yong-Jae Moon¹, Eunsu Park, Taeyoung Kim^{1,2}

*School of Space Research, Kyung Hee University
Department of Research and Development, InSpace Co., Ltd.*

[P-69] Daily solar flare probability model using convolution neural networks and previous day flare occurrences

Seulki Shin¹, Hyoungseok Chu, Yong-Jae Moon¹

*School of Space Research, Kyung Hee University
Software Policy & Research Institute*

[P-70] Observation of strong winds and shears in the summer polar mesosphere associated with high-speed solar wind streams

Young-Sook Lee, Yongha Kim¹, Sheila Kirkwood²

*Chungnam National University
Swedish Institute of Space Physics*

[P-71] A first comparison of meteor radar and Fabry-Perot Interferometer winds at King Sejong Station

Wonseok Lee¹, Yong Ha Kim¹, Changsup Lee², Qian Wu³

*Chungnam National University
Korea Polar Research Institute
National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado, USA.*

[P-72] A Hourly Forecast Model of Daily Major Flare Probability Based on Magnetic Parameters from SDO/HMI Data

Daye Lim¹, Yong-Jae Moon^{1,2}, Jongyeob Lee³, Kangjin Lee^{1,4}, and Jin-Yi Lee²

*School of Space Research, Kyung Hee University
Department of Astronomy & Space Science, Kyung Hee University
Korea Astronomy and Space Science Institute
Electronics and Telecommunications Research Institute*

[P-73] Manually scaling one year ionograms measured by Jeju ionosonde in 2012

Seheon Jeong, Yong Ha Kim

Chungnam National University

[P-74] Observational Evidence for Origin of Three-minute Oscillations in the Sunspot

Kyuhyoun Cho, Jongchul Chae

Seoul National University

■ 태양계 및 우주탐사

[P-75] 우주 극한 환경에서의 달 표면 탐사 시스템의 상위 수준 시스템 설계 및 시스템 아키텍처 연구

김연규, 이주희, 이종원

한국항공우주연구원 융합기술연구센터 항공우주응용재료팀

[P-76] KPLO/PolCam 임무 분석에 따른 달 모의표토 편광 실험

김일훈¹, 김성수², 심채경², 백길호², 정민섭³, 최영준³

¹경희대학교 우주과학과, ²경희대학교 우주탐사학과, ³한국천문연구원

[P-77] 달 탐사 과학자로 공개를 위한 KPDS의 개발개요

김주현

한국항공우주연구원 달탐사항행운영팀

[P-78] The Science Data Management and Archive Plan for Korea Pathfinder Lunar Orbiter

Joo Hyeon Kim

Korea Aerospace Research Institute

[P-79] Contingency Trajectory Design For a Failure of the First Lunar Orbit Insertion Maneuver

Jonghee Bae, Young-Joo Song, Young-Rok Kim, and Bangeop Kim

Korea Aerospace Research Institute

[P-80] Functional Differences of Flight Dynamics Subsystem: the Earth vs Moon Mission

Young-Joo Song, Young-Rok Kim, Jonghee Bae, Bang-Yeop Kim

Korea Aerospace Research Institute

[P-81] 해외 달 탐사 후보지역 정보 DB화 및 분석

이주희¹, 김연규¹, 이종원¹, 류동영²

¹한국항공우주연구원 항공우주응용재료팀, ²한국항공우주연구원 달탐사선행임무팀

[P-82] How to Prepare Lunar Images for Training Convolutional Neural Network based Detector

Hoonhee Lee

Korea Aerospace Research Institute

[P-83] Hydroxyl distribution with the solar incident angle on the surface of Martian moon, Phobos

Eunjin Cho^{1,2}, Mingyeong Lee^{1,2}, Young-Jun Choi^{1,2}

University of Science and Technology

Korea Astronomy and Space Science Institute

■ 기 타

[P-84] 인공위성 형상관리를 위한 형상통제에 관한 연구

강 철

한국항공우주연구원

[P-85] 저궤도 위성용 전력계 전자기상지원장비(PCTS & SAS) 기술 소개 및 현황

방수완, 채동철, 허윤구, 조승원

한국항공우주연구원

[P-86] 우주극한환경용 국산 복합재의 온도별 인장 특성

신재성, 윤용식, 최익현

한국항공우주연구원 (KARI) 항공우주응용재료팀

[P-87] Study of parallel propagating electromagnetic waves in degenerate magnetized electron plasmas

Chang-Ho Woo¹, Kyoung-Wook Min¹, Min ho Woo², Cheongrim Choi³

¹Department of Physics, KAIST, Daejeon, Korea

²National Fusion Research Institute, Daejeon, Korea

³Chungbuk National University

■ 태양계탐사 연합세션

[연합1-1] Excitation Processes of the CH4 Aurorae of Jupiter and Saturn

Sang Joon Kim

School of Space Research, Kyung Hee University, Korea

[연합1-2] Experimental Apparatus for Opposition Effect at Seoul National University

Yoonsoo P. Bach, Masateru Ishiguro, and Jin-Guk Seo

Department of Astronomy and Physics, Seoul National University (서울대학교), Seoul, South Korea

[연합1-3] Simulations of the Lunar Exosphere: Effects of Multiple Sodium Sources on Coma and Tail

Dong Wook Lee and Sang Joon Kim

School of Space Research, Kyung Hee University, Korea

[연합1-4] Terrain surveying for gully in Svalbard using UAV and comparison with Mars

Jaeyong LEE¹, Takashi OGUCHI²

*Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo,
Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo*

[연합1-5] Impact deformation of Feldspar in Achondrite: NWA 2727, NWA 3117, NWA 856 Meteorite

Jaeyong LEE¹, Timothy J. FAGAN

*Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo,
Dept. of Earth Sciences, Waseda University*

[연합1-6] Regional Variations in Spectra of (25143) Itokawa taken with Hayabusa/AMICA

Sunho Jin, Masateru Ishiguro

Seoul National University

구두발표 논문 초록

5월 9일(수)

제1발표장 (코렐)

■ 초청강연 I

좌장: 최은정 (천문연)

13:10 [IS-I]

우주위험과 우주물체감시

박장현

한국천문연구원, 우주위험감시센터

지구주변 우주공간에는 다양한 종류의 우주물체가 존재한다. 소행성, 혜성과 같은 자연적으로 생성된 우주물체와 인간의 활동영역이 우주공간으로 확대되면서 발생한 인공위성, 발사체 폐기물 등 다양한 종류의 인공우주물체가 우주공간에 분포하고 있다. 이러한 우주물체는 우주공간을 떠돌거나 지상으로 낙하하면서 인류활동에 주요한 위협요인으로 작용하고 있다. 이 발표에서는 우주위험의 종류, 위험을 야기시키는 요인, 우주위험의 실례 등과 우주위험을 경감하거나 사전에 예측하기 위한 방법을 살펴보기로 한다. 또한 각 국가 별 우주물체감시를 위한 활동과 특히 우리나라에서 우주위험에 대응하기 위한 활동을 자세히 살펴볼 예정이다.

제1발표장 (코렐)

■ I-1 태양우주환경 I

좌장: 박재홍 (천문연)

13:50 [I-1-1]

GPS Observations of Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbances

Y. Otsuka¹, A. Shinbori¹, T. Takuya², M. Nishioka²¹ISEE, Nagoya Univ., Japan²NICT, Japan

Medium-scale traveling ionospheric disturbance (MSTID) is a phenomenon of the plasma density perturbations in the F region. Using total electron content (TEC) data obtained from a GPS receiver network in Japan, two-dimensional structures of MSTIDs have been revealed in the maps of TEC perturbations obtained by subtracting 1-hour running average from the original TEC data for each satellite and receiver pair. We have found that characteristics of the MSTID in Japan are different between daytime and nighttime. The daytime MSTIDs frequently appear in winter, and most of them propagate southward or south-southeastward. These characteristics are consistent with an idea that the daytime MSTIDs are caused by atmospheric gravity waves. On the other hand, the nighttime MSTIDs frequently appear in summer, and most of them propagate southwestward. From these characteristics of

the MSITDs, the nighttime MSTIDs are considered to be caused by the Perkins instability. In this study, we have analyzed the TEC data obtained from 1997 and 2017, and investigated MSTID activity, defined as dI/I , where dI is standard deviation of the TEC perturbations in an area within an area of 33.75°-37.80° N and 137.50° -141.55° E within an hour, and I is 1-hour averaged TEC. We have found that the MSITD activity during nighttime increases with decreasing solar activity. This feature is consistent with solar activity dependence of the growth rate of the Perkins instability. The MSTID activity during daytime also show anti-correlation with the solar activity although difference of the daytime MSTID activity between solar minimum and maximum is smaller than that of the nighttime MSTID activity. This result indicates that amplitude of neutral wind oscillation caused by gravity waves propagating from below into the thermosphere increases with decreasing solar activity because neutral density decreases with decreasing solar activity. In this presentation, we will investigate long-term variation of propagation velocity of MSTIDs as well as the MSTID activities to discuss mechanisms causing the MSTIDs.

14:05 [I-1-2]

Proton Aurora Observations by the KOPRI All-sky Imager at Longyearbyen

Hyosub Kil¹, Geonhwa Jee², Jeong-Han Kim², Jieun Kim², Kan Liou¹, and Frank Morgan¹¹Johns Hopkins University/Applied Physics Laboratory²Korea Polar Research Institute

Korea Polar Research Institute KOPRI has been operating an all-sky imager at Longyearbyen (78°13'N, 15°38'N E) since November 2017 for the detection of proton auroras at the cusp (dayside) and polar cap (nightside) using the H_{β} (656.3 nm) filter. The imager uses a new technique, tilting filter, to determine the line profile and from which we can derive the Doppler velocity and energy of precipitating protons. This study presents the preliminary results derived from the observations in November 2017–February 2018. The DMSP/SSUSI far ultraviolet images are used for the global view of auroras, and information of electron auroras is obtained from the OI 557.7 nm images provided by other all-sky imager. We evaluate the physical meaning of the proton aurora data by comparing with those simultaneous observation data

14:20 [I-1-3]

A tomographic Investigation of mid-latitude nighttime ionospheric E-F coupling

Nicholas Ssessanga, Yong Ha Kim

Department of Astronomy and Space Science, Chungnam National University, Daejeon, South Korea

In this paper, an algorithm of time dependent computerized ionospheric tomography (CIT) technique (in four dimension, 4-D) is utilized to examine the theoretically proposed coupling process between E-F regions during nighttime irregularities. To solve the ill-conditioned inverse problem, we use data from a dense network (Geonet) of more than 1000 ground based GPS

(Global Positioning System) receivers, and a multiplicative algebraic reconstruction technique (MART). Results show an existence of field aligned structures in both E and F regions, with wave fronts aligned NE-SW. This is in agreement with previous theory and simulation studies. Furthermore, in most cases irregularities were first noticed in the E-region and later in the F-region.

14:35 [I-1-4]

Signatures of low latitude-high latitude coupling in the Mesosphere-Lower Thermosphere (MLT) during sudden stratospheric warmings: Some new insights

S. Eswaraiah¹, Yongha Kim¹, Jaewook Lee¹, Neil Hindley¹, N.J. Mitchell²

Department of Astronomy, Space Science, and Geology, Chungnam National University, Daejeon, Korea.

Centre for Space, Oceanic, and Atmospheric Sciences, University of Bath, UK

Using the simultaneous ground-based, space born, and re-analysis datasets, we have investigated the possible low latitude-high latitude coupling in the Mesosphere-Lower Thermosphere (MLT) during sudden stratospheric warmings (SSWs) over the Southern Hemispheric (SH). The Planetary Waves (PWs) are believed to play a significant role in generating the SSW over polar region during winter. However, the origin, characteristics, and evolution of these waves and their effects on MLT are still speculative. SSWs in the Southern Hemisphere (SH) are relatively rare compared to the Northern Hemisphere. No comprehensive study has so far investigated on SH SSW events and their impacts on the different regions of the atmosphere. Here, we analyse the two SH SSW events in the years 2002 and 2010 using the re-analysis data, satellite measurements, and MLT radar wind observations both at Ascension Island (8°S, 14°W) and King Sejong Station (62.22°S, 58.78°W) at the low and high latitude regions, respectively. We find a possible tropical connection to the polar SSW through the intensification of the 16-day PW in both the stratosphere and mesosphere. Our analysis shows that; (i) the zero-wind line in the stratosphere appeared over the tropics ~90 days prior to 2002 SSW and progressed towards the pole, (ii) an enhanced 16-day PW activity, along with the zero-wind line, was clear in its propagation from the equator to the pole, (iii) an enhancement of Tropical Mesospheric Temperature (TMT) occurred prior to the SSW and (iv) strong anti-correlation was eminent between the polar and tropical temperatures in both the stratosphere and mesosphere. In addition, the radar observed mesosphere winds at both tropical and polar regions have shown significant variations. This is the first observational study of SH that reveals some novel features of global mean circulation changes during SSW winter.

14:50 [I-1-5]

Climatology of total electron contents (TEC) and rate of TEC index (ROTI) over Chuuk station located at geomagnetic equator (geo: 7.45°N, 151.89°W, mag: 0.37°S) during ascending phase of solar cycle 24 (2012-2014)

Junseok Hong¹, Yong Ha Kim¹, Jong-Kyun Chung²

Chungnam National University

Korea Astronomy and Space Science Institute

Equatorial ionization anomaly (EIA) is the enhancement of ionospheric densities around the low latitude regions of 10-20deg, induced by upward drift of plasma at equatorial region. There have been numerous studies about the ionospheric irregularities in the EIA region, but relatively fewer in the equatorial region. To investigate the characteristics of ionospheric irregularities in the geomagnetic equatorial region, we analyzed total electron contents (TEC) and rate of TEC index (ROTI) over Chuuk station, which is located at near geomagnetic equator (geo: 7.45°N 151.89°E, mag: 0.37°S) during ascending phase of solar cycle 24 (2012-2014). Vertical TEC (VTEC) shows clear daily variation and its daytime values follows 27-day variation due to solar rotation. VTEC increases with ascending solar cycle, whereas ROTI does not seem to show solar flux dependence, including the 27-day variation. There is an increase of VTEC after sunset time until midnight and the increase is strong in equinox months and weak in solstice months. A clear increase of ROTI also starts around sunset and lasts until midnight, similar variations to the pre-midnight increase of VTEC. Intensified upward plasma drift due to pre-reversal enhancement (PRE) at equatorial region in post sunset time seems to cause not only the increase of VTEC but also ionospheric irregularities as indicated in ROTI. However, no pre-midnight increase of ROTI is seen in December solstice. It may imply that PRE is not in effect during winter in the geomagnetic equator region.

15:05 [I-1-6]

Characteristics of midlatitude GPS amplitude scintillations observed at Gangneung and Icheon

Tae-Yong Yang¹, Young-Sil Kwak^{1,2}, Ho-Sung Choi³, Jaeheung Park¹, Byung-Kyu Choi¹, Jongyoun Yun⁴, Jong-Min Choi¹, JaeJin Lee¹, Seonghwan Choi¹

Korea Astronomy and Space Science Institute

University of Science and Technology

Republic of Korea Air Force

Space Environment Laboratory, Inc.

We report continuous observations of GPS amplitude scintillation (S4 index) over Korea peninsular from January 2014 to December 2016. These scintillations can degrade or disrupt communication and navigation systems relying on transionospheric radio wave propagation. In this work dual frequency (f1=1.5 GHz, f2=1.2 GHz) GPS data recorded at midlatitude station Gangneung (N37.85°, E128.82°) and Icheon (N37.14°, E127.54°) have been analyzed to monitor the S4 index during declining phase of solar cycle 24. These analyzed data are used to compare the annual and seasonal variability of field-aligned irregularities (FAIs) at midlatitude observed by Daejeon VHF coherent scatter radar. Generally, the midlatitude ionosphere is regarded as a less active scintillation condition, so there is a lack of explanation for the relationship between scintillation and field-aligned irregularities. In our analysis, however, midlatitude scintillation has characteristics of weak to severe according to Kp and F10.7. Therefore, we analyzed the occurrence relationship between scintillation and field-aligned irregularities at midlatitude, and we will show

the result in this presentation.

제2발표장 (토파즈)

■ I-2 우주기술

좌장: 김주현 (항우연)

13:50 [I-2-1]

Satellite-based in-situ monitoring of space weather: KSEM Mission and Data Application

Daehyeon Oh, Jiyoung Kim, Hyesook Lee, and Kuenil Jang

National Meteorological Satellite Center, Korea Meteorological Administration

As many of recent satellites have long mission periods over 10 years, in-situ and local space weather monitoring now become more important ever. In this presentation, we describe the KSEM (Korea Space wEather Monitor), a payload of space weather instruments that will be on the GK-2A (GeoKomp-2A) GEO satellite. The KSEM payload includes energetic particle detectors, magnetometers, and satellite charging monitor. KSEM will provide a high accuracy measurements on energetic particle flux (100 keV to 2 MeV with $\Delta E/E < 0.3$ and $t_{res}=0.33$ sec) and 3-axis magnetic field (-300 nT to 350 nT with < 1 nT of accuracy and $t_{res}=0.1$ sec), which are the most essential elements of space weather events. The longitude of GK-2A is 128.2°E, while those of GOES satellite series are 75°W and 135°W. Multi-satellite measurements on this wide distribution on GEO can be a new chance of developing, improving and verifying space weather forecasting models. As KSEM also uses an advanced magnetometer technique to correct magnetic disturbances from the satellite in real-time with a very short boom (1m), successful KSEM mission will show an accurate satellite-based magnetometer could be a simple set of equipment that is different from before. The GK-2A will be launched and get on the orbit at the end of 2018.

14:05 [I-2-2]

차세대소형위성 2호 과학탑재체 LEO-DOS 구조체 기본 설계

문봉곤¹, 남옥원¹, 박원기¹, 표정현¹, 황정아¹, 이재진¹, 손중대¹, 김성환², 류동민³, Justin Malimban³, 예성준³

¹한국천문연구원, ²청주대학교 방사선학과, ³서울대학교 융합과학기술대학원 방사선의학물리연구실

한국천문연구원은 2020년 무렵에 발사예정인 차세대소형위성 2호의 과학탑재체 LEO-DOS (Low Earth Orbit space radiation DOSimeter)를 2017년 8월부터 개발하고 있다. LEO-DOS의 과학 임무는 근지구 궤도에서 하전입자 및 중성자 등가선량의 전지구 지도를 작성하고, 그 데이터를 바탕으로 하는 우주 방사선 환경연구, 태양활동 극소기의 우주 방사선 변화연구, 우주방사선 중에서 중성자에 대한 에너지 영역대별 인체영향 가중치 검증 연구이다. LEO-DOS의 모든 구조물과 검출기는 국내 기술로 개발되고 있다. 차세대소형위성이 요구하는 진동 및 열진공 환경을 모두 만족시키기 위한 LEO-DOS 구조체의 기본 설계를 수행하였으며, 관련 부품 재료들도 우주 인증에 문제없도록 결정하였

다. LEO-DOS의 기본 설계 및 구조 해석 결과, 구조체의 고유진동수가 200Hz 이상이고, 발사 진동환경에서 경험하는 구조적 스트레스도 안전계수를 2 이상 충분히 만족하고 있다. 하드웨어 Redundancy를 함께 고려하여 2개의 검출기가 설치되는 LEO-DOS 구조물의 전체 질량은 1.2 kg 이하이고, 전체 소모 전력은 3W이하이다. 또한, LEO-DOS 구조물은 차세대소형위성 2호 본체와 기계적, 전기적 인터페이스 형상을 기본적으로 고려하여 설계하였다. 이 발표에서는 LEO-DOS 구조체의 기본 설계 결과를 제시하고, 개발 향후 일정을 소개하고자 한다.

14:20 [I-2-3]

Balloon-borne Investigation of Temperature and Speed of Electrons in the corona (BITSE)

Su-Chan Bong^{1,2}, Kyung-Suk Cho^{1,2}, Yeon-Han Kim^{1,2}, Natchimuthuk Gopalswamy³, Jeffrey S. Newmark³, Seonghwan Choi¹, Jihun Kim¹, Heesu Yang¹, Jongyeob Park¹, Ji-Hye Baek¹, Qian Gong³, Mel Donahoe³, Len Seals³, Hanson Nguyen³, Joseph-Paul Swinski³, Nelson L. Reginald³, Young-Deuk Park¹

¹Korea Astronomy and Space Science Institute

²University of Science and Technology

³Goddard Space Flight Center, NASA, USA

Balloon-born Investigation of Temperature and Speed of Electrons in the corona (BITSE) is a technology demonstration balloon flight mission for the Korea Astronomy and Space Science Institute (KASI) and the NASA to develop a compact coronagraph in collaboration. The BITSE coronagraph will utilize spectral information to simultaneously measure electron density, temperature, and velocity. It will measure the total brightness of the corona from 3 — 13, and the polarized brightness from 3 — 8 Rs, at 5 wavelengths (393.5, 398.7, 405.0, 423.4, 380 — 430 nm) for at least 6 hours above at least 36 km altitude. We expect we can derive temperature and flow speed maps of the corona over 3 — 6 Rs from filter ratio maps. KASI will develop filter wheel assembly, focal plane assembly, electronics box, and flight and ground softwares. BITSE successfully passed the preliminary design review (PDR), and is scheduled to be launched in September 2019. After the BITSE, we plan to develop a coronagraph with similar design (Coronal Diagnostic Experiment, CODEX) and install on the International Space Station (ISS) in 2022.

14:35 [I-2-4]

Effect of Observation Arc Length on Lunar Orbiter Orbit Determination Using Sequential Estimation Technique

Young-Rok Kim, Young-Joo Song, Jonghee Bae, Bang-Yeop Kim

Korea Aerospace Research Institute

The choice of observation arc length affects the performance of lunar orbiter orbit determination (OD). Data processing time, mission operation procedure, and maneuver schedules such as station-keeping or wheel-off loading have to be considered to find optimal arc length for OD. From a practical viewpoint, selection strategy of

tracking arc length is an important tuning parameter to improve the accuracy of orbit solution. In this study, the effect of observation arc length on lunar orbiter OD using sequential estimation algorithm is investigated. For mission operation phase of Korea Pathfinder Lunar Orbiter (KPLO), the lunar polar orbit which has 100 km altitude and 90 deg inclination is considered to generate true orbit. For measurement simulation, three ground stations including Deep Space Network and Korea Deep Space Antenna are utilized. AGI's STK version 11 and ODTK version 6 are utilized for OD analysis and performance validation. Various OD solutions with different arc length such as 12h, 24h, 48h, and 60h were obtained. For orbit quality evaluation, position uncertainty using error covariance and orbit overlaps precision are used. Additionally, orbit prediction accuracy by position differences between estimated orbits and true orbits is assessed. This study suggests the guideline for the selection of arc length of KPLO OD for mission operation phase.

14:50 [I-2-5]

CANYVAL-C 임무를 위한 큐브위성의 자세 결정 및 제어 시스템 예비 설계

강호철, 강대은, 김극남, 박상영

연세대학교 천문우주학과 우주비행제어연구실

CANYVAL-C 임무는 분리형 우주망원경의 핵심기술인 관성정렬기술을 활용하여 태양의 코로나를 촬영하는 과학검증을 목표로 한다.

CANYVAL-C 임무의 시스템은 코로나 촬영을 위해 태양광을 가리는 위성(2U)과 광학 카메라를 탑재하여 코로나를 촬영하는 위성(1U)으로 구성된다. 태양광을 가리기 위한 태양광차폐막 전개에 따른 대기항력, 태양복사압 등의 외란을 분석한다. 그 결과를 바탕으로 자세 결정 및 제어 시스템을 구성한다. 자세 결정에는 정밀/비정밀 태양센서와 자기장 측정 센서를 사용하여 TRIAD 방법과 확장 칼만 필터 알고리즘을 적용한다. 자세 제어에는 자기장 토크를 사용하여 B-dot제어, 슬라이딩 모드 제어를 적용하고, 2U 큐브위성에는 추가로 모멘텀 휠을 사용하여 PD제어를 적용한다. 센서와 구동기의 성능을 반영한 소프트웨어 시뮬레이션을 통해 자세 결정 및 제어 시스템이 임무 요구조건을 만족하는지 확인한다. 시뮬레이션 결과, 두 큐브위성의 자세 결정 및 제어는 CANYVAL-C 임무 요구조건을 각각 만족하는 것을 확인하였다.

15:05 [I-2-6]

마이크로중력 환경에서의 냉염 현상

이종원, 김연규, 이주희

한국항공우주연구원 융합기술연구센터 항공우주응용재료팀

지난 50년동안 많은 연구자들은 마이크로중력 환경에서의 액적(droplet) 연료의 연소현상에 관하여 연구를 수행해왔다. 특히, 국제우주정거장에서는 8년간 CIR(Combustion Integrated Rack)을 이용한 FLEX(Flame Extinguishment Experiment) 실험을 통해 다양한 연료의 연소 및 소화 특성을 조사하였다. 2012년에는 Vedha Nayagam 외 4명에 의해 이 실험을 통해 관찰된 냉염(cool flame)이라는 새로운 현상을 보고하여 많은 연소과학자들의 호기심을 자극하

였다. 일반적으로 불이 꺼질 때, 연료 액적의 증발은 거의 멈출 것이고, 액적은 줄어드는 것이 멈출 것이라는, 즉, “가시적인 화염이 없으면, 연료의 소비도 없을 것이다.” 라는 생각을 한다. 그러나 화염이 사라졌을 때에도 액적 연료는 화염이 보일 때와 거의 동일하게 지속적으로 증발한다는 것을 발견하였으며, 이를 냉염이라고 정의하였다.

본 논문에서는 마이크로중력 환경에서 발생하는 액적연료의 이 현상에 대해 소개하고 이를 이해하기 위한 NASA와의 협력과 CFI(Cool Flames Investigation) 실험 데이터 분석 현황 및 향후 실험 계획에 대해서 소개하고자 한다.

제3발표장 (사파이어)

■ I-3 우주감시 I

좌장: 노경민 (천문연)

13:50 [I-3-1]

OWL-Net : A Global Network of Robotic Telescopes for Satellite Observation

Jang-Hyun Park¹, Hong-Suh Yim¹, Young-Jun Choi^{1,2}, Jung Hyun Jo^{1,2}, Hong-Kyu Moon¹, Young-Sik Park¹, Dong-Goo Roh¹, Sungki Cho¹, Eun-Jung Choi¹, Myung-Jin Kim¹, Soo-Young Kim¹, Jin Choi^{1,2}

¹Korea Astronomy and Space Science Institute

²University of Science and Technology, Daejeon, Republic of Korea

The OWL-Net is composed of five 0.5m wide-field optical telescopes spread over the globe. All the observing stations are identical, operated in a fully robotic style, and controlled by the headquarters located in Daejeon, Korea. The main objective of the OWL-Net is to get orbital information of Korean LEO and GEO satellites using purely optical means and to maintain their orbital elements. The test phase operation of the whole system started early 2017 although test runs for individual sites started from 2015. We are going to present the configuration of the OWL-Net and the system performance. Some early results and their implications are also presented.

14:05 [I-3-2]

Photometric Variations of GEO Satellites using OWL-Net

Dong-Goo Roh, Jin Choi, Hong-Suh Yim, Jung-Hyun Jo

Korea Astronomy and Space Science Institute

The photometric observation has been performed to determine the physical characteristics of space objects including the satellites. Above all, photometric variation or light curve of the space objects can be implemented to estimate their information about phase angle, range, shape and so on. Range effect can be diminished to influence the photometric variation of the Geostationary Orbit Satellites (GEOs). Since OWL-Net has the monitoring mission for GEO area, we can obtain many GEO images for a long time. In this paper, we report the preliminary results for the optical brightness variations of the several US-owned GEOs using OWL-Net.

14:20 [I-3-3]

Post-Processing of Least Squares Solutions with Short Arc Optical Measurement for Improving Orbit Prediction Accuracy

Eunji Lee and Sang-Young Park

Astrodynamics and Control Lab., Department of Astronomy,
Yonsei University

The optical tracking system measures the topocentric angles of an object without the limitation of the range to the object, so it has been employed for the surveillance of space objects. The orbit prediction accuracy of least squares solution from the optical tracking data, however, is not precise even though it is especially significant in the optical tracking system because of the constraints on the field of view, weather, and sunlight condition. In this research, a post-process composed of the extended Kalman filter (EKF) and the smoother, is employed to improve the orbit prediction accuracy. The post-process takes the several least squares solutions and yields mean orbital elements. As a result of the post-processing, the uncertainty of the prediction is within 20 km for a week, which means that the object is inside the 2 degrees of field of view with a probability of 99.7%.

14:35 [I-3-4]

OWL-Net을 이용한 인공위성 관측 결과 검보정 및 궤도 결정 결과최진^{1,2}, 조중현^{1,2}, 임홍서, 최은정¹, 김명진¹, 노동구, 김수영,
조성기, 박장현¹

한국천문연구원, 과학기술연합대학원대학교

자국 저궤도 위성 추적 및 정지궤도 영역 모니터링을 위해 개발된 우주물체 전자광학 감시체계 (OWL-Net, Optical Wide-field patrol-Net)의 저궤도 및 정지궤도 우주물체 관측 검, 보정 연구를 수행하였다. 관측 대상은 CPF (Consolidated Prediction Format)을 제공하는 Cryosat-2, KOMPSAT-5 및 자국 정지궤도 위성인 천리안 위성을 선정하였다. CPF 자료와 광학 추적 시스템의 관측 모델을 이용하여 생성된 시뮬레이션 자료와 실제 관측 자료를 비교하여 정밀도를 비교하였다. 또한 AGI (Analytic Graphics Inc)사의 시퀀셜 필터인 ODTK (Orbit Determination Tool Kit)을 이용한 궤도 결정 처리 프로세스 및 궤도 결정 결과를 발표하고자 한다. 시험 기간 동안 관측된 자료를 이용하여, 일주일 단위의 저궤도 위성 궤도 결정 전략에 따라 결정된 궤도를 위성 추적을 위해 JSpOC (Joint Space Operation Center)에서 배포하는 TLE (Two Line Elements)와 비교하였다.

14:50 [I-3-5]

Regression and Prediction of the Satellite Tracking Data using Machine LearningByoung-Sun Lee^{1,4}, Won-Gil Kim², Junho Lee³,
Yoola Hwang¹, Dae-Won KimElectronics and Telecommunications Research Institute
SOLETOP
Korea Aerospace Industries, Ltd.

University of Science and Technology

Preliminary orbit determination of unknown satellite is possible when range and range rate sets from three ground stations are available. However, if there is only one actual ground station available, it is possible to define two virtual stations within the same satellite coverage and simulate the satellite tracking data in virtual ground stations based on the actual ground station data using machine learning. Then three tracking data sets are available for preliminary orbit determination.

This method generates a large amount of tracking data sets where satellites pass over three ground stations. We then use the generated tracking data sets to train a regression model using machine learning. When the satellite pass through the actual ground station, we apply the trained model to predict satellite tracking data from two virtual stations.

In this paper, we present regression model trained using machine learning and satellite tracking data set. We also demonstrate its prediction results for preliminary orbit determination when the number of ground stations is insufficient.

15:05 [I-3-6]

우주물체의 낙하점 및 분산 영역 예측 프레임워크 연구김시우, 조병운¹, 최은정², 조성기, 안재명¹한국과학기술원 항공우주공학과
한국천문연구원 우주위험감시센터

본 연구에서는 파편화 과정에서의 불확실성을 고려하여 재진입 우주 물체의 낙하점 및 분산 영역을 산정하는 프레임워크를 제시하였다. 우주 물체의 재진입 궤적은 초기 위치와 속도로부터 3자유도 시뮬레이션을 통해 생성된다. 이 때 재진입 과정에서 발생하는 높은 열과 압력으로 인한 파편화 과정을 고려할 필요가 있으며, 이 과정에서의 불확실성을 반영하기 위해 질량, 유효 면적을 비롯한 파편들의 물성치를 확률 모델로 표현하였다. 파편화 이후 새로운 입력 값들을 이용하여 지표면까지의 궤적을 시뮬레이션 함으로서 파편들의 낙하점과 분산 영역을 산정하였다. 본 방법론은 향후 정보가 불충분한 재진입 우주물체에 대한 낙하점을 예측하는데 적용할 수 있을 것으로 예상된다.

15:20 ~ 16:20 단체사진 촬영/ 포스터 집중발표

제1발표장 (코럴)

■ II-1 태양우주환경 II (국제세션)

좌장: 박경선 (충북대)

16:20 [II-1-1]

Periodic Enhancements of Magnetic Field, Energetic Particle Fluxes, and High-Frequency Waves Deep in the Inner Magnetosphere during Substorm Dipolarization: ERG ObservationsYukinaga Miyashita¹, Yoshizumi Miyoshi², Ayako

Matsuoka³, Yoshiya Kasahara, Satoshi Kasahara, Shoichiro Yokota, Kazushi Asamura³, and Shiang-Yu Wang⁷

*Korea Astronomy and Space Science Institute
Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University
Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency
Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University
Department of Earth and Planetary Science, School of Science, The University of Tokyo
Department of Earth and Space Science, Graduate School of Science, Osaka University
Academia Sinica, Taiwan*

Dipolarization is one of the important processes in the magnetosphere for understanding of substorm onset and development. Using ERG (Arase) spacecraft data, we studied periodic enhancements of magnetic field, energetic particle fluxes, and high-frequency waves deep in the inner magnetosphere during substorm dipolarization. The magnetic field oscillated at a period of 1 to 2 min during dipolarization. When it enhanced, both energetic ion and electron fluxes with a few tens to hundred keV were enhanced, accompanied by broadband electromagnetic waves and high-frequency electrostatic waves from below to above the electron cyclotron frequency. The electrostatic waves were seen in the inner plasma sheet, while they were weak or were not seen away from the inner plasma sheet. We will discuss the role of the periodic enhancements of particles and waves in dipolarization and substorm development.

16:35 [II-1-2] Measurement of Nonlinearity Parameters of Three-minute Oscillations at Different Levels of the Sunspot Atmosphere

Jongchul Chae¹, Kyuhyun Cho¹, Donguk Song, and Yuri E. Litvinenko

*Seoul National University
NAOJ, Japan
University of Waikato, New Zealand*

Recent theoretical studies suggest that the nonlinearity of three-minute velocity oscillations at each atmospheric level can be quantified by the two independent parameters—the steepening parameter and the velocity amplitude parameter. For the first time, we measured these two parameters at different atmospheric levels by analyzing a set of spectral lines formed at different heights of sunspots ranging from the temperature minimum to the transition region. The spectral data were taken by the Fast Imaging Solar Spectrograph of the Goode Solar Telescope, and by the Interface Region Imaging Spectrograph. As a result, from the wavelet power spectra of the velocity oscillations at different heights, we clearly identified the growth of the second harmonic oscillations associated with the steepening of the velocity oscillation, indicating that higher-frequency oscillations of periods of 1.2 to 1.5 minutes originate from the nonlinearity of the three-minute oscillations in the upper chromosphere. We also found that the variation of the

measured nonlinearity parameters is consistent with the theoretical expectation that the nonlinearity of the three-minute oscillations increases with height, and shock waves form in the upper chromosphere. There are, however, discrepancies as well between theory and observations, suggesting the need to improve both theory and the measurement technique.

16:50 [II-1-3] Image-to-image translation of solar images by deep learning. I. Introduction

Yong-Jae Moon, Eunsu Park, Harim Lee, Daye Lim, Kimoon Kim, and Taeyoung Kim

School of Space Research, Kyung Hee University

Multi-wavelength observations become very popular in astronomy and geophysics. Even though there are some correlations among different sensor images, it is not easy to translate from one to the other one. In this talk, we apply a deep learning method for image-to-image translation, based on conditional generative adversarial networks (cGANs), to solar and geophysical images. To examine the validity of the method for scientific data, we consider several different types of pairs: (1) AI-generated magnetograms from solar SDO/AIA images, (2) AI-generated EUV images from SDO/HMI solar magnetograms, (3) AI-generated magnetograms from historical sunspot drawings such as Carrington events, and (4) AI-generated IR images from visual weather images. It is very impressive that AI-generated ones are quite consistent with actual ones. We will discuss several applications of this methodology for scientific research.

17:05 [II-1-4] Statistical study of EMIC Pc1-Pc2 waves observed at subauroral latitudes

Khan-Hyuk Kim and Jong-Woo Kwon

School of Space Research, Kyung Hee University

We have statistically analyzed the magnetic field data obtained at subauroral-latitude Athabasca (ATH) station, Canada (magnetic latitude: $\sim 62^\circ$, and $L \sim 4.5$) for the interval of 2007-2008. We observed that most frequencies of the Pc1-Pc2 waves at ATH appear to be in the He-band. Their median frequencies are higher in the postmidnight-to-dawn sector and lower in the late afternoon sector. The occurrence rate of Pc1-Pc2 waves has a peak in the prenoon sector at 0900-1100 LT under quiet geomagnetic conditions ($K_p \leq 1$), but is peaked in the afternoon sector under moderate and disturbed geomagnetic conditions ($K_p \geq 2$). The waves are composed of left-hand, right-hand, and linearly polarized waves. By comparing previous studies with our observations, we suggest that the subauroral-latitude Pc1-Pc2 waves are associated with EMIC waves generated near the plasmopause and discuss the EMIC wave properties in a region of cold and dense plasmas containing heavy ions in the inner magnetosphere.

17:20 [II-1-5] Electrostatic instability driven by scattered electrons in the development of electron firehose instability

Sang-Yun Lee¹, Ensang Lee, and Peter H. Yoon^{1,2}

School of Space Research, Kyung Hee University, Korea

² *Institute for Physical Science and Technology, University of Maryland, College Park, Maryland, USA*

In the solar wind and the magnetosphere the plasma condition that parallel electron temperature exceeds the perpendicular temperature is observed. This condition can generate the electron firehose instability. To investigate the wave-particle interaction during the development of the electron firehose instability we conducted one-dimensional Particle-In-Cell simulations by introducing an anisotropic electron distribution ($T_{\text{per}}/T_{\text{par}} < 1$) with high plasma beta and stationary isotropic ions. The electron firehose instability excites electromagnetic waves near the ion gyro-frequency. The waves scatter the electrons with large parallel speed. The scattered electrons form a beam-like structure and a positive slope in the velocity distribution. A new feature we found is that the scattered electrons excite an electrostatic electron beam instability. The beam instability generates parallel electric fields which enhance the parallel temperature. In this process, especially, the electrons scattered by the electromagnetic waves in the perpendicular direction thermalize and become more isotropic.

17:35 [II-1-6]

Personal Recommendation on Mars Exploration

Gi-Hyuk Choi

Korea Aerospace Research Institute

Korea has the strategic plan of space exploration as the part of National Space Development Plan. General figure is such that sending Lunar Orbiter by 2020, Lunar Lander before 2030 and asteroid sample return during 2030's. Recently 2018 the 3rd Space Promotion Basic Plan was announced and in which Mars exploration is participating overseas instrument and sharing data and also obtaining technologies for permanent Mars base and ISRU (In-Situ Resource Utilization). Now in Korea lunar exploration program is underway. Korean lunar exploration program is composed of two stages. First stage is sending the Korean Pathfinder Lunar Orbiter (KPLO) by 2020 and launching lunar lander using Korean launch vehicle KSLV-2 before 2030. The possible strategies of Korean Mars exploration are firstly conducting bio-medical experiment for the sake of longer staying humans in space, participating to Deep Space Gateway program, developing Mars scientific instrument as participating overseas Mars exploration program, sending Korean Mars astronauts, launching communication relay and remote sensing satellite using KSLV and developing ISRU systems.

(*) Approved for public release: 88ABW-2017-2241

제2발표장 (토파즈)

■ II-2 SNIPE 미션 (특별세션)

좌장: 양태용 (천문연)

16:20 [II-2-1]

SNIPE Science Target; Electron Microbursts

Jaejin Lee, Young-Sil Kwak, Junga Hwang, Jaeheung Park, Jongdae Sohn

Korea Astronomy and Space Science Institute

Electron microburst is an energetic electron precipitation phenomena having a short duration less than 1 second. The SNIPE mission consisted of 4 nanosatellites will discover new things of low altitude microscale plasma structures with new instrumentation and formation flying algorithm. Two solid-state detectors installed on the SNIPE mission has a capability of measurement of 100 – 400 keV electron with 10 msec time resolution. The spacecraft attitude control system will align one detector parallel to the geomagnetic field. This performance enables us to measure energy dispersion that might give us information where the electron microbursts are generated. SNIPE mission's four spacecraft will do an ambitious mission, formation flying changing each satellite distance from 10 km to several hundred km. With such unique operation, we can measure the spatial and temporal variation of electron precipitations at the same time and answer the spatial scale of microbursts for the first time.

16:35 [II-2-2]

Expected results on the high-latitude ionospheric irregularities from the SNIPE mission

Young-Sil Kwak^{1,2}, Jaeheung Park^{1,2}, Jae-Jin Lee^{1,2}, and Su-In Kim^{1,3}

¹ *Korea Astronomy and Space Science Institute, Korea*

² *University of Science and Technology, Korea*

³ *School of Space Research, Kyung Hee University, Korea*

The significant phenomena to be studied in the high-latitude ionospheric irregularities are the mid-latitude plasma troughs (or sub-auroral troughs) and polar-cap patches. Mid-latitude plasma troughs are persistent large-scale F-region electron density depletion structures located at the interface between the mid-latitude ionosphere and the high-latitude auroral region, and typically extend from the post afternoon sector to the dawn sector. Polar-cap patches are identified as enhanced plasma densities 2-10 times higher than the background density in the polar-cap ionosphere produced by either solar EUV radiation or low energy (or auroral) electron precipitation. So far, although single satellites (e.g., DMSP, STSAT1), radio occultation (e.g., COSMIC), and 3-multiple satellites (e.g., SWARM) have observed structures of the trough and variations of the polar-cap patch, the small-scale (10 km–50 km, less than 1 s) morphology of the trough and temporal and spatial variations of the polar-cap patch have not yet been comprehensively investigated. The SNIPE (Small scale magNetospheric and Ionospheric Plasma Experiments mission) which consists of 4 nano-satellites in a Low-Earth-Orbit (LEO), will be launched in 2020. Two pairs of satellites will be deployed on orbit and the distances between each satellite will be from 10 km to

100 km controlled by a formation flying algorithm. The SNIPE mission will observe microscale plasma structures of the phenomena in geospace. In this presentation, we address expected results from the SNIPE mission on the high-latitude ionospheric irregularities such as the mid-latitude plasma troughs and the polar-cap patches.

16:50 [II-2-3]

국제 우주 정거장에서 측정된 전리권 전자 밀도 및 온도의 특성

박재홍, 광영실

한국천문연구원

본 발표의 주제는, 국제 우주 정거장에서 측정된 전리권 전자 밀도 및 온도 자료에 관한 개략적 소개이다. 현재 국제 우주 정거장에서는 Floating Potential Measurement Unit (FPMU)이라는 이름의 전자 밀도/온도 탐침이 운용되고 있는데, 해당 자료는 관측 후 약 수개월이 경과된 뒤에 미 항공 우주국의 홈페이지(ftp://cdaweb.gsfc.nasa.gov)를 통하여 일반에 공개된다. 본 발표에서는 상기의 자료를 이용하여 지상 약 400 km 상공 전리권의 전자 밀도/온도가 갖는 통계적 특성에 관해 기술할 것이다. 또한, 국제 우주 정거장에서의 전리권 관측이 향후 SNIPE 위성군의 임무 수행에 공헌할 수 있는 점 또한 논하게 될 것이다.

17:05 [II-2-4]

Limitations of Electromagnetic Ion Cyclotron Wave Observations in Low Earth Orbit

Junga Hwang, Hang-Pyo Kim, Jaeheung Park and Jaejin Lee

Korea Astronomy and Space Science Institute
Korea University of Science and Technology

Pc1 pulsations are geomagnetic fluctuations in the frequency range of 0.2 to 5 Hz. There have been several observations of Pc1 pulsations in low earth orbit by MAGSAT, DE-2, Viking, Freja, CHAMP, and SWARM satellites. However, there has been a clear limitation in resolving the spatial and temporal variations of the pulsation by using a single-point observation by a single satellite. To overcome such limitations of previous observations, a new space mission was recently initiated, using the concept of multi-satellites, named the Small scale magNetospheric and Ionospheric Plasma Experiments (SNIPE). The SNIPE mission consists of four nanosatellites (~10 kg), which will be launched into a polar orbit at an altitude of 600 km (TBD) in 2020. Four satellites will be deployed in orbit, and the distances between each satellite will be controlled from 10 to 1,000 km by a high-end formation-flying algorithm. One of the possible science targets of the SNIPE mission is observing electromagnetic ion cyclotron (EMIC) waves. In this paper, we report on examples of observations, showing the limitations of previous EMIC observations in low earth orbit, and suggest possibilities to overcome those limitations through a new mission.

17:20 [II-2-5]

Properties of magnetic field disturbances over the auroral region observed by the Cluster

spacecraft

Ensang Lee, Youra Shin, Jaejin Lee

School of Space Research, Kyung Hee University
Korea Astronomy and Space Science Institute

Magnetic field disturbances associated with field-aligned currents are often observed in the high-altitude region above the auroral region. Using multi-point observations from the Cluster spacecraft we investigated the properties of the magnetic field disturbances. The magnetic field disturbances in the nightside region occur along with the outflowing ions from the ionosphere. Sometimes the magnitude of the disturbance is more than 50 nT, which is ~15 % of the total undisturbed magnetic field. On the other hand, large disturbances in the dayside region are mostly related with the particle injection into the cusp region. This work can be used in the analysis of the observations from the future SNIPE mission.

17:35 [II-2-6]

Progress of the Engineering Model (EM) for Small scale magNetospheric Ionospheric Plasma Experiments (SNIPE) payloads

Jongdae Sohn, Jaejin Lee, Junga Hwang, Young-Sil Kwak, Jaeheung Park, Uk-Won Nam, and Won-Kee Park

Korea Astronomy and Space Science Institute

In this time, we report the progress of the Engineering Model (EM) for Small scale magNetospheric Ionospheric Plasma Experiments (SNIPE) payloads onboard The Korea Astronomy and Space Science Institute satellite-1 (KASISat-1). The KASISat-1, which consist of four [TBD] nanosatellites, is planned to be launched in the second half of 2020 for the SNIPE mission to understand the science objectives. They have a sun-synchronous orbit at an altitude of 500 - 600 km [TBD]. The SNIPE mission is equipped with scientific payloads to measure the geophysical phenomena such as polar-cap patches, field-aligned currents in the auroral oval, hundreds keV electron precipitation event with a temporal variation less than 1 s, subauroral plasma density trough, low-latitude plasma irregularities. The SNIPE payload is comprised of three instruments: the Solid State Telescopes (SST), the Langmuir Probe (LP), the 3 Axis Fluxgate Magnetometer (MAG). The SST will measure electrons in the range of 100 keV - 400 keV [TBD] in parallel and perpendicular directions to the earth's magnetic field. The LP will measure the density from $2 \times 10^3/\text{cm}^3$ to $5 \times 10^6/\text{cm}^3$ [TBD] for ionospheric thermal electrons. The MAG will measure Magnetic field of $\pm 50,000$ nT [TBD].

제3발표장 (사파이어)

■ II-3 우주감시 II

좌장: 안재명 (과기원)

16:20 [II-3-1]

우주물체감시센서 시뮬레이터 개발 개념 및 체계 설계

구원희¹, 정대원^{1,2}, 오태봉²

¹과학기술연합대학원대학교, ²한국항공우주연구원

한국항공우주연구원은 우주 잔해물 증가에 따른 우주 자산 충돌 및 파손 위험을 인지하고 기관 주요사업으로서 우주물체감시센서 시뮬레이터 개발 사업을 2016년 7월부터 진행했다. 대규모 예산 투입이 예상되는 우주감시시스템 구축에 선행하여 레이더 체계 설계와 성능 분석을 수행하는 시뮬레이터의 개발이 본 사업의 목표이다. 시뮬레이터 개발을 위한 2차년도(2017년) 연구가 진행되었으며, 시뮬레이터 예비설계 및 상세설계를 수행하고 일부 모듈이 구현되었다. 본 논문에서는 시뮬레이터 개발을 위한 동작 모드 설정, 표적 시나리오 데이터 생성 및 시뮬레이터 시험 평가 방안 등에 대해서 소개하고자 한다. 우주물체감시센서 시뮬레이터는 2018년 하반기까지 개발을 완료하고 시험 평가를 진행할 계획이다.

16:35 [II-3-2]

대기 굴절에 의한 우주감시레이다 오차 특성 연구

문현욱¹, 최은정², 이종현², 염재명², 조성기², 조중현²

¹LIG넥스원(주) 감시정찰연구센터, ²한국천문연구원 우주위험감시센터

우주감시레이다가 우주감시 임무를 수행하기 위해서는 전파를 지구 대기권을 통해 송수신해야 한다. 이 때 대기권의 고도에 따른 전파 굴절률의 변화로 인해 전파 굴절이 발생하며, 이는 우주감시레이다에 있어 표적의 고도 오차를 발생시킨다. 본 논문에서는 한국 기상관측소의 6년간 측정된 고층 기상데이터를 이용하여 대기권의 전파 굴절률 변화를 모델링하고 광선추적법(Ray Tracing)을 이용하여 우주감시레이다에서 발생하는 고도 오차 특성에 대해 도출함으로써 지역별/계절별 오차 특성 및 레이더 고각에 따른 오차 특성을 분석하였다. 이를 통해 대기권이 우주감시레이다에 미치는 영향을 분석하고 우주감시레이다 사이트 선정 및 조항범위 등 우주감시레이다 설계 시 고려사항에 대해 소개하고자 한다.

16:50 [II-3-3]

우주감시레이더를 위한 소형 고속표적 탐지능력 향상기법

이종현¹, 염재명², 최은정², 문현욱², 조성기², 조중현²

¹알에프코어(주), ²LIG넥스원(주) 한국천문연구원 우주위험감시센터

레이더시스템은 우주감시를 위한 중요한 센서 중 하나이다. 특히 위험이 되는 우주물체가 가지고 있는 특성으로 인해 표적탐지가 쉽지 않다. 우주물체는 지표와의 거리가 멀고, 물체의 속도가 매우 빠르며, 레이더 반사면적이 작다. 이러한 특성은 표적이 거리셀에 머물러 있는 시간이 짧기 때문에, 펄스누적(Integration) 방법으로 신호대잡음비를 향상시키기가 매우 어렵다.

본 논문에서는 시간예따라 거리셀이 이동하는 거리이동(Range migration)환경에서도 신호대 잡음비를 향상시킬 수 있는 방법중 Hough 방법을 소개하고 이 방법을 우주감시레이더 문제에 적용하여 신호대 잡음비 향상이 가능함을 보이고자 한다.

17:05 [II-3-4]

국제우주파편조정위원회 및 지구 재진입 캠페인

정옥철, 성제동, 김해동, 정대원

한국항공우주연구원

인류의 지속적인 우주 개발 및 활용으로 궤도상 인공 우주물체의 수가 급증함에 따라, 세계 각국의 우주기관에서는 우주물체환경, 관측, 위험 완화 등에 대한 연구협력의 일환으로 국제우주파편조정위원회(IADC, Inter-Agency Space Debris Coordination Committee, 1993년 설립) 활동을 수행하고 있다. 한국항공우주연구원은 2014년, 13번째 회원기관으로 가입하여 조정그룹(Steering Group), 위험완화그룹(Mitigation Group) 등에 참여하고 있다. 국제우주파편조정위원회에서는 매년 1-2회 관심 우주물체를 선정하여 약 2주간 지구 재진입 캠페인(Re-entry Campaign)을 실시하는데, 각국 우주기관에서는 재진입하는 물체에 대한 관측자료나 재진입시점 예측자료를 웹페이지를 통해 서로 공유하여 연구결과를 상호 비교·검증한다. 한국항공우주연구원에서도 2015년부터 지구 재진입 캠페인에 참여하여 예측자료를 공유하고, 예측모델의 정밀도를 높이기 위한 방안을 연구하고 있다. 본 논문에서는 국제우주파편조정위원회의 구성 및 역할을 소개하였고, 최근까지 수행된 지구 재진입 캠페인의 수행 결과와 주요 활동 내역을 정리하였다. 또한, 2018년 지구 재진입 캠페인의 대상물체인 중국 텐궁 1호(Tiangong-1, NORAD ID 37820)의 각 기관별 관측자료 및 예측자료의 공유현황을 분석하였고, 기준 값(최종 확인된 값) 대비 예측 값의 시간별 오차 특성 등을 살펴보았다.

17:20 [II-3-5]

텐궁 1호 추락 예측 및 결과 분석

최은정

한국천문연구원 우주위험감시센터

일반적으로 저궤도 우주물체의 경우, 고도 250km 까지 떨어지는 시점까지는 평균궤도를 통해 생명주기예측(Lifetime Prediction)을 수행한다. 그러나, 고도 250km 이내에서의 우주물체가 대기권으로 진입하는 시간과 위치를 예측하기 위해서는 정밀한 궤도 예측이 수행되어야 한다. 본 연구에서는 저궤도 우주물체의 고도 변화에 따른 drag scale factor 추정 방법을 제시하고, 지구 중력장 모델 및 대기 모델, 태양 플럭스를 적용한 Runge-Kutta 7-8계 수치 적분 방법의 고정밀 궤도 예측 프로그램을 통해 고도 100km 이내까지의 우주물체의 추락 예측을 수행하였다. 본 연구에서 제시된 방법은 이미 추락된 GOCE 및 Grace-1 위성에 적용하여 정밀도를 검증하였고, 이를 통해, 텐궁 1호의 추락 예측에 사용되었다. 텐궁 1호는 2011년 9월 발사된 중국 최초의 우주정거장으로, 고도 340km 고도에서 임무를 수행한 이후 2016년 3월 통제 불능 상태가 되었고, 2018년 3월말과 4월 초 추락이 예상되었다. 이에 텐궁 1호의 추락시점까지의 실시간 추락 예측을 수행하고, 미 JSpOC에서 제공하는 TIP(Tracking and Impact Prediction)과 비교함으로써 본 연구의 추락 예측 정밀도 분석을 수행하였다.

17:35 [II-3-6]

The Vision and the Mission of National Space Situational Awareness Organization

Jung Hyun Jo^{1,2}

¹Korea Astronomy and Space Science Institute

University of Science and Technology

The Korean government enacted a 'Basic plan for space hazards' in 2014 and assigned Korea Astronomy and Space Science Institute (KASI) as a 'National Space Situational Awareness Organization' (NSSAO) in 2015. It was to expand the national capability to response the various space hazards. KASI has the responsibility of monitoring and reporting the space situation, developing the new technologies related to space situational awareness, developing and maintaining the observation facilities of SSA. In this talk, author will present the vision and the mission of NSSAO.

4월 28일 (금)

제1발표장 (코렐)

■ III-1 자기권

좌장: 황정아 (천문연)

09:00 [III-1-1]

Particle diffusion by obliquely propagating broadband kinetic Alfvén wave

Cheong Rim Choi¹, Min Ho Woo², Dae Young Lee¹, Kyung Sun Park¹, and Peter H Yoon^{3,4}

¹Chung Buk National University, ²National Fusion Research Institute, ³Institute for Physical Science and Technology, University of Maryland, ⁴Korea Astronomy and Space Science Institute

Many researchers have studied the temperature anisotropy of ion particles in solar wind plasma. In this study, the diffusion of plasma particles by the broadband kinetic Alfvén wave, which propagates obliquely with the constant background magnetic field, is studied. The diffusion coefficient of particles by the broadband kinetic Alfvén wave was calculated numerically.

09:15 [III-1-2]

Can Geomagnetic Substorms be Triggered by Northward Magnetic Field of SMFR and MFR?

Kyung Sun Park¹, Dae-Young Lee¹, Rok Soon Kim^{2,3}, and Kyungsuk Cho^{2,3}

¹Dep. Astronomy and Space Science, Chungbuk National University

²Korea Astronomy and Space Science Institute,

³University of Science and Technology

We have studied the response of the Earth's magnetosphere and ionosphere to northward magnetic field SMFR and MFR in solar wind by using a three-dimensional global MHD simulation. Both SMFR and MFR magnetic field rotate from dawnward to duskward by with a northward core field B_z . The magnetic field strength of SMFR changes from 4 through 7 to 4 nT during 3 hours (e.g. size ~ 678 RE). Also, MFR magnetic strength increase 5 to 10 and it decrease to 5 nT during 15 hours (e.g. size ~ 3387 RE). From the simulation results, we see that the dayside reconnection site splits into two

high-latitude in northern dawn and southern dusk hemispheres, moves closer to Z-axis and finally switches to the site in the northern dusk and southern dawn hemispheres during the passage of SMFR and MFR. The bow shock and magnetopause on subsolar point are located at $X = 14$ RE and 10.6 RE in MFR while the bow shock and magnetopause move to sunward about $X = 15$ RE and 12 RE in SMFR, respectively. The open-closed boundary in ionosphere extends closed to $\sim 69.4^\circ$ (70°) near midnight for MFR and SMFR. Also, the peak values of cross polar reaches about 25 kV for SMFR and 35 kV for MFR, suggesting that is possible supported the growth phase condition for substorm triggering even under northward magnetic field.

09:30 [III-1-3]

Spectral characteristics of EMIC waves in the outer magnetosphere observed at THEMIS probes

Gi-Jeong Kim and Khan-Hyuk Kim

Kyung Hee University

We have statistically examined the properties of EMIC waves observed by THEMIS probes in the outer magnetosphere ($L = 6\sim 12$) for 2008-2011. The wave events were identified in 3-min intervals through a semiautomated wave selection procedure. Using Fourier spectral analysis for each 3-min segments, we determine the ellipticity, the azimuth orientation angle of the polarization ellipse, and wave normal angle between the wave propagation vector orientation and background field direction. Unlike previous studies, spectral properties are examined for wave events showing high coherence (> 0.7) between two transverse (δB_x : radial and δB_y : eastward) components (i.e., phase-coherent sinusoidal wave events) because wave polarization characteristics obtained from the spectral analysis are meaningful only in the case of a plane wave. We found that only $\sim 10\%$ of EMIC waves show high coherence. This indicates that most of EMIC waves in the outer magnetosphere are phase-incoherent waves. In this study we compare previous observations and our statistical results.

09:45 [III-1-4]

Heating of Ions at the Quasi-perpendicular Bow Shocks

Hee-Eun Kim¹, Ensang Lee¹, George K. Parks², Naiguo Lin², Khan-Hyuk Kim¹, Dong-Hun Lee¹

¹School of Space Research, Kyung Hee University, Yongin, South Korea

²Space Sciences Laboratory, University of California, Berkeley, CA, USA

The Earth's bow shock is well-known as a collisionless shock. It has been studied that the incident solar wind ions are specularly reflected by up to 30 % at the quasi-perpendicular shock boundary and suggested that the reflected ions play a significant role on ion heating in the downstream. We have investigated heating of ions at the quasi-perpendicular bow shocks observed by the Cluster spacecraft. The observations show that the solar wind ions are not fully thermalized, but consist of two distinguished components in the downstream. One is the core component that is directly transmitted solar wind ions

and the other is the hot component that comes from the dispersed ions observed at the shock ramp. We quantitatively analyzed the thermal properties of the two components separately. As a result, we found that the core component is only slightly heated by compression of the magnetic field and the magnetic moment is almost preserved across the bow shock. On the other hand, the hot component is heated non-adiabatically in the downstream. Also, the relative density of the hot component is up to 50 % of the total ions in the downstream. Our results clearly show that the core and hot components experience different heating processes across the bow shock to the downstream and the thermalization of the two ion components in the downstream takes very long time.

10:00 [III-1-5]

Statistical analysis of energetic particle flux effects in spacecraft anomalies at different orbits and different solar activity

Kang-Woo Yi and Yong-Jae Moon

School of Space Research, Kyung Hee University, Korea

In this study, we have investigated the dependence of spacecraft anomalies on energetic particle flux. For this we use GOES electron and proton flux data and the 199 spacecraft malfunction data from 1998(2 years after 23 solar cycle beginning) to 2010(2 years after 24 solar cycle beginning) in Satellite News Digest(SND), a web archive for spacecraft failures. The spacecraft are classified into four orbit groups according to its own altitude and inclination. We focus two groups, High altitude and low inclination(HL) and Low altitude and high inclination(LH). We investigate spacecraft anomaly depending on solar activity and its launch year. In order to minimize non-environmental effects, we additionally examine multiple anomaly events(>2 events in 2 days) in more detail. We investigate similarities and differences between our study and previous ones. Main results from this study are as follows. First, electron flux has noticeable enhancement at 2-14 days before the anomaly, which may be associated with internal charging and discharging. Second, proton flux has noticeable enhancement either at the anomaly day, which may be associated with single event upsets, or several days before the anomaly, which may be associated with internal charging and discharging. In addition, multiple spacecraft anomalies show that enhanced proton fluxes make longer delays between particle flux enhancements and anomaly times. Third, spacecraft launch time do not have a significant influence on the relationship between malfunction and energetic particle flux. From this study, we suggest a model to explain different energetic particle flux effects in different solar activities.

10:15 [III-1-6]

Space Weather Operation at KASI with Van Allen Probes Beacon Signals

Jongkil Lee¹, Kyung-Chan Kim², Romeo Giuseppe³, Sasha Ukhorskiy⁴, David Sibeck⁵, Ramona Kessel⁶, Barry Mauk⁴, Barbara Giles⁵, Bon-Jun Gu⁷, Hyesook Lee⁸, Young-Deuk Park⁹, Jaejin Lee^{1,2}

¹*Korea Astronomy and Space Science Institute, Daejeon, South Korea*

University of Science and Technology, Daejeon, South Korea,

Daegu University, Gyeongsan, Gyeongbuk, South Korea

⁴*Applied Physics Laboratory, Johns Hopkins University, Laurel, Maryland, USA*

⁵*NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, USA*

NASA Headquarters, Washington, DC, USA

Electronics and Telecommunications Research Institute, Daejeon, South Korea

⁸*National Meteorological Satellite Centre, Korea Meteorological Administration, Jincheon-gun, Chungcheongbuk-do, South Korea*

The Van Allen Probes (VAPs) are the only modern NASA spacecraft broadcasting real-time data on the Earth's radiation belts for space weather operations. Since 2012, the Korea Astronomy and Space Science Institute (KASI) has contributed to the receipt of this data via a 7-m satellite tracking antenna and used these data for space weather operations. An approximately 15-min period is required from measurement to acquisition of Level-1 data. In this paper, we demonstrate the use of VAP data for monitoring space weather conditions at geostationary orbit (GEO) by highlighting the Saint Patrick's Day storm of 2015. During that storm, Probe-A observed a significant increase in the relativistic electron flux at 3 RE. Those electrons diffused outward resulting in a large increase of the electron flux > 2 MeV at GEO, which potentially threatened satellite operations. Based on this study, we conclude that the combination of VAP data and National Oceanic and Atmospheric Administration-Geostationary Operational Environmental Satellite (NOAA-GOES) data can provide improved space environment information to geostationary satellite operators. In addition, the findings obtained indicate that more data-receiving sites would be necessary and data connections improved if this or a similar system were to be used as an operational data service.

제2발표장 (토파즈)

■ III-2 달과학 I (특별세션)

좌장: 정민섭 (천문연)

09:00 [III-2-1]

경사면의 경향성과 지형 요철의 공간 분포에 기반한 달 표면 자동 크레이터 검출 알고리즘 개발

김진규, 심채경, 김성수, 진호

경희대학교 우주탐사학과

본 연구팀에서는 달 표면의 지형 정보를 기반으로 크레이터의 위치와 크기를 특정해 내는 자동 크레이터 검출 알고리즘을 개발하고 있다. 먼저 2차원 배열 형태의 지표 고도정보를 기반으로 등고선이 원형에 가깝고 주변부보다 고도가 낮은 구역을 크레이터 후보군으로 정한다. 다음으로 각 위치에서의 경사면 방향의 경향성과 지형 요철의 공간 분포를 매개변수로 나타내어 크레이터 여부를 판정하고 있다. 위 알고리즘의 성능과 정확도를 평가하기 위해, 달의 바다, 고원 그리고 이 둘이 혼재된 영역에서 각각 $6^\circ \times 6^\circ$ 의 영역을 선정하였다. 현재 제공되고 있는 달 지형정보 중 공간해상도가 가장 높은 SELENE/LRO Digital Elevation Model (SLDEM, Haruyama et al. 2014)을 활용하여, 선정된 영

역 내에서 약 5000 개 가량의 크레이터를 검출하고, 그 결과의 정확성 여부를 분석하였다. 본 발표에서는 개발 중인 크레이터 검출 알고리즘의 원리와 수행 절차를 소개하고, 선정된 영역에서의 알고리즘 수행결과와 그 분석결과를 서술한다.

09:15 [III-2-2]

반사율-색 공간을 활용한 달 크레이터 표면의 분광 특성 정량화

심채경, 김성수

경희대학교 우주탐사학과

달 크레이터의 깊이가 갖는 분광학적 특성을 반사율-색 공간상에서 알아보고, 크레이터의 풍화 정도에 따른 변화를 정량적으로 분석한다. 달의 표면 흙은 우주 풍화 현상에 의해 밝기가 어두워지고 색이 붉어지며, 입자는 바스르진다. 그러나 이러한 변화의 양상은 해당 지역의 조성비와 지형에 따라 다르므로 월면의 다양한 지역에 관한 비교 연구는 제한적으로 이뤄져 왔다. 본 연구에서는 SELENE/MI 관측 자료를 이용하여, 달 표면 중 충돌 크레이터 영역만을 대상으로 함으로써 우주 공간에 노출되어 온 누적 시간에 따라 월면의 분광 특성이 어떻게 변하는지 분석한다. 반사율-색 공간상에서 특정 크레이터의 분포를 길이(L), 회전각(θ), 비대칭도(s)로 정량화하면, 표토의 성숙도 또는 벽면 기울기가 감소할수록 길이는 줄어들고, 회전각과 비대칭도는 증가한다. 이들 중 비대칭도는 고원과 바다의 크레이터에서 같은 변화 양상을 보이므로, 크레이터의 나이를 추정하는 데에 유용하게 쓰일 수 있는 파라미터인 것으로 생각된다. 본 발표에서는, 이들 파라미터를 소개하고, 기존의 지형 확산 모델과 비교 분석한 결과를 보인다.

09:30 [III-2-3]

분광 및 지형분석을 이용한 달 착륙 후보지역 조사

이응석^{1,2}, 김경자, 김용하¹

충남대학교 우주지질학과 우주과학실험실

한국지질자원연구원 국토지질연구본부 지질연구센터

달 착륙 후보지역을 선정하기 위해서는 다양한 조건을 고려해야한다. 특히, 가시광선 및 근적외선 파장영역에서의 반사도를 이용한 분광분석(광물분포)과 지형의 높낮이를 이용한 지형분석(안전한 자원채취 및 착륙지 지형조사)은 달 착륙 후보지역을 평가, 선정하는데 있어 유용한 분석도구이며 이를 통해 미래의 인류거주 지역을 선정하고, 주변에 위치한 광물, 원소분포를 제시할 수 있다. 본 연구에서는 달의 바다 중 상대적으로 FeO 및 TiO₂가 풍부한 폭풍의 대양(Oceanus Procellarum)과 고요의 바다(Mare Tranquillitatis)를 조사하였다. 달 착륙 후보지역 조사 및 평가를 위해 분광분석에서는 SELENE LISM MI (Multi-band Imager) 데이터를 이용하였고, 지형분석에서는 SLDEM (SELENE/LRO Digital Elevation Model) 데이터를 사용하여 각 후보지역을 연구하였다. 본 연구를 통하여 얻은 결과를 이용하여 향후 달 탐사 후보지역에 대한 선정연구를 진행하기에 앞서 예비 연구 결과를 발표하고 한다.

09:45 [III-2-4]

A study of paleomagnetic pole position: Implication for the history of the lunar dynamo

Seul-Min Baek, Khan-Hyuk Kim, and Ian Garrick-Bethell^{1,2}

School of Space Research, Kyung Hee University, Earth and Planetary Science, UC Santa Cruz

Analysis of magnetic field observed by the Lunar Prospector magnetometer (LP-MAG) have been yielded information on the distribution and nature of lunar crustal magnetization. Global magnetic field maps have shown that magnetic anomalies on the Moon are widely distributed across the highlands, maria, and inside basin. Such anomalies show magnetic field perturbations, which can be expected from a dipole source. In this study, we identify several isolated magnetic anomalies on the Moon and use a dipole model to determine the magnetization direction and depth of the source for each isolated anomaly. Assuming that the moment vectors are magnetized by core dynamo field, the paleopole position can be estimated with the inferred dipole parameters and source locations. We will use the paleopole positions and depths of each anomaly to constrain the orientation of the lunar dynamo.

10:00 [III-2-5]

달 모사토 개발 현황 및 향후 연구 방향

강태윤^{1,2}, 김경자, 이유

충남대학교 대학원 우주지질학과국지질자원

연구원 국토지질연구본부 지질연구센터

1969년 Apollo 미션을 통해 달 토양 샘플을 채취하여 지구로 가져온 후 달 토양에 대한 많은 연구가 진행되었다. 하지만 당시 달 토양의 특성에 대한 이해가 부족하여 Apollo 우주 비행사들은 미션 수행 과정에서 여러 어려움을 겪었다. 이를 계기로 지구에 달 유사 환경을 조성하여 실제로 수행할 미션들을 점검해보는 것이 중요하다는 인식을 가지게 되었다. Apollo 미션을 통해 달에서 가져온 시료는 총 약 380kg으로 달 귀환 시료를 사용하기엔 그 양이 부족하며 비용 또한 높았기 때문에 달 토양과 유사한 성질을 가진 모사토 개발이 이루어지기 시작하였다. 현재까지 미국, 일본, 중국 그리고 캐나다 등 4개의 국가들이 달 모사토 개발을 주도하고 있으며 한국, 터키 등의 나라들도 달 복제토를 개발하고 있다. 본 연구에서는 현재까지 개발된 달 모사토들의 물리적, 화학적 성질, 개발 방법 및 적용사례를 소개하고자 하며 이를 통해 향후 연구 계획을 말하고자 한다.

10:15 [III-2-6]

시험용 달 궤도선 : 참여과학자 프로그램

류동영, 김은혁, 최석원

한국항공우주연구원

2016년 시작된 시험용 달 궤도선 (Korea Pathfinder Lunar Orbiter, KPLO) 개발 사업은 이제 개발 3년차에 들어서며 2017년 예비설계검토회의를 완료했고 2018년 상세설계검토회의를 계획 중이다. 1) 한국 최초의 우주탐사 실현,

2) 심우주 탐사를 위한 핵심 우주기술 개발 및 검증, 3) 달의 새로운 과학적 발견 및 기존 연구 심화의 목적으로 수행되고 있는 KPLO 개발사업에서 항우연과 NASA는 한-미 양국 과학자들의 상호 협력 및 연구 진작을 위하여 KPLO 과학탐사체 1기당 별도의 공동과학팀 (Joint Science Team)을 구성/운영하기로 합의하였다. NASA는 현재 한국 개발의 과학탐사체 4기 (LUTI, PolCam, KMAG, KGRS) 공동과학팀에 참여할 과학자를 선정하기 위한 일을 추진하고 있으며 항우연은 NASA 개발의 달 영구음영지역 촬영을 목적으로 하고 있는 탐사체 (ShadowCam)에 참여할 한국 과학자를 선정할 예정이다. KPLO 미션의 과학임무, 공동과학팀의 구성/운영에 관한 내용, ShadowCam의 과학 목표 및 ShadowCam 공동과학팀 참여과학자 선정에 관한 내용을 간단히 소개할 예정이다.

제3발표장 (사파이어)

■ III-3 태양

좌장: 문용재 (경희대)

09:00 [III-3-1]

AnoGAN을 이용한 비지도 태양 플레어 이벤트 감지

김태영¹, 양승범¹, 김도현¹, 최명진¹, 박은수², 이강우², 문용재²

¹(주)인스페이스, ²경희대학교 우주탐사학과

높은 강도의 태양 플레어 이벤트를 감지하는 것은 태양 활동 관측 및 예보에서 중요하다. 최근 인공지능의 기술의 발전으로 다양한 우주환경 예보들이 딥러닝 기반으로 연구되고 있지만 분류 및 감지하고자 하는 대상이 발생 빈도가 적어 데이터가 부족하거나 클래스 간 분포 불균형이 존재하는 경우에는 일반적인 딥러닝 기법을 적용하기에는 어려움이 있다. 높은 태양 플레어 이벤트 감지 문제 또한 발생 빈도가 높지 않으므로 데이터가 충분히 확보할 수 없다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 낮은 태양 플레어 이벤트의 SOHO/MDI 이미지를 AnoGAN (Anomaly Detection Generative Adversarial Networks)에 학습시켜, 높은 태양 플레어 이벤트의 이미지가 입력될 경우 이상 징후를 감지하는 간단한 모델을 구성하였다. 낮은 이벤트인 B 등급의 3167장으로만 학습한 모델로 비정상 점수를 테스트한 결과, B 등급 653.75, M 등급은 1226.07, X 등급은 1901.22으로 나와 평균적으로 높은 등급의 이벤트의 비정상 점수가 낮은 등급의 비정상 점수보다 2배 이상 높았다. 본 연구 결과는 태양활동 중 발생빈도가 낮은 이벤트를 검출하는 문제에 딥러닝 기술을 적용하고자 할 때 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

09:15 [III-3-2]

Image-to-image translation of solar images by deep learning. III. from the Carrington sunspot to AI-generated magnetogram

Harim Lee¹, Y.-J. Moon¹, Daye Lim¹, Eunsu Park¹, and Taeyoung Kim^{1,2}

¹School of Space Research, Kyung Hee University, Yongin-si 17104, Korea

²Department of Research and Development, InSpace Co., Ltd., South Korea

We apply an image-to-image translation model, which is a popular deep learning method based on conditional Generative Adversarial Networks (cGANs), to the generation from sunspot drawings to the corresponding magnetograms. For this, we train the model using pairs of sunspot drawing from Mount Wilson Observatory (MWO) and their corresponding SDO/HMI line-of-sight magnetogram from 2012 to 2013. We test the model by comparing pairs of actual SDO/HMI magnetogram and the corresponding AI-generated one in 2014. Our results show that bipolar structures of the AI-generated magnetograms are consistent with those of the original ones and their unsigned magnetic fluxes are well correlated with those of the original ones with a good correlation coefficient of 0.86. Using this model with the Carrington and the Galileo sunspot drawings, we successfully produce AI-generated magnetograms and estimate unsigned magnetic fluxes. Using several empirical relationships (magnetic flux vs. CME speed, CME speed vs. ICME speed, and ICME speed vs. Dst) in 23 and 24th solar cycle, we conjecture the Dst value of the Carrington event, about -1,700 nT, which is consistent with Tsurutani et al. (2002).

09:30 [III-3-3]

Analysis of the Ellerman Bomb Spectra Observed by the FISS

Minju Seo¹, Jongchul Chae¹, Jeongwoo Lee²

¹Seoul National University

²New Jersey Institute of Technology

We study the changes on the solar atmospheres caused by the Ellerman bombs (EBs). We compare the observed EB line profiles with the synthetic profiles obtained from the radiative transfer computation of solar model atmospheres. For this research, we use the observational data of the H α and the Ca II 8542Å lines from the Fast Imaging Solar Spectrograph (FISS) installed on the 1.6m Goode Solar Telescope (GST) in Big Bear Solar Observatory (BBSO). We make our model atmospheres which mimic the effects of the EBs by adding a temperature enhancement in a form of Moffat function to the solar quiet region's atmosphere. Then, we make a grid of models with varying the height where EBs occurred (h), maximum temperature (ΔT) and width (Δh) of the function and perform the non-LTE radiative transfer computation for them. As a result, we find a model atmosphere which has a very narrow width (~100km) of temperature enhancement function than the previous studies of EBs. Our model atmosphere successfully describes the observed H α lines as the previous wide width enhancement model does, and it also makes synthetic profiles of the Ca II lines which fit well with the observed profiles.

09:45 [III-3-4]

Comparison of solar and interplanetary magnetic field orientations using 101 CME-ICME pairs

Suk-Kyung Sung¹, Yong-Jae Moon^{1,2}, Jin-Yi Lee¹

¹School of Space Research, Kyung Hee University

²Department of Space Science, Kyung Hee University

The interplanetary magnetic field(IMF) direction is thought to control the geomagnetic disturbances. In this study, we compare all possible magnetic field directions (northward and southward) of solar source regions and near Earth environment. Based on the Richardson & Cane's interplanetary coronal mass ejection (ICME) list, we consider 101 CME-ICME pairs from 1996 to 2014, which have source region data (X-ray and magnetogram images) and magnetic cloud (MC) data. We determine three possible magnetic field directions near the source regions: (1) coronal flux ropes based on the coronal flux rope model (CFR) using X-ray and filament sigmoid data, (2) overlying fields on active regions according to the potential field model using full-disk magnetograms, and (3) solar dipole fields based on polar magnetic polarities using full-disk magnetograms. Three magnetic field directions in the near Earth environment are also considered. (1) the magnetic cloud leading field, (2) the sheath field between IMF shock and magnetic cloud, and (3) the upstream field for 3-hours before the shock. We investigate the consistency among all field directions. Among all possible pairs, we find two meaningful consistency: (1) the magnetic field orientations of coronal flux ropes are consistent with those of overlying fields and solar dipole fields with the accuracies of 0.64 and 0.7, respectively, (2) the MC leading field directions are mainly determined by the coronal flux rope configurations of the solar source regions with the accuracy of 0.67, by the solar dipole field with the accuracy of 0.64, and by the sheath field directions with the accuracy of 0.68.

10:00 [III-3-5]

Observation of Vortex-Formations and its-Associated Ejections in a Sunspot Light bridge

Heesu Yang¹, Eun-Kyung Lim¹, Sujin Kim^{1,2}, Yeon-Han Kim^{1,2}

*Korea Astronomy and Space Science Institute
University of Science and Technology*

Dynamical turbulence in the sun is important mechanism to drive the energy transmission and the conversion. Due to the dynamical scale smaller than 1 arcsec, there is no report in the low atmosphere. Here we report the successive formation of Kelvin-Helmholtz vortices with strong transverse shear flows at the boundary of a light bridge. The observation was done using the Goode Solar Telescope at Big Bear Solar Observatory, California. The vortices of size of smaller than 1 arc seconds were formed at the end of the elongated granule-like features in the photosphere. The fast-moving elongated-like features were likely associated with the emerging fluxes. We observed bright blobs moving upward with a speed of 4km/s right above the vortices in the H alpha images. At the beginning of the vortex formation, we also observed a vortex-associated ejection of the H alpha cool plasma with a short time interval. After then a consistent downflowing plume was observed for about 20 min. Sometimes the plume was longer than 10,000km. The cool plasma ejection and downflowing plume appeared to be extended from the vortex in the photosphere to the chromosphere. In this presentation, The implications of these results in the context of the magneto-convection and Kelvin-Helmholtz Instability caused by the strong velocity shear are discussed.

10:15 [III-3-6]

Effect of the radial contraction and extension of the coronal loop on the loop oscillations

Dae Jung Yu, Dong-Hun Lee

School of Space Research, Kyung Hee University

There are some observations on the contraction of the coronal loops and related loop oscillations. To understand this phenomenon, Russell et al. (2015) suggested that the loss of magnetic energy may cause the loop oscillations. They also proposed a driven (forced) harmonic oscillator for the loop oscillation as a phenomenological model. But its connection to basic MHD equations are unclear. In this study we consider the effect of radial contraction or expansion of the loop on the loop oscillations by assuming a long straight cylindrical flux tube with a constant magnetic field in the longitudinal direction, where the background medium satisfies the equilibrium condition with time variation. From ideal MHD with these conditions, we derive an inhomogeneous differential equation for the loop oscillations, which has the form of a driven harmonic oscillator. The analysis of this equation draws us to a finding that the background density motion may induce damping or enhancing of the wave amplitude. We also found that the motion of the background pressure plays the role of an external force to the loop oscillations, which can execute diverse loop oscillation patterns including the features in Russell et al. (2015).

제1발표장 (코럴)

■ IV-1 전리권

좌장: 정종균 (천문연)

10:45 [IV-1-1]

Developing a data-assimilated SAMI2-CNU model using Korean ionosonde data

JeongHeon Kim¹, YongHa Kim¹, SeHeon Jeong¹, SangWoo Lee¹, YoungSil Kwak², JinWook Han³

¹Chungnam National University

²Korea Astronomy and Space science Institute

³Korea Space Weather Center (KSWC), Jeju, Korea

In order to develop a data assimilation model based on the ionospheric data measured in Korean peninsula, we have been studying data-assimilation algorithms using the SAMI2-CNU [Kim et al., 2016]. Although the SAMI2-CNU model as a first principle physics model calculates the ionospheric E-layer reasonably well by adding measured solar X-rays, it does not practically reproduce the F2 layer measured by ionosondes due to lack of information on thermospheric composition and winds. To overcome this obstacle, we devise a method to estimate effective winds and composition from the peak height (hmF2) and peak density (NmF2) of F2 layer measured by ionosondes. The effective winds and O density scale factors were first computed from measured hmF2 and NmF2 in conjunction with the SAMI2-CNU model. The estimated wind and scale factor from the previous time step are then input to the SAMI2-CNU model for next time step. In this way, we are able to reproduce the F2 peak density and height reasonably close to measured

values. As a test, we will present NmF2 and hmF2 values computed from the assimilated SAMI2-CNU model in comparison with ionosonde measurements at Jeju for a typical day in four seasons.

11:00 [IV-1-2]

Statistical study of the middle-latitude ionization trough morphology

Sarah Park, Hyosub Kil², Khan-Hyuk Kim

School of Space Research, Kyung Hee University, Korea

The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, USA

The middle-latitude ionization trough, the plasma density depletion in the subauroral region, is a typical feature of the nightside ionosphere. Until now, there are many studies to understand how and where middle-latitude trough is generated. However, the trough morphology has not been investigated in terms of spatial density gradient equatorward and poleward. In this study, we investigate the variability of the morphology and location of the trough under different geomagnetic conditions using the DMSP F15 data acquired from February 2000 to January 2001.

11:15 [IV-1-3]

Statistical analysis of the distribution of broad plasma depletions in the equatorial F region observed by the C/NOFS satellite

Jong-Min Choi¹, Young-Sil Kwak¹, Hyosub Kil², Jaeheung Park¹, Woo Kyoung Lee, Yong Ha Kim³, and Jae-Jin Lee

Korea Astronomy and Space Science Institute, Daejeon, South Korea

The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, Laurel Maryland, USA

Chungnam National University, Daejeon, South Korea

The broad plasma depletions (BPDs) is an ionospheric phenomenon that occurs over a wide spatial region in the equatorial F region. We analyzed the measurements of the plasma density on board the Communication/Navigation Outage Forecasting System satellite during 2008-2012 to investigate the statistical distribution of broad plasma depletions. The BPDs occurred mainly after midnight, and occurred more frequently around the geomagnetic equator. The BPDs occurrence rate increased as Kp increased and peaked at the lower altitudes. The BPDs occurred mainly in the solar minimum than in solar maximum, and seasonally they are observed in the June solstice. To identify the differences in BPDs characteristics over local time, we divided the BPDs into two groups before and after midnight. Post-midnight BPDs were mainly observed in the solar minimum and June solstice, whereas pre-midnight BPDs were detected frequently in solar maximum, equinox and December solstice. The occurrence rates of post-midnight BPDs are positively correlated with AE index and are inversely correlated with 10.7 cm solar radio flux. Low solar activity creates favorable conditions for generating BPDs by thinning the F region thickness. At the solar minimum, the density of the F region bottomside changes significantly even with slight altitude shifts, which can be recognized as a BPDs.

When a geomagnetic disturbance occurs, the eastward electric field can be enhanced at the equatorial F region and the entire F layer can move upward.

11:30 [IV-1-4]

Evidence for non-linear wave-wave interactions in mesospheric winds measured by a meteor radar at King Sejong station, Antarctica

Jaewook Lee, Yong Ha Kim, S. Eswarajah

Department of Astronomy, Space Science and Geology, Chungnam National University, Daejeon, Korea.

King Sejong Station (62.22°S, 58.17°W, KSS) is located near the tip of Antarctic Peninsula, where strong activity of atmospheric waves is known. Atmospheric waves are prominently observed in the mesosphere and lower thermosphere (MLT) region. We have analyzed tidal waves and planetary waves (PWs) using MLT wind data observed by a meteor radar at KSS from 2010 to 2017. We noticed that the semidiurnal tidal wave is more dominant than the diurnal tidal wave, and the semidiurnal tidal wave is stronger in austral summer than that in austral winter. PWs with periods of 8-, 16-, and 27-day were found to be active in austral winter. Through bi-spectral analysis we found evidence that nonlinear interaction occurred between the semidiurnal tidal wave and PWs. The interaction seems to generate a family of secondary waves with periods corresponding to sum and difference of those of the semidiurnal tide and PWs. We also noted amplitude variations of the semidiurnal tide with periods of PWs as consequence of the nonlinear interaction. Such nonlinear wave interaction may contribute significantly to dynamics of the MLT region over Antarctica.

11:45 [IV-1-5]

Propagation characteristics of mesospheric gravity waves over King Sejong Station, Antarctic Peninsula, using OH and OI-557.7nm airglow imager.

Hosik Kam, Yong Ha Kim, Takuji Nakamura^{2,3}, Masaki Tsutsumi^{2,3}, Yoshihiro Tomikawa^{2,3}, Masaru Kogure^{3,2}, Septi Perwitasari², Jeong-Han Kim⁴

Department of Astronomy, Space, and Geology, Chungnam National University, Daejeon, South Korea

National Institute of Polar Research, Tachikawa, Japan

Department of Polar Science, SOKENDAI (The Graduate University for Advanced Studies), Tachikawa, Japan

Division of Polar Climate Sciences, Korea Polar Research Institute, Incheon, South Korea

We analyzed mesospheric gravity waves in OH and OI557.7 nm airglow images which were observed by an All-Sky Camera in 2013 at King Sejong Station (62°S, 58°W), Antarctic Peninsula. Adopting a new method developed by Matsuda et al. (2014) we obtained power spectra in the horizontal phase velocity domain from airglow images sequence in unit of relative emission intensity. Mesospheric gravity wave activities are compared vertically between OH and OI 557.7 nm layers and show seasonal variation from March to October. For selected events that concurrent gravity waves have different behavior between the two layers, we analyzed

background conditions such as background winds from a meteor radar and temperatures from satellites. We found events in which filtering of waves by background winds had indeed occurred between the two layers. Furthermore, we compared our results with those of Antarctic Gravity Wave Imaging/Instrument Network (ANGWIN) data (Syowa (69°S,40°E), Halley (76°S, 26°E), Davis (69°S,78°E), and McMurdo (78°S, 167°E)) to understand mesospheric gravity wave activity over Antarctica.

12:00 [IV-1-6]

Comparison of neutral winds and ion drifts observed at Jang Bogo station, Antarctica

Young-bae Ham^{1,2}, Geonhwa. Jee³, Changsup Lee¹, Hyuck-Jin Kwon⁴, Eunsol Kim^{1,5}, Jeong-Han Kim¹, Nikolay Zabolotin³, Terence Bullett³ and Qian Wu⁴

¹Korea Polar Research Institute, Incheon, R. of Korea

²University of Science and Technology, Daejeon, R. of Korea

³University of Colorado, Boulder, CO, USA

⁴National Center for Atmospheric Research, Boulder, CO, USA

⁵Chungnam National University, Daejeon, R. of Korea

A distinct feature of the high latitude ionosphere is its convective motion which is generally antisunward over the polar cap and sunward in the auroral region. It is well known that this ionospheric plasma convection results in neutral wind patterns that resembles to the plasma convection pattern via ion-neutral collisions. At Jang Bogo station which is located inside the polar cap, Fabry-Perot Interferometer (FPI) and Vertical Incidence Pulsed Ionospheric Radar (VIPR) have been simultaneously operated to observe neutral winds and ion drifts, respectively, and the data from these two instruments allow us to compare neutral winds and ion drifts to investigate their couplings. The results of this comparison show that there exist noticeable similarities in their diurnal variations within the polar cap. Comparing the vectors of neutral winds and ion drifts, however, the neutral wind vectors do not precisely coincide with the ion drift vectors, but the two vectors are consistently deviated each other. In this study, we present the preliminary results of the simultaneous observations of neutral winds and ion drifts during 2017 at Jang Bogo Station, Antarctica.

제2발표장 (토파즈)

■ IV-2 달과학 II (특별세션)

좌장: 심채경 (경희대)

10:45 [IV-2-1]

Interplanetary Dust Particles as the Space Weathering Agent for the Moon

Minsup Jeong¹, Young-Jun Choi^{1,2}, Hongu Yang¹, Sungsoo S. Kim³, Il-Hoon Kim³, Yuriy G. Shkuratov⁴

¹Korea Astronomy and Space Science Institute

²University of Science and Technology

³Kyung Hee University

⁴Astronomical Institute of Kharkov V.N Karazin National

University

Lunar regolith has been evolved by micro impacts and solar wind. The micro impacts the major cause of particle size decrease on the lunar surface, which is called as the space weathering. However, there is no information what the greatest influence on space weathering is. We find a lunar regolith has been evolved on the track in the parameter space between an average grain size and larger particle content in the regolith. We find that this evolutionary track depends on FeO content and selenographic latitude. We suggest that the latitude trend of the evolutionary track is from the orbital behavior of the weathering agents, which is the parallel motion to the ecliptic plane. In addition, we will present preliminary results of computer simulations which are micro impact simulations of the Interplanetary dust particles on the lunar surface.

11:00 [IV-2-2]

Octopus 자기 이상 지역과 Reiner Gamma 자기 이상 지역의 형성 관계 연구

이정규¹, Rachel Maxwell², 진호¹, 백슬민¹, Elliot Ghassemi², Megan Kelley², 이효정¹, 김관혁¹, 이성환^{1,3}, Ian Garrick-Bethell^{1,2}

¹경희대학교 우주탐사학과, ²Earth and Planetary Science, University of California, Santa Cruz, ³인투를(주)

달은 현재 다이아몬드는 존재 하지 않지만, 표면에는 많은 지역에서 자기 이상 현상이 관측되었다. 이러한 지질학적 현상의 기원은 Reiner Gamma 지역을 포함하여 아직 알려진 바가 없다. Octopus (1.0°S, 298.6°E) 지역은 Oceanus Procellarum의 남서쪽에 위치하며 표면에는 자기 이상 현상과 알베도 이상 현상이 같이 나타난다. Octopus 지역은 다른 swirl 지역에 비해 분포 면적이 좁아서, 0.2 Hz sampling rate로 수집된 Lunar Prospector의 자력계 자료를 활용하기가 어렵다. 그리하여 본 연구에서는 9 Hz로 수집된 고 분해능 자료를 사용하여 자기 이상 현상을 연구 하였다. 또한 2개의 자기 이상 모델을 활용하여 값을 도출하였으며, 그 결과 Octopus 지역은 Reiner Gamma 지역과 같은 자화 방향을 가지는 것을 확인하였다. 이는 ejecta가 식여가는 동안에 존재하던 다이아몬드가 필드에 의해 ejecta deposit의 자화방향이 결정되는 이론을 뒷받침한다.

11:15 [IV-2-3]

우주 탐사용 서치코일 자력계 시험 모델 연구

이승아¹, 전다솜², 신재혁¹, 진호

¹경희대학교 우주탐사학과, ²경희대학교 우주과학과

우주용 서치코일 자력계 (Search-coil Magnetometer)는 플럭스게이트 센서와 달리 시간에 따른 자기장 변화만을 관측하는 기기이다. DC 성분을 주로 관측하는 플럭스게이트 센서와 다르게, 서치코일 자력계는 자기장의 미세 변화량을 빠르게 측정할 수 있는 AC 성분 자기장 측정기이다. 경희대학교는 1m 크기의 지상용 2축 서치코일 자력계를 개발하여 현재 남극에서 운용 중이다. 본 연구에서는 기존의 지상용을 우주 임무에서 사용하기 위해, 소형 서치코일 자력계 개발을 위한 시험 모델을 연구하였다. 시험 모델은 1축 서

치코일 자력계와 이를 구동하기 위한 전자 보드로 구성되어 있다. 서치코일 길이는 17cm이며 내부에는 높은 투자율을 가지는 뮤메탈 물질을 사용하였다. 전자 보드는 센서의 신호를 수집하여 증폭 및 필터링하는 기능을 수행한다. 본 논문에서는 소형화된 시험용 서치코일 자력계에 관한 이론적 예상 성능과 실험실에서 수행한 센서의 성능 시험을 비교분석하였다. 향후, 본 연구는 우주 관측에서 요구되는 우주용 서치코일 자력계를 개발하는 기반연구로 활용될 예정이다.

11:30 [IV-2-4]

달 궤도 자기장 측정기 엔지니어링 모델의 궤도 열 해석과 열 환경시험

이만규¹, 이덕형^{2,3}, 이성환^{1,4}, 진호^{1,5}

경희대학교 우주탐사학과, York University, 한국천문연구원, ⁴인투물,
경희대학교 우주과학과

한국형 달 탐사 사업으로 2020년 발사 예정인 시험용 달 궤도선(KPLO, Korea Pathfinder Lunar Orbiter)의 탑재체인 달 궤도 자기장 측정기(KMAG, Kplo MAGnetometer)는 3축 플럭스 게이트 자기장 측정기를 활용하여 달 궤도 및 표면의 자기장 정보를 획득하는 것이 과학적 임무이다. 이를 목표로 KMAG 엔지니어링 모델(EM)을 개발했다. KMAG은 플럭스 게이트 자기장 측정기가 포함된 MAG(MAGnetometer) unit과 전장박스인 FCE(Fluxgate Control Electronics) unit으로 구성되어 있다. MAG unit은 KPLO 위성체 외벽에 탑재되어 임무를 수행하기 때문에 위성 외부와 유사한 열 환경에 노출된다. 이에 위성 외부 환경에서 플럭스 게이트 자기장 측정기의 정상 임무수행을 고려하여 요구조건을 수립하였다. FCE unit은 위성체 내부에 위치하기 때문에 위성체 내부 온도 요구조건을 따른다. KMAG이 위성체 궤도 내에서 열 요구조건을 만족하고 정상적인 임무수행이 가능한지에 대한 검증은 열 해석과 열 환경시험을 통해 진행한다. 열 해석은 NX Space System을 활용하여 달 천이궤도와 주 임무궤도의 열 환경 내에서 열 요구조건을 만족하는 것을 확인하였으며, 열 진공 챔버를 활용한 열 진공 환경시험을 통해 제작된 KMAG의 정상임무수행 기능을 검증하였다. 본문에서는 KMAG의 열 요구조건과 설계를 기술하고, 궤도 열 해석과 열 환경시험의 결과를 공유한다.

11:45 [IV-2-5]

Performance tests of core instruments for the future Korea lunar exploration

Young-Jun Choi¹, Mihyun Kim², Kyeong Ja Kim³, Seung Kwan Kim⁴, Seong Je Park⁵, Geon-Hee Kim⁶, Kyungin Kang⁷,

Korea Astronomy and Space Science Institute, Korea University of Science and Technology
Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources
Korea Research Institute of Standards and Science
Korea Institute of Machinery and Materials
Korea Basic Science Institute
Satellite Technology Research Center, KAIST

Lunar Infrared Spectrometer(LIRS), Gamma-ray

Spectrometer(GRS) and Neutron Spectrometer(NS) are candidates for future Korean planetary exploration missions, such as, Moon and asteroids. As a space-core technology project, seven national funded research institutes have been developing the 3 instruments. Scientific goals of them are to detect hydroxyl and/or water ice on lunar surface, to detect element distribution and to fast/thermal/epithermal neutron distribution from subsurface of the Moon, respectively. We completed the preliminary design and assembled all components for them. We will present results of performance tests and considerations of environment test of them.

12:00 [IV-2-6]

Development on a gamma-ray and neutron spectrometer suite for prospective planetary surface investigation

Kyeong Ja Kim^{1,2}, Junghun Park¹, Yire Choi^{1,2}, Eung Seok Yi^{1,3}, Chang Wan Sun^{1,2}, Sungsoo Lee¹, Young-Kwang Yeon¹, K. B. Lee⁴, Nobuyuki Hasebe⁵, Won-Kee Park⁶, Bongkon Moon⁶, Kyungin Kang⁷, Young-Jun Choi⁶

Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources
University of Science and Technology
Chungnam National University
Korea Institute of Standards and Science
Waseda University
Korea Astronomy and Space Science Institute
Korea Advanced Institute of Science and Technology

Asian countries started their lunar missions in late 2000s. Chinese, Japan, and India are planning their future landing missions in late 2010s or early 2020s. Considering the fact that the Moon contains a significant amount of water at the polar regions while other regions on the Moon also have an insignificant amount of water. Not only utilization of water on the Moon but also detailed investigations of mineral resources are important for human to establish lunar bases on the Moon. To achieve these challenging goals, development of a nuclear payload suite with a gamma-ray spectrometer (GRS) and a neutron spectrometer (NS) can be attractive either from the orbit or surface of the Moon. A GRS measures the elemental abundance of major constituents of the lunar surface and natural radioactive elements as well as any minor elements that can be measurable. Results of a GRS on the lunar surface will be used to unravel geological surface evolution and elemental distributions of potential lunar resources. A NS measures the water presence of lunar surface soils using epithermal neutron flux variations. This presentation introduces both the current development status and preliminary data analysis of these payloads.

12:15 [IV-2-7]

달 탐사 2단계 착륙 후보지 지형정보 확보를 위한 KPLO/LUTI 촬영 요구지역 도출 방안

류동영¹, 이주희², 김은혁³, 최석원⁴

한국항공우주연구원

한국의 달 탐사에서 1단계로 개발 진행 중인 시험용 달 궤도선 2020년 발사될 예정이다. 시험용 달 궤도선에는 고해

상도 달 영상 카메라(LUTI)가 탑재되어 2단계 달 탐사의 착륙 후보지 등에 대한 상세 영상정보를 획득할 계획이다. 시험용 달 궤도선의 임무기간, 궤도 당 촬영 가능 시간, 지구국으로의 데이터 전송속도 등을 고려하면 고해상도 카메라를 이용한 촬영 가능 범위는 달 일부 지역으로 제한되어 임무 기간 촬영 지역을 선별하기 위한 절차가 필요하다. 달 착륙지는 착륙선의 과학임무 목적에 따라 요구 착륙지가 다를 수 있기 때문에 다양한 착륙지에 대한 요구가 제기될 것으로 예상된다. 본 논문에서는 시험용 달 궤도선의 고해상도 카메라의 촬영 지역을 선정하기 위한 방안을 제시하고 향후 계획을 소개한다.

제1발표장 (코럴)

■ 태양계 탐사 (연합세션)

좌장: 문홍규 (천문연)

13:15

행성탐사선과 지상관측에 의한 목성, 토성, 타이탄 분광 탐사

김상준

경희대학교 우주탐사학과

천문학자들에게 분광관측은 천체를 연구하는데 가장 강력한 방법이다. 태양계 바깥쪽에 위치한 목성, 토성, 타이탄 연구도 분광관측은 행성천문학자들에게 매우 유용하여 대형 지상 망원경을 사용하여 분광 관측과 더불어 행성탐사선들에 장착된 분광기를 사용하여 새롭게 유용한 과학적 정보를 얻어왔다. 본 발표에서는 20세기 말에 시작된 탐사선을 이용한 외행성계 탐사와 지상관측 결과를 리뷰하고 얼마 전 토성 탐사를 마친 카시니 탐사선, 현재 목성에서 활약하고 있는 주노 탐사선, 이들과 병행하여 수행되었고, 수행되고 있는 지상 분광관측 결과를 소개한다. 목성, 토성, 타이탄 탐사는 미국과 서구유럽에 의해 주도적으로 수행되어 왔는데, 지금까지의 탐사선들과 지상관측으로 축적된 자료들에 대한 정밀 분석과 비판적 검토를 수행하면 우리나라 우주개발 중장기 계획에 포함 되어 있는 행성탐사계획의 최적화된 방향 결정에도 도움이 될 것이다.

13:45

암석과 광물에 저장된 태양계 탄생과 초기 진화의 기록

최변각

서울대학교 지구과학교육과

태양계 질량의 대부분은 플라즈마, 기체, 또는 액체 상태로 존재하며, 극히 일부만이 고체 즉 암석과 광물로 존재한다. 하지만, 반응 특히 혼합(mixing)이 일어나는 속도가 매우 느린 고체의 특성상 태양계의 탄생과 진화 과정의 기록은 고체태양계 물질에 더 잘 보관되어 있다. 지구를 제외한 고체 태양계 물질을 확보하기 위해서는 지구로 낙하한 암석인 운석(meteorites)을 발견하거나, 우주로 나가 시료를 가져와야 한다. 아폴로 미션(Apollo mission)에 의한 월석(lunar rocks) 채취(Papike et al., 1998), 하야부사 미션(Hayabusa mission)에 의한 소행성(asteroid)

시료 채취(Nakamura et al., 2011), 스타더스트 미션(Stardust mission)에 의한 혜성 시료 채취(Zolensky et al., 2006) 등이 후자에 속한다.

능동적으로 가져온 시료는 아직까지는 그 종류와 양에서 운석에 비해 매우 부족하므로 현재까지 우리가 알고 있는 고체 태양계에 관한 대부분은 운석 연구를 통해 얻어졌다. 운석은 크게 미분화운석 즉 콘드라이트(chondrites)와 분화운석(differentiated meteorites)으로 구분한다. 분화운석 중 일부는 달운석(lunar meteorites) 또는 화성운석(martian meteorites)이며, 나머지 분화운석과 콘드라이트는 암석-지구화학적 특징과 성인적 연관성에 의해 다양한 그룹으로 세분되는데 각 그룹은 하나의, 또는 둘 이상의 매우 유사한, 소행성에서 유래한 것으로 해석된다(Krot et al., 2014; 최변각 2009). 다양한 종류의 운석과 구성 광물에 포함된 기록으로는 (1) 태양계 이전 존재한 항성의 대기에서 생성된 광물, 즉 선태양계 광물(presolar grains), (2) 태양계 성운 탄생과 각 진화 단계의 정확한 시기, (3) 태양계 성운의 화학조성-동위원소 조성, 온도-압력 조건 등을 포함한 물리-화학적 특징, (4) 가스-먼지로부터 미행성, 소행성, 행성으로의 진화 과정, (5) 행성 진화의 열원, (6) 소행성 핵의 생성 과정 등이 있다. 강연에서는 이들을 간략히 살펴보고자 한다. 운석연구 등을 통해 태양계 생성과 진화과정에 관한 다양한 정보가 축적되었지만, 앞으로 연구할 것들이 더 많다. 또한 태양계 물질 중에는 운석의 형태로 지구로 들어왔거나 앞으로 들어올 수 있는 것도 있지만 그렇지 않은 것도 있다. 가스나 기체의 경우가 그러할 것이며, 고체지만 결합이 약해 일부라도 원형을 유지한 채 대기권을 통과할 수 없는 것도 있을 것이다. 또 공전궤도나 중력 등 물리적 이유로 지구권 진입이 불가능한 것도 있다. 이러한 태양계 구성원에는 우리가 아직까지 얻지 못한 정보들이 다량 보존되어 있을 것이다. 미래의 태양계탐사가 기대되는 이유 중 하나이다.

14:15

Space Missions to Asteroids

Sang-Young Park

Department of Astromomy, Yonsei University, Seoul, Korea

Asteroids represent a significant resource for space exploration and scientific research. Various scientific missions have already performed and planned to investigate and understand the characteristics of asteroids. This talk introduces many space missions to asteroids. Representing missions to asteroids are the NASA's NEAR, Deep Space-1, Dawn, OSIRIS-Rex, SCOUT, DART, and ESA's Rosetta, and JAXA's Hayabusa 1 and 2, and DESTINY+ missions, and others.

Although it is a very rare event, the possibility of Earth-crossing asteroids (ECAs) colliding with the Earth can never also be ignored. Numerous mitigation concepts also have been proposed to deflect ECAs in preparing for the disasters which might occur in future days. In the early studies for mitigation schemes, most of analyses were centered on to deflect ECAs with impacting the energy to the object to change its orbit. This talk also introduces many methods to deflect the orbit of ECAs, and shows spacecraft trajectories to asteroids.

포스터발표 논문 초록

집중발표시간: 5월 9일(수) 15:20~16:20

■ 우주기술

[P-1] 광학적 신호 모사 장치를 이용한 별추적기 시험 결과 분석

강우용

한국항공우주연구원

별추적기(STA-Star tracker Assembly)는 위성의 자세를 결정하는 센서로서 자이로와 함께 위성 자세제어시스템의 핵심 구성 요소이다. 별추적기는 고장 및 성능 저하는 위성의 안전성에 큰 영향을 미친다. 별추적기의 성능 확인을 위해서 별추적기 지상시험장비(GSE-Ground Support Equipment)를 이용하여 다양한 시험을 수행한다. 특히, 광학적 신호 모사 장치(OGSE : Optical Groud Support Equipment)는 특정한 별 패턴을 모사한 신호를 별추적기의 광학부에 인가한다. 이를 통하여 별추적기의 광학부부터 데이터를 처리하는 전자부까지 모든 구성 요소에 대한 성능을 확인 할 수 있다. 그러므로 본 논문에서는 별추적기 지상시험 장비 중 하나인 별추적기 광학적 신호 모사 장치의 시험 구성 및 이를 이용한 시험 결과를 기술한다.

[P-2] Verification of the advanced equipment of the power interface check between avionics of satellite

Young-Yun Kim¹, Dong-Chul Choi¹, Gyeong-Seop Shin², Sang-Hoon Lee¹

¹Korea Aerospace Research Institute, ²IMT

KARI(Korea Aerospace Research Institute)have been developing the advanced equipment for the power interface check between avionics of satellite to enhance the test reliability and minimize the time consumption of satellite development and the cost. The equipment was integrated after critical design review and tested for the acceptance tess. The test was mainly for the verification of functions and the user interface check. The verification check was conducted with two part. The first part is for the self-validation of the equipment. the self-validation is to check the health status of the equipment. line continuity and isolation, operation commands, operation telemetry and its protection function were verified. On the second part the real functions were checked comprehensively using ETB. Power measurement, measurement reporting via ethernet line, data logging function, etc. were check. We successfully verified the advanced equipment and found some updated points.

[P-3] 프로세스 모델링을 통한 프로젝트 관리

김형완, 최정수, 박종석

한국항공우주연구원

PERT/CPM과 같은 네트워크에 기초한 모델에서 프로젝트

네트워크는 작업들 사이의 선행관계를 확인하여 구축된다. 하지만 이러한 방법은 많은 수의 작업들이 복잡한 방법들로 연관된 엔지니어링 프로젝트를 위해 적용 할 수 없다. 게다가 반복적인 작업을 표현 할 수 없다. 이러한 약점을 보완하기 위해 각 업무들의 정보흐름과 반복적인 루프를 확인하기 위해 DSM이 개발 되었다. DSM은 반복의 대한 이해도를 증가시켜서 사람들 사이에 의사소통을 촉진시킨다. 이를 통해 정확한 정보를 정확한 시점에 정확한 위치에서 사용 가능하게 될 것이다. 또한 한 작업의 지연에 대한 영향은 작업으로부터의 정보흐름을 추적함으로써 쉽게 확인할 수 있게 된다. 높은 중요성을 가지거나 적은 여유시간을 가진 작업들은 프로젝트가 예정된 시간을 초과하는 기회를 줄이기 위해 특별한 관리가 필요하다. DSM을 이용하여 프로젝트 모델링을 개발하면 일정 리스크를 정량적으로 확인할 수 있고 그것의 평가는 상황을 앞서 주도하는 리스크 관리 노력을 가속화 할 수 있다. 모델링의 입력물들은 프로젝트가 진행됨에 따라 현재 정보를 포함하기 위해 쉽게 업데이트 될 것이다.

[P-4] 달 착륙선의 태양전지판 면적에 관한 연구

김희경^{1,2}, 류동영¹

¹한국항공우주연구원 (KARI), ²과학기술연합대학원대학교 (UST)

달 착륙선의 태양전지판은 지구궤도 상의 위성의 태양전지판과 동일하게 달 궤도까지의 도달과 착륙 이후 임무 수행을 위한 전력의 주공급원 역할은 한다. 위성의 태양전지판 형상은 구동장치에 장착되어 본체와 별도로 회전하며 태양을 수직으로 지향하거나 위성 본체에 고정되어 태양전지면 방향이 태양을 지향하도록 위성의 자세를 유지하도록 하는 것이 대표적이다. 이러한 위성은 궤도상에서 자세를 바꾸어 임무를 수행하는 일정한 구간을 제외하고 태양전지면에 태양광이 수직으로 입사하게 되므로, 이러한 조건에서 위성운영에 필요한 전력요구량을 생산할 수 있는 태양전지판 면적을 확보하도록 구체적인 세부설계를 하게 된다. 하지만, 달 착륙선은 달 표면에 착륙한 상태에서 태양의 일주운동에 따른 태양광의 입사방향 변화에 대하여 전력을 생산해야 하므로, 기존 위성의 태양전지판 형상설계와 필요한 면적의 크기에 큰 차이점이 있다. 본 연구의 달 착륙선은 본체 패널면에 태양전지를 부착하는 형상을 가지고 있다. 지표에 고정된 착륙자세에서 각 방향에서 태양광이 입사할 때, 착륙선 패널면에 부착된 태양전지에서 전력요구량을 생산할 수 있는 수직인 유효면적을 확보해야하기 때문에 구동장치로 회전하며 태양을 수직으로 지향하거나 궤도상에서 본체자체가 태양을 지향하도록 자세를 유지하는 위성에 비하여 훨씬 많은 면적을 필요로 하게 된다. 본 연구에서는 본체 부착형 태양전지판 설계 형상을 가진 달 착륙선에서 태양전지판 면적설계의 특징을 분석하고, 이와 함께 필요한 전력량을 만족할 수 있는 면적을 계산하였다.

[P-5] GEO Satellite In-Orbit Flight Operation Procedure Validation

Keun Joo Park, Young Ho Cho and Yee-Jin Cheon

Korea Aerospace Research Institute

COMS2 satellite being developed by KARI is currently under environmental test and will be launched this year. Several flight submodes are designed and validate respectively. To perform its mission in orbit successfully, mode transitions among submodes need to be validated, too. Thus, in orbit flight operation procedures are being prepared and validated through ETB test. In this paper, the design and development process will be presented.

[P-6] 정지궤도복합위성 액체원지점엔진 분리 및 벤팅(Venting) 시점 연구

박봉규, 최재동

한국항공우주연구원 정지궤도복합위성체제팀

2018년 말과 2019년 초에 발사될 정지궤도복합위성 2A와 2B는 발사 후 전이궤도(Transfer Orbit)상에서 5회 혹은 6회의 원지점엔진 분사를 통해 표류궤도(Drift Orbit)에 진입하게 된다. 표류궤도 진입 후 위성은 동경 119도를 시작으로 하루 1.8도씩 목표 경도인 동경 128.2도를 향해 이동하게 된다. 표류궤도 진입 후에는 액체원지점엔진 분리 및 더불어 배관 내에 있는 연료 및 산화제를 외부로 배출하는 Venting 작업이 수행된다. 액체원지점엔진 분리 및 Venting 작업 이후에는 액체원지점엔진을 다시 사용할 수 없기 때문에 마지막 원지점 분사가 적절히 수행되어 충분히 근지점의 고도 및 궤도경사각이 획득되었는지 확인하는 과정이 필요하다. 만일 충분히 근지점 고도가 확보되지 않은 상태에서 액체원지점엔진을 분리시키게 되면 그 후에는 액체원지점엔진에 비해 비교적 효율이 낮은 소형엔진인 RCT를 이용해 근지점 고도 상승을 유도해야 한다. 이 경우 상대적으로 많은 시간과 연료가 필요하게 되어 위성의 수명에 영향을 주게 된다. 액체원지점엔진이 적절히 분사되었는지 확인하는 작업은 수집된 레인징 데이터를 바탕으로 궤도결정을 수행하고 그 결과를 분석함으로써 이루어진다. 정밀한 궤도결정 결과를 얻기 위해서는 정지궤도위성의 경우 하루 이상의 레인징 데이터를 수집하는 것이 필요하지만 하루 1.8도씩 동쪽방향으로 위성이 이동하고 있는 상황이어서 동경 128.2도를 지나가지 않도록 조속히 궤도획득 작업을 시작해야 하는 시간적 제약사항이 있다. 따라서 최소한의 레인징 데이터만으로 액체원지점엔진의 분리 가능 여부를 체크해야 한다. 또한 Venting이 수행되는 시점도 중요하다. Venting이 수행되면 추진제와 산화제가 밖으로 배출되면서 화학반응을 통해 추력이 생성되고 이는 위성의 궤도를 변경하는 요인이 된다. 따라서 가장 적은 궤도변경이 이루어지는 시점을 결정하는 작업이 필요하다. 본 연구에서는 시뮬레이션을 바탕으로 표류궤도의 진입여부를 판단하기 위해 필요한 최소한의 레인징 기간을 판단하고 최소한의 궤도 변화를 일으키는 Venting 시점을 분석하는 작업을 수행하였다.

[P-7] Review on the Power Start-up Anomaly of Power Control Unit

Sung-Woo Park, Hee-Sung Park, Jeong-Hwan Yang, Jeong-Eon Park, Kyu-Dong Kim

Korea Aerospace Research Institute

The Power Control Unit(PCU) is inputted first of all from

the EGSE supply power via it's LV interface terminal. During the power start-up of Satellite, the PCU has to set the initial power-on configurations in the LVC module and PCU and PDU must be safe against the main bus DNEI (Disconnect Non-Essential Load) and UV(Under-Voltage) anomalies. For these kinds of sequence and operation, the start-up slope and profile of the EGSE power source must be trimmed well considering parasitic characteristics of the interface cables, EGSE power supply's slew-rate capacity, and internal protection scheme of the LVC module in the PCU. In this paper, several anomalies occurred during power start-up sequences are shown and remedies for each cases are also presented.

[P-8] Review on the Solar Array Regulator Design for LEO Satellite Applications

Sung-Woo Park, Hee-Sung Park, Jeong-Hwan Yang, Jeong-Eon Park, Kyu-Dong Kim

Korea Aerospace Research Institute

The Solar Array Regulator (SAR) used for LEO satellites applications controls the solar array panel's output power by placing the operation point of the solar array to the proper position depending the bus voltage and battery charging status. And, the topology selection and major design parameter decision of the SAR is critically related with those of solar array panel design and battery design. Some satellites requires large payload power may need high bus voltage to minimize the voltage drop from bus to payload system. For this kind of satellite application, the possible SAR topology is only limited as boost or buck-boost because of the limitation on the increasing of the solar array output voltage. In this paper, general considerations regarding SAR design is presented and summarized.

[P-9] 정지궤도위성 궤도전이 추진제 오차분석

박응식

한국항공우주연구원 정지궤도복합위성사업단

정지궤도위성은 발사체로부터 분리된 이후 전이궤도로부터 목표궤도인 정지궤도 진입하기위해 액체원지점엔진(LAE)을 사용하는 궤도전이 과정이 있다. 정지궤도위성은 이러한 궤도전이과정에서 통상적으로 전체 추진제의 60% 이상을 사용하고 있으며 이러한 많은 양의 추진제를 사용하기 때문에 궤도전이에 사용되는 추진제의 양의 오차를 분석하는 것은 매우 중요하다. 본 논문에서는 몬테카를로 시뮬레이션을 통하여 특정한 정지궤도위성의 궤도전이 과정에서 발생하는 오차를 분석하고 이를 바탕으로 하여 궤도전이에 소요되는 추진제의 오차를 분석하였다. 이는 향후 분석될 전체 추진제 오차분석을 위한 기초 데이터가 될 것으로 기대한다.

[P-10] 정지궤도복합위성 발사체 기계 접속설계

박종석¹, 최정수¹, 이호형¹, 최재동², 이상률²

한국항공우주연구원 정지궤도복합위성체제팀, ²한국항공우주연구원 정지궤도복합위성사업단위성은 발사체상에서 상부의 페어링내에 위치하며 탑재어댑터를 통한 직접적인 연결이 이뤄진다.

발사체 접속설계는 위성이 발사체와 성공적으로 접속할 수 있도록 하기 위해 발사체가 제한하는 페어링내의 위성의 외곽 볼륨이나 어댑터 형상등의 기하학적 요건과 발사질량, 질량 중심위치 등의 물리적 요건 등이 위성체 기계설계에 적절하게 반영될 수 있도록 한다. 정지궤도복합위성의 발사를 위해 아리안스페이스사의 아리안 5 ECA가 선정되었으며, 이후 아리안 5 ECA의 제한요건이 정지궤도복합위성의 설계에 성공적으로 적용되었다. 이후 시험이나 접속부 확인 작업을 통해 접속부 설계에 대한 적합성이 검증된다. 본 논문에서는 정지궤도복합 위성 발사체 접속과정에서 고려되었던 접속 요구사항을 종합하고 이것이 반영된 발사체 접속부 설계내용을 설명하고자 한다.

[P-11] 차세대중형위성 시험인증모델 전력 접속 시험

박종오, 전현진¹, 김보성, 배진곤

한국항공우주연구원 위성연구본부 차세대중형위성체계팀,
한국항공우주산업 위성시스템팀

본 논문에서 국가 재난재해 및 국토관측을 목적으로 개발되는 500kg급 차세대중형위성은 개발하고 있으며, 다수의 탑재체 요구조건을 만족하는 표준플랫폼 개발을 목표로 하고 있다. 표준플랫폼이란 기본구성의 설계 변경 없이 복제 가능한 플랫폼 또는 최소한의 변경만으로 활용 가능한 플랫폼을 의미한다. 본 논문에서는 차세대중형위성 표준플랫폼의 시험인증모델(EQM, Engineering & Qualification Model)의 전력 접속 시험 결과를 소개하고자 한다.

[P-12] 차세대중형위성 시험인증모델 접속 시험 방안

박종오, 전현진¹, 김보성, 배진곤

한국항공우주연구원 위성연구본부 차세대중형위성체계팀,
한국항공우주산업 위성시스템팀

본 논문에서 국가 재난재해 및 국토관측을 목적으로 개발되는 500kg급 차세대중형위성은 개발하고 있으며, 다수의 탑재체 요구조건을 만족하는 표준플랫폼 개발을 목표로 하고 있다. 표준플랫폼이란 기본구성의 설계 변경 없이 복제 가능한 플랫폼 또는 최소한의 변경만으로 활용 가능한 플랫폼을 의미한다. 본 논문에서는 차세대중형위성 표준플랫폼의 시험인증모델(EQM, Engineering & Qualification Model)의 접속 시험 방안을 소개하고자 한다.

[P-13] Central Time Synchronization with Initial Condition Adjustment for Ground Test System

Joo-Ho Park, Dong-Chul Chae, Young-Yun Kim

Korea Aerospace Research Institute

For the ground test in space program, there are many test systems called Electrical Ground Support Equipment (EGSE). Each system has own time and they are slightly different from each other. All test systems need to have absolutely the same time because it's necessary condition to figure out the cause when some problems happen. To eliminate the time gap between them, the reference time is required. GPS receiver produces and distributes it to each ground system. In previous method, Universal Time Coordinated (UTC) is disseminated. Then, each test

system which receives the UTC modifies it to meet Korea time. However, this method has a disadvantage that each test system should fulfill the adjustment locally and individually. To overcome it and increase the efficiency, This paper proposes central time synchronization with initial condition adjustment.

[P-14] A novel method for development and simulation of thermal control software

Hyun-Kyu Shin

Korea Aerospace Research Institute

The space environment satellites operate is very severe. To endure this difficulty and perform missions, thermal control system is very essential to satellite system. Although a large part of the thermal control system is conducted by hardware such as heat pipes and heaters, a fine control is performed by software. In general, thermal control software reads lots of thermal sensors, processing regulation temperatures and controls many heaters. During development and verification software developers should pay particular attention to the actual hardware information of sensors and heaters. Even a very small mistake on these mappings can cause a tragic result. But it is very prone to make an error due to complex correlation between sensors and heaters. This paper introduces a novel method for development and simulation of thermal control software. Using thermal control software simulator interworking with flight software simulator, development, verification and simulation can be conducted in a consistent way. This approach eliminates human errors on mapping hardware information so it can enhance safety of overall thermal control system.

[P-15] Design of the 1553B Interface for CMG Operation

Seung-Eun Yang

Korea Aerospace Research Institute

Thruster or reaction-wheel is used for satellite orbit control. When those two actuators do not satisfy the required high maneuver performance, CMG (Control Moment Gyroscope) is a good candidate. In this paper, the design of MIL-STD-1553B interface is described for Honeywell Aerospace CMG operation. MIL-STD-1553B is a military standard published by the United States Department of Defense that describes serial data bus. CMG is composed of primary, redundant unit and managed as hot redundant because it is a critical unit for satellite orbit control. When a problem occurs for primary CMG that is operated as main mode, immediate switching to redundant should be executed. Also, 1553B command and telemetry transaction slot should be assigned to both CMG primary and redundant. With respect to the operation concept, the 1553B interface design is described.

[P-16] Electrical System Design for LEO Satellite

Young-Su Youn¹, Jong-Jin Jang², Jae-Nam Yu²,
Jin-Hyuk Kim¹

Korea Aerospace Research Institute

Korea Aerospace Industries

The electrical energy is generated using a triple junction

GaAs solar array which is accommodated on 3 deployable panels and the electrical energy is stored using Li-Ion battery for low earth orbit satellite. The power control unit has solar array power regulator with hot redundant direct energy transfer and peak power tracking control. The battery clamps unregulated primary power bus for the bus and payload heaters and hot redundant regulated primary power bus for the bus and payload electronics. The LEON2 based on-board computer is for the on-board data handling and MIL-STD-1553B bus architecture provides communication between the on-board computer and the other spacecraft electronics including the payload. The UART serial interface provides communication between the on-board computer and power distribution unit. The fiberlink interface provides for image data between the visible sensor unit and data handing unit. The flight software is operation in 16Hz.

[P-17] 우주방사선 노출에 의한 국산용 복합재의 압축 특성 연구

신재성, 윤용식, 최익현

한국항공우주연구원 (KARI) 항공우주응용재료팀

최근 화성 및 달 탐사 등 우주에 대한 관심이 높아지고 있다. 하지만, 우주 환경은 극심한 온도 변화($-120^{\circ}\text{C} \sim 120^{\circ}\text{C}$), 고 진공(High Vacuum), 우주파편 충돌(Space Debris Impact), 우주 방사선(Space Radiation) 등 과 같은 해로운 환경 요소가 존재하므로, 우주환경에서의 비행체(ex)인공위성, 탐사선 등이 생존하기 위해서는 이러한 요소가 구조물에 미치는 영향에 대하여 확인이 되어야한다.

따라서, 본 연구에서는 해로운 우주 환경 요소 중 하나인 우주 방사선(양성자, 감마선, 자외선)을 $[0]_{20T}$, $[90]_{20T}$, $[90/0/90]_{7T}$ 세 가지 종류의 시편에 조사하여 우주 방사선이 우주비행체 구조물에 사용될 복합재에 미치는 압축물성 영향에 대하여 연구를 수행하였다.

[P-18] 우주기상으로 인한 위성 아노말리 연구: 국내외 예측 기술 현황 및 정책적 시사점

이동희^{1, 2}, 이진하¹, 김지영¹, 장근일¹

국가기상위성센터, 충북대학교 천문우주학과

위성 운용이 증가함에 따라 근지구 우주기상에 의한 위성 피해 대비가 중요해지고 있다. 본 연구는 국내외 위성 아노말리 예측 기술에 대한 조사를 수행하였다. 우주기상에 의한 위성 아노말리의 원인은 내부 대전, 표면 대전, Single Event Effect(SEE), 방사선 피폭 등이 대표적이다. 국외에서는 이러한 원인에 대해 SPACECAST, SPACESTORM, Rad-Sat 프로젝트 및 Spacecraft Environmental Anomalies Expert System(SEAES) 등을 통해 위성 아노말리 예측 정보를 제공하고 있다. 영국의 SPACECAST 프로젝트는 위성 보호를 위해 입자 및 방사선량 예측 모델을 개발하였으며, SPACESTORM 프로젝트를 통해 궤도별 준실시간 위험등급을 웹표출하고 있다. SPACESTORM의 후속 프로젝트 Rad-Sat은 파동의 영향을 고려한 입자 예측 모델 개발을 목적으로 현재 수행 중이다. 한편 미국의 SEAES는 1990년대 처음으로 개발된 전문가 시스템으로 정지궤도 위성 아노말리의 원인별 가능성을 추정할 수 있으며, 현재 National Oceanic and Atmospheric

Administration(NOAA)에서 준실시간으로 위험 지수를 공개 서비스하고 있다. 국내에서는 위성 아노말리 예측을 하고 있지는 않다. 최호성 등(2011)은 정지궤도 위성 아노말리의 시공간적 특성을 밝히는 연구를 수행한 바 있으며, 기상청은 위성 아노말리의 사례조사 및 우주기상과의 상관성을 확인하는 연구를 지속하고 있다. 본 연구의 결과는 통계적 혹은 물리적 접근 방법을 통하여 우주기상 변화에 따른 위성 아노말리를 평가하고 예측하기 위한 기반 연구에 활용될 것이다.

[P-19] 태양전지판 구동기를 포함하는 위성의 태양 전지판 접지 방안

이상록, 임성빈

한국항공우주연구원 달탐사체계팀

인공위성을 구성하는 모든 전도성을 가지는 부품들은 위성체의 구조물(Structure)에 접지되어야 한다. 이는 궤도 운용 중 발생 가능한 전하 충전에 의한 Differential Potential 형성에 의한 방전(Arcing)을 방지하기 위해서이다. 대다수의 구성품은 특별한 조치 없이 기계적인 결합을 통해서 접지가 된다. 그러나 위성 외부에 위치하는 태양전지판은 우주 파편 혹은 다른 이유에 의한 기관(Substrate)과 태양전지판 셀(Solar Cell) 간 도통(Short) 발생 시에도 큰 성능 저하 없이 태양전지판을 사용하기 위해 Bleed Resistor를 사용한다. 일반적으로 Bleed Resistor는 태양전지판에 위치하나, 위성의 임무 특성상 발생하는 환경조건(온도)에 의해 외부 적용이 어려운 경우 위성 내부 적용 방안을 도입해야 한다. 고정된 태양전지판을 사용하는 경우 Bleed Resistor의 적용만으로 접지 관련 조치가 종료되나, 태양전지판 구동기(Solar Array Drive Assembly, SADA)를 탑재하는 위성의 경우 문제가 한층 복잡해진다. 이는 태양전지판 구동기는 회전하는 특성을 가지며, 태양전지판과 구조체 사이에 위치하기 때문이다. 따라서 인공위성의 설계 단계에서 적절한 접지를 위한 방안에 대한 검토가 필요하다. 본 논문에서는 인공위성의 환경조건에 의해 Bleed Resistor를 외부에 적용하기 어렵고, 태양전지판 구동기를 포함하는 인공위성의 접지 방안에 대해 다룬다.

[P-20] MatLab Runtime 기반 인공위성 동역학 가시화 툴 연구

이선호

한국항공우주연구원

인공위성을 개발하기 위해서 궤도 및 동역학 시뮬레이션을 통한 위성의 위치 및 자세에 대한 요구사항 분석 및 성능 해석이 중요하다. 이를 위해 위성 개발자 및 지상국 운영자는 전문 엔지니어링 SW를 이용하여 위성시스템의 모델링, 시뮬레이션, 성능해석, 운영 등을 수행한다. 하지만 이러한 상용 SW는 고기능, 고사양을 갖추고 있기 때문에 초기 구매비용이 적지 않을 뿐 아니라 유지관리를 위한 추가비용이 지속적으로 요구하는 경우가 많다. 최근 관심이 높아지는 큐브셋(CubeSat)과 캔셋(CanSat) 경우, 위성 설계 및 검증 비용을 절감을 위해서 용도에 최적화된 저비용의 인공위성 동역학 가시화 툴(Tool)이 요구된다. 이에 본 연구는 궤도상 위성의 위치와 자세를 가시화할 수 있는 MatLab 기반 툴을 설계내용을 소개한다. 본 가시화 툴은 MatLab

Runtime 프리웨어(Freeware)를 통해서 구동되며 지상 성능 해석 시뮬레이터 또는 레도상 실제 원격측정데이터로부터 획득된 위성 동역학 데이터를 입력받는다. 또한 레도상 위성의 거동을 3차원으로 가시화하며 MatLab에서 기본적으로 제공되는 다양한 기능을 함께 사용할 수 있다.

[P-21] 신소재기반 광구조체 지상검증모델 성능시험

이원범, 연정흠¹, 최종국, 임채형, 이덕규¹, 이승훈

한국항공우주연구원² DACC Aerospace Co.,LTD

기존 소재를 이용한 대구경 광학카메라는 반사경의 무게가 무거워지므로 이를 줄이기 위해 열팽창계수는 상대적으로 크기만 다른 금속들에 비하여 작고, 밀도는 비슷하지만, 비강성이 훨씬 좋은 신소재를 사용하여 미러를 제작하고 있으며, 이를 지지하기 위한 고안정 광구조체도 같은 소재를 사용하여 전체적으로 동일한 열팽창계수로 온도변화 하에서 같이 팽창, 수축이 되도록 설계하였다. 고안정 광구조체는 반사경 및 영상 검출기 등을 지지하고 발사 시 야기되는 동력학적 하중 및 우주 레도상에서 운용 시 극한의 반복적 열하중 하에서도 수 마이크로 범위로 치수안정성을 유지하여 광학계의 성능을 보존하는 핵심 부품이다. 본 논문에서는 신소재를 이용한 광구조체의 지상검증모델을 제작하고, 인증모델 수준의 성능시험 결과에 대해 기술한다.

[P-22] Structural Thermal Model Jitter Test for the Medium-sized Low Earth Orbit Satellite

Jeong-Heum Im¹, Jae-Hyuk Lim²

Korea Aerospace Research Institute
Chonbuk National University

KARI (Korea Aerospace Research Institute) is developing a 500kg class medium-sized low earth orbit satellite. It is equipped with an electro-optical camera payload and it will provide 0.5m resolution panchromatic earth images. Satellite image performance is affected by several factors. For the electro-optical camera, the degradation comes from optics, detector, satellite motion as like drift and jitter, signal processing, atmospheric effect and so on. This paper focuses on the satellit motion effect, especially on jitter. The satellite has two major jitter sources. The one is reaction wheels which is used for its attitude control and the other is X-band gimbal antenna which is used for image data transmission to the ground. Flight model of satellite has not been developed yet, however structural thermal model of satellite, engineering model of reaction wheel and qualificaion model of X-band gimbal antenna are available for the test. This paper describes test configuration, sensor location to measure the forces transfered from the vibration sources and opeation profile of reaction wheel and X-band antenna. Test result will be shown by comparing the waterfall plot and frequency response envelope between the analysis and test.

[P-23] 정지궤도위성 지상시스템 시험 방법

임현수, 복준영, 박진형

지상체계개발팀, 국가위성정보활용지원센터, 한국항공우주연구원

본 논문은 정지궤도위성을 위한 지상시스템의 시험을 위한

시험 절차와 시험 체계를 포함한 전반적인 시험 방법에 대해 논한다. 지상시스템은 위성관제시스템과 영상전처리시스템, 그리고 모든 지상시스템의 운영 현황을 중앙에서 감시하고 관리하는 운영지원시스템으로 크게 구성된다. 위성관제시스템은 위성 상태를 연속적으로 감시하고 주기적으로 운영에 필요한 위성명령을 위성으로 보내어 정상적으로 위성 미션이 수행될 수 있도록 한다. 이를 위해 위성명령생성, 위성상태정보 처리, 임무계획, 위성 궤도 결정/예측 등의 기능이 수행된다. 영상전처리시스템은 탑재체가 관측한 원시 영상의 에러를 처리하여 L2, L3 등의 후처리시스템에서 이용할 수 있는 영상물을 만드는 것이다. 정지궤도기상위성의 경우에는 전처리 영상물이 위성을 통해 실시간 배포되기도 한다. 시험 결과의 관리를 위한 이슈 관리 및 소프트웨어/하드웨어 버전 관리가 필요하며 일부 코드의 수정이 전체 코드에 끼치는 영향을 반복시험하기 위해 소프트웨어 시험 자동화 시스템을 이용하기도 한다.

[P-24] 정지궤도위성 운영을 위한 임무계획 자동화

임현수, 복준영

지상체계개발팀, 국가위성정보활용지원센터, 한국항공우주연구원

본 논문에서 제안하는 정지궤도위성을 위한 임무계획 자동화 운영은 정지궤도위성과 탑재체 운영에 필요한 임무계획을 운영자 개입 없이도 자동적으로 정해진 절차대로 수행하고, 임무계획결과를 위성명령시스템과 관련지상시스템으로 자동 전달하는 것을 의미한다. 임무계획의 자동화는 2018년 발사 예정인 정지궤도복합위성-2A를 위한 임무계획부시스템부터 적용되는 기술로 현재 한국항공우주연구원에 설치 및 검증 시험을 완료한 상태이다. 이러한 임무계획 자동화는 자동화 설정, 실행 대기, 자동화 실행, 및 실행 결과 확인의 일련의 과정으로 진행된다. 즉, 자동화 업무는 사전에 정의된 작업 조건과 설정 방법에 따라 실행 대기에서 자동화 실행되며, 실행 현황과 결과는 메인화면을 통해 운영자가 실시간 또는 추후 확인 가능하게 한다. 본 논문의 정지궤도위성 운영을 위한 임무계획부시스템의 자동화 업무는 한정된 운영 인력으로도 생산적인 위성 운영이 가능하게 할 것이다.

[P-25] 정지궤도위성용 리튬이온 배터리 전지의 모델링 개발

장성수, 최재동, 이상률

한국항공우주연구원

본 논문에서는 정지궤도위성용 리튬이온 배터리 전지(Battery Cell)의 모델링 개발에 대하여 요약하였다. 정지궤도위성에 사용하는 리튬이온 배터리 전지의 모델링 개발을 위하여, 산업체의 상용 리튬이온 배터리 전지와 국내 인공위성에 사용된 리튬이온 배터리 전지의 전기화학적 특성을 분석하였다. 그리고 ALTIUM 시뮬레이션 툴을 이용하여 상용 리튬이온 배터리 전지의 모델링을 분석하였고, 상용 리튬이온 배터리 전지의 부분적인 실험을 통해 리튬이온 배터리 전지의 모델링을 비교/검증하였다. 정지궤도위성에 사용된 리튬이온 배터리 전지의 시험데이터를 충분히 확보하는데 제한이 있어, 위성용 리튬이온 배터리 전지의 모델링 검증에 어려움이 있다. 따라서 상용 리튬이온 배터리 전지의 부분적인 실험을 통해서 검증된 모델링을 바탕으로 정지

궤도위성용 리튬이온 배터리 전지의 모델링을 간접적으로 구현하고 검증하였다. 따라서 본 논문은 정지궤도위성용 배터리 전지의 모델링 개발을 위해 수행한 모델링 파라미터 분석 및 부분적인 시험내용, 상용 리튬이온 배터리 전지의 모델링 시뮬레이션 분석결과, 그리고 정지궤도위성용 배터리 전지의 모델링 결과를 포함하고 있다.

[P-26] 인공위성의 소프트웨어 기반 재설정 유닛과 비행소프트웨어의 동시 통신 Master 회피 방안

전현진, 박종오

한국항공우주연구원

인공위성의 재설정 유닛은 Flexibility를 위해 소프트웨어 기반으로 구현하는 방법에 대해 관심이 모이고 있다. 그런데, 만약 소프트웨어 기반 재설정 유닛과 비행소프트웨어가 동일한 통신 버스를 사용한다고 했을 때 한쪽은 Master로 동작하고 한쪽은 Slave로 동작해야 한다. 즉, 비행소프트웨어가 정상동작하고 있을 때에는 재설정 유닛은 Slave로 동작하고 비행소프트웨어가 Wake-up하기 전에는 재설정 유닛이 Master로 동작해야 한다. 다시 말하면, 재설정 유닛이 Master로 동작하다가 비행소프트웨어가 wake-up하고 있다는 것을 인지하면 바로 Slave로 전환해서 비행소프트웨어가 요구하는 통신에 반응을 해줘야 한다. 이를 위해서 어떤 상황에서도, 즉, 비행소프트웨어와 재설정 유닛이 약간의 시차 또는 동시에 booting하고 있는 상황에서도 동시에 통신 Master가 되지 않도록 서로 회피하는 기술이 요구된다. 특히, 재설정 유닛이 비행소프트웨어와 동시 booting하거나 약간 먼저 booting하는 상황은 비행소프트웨어의 wake-up 상황을 인지하기 쉽지 않으며, 또한, 재설정 유닛이 비행소프트웨어보다 약간 늦게 booting하는 상황에는 재설정 유닛이 비행소프트웨어의 booting신호를 제대로 인지하기 위한 정교한 방법이 요구된다. 본 논문은 모든 상황에서 소프트웨어 기반 재설정 유닛과 비행소프트웨어가 동시에 통신 Master가 되지 않도록 하는 방안에 대해 논하였다. 본 논문은 향후 소프트웨어 기반 재설정 유닛 구현을 위한 적절한 가이드라인이 될 수 있을 것으로 판단된다.

[P-27] 전기지상지원장비의 전원분배장치 설계

조승원, 채동철, 방수완, 김영윤, 허윤구

한국항공우주연구원

저궤도 위성 및 정지궤도 위성은 AI&T (Assembly Integration & Test) 기간 동안 시험을 통해 기능 및 성능이 검증된다. 위성의 전기 기능 및 성능 시험을 하기 위해서는 위성에 전원을 인가하거나 통신을 수행하며 다양한 시험 인터페이스를 갖춘 전기지상지원장비가 요구된다. 시험 기간 동안 위성에 불필요한 영향을 주지 않도록 전기지상지원장비는 시험 수행 기간 동안 안정적인 전원을 공급하여야 한다. 전기지상지원장비의 전원분배장치는 시설전원으로부터 전력을 공급받아 이를 전기지상지원장비가 요구하는 전원의 형태로 전환하여 공급하는 역할을 한다. 이러한 전원분배장치는 일반적인 싱글 베이 랙 형태의 전기지상지원장비에 장착 가능하도록 해야 되며 3상 전원 및 단상 전원으로 공급 가능하도록 설계해야 한다. 또한 비상 시 긴급 전

원 차단이 가능해야 하며 안전을 위하여 누설전류 차단기 또는 서지 보호기 등을 갖춰야 한다. 본 논문에서는 전기지상지원장비의 전원분배장치 설계 내용을 간략히 기술한다.

[P-28] 정지궤도 복합위성의 초기 운영을 위한 시험 방안 소개

조창권, 박봉규, 조영호, 박근주

한국항공우주연구원

정지궤도복합위성 2A호는 2018년 발사를 목표로 기상탐체체(AMI)와 우주기상탐체체(KSEM)를 포함하여 위성의 모든 부품의 전기적 성능 및 기능 검증 시험과 진동 및 충격과 같은 발사 환경 시험이 성공적으로 수행되었다. 현재 열진공시험을 앞두고 있고 시험 완료 후, 전자파 시험과 위성파 지상국간의 종단 시험(End-to-End)을 수행하게 되면 위성체 개발은 종료된다. 그 이후 위성은 발사장으로 이동하여 발사체에 장착되어 발사 준비를 수행하게 된다. 위와 같은 남은 시험이 진행되는 동안 위성체는 발사체에서 분리되어 우주에서 수행해야 할 초기 운영들을 준비해야 한다. 그러나 우주에서의 운동을 똑같이 모사할 수 있는 시뮬레이터가 없는 상황에서 전기적 기능 벤치(ETB)에 장착되어 있는 하드웨어와 궤도를 일부 모사할 수 있는 위성 동역학 시뮬레이터(SDS)를 이용하여 정지궤도복합위성 2A호의 초기 운영을 위한 시험을 수행하였다. 이 시험에서 수행되었던 시험의 형상과 일련의 시험 설계 및 과정에 대해 소개하고자 한다.

[P-29] A Study on Software Defined Architectural Design in Aerospace Applications

Yee-Jin Cheon

Korea Aerospace Research Institute

Increasingly, most of the infrastructure components that we know of will be developed and deployed in software. Even more importantly, the commissioning of aerospace mission which covers space and ground segments is entirely done by software. In addition, Software Defined Everything (SDE) or software-defined anything, is also known as SDx, has become a buzzword in the IT (Information and Technology) world moving towards a software defined future. It is a movement toward promoting a greater role for software systems in controlling different kinds of hardware - more specifically, making software more "in command" of multi-piece, multi-purpose, or complex hardware systems and allowing for software control of a greater range of devices. In such an environment, an intelligent software could control, manage and automate the entire infrastructure or systems. The umbrella term incorporates a number of software defined technologies such as Software Defined Networking (SDN), Software Defined Storage (SDS), and Software Defined Data Center (SDDC). In this study, the software defined architectural design for aerospace applications is explored. This study will focus on a virtualized aerospace systems, more specifically satellite systems, which can be delivered as a service and provide aerospace systems with flexibility, scalability, and reusability.

[P-30] 정지궤도복합위성 2A호 최초 정렬 측정 및 보정최정수, 김형완¹, 박종석, 김인걸,한국항공우주연구원 정지궤도복합위성체계팀, ²충남대학교 항공우주공학과

정지궤도복합위성 2A호는 천리안위성의 후속 기상관측위성으로 천리안위성에 비해 크게 향상된 성능의 기상관측 탑재체(AMI)와 우주환경 모니터링을 할 수 있는 우주기상탐재체(KSEM)가 장착되어 있다. 한국항공우주연구원에서는 올해 말 발사를 목표로 정지궤도복합위성 2A호를 개발하고 있으며, 발사 후 지구 적도면 36,500kg 상공의 정지궤도에서 지구 자전과 동일한 속도로 회전하면서 24시간 주어진 임무를 수행할 예정이다. 임무기간동안 기상관측 및 우주환경 관측을 정확하게 수행하기 위해서 정지궤도복합위성에는 별추적기(STA), 관성센서(GRA), 태양센서(SSA), 반작용휠(WDE), 추력기(RCT)와 같은 자세제어용 센서 및 구동기가 정확하게 정렬이 되어야 하며 관측자료 송수신 및 배포에 사용되는 S밴드, L밴드 및 X밴드 안테나들도 설계요구조건에 맞게 정확하게 장착 및 조립이 되어야 한다. 본 연구에서는 정지궤도복합위성 2A호의 조립이 완료된 이후 레이저 추적기와 테오드라이트를 사용해 초기 정렬 측정을 수행하고 요구조건을 만족시키기 위해 보정하는 과정을 소개하고 최종 정렬을 준비하고자 한다.

[P-31] 저궤도 위성용 통합시험 및 운영시스템 (ITOS: Integrated Test and Operation System) 설계 및 현황

허윤구, 방수완

한국항공우주연구원

현재 한국항공우주연구원에서 개발 중인 다수의 위성 사업에서 발사전 지상에서 위성체 총조립 및 시험(AIT - Assembly, Integration & Test) 단계에서 이용될 뿐만 아니라 발사 이후에도 지상국의 위성 운영에도 현재 사용되고 있거나 앞으로 사용될 예정인 통합시험 및 운영시스템(ITOS: Integrated Test and Operation System)은 저궤도, 정지궤도, 시험용 달 궤도선등 다양한 위성 임무별 특이사항들을 지속적으로 반영하여 설계 및 구현 중에 있다. 특히 한국항공우주연구원에서 주관 및 참여하고 있는 다수의 저궤도 위성 개발에 통합 시험 및 운영시스템이 지속적으로 사용중이거나 사용될 계획으로 효율성, 신뢰성, 사용자 편리성 등을 최대한 반영하고 있다. 이러한 통합시험 및 운영시스템에서 현재 구현되어 있는 여러 가지 기능들에 대한 개요 및 해당 기능에 대한 상세 설계에 대해서 간략히 알아보고 앞으로 개발 계획 및 현황에 대해서도 함께 살펴보고자 한다.

[P-32] Signal to Noise Ratio Performance of the Camera System for the Lunar Orbiter

Haeng-Pal Heo, Gm-Sil Kang, Sang-Soon Yong, Seok-Weon Choi

Korea Aerospace Research Institute

An electro-optical camera system is being developed to be mounted on a satellite for lunar orbiter. The camera continues to be operated for one year in the lunar polar orbit with 100 km altitude. The camera is equipped with

a linear CCD and operated in a push-broom manner. Because the lunar surface does not shows Lambertian reflective characteristics, input radiance of the camera system varies much depends on the angle between the sun and the camera, known as the phase angle. Signal to noise ratio performance is highly dependent on the intensity of the radiance which is a function of the phase angle. However, the satellite can maneuver to take images of the target on the lunar surface. In this presentation, analysis results of the signal to noise ratio performance of the camera system when it collects the images from the target in many different latitudes will be presented.

■ 우주응용**[P-33] 정지궤도 기상탐재체의 2017년 기술동향**

명환준, 최재동, 이상률

한국항공우주연구원

유럽과 미국, 아시아에서는 2014년을 시작으로 다채널/고해상도를 특징으로 하는 차세대 기상탐재체를 장착한 기상위성의 발사가 계속해서 이어져 왔거나 앞으로 예정되어 있다. 2014년의 Himawari-8 위성을 시작으로 2016년의 Himawari-9, GOES-16에서는 ABI계열의 기상탐재체를 성공적으로 운영하고 있는 중이며, 2018년 후반에는 동일한 ABI 계열의 기상탐재체를 장착한 우리나라의 GK-2A위성과 미국의 GOES-S위성이 궤도로 발사될 예정이다. 또한, 유럽의 차세대 기상위성인 MTG위성은 FCI 기상탐재체를 장착하고 2021년 발사를 목표로 개발이 진행되고 있다. FCI 기상탐재체는 가장 늦게 개발이 진행되고 있으며, 관련 부분품들의 설계 및 시험 결과들이 최근에도 계속해서 공개되고 있다. 본 논문에서는 2016~2017년에 공개된 FCI 기상탐재체 기술논문들 중에서 검출기의 방사선 시험결과와 방사성 및 망원부의 설계와 정렬, 광학보정을 위한 시험장비 등의 내용들을 요약 및 정리하여 소개한다. 2014년에 발사되어 대부분의 초기 운영 시험이 성공적으로 종료된 Himawari-8의 AHI 기상탐재체의 경우에는, 운영 궤도상에서 달의 표면을 이용하여 탐재체의 MTF 성능을 확인한 시험결과를 최근에 공개하였으며, 이전에 이미 공개되었던 stray light의 추가적인 분석도 함께 제시하였고, 이와 관련된 요약된 내용들이 본 논문에 포함되었다. 2016년에 발사되어 초기 운영이 거의 종료된 ABI 기상탐재체는 최근에 궤도 운영 시험의 결과들이 관련된 기술논문들을 통하여 조금씩 공개되고 있는 상황이며, 본 논문에서는 탐재체의 광학보정 성능과 기하보정 성능을 중심으로 관련 시험 결과들의 내용을 간략히 설명한다.

[P-34] 일본의 조기경보탐재체 개발 및 추진 현황

명환준, 최재동, 이상률

한국항공우주연구원

2008년 우주기본법 성립 이전까지 일본은 위성의 개발에 있어서 활용범위를 일반적인 목적으로 한정하여 우주개발을 진행해 왔다. 그러나 우주기본법이 제정된 이후, 일본은 국제협약과 헌법이 허용하는 범위에서 다양한 목적의 우주개

발을 위한 법적 근거를 가질 수 있게 되었고, 이러한 배경을 바탕으로 일본 방위성은 2009년 ‘우주개발이용에 관한 기본 방침’을 확정하여 본격적인 우주개발 검토에 착수하였다. 특히, 탄도미사일 방어 시스템 구축이라는 관점에서 그동안 미국의 조기경보시스템에 의존해 왔던 일본은 독자적인 조기경보시스템 개발을 위하여 2013년에 일본의 방위성, 문부과학성, JAXA 등이 연구협력협정 등을 체결하고 관련 개발을 진행하기 시작하였다. 2015년부터 일본의 방위장비청을 중심으로 조기경보탐재체 전용의 2파장 적외선 검출기 개발에 착수하였는데, 두 개의 중적외선과 원적외선 검출기들을 하나의 검출기로 융합한다는 점에서 새로운 기술적 시도라고 할 수 있다. 2파장 적외선 검출기는 현재 2019년까지 위성용 적외선 탐재체의 형태로 개발을 완료할 예정이며, 2020년에는 첨단광학위성으로 위성명이 변경된 기존의 ALOS3에 추가적으로 탑재하여 우주 실증 실험을 수행함으로써 2파장 적외선 검출기의 기술적 검증을 완료하는 것으로 계획되어 있다. 본 논문에서는 이러한 일본의 조기경보탐재체 개발과 관련한 일련의 배경설명과 함께, 세계 최초로 개발 중인 2파장 적외선 검출기의 기능과 성능에 대하여 간략히 소개하고, 실증용 조기경보탐재체가 실제로 장착될 첨단광학위성에 대하여 ALOS3위성과의 차이점 및 기능과 특징을 설명한다.

[P-35] The Detail Design Analysis of the Electronic Module for the High Resolution GEO-Satellite Electro-Optic Camera System

Jong-Euk Park^{1,2}, SeungHoon Lee, Kijun Lee

Korea Aerospace Research Institute
Chungnam National University, Department of Electronics Engineering

A prior study of the futuristic electronic optical camera aimed at gaining high-resolution images on the GEO(Geostationary Orbit) is required, and prior to this general planning program, a preceding research is performed through the manufacture of key elements techniques before performing it. Large view optic system is required to obtain high-resolution images from the GEO, convert the image information collected by the optics into electronic signals, and perform overall electronic camera control. The opto-electronic system serves to obtain images (image sensor control, image acquisition, processing, image transmission) and perform the electro-optic camera system controls for operation in the optics. In the GEO orbit, obtaining large high-resolution images requires the large focal plan with multiple sensors. Although relatively more available than low-orbit satellites for transmission of power and imaging information, further efforts are needed to obtain and process large amounts of high resolution data. The High resolution electro-optic payload system on GEO(Geostationary Orbit) shall be developed with aquisition of the advance information.

[P-36] The Critical Design Analysis of the Lunar Exploration Electro-Optic Payload Camera Electronic Module

Jong-Euk Park^{1,2}, Haeng-Pal Heo¹, Kijun Lee²

Korea Aerospace Research Institute
Chungnam National University, Department of Electronics

Engineering

The high resolution camera for the lunar exploration payload is in the process of finishing the detailed design beyond the conceptual design and the preliminary design. In the case of a lunar-use camera, it operates in a much worse environment than a LEO(Low Earth Orbit) satellite of the earth, but the overall mission performance and duty cycle are reflected in the design as a better condition than the LEO. Although the size, weight, and budget are relatively limited in the design of the camera, it plays a role of performing all functions from image acquisition to processing and compression transmission. Unlike the earth orbit, there are restrictions on communication with the earth. Therefore, the concept of command design and operation must be simple, and compression of acquired images is required. And additional functions such as high reliability design and self restoration function considering operation in a moon orbit environment such as solar radiation are required.

In this paper, we describe the detailed design analysis of the electro-optic camera for lunar exploration payload, verify the function of this model to be fully developed, analyze additional information necessary for the development of the QM(Qualification Model) and FM(flight model), and summarize the necessary requirements

[P-37] The study of high gain antenna assembly operation for the lunar exploration

Sangyoun SHIN^{1,2}, Haeng-Pal Heo, Hyoungho Ko²

Korea Aerospace Research Institute
Chungnam National University, Department of Electronics Engineering

In the paper, the high gain antenna operation for the lunar exploration is studied. The lunar orbit satellite has several payloads to take and measure the information from the moon and they should be transferred to the ground system of the earth using the high gain antenna system. But because of the many environmental restrictions, the high gain antenna system is different hardware design and operation with the general antenna system to complete the mission. Therefore, in this paper, the high gain antenna system and the electrical design is introduced and compared with the earth orbit antenna system. Then, the high gain antenna operation for the lunar mission is studied.

[P-38] 해양탐재체 구동부의 동적 실험 분석

연정흙¹, 융상순, 이덕규, 이승훈³

한국항공우주연구원 탐재체광학팀
한국항공우주연구원 탐재체전자팀
한국항공우주연구원 위성탐재체연구단

정지궤도복합위성 해양탐재체(GOCI-II)는 2019년 발사에 정으로 통신해양기상위성 해양탐재체의 임무를 승계하며, 향상된 공간해상도 및 채널 정보로 해석을 관찰하는 임무를 가지고 있다. 해양탐재체는 넓은 관측영역과 다채널 측정 및 궤도상 보정 기능을 구현하기 위하여 다양한 구동부를 장착하고 있다. 스텝/스테어 방식으로 관측영역을 변경할 수 있는 이축의 지향구동부를 가지고 있으며 채널을 순차적으로 변경할 수 있는 필터휠 구동부, 보정장치 구동을 위한 보정휠 구동부를 가지고 있다. 구동부 작동에 따라 해양탐

채체에서 발생한 동적 섭동이 위성체로 전달된다. 이를 분석하기 위하여 각 구동부에 대한 동력학적 모델링이 수행되었고, 작동 시나리오별로 동적 섭동이 계산되었다. 계산 결과는 위성체 자세제어 시스템에 전달되어 영향분석 및 자세제어 알고리즘 설정에 활용된다.

[P-39] 차세대중형위성 태양광 차단구조물 설계

연정흙¹, 이원범¹, 최종국¹, 이덕규¹, 이승훈¹, 임채형³

한국항공우주연구원 탑재체광학팀

한국항공우주연구원 위성탑재체연구단

테크항공 기술연구소

차세대중형위성 광학탑재체는 중형급 위성 플랫폼에 맞게 개발되는 고해상도 카메라로 국토자원관리, 재해재난 대응, 국가 공간정보 활용을 위한 정밀지상관측 영상 제공의 임무를 가지고 있다. 태양광 차단구조물은 광학탑재체 전단부에 장착되어 카메라로 직사 태양광이 들어가지 않게 하는 배플 역할을 한다. 카메라의 반사경들이 태양광에 직접적으로 장시간 노출되면 반사율 저하가 발생하며 이로 인하여 광학탑재체의 성능저하를 유발시킬 수 있다. 이를 억제하기 위하여 태양광 차단구조물의 형상은 카메라의 관측영역(FOV)을 방해하지 않는 범위에서 태양광 차단 효과가 크도록 설계되어야 한다. 본 연구에서는 차세대중형위성에 장착되는 태양광 차단구조물의 설계에 대해 기술한다. 태양광 차단구조물은 광학탑재체 전단부에 장착되어 작은 질량으로도 큰 관성모멘트를 발생시키므로 질량이 최소화 되도록 설계해야 한다. 또한 외부로 노출되는 부분으로 다층박막단열재로 쓰워진다 하더라도 가혹한 열환경 조건에 있게 된다. 이러한 요구조건들을 고려하여 태양광 차단구조물의 설계를 수행하였다.

[P-40] Failure Mechanism investigation of memory for development of MCS

Do Kyoung Lee, Jong Tae Lee, Sang Gyu Lee,

Korea Aerospace Research Institute

MCS(Multi-Channel Synthetic Aperture Radar) has been developed as EQM (Engineering Qualification Model) for small Radar satellite and critical radar payload technology development. Storage unit development has been planned in Flight Hardware in MCS system. Due to the size, power, and so on, flash memory shall be considered. Flash reliability has four types of error, 'Bad Blocks', 'Data Retention', 'Endurance', 'Disturb'. And Failure mechanism consist of intrinsic and extrinsic failure. Extrinsic failure mechanisms are caused by workmanship, environment, and variability in manufacturing process. Intrinsic failure mechanisms are unrelated to workmanship and are inherent to the technology or materials used to create the product. The four technology of NAND flash is that : Scaled CMOS, Plastic packaging, Floating gate memory cell, and device architecture. This paper show the analysis of failure mechanism for NAND flash memory.

[P-41] Flash Based Memory System Design for Low Earth Orbit Satellite

Jong-Tae Lee, Sang-Gyu Lee¹, Ki-Jun Lee

Korea Aerospace Research Institute
Chungnam National University

Most earth observation low earth orbit (LEO) satellite need mass memory system to store instrument data until the satellite reaches an area where the communication with ground station can be made. Previously SRAM based and SDRAM based memory systems had been used for the on-board mass memory. Due to its weight and power consumption, it's trending to use Flash based memory system recently. This paper describes the difference between SDRAM based and Flash based memory system and introduces a Flash based mass memory system with mitigation measures to overcome the disadvantages of using Flash device for an electro-optical LEO satellite.

[P-42] 국제우주정거장용 공기 및 물 환경제어 시스템 분석

이주희, 김연규, 이종원

한국항공우주연구원 항공우주응용재료팀

2030년대 유인 화성탐사를 준비하는 미국 NASA에서는 국제우주정거장(ISS; International Space Station)의 환경제어 및 생명유지시스템(ECLSS; Environment Control & Life Support System)의 주요 핵심 장치인 공기 재생 및 관리, 물 재활용 및 오수 관리 등에 대한 기술 격차를 정의하고 이를 2020년대 초까지 해결하고자 국제우주정거장 실험 플랫폼을 활용하여 검증해 나가고 있다. 향후 유인 화성탐사 분야에서도 국제우주정거장과서와 같은 국제협력을 추진할 수 있는 바, 이를 대비하여 우리도 우주실험 및 우주인이 거주하고 실험하는 실험모듈 및 우주구조물에 대한 핵심적인 환경제어 시스템 개발 연구가 필요할 것으로 판단되며, 이에 대한 시발점으로 국제우주정거장과 같은 우주 플랫폼의 생명유지시스템에 대한 연구가 필요하다고 본다. 특히 우주인들의 생명유지에 필수적인 공기와 물의 생산 및 재활용 시스템 핵심기술을 확보하여 국제협력을 대비하고 향후 우주탐사뿐만 아니라 산업적 활용도 고려해 보고자 한다.

■ 우주천문

[P-43] Current Status of the digital sampler development for radio observation

Yong-Woo Kang, Min-Gyu Song

Korea Astronomy & Space Science Institute

We are developing the digital sampler with VDIF format for radio observational data analysis. The sampler has a dual sampling frequencies of 1GHz and 4GHz with 2bits per sample. In this sampler, The data output max. speed is 8Gbps at 2bit samples. Thus, we designed VDIF output hardware using 10G TCP/IP specification. I will introduce the current status of the high speed sampler development.

[P-44] Stray Light Analysis of the Entoto Observatory Telescopes in Ethiopia

Young-Soo Kim^{1,2}, Yong-Ik Byun¹, Jeong Gyun Jang¹,
Solomon Belay Tessema³, Leonid Berdnikov³, Etsegenet
Getachew⁴, & Alemiye Mamo Yacob⁴

Korea Astronomy & Space Science Institute

Chung Buk National University

Yonsei University

Ethiopian Space Science & Technology Institute

Entoto Observatory and Research Center in Ethiopian Space Science & Technology Institute established two 1-m telescopes on the Entoto mountain at the north of Addis Ababa. The mountain is about 3,200 m high. The telescopes were made by Astelco, Germany and was repaired in Optics. Unusual patterns on the flat images dragged us to analyze stray light and on-site investigations. In this paper, basic characteristics of the telescopes are explained, and analysis results of the light paths and suggestions are described.

[P-45] 우리 은하내 이심궤도를 가진 식쌍성의 새로운 카타로그 제작

김천휘^{1,2}, J. M. Kreiner³, B. Zakrzewski³, W. Ogloza³, 김현우^{1,4}, 정민지¹

충북대학교 천문우주학과

충북대학교 천문대

Mt. Suhora Observatory, Poland

한국천문연구원

우리 은하에 있는 623개 이심궤도 식쌍성의 카타로그를 제작하였다. 그 이심 식쌍성들은 우리의 극심시각 database에 수록된, 또는 여러 전천 탐사 자료에서 수집된 측광 자료로부터 새롭게 결정된, 또는 우리가 직접 관측하여 얻은 약 13만개의 극심시각 자료의 식시각도 분석을 통하여 편집된 것이다. 그 이심궤도 식쌍성 중에서 근성점 운동을 보이는 시스템은 모두 170개이며, 이중에서 31개의 쌍성이 근성점 운동과 광시간 효과가 동시에 일어난다. 근성점 운동을 보이는 별들의 근성점 운동 변수들을 일관된 방식으로 산출하여 카타로그에 수록하였다. 우리가 작성한 카타로그는 기존 카타로그에 비해 양과 내용에 있어 가장 방대하다. 우리 은하 근성점 운동 쌍성들과 소마제란 성운과 대마젤란 성운에서 발견된 근성점 운동 쌍성들을 모아 근성점 운동 변수들의 통계적 분포들이 제시된다.

[P-46] Current Status of Advanced Network based e-KVN and plan for the High Speed Data Processing

Min-Gyu Song¹, Hyo-Ryung Kim¹, Yong-Woo Kang¹,
Seog-Oh Wi¹, Sung-Mo Lee¹, Jong-Soo Kim¹,
Tae-Hyun Jung¹, Do-Young Byun¹, Hyun-Goo Kim¹,
Duk-Gyoo Roh¹, Se-Jin Oh¹, Jae-Hwan Yeom¹,
Do-Heung Je¹, Bu-Seung Cho¹, Min-Ki Noh¹

Korea Astronomy & Space Science Institute

Korea Institute of Science and Technology Information

As the first facility of VLBI(Very Long Baseline Interferometry) observation, KVN(Korean VLBI Network) consists of three radio observatories, which sites are KVN Yonsei, KVN Ulsan and KVN Tamna. In each observatory, more than ten terabytes of data are produced during VLBI observation. But the capacity of

observation data is now growing bigger rapidly and 8Gbps VLBI observation is not operating. In this situation, e-VLBI technology which transfers massive VLBI data from each radio observatory to correlation center over the high speed network becomes increasingly crucial, we have been using KREONET(Korea Research Environment Open NETwork) as the backbone for the reliable connection between three KVN sites and KJCC(Korea Japan Correlation Center). In this poster, we first introduce system architecture and network status of e-KVN. Furthermore, our plan for the high speed data processing is also discussed

[P-47] The signs of accretion from interstellar medium in the atmospheres of F-M stars

Alexander Yushchenko¹, Yeuncheol Jeong², Dmitry Doikov³, Svetlana Vasil'eva⁴, Jinhee Yu⁵, Eunseok Lee⁶, Hyunyoung Lee¹

Astrocamp Contents Research Institute, Goyang, 10329, Korea
Daeyang Humanity College, Sejong University, Seoul, 05006, Korea

Odessa National Maritime University, 65001, Odessa, Ukraine

Astronomical observatory, Odessa National University named I.I. Mechnikov, Odessa, 65014, Ukraine

[†] *Department of Astronomy, Yonsei University, Seoul, 03722, Korea*

The dependencies of relative abundances of chemical elements on the second ionization potentials of these elements were investigated using the stellar abundance patterns published for more than one thousand F-M giant stars. The correlations between the relative abundances of chemical elements and their second ionization potentials are found for stars with effective temperatures between 3,800 and 7,700 K. One of the possible explanations of these correlations can be the accretion of hydrogen and helium from interstellar medium to stellar atmospheres.

[P-48] Improvements of the PLD (Pulsed Laser Deposition) method for fabricating photocathodes in ICMOS (Intensified CMOS) sensors

Dae-Hee Lee^{1,2}, Youngsik Park³, Bongkon Moon¹,
Yong-Woo Kang¹, Won-Kee Park¹, Seoung-Chul Bang¹,
HyeunSeok Choi³, So-Jeong Na¹, Sung-Bok Kang¹,
Nikolay Vedenkin⁴, Alexander Malyshev⁴, and Yang-Soo Kim⁴

Korea Astronomy and Space Science Institute

University of Science and Technology

Korea Institute of Industrial Technology

Satbyul Corporation Ltd.

We introduce new technologies improving the PLD (Pulsed Laser Deposition) method to fabricate visible (370 ~ 600 nm) and NUV (Near Ultraviolet, 185 ~ 320 nm) photocathodes for ICMOS (Intensified CMOS) sensors. First, we have improved the PLD VC (Vacuum Chamber) by utilizing optical window viewports and a couple of internal carousels, so that we can do cleaning, deposition various alkalis, measurement of the QE (Quantum Efficiency) in-situ, for multiple photocathode targets in a single process. Second, we have designed a

Load/Degassing/Assembly (LDA) VC to prepare, load, degas, and assemble the alkali targets and photocathode substrates. Finally, we have connected the PLD VC with the LDA VC through a vacuum gate to prevent the photocathodes from oxidation and water contamination during the process. In this paper, we describe detail procedures of our new technologies and discuss about the design results of ICMOS products.

[P-49] Geometrical Structure of the Symbiotic Star AG Peg

Seong-Jae Lee, Siek Hyung

Chungbuk National University

The H I emission lines of the symbiotic star AG Peg, observed in 1998 and 2001 were investigated to analyze the geometry of the orbital system. The $H\alpha$ and $H\beta$ line profiles showed three kinds of components: relatively narrow blue-shifted and red-shifted lines with an additional broad line component, while the other H I, He I, and He II lines showed only two kinds of components: narrow blue- and red-shifted components. The most recent study showed that the broad line components are attributed to the Raman scattered components of the Lyman α and γ in the high density neutral hydrogen region near the blue and red shifted emission line zone around the hot white dwarf. For an analysis of the geometry responsible for the physical condition of the emission lines, we examined three possible geometrical structures: (1) giant star (GS) extended atmosphere + white dwarf (WD) accretion disk in a close binary system; (2) GS extended atmosphere + WD accretion disk in a detached binary system; and (3) bipolar conic shells around WD in a semi-detached binary system. Among them, the latter bipolar conic shells are most likely to be responsible for the observed line profiles. We present the predicted line profiles to accommodate the observed double line profiles.

[P-50] 역동적인 광도변화를 보이는 열 개의 W UMa형 Kepler 쌍성의 측광학적 성질

정민지, 김천휘, 김혜영¹

충북대학교 천문우주학과, 충북대학교 천문대 진천관측소

케플러 위성이 약 5년간 연속적으로 정밀한 관측을 수행한 덕분에, 우리는 W UMa 형 시스템에서 일어나는 역동적이면서 연속적인 광도변화 패턴에 대해 연구할 수 있게 되었다. 우리는 개기식과 광도변화를 동시에 보이는 10개의 Kepler W UMa형 쌍성계의 시계열 광도곡선을 분석하였다. 선택한 시스템들은 공통적으로 광도곡선과 식시각도에 역동적이면서 준주기적인 광도곡선의 변화를 보여준다. 우리는 이 특성들의 모델링을 수행한 뒤 각 시스템에서 대칭형태의 광도곡선을 선정하여, 그 광도곡선들의 해를 구하였다. 산출한 측광해들은 10개의 Kepler 쌍성들이 현재까지 알려진 W UMa형 접촉쌍성들과 크게 다르지 않음을 보여준다.

■ 태양 및 우주환경

[P-51] Grad-Cam을 이용한 딥러닝 기반의 태양 플레어 이벤트 분류 모델 분석방법 연구

김도현¹, 김태영¹, 양승범¹, 강소연¹, 최명진¹, 박은수², 이강우², 문용재²

¹(주)인스페이스, ²경희대학교 우주탐사학과

우주환경에서 관측된 다형 다종, 다종의 데이터는 시계열적 특성을 가지며 이러한 자료의 특성에 따라 다양한 딥러닝 모델이 적용되어 활용하거나 연구하는 사례가 많아지고 있다. 태양 활동에 대한 예측 및 분류를 수행하는 딥러닝 모델은 우주전파환경에서 가장 쉽게 접할 수 있는 모델 중에 하나이다. 단순히 딥러닝을 통해 얻어진 결과로 정확도를 판단하거나 과학적 근거 또는 이론을 적용하기에는 어려운 것이 사실이다. Grad-CAM 기법은 딥러닝 모델이 입력 자료에 대하여 예측하거나 분류 할 때 입력 자료의 어떤 특성을 추출하여 결과를 출력하였는지 알 수 있도록 가시화 해주는 기법으로 최근 이미지를 입력자료로 활용하는 딥러닝 모델에 대한 정확도 산출 및 딥러닝 모델의 특성을 파악하고 분석하는데 널리 활용되고 있다. 본 논문에서는 SOHO MDI Magnetogram 1996~2006년 기간 내 N, A, B, C, M, X 클래스 260장을 이용하여 이진분류(Positive / Negative)형태의 간단한 CNN 모델을 구성하고 Grad CAM을 적용하여 CNN 모델이 입력영상의 어떤 특징을 추출하여 분류했는지 확인 하는 방법과 분류 모델의 정확도 산출 방법 등의 전반적인 과정에 대하여 기술하고자 한다.

[P-52] Characteristics of electron density profiles in the polar ionosphere using long-term incoherent scatter radar observations

Eunsol Kim^{1,2}, Geonhwa Jee², Yong Ha Kim¹, Eun-Young Ji², Young-Sil Kwak³

¹Chungnam National University

²Korea Polar Research Institute

³Korea Astronomy and Space Science Institute

Using long-term incoherent scatter radar observations, we investigated characteristics of electron density profiles in the auroral and polar cap regions in comparison with the mid-latitude ionosphere. The electron density profiles from 100 to 450 km are compared among the three radar stations (Millstone Hill, Tromsø, Svalbard) during equinox, summer and winter for different solar and geomagnetic activity conditions. The diurnal and seasonal variations of F-region density are mainly controlled by solar zenith angle also in the polar ionosphere. However, in winter when the solar radiation disappears, there are two peaks in the polar cap/cusp region, especially during high solar activity. The first peak is caused by soft electron precipitation near magnetic local noon in the cusp region and the second peak is produced by plasma transportation from dayside lower latitudes to nightside polar cap. Since occurrence and strength of polar cap patches decrease with reduced solar activity, the second peak diminishes during low solar activity. Other noticeable features are in the E-region ionosphere. Even though the E-region completely disappears in the mid-latitude and also in the polar cap at night, the E-region density is significantly enhanced by auroral particle precipitation in the auroral region even during low solar activity or geomagnetically quiet conditions. We also found E-region density enhancement in the polar cap/cusp region during daytime in winter, which is caused by energetic proton precipitation. In addition, our results show the variations

of the E- and F-region peak heights. The diurnal variations of hmF2 are smaller in the polar ionosphere particularly for solstices, while the peak height increases gradually with time from day to midnight in the mid-latitude ionosphere. The mean hmE is around 120 km in the auroral region during nighttime and about 130 km in the polar cap/cusp region during daytime, while it is approximately 110 km for the other cases.

[P-53] Large scale EMIC waves observed by Swarm satellites: Long-stretched and long lasting

Hyangpyo Kim^{1,2}, Junga Hwang^{1,2}, Jaeheung Park^{1,2} and Jaejin Lee^{1,2}

*Korea Astronomy and Space Science Institute
University of Science and Technology*

We analyzed two large scale EMIC waves observed by Swarm satellites on 25 June and 3 September 2015. These extraordinary large scale waves were distributed with latitudinal size of $\sim 120^\circ$ (extending from southern trough to northern trough) and had unexpected long duration (~ 3.5 hours). The 25 June pulsation was observed during huge geomagnetic storm's recovery phase (Dst minimum = -200 nT) with two separated frequency bands on both dayside and nightside. The wave properties in two regions are somewhat different. Pulsations in dayside show that the wave normal angle rise with descending latitude and the ellipticity mixed at high latitude, and linear with descending latitude. On the other hand, nightside waves, normal angle rise with descending latitude on Southern hemisphere, but mixed on entire Northern hemisphere. The polarization shows mixed at all latitude. The second Pc1 pulsation on 3 September was observed on the dawn sector and lasted for ~ 4 hours. Contrary to the first event, this second event was independent on the geomagnetic disturbance, and the wave properties are not changed.

[P-54] Operation of the Instruments for the Study of Stable/Storm-time Space (ISSS) Instruments for the Study of Space

Go Woon Na, Jongho Seon¹, Kyoung-Wook Min, Jongdae Sohn, Kyung-In Kang⁴, Goo-Hwan Shin⁴

*Kyung Hee University
Korea Advanced Institute of Science and Technology
Korea Astronomy and Space Science Institute
Satellite Technology Research Center, Korea Advanced Institute of Science and Technology*

The Instruments for the Study of Stable/Storm-time Space (ISSS) developed for observation and studying of the space environment was practically delivered to Satellite Technology Research Center last year. And it has been finally tested on board next generation small satellite-1 (NEXTSat-1) for the launch in Q3/Q4 2018. The ISSS prepared 10 kinds of operation modes to simplify and to stabilize the communication between the ground station, the satellite, and the ISSS. The 10 operation modes mainly considered on the scientific purpose of each subunit such as radiation detectors (High Energy Particle Detector and Medium Energy Particle Detector) and plasma detectors (Langmuir Probe, Retarding Potential Analyzer, and Ion Drift Meter), subunit's parameters, and the orbit of the satellite. The command transmission

speed and the data type are also considered. These 10 operation modes consist of a combination of 8 operation methods and 4 parameter groups. This research presents the operation concept of the ISSS and introduces 10 operation modes and these components.

[P-55] Predicting foF2 over Jeju Station using Artificial Neural Networks

Suin Moon and Yong Ha Kim

*Department of Astronomy, Space Science and Geology,
Chungnam National University, Daejeon, South Korea*

The multi-layer perceptron (MLP), which is multi-layer feedforward neural network having one or more hidden layers, has the advantage of solving nonlinear problem. Prediction for ionospheric F2 layer's critical frequency, foF2, is attempted using the MLP model. The data used for training the MLP model are from measurements of Jeju ionosonde (126.30° E, 33.43° N) operated by Korean Space Weather Center (KSWC) for 8 years of 2009 - 2016. The input elements in the model include date, hour, solar activity index, and geomagnetic activity index. As the geomagnetic index, the Aj index was adopted, which is converted in similar manner to Ap index from Kj index that is an equivalent of K index for Jeju location. (The Kj index is published by KSWC). The model networks are constructed to calculate the target output, foF2 values at input time and after 1 hour to 4 hours, and thus the model can be regarded as both nowcasting and forecasting of foF2. Through the error back propagation algorithm, the networks modify their weights by training with the data. To make better results, we attempted various sets of network elements, such as combination of input parameters, learning rate, number of hidden nodes, and number of hidden layers. As performance measures, root mean square error (RMSE) and correlation coefficient are computed with the test data of 2016. The best performed model parameters so far found consists of 8 inputs, 27 hidden nodes and 5 output nodes, resulting in RMSE of 0.767 MHz and correlation coefficient of 0.92. The current model has slightly better performance than IRI-2016 model for test year, 2016.

[P-56] The prediction of relativistic electron flux at geostationary orbit based on neural network

Keunchan Park^{1,2}, Jaejin Lee, Kyungchan Kim, Yu Yi¹, BonJun Ku⁴, Hyesook Lee⁵

*Department of Astronomy, Space Science and Geology,
Chungnam National University
Korea Astronomy & Space science Institute
Division of Science education, College of Education, Daegu University
Electronics and Telecommunications Research Institute
korean meteorological administration*

The outer radiation belt consisting mainly of electrons that are trapped in Earth's magnetosphere is changed rapidly by solar wind condition and these particles have a bad effect on satellites. To protect the various risk, researches of the electron flux prediction are important and have been progressed constantly. We have designed the electron flux prediction algorithm using artificial neural network (ANN) since 2016. We modified the ANN to solve the problem called overfitting, time shift and tried to improve the model performance. Input parameters are 1,

2, 3 days ago data of solar wind (density, speed, IMF By and Bz), geomagnetic index (Dst, Kp) and electron flux data. The model is trained from 2014 to 2016, the test period is 2017. The outputs of ANN are 24 hour ahead relativistic electron flux for each LT and we performed some correction for output. As a result of the model, to some extent, we confirmed that time shift disappeared for every prediction time. However, there is some difference between observed and predicted values because we have not found optimal weights and biases yet. So, our goal is to find the optimal values of weight and bias to develop an algorithm with high accuracy.

[P-57] 정지궤도 자기장 자료를 이용한 경험식 모델과 인공신경망을 결합한 지자기지수 예측 알고리즘 개발

박우연^{1,2}, 이재진, 김경찬³, 이유², 구분준, 이혜숙

한국천문연구원, 충남대학교, 대구대학교, ⁴한국전자통신연구원, 국가기상위성센터

지자기장은 태양풍의 상태에 따라 변화를 겪는다. 지자기의 교란이 심해져 지자기 폭풍이 발생하면 인공위성을 비롯해 여러 손실을 초래한다. 지자기의 변화를 수치화한 지수로 Dst지수와 Kp 지수를 쓰고 있고 이 지수들의 예측을 통해 지자기 폭풍에 대비한다. 본 연구에서 소개할 예측 알고리즘은 경험식모델과 인공신경망기술을 결합하였고 입력자료로 다른 연구들에서 많이 쓰이는 태양풍 자료에 정지궤도의 자기장 자료를 쓴다. 1시간 후부터 24시간 후까지의 Dst지수와 Kp지수를 예측한다. 그 결과 각각 5시간, 3시간까지의 예측에서 관측값과 상관관계가 0.8 이상의 예측 효율을 보인다. 기상청에서 2020년 GK-2A 정지궤도 기상위성을 발사 예정이다. GK-2A위성이 임무를 시작하면 위성의 우주기상 탑재체 (KSEM)의 자기장 자료를 함께 이용할 예정이다.

[P-58] Mechanical Design of Engineering Model (EM) for Small scale magNetospheric Ionospheric Plasma Experiments (SNIPE) mission

Jongdae Sohn, Gyeongbok Jo^{1,2}, Jaejin Lee^{1,3}, Junga Hwang^{1,3}, Young-Sil Kwak^{1,3}, Jaeheung Park^{1,3}, Uk-Won Nam and Won-Kee Park¹, Yu Yi

Korea Astronomy and Space Science Institute
Chungnam National University
Korea University of Science and Technology

The Korea Astronomy and Space Science Institute satellite-1 (KASISat-1) consisting of four [TBD] nanosatellites is planned to be launched in the latter half of 2020 for the Small scale magNetospheric Ionospheric Plasma Experiments (SNIPE) mission. The KASISat-1 will have a normal altitude of 500-600 km [TBD] with a sun-synchronous orbit. They have scientific payloads to understand high-latitude irregularities such as polar-cap patches, field-aligned currents in the auroral oval, hundreds keV electron precipitations. The SNIPE payload is composed of three instruments for the science objectives: the Langmuir Probe (LP) measuring the density in the range of $2 \times 10^3 / \text{cm}^3 - 5 \times 10^6 / \text{cm}^3$ [TBD] and the temperature in the range of 1000 K - 10000 K [TBD] for ionospheric thermal electrons, the 3 Axis Fluxgate Magnetometer (MAG) measuring Magnetic

field of $\pm 50,000$ nT [TBD]. the Solid State Telescopes (SST) measuring electrons from 100 keV to 400 keV [TBD] in parallel and perpendicular directions to the earth's magnetic field. we are developing science payloads the Engineering Model (EM) for SNIPE mission. In this presentation, we report the mechanical design of the EM for the SNIPE payloads.

[P-59] 우주과학 연구를 위한 고정밀도 3축 Fluxgate형 자력계 개발 진행사항

이승욱, 노성준¹, 김주형¹, 최정림, 강경인², 류기홍³, 김준성, 최두영, 이현화¹, 이대영¹

충북대학교, ²한국과학기술원 인공위성센터, ³(주)알에프엔진

충북대학교에서 개발 중인 Fluxgate형 자력계는 근 지구 우주공간 탐사 및 고급 수준의 우주과학 연구를 위해 개발 중이다. 앞선 연구에서 비정질 물질인 Metglas 2714A를 이용해 1축 센서 코어개발과 센서 신호처리를 위해 ADC를 제외한 아날로그 전자 회로를 제작하였다. 본 연구 2차년도 산출물로써 앞서 제작한 1축 센서를 소형화해 3축 센서를 제작하였다. 센서 신호처리를 위한 전자회로는 노이즈의 영향을 배제하기 위해 Preamp를 따로 제작하였고, 동축케이블을 이용해 아날로그 신호처리 보드와 연결 하였다. 또한 데이터 로고를 위한 디지털 보드를 완성하였다. 완성된 Fluxgate형 자력계 성능 평가를 위해 Noise, 선형성, Stability, Offset 테스트를 완료하였다.

[P-60] Comparison of planetary and local geomagnetic disturbance indices: operational implications

Wonhyeong Yi, Jiyoung Kim, Kum-Il Jang

National Meteorological Satellite Center, Korea Meteorological Administration

Geomagnetic storms can disrupt social infrastructure on Earth; thus, accurate and timely monitoring is required to reduce their future socioeconomic impact. In this study, we compares the planetary geomagnetic disturbance index (K_p) with local indices at Fredericksburg (FRD) and Kakioka (KAK) stations. Local K indices at KAK and Cheongyang (CYG) are estimated and validated using indices observed at both stations. We found similar correlations between the K_p index and the local K indices at FRD and KAK; however, their details differ. The results show that, even when planetary geomagnetic storms are observed, the local K can be smaller than the observed K_p . This result implies that both K_p and local K should be simultaneously monitored. Real-time estimation of local K shows that the estimated K at KAK and CYG correlates well with the observed K. The estimation probability at KAK and CYG, with an error range of ± 1 , is greater than 98% when the local K is greater than 3. This suggests that the estimation approach used in this study can be operationally applied for timely monitoring of local geomagnetic disturbances.

[P-61] Investigation of coronal transverse wave energy fluxes by Coronal Multi Channel Polarimeter (CoMP)

Jae-Ok Lee, Kyung-Suk Cho, and Jung-Joon Seough

Korea Astronomy and Space Science Institute, Korea

It is generally thought that coronal transverse waves generated by convective motions play an important role in coronal heating and acceleration of the solar wind. To check the possibility of transverse wave heating processes, we estimate transverse wave energy fluxes in the solar active, quiet Sun, and coronal hole regions. For this, we use Coronal Multi Channel Polarimeter (CoMP) data observed during total solar eclipse of 2017 Aug 21 to determine transverse velocity fluctuations and their propagations. We will present how to calculate wave energy fluxes and dependences of the wave energy fluxes on three different coronal regions.

[P-62] An investigation of relation between sporadic E layer and vertical ion drift convergence using ionosonde data in Korea

Eun-Byeol Jo and Yong Ha Kim

Dpt. Astronomy, Space Science and Geology, Chungnam National University, Daejeon, South Korea

We investigated seasonal and local time variations of occurrence rate, critical frequency and height of sporadic E (Es) layer using data from ionosondes at Icheon (127.54 ° E, 37.14 ° N) and Jeju (126.30 ° E, 33.43 ° N) during 2011 – 2017. The ionosonde data were obtained with an auto-scaling program, Automatic Real-Time Ionogram Scaling with True Analysis 5 (ARTIST5). The occurrence rates and critical frequencies of Es show a maximum in summer, while the Es layer tends to be higher in spring and autumn equinox months than in other months. This tendency is due to greater occurrence rate of Es over an altitude of 120 km in the late afternoon. The critical frequency of Es maximizes around local noon time. The occurrence rate and height of the Es display semidiurnal variations from spring to autumn (March – November), but diurnal variation during winter (December – February). We also examined relation between Es occurrence and vertical ion drift calculated from Horizontal Wind Model (HWM) 14. We found that the Es height roughly matches with the altitude at which the direction changes in vertical ion drift velocity, implying convergence of ions. We discuss how the seasonal and local time variations of Es occurrence rate are related to vertical ion drift convergence.

[P-63] Periodic properties of interplanetary magnetic field Bz measured near the Earth during solar cycle 23 and 24.

Kyung-Eun Choi, Dae-Young Lee, Kyung Sun Park, Kyung-Chan Kim, Kyu-Cheol Choi, Jae-Hun Kim⁴

Department of Astronomy and Space Science, Chungbuk National University

*Department of Earth Science Education, Daegu University
SELab. Inc.*

Korean Space Weather Center, RRA

Variations in solar wind parameters are caused mainly by solar activities and may be also due to fluctuations in the solar wind. In this work, we examine periodic properties in the solar wind speed, interplanetary magnetic field (IMF) magnitude and components near the Earth using the observations from 1996 to 2016. We pay a particular attention to IMF Bz. For this examination, we perform the

Continuous Wavelet Transform and FFT power spectrum analyses focusing on short term period less than 1000 hour. We identify the times when IMF Bz exhibits periodic changes with a period of the solar rotation and its harmonics. This is seen in GSM coordinates and clearer during spring and fall seasons than the other two seasons. We attribute this result to a combined effect between the Russell-McPherron effect and IMF sector structure. We will discuss how the IMF sector structure is in turn related to the magnetic sector structure near the solar surface and fast coronal hole streams.

[P-64] Derivation of Kinetic and Inertial Alfvén Wave Dispersion Relation from Two Fluid Theory

Changdae-Choi, Peter H. Yoon^{1,2,3}

School of Space Research, Kyung Hee University, Yongin, Gyeonggi, South Korea,

Institute for Physical Science and Technology, University of Maryland, College Park, Maryland 20742, USA,

Korea Astronomy and Space Science Institute, Daejeon, South Korea

The purpose of this paper is to demonstrate the kinetic and inertial Alfvén wave dispersion relation can be obtained on the basis of two fluid approach. Kinetic and inertial Alfvén waves are important in the context of solar wind research in that these waves are thought to be play significant roles in the dissipation process of solar wind turbulence. The dissipation of ubiquitous turbulence in the kinetic scale is thought to be responsible for heating the corona and accelerating the wind. The solar coronal heating and solar wind acceleration are mutually couple outstanding problem. By adopting a two fluid theory rather the customary one-fluid (or MHD) theory, and by making appropriate approximations, it is shown that the desired dispersion relations for kinetic and inertial Alfvén waves can be derived. By understanding the linear wave properties of these waves in the context of two fluid theory can be important for further study on nonlinear behavior of these waves.

[P-65] Classification of ionospheric mid- and high-latitude troughs under different geomagnetic conditions using Swarm observations

Su-In Kim^{1,2}, Young-Sil Kwak^{2,3}, Jaeheung Park^{2,3}, Hyosub Kil⁴, Khan-Hyuk Kim¹, and Jae-Jin Lee^{2,3}

School of Space Research, Kyung Hee University, Korea

Korea Astronomy and Space Science Institute, Korea

University of Science and Technology, Korea

The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory, USA

We classified the ionospheric mid- and high-latitude troughs and examined the characteristics of the ionospheric troughs under different geomagnetic conditions. Mid- and high-latitude troughs are found in similar latitudes and local time regions, so it is hard to define the trough using just latitude information. Mid-latitude troughs develop from the result of a stagnation in plasma flow in a non-sunlit region of the ionosphere and are detected just equatorward of the aurora oval. High-latitude troughs develop where there is a strong frictional interaction between the ionized plasma and the neutral air and are detected in the aurora oval.

So, it's hard to differentiate mid- and high-latitude troughs using GPS-TEC or radar instrument. To classify the mid- and high-latitude troughs effectively, we used electron density, electron/ion temperature, calculated field-aligned current and ion drift velocity data obtained from SWARM. In our presentation, we will introduce how to classify the mid- and high-latitude troughs and their characteristics using SWARM observations.

[P-66] Image-to-image translation of solar images by deep learning. II. from magnetograms to AI-generated EUV images

Eunsu Park, Yong-Jae Moon¹, Harim Lee, Daye Lim¹, Taeyoung Kim^{1,2}

School of Space Research, Kyung Hee University

Department of Research and Development, InSpace, Co., Ltd.

In astronomy and geophysics, multi-wavelength observations become very popular. Recently, several deep learning methods, one part of Artificial Intelligence (AI), for image-to-image translations have been suggested and are successful for different types of transformation such as labels to street scene, labels to facade, black and white images to color ones, aerial to map, day to night, and sketch images to pictures. For the first time we apply an image-to-image translation model, based on conditional Generative Adversarial Networks (cGANs), to construct solar EUV images using solar magnetograms. For this, we train the model using pairs of SDO/AIA EUV image and their corresponding SDO/HMI line-of-sight magnetogram for all AIA wavelengths from 2011 to 2017 except for September and October. We test the model by comparing pairs of actual SDO/AIA EUV images and corresponding AI-generated ones in September and October. We find that both real and AI-generated images are quite consistent with each other in that it is difficult for one to distinguish solar EUV images from AI-generated ones. The average correlation between actual image and AI-generated one for all test samples ranges has a maximum value (0.82) for 1600 and 1700 data sets whose structures are quite consistent with those of corresponding magnetograms. Using this model, we construct solar EUV images with Kitt peak magnetograms since 1974. This methodology can be applicable to many scientific fields that use several different filter images.

[P-67] Space Weather Data System at KASI

Ji-Hye Baek¹, Seonghwan Choi, Jongyeob Park¹, Sujin Kim^{1,2}, Jihun Kim¹

Korea Astronomy and Space Science Institute

University of Science and Technology

Korea Astronomy and Space Science Institute (KASI) is a representative scientific data center for space weather in Korea. We constructed 'Space Weather Prediction Center' since 2007, and we have developed and scaled up Space Weather Data System (SWDS). It collects and archives various space weather data from international and domestic observatories. They are over 10 sites, and we handle about 50 different data types using scientific computing, numerical analysis, format converting, image processing and visualization methods. We implemented data pipeline, file systems and data processing software for diverse data. In the beginning, it provided simple data services like HTTP and FTP. Recently we have extended

search engine and prediction model services. We have established Korean Data Center for Solar Dynamics Observatory collaborated with National Aeronautics and Space Administration (NASA) and Stanford University, and are installing KASI geomagnetic storm forecast model at Community Coordinated Modeling Center (CCMC) in NASA. We are extending space weather data modeling and prediction system by using more complicated techniques like deep learning to handle big data. It can play important roles in data center for space weather researches and applications.

[P-68] Image-to-image translation of solar images by deep learning. IV. From Ca II images to AI-generated magnetograms

Gyungin Shin, Yong-Jae Moon¹, Eunsu Park, Taeyoung Kim^{1,2}

School of Space Research, Kyung Hee University

Department of Research and Development, InSpace Co., Ltd.

Deep learning has shown state-of-the-art performances on translating images from one to another kind as well as classifying various kinds of images. In the present work, we successfully translate Ca II images into HMI-like magnetograms using a deep learning model based on conditional generative adversarial networks (cGAN), which is also called 'pix2pix', one of the best performance methods for image translation. We train the model with 623 pairs of NSO(National Solar Observatory) Ca II 854.2nm wing intensity images and corresponding SDO(Solar Dynamic Observatory) HMI line-of-sight magnetograms from May 2012 to December 2015. To test the model, we use 217 pairs of Ca II images and HMI magnetograms in 2016. As a result, we successfully obtain AI-generated magnetograms whose bipolar structures are well consistent with those of real HMI magnetograms. Their total unsigned magnetic fluxes are well correlated with those of the real ones with a high correlation coefficient of 0.83. We have a plan to extend this application to historic Ca II images observed by Mount Wilson Observatory(since 1915) and Kodaikanal Solar Observatory(since 1907).

[P-69] Daily solar flare probability model using convolution neural networks and previous day flare occurrences

Seulki Shin¹, Hyungseok Chu, Yong-Jae Moon¹

School of Space Research, Kyung Hee University

Software Policy & Research Institute

As the application of deep-learning methods has been succeeded in various fields, they have a high potential to be applied to space weather forecasting. Convolutional neural network (ConvNet), one of deep learning methods, is specialized in image recognition. In this study, we apply the AlexNet and ResNet architecture, which is a winner of ILSVRC 2012 and 2015 respectively, to the forecast of solar flares. Our inputs are SDO/HMI longitudinal magnetograms from May 2010 to December 2017, and output ones are yes or no of flare occurrence. We select the training dataset from January 2010 to December 2013 and the testing dataset is chosen from January 2014 to December 2017. As a result, we find that True Skill Statistics (TSS) of this model is 0.55. In order to improve our forecasting model, we additionally

use a flare occurrence of the previous day as input data. The second model greatly improve the TSS value (0.69). Our model can immediately be applied to an automatic forecasting service when magnetogram data and the flare occurrence of the previous day are available.

[P-70] Observation of strong winds and shears in the summer polar mesosphere associated with high-speed solar wind streams

Young-Sook Lee¹, Yongha Kim¹, Sheila Kirkwood²

Chungnam National University

Swedish Institute of Space Physics

For the first time we observed intense occurrences of strong wind shear ($Ri < 0.25$) in capable of generating Kelvin-Helmholtz instability (KHI) in the polar mesospheric summer echoes (PMSE) layer (80-90 km) during high-speed solar wind stream passages. It is believed that wind shift and strong shear are produced under the effects of geomagnetic disturbances and energetic electron precipitation. Although from the viewpoint of weather system wind shift usually occurs behind warm or cold front passage, rapid transition of wind shift and strong shear as resolved in 6-15 min is hardly explained with atmospheric dynamics. KHI-inducing strong shear (≥ 42 m/s/km) occupies 47% out of all the observed shears, and strong shears of ≥ 100 m/s/km take up 26% out of the KHI-inducing shears. Electric field profiles estimated from horizontal velocities for extremely strong shear are depicted, reaching up to ~ 50 V/m for ~ 800 m/s at 85-86 km. This study suggests that strong shear can play an essential role in producing plasma irregularity detected as PMSE under the geomagnetic disturbances since turbulence is generated by KHI. Extremely strong shear formed in systematic wind profile supports the possibility that supersonic velocity can be produced in super-cooled and ionized summer polar mesosphere.

[P-71] A first comparison of meteor radar and Fabry-Perot Interferometer winds at King Sejong Station

Wonseok Lee¹, Yong Ha Kim¹, Changsup Lee², Qian Wu³

Chungnam National University

²*Korea Polar Research Institute*

³*National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado, USA.*

In 2017, Fabry-Perot Interferometer (FPI) was installed at King Sejong Station in Antarctica. For an initial validation of the FPI wind, we compare FPI winds with winds derived from the co-located Meteor Radar (MR) during the first observational season (297 days) of 2017. The overall characteristics of FPI and MR winds are well correlated, showing consistent local time variations for both OH 892.0 nm and OI 557.7 nm airglow layers (87 and 97 km, respectively). However, large discrepancies appear 13 days. A correlation analysis indicates that correlation coefficients of zonal winds at 87 and 97 km are 0.28 and 0.54, respectively, and those of meridional wind are 0.36 and 0.54. Since the FPI wind is derived from the finite height range of the airglow emission layer, we calculated the weighted mean wind from the meteor radar wind profile assuming that the distribution of the airglow intensity has a form of Gaussian function. By adjusting the peak height and the Full Width at Half

Maximum (FWHM) of the Gaussian distribution for the airglow layer, we investigated how the correlation between the two data varies. The correlation is the best with the peak height of 86 km and 97~98 km for the OH and OI airglows, respectively, with better correlation at OI airglow layer. Overall correlations are lower than those published in other studies. In the future, we will investigate thoroughly sources of these discrepancies between FPI and meteor winds as more observational data are accumulated.

[P-72] A Hourly Forecast Model of Daily Major Flare Probability Based on Magnetic Parameters from SDO/HMI Data

Daye Lim¹, Yong-Jae Moon^{1,2}, Jongyeob Lee³, Kangjin Lee^{1,4}, and Jin-Yi Lee²

School of Space Research, Kyung Hee University

Department of Astronomy & Space Science, Kyung Hee University

Korea Astronomy and Space Science Institute

Electronics and Telecommunications Research Institute

We develop a hourly forecast model of daily probability of major flares (M- and X-class) based on magnetic parameters from May 2010 to April 2017 by characterizing distribution and non-potentiality such as the total unsigned current helicity, the total photospheric magnetic free energy density, the total unsigned vertical current, the absolute value of the net current helicity, the sum of the net current emanating from each polarity, and the total unsigned magnetic flux. We divide the data into two sets chronologically: 70% for training a model and 30% for testing it. All values of each parameter are divided into 100 groups to estimate corresponding flare occurrence rates. Flare identifications are determined by using GOES X-ray flare locations. Major results are as follows. First, major flare occurrence rates are well correlated with six parameters. Second, logarithmic values of flaring rates are well approximated by two linear equations with different slopes: steeper one at lower values and flatter one at higher values. Third, the total photospheric magnetic free energy density gives the minimum root mean square error between observed flare rates and predicted ones. Fourth, the total unsigned current helicity and the total unsigned vertical current have the best true skill statistic (TSS) values (0.86), which are much better than those of the previous probabilistic forecasting models. These results demonstrate an importance of non-potential magnetic properties for flare forecasting.

[P-73] Manually scaling one year ionograms measured by Jeju ionosonde in 2012

Seheon Jeong, Yong Ha Kim

Chungnam National University

The ionosphere has been monitored for more than five decades by ionosondes in Korea. An ionosonde usually produce an ionogram that displays radio echoes in the frequency-range plane. The trace of echoes in this plane can be read either manually or automatically to produce useful ionospheric parameters such as foF2 (peak frequency of the F2 layer), hmF2 (peak height of the F2 layer), etc. Since monitoring of the ionosphere has to be carried out routinely in a given time cadence, automatic

scaling the ionogram is usually executed to obtain the ionospheric parameters. However, automatic scaling may generate undesirable results that mis-represent the ionosphere drastically. To check the degree of mis-representation by an automatic scaling program, we scaled manually 35,136 ionograms in the entire year 2012 measured at Jeju (33.43° N, 126.30° E). We compare our manually scaled results with automatically scaled results that were obtained by ARTIST4 program (developed by Lowell University). For this comparison, we present foF2 and hmF2's from both methods. The comparison shows that average differences of foF2 and hmF2 between two methods are ~0.03 MHz (± 0.10) and ~4.68 km (± 9.76), respectively. Overall, 54% of autoscaled results differ significantly from manually scaled results. Therefore researchers should be warned about the quality of autoscaled parameters by ARTIST 4, and manually scaled parameters if available are recommended for any serious applications.

[P-74] Observational Evidence for Origin of Three-minute Oscillations in the Sunspot

Kyuhyoun Cho, Jongchul Chae

Seoul National University

The 3 minute oscillations are easily observed phenomena in sunspot chromosphere. We investigated characteristics of 3 minute velocity oscillations and estimated the locations of their origins. The 3 minute velocity oscillations were examined in the upper photosphere and the temperature minimum region of the sunspot umbra with the Ni I 5436 Å, and Fe I 5435 Å spectral lines taken by the Fast Imaging Solar Spectrograph of the 1.6 m Goode Solar Telescope at the Big Bear Solar Observatory. Using the wavelet analysis, the power of 3 minute oscillations was calculated at each height and the phase difference of velocities. As a result, we found well-defined 6 acoustic events that transport wave energy upward near the umbral-penumbral boundary. Their FWHM size ranges from 812 - 2900 km, lifetime from 304 - 469 seconds, and total energy from 0.81 - 1.98 $\times 10^{24}$ erg. Moreover, the sources of events were 136 - 2124 Mm deep beneath the photosphere. Considering their positions, depths and recent sunspot simulation result, we conclude that the magnetoconvective motion under the umbral-penumbral boundary may generate the 3 minute oscillations.

■ 태양계 및 우주탐사

[P-75] 우주 극한 환경에서의 달 표면 탐사 시스템의 상위 수준 시스템 설계 및 시스템 아키텍처 연구

김연규, 이주희, 이종원

한국항공우주연구원 융합기술연구센터 항공우주응용재료팀

본 연구에서는 달과 같은 우주 극한 환경(극저온/고온, 고진공, 우주방사선 등)에서 달 표면 탐사를 위한 로버(Rover) 시스템의 서브시스템(전력시스템, 주행시스템, 통신시스템, GNC 시스템, 열제어시스템, 메인제어시스템, 탑재체 등)간의 전력과 무게 및 주행 성능 등을 분석하기 위한 상위 수준의 시스템 설계를 수행하였다. 이와 더불어 이 연구는 향후 달 표면 탐사 임무에 따른 로버 시스템 최적화 연구를

위한 설계 파라미터 값을 도출하고 이를 임무 및 로버 시스템 최적화에 적용하고자 하였다. 현재까지 달 탐사 무인로버는 Lunokhod(구소련), Yutu(중국)가 있었고 향후에는 Chandrayaan2(인도), 일본 등에서 로버를 이용한 탐사 임무를 수행할 계획에 있고, 화성탐사에서는 Sojourner, MER, Curiosity(미국)가 임무를 수행하였다. 서브 시스템의 모델링을 수행함에 있어서 지금까지 임무 수행한 로버의 사양과 재원 뿐만 아니라 최신 기술/시스템 사양 등을 적용하였다. 본 연구는 향후 로버를 활용한 달 표면 탐사의 임무를 기획하고 설계하는 단계에서 주어진 재원 내에 최적의 임무와 로버 성능을 도출하는데 활용할 것이다.

[P-76] KPLO/PolCam 임무 분석에 따른 달 모의표토 편광 실험

김일훈¹, 김성수², 심채경², 백길호², 정민섭³, 최영준³

¹경희대학교 우주과학과, ²경희대학교 우주탐사학과, ³한국천문연구원

한국형 달탐사 시험용 궤도선(KPLO)에 탑재 될 광시야 편광 카메라(PolCam)의 임무 분석을 통해 PolCam이 달 궤도에서 가질 수 있는 모든 위상각을 계산하였다. 이후 실험실에서의 편광실험을 통해 각각의 위상각에서 on-plane과 off-plane의 편광도를 비교·분석 하였고, 편광도는 위상각에 따라 달라진다는 것을 확인하였다.

On-plane은 달 표면으로 입사하는 태양 빛이 형성하는 입사평면(plane of incidence)과 달 표면에서 관측자에게 반사되는 빛이 형성하는 반사평면(plane of reflectance)이 이루는 각이 0도(또는 180도)인 것을 말한다. On-plane일 때 위상각은 입사각과 반사각의 합과 같으며, 지상에서 달을 관측하는 경우는 on-plane 인 경우가 된다. Off-plane은 입사평면과 반사평면이 이루는 각이 0도보다 크거나 180도 보다 작은 경우를 말하며, PolCam의 경우는 달 궤도에서 관측을 수행하기 때문에 off-plane 관측에 해당하게 된다.

[P-77] 달 탐사 과학자로 공개를 위한 KPDS의 개발개요

김주현

한국항공우주연구원 달탐사항행운영팀

시험용 달 궤도선 KPLO(Korea Pathfinder Lunar Orbiter)에는 국내 연구기관과 대학에서 개발한 고해상도카메라, 감마선분광기, 광시야 편광카메라, 자기장측정기와 미국 국립항공우주국(NASA)의 지원을 받아 미국 내 대학에서 개발중인 극 지역 음영 촬영 카메라가 각각의 임무를 수행하기 위하여 탑재될 예정이다. 이들 과학장비가 획득한 과학자료는 많은 연구자들에 의해서 가급적 높은 연구성과를 낼 수 있도록 과학자료 관리 및 저장계획에 따라 일반에게 공개될 것이다. 이들 공개되는 과학자료는 세계 각국의 연구자들이 처리와 연구에 상호 호환성을 갖고 다양한 우주탐사 과학임무에 대응할 수 있도록 개발하고 있다. 이를 위하여 NASA에서 개발하여 많은 우주탐사 선진국에서 표준으로 사용하는 PDS4(Planetary Data System 4)의 표준을 준수할 수 있도록 개발되고 있다. 이와 같이 KPLO의 과학자료를 호환성 높은 자료로써 관리, 저장, 사용할 수 있도록 PDS4 표준의 검증과 일반 공개를 위한 검색서비스를 제공하기 위해서 NASA의 PDS(Planetary Data System),

ESA(European Space Agency) 등을 벤치마킹하여 한국 항공우주연구원에서는 KPDS(KARI Planetary Data System)라는 이름으로 우주탐사 과학자료 관리 및 공개를 위한 시스템을 개발하고 있다. KPDS는 KPLO 뿐만아니라 향후 미래에 수행될 우주탐사 과학임무에서 획득되는 과학 자료도 동일한 목적과 방법으로 관리하고 공개할 수 있도록 개발되고 있다. 본 논문에서는 KPDS의 주요 역할인 과학자료의 공개와 PDS4 표준을 검증하기 위한 과정과 과학자료의 관리 및 검색기능에 대한 현재까지의 설계와 주요 세부 기능에 대해서 기술하고 있다.

[P-78] The Science Data Management and Archive Plan for Korea Pathfinder Lunar Orbiter

Joo Hyeon Kim

Korea Aerospace Research Institute

The Science Data Management and Archive Plan (SDMAP) for the Korea Pathfinder Lunar Orbiter(KPLO) describes the roles and responsibilities of the KPLO Science Data Management Subsystem (SDMS) including the KARI Planetary Data System (KPDS), including the relationships between the subsystem and the related entities of KPLO Deep-space Ground System (KDGS) and science instrument developers, with regard to measurement and support data flow. The SDMAP describes the relationship of the KPLO Deep-space Ground System (KDGS) to the SDMS and to Korean domestic science instrument developers. It addresses measurement and support data flow between the KDGS, SDMS, KPDS and External data providers and External users. It does NOT address the technical means by which the data flows, data management within the SDMS which are documented in their individual Science Instrument Data Management Plan, nor data flow from the flight instruments to other elements of the KPLO ground system.

[P-79] Contingency Trajectory Design For a Failure of the First Lunar Orbit Insertion Maneuver

Jonghee Bae, Young-Joo Song, Young-Rok Kim, and Bangeop Kim

Korea Aerospace Research Institute

In this study, the contingency trajectory is investigated to prepare a failure of the first lunar orbit insertion (LOI) maneuver of the lunar orbiter. There are critical maneuvers to fly to the Moon, which are the trans-lunar injection (TLI), the midcourse correction (MCC), and the LOI maneuvers. Among them, the first LOI maneuver is the most important for the lunar mission. In the cis-lunar trajectory, the lunar orbiter has a chance to compensate a failure of the maneuver including the MCC maneuver before arriving at the Moon. However, if the lunar orbiter does not execute the desired first LOI maneuver due to the failure of the propulsion system, the delayed burn, and so on, it cannot insert into the planned lunar orbit. Compared to other maneuvers, moreover, the delta-V of the LOI maneuver is significantly large using the on-board propulsion system of the lunar orbiter. Then, the small delta-V error of the LOI maneuver will occur the huge deviation from the desired trajectory. In the worst case, we can miss the lunar orbiter after the first LOI maneuver. Therefore, it is necessary to prepare the

contingency trajectory considering the failure of the first LOI maneuver. In this study, the contingency trajectory is designed according to the burn epoch after the first LOI maneuver with the failure of the propulsion system of the lunar orbiter. When the main thruster partially performs at the first LOI maneuver, the delta-V of the recovery maneuver is calculated at the variable burn epoch from 1 to 30 days after the first LOI maneuver. This result and analysis provide the trend of the recovery maneuver delta-V according to the burn epoch for the contingency trajectory design.

[P-80] Functional Differences of Flight Dynamics Subsystem: the Earth vs Moon Mission

Young-Joo Song, Young-Rok Kim, Jonghee Bae, Bang-Yeop Kim

Korea Aerospace Research Institute

For the successful flight operation of the Korea Pathfinder Lunar Orbiter (KPLO) mission, planned to be launched in 2020, Flight Dynamics Subsystem (FDS) for KPLO mission is now under development by Korea Aerospace Research Institute (KARI). KARI has been successfully launched more than 10 earth satellites, including Low Earth Orbit (LEO) and Geostationary Orbit (GEO), and successfully operated FDS for each satellites. Although KARI has both the FDS development and operation heritages on LEO and GEO missions, preparing successful operation of KPLO FDS still has challenging aspects. In this work, main functionalities of KPLO FDS is firstly introduced and the functional differences of FDS between the Earth (LEO & GEO) and the KPLO mission is compared. There are several functional modules nested inside of the KPLO FDS to cover different functional roles, including system management, maneuver planning, orbit determination, fuel accounting, etc. Every new functions implemented into each module of KPLO FDS is also listed in detail, which were not covered by the FDS for the Earth mission.

[P-81] 해외 달 탐사 후보지역 정보 DB화 및 분석

이주희, 김연규¹, 이종원¹, 류동영

한국항공우주연구원 항공우주응용재료팀, ²한국항공우주연구원 달탐사선행임무팀

착륙선과 로버를 활용한 달 표면 착륙 탐사연구를 위한 착륙지역 선정은 탐사 임무의 성격과 목표를 정하는데 있어 매우 중요하다. 착륙지역 선정은 달 표면의 특성뿐만 아니라 착륙선의 기술적 접근 가능성과도 연결되어 있다. 본 연구에서는 해외에서 지금까지 수행된 달 탐사 지역 및 연구를 통해 제시한 다양한 후보지역 자료를 데이터베이스(DB)화하고 각 지역의 과학적 특성을 분석해 보았다. 아직 시기적으로 이른 감이 있다고 생각할 수도 있지만 착륙지역 선정 연구에 상당한 시간이 소요되는 점을 감안한다면 지금부터 다양한 지역에 대한 세부적인 연구 분석을 시작해야 할 것이다. 본 연구를 통해 향후 달 탐사 2단계를 통해 추진하게 될 착륙지역 선정에 기여하고자 착륙 후보지역 선정에 참고할 수 있는 내용을 정리 분석하고 소개하고자 한다.

[P-82] How to Prepare Lunar Images for Training Convolutional Neural Network based

Detector

Hoonhee Lee

Korea Aerospace Research Institute

KARI is developing Korea's first lunar probe, KPLO(Korea Lunar Pathfinder Orbiter). The lunar images acquired on this probe will be useful for future missions such as moon landing. In order to detect the current direction and risk quickly through image processing, a method that can be utilized by using a high performance frame such as CNN (Convolutional Neural Network) is being studied. Such a CNN-based image processor can be used for recognition of a reference point for navigation and various applications in an image. This paper introduces the preparation for CNN training using artificial images in the lunar environment, which is different from the earth and lacks images captured under various conditions.

[P-83] Hydroxyl distribution with the solar incident angle on the surface of Martian moon, Phobos

Eunjin Cho^{1,2}, Mingyeong Lee^{1,2}, Young-Jun Choi^{1,2}

University of Science and Technology

Korea Astronomy and Space Science Institute

It is important to study the properties of the implantation on the objects closed to the sun because one of the supposed origins of hydroxyl is the implantation of protons by the solar wind. Although it was thought that the surface temperature of the inner solar system objects is too high to hold water, it is revealed that the Earth's moon and some near-earth object possess some hydroxyl and/or water (Pieters et al., 2009; Wigton, 2015). For this reason, we investigated the relationship between solar irradiation and the absorption feature of hydroxyl in order to recognize whether the hydroxyl could be formed on the surface of inner solar system object, in particular on C-type asteroids. We selected a Martian moon, Phobos instead of C-type asteroids because its spectral characteristics are similar to C- or D-type or T-type asteroid (Murchie and Erard, 1996; Rivkin et al., 2002; Fraeman et al., 2012; Fraeman et al., 2014). We derived the correlation of the solar incident angle with the amount of hydroxyl of Phobos with NAIF/SPICE toolkit for Mars Reconnaissance Orbiter (MRO), the shape model from Mars Express mission, and the spectral data obtained from Compact Reconnaissance Imaging Spectrometer for Mars (CRISM) of MRO. We will present the result of the correlation between the solar incidence angle and the absorption feature of hydroxyl/water. If the hydroxyl is formed by solar wind, the results have a correlation. Otherwise, there may be another factor which affects the origin and the distribution of hydroxyl of the inner solar system object.

■ 기 타

[P-84] 인공위성 형상관리를 위한 형상통제에 관한 연구

강 철

한국항공우주연구원

형상 기준 및 식별이 승인 된 후 형상변경의 필요성에 따라 이에 대한 승인 기각 및 승인 된 변경사항의 이행 등의 형상관리 활동을 형상 통제라 한다. 형상통제는 형상변경통제, 형상항목 추적통제 및 버전통제 등의 활동으로 구분되어 질 수 있다. 형상변경통제를 위해 형상항목의 등급 정의, 형상 관리위원회 구성 및, 형상변경절차가 수립 되어야 한다. 다 목적실용위성과 정지궤도복합위성 개발에서 정의된 내용을 기준으로 위성형상통제에 대하여 알아보고, 새로운 위성개발에 적용해야 할 형상통제 방법을 제시하고자 한다.

[P-85] 저궤도 위성용 전력용 전기지상지원장비(PCTS & SAS) 기술 소개 및 현황

방수완, 채동철, 허윤구, 조승원

한국항공우주연구원

현재 한국항공우주연구원에서 개발 중인 다수의 위성 사업에서 발사 이전에 지상에서 위성체 총조립 및 시험(AIT - Assembly, Integration & Test) 단계에서 이용되는 PCTS(Power Control Test Set) & SAS(Sola Array Simulator)는 시험 중 위성에 전력을 공급하고 나아가 발사 환경에서도 위성의 최초 전력을 공급하는 장비이다. 이러한 EGSE(Electrical Ground Support Equipment)는 크게 위성과의 Command와 Telemetry를 처리 하고 User Interface를 제공 해주는 ITOS(Integrated Test of System), 기저대역과 S-BAND RF link를 통해 시험/검증하는 BBTS(Baseband Test Set)&RFTS(Radio Frequency Test Set), 끝으로 위성 전력 공급 및 발사환경을 제공하는 하는 PCTS& SAS가 있다. 이 중 PCTS는 PLTS(Power & Load Test Set)와 CMTS(Control & Monitoring Test Set)로 나뉘는데 PLTS는 위성전력 공급과 위성 신호의 모니터링에 쓰이고 CMTS는 위성 발사환경에서 쓰이는 장비로 CMTS를 활용하여 실제 발사 환경 시험을 수행하고 또 실제 발사환경에서 발사체와의 인터페이스를 제공하며 발사전 위성의 전력을 공급하기 위해 사용되게 된다. 또 SAS는 위성의 태양전지판의 전력 공급을 모사하여 우주환경에서의 시험을 모사하기 위해 사용된다. 본 논문에는 이러한 PCTS & SAS의 간략한 구조 및 방법에 대해서 간략히 제시한다.

[P-86] 우주극한환경용 국산 복합재의 온도별 인장 특성

신재성, 윤용식, 최익현

한국항공우주연구원(KARI) 항공우주응용재료팀

경량화가 중요한 항공우주분야에서는 복합재가 널리 사용되고 있다. 하지만, 복합재료의 활용범위가 인공위성 및 탐사선과 같이 우주환경에 사용될 구조물로 확대되고 있는 현상 때문에 복합재료의 물성 개선이 요구되며, 나아가 우주 환경이 복합재에 미치는 영향에 대한 연구가 수행되어야 한다. 따라서, 본 연구에서는 우주 극한 환경 요소 중 하나인 극심한 온도 환경(-120℃~120℃)이 국산 복합재에 미치는 인장 물성에 대해서 연구를 수행하였고, 현재 우주환경용 재료로 널리 사용되는 T800급 복합재와 비교를 해봄으로써 물성 개선 방향에 대해서 고찰해보았다.

[P-87] Study of parallel propagating electromagnetic waves in degenerate magnetized electron plasmas

Chang-Ho Woo, Kyoung-Wook Min¹, Min ho Woo, Cheongrim Choi

Department of Physics, KAIST, Daejeon, Korea
National Fusion Research Institute, Daejeon, Korea
Chungbuk National University

In the present paper, we focus on the quantum effect on the waves in degenerate magnetized plasmas. For unmagnetized plasmas, it is shown that Langmuir wave propagates even in zero thermal temperature. Electromagnetic wave is also influenced by the quantum effect but the effect is very small compared to the electrostatic wave because of its high frequency. For magnetized plasmas, the lower branch of L wave appears since the cutoff shift occurs in quantum plasmas. On the other hand, it is shown that the lower branch of R wave, which is called whistler branch in classical plasmas, becomes losing its whistle property in degenerate plasmas.

■ 태양계탐사 연합세션

[연1-P01] Excitation Processes of the CH₄ Aurorae of Jupiter and Saturn

Sang Joon Kim

School of Space Research, Kyung Hee University, Korea

Recently, an analysis of 3-micron spectra of CH₄ line emission from our Gemini/GNIRS observations of Jupiter's polar regions yielded an unexpected result: The homopause (~1 microbar pressure level) located directly above the long-lasting 8-micron CH₄ north-polar hot spot (Great 8-micron Hot Spot: GHS) is cool compared with the temperatures of nearby auroral regions (Kim et al. 2017). Most of the 8-micron emission of the GHS originates from CH₄ at the ~1 mbar level (i.e., deeper in the stratosphere, where cooling time is several years), much longer than at the altitude of the homopause. We propose a mechanism to explain the temperature difference: locally-fixed and transient, but energetic auroral particles, which can penetrate to the 1 mbar level and deposit energy there creating and maintaining the GHS. For Saturn, thus far we have not detected distinctive 8-micron nor 3-micron CH₄ hot spots in the polar regions. We will present a possible implication for this difference between Jupiter and Saturn.

[연1-P02] Experimental Apparatus for Opposition Effect at Seoul National University

Yoonsoo P. Bach, Masateru Ishiguro, and Jin-Guk Seo

Department of Astronomy and Physics, Seoul National University (서울대학교), Seoul, South Korea

The Opposition Effect (OE) is an enhancement of the brightness of a reflecting light as the phase angle (the Sun-target-observer angle) approaches zero. The mechanisms have been studied both theoretically and experimentally and nowadays recognized that there are

two major mechanisms, namely, coherent backscattering OE (CBOE) and shadow hiding OE (SHOE). From data analyses of an S-type asteroid Itokawa taken with the Hayabusa spacecraft onboard camera, it is suggested that the CBOE would be dominant at phase angle smaller than ~ 1.4 deg, while SHOE dominates at larger phase angles (M. Lee & M. Ishiguro, under review). The study on the physical parameters which affect the OE, such as size and composition, will lead us to find a way to disentangle each of them from observation. The experiments in lab, however, faces two major difficulties: (a) the detector blocks the incident light if phase angle is nearly zero and (b) incident and emission angles must be controlled with high angular resolution to prevent blurring of OEs at different phase angles in one measurement. In this presentation, we introduce a new apparatus which has been installed at Seoul National University to investigate the OE in our lab, and summarize the initial results. It will be a valuable starting point to establish infrastructure in Korea, and will shed light on the investigation of OE physics using laboratory simulants.

[연1-P03] Simulations of the Lunar Exosphere: Effects of Multiple Sodium Sources on Coma and Tail

Dong Wook Lee and Sang Joon Kim

School of Space Research, Kyung Hee University, Korea

Since there are two-different observational constraints for the lunar exosphere data, it is interesting to find the best exospheric model that can account for the observed characteristics of the lunar coma and tail simultaneously (Lee & Kim, 2017). The characteristics of the lunar exosphere can be constrained by comparing simulated models with observational data of the coma and tail. In this work, considering effects of triple sodium sources (two dayside sources: a low- and a high-velocity component; and an isotropic source component), we present time-dependent simulations showing initial conditions around the lunar coma and the final stage of the lunar tail. Based on an updated 3-D lunar exosphere model (Lee & Kim, 2017), we are presenting the simulated images of the lunar sodium coma and its correlation with lunar tail's physical parameters.

[연1-P04] Terrain surveying for gully in Svalbard using UAV and comparison with Mars

Jaeyong LEE¹, Takashi OGUCHI²

¹ Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo,

² Center for Spatial Information Science, The University of Tokyo

북극 스발바르의 사면 지형에는 걸리가 발달되어 있다. 이러한 걸리는, 그 성인에는 여러 의견이 있으나, 화성에도 중고위도를 중심으로 다수 분포한다. 화성의 걸리는 2000 년대에 들어 비로소 본격적으로 규명되고 있으나, 지형적 특성으로 인한 탐사의 한계로 지구에 분포하는 유사 지형을 통한 비교 연구가 일반적이다 (Costard, et al. 2007 등).

이 연구에서는 스발바르의 주도 롱이어비엔에서 UAV를 이용하여 획득한 DEM으로 스발바르 걸리를 측량하고, 이를 화성 중위도의 테라 사이메리아, 테라 시레넴, 노아키스 테라에 분포하는 걸리와 비교하였다. Longyearbreen 빙하 전방에 위치한 사면을 UAV로 촬영하고, 이를

SfM-MVS(Structure from Motion & MultiView Stereo) 기법으로 3차원 점군 모델과 고해상도 DEM을 제작하여 분석하였다. 화성의 경우 MRO 궤도탐사선이 촬영한 HiRise DTM을 이용하여 분석하였다. 두 걸리는 기후와 지질 조건에 차이가 있음에도 불구하고 유사한 패턴을 보였다. 특히 테라 사이메리아에 위치한 걸리와 퉁이어비엔 북사면의 걸리는 기준거리, 단면적, 폭, 경사, 제방 두께 등에서 상당한 정량적 유사관계가 있었다. 이는 두 행성의 걸리가 유사한 성인 및 형성 프로세스를 거쳤을 가능성을 시사한다.

측량 기법과 UAV의 안정성을 개선시키면 지형 모델의 품질 향상 및 극지에서의 UAV 운용이 용이해질 것으로 기대된다. 또한 스발바르의 기후 요소 및 물리량 적용은 향후 화성 지형연구에도 응용할 수 있을 것으로 사료된다.

[연1-P05] Impact deformation of Feldspar in Achondrite: NWA 2727, NWA 3117, NWA 856 Meteorite

Jaeyong LEE¹, Timothy J. FAGAN

*Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo,
Dept. of Earth Sciences, Waseda University*

We investigated shock history of three achondrite meteorites: NWA 3117, a howardite from asteroid Vesta, NWA 2727, a breccia from the Moon, and NWA 856, a shergottite from Mars. Shock histories were evaluated from deformation of plagioclase feldspars. Feldspar grains were classified based on observations in cross-polarized light as undulatory, mosaic, mosaic-recrystallized or maskelynite. This sequence represents increasing deformation of original feldspar crystals. Undulatory crystals have wavy extinction, mosaic crystals have patchy extinction, and mosaic-recrystallized grains appear as if they were originally coarse-grained and have recrystallized to mosaics of small equant crystals. Maskelynite grains are isotropic, indicating transformation to glass. Based on feldspar deformation, the degrees of impact processing are NWA 856 > NWA 3117 > NWA 2727. The high deformation of NWA 856 is expected because this sample is from Mars, which is a large parent body and requires a powerful impact to accelerate a rock to escape velocity. In contrast, the parent body of NWA 3117 (Vesta) is smaller than that of NWA 2727 (the Moon), yet NWA 3117 appears more highly deformed than NWA 2727. One possible explanation is that NWA 2727 is from a relatively young part of the Moon, which has not been exposed to impacts as long as the surface of Vesta.

[연합1-6] Regional Variations in Spectra of (25143) Itokawa taken with Hayabusa/AMICA

Sunho Jin, Masateru Ishiguro

Seoul National University

The Hayabusa remote-sensing images of near-Earth asteroid (25143) Itokawa exhibited large diversity in spectral properties. The evidence suggests a various degrees of space weathering on the surface. It is known that the space weathering changes the spectra of S-type asteroids redder and reduces the depths of absorption around 1 μ m. It is therefore possible to determine the surface ages through the investigation of the degree of space weathering. It is, however, reported that the

scattered light components severely degrade the Asteroid Multiband Imaging Camera (AMICA) images, especially at the wavelengths >0.86 μ m. Our team came up with a technique for subtracting the scattered light components (Ishiguro 2014). Here, we upgraded the technique by applying simplex algorithm to correct the artifacts for all AMICA bands. This new technique enables to apply for the longest channel (i.e., zs-band at 1.01 μ m) images, which was not studied so far. With the AMICA all bands data, we estimated the surface ages at the different location to be 0.6-2 Myr. Based on this data together with the geological information (e.g. gravitational potentials and local), we will discuss about the evolution of surface materials on the asteroid.

Vol.27 No.1

The Proceedings of The Korean Space Science Society 2018 Spring Meeting

Editor in Chief

Yu Yi (Chungnam National University)

Editorial Staff

Mi-Hee Ko (KSSS)

May 9-11, 2018

차 례

The signs of accretion from interstellar medium in the atmospheres of F-M stars	70
우주물체감시센서 시뮬레이터 개발 개념 및 체계 설계	77

F-M형 항성대기에 나타나는 성간 물질로부터의 강착 흔적

¹Alexander Yushchenko, ²정연철, ³Dmitry Doikov, ⁴Svetlana Vasil'eva,

¹유진희†, ¹이은석, ¹이현영

¹아스트로캠프 콘텐츠연구소, 고양, 10329, 대한민국

²세종대학교 대양휴머니티 칼리지, 서울, 05006, 대한민국

³Odessa National Maritime University, 65001, Odessa, Ukraine

⁴Astronomical observatory, Odessa National University named I.I. Mechnikov, Odessa, 65014, Ukraine

† 연세대학교 천문우주학과, 서울, 03722, 대한민국

The signs of accretion from interstellar medium in the atmospheres of F-M stars

¹Alexander Yushchenko, ²Yeuncheol Jeong, ³Dmitry Doikov, ⁴Svetlana Vasil'eva,

¹Jinhee Yu†, ¹Eunseok Lee, ¹Hyunyoung Lee

¹Astrocamp Contents Research Institute, Goyang, 10329, Korea

²Daeyang Humanity College, Sejong University, Seoul, 05006, Korea

Odessa National Maritime University, 65001, Odessa, Ukraine

Astronomical observatory, Odessa National University named I.I. Mechnikov, Odessa, 65014, Ukraine

† Department of Astronomy, Yonsei University, Seoul, 03722, Korea

요약

1천여 개 이상의 F-M형 항성에 대한 연구에서 알려진 원소들의 성분분포 패턴을 활용하여, 화학원소들의 상대적 분포비율이 그 원소들의 2차 이온화 에너지에 관련됨을 조사하였다. 이로부터, 유효온도 3,800K와 7,700K 사이에서, 원소들의 상대분포비율과 그 원소들의 2차 이온화 에너지간의 상관관계들이 얻어졌다. 이런 상관관계들에 대한 한가지 가능한 설명은 주변 성간 물질로부터 항성대기 속으로 수소나 헬륨 원자가 강착되었다는 것이다.

Abstract

The dependencies of relative abundances of chemical elements on the second ionization potentials of these elements were investigated using the stellar abundance patterns published for more than one thousand F-M giant stars. The correlations between the relative abundances of chemical elements and their second ionization potentials are found for stars with effective temperatures between 3,800 and 7,700 K. One of the possible explanations of these correlations can be the accretion of hydrogen and helium from interstellar medium to stellar atmospheres.

Keywords: accretion, circumstellar matter, stellar abundances, stars chemically peculiar

1. Introduction

In accordance with the stellar evolution theory (Burbidge et al. 1957) chemical elements with

atomic numbers $Z > 30$ were synthesized mostly in rapid and slow nuclear processes (r- & s-processes) in stars. The slow process takes place in the interiors of red giant stars at the last stages of their evolution. The astrophysical sites for r-process are still under discussion. The most reliable places are supernova explosions and similar quick high-energy events.

But later it was realized that only internal physical processes in stars are not able to explain the variety of observed abundance patterns, especially for B-F type stars. Many types of stars with non-solar chemical composition were discovered in the second half of the former century.

One of the first attempts to explain the surface abundances in stars with radiative atmospheres was the theory of radiative diffusion (Michaud 1970). It is also necessary to point the explanation of δ Boo type stars by accretion and radiative pressure in the gas / dust envelope (Venn & Lambert 1990, 2003). It was proposed that the accretion from interstellar and circumstellar environment should strongly influence the observed surface abundances. As an example it is possible to mention that Fowler et al. (1965) and Proffitt & Michaud (1989) pointed the importance of mass transfer from evolved binary companions; Drobyshchevski (1975) and Cowley (1977) - the accretion of asteroids and planets. But the accretion of hydrogen and helium on the surfaces of normal stars is still under investigation.

Yushchenko et al. (2015) investigated the possible signs of accretion of interstellar hydrogen and helium on the atmospheres of ρ Pup (δ Sct type star) and several hundred other B-F type stars. Note that the possibility of this type accretion was discussed earlier by Greenstein (1949), Havnes (1971), and Bohm-Vitense (2006).

Greenstein (1949) found that the relative abundances of chemical elements in the atmospheres of stars with radiative atmospheres and the second ionization potentials of these chemical elements are dependent. The lowest relative abundances were observed for the chemical elements with second ionization

potentials close to the ionization potential of hydrogen (13.6 eV).

Later Bohm-Vitense (2006) confirmed this result and found the decrease of relative abundances also for chemical elements with second ionization potentials close to the ionization potential of helium (24.6 eV).

It was explained as a result of charge-exchange reactions between the first ions in stellar atmospheres and hydrogen and helium nuclei. If these particles fall from interstellar medium it can be accelerated by stellar magnetic field. As a result part of the first ions with second ionization potentials close to 13.6 and 24.6 eV can leave the atmosphere of the star.

This mechanism was described by Havnes (1971) and Havnes & Conti (1971). In these publications it was found that the accretion of hydrogen from the interstellar medium can be the reason of braking the rotation of magnetic stars from several hundred kilometers per second to very low values. It was pointed that this mechanism is able to explain the low energy spectrum of galactic cosmic rays ($E < 200$ MeV/nucleon). The total energy of these cosmic rays is equal to the rotational energy of magnetic peculiar stars in the Galaxy.

2. Analysis of F-M type stars abundances

Here after we will use Luck (2015) survey of more than one thousand F, G and K type stars of luminosity class III in the Local region. We tried to repeat Yushchenko et al. (2015) investigation of B-F type stars in the region of lower temperatures.

Yushchenko et al. (2015) used the abundance patterns of B-F type stars published by Erspamer & North (2003) & Niemczura et al. (2009) to find the correlations between the relative abundances, projected rotational velocities and second ionization potentials. In the case of lower temperature stars it is difficult to select the proper broadening mechanism for spectral lines. It can be the rotation or the macroturbulence or the superposition of these effects. Only one of these scenarios was supposed to be valid in Luck (2015) stars. That is why here we should omit the

investigation of rotational velocities and will investigate only the dependencies between the relative abundances and the second ionization potentials.

Figures 1 & 2 show the dependencies of mean relative abundances of chemical elements as a function of second ionization potentials of these elements for twelve groups of stars with different effective temperatures. The figures are similar to Fig. 7 from Yushchenko et al. (2015) paper. In each panel of Figures 6 & 7 one can find the range of effective temperatures, the number of stars and the correlation coefficients calculated for mean relative abundances of chemical elements vs the second ionization potentials for two groups of elements. The first group includes the elements with second ionization potentials $12.5 \text{ eV} < \chi < 20 \text{ eV}$, the second one - $\chi > 20 \text{ eV}$.

The top and bottom panels of Fig. 3 show these correlation coefficients as a function of effective temperatures. The middle panel of this figure exhibits the ratios of radiative acceleration to total one at the bottom of atmosphere for Castelli & Kurucz (2003) grid of stellar atmosphere models.

The upper two panels can prove that for atmospheres with high radiative acceleration fraction (with respond to total one) the correlation of mean relative abundances vs second ionization potential is positive. It means that the effect of lower relative abundance of elements with second ionization potentials close to 13.6 eV, first described by Greenstein (1949), takes place in these atmospheres.

The stars with effective temperatures in the range from 5500 K to 7000 K have a low fraction of radiative acceleration in the total one. Convection plays important role in the energy transport in these stars and (maybe) forces the above described correlation coefficients to negative values. The stars with the highest effective temperatures, namely higher than 13000 K, show the correlations close to zero values. Maybe it can be explained by very various abundance patterns for stars with these effective temperatures.

The correlation coefficients of relative

abundances vs second ionization potentials for elements with the values of these potentials higher than 20 eV are mainly positive for all groups of stars except for the coolest groups. It can reflect the importance of accretion of interstellar helium on the atmospheres of these stars.

3. Conclusion

It is necessary to mention that the theory of hydrogen and helium accretion from interstellar medium was not developed in details. The observational results published by Bohm-Vitense (2006); Yushchenko et al. (2015) for groups of stars, by Kim et al. (2012); Kang et al. (2012, 2013) for individual stars and this investigation suppose that the accretion of interstellar gas can be important for stars in the wide range of effective temperatures.

Havnes (1971) and Havnes & Conti (1971) described the case of metallic line stars with strong magnetic fields. The detection of similar effects for other types of stars requires the existence of magnetic field to collect the interstellar gas from wide region around the star.

Recently Neiner et al. (2017) found the weak magnetic field for ρ Pup. It is necessary to investigate the stars of other types located in the solar vicinity, in other regions of the Galaxy and in other galaxies to confirm or to reject the importance of accretion of hydrogen and helium from interstellar medium to stellar atmospheres and to develop the theory of this effect.

References

- Burbidge EM, Burbidge GR, Fowler WA, Hoyle F, Synthesis of the Elements in Stars, Reviews of Modern Physics, vol. 29, Issue 4, pp. 547-650 (1957)
- Bohm-Vitense E, The Puzzle of the Metallic Line Stars, The Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 118, Issue 841, 419-435 (2006)
- Castelli F, Kurucz RL, New Grids of ATLAS9 Model Atmospheres, Modelling of Stellar Atmospheres, Poster Contributions. IAU

- Symp. 210, p.A20 (2003)
- Cowley CR, An examination of the planetesimal impact hypothesis of the formation of CP stars, *Astrophysics and Space Science*, 51, no. 2, 349-362 (1977)
- Drobyshevski EM, Peculiar A-stars and planetary systems, *Astrophysics and Space Science*, 35, 403-408 (1975)
- Erskamer D, North P, Automated spectroscopic abundances of A and F-type stars using echelle spectrographs. II. Abundances of 140 A-F stars from ELODIE, *Astronomy and Astrophysics*, v.398, p.1121-1135 (2003)
- Fowler W, Burbidge EM, Burbidge GR, Hoyle F, The Synthesis and Destruction of Elements in Peculiar Stars of Types A and B, *Astrophysical Journal*, 142, 423-450, (1965)
- Greenstein JL, Analysis of the Metallic-Line Stars. II. *Astrophysical Journal*, 109, 121-138 (1949)
- Havnes O, Magnetic stars as generators of cosmic rays, *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 13, p. 52 - 57 (1971)
- Havnes O, Conti PS, Magnetic accretion processes in peculiar A stars, *Astronomy and Astrophysics*, Vol. 14, p. 1-11 (1971)
- Kang YW, Yushchenko A, Hong K, Kim S, Yushchenko V, Chemical Composition of the Components of Eclipsing Binary Star ZZ Bootis, *The Astronomical Journal*, 144, A35 (2012)
- Kang YW, Yushchenko AV, Hong, K, Guinan EF, Gopka VF, Signs of Accretion in the Abundance Patterns of the Components of the RS CVn-type Eclipsing Binary Star LX Persei, *The Astronomical Journal*, Volume 145, Issue 6, A167 (2013)
- Kim C, Yushchenko AV, Kim SL, Jeon YB, Kim CH, Chemical Composition and Photometry of BE Lyncis, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, Volume 124, Issue 915, pp. 401 (2012)
- Luck RE, Abundances in the Local Region. I. G and K Giants, *The Astronomical Journal*, Volume 150, Issue 3, article id. 88, 23 pp. (2015)
- Neiner C, Wade GA, Sikora J, Discovery of a magnetic field in the δ Scuti F2m star ρ Pup, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters*, Volume 468, Issue 1, p. L46-L49 (2017)
- Niemczura E, Morel T, Aerts C, Abundance analysis of prime B-type targets for asteroseismology. II. B6-B9.5 stars in the field of view of the CoRoT satellite, *Astronomy and Astrophysics*, Volume 506, Issue 1, 2009, pp.213-233 (2003)
- Michaud G, Diffusion Processes in Peculiar A Stars, *Astrophysical Journal*, 160, 641-658 (1970)
- Proffitt CR, Michaud G. Abundance anomalies in A and B stars and the accretion of nuclear-processed material from supernovae and evolved giants. *The Astrophysical Journal*, 345, 998-1007 (1989)
- Venn KA, Lambert DL, The chemical composition of three Lambda Bootis stars, *The Astrophysical Journal*, 363, 234-244 (1990)
- Venn KA, Lambert DL, Could the Ultra-Metal-Poor Stars be Chemically Peculiar and Not Related to the First Stars, *The Astrophysical Journal*, 677, 572-580 (2008)
- Yushchenko AV, Gopka VF, Kang YW, Kim C, Lee BC, et al., The Chemical Composition of ρ Puppis and the Signs of Accretion in the Atmospheres of B-F-Type Stars, *The Astronomical Journal*, 149, A59 (2015)

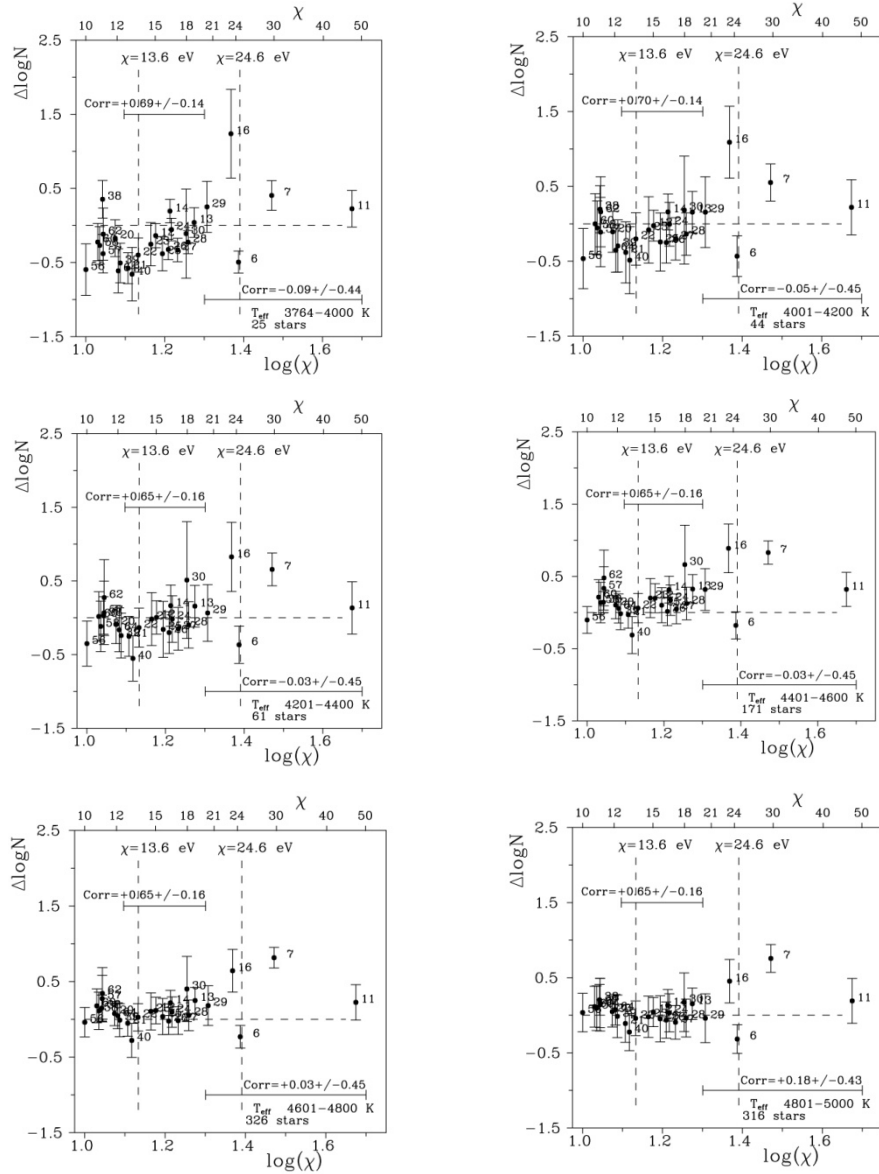


Fig. 1.— Plots of mean relative abundances of chemical elements as a function of second ionization potentials in the atmospheres of 943 stars from Luck (2015) paper with effective temperatures lower than 5000 K. The panels represent the groups of stars with different effective temperature. The range of temperatures and the number of stars in each group are pointed in the bottom right corners of the panels. The ionizations energies of hydrogen and helium are marked by vertical dotted lines. The atomic numbers of the elements are pointed out near the corresponding points. The correlation coefficients of mean relative abundances vs second ionization potentials are shown. These coefficients were calculated for chemical elements with second ionization potentials in the ranges $12.5 \text{ eV} < \chi < 20 \text{ eV}$ and $\chi > 20 \text{ eV}$. These ranges of χ are marked in the panels as well as the correlations coefficients.

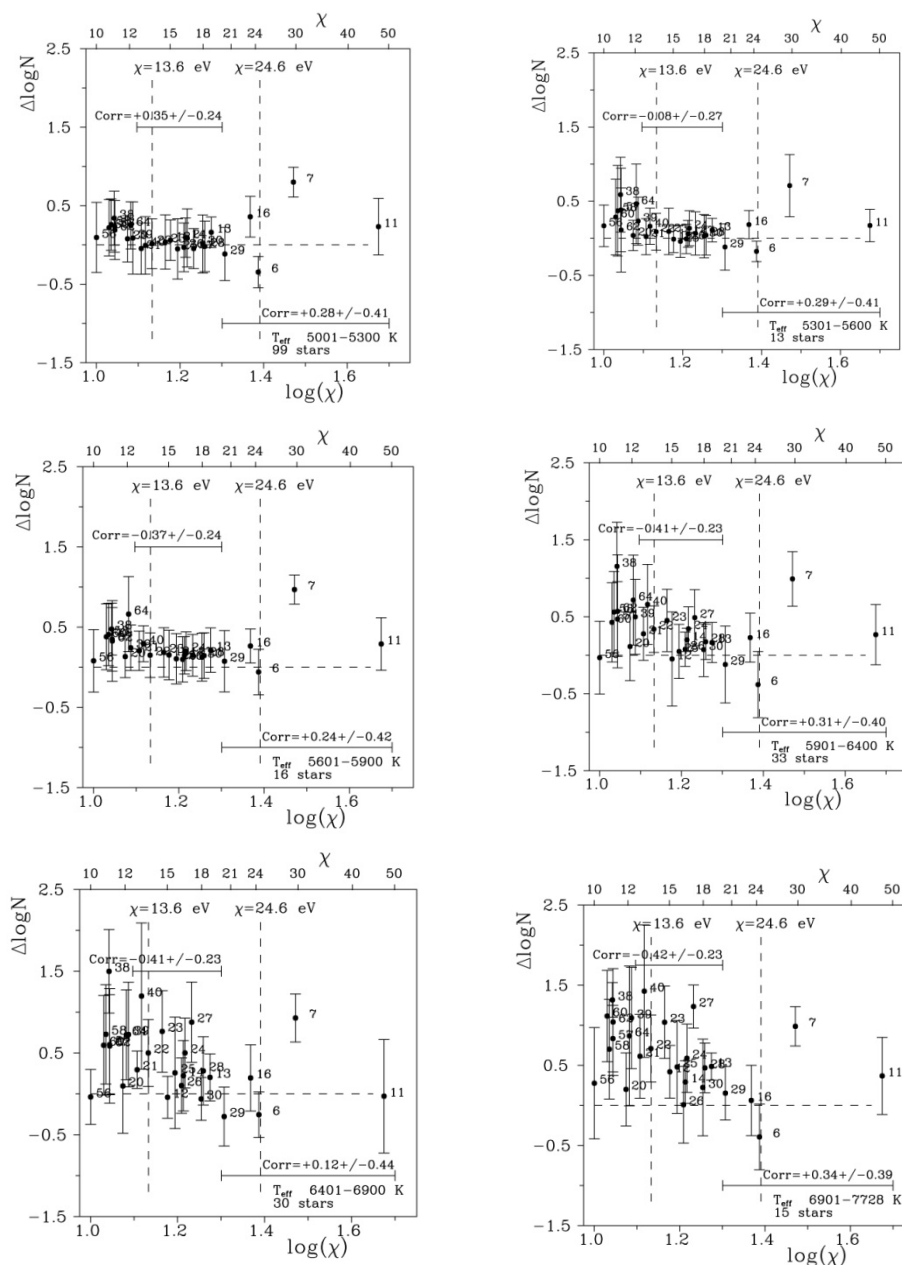


Fig. 2. Similar to previous figure, but for 206 stars from Luck (2015) paper with effective temperatures higher than 5000 K.

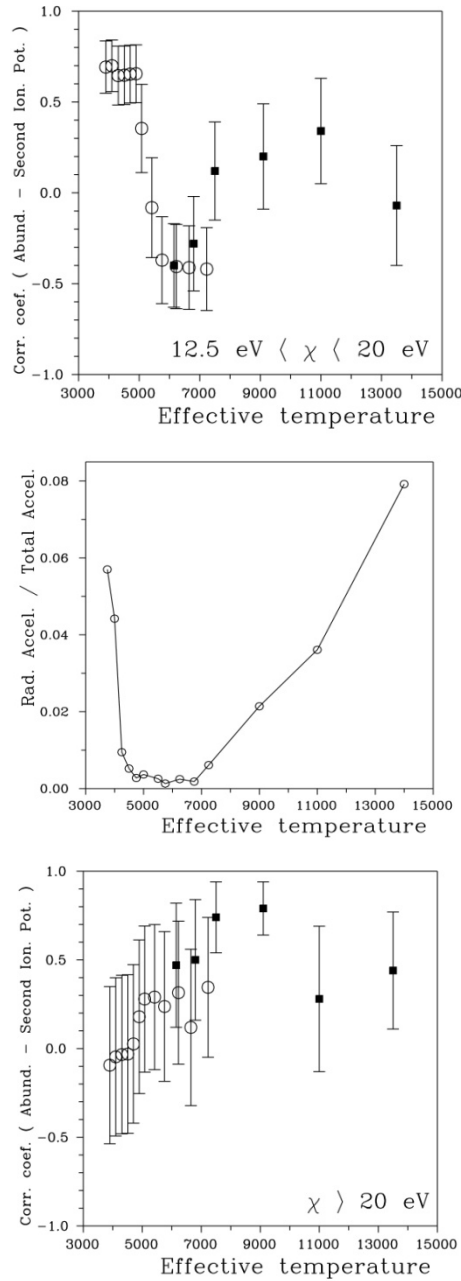


Fig. 3.— **Top panel.** Correlation coefficients of mean abundances vs second ionization potentials (χ) for chemical elements with $12.5 \text{ eV} < \chi < 20 \text{ eV}$ calculated for group of stars with different effective temperatures. Open circles – this paper. Dashed squares – Yushchenko et al. (2015). **Middle panel.** The ratios of radiative acceleration to total acceleration at the bottom of atmosphere for Castelli & Kurucz (2003) atmosphere models. The ratios were calculated for zero metallicity models with effective temperatures and surface gravities similar to those of the groups of stars at the top panel. **Bottom panel.** Similar to top panel but for chemical elements with $\chi > 20 \text{ eV}$.

우주물체감시센서 시뮬레이터 개발 개념 및 체계 설계

¹ 구원회, ^{1,2} 정대원†, ² 오태봉¹ 과학기술연합대학원대학교 ²한국항공연구원

Development Concept and System Design of Space Objects Surveillance Sensor Simulator

Wonho Ku, ^{1,2}Daewon Chung†, ²Taebong Oh¹Department of Aerospace System Engineering, Korea University of Science and Technology, Daejeon 34113 Korea²Korea Aerospace Research Institute, Daejeon, 34133, Korea

요약

한국항공우주연구원은 우주 잔해물 증가에 따른 우주 자산 충돌 및 파손 위험을 대비하기 위해 기관 주요사업으로서 우주물체감시센서 시뮬레이터 개발 사업을 2016년 7월부터 진행했다. 대규모 예산 투입이 예상되는 우주감시시스템 구축에 선행하여 레이더 체계 설계와 성능 분석을 수행하는 시뮬레이터의 개발이 본 사업의 목표이다. 시뮬레이터 개발을 위한 2차년도(2017년) 연구가 진행되었으며, 시뮬레이터 예비설계 및 상세설계를 수행하고 일부 모듈이 구현되었다. 본 논문에서는 시뮬레이터 개발을 위한 체계 설계, 동작 방식 구분, 시뮬레이터 시험 평가 방안 등에 대해서 소개하고자 한다. 2018년 하반기까지 우주물체감시센서 시뮬레이터 개발을 완료하고 시험 평가를 진행할 계획이다.

Abstract

KARI(Korea Aerospace Research Institute) has been developing 'Space Object Surveillance Sensor Simulator' which shall include functions to support space surveillance radar system design and performance assessment. We performed preliminary and detailed design during 2017. In this paper, we described system design of the simulator, operation mode configuration and performance assessment method. The result of the second year will be introduced to a implementation phase and final results will be verified until the second-half of 2018.

Keywords: Space Objects, Space Situational Awareness, Radar

1. 서론

세계 각국의 활발한 우주 진출 과정에서 발생한 수명이 다한 인공위성, 발사체 부산물, 위성 간 충돌로 인해 발생한 우주 파편 등의 우주 잔해물은 우주 공간에서 임무를 수행하는 우주 자산에 잠재적인 위협이 되고 있다. 우주 잔해물의 수는 꾸준히 증가하고 있으며, 이러한 위협으로부터 우주 자산을 보호하기 위해서 우주 상황 인식(SSA, Space Situational Awareness)은 필수적이다. 우주 선진국들은 우주상황인식을 위한 우주감시시스템을 구축하고, 관측한 물체의 정밀한 궤도 정보를 이용하여 상세한 충돌 위험 분석 및 회피 기동 계획을 수립하여 운영하고 있다. 우주물체 감시 및 추적을 위해 사용되는

센서는 관측을 하는 위치에 따라 지상기반 센서와 우주기반 센서로 나뉘며 센서의 종류에 따라 레이더와 광학시스템으로 나뉜다. 이중 지상기반 레이더는 지상에서 전파를 송신하여 물체에서 반사되어 오는 전파를 수신하여 지상의 레이더와 물체 간의 거리 및 각도 정보를 획득하는 시스템으로, 각도 정보만 얻을 수 있는 광학시스템에 비해 활용도가 높으며, 날씨의 영향을 받지 않고 주야간 등 관측 시기에 따른 제한을 받지 않는 장점이 있다.

한국항공우주연구원은 다수의 다목적실용위성 및 천리안 위성을 운영 중이지만 우주 파편의 정밀한 궤도 정보를 획득하기 위한 우주감시레이더는 전무하다. 본 논문에서는 대규모 예산 투입이 예상되는 우주물체감시

시스템 구축에 선행하여 한국항공우주연구원이 개발 중인 우주물체감시센서 시뮬레이터의 개발 개념, 체계 설계, 동작 방식 구성, 시험 평가 및 환경 구축 방안 등을 서술하였다.

2. 우주물체감시센서 시뮬레이터 개발 개념

2.1 시뮬레이터 개발 목적

우주물체감시센서 시뮬레이터의 개발 목적은 다음과 같다.

- 충돌 위험이 높은 우주물체가 증가하고 있는 상황에서 우주 자산의 운영을 위한 감시 역량 확보
- 우주물체 감시에 따른 우주 자산 충돌 위험 대응 역량 향상
- 전천후 주야간 충돌 위험 감시가 가능한 레이더 장비의 체계 설계 및 성능 분석 역량 확보

2.2 우주물체감시센서 주요 기능 및 제원

시뮬레이터를 통해 구현하려는 레이더의 구분과 각 레이더의 주요 기능 및 제원은 표1에서 정리했다.

표 1. 우주물체감시레이더 주요 기능 및 제원

	주요 기능 및 제원
정밀추적 레이더	-운영 주파수: X대역
	-안테나 구조: 대형 반사판 안테나 구조
	-운영 모드: 탐지, 추적, ISAR
	-탐지 성능: 직경 30 cm 원형 물체 @ 1500 km
	-탐지 거리 분해능: < 5m
	-탐지 각도 분해능: <0.01(deg)
광역감시 레이더	-ISAR 해상도: 0.1m
	-운영 주파수: L대역
	-안테나구조: 능동전자식위상배열, 전자식 빔조향
	-안테나 조향 범위: 방위각 ±60, 고각 20(deg)
	-운영 모드: 탐지, 추적
	-탐지 성능: 직경 30 cm 원형 물체 @ 2000 km
주요 기능	-탐지 거리 분해능: < 10m
	-광역 상시 감시
	-임무 계획 자동화
	-충돌 위험 분석 기능
	-해외 인공우주물체 카탈로그 연동
	-체계 성능 분석

3. 우주물체감시센서 시뮬레이터 체계 설계

우주감시센서 시뮬레이터 소프트웨어는 체계, 전시, 알고리즘 CSCI(Computer Software Configuration Item)으로 구성했다. 표 2에서 시뮬레이터를 구성하는 각 CSCI 기능을 정리했다.

표2. 시뮬레이터 CSCI 별 기능 소개

	기능
체계 CSCI	- 사용자가 GUI를 통해 시뮬레이션 제어 - TLE 등의 우주물체 정보 데이터베이스 관리 - 시뮬레이션 결과의 데이터 베이스 관리 - 체계 구성 요소 간 연동을 위한 통신 관리
전시 CSCI	- 결과 그래프 등의 2차원 전시 - 우주 환경 가시화를 위한 3차원 전시
알고리즘 CSCI	- 레이더 송수신 동작과 우주물체 신호 반사를 모사하여 레이더 수신 신호를 생성 - 레이더 수신 신호를 처리하여 상태벡터 생성 - 우주 물체의 궤도 결정 및 카탈로그 생성

3.1 체계 CSCI

시뮬레이터 체계 CSCI는 사용자 제어 CSC, 체계 통신 CSC, 데이터 관리 CSC로 구성하였다.

3.1.1 사용자 제어 CSC

사용자 CSC는 사용자의 시뮬레이터 제어와 시스템 체계관리를 위한 사용자 인증, 시뮬레이션 시나리오 관리, 우주물체 데이터베이스 관리 기능을 제공한다. 표 3은 사용자 CSC를 구성하는 CSU를 정의하고 기능을 소개했다.

표3. 사용자 CSC의 CSU 단위 기능

CSU	기능
사용자 인증	인증된 사용자만 사용할 수 있도록 로그인 및 로그아웃 기능을 제공한다. 인증 사용자를 등록 및 관리할 수 있도록 관리자 권한의 사용자 편집 기능도 제공한다.
시뮬레이션 시나리오	레이더 체계, 환경 및 시뮬레이션 엔진의 파라미터를 편집하는 기능을 제공한다.
시뮬레이션 통제	시뮬레이션의 재생, 일시 정지 등의 기능과 이를 위한 초기화 및 재시작 등의 기반 기능을 제공한다.
시스템 관리	체계 구성 장치들의 관리 및 모니터링 기능을 수행한다.
우주물체 관리	TLE 파일을 import/export 하고 우주물체 데이터를 편집하는 기능을 제공한다.
프로젝트 관리	프로젝트를 생성, 저장, 불러오기 등을 통해 프로젝트를 관리하는 기능을 제공한다.
결과 분석	충돌 위험 분석, 카탈로그 분석, 보고서 생성 등의 기능을 제공한다.

3.1.2 데이터 관리 CSC

시뮬레이터 소프트웨어의 데이터베이스를 관리하는 기능을 수행한다. 표 4에서 데이터 관리 CSC를 구성하는 각 CSU를 정의하고 기능을 정의했다.

표 4. 데이터 관리 CSC의 CSU 단위 기능

CSU	기능
통제 서버	사용자가 원격으로 체계 구성요소를 제어하는 기능을 제공한다.
통신 서버	체계 구성 요소 간 통신 기능을 제공한다.
관리 서버	통제 서버와 통신 서버에서 수집한 체계 구성 요소들의 정보 및 시뮬레이션 상태 정보 등을 통합하고 관리하는 기능을 제공한다.

3.1.3 체계 통신 CSC

시뮬레이터 내의 형상항목 간 통신 기능을 수행한다. 표 5에서 체계 통신 CSC를 구성하는 세부 CSU의 기능을 정리했다.

표 5. 체계 통신 CSC의 CSU 단위 기능

CSU	기능
DBMS	시뮬레이션을 위한 데이터를 효율적으로 관리할 수 있는 기능을 제공한다.
DB 편집	데이터베이스의 내용을 확인 및 편집하기 위한 기능을 제공한다.
DB 관리	데이터베이스의 복원 및 관리하기 위한 기능을 제공한다.

3.2 전시 CSCI

시뮬레이터 전시 CSCI는 레이더 기능 모사 및 우주물체 탐지 및 추적 성능을 사용자에게 효과적으로 제공하기 위하여 영상 및 그래프 등의 전시 기능을 수행한다. 기본적인 2차원 전시 기능과 우주 공간에서 레이더 운영 및 우주물체의 운동을 보다 상세하기 제시하기 위해 3차원 전시 기능을 제공한다. 그림 aa는 시뮬레이터 전시 CSCI의 계층도를 나타낸다. 전시 CSCI는 2차원 전시 CSC와 3차원 전시 CSC로 구성했다.

3.2.1 3차원 전시 CSC

체계 및 알고리즘 CSCI에서 수행한 연산 결과를 3차원으로 전시한다. 전시 설정을 통해 우주 물체, 레이더, 분석 결과 등의 출력 여부를 선택할 수 있다. 표 6에서 3차원 CSC를 구성하는 세부 CSU를 정의하고 각 기능을 소개했다.

표 6. 3차원 전시 CSC의 CSU 단위 기능

CSU	기능
전시 설정	보기 설정과 세부 설정으로 나뉜다. 보기 설정에서는 각 객체의 전시 여부를 결정한다. 세부 설정에서는 레이더 빔 우주 물체 등의 색상을 설정하는 기능을 제공한다.
우주물체 전시	특정 우주물체의 TLE를 SGP4 전 파기로 전파한 궤도를 출력한다.

레이더 전시	알고리즘 CSCI에서 모사한 레이더의 빔 정보를 전시한다.
분석 전시	체계 및 알고리즘 CSCI에서 전달 한 충돌 예상 정보 및 우주물체의 정보 등을 출력한다.
3D GIS 전시	지구중심 관성 좌표계를 기준으로 탐지된 우주물체를 전시한다.

표 7. 2차원 전시 CSC의 CSU 단위 기능

CSU	기능
영상 전시	- 레이더 수신 신호 처리 결과 및 ISAR 영상을 전시한다.
문자 기반 전시	- 레이더가 감지한 특정 우주물체의 관련 카탈로그를 출력한다.
그래프 전시	- 탐지된 우주 물체의 위치 좌표등을 그래프 형태로 출력한다.

3.2.2 2차원 전시 CSC

3차원 전시기에 표시하기 힘든 정보를 전시한다. 레이더 관측 결과, 추적한 우주 물체의 위치 정보 등을 영상, 문자, 그래프 등으로 표시한다. 표 7에서 2차원 전시 CSC를 구성하는 CSU의 기능을 정의했다.

3.3 알고리즘 CSCI

우주물체감시센서 시뮬레이터의 핵심 기능인 정밀 추적레이더/광역 감시 레이더 모델링을 수행하며, 레이더 신호처리를 통해 물체 탐지 및 추적 기능을 수행하는 등 향후 우주물체감시레이더 구축 시 성능 분석에 필요한 핵심 기술에 해당하는 중요한 기능을 수행한다. 알고리즘 CSCI는 모의 모델 CSC, 신호처리 CSC, 시뮬레이션 엔진 CSC, 데이터 처리 CSC로 구성했다.

3.3.1 모의 모델 CSC

시뮬레이터의 레이더 운영, 송수신 기능 및 우주물체의 신호 반사 과정을 모사함으로써 레이더 수신신호를 생성한다. 표 8에서 모의 모델 CSC의 CSU 단위 기능을 정의했다.

표 8. 모의 모델 CSC의 CSU 단위 기능

CSU	기능
정밀 추적 레이더 모델링	정밀 추적 레이더의 파형 생성, 송신부, 수신부, 구동부 및 안테나 빔 패턴 등의 레이더 주요 기능과 특성을 모사한다.
광역 감시 레이더 모델링	광역 감시 레이더의 파형 생성, 송신부, 수신부, 안테나 빔 패턴 및 탐지 패턴 등을 포함한 레이더의 주요 기능과 특성을 모사한다.

빔 운용	레이더의 운영 방식과 빔 운용 기능에 따른 파라미터를 관리한다.
표적 모델링	TLE 기반의 실 궤도 정보로부터 레이더 송신 빔에 의한 우주물체의 신호 반사 과정으로 인한 레이더의 수신 신호를 모사한다.
환경 모델링	레이더가 설치되는 위치와 환경에 따른 전파 영향성을 분석한다.

표9. 신호처리 CSC의 CSU 단위 기능

CSU	기능
탐지 처리	레이더의 수신 신호로부터 우주물체 탐지 여부를 판단하고 관련정보를 가시화한다.
추적 처리	탐지된 물체의 상태 벡터를 생성하는 기능을 수행한다.
ISAR 처리	사전에 데이터베이스에 저장한 우주물체에 대한 레이더 수신 신호를 IFFT 기법을 적용해 ISAR 영상을 생성한다.
신호처리 관리	레이더 신호처리를 통해 시뮬레이터가 생성한 상태벡터로부터 탐지된 우주물체의 궤도를 추정하고 카탈로그 자료를 생성한다.

3.3.2 신호처리 CSC

레이더가 수신한 신호로부터 신호처리 과정을 통해, 우주물체 탐지, 추적 및 ISAR 등의 기능을 수행한다. 표 9에서 신호처리 CSC를 구성하는 CSU의 기능을 정리했다.

3.3.3 시뮬레이션 엔진 CSC

시뮬레이션에 필요한 파라미터를 체계 CSCI로부터 수신하여 레이더 모의 모델과 데이터 처리 등에 필요한 정보를 제공하고, 계산 결과를 다시 체계 CSCI로 전달하는 기능을 수행한다. 표 10에서 신호처리 CSC의 CSU 단위 기능을 정의했다.

표 10. 시뮬레이션 엔진 CSC의 CSU 단위 기능

CSU	기능
모델 포팅	시뮬레이션 시나리오와 궤도 정보를 불러오고 시뮬레이션 결과를 데이터베이스에 저장한다.
체계 연동	체계 CSCI의 구성 요소와 통신을 수행한다.
스케줄러	시뮬레이터의 시나리오 재시작 속도를 조절하는 기능을 제공한다.

3.3.4 데이터 처리 CSC

데이터 처리 CSC는 레이더 신호 처리를 통해 생성한 상태벡터로부터 상관처리와 궤도추정을 수행하고 카탈로그 자료를 생성하는 기능을 수행한다. 표 11에서 상관처리 및 궤도추정 CSU 단위의 기능을 정의했다.

표11. 상관처리 CSC의 CSU 단위 기능

CSU	기능
상관처리	상관처리(correlation)는 레이더 관측으로 생성한 상태벡터와 기존의 카탈로그 자료를 비교하여 관측된 표적과 카탈로그를 연관시킨다.
궤도추정	상관처리된 결과로부터 상태벡터를 생성하여, 우주물체의 궤도 카탈로그 정보를 갱신한다.

4. 시뮬레이터 동작 방식 구성

시뮬레이터의 동작 방식은 성능 평가 모드, 일반 동작 모드, 시연 모드 3가지로 구분했다. 성능 평가 모드에서는 시뮬레이터 성능 평가를 위해 사전에 생성한 시험용 궤도 데이터와 시뮬레이터가 레이더 수신 신호처리 결과를 바탕으로 생성한 궤도와 비교함으로써 시뮬레이터의 성능을 평가한다. 일반 동작 모드에서는 시뮬레이터를 동작만 시키고, 성능 평가는 수행하지 않는다. 시연 모드에서는 사전에 시뮬레이터에서 수행하고 저장한 시나리오를 재생한다. 동작 순서는 그림 1과 같다.

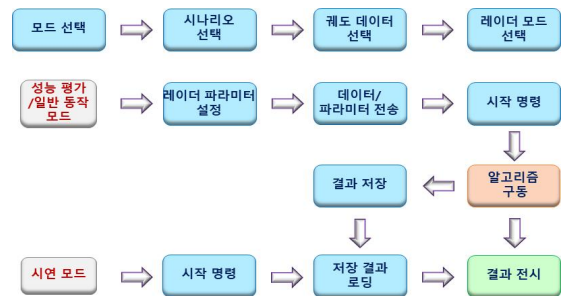


그림 1. 시뮬레이터 동작 순서

5. 시뮬레이터 시험 평가 및 환경 구축

시험 평가를 위한 절차는 단위시험 및 통합시험 계획에 따라 수행된다. 단위시험은 컴포넌트 별 기능 이상여부를 확인하며, 통합시험은 컴포넌트 단위가 아닌 완성된 시스템을 통한 기능 시험을 수행한다. 우주물체 감시 센서 시뮬레이터는 입력받은 자료로부터 최대 20000개의 우주물체에 대한 표적 정보를 생성하고, 시간에 따른 각 물체의 위치를 ECI 좌표에 생성하는 기능 달성 여부를 확인하는 가시화 시험을 시행할 계획이다. 시험 방법은 지구, 달의 자전 및 공전 모형 생성, 탐지된 우주자산의 위치 및 속도를 생성하는 것을 기본으로 한다. 시험 환경은 요구 규격에 맞추어 그림2와 같이 정했다.

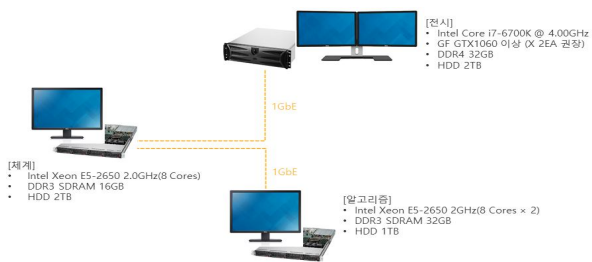


그림 2. 시뮬레이터 하드웨어 구성도

6. 결론

본 논문에서는 한국항공우주연구원의 우주물체감시센서 시뮬레이터 개발 사업이 진행되면서 시뮬레이터 예비 설계 및 상세 설계 과정에서 정의된 내용을 바탕으로 시뮬레이터의 체계 설계, 동작 방식 구성, 시험 평가 방안 및 환경 구축 등을 소개했다. 시뮬레이터의 개발은 2018년 하반기에 완료될 예정이다. 우주물체감시센서 시뮬레이터는 향후 정밀 추적 레이더 혹은 광역 감시 레이더 개발 시 체계 설계 및 성능 분석 장비로 활용할 계획이다.

감사의 글

본 논문은 우주물체감시센서 시뮬레이터 개발 사업의 일환으로, 한국항공우주연구원의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

Ki-Young Yu, Dae-Won Chung, Tracking and Orbit Determination of International Space Station using Radar, Journal of The Korean Society for Aeronautical and Space

Sciences, Volume. 44, 447-454(2016)

Moon, Byoung-jin, Song, Ha-Ryong, Kim, Hae-Dong, Survey of Tracking & Imaging Radar Systems for Space Debris, Current Industrial and Technological Trends in Aerospace, 12(1), 185-195(2014)

학회 및 관련기관 소식

한국우주과학회	84
경북대학교 천문대기과학과	85
경희대학교 우주과학과 및 우주탐사학과	85
극지연구소 우주환경그룹	90
서울대학교 물리·천문학부 천문학 전공	92
세종대학교 천문우주학과	101
연세대학교 천문우주학과	104
충남대학교 천문우주과학과	109
충북대학교 천문대	111
충북대학교 천문우주학과	112
한국천문연구원	115

■ 한국우주과학회

1. 학회지 발간

2017년 학술지 발간 실적은 34권1호 8편, 2호 11편, 3호 5편, 4호 11편으로 총 35편의 논문이 발행되었으며, 과총의 국제 학술지 지원금을 받아 발행되었다. 학회에서는 계속적인 학술지 국제화를 위한 노력을 하고 있으며 2017년도에도 SCIE등재를 목표로 하고 있다.

2. 학술대회 개최

2017년도 봄 학술대회는 2017년 4월 27일(목)~28(금)까지 변산대명리조트에서 개최하였다. 등록인원은 203명이며 논문발표는 구두발표 66편, 포스터발표 88편 총 154편을 발표하였다. 가을학술대회는 10월 28일(수)~27일(금)까지 부산 코모도호텔에서 개최하였다. 등록인원은 310명이며 논문발표는 구두발표 79편, 포스터발표 153편 총 232편을 발표하였다.

3. 회의 개최

- 이사회

2017년도 이사회 1차 회의는 변산대명리조트(2017.04.27.), 2차 회의는 부산 코모도호텔(2017.10.25.)에서 개최 하였다. 1차 회의에서는 신입회원 승인, 포상위원회 운영에 관한 규정 변경 승인, 제1회 KGU연합학술대회 개최, 명예회원 승인 등이 결의되었다. 2차 회의에서는 2017년 결산안 승인, 2018년 예산안 승인, 신입회원 인준, 2018년 사업계획(안) 승인 등이 결의되었다.

- 정기총회

제35차 정기총회가 2017년 10월 25일(수) 17:30에 부산 코모도호텔에서 개최되었다. 보고사항으로는 사업보고, 학술대회준비위원회보고, 학술보고, 포상위원회보고, 감사보고가 있었으며 안건으로는 2017년 결산 심의, 2018년도 예산 심의, 명예회원 추대가 결의되었다. 제18대 회장으로 김용하(충남대)회원이 선출되었고, 감사로는 김갑성(경희대), 한원용(천문연)회원이 선출되었다.

4. 2017년 수상

- 에스이랩상

2017년 봄, 김현우 회원(충북대)

2017년 가을, 김가은 회원(충남대)

- 한국우주과학회 학술상

2017년 학술상 이용삼 회원(충북대)

- 두진 우주과학자상

최병규 회원(천문연)

- 신진 우주과학자상

김영록 회원(항우연)

- 한국과학기술단체총연합회 제27회 과학기술우수논문상 조중현 회원(천문연)

5. 위원회

- 편집위원회

Journal of Astronomy and Space Sciences(JASS) 편집위원회는 편집위원장으로 이유(충남대), 부편집위원장으로 이은상(경희대), 위원으로는 Ivan L. Andronov, Tapas Kumar Das, Paul A. Evenson, Edward F. Guinan, Lin-Ni Hau, Vitaly P. Kim, Juhou Lei, Xinlin Li, Charles Lin, Huixin Liu, Lee - Anne Mckinnell, Valery Nakariakov, Yuichi Otsuka, David Ruffolo, Boonrucksar Soonthornthum, Ilya Usoskin, Chao Xiong, Sungpil Yoon, Eun-Hwa Kim, Jeong woo Lee, 김방엽(항우연), 나자경 (천문연), 박찬덕(연세대), 이기원 (가톨릭대), 이대희 (천문연), 이병선(전자연), 이수창 (충남대), 이재진(천문연), 이주희 (항우연), 지건화(극지연), 최영준 (천문연), 허종우(충남대) 회원으로 구성되었다.

- 포상위원회

포상위원회는 위원장으로 손영종(연세대), 위원으로는 광영실(천문연), 이유(충남대), 진호(경희대), 채종철(서울대)회원으로 구성되었다.

- 학술대회준비위원회

학술대회준비위원회는 위원장으로 이대영(충북대), 위원으로 김연한(천문연), 이주희(항우연), 정종균(천문연), 진호(경희대), 황정아(천문연) 회원으로 구성되었다.

- JASS 발전위원회

JASS 발전위원회 위원장으로는 김관혁(경희대), 위원으로 이대영(충북대), 이유(충남대), 김은혁(항우연), 최정림(충북대), 조중현(천문연), 오수연(전남대), 지건화(극지연), 황정아(천문연), 광영실(천문연)

6. 회원 현황

2017년 신입회원 인준 현황은 정회원 56명, 학생회원 2명이 승인되었다. 정관 제6조에 따라 연회비 3년 미납자 94명은 준회원으로 회원등급을 조정하였다. 2017년 12월 31일 현재 회원수는 1457명(정회원 737명, 3년 이상 비활동 및 해외체류회원 699명, 명예회원 16명이며 기관회원 수는 5곳)이다.

7. 학회 사무국

대표메일: ksss@ksss.or.kr

홈페이지: <http://ksss.or.kr>

대전사무국 : 대전시 유성구 대덕대로 776 한국천문연구원 내

Tel: 042-865-3391, Fax: 042-865-3392/ 사무국장 고미희

■ 경북대학교 천문대기과학과

1. 인적사항

본 학과의 천문학 전공 교수는 박명구, 윤태석, 장현영, 황재찬 회원 네 명이다. 동교 사범대학 지구과학교육과의 심현진 회원도 대학원생 논문지도를 맡고 있다.

본 학과 학부과정은 지구시스템학부 소속 천문대기과학전공이며 대학원과정은 천문대기과학과 천문학전공이다. 2018년 3월에는 90명의 신입생이 수시 및 정시모집으로 지구시스템과학부에 입학하였고, 25명의 학생들이 2학년으로 올라가며 천문대기과학전공을 선택하였으며, 1명이 3학년으로 학사편입 하였다. 천문대기과학전공 학생은 천문학과 대기과학을 자유롭게 선택하여 공부할 수 있다. 대학원에는 2017년 9월에 2명의 석사과정 학생과 2명의 박사과정 학생, 2018년 3월에 3명의 석사과정 학생과 2명의 박사과정 학생이 입학하여 현재 12명의 석사과정 학생과 6명의 박사과정 학생이 재학 중이다.

2. 연구 및 학술활동

박명구 회원은 박사과정 방태양 회원 및 천문연구원의 외계행성 연구팀과 거성 및 쌍성 주위의 외계행성 탐색 연구, 박사과정 한두환 회원과는 블랙홀의 부차현상, 박사과정 이은희 회원 및 부산대학교 안홍배 회원과는 막대은하에 대한 연구를 수행하고 있다. 석사과정 강원기 회원과는 은하, 양희창, 황현모 회원과는 블랙홀 및 블랙홀 성장에 관한 연구를 수행하고 있다.

장현영 회원은 태양 흑점의 위도별 공간 분포에 대한 연구를 수행하여 태양 자기장 생성에 관한 관측적 연구를 계속 수행하고 있고, 태양 진동학을 기반으로 하는 우주 기상 예보 모형을 개발 중이다. 최철성 회원(천문연구원)과 Zhibin Zhang(중국, Guizhou 대학) 교수와는 확장된 방사를 갖는 감마선 폭발체에 대한 연구를 한중 공동 연구의 형태로 진행하고 있다.

황재찬 회원은 우주구조의 상대론적 비선형진화과정과 우주거대구조의 균일등방성 여부를 연구하고 있다.

2017년 3월 이후 학과 세미나에 연사로 오신 분은 임홍서 박사(한국천문연구원), 조일현 박사(경희대), 박찬경 교수(전북대), 이영선 교수(충남대), 이상성 박사(한국천문연구원), 지명국 교수(연세대학교)이다.

본 학과는 시민과 학생들을 위해 학기마다 4차례 일반인을 위한 공개관측과 공개강연행사인 “밤하늘 이야기”를 열고 있다.

3. 연구시설

본 학과는 계산 및 관측자료 처리를 위해 Intel server/cluster 및 다수의 워크스테이션과 고성능 PC를 운용하고 있다. 천체 관

측 실습을 위한 31-cm 뉴턴식 반사망원경(본교 기초과학연구소 보유)이 있다. 그밖에 Coronado SolarMax 70, Coronado Personal Solar Telescope CaK 등 다수의 소형 반사 및 굴절 망원경 그리고 Fujinon 25×150, 2.5° 대형쌍안경 등을, 천체 교육용으로 이동식 천체투영시스템을 보유하고 있다.

■ 경희대학교 우주과학과 및 우주탐사학과

1. 인적사항 및 주요동향

1985년에 창립되어 2018년이 33주년이 되는 경희대학교 우주과학과는 현재 응용과학대학에 소속되어 있고 학사과정과 함께 대학원에 석사, 박사, 석박사 통합과정을 두고 있다. 2009년 WCU(세계수준의 연구중심대학) 사업의 일환으로 대학원에 신설된 우주탐사학과는 석사, 박사, 석박사 통합과정을 두고 있다.

경희대학교 우주과학과와 우주탐사학과에는 2018년 4월 현재 총 15 명의 교수(김갑성, 이동훈, 김상준, 장민환, 김성수, 박수종, 최광선, 문용재, 김관혁, 선종호, 진호, Tetsuya Magara, 이은상, 이정은, 최윤영) 교수가 강의와 연구를 수행하고 있다. 아울러 독일 막스플랑크 연구소의 Sami K. Solanki, 미국 메릴랜드 대학의 Peter H. Yoon, 미국 UC Santa Cruz의 Ian Garrick-Bethell 교수 그리고 영국 Warwick 대학의 Valery M. Nakariakov 교수가 International Scholar로서 연구와 교육에 힘을 보태고 있다. 현재 우주과학과장은 선종호 회원이며, 우주탐사학과장은 이은상 회원이 맡고 있다.

우주과학과는 경희천문대와 함께 매년 다수의 공개 관측회를 개최하여 본교 학생들뿐만 아니라 일반인들에게도 천문현상을 접할 수 있는 기회를 제공하고 있다. 매년 하계방학 중, 우주과학과 학생회는 학과 및 천문대의 지원으로 중고생을 위한 우주과학캠프를 개최하여 청소년들에게 천문학 및 우주과학에 대한 체험의 기회를 부여하고 있다.

우주과학과 학부는 올해 40명의 신입생을 맞이했으며 약 159 명이 재학 중에 있다. 대학원 우주탐사학과에는 총 28명의 대학원생(석사 15명, 석박통합 7명, 박사 6명)이 재학하고 있다. 양과 대학원에서 2016년 8월 이후 학위를 받은 학생은 다음과 같다.

* 석사 졸업 - 2명

- 박성민 (18년 2월, 우주탐사학과, 지도교수 선종호)
 - 논문제목: GK2A KSEM PD 에 대한 전방위 Geant4 모의 실험
- 전성경 (18년 2월, 우주탐사학과, 지도교수 문용재)
 - 논문제목: Statistical study on the kinematic classification of coronal mass ejections from 4 to 30 solar radii

* 박사 졸업 - 2명.

- 김재영 (17년 8월, 우주탐사학과, 지도교수 박수중)
 - 논문제목: Near-IR Polarization of the Northeastern Region of the Large Magellanic Cloud
- 장수정 (18년 2월, 우주탐사학과, 지도교수 문용재)
 - 논문제목: Study on Three-Dimensional Parameters of Halo Coronal Mass Ejections and Their Propagation to the Earth

2. 연구 및 학술 활동

BK21플러스 사업

우주탐사학과가 주도하는 ‘달-지구 우주탐사’사업 (연구책임자: 문용재 회원)이 교육부에서 시행하는 BK(두뇌한국)21플러스 사업 글로벌 인재양성형에 선정되어 2013년 9월 이후부터 2020년 8월 31일까지 매년 9.1 억 원, 총 약 60억 원의 연구비 지원을 받고 있다. 2009학년도 2학기에 우주탐사학과가 대학원에 신설되어 현재 총 39명(박사과정 11명, 석박통합 20명, 석사과정 8명)의 대학원생(재학/수료)이 BK21 플러스 사업에 참여하고 있다. BK21 플러스 사업의 수행을 위해 현재 Sanjay Kumar, Navin Chandra Joshi, 홍석범박사가 학술연구교수로, 홍진희, 나고운, 최윤희 박사가 연구박사로 재직하고 있다.

과거 ‘달궤도 우주탐사’ WCU 사업을 통해 수행된 연구들이 이어 받아, 본 BK21플러스 사업단에서 수행하는 연구는 천문우주 연구뿐만 아니라 달 및 근지구 공간에서 우리가 개발한 초소형 위성을 이용하여 우주탐사에 활용 하는 계획을 가지고 있다. 또한 한국형 달탐사 시험용 궤도선 사업에 달 과학 탑재체 2개 과제를 수행하고 있다. 본 사업에서 추진하는 달 탐사 임무는 과학기술적 측면에서 획기적인 의미와 결과가 기대되며 이러한 활동이 학문적 발전뿐만 아니라 대한민국 우주개발에서 모범적인 연구 개발 사례로 남게 될 것으로 기대 한다.

태양물리연구실

김갑성 회원이 이끌고 있는 태양물리 연구실은 크게 태양물리, 천체역학, 태양관측 시스템 그리고 우주기상예보 분야의 연구를 수행하고 있다. 태양물리 부분에서는 이진이, 김일훈, 이청우 회원이 태양활동 영역의 구조, 진화에 대한 이론적 연구 및 관측으로부터 얻어진 자료의 분석을 통한 연구를 진행하고 있다. 본 연구실의 김일훈 회원은 SDO(Solar Dynamic Observatory)의 AIA 데이터를 이용하여 EUV 코로나셋의 형태에 따른 물리적 특징을 분석하고 있으며 이청우 회원은 Big Bear 관측소의 H α 관측 데이터를 이용하여 필라멘트 형성에 대한 연구를 수행하고 있다. 김현남 회원은 Hinode SOT로 관측된 흑점의 물리량을 Spectropolarimetry라는 도구를 이용하여 자기장 구조와 속도분포를 연구하고 있다.

태양관측시스템 연구를 위해 교내에 태양 H-alpha 관측 시스

템과 태양 분광관측 시스템을 운영하고 있으며 이 관측 시스템은 네트워크를 통한 원격 관측이 가능하도록 구축되어 있다. 또한 Heliostat과 grating을 이용하여 분광 관측 시스템을 구축하여 관측을 수행하고 있다. 본 태양 관측 시스템은 학부생들의 태양 관측 실습에 활용되고 있다. 마지막으로 우주기상예보 연구에서는 국내외의 우주환경 사이트의 관련 데이터를 수집하고 모니터링하기 위한 근 실시간 모니터링 시스템을 구축하였다. 본 연구에서는 SDIP(Solar Data Image Processing) 소프트웨어를 자체적으로 개발하여 운영하고 있다. SDIP 소프트웨어는 Borland C++를 이용해서 개발 되었으며, 모니터링 시스템은 SDIP를 이용해서 각각의 FTP 사이트에서 근실시간으로 태양 데이터를 획득하고, 모니터링하기 위한 것이다.

행성천문연구실

김상준 회원이 지도하고 있는 행성천문연구실은 Keck, Gemini Observatory등의 분광 관측 자료와 Cassini, JUNO 탐사선의 관측 자료를 분석하여 목성, 토성, 타이탄 등의 대기 및 혜성 등의 각종 라디칼 및 분자선의 생성, 그리고 이들 천체의 대기조성과 광화학적 반응에 관한 모델연구를 수행하고 있다.

김상준, 심채경 회원은 Gemini관측소의 고분산 분광자료를 사용하여 목성 극지방 고층대기에서 나오는 3-마이크론 메탄 emission을 분석한 결과 수십 년 동안 목성 북극 지방에서 움직이지 않고 빛나는 10-마이크론 거대반점의 원인을 일시적이지만 초고에너지 오로라일 가능성을 제외한 논문을 Icarus에 2017년 발표하였다. 현재 김상준 회원은 파리천문대 Courtin 박사와 Leicester 대학 Stallard 박사와 공동연구로 Cassini데이터를 사용한 토성 극지방 적외선 오로라와 연무의 진화과정을 연구하고 있다. 박재균 학생은 2017년 여름 2달을 Leicester 대학에서 Stallard 박사 지도하에 토성 극지방 적외선 오로라를 관측한 Cassini데이터를 분석하였다.

김상준, 심채경 회원은 천문연구원 선광일 박사와 함께 거행성과 타이탄 상층대기 중에 나타나는 연무를 대기분자 성분과 조합하여 새롭게 표현한 복사방정식을 정립하였고, 이 결과를 복사방정식 전문지인 Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer에 2018년 게재 하였다.

한편 이동욱, 김상준 회원은 Monte-Carlo시뮬레이션을 이용한 달 대기모델을 계속 업그레이드 하고 있다. 이와 병행하여 NASA Goddard 센터의 Killen 박사와 공동연구로 애리조나에 있는 Robotic 달 coronagraph를 사용하여 많은 데이터를 중장기적으로 입수하고 있다. 이 coronagraph는 현재 달 주위를 돌면서 관측하고 있는 LADEE 탐사를 지원하기 위해 최근 설립된 기기로서 LADEE에서 관측 되는 국지적 관측 결과와 이 coronagraph에서 관측되는 달 전체의 대기 현상을 융합하여 일관된 과학적 결과를 도출해 내는 것을 그 주된 목적으로 하고 있다. 박재균 학생은 김상준 회원의 달 대기 연구 일환으로 2018년 초 2달간 Goddard Space Flight Center/NASA를 방문

하여 Killen박사 지도하에 오래된 아폴로 데이터를 분석한 결과 강력한 태양 CME에 영향으로 달대기 중 여러 원소들이 갑자기 증가하는 현상을 발견하였다.

천체물리연구실

김성수 회원이 이끄는 천체물리연구실에서는 은하 중심부에서의 별 생성, 은하중심부의 가스 물질 유입, 우주론 시뮬레이션을 이용한 구상성단계 및 왜소위성은하계의 생성 및 진화 연구 등의 분야에서 다양한 연구를 진행 중에 있다. 김성수 회원은 2013년 7월부터는 다파장 편광관측을 통한 달 표토층 입자의 크기와 성질을 연구하는 과제를 수행 중에 있으며, 2014년 12월부터는 우주론 시뮬레이션을 이용한 은하형성 기본단위의 생성 과정을 연구하는 과제도 수행 중에 있다. 이지원 회원은 천문연구원의 손봉원 회원과 이상성 회원의 지도 아래 KVN을 이용한 연구에 참여하고 있다. 김은빈 회원은 SDSS 자료를 이용하여 은하 중심팽대부의 비축대칭적 모양과 은하핵에서의 별탄생 사이의 관계를 통계학적으로 연구하고 있다. 천경원 회원은 고등과학원의 신지혜, 김주한 회원과 함께 우주거대구조 진화 수치실험으로부터 은하형성 기본단위를 생성하는 수치실험 기법을 개발하였고 이를 이용하여 왜소위성은하들의 특성을 연구하고 있다. 김민배 회원은 최윤영 회원의 지도 아래 SDSS 자료를 이용하여 별탄생 은하와 활동성은하핵의 특성에 대한 통계적 연구를 수행 중에 있다. 이주원 회원은 우리은하 중앙팽대부에 있는 HI 원반을 유체역학 수치실험을 통해 연구하고 있으며, 박소명 회원은 영국 Sheffield 대학의 Simon Goodwin 교수와 함께 프랙탈 구조의 초기 분포를 이용하여 성단의 생성 및 초기 진화를 연구하고 있다. Hannah Morgan 회원은 우리 은하 중심부의 200pc 영역에서 5pc 영역으로 가스 물질이 떨어지는 현상을 수치적으로 연구하고 있으며, 김일훈, 백길호, 김진규 회원은 달 표면의 편광 특성과 충돌분화구의 특성에 대해 연구하고 있다. 연구교수인 심재경 박사는 우주 풍화가 달 표면 성숙도에 미치는 영향을 연구 중에 있으며, 최근 홍석범 박사가 달 표면 연구에 합류하였다.

적외선실험실

박수중 회원이 지도하는 적외선실험실은 광학/적외선천문기기의 제작과 천체관측 연구를 한다. 2017년 8월에는 김재영 회원이 “Near-IR Polarization of the Northeastern Region of the Large Magellanic Cloud” 연구로 박사 학위를 받았다. 김재영 회원은 2017년 9월부터 경희대 BK21플러스 사업단에서 이정은 교수님의 지도로 박사후 과정을 시작했다. 현재 적외선 실험실 박사과정에는 이혜인, 박우진, 지태근 회원이 있고, 석사과정에는 2015년 3월에 입학한 김현중 회원, 2018년 3월에 입학한 이선우 회원이 있다. 그리고 우주과학과 학부 4학년 변서연 회원이 학부 연구생으로 실험과 연구를 보조하고 있다.

본 적외선실험실은 미국 텍사스 주립대학교, 한국천문연구원과 공동으로 GMT의 제 1세대 관측기기로 고분산 적외선 분광기

GMTNIRS의 개발에 참여하고 있다. 이에 앞서 비슷한 구조의 고분산 적외선 분광기 IGRINS의 소프트웨어 개발 연구를 한국천문연구원의 산학연 위탁연구로 2010년부터 2014년 3월까지 수행하였다. 그리고 미국 텍사스 A&M 대학과 공동으로 GMT의 제 1세대 관측기기인 GMACS 프로젝트에 참여하여 소프트웨어 개발을 담당하고 있다. GMACS의 개념설계(Conceptual Design Review) 연구는 2017년 3월 13일에 kickoff meeting을 하고 본격적인 연구를 시작하여 2019년에 개념설계 연구보고서를 제출할 계획이다.

그리고 서울대학교 초기우주천체연구단과 20개의 필터를 장착하여 천체의 SED를 측정할 수 있는 SQUEAN (SED camera for QUasars in EARly uNiverse)을 제작을 완료하여 정기 관측을 수행 중이고, 했다. 2017년 2월에는 맥도날드 천문대 0.8m 망원경에 구경 0.25m의 Takahashi CCA250 망원경을 장착하여 반자동 관측을 위한 소프트웨어를 개발했다.

2014년 7월부터는 미래창조과학부의 우주핵심기술개발사업으로 “우주 적외선 관측을 위한 알루미늄 비축 반사망원경의 시험모델 개발” 연구를 시작하였다. 본 연구는 2017년 5월에 1단계 연구를 마무리하고, 2019년 6월까지 2단계 연구를 수행 중이다. 본 2단계 연구에서는 자유곡면 알루미늄 반사경 3장으로 선형비점수차가 제거된 비축반사망원경의 시험모델을 개발할 계획이다.

2015년 부터는 스웨덴 과학기술위성 MATS (Mesosphere Airglow/Aerosol Tomography Spectroscopy) 개발 연구에 참여하여 자유곡면 알루미늄 반사경 3장으로 선형비점수차가 제거된 비축반사망원경을 설계하고, 스웨덴 연구진과 조립 테스트를 수행하고 있다. MATS 위성은 2019년에 발사하여 지구 대기의 중간권 관측 연구를 계획하고 있다.

태양권플라즈마연구실

최광선 회원이 이끄는 태양권플라즈마연구실(Heliospheric Plasma Physics Laboratory)은 태양으로부터 태양권계면(heliopause)까지 이르는 전 태양권 공간에 존재하는 플라즈마의 진자기적, 역학적 성질을 탐구하기 위해 설립되었다. 수년 전부터는 태양권 밖의 천체에서 일어나는 플라즈마 물리 과정으로 연구 영역을 확대하였다. 이 연구실에서 다루는 주제들은 태양물리연구실과 공간물리연구실의 연구주제들과 밀접한 관련이 있기 때문에 이들 연구실과 연구 협력이 이루어지고 있다. 본 연구실에서는 플라즈마의 거시적 기술인 자기유체역학으로부터 미시적 기술인 입자운동론적 기술(kinetic theory)까지 다양한 방법을 사용하고 있다. 입자운동론적 연구에 있어서는 University of Maryland의 Peter H. Yoon 교수와 긴밀한 협력이 이루어지고 있으며 자기유체역학적 연구에 있어서는 Max Planck Institute for Solar System Research의 Joerg Buechner 교수 및 Sami Solanki 교수와 협력하고 있다.

본 연구실의 이시백 회원(석박 12기)은 자기유체역학적 시뮬

레이션을 통하여 total magnetic helicity에 비해 twist number가 큰 구조가 나타나는 과정에 대해 연구하고 있다. 이중기 회원(석박 수료)은 다차원(2, 3차원) 플라스마 입자 시뮬레이션 코드를 독자적으로 개발하였으며, 이를 collisionless magnetic reconnection에 적용하여 microscopic scale에서만 나타날 수 있는 dynamo 현상을 연구 중이다. 이중기 회원은 현재 한국천문연구원의 전문연구요원으로 근무 중이다. 석사 5기인 송인혁 회원은 천체의 shear flow와 연계된 thermal instability를 해석적 방법으로 연구 중이다. 쉼트랙아이에 재직 중인 박근석 회원(박사 수료)은 달과 같은 자기장이 없는 천체와 태양풍의 상호 작용을 3차원 자기유체역학적 시뮬레이션을 통해 연구 중이다. 전홍달 회원(박사 수료)은 태양과 자기권 등에서 발생하는 ballooning instability에 대한 연구를 수행 중이다. 최창대 회원(석사 1기)은 Peter H. Yoon 교수와 협력하여 nonlinear kinetic Alfvén wave의 생성 및 전파에 대한 이론적 연구를 수행하고 있다.

태양우주기상연구실

문용재 회원이 이끄는 태양우주기상연구실(Sun and Space Weather Laboratory)은 태양활동에 대한 관측적인 연구 및 이들이 지구 주변에 미치는 영향을 연구하고 있다. 2018년 2월에 장수정 회원이 박사학위를 취득하였으며, 전성경 회원이 석사학위를 취득하였다. 2018년 3월 현재 연구교수 4인(신준호 박사, 이진이 박사, 성숙경 박사, 이정우 박사), 박사후 4인(박진혜 박사, 조일현 박사, 강지혜 박사, 장수정 박사), 박사과정 12인(박종엽, 나현욱, 이강진, 이어진, 신슬기, 이하림, 김태현, 임다예, 이강우, 박은수, 김진현, 전성경) 및 석사과정 4인(김기문, 정현진, 신경인, Sumiaya)이 연구를 함께 하고 있다. 신준호 회원은 '우주기상 예보시스템 개발 연구', 이진이 회원은 '태양 분출 플라스마의 질량 및 에너지 연구', 성숙경 회원은 '태양과 행성간 공간의 자기장 비교 연구', 이정우 회원은 '태양 활동 영역 연구', 박진혜 회원은 '태양 고에너지 입자의 특성 및 예보에 관한 연구', 조일현 회원은 '태양풍 속도 결정 연구', 강지혜 회원은 '관측기반 시뮬레이션 모델을 통한 플레어/CME 기작 연구', 장수정 회원은 '고속 CME를 방출하는 활동영역 연구', 박종엽 회원은 '우주기상 예보 평가 방법에 대한 연구', 나현욱 회원은 'CME 콘 모형의 관측적 검증 연구', 이강진 회원은 '플레어/CME 예보 모형의 검증 연구', 이어진 회원은 '태양 활동 영역의 인자와 플레어 관련성 연구', 임다예 회원은 '활동 지역의 벡터 자기장 자료를 활용한 태양활동 예보 연구', 이하림 회원은 'CME 3차원 진동 특성 연구', 신슬기 회원, 이강우 회원, 박은수 회원은 '딥러닝을 활용한 태양 활동 예보 연구', 김진현 회원은 '태양 코로나그래프 광학설계 및 검증 연구' 수행 중에 있다. 그리고 문용재 회원은 현재 (1) 태양 분출 현상에 대한 관측 연구, (2) 딥러닝 기법을 활용한 우주기상 예보 모델 연구를 여러 공동 연구자들과 함께 수행하고 있으며, BK 1유형 과제책임자를 담당하고 있다.

우주과학탐사체연구실

선종호 회원이 지도하고 있는 우주과학탐사체연구실(Space Science Instruments Laboratory)은 근지구 및 우주기상을 관측하고 연구하기 위해 인공위성 탐사체를 개발하고 있다. 2018년 2월에 박성민 회원이 석사학위를 취득하였다. 2018년 3월 현재 연구교수 2인(채규성 박사, 나고운 박사)과 박사과정 1인(서용명), 석박통합과정 3인(신유철, 우주, 이찬행), 석사과정 5인(이훈, 설우형, 이채안, 이현상, 신승혁)이 연구를 함께 하고 있다. 근지구 우주환경 탐사를 목적으로 한 Trio-CINEMA mission의 두 번째, 세 번째 큐브셋인 KHUSAT-01, KHUSAT-02를 경희대 천문우주관측기기연구실, U. C Berkeley의 Space Science Laboratory, Imperial college of London과 함께 공동 개발하였으며 2014년 발사되어 임무를 수행하였다. 차세대 소형위성인 NEXTSat-1의 우주폭풍탐사체(ISSS) 중 하나인 MEPD는 근지구 우주방사선을 측정하기 위해 개발하였으며 현재 비행모델 환경시험이 완료되어 2018년 후반기 발사 대기 중에 있다. 정지궤 도복합위성 2A의 우주기상탐사체(KSEM)은 U. C Berkeley의 Space Science Laboratory, European Space Agency, 쉼트랙아인과 함께 공동으로 개발하였으며, 정지궤도에서 10년 동안 우주방사선 측정 및 지구 자기장 측정, 위성 대전 감시를 할 예정이다. 2018년 후반기 발사 예정에 있으며 현재 비행모델 환경시험 단계에 있다.

본 연구실의 채규성 회원은 '전파 통신 및 검출기 진단부 아날로그 회로 설계', 나고운 회원은 '검출기 VHDL 개발, 탐사체 운용', 서용명 회원은 '플라스마 검출기 개발'을 수행 중에 있으며, 신유철 회원은 '몬테-카를로 방법을 이용한 입자 검출기 시뮬레이션' 연구, 우주 회원은 '검출기 구조, 열설계/해석, 환경시험', 이훈 회원은 '검출기 구조 설계/해석, 환경시험', 설우형 회원은 '검출기 진단부 아날로그 회로 설계', 이채안 회원은 '검출기 VHDL 개발, 검교정, 시험', 이찬행 회원은 '검출기 검교정 및 데이터 분석, 운용', 이현상 회원은 '몬테-카를로 방법을 이용한 검출기 시뮬레이션', 신승혁 회원은 '검출기 구조 설계/해석'을 수행 중에 있다.

Solar Dynamics Laboratory Group

We aim to reveal the dynamical nature of the Sun showing various kinds of active phenomena, such as solar activity cycles, active regions producing solar flares, solar winds and coronal mass ejections. We investigate these phenomena by combining numerical modeling based on computer simulation and ground-based and/or space observations. The members of our group are Dr. Tetsuya Magara (leader), Jun Mo An, and Hwanhee Lee (MS-PhD combined course). Currently we put our focus on the recycling process of magnetic fields in the interior of the Sun, the transporting process of magnetic fields through the solar convection zone to the solar atmosphere, the

dissipating process of magnetic fields in the solar atmosphere, and the erupting process of a magnetized coronal plasma toward the interplanetary space. We also collaborate with the space weather group at NICT (National Institute of Information and Communications Technology) in Japan in order to develop a state-of-art three-dimensional magnetohydrodynamic simulation model with unstructured grids that is used to investigate the Sun-Earth system.

별탄생연구실

이정은 회원이 이끄는 별탄생 연구실은 현재 3명의 박사 후 연구원, 2명의 박사과정 학생과 5명의 석박통합 학생, 별생성 영역들에 대한 물리적 화학적 상태에 대한 다양한 연구를 진행 중에 있다.

이정은 회원은 ALMA Cycle 2 관측결과를 바탕으로 turbulent fragmentation에 의해 wide binary formation이 일어나는 과정을 포착하여 Nature Astronomy에 출판하였다. ALMA Cycle 3, Cycle 4, Cycle 5 시간도 확보하여 관측을 수행하였고, 분석 중에 있다. Cycle 5에서 관측된 폭발중인 원시성인 V883 Ori의 후속관측을 위해 Cycle 6 제안서를 제출하였다. 이정은 회원은 충남대학교 유현주 학생과 함께 JCMT Large Program을 통해 한 Class I 원시성 EC53의 폭발을 포착하여 그 분석 결과를 ApJ에 출판하였다. EC53에 대한 Gemini-South, ALMA, SMA와 JCMT 후속 관측이 수행되었거나 수행 중이다. 이석호 회원은 통합적인 원시행성계원반의 모델 코드를 구축하고 있다. 이와 함께, ALMA Cycle 3에서 관측된 원시행성계원반을 분석하고 있으며, 원시 쌍성의 가능성을 확인하기 위해 Cycle 6 제안서를 제출하였다. 최윤희 회원은 L1251B의 Spitzer/IRS, Herschel/PACS, SPIRE, HIFI 관측데이터를 분석하고 있다. 김재영 회원은 AKARI/IRS를 이용하여 원시성과 배경별을 통해 관측된 공간열음분자들의 흡수선 밴드를 분석하여 별탄생 과정에서의 역학적 기작과 화학적 변이를 연구하고 있다. 박선경 회원은 IGRINS legacy program인 Spectral Library에 관한 논문을 제출하여 심사 중이며, 다양한 폭발 원시성인 FUOrs를 BOES와 IGRINS를 이용하여 관측하고 분석하고 있다. 윤성용 회원은 원시행성계원반을 연구하는 또 다른 IGRINS legacy program에서 다양한 진화단계의 원시행성계원반 천체들의 스펙트럼을 분석, 연구하고 있다. 이 중, 한 Class I 천체에서 일어난 폭발현상의 증거를 NIR spectrum에서 발견하고, 후속 연구를 위해 ALMA Cycle 6에 제안서를 제출하였다. 이희원 회원은 JCMT Large program에 참여하여, Orion 영역에 있는 Planck Galactic Cold Clumps를 SCUBA2로 관측하고 분석하여 논문을 제출하여 심사 중이고, 후속으로 KVN, SMA, ALMA 관측을 수행하여 별의 형성과 주변 환경의 관계를 연구하고 있다. 윤형식 회원은 TRAO의 Key Science Program을 통하여, Orion과 Ophiuchus 영역을 다양한 분자선으로 관측하고 있으며, 이를 바탕으로 두 영역에서의 난류의 성격을 연구하고 있다. 백기선 회원은 매우 초기단계에 있는 원시성인 L1527-IRS의 Herschel/PACS 연속스펙트럼을 설명하는 envelope 밀도구조

를 continuum radiative transfer modeling을 통해 연구하여 논문을 작성하고 있으며, 두 개의 massive protostar의 ALMA 분자선 관측결과를 분석하여 화학적 상태를 비교하는 연구를 수행하고 있다. 특히 최근 폭발현상을 일으킨 massive protostar와 현재 연구중인 hot core에서 complex organic molecules의 화학적 차이를 연구하기 위하여 ALMA Cycle 6 제안서를 제출하였다. 이용희 회원은 JCMT/SCUBA2 연속과 지도와 TRAO 분자선 지도를 이용하여 Orion A 분자운에서 column density probability distribution function (N-PDF)를 연구하고 있으며, 강인 회원은 IGRINS로 관측된 massive young stellar objects (MYSOs)을 분석하고 있으며, 그 중 한 MYSO의 He I 방출선과, Br series 방출선들, 특히 Br γ 방출선에서 원반회전에 의한 double-peak feature를 발견하였고, MYSO 주위의 원반을 확인하고 연구하기 위하여, ALMA Cycle 6 제안서를 제출하였다.

우주플라즈마물리연구실

이은상 회원이 이끄는 우주플라즈마물리 연구실은 현재 1명의 박사과정 학생과 2명의 석박통합 학생, 2명의 석사과정 학생들이 위성 관측 데이터 분석과 시뮬레이션을 이용하여 우주플라즈마에서 발생하는 다양한 물리현상을 연구 중에 있다.

이준현 회원은 Van Allen Probes 위성 데이터를 분석하여 plasmopause 근처에서 수 십 eV에서 수 keV에 이르는 에너지를 갖는 이온의 특성을 연구하고 있다. 김희은 회원은 Cluster 위성 데이터를 분석하여 이온이 지구 bow shock을 통과할 때 발생하는 heating 과정에 대해 연구하고 있다. 신유라 회원은 Cluster 위성 데이터를 분석하여 오로라 지역 상공 근처에서 field-aligned current와 관련된 자기장 교란의 특성에 대해 연구하고 있다. 이상운 회원은 particle-in-cell 기법을 이용한 다차원 플라즈마 시뮬레이션 코드를 개발하여 방사선대와 태양풍 등에서 발생하는 플라즈마 불안정성에 대해 연구하고 있다. 강준석 회원은 test particle 시뮬레이션을 이용하여 지구 bow shock을 통과하는 이온의 궤적 특성에 대해 연구하고 있다.

3. 연구시설

경희천문대

경희대학교 천문대는 1992년 10월 돔형 건물의 완공과 76cm 반사망원경의 설치를 기점으로 개관하여 1995년 9월 민영기 교수가 초대 천문대장으로 부임하였다. 1999년 1월에 김상준 교수가 제 2대 천문대장으로 부임한 후, 2001년 3월에 인공위성 추적 관측을 위한 관측소를 설치하였다. 2003년 2월에 장민환 교수가 제 3대 천문대장으로 부임하였고, 2010년 3월부터는 박수종 교수가 제 4대 천문대장직을 수행하였다. 2012년 3월에 진호 교수가 제 5대 천문대장직에 부임한 후, 2013년 10월에 공식 명칭을 '우주과학교육관'에서 '경희대학교 천문대'로 변경하였고, 새롭게 홈페이지를 개설했다. 2015년 2월부터는 최광선 교수가 제 6대 천문대장직을 수행하였고 2017년 3월부터 김관혁 교

수가 제 7대 천문대장직을 수행하고 있다. 경희대학교 천문대는 연구 및 교육 활동 외에 천문우주과학 대중화 사업을 적극적으로 진행해 오고 있다. 행정직원으로는 전홍달 회원이 행정 및 연구실장으로 근무하고 있다.

본 천문대는 2009년에 리모텔링 공사를 통하여 각종 연구시설을 정비하였고, 76cm 반사망원경의 TCS를 교체하여 보다 효율적이고 정확한 관측이 가능하도록 하였다. 또한 2010년에는 Meade사의 16인치 리치크레티앙식 망원경과 Paramount ME 마운트를 도입하여 위성 추적 및 천체 관측 실습용으로 사용 중에 있으며, 2011년과 2012년에는 FLI 4K CCD와 FLI 1K CCD를 각각 도입하여 관측에 활용하고 있다. 2013년에는 대구경 쌍안경을 도입하여 과학문화 대중화에 활용하고 있다. 2012년 4월에는 기존의 전시장 공간에 연구실을 신설하는 공사와 영상실 조성 공사가 완료되었다. 2015년 2월과 2016년 2월에는 천체관측 지원을 위하여 주망원경 돔을 보수하였다.

2015년 10월에는 일반인 및 경희가족을 대상으로 한 공개 관측회가 개최되었다. 다양한 체험학습 프로그램과 과학문화 대중화를 위한, 천문 및 우주과학을 주제로 하는 교육프로그램을 상시 진행하고 있다. 초·중고 학생들 및 일반인을 대상으로 하는 교육 프로그램은 주 4회씩 진행되고 있다. 이를 통해 천문·우주과학에 대한 일반의 관심을 향상시키고, 중고생들에게 전공 진로 방향을 제시하는 등, 경희대학교 천문대는 지역사회 및 일반 천문동호인들에게 중요한 교육 및 체험 현장으로서 새로운 위상을 정립하고 있다.

경희대학교 천문대에는 천문우주과학 관측기기 및 인공위성의 개발과 관련된 다수의 실험실들이 설치되어 있다. 실험 시설로는 전자장비 개발 및 시험 시설, 기계구조부 제작 및 시험 시설, 청정실 등이 있으며, 경희대학교 인공위성 지상국도 현재 천문대에 설치되어 운용되고 있다.

■ 극지연구소 우주환경 연구그룹

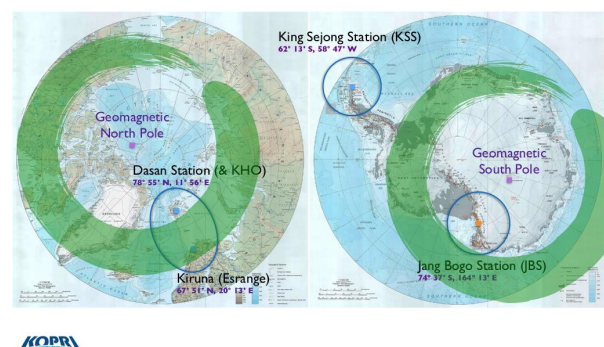
극지연구소는 남·북 극지에서 운영 중인 과학기지에서의 연구 활동을 바탕으로 다양한 기초과학 분야를 연구하고 있는 국내 유일의 극지전문 정부출연 연구기관으로, 남북극 특수 환경에서 수행 가능한 거의 모든 자연과학 분야의 연구를 활발히 수행하고 있다. 1987년, 한국해양연구원(현 한국해양과학기술원)의 한 연구실에서 시작된 극지연구소는 2004년 부설화 이후 질적/양적으로 비약적인 성장을 이루어 왔다. 1988년 남극 세종과학기지, 2002년 북극 다산과학기지, 2009년 쇄빙연구선 아라온, 2013년 인천 송도 독립청사 준공, 2014년 남극 장보고과학기지 준공 등 지속적인 극지 인프라 구축이 진행되어 왔고, 앞으로도 제2 쇄빙 연구선 건조, 남극 내륙기지 건설과 같은 다양한 극지 연구 시설 확보를 계획하고 있다. 극지연구소 우주환경 연구그룹은 국내외 대학 및 연구기관과 공동협력을 통해, 남북극 기지에서 주로 지상 관측 장비를 이용하여 고층대기 중간권 및 열권 하부(Mesosphere and lower thermosphere: MLT region), 전리권

(Ionosphere), 열권(Thermosphere) 등의 영역을 관측하고 있으며, 또한 자기권, 우주선/고에너지 입자, 오로라 등의 관측도 동시에 수행하고 있다.

현재 극지연구소의 우주과학 연구인력은 지권화 회원(전리권, 열권, 플라즈마권, 오로라), 김정환 회원(MLT, 대기중력파), 이창섭 회원(MLT, 열권, 오로라)이 관측 및 수치모델 연구를 수행하고 있고, 박사후 연구원으로 지은영 회원(우주환경), 김지은 회원(고층대기 광학 관측), 송인선 회원(고층대기/대기중력파 수치모델), 권혁진 회원(자기권, 오로라), 그리고 석·박사 과정 연구원 3명이 함께 연구를 수행하고 있다. 국내 공동연구기관으로 충남대학교, 경희대학교, 전남대학교, 한국천문연구원 등과 활발한 공동연구를 수행하고 있으며, 미국 NCAR/HAO, University of Colorado(Boulder), Utah State University, 뉴저지 공과대학(NJIT), NASA/GSFC, 일본 극지연구소(NIPR), 중국 극지연구소(PRIC), 유럽전리권 레이더 연합(EISCAT) 등 국외 연구기관과도 관측기기 운영 및 자료 분석 등을 위해 공동연구를 수행하고 있다 (극지연구소 관련 연구사업: 우주환경과 저층대기에 의한 극지 고층대기변화 규명 - PE18020).

연구시설

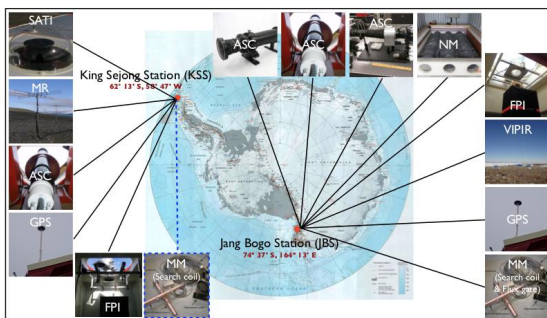
Observation sites in the Polar Region



남극세종과학기지는 1988년 준공과 함께 제1차 월동을 시작으로 현재 제31차 월동연구대(2018년 기준)가 기지를 운영하고 있으며, 남극에서 다양한 분야의 연구활동을 수행하고 있다. 세종기지에서의 우주환경 연구는 고층대기 전리권-열권과 중간권 및 열권에 대한 관측을 중심으로 수행되고 있으며, 이를 위해 전천카메라(All Sky Camera: ASC), 대기광 분광계(Spectral Airglow Temperature Imager: SATI), 유성레이더(Meteor Radar: MR), GPS/Scintillation 모니터, 페브리-페로 간섭계(FPI) 등을 운영하고 있다. 우선 SAT는 캐나다 York 대학과 공동으로 2002년에 설치하여 현재까지 운영해 오고 있는데, 고층대기 중간권계면 주변 (약 87~94 km)의 OH와 O2에서 방출되는 대기광을 관측하여 야간 중성대기 온도를 모니터링하고 있다. 장기간의 관측 자료를 바탕으로 MLT 지역의 온도 특성 연구뿐만 아니라 관측 자료의 다양한 분석을 통해 고층대기에서의 조석파, 대기 중력파 등의 연구에도 활용되고 있다. 그러나 이 장비는 현재 노후화로

인해 운영을 중단한 상태이며, 곧 대체 관측기기를 설치하여 관측데이터의 연속성을 확보할 계획이다. 2000년대 초·중반에 경북 영천에 있는 보현산 천문대에서 운영 중이던 전천카메라를 2008년 세종기지로 이전·설치하여 대기 중력과 연구를 위해 운영하였고, 2012년 장비노후화로 인해 기존의 전천카메라를 철거하고 새로운 전천카메라를 설치하여 운영 중에 있다. 전천카메라는 대기 중력과의 2-D 이미지를 직접 관측함으로써 대기 중력과의 다양한 물리적 특성 연구에 활용되고 있다. 이러한 광학관측기와 함께 운영되고 있는 유성레이더는 2007년 2월 충남대학교 김용하 회원 연구그룹이 세종기지에 설치한 관측기기로서 현재는 극지연구소 우주환경연구그룹과 함께 공동으로 운영 중에 있다. 야간에 맑은 날씨에서만 관측이 가능한 광학장비와는 달리 유성레이더는 하루 24시간, 기상조건에 관계없이 관측이 가능한 장비로서, 약 70~110 km 고도에서 발생하는 유성흔(meteor trails) 관측을 통해 이 고도에서의 중성대기 바람 및 온도를 상시 모니터링 하고 있다. 또한 2015년에는 GPS TEC/Scintillation모니터를 설치하여 전리권 총전자밀도(TEC) 관측도 시작하였다. 남극 세종과학기지에서는 이와 같은 관측장비를 이용하여 고층대기 중간권 및 열권 하부에서의 조석파, 대기 중력과 관련 연구가 활발히 수행되고 있는데, 잘 알려진 바와 같이 세종기지 주변지역은 대기중력파가 가장 활발히 발생하는 지역 중 하나로서 대기중력파에 의한 저층대기와 고층대기의 상관관계 연구를 위한 최적지로 알려져 있다. 미국 NCAR/HAO 소속의 Dr. Qian Wu와 공동으로 2017년에 페브리 페로 간섭계를 세종기지에 설치하여 중성대기 관측을 열권까지 확장하였으며, 따라서 중성대기 바람 및 온도를 중간권에서 열권까지 모니터링할 수 있는 관측시스템을 갖추게 되었다.

Observations in Antarctica

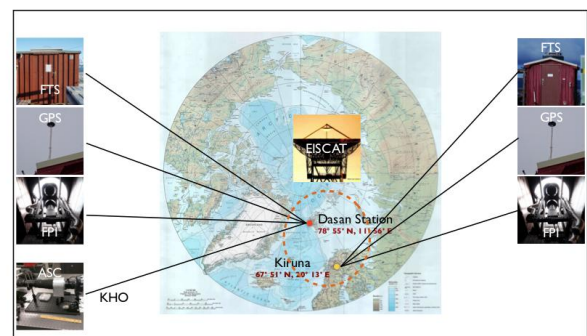


KOPRI

2014년 2월 준공한 장보고과학기지는 세종기지 위치에서 거의 남극대륙 정 반대편에 있으며, 자남극에 인접해 있기 때문에 오로라대(Aurora oval) 및 극관(Polar cap) 지역 우주환경연구에 적합하다. 이 영역에 있는 플라스마 중성입자들은 외부로부터 유입되는 에너지에 의해서 열역학적, 전자기적으로 매우 활발한 운동을 하고 있기 때문에, 우주환경 상시 모니터링 시스템을 통해 지자기 폭풍 시 극지 우주환경에서 발생하는 다양한 물리적 현상들에 대한 연구를 수행할 수 있을 것으로 기대하고 있다. 이를 위한 첫 단계로, 2014년 2월에 장보고 기지의 준공과

함께 페브리 페로 간섭계(Fabry-Perot Interferometer: FPI)를 설치하여 중간권 및 열권에서의 중성대기 바람과 온도 관측을 수행하고 있으며, 2014/2015 하계 기간에는 극지 전리권의 전자밀도 분포(electron density profile) 및 이온바람(ion drift) 등의 물리량을 관측하는 전리권 레이더(Vertical Incidence Pulsed Ionosphere Radar: VIPIR)를 설치하여 현재 정상 관측 중에 있다. 이 장비들의 운영 및 관측 자료를 활용한 연구는 미국 NCAR/HAO 및 콜로라도 대학교 공동으로 수행하고 있다. 또한 한국천문연구원, 충남대학교, 경희대학교, 전남대학교, 미국 John's Hopkins University의 Applied Physics Laboratory (JHU/APL) 등과 공동으로, 보다 다양한 극지 우주환경 관측을 위해 대기광 관측용 전천카메라, 양성자 오로라 관측용 전천 카메라, 전리권 관측용 GPS TEC/Scintillation 모니터, 자기권 관측용 자력계, 우주선/고에너지 입자 관측용 중성자 모니터(Neutron Monitor) 등의 장비들을 추가로 설치하여 국제적인 극지 우주환경 종합 모니터링 센터로서의 역할을 수행하고 있다. 마지막으로 장보고기지는 오로라 관측을 위한 최적의 조건을 갖추고 있기 때문에 2018년부터 오로라 이미지를 지속적으로 확보하기 위한 전천카메라를 설치하여 운영하고 있다. 이 관측으로 극지연구소는 동시에 운영되고 있는 다양한 우주환경 관측 장비들과 함께 오로라 연구를 본격적으로 수행할 수 있는 기반을 갖추게 되었다.

Observations in the Arctic



KOPRI

북극에서는 노르웨이 스발바드 군도의 니알손에 있는 다산과학기지와 스웨덴 키루나에서 적외선 간섭계(Michelson Interferometer)를 운영하고 있는데, 세종기지의 SATI와 유사한 성격의 광학 관측장비로서 중간권계면 주변 지역의 중성대기 온도 관측을 수행하고 있다. 최근에는 이 관측자료와 위성관측 자료를 활용하여 극지연구소 대기 연구팀과 공동으로 성층권 돌연승온(Sudden Stratospheric Warming: SSW) 현상과 극지 고층대기와의 상관관계에 관한 연구를 수행하고 있다. 또한 2015-2016년에는 다산기지와 스웨덴 키루나에 페브리 페로 간섭계(FPI)와 GPS/Scintillation 모니터를 추가 설치하여 극지 전리권-열권 관측 시스템을 구축하였으며, 이 관측은, 한국천문연구원과 공동으로 참여할 예정인 북극지역 전리권 레이더 시스템(European Incoherent Scatter Scientific Association: EISCAT)의 관측과 함께 북극권에서의 전리권 및 전리권-열권 상호작용

연구에 활용되고 있다. 한편 다산기지로 들어가는 입구인 노르웨이 스발바르 롱이어빈에 있는 스발바르 대학(UNIS) Kjell Henriksen Observatory(KHO)에 양성자 오로라 관측용 전천카메라를 설치하여 운영을 시작했다. 이 관측기기는 장보고기지에서도 운영하고 있는 카메라와 동일한 관측기기로서 극관지역 양성자 오로라의 남북극 동시 관측을 수행하게 되었다.

남극 과학기지 월동연구원

극지연구소 우주환경 연구그룹에서는 남극 세종과학기지와 장보고과학기지에 설치되어 있는 극지 우주환경 관측장비들의 안정적인 운영을 위하여 매년 2명의 월동연구원을 모집하고 있다. 월동연구원은 약 1년 동안 각각의 기지에 상주하면서 고층대기/우주환경 관측기기의 운영 및 관리, 관측자료 기초 분석 등의 업무를 수행하게 된다. 매년 상반기 중에 극지연구소 홈페이지(<http://www.kopri.re.kr>)를 통해 모집 공고가 나가며, 우주과학관련 학사학위 소지자부터 지원이 가능하다. 월동연구원에 관심이 있는 회원들은 극지연구소 지진화 회원(ghjee@kopri.re.kr)에게 문의하여 월동연구원의 업무, 자격, 연봉 등에 대한 상세한 정보를 얻을 수 있다.

■ 서울대학교 물리·천문학부 천문학 전공

1. 인적사항

서울대학교 물리·천문학부 천문학전공에서는 구본철, 이형목, 이명균, 박용선, 채종철, 임명신, 김웅태, 이정훈, 우종학, Masateru Ishiguro, 윤성철, Sascha Trippe 등 12명의 교수가 교육과 연구를 담당하고 있다. 미국 Alabama 대학에서 온 James Irwin 교수는 2016년 9월부터 올해 5월까지 객원부교수로 부임하여 연구년을 지내고 돌아갔다. 나고야 대학으로 자리를 옮겼던 이정우 교수는 브레인폴 우수과학자로 선정되어 2017년 4월부터 객원교수로 부임하였고, Nobuo Arimoto 교수도 수바루 천문대장 퇴임 후 2017년 5월부터 브레인폴 우수과학자로 선정되어 객원교수로 부임하였다.

2017년 1학기에는 채종철, 우종학, 윤성철 교수, 2학기에는 이명균, 윤성철 교수가 연구년을 보냈으며, 윤성철 교수는 1년간 호주, Monash Univ 로 파견근무를 다녀왔다.

천문전공주임은 3월부터 박용선 교수가 새로 맡게 되었으며, 임명신 교수는 창의연구 초기천체우주연구단 단장, 우종학 교수는 BK21 운영위원을 계속해서 맡고 있다.

이명균 교수는 12월 31일자로 지난 2년간의 한국천문학회장 임기를 마쳤다.

박사 후 연구원으로는 Rongxin Luo, Suvendu Rakshit, Juan-Carlos Algaba, 이정애, 이용현 박사가 신규임용 되었으며, 전상현, 김민규, 오희영 박사가 근무를 마쳤다.

2017년 1학기에는 석박통합과정 8명, 2학기에는 석박통합과정 3명, 박사과정 1명이 입학하였다.

2017년 1학기에는 박사 4명, 석사 4명을 배출하였으며, 2학기에는 박사 2명, 석사 2명, 학사 3명을 배출하였다. 학위를 받은 학생은 아래와 같다.

《 2017년 8월 학위 취득 》

■ 박사

고유경 (지도교수: 이명균) The Globular Cluster Systems in Virgo and M85

박금숙 (지도교수: 구본철) Study of Galactic HI Shells/Supershells using the I-GALFA Survey Data

이광호 (지도교수: 이명균) A Multi-wavelength Study of Galaxy Transition in Different Environments

이용현 (지도교수: 구본철) Near-infrared Study of Galactic Supernova Remnants

■ 석사

구한울 (지도교수: 이정훈) On Investigating the Effect of Galaxy Interaction on the Evolution of Spin Alignments

롬미리디아 (지도교수: 구본철) A multi-wavelength study of N63A: A supernova remnant within a H II region in the Large Magellanic Cloud

이민경 (지도교수: Masateru Ishiguro) Opposition Effect of Asteroid (25143) Itokawa

이상윤 (지도교수: 임명신) NIR Spectroscopy of Early Afterglow of Ultra-Long GRB 111209A

■ 학사

없음

《 2018년 2월 학위 취득 》

■ 박사

김도형 (지도교수: 임명신) Unveiling intrinsic properties of dusty red AGNs

양홍규 (지도교수: Masateru Ishiguro) Origins and evolution of Interplanetary Dust Particles

■ 석사

박관호 (지도교수: 이형목) Numerical Integration of Neutron Star Binaries in Eccentric Orbits

이나원 (지도교수: 이명균) M81 은하군 구상성단의 분광학적 연구

■ 학사

김동국, 이수빈, 진선호

2. 학술 및 연구 활동

구본철 교수는 공동 연구자 및 지도학생들과 함께 초신성 및 초신성 잔해, 질량이 큰 항성의 생성 및 최종 진화, 우리 은하의

구조 등에 관한 연구를 수행하고 있다. 4월에는 프린스턴 대학에서 개최된 젊은 초신성 잔해 카시오페이아 A에 관한 집중적 워크숍에 참석하여 근적외선 연구 결과를 발표했으며, 9월에는 우리 은하 바깥쪽의 자세한 나선 구조를 보여주는 HI 지도를 학술지에 발표하였다. 지도학생 동정으로는 8월에 박금숙 회원이 “Study of Galactic HI Shells/Supershells using the I-GALFA Survey Data”라는 제목으로, 이용현 회원이 “Near-infrared Study of Galactic Supernova Remnants”라는 제목으로 각각 박사학위를 수여하였다. 그리고 정부초청장학생 톰미리디아는 “A multi-wavelength study of N63A: A supernova remnant within a H II region in the Large Magellanic Cloud”라는 제목으로 석사학위를 수여하고 박사과정에 진입하였다.

이형목 회원은 한국 중력과 연구진인 KGWG의 대표 역할을 수행하고 있으며 자료처리 분야의 다양한 연구를 수행하고 있다. KGWG는 LIGO Scientific Collaboration(LSC)의 공식 회원으로 서울대, 한양대, 부산대, 인제대, 국가수리과학연구소(NIMS), 한국과학기술정보연구원(KISTI) 등이 참여하고 있다. 2016년 11월부터 2017년 8월 말까지 진행된 LIGO와 Virgo의 2차 관측 가동에서는 두 개의 블랙홀 쌍성 충돌 현상과, 특히 2017년 8월 17일에 발견된 중력파는 앞서 발견된 여러 경우와 달리 중력파형 분석 결과 질량이 중성자별인 것으로 추정되었고 거의 동시에 감마선 폭발체가 보고되어 다양한 파장의 전자기파 망원경이 곧바로 추적 관측을 시작한 결과 타원 은하인 NGC 4993에서 새롭게 보이는 변광 천체가 발견되었다. 이러한 정보는 중력과 연구 협력단과 초신성과 같은 변광 천체, 감마선 폭발 천체의 후속 관측 등에 관한 연구를 수행하고 있는 임명신 교수에게도 전달되어 한국천문연구원과 서울대학교가 남반구에 보유하고 망원경들을 이용한 추적 관측이 20일 정도 지속되었다 이들 결과는 다수의 LSC 공동 논문으로 발표되었다. 이형목 회원을 비롯한 KGWG에 속한 14명이 이들 논문 저자로 참여하였다. 이형목은 박다우(박사과정), 김정리(천문연구원)와 공동으로 구상 성단에서 역학적 과정을 거쳐 블랙홀 쌍성이 생성되는 확률과 이들의 관측적 특성을 연구한 논문을 발표 하였다. 이형목은 졸업생인 배영복(천문연구원) 회원과 두 개의 블랙홀이 접근하면서 만들어지는 쌍성의 포획 단면적을 수치상대론적 계산을 통해 구하였다. 이형목은 다수의 국제 연구 그룹과 중력과 검출기만으로 블랙홀 쌍성의 모호함을 동정할 수 있는 가능성에 대한 연구를 수행하였다. 이형목은 적외선 분야의 연구도 계속 추진하여 2017년부터 JCMT/SCUBA-2를 이용한 황도북극 영역에 대한 850 μm 탐사관측 프로그램 Large Program 제안서를 제출하여 400시간 관측 시간을 배정받았다. 2018년 2월 현재 약 8% 정도의 관측이 진행되었다. 이형목은 2017년 5월 21-22일에 타이페이에서 열린 ‘The Third International Workshop on KAGRA’, 6월 25일-30일에 프랑스 파리에서 열린 “XXXIIIth international colloquium of the IAP”, 7월 3일-7일 사이에 이화여대에서 열린 ‘International Conference on Gravitation and Astrophysics and Cosmology’, 10월 16일 - 20일 사이에 스페인 바르셀로나에서 열린 “Astro-GR 9”, 11월 23-27일 사이에 호주 University of Western Australia (UWA)에서 열린 ‘Australian

Conference on General Relativity’에서 초청강연을 하였다.

이명균 회원은 양유진, 김은총 회원, You, Chang, Zabludoff, Ann, Smith, Paul 등과 함께 Mapping the Polarization of the Radio-Loud Lya Nebula B3 J2330+3927 연구를 수행했다. 김민규, 이형목, 정웅섭, 김성진 회원 등과 함께 Low-Resolution Near-infrared Stellar Spectra Observed by the Cosmic Infrared Background Experiment (CIBER) 연구를 수행했다. 고유경, 황호성, 박홍수, 임성순, 손주비, 장인성, 황나래, 박병곤 회원과 함께 To the Edge of M87 and Beyond: Spectroscopy of Intracluster Globular Clusters and Ultracompact Dwarfs in the Virgo Cluster 연구를 수행했다. 이광호, 황호성, 손주비 회원과 함께 The Fastest Galaxy Evolution in an Unbiased Compact Group Sample with WISE 연구를 수행했다. 장인성 회원, Beaton, Rachael; Seibert, Mark; Bono, Giuseppe; Madore, Barry와 함께 The Carnegie-Chicago Hubble Program: Discovery of the Most Distant Ultra-faint Dwarf Galaxy in the Local Universe 연구를 수행했다.

장인성 회원과 함께 TRGB 방법으로 Ia형 초신성이 발견된 은하들의 거리를 측정하고, 이를 이용하여 초신성의 광도를 표준화한 후, 이를 초신성 목록에 적용하여 허블상수의 값을 3-4%의 오차로 정밀하게 측정하는 연구를 수행했다. 장인성 회원과 함께 Resolving the Discrepancy of Distance to M60, a Giant Elliptical Galaxy in Virgo 연구를 수행했다. 장인성 회원, Beaton, R., Madore, B., Freedman, W. 등과 함께 허블우주망원경을 이용하여 Carnegie-Chicago Hubble Program 연구를 수행했다. 김윤영, 이시구로 회원과 함께 New Observational Evidence of Active Asteroid P/2010 A2: Slow Rotation of the Largest Fragment 연구를 수행했다. 강지수, 이정환, 장인성 회원과 함께 Detection of a Large Population of Ultradiffuse Galaxies in Massive Galaxy Clusters: Abell S1063 and Abell 2744 연구를 수행했다. 구본철, 박금숙, 김웅태 회원, Balser, Dana S.; Wenger, Trey V. 등과 함께 Tracing the Spiral Structure of the Outer Milky Way with Dense Atomic Hydrogen Gas 연구를 수행했다. 권유나, 이시구로 회원 등과 함께 목성계열혜성인 Optical and Near-infrared Polarimetry of Non-periodic Comet C/2013 US10 (Catalina) 연구를 수행했다. 이명균 회원은 2016-2017년 천문학회장의 임기를 마쳤다.

박용선 회원은 윤영주 회원과 함께 AGN의 흡수선 분석을 통하여 우리은하 분자운에서 10 AU 규모로 분자들의 분포가 서로 다를 수 있음을 보였다. 유형준회원과는 프레넬 렌즈를 대물렌즈로 하여 접었다 펼칠 수 있는 경량 우주망원경의 광학계 연구를 계속하고 있다. 회절효과를 고려하면서 기하광학적으로 광선을 추적하여 간편하게 광학계를 설계하는 프로그램을 개발하고 있다. 서울전파천문대를 정상화하기 위해 미국 버클리 대학에서 230GHz 대역 수신기를 도입하고 냉각기도 함께 구매하였다. 230GHz 수신기는 CARMA에서 사용하던 것으로 서로 직교하는 편광을 측정할 수 있는 반면 DSB 모드로 동작한다. 실험실에서

냉각 성능을 확인하였으며, 믹서 바이어스, LNA 바이어스, 국부 발전부 제어, 듀어 온도측정등 여러 인터페이스 문제를 해결하여 6미터 망원경을 2018년 가을부터 가동할 예정이다.

채종철 회원이 이끄는 태양천문학 그룹에는 2018년 3월 현재 4인의 박사과정 회원(조규현,곽한나,이겨레, 강주형)과 2인의 석사과정 회원(서민주, 김다나)이 있다. 2017년 3월에 그룹에 합류한 이정우 방문교수는 2017년 12월 10개월간의 방문 기간을 종료했다. 태양천문학 그룹이 수행해 온 연구 과제는 크게 두 가지이다. 첫째, 미국 박베어 태양 천문대의 1.6미터 태양 망원경(GST)의 고속영상태양분광기(FISS)를 이용한 관측 수행, 자료 분석 및 연관 이론 연구를 수행했다. FISS는 채종철 회원이 이끄는 서울대 태양 천문학 그룹과 한국 천문 연구원 태양 우주 환경 그룹이 공동 제작한 것이다. 2017년도에 논문으로 발표된 주요 연구 결과는 다음과 같다. 1) 태양흑점의 3분 속도 진동을 광구에서 검출하였다. 그 결과 광구의 3분 진동은 위로 전파하는 느린 자기음파이며, 그 파동에너지 플럭스는 채층의 3분 속도 진동을 설명하기에 충분했다. 강한 3분 진동이 빛다리나 암부명점 근처에서 발견되는 것으로 보아, 3분진동은 광구 바로 아래에서 일어나는 자기대류에 의해 발견되는 것으로 보인다. (Chae et al. 2017a). 2) 태양채층에서 일어나는 3분진동의 비선형적 전파의 해를 발견하였으며, 비선형적 전파와 연관된 3분진동의 2차조화진동을 발견했다. (Litvinenko & Chae 2017; Chae et al. 2017b). 3) 태양흑점의 빛다리에서 생기는 소규모 채층 플라스마 방출이 빛다리에서 일어나는 자기재연결에서 발견된 느린 자기음파의 충격과 현상임을 시사하는 관측 증거를 발견했다. (Song et al. 2017) 둘째, 한국천문연구원이 추진하는 국제우주정거장용 코로나그래프 개발 사업의 위탁을 받아 연구를 수행했다. 2017년도에 얻은 주요 결과는 다음과 같다. 1) 후코로질량방출 광선을 따라 나가는 유출류가 자기재연결에서 나온 것이라는 관측 증거를 발견하였다 (Chae et al. 2017c). 2) 필터 장착 코로나그래로 코로나 질량방출의 온도구조를 결정할 수 있는 가능성을 검증하였다.

임명신 회원은 한국연구재단 리더연구자사업(창의적 연구)인 초기우주천체연구단을 이끌면서 퀘이사, 원시은하단, 타원은하, 중력파천체, 감마선 폭발, 초신성 등 다양한 주제에 대한 연구를 수행하였다. 연구단에서 수행 중인 Infrared Medium-deep Survey자료를 바탕으로 김재우, 이성국, 현민희, 백인수 회원 등과 함께 원시은하단 및 초은하단 후보들을, 김용정, 전이슬, 신수현 회원과 함께 초기우주 퀘이사 후보들에 대한 선별 및 분광 관측 확인 연구를 진행하여 어두운 초기우주 퀘이사를 다수 발견하는 데 성공하였다. 특히 적색이동 6에 위치한 희미한 퀘이사의 accretion rate이 낮다는 점을 통해 고적색이동 퀘이사들은 무거운 seed mass로부터 성장하였거나 super-Eddington accretion이라는 매우 급격한 성장을 겪었다는 가능성을 제시하였다. 그 외에도 김도형 회원하고 은하진화를 규명하기 위한 고리 역할을 하는 red quasar에 대한 연구를 진행하여 근적외선에서 나타나는 수소 Paschen line을 사용하여 red quasar의 accretion rate이 보통 퀘이사보다 크다는 점을 알아냈음은 물론,

line ratio분석을 통해 red quasar의 색깔은 dust extinction 때문이라는 사실도 밝혀냈다. 이는 붉은 quasar가 보통 quasar와 별형성 중인 은하의 징검다리를 하는 단계라는 scenario를 지지하는 흥미로운 결과이다. 또한 윤용민 회원과 가까운 우주에 있는 매우 무거운 타원은하의 질량-크기 관계가 주변 환경에 의해 영향 받는다는 사실을 최초로 규명하였는데, 이는 그 동안 LCDM 모델이 예측한 바를 뒷받침하는 결과이다. 김준호 회원, Karouzos 회원과 함께, KMTNet을 이용한 AGN의 시계열 관측 연구를, 이상윤, 백승학 회원과 함께 GRB폭발 직후의 근적외선 스펙트럼의 변화를 이용하여 GRB의 afterglow와 prompt emission에 대한 연구를 수행하고 있다. 탁윤찬 회원과 함께 중력렌즈 천체에 대한 모델링 연구를 진행하고 있으며, 황성용, 김준호 회원과 함께 medium-band reverberation mapping연구도 수행중이다. 경희대학교 박수중 회원 등과 함께 고적색편이 퀘이사 관측을 위한 적외선 관측기기인 SQUEAN을 사용하여 z=5에 있는 희미한 퀘이사들에 대한 저분산 분광관측연구를 수행 중이다. 또한 최창수 회원, 임구 회원, 김소피아 회원, 백승학 회원 등과 함께 이상각 망원경의 SNUCAM-II, 미국의 0.8m망원경, 레몬산 1m망원경, 우리나라 소백산 천문대 0.6m망원경, 덕홍천문대 1m망원경, 우즈베키스탄 1.5m망원경 등을 이용하여 가까운 은하의 monitoring관측 연구를 수행하였다. Intensive Monitoring Survey of Nearby Galaxies (IMSNG)라고 명명된 이 연구는 초신성 폭발 순간의 light curve를 확보하여 초신성 원형별의 특성을 규명하기 위한 연구이며, 2017년도 한해 동안 monitoring대상 60개 은하 중 7개 은하에서 초신성 폭발이 발생하였다. 현재 이에 대한 분석 연구를 진행 중이다. 임구 회원과 함께 IMSNG 자료를 이용하여 위성은하를 연구하고 있다. 임명신 회원은 또한 2017년 8월17일에 나타는 중성자별 충돌로 발생한 중력과 천체 GW170817의 국내 광학관측을 주도하여 이것이 '킬로노바'라는 현상을 일으켰다는 사실과 모은하의 특성을 규명하는 연구결과를 Nature, ApJL 등에 발표하였다. 이형록 회원, 김승리 회원, 이충욱 회원과 초기우주천체연구단 연구원들과 함께 수행한 이 연구는 Multi-Messenger Astronomy라는 새로운 연구분야를 창출하는데 크게 기여하였고, 임명신 회원은 이 연구와 관련하여 한국과학기자협회가 선정한 올해의 과학자상을 수여받기도 하였다. 임명신 회원은 그 외에도 준공 후 약 40년이 지난 서울대학교 제1광학천문대의 재건축위원회 위원장으로 천문대의 재건축을 성공적으로 마무리 지었으며, 2017년 동안 IAU membership 위원회의 위원, 한국천문올림피아드 위원, 2021년 IAU general assembly 준비 위원, JKAS 편집위원, 한국천문학회 이사, K-GMT과학백서 준비위원, K-GMT과학자문위원회 위원, 서울대 천문학과 시설위원회 위원장 등을 역임하였다.

김용태 회원은 공동 연구자들과 함께 원반은하에 있는 성간물질의 역학적 진화 및 항성 원반의 비축대칭 구조물의 형성에 대한 연구를 계속하고 있다. 김용태 회원은 김정규 회원(박사과정)과 Ostriker 교수(Princeton)와 함께 젊은 별이 방출하는 자외선의 복사 전달을 효율적으로 풀 수 있는 수치 코드를 개발하여 성간운의 별탄생에 적용하였다. 이들은 별을 생성한 성간운의 파괴에는 복사압보다 광전리가 더 중요하며, 최종 별탄생 효율이

성간운의 표면밀도에 의존함을 밝혔다. 김웅태 회원은 Elmegreen 박사(IBM)와 함께 원반은하 중심부 핵나선의 형성에 대한 연구를 수행하여, 매우 약한 비축대칭 섭동도 강한 핵나선을 할 수 있으며 생성된 핵나선의 세기와 모습은 배경 속도 엇갈림에 의해 결정됨을 보였다. 김웅태 회원은 Pei-Ying Hsieh 박사(ASIAA) 등과 함께 우리은하 중심부에 존재하는 핵주변원반(circumnuclear disk)으로의 질량 유입을 연구하였으며, 구본철 회원 등과 함께 중성수소 관측을 통한 우리은하의 나선구조를 연구하였다. 현재 김웅태 회원은 김정규 회원과 함께 별탄생 영역에서 방출되는 원자외선의 세기에 대한 연구를 진행하고 있으며, 서우영 회원(박사과정)과 함께 막대와 핵고리의 형성 및 중심 영역 별형성에 대한 3차원 연구를, 문상혁 회원(석박사통합과정)과 함께 원통형 좌계에서 적용 가능한 자체중력해자를 개발에 대한 연구를, 양승원 회원(석박사통합과정), 윤한결 회원(석박사통합과정)과 함께 원시행성원반과 행성의 중력 상호작용에 대한 연구를 수행하고 있다.

이정훈 회원은 2017년도에 근거리 우주론에 대한 연구를 수행했다. 근거리 우주에 존재하는 은하단 6개의 동력학적 질량을 배경우주론에 대한 선가정 없이 독립적으로 측정하였고 이를 미국국천체물리저널에 단독저자 논문으로 게재하였다. 이정훈 회원은 또한 영국 델레대학의 바우지우 리 박사와 공동연구를 수행하여 은하군의 회전반경의 한계 초과 현상을 이용하여 중력법칙을 제한하는 방법을 개발하고 이를 수치 실험을 통해 검증하는 연구 성과를 이루어 그 결과를 담은 논문을 제1저자이자 교신저자로 미국국천체물리저널에 게재하였다. 구한울회원은 이정훈회원의 지도하에 은하쌍의 스핀 정렬 정도를 최신 관측 자료를 분석하여 탐지하였고 이 연구 성과를 담은 "Investigating the Effect of Galaxy Interaction on the Evolution of Spin Alignments" 제목의 졸업 논문으로 8월에 석사 학위를 수여받았다.

Masateru Ishiguro 회원의 연구 그룹은 태양계 내에 현존하는 원시 천체를 통해 태양계의 기원과 진화에 대한 연구를 실시했다. 김운영 회원과 Masateru Ishiguro 회원은 2010년에 발견된 P/2010 A2라는 먼지꼬리를 가진 활동성 소행성의 관측 자료로부터 이 먼지 구름의 형성 기작을 조사했다. K-GMT 프로그램의 지원을 받아 총 7.5시간의 관측 자료를 얻어 P/2010 A2 잔해에 현존하는 가장 큰 파편의 자전주기를 11.36시간으로 추정했다. 이 관측 자료로부터 P/2010 A2 먼지 구름은 2009년 발생한 충돌로 형성되었다고 결론 내렸다. 이렇듯 소행성대에서 발생한 충돌로 인해 소행성이 산산조각 나는 현상이 직접 관측된 것은 처음으로, 이 연구결과는 제미니 홈페이지에도 소개되었다 (Kim, Ishiguro, et al. 2017a; Kim, Ishiguro, Lee 2017b). Masateru Ishiguro 회원과 권유나 회원은 태양계 소천체의 편광 관측에서 총 2편의 논문을 발표했다. 태양에 0.19 au까지 접근한 소행성 이카루스의 표면에 100 마이크로미터 크기 미만의 먼지입자가 결여되어 있고, 이는 태양열에 의한 가열 및 복사 압이 원인이라고 추정했다 (Ishiguro et al. 2017). 또한 혜성 C/2013 US10의 편광 관측으로부터 혜성 편광 그룹에 관한 고찰을 실시했다

(Kwon, Ishiguro et al. 2017). 한편 본 연구 그룹은 DEEP-South팀(한국천문연구원)과 연계하여 소행성 연구를 실시했다. DEEP-South 관측자료에서 지구 근접 소행성이나 혜성을 추출하는 알고리즘을 개발하였다 (2017년 한국천문학회 추계학술대회에서 발표). 박운수 회원은 열물리학적 모델의 계산 코드를 작성하고 적외선 천문 위성 AKARI가 관측한 혜성 같은 특성을 가진 두 천체에 적용하고 논문으로 발표했다 (Bach, Ishiguro, Usui 2017). 양홍규 회원은 Masateru Ishiguro 회원의 지도 하에 행성 간 티끌의 궤도 진화에 관한 이론적 연구를 실시하고 2018년 2월에 학위를 취득했다 (Yang & Ishiguro 2018; Yang, 2018 박사학위논문). 본 연구 그룹은 소행성 탐사 Hayabusa 2에 참여하고 있으며, 탐사 천체 관측에서 2편의 논문을 발표했다 (Mueller, Durech, Ishiguro et al. 2017, Perna, Barucci, Ishiguro et al. 2017).

우종학 회원은 4명의 석박사 학생과 5 명의 박사후 연구원과 함께 (1) 캘리포니아 대학과 MOU를 맺어 Lick망원경을 이용한 3년 장기 관측 프로그램을 진행 중이며 미시간 대학의 MDM 2.4미터와 1.3미터 망원경 및 레몬산망원경과 덕후 천문대의 망원경을 사용하여 분광 및 측광으로 빛의 메아리 효과를 이용한 블랙홀 질량 및 우주론 연구를 진행 중이다. (2) Gemini, VLT, Magellan 등에서 관측한 IFU자료와 AKARI 및 JCMT 등의 자료를 이용하여 가스분출과 별생성을 분석하며 AGN 피드백에 관한 연구를 진행 중이다. (3) biconical outflow 모델과 MC 시뮬레이션 및 SDSS자료를 이용한 통계적 연구를 진행 중이다. 연구 결과들은 천체물리 저널을 비롯한 국제저널들에 12편의 논문으로 발표되었다.

윤성철 회원은 한국천문연구원 주관 한철레협력 사업의 일환으로 수행한 Ib 및 IIb형 초신성 모체성의 성질을 쌍성계 진화 모델을 통해 규명하는 연구를 통해, 폭발 직전의 광도, 표면 온도, 반경, delay time 등 관측과 직접적으로 연결될 수 있는 다양한 성질을 비롯하여 IIb형 초신성 모체성 내부에 담겨있는 수소 함량의 한계에 관한 중요한 예측을 하였다. 또한 울프레이에 별들의 질량 손실율을 새롭게 분석하였고 WN 단계와 WC 단계에서 발견되는 질량손실율의 차이를 올바르게 고려할 경우 기존의 모델을 통해서는 설명하기 어려웠던 Ic형 초신성의 모체성의 성질을 관측과 일관성 있는 방식으로 이해할 수 있음을 보였다. 천상현 회원과는 적색초거성 모델을 이용하여 우리은하, M31, 대/소 마젤란 은하에서 관측된 적색초거성의 성질을 분석하여 중원소 함량비에 따라 mixing length값이 달라짐을 보였고, 이를 통해 최초로 mixing length 값을 관측을 통해 보정하였다. 계창우 회원은 Pop III별 내부의 대류가 원소의 생성에 미치는 영향에 관한 연구로 석사학위를 받아 졸업하였다. 2017년 초까지 서울대에서 장기간 방문연구원으로 있었던 독일 본 대학의 P. Neunteufel은 윤성철 회원의 지도 하에 헬륨성과 백색왜성의 쌍성계 진화에 관한 연구를 통해 10월에 박사학위를 받았다. 또한 일본, 러시아 등지의 전문가들과의 국제협력을 통하여 기존의 연구에서 매우 특이한 형태의 질량 손실을 고려해야만 설명할 수 있었던 IIP형 초신성의 초기 광도 곡선의 양상을 적색초거성

항성풍 속도 분포의 현실적인 적용을 통해서 자연스럽게 설명할 수 있음을 보였다. 현재 박사과정 학생인 이현철 학생은 중족III 별의 쌍성계 진화가 블랙홀 병합으로 이어지는 과정을, 전원석 학생은 Ib/Ic형 광도곡선을 재현하는 수치모의실험을, 장혜은 학생은 GEMINI의 고분산 관측기 GRACES를 이용해 관측한 화학적으로 특이한 별의 함량비 분석을, 양하늘 학생은 한국천문원의 KVN팀의 도움으로 공생별의 메이저의 성질을, 김지훈 학생은 무거운 별의 Case A 시스템 쌍성계의 진화 과정을 연구하고 있다.

Prof. Tripple's group at Seoul National University studies the properties of the jets of active galactic nuclei, especially blazars. The group currently comprises 7 graduate students and 1 postdoc. They perform radio astronomical observations using data from various radio telescopes and interferometers, including KVN, KaVA, VLBA, and ALMA. In 2017, they completed the first year of a KVN Key Science Project named "Plasma-physics of Active Galactic Nuclei" (PaGAN). In 480 hours of observing time with the KVN, they studied the core polarization of 14 AGN at 22, 43, 86, and 129 GHz and constrained outflow geometries via Faraday rotation measurements. Prof. Tripple's group also began to operate an optical intensity interferometer in a laboratory on the SNU campus; this interferometer serves as a testbed for a future larger astronomical interferometer. The various group activities received financial support from the NRF and KASI and from the BK21+ program, and resulted in 3 peer-reviewed journal papers in 2017.

3. 발표논문

Abbott, B. P.; Abbott, R.; Abbott, T. D.; Acernese, F.; Ackley, K.; Adams, C.; Im, M.; et al., 2017, "Multi-messenger Observations of a Binary Neutron Star Merger", *The Astrophysical Journal Letters*, Volume 848, Issue 2, article id. L12, 59 pp.

Abbott, B. P., Abbott, R., Abbott, T. D., et al. 2017, "A gravitational-wave standard siren measurement of the Hubble constant", *Nature*, Volume 551, Issue 7678, pp. 85-88

Abbott, B. P., Abbott, R., Abbott, T. D., et al. 2017, "Estimating the Contribution of Dynamical Ejecta in the Kilonova Associated with GW170817", *The Astrophysical Journal Letters*, Volume 850, Issue 2, article id. L39, 13 pp.

Abbott, B. P., Abbott, R., Abbott, T. D., et al. 2017, "GW170608: Observation of a 19 Solar-mass Binary

Black Hole Coalescence", *The Astrophysical Journal Letters*, Volume 851, Issue 2, article id. L35, 11 pp.

Abbott, B. P., Abbott, R., Abbott, T. D., et al. 2017, "Multi-messenger Observations of a Binary Neutron Star Merger", *The Astrophysical Journal Letters*, Volume 848, Issue 2, article id. L12, 59 pp.

Abbott, B. P., Abbott, R., Abbott, T. D., et al. 2017, "On the Progenitor of Binary Neutron Star Merger GW170817", *The Astrophysical Journal Letters*, Volume 850, Issue 2, article id. L40, 18 pp.

Bach, Yoonsoo P.; Ishiguro, Masateru; Usui, Fumihiko, 2017, "Thermal Modeling of Comet-like Objects from AKARI Observation", *The Astronomical Journal*, Volume 154, Issue 5, article id. 202, 10 pp.

Bae, Hyun-Jin; Woo, Jong-Hak; Karouzos, Marios; Gallo, Elena; Flohic, Helene; Shen, Yue; Yoon, Suk-Jin, 2017, "The Limited Impact of Outflows: Integral-field Spectroscopy of 20 Local AGNs", *The Astrophysical Journal*, Volume 837, Issue 1, article id. 91, 25 pp.

Chae, Jongchul; Cho, Kyuhyun; Kwon, Ryun-Young; Lim, Eun-Kyung, 2017, "Evidence for a Magnetic Reconnection Origin of Plasma Outflows along Post-CME Rays", *The Astrophysical Journal*, Volume 841, Issue 1, article id. 49, 6 pp.

Chae, Jongchul; Kim, Yeon Han, 2017, "Performance of the Autoregressive Method in Long-Term Prediction of Sunspot Number", *Journal of the Korean Astronomical Society*, vol. 50, no. 2, pp. 21-27

Chae, Jongchul; Lee, Jeongwoo; Cho, Kyuhyun; Song, Donguk; Cho, Kyungsuk; Yurchyshyn, Vasyli, 2017, "Photospheric Origin of Three-minute Oscillations in a Sunspot", *The Astrophysical Journal*, Volume 836, Issue 1, article id. 18, 8 pp.

Chae, Jongchul; Litvinenko, Yuri E., 2017, "Nonlinear Effects in Three-minute Oscillations of the Solar Chromosphere. I. An Analytical Nonlinear Solution and Detection of the Second Harmonic", *The Astrophysical Journal*, Volume 844, Issue 2, article id. 129, 10 pp.

Choi, Changsu; Im, Myungshin, 2017, "Seoul National University Camera II (SNUCAM-II): The New SED

- Camera for the Lee Sang Gak Telescope (LSGT)", *Journal of the Korean Astronomical Society*, vol. 50, no. 3, pp. 71-78
- Dessart, Luc; John Hillier, D.; Yoon, Sung-Chul; Waldman, Roni; Livne, Eli, 2017, "Radiative-transfer models for explosions from rotating and non-rotating single WC stars. Implications for SN 1998bw and LGRB/SNe", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 603, id.A51, 11 pp.
- Eun, Da-in; Woo, Jong-Hak; Bae, Hyun-Jin, 2017, "A Systematic Search for Hidden Type 1 AGNs: Gas Kinematics and Scaling Relations", *The Astrophysical Journal*, Volume 842, Issue 1, article id. 5, 11 pp.
- Goto, Tomotsugu; Toba, Yoshiki; Utsumi, Yousuke; Oi, Nagisa; Takagi, Toshinobu; Malkan, Matt; Ohayama; Lee, Hyung Mok; Im, Myung; Kim, Seong Jin; et al., 2017, "Hyper Suprime-Camera Survey of the Akari NEP Wide Field", *Publications of The Korean Astronomical Society*, vol. 32, Issue 1, pp. 225 ~ 230
- Hada, Kazuhiro; Park, Jong Ho; Kino, Motoki; Niinuma, Kotaro; Sohn, Bong Won; Ro, Hyun Wook; Jung, Taehyun; Algaba, Juan-Carlos; Zhao, Guang-Yao; Lee, Sang-Sung; Akiyama, Kazunori; Trippe, Sascha; Wajima, Kiyoaki; et al., 2017, "Pilot KaVA monitoring on the M 87 jet: Confirming the inner jet structure and superluminal motions at sub-pc scales", *Publications of the Astronomical Society of Japan*, Volume 69, Issue 4, id.71
- Hatt, Dylan; Beaton, Rachael L.; Freedman, Wendy L.; Jang, In-Sung; Hoyt, Taylor J.; Lee, Myung Gyoong; Monson, Andrew J.; Rich, Jeffrey A.; Scowcroft, Victoria; Seibert, Mark; et al., 2017, "The Carnegie-Chicago Hubble Program. II. The Distance to IC 1613: The Tip of the Red Giant Branch and RR Lyrae Period-luminosity Relations", *ASTROPHYSICAL JOURNAL*, vol. 845, Issue 2, pp.
- Huang, Kuiyun; Urata, Yuji; Takahashi, Satoko; Im, Myungshin; Yu, Po-Chieh; Choi, Changsu; Butler, Nathaniel; Watson, Alan M.; Kutyrev, Alexander; Lee, William H.; Klein, Chris; Fox, Ori D.; et al., 2017, "ALMA and RATIR observations of GRB 131030A", *Publications of the Astronomical Society of Japan*, Volume 69, Issue 2, id.20
- Im, Myungshin; Jun, Hyunsung; Kim, Dohyeong; Lee, Hyung Mok; Ohyama, Youichi; Ji, Hoon~Kim; Nakagawa, Takao; QSONG Team, 2017, "AKARI Spectroscopy of Quasars at 2.5 - 5 μ m", *Publications of The Korean Astronomical Society*, vol. 32, issue 1, pp. 163-167
- Im, Myungshin; Yoon, Yongmin; Lee, Seong-Kook J.; Lee, Hyung Mok; Kim, Joonho; Lee, Chung-Uk; Kim, Seung-Lee; Troja, Eleonora; Choi, Changsu; Lim, Gu; Ko, Jongwan; Shim, Hyunjin, 2017, "Distance and Properties of NGC 4993 as the Host Galaxy of the Gravitational-wave Source GW170817", *The Astrophysical Journal Letters*, Volume 849, Issue 1, article id. L16, 7 pp.
- Ishiguro, Masateru; Kuroda, Daisuke; Watanabe, Makoto; Bach, Yoonsoo P.; Kim, Jooyeon; Lee, Mingyeong; Sekiguchi, Tomohiko; Naito, Hiroyuki; Ohtsuka, Katsuhito; Hanayama, Hidekazu; and 6 coauthors, 2017, "Polarimetric Study of Near-Earth Asteroid (1566) Icarus", *The Astronomical Journal*, Volume 154, Issue 5, article id. 180, 10 pp.
- Jang, In Sung; Lee, Myung Gyoong, 2017, "The Tip of the Red Giant Branch Distances to Type Ia Supernova Host Galaxies. V. NGC 3021, NGC 3370, and NGC 1309 and the Value of the Hubble Constant", *The Astrophysical Journal*, Volume 836, Issue 1, article id. 74, 13 pp.
- Jang, In Sung; Lee, Myung Gyoong, 2017, "The Tip of the Red Giant Branch Distances to Type Ia Supernova Host Galaxies. IV. Color Dependence and Zero-point Calibration", *The Astrophysical Journal*, Volume 835, Issue 1, article id. 28, 17 pp.
- Jeon, Yiseul; Im, Myungshin; Kim, Dohyeong; Kim, Yongjung; Jun, Hyunsung David; Pak, Soojong; Taak, Yoon Chan; et al., 2017, "The Infrared Medium-deep Survey. III. Survey of Luminous Quasars at $4.7 \leq z \leq 5.4$ ", *The Astrophysical Journal Supplement Series*, Volume 231, Issue 2, article id. 16, 16 pp.
- Jun, Hyunsung D.; Im, Myungshin; Kim, Dohyeong; Stern, Daniel, 2017, "The Most Massive Active Galactic Nuclei at z less than or similar to 2", *The Astrophysical Journal*, Volume 838, Issue 1, article id. 41, 21 pp.

- Kang, Daeun; Woo, Jong-Hak; Bae, Hyun-Jin, 2017, "Outflow Kinematics Manifested by the H α Line: Gas Outflows in Type 2 AGNs. IV.", *The Astrophysical Journal*, Volume 845, Issue 2, article id. 131, 10 pp.
- Karouzos, Marios; Im, Myungshin; Trichas, Markos; Goto, Tomogotsu; Malkan, Matthew; Ruiz, Angel; Jeon, Yiseul; Kim, Ji Hoon; Lee, Hyung Mok; Kim, Seong Jin; Oi, Nagisa; et al., 2017, "Galaxies on Diet: Feedback Signatures in Radio-Agn Host Galaxies", *Publications of The Korean Astronomical Society*, vol. 32, issue 1, pp. 201-203
- Kim, Min Gyu; Lee, Hyung Mok; Arai, Toshiaki; Bock, James; Cooray, Asantha; Jeong, Woong-Seob; Kim, Seong Jin; Korngut, Phillip; Lanz, Alicia; Lee, Dae Hee; Lee, Myung Gyoong; Matsumoto, Toshio; et al., 2017, "Low-Resolution Near-infrared Stellar Spectra Observed by the Cosmic Infrared Background Experiment (CIBER)", *The Astronomical Journal*, Volume 153, Issue 2, article id. 84, 19 pp.
- Kim, Minjin; Ho, Luis C.; Im, Myungshin, 2017, "Ionized Gas Kinematics around an Ultra-luminous X-Ray Source in NGC 5252: Additional Evidence for an Off-nuclear AGN", *The Astrophysical Journal Letters*, Volume 844, Issue 2, article id. L21, 5 pp.
- Kim, Minjin; Ho, Luis C.; Peng, Chien Y.; Barth, Aaron J.; Im, Myungshin, 2017, "Stellar Photometric Structures of the Host Galaxies of Nearby Type 1 Active Galactic Nuclei", *The Astrophysical Journal Supplement Series*, Volume 232, Issue 2, article id. 21, 30 pp.
- Kim, Yoonyoung; Ishiguro, Masateru; Lee, Myung Gyoong, 2017, "New Observational Evidence of Active Asteroid P/2010 A2: Slow Rotation of the Largest Fragment", *The Astrophysical Journal Letters*, Volume 842, Issue 2, article id. L23, 5 pp.
- Kim, Yoonyoung; Ishiguro, Masateru; Michikami, Tatsuhiro; Nakamura, Akiko M., 2017, "Anisotropic Ejection from Active Asteroid P/2010 A2: An Implication of Impact Shattering on an Asteroid", *The Astronomical Journal*, Volume 153, Issue 5, article id. 228, 11 pp.
- Kim, Dae-Won; Tripp, Sascha; Lee, Sang-Sung; Park, Jong-Ho; Kim, Jae-Young; Algaba, Juan-Carlos; Hodgson, Jeffrey A.; Kino, Motoki; Zhao, Guang-Yao; Wajima, Kiyooki; et al., 2017, "The Millimeter-Radio Emission of BL Lacertae During Two γ -ray Outbursts", *Journal of the Korean Astronomical Society*, vol. 50, no. 6, pp. 167-178
- Ko, Youkyung; Hwang, Ho Seong; Lee, Myung Gyoong; Park, Hong Soo; Lim, Sungsoo; Sohn, Jubee; Jang, In Sung; Hwang, Narae; Park, Byeong-Gon, 2017, "To the Edge of M87 and Beyond: Spectroscopy of Intracluster Globular Clusters and Ultracompact Dwarfs in the Virgo Cluster", *The Astrophysical Journal*, Volume 835, Issue 2, article id. 212, 19 pp.
- Koo, Bon-Chul; Park, Geumsook; Kim, Woong-Tae; Lee, Myung Gyoong; Balser, Dana S.; Wenger, Trey V., 2017, "Tracing the Spiral Structure of the Outer Milky Way with Dense Atomic Hydrogen Gas", *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, Volume 129, Issue 979, pp. 094102
- Kwon, Yuna Grace; Ishiguro, Masateru; Kuroda, Daisuke; Hanayama, Hidekazu; Kawabata, Koji S.; Akitaya, Hiroshi; Nakaoka, Tatsuya; et al., 2017, "Optical and Near-infrared Polarimetry of Non-periodic Comet C/2013 US10 (Catalina)", *The Astronomical Journal*, Volume 154, Issue 4, article id. 173, 12 pp.
- Lee, Gwang-Ho; Hwang, Ho Seong; Sohn, Jubee; Lee, Myung Gyoong, 2017, "The Fastest Galaxy Evolution in an Unbiased Compact Group Sample with WISE", *The Astrophysical Journal*, Volume 835, Issue 2, article id. 280, 17 pp.
- Lee, Jounghun, 2017, "Independent Measurements of the Dynamical Masses of Six Galaxy Clusters in the Local Universe", *The Astrophysical Journal*, Volume 839, Issue 1, article id. 29, 12 pp.
- Lee, Jounghun; Li, Baojiu, 2017, "The Effect of Modified Gravity on the Odds of the Bound Violations of the Turn-around Radii", *The Astrophysical Journal*, Volume 842, Issue 1, article id. 2, 8 pp.
- Lee, Myung Gyoong; Jang, In Sung, 2017, "Resolving the Discrepancy of Distance to M60, a Giant Elliptical Galaxy in Virgo", *The Astrophysical Journal*, Volume 841, Issue 1, article id. 23, 8 pp.
- Lee, Myung Gyoong; Jang, In Sung; Beaton, Rachael; Seibert,

- Mark: Bono, Giuseppe; Madore, Barry, 2017, "The Carnegie-Chicago Hubble Program: Discovery of the Most Distant Ultra-faint Dwarf Galaxy in the Local Universe", *The Astrophysical Journal Letters*, Volume 835, Issue 2, article id. L27, 6 pp.
- Lee, Myung Gyoon; Kang, Jisu; Lee, Jeong Hwan; Jang, In Sung, 2017, "Detection of a Large Population of Ultradi diffuse Galaxies in Massive Galaxy Clusters: Abell S1063 and Abell 2744", *The Astrophysical Journal*, Volume 844, Issue 2, article id. 157, 17 pp.
- Lee, Myung Gyoon; Sohn, Jubee; Lee, Jong Hwan; Lim, Sungsoo; Jang, In Sung; Ko, Youkyung; Koo, Bon-Chul; Hwang, Narae; Kim, Sang Chul; Park, Byeong-Gon, 2017, Erratum: "Optical Spectroscopy of Supernova Remnants in M81 AND M82" (2015, *ApJ*, 804, 63), *The Astrophysical Journal*, Volume 842, Issue 1, article id. 69, 14 pp.
- Lee, Yong-Hyun; Koo, Bon-Chul; Moon, Dae-Sik; Burton, Michael G.; Lee, Jae-Joon, 2017, "Near-Infrared Knots and Dense Fe Ejecta in the Cassiopeia A Supernova Remnant", *The Astrophysical Journal*, Volume 837, Issue 2, article id. 118, 16 pp.
- Levan, A. J.; Lyman, J. D.; Tanvir, N. R.; Hjorth, J.; Mandel, I.; Stanway, E. R.; Steeghs, D.; Fruchter, A. S.; Im, M.; at al., 2017, "The Environment of the Binary Neutron Star Merger GW170817", *The Astrophysical Journal Letters*, Volume 848, Issue 2, article id. L28, 9 pp.
- Litvinenko, Yuri E.; Chae, Jongchul, 2017, "Analytical description of nonlinear acoustic waves in the solar chromosphere" *Astronomy & Astrophysics*, Volume 599, id.A15, 6 pp.
- Mathur, S.; Gupta, A.; Page, K.; Pogge, R. W.; Krongold, Y.; Goad, M. R.; Adams, S. M.; Anderson, M. D.; Arévalo, P.; Barth, A. J.; Im, M.; Woo, Jong Hak; at al., 2017, "Space Telescope and Optical Reverberation Mapping Project. VII. Understanding the Ultraviolet Anomaly in NGC 5548 with X-Ray Spectroscopy", *The Astrophysical Journal*, Volume 846, Issue 1, article id. 55, 9 pp.
- Matsuhara, H.; Wada, T.; Oi, N.; Takagi, T.; Nakagawa, T.; Murata, K.; Goto, T.; Oyabu, S.; Takeuchi, T. T.; Malek, K.; Solarz, A.; Ohyama, Y.; Miyaji, T.; Krumpe, M.; Lee, H. M.; Im, M.; at al., 2017, "Overview of North Ecliptic Pole Deep Multi-Wavelength Survey Nep-Deep", *Publications of The Korean Astronomical Society*, vol. 321, Issue 1, pp. 213 ~ 217
- Melandri, A.; Covino, S.; Zaninoni, E.; Campana, S.; Bolmer, J.; Cobb, B. E.; Gorosabel, J.; Kim, J.-W.; Kuin, P.; Kuroda, D.; Malesani, D.; Mundell, C. G.; Nappo, F.; Sbarufatti, B.; Im, M.; at al., 2017, "Colour variations in the GRB 120327A afterglow", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 607, id.A29, 5 pp.
- Moriya, Takashi J.; Yoon, Sung-Chul; Gräfener, Götz; Blinnikov, Sergei I., 2017, "Immediate dense circumstellar environment of supernova progenitors caused by wind acceleration: its effect on supernova light curves", *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters*, Volume 469, Issue 1, p.L108-L112
- Müller, T. G.; Durech, J.; Ishiguro, M.; Mueller, M.; Krühler, T.; Yang, H.; Kim, M.-J.; O'Rourke, L.; et al., 2017, "Hayabusa-2 mission target asteroid 162173 Ryugu (1999 JU3): Searching for the object's spin-axis orientation", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 599, id.A103, 25 pp.
- Neunteufel, P.; Yoon, S.-C.; Langer, N., 2017, "Helium ignition in rotating magnetized CO white dwarfs leading to fast and faint rather than classical Type Ia supernovae", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 602, id.A55, 18 pp.
- Onoue, Masafusa; Kashikawa, Nobunari; Willott, Chris J.; Hibon, Pascale; Im, Myungshin; Furusawa, Hisanori; at al., 2017, "Minor Contribution of Quasars to Ionizing Photon Budget at z similar to 6: Update on Quasar Luminosity Function at the Faint End with Subaru/Suprime-Cam", *The Astrophysical Journal Letters*, Volume 847, Issue 2, article id. L15, 6 pp.
- Park, Daeseong; Barth, Aaron J.; Woo, Jong-Hak; Malkan, Matthew A.; Treu, Tommaso; Bennert, Vardha N.; Assef, Roberto J.; Pancoast, Anna, 2017, "Extending the Calibration of C IV-based Single-epoch Black Hole Mass Estimators for Active Galactic Nuclei", *The Astrophysical Journal*, Volume 839, Issue 2, article id. 93, 21 pp.
- Park, Jongho; Trippe, Sascha, 2017, "The Long-term

- Centimeter Variability of Active Galactic Nuclei: A New Relation between Variability Timescale and Accretion Rate”, *The Astrophysical Journal*, Volume 834, Issue 2, article id. 157, 22 pp.
- Park, Songyoun; Woo, Jong-Hak; Romero-Colmenero, Encarni; Crawford, Steven M.; Park, Dawoo; Cho, Hojin; Jeon, Yiseul; Choi, Changsu; Barth, Aaron J.; Pei, Liuyi; Hickox, Ryan C.; Sung, Hyun-Il; Im, Myungshin, 2017, “Reverberation Mapping of PG 0934+013 with the Southern African Large Telescope”, *The Astrophysical Journal*, Volume 847, Issue 2, article id. 125, 12 pp.
- Pei, L.; Fausnaugh, M. M.; Barth, A. J.; Peterson, B. M.; Bentz, M. C.; De Rosa, G.; Denney, K. D.; Goad, M. R.; Kochanek, C. S.; Korista, K. T.; Kriss, G. A.; Pogge, R. W.; Bennert, V. N.; Brotherton, M.; Im, M.; et al., 2017, “Space Telescope and Optical Reverberation Mapping Project. V. Optical Spectroscopic Campaign and Emission-line Analysis for NGC 5548”, *The Astrophysical Journal*, Volume 837, Issue 2, article id. 131, 21 pp.
- Perna, D.; Barucci, M. A.; Ishiguro, M.; Alvarez-Candal, A.; Kuroda, D.; Yoshikawa, M.; Kim, M.-J.; Fornasier, S.; Hasegawa, S.; Roh, D.-G.; Müller, T. G.; Kim, Y. , 2017, “Spectral and rotational properties of near-Earth asteroid (162173) Ryugu, target of the Hayabusa2 sample return mission”, *Astronomy & Astrophysics*, Volume 599, id.L1, 4 pp.
- Sanyal, D.; Langer, N.; Szécsi, D.; -C Yoon, S.; Grassitelli, L., 2017, “Metallicity dependence of envelope inflation in massive stars”, *Astronomy & Astrophysics*, Volume 597, id.A71, 16 pp.
- Shin, Jaejin; nagao, Tohru; Woo, Jong-Hak, 2017, “Outflow and Metallicity in the Broad-Line Region of Low-Redshift Active Galactic Nuclei”, *The Astrophysical Journal*, Volume 835, Issue 1, article id. 24, 13 pp.
- Song, Donguk; Chae, Jongchul; Yurchyshyn, Vasyli; Lim, Eun-Kyung; Cho, Kyung-Suk; Yang, Heesu; Cho, Kyuhyoun; Kwak, Hannah, 2017, “Chromospheric Plasma Ejections in a Light Bridge of a Sunspot”, *The Astrophysical Journal*, Volume 835, Issue 2, article id. 240, 10 pp.
- Starkey, D.; Horne, Keith; Fausnaugh, M. M.; Peterson, B. M.; Bentz, M. C.; Kochanek, C. S.; Denney, K. D.; Edelson, R.; Goad, M. R.; De Rosa, G.; Im, M.; at al., 2017, “Space Telescope and Optical Reverberation Mapping Project.VI. Reverberating Disk Models for NGC 5548”, *The Astrophysical Journal*, Volume 835, Issue 1, article id. 65, 15 pp.
- Toba, Yoshiki; Bae, Hyun-Jin; Nagao, Tohru; Woo, Jong-Hak; Wang, Wei-Hao; Wagner, Alexander Y.; Sun, Ai-Lei; Chang, Yu-Yen, 2017, “Ionized Gas Outflows in Infrared-bright Dust-obscured Galaxies Selected with WISE and SDSS”, *The Astrophysical Journal*, Volume 850, Issue 2, article id. 140, 16 pp.
- Troja, E.; Piro, L.; van Eerten, H.; Wollaeger, R. T.; Im, M.; Fox, O. D.; Butler, N. R.; Cenko, S. B.; Sakamoto, T.; Fryer, C. L.; Ricci, R.; Lien, A.; Ryan, R. E.; Korobkin, O.; Lee, S.-K.; at al., 2017, “The X-ray counterpart to the gravitational-wave event GW170817”, *Nature*, Volume 551, Issue 7678, pp. 71-74
- Woo, Jong-Hak; Son, Donghoon; Bae, Hyun-Jin, 2017, “Delayed or No Feedback? Gas Outflows in Type 2 AGNs. III.”, *The Astrophysical Journal*, Volume 839, Issue 2, article id. 120, 13 pp.
- Yoon, Sung-Chul, 2017, “Towards a better understanding of the evolution of Wolf-Rayet stars and Type Ib/Ic supernova progenitors”, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 470, Issue 4, p.3970-3980
- Yoon, Sung-Chul; Dessart, Luc; Clocchiatti, Alejandro, 2017, “Type Ib and IIb Supernova Progenitors in Interacting Binary Systems”, *The Astrophysical Journal*, Volume 840, Issue 1, article id. 10, 14 pp.
- Yoon, Yongmin; Im, Myungshin; Kim, Jae-Woo, 2017, “Massive Galaxies Are Larger in Dense Environments: Environmental Dependence of Mass-Size Relation of Early-type Galaxies”, *The Astrophysical Journal*, Volume 834, Issue 1, article id. 73, 23 pp.
- You, Chang; Zabludoff, Ann; Smith, Paul; Yang, Yujin; Kim, Eunchoong; Jannuzi, Buell; Prescott, Moire K. M.; Matsuda, Yuichi; Lee, Myung Gyoong, 2017, “Mapping the Polarization of the Radio-Loud Lyalpha Nebula B3 J2330+3927”, *The Astrophysical Journal*, Volume 834,

Issue 2, article id. 182, 10 pp.

Zapartas, E.; de Mink, S. E.; Izzard, R. G.; Yoon, S.-C.; Badenes, C.; Göteborg, Y.; de Koter, A.; Neijssel, C. J.; Renzo, M.; Schootemeijer, A.; Shrotriya, T. S., 2017, "Delay-time distribution of core-collapse supernovae with late events resulting from binary interaction", *Astronomy & Astrophysics*, Volume 601, id.A29, 22 pp.

■ 세종대학교 천문우주학과

1. 인적 사항

세종대학교 천문우주학과에는 강영운, 이희원, 성환경, 이재우, 채규현, 김성은, M. van Putten, G. Rossi 총 8명의 전임교원이 재직하고 있다. 천문우주학과와 물리학과와 통합으로 2015년도부터 학부 신입생의 모집단위가 천문우주학과에서 물리천문학과로 변경되어 되었다. 2018년 2월까지 천문우주학과와 물리천문학과가 함께 존재하는 2원 체제가 유지되고 있다.

2018년 2월에 김형준, 조완수, 홍채린 회원이 석사학위를 받았다. 박사과정에는 P. Rittipruk, 공인택, 윤소영, 이경민, 석.박 통합과정에는 허정은, 최두현, 장석준, 이영민, 석사과정에는 김기용, 이소라, 이영배, 남승현이 재학하고 있다.

2. 연구 및 학술활동

강영운 회원은 대·소마젤란은하에 있는 식쌍성의 물리량을 연구하고 있다. 측광자료를 이용한 마젤란은하 내 식쌍성의 장축운동과 분광자료를 이용한 쌍성의 화학 조성을 연구하고 있다.

이희원 회원은 2017년 2학기부터 2018년 1학기까지 연구년을 보내고 있다. 이희원 회원은 공생별과 어린 행성상성운에서 질량 손실 및 질량 이동 과정과 초기 우주의 라이먼 알파 방출 천체와 활동성은하핵에서 복사 전달을 연구하고 있다. 이희원 회원은 2015년 6월부터 칠레 University of La Serena에 재직 중인 Rodolfo Angeloni 교수, Las Campanas Observatory에 재직 중인 Francesco Di Mille 박사, National University of Cordoba에 재직 중인 Tali Palma 교수와 함께 한국-칠레 협력 연구 사업을 추진하였으며 2018년 1월부터 2기 한-칠레 협력 연구를 이어가고 있다. 공생별과 행성상성운의 고분산 분광 및 고속 측광 연구 분야에서 협력 연구를 수행 중에 있으며, 석박사 통합 과정에 있는 허정은 회원, 장석준, 이영민 회원과 학부 과정의 최보은 학생이 연구 활동에 참여하고 있다. 허정은 회원과 D형 공생별 RR Tel의 C II와 OVI 라만산란선 선율곡 분석을 수행하여 wind accretion과 성간 공간의 CII에 대하여 연구하였다. 이영민 회원과 AG Dra 라만산란 선율곡을 분석하여 wind accretion과 bipolar structure를 제안하였다. 장석준 회원과 초기 우주의 라이먼 알파 방출 천체에서 라이먼 알파선의 복사전달을 한국천문연구원의 양유진 박사와 함께 연구하고 있으며 수소 원자의 정

확한 산란단면적 계산을 적용하여 초기 우주의 재이온화 과정과 관련된 복사 전달 연구를 수행하고 있다. 학부생 연구원 최보은은 어린 행성상성운 IC5117의 라만 산란된 He II 분광선을 분석하고 있으며, He II 방출선의 선폭보다 라만산란된 분광선의 선폭이 더 크게 나타난다는 사실을 발견하였다. 이 결과는 행성상성운의 방출선 지역의 He II의 속도 공간 분포가 비대칭적일 뿐만 아니라 두꺼운 중성 수소는 적도 지역에 쏠려서 존재하고 방출 지역은 적도면에 대하여 방위각 성분의 운동 성분이 추가되어 있음을 강하게 시사한다. bipolar planetary nebula가 쌍성계와 관련이 깊다는 제안에 비추어 매우 흥미 있는 관측 결과로 해석된다.

성환경 회원은 2009년부터 학회의 이사로, 또 2016년부터는 광학분과위원장으로 활동을 하고 있다. 2016년에 연구하였던 카시오페아자리에 있는 젊은 산개성단 IC 1805에 대한 논문은 ApJ Supp. Ser.에 게재를 하였고, 한국연구재단의 지원으로 수행하고 있는 "남반구 젊은 산개성단의 전천 탐사관측"을 위해 2017년 4월 22일부터 6일간 CTIO 0.9m 망원경을 사용하여 남반구 젊은 산개성단의 탐사관측을 수행하였다.

한국천문연구원 및 벨기에 Liege대학교에서 연구 중인 임범두 박사와 함께 젊은 산개성단 NGC 1893에 있는 별 및 성운에 대한 MMT/Hectochele 관측, IGRINS 관측 및 BOES 관측을 수행하여 질량이 큰 별의 feedback에 의한 질량이 작은 별의 생성에 대한 관측적 증거를 얻어 결과를 투고하였다. 또 학부생 연구원인 김슬기와 함께 오리온 성원성단 내 원시행성계 원반의 측광학적 특성을 연구하여, 임시결과를 가을 학술회에 발표하였다. 재학중인 대학원생은 없으며, 학부생인 김슬기가 연구실에 입실하여 실험기자재 관리 및 대학원 진학을 준비하고 있다.

이재우 회원은 지난 10년간 칠레의 세로토로로 미국립천문대 망원경을 이용한 남반구 구상성단 확장 스트림그렌 현대역 측광 전천 탐사 관측을 종료하였으며, 2017년 WIYN cosortium의 공식 파트너로 참가하여 북반구 구상성단에 대한 전천 탐사 관측을 새로이 시작하였다. 이재우회원의 측광자료는 Call H&K를 측정하는 확장 스트림그렌 측광계 이외에 이재우 회원이 최초로 고안한 CN38과 CH G band 흡수선 세기를 측정하기 위한 JWL39와 JWL43 측광계를 포함하는데, 구상성단의 중금속 함량과 함께 CN, CH분자선을 이용한 질소와 탄소의 함량을 동시에 측정할 수 있다. 따라서 이재우회원의 새로운 측광시스템은 구상성단 다중종족 형성과정을 해결하는데 매우 중요한 역할을 수행할 것이다. 이재우 회원의 지도하에 김형준, 조완수 회원은 CTIO 4m Hydra Multi-fiber spectrograph를 사용하여 획득한 구상성단 M22와 NGC104의 적색거성의 고분산 분광자료를 분석하였으며, "특이 구상성단 M22 (NGC 6656)에 대한 고분산 분광연구 (김형준)"과 "47 Tuc의 원소함량 연구 (조완수)"의 주제로 석사학위를 받았다.

김성은 회원은 전파천문학 및 테라헤르츠천문학 연구실 연구원들과 함께 우주 공간 부피변화 체험을 위한 4차원 객체 생성 서버 및 방법에 대해 연구하였으며, 본 연구실 소속이었던 조지

영 회원은 학연과정 석사학위 논문을 제1저자로 최상위 국제학술지 The Astrophysical Journal Supplement Series에 게재하였다. 또 박사후 연구원으로 재직했던 김관정 박사는 현재 일본 국립천문대대에서 근무하고 있다.

모리스 판 푸텐 (M. van Putten) 회원의 주요 연구관심사는 우주론, 중력 및 외계행성이며, 만기 양자 우주론과 관성의 기원, 감마선 폭발체 및 핵붕괴 초신성의 중력과, 그리고 고등생명체의 존재 가능성이 있는 외계행성-위성계의 탐사 등이다. 2017년에는 물리학 및 천문학의 자료처리 방법을 다룬 단행본 “Introduction to Methods of Approximation in Physics and Astronomy”를 Springer-Verlag에서 출판하였으며, 이 책은 Springer-Verlag에서 출판한 eBook 중에서 2017년도 내려받기 상위 25%에 들었다. 또 일본의 검출장치인 KAGRA 중력과 검출기 프로젝트에 참여하고 있으며, 우주 고에너지 변광천체 탐사 프로젝트인 “Transient High Energy Sky and Early Universe Surveyor (THESEUS)”의 핵심 과학연구자로서도 활동을 하고 있다. 싱가포르 NTU에서 개최된 “Conference on Cosmology, Gravitational waves and Particles”, 이탈리아 나폴리에서 개최된 “Bright and Dark Universe Workshop” 및 THESEUS 워크숍, 제15회 한-이태리 상대론적 천체물리학 심포지엄, 이화여자대학교, 아시아-태평양 이론물리연구센터, 세종대학교에서 우주론과 은하역학에 대한 초청강연을 했다.

LIGO 자료를 GPU 가속을 통한 butterfly filtering 기법으로 초당 백만 번이상의 상호관계를 계산하여 중력파를 심층 탐사할 수 있는 새로운 파이프라인을 개발하였다. 이 파이프라인은 24개의 최고급 GPU를 갖춘 150 테라플롭의 이기종 계산전용 플랫폼으로 분석을 수행한다. 이 기법을 쌍성 중성자별 병합체 GW170817에 적용하여 GRB170817A의 중심엔진과 관련된 병합 이후의 신호를 찾고 있다. 또한 우주 지평선에 대한 초기평선 규모의 요동으로부터 우주론적 진공의 스트레스-에너지 텐서, Rindler 지평선의 연류 엔트로피로부터 관성이론을 유도하였다. 첫째는 H_0 -장력의 문제를 풀고, 두 번째는 우주가속이 de Sitter 규모 이하로 감소된 관성 때문에 SPARC의 C^0 은하역학에 대항하는 MUGS2의 Λ CDM 은하모형에서 새로운 6σ 장력을 갖는 은하역학에서 자가 유사성을 확인한다.

석사과정의 홍채린 회원과 함께 케플러, TESS 및 곧 발사될 JWST와 관련하여 지적 생명체가 존재할 수 있는 외계행성 탐사를 시작하였다. Rossby 수와 Gr/Re2 사이의 비례관계에 바탕을 둔 위성의 조석작용에 따른 외계행성의 자전속도 감소로 전반적 기후 온난화를 정량화 하는 h -인자를 도입하였다. M형 별보다는 태양과 같은 별의 생명체 서식가능 지역에서 지구나 화성과 같이 h -인자가 1 근처를 갖는 곳이 “찾는(go-to)” 곳이다. 이 연구는 TESS와 곧 발사될 JWST에서 외계행성 탐사도구로 사용될 수 있도록 외계행성에 대한 다체 수치모의실험을 할 수 있도록 확장을 하고 있다.

그라지아노 로시 (Graziano Rossi) 회원은 2017년부터 중성미

자 우주론, 은하 및 퀘이사 클러스터링과 고해상도 우주론 시뮬레이션 제작 - SDSS에 직접 적용이 가능하며 향후 있을 DESI와 LSST 같은 대규모 우주론 실험에도 적용이 가능 - 에 중점을 두고 연구를 진행하고 있다. 특히 KISTI에 할당된 KSC-2017-G2-0008을 사용하여 개발한 새로운 시뮬레이션 세트를 이용하여 무거운 중성미자와 dark radiation이 작은 규모에서 구조 형성에 미치는 영향을 특징짓고, 이들이 matter power spectra와 flux power spectra를 통하여 Ly α forest에 끼치는 관측 가능한 영향에 대해 자세한 연구를 하고 있다 (Rossi 2017, ApJS, 233, 12). 또한 최종 SDSS DR12 자료 공개 논문 - 그 동안의 언론 보도와 엄청난 공동연구의 노력이 집약된 합동 논문 (Alam et al. 2017) - 에 많은 기여를 하였으며, 여러 편의 논문을 성공적으로 제출을 하여 최신 BOSS 데이터 분석에 큰 공헌을 하였다. 특히 SDSS-IV팀 (Blanton et al. 2017)은 SDSS-IV에서 계획한 첫 2년간의 관측 (2014년 7월 ~ 2016년)으로 축적한 주요 관측자료를 발표하였다. 이는 eBOSS를 통해 얻은 관측자료를 최초로 공개한 것이다. 2017년 3월부터 로시 회원은 단독으로 SDSS-IV eBOSS에 속한 시뮬레이션 그룹의 그룹장을 맡고 있다. 로시 회원의 주도로 제출한 제안서로 eBOSS 시뮬레이션 그룹은 미국 National Energy Research Scientific Computing Center (NERSC)로부터 상당한 수준의 계산시간을 받았으며, 로시 회원은 NERSC의 공동연구를 위한 계산 장비 (Cori와 Edison)의 관리를 맡고 있다. 또한 로시 회원은 Planck LFI CORE2팀에도 합류하였다.

2017년 동안 로시 회원의 세종대 우주론 연구그룹에 학생을 추가로 받아 더욱 확장하였고, 이탈리아의 고등과학원격인 SISSA와 세종대 간의 MOU를 체결하였다. 이 MOU는 한국 기관과 이탈리아 교육기관 사이의 첫 교류로, 현지 및 국제 언론의 많은 보도가 있었으며, 한국 학생들에게 중요한 교류의 장을 연 것이다. 이와 더불어 로시 회원은 2017년 한국연구재단에서 새로 추진하는 빅 데이터 쉘링지의 우주론적 구조의 모델링에 대한 연구비를 수주하였다. 2017년 1월부터 로시 회원은 연구 결과들을 국내외의 다양한 학회 및 미팅에서 발표와 초청 콜로퀴움을 진행하였다. 또한 2017년 멕시코 Punta Mita에서 열린 국제적으로 권위가 있는 ‘Cosmology on the Beach 2017’ 학교의 전체 초청강연자로 초청되었다.

3. 연구 및 교육시설

세종대학교가 보유하고 있는 가장 중요한 관측시설은 76cm 반사망원경이다. 소백산천문대에서 곤지암 노곡리 세종대 부지로 이전·설치한 2012년 이후 망원경의 구동부 등에 이상이 있어 사용하지 못하였다. 76cm 반사망원경은 학부생들의 관측실습 및 공개 행사 등에 사용할 목적으로 (주)에스엘랩에 의뢰하여 2015년부터 망원경의 구동, 제어부와 부경을 수리하여 정상화를 달성하였다. 현재 망원경이 설치된 건물의 보강 작업 및 난간 설치를 계획하고 있다. 곤지암 추곡리 관측소에는 40cm 반사망원경이 설치되어 있지만 지난 수년간 사용을 하지 못하였는데, 작동상태를 면밀히 검토하였으며 수리계획을 수립하여 정상화를 이루고

자 노력하고 있다. 이전에 구축하였던 40cm 반사망원경 및 부속시스템은 노후화로 인하여 정상적인 작동이 어려웠으며, (주)아스트로캠프를 통하여 40cm 망원경, 가대 그리고 부속장비를 구매하였다. 현재 관측실의 리모델링을 계획하고 있으며, 완공 후 학부생들의 관측실습 및 공개 행사 등에 사용될 예정이다.

세종대학교 물리천문학과는 외국의 천문대 공동운영에도 참여하고 있다. 이재우회원은 WIYN Consortium의 공식 파트너로 참여하여 WIYN 0.9m 천문대의 공동 운영 및 관측 장비를 이용한 구상성단 다중종족에 대한 연구를 수행하고 있다. 그리고 Rossi 회원은 슬론 디지털 천문 탐사 (SDSS)의 파트너로 참여하여 대규모 관측자료를 이용한 우주론 연구를 수행하고 있다.

학부학생들의 관측실습은 교내 영실관 옥탑의 간이관측소에 설치되어 있는 11인치 반사망원경 및 다수의 소형 굴절망원경을 이용하고 있다. 또 SRT 소형 전파망원경으로 사용하여 전파관측 실습을 하고 있다. 학생들의 컴퓨터 교육을 위해 천문계산실에 총 18대의 PC를 구비하고 있으며, Linux/Windows 운영환경을 제공하고 있다. 학부생의 취미 및 장래 진로를 위해 학과 내에 천문관측동아리 AJA와 컴퓨터 프로그래밍 동아리 ASC가 학생들의 자발적인 활동으로 활발하게 유지·운영이 되고 있으며, 졸업생의 취업에 많은 기여를 하고 있다.

4. 연구논문

Albareti, F.D., Allende Prieto C., Almeida, A., ... Rossi, G., et al, 2017, ApJS, 233, 25, "The Thirteenth Data Release of the Sloan Digital Sky Survey: First Spectroscopic Data from the SDSS-IV Survey Mapping Nearby Galaxies at Apache Point Observatory SDSS Collaboration"

Alam, S., Ata, M., Bailey, S., ... Rossi, G., et al, 2017, MNRAS, Volume 470, Issue 3, p.2617-2652, "The clustering of galaxies in the completed SDSS-III Baryon Oscillation Spectroscopic Survey: cosmological analysis of the DR12 galaxy sample SDSS Collaboration"

An, D., Lee, Y. S., Jung, J. I., Rey, S.-C., Rhee, J., Lee, J.-W., Lee, Y.-W., Joe, Y. H., 2017, AJ, 154, 150, "Medium-resolution Spectroscopy of Red Giant Branch Stars in ω Centauri"

Ata, M., Kitaura, F.-S., Chuang, C.-H., ... Rossi, G., 2017, MNRAS 467, Issue 4, p.3993-4014, "The clustering of galaxies in the completed SDSS-III Baryon Oscillation Spectroscopic Survey: cosmic flows and cosmic web from luminous red galaxies"

Blanton, M.R., Bershadsky, M.A., Abolfathi, A., ... Rossi, G., 2017, AJ, Volume 154, Issue 1, article id. 28, 35 pp., "Sloan Digital Sky Survey IV: Mapping the Milky Way, Nearby Galaxies, and the Distant Universe"

Chang, C.-J., Lee, H.-W., Ahn, S.-H., Lee, H., Rodolfo, A., Tili, P., Di Mille, Francesco, 2018, JKAS, 51, 5, "Escape of Resonantly Scattered Ly β and H α from Hot and Optically Thick Media"

Chang, C.-J., Lee, H.-W., Yang, Y. 2017, MNRAS, 464, 5018, "Polarization of Rayleigh scattered Ly α in active galactic nuclei"

Cho, C. Cho, S. H., Kim, S., Kim, J., Yoon, D. H., & Hwang, J. 2017, ApJS, 232, 13, "Simultaneous Observations of H $_2$ O and SiO Masers toward OH/IR Stars"

Chuang, C.-H., Pellejero-Ibanez, M., Rodriguez-Torres, S., ... Rossi, G., et al, 2017, MNRAS 471, 2370, "The clustering of galaxies in the completed SDSS-III Baryon Oscillation Spectroscopic Survey: single-probe measurements from DR12 galaxy clustering - towards an accurate model"

Laurent, P., Eftekharzadeh, S., Le Goff, J.-M., ... Rossi, G., et al, 2017, JCAP, Issue 07, article id. 017, "Clustering of quasars in SDSS-IV eBOSS : study of potential systematics and bias determination"

Lee, J.-W. 2017, ApJ, 844, 77, "Multiple Stellar Populations of Globular Clusters from Homogeneous Ca-CN Photometry. II. M5 (NGC5904) and a New Filter System"

Ntelis, P., Hamilton, J.-C., Busca, N. G., ... Rossi, G., 2017, JCAP, Issue 06, article id. 019, "Exploring cosmic homogeneity with the BOSS DR12 galaxy sample"

Pellejero-Ibanez, M., Chuang, C.-H., Rubino-Martin, J. A., ... Rossi, G., et al, 2017, MNRAS, 468, issue 4, pp. 4116-4133, "The clustering of galaxies in the completed SDSS-III Baryon Oscillation Spectroscopic Survey: double-probe measurements from BOSS galaxy clustering and Planck data - towards an analysis without informative priors"

Rossi, G. (2017), ApJS, 233, 12, "Impact of massive neutrinos and dark radiation on the high-redshift cosmic web: I. Lyman- α forest observables"

Slepian, Z., Eisenstein, D. J., Brownstein, J. R., ... Rossi, G., et al, 2017, MNRAS Volume 469, Issue 2, p.1738-1751, "Detection of Baryon Acoustic Oscillation features in the large-scale 3-point correlation function of SDSS BOSS DR12 CMASS galaxies"

Sung, H., Bessell, M. S., Chun, M.-Y., Yi, J., Naze, Y., Lim, B., Karimov, R., Rauw, G., Park, B.-G., & Hur, H. 2017, ApJS, 230, 3 "An Optical and Infrared Photometric Study of the Young Open Cluster IC 1805 in the Giant H II Region W4"

- van Putten, M. H. P. M. 2017, *Entropy*, 19, 198, "Discovery of Kolmogorov scaling in the Natural Language"
- van Putten, M. H. P. M. 2017, "Introduction to Methods of Approximation in Physics and Astronomy", Springer-Verlag
- van Putten, M. H. P. M. 2017, *ApJ*, 837, 22, "Anomalous Galactic Dynamics by Collision of Rindler and Cosmological Horizons"
- van Putten, M. H. P. M. 2017, *Modern Physics Letters A*, 3230019, "Galaxy rotation curves and the deceleration parameter in weak gravity"
- van Putten, M. H. P. M. 2017, *New Astronomy*, 54, 115, "Scaling in global tidal dissipation of the Earth-Moon system"
- van Putten, M. H. P. M. 2017, *Progress of Theoretical and Experimental Physics*, 093F01, "Deep searches for broadband extended gravitational-wave emission bursts by heterogeneous computing"
- van Putten, M. H. P. M. 2017, *ApJ*, 848, 28, "Evidence for Galaxy Dynamics Tracing Background Cosmology Below the de Sitter Scale of Acceleration"
- van Putten, M. H. P. M., & Della Valle, M. 2017, *MNRAS*, 464, 3219, "On extreme transient events from rotating black holes and their gravitational wave emission"
- Wang, Y., Zhao, G.-B., Chuang, C.-H., ... Rossi, G., et al, 2017, *MNRAS*, 469, issue 3, pp. 3762-3774, "The clustering of galaxies in the completed SDSS-III Baryon Oscillation Spectroscopic Survey: tomographic BAO analysis of DR12 combined sample in configuration space"
- Yushchenko, A. V., Gopka, V. F., Shavrina, A. V., Yushchenko, V. A., Vasileva, S. V., Andrievsky, S. M., Raikov, A. A., Kim, S., Rittipruk, P., Jeong, Y., & Kang, Y.-W. 2017, *Kinematics and Physics of Celestial Bodies*, 33, 199, "Peculiarities of the abundance of chemical elements in the atmosphere of PMMR23-red supergiant in the Small Magellanic Cloud due to interstellar gas accretion"
- Zhao, G.B., Raveri, M., Pogossian, L., ... Rossi, G., et al, 2017, *Nature Astronomy*, Volume 1, p.627-632, "Dynamical dark energy in light of the latest observations"
- Zhao, G.-B., Wang, Y., Saito, S., ... Rossi, G., 2017, *MNRAS*, 466, 762, "The clustering of galaxies in the completed SDSS-III BOSS: tomographic BAO analysis of DR12 combined sample in Fourier space"

■ 연세대학교 천문우주학과

1. 인적사항

본 학과는 2018년 3월 현재, 교수진 12 명(이영욱, 변용익, 김용철, 김석환, 박상영, 손영중, 이석영, 윤석진, 정애리, 박찬덕, 지명국, 김태선)과 명예교수진 3명(나일성, 천문석, 최규홍), 그리고 연세-KASI 학연협력 객원교수진 3명(조세형, 손봉원, 변도영)으로 구성되어 있다. 학과 및 천문대 소속의 박사 후 전문연구원 12명, 대학원생 70여 명, 학부생 120여 명으로 구성되어 있다. 학부 1학년 신입생들은 모두 인천 국제캠퍼스에서 1년간 기숙사 생활을 하면서 Residential College 교육을 받고 있다.

학과 교수진의 활동을 요약하면 다음과 같다. 이석영 회원은 2017년 3월 부로 2년 임기의 학과장직을 수행하며 학과를 이끌고 있다. 또한, 천문학회 부회장, 천문학 논총의 편집위원으로 활동하고 있다. 이영욱 회원은 한국연구재단 선도연구센터육성사업(SRC)의 지원으로 연세대 교핵연구소로 설립된 은하진화연구센터의 센터장직을 수행하고 있다. 손영중 회원은 연세대학교 교무처장, 광과항공학과 주임교수와 한국우주과학회 포상위원으로 활동하고 있다. 윤석진 회원은 2017년 3월부터 연세대학교 천문대장을 수행하고 있으며, 한국천문학회 IAU GA 2021 유치위원회 위원을 거쳐 현재 조직위원회 위원으로 활동하고 있다. 정애리 회원은 한국천문학회 학술위원회 위원으로 활동하고 있다. 박찬덕 회원은 2014년 1월부터 한국우주과학회에서 발행하는 학술지 *Journal of Astronomy and Space Science (JASS)*의 편집위원으로 활동하고 있다.

본 학과는 역량있는 천문우주학 전공의 박사들을 배출해내는 교육기관으로서의 책임을 다하고 있으며, 2018년 2월에는 배현진 회원(지도교수 윤석진), 류동욱 회원, 오은송 회원(지도교수 김석환)이 박사학위를 받았다. 또한, 본 학과에는 학과 및 천문대 소속의 10명의 박사후 연구원(류동욱, 윤미진, 임동욱, 조혜진, Samyaday Choudhury, Emanuele Contini, Sanjaya Paudel, Cris Sabiu, Chandreyee Sengupta, Kewei Xia)과 2명의 연구교수(박기훈, 정철)가 활발한 연구 활동을 펼치고 있다.

2. 연구 및 학술 활동

이영욱 회원은 우리은하 별지의 double red clump (dRC) 현상으로부터 은하 별지의 구조와 형성기원에 대한 새로운 이론을 제시하여 국제학계에 큰 반향을 일으키고 있다. 정철, 주식주(천문연) 회원과는 dRC 현상의 다중항성종족 모델 구축을, 임동욱, 홍승수 회원과는 우리은하 별지 항성의 du Pont 2.5m 저해상도 분광관측 연구, 그리고 장소희 회원과는 우리은하 별지 및 Local Group 왜소은하들의 RR Lyrae 변광성을 이용한 다중항성종족 연구를 수행하고 있다. 강이정, 김영로 회원과는 암흑에너지의 발견에 결정적 역할을 하는 Ia형 초신성의 광도에 은하 내 항성종족의 진화가 미치는 영향을 분석하기 위해 du Pont 2.5m 및 MMT 6.5m를 이용한 호스트 은하의 분광관측 및 광도곡선 분석 연구를 계속 수행하고 있다. 또한 김재연 회원과는 원시구상성단

과 왜소은하의 새로운 화학적진화모델 계산을 통해 오랜 난제인 Na-O 역상관계 및 헬륨함량 증가의 기원을 조사하고 있고, 한다니엘 회원과는 우리은하 별지에 있다고 주장된 X-shape 구조의 진위 조사 및 3D 모델링을 수행하고 있다.

변용익 회원은 대만 및 미국의 협력연구자들과 함께, 카이퍼벨트 천체들의 분포를 알아내기 위한 성식 관측연구의 2단계 사업으로 초고속 대형카메라를 장착한 1.3미터 광시야망원경 3기를 멕시코 SPM 관측소에 건설 중이다. 장서원 회원과 함께 높은 정밀도의 시계열 자료 분석을 통한 저 질량 항성들의 변광 특성을 연구하고 있으며, 소행성 및 혜성체의 광도변화와 소행성 종족 분포에 대한 김명진 및 이한 회원과의 연구도 지속하고 있다. 또한 한국천문연구원의 우주감시센터와 협력하여 우주위협대응체계 구축을 위해 노력하고 있다.

김용철 회원은 생성 초기 항성의 내부구조와 활동성 연구, 항성표면 복사유체 수치모사연구, 그리고 등연령곡선 제작 등의 3가지 연구를 진행하고 있다. 항성에서 관측되는 활동성(activity)의 관측 자료와 상세한 내부구조의 이론적 모델을 함께 연구하여 항성구조와 항성 자기 활동성의 인과관계를 체계적으로 이해하고자 하는 것이 활동성 연구의 궁극적 목표이다. 항성표면 복사유체 수치모사연구는 복사와 유체의 상호 작용을 고려한 항성표면 수치모사를 통해 항성대기와 분광 스펙트럼합성을 수행하고, 이로 부터 분광 자료 분석의 이론적 체계를 정립하는 것이 연구의 목표이다. 그리고 등연령곡선 연구는 다양한 개별 원소의 영향이 성단 색 등급도에 어떻게 나타나는지를 체계적으로 설명하는 연구와 함께, 외계 행성계의 모항성에 대한 표준 모델을 구축하는 연구가 진행되고 있다.

김석환 회원이 운영하는 우주광학연구실은 University of Arizona(USA)의 교수 및 연구진들, 그리고 국제적인 광 해석 기업인 Breault Research Organization과 함께 위성 광학시스템 및 대구경 광학 시스템의 성능 해석, 가공 제작, 조립, 정렬, 성능 측정과 3차원 지구 광학모델과 통합적 광선추적 기법을 사용한 외계행성관측 분야에서 다양한 공동연구들을 수행 중에 있다. 그 밖에도 국내외 여러 대학 및 연구소와 함께 다양한 기간산업 분야에 필요한 핵심 광학 성능 모델링 기법과 생산 결합 정렬 기술들을 개발하고 있다. 이와 같은 국제적 수준의 연구 활동을 통해 다수의 졸업생들이 해외 유수 대학으로 유학, 국내의 국책 연구소 및 대기업 연구소 등으로 활발히 진출하여 나가고 있다.

박상영 회원이 지도하는 우주비행제어 연구실(Astrodynamics and Control Lab)은 편대비행 위성의 궤도 결정 및 제어, 자세 결정 및 제어, 위성 자세제어 하드웨어 시뮬레이터, 편대비행 설계 및 최적화, 상대우주항법에 관한 연구를 꾸준히 수행하고 있으며, 편대위성들의 우주항법을 검증하기 위한 하드웨어 시스템도 개발하고 발전시키고 있다. 특히, 차세대 분리형 우주망원경의 기술검증을 위하여 두기의 큐브위성(CANYVAL-X)을 개발하여 2018년 1월에 발사하였다. 또한 차기 우주미션(CANYVAL-C)으로 태양의 코로나를 우주에서 관측하는 큐브위성을 개발하고

있다. 국방광역 감시센터의 연구일환으로서 레이저를 이용하여 위성 간 상대거리를 정밀하게 측정하는 연구를 수행중이며, 위성 간 도킹과 랑데부 등의 근접운영 알고리즘도 개발하고 있다. 광학망원경을 이용한 우주감시를 위한 궤도분석도 하고 있다. 또한 한국형 달 탐사를 위한 지상국 시스템에 필요한 소프트웨어를 개발하였으며, 달 탐사 큐브위성의 활용을 위한 임무설계를 하였다.

손영종 회원의 관측천문학연구실(YOAL)에서는 이소원 회원, 장호우 회원, 정두석 회원, 천상현 회원 (현재 서울대학교 Post-doc)과 함께 항성 종족의 측광학적 특성으로부터 은하 내에서의 별들의 생성 시기와 은하의 진화에 대한 연구를 진행하고 있다. 이 연구를 위한 주 자료는 UKIRT 망원경을 이용해 근적외선 관측으로 항성의 분해가 가능한 근거리 은하들과 안드로메다 은하 시스템, 그리고 Leo Triplet 은하 시스템내의 항성 종족에 대한 근적외선 측광자료이다. 특히 이 은하들은 과거 병합을 겪었거나 현재 병합을 하고 있는 은하들로, 항성 및 항성 종족의 특성으로부터 은하 진화에 병합의 영향을 추가적으로 연구 중이다. 또한 Dr. Samyaday Choudhury 회원과 함께, 근거리 은하들의 중원소 함량 분포 특성에 관한 연구 및 우리 은하 내 성단들의 자외선 측광 특성에 관한 연구를 진행하고 있다. 그리고 한국천문연구원과 함께 OWL-net(Optical Wide-Field Patrol)의 측광학적 품질 개선과 저궤도위성 관측의 새로운 알고리즘의 개발에 대한 연구를 진행하고 있다. 또한 한국천문연구원과 KMTnet(Korea Microlensing Telescope NETWORK)를 이용해 얻은 소행성의 측광학적 정보를 통해 소행성 표면의 구성물질을 분석하는 연구를 진행하고 있다.

이석영 회원이 이끄는 은하진화연구실(GEM)은 1명의 박사후 연구원 (Contini)와 7명의 대학원생으로 구성되어 있고, 은하의 형성과 진화에 관한 이론연구를 수행하고 있다. GEM은 고등과 학원의 이재현박사와 함께 준해석적 은하형성 이론 코드 ySAM을 개발하였고, 우주론적 은하형성 연구와, 은하단 줌인 계산을 위해 슈퍼컴퓨터를 사용한 모의실험을 수행하고 있다. 은하형성 시뮬레이션을 위해서는 프랑스 파리천체물리연구소와 영국 옥스퍼드대학교, 허트포드셔대학교 연구팀과 공조하고 있다. 또한, 호주 시드니대학교가 주축이 되어 진행중인 SAMI IFU 프로젝트의 공식멤버로서 관측자료를 해석하는 일에 참여하고 있다.

윤석진 회원은 (1) 김학섭 회원, 김수영 회원, 한상일 회원, 이상운 회원, 정종훈 회원과 함께 Subaru 8.2m 및 CTIO 4m 망원경을 이용한 은하 및 성단의 측광과 분광 관측 연구를, (2) 정철 회원, 이상운 회원과 함께 항성진화 종족합성 이론을 이용한 Yonsei Evolutionary Population Synthesis (YEPS) 모델 개발 연구와 외부은하 성단계의 '색분포 양분이론'을 이용한 초기우주 은하형성 연대기 규명 연구를, (3) 배현진 회원, 문준성 회원, 지웅배 회원과 함께 Redshift Survery 자료를 이용한 은하의 Recent Star Formation History 연구와 이웃 은하의 영향에 대한 연구를, (4) Mario Pasquato 박사, 김현우 회원과 함께 성단 역학 연구를, (5) 윤기운 회원, 나종삼 회원, 안성호 회원, 서성

우 회원과 함께 N-body 및 Hydro Simulation을 이용한 은하군 및 은하단 역학 연구 및 Disk Warp 현상에 대한 연구를, (6) Sanjaya Paudel 박사, 김진아 회원, 서성우 회원과 함께 은하들 간의 중력적 상호작용이 은하의 Star Formation Rate과 Scaling Relations에 미치는 영향에 관한 연구를, (7) 김동진 회원, 김정욱 회원, 류다솔 회원과 함께 KVN 전파관측 자료를 이용한 만기형 항성대기의 성질과 Super-massive Black Hole의 Binarism에 관한 연구를, (8) 윤기운 회원, 나중삼 회원, 문준성 회원, 서성우 회원, 김선의 회원과 함께 우주론적 다체 및 유체 시뮬레이션을 이용한 초기우주 은하형성 기본단위의 기원 규명 연구를 수행하고 있다.

정애리 회원은 전파 관측 자료를 활용하여 성간물질과 은하 진화의 상관관계에 대한 다양한 연구를 수행 중이다. 중성수소 자료를 활용하여 그룹 단위에서 은하단까지, 여러 밀도 환경으로 인한 은하 진화 효과를 연구하고 있다. 또한, 다양한 molecular line 자료를 이용하여 고밀도 환경이 은하의 성간 가스 성질 및 star formation의 특성에 미치는 영향을 연구 중이다. 한편 밀리미터 연속파 자료를 활용하여, 은하 중심의 AGN이나 starburst와 같은 강력한 활동으로 인한 피드백의 영향을 관측적으로 규명하기 위한 연구를 수행하고 있다.

박찬덕 회원은 우주비행체의 궤도/자세와 관련한 동역학/항법/유도/제어 분야의 연구를 수행하고 있다. 현재 국방광역감시 특화연구센터에 소속되어 다수 위성의 재배치/대형유지, 우주비행체의 자율도킹/충돌회피 등의 연구를 수행하고 있으며, 국방위성항법 특화연구센터에 소속되어 한국형위성항법시스템의 정밀궤도결정 연구를 수행하고 있다. 또한, 비선형/강건 제어기법을 이용한 우주비행체의 정밀 제어, 레이저 관측을 이용한 정지궤도위성의 정밀궤도결정, 소형/비대칭 소형성 탐사를 위한 궤적설계 및 항법/유도/제어 기법 개발 등의 연구를 수행하고 있다.

지명국 회원은 Yonsei Observable UNiverse Group (YOUNG)을 운영하고 있다. 현재 1. 암흑물질의 정체를 규명하기 위한 충돌은하단 연구 (공동연구자: 박사과정 Kyle Finner 회원, 통합과정 이주현 회원, 통합과정 이원기 회원, 석사후 연구원 김민철 회원, 박사후 연구원 조혜전 회원), 2. 초기은하단의 질량함수 결정을 위한 중력렌즈 연구 (공동연구자: 박사과정 김진협 회원, 박사과정 김서진 회원), 3. 우주론 파라미터를 정밀하게 결정하기 위한 Cosmic Shear연구 (공동연구자: 박사후 연구원 윤미진 회원, 박사후 연구원 Cristiano Sabiu 회원), 4. Large Synoptic Survey Telescope (LSST)의 자료처리 알고리즘 연구(공동연구자: 박사과정 김서진 회원)를 수행하고 있다.

김태선 회원은 유태화 회원과 함께 복사유체 수치실험을 이용하여 은하의 진화와 우주의 재이온화에 대한 연구를 진행하고 있다. 무거운 별로부터 기인하는 피드백 과정을 이해하여 과거 우주에서 관측되는 은하의 동역학적 특성을 이해하는 것이 본 연구팀의 궁극적인 목표이다. 정확한 수치실험을 수행하기 위해 복사장에 따라 달라지는 중원소 냉각률과 자기장을 고려한 이론

모델을 개발 중이며, 구상성단의 형성, 환경에 따른 램압력, 초기 은하에서 라이먼 연속선의 탈출률에 관한 연구를 수행하고 있다.

3. 교육 및 연구 시설

천문우주학 교육 시설로서, 천문대 소속의 일산 관측소 61cm 반사 망원경, 교내 관측소 40cm 반사 망원경, 그리고 4대의 10인치 미드 망원경 및 다수의 소형 망원경들을 확보하고 있으며, 학생들의 CCD 측광 실습에 적극 활용하고 있다. 신촌 캠퍼스 내에 설치되어 있는 KVN 전파망원경은 전문 연구자들의 관측뿐 아니라, 학부 및 대학원 학생들의 교육에도 크게 기여하고 있다. 한편, 우리학과는 해외 관측소 공동운영을 통해 대형 망원경을 적극 활용하고 있다. 이영욱 회원은 가시광 영역의 측광 및 분광관측을 위해 카네기 천문대의 du Pont 2.5m 망원경과 MMT 6.5m 망원경 각각 년 3주 및 3일 사용하였다. 윤석진 회원은 MMT 6.5m 망원경 2일을 연구에 활용하였다.

우주비행제어연구실은 차세대 분리형 우주망원경의 기술을 우주공간에서 직접 실험/검증하기 위한 2기의 큐브위성과 우주비행체의 편대비행을 위한 항법/제어 기법을 지상에서 실험/검증하기 위한 실험장치를 제작하고 있다. 한국형위성항법시스템의 궤도결정을 모사하는 시뮬레이터 또한 개발/활용 중이다. 그리고, 우주광학연구실은 광학 시스템 개발을 위한 다수의 설계 및 해석 S/W, 정렬 및 조립 성능 평가를 위한 각종 간섭계 및 광학 측정 장비를 운영하며, 연구 및 프로젝트 형 교육기법에 활용하고 있다.

4. 국내외 연구논문 (2017년 3월부터 2018년 2월까지)

Le, Huynh Anh N.; Woo, Jong-Hak; Son, Donghoon; Karouzos, Marios; Chung, Aeree; Jung, Taehyun; Tremou, Evangelia; Hwang, Narae; Park, Byeong-Gon. 2017, ApJ, 851, 8: Ionized-gas Kinematics Along the Large-scale Radio Jets in Type-2 AGNs

Kim, Jinhyub; Chung, Aeree; Wong, O. Ivy; Lee, Bumhyun; Sung, Eon-Chang; Staveley-Smith, Lister 2017, A&A, 605, 54: HI properties and star formation history of a fly-by pair of blue compact dwarf galaxies

Chung, Eun Jung; Yun, Min S.; Verheijen, Marc A. W.; Chung, Aeree 2017, ApJ, 843, 50: 12CO(J=1-0) On-the-fly Mapping Survey of the Virgo Cluster Spirals. II. Molecular Gas Properties in Different Density Environments

Yoon, Hyein; Chung, Aeree; Smith, Rory; Jaffé, Yara L. 2017, ApJ, 838, 81: A History of H I Stripping in

Virgo: A Phase-space View of VIVA Galaxies

- Rajpurohit, K.; Hoeft, M.; van Weeren, R. J.; Rudnick, L.; Rottgering, H. J. A.; Forman, W. R.; Bruggen, M.; Croston, J. H.; Andrade-Santos, F.; Dawson, W. A.; Intema, H. T.; Kraft, R. P.; Jones, C.; Jee, M. James 2018, *ApJ*, 852, 65: Deep VLA Observations of the Cluster 1RXS J0603.3+4214 in the Frequency Range of 1–2 GHz
- Finner, Kyle; Jee, M. James; Golovich, Nathan; Wittman, David; Dawson, William; Gruen, Daniel; Koekemoer, Anton M.; Lemaux, Brian C.; Seitz, Stella 2017, *ApJ*, 851, 46: MC2: Subaru and Hubble Space Telescope Weak-lensing Analysis of the Double Radio Relic Galaxy Cluster PLCK G287.0+32.9
- Jee, M. James; Ko, Jongwan; Perlmutter, Saul; Gonzalez, Anthony; Brodwin, Mark; Linder, Eric; Eisenhardt, Peter 2017, *ApJ*, 847, 117: First Weak-lensing Results from “See Change”: Quantifying Dark Matter in the Two $z \gtrsim 1.5$ High-redshift Galaxy Clusters SPT-CL J2040–4451 and IDCS J1426+3508
- Benson, B.; Wittman, D. M.; Golovich, N.; Jee, M. James; van Weeren, R. J.; Dawson, W. A. 2017, *ApJ*, 841, 7: MC2: A Deeper Look at ZwCl 2341.1+0000 with Bayesian Galaxy Clustering and Weak Lensing Analyses
- Golovich, Nathan; van Weeren, Reinout J.; Dawson, William A.; Jee, M. James; Wittman, David 2017, *ApJ*, 838, 110: MC2: Multiwavelength and Dynamical Analysis of the Merging Galaxy Cluster ZwCl 0008.8+5215: An Older and Less Massive Bullet Cluster
- Ryu, D.; Kim, S.-W.; & Breault, R. P. 2017, *Optics Express*, 25(5), 4926: New earth system model for optical performance evaluation of space instruments
- Rosdahl, J.; Schaye, J.; Dubois, Y.; Kimm, T.; Teyssier, R. 2017, *MNRAS*, 466, 1: Snap, crackle, pop: sub-grid supernova feedback in AMR simulations of disc galaxies
- Kimm, T.; Katz, H.; Haehnelt, M. G.; Rosdahl, J.; Devriendt, J. E. G.; Slyz, A. 2017, 466, 4826: Feedback-regulated star formation and escape of LyC photons from mini-haloes during reionization
- Kaviraj, S.; Laigle, C.; Kimm, T.; Devriendt, J. E. G.; Dubois, Y.; Pichon, C.; Slyz, A.; Chisari, E.; Peirani, S. 2017, *MNRAS*, 467, 4739: The Horizon-AGN simulation: evolution of galaxy properties over cosmic time
- Katz, H.; Kimm, T.; Sijacki, D.; Haehnelt, M. G. 2017, *MNRAS*, 468, 4831: Interpreting ALMA observations of the ISM during the epoch of reionization
- Joo, Seok-Joo; Lee, Young-Wook; Chung, Chul 2017, *ApJ*, 840, 98: New Insight on the Origin of the Double Red Clump in the Milky Way Bulge
- Chung, Chul; Yoon, Suk-Jin; Lee, Young-Wook 2017, *ApJ*, 842, 91: Yonsei Evolutionary Population Synthesis (YEPS). II. Spectro-photometric Evolution of Helium-enhanced Stellar Populations
- Dongwook Lim; Seungsoo Hong; Young-Wook Lee 2017, *ApJ*, 844, 14: The CN-CH Positive Correlation in the Globular Cluster NGC 5286
- An, Deokkeun; Lee, Young Sun; Jung, Jae In; Rey, Soo-Chang; Rhee, Jaehyon; Lee, Jae-Woo; Lee, Young-Wook; Joe, Young Hoon 2017, *AJ*, 154, 150: Medium-resolution Spectroscopy of Red Giant Branch Stars in omega Centauri
- Young-Lo Kim; Mathew Smith; Mark Sullivan; Young-Wook Lee 2018, *ApJ*, 854, 24: Environmental Dependence of Type Ia Supernova Luminosities from a Sample without a Local-Global Difference in Host Star Formation
- Choi, J.; Oh, H.; Park, C.; and Park, S.-Y. 2017, *International Journal of Aeronautical and Space Sciences*, 18(2), 327–333: Orbit Determination of Korea Regional Navigation Satellite System Using Inter-Satellite Links and Ground Observations
- Lee, K.; Park, C.; and Park, S.-Y. 2017, *Aerospace Science and Technology*, 62, 65–74: Near-Optimal Continuous Control for Spacecraft Collision Avoidance Maneuvers via Generating Functions
- Oh, H.; Park, E.; Lim, H.-C.; Lee, S.-R.; Lee, J.-D.; and Park, C. 2017, *JASS* 34(4), 271–279: Orbit Determination of High-Earth-Orbit Satellites by Satellite Laser Ranging

- Changzhu Wei; Sang-Young Park 2017, *Aerospace Science and Technology*, Vol. 63, April 2017, 214–231: Dynamic Optimal Output Feedback Control of Satellite Formation Reconfiguration Based on an LMI Approach
- Eunji Lee; Youngkwang Kim; Minsik Kim; Sang-Young Park 2017, *JASS*, 34(3), 213–223: Development, Demonstration and Validation of the Deep Space Orbit Determination Software Using Lunar Prospector Tracking Data
- Jeong-Ah Lee; Sang-Young Park; Youngkwang Kim; Jonghee Bae; Donghun Lee; Gwanghyeok Ju 2017, *JASS*, 34(2), 127–138: Mission Orbit Design of CubeSat Impactor Measuring Lunar Local Magnetic Field
- Youngkwang Kim; Sang-Young Park; Eunji Lee; Minsik Kim 2017, *JASS*, 34(2), 139–151: A Deep Space Orbit Determination Software: Overview and Event Prediction Capability
- Eunji Lee; Sang-Young Park; Bumjoon Shin; Sungki Cho; Eun-Jung Choi; Junghyun Jo; Jang-Hyun Park 2017, *JASS*, 34(1), 19–30: Orbit Determination of KOMPSAT-1 and Cryosat-2 Satellites Using Optical Wide-field Patrol Network (OWL-Net) Data with Batch Least Squares Filter
- 김현정; 박상영; 김민식; 김영광; 이은지 2017, *항공우주학회지*, 45권 9호, pp. 746–756: 달 탐사 시험용 궤도선을 위한 심우주 추적망의 관측값 구현 알고리즘 개발
- Han M.; Chun S.-H.; Choudhury S.; Chiang H.; Lee S.; & Sohn Y.-J. 2017, *Journal of Astronomy and Space Sciences*, 34, 83: Spatial Configuration of Stars Around Three Metal-poor Globular Clusters in the Galactic Bulge, NGC 6266, NGC 6273, and NGC 6681 : Surface Density Map
- Choi, H.; & Yi, S. K. 2017, *ApJ*, 837, 68: On the Evolution of Galaxy Spin in a Cosmological Hydrodynamic Simulation of Galaxy Clusters
- Sheen, Y.-K.; Smith, R.; Jaffe, Y.; Kim, M.; Yi, S. K.; Duc, P.-A.; Nantais, J.; Candlish, G.; Demarco, R. & Treister, E. 2017, *ApJ*, 840, 7: Discovery of Ram-pressure Stripped Gas around an Elliptical Galaxy in Abell 2670
- Rhree, J.; Smith, R.; Choi, H.; Yi, S. K.; Jaffé, Y.; Candlish, G.; Sánchez-Jánssen, R. 2017, *ApJ*, 843, 128: Phase-space Analysis in the Group and Cluster Environment: Time Since Infall and Tidal Mass Loss
- Brough, S.; Yi, S. K. et al. 2017, *ApJ*, 844, 59: The SAMI Galaxy Survey: Mass as the Driver of the Kinematic Morphology–Density Relation in Clusters
- Lee, J. H.; Oh, S.; Jeong, H.; Yi, S. K.; Kyeong, J.; Park, B.-G. 2017, *ApJ*, 844, 81: Pixel Color–Magnitude Diagram Analysis of the Brightest Cluster Galaxies in Dynamically Young and Old Clusters Abell 1139 and Abell 2589
- Pujol, A.; Yi, S. K. et al. 2017, *MNRAS*, 469, 749: nIFTy cosmology: the clustering consistency of galaxy formation models
- Park, J.; Smith, R., & Yi, S. K. 2017, *ApJ*, 845, 128: Star Formation of Merging Disk Galaxies with AGN Feedback Effects
- Khim, H.; & Yi, S. K. 2017, *ApJ*, 846, 155: On the Structure of the AGN Torus through the Fraction of Optically Selected Type 1 AGNs
- Contini, E.; Kang, X.; Romeo, A. D.; Xia, Q.; & Yi, S. K. 2017, *ApJ*, 849, 156: Constraints on the Evolution of the Galaxy Stellar Mass Function. II. The Quenching Timescale of Galaxies and Its Implication for Their Star Formation Rates
- van de Sande, J.; Yi, S. K. et al. 2017, *MNRAS*, 472, 1272: The SAMI Galaxy Survey: revising the fraction of slow rotators in IFS galaxy surveys
- Scott, N.; Yi, S. K. et al. 2017, *MNRAS*, 472, 2833: The SAMI Galaxy Survey: global stellar populations on the size–mass plane
- Bae, Hyun-Jin; Woo, Jong-Hak; Karouzos, Marios; Gallo, Elena; Flohic, Helene; Shen, Yue; Yoon, Suk-Jin 2017, *ApJ*, 837, 91: The Limited Impact of Outflows: Integral-Field Spectroscopy of 20 Local AGNs
- Kim, Sooyoung; Yoon, Suk-Jin 2017, *ApJ*, 843, 43: Nonlinear Color–Metallicity Relations of Globular Clusters. VII. Nonlinear Absorption–line Index versus Metallicity Relations and Bimodal Index Distributions

of NGC 5128 Globular Clusters

Pasquato, Mario; Kim, Hyun-Woo; Yoon, Suk-Jin 2018, in press: Global Energy Divergence: a New Kinematic Signature of Core-collapse of Globular Clusters

Pasquato, Mario; Miocchi, Paolo; Yoon, Suk-Jin 2018, in press: Blue Straggler Bimodality: a Brownian Motion Model

Subramaniam, A.; Chung, C. et al. 2017, *Astronomical Journal*, 154, 233: The Horizontal Branch Population of NGC 1851 as Revealed by the Ultraviolet Imaging Telescope (UVIT)

Choudhury S.; Subramaniam A.; Cole A. A.; & Sohn Y. -J. 2018, *Monthly Notices of Royal Astronomical Society*, 475, 4279: Photometric metallicity map of the Small Magellanic Cloud.

Contini, E.; Kang, X.; Romeo, A.D.; Xia, Q. 2017, *Astrophysical Journal*, 837, 27: Constraints on the Evolution of the Galaxy Stellar Mass Function I: Role of Star Formation, Mergers and Stellar Stripping

Meneghetti, M.; Natarajan, P.; Coe, D.; Contini, E. et al. 2017, *MNRAS*, 472, 3177: The Frontier Fields lens modeling comparison project

Xia K.; Huo W. 2017, *Nonlinear Dynamics*, 88(4), 2735-2745: Disturbance observer based fault-tolerant control for cooperative spacecraft rendezvous and docking with input saturation

Zhu B.; Xia K.; Xia X. 2017, *IET Control Theory & Applications*, 11(13), 2170-2176: Game-theoretic demand-side management and closed-loop control for a class of networked smart grid

Xia K.; Huo W. 2017, the 2017 American Control Conference, Seattle, USA, 3747-3752: Adaptive fault-tolerant control for cooperative spacecraft rendezvous and docking

Xia K.; Zhu B. 2017, the 36th Chinese Control Conference, Dalian, China, 979-984: Energy-efficient adaptive control for cooperative spacecraft rendezvous and docking

Şen, Ş.; Peletier, R. F.; Boselli, A.; den Brok, M.;

Falcón-Barroso, J.; Hensler, G.; Janz, J.; Laurikainen, E.; Lisker, T.; Mentz, J. J. et al. 2018, *MNRAS*, 475, 3453: Abundance ratios in dwarf elliptical galaxies

Scott, T. C.; Lagos, P.; Ramya, S.; Sengupta, C.; Paudel, S.; Sahu, D. K.; Misra, K.; Woo, J.-H.; Sohn, B. W. 2018, *MNRAS*, 475, 1148: Arp 202: a TDG formed in a parent's extended dark matter halo?

Paudel, Sanjaya; Sengupta, C. 2017, *ApJ*, 849, 28: UGC 4703 Interacting Pair Near the Isolated Spiral Galaxy NGC 2718: A Milky Way Magellanic Cloud Analog

Park, Songyoun; Sengupta, Chandreyee; Sohn, Bong Won; Paudel, Sanjaya 2017, *JKAS*, 50, 151: Low Frequency Observations of a Radio Loud Dwarf Galaxy

Ulrich, Linda; Lisker, Thorsten; Janz, Joachim; van de Ven, Glenn; Leaman, Ryan; Boselli, Alessandro; Paudel, Sanjaya; Sybilska, Agnieszka; Peletier, Reynier F.; den Brok, Mark et al. 2017, *A&A*, 606, 135: Young, metal-enriched cores in early-type dwarf galaxies in the Virgo cluster based on colour gradients

Sengupta, Chandreyee; Scott, T. C.; Paudel, S.; Dwarakanath, K. S.; Saikia, D. J.; Sohn, B. W. 2017, *MNRAS*, 469, 3629: HI, star formation and tidal dwarf candidate in the Arp 305 system

Li, X-D., Park, C., Sabiu, C., Park, H., Cheng, C., Kim, J., Hong, S. 2017, *ApJ*, 844, 91: Cosmological Constraints from the Redshift Dependence of the Volume Effect Using the Galaxy 2-point Correlation Function across the Line of Sight

■ 충남대학교 천문우주과학과

1. 인적사항

본 학과(학과장 김용하)는 현재 8명의 전임교수(외국인 전임교원 1명 포함), 및 조교 1인을 중심으로 교육과 연구에 임하고 있다.

2018년도에는 학부과정에 33명과 대학원 박사과정에 1명, 석사과정에 4명이 입학하였다. 또한 박사 1명, 석사 1명이 배출되었다. 한편, 외국인 2명 포함 박사후 연구원 3명이 연구를 수행하고 있다. 2018년 현재 학부 약 160명, 대학원 석박사 과정 약 20명으로 지방국립대 중 최대 규모의 천문우주과학 관련 학과를 운영하고 교육과 연구에 전념하고 있다. 한편, 2014년에 BK21

플러스사업의 일환으로 대학원 과정의 경우 천문우주과학과와 지질환경과학과를 통합한 우주지질학과를 설립하여, 천문우주와 지질학의 융합 교육 및 연구를 꾀하고 있다.

2. 연구 및 학술활동

김광태 회원은 충남대학교 e-learning 강좌로 고천문학, 인간과 우주, 우주의 역사, 천문학의 지혜 교양과목들을 성황리에 운영하고 있으며, 천문학의 대중화를 도모할 수 있는 효과적인 천문학 강좌 개발에 관여하고 있다. 고천문학 연구에도 진보를 보여서 지난 2015년부터 충남과학지에 구석기시대 천문학 연구 결과를 발표하고 있다.

오갑수 회원은 현재 태양풍 물리량의 변화에 따른 지자기폭풍의 세기를 예측하는 방법을 연구하고 있으며 최근에는 자기장의 재결합에 관한 연구를 하고 있다.

김용하 회원은 과학재단 특정기초 연구과제의 일환으로 2007년 2월 남극 세종기지에 설치한 유성 레이더를 지속 운영 중에 있다. 2012년 이 레이더의 송출력을 12 kW로 증대하여 현재 일일 평균 약 30000 개 이상의 유성을 측정하고 있으며, 이를 이용해 유성 진입 고도 70 - 110 km 구간의 고층 대기 상태도 측정하고 있다. 또한 극지연구소에서 남북극 지역 모두 4곳 (세종, 장보고, 다산, 키루나)에 설치한 고층대기 관측기로부터 고도 90 - 300 km 구간의 바람 속도에 대한 측정 자료를 확보하여 이 영역의 우주과학 연구를 활발히 수행하고 있다.

이 유 회원은 전남대 오수연 교수와 함께 Neutron Monitor 관측소를 현재 표준연구원 내에 완성하여 관측을 시작하였고, 오는 2015년 11월부터 두 해 겨울 (남반구 여름) 기간에 걸쳐 남극대륙 내의 장보고 기지에 추가 관측소 건립 중에 있다. 이와 더불어 전 세계 관측소들의 자료를 사용하여 관측되는 우주선 강도의 감소현상 (Forbush Decrease)을 태양과 지구간의 행성간 자기구름 물리적 변화로 설명하려는 연구를 하고 있다. 그리고 향후 달탐사를 위한 기초연구로서 LRO/CRA TER science team에 참여하여 달 궤도에서의 우주선 환경변화를 연구하고 있으며, 달에서 인류가 주거 가능한 전초 기지가 될 수 있는 달의 용암동굴을 찾기 위한 연구를 진행하고 있다. 또한, 자연을 연구하는 과학자로서 지구 기후변화 역사와 원인에 대한 깊은 관심을 갖고 연구 중이다.

조정연 회원은 MHD 난류의 성질 및 천문학적 응용에 대해 연구하고 있으며, 성간 먼지의 정렬현상 및 이에 의해 야기되는 적외선 편광에 대해 연구하고 있다. 또한 외부우하의 내부소광과 CMB foregrounds의 효과적 제거 방법에 대해 연구하고 있다. 현재 관측을 통한 난류의 물리량을 구하는 방법을 연구하고 있으며 블랙홀이나 중성자성의 자기권에서 발생하는 난류에 관한 연구를 하고 있다.

이수창 회원은 SDSS 자료를 이용하여 구축한 Virgo 은하단에

있는 은하들의 새로운 목록인 Extended Virgo Cluster Catalog (EVCC)를 활용하여 은하단 및 은하단내 은하들의 진화 연구를 환경효과와 관련하여 수행하고 있다. 또한, SDSS 자료를 이용하여 Virgo 은하단 주위에 존재하는 filament 및 sheet 구조를 새롭게 정의하고 이 구조에 분포하는 은하들의 특성 및 진화 연구를 수행하고 있다. 한편, 은하그룹, 필드 (field), 필라멘트 등 다양한 환경에 있는 은하들의 다파장 특성에 대한 비교연구를 수행하고 있다. Virgo 은하단내 과도기왜소은하에 대한 분광관측 자료 분석을 통해 초기형 왜소은하의 형성기작에 대해 연구하고 있다.

Prof. Hui conveys extensive studies of a wide range of high energy phenomena of compact objects and their environment. These astrophysical systems enable us to probe the laws of physics in the most extreme physical conditions which cannot be attained in any terrestrial laboratories. For multi-wavelength investigations, the state-of-art space and ground-based telescopes around the world, including XMM-Newton, Chandra, Suzaku, Swift, Gemini, Hubble Space Telescope, Australian Telescope Compact Array, VLA, Fermi Gamma-ray Space telescope, are utilized. Prof. Hui is also one of the founders of Fermi Asian Network (FAN) which leads a series of long-term internationally collaborative projects. Very recently, Prof. Hui has joined the project, which is led by the International Space Science Institute, for conceiving new approaches to investigate the active processes in the central regions of galaxies.

이영선 회원은 Sloan Digital Sky Survey (SDSS), SEGUE (Sloan Extension for Galactic Understanding and Exploration), BOSS (Baryon Oscillation Spectroscopy Survey), 그리고 현재 중국에서 진행 중인 LAMOST (Large Sky Area Multi-Object Fiber Spectroscopic Telescope) 등에서 관측한 별의 스펙트럼을 처리하여 별들의 온도, 중력, 금속 함량비, 알파원소 함량비와 탄소 함량비를 결정하는 일괄처리 프로그램들을 개발하는 연구를 수행하고 있다. 일괄처리 프로그램을 통하여 결정된 별의 물리량과 화학원소 함량비를 이용하여 우리은하의 원반 (disk)과 헤일로 (halo)에 있는 별들의 운동학적, 화학적 특성과 분포를 조사하여 원반과 헤일로의 기원과 화학적 진화에 대하여 연구도 수행하고 있다.

충남대 천문우주과학과는 지난 8년간 2단계 BK21 사업에 이어 지질환경과학과와 공동으로 2013년에 BK21 플러스의 지구과학 분야 사업단에 선정되어 운영되고 있다. 또한 2015년 중간평가를 거쳐 5차년도 협약이 확정되었다. 미래 우주지질 탐사 사업단 (단장 - 김용하, 참여교수 - 이유, 이수창, 조정연, C. Y. Hui, 이영선)은 우주/지질 분야에서 다양한 과학적 현안들을 해결하고 미래 성장에 능동적으로 기여할 수 있는 핵심인재 양성 및 관련 분야에서 국제적인 수준의 기초연구를 수행하고 있다.

또한 2016년 9월부터 3년간 지방대학 특성화 사업(CK사업)의 일환으로 지질환경과학과, 해양환경과학과와 함께 지구/우주 국가전략기술인재양성사업단에 참여하여 연간 4억의 사업비를 지원받아 창의적 융복합 인재를 양성하고 있다. 천문우주과학과는 천문우주 연구 및 우주탐사의 세부 분야를 담당하고 있다. 특히, 국제적 수준의 차세대 우주탐사 연구인력을 양성하여, 정부의 대형 국책 연구사업에 필요한 전문 인력 공급을 목표로 하여 사업을 운영하고 있다. 천문우주 탐사, 우주환경 관측 및 시뮬레이션, 그리고 우주현상 시뮬레이션 분야에서 교육 시스템 및 연구 수준을 국제적 수준으로 끌어 올려 국책연구소에서 필요로 하는 양질의 석박사를 배출하는 것을 주요 목표로 하고 있다.

3. 연구시설

연구 시설로는 다수의 워크스테이션 서버와 고성능 PC가 갖추어진 천문전산실, 광학실험장치, Photodensitometer, 인공위성 추적시스템이 갖추어져 있는 광학실험실이 있다. 그리고 천문대 및 Planetarium 상영을 위한 천문전시실이 있으며, 시뮬레이션실, 천문도서실 등이 학부 학생들의 교육을 위한 실험실습실로 이용되고 있다. 천문대에는 16인치 슈미트-카세그레인 반사망원경이 4m 돔에 설치되어 있고, 14, 12, 10인치 슈미트-카세그레인 망원경, 7인치 반사망원경, 6, 5인치 초저분산 굴절망원경, 6인치 쌍안경, 분광기, 그리고 다수의 냉각 CCD 카메라가 있다. 그리고 대전 시민천문대의 10인치 굴절망원경의 원격제어 시스템을 완성해 시민천문대가 운영을 마친 11시 이후에 이를 활용하여 관측수업을 진행 중이다.

■ 충북대학교 천문대

충북대학교 천문대는 진천관측소가 2008년 개관 이래 약 10년이 지난 현재까지 천문관측을 계속 수행하고 있으며, 천문대를 건설하면서 축적하였던 다양한 천문 기술을 국내 천문대에 보급하고 있다. 천문대 구성인원은 대장(김천휘 교수)과 소장(윤요라 주무관), 그리고 5명의 관측요원으로 이루어져 있다. 보유 장비는 진천관측소에 소재한 국내 대학 최대 구경인 1m RC 망원경, 인공위성 추적 감시 망원경인 60cm 광시야 망원경(2010년 설치)이 있으며, 또한, 대학 교내 35cm와 40cm 망원경을 운용하고 있다. 이 4대의 망원경의 관측 대상은 주로 변광성이며, 때때로 행성 transit 측광관측 및 한국천문연구원과의 협력으로 인공위성과 소행성 등을 병행 관측하고 있다.

최근 몇 년 동안 진천관측소에서 이루어진 일은 천문대의 날씨 상황, 관측 진행상황, 그리고 관측 현황 등을 실시간으로 알려주는 시스템을 개발하여 web에 공지하고 있다 (<http://210.125.158.21/weather/>), 이와 더불어 관측된 변광성의 위상에 따른 광도곡선도 web 상에 보여줌으로서 관측자에게 편의를 주고 있다.

충북대학교 천문우주학과가 전국에 산재되어 있는 각종 천문 기관이나 시설(과학관, 과학박물관, 시민천문대 등)에 걸 맞는

전문인력 양성을 목적으로 2008년 3월부터 대학원에 신설한 '대중천문과학' 전공을 실질적으로 활성화하고 기술적으로 뒷받침하기 위하여 천문대는 다양한 천문관측과 실습 프로그램을 개발하여 학생들에게 관측실습의 장을 제공하고 있다.

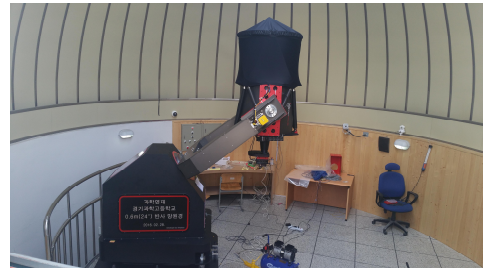


그림1 . 과학영재 경기과학고등학교 0.6m 반사망원경. Antalece 6.0.

2014년부터 충북대학교 천문대는 대중천문 보급 및 자구적 예산확보 차원에서 천문을 테마로한 오토캠핑장을 추진하고 있다. 총 18기의 텐트 사이트로 1년에 1억원 이상의 수익을 목표로 각종 편의 시설 건물을 신축했다. 천문대의 넓은 천연 잔디 운동장과 망원경 및 천문학 전공 학생들의 천문강의와 체험학습을 테마로 천문오토캠핑을 진행하고 있다. 오토캠핑장이 활성화되면 지역 아동센터 및 다문화 가정을 위한 무료 천문캠핑을 진행해 지역사회에 대중천문을 접할 수 있는 기회의 장을 마련하고 있다.

지속적인 천문기기 개발을 수행하고 있는 충북대학교 천문대는 다양한 기술력으로 국내 망원경 및 관측기기 수리 용역을 수행하고 있다. 2014년에는 제주별빛누리 공원의 주망원경인 60cm 망원경의 주경 미러셀과 스파이더 부경 미러셀을 다시 제작하는 연구과제를 수행 완료하였고, 2015년은 국립 부산과학관 350mm 굴절 망원경 구동 시스템 개발을 완료 하였으며, 이와 더불어 과학영재 경기과학고등학교 0.6m 반사 망원경, 대전 동신과학고등학교 0.5m 반사망원경을 메타스페이스와 협력하여 Antalece 6.0과 5.0의 새로운 망원경을 개발하여 납품하였다. 또한 충북대학교 천문대에서 운영중인 AWS 및 구름모니터링 시스템은 다양한 기관에서 설치를 의뢰하고 있으며, 2014년에 국립과천과학관과 과학영재 한국영재학교에 개발을 완료해 납품하였다.

2016년 10월 한국천문연구원의 SLR(Satellite Laser Ranging) 그룹의 거창 감악산 사이트에 8.5m 고속 회전 자동 제어 돔 개발을 완료하였으며, 이 돔은 최고 속도 18°/sec, 지향 정밀도 ±30arcsec의 정밀도를 가지고 있다. 2017년 시험관측을 거쳐 본격적인 인공위성 관측을 시작할 계획이다.

0.6m 광시야 망원경은 72'×72'넓은 시야를 가진 4K CCD를 사용함으로써 한 CCD 화면에 수많은 별들이 동정되고, 따라서 새로운 변광성들이 많이 발견되기 때문에 자료처리 방식을

새롭게 수정하는 S/W를 개발하였으며, 이와 더불어 이제까지 관측된 변광성들을 정리하여 논문화하는 작업을 수행되고 있다.

최근에 넓은 시야를 이용한 외계행성 탐사 관측은 매우 높은 관측 정밀도를 나타내고 있으며, 지속적인 관측으로 국내 학회지 및 SCI급 논문이 기대되고 있다.

2015년 10월에는 광시야 0.6m 망원경 전용 완전개폐형 돔을 설계 제작하여 기존 슬라이딩 돔 철거와 함께 더욱 쾌적한 천문체험학교 환경을 조성하였으며, 새로 개발한 완전개폐형 돔은 관측 시야가 고도 15° 이상 확보되고 망원경의 구동에 간섭이 전혀 없어 광시야 0.6m 망원경의 구동 안전성을 확보하였고, 9시간 연속 시계열 관측을 할 수 있는 환경을 조성하였다.



그림2 . 충북대학교 천문대 0.6미터 광시야 망원경 완전 개폐형 돔.



그림3. 국립부산과학관 350mm 굴절망원경.



그림4. 한국천문연구원 거창 감악산 SLR 사이트 8.5미터 자동 제어 돔.

■ 충북대학교 천문우주학과

1. 인적사항

충북대학교 천문우주학과에는 서경원, 김천휘, 김용기, 이대영, 하야사키키미타케, 안홍준 회원 등 6명의 전임 교수가 194명의 학부생과 31명의 대학원생의 교육과 연구를 맡고 있다. 국내 대학 중 유일한 대학본부 부속기관인 충북대학교 천문대는 2017년 3월부터 김천휘 교수가 천문대장직을 수행하고 있으며 윤요라 회원이 업무를 담당하고 있다. 학과 행정업무는 2017년부터 이민희 회원이 조교로 근무하고 있다.

2. 연구 및 학습활동

서경원 교수는 진화된 항성 주변 먼지층의 특성과 진화에 대한 연구를 수행하고 있다. 이를 위하여 진화된 항성의 목록을 개선하고 체계화하며 관련된 적외선 및 전파 관측 자료들을 수집하여 분석하고 있다. 또한 진화된 항성의 구조와 진화에 따른 주변 먼지입자의 특성에 대한 이론적 모형의 개발과 적용을 위한 연구도 함께 진행 중이다.

김천휘 교수는 2017년부터 천문대장직을 맡고 있으며, 근접쌍성계의 측, 분광학적 성질 및 주기변화를 연구하고 있다. 그 일환으로 지난 수년간 폴란드의 크라코우 교육대학의 J. M. Kreiner 교수와 공동으로 수행하였던 근접점 운동을 하는 근접쌍성계의 카탈로그 작성 연구를 마무리하였다. 그 결과가 ApJS에 게재 승인되어 올 상반기에 출간예정이다. 이를 기반으로 그 후속연구를 수행하고 있다. 김천휘 교수의 지도하에 박장호, 송미화, 정민지, 임진선, 이희재, 김혜영 회원이 박사과정을 이수하고 있으며, 2017년부터 김재영 회원이 석사과정을 진행하고 있다.

김용기 교수는 대학원 대중천문학과정을 담당하고 있다. 자기격변변광성의 관측 및 관측자료 처리에 대한 연구를 하고 있으며 우크라이나 ONMU 대학의 Andronov교수와 자기격변변광성에 대한 공동연구를 하고 있다. 또한 충북대학교 망원경 자동관측시스템을 이용한 자기격변변광성 모니터링관측, 그리고 망원경 자동관측시스템을 이용한 과학대중화사업에의 연계연구에도 관심을 갖고 부산과학관, 경기과학고의 망원경 및 관측시스템 개발에 참여한 바 있다. 김용기 교수는 한양대학교 오준영 교수와 함께 과학의 본성을 이용한 대중천문 교육에 대한 연구를 하고 있으며, 천문도서 번역에도 기여하였다. 현재 김동훈, 한기영, 박은미 회원이 박사과정, 이상민, 이준구, 노지은, 유선아 회원이 석사과정을 이수하고 있으며, 설아침 회원이 통합과정에서 김용기 교수의 지도를 받고 있다. 2014년 1월부터 한국우주과학회 부회장으로 봉사하고 있으며, 2014년 1월부터 2015년 12월까지 한국천문학회 교육홍보위원장을 맡은 바 있다.

이대영 교수는 현재 8명의 full-time 석박사 과정 대학원생들과 2인의 연구교수로 구성된 우주물리/우주환경 연구 그룹을 이끌고 있다. 주로 space plasma instabilities, radiation belt

electron dynamics, wave-particle interaction, interplanetary magnetic field 관련 기초 연구와 우주 자기장 측정기 개발에 집중하고 있다. 특히, 최근 한국연구재단 지원 사업을 통해 극단적 우주환경 조건에서 고성능으로 운영이 가능한 자기장 측정기 (fluxgate magnetometer)를 자체적으로 개발 중이며 이를 통해 관련 기반 기술의 국산화에 주력하고 있다. 또한, 우주환경 교란의 가장 큰 원인이 되는 interplanetary magnetic field 변화 예측에 대한 난제를 해결하기 위해 매우 도전적인 (중장기) 연구를 최근 시작하였다.

하야사키 키마타케 교수는 black hole 천문학 및 천체물리학에 대한 연구를 수행하고 있다. 현재 merging process of binary supermassive black holes in the context of disk-binary interaction에 관하여 연구하고 있다. 쌍성 블랙홀 병합 중 중력과 검출(GW 150914)의 최근 발견은 그 어느 때보다도 이 분야에 많은 동기를 부여하고 있다. 또한 the tidal disruption of stars by supermassive black holes에 대해 연구하고 있으며, 최근 tidal disruption events가 급격하게 관측되면서 관측과 이론적 관심이 증가하고 있는 주제이다. 현재 박관우 학부생과 함께 연구 그룹을 이끌고 있으며, black hole 천문학 및 천체물리학에 새로운 통찰력을 제공하고자 교육하고 있다.

안홍준 교수는 현재 국제 협력 연구단인 Fermi 연구단에 참여하고 있으며, X선 및 감마선 관측을 통하여 고에너지 천체현상을 연구하고 있다. 고에너지 방사는 우리 은하뿐만 아니라 외계 은하에 존재하는 밀집성에서 나타나는데, 주로 중성자 별 및 그 성운, 거대 블랙홀 등이 연구대상이다. 이런 물체에서 발생하는 고에너지 현상을 통하여 그 물체들의 특성을 추정하는데, 중성자 별 연구는 최종적으로 그 질량을 추정하여 현재의 물리학적 지식을 기반으로 유도한 상태방정식을 검증함으로써 초 고밀도하에 존재하는 물질의 상태를 추정하는 것을 목표로 한다. 중성자 별 성운이나 거대 블랙홀 주변에서 입자들이 초고에너지로 가속되는 현상이 발생하여 X선 및 감마선이 방출되는 것으로 추정하는데, 관측 및 이론적 모형을 통하여 플라스마 물질의 가속현상들 이해하는 것을 목표로 하여 연구하고 있다. 현재 네 명의 대학원생과 함께 연구를 진행하고 있다.

3. 연구시설

각 교수의 연구실 및 실험실에는 최신 PC 및 관련 주변 기기, 그리고 워크스테이션이 구비되어 있으며, 또한 교내 35cm 반자동 천체망원경, 40cm 자동 천체망원경 및 3m 태양 망원경, 5m 위성 전파수신기, 그리고 최근 자체 제작한 2.8Ghz 전파 수신기 등 천문우주 교육에 필요한 다수의 장비를 갖추고 있다. 이와 더불어 대학 본부 부속기관인 충북대학교 천문대(충북 진천군 소재)가 2008년 4월 개관이후 시험 관측을 거쳐 현재 활발히 천문 관측을 수행하고 있다. 충북대학교 천문대는 국내 대학 규모로는 최대인 1m 반사 망원경을 보유하고 있고 60cm 광시야 망원경을 이용하여 천문 교육과 연구에 활용될 뿐만 아니라 지역사회에 개방되어 천문지식 보급에도 크게 기여하고 있다.

4. 국내외 연구 논문(2016-2018)

- Suh, Kyung-Won, & Hong, Jinju, 2017, A new catalog of AGB stars based on infrared two-color diagrams, *Journal of the Korean Astronomical Society*, vol.50, no.4, p.131-138.
- Suh, Kyung-Won, 2016, A model for the dust envelope of the silicate carbon star IRAS 09425-6040, *The Astrophysical Journal*, 819, 61
- Suh, Kyung-Won, 2016, Optical properties of amorphous alumina dust in the envelopes around O-rich AGB stars, *Journal of the Korean Astronomical Society*, vol.49, no.4, 127
- Suh, Kyung-Won, 2016, Dust Disks Around Young Stellar Objects, *Journal of Astronomy and Space Science*, vol. 33, no. 2, 119
- Jang-Ho Park, Kyeongsoo Hong, Jae-Rim Koo, Jae Woo Lee, and Chun-Hwey Kim, 2018, Absolute Dimensions and Evolutionary Status of the Semi-detached Algol W Ursae Minoris, *AJ*, 155, 133
- C.-H. Kim, J. M. Kreiner, B. Zakrzewski, W. Ogloza, H.-W. Kim, and M.-J. Jeong, 2018, A comprehensive catalog of galactic eclipsing binary stars with eccentric orbits based on eclipse timing diagrams, *ApJS* (in press)
- Hee-Jae Lee, Hong-Kyu Moon, Myung-Jin Kim, Chun-Hwey Kim, Josef Durech, Young-Jun Choi, Young-Seok Oh, Jintae Park, Dong-Goo Roh, Hong-Suh Yim, Sang-Mok Cha and Yongseok Lee, 2017, PHOTOMETRY STUDY OF NPA ROTATOR (5247) KRYLOV, *JKAS*, 50, 41
- I. L. Andronov, ... Chun-Hwey Kim, Yonggii Kim et al. 2017, Instabilities in Interacting Binary Stars, *ASPC*, 511, 43
- Chun-Hwey Kim, Hyoun-Woo Kim, Jang-Ho Park, Mi-Hwa Song, Min-Ji Jeong, Hye-Young Kim, 2017, *IBVS*, 6202, 1
- Dong-Joo Lee, Jae-Rim Koo, Kyeongsoo Hong, Seung-Lee Kim, Jae Woo Lee, Chung-Uk Lee, Young-Beom Jeon, Yun-Hak Kim, Beomdu Lim, Yoon-Hyun Ryu, Sang-Mok Cha, Yongseok Lee, Dong-Jin Kim,

- Byeong-Gon Park, and Chun-Hwey Kim, 2016, TIME-SERIES PHOTOMETRY OF VARIABLE STARS IN THE GLOBULAR CLUSTER NGC 288, JKAS, 49, 295
- Hyeon-Woo Kim, Chun-Hwey Kim, Mi-Hwa Song, Min-Ji Jeong, Hye-Young Kim, 2016, The first photometric study of NSVS 1461538: A new w-subtype contact binary with a low mass ratio and moderate fill-out factor, JASS, 33, 185
- Han Kiyong, Kim Yonggi, Andronov Ivan L, Yoon Joh-Na, Chinarova Lidia L, 2017, Quasi-Periodic Oscillation of a Magnetic Cataclysmic Variable, DO Draconis, JASS, 34, 37
- I. L. Andronov, ... Chun-Hwey Kim, Yonggii Kim et al. 2017, Instabilities in Interacting Binary Stars, ASPC, 511, 43
- 김용기 외, 2016, 천문학:한눈에 보는 우주 (번역)
- M.-H. Woo, K. Dokgo, P.H. Yoon, D.-Y. Lee, and C.R. Choi, 2018, Electrostatic odd symmetric eigenmode in inhomogeneous Bernstein-Greene-Kruskal equilibrium, Physics of Plasmas.
- J. Hwang, D.-K. Shin, P.H Yoon, W.S. Kurth, B.A. Larsen, G.D. Reeves, and D.-Y. Lee, 2017, Roles of hot electrons in generating upper-hybrid waves in the earth's radiation belt, Physics of Plasmas.
- D.-Y. Lee, S.-J. Noh, C.R. Choi, J.J. Lee, and J.A. Hwang, 2017, Effect of hot anisotropic He⁺ ions on the growth and damping of electromagnetic ion cyclotron waves in the inner magnetosphere, Journal of Geophysical Research – Space Physics.
- K.-E. Choi, D.-Y. Lee, K.-C Choi, and J. Kim, 2017, Statistical properties and geoeffectiveness of southward interplanetary magnetic field with emphasis on weakly southward B-z events, Journal of Geophysical Research – Space Physics.
- J. Cho, D.-Y. Lee, S.-J. Noh, H. Kim, D.R. Choi, J. Lee and J. Hwang, 2017, Spatial dependence of electromagnetic ion cyclotron waves triggered by solar wind dynamic pressure enhancements, Journal of Geophysical Research – Space Physics.
- M.-H. Woo, K. Dokgo, P.H. Yoon, D.-Y. Lee, and C.R. Choi, 2017, Electron Bernstein-Greene-Kruskal hole for obliquely propagating solitary kinetic Alfvén waves, Physics of Plasmas.
- M. Kim, K.S. Park, D.-Y. Lee, C. R. Choi, R.S. Kim, K.S. Cho, K.-C. Choi, and J. Kim, Characteristics and geoeffectiveness of small-scale magnetic flux ropes in the solar wind, 2017, J. Astron. Space Sci.,
- E.H. Lee, D.-Y. Lee, M.Y Park, Climate events and cycles during the last glacial-interglacial transition, 2017, J. Astron. Space Sci.,
- Kimitake Hayasaki, Ryo Yamazaki, Abraham Loeb, 2017, Optical-infrared flares and radio afterglows by Jovian planets inspiraling into their host stars, MNRAS 466, 1421
- Kimitake Hayasaki, Nicholas Stone, Abraham Loeb, 2016, Circularization of tidally disrupted stars around spinning supermassive black holes, MNRAS, 461, 3760
- Keitaro Takahashi, Yuuiti Sendouda, Kimitake Hayasaki, Shigehiro Nagataki, 2016, Rapid merger of binary primordial black holes: An implication for GW150914, ASJ, 68
- Kimitake Hayasaki, Abraham Loeb, 2016, Detection of Gravitational Wave Emission by Supermassive Black Hole Binaries Through Tidal Disruption Flares, 6
- An, H., Cumming, A., Kaspi, V. K., “Flux Relaxation after two outbursts of the magnetar SGR 1627–41 and possible hard X-ray emission”, 2018, ApJ, in press
- An, H. and Romani, R. W., “SED constraints on the highest-z blazar jet: QSO J0906+6930”, 2018, ApJ, 856, 105
- An, H., “A model for high-energy emission of the Intrabinary shock in pulsar binaries”, 2018, EPJ Web of Proceedings, 168, 04013
- An, H. et al., “High-energy variability of PSR J1311–3430”, 2017, ApJ, 850, 100
- Edwards, P. G...., An, H., et al. “PKS 1954–388: RadioAstron Detection on 80,000 km Baselines and Multiwavelength Observations”, PASA, 34, e021

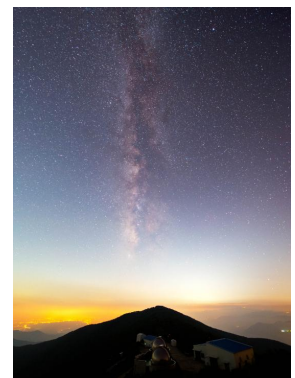
- 광학천문본부장 신광일
전파천문본부장 김종수
우주과학본부장 최영준
대형망원경사업단장 박병곤
정책부장 김경호
기획부장 홍정유
행정부장 신용태
우주위험감시센터장 조중현
중소기업협력센터장 남옥원
이론천문센터장 송용선
고천문연구센터장 김상혁
천문전산융합센터장 복은경

■ 한국천문연구원

한국천문연구원은 우리나라 천문 연구의 정통성을 계승한 대한민국 대표 천문연구기관으로서 1974년 국립천문대로 출범하여 현재에 이르기까지 중·대형 관측 장비의 구축과 운영을 통해 국가 천문 연구를 수행하며 과학 발전의 토대를 마련하고 있다. 국내 유일의 천문우주과학 정부출연연구기관으로서 광학, 전파, 이론, 관측 천문학 및 우주과학 연구를 통해 21세기 천문우주 핵심과제를 규명하고, 천문우주 관측시스템 구축 및 핵심 기술 개발을 통해 우주시대를 선도하는 일류 선진연구기관으로 도약하고 있다.



광학천문본부는 은하진화그룹, 변광천체그룹, 보현산천문대, 소백산천문대의 4개 그룹으로 구성되어 별과 우주의 시작과 변화를 과학적으로 분석하고 있다. 은하진화그룹은 광학/적외선을 비롯한 다양한 파장의 자료를 이용하여 우리은하와 외부은하의 형성과 진화를 연구하고 있으며, 변광천체그룹은 고정밀 측광 및 고분산 분광 관측자료를 활용하여 변광성과 외계행성의 물리적 특성을 연구하고 있다. 이러한 연구를 위하여 광학천문본부는 보현산천문대, 소백산천문대, 레몬산천문대, 외계행성 탐색시스템(KMTNet) 등의 관측시설을 운영하고 있다. 외계행성 탐색시스템은 2015년 10월에 칠레, 호주, 남아프리카공화국의 남반구 3개 관측소를 완공하고, 광시야 망원경과 모자이크 CCD 카메라를 사용하여 외계행성, 변광성, 초신성, 소행성, 외부은하 등 본격적인 연구관측을 시작해 성과를 창출하고 있다.



한국우주과학회보 제27권 1호, 2018년 5월 115



3) 우주과학본부

우주과학본부는 태양 및 근지구 우주환경 연구, 달 및 행성 과학, 그리고 레이저 기술을 이용한 고정밀 우주물체 추적연구를 통해 우주에 대한 인류의 지식 확대 및 활동영역 확장, 그리고 자연재해, 우주폐기물 문제 등 범지구적 문제해결에 기여하고 있다. 또한 우주측지기술을 활용한 지구 변화 정밀 분석과 태양활동에 의한 지구영향 예측, 우주에서의 관측천문연구에 주력하고 있으며 대한민국 공식 역서를 발간하고 있다.

4) 우주위험감시센터

우주위험감시센터는 인공위성, 소행성 등 우주물체의 지상추락과 충돌과 같은 우주위험을 감시하고 분석하는 연구와 우주환경 감시기관의 기술정책 및 국제협력 지원 등의 사무국 업무를 수행하고 있다.

국가과학기술연구회 국가현안해결형사업인 우주물체 전자광학 감시 시스템(Optical Wide-field patrol; OWL-Net) 개발 사업을 통해 지난해 국내의 5개 곳에 직경 0.5m급 우주물체 추적 광학망원경을 설치 완료했으며, 우리나라 국적위성, 한반도 정지궤도 영역을 독자적으로 감시하고 있다. 이 네트워크는 광시야 광학망원경, 고속 마운트, 효과적인 스케줄링을 채용하여 빠르게 움직이는 인공위성이나 소행성의 추적감시가 가능하며, 세계 최초로 관측 계획부터 데이터 분석까지 전 과정을 천문연구원에서 무인 원격으로 관리할 수 있다.

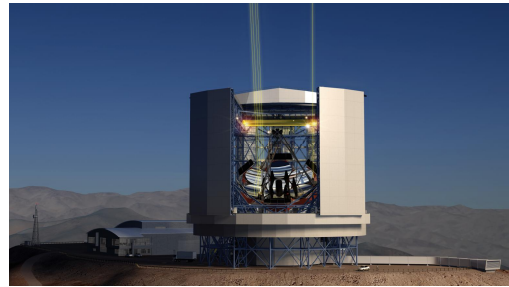


5) 대형망원경사업단

대형망원경사업단은 대형광학망원경의 국제공동건설 및 공동 활용, 대형망원경용 관측기기 개발 등의 업무를 수행하고 있다. 주요사업으로는 거대마젤란망원경(GMT) 국제공동 건설 지분 10% 확보를 골자로 하는 대형망원경개발사업과 8m급 중대형망원경 국제공동 활용, 광학 및 적외선 관측기기 개발, GMT용 관측기기 및 부경 국제공동개발 등을 들 수 있다.

특히 GMT 시대를 대비한 연구역량의 개발과 인력 양성을 위하여 천문학계를 위한 중대형망원경 관측시간 지원, 대학원생 및 박사후연구원을 대상으로 하는 계절학교 운영, 해외 GMT 참여 기관과 공동연구 및 펠로우십 프로그램 운영, 천문학 분야 국제공동연구 참여 등 다양한 업무를 수행하고 있다. 2017년도에는 총 7개 반사경 중 5번째 반사경 제작을 시작했다. GMT는 4개의 반사경만 먼저 장착해 2023년께 첫 관측을 시작할 예정이며,

2026년부터는 정상 가동을 목표로 하고 있다.



6) 이론천문센터

이론천문센터에는 우주론, 천체물리 분야의 연구자들이 참여하고 있다. 우주론 및 천체물리 분야는 우주거대구조 이론과 관측 연구를 통해 우주초기조건, 암흑물질 및 암흑에너지에 관한 연구를 수행하고 있으며, DESI 등 주요 국제관측사업에 참여하고 있다. 천체물리 연구자들은 시뮬레이션을 통한 천체물리 연구 및 시뮬레이션코드 개발 등을 수행하며, 한국과학기술정보연구원, 국가수리과학연구소와 공동으로 중력과 융합연구도 활발하게 진행 중이다.

7) 중소기업협력센터

2013년 4월 새롭게 출범한 중소기업기술협력센터는 그 동안 연구원의 각 부서별로 분산 운영되어왔던 천문우주과학 관련 기술의 산업체 공유를 위한 협력 업무를 담당하고 있다. 천문광학, 천문전파 및 천문우주 분야별 12개의 패밀리기업과 함께, 기업의 수요에 부응하는 원천기술 확보 및 기술이전을 추진하고 있다. 이러한 노력을 통해 기업수요형 R&D개발을 통해 원천기술 확보 및 기술이전을 추진하고, 실천적 기술이전 로드맵을 통해 적극적인 기술 사업화 및 육성사업 확대를 위해 노력하고 있다. 또한 KASI-테크노닥터와 지속적인 기업의 애로기술 해결과 실질적인 기술교류를 통해 한국천문연구원 미래기술의 원천기술 확보 및 기업 동반성장을 위한 상생협력을 도모하고, 진정한 오픈 이노베이션(open innovation)을 구현을 위해 노력하고 있다.

8) 고천문연구센터

천문학은 고금을 관통하는 유일한 과학의 분야이며, 동시에 인류의 공통 문명이다. 우리나라는 삼국시대 이래로 2천 년에 이르는 시간동안 체계적인 관측제도를 바탕으로 다양한 천문관측 기록을 보유하고 있다. 한국의 천문유물과 천문기록은 인류의 유산이며, 현대천문학 연구의 뿌리이기도 하다. 고천문연구센터는 한국의 천문 유산을 계승하고 지속하고자, 옛 천문기기를 복원하고, 역사적 관측 기록을 수집분석하며, 이러한 자료가 현대 천문 현상에 활용될 수 있도록 기여하는 등 다양한 측면에서 연구를 수행하고 있다. 우리 센터는 한국의 천문과학 문명이 미래로 향해 나아가도록 지속적으로 매진할 것이다.

9) 천문전산융합센터

천문전산융합센터는 빅데이터 연구 국민 참여와 세계적 성과 창출을 목표로 2018년 4월 새로 구축됐다. 기하급수적으로 증가

하는 천문우주 빅데이터의 저장·분석·공유와 시스템을 구축하는 역할을 한다. 기존의 광학·전파·적외선 파장별 관측 데이터를 비롯해 대규모 수치 모의실험을 통한 데이터, 우리나라의 특장점인 과거 조선시대 천문 관측기록부터 현재와 미래에 구축할 최신 인프라의 데이터들까지 망라할 계획이다. 또 국민들이 직접 연구에 참여하고 그 성과를 체감할 수 있는 플랫폼을 구축해나가고자 한다.

2. 한국천문연구원 주요 연구 및 개발 성과

가. 천체에서 오는 중력파와 감마선, X-선, 가시광선 등 전자기파 신호의 동시 관측 최초 성공

한국천문연구원 연구진을 포함한 국제공동연구팀은 중력파와 전자기파 관측을 동시 수행하는 데 성공함으로써 중성자별의 충돌로부터 일어나는 일련의 물리적 과정을 규명했다. 블랙홀 충돌로부터 나오는 중력파 발견에 이어 중성자별의 충돌에 의한 중력파를 라이고(LIGO)와 비르고(Virgo)로 처음으로 검출함은 물론 감마선, X-선, 가시광선에서도 이 중력파 천체를 포착하는 데 최초로 성공한 것이다. 특히 한국천문연구원이 운영하는 KMTNet이 24시간 연속해서 관측한 자료가 중요한 역할을 했다.



나. 미국 개기일식 코로나그래프 시험 관측 성공

2017년 8월 21일(현지시각, 한국시각 22일) 미국에서는 미 대륙을 가로지르는 개기일식이 진행됐다. 이번 개기일식에서 한국천문연구원은 NASA와 공동 개발 중인 코로나그래프(coronagraph)를 활용해 코로나 관측에 성공했다. 천문연구원은 이를 바탕으로 미국 NASA와 함께 국제우주정거장에 설치할 차세대 코로나그래프를 계속해서 개발 중이다.



다. KMTNet, NASA 스피처 우주망원경과 공동 관측으로 지구질량 외계행성 발견

한국천문연구원은 외계행성 탐색시스템(이하 KMTNet, Korea Microlensing Telescope Network)을 이용해 지구질량 외계행성을 발견했다. 이 외계행성은 지구와 비슷한 질량이며, 중심별로부터의 거리도 태양에서부터 지구까지의 거리와 비슷하다.

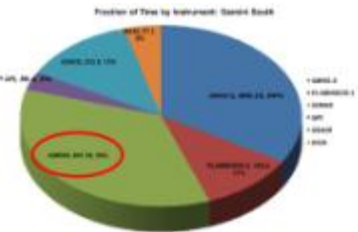
이 연구에는 미국 항공우주국(NASA)에서 운영하는 스피처(Spitzer) 우주망원경



도 함께 관측해 행성까지의 거리와 질량을 정밀하게 알아낼 수 있었다. 이번에 발견한 행성은 2017년 2월 말에 발견돼 화제가 된 트라피스트-1 (TRAPPIST-1) 행성계와 매우 유사하며, 이는 작고 차가운 별 주위에도 지구질량의 행성이 흔하다는 것을 의미한다.

라. 적외선고분산분광기(IGRINS)에 대한 호응

한국천문연구원과 미국 텍사스대학교가 공동으로 개발한 적외선고분산분광기(IGRINS)는 2014년부터 미국 맥도날드천문대 등에서 과학연구 운영 중이며, 2018년 상반기에는 칠레 소재의



구경 8.1m 제미니 남측(Gemini South) 천문대에서 과학연구 관측을 수행할 예정이다. 2017년 9월 약 한 달간 제미니 남측 망원경의 관측기기를 활용한 관측제안서를 전 세계 커뮤니티를 대상으로 접수한 결과 IGRINS가 관측연구 수요가 가장 높은 기기로 나타났다. 이러한 현상은 2000년도 제미니 남측 천문대가 개소한 이래 GMOS의 수요를 능가하는 첫 사례이며, IGRINS의 우수한 성능을 관련 커뮤니티가 인정하는 것으로 이해할 수 있다.

마. 대덕전파천문대 레이돔 30년 만에 교체

한국천문연구원 대덕전파천문대는 2017년 2월 14일 기존 노후화된 레이돔을 철거하고 새로운 돔으로 교체작업을 완료했다. 대덕전파천문대가 보유한 전파망원경



은 지난 1986년 10월 설치돼 시험 관측이 이뤄진 후, 1988년부터 연구 관측을 수행해오고 있다. 이는 우리나라 최초이자 아시아에서 두 번째로 건설된 전파망원경이다.

레이돔은 외부의 비와 바람 등을 차단하여 전파망원경을 보호하고, 전파관측 주파수 영역의 전파는 통과시켜 전파망원경이 제 기능을 잘 할 수 있도록 보호하는 역할을 한다. 새 단장한 전파망원경은 현재 계속적으로 운영되고 있다.

사진원본 일체:

http://210.110.233.66:8081/api.link/3d_baL4KH7reTOIM_A~~.zip

한국우주과학회보	발행인	김용하
제27권 1호 2018년 5월	편집인	곽영실 · 고미희
전화 042-865-3391 (FAX: 042-865-3392)	발행	사단법인 한국우주과학회
학회 홈페이지 http://ksss.or.kr	인쇄	연이프린텍(02-322-2700)

학회 소재지 대전시 유성구 대덕대로 776 한국천문연구원 내
 전화: 042-865-3391 / 팩스: 042-865-3392
 학회대표메일: ksss@ksss.or.k

도움을 주신 기업

기관명	대표	연락처
(주)메타스페이스	박순창 사장	서울시 서초구 개포동 1194-7 태양빌딩 401호 전화 02-571-3764
(주)에스이랩	오승준 사장	서울시 강남구 논현동 66-3 진영빌딩 5층 전화 02-888-0850
(주)세트렉아이	김병진 대표이사	대전시 유성구 유성대로 1628번길 21 전화 042-365-7500
(주)지솔루션	김태훈 대표이사	대전시 유성구 문지로 193, 진리관 T213 전화 042-867-0140

도움을 주신 연구홍보 사업단

사업명	연구책임자	연락처
한국천문연구원 한국형 달탐사(2단계) 원격 자원 탐사용 탑재체 핵심 기술 개발	최영준 박사	042-865-3266
한국천문연구원 적외선 고분산분광기 IGRINS의 Gemini - South 활용 연구수행	박병곤 박사	042-865-3207
한국천문연구원 우주물체 전자광학 감시체계 운영 및 활용 연구	임홍서 박사	042-865-3202
한국천문연구원 우주 별탄생 역사 연구를 위한 근적외선 영상분광 기 개발	정웅섭 박사	042-865-3204
한국천문연구원 우주위험 대응 기술연구	조성기 박사	042-865-3236
한국천문연구원 근지구 우주환경 관측위성 탑재체 개발 사업	이재진 박사	042-865-3248
극지연구소 우주환경 연구그룹	지건화 박사	032-760-5306