

ISSN 1598-5601

한국우주과학회보

Bulletin of The Korean Space Science Society

2021년 4월 제30권 1호



사단법인 한국우주과학회
The Korean Space Science Society

차 례

등록 및 교통 안내	1
2021년 봄 학술대회 일정표 요약(CONFERENCE PROGRAM)	2
구두발표 논문 초록(ABSTRACTS)	6
포스터발표 논문 초록(ABSTRACTS-POSTER)	1-3
학회 및 관련기관 소식	15
연구홍보 / 광고	9

<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.

<p> <input type="checkbox"/> 보낼곳: 한국우주과학회 34055 대전광역시 유성구 대덕대로 776 한국천문연구원 내 전화 042-865-3391 팩스 042-865-3392 </p>	<p> <input type="checkbox"/> 은행계좌: 국민은행 012-01-0603-888 예 금 주 한국우주과학회 </p>															
<p><input type="checkbox"/> 회비납부안내</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-bottom: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">회원구분</th> <th style="width: 20%;">입회비</th> <th style="width: 20%;">연회비</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>학생회원(학부생)</td> <td style="text-align: center;">10,000원</td> <td style="text-align: center;">10,000원</td> </tr> <tr> <td>정회원</td> <td style="text-align: center;">10,000원</td> <td style="text-align: center;">70,000원</td> </tr> <tr> <td>회장, 부회장</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">150,000원</td> </tr> <tr> <td>이사, 감사</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">150,000원</td> </tr> </tbody> </table>		회원구분	입회비	연회비	학생회원(학부생)	10,000원	10,000원	정회원	10,000원	70,000원	회장, 부회장	-	150,000원	이사, 감사	-	150,000원
회원구분	입회비	연회비														
학생회원(학부생)	10,000원	10,000원														
정회원	10,000원	70,000원														
회장, 부회장	-	150,000원														
이사, 감사	-	150,000원														
<p>※ 회원의 구분은 정관 제6조에 의거하며, 변경된 연회비는 학회운영에 대한 규정 제2조에 의거한 사항입니다.</p>																

※ 뒷면의 입회원서를 복사하여 사용해 주십시오.

[표지사진 설명]

SNIFE(Small-magNetospheric and Ionospheric Plasma Experiments)

한국천문연구원은 4기의 나노위성(<10 kg)으로 구성된 저궤도 우주환경 관측 위성을 개발하여 2021년에 발사할 예정이다. 이들 위성을 이용하여 근지구 우주(전리권 및 자기권) 플라즈마의 미세구조에 대한 시간적 공간적 변화를 동시에 관측함으로써 다양한 스케일을 갖는 플라즈마 구조의 발생 기작을 규명하고자 한다.

한국우주과학회

2021년 봄 학술대회

일 시 : 2021. 4. 28.(수) 14:00 ~ 30.(금) 12:00

장 소 : 여수 히든베이

발표논문 : 초청강연 3편, 구두발표 81편, 포스터발표 75편, 총 159편

발표시간 : 초청강연(30분), 연구발표(10분~15분) 3세션 동시 진행

포스터 발표 1부 : 2021. 4. 28.(수) 16:40~17:40

2부 : 2021. 4. 29.(목) 17:10~18:10

후원 :



여수시
YEOSU CITY



전라남도 문화관광재단



한국과학창의재단
Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity

사단법인 한국우주과학회

등록 및 교통 안내

1. 등록

회원의 등록비는 180,000원이며, 학생회원과 정회원 중 석·박사과정(전일제) 학생은 100,000원입니다. 사전등록을 하신 회원은 등록자 명부에 서명 후 학회보, 명찰을 수령하시기 바랍니다. 등록비 영수증은 홈페이지에서 발행 가능합니다.

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: 70,000원(학부학생회원은 입회비 10,000원, 연회비 10,000원)입니다.

학회계좌: 국민은행 012-01-0603-888

예금주 한국우주과학회

3. 발표자료 준비

구두발표: 발표자료는 파워포인트 파일로 준비하시기 바랍니다.

포스터발표: 포스터 발표 1부 세션은 4월 28일(수) 14시까지 지정된 장소에 게시하고, 29일(목) 12시에 수거하여 주시고, 2부 세션은 29일(목) 13시까지 게시하고 30일(금) 10시에 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

	Room	Area
ORAL	Grand BallroomA	- Invited Talk - Cubesat - Space Technology - Space Astronomy - Space Surveillance (I)(II) - Sun & Space Environment (I)(II)
	Grand BallroomB	- Sun & Space Environment(I)(III) - Sun & Space Environment Observational Data Application (I)(II) - Science Culture
	Bay Room	- Sun & Space Environment (II)(IV) - Space Radiation
POSTER	Lobby	- Space Technology - Space Radiation - Cubesat - Space Application - Space Astronomy - Space Radiation - Sun & Space Environment - Solar System & Space Expl. - Miscellaneous

5. 교통

가. 주소 : 전라남도 여수시 신월로 496-25
(Tel: 061-680-3000)

나. 찾아오시는 길

▶KTX 이용시:

- 여수엑스포역 → 히든베이 6km(택시 약 6,000원)
- 여천역 → 히든베이 8.5km(택시 약 8,000원)

▶시외버스이용시:

- 여수시외버스터미널 → 히든베이 6km(택시 약 6,000원)



2021 KSSS SPRING CONFERENCE PROGRAM

Apr. 28. (Wed)

Time	Functions					
12:00~	Registration Open					
14:00~14:20	Opening Ceremony : Grand BallroomA					
Room	Grand BallroomA		Grand BallroomB		Bay Room	
Session I	Cubesat/Space Techonology/ Space Astronomy Chair : Hae Dong Kim (KARI)		Sun & Space Environment (I) Chair : Jae Heung Park (KASI)		Sun & Space Environment (II) Chair : Il-Hyun Cho (KHU)	
14:20~14:35	I-1-1	Won Sub Choi	I-2-1	Jun Seok Hong (I)	I-3-1	Ji Min Hong
14:35~14:50	I-1-2	Woo Jin Kim	I-2-2	Jun Seok Hong (II)	I-3-2	Sin Chul Kang
14:50~15:05	I-1-3	Na Eun Kim	I-2-3	Yong Ho Lee	I-3-3	Seung Uk Lee
15:05~15:20	I-1-4	Chun Hwey Kim	I-2-4	Se-Heon Jeong	I-3-4	Jin-Yi Lee
15:20~15:35	I-1-5	Sung Sik Huh	I-2-5	Ho Sik Kam	I-3-5	Il-Hyun Cho
15:35~15:50	I-1-6	Uhn Mee Bahk	I-2-6	Geonhwa Jee	I-3-6	Hee-Eun Kim
15:50~16:00	Break Time					
16:00~16:30	Invited Talk I Room : Grand BallroomA Chair : Jung A Hwang (KASI)					
	Kyeong Keun Kim (ADD) Suggestions for Building National Security Space Capability					
16:30~16:40	Photo Time					
16:40~17:40	Poster Session I (No. P1~37)					
17:40~19:40	Board Meeting					

Apr. 29. (Thu)

Time	Functions					
Room	Grand BallroomA		Grand BallroomB		Bay Room	
Session II	Space Surveillance (I) Chair : Myung-Jin Kim (KASI)		Sun & Space Environment (III) Chair : Kyoung-Sun Lee (SNU)		Sun & Space Environment (IV) Chair : kyung Guk Min (CNU)	
09:15~09:30	II-1-1	Dong-Goo Roh	II-2-1	Ju Hyung Kang	II-3-1	Woo Hyeong Seol
09:30~09:45	II-1-2	Seong Ho Son	II-2-2	Jong Chul Chae	II-3-2	Chan Haeng Lee
09:45~10:00	II-1-3	Young Min JeongAhn	II-2-3	Han Nah Kwak	II-3-3	Khan-Hyuk Kim
10:00~10:15	II-1-4	Dong Yeol Choi	II-2-4	Kyu Hyoun Cho	II-3-4	Kyung Guk Min
10:15~10:30	II-1-5	In-Ok Song	II-2-5	Hong Yu Liu	II-3-5	Jun Hyun Lee
10:30~10:45	II-1-6	Jin Choi	II-2-6	Eun-Kyung Lim	II-3-6	Jong Kil Lee
10:45~11:00	II-1-7	Si Woo Kim	II-2-7	Dae Jung Yu	II-3-7	Jong Woo Kwon
11:00~11:10	Break Time					

Time	Functions					
11:10~11:40	Invited Talk II Room : Grand BallroomA Chair : Eun Jung Choi (KASI) Ki Tae Park (ROKAF) Space Odyssey 2050, ROKAF Space Power Development Plan					
11:40~13:00	Lunch Time					
Session III	Space Surveillance (II) Chair : Man-Soo Choi (KASI)			Special Session: Sun & Space Environment Observational Data Application (I) Chair : Kyung Sun Park (CBNU)		
13:00~13:15	III-1-1	Jin Sung Lee	13:00~13:10	III-2-1	Su Jin Kim	
13:15~13:30	III-1-2	Jae-Dong Seong	13:10~13:20	III-2-2	Young-Sil Kwak	
13:30~13:45	III-1-3	Eun Jung Choi	13:20~13:30	III-2-3	Tae-Yong Yang	
13:45~15:00	우주감시분과 워크숍 (우주감시관측인프라 연구 현황 공유)		13:30~13:40	III-2-4	Chang Sup Lee	
			13:40~13:50	III-2-5	Eun-Kyung Lim	
			13:50~14:00	III-2-6	Woo Kyoung Lee	
			14:00~14:10	III-2-7	Khan-Hyuk Kim	
			14:10~14:20	III-2-8	Jong Il Jung	
			14:20~14:30	III-2-9	Seong Hwan Choi	
			14:30~15:00	Break Time		
Session IV	Solar System & Space Exploration (I) Chair : Joo Hyeon Kim (KARI)		Special Session: Sun & Space Environment Observational Data Application (II) Chair : Jin-Yi Lee (KHU)		Special Session: Space Radiation Chair : Sung-Joon Ye (SNU)	
15:00~15:15			IV-2-1	15:00~15:10 Seung Heon Shin	IV-3-1	Suk Won Youn
15:15~15:30	IV-1-1	Jong-Won Lee	IV-2-2	15:10~15:20 Si Baek Yi	IV-3-2	Uk-Won Nam
15:30~15:45	IV-1-2	Ik-Seon Hong	IV-2-3	15:20~15:30 Jun Chul Mun	IV-3-3	Hong Joo Kim
15:45~16:00	IV-1-3	Eun Jin Cho	IV-2-4	15:30~15:40 Eo Jin Kim	IV-3-4	Sung Hwan Kim
16:00~16:15	IV-1-4	Young-Rok Kim	IV-2-5	15:40~15:50 Jong Ho Seon	IV-3-5	Won-Kee Park
16:15~16:30	IV-1-5	Young-Joo Song	IV-2-6	15:50~16:00 Miyashita Yukinaga	IV-3-6	Jae Young Kwak
			IV-2-7	16:00~16:10 Ik-Seon Hong		
			IV-2-8	16:10~16:20 Jae Heung Park		
			IV-2-9	16:20~16:30 Jae Jin Lee		
16:30~16:40	Break Time					
16:40~17:10	Invited Talk III Room : Grand BallroomA Chair : Su Yeon Oh (JNU) Kyung Sun Park (CBNU) Global MHD Simulation of the Magnetosphere and Ionosphere					
17:10~18:10	Poster Session II (No. P38~75)					
18:10~20:00	Banquet : The Kitchen					

PROGRAM

Apr. 30. (Fri)

Time	Functions			
Room	Grand BallroomA		Grand BallroomB	
Session V	Solar System & Space Exploration (II) Chair : Chae Kyung Sim (KASI)		Special Session: Science Culture Chair : Myung-Hyun Rhee (과학책방 갈다)	
09:30~09:45	V-1-1	Young-Jun Choi	V-2-1	Myung-Hyun Rhee
09:45~10:00	V-1-2	Myung-Jin Kim	V-2-2	Jeong Mo Yi
10:00~10:15	V-1-3	Min Sup Jeong	V-2-3	Ji-Yong Lee
10:15~10:30	V-1-4	Pu Reum Kim	V-2-4	Gyung Ho Heo
10:30~10:45			V-2-5	Woo Kyoung Lee
10:45~11:00			V-2-6	Han Ho Jeong
11:00~11:30	Closing Ceremony : Grand BallroomA			

Poster Session

1부 : 4. 28. (Wed) 16:40~17:40			2부 : 4. 29. (Thu) 17:10~18:10			
Area	No	Author	Area	No	Author	
Space Application	P-1	Hee Seob Kim	Space Technology	P-38	Beom Suk Kang	
	P-2	Seung Taek Jeong		P-39	Ki Ho Kwon	
	P-3	Jong-Min Yeom		P-40	Jae-Wook Kwon	
	P-4	Jong Tae Lee		P-41	Dong-Gyu Kim	
	P-5	Jong Euk Park		P-42	In Kyu Kim	
	P-6	Hwan-Chun Myung		P-43	Joong Pyo Kim	
	P-7	Seong Suk Lee		P-44	Chang Kyoon Kim	
Space Astronomy	P-8	Jeong-Yeol Han		P-45	Hui-Kyung Kim	
	P-9	Yun Ho Jang		P-46	Sang Man Moon	
	P-10	Hyeon Hu Park		P-47	Seung Yong Min	
Sun & Space Environment	P-11	Soo Sang Kang		P-48	Sung-Woo Park	
	P-12	Hyuck-Jin Kim		P-49	Jong Seok Park	
	P-13	Eun Sol Kim		P-50	Jin Hyung Park	
	P-14	Jeong Heon Kim		P-51	Hong Won Park	
	P-15	Jong Dae Sohn		P-52	Seung Hee Son	
	P-16	Ho Sub Song		P-53	Hyun-Kyu Shin	
	P-17	Koung-Sun Lee		P-54	Hyun Jin Shin	
	P-18	Won Seok Lee		P-55	Sang Il Ahn	
	P-19	Ha Rim Lee		P-56	Young Su Youn	
Solar System & Space Exploration	P-20	Youn Kyu Kim		P-57	Na Young Lee	
	P-21	Eun Hyeuk Kim		P-58	Bo Young Lee	
	P-22	Joo Hyeon Kim		P-59	Sang Rok Lee	
	P-23	Jong Hee Bae		P-60	Seon Ho Lee	
	P-24	Haing Ja Seo		P-61	Jae-Hoon Song	
	P-25	Young-Joo Song		P-62	Sung-Soo Jang	
	P-26	Da Woon Jung		P-63	Jong Hyub Jun	
	P-27	Woo Hyun Jo		P-64	Ok Chul Jung	
	P-28	Jo Ryeong Yim		P-65	Youe Yun Jung	
Space Surveillance	P-29	Myung-Jin Kim		P-66	Seung-Won Cho	
Sun & Space Environment Observational Data Application	P-30	Eun Su Park		P-67	Yee-Jin Cheon	
Cubesat	P-31	Ji-Seok Kim		P-68	Jong Sung Ha	
	P-32	Jung A Hwang		P-69	Yun Goo Huh	
Miscellaneous	P-33	Chul Kang		P-70	Myung Gil Kim	
	P-34	Chi Ho Kang		Science Culture	P-71	Jae-Hyuk Kim
	P-35	Keun Woong Shin		Space Radiation	P-72	Jin Hyun Kim
	P-36	Ji Mo Yang			P-73	Uk-Won Nam
	P-37	Joo Hee Lee			P-74	Ju Hyung Kang
		Miscellaneous		P-75	Young Hyo Kim	

구두발표 논문 초록

4월 28일(수) 제1발표장 Grand BallroomA

I-1 Cubesat/Space Technology/Space Astronomy
좌장: Hae Dong KIM (KARI)

14:20 [I-1-1]

Power Simulation of Cubesat in LEO with Considering the Earth Albedo Effect

Wonsub Choi, Kiduck Kim

Korea Aerospace Research Institute, KARI

The power simulation of satellite in orbit must be performed to analyze the stability of power. The main source of power in orbit is the Sun and the Earth Albedo also affects the power generation. In most simulation cases, the effect of the Earth Albedo is neglected because solar panels in satellites are oriented toward the Sun. However many cubesats do not have the deployable solar panels and in this case, the Albedo effect is not negligible because cubesats have solar panels in six sides facing different directions. We performed the power simulation of cubesats in LEO with considering the Earth albedo effect. We calculated generated power not only by the Sun but by the Earth albedo. We will explain how to calculate generated power by Earth albedo and describe the simulation results.

14:35 [I-1-2]

Preliminary Optomechanical Design of the PolCube Payload for 12U CubeSat

Woojin Kim^{1,2}, Bongkon Moon², Youngjun Choi², Minsup Jeong², Dae-Hee Lee², Youngsik Park², Won-Keek Park², Ji-Hye Shin², Chae Kyung Sim², Sungsoo S. Kim³, Kyoungin Kang⁴, Seongick Cho⁵, Hyo-Jin Seo⁶, Rosemary Baiz⁷, PolCube NASA LaRC team⁷

¹Chungnam National University (CNU)²Korea Astronomy and Space Science Institute (KASI)³Kyung Hee University (KHU)⁴Satellite Technology Research Center (SaTReC), Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST)⁵Korea Institute of Ocean Science & Technology (KIOST)⁶Korea Busan Techno Park (BTP)⁷NASA Langley Research Center (LaRC), US

Since 2019, KASI has been developing PolCube, a polarimetry payload for nano-satellite in cooperation with NASA LaRC in order to detect microphysical aerosol (fine dust) and super thin cloud over the Yellow sea. PolCube payload consists of lens

optics, four band-pass filters from 410 nm to 864 nm, multi-angle polarized filters and CMOS sensor. In optomechanical design, we analyzed on the lens stress and the safety of PolCube's optical system. We divided optics configuration into two groups and estimated the contact stress of lens surface under the condition of assembly preload using theoretical equations and FEM analysis. The structural safety of each optic element could be confirmed from this estimation. We also present the detector housing structure of the tip-tilt and defocus mechanism, which includes four flexures optimized with moderate stiffness. We finally present some result of structural analysis to verify the stability of the payload structure.

14:50 [I-1-3]

Development of Communication System and Ground Segment for MIMAN Cubesat Mission

Naeun Kim, Sungmin Jin, Yongkwang Shin,
Dae-Eun Kang, Sang-Young Park

Astrodynamic and Control Laboratory, Yonsei University.

The MIMAN (Monochrome Imaging for Monitoring Aerosol by Nanosatellite) cubesat uses UHF band for stubborn telemetry downlink & telecommand uplink and S-band for high speed mission data downlink. To communicate both UHF/S band simultaneously, S-band transmission should be autonomous by onboard command. We designed communication strategies for S-band commissioning mode and dual communication mode. MIMAN ground segment is constructed by five subsystems which are Instrument Control Subsystem (ICS), Ground Station Software (GSW), Flight Dynamic Subsystem (FDS), Spacecraft Operation Subsystem (SOS), and Mission Planning Subsystem (MPS). Link margin is 6.77 dB for UHF downlink, 6.82 dB for S-band downlink in amateur frequency. We analyzed on-orbit beacon signal power to verify the link budget and overall ICS hardware specification and interface. This study describes the communication system and ground segment of aerosol monitoring cubesat MIMAN. It suggests ground station hardware verification methodology and dual-frequency communication strategies.

15:05 [I-1-4]

A Statistical Analysis of Apsidal Motion Parameters of Eccentric Eclipsing Binaries with Apsidal Motion

Chun-Hwey Kim¹, Jerzy M. Kreiner²,
Bartłomiej Zakrzewski²

¹Department of Astronomy and Space Science, Chungbuk National University²Mt. Suhora Observatory of the Pedagogical University, Cracow, Poland

Apsidal motion parameters of 170 eccentric eclipsing binaries

(EEBs) with apsidal motion (AM) in the catalog of Kim et al. (2018) are statistically analyzed with those of 181 EEBs in the Large and Small Magellanic Clouds. It is found that there is a very tight correlation among semi-amplitudes of AM curves, orbital eccentricities, and orbital periods, and that a similar relationship also exists between the peri-astron arguments at semi-amplitudes of AM curves and orbital eccentricities. We discuss the astrophysical implications of these correlations.

15:20 [I-1-5]

In-Orbit Test of Image Navigation and Registration System for Satellite Ocean Color Images

Sungsik Huh, Ki-Lyeok Yong

Korea Aerospace Research Institute

In this paper, we introduce In-Orbit Test (IOT) of Image Navigation and Registration (INR) System for Geostationary Ocean Color Imager-II (GOCI-II) on GEO-KOMPSAT-2B and its result. The satellite was launched on February 19, 2020, followed by orbit raising operation, in-orbit activation checkout and test for both spacecraft and payload were performed. Then, we performed INR IOT for 120 days to characterize the on-orbit data and check-up on all INR functions: INR input data analysis, spacecraft/payload actuator motion effect analysis, Target star list generator, Star observability check, Star image processing, LMC processing, Star-based navigation filtering, Landmark image processing, Landmark-based navigation filtering, Image resampling, Level-1B product output, Onboard time/Orbit compensation, and INR performance evaluation. Finally, INR IOT results showed that the INR performance, including absolute navigation, frame-to-frame registration, within-frame registration, band-to-band registration, meets the requirements.

15:35 [I-1-6]

Yield-Forecast in Late Joseon Dynasty

Uhn Mee Bahk^{1,2}, Byeong-Hee Mihn^{2,3}, Yonggi Kim¹

¹*Chungbuk National University*

²*Korea Astronomy and Space Science Institute*

³*University of Science and Technology*

As a farming society, Joseon dynasty has various agricultural seasonal customs. One of these customs was to forecast a good and bad harvest in the beginning of the year using the location of the moon and Jomsaeng-Yi (Pleiades). According to literatures in late Joseon, the sixth day of the second lunar month seemed to be designated as a custom day for the forecast. The location of the moon and Jomsaeng-Yi at this day played a important role to the prediction. 187 oral history data from 184 regions have been collected and analysed to understand how to get the yield forecast in that time. We found

3 methods used in that time for the forecast. Peoples believed that they will have a good harvest when the moon is far away to Jomsaeng-Yi, or when the moon is located before Jomsaeng-Yi, or when Jomsaeng-Yi is observed as following the moon and is far away by the moon. Some statistical results will be presented.

제2발표장 Grand BallroomB

I-2 Sun & Space Environment (I)

좌장: Jae Heung Park (KASI)

14:20 [I-2-1]

Effects on GNSS TEC Precision by the Ionospheric Irregularities at Polar Cap Region

Junseok Hong¹, Jong-Kyun Chung¹, Byung-Kyu Choi¹, Hyuck-Jin Kwon², Jeong-Han Kim²

¹*Korea Astronomy and Space Science Institute*

²*Korea Polar Research Institute*

Differential code bias (DCB) (hardware bias) of the Global Navigation Satellite System (GNSS) receiver is an important parameter to estimate the total electron content (TEC) between the GNSS satellite and ground receiver. We estimated daily receiver DCBs and their standard deviation from hourly calculated DCBs at four high latitude regions during 5 years from 2016 to 2020. The standard deviations of the receiver DCBs in Antarctica clearly show annual variation, which show maximum values in December solstice. These are very similar to the annual variation of the ionospheric phase scintillations, which are induced by the ionospheric irregularities, at Jang Bogo Station in Antarctica. On the other hand, it is hard to find annual variation from the standard deviation of northern hemispheric receiver DCBs, and these keep in low values at all seasons. Hemispheric asymmetry of the ionospheric irregularities are further analyzed through spaceborne identical measurements at both hemispheres by Swarm satellites during same period. In this presentation, we show the results as follows: 1) The ionospheric irregularities affect the GNSS TEC estimation because these can degrade the precision of the receiver DCBs. 2) The ionospheric irregularity effects on the receiver DCBs are strong and their annual variations are manifest in Antarctica, so that it should be especially careful to estimate GNSS TEC in polar region in Antarctica.

14:35 [I-2-2]

Inferring the Ionospheric Irregularity Horizontal Speed Using a Single GPS Scintillation Receiver Measurements at High Latitudes

Junseok Hong¹, Jong-Kyun Chung¹,
Young-Bae Ham^{2,3}, Young-Sil Kwak^{1,3},
Yong Ha Kim⁴

¹*Korea Astronomy and Space Science Institute*

²*Korea Polar Research Institute*

³*University of Science and Technology*

⁴*Chungnam National University*

Radio waves such as global positioning system (GPS) signals can be disrupted during penetrating the ionosphere. The irregular ionospheric electron density having smaller size than Fresnel radius mainly causes amplitude fluctuations, while the large scale of the ionospheric irregularity with a few kilometers leads to phase variations. Especially, the diffraction, stochastic variations with high-frequency greater than 0.1 Hz, is called as the ionospheric scintillation. The refraction, deterministic variations with low-frequency, which is frequently misinterpreted as the ionospheric scintillation can be removed using bandpass filter rather than high-pass filter when the ionospheric plasma speed is known. Reversely, it is possible to infer the ionospheric irregularity speed through finding the refractive components at high latitudes where plasma moves very fast. In this presentation, we propose the new technique for inferring the ionospheric irregularity horizontal speed using a single GPS receiver. The results are compared with ground-based digisonde observation. It shows the possibility to efficiently investigate high latitudinal ionospheric speed.

14:50 [I-2-3]

Small-Scale Spatial and Temporal Variations of Mesospheric OH Temperatures from Sky Spectra of SDSS in 2011–2018

YongHo Lee, YongHa Kim, YoungSun Lee

Chungnam National University

Sloan Digital Sky Survey (SDSS), which were operated at Apache Point Observatory (32°N 105°W 2,788 m), contain OH airglow emission lines as sky-background spectra (1,520–1,680 nm). After examining a total of 20 OH emission lines, we selected R1(2) and R1(3) lines in OH(4-2), which have clear a Gaussian line shape. We derived a rotational temperatures from the ratio of R1(2) to R1(3) line intensities. Since the OH rotational population is in local thermodynamic equilibrium at the OH airglow layer (~87 km), the derived rotational temperature represents a mesospheric temperature. Within the field of view (FOV) of the spectrograph (1 deg × 2 deg), the derived OH temperatures varied by as much as 10 K from a mean temperature (~200 K). The temporal variation as short as 40 min is also noted within a continuous observational session (~90 min). These spatial and temporal variations may imply gravity wave

propagation in the OH airglow layer. Such a detailed variation of mesospheric temperature has not been reported, and thus allows for the first time to study small-scale atmospheric waves and turbulence in the mesosphere. In addition, we confirm that the mesospheric temperature is lower in summer and higher in winter at the mid-latitude. We will present results of 2D FFT of the derived temperature variation in the FOV, as well as results of Lomb-Scargle analysis to characterize the period of the variation.

15:05 [I-2-4]

Reconstruction of Total Electron Content Maps over Korean Peninsula Using a Deep Learning Approach

Se-Heon Jeong^{1,2}, Yong Ha Kim¹, Woo Kyoung Lee²,
Junseok Hong², Byung-Kyu Choi²

¹*Chungnam National University*

²*Korea Astronomy and Space Science Institute*

This study develops a new algorithm to improve total electron content (TEC) maps over Korean Peninsula by employing a deep learning approach. Due to the geographical limitation of ground-based Global Navigation Satellite System (GNSS) stations, there are always missing data in the ocean area. Previous studies have suggested several interpolation techniques to make up the missing data in the TEC map. However, their results do not describe the detailed feature of ionospheric variation. Artificial intelligence (i.e., neural network, deep learning) has recently shown good performance in reconstructing images. In this study, we employ a deep learning technique called Artificial Neural Network (ANN) to rebuild the TEC map of the area between 31°–41°N in latitudes and 120°–135°E in longitude. The input parameters of the ANN model are the day of year (DOY), UT, latitude, longitude, Bz, Kp, Dst, and F10.7 flux. We derive TECs using KASI GNSS network (KASINet) data from 2002 to 2019. Excluding the test period of 2009 (Solar minimum year) and 2014 (Solar maximum year), TEC data obtained in 2002–2019 are used as training. With the sequential 8 input parameters, the ANN model is designed to be able to estimate the ratio between the IRI-2016 (for reference data) and TECs. Multiplying the estimated ratio by the IRI-2016 model results, we get the TECs of all grids within the boundary. We will present the comparison of measured TECs with TECs from the ANN model and IRI-2016 model.

15:20 [I-2-5]

KASI Meteor Radar for Investigating Mesosphere and Lower Thermosphere Region Over South Korea

Hosik Kam, Young-Sil Kwak, Tae-Yong Yang,
Jeongheon Kim, Jaewook Lee

All-sky interferometric meteor radar (MR) at Daejeon, South Korea has been operated by Korea Astronomy and Space Science Institute (KASI) since November, 2017. The MR detects the plasma trail generated from meteor ablation in mesosphere and lower thermosphere (MLT) region and produces information of the trail. Then, using the detected meteor trail, it can lead to derive the atmospheric properties such as horizontal winds, temperatures, and atmospheric wave activities over South Korea. In comparison with horizontal winds at high-latitude region, we found similarities in zonal winds which show strong westward winds below $z = 90$ km with eastward winds above $z = 90$ km in summer and eastward winds at entire heights in winter. However, the formations of meridional wind over South Korea, which reveal the representative global circulation pattern at not only in summer but also in winter, differ from those of MR observation at high-latitude regions. Moreover, we estimated mesospheric temperatures from KASI MR and measured differences within $\pm 10\%$ compared with satellite observations. We'll briefly introduce these atmospheric properties with their periodicities in MLT region over South Korea. In addition, using the KASI MR, we will present a development outline of method for application to monitor the meteoroid entrance and measure the back-scattered signals from E-region over South Korea.

15:35 [I-2-6]

Auroral Observations at Jang Bogo Station, Antarctica

Geonhwa Jee^{1,3}, Young-Bae Ham^{1,3}, Yoon-Seung Choi¹, Eunsol Kim^{1,2}, Hyuk-Jin Kwon¹, Changsup Lee¹

¹Korea Astronomy and Space Science Institute

²Chungnam National University

³University of Science and Technology

Jang Bogo station (JBS), Antarctica is located in the boundary between the polar cap and auroral region. Since 2008, we have been continuously observing the aurora in the visible frequency by using all sky camera. Also simultaneously observed are the variations of the ionospheric density and geomagnetic field from the vertical incidence pulsed ionospheric radar with Dynasonde (JVD) and search coil magnetometer, respectively. Since the relative location of JBS varies with local time, the results of the distributions of the auroral occurrence can show the local time variations of the location of JBS with respect to the auroral oval. In this presentation, we will briefly report the temporal and spatial occurrences of the aurora and associated responses of the ionospheric density and the geomagnetic field over the JBS during the period of 2018-2020.

제3발표장 Bay Room

I-3 Sun & Space Environment (II)

좌장: Il-Hyun Cho (KHU)

14:20 [I-3-1]

An Observational Test of Coulomb Collisions for Three Different Types of Solar Wind

Jimin Hong¹, Jungjoon Seough², Kyungguk Min¹

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

²Korea Astronomy and Space Science Institute

The Coulomb collisions are thought to be important mechanism leading to thermal equilibrium in the ubiquitous non-thermal features of solar wind plasma. In this study, we present the collisional properties of solar wind protons by making use of in situ measurements made on Helios spacecrafts, which were the first inner-heliosphere mission for solar wind study. Here we compare the collisional age of three different types of solar wind, in terms of bulk speed and Alfvénicity, namely, fast wind, Alfvénic slow wind, and typical slow wind. We also carry out an observational test of the difference between unmagnetized and magnetized collisional frequencies, which are a conventionally used theoretical formula and a newly developed one, respectively. We then discuss the effect of Coulomb collisions on the thermodynamic evolution of solar wind protons.

14:35 [I-3-2]

Cosmic-Ray Heavy Nuclei Spectra Using the ISS-CREAM Instrument

Sinchul Kang¹, Hongjoo Kim¹, Hwanbae Park¹,

Jik Lee¹, Moohyun Lee², Jeongmin Park³,

Eun-Suk Seo⁴ for the ISS-CREAM collaboration

¹Department of Physics, Kyungpook National University

²Center for Underground Physics, Institute for Basic Science

³Advanced Radiation Technology Institute, Korea Atomic Energy Research Institute

⁴Department of Physics and Institute for Physical Science and Technology, University of Maryland

Cosmic Ray Energetic And Mass for the International Space Station (ISS-CREAM) was designed to investigate high-energy cosmic-rays. The goal is to understand cosmic ray origin, acceleration and propagation by extending direct measurements of cosmic rays to energies that overlap the energy region of air showers measurements. The ISS-CREAM instrument was launched on August 14th, 2017 to the ISS aboard the SpaceX-12 Dragon spacecraft. The data from the ISS-CREAM

instrument were taken for 539 days from August 22nd, 2017. In this analysis, the silicon charge detector (SCD), calorimeter (CAL), and top and bottom counting detectors (TCD/BCD) are used. The SCD is composed of 4 layers and provides the measurement of cosmic-ray charges. The CAL is composed of 20 interleaved tungsten plates and scintillators. It measures the energies of the incident cosmic-ray particles and provides a high energy trigger. The TCD/BCD provide a low energy trigger. The measured energy distribution from the CAL is deconvolved into an incident energy distribution using a deconvolution matrix, and the SCD top two layers are used for the charge determination. Geant4 Monte-Carlo simulation data are used to calculate efficiencies. We will present preliminary results of cosmic-ray heavy nuclei spectra from the ISS-CREAM instrument.

This work was supported in Korea by National Research Foundation grants 2018R1A6A1A06024970. The authors thank NASA for supporting the ISS-CREAM payload development, successful launch and accommodation on the ISS.

14:50 [I-3-3]

Model Determination of Small-Scale Flux Rope Structure in the Solar Wind by Grad-Shafranov Reconstruction

Seunguk Lee^{1,2}, Dae-Young Lee¹, Kyung-Eun Choi¹, Hee-Eun Wang¹, Kyung-Chan Kim¹

¹*Department of Astronomy and Space Science, Chungbuk National University*

²*Satellite Technology Research Center, KAIST*

In recent studies, according to observations of various solar wind probes such as Ace, Ulysses, and Wind missions, magnetic cloud structures with rotating magnetic fields are frequently observed. It varies in size from ~ 0.001 to ~ 0.1 AU. Some of coronal mass ejection (CME) contains a large scale flux rope structure. In contrast, there are small scale flux rope (SMFR) events, the size of which is usually from ~ 0.001 to ~ 0.01 AU. and their nature and origin is remain unclear. In this study, the axial direction and structural properties of SMFRs are analyzed through the Grad-Shafranov (GS) reconstruction method and compared with the force free fitting method. Furthermore, the reliability of the GS method was tested through wavelet analysis of these SMFRs.

15:05 [I-3-4]

Investigation of a Current Sheet Using a Time-Dependent Ionization Equation with Various Kappa Distributions

Jin-Yi Lee¹, John C. Raymond², Katharine K. Reeves², Chengcai Shen², Yuan-Kuen Ko³, Stephen Kahler⁴,

Yong-Jae Moon¹, Yeon-Han Kim^{5,6}

¹*Kyung Hee University*

²*The Center for Astrophysics | Harvard & Smithsonian*

³*Naval Research Laboratory*

⁴*Air Force Research Laboratory*

⁵*Korea Astronomy & Space Science Institute*

⁶*University of Science and Technology*

A flux rope eruption event of 2017 September 10 provides unique observations of the current sheet underneath the rising flux rope. The current sheet is possibly in a nonequilibrium state in terms of both nonequilibrium ionization and non-Maxwellian electron distribution. We apply a time-dependent ionization equation to the observed current sheet with various Kappa (κ) values representing the non-Maxwellian electron distribution. We generate the ionization and recombination rates, which are the time-dependent ionization equation parameters, with the various κ values. Thus, the ion fractions calculated by the time-dependent ionization equation are the function of density, temperature, and Kappa. We search the best parameters that explain the observations by the Atmospheric Imaging Assembly on board the Solar Dynamic Observatory and the X-ray Telescope and EUV Imaging Spectrometer on board Hinode. We discuss the nonequilibrium effects, comparing the results with the previous studies assuming equilibrium state.

15:20 [I-3-5]

A New Global Geomagnetic Index (G) in Low- and Mid-Latitude Regions

Il-Hyun Cho, Yong-Jae Moon, Gi-Jeong Kim, Harim Lee, Hyeonock Na

Kyung Hee University

We propose a new three-hour global geomagnetic index (G) which is uniform across magnetic latitude lower than 50 degrees. At every three hour interval for a given station, we subtract trends obtained by second-order harmonic fittings to H and D components and then the residuals are normalized by $(1 + 3\cos^2\lambda)^{1/2}$. The normalizing factor is the same with the latitudinal ($90^\circ - \lambda$) dependence of dipole moment of the Earth's magnetic fields. The logarithm of the normalized maximum deviation is taken to be the new index. By applying the algorithm to magnetic field data sets from 116 definitive stations in 2012 and 82 stations in 2019 provided by the INTERMAGNET, we find that the mean and standard deviation of linear fitting coefficients for the new indices as a function of magnetic latitude are closer to zero and less scattered than those of conventional K indices. Hence, the proposed indices are more uniform across magnetic latitude than K indices. It is also found that the average of the new indices (Gp) well describes disturbed geomagnetic conditions by encounters of

interplanetary coronal mass ejections as well as high-speed solar wind streams.

15:35 [I-3-6]

Transition Region of the Bow Shock Observed by Cluster and MMS Spacecraft

Hee-Eun Kim¹, Ensang Lee¹, George K. Parks²

¹*School of Space Research, Kyung Hee University*

²*Space Sciences Laboratory, University of California, Berkely, CA, USA*

It has been suggested that the reflected, gyrating ions play a significant role on the dissipation of the flow energy at the transition region of a quasi-perpendicular bow shock. Previous studies have reported the gyro-phase bunching of the reflected, gyrating ions at the shock transition region and well-thermalized hot component in the downstream region. However, the thermalization process of the reflected, gyrating ions is not well understood. In this study, we examine the 3D velocity distribution functions of ions at the transition region of the Earth's bow shock (shock ramp) observed by Cluster and MMS in detail. Especially, MMS provides a full 3D distribution function with 4.5 s resolution, which better resolves the development process of the distribution functions of the reflected, gyrating ions across the shock transition region. This will provide clues how the hot component is thermalized at the shock transition region.

제1발표장 Grand BallroomA

Invited Talk I

좌장: Jung A Hwang (KASI)

16:00 [IS- I]

국가안보우주능력 구축을 위한 제안(Suggestions for Building National Security Space Capability)

Kyeongkeun Kim

Agency for Defense Development

현대, 특히 최근 들어 우주는 기존 평화의 영역, 호기심의 영역이 아닌, 국가 생존을 위한 안보 전략의 영역으로 변화하고 있으며, Space-X를 위시한 New Space 기업의 상업적 성취에서 보듯이, 과학, 탐사의 영역은 물론, 미래 새로운 국가 수익을 창출할 수 있는 가장 중요한 산업의 영역으로 진화중이다. 본 연구에서는 이러한 우주라는 공간의 안보 전략적 의미를 고찰하고, 그 기반하에서 국가 안보 우주 능력의 구축방향에 대한 검토를 수행한다. 또한 안보 우주 능력의 구축과 연계하

여 우리나라 우주 산업의 혁신을 통한 경제 성장을 이끌 수 있는 한국형 New Space 모델에 대한 의견을 제시하고 최종적으로는 이를 위한 법, 규정, 제도, 조직의 개선 등 다양한 영역의 정책적 필요 사항에 대한 의견을 제시한다.

16:40 ~ 17:40 1부 포스터 발표

4월 29일(목) 제1발표장 Grand BallroomA

II-1 Space Surveillance (I)

좌장: Myung-Jin Kim (KASI)

09:15 [II-1-1]

Meteor Monitoring Network: Overview

Dong-Goo Roh¹, Jang-Hyun Park¹, Sungki Cho¹, Jung Hyun Jo¹, Jeong Yoo Hong¹, Hong-Suh Yim¹, Mansoo Choi¹, Myung-Jin Kim¹, Eun-Jung Choi¹, Jin Choi¹, Jiwoong Yu¹, SeongHo Son²

¹*Korea Astronomy and Space Science Institute*

²*Open Sky Partners Inc.*

Threats from space have continued to increase with the history of space development, and national interest in space dangers has also increased. Accordingly, the Korea Astronomy and Space Science Institute (KASI) has been designated as Space Environment Surveillance Agency in accordance with the Space Development Promotion Act. As a Space Environment Surveillance Agency, KASI organizes and operates a National Space Situational Awareness Organization (NSSAO). NSSAO has been establishing a monitoring system for meteors, one of the threats of natural space objects, since 2018. Meteor Monitoring Network has been installed in Inje, Daedeok, Daejeon, Suwon, Gwangju, Daegu, Busan, and Cheongju in cooperation with local science high schools. Meteor Monitoring Network has the main objectives of the detection and the trajectory analysis of falling meteors. We will present the system overview, install status, and plan of Meteor Monitoring Network.

09:30 [II-1-2]

Meteor Monitoring Network: Design, Fabrication, and Installation

SeongHo Son¹, Yong-Ik Byun², Dong-Goo Roh³, Jang-Hyun Park³, Sungki Cho³, Jung Hyun Jo³, Jeong Yoo Hong³, Hong-Suh Yim³, Mansoo Choi³, Myung-Jin Kim³, Eun-Jung Choi³, Jin Choi³,

Jiwoong Yu³, YoungGyu Shim¹, SooJeong Park¹

¹*Open Sky Partners Inc.*

²*Department of Astronomy, Yonsei University.*

³*Korea Astronomy and Space Science Institute.*

The Meteor Monitoring Network for monitoring fireballs falling to the earth was developed as part of the All-sky Space Object Monitoring System. We produced and verified prototypes in 2017, and constructed and installed a total of 13 Meteor Monitoring Cameras since 2018 to form Meteor Monitoring Network. The sensor of the Meteor Monitoring Camera consists of two high-resolution DSLRs and one video camera. Two DSLRs create complex high-resolution images so that the fireball trajectory can be accurately measured, and video images can measure the exact time of the fireball detection. The system performs automatic observation, and the data is transmitted to the designated server for further analysis. In earnest from 2020, Meteor Monitoring Network has been installed in cooperation with domestic science high schools, and the system is being refined to provide the observed data not only as data for space surveillance, but also for students' T&E. We will present detailed design, fabrication, and installation of Meteor Monitoring Network.

09:45 [II-1-3]

Trajectory and Orbit Analysis of the Seocheon Fireball on September 23, 2020

Youngmin JeongAhn¹, Jin Choi¹, Myung-Jin Kim¹, Dong-Goo Roh¹, Mansoo Choi¹, Jang-Hyun Park¹, Sungki Cho¹, Jung Hyun Jo¹, Hong-Suh Yim¹, Jeong Yoo Hong¹, Hong-Kyu Moon¹, Young-Jun Choi^{1,2}

¹*Korea Astronomy and Space Science Institute*

²*University of Science and Technology*

On September 23, 2020 at 01:39 (KST), a bright fireball was observed from all regions of South Korea except Jeju Island. Eyewitnesses' reports and video footage from dashboard cameras were shared on social media, and the event received wide press coverage. We analyzed the photographic and video images obtained from the Sky Camera at the OWL-Net (Optical Wide-field patrol Network) testbed, the Meteor Monitoring Network camera at Daedeok site, and the sky monitoring camera at the Geochang SLR (Satellite Laser Ranging) station. The meteor started to emit light from a height of 70km, and exploded twice over Seocheon and the border between Seocheon and Iksan while travelling eastward with a slope relative to the surface of 40°. The heliocentric orbit before the Earth encounter is estimated to have a semi-major axis of 1.7 AU with an eccentricity of 0.43. This research will benefit the further development of the Meteor Monitoring Network established by KASI (Korea Astronomy and Space Science

Institute).

10:00 [II-1-4]

A Study on the Component Analysis of a Meteor through the Construction of a Meteor Spectral Observation System

Dong-Yeol Choi

Daejeon Science High School

In this study, after constructing a system that can observe the meteor spectroscopically, the components of the meteor were analyzed by taking a spectral image. First, a calibration image was obtained using a mercury lamp in a dark room, and the calibration was performed by analyzing it with the R-Spec program. After that, a meteor spectral observation system was built on Mount Unjang using three CCTV cameras, housing, fork mount, timer system, video recording system, and grating film (600 line/mm). Meteor spectroscopy observations were performed for 6 months from March to August 2020 to obtain 2-3 meteor images per month, of which very clear spectral images were obtained. After building and downloading a remote access program for the captured image, the meteor image and spectroscopy image were accurately determined using the UFO Analyzer program, and the components were analyzed using the R-Spec program. Using the spectroscopic observation system, shooting images and spectroscopic images were acquired, and it was confirmed that the components of the meteor were mainly composed of elements of Mg, Ca, Si, and Fe.

10:15 [II-1-5]

KSA R&E Program: Discovery of C₂ Swan Band and CN Emission in Spark Discharge for Miller-Urey Experiment

In-Ok Song¹, Younghoon Mo^{1,2}, Jein Ryu^{1,3}, Hoyon Chang^{1,2}, Ki-Wook Hwang^{1,3}, Man-Seog Chun¹, Jinho Oh¹, Sangjoon Hahn¹

¹*Korea Science of Academy of KAIST*

²*Seoul National University*

³*KAIST*

A case study of spark discharge experiment has been carried out as R&E program in our school. Spark discharge experiment is known as Miller-Urey experiment and is for studying the origin of life in early Earth. We have established the apparatus since 2015 and carried out the experiments by students year by year. In 1953, Miller and Urey obtained organic molecules from simple combinations of gases. It simulated the early Earth's atmosphere and oceans in a closed system. We designed a laboratory with a simplified and modern device to conduct spark discharge experiments followed by Parker et al. (2014).

The apparatus was built to circulate N₂, CH₄, and NH₃ past an electrical discharge. Evidence of amino acids are found in solution and C₂ Swan band and CN emission were discovered in spectroscopy as direct products of the discharge.

10:30 [II-1-6]

Analysis of Space Surveillance with OWL-Net for Mega Constellations: Brightness of STARLINK Satellites and Optical Tracking Performance

Jin Choi, Hee-Jae Lee, Eun-Jung Choi, Dong-Goo Roh, Myung-Jin Kim, Hong-Suh Yim, Sungki Cho, Jung Hyun Jo

Korea Astronomy and Space Science Institute

The mega constellation could be a new challenge for space surveillance. By early 2021, about 1000 STARLINK satellites and 110 OneWeb satellites are already in orbit. We conducted two experiments to confirm the performance of space surveillance for the mega constellation using OWL-Net (Optical Wide-field patrol-Net). First, the brightness of the STARLINK satellites was measured to test detectability of OWL-Net. The brightness of Darksat and Visorsat was also measured for comparison with the brightness of normal STARLINK satellites. Second, we performed the tracking simulation of STARLINK and OneWeb satellites. In order to track a large number of satellites within limit observation time, the short-arc observation mode was considered.

10:45 [II-1-7]

A Study of the Initial Orbit Determination Performance under a Limited Observation Environment

Siwoo Kim¹, Taehyun Sung¹, Eunjung Choi², Sungki Cho², Jaemyung Ahn¹

¹*Korea Advanced Institute of Science and Technology*

²*Korea Astronomy and Space Science Institute*

An initial orbit determination (IOD) is the earliest step in space situational awareness (SSA) framework, including monitoring, tracking, and risk analysis of space objects. An IOD technique is divided into angles-only, range-only, and mixed data methods depending on the observation data type. In this research, limited observational resources are assumed for space objects IOD, which is a single site radar observation environment. Two modes were constructed according to the input types, six ranges or three ranges with three range-rates, using an iterative method. The simulation was performed with various orbit and beamwidth of the radar, which shows a relationship between the beamwidth and IOD quality.

제2발표장 Grand BallroomB

II-2 Sun & Space Environment (III)

좌장: Kyoung-Sun Lee (SNU)

09:15 [II-2-1]

Properties of Non-Zeroth Slow Mode Waves in Sunspots

Juhyung Kang^{1,2}, Jongchul Chae², Jooyeon Geem², Kyuhyoun Cho²

¹*Korea Astronomy and Space Science Institute*

²*Seoul National University*

Recently, a spiral wave pattern (SWP) has been interpreted as the combination of zeroth azimuthal mode slow and non-zeroth mode slow wave, but the properties of these waves are not fully investigated. Here we represent the observational properties of the SWPs by using data of SDO/AIA 304 Å from 2013 to 2018. Among 496 sunspots, the 140 sunspots have SWPs, and the total number of the observed SWPs is 241. The average number of detected SWPs per hour is about 0.86. Most of SWPs have one spiral arm (192) and 48 SWPs have two spiral arms, and only one SWP has three spiral arms. The predominant oscillation period (red to blue shift) is about 145 seconds, and the lifetime is about 203 seconds. There is no hemispheric dependence or magnetic dependence for the direction of rotation. The one-armed SWPs have an angular speed of 2.3 °/sec, but the two-armed SWPs have about two times lower angular speed of 1.3 °/sec. The radial speed is about 33 km/s, and that represents most of the wave generation sources is located below the 1 Mm to 2 Mm from the plasma β around 1 layer.

09:30 [II-2-2]

How Hot can Solar H α Features be?

Jongchul Chae

Seoul National University

The solar chromosphere is best observed through the H α line from the ground. Because of light mass of a hydrogen atom, the Doppler width of this line is mostly determined by the broadening due to the thermal motion of hydrogen atoms, and hence can be used as a useful diagnostic of temperature. This principle has been applied to the spectral data taken by the Fast Imaging Solar Spectrograph of the Goode Solar Telescope at the Big Bear Solar Observatory, and produced the values of temperature ranging from 4,000 K to 40,000 K. The high temperatures above 20,000 K, however, are a serious concern, because hydrogen atoms might be fully ionized and no neutral atoms might be left at these temperatures.

This motivated us to develop a simple method of determining the degree of hydrogen ionization when photoionization rate as well as temperature and pressure is specified. The photoionization can be inferred from the tabulated parameters of an atmospheric model. By applying our method, we found that in the chromospheric environment, plasma features contain more than 10% neutral hydrogen at temperatures lower than 17,000 K, but less than 1% neutral hydrogen at temperatures higher than 23,000 K, implying that the hydrogen temperature determined from the H α line is physically plausible if it is lower than 20,000 K, but may not be real, if it is higher than 25,000 K. We conclude that very large Doppler widths previously reported from very dynamic features such as surges and coronal rains have to be explained by some effect other than the thermal broadening.

09:45 [II-2-3]

Impulsive Wave Excitation in the Quiet-Sun by Dynamically Changing Granules

Hannah Kwak¹, Jongchul Chae¹, Maria S. Madjarska², Kyuhyoun Cho¹, Donguk Song³

¹*Seoul National University*

²*Max Planck Institute for Solar System Research*

³*National Astronomical Observatory of Japan*

It is not yet fully understood how magnetohydrodynamic waves are excited in the interior and atmosphere of the Sun. Over the last few decades, acoustic events observed in the intergranular lanes in the photosphere have emerged as a strong candidate for a wave excitation source. We report our observations of wave excitation by a new type of event: dynamically changing granules. Our observations were carried out with the Fast Imaging Solar Spectrograph and the TiO 7057Å broadband filter imager of the 1.6 m Goode Solar Telescope at the Big Bear Solar Observatory. We identify granules in the internetwork region that undergo rapid dynamic changes such as collapse (event 1), fragmentation (event 2), or submergence (event 3). In the photospheric images, these granules become significantly darker than neighboring granules. After the granules' rapid changes, transient oscillations are detected in both of the photospheric and chromospheric layers. In the case of event 1, the dominant period of the oscillations is close to 4.2 min in the photosphere and 3.8 min in the chromosphere. In addition, in the Ca II-0.5Å raster images, we observe repetitive brightenings in the location of the rapidly changing granules that are considered the manifestation of shock waves. Based on our results, we suggest that dynamic changes of granules can generate upward-propagating acoustic waves in the quiet Sun that ultimately develop into shocks.

10:00 [II-2-4]

Three-Minute Umbral Oscillations and Their Source Depth

Kyuhyoun Cho, Jongchul Chae

Seoul National University

We estimate the source depth of the three-minute umbral oscillations. Previous studies reported that the umbral velocity oscillations show that ripple-like structures propagate horizontally. It is against our notion that the umbral oscillations are observational phenomena by the upwardly propagating slow magnetohydrodynamic (MHD) waves. To explain this observational feature, we adopt the hypothesis that the observed horizontal propagation is the apparent motion. The fast MHD waves are generated at a point source and propagate quasi-isotropically. When the fast waves reach the photosphere, a time lag occurs due to the different propagating paths. After then the fast MHD waves are converted into the slow MHD waves which propagate along the vertical magnetic fields in the umbra. The time lag, which causes the horizontal apparent motion, contains information about the source depth. We analyze the horizontal motion of the ripple-like structures of umbral oscillations observed by the Fast Imaging Solar Spectrograph. By comparison between our model and observational data, we obtain the source depth between 1,000–2,000 km. Our result will provide a clue to the magnetoconvection and wave generation in sunspots.

10:15 [II-2-5]

Analysis of a Solar Moving Type IV Radio Burst with LOFAR Observation

Hongyu Liu^{1,2,3}, Pietro Zucca³, Kyungsuk Cho^{1,2}, Peijin Zhang⁴, Jasmina Magdalenic⁵, Anshu Kumari⁶, Roksoon Kim^{1,2}, Sujin Kim¹, Juhung Kang^{1,7}

¹*Korea Astronomy and Space Science Institute*

²*University of Science and Technology*

³*ASTRON, the Netherlands Institute for Radio Astronomy, Oude Hoogeveensedijk 4, Dwingeloo 7991PD, the Netherlands*

⁴*CAS Key Laboratory of Geospace Environment, School of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei, China*

⁵*Solar-Terrestrial Center of Excellence-SIDC, Royal Observatory of Belgium, Av. Circulaire 3, B-1180 Brussels, Belgium*

⁶*Department of Physics, University of Helsinki, Pietari Kalmin katu 5, 00560 Helsinki, Finland*

⁷*Astronomy Program, Department of Physics and Astronomy, Seoul National University*

Type IV radio burst is the long-lasting broadband continuum

emission in metric wave-length. In addition to the continuum emission Type IV radio bursts may show fine structure with high brightness temperature. The physical emission responsible for both continuum and fine structures is still under debate. In this study, we present a moving type IV radio burst observed by LOFAR. We performed a detailed comparison of NRH and LOFAR imaging. Using the full Stokes parameters from the LOFAR dynamic spectra, we have also calculated the degree of circular polarisation during the propagation of the moving type IV. Finally, we combined LOFAR interferometric data with SDO-AIA and LASCO-C2 to track the evolution of this type IV and relate it with the CME.

10:30 [II-2-6]

Emergence and Cancellation of Opposite Magnetic Polarity in Association with Light Bridge Jets

Eun-Kyung Lim¹, Heesu Yang¹, Vasyl Yurchyshyn², Jongchul Chae³, Donguk Song⁴, Maria S. Madjarska^{3,5}

¹*Korea Astronomy and Space Science Institute*

²*Big Bear Solar Observatory, NJIT*

³*Seoul National University*

⁴*National Astronomical Observatory of Japan*

⁵*Max Planck Institute for Solar System Research*

Chromospheric observations of sunspot light bridges (LBs) reveal various activities including fan-shaped jets and brightenings. Magnetic reconnection is one of frequently suggested mechanisms responsible for such activities based on dynamical properties of ejections. However, detailed investigations on associated magnetic field change are often missing. We carry out magnetic field measurements and imaging spectroscopy of an LB where fan-shaped jets occur with co-spatial brightenings at their footpoints. We study LB fine structure, magnetic field changes, and dynamics of jets using TiO images, Near-Infrared Imaging Spectropolarimeter, and H α data taken by the 1.6 m Goode Solar Telescope. We detect magnetic flux emergence in the LB that is of opposite polarity to that of the sunspot. The new magnetic flux cancels with the pre-existing flux at a rate of 5.6×10^{18} Mx hr⁻¹. Both the recurrent jet-like ejections and their base brightenings are initiated at the vicinity of the magnetic flux cancellation, and show apparent horizontal extension along the LB at a projected speed of up to 18.4 km s⁻¹ to form a fan-shaped appearance. Based on these observations, we suggest that the fan-shaped jets may have resulted from slipping reconnection between the new flux emerging in the LB and the ambient sunspot field.

10:45 [II-2-7]

Effects of Intermediate Shear Flow on the Resonant Absorption of Coronal Loop Kink

Oscillations Excited by an External Fast Wave

Dae Jung Yu

Kyung Hee University

There have been observations of systematic and pervasive upflows in the solar corona, which seems to be related to solar wind. The omnipresent flows may also affect the wave dynamics in the solar atmosphere. It is known that when there is a flow in the coronal loop, the characteristics of the loop oscillations may have substantial changes. Contrarily, when the loop oscillation is excited by the external events like flares, the effects of the background flows surrounding the loop on the loop oscillation is not well-known. It is also known that selective excitation of coronal kink oscillations is not possible by an external wave. This awareness is from the studies considering no background shear flow. The shear flow between the external wave source site and the considered coronal loop may affect the wave propagation to the loop and relevant loop oscillations. To resolve this issues, I study resonant absorption of the loop kink oscillations under coronal conditions in cylindrical geometry. As a simple model for the background flow, I consider a rectangular function for the shear flow and a linear function for the density in the transitional layer. I derive the wave equation from ideal MHD equations, for which invariant imbedding method is used. I find that the behavior of resonant absorption is divided into two regions by two critical speeds ($V_{ct} = V_k \pm V_{Ac}$) where V_{Ac} is the external Alfvén speed and V_k is the phase speed of the wave. When the flow speed (U) is between V_c and V_{ct} , high resonant absorption is obtained for the loop length to be long compared to the loop radius where thin transitional layer and a small length of the flow region are required. On the contrary, when $U < V_c$ and $U > V_{ct}$, high resonant absorption is possible for the loop length to be relatively small where the transitional layer needs to be thick. In both cases, resonant absorption has sensitive dependence on the small change of the flow speed. As the crucial dependence of resonant absorption on the shear flow means that the shear flow can control the transmission to the coronal loop, I conclude that the shear flow may cause the selective excitation of the kink oscillations.

제3발표장 Bay Room

II-3 Sun & Space Environment (IV)

좌장: kyung Guk Min (CNU)

09:15 [II-3-1]

Interpretation of the Flux Enhancement Measured by Multiple Satellites Including GK-2A KSEM on

May 11, 2019

Woo-Hyeong Seol, Jongho Seon, Chanhaeng Lee

School of Space Research, Kyung Hee University

An analysis of flux enhancement during geomagnetic storms will be presented. On May 11, 2019, flux enhancements of electrons and protons during the geomagnetic storm due to Coronal Mass Ejection (CME) were measured by GK-2A, GOES-16 and 17, and THEMIS satellites. Observations of the magnetic field and particle flux measured by various satellites are analyzed to investigate substorm injections. The energetic particle fluxes during the geomagnetic storm vary depending on the location, energy, and charge species. We present correlations among magnetic fields, particle fluxes, solar wind parameters, and magnetic indices to study the energy dependence of drift echoes and injection in the Earth's outer radiation belt. Observations of flux enhancements in various cases during geomagnetic storms caused by CME or Corotating Interaction Region (CIR) will be included.

09:30 [II-3-2]

Study on the Substorm Injections during Geomagnetic Quiet Times with Multi-Satellite Observations

Chanhaeng Lee, Jongho Seon, Woo-Hyeong Seol

School of Space Research, Kyung Hee University

A study on the substorm injections occurring during geomagnetic quiet times will be presented. Estimation of the trajectory and origin of the substorm injections are conducted. To this end, the Earth's outer radiation belt measurements by various satellites ranging from the geostationary satellites, GK-2A, GOES-16, and GOES-17, to the high-elliptical satellites, THEMIS satellites, are investigated. Observations on May 5, 2019 and May 24, 2019, applicable before and after geomagnetic storms, are utilized to investigate the factors that may enable or disable the injections. Pitch angle dependence and energy dispersion of the injections are also examined in terms of the adiabatic theory.

09:45 [II-3-3]

Relationship between Positive Spacecraft Charging and Cold Ions Energized by EMIC Waves

Khan-Hyuk Kim, Junhyun Lee

Kyung Hee University

The relationship between positive spacecraft charging and electromagnetic ion cyclotron (EMIC) waves in the inner magnetosphere is studied using measurements acquired by Van

Allen Probe B. We focus on the interval from 10:00 to 12:00 UT on March 11, 2016. During this interval the inbound plasmopause crossing was clearly identified by a sudden increase in electron number densities, inferred from the spacecraft potential (N_{sp}) and from the upper hybrid resonance frequency (N_{uh}). The N_{sp} values are very close to the N_{uh} values except for the interval when the spacecraft detected strong He-band and weak H-band EMIC waves in the plasmasphere at $L = 4.4$, $MLT = 10.7$, and $MLAT = -7.2^\circ$. At the time of the EMIC waves, N_{uh} is $\sim 200 \text{ cm}^{-3}$, N_{sp} is $\sim 20 \text{ cm}^{-3}$, and low-energy ion fluxes (H^+ , He^+ , O^+) are strongly enhanced. By comparing the spacecraft potential, we found that the density depletion in N_{sp} is due to positive spacecraft charging. We suggest that cold protons and heavy He^+ and O^+ ions are accelerated by EMIC waves and that the spacecraft is positively charged as the buildup of the energized positive ions incident on the spacecraft surface.

10:00 [II-3-4]

Unusual High Frequency EMIC Waves: Comprehensive Analysis of Wave Excitation and Energy Coupling Process

Kyungguk Min¹, Jiwoo Kim¹, Qianli Ma^{2,3},
Chae-Woo Jun⁴, Kaijun Liu⁵

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

²*Department of Atmospheric and Oceanic Sciences, University of California*

³*Center for Space Physics, Boston University*

⁴*Institute for Space-Earth Environmental Research (ISEE), Nagoya University*

⁵*Department of Earth and Space Sciences, Southern University of Science and Technology*

In this paper, we present a comprehensive analysis of the excitation of unusual high frequency ($f \sim 0.95 f_{cp}$) EMIC waves recently reported by Teng et al. (2019) and the energy coupling process between magnetosonic waves and suprathermal protons suggested therein. First, one-dimensional hybrid (kinetic ions/massless fluid electrons) simulations of parallel-propagating EMIC waves initialized with the plasma conditions derived from the event show that the anisotropic suprathermal protons observed are capable of exciting EMIC waves with frequencies and amplitudes in good agreement with the observed EMIC waves. The waves excited can resonantly heat low-energy ($\sim \text{eV}$) protons but their amplitudes are too weak to have caused the level of perpendicular heating shown in the observation. On the other hand, they can lead to rapid pitch-angle scattering of $\sim \text{MeV}$ electrons in a narrow energy range due to large wavenumbers of the excited EMIC waves. Second, the role of pre-existing magnetosonic waves in suprathermal proton heating is examined using quasilinear diffusion theory and test particle

calculation. It is found that contrary to general belief the quasilinear momentum diffusion becomes ineffective in energies relevant to the suprathermal protons, indicating that the low-energy protons cannot be energized to the observed level through multi-harmonic cyclotron resonances. Instead, the test particle calculation suggests that they can be nevertheless energized to the level observed in this event through some kind of non-resonant process whose nature is not yet identified.

10:15 [II-3-5]

A Statistical Analysis of Low-Energy Ion Flux Enhancements by EMIC Waves in the Inner Magnetosphere

Junhyun Lee, Khan-hyuk Kim, Ensang Lee
School of Space Research, Kyung Hee University

It has been reported that EMIC waves can energize cold protons (H^+) and helium ions (He^+). Until now, however, there is no statistical study to understand the properties of EMIC wave-associated low-energy H^+ and He^+ heating in the inner magnetosphere. In this study, we statistically examined the relationship between EMIC waves and low-energy ion flux enhancements using Van Allen Probes A and B data for 2013–2017. The low-energy H^+ and He^+ heating events were observed when the EMIC waves occur in He-band or in a multiple band (H-band and He-band) with strong He-band and weak H-band wave activity. We identified 1427 intervals for the EMIC wave activity, and only 90 intervals ($\sim 6\%$) are characterized by accompanying low-energy ion flux enhancements. For 90 He-band EMIC wave intervals, we observed that 261 wave packets occurred simultaneously with low-energy ion flux enhancements. Of 261 events, 149 events exhibit only He^+ flux enhancements (He^+ event), and 112 events exhibit both H^+ and He^+ flux enhancements (H^+-He^+ event). Most of the events occur predominantly from the post-noon to the dusk sector, near the equatorial plane just inside the plasmopause. The integrated flux and heated energy are independent of EMIC wave power. By comparing H^+ and He^+ heated energies, we found that low-energy H^+ ions are more accelerated than the protons by EMIC waves. They are mostly heated in the direction perpendicular to the background magnetic field. Thus we suggest that the He-band EMIC wave preferentially contributes to the transverse acceleration of very cold He^+ ion (< 1 eV) in the inner magnetosphere.

10:30 [II-3-6]

Compare of VAP-A Data with Magnetospheric Particle Flux Prediction Algorithm (MPF) Using

KIP and DIP Prediction Algorithm Result Data

Jongkil Lee^{1,2}, Kyungchan Kim³, Jaejin Lee¹,
Wooyean-Park⁴

¹*Korea Astronomy and Space Science Institute*

²*University of Science and Technology*

³*Daegu University*

⁴*Chungnam University*

There are tens of thousands of satellites in space that are invisible to the eye but have been shot from the past to the present. These satellites do not meet their life expectancy and become a mission terminated. As far as it has been revealed, it is known that the SEE/SEU and the like caused the malfunction and terminate of the satellite. In particular, it has been reported that the radiation belt found by Van Allen, where this phenomenon occurs frequently, is a part where particles are gathered, and that the satellites passing through this area do not meet the life expectancy and are terminated. In view of this fact, using the results from previous papers, we have created an algorithm that takes the data observed by a geostationary orbit satellite and creates a particle distribution of electrons and particles distributed in the space between $L^* = 1 - 7$. (As input values of the algorithm, there are quasi-real-time data, Kp, KSEM, and GOES, and distribution data could also be generated by substituting values predicted by other meteorological algorithms.)

10:45 [II-3-7]

Low-Energy Particle Acceleration by EMIC Waves in the Inner Magnetosphere: Hybrid Simulations

Jong-Woo Kwon¹, Khan-Hyuk Kim¹, Kyungguk Min²

¹*School of Space Research, Kyung Hee University*

²*Chungnam National University*

It has been known that electromagnetic ion cyclotron (EMIC) waves, which are generated by hot anisotropic ($T_{\perp} > T_{\parallel}$) protons ($\sim 10 - 100$ keV), cause strong heating of cold (< 1 eV) He^+ in the magnetosphere. Using a hybrid code with parameters found in the inner magnetosphere, we examine when and how EMIC waves interact with cold protons and helium (He^+) ions. The results of simulations are summarized as follows. (1) Cold He^+ ions experience energization by EMIC waves far more than cold protons do. (2) The He^+ heating mainly occurs in directions perpendicular to the background magnetic field. (3) The degree of He^+ heating is independent of EMIC wave power. In this paper, we will discuss the relationship between low energy particle acceleration and EMIC waves in more detail.

제1발표장 Grand BallroomA

Invited Talk II

좌장: Eun Jung Choi (KASI)

11:10 [IS-II]

Space Odyssey 2050, ROKAF Space Power Development Plan

Kitae Park

Chief of Space Division, Air and Space Combat Development Wing, ROKAF

Space development and space hegemony competition are accelerating between neighboring countries including U.S., Russia, China, and Japan.

As a result, ROKAF announced its 3-phased space development plan “Space Odyssey” in order to ensure the freedom of space activities and achieve space security. The plan is as follows: 1) be equipped with limited space surveillance capabilities and complete shaping for space operation execution; 2) be equipped with capabilities of surveillance, reconnaissance, and counter-space operation execution against omnidirectional threats. 3) be equipped with all-weather space surveillance and counter-space operation execution capability. To this end, the ROKAF plans to develop its space power and organization into four areas: policy strategy, power, organization and manpower, and will contribute to the establishment of national space power through strengthening international and civilian cooperation.

제1발표장 Grand BallroomA

III-1 Space Surveillance (II)

좌장: Man-Soo Choi (KASI)

13:00 [III-1-1]

A Framework for Space Object Collision Risk Analysis Using Pruning Method

Jinsung Lee¹, Siwoo Kim¹, Eunjung Choi², Sungki Cho², Jaemyung Ahn¹

¹Korea Advanced Institute of Science and Technology

²Korea Astronomy and Space Science Institute

The recent surge in the number of satellites in the near-Earth orbit raises significant concerns about the increased risk posed by space objects. Risk information generation is the ultimate goal of space situational awareness system, and these risks are divided into collision risks between space objects and impact

risks due to reentry. In this research, a framework for effectively analyzing the risk of collision between space objects is proposed. A pruning technique is applied based on orbital elements to avoid computational loads due to all pairwise checks. For filtered pairs, the collision probability overtime is calculated using the size, orbital, and covariance information of each object. A case study on the collision risk evaluation with LEO satellites is conducted to demonstrate the proposed framework’s efficacy.

13:15 [III-1-2]

Study on the Utility Analysis for Ground-Based Radar System for Space Situational Awareness

Jaedong Seong, Okchul Jung, Youeyun Jung, Daewon Chung

Korea Aerospace Research Institute

The importance of space security has soared due to recent changes in the international environment of space activities and the increase in domestic space assets. Space security means ensuring access to space with the ability to use it freely for various purposes, and major overseas space industrialized nations have recently set national goals and intermediate goals for space security, overhauling and investing in subsequent systems. Meanwhile, South Korea plans to operate more than 60 satellites by 2030, or information on space objects approaching operating satellites is entirely dependent on the United States, exposing problems in accuracy and timeliness. Therefore, it is necessary to establish a radar system for understanding space situations over South Korea, and this study analyzed the usefulness of radar systems such as the number of observable space objects, daily observation frequency, and tracking availability analysis.

13:30 [III-1-3]

Practical methods and approaches for Space Situational Awareness decision-making process

Eun-Jung Choi

Korea Astronomy and Space Science Institute

The Space Situational Awareness(SSA) mission focuses on the ability to view, understand, and predict the physical location of space objects in orbit around Earth. In addition, the purpose of SSA is to provide decision-making processes with a quantifiable and timely predictive evidence to specific space threats and hazards. There is a variety of uses for SSA data, such as re-entry prediction, collision avoidance, and identification. Some uses require timeliness over accuracy, and other uses may require the accuracy of orbital data for spaceflight safety.

To avoid unjustified alarm, the intrinsic uncertainties of the problem is also critical for the evaluation of the risk. In this paper, a practical approach to the decision of warning of space situational awareness according to orbit accuracy obtained through optical and radar system was analyzed. Finally, the technologies for the measurement, monitoring and characterization of the orbital properties of space objects were also presented.

제2발표장 Grand BallroomB

III-2 Special Session: Sun & Space Environment
Observational Data Application (I)

좌장: Kyung Sun Park (CBNU)

13:00 [III-2-1]

Status of Solar Observation and Data in KASI

Sujin Kim, Eun-Kyung Lim, Ji-Hye Baek,
Su-Chan Bong, Yeon-Han Kim,
KASI Space Weather Team

Korea Astronomy and Space Science Institute

We present various solar data archived in Korea Astronomy and Space Science Institute. KASI has installed and operated solar telescopes and archived observing data. SOLar Flare Telescope (SOFT), first research dedicated solar telescope in Korea, was installed in 1995 and operated to observe H-alpha and White light sun until 2019. For radio sun, e-Calisto spectrometer has been operating to observe dynamic spectrum in decimeter and meter wavelength ranged 45-870 MHz from 2007, while Korean Solar Radio Burst Locator (KSRBL) has been observing dynamic spectrum in decimeter and cm wavelength ranged 1-18 GHz from 2009. The operation of KSRBL was suspended during 2013-2020 and resumed at September 1st 2020. For the international cooperation, we have been participating the observation of 1.6 m Goode Solar Telescope (GST) of New Jersey Institute of Technology since 2010, and archiving Imaging and spectrum data in visible and near infrared wavelength. Also, we have been operating Korean Data Center (KDC) for Solar Dynamics Observatory (SDO) of NASA in cooperation with Joint Science Operations Center (JSOC). KDC has archived data obtained by Atmospheric Imaging Assembly (AIA) and Helioseismic and Magnetic Imager (HMI) of SDO 2010 to present.

13:10 [III-2-2]

KASI's Global Observation Network for Space Weather

Young-Sil Kwak, Seonghwan Choi,
KASI Space Weather Team

Korea Astronomy and Space Science Institute (KASI)

Currently, the dependence on communication and navigation technology in human life is increasing, and therefore, monitoring and understanding changes in the global space weather are becoming more important. In addition, a single instrument may be sufficient to study the impact of the space weather in a specific area, but global observation data is needed to understand the fundamental mechanism of changes in the space weather between the Sun and Earth. Korea Astronomy & Space Science Institute (KASI) plans to establish and operate a global space weather observation network from 2021 to monitor changes in the global space environment. It plans to build and operate a ground-based solar imaging spectroscopy global observation network and a near-Earth space environment global observation network. In addition, space-based observations such as SNIPE and CODEX, which are scheduled to be launched in 2021 and 2023, respectively, will be performed. This presentation introduces KASI's global observation network for space weather, and also introduces the data acquired from each instruments (especially, the ionosphere and upper atmosphere instruments) and their scientific application.

13:20 [III-2-3]

Introduction to VHF Ionospheric and Meteor Detection Radar in KASI: Operation, Data Status, and Application

Tae-Yong Yang¹, Young-Sil Kwak^{1,2},
Jaeheung Park^{1,2}, Hosik Kam¹, Jaewook Lee^{1,2}

¹*Korea Astronomy and Space Science Institute*

²*University of Science and Technology*

Korea Astronomical and Space Science Institute is operating VHF radar observation instrument for research on the ionosphere, upper mesosphere and lower thermosphere. Although it is composed of one system, each observation is operated in a different mode to perform ionospheric and meteorological observation. Firstly, the VHF ionospheric radar was installed in Gyeryong (36.18°N, 127.14°E, 26.7°N dip latitude) in 2009 in cooperation with the Republic of Korea Air Force. Through observation of the electron density irregularities occurring in the E and F layer of the ionosphere, it was possible to study and understand the physical phenomena of the mid-latitude ionospheric, which was not well known until now. In addition, in 2017, a meteor observation mode was added that provides the wind speed and temperature distribution in neutral atmosphere at an altitude of 80-100 km through observation of the meteor trail left after the meteor burns out due to atmospheric friction. The observational data of the ionospheric, mesosphere, and thermosphere accumulated through continuous

observations since 2009 and 2017 are expected to be used for the study of the mid-latitude ionosphere and upper atmosphere, which has been difficult to study due to the lack of access and observational data.

13:30 [III-2-4]

Ground-Based Observations for Studying Upper Atmospheric and Ionospheric Responses to Space Weather

Changsup Lee^{1,2}, Geonhwa Jee^{1,2}, Jeong-Han Kim¹, Hyuck-Jin Kwon¹, Jieun Kim¹, Young-bae Ham^{1,2}, Byeong-Gwon Song¹, Eunsol Kim^{1,3}, Ji-Hee Lee¹

¹*Korea Polar Research Institute*

²*University of Science and Technology*

³*Chungnam National University*

Korea Polar Research Institute has been operating ground based observational sites in Antarctic and Arctic areas for monitoring characteristics and variations of upper atmosphere and ionosphere. As a single instrument has its own inherent limitation in both temporal and spatial coverage, multi-instrument observations should be performed to study physical properties of polar atmosphere where several different types of energy enter from outer space. In this talk, we introduce a few key instruments collecting upper atmospheric and ionospheric information before discussing their applications to studies dealing with sun and space environment.

13:40 [III-2-5]

1.6 m Goode Solar Telescope: Tips for Your Own Observation, Data Analysis and Research Strategy

Eun-Kyung Lim, Heesu Yang, Juhyung Kang, Yeon-Han Kim, KASI Space Weather Team

Korea Astronomy and Space Science Institute

The GST, formerly called NST (New Solar Telescope), is a 1.6 m off-axis solar telescope installed in Big Bear Solar Observatory in California. GST is currently the largest solar telescope after 4 m DKIST. KASI and SNU team joined the development of GST and are international partners of BBSO supporting the maintenance and observations of GST. In order to encourage the Korean solar community in observations and usage of unprecedented high-resolution GST data, we introduce the data structure of scientific instruments and various research topics that have been accomplished through the GST observations. The main instruments of the GST currently in use consist of a broad-band filter imager (BFI) targeting photospheric imaging, visible imaging spectrograph (VIS), and fast imaging solar spectrograph (FISS) for chromospheric imaging spectroscopy, and near-infrared imaging spectropolarimeter

(NIRIS) for the photospheric magnetic field measurement. The GST scientific topic ranges from the magnetoacoustic wave phenomena to precursors of plasma ejections on both small and large scales.

13:50 [III-2-6]

Near Real-Time Ionospheric Monitoring over East Asia Using GNSS Data

Woo Kyoung Lee¹, Byung-Kyu Choi¹, Dong-Hyo Sohn¹, Junseok Hong¹, Se Heon Jeong^{1,2}, Jong-Kyun Chung¹, Kyoung-Min Roh¹, Sung-Moon Yoo¹, Young-Sil Kwak^{1,3}, Jaeheung Park^{1,3}, Tae-Yong Yang¹

¹*Korea Astronomy and Space Science Institute*

²*Chungnam National University*

³*University of Science and Technology*

This presentation introduces a recently started project that monitors the ionosphere over East Asia in near real-time (NRT) using the Global Navigation Satellite System (GNSS) data. GNSS provides a valuable tool for the investigation of ionospheric climatology and disturbances. The GNSS network enables 24-hr monitoring of the ionosphere and provides ionospheric information (e.g., total electron content (TEC), ionospheric scintillation) in NRT. We develop the NRT ionospheric monitoring system using GNSS data from more than 40 GNSS stations over Korea. This system aims to provide TEC and rate of TEC Index (ROTI) in 15 minutes. We also build a monitoring network of ionospheric scintillation by deploying GNSS scintillation receivers in Mt. Bohyun and Jeju island. The ionospheric products will be released to the user community from 2022.

14:00 [III-2-7]

Data Analysis for Current Studies

Khan-Hyuk Kim¹, Jong-Woo Kwon¹, Dong-Hee Kim¹, Jae-Hee Lee¹, Su-In Kim^{1,2}, Seoul-Min Baek²

¹*Kyung Hee University*

²*Korea Astronomy and Space Science Institute*

At Kyung Hee University the space science research laboratory (SSRL) was founded in 2009. Current and past student members of SSRL have investigated a variety of different topics, such as magnetosphere-ionosphere (M-I) coupling, wave-particle interactions in the Earth's magnetosphere, and lunar magnetic field interaction with solar wind. For the study of M-I coupling, we are using the data obtained from VIPIR, FPI, ASC, and search coil magnetometer installed at Jang Bogo Station. Recently, we are interested in understanding how low-energy protons (H^+) and heavy ions (He^+ and O^+) are accelerated by EMIC waves. Van Allen Probe data have been

used for the study of the EMIC wave-associated low energy ion heating. Our research group is also interested in lunar science, especially ULF waves generated by solar wind-lunar magnetic field interaction. We have used Lunar Prospector magnetic field data and Kaguya magnetic field and particle data for the lunar science.

14:10 [III-2-8]

Neutron Monitor Data from NMDB: The Real-Time Database for High-Resolution Neutron Monitor Measurements

Jongil Jung¹, Suyeon Oh², Yu Yi¹, Geonhwa Jee³, Changsup Lee³

¹Chungnam National University

²Chonnam National University

³Korea Polar Research Institute

Cosmic rays are high-energy particles coming from outside heliosphere and originating from active galactic nuclei and supernovae. They are also made by solar eruptions such as flares and coronal mass ejections. Most of them are composed protons and alpha particles. When they enter the Earth's atmosphere, they generate neutrons as the secondary particles by interacting with the molecules of atmosphere. Neutrons can be detected by ground neutron monitors. We are operating two neutron monitors, Daejeon neutron monitor (DJON) and Jangbogo neutron monitor (JBGO), respectively. DJON has been operating since 2012 and JBGO since 2015. NMDB (<http://www01.nmdb.eu/data/>) is the global network of Neutron Monitor DataBase and has been providing neutron monitor data including DJON and JBGO. In this presentation, we will explain the status of our neutron monitors and how to access and use NMDB.

14:20 [III-2-9]

KASI's Current Status of Space Weather Data Policy and Suggestions to the Korean Community

Seonghwan Choi, Ji-Hye Baek, Jongyeob Park, Young-Sil Kwak, KASI Space Weather Team

Korea Astronomy and Space Science Institute

Since 2007, starting with the project for Construction of Space Weather Prediction Center, KASI has been improving capabilities for science research, instrument technology, and data science in space weather. As a next phase, KASI starts Next Generation Space Weather Observation Network project from this year, in order to prepare the era of space exploration and extend the research scope to Heliophysics. We plan to build a ground-based global observation network of solar imaging

spectroscopy and near-Earth space environment, as well as space-based observations such as SNIPE and CODEX. The volume of observation and model data is increased to several PBs, and big data technology is required to collect, store, manage, analyze, and distribute space weather data for scientists and partners. For this, we studied NASA and ESA data management policies and architecture of data centers and nodes, and are establishing space weather data policy in KASI considering Open Science, computing technology evolution, and collaborative innovation. We will present status for the policy plan in KASI, and suggestions in the space weather society of Korea.

제1발표장 Grand BallroomA

IV-1 Solar System & Space Exploration (I)

좌장: Joo Hyeon Kim (KARI)

15:15 [IV-1-1]

An Introduction to the History and Technologies of Space Suits

Jong-Won Lee, Joo-Hee Lee, Gi-Hyuk Choi

Korea Aerospace Research Institute

Space suits are necessary for manned space exploration. The space suit has been developing from NASA's Mercury Project to the present for about 60 years. It is called a single-occupant spacecraft. There are three types of space suits for different purposes. These are Intra-vehicular Activity (IVA) suits for launch, re-entry and docking, Extra-vehicular Activity (EVA) suit for spacewalking or planetary walking, Intra-Extravehicular Activity (IEVA). It consists of two main parts: 1) a pressure garment to protect the body and enables mobility, 2) a portable life support system to keep a human alive in the space environment. Recently, NASA is developing a new spacesuit, xEMU (Exploration Extravehicular Mobility Unit) for the Artemis project, a manned moon exploration program. In this paper, we investigated the space suits developed from the past to the present and then analyzed the detailed technologies, TRL level, and development costs on the space suit.

15:30 [IV-1-2]

Discovery of a Sill Structure in the Slope of Rupes Recta on the Moon

Ik-Seon Hong¹, Yu Yi¹, Suyeon Oh²

¹Chungnam National University

²Chonnam National University

The Apollo Lunar Surface Drill (ALSD) project deployed drills to dig as deep as barely 10 ft into the lunar soil to investigate the layered structure and its formation. However, the longer geological history of the crust formation can be inferred by studying the large scale fault. A fault is an important geologic feature that shows a cross-section of the crust. Rupes Recta is a known normal fault on the moon. In the volcanic region, dike and sill can be created by lava intrusion. Lunar magma has mafic minerals such as olivine and pyroxene. We analyzed Moon Mineralogy Mapper (M3) hyperspectral data and identified a strong olivine spectral signal from the certain layered middle part of the slope of Rupes Recta. It might be a sill feature discovered on the Moon for the first time ever.

15:45 [IV-1-3]

Analysis of Space Weathering Trend of Lunar Swirls Using Kaguya Multiband Imager Data

Eunjin Cho^{1,2}, Chae Kyung Sim¹, Seul-Min Baek¹, Minsup Jeong¹, Young-Jun Choi^{1,2}

¹Korea Astronomy and Space Science Institute

²University of Science and Technology, Korea

Lunar swirls are enigmatic albedo marking associated with lunar magnetic anomalies. Because spectral properties of the swirls are an important clue for their formation mechanism, we analyze spectral slope at VIS-NIR, 1,550 nm reflectance, and 950 nm band depth using Kaguya Multiband Imager (MI) data and examine the space weathering trend of the swirls. At highland swirls, we find a less reddening-to-darkening ratio than in the background, indicating a high deficiency of nanophase iron compared to microphase iron. To test the solar wind standoff mechanism, which is one of swirl formation models, we also identify the effect of magnetic fields on the weathering states of swirls. Reiner Gamma swirl shows a different degree of weathering according to magnetic field strength, although the reddening and darkening patterns are indistinguishable except for the tail part. Most highland swirls do not display a meaningful tendency associated with magnetic field strength because the low FeO amount leads to less abundance of the neutral iron particles, and it might make contrast of the weathering decrease. These results could support the solar wind standoff hypothesis for the swirl formation.

16:00 [IV-1-4]

Ground Tracking Support Condition Effect on Orbit Determination and Prediction for Korea Pathfinder Lunar Orbiter for Trans-Lunar Trajectory

Young-Rok Kim, Young-Joo Song, Jonghee Bae, Jae-ik Park, SeungBum Hong, Dae-Kwan Kim,

Sang-Ryool Lee

Korea Aerospace Research Institute

The orbit determination (OD) and orbit prediction (OP) accuracy of spacecraft are affected by the ground tracking support condition. For the mission phase of Korea Pathfinder Lunar Orbiter (KPLO), ground tracking support condition effect on OD and OP was already examined. Ground support condition plays an essential role in both lunar mission and trans-lunar cruise (TLC) phases. This study investigated OD and OP performance analysis for the TLC phase according to ground support conditions such as measurement quality, antenna selection, and tracking strategy. For the OD and OP performance analysis, two antenna selection options (two DSNs & KDSA, three DSNs) and three measurement quality cases (normal, improved, degraded) were prepared. The OD and OP simulation during weak stability boundary/ballistic lunar transfer trajectory was accomplished by the various ground support configurations, and their accuracy variations were investigated. This study provides a useful guideline for the navigation performance analysis in the TLC phase of the KPLO mission and ground support configuration and tracking requirement presumption.

16:15 [IV-1-5]

Design and Implementation Results for Flight Dynamics Subsystem for Korea Pathfinder Lunar Orbiter Mission

Young-Joo Song, Young-Rok Kim, Jonghee Bae, SeungBum Hong, Jae-ik Park, Dae-Kwan Kim, Sang-Ryool Lee

Korea Aerospace Research Institute

For the successful flight operation of Korea Pathfinder Lunar Orbiter (KPLO), Korea Aerospace Research Institute (KARI) has been designed and developed Flight Dynamics Subsystem (FDS). FDS is one of the subsystems in KPLO Ground Segment (GS) which is responsible for overall flight dynamics related operation. Currently, FDS is now implemented successfully under C# compiler environment and found to be met all of the requirements derived from critical design phases. KPLO FDS is designed to have six major functional modules; System Management Module (SMM), Orbit Determination Module (ODM), Maneuver Planning Module (MPM), State Prediction Module (SPM), Fuel Accounting Module (FAM), and Analysis Module (AM) and each module have its unique functionalities. Current work will treat details of KPLO FDS design and implementation results including detailed functionalities on every six different modules with its Graphical User Interface (GUI) design.

제2발표장 Grand BallroomB

IV-2 Special Session: Sun & Space Environment
Observational Data Application (II)

좌장: Jin-Yi Lee (KHU)

15:00 [IV-2-1]

Solar and Space Weather Models in Sun and Space Weather Laboratory of KHU (2)Seunghoon Shin¹, Eunsu Park², Yong-Jae Moon^{1,2}¹*School of Space Research, Kyung Hee University*²*Department of Astronomy and Space Science, Kyung Hee University*

In this talk, we introduce our recent developments of solar and space weather models: (6) forecasting solar proton events (SPE) occurrence and peak flux, (7) forecasting solar X-ray profiles by deep learning, (8) forecasting solar flare probability by empirical relationships, (9) forecasting solar flare occurrence by deep learning, (10) generation of super-resolution magnetograms. (6) We develop a model for forecasting SPE occurrence and peak flux. For this, we use flare maximum flux, source longitude, and impulsive time (flare start to peak time) as input data. The model's output data are the probability of SPE occurrence, the maximum flux of SPE, and solar radiation storm class (S1-S5). (7) We develop a model that forecasts the flare X-ray flux for 30 minutes at the occurrence of major solar flares (M-, X-) using the Sequence-to-Sequence with attention, one of the deep learning method. (8) We develop an ensemble technique for major flare probability prediction by considering short-, mid-, and long-term active region properties and their relative contributions. (9) We have successfully developed flare forecast models based on novel deep learning methods (CNN) using only full-disk magnetograms. Visual explanation methods for a deep learning flare classification model show that our model considers the vicinity of polarity inversion lines more important than the rest area of active regions. (10) We develop a super-resolution model for enhancing HMI magnetograms. For this, we use a deep learning model based on residual attention.

This work was supported by Institute for Information & communications Technology Promotion (IITP) grant funded by the Korea government (MSIP) (2018-0-01422, study on analysis and prediction technique of solar flares).

15:10 [IV-2-2]

Computational Codes for (Extended) Magnetohydrodynamics and Tools for Analyzing Magnetic Field Topology in Solar and Astrophysical Plasmas

Sibaek Yi, Gwangson Choe

Kyung Hee University

Our research group has developed diverse computational codes for the study of solar and astrophysical plasmas. For static magnetic configurations, two versions of force-free field codes are being used, one with magnetofrictional method using vector potentials and the other equipped with a new iteration procedure based on a toroidal-poloidal decomposition formulation. To follow the time-dependent evolution of a plasma-magnetic field system, diverse versions of semi-implicit magnetohydrodynamic (MHD) codes are used. The skeletons of the codes employ flux functions in 2D and vector potentials on a Yee-type grid in 3D to ensure the divergence-freeness of magnetic field. These MHD codes are expanded to accommodate plasma processes beyond conventional MHD, for example, radiative cooling, anisotropic heat conduction, and Hall effects. New analyzing tools for magnetic field topology have also been developed. Among them are new methods to identify hyperbolic flux tubes and 3D null points. Practical use of these codes and tools will be demonstrated. If time allows, we will also introduce a code employing Euler potentials to ensure a desired field connectivity and a magnetohydrostatic code to consider nonignorable plasma pressure and gravity.

15:20 [IV-2-3]

Space Weather Data Center Development PlanJun-Chul Mun, Jae-hun Kim, Jung-Hee Jo,
Jong-Yeon Yun, Chang-Min Kim, Jong-Mo Goo,
Eun-Joo Kwon*Korea Space Weather Center*

Korea Space Weather Center (KSWC) plan to build a space weather data center to serve the public by collecting observation data of domestic and international organization. The data center supports such as collecting, searching, linking, and storing space weather observation data, and provides an analysis environment for research of space weather. It plan to use AI and big data technologies for pre-processing and refinement of observation data. We will cooperate with Korea Astronomy and Space Science Institute (KASI) and Korea Polar Research Institute (KOPRI). The data center will be started to build this year and will be completed by the first half of next year.

15:30 [IV-2-4]

NextSat-1/ISSS Science Data Preprocessing and Service SystemEojin Kim¹, SungOg Park¹, Young-soo Jo²,
Hoonkyu Seo¹, Jongdae Sohn², Junchan Lee¹,

Ji-Hyeon Yoo³, Hee-Eun Kim⁴, Jaeheung Park², Kwangsun Ryu¹, Kyoung Wook Min⁵, Jongho Seon⁴, Dae-Young Lee³, Ensang Lee⁴, Songoo Kim¹, Changho Woo⁵, Goo-Hwan Shin¹

¹*Satellite Technology Research Center, KAIST*

²*Korea Astronomy and Space Science Institute*

³*Department of Astronomy and Space Science, Chungbuk National University*

⁴*School of Space Research, Kyung Hee University*

⁵*Department of Physics, KAIST*

Instrument for the Study of Stable/Storm-Time Space (ISSS) has observed medium/high energy particle flux precipitation and ionospheric plasma density and temperature at an altitude of ~ 500 km since the NextSat-1 satellite launched in December 2018. In this presentation, we introduce the ISSS scientific data database and preprocessing system and data provision service. ISSS consists of Space Radiation Detectors (SRD) and Space Plasma Detectors (SPD) payloads. SRD is a particle detector composed of High-Energy Particle Detector (HEPD) and Medium-Energy Particle Detector (MEPD). SPD consisted of Langmuir Probe (LP), Retarding Potential Analyzer (RPA), and Ion Drift Meter (IDM). The ISSS operates a total of 10 times a day (SPD 2 times, SRD 8 observations) on weekdays, and an average of 130 MB of scientific data is downloaded per day through the SaTReC 13 m antenna of the Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST). Downloaded ISSS scientific data are pre-processed and converted into DB on SaTReC server. The scientific data of each device, including the location and posture information of Nextsat-1, are provided in the form of HDF files, which are convenient for users. Currently, ISSS scientific data and quick look are processed and provided in near real time, and can be accessed through the website (<http://nliss.kaist.ac.kr>).

15:40 [IV-2-5]

Multi-Satellite Observations of the Earth's Outer Radiation Belt Dynamics during a Moderate Magnetic Storm

Jongho Seon¹, Chan-Haeng Lee¹, Woo-Hyeong Seol¹, Khan-Hyuk Kim¹, Jaeheung Park², Geonhwa Jee³

¹*School of Space Research, Kyung Hee University*

²*Korea Astronomy and Space Science Institute*

³*Korea Polar Research Institute*

Observations of the Earth's outer radiation belt with various satellites of vantage points will be presented. The observations were made during a magnetic storm triggered by a passage of a coronal mass ejection from the Sun. Three geostationary satellites, GK2A, GOES-16 and GOES-17 were monitoring the flux variations of both the positive ions and electrons, whereas

three THEMIS satellites and two Van-Allen probes were observing magnetospheric regions from the plasmasphere to the magnetotail. Ground observations at Antarctica strongly indicate enhanced auroral activities during the period. We present observations of magnetic fields and particle fluxes and their interpretations to compare with those from the adiabatic and non-adiabatic theories. Observations from low-earth satellites such as NEXTSAT-1 or SWARM are going to be included in near future. To support utilization of the datasets a short discussion on data acquisition method as well as numerical models and programming tools will be also included.

15:50 [IV-2-6]

A Brief Introduction of the ERG (Arase) Satellite Data and Current and Future Mission Status

Yukinaga Miyashita^{1,2}

¹*Korea Astronomy and Space Science Institute*

²*University of Science and Technology*

The Japanese Exploration of energization and Radiation in Geospace (ERG) satellite, nicknamed Arase, explores acceleration, transport, and loss of relativistic electrons in Earth's radiation belts and the dynamics of the inner magnetosphere during geospace storms. Since its launch in December 2016, the satellite has been observing particles and plasmas over a wide energy range and magnetic and electric fields and waves over wide frequency ranges with nine scientific instruments. In this talk, I will briefly introduce the ERG data and analysis tools provided by the ERG Science Center operated by Institute of Space and Astronautical Science (ISAS), Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA), and Institute for Space-Earth Environmental Research (ISEE), Nagoya University (<http://ergsc.isee.nagoya-u.ac.jp/>) as well as current and future mission status.

16:00 [IV-2-7]

Space Environment Data Tutorial of NASA Planetary Data System (PDS)

Ik-Seon Hong¹, Yu Yi¹, Suyeon Oh²

¹*Chungnam National University*

²*Chonnam National University*

Every planet in the solar system is affected by the sun. In planetary exploration, it is necessary to understand the space environment of planets. This is to ensure stable operation of satellite, lander, and rover, and to safely conduct future manned exploration. This presentation introduces exploration data related to the space environment distributed by the NASA Planetary Data System (PDS). We will showcase data access, data structure, and simple data processing by giving some examples.

16:10 [IV-2-8]

NextSat-1/ISSS Observations in the Context of ICON, GOLD, GK2A, and GOES-17 Data

Jaeheung Park¹, Kyoung Wook Min², Eo-Jin Kim³,
Hoonkyu Seo³, Kwangsun Ryu³, Jongdae Sohn¹,
Jongho Seon⁴, Ji-Hyeon Yoo⁵, Seunguk Lee⁵,
Junchan Lee³, Hee-Eun Kim⁴, Changho Woo³,
Chan-Haeng Lee⁴, Woo-Hyoung Seol⁴,
Dae-Young Lee⁵, Hosub Song^{1,6}

¹*Korea Astronomy and Space Science Institute*²*Department of Physics, KAIST*³*Satellite Technology Research Center, KAIST*⁴*School of Space Research, Kyung Hee University*⁵*Department of Astronomy and Space Science, Chungbuk National University*⁶*Department of Astronomy, Space Science and Geology, ChungNam National University*

The Korean NextSat-1 has been monitoring ionospheric plasma density and high-energy particle flux at an altitude of ~570 km since its launch in December 2018 until now. In this presentation we demonstrate how NextSat-1/ISSS data can be exploited synergistically with the currently operating space science missions, such as NASA-ICON, NASA-GOLD, KMA-GK2A, and NOAA-GOES-17. Overall, NextSat-1/ISSS observations agree well with coincident measurements of other satellites. Furthermore, the ISS data provide additional information to fill the data gaps of existing ionospheric/magnetospheric missions. We also introduce ongoing efforts to calibrate the magnetic field data from the platform magnetometer onboard NextSat-1.

16:20 [IV-2-9]

Formation Flying SNIPE Mission Data

Jaejin Lee, SNIPE Team

Korea Astronomy and Space Science Institute,

The formation flying CubeSat constellation, SNIPE mission will be launched by Soyuz-2 at Baikonur Cosmodrome in November or December 2021. The SNIPE's scientific goal is to observe spatial and temporal variations of the micro-scale plasma structures on the topside ionosphere. The four 6U CubeSats (~10 kg) will be launched into a polar orbit at an altitude of ~500 km. The distances of each satellite will be controlled from 10 km to more than ~100 km by the formation flying algorithm. The SNIPE mission is equipped with identical scientific instruments, solid-state telescopes, magnetometers, and Langmuir probes. All the payloads have a high temporal resolution (sampling rates of about 10 Hz). Iridium communication modules provide an opportunity to upload emergency commands to

change operational modes when geomagnetic storms occur. SNIPE's observations of the dimensions, occurrence rates, amplitudes, and spatiotemporal evolution of polar cap patches, field-aligned currents (FAC), radiation belt microbursts, and equatorial and mid-latitude plasma blobs and bubbles will determine their significance to the solar wind-magnetosphere-ionosphere interaction and quantify their impact on space weather. The data will be released after verification.

제3발표장 Bay Room

IV-3 Special Session: Space Radiation

좌장: Sung-Joon Ye (SNU)

15:00 [IV-3-1]

Monte Carlo Simulations of LVRad Instrument Performance and Radiation Effect on it

Sukwon Youn¹, Uk-won Nam², Won-kee Park²,
Jongdae Sohn², Junga Hwang², Young-Jun Choi²,
Hong Joo Kim³, Sunghwan Kim⁴, Insoo Jun⁵,
Sung-Joon Ye¹

¹*Department of Applied Bioengineering, Graduate School of Convergence Science and Technology, Seoul National University*²*Korea Astronomy and Space Science Institute*³*Department of Physics, Kyungpook National University*⁴*Department of Radiological Science, Cheongju University*⁵*Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, California, USA*

LVRad (Lunar Vehicle Radiation Dosimeter) instrument, which consists of particle dosimeter and spectrometer (PDS), tissue equivalent dosimeter (TED), fast neutron spectrometer (NS-F), and thermal/epithermal neutron spectrometer (NS-E), is under development to measure the radiation environment on the lunar surface and evaluate its biological effects. Monte Carlo simulations of PDS, TED, NS-F, and NS-E were carried out to predict the performance and radiation effects on the detectors in LVRad on the lunar surface. PDS consists of two silicon detectors shielded with aluminum, TED consists of a tissue equivalent proportional counter (TEPC) shielded with an anti-coincidence plastic detector, NS-F consists of two LaCl₃ and one Stilbene covered with anti-coincidence shields, and NS-E consists of four ⁶LiI:Ag were simulated, and their responses to galactic cosmic ray (GCR) charged particles, solar energetic protons (SEP), and albedo neutrons were evaluated. Optimal shielding designs to reject the pile-up effect and minimize the radiation hardness was considered for detectors to be suitable for measuring the radiation environment on the lunar surface.

The necessity of anti-coincidence shields for NS-F was confirmed through simulations. In this talk, simulation results to design the LVRad instrument in detail will be presented.

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) Grant funded by Korea government (MSIP) (NRF-2020M1A3B7108845).

15:15 [IV-3-2]

Development of Tissue Equivalent Dosimeter for Space Application

Uk-won Nam¹, Bong-Kon Moon¹, Won-Kee Park¹, Jeonghyun Pyo¹, Jongdae Sohn¹, Junga Hwang¹, Jaejin Lee¹, Sunghwan Kim², Hong Joo Kim³, Sukwon Youn⁴, Sung-Joon Ye⁴, Insoo Jun⁵

¹*Korea Astronomy and Space Science Institute*

²*Cheongju University*

³*Kyungpook National University*

⁴*Seoul National University*

⁵*Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, California, USA*

The tissue equivalent dosimeter (TED) to study the low-earth orbit space radiation and the lunar radiation environment is under development. The TED consist of a tissue equivalent proportional counter (TEPC) and plastic detector (PD). The TEPC constructed from tissue-equivalent plastic and filled with low-pressure tissue equivalent propane gas will serve as radiation monitors. The adaption of an anti-coincidence method in combination with PD and TEPC enable real-time separation of absorbed dose and quality factors from charged particles and neutrons. Therefore the TED instrument is expected to provide accurate and comprehensive *in-situ* measurement of the local radiation environment in lunar and low-Earth orbit. In this paper, the design and its performance of TED will be presented. This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) Grant funded by the Korea government (MSIP) (NRF-2017M1A3A4A01077173) and (NRF-2020M1A3B7108845).

15:30 [IV-3-3]

Design and Performance of Neutron Spectrometers for the LVRad

Hong Joo Kim¹, Phan Quoc Vuong¹, Sinchul Kang¹, Uk-Won Nam², Won-Kee Park², Jongdae Sohn², Junga Hwang², Sukwon Youn³, Sung-Joon Ye³, Sunghwan Kim⁴

¹*Kyungpook National University*

²*Korea Astronomy and Space Science Institute*

³*Seoul National University*

⁴*Cheongju University*

We are developing neutron spectrometers (NS) which compose of the fast neutron spectrometers (NS-F) and the thermal/epithermal neutron detectors (NS-E) for the LVRad. The NS-F composes of two 1.5 inch LaCl₃ crystal scintillators and one Stilbene scintillator and shall measure neutron energy range of 0.5-5 MeV and 2-20 MeV, respectively. The LaCl₃ shall measure gamma energy range of 0.5-10 MeV. To avoid serious background from protons and heavy ions, we will install veto detectors based on plastic scintillators. The NS-E compose of four ⁶LiI:Ag which will detect epithermal and thermal neutrons. Two ⁶LiI:Ag shall be shield by 0.5 mm Cd filters to reject thermal neutrons and only detect epithermal neutrons and measurable energy range shall be ~0.4 eV and 0.4 eV-1 keV, respectively. Both the NS-F and NS-E have pulse shape discrimination (PSD) capability so that gamma background can be efficiently removed from neutron induced signal. We will present the status of NS-E, NS-F and NS-F veto design and performance of the NS-E and NS-F.

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) Grant funded by the Korea government (MSIP) (NRF-2020M1A3B7108845).

15:45 [IV-3-4]

Dose Estimation Algorithm on the Moon Using Si Sensor

Sunghwan Kim¹, Hong Joo Kim², Hwanbae Park², Sukwon Youn³, Sung-Joon Ye³, Uk-won Nam⁴, Bong-Kon Moon⁴, Won-Kee Park⁴, Jeonghyun Pyo⁴, Jongdae Sohn⁴, Junga Hwang⁴, Jaejin Lee⁴, Insoo Jun⁵

¹*Cheongju University*

²*Kyungpook National University*

³*Seoul National University*

⁴*Korea Astronomy and Space Science Institute*

⁵*Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, California, USA*

We are designing a dosimeter based on a silicon semiconductor detector to measure the equivalent dose from primary or secondary cosmic rays to human on the Moon. The pin silicon sensor is produced by Kyungpook National University and has an effective area of 20 mm × 20 mm and a thickness is 650 um. The Si dosimeter can measure the equivalent dose rate and the deposited energy spectrum for silicon per unit time. In order to determine the dose and the spectrum, we have carried out simulation and designed a dose estimation algorithm.

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) Grant funded by the Korea government (MSIP) (NRF-2017M1A3A4A01077173) and (NRF-2020M1A3B7108845).

16:00 [IV-3-5]

Gamma-Ray Burst Monitor (GRM), a Technology Demonstration Payload for Monitoring the Gamma-Ray Bursts in the Sky

Won-Kee Park¹, Uk-Won Nam¹, Yu-Sung Jang²,
Hosub Song^{1,3}, Boram Lee⁴, Jongdae Sohn¹,
Yong-Woo Kang¹, Hongjoo Kim⁵, Sung-Hwan Kim⁶,
Jaejin Lee¹

¹*Korea Astronomy and Space Science Institute*

²*Raonhaje-ES*

³*Department of Astronomy, Space Science and Geology,
Chungnam National University*

⁴*Soletop Co., LTD.*

⁵*Department of Physics, Kyungpook National University*

⁶*Department of Radiological Science, Cheongju University*

Gamma-Ray burst Monitor (GRM) is a technology demonstration payload that will be onboard the SNIPE satellite, to detect the Gamma-Ray Bursts (GRB) in the sky. The GRM payload consists of a CsI gamma ray detector and the electronics for its operation, and it is connected to SNIPE Iridium communication module for ground communication. Detection of a GRB is made when the gamma ray count higher than the threshold is measured simultaneously at all four GRMs onboard the four SNIPE satellites. The location of GRB will be determined by the difference of detection time among four GRM payloads. The CsI detector system is calibrated and its performance was measured in the lab. The test of GRB detection algorithm as well as the ground communication through Iridium satellite network are now under way. The GRM payload will demonstrate the feasibility of GRB observation technology for future space GRB missions.

16:15 [IV-3-6]

Validation of KREAM Based on Liulin-6K Experiments and CARI-7A Calculations over 2020 Flights

Jaeyoung Kwak^{1,2}, Junga Hwang^{1,2}, Ukwon Nam¹,
Heebok Ahn^{3,4}, Kyuwang Kim^{3,5}

¹*Korea Astronomy and Space Science Institute*

²*Department of Astronomy and Space Science, University of
Science and Technology*

³*Air Line Pilots Association of Korea*

⁴*Graduate School of Air & Space Law, Korea Aerospace
University*

⁵*Hanseo University*

We performed the validation of Korean Radiation Exposure Assessment Model (KREAM) by comparison with Liulin-6K observations onboard commercial flights and CARI-7A calcu-

lations. CARI-7A is the latest radiation assessment model for aviation route dose, which was developed by FAA. We compare total effective route doses from these two prediction models and Liulin-6K experiments for one year of 2020. We found there is a clearly similar tendency between KREAM and CARI-7A. Also, the route doses obtained from KREAM have a great similar tendency with liulin-6K measurement data, too. The effective doses from both models are slightly underestimated compared with measurement data from liulin-6K and the route doses from CARI-7A are the lowest mostly among three results. As a result, we can validate the effective route dose data from KREAM through comparison with measurement data and the effective doses from CARI-7A model. Because liulin-6K data has some limitations, we try to use a tissue equivalent proportional counter (TEPC) in 2021 in order to validate and optimize KREAM more comprehensively.

This work was supported by the project "A Study on the Forecasting Model of Space Radiation and the Improvement of Measuring Equipment", funded by the Korea Foundation of Nuclear Safety.

제1발표장 Grand BallroomA

Invited Talk III

좌장: Su Yeon Oh (JNU)

16:40 [IS-III]

Global MHD Simulation of the Magnetosphere and Ionosphere

Kyung Sun Park

*Department of Astronomy and Space Science, Chungbuk
National University*

Understanding how the energy and momentum transfer from the Sun to the planets is a very important and complex problem with many different aspects. Generally, when the solar wind reaches the magnetosphere, it causes the process (e. g., magnetic reconnection, viscous interaction) of a scientific problem in space physics that is charged particles to accelerate into the ionosphere.

Global MHD simulation has been quite successful in reproducing overall magnetospheric dynamics and ionospheric phenomena. However, there are few simulations with spatial resolution high enough to quantitatively study the effects of solar wind and IMF conditions. For understanding where the magnetic reconnection occurs, how the reconnected field lines move to the tail, and how much energy transported from the solar wind, we perform a 3-D global MHD simulation. Several of our simulation studies have been reported for event study and steady-state

cases.

The previous and recent results of the global MHD simulation for the interaction between the solar wind and magnetosphere will be introduced.

17:10~18:10 2부 포스터 발표

4월 30일(금) 제1발표장 Grand BallroomA

V-1 Solar System & Space Exploration (II)

좌장: Chae Kyung Sim (KASI)

09:30 [V-1-1]

Apophis Rendezvous Mission: I. Draft Overview

Young-Jun Choi^{1,2}, Myung-Jin Kim¹, Hong-Kyu Moon¹, Minsup Jeong¹, Masateru Ishiguro³, Youngmin JeongAhn¹, Hee-Jae Lee¹, Hongu Yang¹, Seul-Min Baek¹, Jin Choi¹

¹Korea Astronomy and Space Science Institute

²University of Science and Technology

³Department of Physics and Astronomy, Seoul National University

We propose a rendezvous mission to Potentially Hazardous Asteroid (PHA) Apophis, which will closely approach the Earth on April 13, 2029. Asteroid is of importance in not only understanding early condition of Solar System but also preparing for the threat of an Earth impact. In addition, recently, many countries are interested in asteroid mining as future resource. We will briefly overview the concept of the mission. It will be highly capable for Korean community to build an architecture enabling the mission in both science and engineering.

09:45 [V-1-2]

Apophis Rendezvous Mission: II. Science Goals

Myung-Jin Kim¹, Hong-Kyu Moon¹, Young-Jun Choi^{1,2}, Minsup Jeong¹, Masateru Ishiguro³, Youngmin JeongAhn¹, Hee-Jae Lee¹, Hongu Yang¹, Seul-Min Baek¹, Jin Choi¹

¹Korea Astronomy and Space Science Institute

²University of Science and Technology

³Department of Physics and Astronomy, Seoul National University

99942 Apophis is an Sq-type Aten group Near-Earth Asteroid

(NEA) with an estimated size of 370 m. It will approach the Earth to come within the geostationary orbit during the upcoming encounter on April 13, 2029 to offer a unique chance to study its 1) global properties, 2) surface arrangements, and 3) their detectable changes expected to happen on a sub-meter scale. What measurable scientific goals for the asteroid in this “once a millennium” event could transform our knowledge of planetary science and defense?

The Apophis rendezvous mission aims to understand the characteristics of the small solar system body. It also prepares for potential threats from natural objects by measuring surface, shape, rotation, and orbit changes expected to occur when the target asteroid passes close to the Earth in 2029. We will introduce scientific objectives of the asteroid exploration mission.

10:00 [V-1-3]

Apophis Rendezvous Mission: III. Payloads and Operation Scenario

Minsup Jeong¹, Young-Jun Choi^{1,2}, Hong-Kyu Moon¹, Myung-Jin Kim¹, Jin Choi¹, Bongkon Moon¹, Youngmin JeongAhn¹, Hee-Jae Lee¹, Seul-Min Baek¹, Hongu Yang¹, Masateru Ishiguro³

¹Korea Astronomy and Space Science Institute

²University of Science and Technology

³Seoul National University

We are planning for an Apophis rendezvous mission during its encounter with the Earth in April 2029. Apophis is a Near-Earth Asteroid (NEA) which is also classified as a Potentially Hazardous Asteroid (PHA). The 2029 pass of Apophis will present a unique opportunity for characterizing its interior structure and bulk properties and for preparing future impact threats. The science goals of the mission are 1) image mapping the surface before and after the encounter with five passbands, 2) measuring surface roughness during the encounter, 3) measuring interplanetary space environments such as magnetic field and dust particles. We are preparing five instruments for the Rendezvous mission, which are Polarimetric Asteroid Camera (PolACam), Asteroid Terrain Mapping Camera (MapCam), Laser Altimeter, Dust Particle Detector (DPDetector), Magnetometer (Mag). We will introduce the instruments in this presentation.

10:15 [V-1-4]

Apophis Rendezvous Mission: IV. Mission and Trajectory Design

Pureum Kim, Sang-Young Park

Astrodynamic and Control Lab., Yonsei University

99942 Apophis has drawn much interest owing to its several

close approaches to Earth in this century. The closest event from now is predicted to occur in April 2029, and rendezvous missions to Apophis around that close approach event can enlighten us on changes small asteroids undergo when they pass by massive planets and also on our knowledge of near-Earth asteroids in general. In this study, a preliminary design analysis of Apophis rendezvous mission is made under the assumption of impulsive thrust, with the objective of maximizing the dry mass of the spacecraft sent to the asteroid. The performances of launch vehicle and rocket engine are taken into consideration during the optimization procedure. Trajectories with and without a swing-by are considered, and a few feasible options are identified and analyzed in detail. Furthermore, some mission constraints that would necessitate minor modifications to the preliminary trajectories, such as navigation strategy near Apophis, are discussed. These analyses can be used as bases for further studies to build rendezvous trajectories for the Apophis exploration mission.

제2발표장 Grand BallroomB

V-2 Special Session: Science Culture

좌장: Myung-Hyun Rhee (과학책방 갈다)

09:30 [V-2-1]

Collaboration Plan between Government-Funded Research Institutes and Private Science Culture Companies in the Era of the 3rd Basic Science and Technology Culture Plan (2020-2025)

Myung-Hyun Rhee

GALDAR Sciencebookshop

One of the core goals of the 3rd Basic Science and Technology and Culture Plan (2020-2025) is the fostering of professional private science culture companies with skills. It intends to support private companies that can carry out their own and unique science culture projects and make them a partner of the government. Another important point is to strengthen the science communication skills of scientists and engineers belonging to government-funded research institutes. The government intends to actively implement a program to strengthen communication education for them. It is said that the proportion of science culture activity expenses in the government-funded research institute's project budget will also be significantly increased. In this presentation, we will discuss the direction and method of how government-funded research institutes and private science culture companies can wisely and effectively cooperate in the era of the 3rd Basic Science and Technology and Culture Plan (2020-2025).

09:45 [V-2-2]

A Proposal for Better Relationship between Science Museums and Research Institutes to Spread Science and Technology Culture in Korea

Jeongmo Yi, Mansun Yu

Gwacheon National Science Museum

National science museums have duty to let visitors understand the science and technology research trend with exhibits or programs. And science research institutes should promote their research outcomes to the public. Although they have a common mission in part, science museum and science research institute have rarely collaborated each other. The collaboration of these two different institutes is very important because it can make people to acquire 'scientific literacy' effectively, which is crucial in modern people. It can also make people to become supporters for the future science research as tax-payers. In this paper, we will figure out why the positive chemical reaction between these two stakeholders does not occur. Results for interviews and surveys for other institutes will be presented to support our problem-definition. We will also propose some strategies or solutions for better relation between two institutes in the future.

10:00 [V-2-3]

Seeking for the Development Direction of Korean SF Contents as Scientific 'Culture'

Ji-Yong Lee

Research Professor of Institute of Body & Culture Konkuk University

This presentation aims to examine the possibility to form the structure of systematic development of scientific 'culture' targeting Korean SF contents that recently grab attention in the culture & arts area, and also to seek for the structural necessities for it. SF that has appeared together with the birth of modern scientific technology, has directly considered the development aspect of scientific technology rather than other forms of culture & arts, and also its influences on life. For this reason, even when the strict scientific proof is not emphasized, the direct/indirect influences of scientific technology on our lives, which is the perception of scientific culture are working importantly. That is why the close and sequential collaboration between authors as the subject of creation and institutions/organizations handling scientific technology is more meaningful than other genres. It is not only drawing some materials and ideas, but also having influences on the formation of cultural discourses in which the social meanings, insight, and criticism related to scientific technology could create a virtuous circle for SF contents. The core of this discussion is to verify that the

scientific technology is not simply existing for cultural necessities, but an element closely connected to daily life, and also to examine the possibility to generalize the structure of making it into cultural & arts contents and then diffusing it to the public. By newly establishing a program like Clarion West Workshop of the United States and also inducing scientists' participation, the creators equipped with scientific 'culture' and its competencies should be professionally produced. Just as the NASA published a scientific white paper on SF contents like Star Trek, Korea should also begin such works for systematically criticizing, analyzing, and valuing various scientific possibilities shown in Korean SF works.

10:15 [V-2-4]

Science Communication in the Era of Digital Transformation

Gyungho Heo

Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity, KOFAC

The world's digital transformation is accelerating due to the Fourth Industrial Revolution. Just as science communication in the past has reached a new era with the invention of the radio, the advent of the Internet is making a new milestone in scientific communication. The latest information and communication technologies have not only increased the influence of digital media on society, but have also greatly changed the form and method of scientific communication. One of the important goals of scientific communication is to establish mutually beneficial relationships between scientists and the public. For this, symmetric communication through mutual understanding is necessary. To understand the public, it is necessary to know what the public thinks about a particular scientific issue. This is why issue management is important in scientific communication. In the era of digital transformation, research on issue analysis is also increasing in objectivity and efficiency. In other words, 'Text Mining' using big data analysis techniques easily extracts issues from large amounts of text data. I will introduce various theories on issue management and computational analysis methods from the perspective of scientific communication. Through this, I would like to present

implications for the research approach to science communication and the establishment of a systematic science communication strategy.

10:30 [V-2-5]

Sharing Our Science: Communication Efforts and Difficulties We Encounter

Woo Kyoung Lee, Haeim Jeong

Korea Astronomy and Space Science Institute

Public engagement with science is essential in the research field because it is difficult to get support from the public and government if the audience does not understand the importance of our findings and our works' relevance. However, most scientists think that promoting their discoveries to the public is irrelevant to their careers. In this presentation, we briefly share our experience of communication efforts and promotion of our accomplishment in astronomy and space science, which includes the difficulties we have met in public outreach. We also discuss how communication and education professionals, organizations, and research institutes can support and encourage scientists to approach public engagement with their science.

10:45 [V-2-6]

Current Status of Geochang Wolseong Space Creative Science Museum and Activity Plans

Han-Ho Jeong^{1,2}, Yonggi Kim²

¹*Paju Astrocamp*

²*Chungbuk National University*

GWSCSM (Geochang Wolseong Space Creative Science Museum) is a representative institution in the community that can access science and culture experiences in science regions. GWSCSM provides various science education programs to help the understanding of scientific concepts as well as raising the interest in science. Such programs will take part a important role for contributing to enhance scientific literacy. The current status of GWSCSM and activity plans will be presented in context of astronomy education.

포스터발표 논문 초록

1부 발표시간 : 4월 28일(수)
16:40~17:40

[P-1] AI Application System Concept Design for Real-Time Object Detection in Satellite Imagery

Heeseob Kim, and Han Oh

Korea Aerospace Research Institute

Artificial intelligence (AI) research has been propelled dramatically by virtue of significant progress in hardware and software. Recently AI is widely applied to satellite image application. However, AI has a limit when training data is small. Especially AI does not operate well when the object of interest is not included in training data set. Most of AI algorithms require a lot of training data to generate AI models. AI models can be inaccurate when training data is small. This paper describes AI application system concept for object detection including the case where training data number is one. System architecture and operation concept is proposed for real-time operation. In addition, performance of an AI model which augments small-scale training data using data extension techniques currently available in open source field is compared with existing AI model generated using large-scale training data. We assess real-time object detection possibility based on the analysis result.

[P-2] Early Forecast of Rice Yield Using Deep Learning Model with Satellite Images in the Korean Peninsula

Seungtaek Jeong¹, Jong-Min Yeom¹, Jonghan Ko²

¹*Korea Aerospace Research Institute*

²*Chonnam National University*

A deep learning (DL) model incorporating satellite images is a promising tool for forecasting crop yields in wide and inaccessible areas spatially. A reliable crop yield forecast would benefit crop management. Although pixel-based crop yield information is useful, most studies have been conducted at the county scale due to limitations in obtaining the crop yield at the pixel scale as a target label for training in the DL model. In the current study, we presented the methodology for forecasting the crop yield incorporating satellite images in the Korean Peninsula at the pixel scale. In the results, the hybrid structure of long-short term memory and one-dimensional convolutional neural network model showed good performance. We believe that our methodology can be used to forecast not

only crop yield but also various crop growth information.

[P-3] Using *in Situ* Measurements of RadCalNet Sites for Monitoring the Radiometric Characteristics of KOMPSAT-3, and 3A Multispectral Bands

Jong-Min Yeom, Hongtak Lee, Jong-Sung Ha, Seungtaek Jeong

Korea Aerospace Research Institute

In-situ measurements from four distinctive RadCalNet sites were used to monitor radiometric characteristic and also used to upgrade the value added-products (surface reflectance, and vegetation index) of the high spatial resolution of KOMPSAT-3, and 3A multispectral bands. In this study, we firstly evaluated the possibility for monitoring and improving the radiometric characteristics of high spatial resolution of KOMPSAT-3 and 3A using automated surface and atmospheric measurements in situ data from Radiometric Calibration Network (RadCalNet), which is Committee on Earth Observation Satellites (CEOS) initiative. In addition, radiative transfer model of 6S also was used to calculate top of atmosphere and top of canopy physical values. Different with radiometric tarps or natural targets, multiple sites of RadCalNet provided continuous and distinctive ground and atmospheric spectral radiance, which make it usefully support to radiometric calibration from visible to shortwave infrared spectral range. Finally, it allows for monitoring the value-added products regularly without field campaign activities.

[P-4] Internal Voltage Drop Analysis for the Generation of Secondary Power for Space-Born Mass Memory Device

JongTae Lee, Eung Shik Lee, Haeng-Pal Heo

Korea Aerospace Research Institute

In order to guarantee the reliability of the equipment for the lifetime of the satellite, the electrical equipment is equipped with redundant design. In many case of space-born mass memory device that is installed for the purpose of temporarily storing data acquired from the payload before being transmitted to the Ground Station, both nominal configuration and the redundant configuration are implemented in one device for the benefit of development cost. In order to secure the operational reliability of electrical equipment, first of all, the power delivered from the satellite power supply unit must be normally supplied to the redundant secondary power generation module as well as nominal secondary power generation module. In this paper, we show an example of analyzing the voltage drop problem occurring inside electrical equipment to ensure the stability of the power supply for the redundant configuration.

[P-5] Proposal for the Focus Control Method Improvement of the Satellite Electro-Optical Camera

Jong-Euk Park, Eung Shik Lee, Haeng-Pal Heo
Korea Aerospace Research Institute

The high-resolution payload camera of a multipurpose satellite uses an image acquisition method by precise focus control to improve the quality of the acquired original image. The camera controller, which is in charge of various operations of the electro-optical camera, is responsible for the whole operation including the focus control function. The camera electronics module consists of a focal plane electronics, a camera controller, and a power supply, and the camera controller has a function to perform overall operations of the satellite camera including focus operation. The general ground cameras that improve the focus of the camera in various ways, the method of controlling the focus of the satellite-mounted camera may be limited due to the constraints of the environment in which the camera is operated. Unlike a method of fine-tuning a mirror or lens related to focus using a general motor, fine-tuning using thermal control is a method with relatively high reliability. In this paper, a basic principle analysis of the focus control method of the thermal control method and the operation result confirmation through application to the implemented hardware confirmed the operation result, and a better operation method was proposed.

[P-6] Function and Features of LCT135 Optical Communication Payload

Hwan-chun Myung, Sang-gon Lee
Korea Aerospace Research Institute

Optical communication is recently considered the advanced technique to improve efficiency and effectiveness of the data transfer between satellite-to-satellite or satellite-to-Earth. It mainly features replacement of the limited conventional frequency resource, high speed/security, and minimized mass/volume. As one of the most sophisticated optical communication payloads, LCT135, which is made by TESAT, has demonstrated its usefulness through many space missions in LEO and GEO. Using 1,064 nm as the optical communication band, it can transfer data in 1.8 Gbps over the range of 45,000-80,000 km. LCT135 largely consists of three parts: pointing mechanism, telescope, and communication electronics. Among them, the two-axis pointing mechanism is distinctively designed by the tilted azimuth axis and the varying rotation speed in order to cover up to 2,000 km altitude from GEO. The presentation is mostly focused on explaining how different LCT135 is from the previous communication method and the other optical communication payload.

[P-7] Sea Surface Downwelling in the Middle of Sea Level Rise at Tuvalu

Seongsuk-Lee¹, Yi Yu¹, Jungsung Park²
¹*Chungnam National University*
²*Korea Institute of Atmospheric Prediction Systems, KIAPS*

“Tuvalu is sinking” is an eye-popping catchphrase of the global warming alarm. The rate of global sea level rise has become a major indicator of recent climate change. The sea surface height (SSH) measured by the altimeters of the satellites provides definitive estimate of mean sea level on the global ocean since 1993. The sea level change rate varies from place to place, the global mean sea level (GMSL) trend is positive. Tuvalu is evidently a representative place of sea level rising. However, it experienced strong sea surface downwelling two times in 1998 and 2016 in the middle of sea level rising observed the satellite altimetry. The Coriolis data center in France provides the subsurface ocean temperature dataset since 1990. We calculate the steric sea level change due to the undersea temperature variation up to the depth of 500 m. Surprisingly both the downwelling events and the long term sea level change are well fitted by the steric sea level estimates. Therefore, even though the sea level change is lead by the ocean warming and cooling but the origin of such altering heat should be identified.

[P-8] Optomechanical Characteristics on Thermal Variations of 300 mm SiC mirrors

Jeong-Yeol Han^{1,2}, Jaegun Yoo³
¹*Korea Astronomy and Space Science Institute*
²*University of Science and Technology*
³*Antbridge Inc.*

Optomechanical characteristics would be critical to operate at observational site condition. In order to predict optomechanical performances during thermal variations, we simulate under actual boundary condition and prepare laboratory test with 300 mm SiC mirrors using thermal vacuum chamber. In this paper, we will briefly present the current simulation results and the preparation status for the experiment.

[P-9] Preliminary Thermal Test of LSMAG Magnetometers

YunHo Jang, Ho Jin, Hyeonhu Park, Woohyun Jo, Byungwook Jeong, Khan hyuk Kim
School of Space Research, Kyung Hee University

LSMAG (Lunar Surface MAGnetometer) payload is consisted of two kinds of magnetometers. One is a Fluxgate magnetometer

and the other is anisotropic magnetoresistive (AMR) sensor. For the calibration of magnetometer, there are a lot of test items, such as linearity, offset, gain, resolution, noise, temperature stability, etc. Especially, the high precision magnetometer is not easy to derive its performance without a stable magnetic field environment due to Earth's the magnetic field affect and the magnetic field uncertainties of test environment. In this study, we introduced experiments and results of magnetometer performance on temperature changes among various calibration processes. In the temperature experiment, the fluxgate magnetometer was used a KMAG (Korea Pathfinder Lunar Orbiter payload) magnetometer, and the AMR magnetometers are HMC1001 and HMC 1002. We carried out the thermal test with two kinds of methods. The first method is a fluxgate magnetometer is heated up by a halogen lamp in the zero gauss chamber and then back to the room temperature. During the temperature variations, we measured the magnetic field variations including a pulse signal which is generated by a coil near the fluxgate magnetometer. The second method is using a thermal vacuum chamber. The result of the fluxgate magnetometer experiment which is carried out by the first method had shown that there are offset changes according to the temperature variation. However, this experiments could not be performed at low temperature. The result of the fluxgate magnetometer experiment which is carried out by the first method had shown that there are offset changes according to the temperature variation. However, this experiments could not be performed at low temperature. In this paper, we presented the temperature experiment method and preliminary test results and also discuss improvements for the future test.

[P-10] Study of Multi-Sensing Technique for Removal of the Spacecraft Field

Hyeonhu Park, Ho Jin, Yunho Jang, Woohyun Jo
School of Space Reseach, Kyung Hee University

For precise *in situ* measurement of the magnetic field in the space exploration, it should consider the magnetic field distortion caused by the spacecraft. The most obvious way to minimize the magnetic disturbance from spacecraft is place the magnetometer as far away from the spacecraft as possible. Therefore, the most space-based magnetometer uses the long boom. However, if a long boom is not available, Multi sensor technique is one of the best ways to calibrate a magnetic disturbance. In this presentation, we introduce a calibration method and test results to remove unwanted magnetic fields using two sensors. The calibration method is as follows. First, define the magnetic field differences in the two sensors as unwanted magnetic interference. Second, estimate the intensity and location of the noise source as dipole source. Third, calibrate the raw data using the noise field which is derived from the estimated noise. To verify the calibration method, we

carried out lab experiment. The lab experiment showed not only reasonable results but also different results including residual field. In this paper, we described the calibration method and discussed the reason of different results and the further improvement method.

[P-11] Determination of Radiative Flux from the Inversion of the Ha Line and Ca II 8542 Line Taken by the FISS

Soo Sang Kang, Jongchul Chae
Seoul National University

The determination of radiation flux at different heights is required to estimate the amount of non-thermal heating in the solar atmosphere. Once the source function is known as a function of optical depth, it is possible to calculate the flux. Here by adopting a three-layered atmospheric model we figure out the flux at the top of each layer based on the radiative transfer equation. The computation of double integration is boosted by a fully connected deep learning model. As a result we found that the flux difference between two layers is around 1 kW/m^2 , which is consistent with previous studies. Accordingly we expect to be able to estimate the total amount of non-thermal energy needed to heat the solar chromosphere.

[P-12] Comparison of Plasma Flow Velocities Measured by VIPIR and SuperDARN

Hyuck-Jin Kim¹, Changsup Lee¹, Geonhwa Jee¹,
Youngbae Ham¹, Terrence Bullett^{2,3}, Justin Mabie²,
Nikolay Zabotin⁴

¹*Korea Polar Research Institute*

²*Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences, University of Colorado Boulder, USA*

³*National Centers for Environmental Information, NOAA, USA*

⁴*Department of Electrical, Computer and Energy Engineering, University of Colorado Boulder, USA*

Since 2015, Korea Polar Research Institute (KOPRI) has been operated an ionospheric radar system called Vertical Incidence Pulsed Ionospheric Radar (VIPIR) at Jang Bogo Station (JBS). The measurement of plasma velocity from VIPIR means the the ionospheric bulk motion. We compared measurements of ionospheric plasma flow over JBS, made by VIPIR with simultaneous measurements of the decameter ionospheric irregularities made by SuperDARN HF radar at Dome C. When we compared plasma velocities on the horizontal plane, zonal velocity showed a comparable relation, while meridional velocity revealed a very poor relation. This difference is due to limitation of SuperDARN observations, because SuperDARN

observed only line-of sight (LOS) direction. In order to compare magnitude of flow velocities, we projected 2-dimensional (2-D) horizontal plasma velocity by VIPIR onto the 1-D LOS direction of SuperDARN. The result represented reasonable agreement both two measurements, with correlation coefficient larger than 0.6. This result confirm that the movements of small-scale plasmoids agree with motion of the ionosphere.

[P-13] Responses of Ionospheric Density to the Aurora Over the Jang Bogo Station, Antarctica

Eunsol Kim^{1,2}, Geonhwa Jee^{1,3}, Young-Bae Ham^{1,3}, Hyuk-Jin Kwon¹, Changsup Lee¹, Junseok Hong⁴, Yong Ha Kim²

¹*Korea Astronomy and Space Science Institute*

²*Chungnam National University*

³*University of Science and Technology*

⁴*Korea Astronomy and Space Science Institute*

Korea Polar Research Institute (KOPRI) performs ionospheric observations such as a Vertical Incidence Pulsed Ionospheric Radar (VIPIR), GPS scintillation monitor and all-sky cameras (ASCs) at Jang Bogo station (JBS) in Antarctica. JBS is mostly located in the polar cap region but also in the auroral region for certain local times or for geomagnetically disturbed times. Therefore, the aurora is frequently observed except for summer season. Using the JBS-VIPIR-Dynasonde (JVD) and aurora ASC observations, the responses of ionospheric density to aurora are investigated during geomagnetic storms in May 2018. It is confirmed that the intense aurora was observed during the geomagnetic storm and corresponding ionospheric density responses were also detected. The maximum density significantly increases almost simultaneously when the aurora occurs at the zenith over the JBS, which indicates the strong ionization effects by energetic auroral electrons.

[P-14] Verifications of a 3D Regional Ionospheric Model over the Korean Peninsula (KIPM)

JeongHeon Kim¹, Young-Sil Kwak^{1,2}, YongHa Kim³, SeungJun Oh⁴, JeongDeok Lee⁴, JongYeon Yun⁵

¹*Korea Astronomy and Space Science Institute, KASI*

²*University of Science and Technology, UST*

³*Chungnam National University, CNU*

⁴*Space Environment Laboratory, SELab*

⁵*Korea Space Weather Center, KSWC*

Recently, we updated the previously developed Korean ionospheric physics-based predictive model (KIPM), which can predict the ionosphere state over the Korean peninsula as a function of latitude, longitude, altitude, and time. The KIPM model is an extended version of the SAMI2-CNU model (Kim

et al. 2016) into a three-dimensional space. The KIPM consists of ionospheric states computed simultaneously from the SAMI2-CNU on multiple meridional planes by using a parallel processing system. The KIPM model has a spatial resolution of 1° for longitude (120°E to 140°E) and latitude (20°N to 40°N) around the Korean Peninsula and a height resolution of 10 km for a height range of 85 to 1,000 km. Unlike a three-dimensional SAMI3 model (Huba et al. 2008) that takes several hours for computation to predict 24 hours. On the other hand, the computing time of the KIPM is less than 30 minutes. We also upgraded the thermospheric horizontal wind field model (Drob et al. 2015) and the MSIS2.0 density model (Emmert et al. 2020) used in the KIPM model to the latest version. In this talk, we report the verification and evaluation of the updated KIPM by comparing with various ionospheric datasets (Ionosonde and GPS TEC) measured in Korea, along with the SAMI2 and the IRI-2016 model. Our model can be important for near-real-time forecasting because it can predict better performance in a short time than any other existing 3D models. In addition, we believe that our model, being a physics-based 3D predictive model, can be utilized to develop a data assimilated regional ionospheric model in the future.

[P-15] Development of the Flight Model (FM) for Space Weather Instruments for Small Scale Magnetospheric Ionospheric Plasma Experiments (SNIPE) Mission

Jongdae Sohn, Jaejin Lee, Junga Hwang, Young-Sil Kwak, Jaeheung Park, Tae-Yong Yang, Uk-Won Nam, Won-Kee Park, SNIPE Payload Team

Korea Astronomy and Space Science Institute

In this time, we report the development of the Flight Model (FM) of space weather instruments onboard the Korea Astronomy and Space Science Institute satellite-1 (KASISat-1) to verify the performance of the payload. The scientific instruments for Small scale magnetospheric Ionospheric Plasma Experiments (SNIPE) mission consist of the Solid State Telescopes (SST), the Langmuir Probe (LP), the 3 Axis Fluxgate Magnetometer (MAG). The SST measure electrons in the range of 100 keV-400 keV with the geometrical factor ($G = 0.02 \text{ cm}^{-2} \text{ sr}^{-1}$) in parallel and perpendicular directions to the geomagnetic field. The LP measures the temperature from 10^3 to 10^4 K for ionospheric thermal electrons. The MAG measure the Magnetic field of $\pm 50,000$ nT with the noise amplitude (FWHM = 1 nT). The FM for scientific instruments have the integration testing and system testing, and then, We have performed the calibration the space weather instruments for SNIPE mission. We describe the results of the development and the calibration for the FM.

[P-16] Magnetometer Calibration Based on the CHAOS-7 Model

Hosub Song^{1,2}, Jaeheung Park¹, Jaejin Lee¹, Yu Yi²

¹*Korea Astronomy and Space Science Institute*

²*Department of Astronomy, Space Science and Geology, ChungNam National University*

We describe a method for in-orbit calibration of body-mounted magnetometers based on the CHAOS-7 geomagnetic field model. This method is implemented in Python. As the model and satellite data have different coordinate systems, they are first transformed to a Star Tracker Coordinate (STC). The model output in the Earth-fixed geocentric frame, when combined with the quaternion data from the star tracker, can be transformed to the STC. Optimization processes are run to minimize the differences between the resultant model and satellite data in the STC. The process finally produces a suite of calibration parameters that can maximize the model-data agreement. The parameters include the instrument gain, offset, axis orthogonality, and Euler rotation matrices. For validating the performance of the Python code, we first produce virtual satellite data by distorting CHAOS-7 model outputs with a prescribed set of the calibration parameters. Then, we let the Python code autonomously undistort the satellite data by optimization processes, which ultimately track down the initially prescribed calibration parameters. The reconstructed parameters are in good agreement with the prescribed (true) ones. This study is performed with Python 3.8.5, Numpy 1.19.2, Scipy 1.6, astropy 4.2, spacepy 0.2.1, and chaomagpy 0.5 including CHAOS-7.5 geomagnetic field model. The Python code will be used for data processing of NextSat-1 and SNIPE satellites in the future.

[P-17] Fast Spectral Inversion Based on a Deep Learning Model

Koung-Sun Lee¹, Jongchul Chae¹, Eunsu Park², Yong-Jae Moon², Hannah Kwak¹, Kyuhyun Cho¹

¹*Astronomy Program, Seoul National University*

²*School of Space Research, Kyung Hee University*

Recently Chae et al. (2020) proposed a multilayer spectral inversion model to infer the physical parameters of plasmas in the solar chromosphere. The inversion solves a three-layer radiative transfer model using the H alpha and Ca II 854.2 nm line profiles taken by the Fast Imaging Solar Spectrograph (FISS). The model successfully provides the physical plasma parameters, such as source functions, Doppler velocities in the layers of photosphere to chromosphere. However, the model is quite expensive to solve multilayer radiative transfer equations. For example, the calculating time is several hours for a scan raster. We apply deep-learning methods to the inversion code to reduce the cost of calculating the physical parameters. We train the models using pairs of absorption line profiles (H alpha

and Ca II 854.2 nm) from FISS and their 8 physical parameters (source functions, Doppler velocities, and Doppler widths) calculated from the spectral inversion code for 19 scan rasters (~800,000 dataset) including quiet and active regions. We use a fully connected dense layers for training the model. In addition, we utilize a skip connections to avoid a problem of vanishing gradients. We evaluate the model by comparing the pairs of absorption line profiles and their inverted physical parameters from other quiet and active regions. Our result shows that the deep learning model successfully reproduces physical parameter maps of a scan raster observation per second within 10% of mean absolute percentage error and the mean squared errors of 0.3 to 5×10^{-6} depending on the parameters. Taking this advantage of high-performance of the deep learning model, we plan to provide the physical parameter maps from the FISS observations to understand the chromospheric plasma conditions in various solar features.

[P-18] Estimation of Temperature Profiles in the MLT Region Using Diffusion Coefficient Profiles and Meteor Height Distributions Observed by a Meteor Radar

Wonseok Lee, Yong Ha Kim

Chungnam National University

This study present a method for estimating temperature profiles in the mesosphere and lower thermosphere (MLT) region using date from the Meteor Radar (MR) at King Sejong Station (62.2°S, 58.8°W). The basis of the method is that the diffusion of the meteor trail depends on the neutral atmospheric temperature and pressure in the ambipolar diffusion dominant region (84–92 km). The temperature at the meteor peak height (MPH) can be estimated from the full width and half maximum (FWHM) of the meteor height distribution, allowing to obtain the pressure at the height using the diffusion coefficient formula. From the hydrostatic equation, the pressure profile within the FWHM can be derived using the pressure at MPH and the scale height. Subsequently, we can estimate the temperature profile using the diffusion coefficient profile and pressure profile. The average percentage error between temperature profiles estimated from the MR and those from the SABER is $6.1 \pm 2.2\%$ in the ambipolar diffusion dominant region in 2017. We will discuss the uncertainties of the method in more detail.

[P-19] Generation of Modern Satellite Data from Galileo Sunspot Drawings

Harim Lee¹, Eunsu Park¹, Young-Jae Moon^{1,2}

¹*Department of Astronomy and Space Science, College of Applied Science, Kyung Hee University*

²*School of Space Research, Kyung Hee University*

We generate solar magnetograms and EUV images from Galileo sunspot drawings using a deep learning model based on conditional generative adversarial networks. We train the model using pairs of sunspot drawing from Mount Wilson Observatory (MWO) and their corresponding magnetogram (or UV/EUV images) from 2011 to 2015 except for every June and December by the SDO (Solar Dynamic Observatory) satellite. We evaluate the model by comparing pairs of actual magnetogram (or UV/EUV images) and the corresponding AI-generated one in June and December. Our results show that bipolar structures of the AI-generated magnetograms are consistent with those of the original ones and their unsigned magnetic fluxes (or intensities) are well consistent with those of the original ones. Applying this model to the Galileo sunspot drawings in 1612, we generate HMI-like magnetograms and AIA-like EUV images of the sunspots. We hope that the EUV intensities can be used for estimating solar EUV irradiance at long-term historical times. This work was supported by Institute for Information & communications Technology Promotion (IITP) grant funded by the Korea government (2018-0-01422, Study on analysis and prediction technique of solar flares).

[P-20] A Quantitative Performance Analysis of Rover Locomotion System Considering Lunar Topography Characteristics

Younkyu Kim, Jongwon Lee, Dong Young Rew

Korea Aerospace Research Institute

This study performs a quantitative mobility performance analysis of the lunar rover according to the lunar topography characteristics and the specifications of the lunar rover's locomotion system. The performance of the lunar rover's scientific mission is directly related to the performance of the lunar rover's locomotion system. The locomotion system consists of wheel, wheel actuator, suspension, etc. and the number of wheels and the size of the wheel influence the ability to overcome obstacles and mobility stability in the design of the rover. The topography on the moon's surface is characterized by smooth mare, upland terrain, and rough mare depending on the crater, boulder, and surface slope. Depending on these topographical features, the distribution of boulders such as rocks and stones and the slope of the topography are different. As a quantitative analysis method for this study, first two-dimensional random obstacle maps for each lunar surface and design options for rover's locomotion system are generated. Then the A-star algorithm is applied for any start and destination in the generated obstacle map to measure the length of the shortest path according to the design options of the locomotion system. For example, in the case of 6 wheeled rover, the path will be shorter as the obstacle is less recognized in the obstacle map because the obstacle overcoming ability is approximately twice that of 4 wheeled rover. This 6 wheeled

rover is easier to move to the science mission site, allowing more scientific missions to be carried out. Thus, through this study, the quantitative mobility performance analysis of lunar rover is derived according to the number and size of wheels of locomotion system and three topographies.

[P-21] Korea Pathfinder Lunar Orbiter (KPLO): Delivery of Flight Model and Functional Test of Payloads

Eunhyeuk Kim, Sangman Moon, Hyun-Mo Gu, Changkyoon Kim, Dae Kwan Kim

Korea Aerospace Research Institute (KARI)

In order to support the scheduled launch and necessary test and assembly activities, the flight models of each payload of KPLO have been delivered to KARI except for ShadowCam. ShadowCam flight model will be delivered by mid of 2021. KARI has carried out a series of test activity using both engineering model and flight model with support from each payload providers. All the payloads are found to operate properly as intended. A rather detailed report on the test activities will be presented in this presentation.

[P-22] The High Availability and Accessibility Archiving Plan for Science Data Management of Korean Space Exploration Programs

Joo Hyeon Kim

Korea Aerospace Research Institute

The KARI Planetary Data System (KPDS) is a science data archive for space explorations, developed in Korea's first lunar exploration program. KPDS can be used not only for KPLO but also for the management and public release of the science data obtained from current and future Korean space exploration. To facilitate the usage and interoperability of scientific data among the international planetary science communities and various space programs, KPDS will manage, validate, and release the science data compliant with the PDS4 standard developed by JPL/Caltech-NASA. The key purpose of the PDS4 standard is to improve the interoperability of scientific data acquired by space explorations.

The KPDS will provide a user-friendly graphic user interface (GUI) for public users, not professional scientists or engineers, because the science data can also be applied to educational purposes related to space science and exploration.

In this paper, we present a public release procedure of science data and the key functions in user's perspective of KPDS. We also show the KPDS GUI with high availability and accessibility for the public users.

[P-23] Maneuver Recovery Process of Lunar Orbit Insertion Maneuver Considering Engine Model for Korea Pathfinder Lunar Orbiter

Jonghee Bae, Young-Rok Kim, Young-Joo Song, Jae-Ik Park, SeungBum Hong, Dae-Kwan Kim, Sang-Ryool Lee

Korea Aerospace Research Institute

KPLO (Korea Pathfinder Lunar Orbiter) will fly to the Moon along the WSB/BLT (Weak Stability Boundary/Ballistic Lunar Transfer) trajectory. To insert the lunar mission orbit, the KPLO will perform several LOI (lunar orbit insertion) maneuvers. The lunar mission orbit of the KPLO is a circular polar orbit, and the KPLO will maintain the desired altitude during the mission phase. After the LOI execution, the maneuver recovery process is performed in the FDS (flight dynamics subsystems), specifically MPM (maneuver planning module). From the maneuver recovery process, the LOI maneuver will be reconstructed based on the orbit determination result and telemetry data from the KPLO. As a result, the thrust efficiency and the burn direction of the KPLO will be updated. These parameters will be utilized to plan the next maneuver planning of the KPLO. In this study, the maneuver recovery is performed and analyzed for the first LOI maneuver. Moreover, corresponding results are analyzed considering the engine model of the KPLO.

[P-24] Research of Correlation with Water-Ice Deposits Area and Temperature

Haingja Seo¹, Eunjin Cho^{2,3}, Ik-Seon Hong⁴, Myungjin Choi¹

¹*HANCOM inSPACE*

²*UST (University of Science and Technology)*

³*Korea Astronomy and Space Science Institute*

⁴*Chungnam National University*

The fact be existed water-ice deposits in PSR is known already through Ceres. The water-ice deposits are confirmed as water ice by VIR/DAWN. We research the change of water-ice deposits area with near temperature. We think that the variation of temperature is caused by solar incidence angle, and we studied the correlation of water-ice deposits' area and solar incidence angle. We expect that as solar incidence angle increase, the temperature around the water-ice deposits decrease, and then the water-ice deposits area increase. The results, however, were reversed. It is probably related thermal inertia, and we have to study various cause. This research was conducted by NRF (2018M1A3A3A02065832) support.

[P-25] Fuel Gauging Methods for Flight Operation of Korea Pathfinder Lunar Orbiter Mission

Young-Joo Song, Moon-Jin Jeon, Jonghee Bae, Young-Rok Kim, Jae-ik Park, SeungBum Hong, Dae-Kwan Kim, Sang-Ryool Lee

Korea Aerospace Research Institute

Fuel gauging methods for Korea Pathfinder Lunar Orbiter (KPLO) have been established and implemented in the Flight Dynamics Subsystem (FDS). FDS is one of the subsystems in the KPLO Ground Segment (GS) which is responsible for flight dynamics operation. Because the Weak Stability Boundary (WSB)/ Ballistic Lunar Transfer (BLT) method is selected for the KPLO mission, estimating the amount of remaining fuel during the flight is very important. This is due to the nature of the WSB/BLT trajectory which is very sensitive to the magnitude of imparted delta-Vs. To predict the remaining fuel as accurately as possible, KPLO FDS will utilize both the Pressure, Volume, Temperature (PVT), and Thrust on Time (ToT) methods for fuel gauging. To provide more flexibilities on fuel gauging, KPLO FDS is also designed to provide a function to select a standard fuel gauging method, either PVT or ToT, by the operator-dependent to the phases of the mission. Also, the operator can able type-in the current fuel estimate by analyzing past trends on fuel consumption. In this work, an overview of fuel gauging methods on KPLO mission is provided including operational concept, workflow, functionalities, and implemented Graphics User Interface (GUI) for FDS, etc.

[P-26] Generating High-Resolution Lunar and Planetary Terrain Imagery from Regional Photogrammetric DEMs

Dawoon Jung¹, Seungkeun Kim²

¹*Korea Aerospace Research Institute*

²*Chungnam National University*

Lunar and planetary exploration may require reference imagery for navigation or calibration purposes. This work describes the process of using an in-house developed real-time simulator for generating accurate, simulated, visible-color planetary terrain images from arbitrary viewpoints using the highest resolution regional photogrammetric digital elevation model (DEM) products available-5 m or less. Challenges at this level include precise modeling of shadows, reflectance, and atmosphere. Case studies are presented for the Moon and Mars.

[P-27] Design Study of Lunar Surface Magnetometer (LSMAG)

Woohyun Jo, Ho Jin, Khan-Hyuk Kim, Yun-Ho Jang, Hyeonhu Park, Byungwook Jeong, Jehyuck Shin

School of Space Research, Kyung Hee University

Lunar Surface Magnetometer (LSMAG) is one of the four candidate payloads that were selected by the Korea Astronomy & Space Science Institute (KASI) to collaborate the Commercial Lunar Payload Services (CLPS) program. LSMAG has two scientific mission objectives. One is the investigation of the permanent magnetization of the lithosphere on the magnetic anomaly region and the other is a time-dependent magnetic field change including plasma phenomena. Based on these scientific objectives, the LSMAG consisted of two fluxgate magnetometers and one Anisotropic magneto-resistance (AMR) magnetometer. The three axis fluxgate magnetometer has a 0.2 nT resolution, 10 Hz sampling rate, and $\pm 2,000$ nT range, and the AMR magnetometer has an 8 nT resolution, ± 80 uT measurement range using HMC1001 and HMC1002 sensors. Two fluxgate magnetometers are located at the edge of the 1.2 m CFRP boom and the AMR magnetometer is in the middle of the boom. The reasons for using two fluxgate magnetometers are to figure out artificial magnetic disturbance and can be used as a redundancy. The main functions of an AMR magnetometer are measuring unexpected high magnetic field strength in the Reiner Gamma landing area and a technical demonstration for multi-sensing calibration. The LSMAG is developing with a plan is scheduled to deliver a flight model at the end of 2022. In this paper, we described the LSMAG's design concept and scientific objectives.

[P-28] KPLO SPICE Kernels and the Related Operational Kernel Databases Generation Concepts for ISIS3-Based LUTI Image Processing System

Jo Ryeong Yim, Dong-Gyu Kim
Korea Aerospace Research Institute

LUTI (Lunar Terrain Imager) is one of the main payloads of KPLO which is being developed by Korea Aerospace Research Institute, expected to launch in 2022. LUTI Image Calibration and Analysis Subsystem (ICAS) has been developing by KPLO Program Office for LUTI image level process based on ISIS3. KPLO is the first space exploration satellite for the Moon. For LUTI image processing, it was decided to use ISIS3, a standard image processing tool of USGS. In order to implement the ISIS3-based image processing system, it requires the KPLO SPICE kernels, ancillary data of KPLO. KPLO SPICE kernels are generated by ADG (Ancillary Data Generator), one of functional modules in Mission Planning Subsystem. To use the SPICE kernels in an ISIS3-based LUTI Image Processing System, kernel DB files including kernel properties such as kernel names and time information must be generated to connect the proper kernels in the system corresponding to the LUTI imaging time. The kernel DBs are also generated in the ADG right after producing or updating the new kernels, SPK, CK SCLK and text kernels. In this paper, we will briefly present the development results of KPLO kernel generations

and the related operational DB generation concepts will be presented in details.

[P-29] OWL-Net: A Global Network of Robotic Telescopes

Myung-Jin Kim¹, Hong-Suh Yim¹, Dong-Goo Roh¹, Jin Choi¹, Jang-Hyun Park¹, Jaemann Kyeong¹, Young-Sik Park¹, Jung Hyun Jo¹, Wonyong Han¹, Jiwoong Yu¹, Hong-Kyu Moon¹, Yoon-Ho Park¹, Sungki Cho¹, Young-Jun Choi^{1,2}, Eun-Jung Choi¹

¹*Korea Astronomy and Space Science Institute*
²*University of Science and Technology*

OWL-Net (Optical Wide-field patrol Network) is the first space situational awareness facility of its kind in South Korea which consists of five identical 0.5 m wide-field telescopes with 4K by 4K CCDs. The five stations are located in Mongolia, Morocco, Israel, United States, and South Korea. They are being operated in fully autonomous mode with the minimum human intervention. The primary objective of OWL-Net is to track Korean domestic satellites. In addition, it can be possible to conduct time-series photometry of bright solar system objects. We will present the system overview of the OWL-Net telescopes and progress report.

[P-30] Solar and Space Weather Models in Sun and Space Weather Laboratory of KHU (1)

Eunsu Park¹, Seungheon Shin², Yong-Jae Moon^{1,2}

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

In this talk, we introduce our recent developments of solar and space weather models:

(1) generation of solar (E)UV images, (2) denoising solar magnetograms, (3) generation of solar farside magnetograms and global field extrapolation, (4) improvement of global IRI TEC maps, (5) one-day forecasting of global TEC maps.

(1) We develop deep learning models for generating solar (E)UV images from solar magnetograms by training pairs of SDO/HMI Magnetograms and SDO/AIA (E)UV images. (2) We develop deep learning models for denoising solar magnetograms by training pairs of SDO/HMI magnetograms and stacked magnetograms. Noise levels of the denoised magnetograms are greatly reduced. (3) We develop a model that generate farside solar magnetograms from STEREO/EUVI images using a deep learning model (Pix2Pix), and we improve our method using the Pix2PixHD model and multi-channel EUV images for input. We extrapolate coronal magnetic fields using HMI and AI-generated magnetograms and show that our new extrapolations

are much more consistent with coronal observations than those of the conventional method. (4) We develop a model, which is called DeepIRI, to generate improved International Reference Ionosphere (IRI) total electron content (TEC) maps by the pix2pix model. Our model can improve the global TEC prediction ability of the IRI-2016. (5) We develop a global total electron content (TEC) forecasting model based on pix2pix. Our model well predicts daily TEC maps with 1 day in advance using only previous TEC maps.

This work was supported by Institute for Information & communications Technology Promotion (IITP) grant funded by the Korea government (MSIP) (2018-0-01422, study on analysis and prediction technique of solar flares).

[P-31] Design and Test of Drag Augmentation Device for Post Mission Disposal of KARDSAT Mission

Ji-Seok Kim¹, Hae-Dong Kim^{1,2}

¹*Korea University of Science and Technology*

²*Korea Aerospace Research Institute*

Increasing the number of satellites in Low Earth Orbit (LEO) has accelerated concerns such as on-orbit collisions. This will damage satellites and cause a chain reaction that generates space debris. Furthermore, development cost and the entry of barriers to LEO for nanosatellites continually decrease. It leads to concern that uncontrolled small satellites will be threatened to near satellites. For this reason, the IADC (Inter-Agency Space Debris Coordination Committee) proposed 25-year rule to resolve this matter. In this study, we introduced KARDSAT (KARI Rendezvous & Docking demonstration SATellite) mission and discussed the design and test of drag augmentation device on KARDSAT to meet the regulation by realizing the awareness of the problem in LEO. The drag augmentation device is applied to Target satellite, which is one of the KARDSAT, for the post mission disposal (PMD). The device requires less than 2U size and mass, also no needs to control or operation after deployment. And the device can be divided into three parts of membrane, boom, and deployment module. Firstly, as a role to maximize atmospheric drag, we used 25 μm thickness Mylar film for membranes and the area is about 9. And booms applied to basic tape springs that has 0.3 mm thickness for support membranes. Deployment module was designed to active method by using motors. The implication of the drag augmentation device for KARDSAT will contribute to meet the 25-year rule for nanosatellite. And this study explained the design and test of the drag augmentation device, and introduced some problems that can be occurred from manufacturing and testing the device.

[P-32] SNIPE Magnetic Field Investigation

Junga Hwang^{1,2}, Jongdae Shon¹, Jaejin Lee^{1,2},

Hosub Song³, Jaehung Park^{1,2}

¹*Korea Astronomy and Space Science Institute*

²*Department of Astronomy and Space Science, University of Science and Technology*

³*Department of Astronomy and Space Science, Chungnam National University*

In order to resolve the spatial and temporal variations of the various microscale plasma structures on the topside ionosphere, SNIPE mission consisted of four 6u nanosatellites (~10 kg) will be launched into a sun-synchronous orbit at an altitude of 500-600 km, 98° inclination at the end of this year. We have developed 6U nanosatellite bus system and 1U payload unit. Three basic plasma instruments shall be installed on all of each spacecraft, solid state telescope (SST), langmuir probe (LP), and fluxgate magnetometer (MAG). Three axis fluxgate magnetometer is built to investigate particle acceleration and plasma waves in the topside ionosphere. MAG makes measurements at a sampling rate of 10 Hz, the dynamic ranges are ± 60,000 nT, and noise level is 100 pT/Hz at 1 Hz i.e. less than 1 nT at 10 Hz. The ground calibration of flight model is ongoing through various temperature and electric/magnetic field interference conditions. The linearity between applied magnetic field and ADC output is clear. Magnetic field observation by the MAG will significantly improve our knowledge on the energy transfer between the magnetosphere and the ionosphere.

[P-33] A Study on Security and Management Efficiency Measures through Online Approval of KOMPSAT Development Technology Document Management System

Chul Kang

Korea Aerospace Research Institute

KOMPSAT development requires a series of activities for the preparation, registration and distribution of specifications, procedures, and various technical documents related to satellite development, and a management system for review and approval is required when preparing these technical documents. Currently, the approval of the document after the creation of the satellite technical document is being reviewed and approved offline according to the defined approval matrix, various problems during the process, delay due to the absence of review and approver, presentation of review opinion, or Issuance of the final document is being delayed due to reflection of the opinions presented and issues of security management of the document. Therefore, we are trying to minimize the delay in the final approval document by presenting solutions to problems that occurred through online approval among the technical document management procedures, and by presenting a treatment plan for the opinions expressed at the time of review and

approval of the document. It is intended to present a plan for an efficient document management system through computerization of the document management system.

[P-34] Pilot Test for Radiometrically Terrain Correction on KOMPSAT-5 SAR Imagery

Chi-Ho Kang

Korea Aerospace Research Institute

The backscatter coefficient can be derived using KOMPSAT-5 SAR data by applying the geocoded terrain correction (GTC) procedure and multiplying calibration coefficient. While GTC process finally determine the geographic position of a target area accurately, the inaccuracy in the radiometry cannot be compensated through GTC. The inaccuracy remained in the radiometry has been corrected by applying normalization based on the incidence angle information, which was on ellipsoid rather than the local terrain. The procedure for radiometrically terrain corrected (RTC) product generation, which applies the normalization using the incidence angle based on the geometry of local terrain has been implemented and tested using KOMPSAT-5 SAR imagery.

[P-35] Introduction of Domestic Reaction Using Social Matrix Related to Launch of CAS500-1

Keun-Woong Shin¹, Ji-Mo Yang¹, Eung-Sik Park¹

¹*Korea Aerospace Research Institute*

On March 22, 2021, the CAS500-1 was successfully launched from the Baikonur Cosmodrome in Kazakhstan. It has been about six years since the start of development in March 2015, and it was initially scheduled for launch on March 20, but was delayed once due to the problem of the Launch-Vehicle. In this paper, we will look at media reports, SNS, etc. related to the launch of the CAS500-1, and briefly examine domestic reactions, focusing on related key keywords, using a social matrix.

[P-36] Consideration on the Restriction of

Participation in the Number of National R&D Project under the National R&D Innovation Act

Ji-Mo Yang, Jong Hwi Choi, Keun-Woong Shin, Eung-Sik Park

Korea Aerospace Research Institute

Article 64 of the National R&D Innovation Act implemented as part of January 1, 2021, examines the restrictions on the number of R&D projects. Currently, there are more than five satellite development projects carried out by KARI, simply classified by satellite unit. It is necessary to consider whether researchers can concentrate on carrying out national R&D projects simply by limiting the number of R&D projects in satellite development projects conducted with limited personnel input.

[P-37] Development of a Ground Test Facility for Life Support Air Management System

Joo-Hee Lee, Jong-Won Lee, Youn-Kyu Kim, Gi-Hyuk Choi

Korea Aerospace Research Institute

Life support air management systems are essential for astronauts' life support and space activities in manned space exploration. Life support air management systems include subsystems such as oxygen generation system, air purification system, and carbon dioxide removal system. In real operations of life support system, each subsystem should be integrated and operated as one system, not as individual operations. Therefore, it is necessary to install each subsystem inside one facility for the integrated performance test of the life support air management system. All subsystems such as oxygen generation/supply system, air purification/ hazardous materials removal system, and carbon dioxide removal system were installed inside the ground test module facility and performance tests of each system were performed. The development of ground test modules for testing air management systems and performance tests performed inside the module will be introduced in this presentation.

2부 발표시간 : 4월 29일(목)
17:10~18:10

[P-38] ShadowCam Jitter Analysis Considering Each Operating Wheel Speed of 4 Reaction Wheels

Beom-Suk Kang, Hyun-Jin Shin, Seung-Yong Min, Dae-Kwan Kim

Korea Aerospace Research Institute

Shadowcam (optical payload) is installed in the Korea Pathfinder Lunar Orbiter (KPLO). It is necessary to check jitter performance of Shadowcam at the design stage. KPLO has 4 reaction wheels and those make jitter performance of Shadowcam degrade. Therefore, this paper will discuss Shadowcam jitter performance each considering wheel speed of 4 reaction wheels. The wheels speed is 500-3,000 rpm.

[P-39] GNSS Visibility Analysis Result for Satellite Considering GNSS Antenna FOV

Kiho Kwon

Korea Aerospace Research Institute

This paper provides a GNSS visibility performance study of GNSS receiver for satellite considering GNSS Antenna FOV. Normally, GNSS Receiver at high altitude Satellite receive GNSS signal from opposite side if the Earth. It means GNSS receiver process weak signal at reduced diversity and limited signal availability. In this reason, GNSS receiver should be process multi GNSS signal and received signal with limited banded antenna. In this paper shows that GNSS Visibility performance at variable condition which apply only main lobe signal transmission case, main plus side lobe transmission case and antenna direction change at equator satellite position.

[P-40] Sun Sensor Data Analysis of KPLO Attitude Control for the Sun Pointing Mode on the Effects of Lunar Albedo

Jaewook Kwon, Dawoon Jung, Hanwoong Ahn, Kwangyul Baek

¹*Korea Aerospace Research Institute*

The system operational scenarios of the Korea Lunar Pathfinder Orbiter (KPLO) have some of preparatorial modes for the next operational mode. Those are sun pointing modes to charge its batteries. Attitude Orbit Control Subsystem (AOCS) shall make control capabilities of each operational mode. This paper cites

that KPLO has the identified control sub-mode to perform its assigned operation. Two of AOCS submodes, the Sun pointing makes solar array, on staying at home position, face onto the Sun, One is Sun-safe hold mode used Sunsensor and thrusters. Another Sun-pointing submode is controlled under the higher accuracy to manage an Antenna pointing the ground station. The latter Sun-pointing submode utilizes star tracker and reaction wheels. This document deals with it through the analysis that Sun-sensor data is shown as how much well described for the Lunar albedo according to the given orbit and ephemeris time.

[P-41] Korea Pathfinder Lunar Orbiter Mass Storage Ground Management Function

Dong-Gyu Kim¹, Moon-Gi Kim²

¹*Korea Aerospace Research Institute*

²*HANCOM inSPACE*

Korea Aerospace Research Institute Korea Aerospace Research Institute (KARI) has been developing the Korea Pathfinder Lunar Orbiter (KPLO) and its ground system, KPLO Deep-space Ground System (KDGS). KPLO will operate 6 payloads mission and includes the on-board mass storage unit to store payload observation data. For the KPLO payload operation planning and mass storage status monitoring, there should be a mass storage management function in the KDGS and KARI has designed the Mass storage Management Unit (MMU). MMU will estimate the mass storage consumption based on the payload mission planning results and provides the current storage status based on the mass storage telemetry. This paper describes the detailed functions of MMU and provides its operation concepts and user interface design result.

[P-42] Introduction to KARI DTN Nodes Development for KPLO Program

In-Kyu Kim, Hyung-Wan Kim, Dae-Kwan Kim, Sang-Ryool Lee

Korea Aerospace Research Institute

In this paper, the KMOC (KPLO Mission Operation Center) is going to be plan to develop the DTN-ION node for KPLP DTN mission. That are consisted of KAR DTN nodes. The KARI DTN nodes are acting as the relay node on the network topology. That's mean that KARI DTN nodes have to interface with neighbor nodes that is DSN DTN node, ETRI DCC (DTN Control Center), and LCM (Lander Control Module). This paper shows what the KARI DTN nodes could have and implement the their system requirements and how the KARI DTN nodes could meet to the interface requirements.

[P-43] Satellite Communication Link Impacts Due to the Atmospheric Environments

Joong-Pyo Kim

Korea Aerospace Research Institute

The satellite transmits the communication signals to the ground station through the atmospheric environments. The atmosphere mainly consists of the troposphere and the ionosphere. Ionosphere effects are primarily produced below about 3 GHz and troposphere effects are primarily produced above about 3GHz for space communications. Several propagation mechanisms affect on the parameters of a communication signal. In this paper, main propagation phenomena impacting on the transmitted L-band signal from satellite are analyzed with ITU Recommendation P.531-10. Based on the variation of the received signal level at the ground station, the propagation mechanism impacts on the communication link design and performance are presented.

[P-44] Design Change of CRC Logic in Payload Data Handling Unit on Korea Pathfinder Lunar Orbiter

Changkyoon Kim^{1,2}, Sangman Moon¹, Hyungwan Kim¹

¹*Korea Aerospace Research Institute*

²*Korea Advanced Institute of Science and Technology*

The payload data handling unit (PDHU), a device that stores the payload data, uses the cyclic redundancy check (CRC) logic to verify the integrity of the data received from the payloads. Due to the architectural limitations of the PDHU, the CRC logic was designed to validate even-length packets only, and all the payloads were designed to transmit even-length packets. However, in the case of the delay/disruption tolerant networks payload (DTNPL), a payload to verify the communication protocol, because its protocol stack autonomously generates packets that could be odd or even in length, and it could cause false-negative errors in the CRC logic. In this paper, we briefly describe the changed design of the CRC logic to overcome these limitations.

[P-45] Case Study on Spacecraft Thermal Protection Design

Hui-Kyung Kim^{1,2}, Dong-Young Rew¹

¹*Korea Aerospace Research Institute*

²*University of Science and Technology*

The external thermal environments that affect spacecraft are different with each original mission orbit and they generally experience extreme hot and cold thermal environments. Insulation

is one approach of thermal control to protect spacecraft from these thermal environments. This research investigated the cases of thermal protection design for spacecraft in various thermal environments and their difference and proper application according to the thermal environment condition. General thermal protection design is to cover spacecraft with MLI (Multi-layer Insulation) to insulate from the external thermal environments. It plays a role to reduce abruptly a radiative heat transfer through 10-20 layers of films such as Polyimide, Polyethylene, and Teflon and can be applied in the temperature level of less than 250 degree C. The most serious thermal environments is those of re-entry vehicles or landers on planets with atmosphere. These thermal protection is a special thermal design, called as TPS (Thermal Protection System) using the types of tiles and blankets made of extremely high temperature materials such as Carbon-Carbon composite, Silica, and Ceramic. Thermal protection design of Insulation for spacecraft generally refers to these two types. However, the deep space explores and landers out of the Earth can be in the range of temperatures of between the general MLI and the TPS. These thermal condition appears in limited regions instead of overall spacecraft. Because it is above maximum allowable temperature of the general MLI, those regions require to apply partially another type of MLI, that is, high-temperature MLI which is designed with the layers of high temperature materials such as metal foil, Inconel foil, and nickel foil.

[P-46] FEC Coding Data Channel Validation Process Using X-DLTS for KPLO X-Band Communication System

Sangman Moon, Changkyoon Kim, Hyun-Chul Lee

Korea Aerospace Research Institute

Korea Pathfinder Lunar Orbiter (KPLO) X-band communication system has OQPSK (Off-set Quadrature Phase Shift Keying) modulation system. This system baseline FEC (Forward Error Correction) code is RS (Reed-solomon) code, and other coding capability is concatenated code that uses the RS code and convolution code. The transmission data consist of the fixed frame data, and the ground equipment system (called the X-DLTS) is used for each FEC code validation. This paper is shown the process of X-DLTS (X-band Downlink Test Set) test setup for the FEC codes validation.

[P-47] Harness Routing for Payloads of KPLO

Seung-Yong Min, Hyun-Jin Shin, Beom-Suk Kang

Korea Aerospace Research Institute

Korea Pathfinder Lunar Orbiter (KPLO) is under development for launching in 2022. KPLO will bring six payloads to the

Moon to achieve scientific and technological objectives. Six payloads are LUTI, PolCam, KGRS, KMAG, DTNPL, and ShadowCam. PolCam, KGRS, and KMAG are composed of sensor unit and electrical unit respectively, while the other payloads are composed of only one box. In this paper, harness routing near each payloads of KPLO is described including harness routing between sensor unit and electrical unit of PolCam, KGRS, and KMAG. Harness lengths between sensor unit and electrical unit are also summarized considering harness routing and KPLO integration concept.

[P-48] Review on the Operation of Electrical Power System during LEOP for LEO Satellite

Sung-Woo Park, Kyu-Dong Kim, Jin-Baek Jang
Korea Aerospace Research Institute

Typically, the electrical power subsystem of LEO satellites are powered before launch at launch preparation phase and all the power needed by spacecraft is supplied by battery before solar panel separation. During the early in-orbit operational check-out phase of LEO satellites, to checking of solar array deployment completion including power generation capability and battery status such as depth of discharge during launch and battery voltage are very important. And, detailed reviews on the electrical power system components such as power conversion unit and switching circuitry should be also performed. In this paper, analysis and verification results of electrical power subsystem based on in-orbit telemetry regarding solar panel, battery, power generation and switching electrical units during satellite IAC and IOT phase are summarized.

[P-49] Trade-Off Study on the Propulsion Subsystem Configuration for a Multi-Functional Public Communication Satellite

Jong Seok Park, Jung Su Choi, Keun Joo Park, Hyoung Yoll Jun
Korea Aerospace Research Institute

A communication satellite is planned to be developed for various public communication missions such as flood monitoring and forecast, maritime safety and protection, emergency communication support in disaster area, and satellite based augmented navigation. Although this satellite has been proposed to be designed based on the existing GEO-KOMPSAT platform, it requires a different propulsion subsystem to extend its lifetime and payload capacity. The recent trend shows that the distribution of electric propulsion systems being employed in commercial geostationary communication satellites is increasing. In this paper, it is investigated the comparison between the pros and cons in the different ways configuring a propulsion

subsystem, and it is presented a proper propulsion subsystem that can be applied in the multi-functional public communication satellite.

[P-50] Development of Science Data Analysis and Color Composition System for GEO-KOMPSAT-2 GOCI-II DPS

Jinhyung Park
Korea Aerospace Research Institute

GEO-KOMPSAT-2B (GK2B) is geostationary satellite developed by KARI. GK2B was launched in February 2020. And, GK2B is currently in normal operation. Geostationary Ocean Color Imager-II (GOCI2) is a payload of GK2B for ocean observation. GOCI2 generates and transmits ‘Science Data Packet’ from the observed Earth image. GOCI-II DPS (Data pre-processing subsystem), developed by KARI, receives and parses science image data packet. However, since the DPS is a subsystem for reliable and real-time image product generation, it is difficult to analyze the cause of a problem when it occurs. In this paper, we introduce science data analysis and color composition system for GK2 GOCI2 DPS. This system parses science data packet and generates detailed science data packet information and raw images that can be quickly checked by the operator. We used this system to solve many problems of DPS during the IOT(In orbit test) period.

[P-51] Design and Test Result of Spacecraft to Launch Vehicle Interface Simulator for the Next Korean SAR Satellite

Hong Won Park
Korea Aerospace Research Institute

The next Korean SAR satellite with the sub-meter level resolution as a successor of the KOMPSAT-5 will be launched by means of Angara-1.2 launch vehicle (LV). In order to check the state-of-health (SOH) of the satellite before mating the flight model (FM) satellite to the launch vehicle, the telemetry interface between the spacecraft (SC) and the launch vehicle should be carried out in advance. Accordingly, as part of this process, the LV/SC interface simulator (LSIS) which is composed of SC simulator, SC simulator control box, LV simulator and LV simulator control box was developed to verify the interfaces. Basically, the SC simulator shall generate various SOH data such as unregulated voltage, regulated voltage and temperature and transmits to the LV telemetry measurement system named as LV telemetry MUX system. The LV simulator and LV simulator control box as a role of LV telemetry MUX system shall receive the telemetries correctly after an appropriate calibration. In this paper, we address the design of LSIS for

the next Korean SAR satellite and check that all SC/LV electrical interfaces after the test are compatible.

[P-52] Functional Tests of Space Link Extension (SLE) Protocol for KPLO Ground Operation between KARI and NASA/DSN

Seunghee Son

Korea Aerospace Research Institute

Space link extension (SLE) protocol has been introduced to add cross-operability between different ground systems. Korea Pathfinder Lunar Orbiter is the first lunar mission for South Korea and will get support from NASA/ Deep Space Networks (DSN) for full antenna coverage. KPLO mission operation center (KMOC) will be communicated via SLE for command uplink and telemetry downlink. SLE provides two services. One is forward service and the other is return services. Return service includes return all frames (RAF) and return channel frame (RCF).

KARI has been developing SLE user application based on ESA SLE api. In this paper, different service configurations and functional test results will be presented.

[P-53] Flexible Onboard Data Management for Satellite

Hyun-Kyu Shin

Korea Aerospace Research Institute

Various data types and formats are used for satellite mission such as satellite housekeeping telemetries, ancillary data and dump data. In general, data types and formats of the satellite system are pre-built during the development and verification phase. As satellite systems are getting complex, the demands of onboard flexibility are becoming higher. Onboard flight software (FSW) plays a central role to generate these data according to the requirement. The FSW gathers and formats data and many of these data are transmitted to the ground system. The ground system parses and analysis them. If the FSW change the data format, the ground system should reflect it for valid data handling. This paper introduces the novel design of flexible onboard data management.

[P-54] Pyrovalve Shock System Test for KPLO

Hyun-Jin Shin, Beom-Suk Kang, Seung-Yong Min, Hyung-Wan Kim

Korea Aerospace Research Institute

In the KPLO, there are 3 pyrovalves in the pressure control assembly. Since, pyrovalve used to close or open its tube in

the propulsion system, it has pyro-technique. Pyro-technique has high reliability and useful. However, it induced high pyro shock level to the entire spacecraft. So, from the point of view of mechanical system, system shock level from pyro shock must be estimated in order to ensure the safety of Bus units and Payloads. In this paper, we will introduce the Pyrovalve shock system test for KPLO, and present the test result briefly.

[P-55] The Analysis of S-Band Communication Link Coverage of In-House 2.4 m Antenna for PVSAT

Sangil Ahn¹, In Hoi Koo¹, Sang Hyun Han², Jung Mo Yang²

¹*Korea Aerospace Research Institute*

²*Asia Pacific Satellite Inc.*

The minimum G/T requirement of on-ground S-Band TT&C antenna for PVSAT, scheduled to be launched as main payload on May, 2022 using the KSLV-II is 18.2 dB/K. The 7.3 m antenna located in KARI in Daejeon, Korea will be a main TT&C antenna for PVSAT operation and its nominal G/T shows around 19.0 dB/K as minimum over several years, meeting the requirement, Over the 20 years of S-Band operation, KARI has found the actual space-to-ground link margin is inherently higher than normal expected value known before launch due to both its worst case link design and additional margin taken in actual implementation. In case the in-house 2.4 m X/Y S-Band antenna is used as a backup station for 7.3 m antenna, the accurate communication coverage by 2.4 m antenna is one of critical information for reliable mission operations of PVSAT in all phases. To calculate the realistic coverage, the simple idea considered is to calculate slant range value in case of BER is about 10^{-5} in communication quality environment considering nominal parameter values without considering additional link margin for implementation loss in demodulator and RS decoding instead of using worst case parameter with 3dB margin value. The results shows that the 2.4 m S-band antenna can provide 10^{-5} BER communication environment from minimum elevation angle between 5 and 10 deg for 4 different cases with 2 different downlink rates and 2 different on-board antennas and, therefore, the in-house 2.4 m can support the PVSAT operation as a backup.

[P-56] Analysis of Malfunction on Power Distribution Circuit of Power Control Distribution Unit

Young-Su Youn, Kyu-Dong Kim, Sung-Woo Park

Korea Aerospace Research Institute

The power control distribution unit provides the regulated power to all units of the satellites. The power control distribution

unit has the latching current limiter circuit for the purpose of protecting the main power system. A latching current limiter circuit limits the overcurrent each load and disconnects the load suspected of failure. A malfunction of the latching current limiter circuit, which provides the regulated power to a specific unit of the satellite, has occurred and found the cause of the power failure. The FET output voltage drop of the latching current limiter circuit due to a capacitor failure in the linear regulator output power circuit associated with the latching current limiter circuit was not possible to have the normal bias current, which did not provide normal power to the load. The FET output voltage was lowered, and the regulated power to the load was not functioning normally, and the hiccup operation was occurred.

[P-57] Launch Vehicle Electrical Interface Design and Verification and ESD Protection Measurement of the Satellite

Nayoung Lee

Korea Aerospace Research Institute

The satellite's launch vehicle electrical interface is required to prepare the satellite for launch, so the definitions of the electric interface channel are different depending on the launch configuration of the satellite. Since the number of pins of the launch vehicle connection connector and cable is strictly limited, the test configurations for the electric performance verification of the satellite and the electric interface verification of the launch vehicle are different and for this reason it is required to establish an optimized shape for them. In this paper, we describe the types and functions of the satellite's launch vehicle electrical interface for each launch configuration, and detailed design and verification methods. It also describes in detail the measures to prevent the ESD of the electric harness of the launch interface after launch separation.

[P-58] Reflectionless Filtering Power Divider with Wide Isolation Range

Boyoung Lee, Jungwon Seo, Dong-Hyo Lee, Hyung-Mo Yang, Okchul Jung, Daewon Chung

Korea Aerospace Research Institute

This work presents a design method and circuit structure for a filtering power divider having a wide isolation range. The presented circuit can serve as a bandpass filter and a power divider at the same time. Also, this circuit has reflectionless characteristics at all ports, which implies that this circuit does not require isolators to be accompanied at its ports. Hence, this circuit can separate the target signal from unwanted signals, divide them to the output ports without concerning interferences,

and annihilate the signals being reflected back from active devices, such as amplifiers or mixers, at its output ports. Therefore, it is possible to design a compact system since the functions of a filter, divider and isolator is readily integrated and can be implemented in a single standalone circuit. For demonstrating the proposed design method, we have designed a second-order reflectionless filtering power divider.

[P-59] Analysis of LISN Impedance Considering the Electromagnetic Compatibility Test Configuration of Satellite

Sangrok Lee, Tae-Youn Kim, Jae-Woong Jang, Kyung-Duk Jang, Chang-Eun Lee

Korea Aerospace and Research Institute

For Electromagnetic Compatibility test of satellite unit and subsystem, Line Impedance Stabilization Network (LISN) is used to simulate the bus impedance of electrical power subsystem. Normally, LISN alone simulates the intended bus impedance properly, but when the test configuration is considered, the impedance experienced by the test objective may vary. For the analysis of the configuration effect, first, the structure and items of LISN are explained. After that, the effect of the output impedance of the power supply and the power harness between power supply and LISN is analyzed. In order to minimize the configuration effect, it is important to design a harness with less parasitic component and select the low output impedance power supply.

[P-60] Concept Study for AIS-based Onboard Orbit Propagator

Seonho Lee

Korea Aerospace Research Institute

The orbit propagator is used to determine the current satellite position and velocity and also predict the future navigation data. Generally the orbit propagator is formulated with the orbit model and the GPS measurement data. This paper proposes a new concept for onboard orbit propagator using AIS information, which is patent pending as KR 10-2020-0086616. The proposed method incorporates the AIS (Automatic Identification System) message information as an alternative navigation measurement instead of GPS measurement data. The AIS messages received from the sea vessels within the coverage of about 2,000 km in radius provide periodically the cruise information such as time, position, velocity, heading direction, and etc. Meanwhile the proposed AIS-based orbit propagator has low performance accuracy compared with the well known GPS-based orbit propagator. However it can be an ground-breaking concept which is very useful in cases of the GPS-free navigation

solution in the launch and early operation phase or the abnormal situation of the GPS receiver in normal operation phase. Also it is effectively applicable for the cold start scenario of the onboard orbit propagator without any GPS measurement data.

[P-61] Historical Footprints of Schedule Management for the Korea Pathfinder Lunar Orbiter (KPLO) Program in 2020

Jae-Hoon Song, Hyung-Wan Kim, Dae-Kwan Kim, Sang-Ryool Lee

Korea Aerospace Research Institute

The Korea Pathfinder Lunar Orbiter Integrated Master Schedule (KPLO IMS) was established in February 2020 after a variety of the vicissitudes of managerial/technical issues. In this article, historical footprints of schedule management for the KPLO Program in 2020 are presented. Current progress of several phases as a group task is checked especially for the critical path of the IMS and future plan of the KPLO program is also briefly shown.

[P-62] Introduction of the Electrical System Design for the GEO Communication Satellite (GK3, GEO-KOMPSAT-3)

Sung-Soo Jang

Korea Aerospace Research Institute

This paper introduces the preliminary design concept of the Electrical System for GEO communication satellite (GK3). The GK3 consists of spacecraft subsystems and payloads, that is Electrical Power Subsystem, Telemetry Command Ranging Subsystem, Thermal Control Subsystem, Propulsion Subsystem with Electric Propulsion, Structure and Mechanism Subsystem, Flight Software Subsystem, Flexible Broad Band Communication (FBCS) payload, Satellite Based Augmentation System (SBAS) payload, and Data Collection System (DCS) payload. The Electrical System will be developed based on the GEO-KOMPSAT-2 (GK2) spacecraft platform, but Global Navigation Satellite System (GNSS) and Electric Propulsion (EP) will be introduced to the GK3 bus platform to improve the performance. Solar array will generate at least 5.3kW at end-of-life (EOL) to support the GK3 mission. And the spacecraft bus will provide regulated 50VDC and 28VDC, and it will provide single point grounding (SPG) to all power users for grounding. And matrix commands, pulse and differential commands from spacecraft bus are available to drive and to get status of electronics units. Also, to monitor payloads' status, spacecraft bus will provide the 1553B Data Bus interface.

[P-63] Launch Environment Tests for Mid-Sized Satellite Flight Model

Jong-Hyub Jun, Nam-jin Moon

Korea Aerospace Research Institute

The mid-sized satellite is about 500 kg weight class with a payload like earth observation camera. This satellite must be verified by launch environment tests like vibration test and acoustic test on the ground before launching for structural robustness. Satellite is exposed launch environments through launch vehicle before it is on orbit. Vibration environment test is mainly performed for low frequency (below 100Hz) ranged vibration. Acoustic environment test covers for high frequency (below 2000Hz) ranged vibration. And also launch vehicle separation test should be performed to verify shock level and separation mechanism from launch vehicle. All the tests should be performed in the clean room under temperature, humidity, and cleanliness control using large shaker, high intensity acoustic chamber, DAQ, PC-controller, and many accelerometers. For the satellite system, firstly STM (structural and thermal model) is verified for qualification level and finally FM (flight model) is verified for acceptance level. Especially, FM needs power-on during the tests to simulate the real condition for launching. In this paper, we will briefly present the results of launch environment tests for mid-sized satellite FM.

[P-64] Analysis on TLE Data of Uncontrolled Re-Entry Space Objects

Okchul Jung, Jaedong Seong, Youyeun Jung

Korea Aerospace Research Institute

The trajectory modeling and re-entry prediction of uncontrolled space object is a challenging research area. Many previous studies have been conducted by using orbital dynamics, optimization technique and parameter estimation. For this analysis, the orbital information of re-entry space object should be prepared in advance. TLE (Two Line Element), which is released from CSpOC (Combined Space Operations Center in United State), is the most common data if there is no observation measurement data available. In this paper, we analyze the altitude and Bstar profile of TLE data of re-entry space object, which focus on from 200 km to 80 km of altitude. In addition, the simple function is also suggested to interpolate the altitude profile, that can be applicable for historical real-flight dataset.

[P-65] Analysis for the Characteristics of the COMS Orbit Determination

Youeyun Jung, Jaedong Seong, Okchul Jung, Daewon Chung

Korea Aerospace Research Institute

COMS (Communication, Ocean and Meteorological Satellite) has been operated by Korea Aerospace Research Institute (KARI) for more than 10 years. Since the Orbit Prediction (OP) accuracy, taking into account Orbit Determination (OD) error, should be less than 18 km for three-sigma variance within 48 hours, only single station tracking measurement has been used to perform OD. OD is performed based on the radar tracking measurements such as range, azimuth and elevation angle. Many parameters causing time delay, which ultimately causing measured distance change, due to ground/satellite equipment status or Earth atmosphere can be appeared to, as called, "Bias" in OD algorithm. Therefore, the effect of the Bias change on OD is analyzed, and the future work to maintain high OD precision is suggested.

[P-66] Design of RF Test Set for Satellite in Deep Space

Seung Won Cho, Yun Goo Huh, Hyun Mo Gu,
Min Jun Kim, Su Wan Bang

Korea Aerospace Research Institute,

The satellite operated in deep space requires the qualified communication system to perform the given mission. The communication system provides the function of receiving the command from the ground station and sending the status of the satellite to the ground station. The ranging function is also performed. The satellite should be verified during assembly integration & test (AIT) before the launch. In order to verify the communication system of the satellite exactly and reliably, the RF test system is required. RF test system measures the major RF characteristic of the satellite and process the command and the telemetry on RF bands. In this paper, the design of the RF test system is demonstrated and it is shown that it can verify the communication system of the satellite for deep space.

[P-67] A Conceptual Design of SDx-based Space Information Service Bus (SSISBUS)

Yee-Jin Cheon

Korea Aerospace Research Institute

Rapidly, most of the infrastructure components for the provision of any service, that we know of, are developed and deployed in service-oriented software. Even more importantly, the commissioning of aerospace mission can be thought that information delivering service across the networks in space and ground segments. The goad of this study is to conceptually design a space information service bus that can take full advantage of Software Defined Everything (SDE) or software-defined anything, also known as SDx. The SDx is a movement

toward promoting a greater role for service-oriented software framework in controlling and supervising different kinds of information service system - more specifically, making software more "in command" of multi-piece, multi-purpose, or complex information service systems and allowing for software control of a greater range of hardware relevant to information publishing and subscribing. The SDx-based Space Information Service Bus (SSISBUS) is a service-oriented software framework that provides common platform to multiple services to facilitate information flow among them. Also SSISBUS can be a means to efficiently connect segments, components, and devices in aerospace information systems with flexibility, scalability, and reusability.

[P-68] Atmospheric Correction and Surface Reflectance Retrieval Using Geostationary Satellite

Jong-Sung Ha¹, Jong-Min Yeom¹, Kwon-Ho Lee²

¹*Korea Aerospace Research Institute, KARI*

²*Gangneung-Wonju National University, GWNNU*

In order to analyze surface information such as change detection, object detection, and disaster, atmospheric corrected high-resolution satellites are very useful. Although geostationary satellites have low spatial resolution, they have high temporal resolution and spatial resolution is also getting better and better. Accordingly, the atmospheric information calculated from geostationary satellites can be utilized in high-resolution satellites to perform accurate atmospheric correction. Therefore, as a preliminary study to calculate atmospheric information as input data on high-resolution satellites, the results of atmospheric correction of geostationary satellites were presented using radiative transfer model of 6S.

[P-69] The Overview of ITOS (Integrated Test and Operation System) Interconnection for the Spacecraft Integration and Test on the Ground

Yungoo Huh, Minjun Kim, Hyunmo Gu,
Suwan Bang, Seungwon Cho

Korea Aerospace Research Institute

The ITOS (Integrated Test and Operation System) is designed and developed for many satellite programs of KARI (Korea Aerospace Research Institute). The ITOS plays a key role in controlling and monitoring the satellite in orbit after launch and during AIT (Assembly, Integration & Test) on the ground. Especially, The ITOS is interconnected with other EGSE (Electrical Ground Support Equipment) systems such as PLTS (Power & Load Test Set), CMTS (Control & Monitoring Test Set), RFTS (Radio Frequency Test Set), BBTS (Base Band Test Set), SAS (Solar Array Simulator) and so on during the AIT

phase. Therefore there are well defined interfaces between ITOS and other EGES systems in order to exchange information efficiently. In this paper, we would like to introduce the well-defined interfaces between ITOS and other EGES system for satellites designed and developed by KARI and give a brief overview on the interconnection regarding ITOS.

[P-70] Development of Using the Multi Band Intersatellite Communication and Data Link System (ILS) for Constellation Cubesat

Myung-Gil Kim, Ki Sik Kim, Hong Soo Lee

SpaceK Inc

Due to the paradigm shift of the aerospace industry, the existing government-oriented industry is transformed into a citizen leading industry, creating a topic of megatrends. Accordingly, in the industry, electronic equipment technology verification for cluster flight operations that operate constellation and formation flying satellites is in progress.

In this study, the trend of inter-satellite data link systems using cubesat or microsatellite is investigated, the concept of developing a multi-frequency band data link system applicable to reality is introduced, and a technology verification method is studied through future performance and environmental tests.

For near-real-time communication in low-orbit satellite operation, it is possible only by operating constellation, and implementation is possible only when inter-satellite data communication technology is preceded. For this technology, this study implements a ranging technology using the communication delay of the UHF band when it is in a long distance, and when entering a certain section without data loss, the concept of a mass transmission data system that applies the CCSDS protocol to large amounts of data using the S-band band. Describe design, manufacturing and verification tests.

[P-71] Systematic Training Plans for Science Communicator

Jae-Hyuk Kim

Korea Foundation for the advancement of Science and Creativity, KOFAC

The importance of science communicators who deliver science and technology through scientific culture rather than academic knowledge is increasing day by day, but there is still no way to train professional manpower who can serve as suppliers of scientific culture. To solve this problem, this study examines the actual condition and current status of science communicators, analyzes domestic and foreign cases that can be benchmarked, and suggests the possibility of systematic training plans. Scientific culture can be defined in any form of expressing

science and technology, including universal scientific knowledge and attitudes of the public. Therefore, it is necessary to systematically train science communicators who can play the role of most efficient suppliers by clearly analyzing the cultural characteristics of science. Analyzing based on literature and cases centered on the relationship between science and the public, the training course focused on practical experiences should be promoted by dividing majors and non-majors, and the curriculum should also be designed in a differentiated form for each stage. According to the current status of overseas science communicators in the United States, Europe, Japan, and etc, there are many cases of educational courses in cooperation with the field of convergence arts, and many science communicator jobs can be found in universities and research institutes as well as science museums. There are hardly any private institutions that directly develop and operate science communicator education courses, and systematic training is expected to be conducted centered on public institutions using professional infrastructure such as private organizations and associations. By benchmarking overseas cases, first discovering type of jobs that show the possibility of new occupations, and establishing roles by conducting a survey on the field of activities within the industry, it will be possible to plan and operate a successful professional manpower training process. Science communicators are professions that have the potential to influence the entire industry in the future. Therefore, if we first define the core competencies and roles of science communicators, secondly discover trainees with potential for science communication, and finally create a circular system of discovery-education-utilization, we will be able to train science communicators systematically in the future.

[P-72] Gamma-Ray Irradiation Test on the CODEX Polarization Camera

Jinhyun Kim^{1,2}, Juhyung Kang^{1,3}, Jihun Kim¹, Seonghwan Choi¹, Ukwon Nam¹, Yeon-Han Kim¹

¹*Korea Astronomy and Space Science Institute*

²*Kyung Hee University*

³*Seoul National University*

The Coronal Diagnostic Experiment (CODEX) Polarization Camera was tested with gamma-ray irradiation (Co60) to confirm the camera's performance by the space radiation. The target mission required an irradiation with gamma-ray of 20 Gy, but we tested with gamma-ray of 200 Gy to confirm the electric parts survival. To confirm the performance change of the camera due to gamma irradiation, we have used photoelectron detector performance test system and analyzed using Photon Transfer Curve (PTC) method. As a result of the analysis, the linearity of the camera was preserved, but the basic characteristics of the camera such as Conversion Gain and Full Well Capacity have decreased by 2-3%. Especially, it was confirmed that the

Quantum Efficiency decreased by at least 60%.

[P-73] Calibration and Optimization of a Portable TEPC System for Measuring In-Flight Exposure

Uk-won Nam¹, Jaeyoung Kwak^{1,2}, Kyu-Wang Kim^{3,4}, Hee-Bok Ahn^{4,5}, Won-Kee Park¹, Jongdae Shon¹, Junga Hwang^{1,2}, Bongkon Moon¹, Sunghwan Kim⁶, Sukwon Youn⁷, Sung-Joon Ye⁷, Jungho Kim⁸

¹Korea Astronomy and Space Science Institute

²University of Science and Technology

³Hanseo University

⁴Airline Pilots Association of Korea

⁵Korea Aerospace University

⁶Cheongju University

⁷Seoul National University

⁸Korea Research Institute of Standards and Science

Recently, the need for precise measurement for aviation radiation exposure is increasing in Korea. We have developed a portable space radiation dosimeter (SRD) for the measurement of dose-equivalent quantities in practical radiation-protection work. The detector applied is a low-pressure proportional counter (TEPC), which is the *de facto* instrument for microdosimetry and has been used as a reference instrument for aviation radiation. The complex analysis system required has been developed with regard to low power consumption and small size to achieve *in-situ* measuring in-flight exposure. The newly designed electronic includes complete analog, digital and micro-processor boards. The optimization and calibration experiments have been performed using ²⁵²Cf neutron source for a high-LET and ¹³⁷Cs gamma source for a low-LET, respectively. In this paper, we report some results of the verification experiment of the SRD instrument for the flight experiment.

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) Grant funded by the Korea government (MSIP) (NRF-2017M1A3A4A01077173) and by the project "A Study on the Forecasting Model of Space Radiation and the Improvement of Measuring Equipment (200314)", funded by the Korea Foundation of Nuclear Safety.

[P-74] Proton Irradiation Damage Test on the CODEX Polarization Camera

Juhyung Kang^{1,2}, Jinhyun Kim¹, Jihun Kim¹, Seonghwan Choi¹, Ukwon Nam¹, Yeon-Han Kim¹

¹Korea Astronomy and Space Science Institute

²Seoul National University

Electric devices, especially CMOS chips and memory, are vulnerable to the collision of energetic protons and electrons in the space. To see the effect of the proton radiation on the CMOS image sensor of the Coronal Diagnostic Experiment (CODEX) polarization camera, we perform the irradiation test with the high-energy proton. The total irradiated dose is 200 Gy that is 10 times higher than the mission requirement, and the energy of the proton is 100 MeV with the beam flux of 0.07 Gy/pulse. The Triple Modular Redundancy (TMR) and Soft Error Mitigation (SEM) logics that recover the single event upset (SEU) on the memory block in the FPGA are successfully worked for at least 1 minute, then the serial communication is disconnected. The linearity of the photon response of the CMOS image sensor is not conserved so that the conversion gain and the quantum efficiency can not be estimated. The most significant deterioration parameters are dark current and the number of hot pixels that have increased extremely. These increases may be the effect of the displacement damage dose not of the total ionizing dose.

[P-75] Establishment of a Platform for the Research in the Field of Aerospace Medicine Using Microgravity

Young Hyo Kim^{1,2}, Kyu-Sung Kim^{1,2}

¹Department of Otorhinolaryngology, Head and Neck Surgery, Inha University School of Medicine

²Inha Institute of Aerospace Medicine, Inha University School of Medicine

As the human body is exposed to microgravity, it undergoes changes in various body organs. Understanding and coping better with these changes is such an important issue for the field of aerospace medicine. However, it is so difficult to conduct microgravity studies under the influence of Earth's gravity. Therefore, many researchers have been constantly studying *in vitro* or *in vivo* research methodology to simulate microgravity on the ground. A representative *in vitro* research platform for simulated microgravity (SMG) is clinostat, and an *in vivo* method is an anti-orthostatic suspension (AOS). We constructed a microgravity research platform including clinostat and AOS, and conducted a study on the effect of SMG on the human immune system using these machinery. Therefore, in this paper, we would like to introduce our research platform in Inha Institute of Aerospace Medicine (IIAM) and research results using it.

학회 및 관련기관 소식

한국우주과학회	5
경북대학교 천문대기과학과	45
경희대학교 우주과학과 및 우주탐사학과	55
극지연구소 우주환경 연구그룹	95
서울대학교 물리·천문학부 천문학 전공	106
세종대학교 천문우주학과	76
연세대학교 천문우주학과	27
충남대학교 천문우주과학과	87
충북대학교 천문우주학과	08
한국과학창의재단	3
한국천문연구원	8

한국우주과학회

1. 학회지 발간

2020년 학술지 발간 실적은 37권 1호 9편, 2호 7편, 3호 6편, 4호 4편으로 총 26편의 논문이 발행되었다. 학회에서는 지속적인 학술지 국제화를 위한 노력을 하고 있으며, 2021년도에도 SCIE 등재를 목표로 하고 있다. 또한 국문학술지 창간호를 준비 중에 있다.

2. 학술대회 개최

2020년도 봄 학술대회는 코로나19로 취소되었고, 가을학술대회는 10월 28일(수)~30일(금)까지 제주 신화월드에서 개최하였다. 등록인원은 312명이며, 논문발표는 구두발표 97편, 포스터발표 160편, 총 257편을 발표하였다. 다른 해외 달리 관련산업체 소개 세션을 운영하였고, 우주 마이크로중력 환경 활용 워크숍과 공동 개최하였다.

3. 회의 개최

- 이사회

2020년도 이사회 제1차 회의는 대전 일정한정식(2020.01.21.)에서 개최하였고, 정관 개정 검토 TFT 구성/운영 승인, 편집국 편집진담 직원 채용 승인, 편집위원회 운영 규정 개정 검토 승인, 초소형위성 분과회 승인, 포상위원회 구성 승인, 학술대회준비위원회 구성 승인, 편집위원회 구성 승인, 대외협력위원회 설치 승인, JASS 발전위원회 설치 승인, COSPAR총회(2024년) 유치/준비위원회 설치 승인, 용역사업 규정 개정이 결의되었다. 제2차 회의는 대전 경복궁(2020.07.17.)에서 개최하였고, 정관 개정 TFT 구성 승인, 편집위원회 규정 개정 TFT 구성 승인, 편집국장 채용 추진 승인, 편집국장 채용을 위한 2020년 예산 항목 변경(안) 승인 건, 신입회원 승인, 2021년 학술대회 개최 건 승인 등이 결의되었다. 제3차 회의는 항우연 산학연협력동(2020.10.22.)에서 개최하였고, 한국우주과학회 정관 개정 승인, 학회운영에 대한 규정 개정 승인, 임원선출에 대한 규정 개정 승인, 편집위원회 운영 규정 개정 승인, 연구윤리위원회의 설치·운영에 관한 규정 개정 승인이 결의되었다. 제4차 회의는 제주 신화월드(2020.10.28.)에서 개최하였고, 2020년 결산(안) 승인, 2021년 예산(안) 승인, 신입회원 승인 등이 결의되었다. 제5차 회의는 온라인(2020.12.07.)으로 개최하였고, 편집위원장 임명 승인, 국문학술지 창간 승인, 우주탐사분과회칙 개정(안) 승인 등이 결의되었다.

- 정기총회

제38차 정기총회가 2020년 10월 29일(목) 16:50에 제주 신화월드에서 개최되었다. 보고사항으로는 사업보고, 학술대회준비위원회보고, 학술보고, 포상위원회보고, 감사보고가 있었으며, 안건으

로는 2020년 결산 심의, 2021년도 예산 심의, 한국우주과학회 정관 개정 승인, 학회운영에 대한 규정 개정 승인, 임원선출에 대한 규정 개정 승인 등이 결의되었다.

4. 2020년 수상

- 에스에잇상

2020년 김지우 회원(충남대), 김희은 회원(경희대)

- 한국우주과학회 학술상

김용하 회원(충남대)

- 두진 우주과학자상

김정한 회원(극지연)

- 신진 우주과학자상

양태용 회원(천문연)

- 한국과학기술단체총연합회 제28회 과학기술우수논문상 최진 회원(천문연)

5. 위원회

- 편집위원회

Journal of Astronomy and Space Sciences(JASS) 편집위원회는 편집위원장으로 선종호(경희대), 위원으로는 강명석, 곽영실, 구분준, 김경자, 김방엽, 김해동, 김은화, 민경욱, 박상영, 오수연, 이재진, 이지윤, 정용섭, 조경석, 황경주, Ivan L. Andronov, Tapas Kumar Das, Paul A. Evenson, Edward F. Guinan, Lin-Ni Hau, Valery V. Hegai, Chung Yue Hui, Jeongwoo Lee, Jiuhou Lei, Xinlin Li, Charles Lin, Lee-Anne Mckinnell, Valery Nakariakov, Yuichi Otsuka, David Ruffolo, Boonrucksar Soonthornthum, Ilya Usoskin 회원으로 구성되었다. 편집위원회의 강화와 내실을 다지기 위해 2020년 8월 1일자로 김숙경 편집국장을 채용 하였다.

- 포상위원회

포상위원회는 위원장으로 이병선(전자연), 위원으로 선종호(경희대), 오승준(에스에잇), 이주희(항우연), 최영준(천문연) 회원으로 구성되었다.

- 학술대회준비위원회

학술대회준비위원회는 위원장으로 황정아(천문연), 위원으로 김해동(항우연), 문홍규(천문연), 민병희(천문연), 박재홍(천문연), 봉수찬(천문연), 최병규(천문연), 최정립(충북대) 회원으로 구성되었다.

- JASS 발전위원회

JASS 발전위원회 위원장으로는 이유(충남대), 위원으로 박상영

(연세대), 장현영(경북대), 조중현(천문연), 김해동(항우연), 이대영(충북대), 선중호(경희대), 민경욱(KAIST) 회원으로 구성되었다.

- 대외협력위원회

대외협력위원회 위원장으로는 이서구(천문연), 위원으로 김학창(인스페이스), 김주현(항우연), 심채경(경희대) 회원으로 구성되었다.

- COSPAR총회(2024년) 유치/준비위원회

COSPAR총회(2024년) 유치/준비위원회 위원장으로는 박종욱(천문연), 위원으로 이동훈(경희대), 최영준(천문연), 이주희(항우연), 곽영실(천문연), 선중호(경희대), 김병진(세트랙아이) 회원으로 구성되었다.

6. 회원 현황

2020년 신입회원 인준 현황은 정회원 37명, 학생회원 3명이 승인되었다. 정관 제6조에 따라 연회비 3년 미납자 67명은 준회원으로 회원등급을 조정하였다. 2020년 12월 31일 현재 회원 수는 1,549명(정회원 674명, 학생회원 12명, 3년 이상 비활동 및 해외 체류 회원 842명, 명예회원 16명)이며, 기관회원 수는 5곳이다.

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, 황재찬, 장현영, 김민진 회원이다. 동교 사범대학 지구과학교육과의 심현진 회원도 대학원생 논문지도를 맡고 있다.

현재 본 학과에는 연구교수로 김태현, 정일교, 박대성 회원이, 박사후연구원으로 한두환, 신재진 회원이 천문학 연구를 수행하고 있다.

본 학과 학부 과정은 자연과학대학 지구시스템학부 천문대기과학전공이며 대학원 과정은 천문대기과학과 천문학전공이다. 2021년 3월에는 90명의 신입생이 수시 및 정시모집으로 지구시스템과학부에 입학하였고, 25명의 학생들이 2학년으로 올라오면서 천문대기과학전공으로 진입하였으며, 2명이 3학년으로 편입으로 들어왔다. 천문대기과학전공 학생은 천문학과 대기과학 과목들을 자유롭게 선택하여 공부할 수 있다. 천문학전공 대학원에는 2020년 9

월에 1명의 석사과정 학생, 2021년 3월에 1명의 석사과정 학생, 3명의 박사과정 학생이 입학하여 현재 6명의 석사과정 학생과 7명의 박사과정 학생이 재학 중이다.

2021년 2월에는 한두환 회원(지도교수 박명구)이 'Study of Rotating Bondi Flow and Cosmological Application of Statistics of Gravitational Lensing'으로 박사학위를, 최연호 회원(지도교수 박명구)이 '보현산천문대 1.8 m 망원경 분광측광기의 광기계 설계와 구조해석'으로, 금재혁 회원(지도교수 김민진)이 '밝은 활동성 은하핵의 물리량과 변광특성 간의 상관관계 연구'로, 황성현 회원(지도교수 김민진)이 '젊은 전파 퀘이사의 전파 제트와 이온화된 분출 사이의 물리적 상관관계'로, 김상현 회원(지도교수 김민진)이 '막대나선은하 M83 외곽 지역의 측광학적 항성 특성 연구'로, 손수연 회원(지도교수 김민진)이 '고에너지 X-선에서 선택된 1형 활동성 은하핵의 블랙홀 질량과 팽대부 밝기 관계'로, 김이근 회원(지도교수 황재찬)이 '우주에서 관측된 불균질성이 우주론에 끼칠 영향에 대하여'로, 김연식 회원(지도교수 심현진)이 'Properties of galaxy clusters around SPT SMGs'로 석사학위를 취득하였다.

2. 연구 및 학술활동

박명구 회원은 박사과정 방태양 회원 및 천문연구원원의 외계행성 연구팀과 외계행성 탐색 연구를 수행하고 있으며, 최연호 회원 및 천문연구원원의 김강민 회원, 박찬 회원 등과 외계행성투과스펙트럼에 최적화된 분광측광기 개발 연구를 수행하고 있다. 또한 박사과정 한두환 회원 및 석사과정 오명환 회원과는 블랙홀 부착현상을, 경북대 김태현 회원, 천문연구원 이윤희 회원, 부산대학교 안홍배 회원과는 막대은하에 대한 연구를 수행하고 있다.

윤태석 회원은 석사과정 오형일 회원, 경희대학교 이정은 회원 연구팀, 한국천문연구원 성현일 회원과 FU Ori 형 별에 대한 가시광선-근적외선 영역에서의 분광학적 및 측광학적 관측 연구를, 박사과정 김수현 회원, 석사과정 오형일 회원, 한국천문연구원 성현일 회원과 공생별 및 Ia 형 초신성에 대한 가시광선 영역에서의 분광학적 관측 연구를 수행하고 있다. 한편, IGRINS 분광기를 활용한 근적외선 분광 관측 연구도 함께 준비하고 있다.

황재찬 회원은 아인슈타인 정적 우주모형이 초기우주에서 역할을 할 가능성을 2차 건드림 효과를 통해 부정하였고, 상대론적 자기유체의 중력불안정, 그리고 완전 상대론적인 유체와 약한 상대론적 중력이 결합한 이론을 연구하고 있다.

장현영 회원은 태양 흑점과 표면 자기장의 공간 분포를 분석하여 태양 자기장 생성에 관한 연구를 수행하고 있고, 우주환경과 장기 기후 변화의 관계를 연구하고 있다. 박사과정 김기범 회원, 조윤아 회원과 Kepler, TESS 위성 자료를 이용하여 항성 진화와 구조를 성진학적 관점에서 연구하고 있으며, 중국의 Zhibin Zhang 박사와 GRB의 모체 연구를 진행하고 있다.

김민진 회원은 천문연구원원의 정오섭 회원, 양유진 회원 및 한국의 SPHEREx 과학연구 그룹과 함께 적외선 자료를 이용한 활동성 은하핵 중심부의 구조의 특성에 관한 연구를 수행하고 있다. 경북대 손수연 회원과 Aaron Barth(UCIrvine), Luis Ho(KIAA) 등과

고에너지엑스선으로 찾은 활동성 은하의 허블 이미지를 이용해서 블랙홀과 모은하의 공진화에 관한 연구를 진행 중이다. 천문연구원 원의 변우원 회원, 신윤경 회원 및 천문연구원 연구팀(김상철, 선광일, 박병권, 이준협, 정현진 회원)과 함께 KMTNet 망원경을 이용하여 가까운 은하의 깊은 이미징 자료를 얻어서 은하의 바깥 영역에서의 물리적 특성에 대한 연구를 수행 중이다. 또한 젊은 활동성 은하핵에서 제트와 outflow의 상관관계에 대한 연구를 진행하고 있다. 경북대의 신재진 회원 및 서울대의 우종학 회원과 함께 2개 이상의 블랙홀을 가지고 있는 활동성 은하핵 및 활동성 은하핵 중심에서 중금속함량의 진화에 대한 연구를 공동으로 수행하고 있다. Mar Mezcua(ISSC) 등과 중간질량블랙홀 후보의 분광학적 특성을 이해하고자 하는 연구를 수행 중이다. 김동찬, 윤일상(NRAO), 메타스페이스의 김지훈 회원 등과 함께 블랙홀 병합에 의해서 탈출하는 블랙홀을 찾기 위한 연구에 참여하고 있다.

본 학과는 시민과 학생들을 위해 학기 중 매달 일반인을 위한 공개관측과 공개강연행사인 “밤하늘 이야기”를 열고 있으며, 지역의 대표적인 과학 행사로 자리 잡았으나, 현재는 코로나 상황으로 인해 행사를 잠정적으로 중단한 상태이다.

3. 연구시설

본 학과는 계산 및 관측자료 처리를 위해 Intel server/cluster 및 다수의 워크스테이션을 운용하고 있다. 경북대 천문대에는 천체 관측 실습을 위한 31 cm 뉴턴식 반사망원경이 설치되어 있으며 그밖에 H alpha 및 Ca K 태양망원경을 비롯하여 다수의 소형 반사 및 굴절 망원경 그리고 Fujinon 25×150 대형형안망원경 등을 교육 및 연구에 활용하고 있다. 또한 이동식 천체투영시스템도 교육에 활용하고 있다.

경희대학교 우주과학과 및 우주탐사학과

1. 인적사항 및 주요동향

1985년에 창립되어 2021년에 36주년이 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 2021년 3월 현재 총 14명의 교수(김관혁, 김성수, 문용재, 박수중, 선종호, 이동훈, 이은상, 이정은, 장민환, 전명원, 진호, 최광선, 최윤영, Tetsuya Magara)가 강의와 연구를 수행하고 있다. 2017년 정년 퇴임한 김상준 회원은 현재 교황명예교수로 재직 중이고, 2019년 정년 퇴임한 김갑성 교수는 명예교수로 재직 중이다. 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 김관혁 회원이며, 우주탐사학과장은 Tetsuya Magara 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 170명이 재학 중이다. 대학원 우주과학과/우주탐사학과에는 총 23명의 대학원생(석사 13명, 석박통합 7명, 박사 3명)이 재학하고 있다. 양과 대학원에서 2020년 8월 이후 다음과 같이 석사 2명, 박사 3명이 학위를 받았다.

* 석사 졸업 - 2명

- 이수진(21년 2월, 우주과학과, 지도교수 문용재)
- Hannah Morgan(21년 2월, 우주탐사학과, 지도교수 김성수)

* 박사 졸업 - 3명

- 김기정(21년 2월, 우주탐사학과, 지도교수 김관혁/이동훈)
- 이어진(21년 2월, 우주탐사학과, 지도교수 문용재)
- 나현옥(21년 2월, 우주탐사학과, 지도교수 문용재)

2. 연구 및 학술 활동

천체물리연구실

김성수 회원이 이끄는 천체물리연구실에서는 달 탐사, 월면에서의 우주풍화(space weathering), 지구 대기 중 미세먼지 및 수증기 탐지 등의 연구를 수행하고 있다. 김성수 회원은 2019년 3월부터 월면 우주풍화 현상에 대한 최초의 통합모형을 도출하는 연구과제를 시작했다. 지구 대기 중 미세먼지 및 수증기를 탐지 연구는 천문연구원 및 미국 NASA Langley 연구소와 공동으로 진행되는 연구로, 현재 12U 크기의 초소형 편광 카메라 개발이 진행되고 있다. 김민배 회원은 천문연구원과 함께 월면 표토의 최상층을 3차원으로 근접 촬영하는 Light Field Camera의 설계와 영상 분석 연구를 수행 중에 있으며, 백길호 회원은 달 크레이터 벽면의 방향에 따른 우주풍화 양상을 통계적인 방법으로 연구하고 있다. 김진규 회원은 미국 Sierra Remote Observatory에 있는 원격 편광 망원경을 이용하여 월면 표토에 대한 polarimetric speckle image 분석을 수행하고 있으며, 달의 크레이터를 자동으로 찾아내는 알고리즘 개발 연구도 병행하고 있다.

태양우주기상연구실

문용재 회원이 이끄는 태양우주기상연구실(Solar and Space Weather Laboratory)은 딥러닝을 이용한 태양 및 우주기상 연구

와 태양활동 및 코로나 연구를 수행하고 있다. 2020년 8월에는 수미야 회원과 이수진 회원이 석사를 취득하였고, 나현옥, 이어진 회원이 박사학위를 받았다. 2021년 3월 현재 연구교수 8인(신준호, 이진이, 성숙경, 박진혜, 조일현, 지은영, 강지혜, 유대중), 박사후 5인(이하림, 박은수, 임다예, 로렌스, 나현옥), 박사과정 6인(박종엽, 이강우, 김진현, 전성경, 정현진, 수미야) 및 석사과정 3인(신승현, 손지현, 임진구)이 연구를 함께 하고 있다. 신준호 회원은 ‘태양 플라즈마의 수직 구조 변화 연구’, 이진이 회원은 ‘태양 분출 플라즈마의 질량 및 에너지 연구’, 성숙경 회원은 ‘딥러닝을 이용한 고시간 분해능 동영상 생성 연구’, 박진혜 회원은 ‘딥러닝을 이용한 태양풍 예보 연구’, 조일현 회원은 ‘코로나에서의 태양풍 연구’, 지은영 회원은 ‘딥러닝을 이용한 IRI 모델 개선 연구’, 강지혜 회원은 ‘관측기반 시뮬레이션 모델을 통한 플레어/CME 기작 연구’, 유대중 회원은 ‘코로나 플라즈마의 kink 파동 연구’, 이하림 회원은 ‘딥러닝을 이용한 과거 흑점 자료 복원 연구’, 박은수 회원은 ‘딥러닝으로 생성된 영상을 이용한 태양 대기 DEM 결정 연구’, 임다예 회원은 ‘딥러닝을 이용한 단기 플레어 예보 연구’, 로렌스 회원은 ‘딥러닝을 이용한 코로나그래프 영상 생성 연구’, 나현옥 회원은 ‘CME 큰 모형을 이용한 halo CME 질량 결정 연구’, 이어진 회원은 ‘태양 활동 영역의 시계열 인자와 플레어 관련성 연구’, 박종엽 회원은 ‘우주기상 예보 평가 방법에 대한 연구’, 이강우 회원은 ‘딥러닝 플레어 모델의 시각화 연구’, 김진현 회원은 ‘태양 코로나그래프 광학 설계 및 검증 연구’, 전성경 회원은 ‘딥러닝을 이용한 태양 자기장 영상 예보 연구’, 정현진 회원은 ‘딥러닝 자료를 활용한 태양 3차원 자기장 외삽 연구’, 수미야 회원은 ‘태양 고분해 영상의 Super-Resolution 연구’, 이수진 회원은 ‘딥러닝을 이용한 TEC 예보 연구’, 신승현 회원은 ‘딥러닝을 이용한 Kp 예보 연구’, 손지현 회원은 ‘딥러닝과 위성 자료를 이용한 He 10830 영상 생성 연구’, 임진구 회원은 ‘딥러닝을 이용한 TEC 예보 연구’를 수행 중에 있다.

적외선실험실

박수중 회원이 지도하는 적외선실험실은 광학/적외선천문기기의 제작과 천체관측 연구를 한다. 2020년 2월에 김현중 회원이 석사학위를 받았고, 2020년 8월에 이혜인, 박우진 회원이 박사학위를 받았고, 이선우 회원이 석사학위를 받았다. 김현중 회원은 경기과학기술대학교 지구과학 교사로 근무 중이고, 이혜인 회원과 박우진 회원은 천문연구원에서 박사후연구원으로 근무하고 있다. 2021년 3월 현재 적외선 실험실에는 박사과정 지태근, 이선우 회원, 석사과정 한지민, 안호재, 김창곤, 양민경 회원이 있다. 그리고 우주과학과 학부 4학년 김태은, 3학년 이수민, 김도훈, 2학년 김경태 회원이 학부 연구생으로 연구에 참여하고 있다.

본 적외선실험실은 미국 텍사스 A&M 대학과 공동으로 GMT의 제1세대 관측기기인 GMACS 프로젝트에 참여하여 기기제어 소프트웨어 개발을 담당하고 있다. GMACS는 2019년 9월에 개념설계 검증(Conceptual Design Review)을 했고, 예비설계(Preliminary Design Review) 연구를 준비하고 있다.

2020년 8월부터는 5세대 SDSS(Sloan Digital Sky Survey)

의 관측기기 LVM(Local Volume Mapper) 연구에 참여하여 제어소프트웨어 개발을 담당하고 있다. LVM 기기는 미국 카네기천문대의 주도로, 텍사스 주립 대학, 와싱턴 주립대학, 아리조나 주립대학, 독일 막스플랑크 연구소, 호주 국립천문대, 칠레 라세레나 대학 등이 참여하고 있다. 본 소프트웨어 개발 연구의 PDR은 2021년 2월에 했고, 2021년 말부터 칠레 라스캄파노스 천문대에서 우리온하와 가까운 은하의 전천 관측을 수행할 계획이다.

2014년 7월부터 시작한 미래창조과학부의 우주핵심기술개발사업 “우주 적외선 관측을 위한 알루미늄 비축 반사망원경의 시험모델 개발” 연구는 2019년 6월에 성공적으로 마무리하고, 2020년 6월부터는 무인이동체 원천기술개발사업에 참여하여 무인이동체 임무장비 광학계 설계 및 분광영상 모델개발 연구를 시작했다. 본 연구에서는 스마트IT융합시스템연구단 장승혁 박사와 공동으로 개발한 비축반사망원경 설계, 제작, 조립기술을 적용하여 자유곡면 알루미늄 반사경 3장으로 유효구경 40 mm 초점거리 60 mm인 선형비점수차가 제거된 비축반사망원경(LAF-TMS, Linear Astigmatism Free - Three Mirror System)을 제작한다. 그리고 2020년 12월부터는 연구재단의 한-프랑스 협력기반조성사업에 참여하여 파리천문대 David Valls-Gabaud 교수와 “우주의 최저 표면 밝기를 관측하는 MESSIER 탐사위성의 타당성 조사 연구”를 공동으로 수행하고 있다. 이 연구에서는 유효구경 400mm 초점거리 1,200 mm인 LAF-TMS선형비점수차가 제거된 우주망원경을 설계하고 제작 타당성을 검토한다. 그 외에 2020년 7월부터 12월까지 경희대학교 LINC+ 육성사업 산학공동기술개발과제로 우주 망원경 교육 및 광학 연구에 사용할 수 있는 조립식 반사망원경 키트(Transformable Reflective Telescope Kit) 개발 연구를 ㈜에스엘랩과 공동으로 수행했다. 본 연구에서는 기존의 TRT Kit를 상용화 할 수 있도록 더욱 개량하고 현장에서 바로 사용할 수 있는 교사용 지도서를 개발했다.

우주과학탐재체연구실

선종호 회원이 지도하고 있는 우주과학탐재체연구실(Space Science Instruments Laboratory)은 근지구 우주과학을 연구하기 위해 인공위성 탐재체를 개발하고 있다. 2018년 8월 서훈규 회원이 박사학위, 2019년 2월 이훈 회원이 석사학위, 그리고 2020년 2월 신유철, 우주 회원이 박사학위 그리고 신승혁, 이현상 회원이 석사학위를 취득하였다.

2020년 9월 현재 연구교수 2인(채규성 박사, 나고운 박사)과 박사과정 1인(설우형), 석박통합과정 1인(이찬행)이 연구를 함께 하고 있다. 우주과학탐재체 연구실은 연구실 구성원들이 함께 탐재체를 개발하고 발사하여 우주환경에서 관측된 데이터를 해석하고, 물리현상을 연구함이 목적이다. 연구원들은 검출기 Analog/Digital 회로 개발, 입자물리 시뮬레이션, 기계구조 설계 및 테스트, 소프트웨어 개발, 우주관측 데이터 해석 등을 직접 수행한다.

우주과학탐재체연구실은 2018년 12월 4일에 미국 캘리포니아주 반덴버그 발사장에서 Falcon-9에 실려, 고도 약 570 km 태양동기궤도에 도착한 차세대 소형위성인 NEXTSat-1의 우주폭풍탐재체(ISS) 중 하나인 Medium Energy Particle Detector (MEPD)

와 2018년 12월 5일 발사된 정지궤도복합위성 2A의 부 탑재체인 우주기상탐재체(KSEM)를 성공적으로 개발 및 발사 운용을 수행하였다. MEPD는 동일한 두 개의 센서로 구성되어 있고, 이를 통해 20~400 keV 사이의 하전입자를 관측할 수 있으며, KSEM은 우주방사선 측정 및 지구 자기장 측정, 위성 대전 감시를 수행한다.

최근 우주기상탐재체연구실은 2020년 7월에 시작된 미국 NASA와 한국천문연구원의 협력 사업인 한미 민간 달착륙선 탑재체 공동연구에 참여하여 달 표면에 입사하는 고에너지 하전입자 및 이차 입자를 관측하기 위한 Lunar Space Environment Monitor (LUSEM) 탑재체 개발을 진행하고 있다. 본 연구실의 채규성 회원은 '검출기 전장부 회로 설계', 나고은 회원은 '검출기 VHDL 개발, 탑재체 운용', 신유철 회원은 '몬테-카를로 방법을 이용한 초기 설계 요구사항 분석', 설우형 회원은 '검출기 아날로그 회로 설계', 이찬행 회원은 '검출기 검교정 및 시험'을 수행하고 있다. 이와 더불어 본 연구실은 현재 KSEM과 MEPD로부터 획득된 데이터를 중심으로 다중 위성 데이터를 활용하여 지자기권에 분포하는 하전입자의 특성에 관한 연구를 수행하고 있다.

우주공간물리연구실

이동훈 회원이 이끄는 우주공간물리 연구실은 우주 플라즈마에서 발생하는 여러 섭동 현상에 대한 이론 및 수치 모델 연구와 위성 관측 연구를 진행하고 있다. 이동훈 회원은 약 4년간 응용과학대학 학장 업무를 수행한 후 복귀하였으며, 현재 우주전파센터의 우주환경 연구과제를 수행하고 있다. 주로 우주 환경에서 발생하는 여러 종류의 지자기 섭동 및 파동 등에 대한 모델 연구를 수행하고 있다. 또한 이동훈 회원은 지난 2년간 COSPAR 한국위원회 위원장으로서 2024년 COSPAR 총회의 국내 유치를 추진하고자 천문연 박종욱 현 위원장 및 관련 회원들과 함께 노력하고 있다.

이성환 회원은 자기권계면에서의 turbulence에 의한 자기권 섭동 과정에 대한 통계적인 연구를 수행하고 있으며, 최지원 회원은 자기권에서 오랫동안 미제로 남아 있던 poloidal mode의 연장수명에 대한 이론적 근거를 제시하는 연구를 마무리하였다. 또한 Danish Naeem 회원은 전리권 및 실험실에서 발생하는 전자 파동에 대한 3-D 수치모델을 개발하였으며, 박사과정에 새로 입학한 노상일 회원은 수치모델을 활용한 자기권 자기 음파의 실시간 수치실험을 수행하고 있다. 석사과정에서는 윤우철 회원이 AI 기법을 이용한 태양풍 섭동과 자기권 도착 시간에 대한 모델을 개발하고 있다.

우주플라즈마물리연구실

이은상 회원이 이끄는 우주플라즈마물리 연구실은 위성 관측 데이터 분석과 시뮬레이션을 이용하여 우주플라즈마에서 발생하는 다양한 물리현상을 연구 중에 있다. 2020년 8월 강준석 회원이 석사학위를 취득하였고, 2020년 9월 현재 2명의 석박통합 학생과 1명의 석사과정 학생으로 구성되어 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. 고영경 회원은 hybrid 시뮬레이션을 이용하여 지구 bow shock을 통과하는 이온에서 발생하는 플라즈마 불안정성에 대해 연구하고 있다.

별탄생연구실

이정은 회원이 이끄는 별탄생 연구실은 현재 1명의 박사 후 연구원, 1명의 박사과정 학생과 4명의 석박통합 학생, 그리고 3명의 석사학생이 별의 탄생과 관련된 다양한 연구를 진행 중이다. 이정은 회원은 Cycle 2부터 Cycle 6까지 ALMA를 이용하여 매년 관측을 수행해 왔으며, 최근에는 Cycle 5에서 얻은 관측자료를 바탕으로 폭발 중인 원시성인 V883 Ori의 원시행성계원반에서 복잡한 유기분자를 검출하여 2019년 Nature Astronomy에 출판하였다. 이 후속 연구로서 더 많은 유기분자를 발견하고, 원시행성계 원반에서 유기분자의 진화를 연구하기 위해 유기분자선의 spectral survey 관측을 ALMA Cycle 7에서 수행할 예정이다. 임범두 회원은 가이아 관측이 제공하는 고유운동과 Hectochelle 스펙트럼에서 얻은 시선속도를 분석하여 OB성협내 거대 항성계의 형성 과정에 대한 연구를 수행 중이며, 2019년에는 Cygnus OB2와 Carina OB1에 대해, 2020년에는 W3에 대한 연구결과를 출판하였다. 2020년 여름 박사학위를 끝낸 박선경 회원은 고분산 분광기인 BOES와 IGRINS를 이용하여 FUOri 천체 중 하나인 2MASS J06593158-0405277를 모니터링한 결과를 분석하여 논문으로 출판하였다. 백기선 회원은 JCMT Large Program 중의 하나인 Transient Survey 프로젝트에서 처음으로 발견한 변광 원시성, EC 53의 quiescent phase와 bust phase의 SED를 모델링하여 폭발시 광도 증가를 정량화하고 2020년 논문을 출판하였고, 현재는 ALMA 데이터를 이용하여 고밀도 별탄생영역에서 메탄올 메이저 방출과 유기분자 방출과의 상관관계를 분석하고 있다. 윤형식 회원은 TRAO Key Science Program인 TIMES 프로젝트를 통해 얻어진, Orion A 분자운과 Ophiuchus 분자운의 6개의 분자선 지도를 분석하여, 방대한 자료를 정리한 관측논문을 2021년 2월 제출하였으며, 현재는 Principle Component Analysis을 이용하여, 이들 분자운에서 난류와 별탄생 사이의 상호 관계에 대한 논문을 마무리하고 있다. 이희원 회원은 JCMT Large Program에 참여하여, Orion 영역에 있는 Planck Galactic Cold Clumps를 SCUBA-2로 관측하여, 별탄생의 negative feedback에 대한 논문을 2018년 출판하였고, 같은 대상들에 대해 KVN으로 다양한 분자선을 관측하여, 별탄생 과정이 미치는 chemical feedback에 대한 논문을 제출하여 2021년 3월 게재승인받았다. 윤성용 회원은 레거시 프로젝트를 통해 관측한 원시성의 IGRINS 스펙트럼을 분석하여, Class I 원시성 중 FUOri 천체와 유사한 스펙트럼 양상을 보이는 천체를 발견하였고, Gemini 망원경을 이용하여 감도가 높은 IGRINS 스펙트럼을 얻어서 이를 분석하여 2021년 2월 논문을 제출하였다. 현재는 Gemini/GNIRS를 이용해 관측한 변광하는 원시성의 분광관측 자료를 분석하고 있다. 이용희 회원은 JCMT Transient Survey에서 발견된 변광원시성 EC 53에 대한 근적외선 측광관측자료를 분석하여, 원반에서 강착과정에 따른 물

질의 분포와 이에따른 근적외선 색변화를 해석하고 2020년 논문을 출판하였다. 현재는 JCMT Transient Survey에서 4년동안 관측된 천체들의 light curve의 periodogram 분석을 통해 변광 원시성들을 찾고, 이들의 성격을 통계적으로 연구하여 논문을 작성하고 있다. 석사과정 박우석 회원은 NEOWISE 데이터를 분석하여, 변광원시성을 동정하고 특성을 분석하여 2021년 2월 논문을 제출하였다. 석사과정 김철환 회원은 천문연구원의 SPHEREx 프로젝트의 연구학생으로 참여하여, 성간얼음의 적외선분광선 분석을 위한 프로그램을 개발하고 있다. 석사과정 이시은 회원은 ALLWISE와 NEOWISE 데이터를 바탕으로 수 백일 주기로 pulsation하는 AGB 후보들을 동정하고, 이를 확인하기 위해 KVN 망원경으로 SiO와 H2O 메이저 관측을 수행하고 있다.

초기우주 연구실

전명원 회원이 이끄는 초기우주 연구실은 초기 우주에서 생성된 첫 세대 별과 은하의 탄생과 진화, 특성, 그리고 초기 별들과 관련하여 근거리 우주에서의 왜소은하의 특성에 대한 연구를 수행하고 있다. 현재 초기우주 연구실에는 2019년 석박사 통합과정에 입학한 신찬희 회원, 석사과정으로 2019년에 입학한 이태용 회원이 연구를 수행 중이며, 학부 4학년인 김재은 회원이 학부 연구생으로 연구를 보조하고 있다. 전명원 회원은 2018년 3월부터 초기우주의 화학인 초미광 왜소은하에 대한 이해를 목표로 한국연구재단 과제를 시작하였으며, 앞서 언급된 참여 연구원들과 함께 현재까지 연구를 수행 중이다. 초기 별과 은하에 대한 연구 결과에 대해서는 University of Texas at Austin의 Volker Bromm 교수와, 근거리 우주의 왜소은하의 연구에 대해서는 University of Arizona에 Gurtina Besla 교수와 긴밀한 협력을 하고 있다. 또한, 2020년 9월부터 KIST의 슈퍼컴퓨터를 이용하여 왜소은하 형성에 미치는 모은하의 중력적 영향에 대해서 거대 시뮬레이션을 수행할 예정이다. 본 연구실의 신찬희 회원은 별들의 초기질량함수(Initial mass function)에 따른 초신성 에너지가 어떻게 왜소은하의 별생성 과정을 억제시키는지에 대해 우주론적 수치계산을 수행 중에 있다. 이태용 회원은 한국천문연구원에 천경원 회원의 왜소 은하 시뮬레이션 결과를 분석하여 왜소은하들의 다양한 별생성 역사에 대해 연구를 수행하고 있으며, 천경원 회원과 한국천문연구원에 신지혜 회원과 긴밀한 협력을 통해 연구를 수행하고 있다.

태양권플라즈마연구실

최광선 회원이 이끄는 태양권플라즈마연구실(Heliospheric Plasma Physics Laboratory)은 태양으로부터 태양권계면(heliopause)까지 이르는 전 태양권 공간에 존재하는 플라즈마의 전자기적, 역학적 성질을 탐구하기 위해 설립되었다. 작년부터는 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 기

술(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 시뮬레이션을 통하여 total magnetic helicity에 비해 twist number가 큰 구조가 나타나는 과정에 대해 연구하고 있다. 이중기 회원(석박 수료)은 다차원(2, 3차원) 플라즈마 입자 시뮬레이션 코드를 독자적으로 개발하였으며, 이를 collisionless magnetic reconnection에 적용하여 microscopic scale에서만 나타날 수 있는 dynamo 현상을 연구 중이다. 이중기 회원은 현재 한국천문연구원의 전문 연구요원으로 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.

Solar Dynamics Laboratory Group

We aim to clarify the dynamical nature of the Sun by studying various kinds of active phenomena observed on it, such as solar cycles, solar flares, solar winds, and coronal mass ejections. We investigate these phenomena using theoretical modeling based on computer simulation and observational data analysis. The members are Dr. Tetsuya Magara (leader), Dr. Junmo An, Dr. Hwanhee Lee (moved to KASI in September 2020), Dr. Jihye Kang, Mr. Yeonwoo Jang, and Mr. Donghui Son. Our current researches are focused on: I) dynamic recycling process of magnetic fields in the solar interior II) dynamic transportation of magnetic fields through the solar convection zone to the solar atmosphere III) fast diffusion of magnetic fields in the solar atmosphere IV) global eruption of magnetic fields toward the interplanetary space. We are also collaborating with the space weather group at KASI to develop a state-of-the-art three-dimensional magnetohydrodynamic simulation model, which will be used to investigate the Sun-Earth system. We recently initiated a new medium-scale NRF project focused on the dynamic thermalization of the solar magnetized atmosphere (related to III topic mentioned above).

3. 연구시설

경희천문대

경희대학교 천문대는 1992년 10월 동형 건물의 완공과 76 cm 반사망원경의 설치를 기점으로 개관하여 1995년 9월 민영기 교수가 초대 천문대장으로 부임하였다. 1999년 1월에 김상준 교수가 제2대 천문대장으로 부임한 후, 2001년 3월에 인공위성 추적 관측을 위한 관측소를 설치하였다. 2003년 2월에 장민환 교수가 제3대 천문대장으로 부임하였고, 2010년 3월부터는 박수중 교수가 제4대 천문대장직을 수행하였다. 2012년 3월에 진호 교수가 제5대 천문대장직에 부임한 후, 2013년 10월에 공식 명칭을 ‘우주과학교육관’에서 ‘경희대학교 천문대’로 변경하였고, 새롭게 홈페이지를 개선하였다. 2017년 3월부터 김관혁 교수가 제7대 천문대장직을 수행하였고, 2020년 1월부터 이정은 교수가 제8대 천문대장직을 수행하였다. 2021년 3월부터 현재 선종호 교수가 제9대 천문대장직을 수행하고 있다. 경희대학교 천문대는 연구 및 교육 활동 외에 천문우주과학 대중화 사업을 적극적으로 진행해 오고 있다.

본 천문대는 2009년에 리모텔링 공사를 통하여 각종 연구시설을 정비하였고, 76 cm 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 천체관측지원을 위하여 주망원경 돔을 보수하였다.

본 천문대는 다양한 체험학습 프로그램과 과학문화 대중화를 위한, 천문 및 우주과학을 주제로 하는 교육프로그램을 상시 진행하고 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.

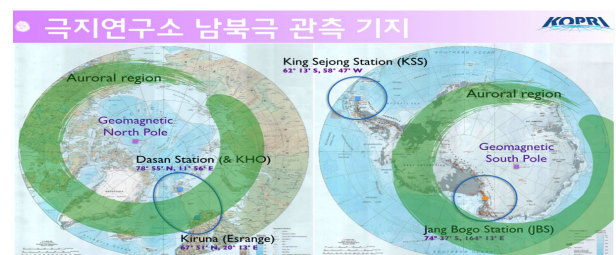
다. 1987년, 한국해양연구원(현 한국해양과학기술원(KIOST))의 한 연구실에서 시작된 극지연구소는 2004년 부설화 이후 질적/양적으로 비약적인 성장을 이루어 왔다. 1988년 남극 세종과학기지, 2002년 북극 다산과학기지, 2009년 쇄빙연구선 아라온, 2013년 인천 송도 독립청사 준공, 2014년 남극 장보고과학기지 준공 등 지속적인 극지 인프라 구축이 진행되어 왔고, 앞으로도 제2 쇄빙연구선 건조, 남극 내륙기지 건설과 같은 다양한 극지 연구 시설 확보를 계획하고 있다. 극지연구소 우주환경 연구그룹은 국내외 대학 및 연구기관과 공동협력을 통해, 남북극 기지에서 주로 지상 관측 장비를 이용하여 고층대기 중간권 및 열권 하부, 전리권, 열권 등의 영역을 관측하고 있으며, 특히 남극 장보고 과학기지에서 지상 자력계를 통한 자기권 관측, 중성자 모니터에 의한 우주선/고에너지 입자 관측, 오로라 전천카메라에 의한 오로라 모니터링을 통해 오로라 관련 연구가 본격적으로 시작되었다.

극지연구소 우주환경 연구그룹의 주요 연구주제는 크게 두 가지로 요약할 수 있다. 첫 번째는, 남극 세종과학기지에서의 지상관측과 전 지구 수치모델을 통한 대기 중력과 관련 연구이다. 남극 세종과학기지는 대기 중력과 활동이 매우 활발한 지역에 위치하고 있어 극지연구소에서는 대기 중력과 관측을 위한 종합적인 지상관측 시스템 구축을 추진하고 있다. 두 번째는, 남극 장보고과학기지에서의 지상관측을 중심으로 북극 스웨덴 키루나와 노르웨이 스텔바드 지역 다산기지에서의 지상관측을 통한 오로라 및 우주환경 변화 연구이다. 특히, 향후 남극내륙진출로 확보(K-route) 사업과 연계하여 장보고기지-내륙기지 간 오로라 관측네트워크 구축을 통해 더욱 확대하여 국제적으로 경쟁력 있는 남반구 오로라 관측 연구를 수행할 예정이다. 이와 같은 연구를 위해서 국내에서는 충남대학교, 경희대학교, 전남대학교, 연세대학교, 한국천문연구원 등과 활발한 공동연구를 수행하고 있으며, 국외에서는 미국 NCAR/HAO, University of Colorado(Boulder), Utah State University, 뉴저지 공과대학(NJIT), NASA/GSFC, 일본 극지연구소(NIPR), 중국 극지연구소(PRIC), 유럽 전리권 레이더 연합(EISCAT) 등 다양한 기관과 관측기기 운영 및 자료 분석 연구를 위해 공동연구를 수행하고 있다. 또한 국내외의 공동연구기관과의 협력과 함께 SCAR/GRAPE, ANGWIN 등 국제공동 관측네트워크의 적극적 참여를 통해 극지연구소 지상관측자료 공동활용을 보다 활성화하여 극지 고층대기/우주환경 연구 역량 제고에 힘쓰고 있다. (극지연구소 관련 연구사업: 오로라 발생과 극지 고층대기 교란 및 기후변동성과의 상관관계 규명 - PE20100).

1. 연구시설

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 있



남극 세종과학기지는 1988년 준공과 함께 제1차 월동대를 시작으로 현재 제32차 월동연구대(2020년 기준)가 기지를 운영하고 있으며, 남극 해양, 생물, 대기 등 다양한 분야의 연구활동이 수행되고 있다. 세종기지에서의 우주환경 연구는 고층대기 중간권 및 열권에 대한 관측을 중심으로 수행되고 있으며, 이를 위해 전천카메라(All Sky Camera: ASC), 유성레이다(Meteor Radar: MR), GPS/Scintillation 모니터, 페브리-페로 간섭계(FPI) 등을 운영하고 있다. 2002년부터 2017년까지 운영되며, 중간권계면 주변(약 87~94 km) OH와 O₂에서 방출되는 대기광을 관측하여 야간 중성대기 온도 모니터링을 수행했던 대기광 분광계 관측에 이어 2021년에는 이 관측을 대체하기 위한 2-D 중간권 온도 관측기(Mesospheric Temperature Mapper: MTM)를 설치하여 관측의 연속성을 확보할 계획이다. 중간권 온도에 대한 장기간의 관측 자료를 바탕으로 MLT 지역의 온도 특성 연구뿐만 아니라, 고층대기에서의 조석과, 대기 중력과 등의 연구에도 활용되고 있다. 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. 광학관측기와 함께 운영되고 있는 유성레이다는 2007년 2월 충남대학교 김용하 회원 연구그룹이 세종기지에 설치한 관측기로서 극지연구소 우주환경연구그룹과 함께 공동으로 운영되고 있다. 야간에 맑은 날씨에서만 관측이 가능한 광학장비와는 달리 유성레이다는 하루 24시간, 기상조건에 관계없이 관측이 가능한 장비로서, 약 70~110 km 고도에서 발생하는 유성흔 관측을 통해 이 고도에서의 중성대기 바람 및 온도를 상시 모니터링하고 있다. 또한 2015년에는 GPS Scintillation모니터를 설치하여 전리권 전자밀도 불균일성 관측이 시작되었다. 남극 세종과학기지에서는 이와 같은 관측장비를 이용하여 고층대기 중간권 및 열권 하부에서의 조석과 및 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. 2017년 2월에는 미국 NCAR/HAO 소속의 Dr. Qian Wu와 공동으로 팔머 기지(Palmer Station)에서 운영하던 페브리 페로 간섭계를 세종기지로 이전 설치하여 중성대기 관측을 열권까지 확대했다. 따라서 기존 유성레이다 관측과 함께 중성대기 바람 및 온도를 중간권에서 열권까지 모니터링할 수 있는 관측시스템을 갖추게 된 것이다. 그리고 2019년 2월에는 경희대 우주과학과 김관혁 회원 연구팀과 공동으로 Search-Coil 자력계를 설치하여 운영을 시작했다.

2014년 2월 준공한 장보고과학기지는 세종기지 위치에서 거의 남극대륙 정 반대편에 있으며, 자남극에 인접해 있기 때문에 오로라대(Aurora oval) 및 극관(Polar cap) 지역 우주환경 연구에 적합하다. 이 영역에 있는 플라즈마나 중성입자들은 태양풍-자기권-전리권 상호작용 에너지에 의해서 열역학적, 전자기적으로 매우

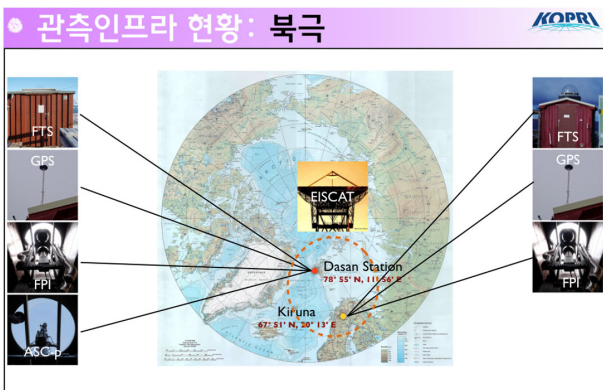
활발한 운동을 하고 있기 때문에, 우주환경 상시 모니터링 시스템 구축을 통해 지자기 폭풍이나 오로라 폭풍 등 우주환경 변화에 의해 극지 고층대기에서 발생하는 다양한 물리적 현상들의 연구가 가능하다. 이를 위한 첫 단계로, 2014년 2월에 장보고 기지의 준공과 함께 페브리 페로 간섭계(Fabry-Perot Interferometer: FPI)를 설치하여 중간권 및 열권에서의 중성대기 바람과 온도 관측을 수행하고 있으며, 2014/2015 하계 기간에는 극지 전리권의 전자밀도 분포(electron density profile) 및 이온바람(ion 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 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, 2018년 2월부터 오로라 이미지를 지속적으로 확보하기 위한 전천카메라를 설치하여 운영하고 있다. 이 오로라 관측으로 극지연구소에서는 동시에 운영되고 있는 다양한 우주환경 관측과 함께 오로라 연구를 본격적으로 수행할 수 있는 기반을 갖추게 되었다. 또한 남극 자극점 주변에 설립될 예정인 내륙기지를 활용하여 장보기지-내륙기지 간 오로라 관측네트워크를 구축하여 오로라 연구를 확대해 나갈 예정이다.

북극에서는 노르웨이 스텔바드 군도의 니알슨에 있는 다산과학기지와 스웨덴 키루나에서 2002년부터 적외선 간섭계(Michelson Interferometer)를 운영하고 있는데, 남극세종기지에서 운영 중이던 SATI와 유사한 성격의 광학 관측장비로서 중간권계면 주변 지역의 중성대기 온도 관측을 수행하고 있다. 그러나 다산과학기지의 적외선 간섭계도 노후화로 인해 2017년 말에 관측을 종료하였다. 2015년과 2016년도에는 다산기지와 스웨덴 키루나에 각각 페브리 페로 간섭계(FPI)와 GPS Scintillation 모니터를 설치하여 극지 전리권-열권 관측 시스템을 구축하였으며, 이 관측은 한국천문연구원과 공동으로 참여하고 있는 북극지역 전리권 레이더 시스템(European Incoherent Scatter Scientific Association: EISCAT)의 관측과 함께 북극권에서의 전리권 및 전리권-열권 상호작용 연구에 활용되고 있다.

2. 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 각 남극 기지에 상주하면서 고층대기/우

주환경 관측기기의 운영 및 관리, 관측자료 기초 분석 등의 업무를 수행하게 된다. 매년 상반기에 극지연구소 홈페이지(<http://www.kopri.re.kr>)를 통해 모집 공고 확인이 가능하며, 우주과학관련 학사학위 소지자부터 지원이 가능하다. 월동연구원에 관심이 있는 회원들은 극지연구소 지진화 회원(ghjee@kopri.re.kr)에게 문의하면 월동연구원의 업무, 자격, 연봉 등에 대한 상세한 관련 정보를 얻을 수 있다.



서울대학교 물리·천문학부 천문학 전공

1. 인적사항

서울대학교 물리·천문학부 천문학전공에서는 구분철, 이형목, 이명균, 박용선, 채종철, 임명신, 김웅태, 이정훈, 우종학, Masateru Ishiguro, 윤성철, Sascha Trippe 등 12명의 교수가 교육과 연구를 담당하고 있다. 천문전공 주임은 작년에 이어 이정훈 교수가 맡고 있다. 임명신 교수는 2월에 창의연구 초기우주천체연구단 단장직을 마치고, 2020년 9월부터 서울대학교 천문우주연구센터 센터장을 맡게 되었으며, '2020학년도 서울대학교 학술연구교육상'을 수상하여 특별강연을 개최하였다. 윤성철 교수는 BK21 운영위원을 계속해서 맡고 있으며, 2020년 6월부터 2년간 자연과학대학 기획부학장 보직을 맡게 되었다.

이형목 교수는 한국천문연구원 원장으로 선임되어 계속해서 고용직 중이며, 2020년 2학기에는 채종철, 우종학 교수가 연구년을 보냈다.

이성국 박사와 장서원 박사가 연구교수로 임용되었으며, 박사 후 연구원으로는 천상현, Shu Wang, 이경선 박사가 신규임용되었다.

조세형 박사는 2019년 3월에 객원교수로 부임한 이후 계속해서 전파 관측 연구에 참여하고 있으며, Maria Madjarska 박사는 Brian pool 프로그램을 마치고 본국으로 돌아갔다.

2020년도에는 석박통합과정 3명, 학부과정 11명이 입학하였고, 박사 1명, 석사 3명, 학사 3명을 배출하였다. 학위를 받은 학생은 아래와 같다.

《 2020년 2월 학위 취득 》

■ 석사

조완진(지도교수: 우종학) Variability characteristics of high-luminosity AGNs based on the Seoul National University AGN Monitoring Project

■ 학사

유수호(지도교수: 김웅태)

《 2020년 8월 학위 취득 》

■ 박사

권유나(지도교수: Masateru Ishiguro) Optical and Near-Infrared Spectro-Polarimetry of Primordial Small Bodies: A Window to the Evolutionary Histories of Our Solar System

■ 석사

김동국(지도교수: 박용선) 천상열차분야지도에 실린 별들의 동정 및 분석

문재연(지도교수: 이명균) Star Formation Activity of Galaxies Undergoing Ram Pressure Stripping in the Virgo Cluster

■ 학사

김기민(채종철), 이승주(이정훈)

2. 학술 및 연구 활동

구분철 회원은 공동 연구자 및 지도학생들과 함께 초신성 및 초신성 잔해, 질량이 큰 항성의 최종 진화, 우리 은하의 구조 등에 관한 연구를 수행하고 있다.

이명균 회원은 장인성 회원, Freedman(University of Chicago) 등의 공동연구자와 함께 TRGB/SN Ia를 이용하여 허블상수값을 측정하는 연구를 수행했다. 고유경 회원 등의 공동연구자와 함께 병합잔해가 보이는 M85은하에 대하여 MMT/Hectospec 분광탐

사를 이용한 구상성단계 연구를 수행했다. 강지수, 김유정, 장인성 회원과 함께 나선은하 M64의 HST 영상자료를 이용해 항성종족의 특성을 조사하고, 제3형 원반의 기원을 밝히는 연구를 수행했다. 김은중, 양유진 회원, Zabludoff(University of Arizona) 등의 공동연구자와 함께 LABd05의 MMT/SPOL 편광 관측을 통해 라이만알파성운의 기원을 조사하는 연구를 수행했다. 이정환, 강지수, 장인성 회원과 함께 HST Frontier Field 관측 자료를 분석하여 무거운 은하단 아벨 370에 있는 Ultradi diffuse Galaxies (UDG)를 탐사하고 UDG의 기원을 밝히는 연구를 수행했다. 서강일, 손주비 회원과 함께 SDSS 분광 자료를 분석하여 고립된 은하를 찾고, 이 은하들의 중심속도분산과 위성은하역학을 이용하여 암흑물질헤일로를 추적하는 연구를 수행했다. 김유정, 강지수, 장인성 회원과 함께 처녀자리은하단과 우리 은하 사이에 있는 은하들의 운동을 이용하여 허블상수를 측정하는 연구를 수행했다. 문재연, 황호성, 정애리, 윤희인, 이종철 회원 등의 공동연구자와 함께 처녀자리은하단에서 층차압에 의해 기체를 잃어버리는 은하들의 별생성활동을 연구했다.

박용선 회원은 서울전파천문대 6미터 전파망원경을 이용하여 두 번째 230 GHz 대역 국제 공동 VLBI 관측에 참여하였다. 그러나 프린지를 검출하는데는 실패하였다. 감도를 높이고 주파수의 안정성을 확보하기 위해 수신기의 주요 부품을 교체하였고, 수소시계를 포함하는 주파수원들의 위상잡음을 측정하였다. 또한 덩어리진 분자운에서의 복사전달 문제를 3차원 공간에서 풀지 않고 1차원 공간에서 간편하게 푸는 방법을 개발하여 미시난류나 거시난류가 있는 분자운에 적용할 수 있도록 하였다. 분자운에서 나오는 암모니아 초미세선들을 분석하여 분자운들의 물리조건을 밝히는 연구를 수행하고 있다.

채종철 회원이 이끄는 태양천문학 그룹에는 2020년 9월 말 기준으로 채종철 교수, Maria Madjarska 박사, 이경선 박사, 조규현 박사와 박사과정 곽한나 학생, 석사과정 김다나 학생, 강수상 학생이 있다. 채종철 회원은 2020년 9월부터 6개월간 연구 학기를 보냈다. 복사전달모형을 적용하여 강한 흡수선에서 광구 및 채층의 물리 인수들을 결정하는 다층분광역치 모형(multilayer spectral inversion model)을 개발하였고, 이를 활용해서 태양 흑점 지역의 자기유체 알렌과 검출에 도전하고 있다. Brain pool 초빙과학자인 Madjarska 박사는 태양 코로나명점(coronal bright point)의 채층 현상을 연구하였고, 2020년 9월 말 연구 기간 종료로 본국(독일)으로 귀환했다. 기초과학원 선임연구원인 이경선 박사는 2020년 9월부터 근무하고 있으며, 딥러닝 기계 학습법을 활용한 플레어 스펙트럼 분류 기법 및 고속 분광역치(fast spectra inversion) 기법을 개발하고 있다. 연수 연구원 조규현 박사는 연구재단의 지원을 받아, 3분 진동의 진원 위치를 활용한 흑점의 하루 구조 연구를 수행하고 있다. 2020년 12월에 박사과정 곽한나 학생과 석사과정 김다나 학생은 각각 학위 논문 발표를 하였고, 심사과정을 성공적으로 통과했다. 그룹에 속한 이겨레 학생은 2019년 11월부터 현역으로 근무 중이며, 강주형 회원은 2019년 9월부터 한국천문

연구원에서 병역대체 전문연구원으로 근무 중이다.

임명신 회원은 퀘이사, 원시은하단, 타원은하, 중력과천체, 감마선 폭발, 초신성 등 다양한 주제에 관한 연구를 수행하였다. 연구단에서 수행 중인 Infrared Medium-deep Survey 자료를 바탕으로 김용정, 신수현 회원과 함께 초기우주 퀘이사 후보들에 대한 선별 및 분광관측 확인 연구를 진행하여 어두운 초기우주 퀘이사를 다수 발견하였고, 적색이동 5에 위치한 퀘이사의 광도함수를 확립하였다. 또한 김도형, 김민진 회원과 붉은 은하 중심부의 Gemini GMOS-IFU 관측을 수행하여 250pc 정도로 매우 근접한 쌍 AGN이 있다는 가능성을 제시하였으며, 이 연구결과는 미국 국립천문대 NOIRLab Mirror지 2021년도 1월지에 Gemini 망원경의 주요 연구결과로 소개되었다. 그리고 탁윤찬 회원과 함께 미래 서베이에서 발견될 퀘이사 및 은하 중력렌즈 시스템의 수에 대한 예측치를 구하여 렌즈통계로부터 은하-블랙홀 공진화 가정을 이해할 수 있음을 보이고 연구결과를 Astrophysical Journal지에 발표하였다. 윤용민 회원과는 은하단과 은하단 사이의 상호작용, 은하 막대구조 형성, 그리고 별형성 사이의 연관성에 대하여 연구하여, 결과를 Astrophysical Journal에 출판하였다. 황성용 회원과 고에너지 뉴트리노 발생원인 TXS 0506+056이라는 블레이자 천체를 중대역 필터로 관측하였고, TXS 0506+056의 스펙트럼 변광 특성이 기존에 알려진 BL Lac이 아닌 Flat Spectrum Radio Quasar(FSRQ)에 가깝다는 사실을 알아냈다. 또한, 현민희 회원과 함께 JWST Time-Domain Field에 대한 JCMT submm 관측을 수행하여, 이 field에 있는 submm source 약 100개를 선제적으로 발견하였으며, 이성국, 현민희, 백인수, 김재우, 박보미 회원과 함께 IMS 은하단 분광관측 연구를 수행하고 있다. 김준호, 정만근, 박보미 회원과 함께 KMTNet Synoptic Survey of Southern Sky(KS4)라고 하는 새로운 광시야 탐사관측을 시작하기도 하여, 현재 이 탐사관측 자료에 대한 분석을 진행 중이다. 또한, 최창수 회원, 임구 회원, 김소피아 회원, 백승학 회원, 정만근 회원 등과 함께 이상각 망원경의 SNUCAM-II, 미국의 0.8-m 망원경, 레몬산 1-m 망원경, 우리나라 소백산 천문대 0.6-m 망원경, 덕흥천문대 1-m 망원경, 우즈베키스탄 1.5-m 망원경, 칠레 참눈 망원경, RASA36 망원경 등을 이용하여 가까운 은하의 monitoring 관측 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, 2020년도에도 monitoring 대상 60개 은하 중 여러 개의 은하에서 초신성 폭발이 발생하였다. 현재 이 사건 자료에 대한 분석 연구를 진행 중이다. 임명신 회원은 최창수, 임구, 김준호, 김소피아, 황성용, 백승학, 정만근 회원 등과 함께 중력과 천체 후속 관측을 위한 관측을 LIGO O3 run 동안 수행한 연구 결과를 논문화하는 작업을 하였다. 김용기, 윤요나, 박수중, 강원석, 김태우, 이희원, 심현진, 성현일, 이충욱 회원 등과 함께 소형망원경 네트워크 사업을 시작하여 우리나라 소형망원경을 활용한 관측연구를 수행 중이다. 임명신 회원은 2020년 동안 한국천문학회 광학천문분과 위원장, 한국천문올림피아드 위원, 한

국천문학회 이사, K-GMT 과학기기자문위원회 위원, 서울대학교 천문학과 시설위원회 위원장으로 활동하였으며, 2020년 하반기에는 서울대학교 학술연구교육상을 수상하였다. 그리고 2020년 9월 11일부터 새로 발족한 서울대학교 천문우주연구센터(SNU Astronomy Research Center)를 센터장으로 이끌고 있다.

김웅태 회원은 은하 원반과 행성 원반의 역학적 진화에 관한 연구를 계속하고 있다. 김웅태 회원은 김창구 회원과 Ostriker 교수(Princeton)와 함께 은하 별형성률에 대한 나선팔의 영향과 나선팔 돌기에 대한 별형성 되먹임의 영향을 연구하였으며, 별형성 관련 여러 물리량 사이에 성립하는 관계식이 관측 분해능에 따라 어떻게 달라지는지 연구하고 있다. 문상혁 회원(석박사통합과정) 등과 함께 은하 중심부에 존재하는 핵고리(nuclear ring)에서 일어나는 별형성률과 질량유입률의 관계를 연구하였다. Hsieh 박사(Joint ALMA Observatory) 등과 함께 우리은하 핵주변원반(circumnuclear disk)을 구성하는 암흑 성운의 물리량을 측정하였으며, 한정호 회원 등과 함께 미세중력렌즈를 이용하여 행성의 물리량을 탐사하였다. 김웅태 회원은 현재 문상혁 회원과 함께 자기장이 핵고리에서 발생하는 별형성률에 미치는 영향에 대해, 윤한결 회원(석박사통합과정)과 함께 원시행성원반에서 복사확산이 부력공명불안정에 미치는 영향에 대해, 엄동녕 회원(석박사통합과정)과 함께 복사압이 깊은 별을 향한 질량 유착에 미치는 영향에 대해, 이가인 회원(석사과정)과 함께 원시행성원반의 중력불안정에 대해, 장다정 회원(석박사통합과정)과 함께 헤일로 회전이 은하 막대 형성에 미치는 영향에 대해 연구하고 있다.

이정훈 회원은 2020년 총 세 편의 교신저자 논문과 두 편의 제 1저자 논문을 천체물리저널과 천체물리저널레터에 발표하였다. 이 논문들의 주요 결과는 중성미자의 질량이 은하 스핀 전이 질량에 미치는 영향력 규명, 은하 스핀 전이 질량을 결정하는 새로운 알고리즘 개발, 은하 스핀 전이 질량을 측정하여 암흑에너지 상태방정식을 제한하는 새로운 방법 고안, 독립질량함수 계수를 이용하여 중력 검증 방법 개발이다.

우종학 회원은 3명의 박사후 연구원들 및 석박사 학생들과 함께 (1) 다수의 광학 관측시설을 사용하여 측광 분광 관측하는 SNU AGN Monitoring Project를 6년째 진행하고 있으며, 2021년 중반에 끝나는 모니터링 데이터를 바탕으로 주요 결과들을 도출하고 발표해 왔다. (2) AGN의 가스분출 연구로 은하의 별생성과 AGN feedback을 연구하는 장기 연구를 마무리하고 블랙홀의 feeding과 중간질량 블랙홀 탐사 등을 포함한 5년 장기연구를 시작하였다.

윤성철 회원은 초신성 모체성의 성질 및 진화, 초신성의 광도 곡선 및 스펙트럼 모델, 중원소 함량이 낮은 별의 고분산 관측 연구 등을 진행하고 있다. 진하림 회원은 Type Ic 초신성의 광도 곡선에 주변 circumstellar matter가 미치는 영향, 그리고 Type Ib 초신성과 Ic 초신성의 색지수 비교 연구에 관한 논문을 제출하

고 석사학위를 마쳤다. 정무건 회원은 Ib/Ic형 초신성 모체성인 헬륨층 혹은 볼프레이에 별들의 non-LTE 대기 모형을 통해 초신성 모체성의 후보로 지목되는 타겟들과 비교하였고, 기존의 관측에서 발견되지 못한 Ib/Ic형 초신성 모체성에 관한 제한 조건을 논의하는 연구를 완결하였다. 정용제 회원은 항성진화 모델을 이용해 III형 초신성 모체성의 모델 그리드 구성을 완성하였고, III형 초신성 모체성의 다양성 및, 표면의 물리적, 화학적 성질에 따른 내부 구조의 변화를 조직적으로 분석하는 연구를 계속 진행 중이다. 박성현 회원은 III형 초신성의 초기 광도곡선의 모습에 수소 재결합이 미치는 영향을 살피는 연구를 수행하였다. 이현철 회원은 무거운 별의 쌍성계 진화 연구를 진행 중이며, 그 중에서도 특히 Case A system 진화가 예측하는 초신성 모체성의 다양성을 탐색하고 있다. 특히 쌍성계에서 발생하는 '진화 역전' 현상이 만들어낼 수 있는 특이 형태 초신성의 가능성을 살펴보고 있다. 장혜은 회원은 GEMINI로 관측한 마그네슘 함량이 높은 별들의 분광 관측 결과를 이론적 모델의 예측과 비교하는 연구를 수행 중이다. 새롭게 합류한 천상현 회원은 고분산 관측을 통한 적색초거성의 표면 온도 추정 연구를 수행하여 왔다.

Masateru Ishgiuro 회원의 연구팀은 태양계의 기원과 진화를 조사하기 위해 현존하는 태양계 원시 천체를 연구해 왔다. 특히 2020년도에는 보현산 천문대에서 소행성 Ryugu의 편광관측을 실시하였다. 이 관측 프로젝트를 위해 우리는 보현산 천문대의 많은 지원을 받아 TRIPOL를 개량하였으며, 이를 1.8 m 망원경에 부착하여 관측을 진행하였다. 그 결과, 소행성 Ryugu의 반사광은 50% 이상의 선형 편광을 보이는 것이 밝혀졌다. 이로부터 이 소행성 표면은 큰 입자로 덮여 있을 것으로 추측하였다(Kuroda, Geem, et al. 2021). 이 관측 결과는 탐사선에 의한 원격 탐사 관측과 하야부사 2 탐사선의 샘플 입자 크기와의 일관성을 보인다. 이 관측 프로젝트 실현을 위해 진선호(Sunho Jin) 회원이 중심이 되어 장치 설계와 제작을 하고, 김주연(Jooyeon Geem) 회원과 박윤수(Yoonsoo P. Bach) 회원이 함께 데이터 해석 파이프라인을 구축하는 등, 대학원생의 자발적이고 적극적인 활동이 눈에 띄었다. 그 밖에도 니시하라마 천문대 2 m 망원경을 이용해 소행성 Vesta와 Ceres의 근적외선 편광 관측과 Subaru 망원경을 이용한 4~5 μm 파장대에서 원시적인 소행성의 분광 관측, Atlas 혜성의 가시-근적외 동시 편광 관측을 실시하였다. 또한, 조항빈(Hangbin Jo) 회원이 중심이 되어 근태양 소행성의 붕괴 현상과 먼지 방출에 관한 이론적 연구를 진행 중이다. 그동안 혜성 먼지의 편광 연구를 수행했던 본 연구팀의 권유나(Yuan Kwon) 회원이 박사학위를 취득했다.

Prof. Trippe's group at Seoul National University studies the properties of the relativistic jets of active galactic nuclei, especially blazars, to understand the physical mechanisms of the ejection, collimation, and propagation of the jet plasma. The group currently comprises five graduate students. They perform radio astronomical observations using data from various radio

telescopes and interferometers, including KVN, KaVA, VLBA, and ALMA. The group is part of the East Asia VLBI Network and Event Horizon Telescope collaborations, and part of the BK21+ program. Key results in 2020 were:

- We performed VLBI test observations at 230 GHz with an array of three antennas: the SNU Radio Astronomy Observatory (SRAO), the Greenland Telescope (GLT), and the JCMT on Hawaii as the core of the high-frequency East Asian VLBI Network (EAVN-hi). The analysis found fringes for the GLT-JCMT baseline, corresponding to an angular resolution of 37 micro-arcsec, which demonstrates the power of high-frequency VLBI.

- We studied the "radio-gamma connection" in the jet of the blazar 3C 273 using radio data from ALMA and VLBA and gamma-ray data from the Fermi space telescope. We find that the radio emission lags the gamma radiation by about 110 days; furthermore, we see an indication for a propagating disturbance and a polarized knot between the stationary components at about the times of two gamma-ray outbursts. Our results support a parsec-scale origin for the observed higher gamma-ray activity, which suggests that this is associated with standing shocks in the jet.

- Optical intensity interferometry, developed in the 1950s, is a simple and inexpensive method for achieving angular resolutions on microarcsecond scales. We constructed a prototype astronomical intensity interferometer in the laboratory using two avalanche photodiodes (APDs) observing an artificial star in continuous ("linear") detection mode with an electronic bandwidth of 100 MHz. We find a photon-photon correlation of about 1 ppm, as expected from the ratio of the coherence times of the light source and the detectors. In a configuration where both detectors are on the optical axis (zero baseline), we achieve a signal-to-noise ratio of ~ 2700 after 10 min of integration. When measuring the correlation as a function of baseline, we find a Gaussian correlation profile with a standard deviation corresponding to an angular half-width of the artificial star of 0.55 arcsec, in agreement with the estimate by the manufacturer. Our results demonstrate the possibility to construct large astronomical intensity interferometers using linear-mode APDs.

3. 발표논문

Abbott, B. P.; Abbott, R.; Abbott, T. D.; Lee, Hyung Mok

and 1190 coauthors, 2020, "Model comparison from LIGO-Virgo data on GW170817's binary components and consequences for the merger remnant", *Classical and Quantum Gravity*, vol. 37, Issue 4.

Abbott, B. P.; Abbott, R.; Abbott, T. D.; Lee, Hyung Mok and 1318 coauthors, 2020, "Prospects for observing and localizing gravitational-wave transients with Advanced LIGO, Advanced Virgo and KAGRA", *Living Reviews in Relativity*, vol. 23, Issue 1.

Abbott, B. P.; Abbott, R.; Abbott, T. D.; Lee Hyung Mok and 1135 coauthors, 2020, "A guide to LIGO-Virgo detector noise and extraction of transient gravitational-wave signals", *Classical and Quantum Gravity*, vol. 37, Issue 5.

Abbott, B. P.; Abbott, R.; Abbott, T. D.; Lee Hyung Mok and 1196 coauthors, 2020, "GW190425: Observation of a Compact Binary Coalescence with Total Mass similar to 3.4 M_{\odot} ", *The Astrophysical Journal Letters*, vol. 892, Issue 1.

Abbott, R.; Abbott, T. D.; Abraham, S.; Lee Hyung Mok and 1253 coauthors, 2020, "GW190412: Observation of a binary-black-hole coalescence with asymmetric masses", *Physical Review D*, vol. 102, Issue 4.

Abbott, R.; Abbott, T. D.; Abraham, S.; Lee, Hyung Mok and 1251 coauthors, 2020, "Properties and Astrophysical Implications of the 150 M_{\odot} Binary Black Hole Merger GW190521", *The Astrophysical Journal Letters*, vol. 900, Issue 1.

Abbott, R.; Abbott, T. D.; Abraham, S.; Lee, Hyung Mok and 1253 coauthors, 2020, "GW190814: Gravitational Waves from the Coalescence of a 23 Solar Mass Black Hole with a 2.6 Solar Mass Compact Object", *The Astrophysical Journal Letters*, vol. 896, Issue 2.

Abbott, R.; Abbott, T. D.; Abraham, S.; Lee, Hyung Mok and 1253 coauthors, 2020, "GW190521: A Binary Black Hole Merger with a Total Mass of 150 M_{\odot} ", *Physical Review Letters*, vol. 125, Issue 10.

Abbott, R.; Abbott, T. D.; Abraham, S.; Lee, Hyung Mok and 1335 coauthors, 2020, "Gravitational-wave Constraints on the Equatorial Ellipticity of Millisecond Pulsars", *The Astrophysical Journal Letters*, vol. 902, Issue 1.

Akutsu, T.; Ando, M.; Arai, K.; Lee Hyung Mok and 247 coauthors, 2020, "Application of independent component analysis to the iKAGRA data", *Progress of Theoretical and Experimental Physics*, vol. 2020, Issue 5.

Akutsu, T.; Ando, M.; Araya, A.; Lee, Hyung Mok and 147 coauthors, 2020, "The status of KAGRA underground cryogenic gravitational wave telescope", *Journal of*

- Physics: Conference Series, vol. 1342, Issue 1.
- Bae, Yeong-Bok; Lee, Hyung Mok; Kang, Gungwon, 2020, "Gravitational-wave Capture in Spinning Black Hole Encounters", *The Astrophysical Journal*, vol. 900, Issue 2.
- Broderick, Avery E.; Gold, Roman; Karami, Mansour; Sascha Trippe and 191 coauthors, 2020, "THEMIS: A Parameter Estimation Framework for the Event Horizon Telescope", *The Astrophysical Journal*, vol. 897, Issue 2.
- Chae, Jongchul; Madjarska, Maria S.; Kwak, Hannah; Cho, Kyuhyouon, 2020, "Inference of chromospheric plasma parameters on the Sun: Multilayer spectral inversion of strong absorption lines", *Astronomy & Astrophysics*, vol. 640.
- Cho, Hojin; Woo, Jong-Hak; Hodges-Kluck, Edmund; Son, Donghoon; Shin, Jaejin; and 26 coauthors, 2020, "Variability and the Size-Luminosity Relation of the Intermediate-mass AGN in NGC 4395", *The Astrophysical Journal*, vol. 892.
- Cho, Kyuhyouon; Chae, Jongchul, 2020, "Source Depth of Three-minute Umbral Oscillations", *The Astrophysical Journal*, vol. 892, Issue 2.
- Cho, Kyuhyouon; Chae, Jongchul, 2020, "Source Depth of Three-minute Umbral Oscillations", *The Astrophysical Journal Letters*, vol. 892, Issue 2.
- Dessart, Luc; Yoon, Sung-Chul; Aguilera-Dena, David R.; Langer, Norbert, 2020, "Supernovae Ib and Ic from the explosion of helium stars", *Astronomy & Astrophysics*, vol. 642.
- Freedman, Wendy L.; Madore, Barry F.; Hoyt, Taylor; Jang, In Sung; Beaton, Rachael; Lee, Myung Gyoon; Monson, Andrew; Neeley, Jill; Rich, Jeffrey, 2020, "Calibration of the Tip of the Red Giant Branch", *The Astrophysical Journal*, vol. 891, Issue 1.
- Gangil Seo; Jubee Sohn and Myung Gyoon Lee, 2020, "Tracing Dark Matter Halos with Satellite Kinematics and the Central Stellar Velocity Dispersion of Galaxies", *The Astrophysical Journal*, vol. 903, Issue 2.
- Gold, Roman; Broderick, Avery E.; Younsi, Ziri; Sascha Trippe and 205 coauthors, 2020, "Verification of Radiative Transfer Schemes for the EHT", *The Astrophysical Journal*, vol. 897, Issue 2.
- Hamburg, R.; Fletcher, C.; Burns, E.; Lee Hyung Mok and 1261 coauthors, 2020, "A Joint Fermi-GBM and LIGO/Virgo Analysis of Compact Binary Mergers from the First and Second Gravitational-wave Observing Runs", *The Astrophysical Journal*, vol. 893, Issue 2.
- Han, Cheongho; Kim, Doeon; Jung, Youn Kil; Kim Woong-Tae and 49 coauthors, 2020, "One Planet or Two Planets? The Ultra-sensitive Extreme-magnification Microlensing Event KMT-2019-BLG-1953", *The Astronomical Journal*, vol. 160, Issue 1.
- Han, Cheongho; Udalsk, Andrzej; Gould, Andrew; Kim, Woong-Tae and 29 coauthors, 2020, "OGLE-2016-BLG-1227L: A Wide-separation Planet from a Very Short-timescale Microlensing Event", *The Astronomical Journal*, vol. 159, Issue 3.
- Jacobson-Galán, Wynn V.; Margutti, Raffaella; Kilpatrick, Charles D.; Hiramatsu, Daichi; Perets, Hagai; Khatami, David; Foley, Ryan J.; Raymond, John; Yoon, Sung-Chul and 55 coauthors, 2020, "SN 2019ehk: A Double-peaked Ca-rich Transient with Luminous X-Ray Emission and Shock-ionized Spectral Features", *The Astrophysical Journal*, vol. 898, Issue 2.
- Kang, Jisu; Kim, Yoo Jung; Lee, Myung Gyoon; Jang, In Sung, 2020, "A New Metal-poor Globular Cluster and Resolved Stars in the Outer Disk of the Black Eye Galaxy M64: Implication for the Origin of the Type III Disk Break", *The Astrophysical Journal*, vol. 897, Issue 1.
- Kim, Dae-Won; Trippe, Sascha; Kravchenko, Evgeniya V., 2020, "Investigating the connection between gamma-ray activity and the relativistic jet in 3C 273 during 2015-2019", *Astronomy & Astrophysics*, vol. 636.
- Kim, Dohyeong; Im, Myungshin; Kim, Minjin; Ho, Luis C., 2020, "Gemini Multi-Object Spectrograph Integral Field Unit Spectroscopy of the Double-peaked Broad Emission Line of a Red Active Galactic Nucleus", *The Astrophysical Journal*, vol. 894, Issue 2, pp. 126~133.
- Kim, Euncheon; Yang, Yujin; Zabludoff, Ann; Smith, Paul; Jannuzi, Buell; Lee, Myung Gyoon; Hwang, Narae; Park, Byeong-Gon, 2020, "What Makes Ly alpha Nebulae Glow? Mapping the Polarization of LABd05", *The Astrophysical Journal*, vol. 894, Issue 1.
- Kim, Jae-Young; Krichbaum, Thomas P.; Broderick, Avery E.; Sascha Trippe and 349 coauthors, 2020, "Event Horizon Telescope imaging of the archetypal blazar 3C 279 at an extreme 20 microarcsecond resolution", *Astronomy & Astrophysics*, vol. 640.
- Kim, Minjin; López, Kristhell M.; Jonker, Peter G.; Ho, Luis C.; Im, Myungshin, 2020, "Stellar properties of the host galaxy of an ultraluminous X-ray source in NGC 5252", *Monthly Notices Of The Royal Astronomical Society*, vol. 493, Issue 1, pp. 76~80.
- Kim, Woong-Tae; Kim, Chang-Goo; Ostriker, Eve C.,

- 2020, "Local Simulations of Spiral Galaxies with the TIGRESS Framework. I. Star Formation and Arm Spurs/Feathers", *The Astrophysical Journal*, vol. 898, Issue 1.
- Kim, Yongjung; Im, Myungshin; Jeon, Yiseul and 27 coauthors, 2020, "The Infrared Medium-deep Survey. VIII. Quasar Luminosity Function at z similar to 5", *The Astrophysical Journal*, vol. 904, Issue 2.
- Ko, Youkyung; Lee, Myung Gyoon; Park, Hong Soo; Sohn, Jubee; Lim, Sungsoon; Hwang, Narae; Park, Byeong-Gon, 2020, "Mysterious Globular Cluster System of the Peculiar Massive Galaxy M85", *The Astrophysical Journal*, vol. 903, Issue 2.
- Koo, Bon-Chul; Kim, Hyun-Jeong; Oh, Heeyoung; Raymond, John C.; Yoon, Sung-Chul; Lee, Yong-Hyun; Jaffe, Daniel T., 2020, "Detection of pristine circumstellar material from the Cassiopeia A supernova progenitor", *Nature Astronomy*, vol. 4, Issue 6, pp. 584 ~589.
- Kwak, Hannah; Chae, Jongchul; Madjarska, Maria S.; Cho, Kyuhyun; Song, Donguk, 2020, "Impulsive wave excitation by rapidly changing granules", *Astronomy & Astrophysics*, vol. 642.
- Lee, Jeong Hwan; Kang, Jisu; Lee, Myung Gyoon; Jang, In Sung, 2020, "The Nature of Ultra-diffuse Galaxies in Distant Massive Galaxy Clusters: A370 in the Hubble Frontier Fields", *The Astrophysical Journal*, vol. 894, Issue 1.
- Lee, Jounghun; Libeskind, Noam I.; Ryu, Suho, 2020, "The Effect of Massive Neutrinos on the Halo Spin Flip Phenomenon", *The Astrophysical Journal Letters*, vol. 898, Issue 1.
- Lee, Jounghun; Libeskind, Noam I., 2020, "The Halo Spin Transition As a Probe of Dark Energy", *The Astrophysical Journal*, vol. 902, Issue 1.
- Lim, Eun-Kyung; Yang, Heesu; Yurchyshyn, Vasyli; Chae, Jongchul; Song, Donguk; Madjarska, Maria S., 2020, "Detection of Opposite Magnetic Polarity in a Light Bridge: Its Emergence and Cancellation in Association with LB Fan-shaped Jets", *The Astrophysical Journal*, vol. 904, Issue 2.
- Okazaki, Ryo; Sekiguchi, Tomohiko; Ishiguro, Masateru; Naito, Hiroyuki; Urakawa, Seitaro; Imai, Masataka; Ono, Tatsuharu; Warner, Brian D.; Watanabe, Makoto, 2020, "Polarimetric and photometric observations of NEAs: (422699) 2000 PD3 and (3200) Phaethon with the 1.6m Pirka telescope", *Planetary and Space Science*, vol. 180.
- Psaltis, Dimitrios; Medeiros, Lia; Christian, Pierre; Trippe, Sascha and 183 coauthors, 2020, "Gravitational Test beyond the First Post-Newtonian Order with the Shadow of the M87 Black Hole", *Physical Review Letters*, vol. 125, Issue 14.
- Roelofs, F.; Janssen, M.; Natarajan, I.; Sascha Trippe and 206 coauthors, 2020, "SYMBA: An end-to-end VLBI synthetic data generation pipeline Simulating Event Horizon Telescope observations of M 87", *Astronomy & Astrophysics*, vol. 636.
- Ryu, Suho; Lee, Jounghun, 2020, "Evolution of the Deterministic Collapse Barrier of the Field Clusters as a Probe of Cosmology", *The Astrophysical Journal*, vol. 889, Issue 1.
- Ryu, Suho; Lee, Jounghun, 2020, "Constraining the Neutrino Mass with the Drifting Coefficient of the Field Cluster Mass Function", *The Astrophysical Journal*, vol. 894, Issue 1.
- Ryu, Suho; Lee, Jounghun; Baldi, Marco, 2020, "Breaking the Dark Degeneracy with the Drifting Coefficient of the Field Cluster Mass Function", *The Astrophysical Journal*, vol. 904, Issue 2.
- Shim, Hyunjin; Kim, Yeonsik; Lee, Dongseob; Lee, Hyung Mok; Im, Myungshin and 25 coauthors, 2020, "NEPSC2, the North Ecliptic Pole SCUBA-2 survey: 850- μ m map and catalogue of 850- μ m-selected sources over 2 deg(2)", *Monthly Notices Of The Royal Astronomical Society*, vol. 498, Issue 4, pp. 5065~5079.
- Shin, Suhyun; Im, Myungshin; Kim, Yongjung and 26 coauthors, 2020, "The Infrared Medium-deep Survey. VII. Faint Quasars at z similar to 5 in the ELAIS-N1 Field", *The Astrophysical Journal*, vol. 893, Issue 1.
- Taak, Yoon Chan; Im, Myungshin, 2020, "High- z Universe Probed via Lensing by QSOs (HULQ). I. Number Estimates of QSO-QSO and QSO-Galaxy Lenses", *The Astrophysical Journal*, vol. 897, Issue 2.
- Tatsumi, E.; Domingue, D.; Schröder, S.; Yokota, Y.; Kuroda, D.; Ishiguro, M.; Hasegawa, S.; and 23 coauthors, 2020, "Global photometric properties of (162173) Ryugu", *Astronomy & Astrophysics*, vol. 639, pp. 19.
- Wielgus, Maciek; Akiyama, Kazunori; Blackburn, Lindy; Sascha Trippe and 216 coauthors, 2020, "Monitoring the Morphology of M87*in 2009-2017 with the Event Horizon Telescope", *The Astrophysical Journal*, vol. 901, Issue 1.
- Williams, P. R.; Pancoast, A.; Treu, T.; Im, Myungshin and 154 coauthors, 2020, "Space Telescope and Optical

Reverberation Mapping Project. XII. Broad-line Region Modeling of NGC 5548”, *The Astrophysical Journal*, vol. 902, Issue 1.

Yang, Haneul; Cho, Se-Hyung; Yun, Youngjoo; Yoon, Dong-Hwan; Kim, Dong-Jin; Kim, Hyosun; Yoon, Sung-Chul; Dodson, Richard; Rioja, Maria J.; Imai, Hiroshi, 2020, “Asymmetric distributions of H₂O and SiO masers towards V627 Cas”, *Monthly Notices Of The Royal Astronomical Society*, vol. 495, Issue 1, pp. 1284 ~1290.

Yoon, Yongmin; Im, Myungshin, 2020, “Star Formation Enhancement in Barred Disk Galaxies in Interacting Galaxy Clusters”, *The Astrophysical Journal*, vol. 893, Issue 2.

역학 연구를 수행하고 있다. 장석준 회원은 초기 우주의 라이먼 알파 방출 천체에서 라이먼 알파선의 복사전달을 한국천문연구원 양유진 박사와 선광일 박사, Arizona 대학의 Zabludoff 교수와 함께 연구하고 있으며, 수소 원자의 정확한 산란단면적 계산을 적용하여 초기 우주의 재이온화 과정과 관련된 복사 전달 연구를 수행하고 있다. 장석준 회원은 grid-based Monte Carlo 기법의 복사 전달을 기술하는 ‘Sejong Radiative Transfer through Raman and Rayleigh Scattering (STaRS)’ 코드를 개발하여 <http://github.com/csj607/STaRS>에 공개하였다. 이희원 회원은 최보은 회원과 BOES 고분산 분광 관측으로부터 NGC 6886과 NGC 6881에 Raman-scattered He II 6545 feature를 발견하였으며, 이 결과를 *Astrophysical Journal Letters*에 출판하였다.

세종대학교 천문우주학과

1. 인적사항

세종대학교 물리천문학과에는 천문학을 전공하는 전임 교수로 이희원, 이재우, 채규현, 김성은, M. van Putten, G. Rossi, 오세현, Jeffrey Hodgson, Benjamin L’Huillier 회원이 재직하고 있으며, 특히 Benjamin L’Huillier 교수는 2021학년도 1학기에 부임하였다. 박사후연구원으로 김학섭 박사와 Maryam Aghaei 박사가 재직하고 있다. 2021년 2월에 김슬기, 최보은, 김미경 회원이 석사 학위를 취득하였다. 박사과정에는 이경민 회원이 석·박 통합과정에는 장석준, 이영민 회원이, 석사과정에는 박혜진, 김신나, 김신정, 김민수, 최현용, 권준, 신은주, 문정인, 홍성화 학생이 재학하고 있다.

2. 연구 및 학술활동

이희원 회원은 공생별과 어린 행성상성운에서 질량 손실 및 질량 이동 과정과 초기 우주의 라이먼 알파 방출 천체와 활동성 은하에서 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 마무리하였다. 이희원 회원은 장석준 회원, 이영민 회원과 석사 과정에 2021학년도에 입학한 최현용 학생을 지도하고 있으며 최보은 회원과 김미경 회원은 2021년 2월에 석사 학위를 취득하였다. 이영민 회원은 한국천문연구원의 김효선 회원의 지도를 받으면서 FLASH 코드를 사용하여 공생별에서 강착 원반 형성 과정의 유체

이재우 회원은 지난 10년간 칠레의 세로토폴로 미국립천문대 망원경을 이용한 남반구 구상성단 확장 스트림그렌 협대역 측광 전천 탐사 관측을 종료하였으며, 2017년 WIYN cosortium의 공식 파트너로 참가하여 북반구 구상성단에 대한 가시광 전천 탐사 관측을 새로이 시작하였다. 이재우 회원은 기존에 수행하였던 CaII H&K를 포함하는 확장 스트림그렌 측광계와 세계 최초로 고안한 JWL34, JWL39, JWL43 필터시스템을 포함하는 “JWL 측광계”를 확립하였다. JWL34, JWL39, JWL43 필터는 각각 NH λ 3360 Å, CN λ 3883 Å, 그리고 CH λ 4300 Å 분자대 흡수선의 세기를 측정하며, 이론적으로 계산한 합성측광인자와의 비교를 통하여 중금속 함량 이외에 탄소와 질소의 함량을 도출할 수 있다. 이재우 회원이 개발한 측광인자들은 허블우주망원경으로부터 얻은 결과들보다 우수하며, 구상성단 거성계에 대한 완결한 다중중족 샘플을 확보할 수 있다.

이재우 회원은 2019년 “적외선 JWL 측광계”를 새로이 개발하였으며, 2020년 보현산 천문대의 KASINICS를 사용한 관측을 수행하였다. JWL1.1과 JWL2.5는 각각 CN λ 1.1 μ m와 CO λ 2.5 μ m 분자대 흡수선 세기를 측정하며, 가시광선 JWL 측광계와 함께 사용하여 탄소, 질소 이외에 산소함량을 측광학적으로 측정할 수 있다. 세종대에 합류한 김학섭 회원 및 천문연구원의 성현일, 문봉곤, 차상목 회원들과 함께 2020년 6월부터 보현산 천문대의 KASINICS 적외선 망원경을 이용한 pilot 프로그램을 시작하였으며, 새로운 관측자료를 사용하여 구상성단 다중중족의 기원 및 진화를 이해하는데 가장 중요한 CNO 함량을 측정할 것으로 기대한다.

이재우 회원은 2020년 1월부터 미국 텍사스 오스틴 대학의 천문학과를 1년간 장기 방문하여 Christopher Sneden 교수와 함께 구상성단 및 산개성단에 대한 가시광/적외선 고분산 분광학 연구와 함께 JWL 측광계 해석을 위한 대규모 항성 모형 계산을 수행하였다. 이를 통하여 우리은하의 대표적인 구상성단 M3은 왜소 은하 환경에서 두 개의 구상성단이 병합된 후 우리은하에 유입된 특이 성단임을 발견하였으며, 이 결과를 *Astrophysical Journal*에 발표하였다.

채규현 회원은 은하역학을 통해서 중력과 암흑물질 문제를 연구하고 있다. 2020년에는 특히 원반 은하들의 회전속도 곡선의 분

석에 주력하였다. 이를 위해 SPARC 데이터베이스를 사용하였으며, SPARC 팀과 공동으로 연구를 진행하였다. 우리는 은하 외곽에서 회전속도 곡선의 미세한 행동에 주목하였는데, 153개의 은하를 분석한 결과 놀랍게도 회전속도 곡선의 행동은 수정중력(modified gravity) 이론이 예측하는 외부 중력장 효과(external field effect)와 일치하는 것으로 나타났다. 즉, 외부 중력장이 상대적으로 강한 환경에 놓여있는 은하의 회전속도 곡선은 은하 외곽에서 미세하게 감소하는 반면, 상대적으로 고립된 환경에 놓여있는 은하의 회전속도 곡선은 외곽에서 감소하지 않고 일정하게 유지되었다. 또한, 통계적으로 구한 외부 중력장의 세기가 각 SPRAC 은하의 주변 은하들의 중력장으로 직접 추정된 외부 중력장과 일치하는 것으로 나타났다. 이 결과는 “Testing the Strong Equivalence Principle: Detection of the External Field Effect in Rotationally Supported Galaxies”의 이름으로 2020년 11월 20일자 *Astrophysical Journal*에 의해서 출판되었다. 해당 논문의 결과는 국내의 언론의 큰 주목을 받았으며, 2021년 3월 현재 기준으로 지난 2, 3개월 동안 해당 저널에서 가장 많이 읽히는 논문(most read articles) 1위에 올라 있다. 채규현 회원은 현재 후속연구를 진행 중이다. 채규현 회원은 또한 UPenn 그룹과 공동으로 타원은하 역학적 분석도 진행하였으며, ATALS^{3D}와 SDSS-IV MaNGA에서 선별된 회전하지 않는 구형에 가까운 타원은하에 공통적인 가속도 상수가 존재함을 보였다. 연구결과는 “On the Presence of a Universal Acceleration Scale in Elliptical Galaxies”의 이름으로 2020년 11월 10일자 *Astrophysical Journal Letters*에 의해서 출판되었다.

김성은 회원은 세종대학교 테라헤르츠 및 전파 천문 연구실 소속 연구원들과 함께 다과장 관측 자료를 분석하여 테라헤르츠 및 서브밀리미터 파장대역에서 두드러지게 나타나는 천체들의 천체물리학적 특성을 규명하고자 하였다. 본 연구에서 각 대상 천체들이 속한 우주 내 적색편이 분포와 별 형성율 밀도를 파악하고, 상대론적 우주에서 각각의 병합과정으로 인해 발생하는 은하원시운들의 질량 변화 추이를 이해하고자 하였다. 테라헤르츠 파장대역에서 주로 전자기파를 방출하는 은하들 및 천체들을 관측한 자료로부터 약 5,447개의 은하들이 주로 분포한 적색편이 영역에서의 별 형성률 밀도를 구하였고, 병합나무코드를 활용하여 우주 내 암흑 헤일로의 밀도 변화와 별 형성률 밀도 변화와의 상관관계를 도출하고자 하였다. 한편, 측광학적 적색편이를 측정하기 위해 사용된 HYPERZ, ZEBRA 코드 등을 분석하여 측광학적 적색편이의 오차 범위에 관해 재조명하였다.

Rossi 회원은 SDSS-IV와 numerical 우주론에 집중하여 은하와 퀘이사의 클러스터링을 중심으로 연구를 진행했다. 2020년 3월부터 연구년에 있었지만, 코로나로 인해 한국에 머무르게 되었다. 2020년 6월에 그는 고해상도의 유체역학 시뮬레이션의 집합체 ‘Sejong Suite’(Rossi 2020)를 발표했는데, 이는 주로 Lyman-Alpha forest를 모델링 하기 위해 개발되었다. 이 시뮬레이션은 국가슈퍼컴퓨팅센터(KISTI)의 노드들을 9달 동안 이용해서 개발

되었고, 과학 커뮤니티에서 사용 가능하도록 했다. 2020년 7월, SDSS-IV eBOSS 연구단과 함께 그는 이제껏 만들어진 것들 중 가장 큰 3차원 우주 지도에 대한 폭넓은 연구 분석 결과를 발표했고, 그것은 우리의 우주 탐사 역사상 가장 큰 공백을 채운다. - 이는 합동논문에서 두드러지게 나타난다(eBOSS Collaboration et al. 2020). 이것은 주목 받는 업적이었고, 상당한 양의 언론 보도들을 남겼다. 최종 eBOSS 결과들은 23개의 메인 논문들에 나타났다. G. Rossi 교수가 이끈 세종대학교 우주론 연구실은 최종 결과에 깊게 연관되어 있고, mock challenge(Rossi et al. 2020)를 개발함으로써 은하 클러스터링 분석에 기여를 했다. 이 시기에 수행된 다른 연구들에는 Lyman-Alpha forest에 대한 첫 eBOSS 단층 지도, 우주 void에 관한 연구들, 우주론적 스케일에서의 일반 상대성 이론의 확인, 그리고 Roman 우주 망원경을 이용한 높은 적색 편이에서의 BAO 탐지 등이 있었다. 2020년 6월, 그의 박사 과정 학생이었던 최두현 학생이 SDSS-IV eBOSS의 더 높은 차원에서의 클러스터링과 mock challenge에 관한 논문으로 성공적으로 졸업을 했다. G. Rossi 교수는 SDSS-IV eBOSS 시뮬레이션 연구 그룹을 이끌어 왔고, 미국 국가 에너지 연구 과학 컴퓨팅 센터(NERSC)의 계산 장비들을 eBOSS collaboration을 위해 관리해 왔다. 또한, 그는 DESI의 speakers board의 대표이고, 현재 DESI Meetings Committee의 회원이다. 2020년에 그는 eBOSS를 위한 NERSC 컴퓨팅 장비들 관리, eBOSS 시뮬레이션 연구 그룹을 이끈 것, 그리고 2018년 한국에서 열린 eBOSS collaboration 학회 주최에 특히 기여해 SDSS-IV Architect status를 수상했다.

Maurice van Putten’s conducts research on gravitation, cosmology and exoplanets. He is a member of LIGO-Virgo and KAGRA (LVK), the planned mission LISA (EU) and THESEUS (ESA). His un-modeled search by butterfly filtering provides first-ever observational evidence of delayed gravitational collapse to a black hole by GW-calorimetry, published in MNRASL and ApJL. He introduced a new model of cosmological spacetime which quantitatively alleviates H₀-tension with no free parameters, identified with dark energy emerging from the Hubble horizon (AAS234 Press Conference 2019). Exoplanet studies are focused on habitability of exoplanet-moon systems and its dependency on slow planetary spin and orbital stability in double star systems. Facilitating his research is the development of a novel heterogeneous compute platform with dynamical load balancing, currently rated at about 0.5 Pflops/s. Current members of his lab include G.-M. Lee (Ph.D. student), B.-E. Choi (researcher) and Dr. M.A. Abchouyeh (post-doc).

오세현 회원은 고분해능 중성수소 선 스펙트럼 관측을 통해 외부 은하들의 가스 동역학이 성간 물질의 구조와 은하 내 물질분포

및 별 생성에 미치는 영향과, 궁극적으로 은하 형성과 진화 과정에서 어떤 역할을 하는지 연구하고 있다. 이를 위해, 호주와 남아프리카공화국에서 현재 운용 중인, Square Kilometre Array(SKA) Pathfinder(ASKAP-호주, MeerKAT-남아프리카 공화국)를 사용한 고분해능 외부은하 중성수소 관측 프로젝트들(WALLABY, MHONGOOSE 등)에 참여해오고 있다. 이러한 고감도/고분해능 외부은하 중성수소 관측들은 sub-kpc 스케일에서, 성간물질들의 형태학적/운동학적 구조, 별 생성 조건 및 은하 내 물질 분포에 대한 새로운 정보와 관점을 제공할 수 있을 것으로 기대된다. 오세현 회원은 호주의 ASKAP 전파 간섭계를 사용한 남반구 외부은하 중성수소 전천탐사 프로젝트인 WALLABY(Local Universe에 위치하는 외부은하들에 대한 과학 연구) 분과의 공동의장을 맡아오고 있다.

이와 함께 WALLABY로부터 얻어지는 수만여개 외부은하들의 가스 동역학 분석을 위해 베이지안 통계분석 기법을 사용한 3차원 전파데이터 분석 알고리즘과 소프트웨어(2DBAT, BAYGAUD)를 개발하였다. 이들 소프트웨어는 ASKAP 관측으로부터 얻어지는 외부은하들의 가스 동역학 및 성간물질 구조 분석에 사용될 예정이며, ASKAP 초기 관측 데이터를 사용하여 테스트 중이다. 최근 ASKAP 남반구 외부은하 중성수소 탐사 프로젝트인 WALLABY 파일럿 관측으로부터 얻어진 Hydra 은하단의 40여 개 은하들에 대한 가스 동역학 분석을 수행하고 결과를 팀원들에게 공개하였다.

오세현 회원은 현재 4명의 대학원생 연구원들과 함께 1) Local Universe에 위치하는 왜소은하 NGC 6822의 가스 동역학 및 별 생성 연구(박혜진), 2) 3개의 은하단들(Hydra cluster, Norma cluster, NGC 4636)에 대한 ASKAP WALLABY 초기 관측 데이터 분석을 통해 은하단의 환경이 은하들의 가스 동역학과 별 생성에 미치는 영향 연구(김신정), 및 3) 3차원 가스 속도 프로파일 분석 기법을 사용한 Large Magellanic Cloud의 회전 곡선 유도 및 암흑 물질 분포 연구(김신나)와 4) HI profile stacking 기법을 이용한 은하내의 가스 난류 운동이 별생성에 미치는 영향에 대한 연구(김민수)를 수행 중이다.

Jeff Hodgson started at Sejong on September 1 in 2020. Previous to this, he had spent approximately 4 years at the Korea Astronomy and Space Science Institute in Daejeon. He spent approximately half that time as a post-doc and then the other half as a Korean Research Fellow. In the first semester, he was primarily busy with writing lecture materials for the undergraduate course "Introduction to Astronomy" for non-majors. Nevertheless, within 2020 he has written one first-author paper (Using variability and VLBI to measure cosmological distances, Hodgson+ 2020, MNRAS), which is an important paper that used flux variability and VLBI to derive an estimate of the Hubble Constant in a way that is completely independent of other methods. This is the main driver for the successful NRF grant that I was recently awarded: a 5

year grant worth about 95,000,000 KRW per year. Over the next year, I hope to have successful test observations using the Korean VLBI Network (KVN) and the Mopra Telescope in Australia. With some luck we can get the starts of an observational program going. He wishes to observe a number of high redshift sources, going as high as $z=6.1$. Additionally, he was a co-author on three additional papers in 2020 and already one more within 2021 so far.

3. 연구 및 교육시설

세종대학교가 교육과 연구 목적으로 보유하고 있는 관측시설은 곤지암에 설치된 76 cm 반사망원경과 40 cm 반사망원경이 있으며, 캠퍼스에 여러 소형 망원경을 관측실습 및 공개 행사에 사용하고 있다.

세종대학교 물리천문학과는 외국의 천문대 공동운영에도 참여하고 있다. 이재우 회원은 WIYN Consortium의 공식 파트너로 참여하여 WIYN 0.9 m 천문대의 공동 운영 및 관측 장비를 이용한 구상성단 다중중축에 대한 연구를 수행하고 있다. 반푸텐 회원은 중력과 관측 프로젝트인 KAGRA의 멤버로서 중력과 관측 자료를 이용한 연구를 수행하고 있다. 로시 회원은 슬론 디지털 전천탐사 (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 천문 관측동아리 AJA와 컴퓨터 프로그래밍 동아리 ASC가 학생들의 자발적인 활동으로 활발하게 유지·운영이 되고 있으며, 졸업생의 취업에 많은 기여를 하고 있다.

4. 연구논문

Chang, S.-J., Lee, H.-W., 2020, JKAS, 53, 169, "STaRS: A 3D Grid-based Monte Carlo Code for Radiative Transfer through Raman and Rayleigh Scattering with Atomic Hydrogen"

Choi, B.-E., Lee, H.-W., 2020, ApJ, 903, L39, "Discovery of Raman-scattered He II 6545 in the Planetary Nebulae NGC 6886 and NGC 6881"

Choi, B.-E., Chang, S.-J, Lee, H.-G., Lee, H.-W., 2020, ApJ, 889, 2, "Line formation of Raman-scattered He II 4851 in an expanding spherical HI shell in young planetary nebulae"

Lee, J.-W. 2020, ApJL, 888, L6, "Five Stellar Populations in

- M22 (NGC 6656)”
- Chae, K.-H, Bernardi, M., Domínguez Sánchez, H., Sheth, R. K., 2020, *ApJL*, 903, L31, “On the Presence of a Universal Acceleration Scale in Elliptical Galaxies”
- Chae, K.-H, Lelli, F., Desmond, H., McGaugh, S. S., Li, P., Schombert, J. M. 2020, *ApJ*, 904, 51, “Testing the Strong Equivalence Principle: Detection of the External Field Effect in Rotationally Supported Galaxies”
- Zhao, C., Chuang, C.-H., Bautista, J., ... Rossi, G., et al., 2021, *MNRAS* (doi:10.1093/mnras/stab510), “The Completed SDSS-IV extended Baryon Oscillation Spectroscopic Survey: One Thousand Multi-Tracer Mock Catalogues with Redshift Evolution and Systematics for Galaxies and Quasars of the Final Data Release”
- de Mattia, A., Ruhlmann-Kleider, V., Raichoor, A., ... Rossi, G., et al., 2021, *MNRAS*, 501, 5616, “The Completed SDSS-IV eBOSS Survey ELG Sample: Measurement of the BAO and Growth Rate of Structure from the Anisotropic Power Spectrum between Redshift 0.6 and 1.1”
- Zhang, Y., Pullen, A.R., Alam, S., et al. ... Rossi, G., et al., 2021, *MNRAS*, 501, 1013, “Testing General Relativity on Cosmological Scales at Redshift $z \sim 1.5$ with Quasar and CMB Lensing”
- Raichoor, A., de Mattia, A., Ross, A.J., ... Rossi, G., et al., 2021, *MNRAS*, 500, 3254, “The Completed SDSS-IV eBOSS Survey ELG Sample: Large-Scale Structure Catalogues and Measurement of the Isotropic BAO between Redshift 0.6 and 1.1”
- Hou, J., Sanchez, A.J., Ross, A., ... Rossi, G., et al., 2021, *MNRAS*, 500, 1201, “The Completed SDSS-IV eBOSS Survey Quasar Sample: BAO and RSD Measurements from Anisotropic Clustering Analysis in Configuration Space between Redshift 0.8 and 2.2”
- Bautista, J., Paviot, R., Vargas-Magana, M., ... Rossi, G., et al., 2021, *MNRAS*, 500, 736, “The Completed SDSS-IV Extended Baryon Oscillation Spectroscopic Survey: Measurement of the BAO and Growth Rate of Structure of the Luminous Red Galaxy Sample from the Anisotropic Correlation Function between $z=0.6$ and 1”
- Rossi, G., Choi, P.D., Moon, J., et al., 2020, *MNRAS* (doi:10.1093/mnras/staa3955), “The Completed SDSS-IV extended Baryon Oscillation Spectroscopic Survey: N-Body Mock Challenge for Galaxy Clustering Measurements”
- Tamone, A., Raichoor, A., Zhao, C., ... Rossi, G., et al., 2020, *MNRAS*, 499, 5527, “The Completed SDSS-IV extended Baryon Oscillation Spectroscopic Survey: Growth Rate of Structure Measurement from Anisotropic Clustering Analysis in Configuration Space between Redshift 0.6 and 1.1 for the Emission Line Galaxy Sample”
- Nadathur, S., Woodfinden, A., Percival, W.J., ... Rossi, G., et al., 2020, *MNRAS*, 499, 4140, “The Completed SDSS-IV extended Baryon Oscillation Spectroscopic Survey: Geometry and Growth from the Anisotropic Void-Galaxy Correlation Function in the Luminous Red Galaxy Sample between Redshifts 0.6 and 1”
- du Mas des Bourboux, H., Rich, J., Font-Ribera, A., ... Rossi, G., et al., 2020, *ApJ*, Volume 901, Issue 2, id. 153, 39pp., “Baryon acoustic oscillations with Lyman-Alpha forests from the complete eBOSS survey”
- Kong, H., Burleigh, K.J., Ross, A., ... Rossi, G., et al., 2020, *MNRAS*, 499, 3943, “Removing Imaging Systematics from Galaxy Clustering Measurements with Obiwan: Application to the SDSS-IV extended Baryon Oscillation Spectroscopic Survey Emission Line Galaxy Sample”
- Smith, A., Burtin, E., Hou, J., ... Rossi, G., et al., 2020, *MNRAS*, 499, Issue 1, pp. 269–291, “The Completed SDSS-IV eBOSS Survey Quasar Sample: N-body Mock Challenge for the Quasar Sample”
- Neveux, R., Burtin, E., de Mattia, A., ... Rossi, G., et al., 2020, *MNRAS*, 499, Issue 1, pp. 210–229, “The Completed SDSS-IV eBOSS Survey Quasar Sample: BAO and RSD Measurements from Anisotropic Power Spectrum between Redshift 0.8 and 2.2”
- Satpathy, S., An, Z., Croft, R.A.C., ... Rossi, G., 2020, *MNRAS*, 498, Issue 4, pp. 4955–4970, “On the Possibility of BAO Measurements at Redshift $z > 7.6$ with WFIRST”
- Ross, A.J., Bautista, J., Tojeiro, R., ... Rossi, G., et al., 2020, *MNRAS*, 498, Issue 2, pp. 2354–2371, “Large-scale Structure Catalogs for Cosmological Analysis of the completed extended Baryon Oscillation Spectroscopic Survey”
- Lyke, B.W., Higley, A.N., McLane, J.N., ... Rossi, G., et al., 2020, *ApJS*, 250, 8, 24 pp., “The Sloan Digital Sky Survey Quasar Catalog: Sixteenth Data Release”
- Lin, S., Tinker, J., Klypin, A., ... Rossi, G., et al., 2020, *MNRAS*, 498, Issue 4, pp. 5251–5262, “The Completed SDSS-IV Extended Baryon Oscillation Spectroscopic Survey: GLAM-QPM Mock Galaxy Catalogs for the Emission Line Galaxy Sample”
- Wang, Y., Zhao, G., Zhao, C., ... Rossi, G., et al., 2020, *MNRAS*, 498, Issue 3, pp. 3470–3483, “The Clustering of the SDSS-IV extended Baryon Oscillation Spectroscopic Survey DR16 Luminous Red Galaxy and Emission Line Galaxy Samples: Cosmic Distance and Growth

- Measurements using Multiple Tracers in Configuration Space”
- Gil–Marin, H., Bautista, J., Paviot, R., ... Rossi, G., et al., 2020, MNRAS, 498, Issue 2, pp. 2492–2531, “The Completed SDSS–IV eBOSS Survey LRG Sample: Measurement of the BAO and Growth Rate of Structure from the Anisotropic Power Spectrum between Redshift 0.6 and 1.0”
- Mohammad, F.G., Percival, W.J., Seo, H.J., ... Rossi, G., et al., 2020, MNRAS, 498, Issue 1, pp. 128–143, “The Completed SDSS–IV eBOSS Survey: Pairwise–Inverse–Probability Correction for Fibre Collisions in Clustering Measurements”
- Zhou, S., Mo, H.J., Li, C., Boquien, M., Rossi, G., 2020, MNRAS, 497, Issue 4, pp. 4753–4772, “SDSS–IV MaNGA: Bayesian Analysis of the Star Formation History of Low–Mass Galaxies in the Local Universe”
- Mueller, E., Dawson, K., Bautista, J., de Mattia, A., Rossi, G., Hou, J., Zarrouk, P., Percival, W., 2020 American Astronomical Society Meeting 235, id. 413.07. Bulletin of the American Astronomical Society, Vol. 52, No. 1, “Im,pact of SDSS Clustering Measurements on the Cosmological Model”
- Rossi, G., Dawson, K., Percival, W., Bautista, J., de Mattia, A., Hou, J., Zarrouk, P., Mueller, E., 2020 American Astronomical Society Meeting 235, id. 413.04. Bulletin of the American Astronomical Society, Vol. 52, No. 1, “N–Body Simulations and Model Testing”
- de Mattia, A., Bautista, J., Dawson, Hou, J., Mueller, E., Percival, W., Rossi, G., Zarrouk, P., Zhao, 2020 American Astronomical Society Meeting 235, id. 413.03. Bulletin of the American Astronomical Society, Vol. 52, No. 1, “Emission Line Galaxies as a Distinct Tracer”
- Dawson, K., Percival, W., Bautista, J., Hou, J., de Mattia, A., Mueller, E., Myers, A., Rossi, G., Zarrouk, P., Zhao, G., 2020 American Astronomical Society Meeting 235, id. 413.01. Bulletin of the American Astronomical Society, Vol. 52, No. 1, “Introduction: the Extended Baryon Spectroscopic Survey”
- Rossi, G., 2020 American Astronomical Society Meeting 235, id. 153.01. Bulletin of the American Astronomical Society, Vol. 52, No. 1, “The Sejong Simulation Suite: Presentation and First Results”
- Rossi, G., 2020, ApJS 249:19 (32pp), “The Sejong Suite: Cosmological Hydrodynamical Simulations with Massive Neutrinos, Dark Radiation, and Warm Dark Matter”
- Ravoux, C., Armengaud, E., Walther, M., ... Rossi, G., et al., 2020, JCAP, 2020, 010, “A tomographic map of the large–scale matter distribution using the eBOSS – Stripe 82 Lyman–Alpha forest”
- Ahumada, R., Allende Prieto, C., Almeida, A., ... Rossi, G., et al., 2020, ApJS, 249:3 (21pp), “The Sixteenth Data Release of the SDSS: Final release from the Extended Baryon Oscillation Spectroscopic Survey, and First Release from APOGEE–2S”
- Hawken, A.J., Aubert, M., Pisani, A., ... Rossi, G., et al., 2020, JCAP Issue 06, article id. 012, “Constraints on the Growth of Structure around Cosmic Voids in eBOSS DR14”
- Icaza–Lizaola, M., Vargas–Magana, M., Fromenteau, S., ... Rossi, G., et al., 2020, MNRAS 492, 4189–4215, “The clustering of the SDSS–IV extended Baryon Oscillation Spectroscopic Survey DR14 LRG sample: structure growth rate measurement from the anisotropic LRG correlation function in the redshift range $0.6 < z < 1.0$ ”
- Hong, C., & van Putten, M.H.P.M., 2021, Stability of P–type orbits around stellar binaries: An extension to counter–rotating orbits, NewA, 84, 101516 <https://doi.org/10.1016/j.newast.2020.101516>
- Akutsu, T., et al., Overview of KAGRA: KAGRA Science, 2020, PTEP <https://doi.org/10.1093/ptep/ptaa120>
- Abbott, B.P., et al., 2020, Prospects for observing and localizing gravitational–wave transients with Advanced LIGO, Advanced Virgo and KAGRA, LRR, <https://doi.org/10.1007/s41114–020–00026–9>
- van Putten, M.H.P.M., 2020, Alleviating tension in Λ CDM and the local distance ladder from first principles with no free parameters, MNRAS, 491, L6, <https://doi.org/10.1093/mnras/slz158>
- Hunter, Deidre, Elmegreen, Bruce, ... Oh, Se–Heon, et al., 2021, AJ, 161, 71, “Relationships between the Stellar, Gaseous, and Star Formation Disks in LITTLE THINGS Dwarf Irregular Galaxies: Indirect Evidence for Substantial Fractions of Dark Molecular Gas”
- Reynolds, Tristan, ... Oh, Se–Heon, et al., submitted to MNRAS, “WALLABY Pilot Survey: Ram Pressure Stripping of ESO 501–G075”
- Murugesan, Chandrashekar, ... Oh, Se–Heon, et al., submitted to MNRAS, “WALLABY Pre–Pilot Survey: The effects of angular momentum and environment on the HI gas and star formation properties of galaxies in the Eridanus supergroup”

연세대학교 천문우주학과

1. 인적사항

본 학과의 교수진은 2021년 3월 현재, 12명의 교수(이영욱, 변용익, 김용철, 김석환, 박상영, 손영중, 윤석진, 이석영, 정애리, 박찬덕, 지명국, 김태선)와 3명의 명예교수(나일성, 천문석, 최규홍)로 구성되어 있다. 학부와 대학원은 박사 후 전문 연구원 6명, 대학원 석박사 통합과정 15명, 박사과정 23명, 석사과정 26명, 그리고, 학부생 120여 명으로 구성되어 있다. 학부 1학년 신입생들은 연세대학교의 정책에 따라 송도의 국제캠퍼스에서 1년간 기숙사 생활을 하면서 Residential College 교육을 받고 있다.

학과 교수진의 활동을 요약하면 다음과 같다. 이영욱 교수는 연세대학교 대학교부설연구원으로 설립된 은하진화연구센터의 센터장직을 수행하고 있다. 변용익 교수는 천문우주학과 대학원주임으로서 갈수록 중요성이 커지는 대학원의 업무 선진화/효율화에 많은 노력을 기울이고 있다. 김용철 교수는 2020년 3월부터 2년 임기로 연세대학교 학술정보원장직을 수행하고 있다. 박상영 교수는 한국우주과학회 이사로 활동하고 있으며, 교내 초소형위성센터의 책임을 맡고 있다. 윤석진 교수는 한국천문학회 IAU GA 2021 유치위원회 위원, 운영위원회 위원을 거쳐 현재 조직위원회 위원으로 활동하고 있다. 이석영 교수는 천문학회 이사, 천문학회지와 천문학 논총의 편집위원으로 활동하고 있으며, 2020년 9월부터 1년 6개월 임기로 연세대학교 천문대장직을 수행하고 있다. 정애리 교수는 한국천문학회 총무이사 및 IAU GA 2022 조직위원으로 활동하고 있으며, 2021년 3월부터 2년 임기로 연세대학교 이과대학 기획부학장직을 수행하고 있다. 지명국 교수는 한국 대형광학망원경 과학기기위킹그룹 위원, 미국 Vera C. Rubin Observatory (구 LSST) DESC 회원 심의위원, Gemini North Adaptive Optics 과학위원으로 활동하고 있다. 김태선 교수는 한국천문학회 학술위원과 천문학논총의 편집위원으로 활동하고 있다.

본 학과는 역량있는 천문우주학 전공 박사들을 배출해내는 교육기관의 책임을 다하고 있으며, 2019년 8월에는 이범현 회원과 윤혜인 회원(지도교수 정애리)이, 2020년 2월에는 강이정 회원(지도교수 이영욱)이, 2020년 8월에는 홍진석 회원(지도교수 김석환)이, 2020년 2월에는 카일피너(Kyle Finner)회원(지도교수 지명국)이 박사학위를 받았다. 또한 본 학과에는 학과 및 천문대 소속의 박사 후 연구원 (송현미, 윤미진)과 4명의 연구교수(Dr. Sanjaya Paudel, 박기훈, 정철, 조혜진)가 활발한 연구 활동을 펼치고 있다. 2021년 3월에는 임성순 회원이 세종과학펠로우로 학과에 합류하였다.

2. 연구 및 학술 활동

이영욱 교수는 초신성우주론에서 광도진화와 감속팽창의 강력한

증거를 발견하고 현재 노벨상 수상자들을 포함한 국제학계와 치열한 논쟁을 펼치고 있다. 정철, 지명국 회원과 함께 아담 리스 팀의 논문에서 심각한 오류를 발견하였고, 이로부터 우리 연구팀의 결과를 더욱 강력하게(99.99%) 지지하는 광도진화의 증거를 모든 종류의 호스트은하에서 발견하였다. 이 결과는 2020년 11월 ApJ에 게재되었다. 최근에는 Ia형 초신성의 광도 표준화 과정이 세페이드 변광성의 주기-광도 관계와 유사하게 항성종족의 나이에 따라 심한 영점 이동을 보인다는 충격적인 사실을 발견하였다. 이 효과를 보정할 경우 초신성우주론은 가속팽창이 아닌 감속팽창을 지지하는 결과를 보여준다. 또한, 정철, 박승현, 손준혁, 안승현 회원과 함께 Ia 초신성의 광도 표준화 문제, 다양한 적색편이 구간에 있는 호스트은하의 측광학적 항성종족 나이 측정 등 여러 후속 연구를 수행하고 있다. 우리은하 별지의 구조와 형성기원에 대해서도 2015년 연구팀이 새롭게 제시한 구상성단 및 clump 기원 이론에 대해 국제학계와 논쟁을 계속 진행하고 있다. 이를 위해 홍승수, 임동욱(독일 하이델베르크대학) 회원과 함께 우리은하 별지 red clump 항성들의 마젤란 고해상도/제미니 저해상도 분광관측 및 분석을 수행 중이며 이를 통해 연구팀이 제시한 다중항성종족 모델의 타당성을 증명하는 관측적 증거를 계속 추가하고 있다. 최정윤 회원과는 헬륨 및 CNO 함량이 증가된 다중항성종족의 효과가 포함될 경우 구상성단의 절대나이 측정에 어떤 영향이 있는지를 우주론적 테스트 관점에서 조사하고 있다.

변용익 교수는 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. 높은 정밀도의 시계열 자료를 통한 저 질량 항성들의 변광 특성을 연구하고 있으며, 소행성 및 혜성체의 광도변화와 소행성 종족 분포에 대한 연구, 우주물체 감시기술 개발 활동 등을 하고 있다.

김용철 교수는 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 모형을 함께 연구하여 항성구조와 항성 자기 활동성의 인과관계를 체계적으로 이해하고자 하는 것이 활동성 연구의 궁극적 목표이다. 박기훈 회원과 함께 수행하고 있는 항성표면 복사유체 수치모사연구는 복사와 유체의 상호 작용을 고려한 항성표면 수치모사를 통해 항성대기와 분광 스펙트럼합성을 수행하고, 이로부터 분광 자료 분석의 이론적 체계를 정립하는 것이 연구의 목표이다. 그리고 등연령곡선 연구는 다양한 개별 원소의 영향이 성단 색 등급도에 어떻게 나타나는지를 체계적으로 설명하는 연구를 수행하고 있으며, 외계 행성계의 모항성에 대한 표준 모형을 구축하는 연구는 박기훈 회원의 주도로 진행되고 있다.

김석환 회원이 운영하는 우주광학연구실은 아리조나 대학교(University of Arizona, USA)의 교수 및 연구진들과 국제적인 광해석 기업인 Breault Research Organization과 함께 위성 광학시

시스템 및 대구경 광학 시스템의 성능 해석, 가공 제작, 조립, 정렬, 성능 측정과 3차원 지구 광학모델과 통합적 광선추적 기법을 사용한 외계행성관측 분야에서 다양한 공동연구들을 수행하고 있다. 그 밖에도 특별히 국방과학연구소, 한화탈레스, LIG 넥스원 등과 같은 대규모 방산 기업들을 포함하는 다양한 국내외 기업들과 긴밀한 공동연구를 수행하고 있다. 이와 같은 국제적 수준의 연구 활동을 통해 다수의 졸업생들이 해외 우수 대학에 유학에서 유학 중이거나 국내외 국책연구소 및 대기업 연구소로 활발히 진출하고 있다.

박상영 회원이 지도하는 우주비행제어 연구실(Astrodynamics and Control Lab)은 편대비행 위성의 궤도 결정 및 제어, 자세결정 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 2기의 큐브위성(CANYVAL-X)을 개발하여 2018년 1월에 발사하였다. 2기의 큐브위성으로 우주에서 인공일식을 구현하여 태양의 코로나를 관측하는 우주미션(CANYVAL-C)을 개발하였으며, 2021년 3월에 발사할 예정이다. 또한 미세먼지를 모니터링하는 정보를 제공하는 MIMAN 우주미션에 필요한 초소형위성을 개발하고 있으며, 2022년 우리나라 발사체인 누리호에 실려 발사될 계획이다. 위성간 도킹과 랑데부 등의 근접운영 알고리즘도 개발하고 있으며, 우주감시에 필요한 정밀궤도 결정과 소행성 탐사에 대한 연구도 꾸준히 추진하고 있다. 이러한 연구성과를 바탕으로 2018년에 초소형위성센터 설립하였으며, 교내 여러 연구실과 함께 초소형위성에 필요한 본체/탑재체/영상분석에 대한 연구를 선도적으로 진행하고 있다. 더 나아가, 국방과학연구소의 지원을 받아 광통신을 시험하는 편대비행 위성을 개발하기 시작했다.

손영중 회원의 관측천문학연구소(YOAL)에서는 근거리 은하에 대한 정밀한 관측적 연구를 통한 은하 내에서의 별의 형성 및 은하 자체의 형성과 진화 특성에 대한 연구를 진행 중이다. 이 연구는, 은하내 밝은 항성들의 측광학적 분해가 가능한 근거리에서 위치한 은하들을 주 대상으로 하며, 그 예로써 Local group 내 은하들, Leo Triplet을 이루는 은하들, 그리고 M31 은하 시스템 내의 은하들이 포함된다. 은하들의 거리와 밝기에 따라, 관측적으로 분해되는 밝은 항성 종족은 Blue/Red core helium burning stars, AGB stars, 그리고 C-stars 등이 포함된다. 분석 자료는 관측으로 확보된 UKIRT 근적외선 관측자료와, SUBARU 망원경 등의 다파장 관측 archive 자료 등이며, 비교 자료로서 X-ray 관측자료와 전파관측 자료 중 중성수소의 분포 자료와 CO분자선 자료 등을 부가적으로 활용한다. 또한 이 연구를 통해 도출되는 결과 분석에 대하여 머신러닝 및 딥러닝 기법에 기초한 AI 알고리즘의 적용 도입을 시도하고 있다. 이에 대한 응용으로서 외계행성 탐색시스템(KMITNet)의 다중 필터 측광 자료를 활용하여 AI 알고리즘을 적용한 소행성의 측광학적 분류 방법을 검토하고 있다. 한편, 한국형 온라인 공개강좌(K-MOOC)에 '우주의 이해' 강좌를 개설하여 천문학의 대중화를 위해 힘쓰고 있다.

윤석진 회원은 (a) 한상일 회원, 김학섭 회원, 김수영 회원, 이상윤 회원과 함께 Subaru 8 m 및 CTIO 4 m 망원경을 이용한 은하 및 성단의 측광과 분광 관측 연구를, (b) 정철 회원, 이상윤 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, (c) 문준성 회원, 지용배 회원, 유다솔 회원, 김명훈 회원과 함께 GALEX 우주망원경 관측자료 및 SDSS 관측자료를 이용한 은하의 Recent Star Formation History 연구와 이웃 은하의 영향에 대한 연구를, (d) 윤기윤 회원, 안성호 회원, 문준성 회원, 서찬울 회원, 김지우 회원과 함께 N-body 및 Hydro Simulation을 이용한 은하군 및 은하단 역학 연구 및 Disk Warp 현상에 대한 연구를, (e) Sanjaya Paudel 박사, 문준성 회원과 함께 은하들 간의 중력적 상호작용이 은하의 Star Formation Rate과 Scaling Relations에 미치는 영향에 관한 연구를, (f) 나종삼 회원, 문준성 회원과 함께 우주론적 다체 및 유체 시뮬레이션을 이용하여 초기우주 은하형성 기본단위의 기원을 규명하는 연구, (g) 김정욱 회원과 함께 KVN과 VEA Array를 이용한 AGN 연구, (h) 이효준 회원과 함께 고천문학 연구를 수행하고 있다.

이석영 회원이 이끄는 은하진화연구실(GEM)에서는 주로 은하형성 시뮬레이션을 수행하여 다양한 환경에서 은하의 형성과 진화에 관해 연구하고 있다. 은하형성 이론 연구로 GEM은 준해석적 은하형성 이론 코드 γ SAM을 개발하였고, RAMSES 코드를 이용하여 여러 물리 현상이 포함된 우주론적 수치모사 실험(YZICS, NewHorizon)을 수행하여 다양한 환경에서 은하형성을 연구하고 있다.

정애리 회원은 Interstellar Medium and Galaxy Evolution (IM&GE)의 구성원들과 함께 성간물질과 은하진화의 상관관계를 규명하기 위한 다양한 연구를 수행 중이다. ALMA 및 JVLA 자료를 이용하여 성간 가스의 비율이 매우 높은 은하의 특성으로부터 은하의 성장 과정을 연구하고 있다. 한편, 은하단 환경이 다양한 범위의 밀도와 온도를 가지는 성간 가스 및 별형성 활동에 미치는 영향을 규명하기 위하여 ram pressure를 겪은 은하의 특성과 시뮬레이션 및 이론적 계산을 비교하는 연구를 수행 중이다. 또한 JCMT, KaVA, ALMA, JVLA 관측 자료를 이용하여 활동성 은하핵 및 은하 중심부의 집중적인 별형성 활동이 은하 진화에 미치는 영향을 연구하고 있다.

지명국 회원은 Yonsei Observable UNiverse Group(YOUNG)을 운영하고 있다. 현재 1. 암흑물질의 정체를 규명하기 위한 충돌은하단 연구, 2. 초기은하단의 질량함수 결정을 위한 중력렌즈 연구, 3. 우주론 파라미터를 정밀하게 결정하기 위한 Cosmic Shear연구, 4. Large Synoptic Survey Telescope(LSST)의 자료처리 알고리즘 연구를 수행하고 있다.

김태선 회원은 복사유체 수치실험을 이용하여 거대분자운과 은하의 진화, 그리고 우주의 재이온화 연구를 진행하고 있다. 무거운

별로부터 기인하는 피드백 과정을 이해하여 우주에서 관측되는 은하의 동역학적 특성을 이해하는 것이 본 연구팀의 궁극적인 목표이다. 정확한 수치실험을 수행하기 위해 sink particle을 활용한 새로운 별 생성 모델 개발에 착수하였으며, 복사장에 따라 달라지는 중원소 냉각률과 자기장을 고려한 이론 은하 진화 모델을 개발 중이다. 은하 내 강한 방출선의 탐구, 초기 은하에서 라이먼 연속선과 알파선의 탈출률, 환경에 따른 RAM 압력 효과, 구상성단의 형성에 관한 다양한 연구를 수행하고 있으며, 국제협력 복사유체 재이온화 실험(SPHINX), 나선은하 형성 실험(New Horizon), 거대분자운 별 생성 실험(PRALINE) 등을 통해 재이온화 시기 중 Lyman alpha emitter의 특성, HII clumping factor, Lyman alpha 방출선 특성, 초기 왜소은하 형성 등을 연구 중이다.

3. 교육 및 연구 시설

천문우주학 교육 시설로서 천문대 소속의 일산 관측소 61 cm 반사 망원경, 교내 관측소 40 cm 반사 망원경, 4대의 10인치 미드 망원경, 다수의 소형 망원경들을 확보하여 학생들의 관측 실습에 활용하고 있다. 신촌 캠퍼스 내에 설치되어 있는 KVN 전파망원경은 전문 연구자들의 관측과 함께 학부 및 대학원 학생들의 교육에도 기여하고 있다. 또한, 정밀 연구를 위해 해외 대형 망원경을 적극적으로 활용하고 있다.

우주비행제어연구실은 차세대 분리형 우주망원경의 기술을 우주공간에서 직접 실험/검증하기 위한 2기의 큐브위성을 개발하고 있다. 우주광학연구실은 대구경 우주 광학 시스템 개발을 위한 다수의 설계 및 해석 S/W와 정렬 및 조립 성능 평가를 위한 각종 간섭계 및 광학 측정 장비를 운영하며 연구 및 프로젝트 형 교육기법에 활용하고 있다.

4. 국내외 연구논문

Kim, Young-Lo; Kang, Yijung; Lee, Young-Wook; 2019, JKAS, 52, 5, "Environmental Dependence of Type Ia Supernova Luminosities from the Yonsei Supernova Catalog"

Chung, Chul; Pasquato, Mario; Lee, Sang-Yoon; di Carlo, Ugo N.; An, Deokkeun; Yoon, Suk-Jin; Lee, Young-Wook; 2019, ApJL, 883, L31, "Radial Dependence of the Proto-globular Cluster Contribution to the Milky Way Formation"

Jang, Sohee; Kim, Jenny J.; Lee, Young-Wook; 2019, ApJ, 886, 116, "Multiple Populations in Globular Clusters: Unified Efforts from Stellar Evolution and Chemical Evolution Models"

Pasquato, Mario; Chung, Chul; 2019, MNRAS, 490, "Clustering clusters: unsupervised machine learning on globular cluster structural parameters"

Yijung Kang; Young-Wook Lee; Young-Lo Kim; Chul Chung; Chang Hee Ree; 2020, ApJ, 889, 8, "Early-type Host Galaxies of Type Ia Supernovae. II. Evidence for Luminosity Evolution in Supernova Cosmology"

Han, Sang-II; Kim, Hak-Sub; Yoon, Suk-Jin; Lee, Young-Wook; Arimoto, Nobuo; Okamoto, Sakurako; Ree, Chang H.; 2020, ApJS, 247, 7, "Narrowband Ca Photometry for Dwarf Spheroidal Galaxies. I. Chemostructural Study on Draco, Sextans, and Canes Venatici I"

Chung, Chul; Yoon, Suk-Jin; Cho, Hyejeon; Lee, Sang-Yoon; Lee, Young-Wook; 2020, ApJS, 250, 33, "Yonsei Evolutionary Population Synthesis (YEPS) Model. III. Surface Brightness Fluctuation of Normal and Helium-enhanced Simple Stellar Populations"

Lee, Young-Wook; Chung, Chul; Kang, Yijung; Jee, M. James; 2020, ApJ, 903, 22, "Further Evidence for Significant Luminosity Evolution in Supernova Cosmology"

Lee, Sang-Yoon; Chung, Chul; Yoon, Suk-Jin; 2020, ApJ, 905, 124, "Nonlinear Color-Metallicity Relations of Globular Clusters. IX. Different Radial Number Density Profiles between Blue and Red Clusters"

Dongwook Lim; Young-Wook Lee; Andreas Koch; Seungsoo Hong; Christian I. Johnson; Jaeyeon Kim; Chul Chung; Mario Mateo; John I. Bailey, III; 2021, ApJ, 907, 47, "Difference in Chemical Composition between the Bright and Faint Red Clump Stars in the Milky Way Bulge"

Dongwook Lim; Andreas J. Koch-Hansen; Chul Chung; Christian I. Johnson; Andrea Kunder; Iulia T. Simion; R. Michael Rich; William I. Clarkson; Catherine A. Iachowski; Scott Michael; A. Katherina Vivas; Michael D. Young, 2021, A&A, 647, A34, "Blanco DECam Bulge Survey (BDBS) III: A new view of the double red clump in the Milky Way bulge through luminosity and color distribution"

P. K. Nayak; A. Subramaniam; S. Subramanian; S. Sahu; C. Mondal; Maria-Rosa L. Cioni; Cameron P. M. Bell; A. Bandyopadhyay; Chul Chung, 2021, MNRAS, tmp..441, "UVIT-HST-Gaia-VISTA study of KRON 3 in the Small Magellanic Cloud: A cluster with an extended red clump in UV"

Kewei Xia; Youngho Eun; Taeyang Lee; Sang-Young Park, "Integrated adaptive control for spacecraft attitude and orbit tracking using disturbance observer," International Journal of Aeronautical and Space Sciences, February 2021

Eunji Lee; Sang-Young Park; Hyewon Hwang; Jin Choi; Sungki Cho; Jung Hyun Jo, "Initial orbit association and

- long-term orbit prediction for low Earth space objects using optical tracking data,” *Acta Astronautica* Vol. 176, pp. 247–261, November 2020
- Kewei Xia; Taeyang Lee; Sang-Young Park; “Adaptive Saturated Neural Network Tracking Control of Spacecraft Theory and Experimentation,” *International Journal of Aerospace Engineering*, Volume 2019, Article ID 7687459, 11 pages <https://doi.org/10.1155/2019/7687459>, November 2019
- Kewei Xia; Sang-Young Park; “Adaptive Control for Spacecraft Rendezvous Subject to Time-Varying Inertial Parameters and Actuator Faults,” *Journal of Aerospace Engineering*, Vol. 32, Issue 5, September 2019, 04019063-1~11
- Min-Sup Song; Sang-Young Park; Youngkwang Kim; Jo Ryeong Yim, “Development of Kinematic Ephemeris Generator for Korea Pathfinder Lunar Orbiter (KPLO),” *Astron. Space Sci.* 37(3), 199–208 (2020)
- Seokju Kang; Youngbum Song; Sang-Young Park, “Nanosat Formation Flying Design for SNIPE Mission,” *Journal of Astronomy and Space Sciences*, 37(1), March 2020, pp. 51–60
- Youngro Lee; Sang-Young Park; Jae-Pil Park; Youngbum Song, “Numerical Analysis of Relative Orbit Control Strategy for CANYVAL-X Mission,” *Journal of Astronomy and Space Sciences*, 36(4), 2019, pp. 235–248
- Hyewon Hwang; Eunji Lee; Sang-Young Park, “Precise Orbit Determination Based on the Unscented Transform for Optical Observations,” *Journal of Astronomy and Space Sciences*, 36(4), 2019, pp. 249–264
- Hyewon Hwang; Sang-Young Park; Eunji Lee, “Angles-Only Initial Orbit Determination of Low Earth Orbit (LEO) Satellites Using Real Observational Data,” *Journal of Astronomy and Space Sciences*, 36(3), 2019, pp. 187–197
- Bumjoon Shin; Eunji Lee; Sang-Young Park, “Determination of Geostationary Orbits (GEO) Satellite Orbits Using Optical Wide-Field Patrol Network (OWL-Net) Data,” *Journal of Astronomy and Space Sciences*, 36(3), 2019, pp. 169–180
- Jackson, R. A.; Martin, G.; Kaviraj, S.; Ramsøy, M.; Devriendt, J. E. G.; Sedgwick, T.; Laigle, C.; Choi, H.; Beckmann, R. S.; Volonteri, M.; Dubois, Y.; Pichon, C.; Yi, S. K.; Slyz, A.; Kraljic, K.; Kimm, T.; Peirani, S.; Baldry, I., 2021, *MNRAS*, 502, 4262, “The origin of low-surface-brightness galaxies in the dwarf regime”
- Jackson, R. A.; Kaviraj, S.; Martin, G.; Devriendt, J. E. G.; Slyz, A.; Silk, J.; Dubois, Y.; Yi, S. K.; Pichon, C.; Volonteri, M.; Choi, H.; Kimm, T.; Kraljic, K.; Peirani, S., 2021, *MNRAS*, 502, 1785, “Dark matter-deficient dwarf galaxies form via tidal stripping of dark matter in interactions with massive companions”
- Martin, G.; Jackson, R. A.; Kaviraj, S.; Choi, H.; Devriendt, J. E. G.; Dubois, Y.; Kimm, T.; Kraljic, K.; Peirani, S.; Pichon, C.; Volonteri, M.; Yi, S. K., 2021, *MNRAS*, 500, 4937, “The role of mergers and interactions in driving the evolution of dwarf galaxies over cosmic time”
- Kim, Seonwoo; Contini, Emanuele; Choi, Hoseung; Han, San; Lee, Jaehyun; Oh, Sree; Kang, Xi; Yi, Sukyoung K., 2020, *ApJ*, 905, 12, “YZiCS: On the Mass Segregation of Galaxies in Clusters”
- Volonteri, Marta; Pfister, Hugo; Beckmann, Ricarda S.; Dubois, Yohan; Colpi, Monica; Conselice, Christopher J.; Dotti, Massimo; Martin, Garreth; Jackson, Ryan; Kraljic, Katarina; Pichon, Christophe; Trebitsch, Maxime; Yi, Sukyoung K.; Devriendt, Julien; Peirani, Sébastien, 2020, *MNRAS*, tmp-2025V, “Black hole mergers from dwarf to massive galaxies with the NewHorizon and Horizon-AGN simulations”
- Khim, Donghyeon J.; Yi, Sukyoung K.; Dubois, Yohan; Bryant, Julia J.; Pichon, Christophe; Croom, Scott M.; Bland-Hawthorn, Joss; Brough, Sarah; Choi, Hoseung; Devriendt, Julien; Groves, Brent; Owers, Matt S.; Richards, Samuel N.; van de Sande, Jesse; Sweet, Sarah M., 2020, *ApJ*, 894, 106, “Star-Gas Misalignment in Galaxies. I. The Properties of Galaxies from the Horizon-AGN Simulation and Comparisons to SAMI”
- Rhee, Jinsu; Smith, Rory; Choi, Hoseung; Contini, Emanuele; Jung, S. Lyla; Han, San; Yi, Sukyoung K., 2020, *ApJS*, 247, 45, “YZiCS: Unveiling the Quenching History of Cluster Galaxies Using Phase-space Analysis”
- Contini, E.; Gu, Q.; Ge, X.; Rhee, J.; Yi, S. K.; Kang, X., 2020, *ApJ*, 889, 156, “The Roles of Mass and Environment in the Quenching of Galaxies. II”
- Rawlings, Alexander; Foster, Caroline; van de Sande, Jesse; Taranu, Dan S.; Croom, Scott M.; Bland-Hawthorn, Joss; Brough, Sarah; Bryant, Julia J.; Colless, Matthew; Lagos, Claudia del P.; Konstantopoulos, Iraklis S.; Lawrence, Jon S.; López-Sánchez, Ángel R.; Lorente, Nuria P. F.; Medling, Anne M.; Oh, Sree; Owers, Matt S.; Richards, Samuel N.; Scott, Nicholas; Sweet, Sarah M.; Yi, S. K., 2020, *MNRAS*, 491, 324, “The SAMI Galaxy Survey: rules of behaviour for spin-ellipticity radial tracks in galaxies”
- Oh, Sree; Kim, Keunho; Lee, Joon Hyeop; Kim, Minjin; Sheen, Yun-Kyeong; Rhee, Jinsu; Ree, Chang H.; Jeong, Hyunjin; Ho, Luis C.; Kyeong, Jaemann; Sung, Eon-

- Chang; Park, Byeong-Gon; Yi, Suhyoung K., 2019, MNRAS, 488, 4169, "Impact of galaxy mergers on the colours of cluster galaxies"
- Park, Min-Jung; Yi, Suhyoung K.; Dubois, Yohan; Pichon, Christophe; Kimm, Taysun; Devriendt, Julien; Choi, Hoseung; Volonteri, Marta; Kaviraj, Sugata; Peirani, Sebastien, 2019, ApJ, 883, 25, "New Horizon: On the Origin of the Stellar Disk and Spheroid of Field Galaxies at $z = 0.7$ "
- Contini, E.; Gu, Q.; Kang, X.; Rhee, J.; Yi, S. K., 2019, ApJ, 882, 167, "The Roles of Mass and Environment in the Quenching of Galaxies"
- Barat, Dilyar; D'Eugenio, Francesco; Colless, Matthew; Brough, Sarah; Catinella, Barbara; Cortese, Luca; Croom, Scott M.; Medling, Anne M.; Oh, Sree; van de Sande, Jesse; Sweet, Sarah M.; Yi, Suhyoung K.; Bland-Hawthorn, Joss; Bryant, Julia; Goodwin, Michael; Groves, Brent; Lawrence, Jon; Owers, Matt S.; Richards, Samuel N.; Scott, Nicholas, 2019, MNRAS, 487, 2924, "The SAMI Galaxy Survey: mass-kinematics scaling relations"
- Pasquali, A.; Smith, R.; Gallazzi, A.; De Lucia, G.; Zibetti, S.; Hirschmann, M.; Yi, S. K., 2019, MNRAS, 484, 1702, "Physical properties of SDSS satellite galaxies in projected phase space"
- Jeong, Hyunjin; Kim, Suk; Owers, Matt S.; Joo, Seok-Joo; Kim, Hak-Sub; Lee, Woong; Lee, Youngdae; van de Sande, Jesse; Lee, Jaehyun; Yi, Suhyoung K.; Croom, Scott M.; Bryant, Julia J.; Rey, Soo-Chang; Brough, Sarah; Oh, Sree; Scott, Nicholas; Tonini, Chiara; Medling, Anne M.; Sweet, Sarah M.; Bland-Hawthorn, Joss; Konstantopoulos, Iraklis S.; Lawrence, J. S.; Richards, Samuel N., 2019, ApJ, 875, 60, "The SAMI Galaxy Survey: Kinematic Alignments of Early-type Galaxies in A119 and A168"
- Schaefer, A. L.; Croom, S. M.; Scott, N.; Brough, S.; Allen, J. T.; Bekki, K.; Bland-Hawthorn, J.; Bloom, J. V.; Bryant, J. J.; Cortese, L.; Davies, L. J. M.; Federrath, C.; Fogarty, L. M. R.; Green, A. W.; Groves, B.; Hopkins, A. M.; Konstantopoulos, I. S.; López-Sánchez, A. R.; Lawrence, J. S.; McElroy, R. E.; Medling, A. M.; Owers, M. S.; Pracy, M. B.; Richards, S. N.; Robotham, A. S. G.; van de Sande, J.; Tonini, C.; Yi, S. K., 2019, MNRAS, 483, 2851, "The SAMI Galaxy Survey: observing the environmental quenching of star formation in GAMA groups"
- Owers, Matt S.; Hudson, Michael J.; Oman, Kyle A.; Bland-Hawthorn, Joss; Brough, S.; Bryant, Julia J.; Cortese, Luca; Couch, Warrick J.; Croom, Scott M.; van de Sande, Jesse; Federrath, Christoph; Groves, Brent; Hopkins, A. M.; Lawrence, J. S.; Lorente, Nuria P. F.; McDermid, Richard M.; Medling, Anne M.; Richards, Samuel N.; Scott, Nicholas; Taranu, Dan S. Welker, Charlotte; Yi, Suhyoung K., 2019, ApJ, 873, 52, "The SAMI Galaxy Survey: Quenching of Star Formation in Clusters I. Transition Galaxies"
- Lee, Sang-Yoon; Chung, Chul; Yoon, Suk-Jin (2020) ApJ, 905, 124, Nonlinear Color-Metallicity Relations of Globular Clusters. IX. Different Radial Number Density Profiles between Blue and Red Clusters
- Hong, Jongsuk; Askar, Abbas; Giersz, Mirek and 2 more (2020) MNRAS, 498, 4287, MOCCA-SURVEY Database I: Binary black hole mergers from globular clusters with intermediate mass black holes
- Paudel, Sanjaya; Yoon, Suk-Jin (2020) ApJ, 898, 47, Starbursting Nuclei in Old Dwarf Galaxies
- Paudel, Sanjaya; Sengupta, Chandreyee; Yoon, Suk-Jin and 1 more (2020) AJ, 159, 141, MCG+07-20-052: Interacting Dwarf Pair in a Group Environment
- Han, Sang-II; Kim, Hak-Sub; Yoon, Suk-Jin and 4 more (2020) ApJS, 247, 7, Narrowband Ca Photometry for Dwarf Spheroidal Galaxies. I. Chemostructural Study on Draco, Sextans, and Canes Venatici I
- An, Sung-Ho; Kim, Juhan; Moon, Jun-Sung and 1 more (2019) ApJ, 887, 59, Living with Neighbors. II. Statistical Analysis of Flybys and Mergers of Dark Matter Halos in Cosmological Simulations
- Chung, Chul; Pasquato, Mario; Lee, Sang-Yoon and 4 more (2019) ApJ, 883, 31, Radial Dependence of the Proto-globular Cluster Contribution to the Milky Way Formation
- Moon, Jun-Sung; An, Sung-Ho; Yoon, Suk-Jin (2019) ApJ, 882, 14, Living with Neighbors. I. Observational Clues to Hydrodynamic Impact of Neighboring Galaxies on Star Formation
- Blue Bird, J.; Davis, J.; Luber, N.; van Gorkom, J. H.; Wilcots, E.; Pisano, D. J.; Gim, H. B.; Momjian, E.; Fernandez, X.; Hess, K. M.; Lucero, D.; Dodson, R.; Vinsen, K.; Popping, A.; Chung, A.; Kreckel, K.; van der Hulst, J. M.; Yun, M., 2020, MNRAS, 492, 153, "CHILES VI: HI and Ha observations for $z < 0.1$ galaxies; probing HI spin alignment with filaments in the cosmic web"
- Li, Zongnan; Li, Zhiyuan; Smith, Matthew W. L.; Wilson, Christine D.; Gao, Yu; Eales, Stephen A.; Ao, Yiping; Bureau, Martin; Chung, Aeree; Davis, Timothy A.; de Grijs, Richard; Eden, David J.; He, Jinhua; Hughes, Tom M.; Jiang, Xuejian; Kemper, Francisca; Lamperti, Isabella; Lee, Bumhyun; Lee, Chien-Hsiu; Michałowski, Michał J. Parsons, Harriet; Ragan, Sarah; Scicluna, Peter;

- Shi, Yong; Tang, Xindi; Tomičić, Neven; Viaene, Sebastien; Williams, Thomas G.; Zhu, Ming, 2020, MNRAS, 492, 195, "The HASHTAG project I. A survey of CO(3-2) emission from the star forming disc of M31"
- Smith, Krista Lynne; Mushotzky, Richard F.; Koss, Michael; Trakhtenbrot, Benny; Ricci, Claudio; Wong, O. Ivy; Bauer, Franz E.; Ricci, Federica; Vogel, Stuart; Stern, Daniel; Powell, Meredith C.; Urry, C. Meg; Harrison, Fiona; Mejia-Restrepo, Julian; Oh, Kyuseok; Baek, Junhyun; Chung, Aeree, 2020, MNRAS, 492, 4216, "BAT AGN spectroscopic survey - XV: the high frequency radio cores of ultra-hard X-ray selected AGN"
- Jiang, Xue-Jian; Greve, Thomas R.; Gao, Yu; Zhang, Zhi-Yu; Tan, Qinghua; de Grijs, Richard; Ho, Luis C.; Michałowski, Michał J.; Currie, Malcolm J.; Wilson, Christine D.; Brinks, Elias; Ao, Yiping; Zhao, Yinghe; He, Jinhua; Harada, Nanase; Yang, Chentao; Jiao, Qian; Chung, Aeree; Lee, Bumhyun; Smith, Matthew W. L. Liu, Daizhong; Matsushita, Satoki; Shi, Yong; Imanishi, Masatoshi; Rawlings, Mark G.; Zhu, Ming; Eden, David; Davis, Timothy A.; Li, Xiaohu, 2020, MNRAS, 494, 1276, "The MALATANG survey: dense gas and star formation from high-transition HCN and HCO+ maps of NGC 253"
- Scott, T. C.; Sengupta, Chandreyee; Lagos, P.; Chung, Aeree; Wong, O. Ivy, 2021, 2021MNRAS.tmp.419S2021/02, "Resolved HI in two ultra-diffuse galaxies from contrasting non-cluster environments"
- Mun, Jae Yeon; Hwang, Ho Seong; Lee, Myung Gyoon; Chung, Aeree; Yoon, Hyein; Lee, Jong Chul, 2021, 2021arXiv210107472M2021/01, "Star Formation Activity of Galaxies Undergoing Ram Pressure Stripping in the Virgo Cluster"
- Brown, T.; Wilson, C.; Jiménez, M. J.; Bisaria, D.; Roberts, I.; Wadsley, J.; Spekkens, K.; Parker, L.; Thorp, M.; Chown, R.; Ellison, S.; Boselli, A.; Cashmore, C.; Roediger, E.; Zabel, N.; Davis, T.; Bahé, Y.; Lee, B.; Bolatto, A.; Mok, A. Diemer, B.; Welker, C.; Olsen, K. P.; Tonnesen, S.; Vogel, S.; Villanueva, V.; Yoon, H.; Smith, R.; Chung, A.; Stevens, A.; Catinella, B.; Lagos, C.; Cortese, L.; Elahi, P., 2020, 2020sea, confE.13 (Contributions to the XIV.0 Scientific Meeting (virtual) of the Spanish Astronomical Society, held 13-15 July 2020)
- Yoon, M.; Jee, M. J., 2021, ApJ, 908, 13, "Baryonic Feedback Measurement From KV450 Cosmic Shear Analysis"
- Yoon, M.; Lee, W.; Jee, M. J.; Finner, K.; Smith, R.; Kim, J.-W., 2020, ApJ, 903, 151, "Toward Solving the Puzzle: Dissecting the Complex Merger A521 with Multiwavelength Data"
- Lee, Y.-W.; Chung, C.; Kang, Y.; Jee, M. J., 2020, ApJ, 903, 22, "Further Evidence for Significant Luminosity Evolution in Supernova Cosmology"
- HyeongHan, K.; Jee, M. J.; Rudnick, L.; Parkinson, D.; Finner, K.; Yoon, M.; Lee, W.; Brunetti, G.; Brüggén, M.; Collier, J. D.; Hopkins, A. M.; Michałowski, M. J.; Norris, R. P.; Riseley, C., 2020, ApJ, 900, 127, "Discovery of a Radio Relic in the Massive Merging Cluster SPT-CL J2023-5535 from the ASKAP-EMU Pilot Survey"
- Hlavacek-Larrondo, J.; Rhea, C. L.; Webb, T.; McDonald, M.; Muzzin, A.; Wilson, G.; Finner, K.; Valin, F.; Bonaventura, N.; Cooper, M.; Fabian, A. C.; Gendron-Marsolais, M.-L.; Jee, M. J.; Lidman, C.; Mezcua, M.; Noble, A.; Russell, H. R.; Surace, J.; Trudeau, A.; Yee, H. K. C., 2020, ApJL, 898, L50, "Evidence of Runaway Gas Cooling in the Absence of Supermassive Black Hole Feedback at the Epoch of Cluster Formation"
- Lee, W.; Jee, M. J.; Kang, H.; Ryu, D.; Kimm, T.; Brüggén, M., 2020, ApJ, 894, 60, "Reconstruction of Radio Relics and X-Ray Tails in an Off-axis Cluster Merger: Hydrodynamical Simulations of A115"
- Finner, K.; James Jee, M.; Webb, T.; Wilson, G.; Perlmutter, S.; Muzzin, A.; Hlavacek-Larrondo, J., 2020, ApJ, 893, 10, "Constraining the Mass of the Emerging Galaxy Cluster SpARCS1049+56 at $z = 1.71$ with Infrared Weak Lensing"
- Han, C.; Lee, C.-U.; Udalski, A.; Gould, A.; Bond, I. A.; Bozza, V.; Albrow, M. D.; Chung, S.-J.; Hwang, K.-H.; Jung, Y. K.; Ryu, Y.-H.; Shin, I.-G.; Shvartzvald, Y.; Yee, J. C.; Zang, W.; Cha, S.-M.; Kim, D.-J.; Kim, H.-W.; Kim, S.-L.; Lee, D.-J.; Lee, Y.; Park, B.-G.; Pogge, R. W.; Jee, M. J.; Kim, D., KMTNet Collaboration; Mróz, P.; Szymański, M. K.; Skowron, J.; Poleski, R.; Soszyński, I.; Pietrukowicz, P.; Kozłowski, S.; Ulaczyk, K.; Rybicki, K. A.; Iwanek, P.; Wrona, M.; OGLE Collaboration; Abe, F.; Barry, R.; Bennett, D. P.; Bhattacharya, A.; Donachie, M.; Fujii, H.; Fukui, A.; Itow, Y.; Hirao, Y.; Kamei, Y.; Kondo, I.; Koshimoto, N.; Li, M. C. A.; Matsubara, Y.; Muraki, Y.; Miyazaki, S.; Nagakane, M.; Ranc, C.; Rattenbury, N. J.; Satoh, Y.; Shoji, H.; Suematsu, H.; Sullivan, D. J.; Sumi, T.; Suzuki, D.; Tristram, P. J.; Yamakawa, T.; Yamawaki, T.; Yonehara, A., & MOA Collaboration 2020, AJ, 159, 134, "Candidate Brown-dwarf Microlensing Events with Very Short Timescales and Small Angular Einstein Radii"
- Han, C.; Udalski, A.; Gould, A.; Albrow, M. D.; Chung, S.-J.; Hwang, K.-H.; Jung, Y. K.; Lee, C.-U.; Ryu, Y.-H.; Shin, I.-G.; Shvartzvald, Y.; Yee, J. C.; Zang, W.; Cha, S.-M.; Kim, D.-J.; Kim, H.-W.; Kim, S.-L.; Lee, D.-J.; Lee, Y.;

- Park, B.-G.; Pogge, R. W.; Jee, M. J.; Kim, D.; Kim, C.-H.; Kim, W.-T.; Mróz, P.; Szymański, M. K.; Skowron, J.; Poleski, R.; Soszyński, I.; Pietrukowicz, P.; Kozłowski, S.; Ulaczyk, K., 2020, *AJ*, 159, 91, "OGLE-2016-BLG-1227L: A Wide-separation Planet from a Very Short-timescale Microlensing Event"
- Han, C.; Lee, C.-U.; Udalski, A.; Gould, A.; Bond, I. A.; Authors, L.; Albrow, M. D.; Chung, S.-J.; Hwang, K.-H.; Jung, Y. K.; Ryu, Y.-H.; Shin, I.-G.; Shvartzvald, Y.; Yee, J. C.; Zang, W.; Cha, S.-M.; Kim, D.-J.; Kim, H.-W.; Kim, S.-L.; Lee, D.-J.; Lee, Y.; Park, B.-G.; Pogge, R. W.; Jee, M. J.; Kim, D.; Kmtnet Collaboration; Mróz, P.; Szymański, M. K.; Skowron, J.; Poleski, R.; Soszyński, I.; Pietrukowicz, P.; Kozłowski, S.; Ulaczyk, K.; Rybicki, K. A.; Iwanek, P.; Wrona, M.; The Ogle Collaboration; Abe, F.; Barry, R.; Bennett, D. P.; Bhattacharya, A.; Donachie, M.; Fujii, H.; Fukui, A.; Itow, Y.; Hirao, Y.; Kamei, Y.; Kondo, I.; Koshimoto, N.; Li, M. C. A.; Matsubara, Y.; Muraki, Y.; Miyazaki, S.; Nagakane, M.; Ranc, C.; Rattenbury, N. J.; Suematsu, H.; Sullivan, D. J.; Sumi, T.; Suzuki, D.; Tristram, P. J.; Yamakawa, T.; Yonehara, A., & THE MOA Collaboration 2020, *AJ*, 159, 48, "OGLE-2018-BLG-1700L: Microlensing Planet in Binary Stellar System"
- Kim, J.; Jee, M. J.; Perlmutter, S.; Hayden, B.; Rubin, D.; Huang, X.; Aldering, G.; Ko, J., 2019, *ApJ*, 887, 76, "Precise Mass Determination of SPT-CL J2106-5844, the Most Massive Cluster at $z > 1$ "
- Andrade-Santos, F.; van Weeren, R. J.; Di Gennaro, G.; Wittman, D.; Ryu, D.; Vir Lal, D.; Placco, V. M.; Fogarty, K.; Jee, M. J.; Stroe, A.; Sobral, D.; Forman, W. R.; Jones, C.; Kraft, R. P.; Murray, S. S.; Brüggen, M.; Kang, H.; Santucci, R.; Golovich, N.; Dawson, W., 2019, *ApJ*, 887, 31, "Chandra Observations of the Spectacular A3411-12 Merger Event"
- Golovich, N.; Dawson, W. A.; Wittman, D. M.; van Weeren, R. J.; Andrade-Santos, F.; Jee, M. J.; Benson, B.; de Gasperin, F.; Venturi, T.; Bonafede, A.; Sobral, D.; Ogrean, G. A.; Lemaux, B. C.; Bradač, M.; Brüggen, M.; Peter, A., 2019, *ApJ*, 882, 69, "Merging Cluster Collaboration: A Panchromatic Atlas of Radio Relic Mergers"
- Costa, Tiago; Rosdahl, Joakim; Kimm, Taysun, 2019, *MNRAS*, 489, 5181, "The hidden satellites of massive galaxies and quasars at high redshift"
- Michel-Dansac, L.; Blaizot, J.; Garel, T.; Verhamme, A.; Kimm, T.; Trebitsch, M., 2020, *A&A*, 635, 154, "RASCAS: RAdiation SCattering in Astrophysical Simulations"
- Katz, Harley; Ramsay, Marius; Rosdahl, Joakim; Kimm, Taysun; Blaizot, Jérémy; Haehnelt, Martin G.; Michel-Dansac, Léo; Garel, Thibault; Laigle, Clotilde; Devriendt, Julien; Slyz, Adrienne, 2020, *MNRAS*, 494, 2200, "How to quench a dwarf galaxy: The impact of inhomogeneous reionization on dwarf galaxies and cosmic filaments"
- Secunda, Amy; Cen, Renyue; Kimm, Taysun; Gotberg, Ylva; de Mink, Selma E., 2020, *ApJ*, 901, 72, "Delayed Photons from Binary Evolution Help Reionize the Universe"
- Katz, Harley; Āurovčiková, Dominika; Kimm, Taysun; Rosdahl, Joki; Blaizot, Jeremy; Haehnelt, Martin G.; Devriendt, Julien; Slyz, Adrienne; Ellis, Richard; Laporte, Nicolas, 2020, *MNRAS*, 498, 164, "New Methods for Identifying Lyman Continuum Leakers and Reionization-Epoch Analogues"
- Chabanier, S.; Bournaud, F.; Dubois, Y.; Codis, S.; Chapon, D.; Elbaz, D.; Pichon, C.; Bressand, O.; Devriendt, J.; Gavazzi, R.; Kraljic, K.; Kimm, T.; Laigle, C.; Lekien, J.-B.; Martin, G.; Palanque-Delabrouille, N.; Peirani, S.; Piserchia, P.-F.; Slyz, A.; Trebitsch, M.; Yèche, C., 2020, *A&A*, 643L, 8, "Formation of compact galaxies in the Extreme-Horizon simulation"
- Lee, Jaehyun; Kimm, Taysun; Katz, Harley; Rosdahl, Joakim; Devriendt, Julien; Slyz, Adrienne, 2020, *ApJ*, 905, 31, "Dual Effects of Ram Pressure on Star Formation in Multiphase Disk Galaxies with Strong Stellar Feedback"
- Yoo, Taehwa; Kimm, Taysun; Rosdahl, Joakim, 2020, *MNRAS*, 499, 5175, "On the origin of low escape fractions of ionizing radiation from massive star-forming galaxies at high redshift"
- Mauerhofer, V.; Verhamme, A.; Blaizot, J.; Garel, T.; Kimm, T.; Michel-Dansac, L.; Rosdahl, J., 2021, *A&A*, "UV absorption lines and their potential for tracing the Lyman continuum escape fraction"
- Grisdale, K.; Thatte, N.; Devriendt, J.; Pereira-Santaella, M.; Slyz, A.; Kimm, T.; Dubois, Y.; Yi, S. K., 2021, *MNRAS*, 501, 5517, "Predicting the observability of population III stars with ELT-HARMONI via the helium 1640 Å emission line"

충남대학교 천문우주과학과

1. 인적사항

본 학과(학과장 이영선)는 현재 7명의 전임교수(외국인 전임 교원 1명 포함), 및 조교 1인을 중심으로 교육과 연구에 임하고 있다. 2021년도에는 학부과정에 31명, 석사과정에 2명이 입학하였으며,

박사 1명, 석사 2명이 배출되었다. 또한, 외국인 2명 포함, 박사 후 연구원 및 연구교수 8명이 관련 전공 분야 대학원생과 전임교수와 긴밀히 연구를 수행하고 있다. 2021년 현재 학부에 약 130여 명, 대학원 석박사 과정에 약 20명이 재학 중으로 지방국립대 중 최대 규모의 천문우주과학 관련 학과를 운영하여 교육과 연구에 전념하고 있다. 한편, 대학원 과정의 경우 천문우주과학과, 지질환경과학과, 대기과학과를 통합한 우주지질학과를 운영 중이며, 천문우주, 지질환경, 대기과학의 융합 교육 및 연구를 꾀하고 있다.

2. 연구 및 학술활동

김용하 교수는 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 30,000개 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 관측기기로부터 고도 90~300 km 구간의 바람 속도에 대한 측정 자료를 확보하여 이 영역의 우주과학 연구를 활발히 수행하고 있다.

이 유 교수는 전남대 오수연 교수와 함께 Neutron Monitor 관측소를 현재 표준연구원 내에 구축하여 관측을 하고 있고, 올해 2020년 남극대륙 내의 장보고 기지에 제2 관측소 설치를 완성하였다. 이와 더불어 전 세계 관측소들의 자료를 사용하여 관측되는 우주선 강도의 감소현상(Forbush Decrease) 및 급증 현상(Ground Level Enhancement)을 연구하여 오고 있다. 이런 현상들을 태양과 지구간의 행성간 자기권을 물리적 변화로 설명하려는 연구를 지속하고 있다. 이와 관련하여 태양과 태양형 항성들의 자기 활동 변화 주기의 통계 연구를 진행하고 있다. 그리고 향후 달탐사를 위한 기초연구로서 LRO/CRaTER 관측 자료를 이용하여 달 궤도에서의 우주선 환경변화를 연구하고 있으며, 달에서 인류가 주거 가능한 전초 기지가 될 수 있는 달의 용암동굴을 찾기 위한 연구를 진행하고 있다. 또한, 최근에는 미국 NOAA 자료와 프랑스 Coriolis 프로젝트로 구축된 해양 관측 자료를 활용하여 지구 기후변화 원인에 대한 깊은 관심을 갖고 연구 중이다.

조정연 교수는 MHD 난류의 성질 및 천문학적 응용에 대해 연구하고 있으며, 성간 먼지의 정렬현상 및 이에 의해 야기되는 적외선 편광에 대해 연구하고 있다. 또한 외부은하의 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 교수는 광학, 자외선, 그리고 전파 등 다파장 관측자료를 이용하여 은하단, 은하그룹, 필라멘트, 필드(field) 등 다양한 환경에 있는 은하들의 특성 및 환경에 따른 은하의 진화를 연구하고 있

다. 특히, 처녀자리 은하단 주위에 존재하는 필라멘트 구조에 있는 은하들의 다파장 자료를 이용하여 필라멘트내 위치에 따른 은하의 특성 차이와 이에 대한 기작 연구를 수행하였다. 또한, 적색편이 0.05 이내에 있는 밀집타원은하(compact elliptical galaxy)의 목록을 구축하고, 환경에 따른 밀집타원은하의 종족 특성 차이가 나타남을 밝히고, 서로 다른 두 가지 형성 기작이 있음을 연구하였다.

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 교수는 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, 알파 원소 함량비와 탄소 함량비를 결정하는 일괄처리 프로그램들을 개발하는 연구를 수행하고 있다. 일괄처리 프로그램을 통하여 결정된 별의 물리량과 화학원소 함량비와 가이아 위성이 제공하는 별의 연주시차, 고유운동 정보를 이용하여 우리은하의 원반(disk)과 헤일로(halo)에 있는 별들의 운동학적, 화학적 특성과 분포를 조사하여 원반과 헤일로의 형성과정과 화학적 진화에 대한 연구도 수행하고 있다.

민경국 교수는 지구 자기권 내 플라스마 파동과 이 파동이 환전류와 방사선 대를 구성하는 고에너지 전자와 이온들에 미치는 영향을 위성 관측 데이터 분석과 이론과 모델링을 통해 연구해오고 있다. 현재 쌍극자 자기장 내에서 particle-in-cell simulation을 통해 적도 소음(equatorial noise)이라 불리는 파동의 생성과 전파 연구에 주력하고 있으며, 대학원 학생 지도를 통해 자기권뿐만 아니라 태양권 내에서 일어나는 전반적인 플라스마 물리현상 연구로 연구영역을 넓혀 나가고 있다.

3. 연구시설

연구 시설로는 다수의 워크스테이션 서버와 고성능 PC가 갖추어진 천문전산실, 광학실험장치, Photodensitometer, 인공위성 추적시스템이 갖추어져 있는 광학실험실이 있다. 그리고 천문대, 시뮬레이션실, 천문도서실 등이 학부 학생들의 교육을 위한 실험실습실로 이용되고 있다. 천문대에는 16인치 슈미트-카세그레인 반사망원경이 4 m 돛에 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. 또한 천체투영관과 지구과학현상 3차원 투영시스템을 구축하여 학부 관측수업 및 지구와 태양계 내의 여러 물리현상 교육을 위한 보조 장비로 활용하고 있다. 이들 장비는 충남대학교 별 축제에서 일반 대중을 위한 천문교육에도 이용되고 있다.

충북대학교 천문우주학과

1. 기본사항

충북대학교 천문우주학과에는 서경원, 김용기, 이대영, 하야사 키키미타케, 안홍준, 김경찬 회원 등 6명의 전임 교수가 178명의 학부생과 34명의 대학원생의 교육과 연구를 맡고 있다. 국내 대학 중 유일한 대학본부 부속기관인 충북대학교 천문대는 2018년 10월부터 김용기 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.

김용기 교수는 대학원 대중천문학과정을 담당하고 있다. 자기 격변변광성의 관측 및 관측자료 처리에 대한 연구를 하고 있으며, 우크라이나 ONMU 대학의 Andronov 교수와 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 참여

한 바 있다. 김용기 교수는 다수의 천문학 서적의 번역에 참여하고 있으며, 한국창의재단의 지원으로 STEAM교육프로그램을 개발하고 있다. 현재 김동훈, 김태우, 한기영, 박은미 회원이 박사과정, 김상걸, 김하정, 이승윤, 이현석, 임종진, 하태용, 허민, 김하정 회원이 석사과정을 이수하고 있으며, 김하은 회원과 설아침 회원이 통합과정에서 김용기 교수의 지도를 받고 있다.

이대영 교수는 현재 6 명의 full-time 석·박사 과정 대학원생들과 3 인의 연구교수 및 연구원으로 구성된 우주물리/우주환경 연구 그룹을 이끌고 있다. 주로 space plasma instabilities, radiation belt electron dynamics, wave-particle interaction, interplanetary magnetic field, solar wind structure, 행성 자기권 MHD simulation 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 개발하였으며, 이를 통해 관련 기반 기술의 국산화에 주력하고 있다. 또 다른 한국연구재단 지원 사업을 통해서도 우주환경 교란의 가장 주요한 현상인 radiation belt의 발생 근원에 대한 매우 새로운 이론을 시험하기 위한 중장기 연구를 최근 시작하였다.

하야사키 키미타케 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 대학원생과 함께 연구를 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 연구 하고 있다. 고에너지 방사는 우리 은하뿐만 아니라, 외계은하에 존재하는 밀집성에서 나타나는데, 주로 중성자 별 및 그 성운, 초신성 잔해, 거대 블랙홀 등이 연구대상이다. 이런 물체에서 발생하는 고에너지 현상을 통하여 그 물체들의 특성을 추정하는데, 중성자별 연구는 최종적으로 그 질량을 추정하여 현재의 물리학적 지식을 기반으로 유도한 상태방정식을 검증함으로써 초 고밀도하에 존재하는 물질의 상태를 추정하는 것을 목표로 한다. 중성자별 성운이나 거대 블랙홀 주변에서 입자들이 초고에너지로 가속되는 현상이 발생하여 X선 및 감마선이 방출되는 것으로 추정하는데, 관측 및 이론적 모형을 통하여 플라스마 물질의 가속현상들이 해하는 것을 목표로 하여 연구하고 있다. 현재 여덟 명의 대학원생과 함께 연구를 진행하고 있다.

김경찬 교수는 2021년 3월에 충북대학교에 신규 임용되어, 현재까지 명확히 알려지지 않은 지구, 목성, 그리고 토성의 방사선대 진화과정을 이해하고 궁극적으로는 태양계 행성의 방사선대 생성 원리로서 플라스마 파동-입자 상호작용 이론을 정립하는 연구를

수행하고 있다. 이를 위해 현재 한국연구재단이 지원하는 지구 방사선대 생성원리에 대한 연구를 수행하고 있으며, 또한 과기부 우주핵심기술개발사업을 통해 목성과 토성 주변 방사선대 동역학 연구를 진행 중이다. 향후 우주공간물리 연구실에서 생성하는 다양한 태양계 탐사 위성 자료 분석자료 및 예보모델 개발 결과는 목성 및 주변 위성을 탐사하기 위해 계획 중인 우주 탐사선들의 기본 개발틀로써 제공될 예정이다.

3. 연구시설

각 교수의 연구실 및 실험실에는 최신 PC 및 관련 주변 기기, 그리고 워크스테이션 및 ~150-core server가 구비되어 있으며, 또한 교내 35 cm 반자동 천체망원경, 40 cm 자동 천체망원경 및 3 m 태양 망원경, 5 m 위성 전파수신기, 그리고 최근 자체 제작한 2.8 Ghz 전파 수신기 등 천문우주 교육에 필요한 다수의 장비를 갖추고 있다. 이와 더불어 대학 본부 부속기관인 충북대학교 천문대(충북 진천군 소재)가 2008년 4월 개관 이후 시험 관측을 거쳐 현재 활발히 천문관측을 수행하고 있다. 충북대학교 천문대는 국내 대학 규모로는 최대인 1 m 반사 망원경을 보유하고 있고, 60 cm 광시야 망원경을 이용하여 천문 교육과 연구에 활용될뿐만 아니라, 지역사회에 개방되어 천문지식 보급에도 크게 기여하고 있다.

4. 국내외 연구 논문(2019-2021)

Suh, Kyung-Won, 2020, Infrared Properties of Asymptotic Giant Branch Stars in Our Galaxy and the Magellanic Clouds, *The Astrophysical Journal*, 891, 43

Suh, Kyung-Won, 2019, Circumstellar dust, IR spectroscopy, and mineralogy, *IAUS*, 343, p.159-163.

김용기, 구분철, 김동우, 김민선, 김은혁, 손주비, 이재준, 이재현, 정연길, 홍재섭 역, 2020, 판타스틱 유니버스: 찬드라가 바라본 우주의 신비, 서울: 북스힐(원저, W. Tucker, 2017, Chandra Cosmos)

송인욱, 권석민, 장현영, 김용재, 심채경, 김용기, 손정주, 심현진 역, 2020, 우주생물학, 서울: 시그마프레스(원저: D.Q. Rothery, L. Gilmour, and M. Septhton, 2018, An Introductin to astrobiology)

김용기, 김형범, 김수현, 2020, STEAM 교재: 헤그럼자와 놀기, (대전: 정우COM) ISBN 979-11-87288-30-5

김용기, 김형범, 정은배, 2020, 사실우리는 돌고 있어요(대전: 정우COM) ISBN 979-11-87288-28-2

김용기, 김형범, 김상훈, 2020, STEAM 교재:3D프린터와 AR을활용하여 망원경과 천체지기, (대전: 정우COM) ISBN 979-11-87288-27-5

김형범, 김용기, 이은봉, 2020, STEAM 교재:드론인명구조사를소개합니다, (대전: 정우COM) ISBN 979-11-87288-26-8

김형범, 김용기, 김인국, 2020, STEAM 교재:인공지능 어디까지 알

고있니?, (대전: 정우COM) ISBN 979-11-87288-25-1

김형범, 김용기, 류현아, 2020, STEAM 교재:빅데이터만져보기, (대전: 정우COM) ISBN 979-11-87288-29-9

김용기, 김형범, 이지선, 2020, 우리동네지킴이, 가로동 - 교사용, (서울: 과학창의재단) ISSN 979-11-6369-248-5

김용기, 김형범, 이지선, 2020, 우리동네지킴이, 가로동 - 학생용, (서울: 과학창의재단) ISSN 979-11-6369-249-2

김용기, 김형범, 한도윤, 2020, 내직업은 지층 VR 크리에이터 - 교사용, (서울: 과학창의재단) ISSN 979-11-6369-240-9

김용기, 김형범, 한도윤, 2020, 내직업은 지층 VR 크리에이터 - 학생용, (서울: 과학창의재단) ISSN 979-11-6369-241-6

한신, 김형범, 김용기, 김정화, 2020, 픽셀의 비밀을 풀어보자- 교사용, (서울: 과학창의재단) ISSN 979-11-6369-250-8

한신, 김형범, 김용기, 김정화, 2020, 픽셀의 비밀을 풀어보자- 학생용, (서울: 과학창의재단) ISSN 979-11-6369-251-5

김용기, 김형범, 조재완, 허윤정, 2020, 드론(UAV)으로 군집 아트쇼를 해볼까 - 교사용, (서울: 과학창의재단) ISSN 979-11-6369-242-3

김용기, 김형범, 조재완, 허윤정, 2020, 드론(UAV)으로 군집 아트쇼를 해볼까 - 학생용, (서울: 과학창의재단) ISSN 979-11-6369-243-0

김용기, 김형범, 유완석, 허윤정, 2020, 미세먼지를 예방할 수 있을까 - 교사용, (서울: 과학창의재단) ISSN 979-11-6369-244-7

김용기, 김형범, 유완석, 허윤정, 2020, 미세먼지를 예방할 수 있을까 - 학생용, (서울: 과학창의재단) ISSN 979-11-6369-245-4

김용기, 김형범, 김상훈, 2020, 별자리의 비밀을 알아볼까 - 교사용, (서울: 과학창의재단) ISSN 979-11-6369-250-8

김용기, 김형범, 김상훈, 2020, 별자리의 비밀을 알아볼까 - 교사용, (서울: 과학창의재단) ISSN 979-11-6369-247-8

D.-H. Kim, Y. Kim, J.-N. Yoon, and H.-S. Im, 2019, Development of a prriod analysis algorthim for detecting variable stars in time-series observational data, *JASS*, 36(4), 283

Y. Kim and J.-N. Yoon, 2020, Professional-amateur programs at chungbuk national university, 2020, *Contrib. Astron. Obs. Skalnate Pleso*, 50, 384

J. Jeon and Y. Kim, 2019, Analysis of papers published in the journal of astronomy and space sciences from 1984 to 2018, *JASS*, 36(3), 199

Y. Kim, I. L. Andronov, K. D. A ndry ch, J.-N. Yoon, K. Han and L.L. Chinarova, 2020, Poorly studied eclipsing binaries in the field of DO Draconis: V454 Dra and V455 Dra, *JKAS*, 53, 43

김영수, 변용익, 윤요라, 김용기, 2019, 에티오피아 천문, 우주과학 분야의 현황 및 협력방안, *적정기술학회지*, 5(2), 114

한신, 김용기, 김형범, 2019, 자연재해 주제를 활용한 창의융합 HTE-STEAM프로그램 개발 및 효과, *지구과학교육학회지*, 12(3), 291

- 박은미, 민병희, 이기원, 김용기, 2020, 고종 31년(1894)연력장의 역일검증, 천문학논총, 35,001
- 설아침, 김형범, 한신, 김용기, 2020, 한국천문연구원 ‘스타-카’ 프로그램 개발 및 효과분석: 과학문화 소외지역을 중심으로, 한국지구과학교육학회지, 13(1), 100
- 한신, 김형범, 김용기, 송하명, 2020, 비유를 활용한 STEAM프로그램 개발 및 효과: 중학교 ‘태양계’ 단원을 중심으로, 13(1), 15
- 한신, 김용기, 김형범, 2020, 텍스트마이닝을 활용한 대학생들의 외계행성 개념변화연구, 대한지구과학회지, 13(3), 305
- D.-Y. Lee, 2021, Sensitive dependence of ultrarelativistic electron precipitation on EMIC wave frequency, Journal of Geophysical Research: Space Physics
- H. M. Kim, ..., D.-Y. Lee, et al. 2021, Observations of Particle Loss due to 2 Injection-Associated EMIC Waves, Journal of Geophysical Research: Space Physics
- Noh, S., D.Y. Lee, et al., 2021, Upper limit of proton anisotropy and its relation to EMIC waves in the inner magnetosphere, Journal of Geophysical Research: Space Physics.
- Cheong R. Choi, M.-H. Woo, P. H. Yoon, D.-Y. Lee, and K. S. Park, 2021, Anomalous Proton Velocity Diffusion by Quasi-Monochromatic Kinetic Alfvén Waves, Astrophysical Journal.
- Ji-Hyeon Yoo, Dae-Young Lee, Eo-Jin Kim et al., 2021, A Substorm Injection Event and the Radiation Belt Structure Observed by Space Radiation Detectors onboard NEXTSat-1, J. Astron. Space Sci.
- J.-H. Lee, G. Jee, Y.S. Kwak, S.B. Hong, H. Hwang, I.S. Song, Y.-S. Lee, E. Turunen, and D.-Y. Lee, 2021, polar middle atmospheric responses to medium energy electron (MEE) precipitation using numerical model simulations, Atmosphere.
- D.-Y. Lee, K.C. Kim, C.R. Choi, 2020, Nonlinear Scattering of 90° Pitch Angle Electrons in the Outer Radiation Belt by Large-Amplitude EMIC Waves, Geophys. Res. Lett.
- D.-Y. Lee and J. Kim, 2020, Simultaneous Influence of Whistler-Mode Chorus and EMIC Waves on Electron Loss in the Earth’s Radiation Belt, Journal of the Korean Physical Society.
- E. Kim, ... D.-Y. Lee, et al. 2020, Initial Operation and Preliminary Results of the Instrument for the Study of Stable/Storm-Time Space (ISSS) on Board the Next Generation Small Satellite-1 (NEXTSat-1), J. Astron. Space Sci.
- K.S. Park, D.-Y. Lee, K.-H. Kim, 2020, Global MHD Simulation of a Prolonged Steady Weak Southward Interplanetary Magnetic Field Condition, J. Astron. Space Sci.
- Cheong R. Choi, M.-H. Woo, Peter H. Yoon, D.-K. Shin, D.-Y. Lee, and K. S. Park, 2019, Proton Perpendicular Heating by Kinetic Alfvén Wave, Astrophysical Journal.
- K.-E. Choi and D.-Y. Lee, 2019, Origin of solar rotational periodicity and harmonics identified in the interplanetary magnetic field Bz component near the Earth during solar cycles 23 and 24, Solar Physics
- D.-Y. Lee, 2019, Recent Progress in the Theoretical Understanding of Relativistic Electron Scattering and Precipitation by Electromagnetic Ion Cyclotron Waves in the Earth’s Inner Magnetosphere, J. Astron. Space Sci.
- K. Hayasaki, Neutrinos form tidal disruption events, 2021, Nature Astronomy, doi: 0.1038/s41550-021-01309-z
- K. Hayasaki, M.R. Bate, and A. Loeb, Ionization and dissociation induced fragmentation of a tidally disrupted star into planets around a supermassive black hole, 2020, arXiv:2001.04172
- Park Gwanwoo and K. Hayasaki, Tidal disruption flares from stars on marginally bound and unbound orbits, 2020, ApJ, 900, 1
- K. Hayasaki and R. Yamazaki, Neutrino Emissions from Tidal Disruption Remnants, 2019, ApJ, 886, 114
- Rho, J. ... An, H. ... et al. “Near-infrared and optical observations of type IC SN 2020oi and broad-lined IC 2020bvc: Carbon Monoxide, Dust, and High-Velocity Supernova Ejecta”, 2021, ApJ, 908, 232
- Kim, M. and An, H. “X-ray properties of the pulsar PSR J0205+6449 in 3C 58”, 2021, JKAS, 54, 1
- An, H. and Romani, R. W. 2020, “X-ray constraints on the spectral energy distribution of the z=5.18 blazar SDSS J013127.34-032100.1”, ApJ, 904, 27
- Yoo, S. and An, H. “Spectral variability of the blazar 3C 279 in the optical to X-ray band during 2009-2018”, 2020, ApJ, 902, 2
- Mori, K., An, H., Feng, Q. et al. “Multi-wavelength observations of 2HWC J1928+177: Dark accelerator or new TeV gamma-ray binary?”, 2020, ApJ, 897, 129
- An, H., Romani, R. W., and Kerr, M. “Orbital Modulation of Gamma Rays from PSR J2339-0533”, 2020, ApJ, 897, 52
- Kim, M. and An, H. “Characterizing X-ray properties of the gamma-ray pulsar PSR J1418-6058 in the Rabbit pulsar wind nebula”, 2020, ApJ, 892, 5
- Kim, S. and An, H. “Spectral energy distribution modelling of broadband emission in the pulsar wind nebula 3C 58”, 2020, Astronomische Nachrichten, 341, 170
- Kim, S., Park, J. and An, H. “Investigating the PWN 3C 58 using emission models”, 2019, JKAS, 52, 173

Kandel, D., Romani, R. W. and An, H. "The Synchrotron Emission Pattern of IntraBinary Shocks", 2019, ApJ, 879, 73

An, H. and Archibald, R. "X-ray timing studies of the low-field magnetar CXOU 164710.2-455216", 2019, ApJL, 877, L10

An, H. "NuSTAR hard X-ray studies of the pulsar wind nebula 3C 58", 2019, ApJ, 876, 150

Kim, M., An, H. "Measuring timing properties of PSR B0540-69", 2019, JKAS, 52, 41

Kim, K.-C., Shprits, Y., & Wang, D., 2020, Quantifying the effect of plasmaspheric hiss on the electron loss from the slot region. Journal of Geophysical Research: Space Physics

Lee, D.-Y., Kim, K.-C., & Choi, C.-R., 2020, Nonlinear scattering of 90° pitch angle electrons in the outer radiation belt by large-amplitude EMIC waves. Geophysical Research Letters

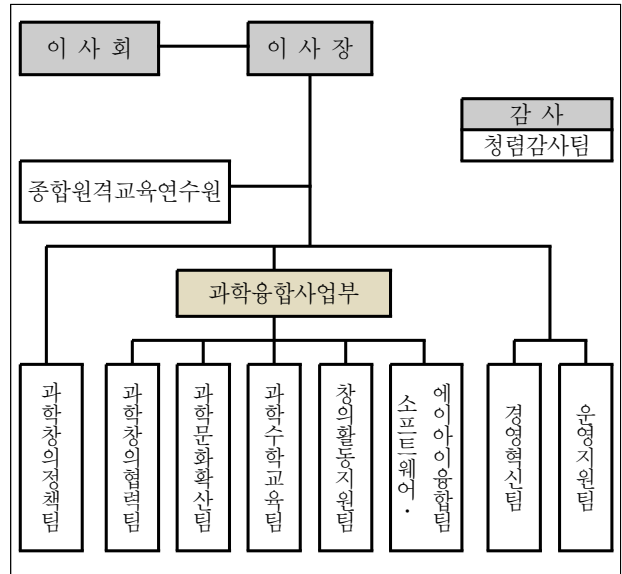
Lee, Y.-S., Kwak, Y.-S., Kim, K.-C., & Kim, Y. H., 2020, Dynamically unstable strong wind shears observed in the polar mesosphere summer echo layer associated with geomagnetic disturbances. Journal of Geophysical Research: Space Physics

Lee, Y.-S., Kim, K.-C., Kwak, Y.-S. et al., 2019, High-latitude mesospheric intense turbulence associated with high-speed solar wind streams. Astrophys Space Sci

Kim, K.-C., & Shprits, Y., 2019, Statistical analysis of hiss waves in plasmaspheric plumes using Van Allen Probe observations. Journal of Geophysical Research: Space Physics

을 이어주는 중요한 역할을 수행하고 있다.

[조직]



주요조직	주요기능
과학창의협력팀	과학문화 총괄, 사업 홍보, 과학소통 온·오프 플랫폼 운영 등
과학문화확산팀	지역 과학문화 조성, 과학소통 전문가 육성, 교육기부 활성화 등
1부 과학수학교육팀	과학·수학교육 내실화 및 교육과정 연구, 과학영재교육 등
창의활동지원팀	청소년 과학탐구·창의교육 지원, 학생부 및 학생평가 내실화 등
소프트웨어·에이아이융합팀	SW·AI교육 내실화 및 교육과정 연구, STEAM교육 추진 등

한국과학창의재단

1. 기관 현황

한국과학창의재단은 과학기술 발전과 진흥을 위해 설립된 과학기술후원회를 모태로 하는 준정부기관으로, 1967년 과학기술기본법에 의해 설립되어 한국과학진흥재단(1972), 한국과학문화재단(1996)을 거쳐 2008년 한국과학창의재단으로 확대 개편되었으며, 2011년 이후 특정연구기관으로 지정되었다.

주요 기능 및 역할은 과학기술문화 창달 및 창의적 인재육성을 위한 조사·연구·정책개발과 국민의 과학기술 이해 증진 및 확산 사업, 과학교육과정 및 창의적 인재육성 프로그램 개발 등으로 과학기술계와 국민의 소통과 과학, 수학, SW·AI 교육 정책과 교육현장

2. 사업 소개

한국과학창의재단은 '새로운 도약: 과학 중심, 사람 중심, 신뢰 받는 한국과학창의재단'이라는 비전 아래 ① 국민과 소통하고 사회와 함께하는 과학기술 문화 선도, ② 4차 산업혁명 선도 과학융합인재 양성, ③ 지능정보화시대 대응 과학·수학·정보교육 내실화를 전략목표로 하여 과학기술문화와 창의적 인재육성을 위한 각종 사업을 수행하고 있다.

1) 국민과 소통하고 사회와 함께하는 과학기술 문화 선도

과학 중심기관으로서 대한민국 전역의 과학문화단체 및 활동현황을 조사·연구하여 과학기술문화 정책을 지원하고, 각 주체간의 협력과 연계를 통해 과학기술문화를 확산하기 위한 사업을 추진하고 있다.

재단은 과학문화단체 활동을 지원, 지역 거점센터 운영 및 과학

문화도시 지정을 통해 지역 중심의 과학문화 활동 확대와 다양한 주체의 과학문화 활동 참여를 유도하고 있으며, 지역의 기업·기관의 CSR 활동과의 연계하여 프로그램의 질 제고, 사회적 가치 실현에도 힘쓰고 있다.

특히 2021년에는 다양화·다원화 된 과학문화 환경을 파악하고 과학문화 정책과 재단의 방향성을 재정립하기 위해 ‘과학문화 활동조사보고서’를 발간하여 국내 다양한 주체들의 과학문화 활동현황을 점검할 예정이다.

또한 재단은 과학기술계와 국민의 소통창구로서 과학문화 전문 인력 양성과 과학문화산업 육성, 다양한 미디어와 플랫폼 기반의 과학소통을 활성화하여 과학기술이 사회문제에 좀 더 관심을 가지고 해결의 키로 작용할 수 있도록 과학기술계와 국민의 원활한 소통을 위해 노력하고 있다.

‘대한민국 과학축제’와 같은 대규모 과학행사 개최 및 과학문화 포털 ‘사이언스올’ 및 사이언스 TV, 사이언스타임즈 등 과학 전문 매체 운영뿐 아니라 종합예술과학공연, 사이언스버스킹 등 다양한 소통프로그램을 운영하고 있다.

과학기술인의 생활과 연구 성과를 조명하는 ‘피플인사이언스’ 프로그램과 과학커뮤니케이터와 과학기술인이 함께 여행을 콘셉트로 생활 속 과학 원리나 이슈를 이야기하는 ‘미드나잇사이캠프’ 등 과학기술계와 대중간의 거리를 좁히고, 과학기술성과 및 연구 등에 대한 이해도를 높이기 위한 새로운 콘텐츠의 발굴 및 확산에도 힘쓰고 있다.

2) 4차 산업혁명 선도 과학융합인재 양성

4차 산업혁명으로 인한 급격한 변화 속에 창의력(Creativity), 비판적 사고력(Critical thinking), 협력(Collaboration), 소통(Communication)의 4C 역량을 갖추고, 미래 사회를 주도할 수 있는 과학융합인재 양성을 위해 미래 혁신 인재 양성, 진로 연계 과학기술 잠재인력 발전 촉진, 미래 역량 강화 교육을 위한 사업을 추진하고 있다.

과학 분야에 재능이 뛰어난 학생의 타고난 잠재력 및 역량 개발을 지원할 수 있도록 진로지원 플랫폼을 구축·운영하고, 유관기관과 연계와 협력을 통해 다양한 방법으로 지원하고 있다. 또한 과학영재교육 지원체제를 정비하기 위해 학습체계 전환, 프로그램 특성화·다양화 등 과학영재교육을 확대하고 성과 공유·확산 채널 구축을 통한 지속적인 발전기반을 조성하고 있다.

학교현장에서의 융합교육 확대와 변화를 이끌어 내기 위해 교원의 창의융합교육 전문성 및 실천역량을 강화하고, 학생의 자기 주도적 융합교육 참여 확대 및 공간·환경 조성에도 힘쓰고 있으며, 거점센터 및 교원양성대학 지원, 교원 연수 및 교사연구회 운영, 학생 참여·체험 중심 STEAM 프로그램 개발, 융합연구 과제 등 교원의 전문성을 키우고 학생들의 역량을 강화하는 다양한 프로그램을 운영 중이다.

3) 지능정보화시대 대응 과학·수학·정보교육 내실화

과학·수학·정보교육을 중심으로 한 현장밀착형 전문기관으로서 미래지능정보사회의 발전을 선도하는 인재양성을 위해 과학·

수학·정보교육 정책 지원, 혁신 교육환경 조성 및 현장 지원, 콘텐츠 개발, 데이터 축적 등 학교 현장과 긴밀히 소통하고 협력하고 있다.

대표적으로 과학·수학·정보교육 종합계획 등 과학·수학·정보교육의 혁신을 위한 중장기적 정책수립을 지원하고, 과학·수학 교육과정 및 후속연구 및 과학·수학 검인정을 통해 올바른 과학·수학 지식 함양에 기여하고 있다.

한편, 창의융합형 과학실, 인공지능(AI)교육 선도학교 등 첨단 기술 기반 교육 공간을 확대하고, 알지오매스, AI교육 플랫폼과 같은 학습자 주도 온라인 교육 플랫폼을 지속적으로 개발·확산하여 교육방식의 혁신을 이끌어내고 있다.

그 외에도 과학·수학·정보교육을 담당하는 교원의 전문성 강화를 위한 프로그램을 운영하고, 성과 확산 및 다양한 체험기회를 제공하기 위한 온·오프라인 행사를 개최하여 과학·수학·정보교육에 대한 필요성 및 긍정인식 강화를 위해 노력하고 있다.

3. 과학문화 사업 주요 성과

1) 국민과 함께하는 과학기술문화

대한민국 국민이라면 누구나 일상 속에서 과학문화를 즐길 수 있는 기회를 제공하고, 과학기술 성과를 홍보하기 위해 매년 도전적이고 선도적인 과학축제를 개최하고 있다. 2019년 대한민국 최초로 도심형 과학축제를 성공적으로 개최하였고, 2020년에는 코로나 대 유행에 따라 4월 과학의 달을 맞이한 전국 첫 번째 ‘온라인 과학축제’ 운영, 12월에는 전면 온라인 축제로 전환, 과학축제의 새로운 장을 열었다. 2020년 대한민국 과학기술대전은 89개 기관이 참여, 235개의 콘텐츠를 신규 제작하여 제공하였으며, 전국 17개 시·도 및 해외 거주자 등 실시간 시청자 88만 명을 기록하였고, 총 조회수 138만 회, 참여자 만족도 85.1점 등 오프라인의 한계를 극복하고 온라인 특성을 활용하여 비수도권 지역 행사 참여율을 높여 모든 국민이 참여하는 의미 있는 성과를 이루어냈다.

2) 과학문화 플랫폼 개선 및 콘텐츠 발굴·확산

과학문화포털 ‘사이언스올’을 중심으로 과학축제, 공모전 등 다양한 사업과 콘텐츠를 온라인 서비스화 할 수 있도록 사이트 통합·개편을 추진하여 외교부 정책자료에 K-방역 원격교육 대표 사례로 선정되었다. 20년 사이언스올 신규 과학문화 콘텐츠는 3,316개로 이용자수는 121% 증가*, 페이지뷰 143% 증가**하는 등 대표적 과학문화 플랫폼으로 자리매김하였다.

* 이용자수 '19년 5.2백만 → '20년 6.3백만

** 페이지뷰 '19년 10.6백만 건 → '20년 15.2백만 건

또한, 뉴미디어 매체 중요성이 강조되는 비대면 시대의 과학문화 소통을 위해 통합브랜드 ‘사이언스 프렌즈’를 출시하여 운영하고 있다. 과학기술계 주요 이슈 및 정책에 최신 뉴미디어 트렌드를 반영하여 콘텐츠의 효과적 홍보·확산을 주도하여 2020 대한민국 커뮤니케이션 대상 SNS부문을 수상하는 등 과학기술계와 국민이 소통하는 접점으로서의 중요성을 인정받고 있다.

뿐만 아니라, 과학기술로 성장하는 산업 생태계 조성과 과학기술

문화 혁신기반 구축을 위해 대중문화·여가산업 및 기업 인프라 등 활용 등 과학융합 콘텐츠 생산 촉진·지원하여 원천스토리 및 융합 콘텐츠 사업화하였고, 21년에는 CJ E&M 연계 대표콘텐츠 최우수 선정작 2편의 웹드라마 제작이 확정되었다. 과학여행 프로그램 5종 개발하는 등 과학문화산업의 비즈니스 모델을 창출하고 있다.

3) 과학문화 격차 해소 및 사회적 가치 창출

공공기관으로서 사회적 가치를 창출하고, 지역의 과학문화 격차를 해소하기 위해 지역별, 계층별 격차를 해소하는 포용형 과학문화 프로그램을 운영하고 있다.

생활과학교실 및 과학문화활동지원사업을 통해 사회적 배려계층 대상 무상 과학교실 지속 확대 운영 및 장애인, 한부모, 다문화, 차상위 등 사업 수혜대상을 다양화 하고, 도서벽지접적지역 학생 대상 생활과학교실 온라인-블랜드드 프로그램 운영을 확하여 복권기금 우수사례로 선정*, 포스트 코로나 시대, 어디서나 참여하는 지속 가능한 과학문화 프로그램 활동 기반을 제공하고 있다.

* MBC 행복드림 로또 복권기금 방영, '20.6.27

이와 더불어, 효율적이고 자생적인 과학기술문화 확산을 위해 역량 있는 개인·민간을 육성하고, 지역 중심의 확산 기반구축 지원을 통해 다양한 주체를 양성함으로써 과학문화 지역 일자리 창출, 과학문화 지역경제 활성화에 기여하고 있다.

4) 미래교육 패러다임 변화를 선도할 중장기 계획 수립 및 추진 기반 마련

미래세대를 위한 새로운 교육 기준 제시 필요성에 따라, 20년 5월, 「과학교육 종합계획」 및 「수학교육 종합계획」, 「정보교육 종합계획」 및 「융합교육 종합계획」을 수립하여 발표하였다.

계획 수립뿐 아니라, 교육부-과기부 및 유관기관·학교 현장을 아우르는 추진 체계를 마련하여 과학·수학·정보·융합교육의 실질적인 변화를 이끌고 있다.

4. 참고

- 사이언스올(<http://www.scienceall.com>), 과학문화포털, 과학을 주제로 한 다양한 콘텐츠 제공.
- 사이언스타임즈(<http://www.sciencetimes.co.kr>), 최신 과학계 동향 및 이슈를 다루는 과학 전문 일간지.
- 사이언스레벨업(<http://sciencelevelup.kofac.re.kr>), 과학기술의 기본원리를 게임과 퀴즈, 애니메이션을 통해 학습하는 사이트.
- 사이언스 TV(<http://science.ytn.co.kr>), 과학기술 분야 전문방송 채널.
- 과학기술진로지원센터(<https://www.sciencecareer.kr>), 청소년과 대학생의 이공계 진로 선택을 돕기 위한 통합 플랫폼.
- 교육기부(<http://www.teachforkorea.go.kr>), 교육기부 활동과 프로그램 등 교육기부 전반에 대한 정보를 제공.
- 크레존(<http://www.crezone.net>).
- AskMath(<http://askmath.kofac.re.kr/askmath>), 수학 학습과 교육과 관련된 정보 및 자료 제공.

원격연수원(<http://lms.kofac.re.kr>), 교원의 역량 신장을 위한 원격연수 제공.

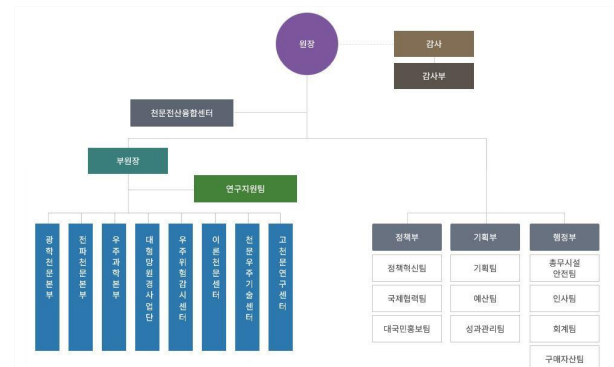
알지오매스(AlgeoMath)(<https://www.algeomath.kr>), 교육부와 전국 시도교육청, 한국과학창의재단이 공동으로 개발한 수학 실험탐구용 소프트웨어.

소프트웨어중심사회(<https://software.kr>), 소프트웨어 교육, 행사 등 소프트웨어 관련 정보 및 자료 제공.

한국천문연구원

1. 기관 현황

한국천문연구원은 우리나라 천문 연구의 정통성을 계승한 대한민국의 대표 천문연구기관으로서 1974년 국립천문대로 출범하여 현재에 이르기까지 중·대형 관측 장비의 구축과 운영을 통해 국가천문 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.



가. 주요 보직자 현황(2021.04.12.현재)

- 제8대 원장 박영득
- 감사 박은정
- 감사부장 신용태
- 부원장 육인수

- 광학천문본부장 김상철
- 전파천문본부장 김기태
- 우주과학본부장 최영준
- 대형망원경사업단장 박병근
- 정책부장 김영수
- 기획부장 안효창
- 행정부장 윤영재

우주위험감시센터장 조중현
 천문우주기술훈센터장 한정열
 이론천문센터장 조경연
 고천문연구센터장 김상혁
 천문전산융합센터장 이창희

나. 주요 연구본부 소개

1) 광학천문본부

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, 관련 수치실험과 빅데이터 연구를 병행하고 있다. 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.



2) 전파천문본부

전파천문본부는 전파천문연구그룹, 대덕전파천문대, 전파기술개발그룹, ALMA(Atacama Large Millimeter/submillimeter Array)그룹 및 KVN(Korean VLBI Network, 한국우주전파관측망)의 5개 그룹을 운영하고 있다. KVN 등의 대형 관측장비를 활용하여 별 탄생 영역과 활동성 은하 영역에 대한 선진연구를 수행하고, ALMA, KaVA(KVN and VERA Array) 등을 통해 국제 공동 관측 프로그램을 진행하고 있다. 또 핵심 관측장비의 성능 향상을 위한 시스템 개발을 하며 우수 연구결과를 창출하고 있다.



3) 우주과학본부

우주과학본부는 태양 및 근지구 우주환경 연구, 달 및 행성 과학, 그리고 레이저 기술을 이용한 고정밀 우주물체 추적연구를 통

해 우주에 대한 인류의 지식 확대에 기여하고 있다. 또한 우주측지 기술을 활용한 지구 변화 정밀 분석과 태양활동에 의한 지구영향 예측, 위성 및 로켓 탑재체 개발 등 우주에서의 관측천문 연구에 주력하고 있으며, 대한민국 공식 역서를 발간하고 있다.

4) 우주위험감시센터

한국천문연구원은 2014년 개정된 우주개발진흥법 및 동법 시행령, 국가우주위험대기기본계획에 근거하여 우주위험대응 전문기관인 우주환경감시기관으로 지정되었고, 우주위험감시센터는 우주환경감시기관 역할 수행을 위한 전담부서로 우주위험에 대한 체계적 감시 및 대응을 위한 연구개발을 수행하고 있다.

국가과학기술연구회 국가현안해결형사업인 우주물체 전자광학 감시 시스템(Optical Wide-field patrol; OWL-Net) 개발 사업을 통해 지난해 국내외 5개 곳에 직경 0.5 m급 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 무인원격으로 관리할 수 있다.



5) 대형망원경사업단

대형망원경사업단은 대형광학망원경의 국제공동건설 및 공동활용, 대형망원경용 관측기기 개발 등의 업무를 수행하고 있다.

주요사업으로는 거대마젤란망원경(GMT) 국제공동 건설 지분 10% 확보를 골자로 하는 대형망원경개발사업과 8 m급 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 박사후연수원을 대상으로 하는 계절학교 운영, 해외 GMT 참여기관과 공동연구 및 펠로우십 프로그램 운영, 천문학 분야 국제공동연구 참여 등 다양한 업무를 수행하고 있다. 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) 천문우주기술센터

2020년 2월, 천문우주과학 연구를 위한 경쟁력 있는 기술개발 전략을 수립하고, 국가 위상을 높일 수 있는 첨단 기술개발을 선도하며, 엔지니어링의 체계적 지원을 위하여 천문우주기술센터(Technology Center for Astronomy and Space Science)를 발족했다. 천문우주기술센터는 설립 목적 및 역할로써 기술개발 중장기 계획 수립 및 추진 등 7개로 정하고, 기술로드맵 작성, 기기개발 지원, 연구장비 공동활용 극대화를 위한 스마트랩(Smart Lab.), 포괄적 산학연 협력, 천문우주기술관련 워크숍·연구모임 주관, 기술주도형 연구개발 과제 수행 등 실질적인 활동을 진행하고 있다.

8) 고천문연구센터

우리나라는 삼국시대 이래 조선시대에 이르기까지 2천 년에 이르는 시간동안 체계적인 관측 시스템과 관측기록을 보유하고 있다. 우리의 고천문학(역사천문학)은 국가 최고 학문으로 중시되어 하늘을 체계적으로 관측한 우수한 천문학적 유산이며, 현대천문학 연구의 뿌리이기도 하다. 고천문연구센터는 옛 천문기기를 복원하고, 역사적 관측 기록을 분석하며, 현대적인 도구로 얻은 데이터를 통해 과거의 천문현상을 조사하는 등 다양한 측면에서 연구를 수행하고 있다.

9) 천문전산융합센터

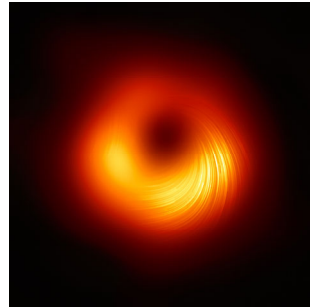
천문전산융합센터는 빅데이터 연구 국민 참여와 세계적 성과 창출을 목표로 2018년 4월 새로 구축됐다. 기하급수적으로 증가하는 천문우주 빅데이터의 저장·분석·공유와 시스템을 구축하는 역할을 한다. 기존의 광학·전파·적외선 파장별 관측 데이터를 비롯해 대규모 수치 모의실험을 통한 데이터, 우리나라의 특징적인 과거 조선시대 천문 관측기록부터 현재와 미래에 구축할 최신 인프라의 데이터들까지 망라할 계획이다. 또 국민들이 직접 연구에 참여하고 그 성과를 체감할 수 있는 플랫폼을 구축해 나가고자 한다.

2. 한국천문연구원 주요 연구 및 개발 성과

가. 최초로 블랙홀 편광관측 통해 가장자리 강력한 자기장 포착

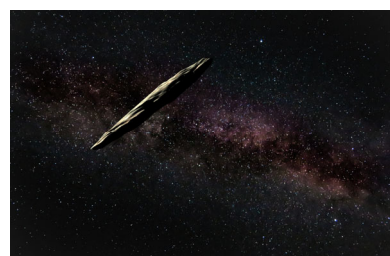
한국천문연구원 연구진이 포함된 EHT 국제연구팀은 전 세계 협력에 기반한 8개의 전파망원경을 연결한 사건 지평선망원경(이

하 EHT, Event Horizon Telescope)으로 M87 은하 중심의 초대질량 블랙홀 편광 관측에 성공했다. 천문학자들이 블랙홀의 가장자리에서 강한 자기장의 증거인 편광을 관측할 수 있었던 것은 이번이 처음이다. 이 관측은 5천 5백만 광년 떨어진 M87 은하가 중심부 핵에서 고에너지 제트를 어떻게 내뿜을 수 있지를 설명하는 중요한 열쇠이다. 한국은 한국천문연구원 소속 연구자 등 10명이 동아시아관측소(EAO) 산하 제임스 클러크 맥스웰 망원경(JCMT)과 아타카마 밀리미터/서브밀리미터 전파간섭계(ALMA)의 협력 구성원으로서 EHT 프로젝트에 참여했으며, 한국이 운영하고 있는 한국우주전파관측망(KVN)과 동아시아우주전파 관측망(EAVN)의 관측결과도 본 연구에 활용됐다.



나. 최초의 외계 성간천체 오우무아무아는 수소 얼음이 아니다

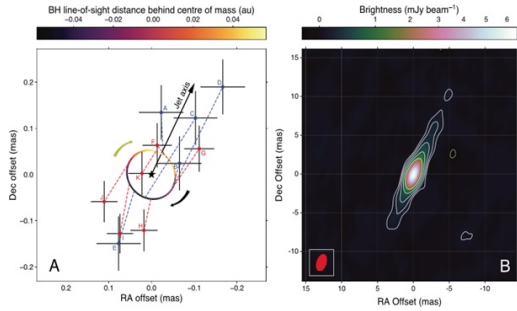
한국천문연구원과 하바드-스미소니안 천체물리 연구센터 국제 공동 연구팀은 태양계에서 관측된 최초의 외계 성간천체 1I/2017 U1(‘Oumuamua, 이하 오우무아무아)가 수소 얼음으로 이루어졌다는 최근 유력 연구결과와 달리 수소 얼음으로 만들어지지 않았다는 것을 밝혔다. 연구진은 거대분자운의 밀도가 가장 높은 영역에서 수소 얼음덩이가 만들어지는 시나리오를 시험하면서 수소 얼음덩이가 거대분자운과 성간물질에서 생존할 수 있는 수명을 계산했다. 그 결과, 거대분자운에서는 수소 얼음덩이로 이루어진 성간천체가 만들어질 수가 없다는 것을 밝혀냈다. 또한 이러한 수소 얼음덩이가 형성됐다 하더라도 거대분자운에서 성간물질로 이동해 태양계에 진입하기까지 기체입자들과 충돌하거나 태양빛을 받아 기화되어 결국 파괴된다고 결론지었다.



다. 백조자리 X-1 블랙홀의 정체를 새롭게 밝히다

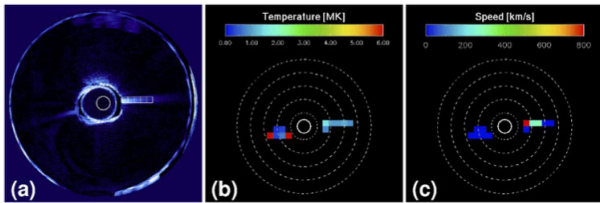
한국천문연구원이 참여한 국제공동연구팀은 10개의 전파망원경을 연결한 초장기선 전파간섭계(VLBA, Very Long Baseline Array)로 백조자리 X-1 블랙홀의 정밀한 위치를 측정했다. 그 결과, 국제공동연구팀은 초장기선 전파간섭계(VLBA)를 이용해 백조자리 X-1 블랙홀에서 나오는 전파신호를 관측하고, 지구로부터 먼 거리의 천체 위치를 정밀하게 측정하는 삼각측정법을 통해 본 연구결과를 이끌어냈다. 이에 지구로부터 백조자리 X-1 블랙홀까지의 거리는 기존에 알려졌던 약 6천 1백 광년보다 먼 약 7천 2백

광년 떨어져 있고, 블랙홀의 질량은 태양 질량의 21배로 기준에 알려진 질량보다 약 50% 무겁다는 것을 알아냈다.



라. 천문연-NASA 첫 공동개발 태양 코로나그래프 관측 결과 공개

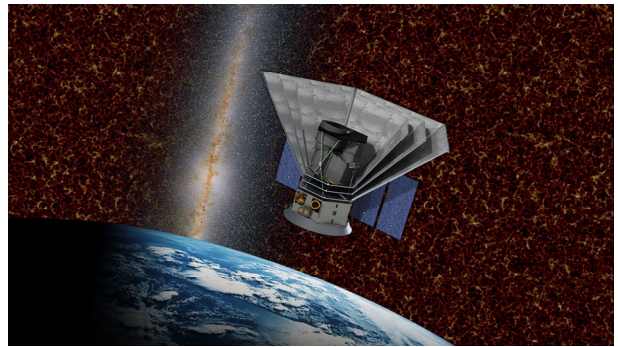
천문연-NASA 공동연구진은 2019년 9월 18일 태양 코로나그래프를 대형 과학용 풍선기구에 탑재해 고도 약 40 km 성층권 상공에서 태양 외부 코로나 관측을 성공리에 수행했다. 천문연은 이 관측 자료를 NASA와 공동으로 분석해 외부 코로나 구조물이 약 일 백만도의 온도와 초속 260 km의 속도를 갖는다고 발표했다. 이는 태양 코로나 영역 전자의 온도와 속도를 세계 최초로 동시에 측정된 것으로 천문연-NASA가 공동 개발한 차세대 코로나그래프의 핵심 기술을 성공적으로 검증했음을 의미한다. 천문연은 이번에 검증한 코로나그래프의 핵심기술을 바탕으로 향후 NASA와 차세대 코로나 그래프를 개발해 2023년께 국제우주정거장(ISS, International Space Station)에 설치할 예정이다.



마. 천문연-NASA, 세계 최초 전천(全天) 영상분광 탐사 우주망원경 SPHEREx 제작 단계 돌입

한국천문연구원은 1월 6일에 NASA 제트추진연구소 및 미국 캘리포니아 공과대학교 공동개발하는 우주망원경 SPHEREx 제작에 착수했다. SPHEREx는 2016년 천문연이 Caltech과의 국제공동연구 기획을 바탕으로, 국제연구팀 공동으로 NASA에 개발을 제안하면서 시작됐다. NASA는 2019년 2월 동 제안서를 선정하고, 2020년 10월 예비설계 결과를 평가하여 2021년 1월 6일(한국 현지기준) 최종 승인을 발표했으며, 이에 따라 SPHEREx가 본격적인 제작에 착수하게 됐다.

SPHEREx에는 천문연이 차세대 소형위성 1호의 과학탑재체 NISS에 최초로 적용한 선형분광필터를 사용한다. SPHEREx는 2024년 태양동기궤도*로 발사돼 약 2년 6개월 동안 4회 이상의 전천 분광 탐사 임무를 수행하며, 전 우주에 존재하는 약 20억 개에 달하는 개별 천체들의 전천 분광 목록을 작성할 수 있을 것으로 기대된다.



한국우주과학회보

제30권 1호 2021년 4월

전화 042-865-3391 (FAX: 042-865-3392)

학회 홈페이지 <http://ksss.or.kr>

발행인 최기혁

편집인 이주희 · 고미희

발행 사단법인 한국우주과학회

인쇄 (주)거목문화사(02-2277-3324)

학회 소재지 대전시 유성구 대덕대로 776 한국천문연구원 내
전화: 042-865-3391 / 팩스: 042-865-3392
학회대표메일: ksss@ksss.or.kr

도움을 주신 기업

기관명	대표	연락처
(주)세트렉아이	김이을 대표이사	대전광역시 유성구 유성대로 1628번길 21, 1층 전화 042-365-7524
(주)에스이랩	오승준 대표이사	서울시 강남구 논현동 66-3 진영빌딩 5층 전화 02-888-0850
(주)솔탑	사공영보 대표이사	대전시 유성구 엑스포로 409 전화 042-867-7440
(주)한컴인스페이스	최명진 대표이사	대전시 유성구 유성대로 1312번길 20-62, 3층 전화 042-862-2735

도움을 주신 연구홍보 사업단

사업명	연구책임자	연락처
한국천문연구원 K-GMT 과학백서	박병곤	042-865-3207
한국천문연구원 근지구 우주환경 관측위성 탑재체 개발연구	이재진	042-865-3248
한국과학창의재단	조율래	02-555-0701