

ias-workshop.org/IASS2023/

**IASS**

# Program Book of the IASS Workshop 2023

**천문우주관측기기 워크숍**

Instrumentation for Astronomy and  
Space Science Workshop



2023.7.13.(목) ~ 14.(금)

코모도호텔 경주

<https://iass-workshop.org/IASS2023/>

# Program Book of the IASS Workshop

천문우주관측기기 워크숍

Instrumentation for Astronomy and  
Space Science Workshop



한국천문학회  
THE KOREAN ASTRONOMICAL SOCIETY



(사)한국우주과학회



한국천문연구원  
Korea Astronomy & Space Science Institute

# 환영사

## Welcome Address

한국천문학회 천문관측기기분과와 한국우주과학회 우주관측기기분과가 한국천문연구원과 함께 개최하는 2023년 천문우주관측기기 워크숍 개최를 축하드립니다. 지난 수 십년간 천문학과 우주과학에서는 놀라운 발견들이 이어졌고, 이들 대부분의 발견들은 더 많이, 더 정밀하게 관측할 수 있는 새롭고 혁신적인 천문우주관측기기의 개발에 의해 가능했습니다. 앞으로도 전 세계 연구자들이 더 가속적으로 더 뛰어난 거대관측장비, 우주관측장비를 개발하고 활용할 것으로 예상됩니다. 그간 관련 분야 연구자들의 헌신적인 노력으로 이제 우리도 세계적인 수준의 관측기기를 개발하는 단계에 이르렀습니다. 하지만 곧 우리도 중요한 역할을 해야 하는 초대형망원경, 우주망원경 시대에 진입하게 되므로 국제학계를 선도하는 경쟁력을 갖춘 천문우주관측기기 개발의 필요성이 더 절실하게 느껴집니다. 따라서 이번 2023년 천문우주관측기기 워크숍은 매우 시의적절한 중요한 모임이라고 생각합니다. 2007년부터 개최되어 온 천문우주관측기기 워크숍은 개인적으로는 제가 경험한 어떤 워크숍보다 더 조직적이고 내실 있게 운영되어 왔습니다. 이번 워크숍을 통해서도 연구자들은 최신 정보와 새로운 협력을, 학생들은 미래 관측기기개발에 대한 영감을 얻어갈 수 있을 것으로 기대합니다.

워크숍 준비를 위해 수고하신 한국천문학회 천문관측기기분과, 한국우주과학회 우주관측기기분과, 한국천문연구원 관계자분들께 감사의 말씀드리면서 앞으로도 계속 좋은 워크숍 개최해주시기를 미리 부탁드립니다. 감사합니다.

한국천문학회장 박명구

# 축사

## Congratulatory Address

오늘 열 일곱 번째 국내 천문우주관측기술 워크숍을 신라의 고도 경주에서 개최하게 된 것을 축하합니다. 지난 3년간 긴 코로나 팬데믹 때문에 비대면 워크숍을 하였으나 이제 코로나로부터 자유로워지면서 오랜만에 대면 워크숍을 하게 되어 유례없이 많은 참가자와 근래에 보기 드문 활기를 찾아 이 워크숍이 성황리에 개최된 것을 진심으로 축하합니다.

첨단의 천문우주관측 기술을 개발하겠다는 의지와 열정으로 오늘 이자리에 모이신 내빈 여러분과 발표자 및 참가자 여러분, 그리고 기업인 여러분들에게 깊은 감사와 응원을 보냅니다.

지금 국제사회는 미.중의 기술패권으로 정치적, 경제적 힘의 균형이 시시각각 변하는 변화와 위기의 시대로 치닫고 있습니다. 이는 국력이 군사력이 아니라 기술력으로 결정될 만큼 과학과 기술이 국가 생존에 중요한 역할을 하고 있음을 의미합니다. 이런 대변혁의 시대에 천문우주관측기술의 발전을 위한 오늘의 워크숍은 천문우주과학을 위한 다양한 관측 기술의 중요성이 가져다주는 의미와 학계의 반향을 대변하는 중요한 자리입니다.

국제적으로 천문우주관측기술은 우주를 보려는 지적 호기심을 충족시키기 위해 빠르게 발전하는 첨단기술과 연계하여 극한의 천체관측을 가능하게 하고 있습니다. 태양의 대기권까지 접근하여 고분해 태양표면 영상을 얻고 있는 Solar Orbit 위성이나 우주의 끝을 보고, 생명체가 존재하는 외계행성을 찾는 JWST, 달과 화성 탐사를 위한 다양한 관측 장비들이 대표적이라 할 수 있겠습니다.

한국천문연구원의 광학, 전파, 우주 분야의 천문관측 기술개발 연구자들은 이미 오래전부터 국내 관련자들과 자신들의 연구개발 분야를 소개하고 지식과 정보를 교류하는 자리를 정기적으로 개최하여 왔습니다. 이러한 기술 교류는 우리나라의 천문우주과학 기술 분야의 한층 성숙한 기술 역량을 갖추게 하였습니다. 그리고 이러한 성숙된 기술의 역량을 바탕으로 개발되는 새로운 기술들은 우리나라의 관측기술에 대한 국제적 위상을 꾸준히 향상시킬 뿐만 아니라 국제적으로 관측기술의 선도적 역할을 하는 바탕이 될 것입니다.

지난 7월 1일 새로 부임한 과학기술정보통신부 제1차관은 취임사에서 “과학과 기술 그리고 혁신은 우리 경제사회 시스템의 토대이자 우리 삶의 필수 요소이며 대한민국의 도약과 성장의 핵심 동력이자 우리의 자유를 확대하고

자유민주주의를 지키는 관건인 동시에 국가의 경쟁력을 결정하며 우리의 미래를 규정하는 기준”이라고 하면서 “대한민국의 미래는 과학기술의 수준과 혁신의 강도에 달려있다”며 과학과 기술의 혁신을 강조했습니다.

지금까지 한국천문연구원은 세계최고의 망원경 제작에 참여하면서 분광기 제작 기술로 국제적 위상을 높였으며 전파망원경의 다중채널 수신기 제작으로 전파관측 기술의 국격을 향상시켰고 독자적인 중력파 검출기술로 국위를 선양하기도 했습니다. KPLO와 SNIPE 같은 도전적인 우주탐사를 수행하면서 국제적으로 주목받는 기술 선진국으로의 자리매김에 한몫하기도 했습니다.

이러한 성과는 한국천문연구원 구성원들의 노력도 컸지만 무엇보다 이 자리에 참석하신 국내 전문가들의 상호교류와 소통 없이는 불가능한 일이었습니다. 그러나 우리는 여기에서 만족하지 않고 천문우주관측기술 분야의 선도적 위치를 확보하기위해 끊임없는 노력을 해야 합니다. 더 넓은 마음으로 서로를 이해하고 기술의 융합을 통한 선도적인 기술의 창조를 위해 꾸준히 노력해야 합니다. 융합의 기본은 소통입니다. 소통을 통하여 다른 사람의 기술을 충분히 이해하고, 나의 기술과 다른 사람들의 기술의 융합을 통하여 새로운 기술을 창조함으로써 선도기술을 확보하는 혁신의 시대로 나가는데 천문우주관측기술 워크숍이 앞장서기를 기대합니다.

그리고 이 중요한 역사의 전환점에 동참하며 소중한 동반자로서 이 자리에 참여하시는 모든 분들이 주역이 되길 바라며, 저희 천문연구원은 국내 천문학계가 큰 비전을 품고 나아가는데 가능한 모든 지원을 아끼지 않으며 응원하겠습니다. 이번 워크숍이 더욱 폭넓은 소통의 장이 되기를 기원하며 다시 한번 재개된 대면 워크숍 개최를 축하합니다.

한국천문연구원장 박영득

# 축사

## Congratulatory Address

오늘 여기 2023년 천문우주관측기기 워크숍에 참석해주신 모든 분들을 진심으로 환영합니다.

국내 천문학 및 우주과학 관련 연구자들이 천문우주 관측기기의 개발 역량을 모으고자 하는 자발적인 노력의 일환으로 2007년부터 2014년까지 '천문 관측기기 워크숍'이 7회까지 진행되었습니다. 그러다가 2018년부터는 공식적으로 한국천문학회 천문관측기기분과와 한국우주과학회 우주관측기기분과가 주최하고 한국천문연구원 천문우주기술센터가 주관하는 형식으로 '천문우주관측기기 워크숍'을 연례행사로 진행하여 왔습니다. 드디어 이번 2023년도에 6회차 워크숍을 개최하게 되었습니다. 이제는 이 워크숍이 연구원, 대학, 기업의 연구자들뿐만 아니라 군, 기업, 그리고 미래의 인재가 될 대학교의 학생들까지 적극적으로 참석하고 싶어 하는 학술대회가 되었습니다.

한 10년 전쯤 제 뇌리에 크게 박힌 일화가 하나가 있습니다. 인터넷으로 천문학 기사를 보다가 우연히 밑에 딸린 댓글들을 읽게 되었는데, 거기 의견들 중에는 우리는 언제까지 외국 사람들의 업적을 번역한 기사만 읽고 있어야 하나, 도대체 언제쯤 우리나라 천문학자가 주도한 그런 자랑스러운 기사를 볼 수 있게 되느냐 묻는 것이었습니다. 이제는 우리 국민들이 운동과 예술 분야에서 멋진 성과를 만들어 냈듯이 천문우주과학분야도 우리나라 천문우주과학자가 제안하고 선도해서 이룩한 과학연구 성과 이야기를 듣고 싶어 하는 시대가 되었다는 것을 알게 되었습니다.

이런 국가적 국민적 열망을 달성하기 위한 방법은 새로운 천문우주관측 기기 과제를 기획하고 완성을 해서 성공적인 관측을 통해 우주의 신비를 탐구해나가는 것인데 이는 바로 본 천문우주관측기기 워크숍의 추구하는 목표라고 생각합니다.

여기 천문우주관측기기 워크숍에서 다루고자 하는 주제들이 천문우주과학자들에게 세계 사회와 국가가 요구하는 지식과 기술입니다. 그러므로 우리는 이 워크숍을 천문우주과학의 미래를 모색하고 천문우주관측기기의 혁신적인 발전에 대한 토론과 건설적인 아이디어를 교류하는 장으로서 자리 매김하여 왔고 향후 더욱 더 그러될 것이라 믿습니다.

지구 밖의 신비로운 우주에 대한 탐구는 인류 역사 발전에 중요한 기여를 했습니다. 그러나 사람들은 천문우주과학이 기여한 줄도 모르게 우리 일상 속에 스며들어와 원래부터 존재한 것처럼 편하게 사용하고 있습니다. 이 워크숍에서는 더 깊이 있고 정밀하게 천문학 현상을 관측하고 이해할 수 있는 기술과 기기에 대한 최신 정보를 공유하고자 합니다. 우주 관측 장비 기술의 발전은 우리가 우주의 흥미로운 비밀과 진실을 더욱 잘 이해할 수 있도록 도와 줄 것입니다. 또한 현재 우리가 존재하고 있는 21세기에는 이런 최첨단 기술을 산업과 국방 분야에 응용하고자 하는 수요도 날로 커져가고 있는 상황입니다.

여기 참여하신 여러분 모두 자신의 연구 및 프로젝트에 대한 아이디어를 발전시키고 필요성을 공유케하는 기회로 활용하시고 학계 차원에서는 미래 천문우주과학 연구와 기술 발전에 대한 방향을 모색하고 지식과 역량을 향상시킬 수 있는 자리로 만들어 주시길 바랍니다. 본 워크숍이 지금은 국내 연구자들의 모임이지만 2030년 전후로는 천문우주기술관련 국제학회인 SPIE의 Astronomical Telescopes + Instrumentation 워크숍을 국내에서 개최하는 것을 준비하고 있습니다. 여러분들의 적극적인 참여와 지원을 부탁드립니다.

다시 한 번 이번 워크숍을 정성껏 준비해주신 한국천문학회 강현우 분과장님과 한국우주과학회 한정열 분과장님을 비롯한 모든 준비위원회 위원님들께 감사 인사를 드립니다.

한국우주과학회장 이 유

# 위원회

## Committees

### SOC 위원 (Members)

- 강현우 (한국천문연구원, Chair)
- 백지혜 (한국천문연구원, Co-Chair)
- 한정열 (한국천문연구원, Co-Chair)
- 강용우 (한국천문연구원)
- 김일훈 (에스엘랩)
- 김지훈 (서울대학교)
- 민병희 (한국천문연구원)
- 문봉곤 (한국천문연구원)
- 박수종 (경희대학교)
- 박준규 (연세대학교)
- 이충욱 (한국천문연구원)
- 이대희 (한국천문연구원)
- 진 호 (경희대학교)

### LOC 위원 (Members)

- 홍성욱 (한국천문연구원, Chair)
- 고미희 (한국우주과학회)
- 김예진 (한국천문연구원)
- 김창곤 (경희대학교)
- 양희수 (한국천문연구원)
- 장윤호 (경희대학교)
- 조보영 (한국천문학회)
- 최성환 (한국천문연구원)
- 한지민 (경희대학교)



# 일정표

Time Table

## 1 일차 (7 월 13 일) | 임해전 홀

| 시 간           | 제 목   | 발 표 자              |
|---------------|---|--------------------|
| 13:00 - 13:15 | 개회식 (Opening Ceremony) / 축사   | 한국천문학회장 & 한국우주과학회장 |
| 13:15 - 14:30 | Session 1   | 좌장: 문봉곤            |
| 13:15 - 13:45 | Invited Talk 1: 방위산업의 우주 감시 자산 발전방향   | 이승하(LIG Nex1)      |
| 13:45 - 14:00 | 국내 우주선 중성자 모니터 (neutron monitor) 현황과 활용 방안  | 정종일(충남대학교)         |
| 14:00 - 14:15 | Status Report of 7-Dimensional Telescope  | 김지훈(서울대학교)         |
| 14:15 - 4:30  | GeoGebra Baffle Design of Linear Astigmatism Free-Three Mirror System (LAF-TMS) onboard MESSIER satellite | 김도훈(경희대학교)         |
| 14:30 - 14:45 | 휴 식   |                    |
| 14:45 - 16:15 | Session 2   | 좌장: 박수종            |
| 14:45 - 15:15 | Invited Talk 2: 공간공유 다중 개구 이미징 (Volume-sharing Multi-Aperture Imaging)                                    | 이준호(공주대학교)         |
| 15:15 - 15:30 | NASA 사운딩 로켓 실험: CLASP2 & CLASP2.1 준궤도 우주 미션   | 송동욱(한국천문연구원)       |
| 15:30 - 15:45 | 적외선 분광기 광기계 요소 설계 개념  | 김우진(한국천문연구원/UST)   |
| 15:45 - 16:00 | GMTNIRS 의 디텍터 마운트 설계  | 김상준(한국천문연구원/경북대학교) |
| 16:00 - 16:15 | 제미니 망원경 근적외선 다천체 분광기 (Gemini Infrared Multi-Object Spectrograph; GIRMOS) 개발 상황 및 계획                       | 이재준(한국천문연구원)       |
| 16:15 - 16:30 | 휴 식   |                    |
| 16:30 - 17:45 | Session 3   | 좌장: 강용우            |
| 16:30 - 16:45 | Preparations for SKA participation in Korea   | 손봉원(한국천문연구원)       |
| 16:45 - 17:00 | 전파 빅데이터 분석을 위한 SRC Network  | 강현우(한국천문연구원)       |

|               |  |              |
|---------------|--|--------------|
| 17:00 - 17:15 | 중력파 관측을 위한 레이저 간섭계 기술 개발   | 이성호(한국천문연구원) |
| 17:15 - 17:30 | Optical and Opto-Mechanical design of a Mode-Matching Telescope for an EPR-SIPS Squeezing Experiment | 박수중(경희대학교)   |
| 17:30 - 17:45 | A new method to detect gravitational waves by radio telescope network with pulsar timing array       | 박찬(기초과학연구원)  |
| 18:00 - 20:30 | 만찬(아리랑홀)   |              |

## 2 일차 (7 월 14 일) | 임해전 홀

| 시 간           | 제 목  | 발 표 자          |
|---------------|--|----------------|
| 09:15 - 10:45 | Session 4  | 좌장: 백지혜        |
| 09:15 - 09:45 | Invited Talk 3: 합동군사우주전략 개념 및 발전방향   | 오병훈(합동참모본부)    |
| 09:45 - 10:00 | Application technology analysis of silicon carbide material reflector optical system in national defense           | 이행복(국방과학연구소)   |
| 10:00 - 10:15 | 뉴스페이스 발사체 개발 전략  | 이금오(한국항공우주연구원) |
| 10:15 - 10:30 | 우주 망원경 관측기기 소개   | 박성준(한국천문연구원)   |
| 10:30 - 10:45 | 한국형 우주 망원경 기획  | 한정열(한국천문연구원)   |
| 10:45 - 11:00 | 휴 식  |                |
| 11:00 - 12:00 | Session 5  | 좌장: 민병희        |
| 11:00 - 11:15 | 조선시대 두 가지 자동 물시계제작과 작동구조 비교  | 김상혁(한국천문연구원)   |
| 11:15 - 11:30 | 조선에서 제작한 아스트롤라베(Astrolabe), ‘혼개통헌의 (渾蓋通憲儀)’를 활용한 천문교육  | 화가영(송암스페이스센터)  |
| 11:30 - 11:45 | The Performance and Standard Photometric System of the 0.7-m Telescope at Miryang Arirang Astronomical Observatory | 임구(부산대학교)      |
| 11:45 - 12:00 | KASI Science Cloud 의 관측 빅데이터 분석 활용 사례 소개   | 신민수(한국천문연구원)   |
| 12:00 - 13:30 | 점심식사 및 휴식  |                |
| 13:30 - 14:45 | Session 6  | 좌장: 김일훈        |
| 13:30 - 13:45 | Enhancing Astronomical Observatories with IoT: Lessons Learned and Future Implications                             | 이충욱(한국천문연구원)   |

|               |   |                      |
|---------------|---|----------------------|
| 13:45 - 14:00 | A Status Report of the Multi-Object Spectrograph Development for the Galaxy Redshift Survey               | 김재우(한국천문연구원)         |
| 14:00 - 14:15 | [K-SPEC] Current Progress on the Development of Metrology System for the K-SPEC Multi-Object Spectrograph | 김동국(서울대학교)           |
| 14:15 - 14:30 | Development of an Optical Fiber Positioner System for a Multi-Object Spectrograph                         | 임현호(아주대학교)           |
| 14:30 - 14:45 | Capella: A Space-only High-frequency Radio VLBI Network Formed by a Constellation of Small Satellites     | Sascha Trippe(서울대학교) |
| 14:45 - 15:00 | 휴식  |                      |
| 15:00 - 16:30 | Session 7   | 좌장: 김지훈              |
| 15:00 - 15:15 | COroanal Diagnostic EXperiment (CODEX) Optical Performance Test   | 봉수찬(한국천문연구원)         |
| 15:15 - 15:30 | 새로운 방식의 채층 및 코로나 태양영상분광기술 개발  | 양희수(한국천문연구원)         |
| 15:30 - 15:45 | 써치코일 센서의 코어 유형에 따른 성능 분석  | 강현지(한국천문연구원)         |
| 15:45 - 16:00 | KMAG on-orbit calibration   | 장운호(경희대학교)           |
| 16:00 - 16:15 | 동초점 비축 반사 시스템에 기반한 시준기 설계 및 공차 분석   | 정대한(경희대학교)           |
| 16:15 - 16:30 | 달 표면 자기장 측정기 LSMAG 개발   | 김주형(경희대학교)           |
| 16:30 - 16:40 | 폐회  |                      |

## 포스터 발표 | 월지홀

| 제 목  | 발 표 자                            |
|--|----------------------------------|
| 우주환경 빅데이터 파이프라인 및 API 개발   | 박은수(한국천문연구원)                     |
| Alert Processing System with Open-Source Software Stacks for Time-Domain and Multi-Messenger Astronomy | 신민수(한국천문연구원)                     |
| Trustworthy Machine Learning Inference in Astronomy Applications                                       | 신민수(한국천문연구원)                     |
| 인공위성 레이저 거리측정 시스템의 주간 추적 성능 분석   | 정수성(한화시스템)                       |
| Mechanical Design of a Low-Vibration Cryogenic Dewar for Optical Testing of Infrared Detector          | Shankar Bhattachari<br>(한국천문연구원) |

온라인 홈페이지: <https://iass-workshop.org/IASS2021> (로그인/등록 후 접속가능)

# 목 차 Contents

|  |    |
|--|----|
| 환영사 / 축하(Welcome Address / Congratulatory Address) .....   | 3  |
| 위원회(Committees).....   | 8  |
| 일정표(Time Table) .....  | 9  |
| <b>초록(Abstract)</b>  |    |
| 방위산업의 우주 감시 자산 발전방향 .....  | 16 |
| 국내 우주선 중성자 모니터 (neutron monitor) 현황과 활용 방안.....  | 17 |
| Status Report of 7-Dimensional Telescope .....   | 18 |
| GeoGebra Baffle Design of Linear Astigmatism Free-Three Mirror System<br>(LAF-TMS) onboard MESSIER satellite ..... | 19 |
| Volume-Sharing Multi-Aperture Imaging (VMAI) .....   | 20 |
| NASA 사운드링 로켓 실험: CLASP2 & CLASP2.1 준궤도 우주 미션.....  | 21 |
| 적외선 분광기 광기계 요소 설계 개념 .....   | 22 |
| GMTNIRS 의 디텍터 마운트 설계 .....   | 23 |
| 제미니 망원경 근적외선 다천체 분광기 (Gemini Infrared Multi-Object<br>Spectrograph; GIRMOS) 개발 상황 및 계획 .....                       | 24 |
| Preparations for SKA participation in Korea .....  | 25 |
| 전파 빅데이터 분석을 위한 SRC Network.....  | 26 |
| 중력파 관측을 위한 레이저 간섭계 기술 개발 .....   | 27 |
| Optical and Opto-Mechanical design of Mode-Matching Telescope for<br>EPR-SIPS Squeezing Experiment .....           | 28 |

|   |    |
|---|----|
| A new method to detect gravitational waves by radio telescope network with pulsar timing array.....                     | 29 |
| 합동군사우주전략 개념 및 발전방향 .....  | 30 |
| Application technology analysis of silicon carbide material reflector optical system in national defense .....          | 31 |
| 뉴스페이스 발사체 개발 전략.....  | 33 |
| 영상분광 관측기술과 한국주도형 우주망원경 .....  | 34 |
| 한국형 우주망원경 기획.....   | 35 |
| 조선시대 두 가지 자동 물시계 제작과 작동구조 비교 .....  | 36 |
| 조선에서 제작한 아스트롤라베(Astrolabe), ‘혼개통헌의 (渾蓋通憲儀)’를 활용한 천문교육 .....   | 37 |
| The Performance and Standard Photometric System of the 0.7-m Telescope at Miryang Arirang Astronomical Observatory..... | 38 |
| KASI Science Cloud 의 관측 빅데이터 분석 활용 사례.....  | 39 |
| Enhancing Astronomical Observatories with IoT: Lessons Learned and Future Implications.....                             | 40 |
| A Status Report of the Multi-Object Spectrograph Development for the Galaxy Redshift Survey .....                       | 41 |
| [K-SPEC] Current Progress on the Development of Metrology System for the K-SPEC Multi-Object Spectrograph.....          | 42 |
| Development of an Optical Fiber Positioner System for a Multi-Object Spectrograph .....                                 | 43 |
| Capella: A Space-only High-frequency Radio VLBI Network Formed by a Constellation of Small Satellites .....             | 44 |
| COronal Diagnostic EXperiment (CODEX) Optical Performance Test .....  | 45 |
| 새로운 방식의 채층 및 코로나 태양영상분광기술 개발 .....  | 46 |
| 써치코일 센서의 코어 유형에 따른 성능 분석 .....  | 47 |
| KMAG on-orbit operation .....   | 48 |

|   |    |
|---|----|
| 동초점 비축 반사 시스템에 기반한 시준기 설계 및 공차 분석 .....   | 49 |
| 달 표면 자기장 측정기 LSMAG 개발 .....   | 50 |
| 우주환경 빅데이터 파이프라인 및 API 개발 .....  | 52 |
| Alert Processing System with Open-Source Software Stacks for Time-Domain and Multi-Messenger Astronomy..... | 53 |
| Trustworthy Machine Learning Inference in Astronomy Applications .....                                      | 54 |
| 인공위성 레이저 거리측정 시스템의 주간 추적 성능 분석.....   | 55 |
| Mechanical Design of a Low-Vibration Cryogenic Dewar for Optical Testing of Infrared Detector .....         | 56 |



**IASS**

# Abstract

## 방위산업의 우주 감시 자산 발전방향

이승하<sup>1</sup>

<sup>1</sup>LIG 넥스원(주) 광기술연구소

대한민국의 방위산업의 기술은 지상, 해상, 공중 분야를 막론하고 비약적인 발전을 이뤘으며, 이를 기반으로 세계 4 대 방산 강국으로 도약하기 위하여 방위산업의 기술력을 강화하고 있다. 또한 뉴스페이스 시대가 도래함에 따라 안보 영역이 육·해·공에서 우주까지 확장되어, 우주 안보에 대한 투자와 기술개발도 지속적으로 진행하고 있다. 우주 관련 무기체계 중 우주 감시 체계는 우주 안보를 위한 초석이자 필수 무기체계이다. 본 발표에서는 방위산업의 우주 감시/관측 장비에 대한 연구개발 현황 및 국내 개발이 요구되는 관측기기의 분야를 소개하고 우주 감시 무기체계의 발전방향을 소개하고자 한다.



## 국내 우주선 중성자 모니터 (neutron monitor) 현황과 활용 방안

정종일<sup>1</sup>, 오수연<sup>2</sup>, 이유<sup>1</sup>, 손종대<sup>3</sup>, 광영실<sup>3</sup>

<sup>1</sup>충남대학교 우주지질학과, <sup>2</sup>전남대학교 지구과학교육과, <sup>3</sup>한국천문연구원

우주선 중성자 모니터 (neutron monitor)는 지상에서 2차 우주선 (cosmic ray)인 중성자를 관측하는 관측 장비이다. 중성자 모니터는 태양 활동의 영향을 받는 약 500 MeV ~ 수 GeV 에너지 대역의 우주선을 측정한다. 태양 폭발 현상에 의해서 발생하는 우주선 세기 감소 현상인 Forbush decrease (FD)나 우주선 세기 증가 현상인 ground level enhancement (GLE) 현상은 태양 활동을 지상 우주선 중성자 모니터에서 확인할 수 있는 좋은 우주선 세기 변화 현상이다. 특히 GLE 현상은 태양 고에너지 입자와 밀접한 관련이 있다. 이러한 우주선 중성자 모니터 관측 자료는 태양-지구 사이의 우주환경에 대한 연구에 활용도가 높다. 또한 태양 고에너지 입자들은 지구의 대기에도 영향을 준다고 알려져 있어서 이에 대한 연구가 집중되고 있다. 우주선 중성자 모니터는 세계 곳곳에 약 50 여개 곳에서 운영 및 관측 중이다. 현재 국내에서도 2개의 우주선 중성자 모니터를 운영하고 있다. 본 발표에서 현재 국내에서 운영되고 있는 우주선 중성자 모니터에 대한 현황을 소개하고 활용 방안에 대해 논의하고자 한다.

## Status Report of 7–Dimensional Telescope

Ji Hoon Kim<sup>1</sup>, Myungshin Im<sup>1,2</sup>, Hyung Mok Lee<sup>1</sup>, Hyeonho Choi<sup>2</sup>,  
and Center for the Gravitational–Wave Universe

<sup>1</sup>Astronomy Research Center, Seoul National University

<sup>2</sup>Department of Physics and Astronomy, Seoul National University

7–Dimensional Telescope (7DT), the main observational facility of Center for the Gravitational–Wave Universe, is a multi–telescope system which consists of 20 50–cm telescopes and utilizes 40 medium–band filters with FWHM of 25 nm. 7DT will obtain IFU–like spectroscopic imaging data with low spectral resolution ( $R\sim 25$ ) spectra of astronomical objects within a large field of view ( $\sim 1.2^\circ$ ). This multi–object spectral imaging capability along with flexible operation, real–time data reduction and analysis enable 7DT to follow up GW events quickly and discover counterparts with unmatched efficiency. During this talk, we present the current status of the observing facility and its operation system. We also brief up to date outcome of LIGO–VIRGO–KAGRA O4 run.

# GeoGebra Baffle Design of Linear Astigmatism Free–Three Mirror System (LAF–TMS) onboard MESSIER satellite

Dohoon Kim<sup>1</sup>, Seunghyuk Chang<sup>2</sup>, Changgon Kim<sup>1</sup>, Jimin Han<sup>1</sup>, Woojin Park<sup>4</sup>,  
Dae–Hee Lee<sup>5,6</sup>, David Valls–Gabaud<sup>7</sup>, and Soojong Pak<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Space Research and Institute of Natural Science, Kyung Hee University,  
<sup>2</sup>Center for Integrated Smart Sensors, <sup>3</sup>Korea Basic Science Institute, <sup>4</sup>Center for Large Telescopes,  
Korea Astronomy and Space Science Institute, <sup>5</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute,  
<sup>6</sup>Department of Aerospace Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology  
(KAIST), <sup>7</sup>Observatoire de Paris

The MESSIER surveyor mission is aimed to unveil faint extended galaxies. These galaxies have surface brightness levels as low as  $\sim 37 \text{ mag/arcsec}^2$  in UV. The optical design is composed of three freeform mirrors, obeying linear astigmatism free configuration, i.e., Linear Astigmatism Free Three Mirror System (LAF–TMS). The LAF–TMS for MESSIER has a 400mm entrance pupil diameter and an F–ratio of 3, with a wide field of view. The unexpected stray lights radiating into the detector can degrade the image quality, leading to the misdetection of the faint target. For the first order of this stray light analysis, we use GeoGebra which is a software tool for fundamental algebra and visualization of mathematical calculations. In this presentation, we will show the efficient baffle designs that efficiently block the route of stray light photons.

## Volume-Sharing Multi-Aperture Imaging (VMAI)

이준호<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 국립공주대학교 광공학과

This talk introduces an innovative concept called Volume-Sharing Multi-Aperture Imaging (VMAI) that revolutionizes space-borne imagers by achieving high ground spatial resolutions while maintaining compactness. The proposed method integrates one wide-field and three narrow-field cameras within a small satellite, utilizing a centered annulus aperture and three circulating rectangular apertures on the same entrance plane. By emulating a large circular aperture, the payload captures independent images from the four cameras, and through the application of deep learning, synthesizes a high-resolution image. Through computational simulations, we validate the effectiveness of the VMAI approach, demonstrating its ability to achieve an impressive 1-meter ground resolving distance (GRD) at 500 km altitude, all within a small satellite of less than 100 U volume. (Here, U represents a volume unit for a micro-satellite, equivalent to 1,000 cm<sup>3</sup>.) This research presents a promising solution for compact high-resolution imaging from small space-borne platforms, where imaging capabilities are not compromised. By eliminating the trade-off between compactness and resolution, VMAI paves the way for significant advancements in space imaging technology.

## NASA 사운드링 로켓 실험: CLASP2 & CLASP2.1 준궤도 우주 미션

Donguk Song<sup>1,2</sup>, Ryohko Ishikawa<sup>2</sup>, David E. McKenzie<sup>3</sup>, Javier Trujillo Bueno<sup>4</sup>,  
Frédéric Auchère<sup>5</sup>, Ryouhei Kano<sup>2</sup>, Laurel A. Rachmeler<sup>6</sup>, Takenori J. Okamoto<sup>2</sup>,  
Ken Kobayashi<sup>3</sup>, Christian Bethge<sup>7</sup>, and the CLASP2 and CLASP2.1 teams

<sup>1</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute, <sup>2</sup>National Astronomical Observatory of Japan,  
<sup>3</sup>NASA Marshall Space Flight Center, <sup>4</sup>Instituto de Astrofísica de Canarias,  
<sup>5</sup>Institut d'Astrophysique Spatiale, <sup>6</sup>National Oceanic and Atmospheric Administration,  
<sup>7</sup>University of Colorado at Boulder

CLASP2 (Chomospheric Layer SpectroPolarimeter)는 NASA 사운드링 로켓 실험 중 하나로, 태양 상부 채층 자기장 탐사를 위한 우주 기반 관측 기술을 검증하는 것을 목표로 개발되었다. CLASP2 관측기기는 구경이  $\varnothing 270\text{mm}$  인 고전적인 카세그레인 망원경, 슬릿 조 광학 시스템 (Lyman-alpha 선), 역와즈워스형 마운팅(Inverse Wadsworth Mounting) 방식의 자외선 분광편광계 (Mg II h & k 선)로 구성되어 있으며, 광학적으로 완전히 대칭인 두 개의 채널로 설계되었다. 이러한 설계는 격자에 의해 회절된  $\pm 1$  차 빔을 사용하여 편광의 직교 상태를 동시에 측정할 수 있게 하며, 선형 및 원형 편광의 정밀한 측정( $< 0.1\%$ )을 가능하게 한다. CLASP2는 2019 년과 2021 년에 NASA 사운드링 로켓에 탑재되어 미국 화이트샌드 미사일 기지에서 2 회 발사되었으며, 2 개의 Mn I 선과 Mg II h & k 선을 사용하여 채층의 다양한 높이에서 자기장을 정량적으로 측정할 수 있음을 세계 최초로 시연하는데 성공하였다. 이 발표에서는 CLASP2 와 CLASP2.1 준궤도 우주 미션의 개요, 관측기기 및 실험/편광 보정에 대한 설명, 그리고 이 실험을 통해서 얻은 중요한 관측 결과를 제시하고자 한다.

## 적외선 분광기 광기계 요소 설계 개념

김우진<sup>1,2</sup>, 문봉곤<sup>1,2</sup>, 최영준<sup>1,2</sup>, 박성준<sup>1</sup>, 이덕행<sup>1</sup>, 정민섭<sup>1</sup>,  
심채경<sup>1</sup>, 이대희<sup>1</sup>, 박원기<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 한국천문연구원 우주탐사그룹, <sup>2</sup> 과학기술연합대학원대학교

우주 탑재체는 발사환경에서 극심한 진동하중에 노출된다. 이러한 진동하중은 광학계의 정렬오차, 렌즈파손 등 여러 방식으로 시스템의 성능저하를 유발한다. 광기계 설계란 우주 탑재체가 발사 및 우주환경에서 겪는 진동하중과 온도 변화환경에서도 안정적으로 성능을 유지하고 과학 임무를 수행할 수 있도록 하는 설계를 말한다.

본 논문에서는 렌즈 광학계에 사용되는 광기계 요소 중 스페이서의 접촉 방식과 진동하중 환경을 가정하여 광학요소에 발생하는 응력을 수식으로 추정하고 이를 통해 광학계의 안정성 검토 방법을 소개하고자 한다. 또한, 적외선 분광기 광기계 설계를 예로 들어 여러 접촉 방식에 따라 렌즈 표면에 발생한 응력의 경향성을 파악하고 적외선 분광기 개념 설계 현황을 소개하고자 한다.

## GMTNIRS 의 디텍터 마운트 설계

김상준<sup>1,2</sup>, 박찬<sup>1</sup>, 김상혁<sup>1</sup>, 박우진<sup>1</sup>, 오희영<sup>1</sup>, 정의정<sup>1</sup>, 이성호<sup>1</sup>,  
오재석<sup>1</sup>, 이재준<sup>1</sup>, 박병곤<sup>1</sup>, 박명구<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 한국천문연구원, <sup>2</sup> 경북대학교

거대마젤란망원경 (Giant Magellan Telescope)의 1 세대 관측기기 중 하나인 GMTNIRS(GMT Near Infra-Red Spectrograph)는 1~5  $\mu\text{m}$  영역의 근적외선 파장대에서 고분해능 분광 관측을 위한 천체분광기이다. GMTNIRS 의 디텍터는 J, H, K, L1, L2, M 과 SVC(Slit-viewing Camera) 총 7 개로 이루어져 있다. 이때 디텍터는 37K, 광학 벤치는 70K 으로 냉각된다. 본 연구는 각각의 디텍터 마운트 상세설계를 위해 3D CAD 소프트웨어인 솔리드웍스(SolidWorks®)를 사용하여 기계설계와 유한요소해석을 수행한다. 이를 통해 디텍터 마운트가 온도 변화, 중력 방향 변화, 외력, 외부 진동에 대해 안전계수, 광학설계에서 도출된 허용 공차 등의 설계 요구조건을 만족하는지 수치적으로 검증한다. 본 연구는 디텍터 마운트의 기계설계, 구조해석 및 열탄성 해석 결과를 소개한다.

# 제미니 망원경 근적외선 다천체 분광기 (Gemini Infrared Multi-Object Spectrograph; GIRMOS) 개발 상황 및 계획

이재준<sup>1</sup>

<sup>1</sup>천문연구원

천문연구원은 2023 년에 신규로 시작한 “고분해능 분광기 개발과 연구” 과제의 일환으로 제미니 망원경 근적외선 다천체 분광기의 국제 공동개발에 참여하고 있다. 제미니 천문대는 구경 8.1m 광학망원경 두대를 북반구와 남반구에서 운영하고 있고, 한국은 2019 년부터 제미니 망원경의 국제 공동운영 파트너로 참여하고 있다. 제미니 망원경 근적외선 다천체 분광기 (Gemini Infrared Multi-Object Spectrograph; GIRMOS)는 제미니 천문대의 차세대 적응광학 시스템을 활용하는 다천체 근적외선 IFU 관측기기이다. GIRMOS 는 캐나다 주도로 국제 공동 개발되고 있으며 현재 상세설계가 진행 중이다. 이번 발표에서는 GIRMOS 의 대략적인 설계와 천문연의 기여 방안에 대해 소개한다.



## Preparations for SKA participation in Korea

Bong Won Sohn<sup>1</sup>, SKA Korea members<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute

Based on long discussions and planning for more than 10 years and the internal planning research at KASI in 2020, preparations are underway to participate in the SKA construction project in 2024. The participation plan consists of three main parts. Those are construction and operation contribution, research and SKA regional center, and future technology development. The "Fair Work Return" rule applies to the construction contribution, allowing Korean industries to participate in SKA construction. In addition to supplying equipment and operation of SKA Low networks through cooperation with KASI, KISTI and domestic small and medium-sized companies, participation in SKA Mid antenna AIV (assembly, integration and verification) and supply of memory chips or energy storage are being discussed. From the second half of 2020, we are conducting research using SKA precursor and pathfinder with support from NRF. It is also being used as an opportunity to nurture the next generation and support the domestic SKA community. In the field of future technology development, high-speed data processing and transmission technology and participation in Phased Array Feeds development are being discussed. By using the renewed SKA Korea website, [ska.kasi.re.kr](http://ska.kasi.re.kr), SKA Korea's activities, especially information about the SKA Colloquium series and scientific meetings can be checked. Involvement and support from the government are essential for the participation of SKAO which is an international organization. The government's intention is well reflected in the recently revised Space Development Promotion Basic Plan (제 4 차 우주개발진흥 기본계획).

## 전파 빅데이터 분석을 위한 SRC Network

강현우<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 한국천문연구원

SKAO(Square Killometre Array Observatory)는 호주와 남아프리카 공화국에 설치된 초대형 전파망원경 네트워크로부터 연간 710PB 의 데이터를 만들어낼 예정이다. 이에 SKA 회원국은 각 지역 센터 SKA Regional Center (SRC)를 만들어서, 실질적인 연구를 위해 각 SRC 의 컴퓨팅 리소스를 하나의 네트워크로 묶어 빅데이터 분석이 가능한 SRC Network 을 만들고 있다. SRC Network 는 전례없는 양의 데이터를 다루기 위해 고성능 기반 자원 뿐만 아니라 각종 소프트웨어 플랫폼을 이용하고자 한다. SAFe 라는 agile frame work 기반으로 회원국간 연구자들이 활발하게 SRC Network 를 개발하고 있다.

## 중력파 관측을 위한 레이저 간섭계 기술 개발

이성호<sup>1</sup>, 김창희<sup>1</sup>, 김윤중<sup>1</sup>, 정의정<sup>1</sup>, 박원기<sup>1</sup>, 성현철<sup>1</sup>, 정용호<sup>1</sup>, 라영식<sup>2</sup>,  
곽근희<sup>2</sup>, 고병윤<sup>2</sup>, 박수종<sup>3</sup>, 안호재<sup>3</sup>, 이수민<sup>3</sup>, 박준규<sup>4</sup>, 박연상<sup>5</sup>

<sup>1</sup>한국천문연구원, <sup>2</sup>한국과학기술원, <sup>3</sup>경희대학교, <sup>4</sup>연세대학교, <sup>5</sup>충남대학교

본 연구에서는 중력파 검출기의 감도를 고전 물리학의 한계 이상으로 향상시킬 수 있는 양자잡음 저감 기술에 중점을 두고 중력파 검출기용 레이저 간섭계 기술을 개발하고 있다. 빛의 비선형 프로세스를 통해 양자조임 진공상태를 생성하고 이를 마이켈슨 간섭계에 주입함으로써 특정 광 모드에서 레이저 경로 상의 빛의 양자역학적 불확실성을 줄일 수 있다. 이러한 연구의 궁극적인 목표는 기존 중력파 검출기의 업그레이드 및 차세대 검출기 건설에 기여하는 것으로서, 본 연구진은 KAGRA 국제공동개발 및 3세대 중력파 검출기 아인슈타인 망원경 국제공동개발의 양자잡음 저감기술 연구팀에 참여하고 있다. 또한 KAGRA의 경우, 중력파 검출기의 가장 핵심적인 광학 부품인 시험질량체(test mass)의 사파이어 소재 개발에도 기여하고 있다.

# Optical and Opto–Mechanical design of Mode–Matching Telescope for EPR–SIPS Squeezing Experiment

Sumin Lee<sup>1</sup>, Hojae Ahn<sup>1</sup>, Jimin Han<sup>1</sup>, Soojong Pak<sup>1</sup>, Chang–Hee Kim<sup>2</sup>, Sibilla Di Pace<sup>3</sup>, Martina De Laurentis<sup>4</sup>, Seunghyuk Chang<sup>5</sup>, Valeria Sequino<sup>4</sup>, Francesco De Marco<sup>3</sup>, Yunjong Kim<sup>2</sup>, Sungho Lee<sup>2</sup>, June Gyu Park<sup>6</sup>, Fiodor Sorrentino<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Kyung Hee University, <sup>2</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute, <sup>3</sup>University of Roma “La Sapienza” and INFN–Roma1, <sup>4</sup>Università” Federico II” and INFN–Napoli, <sup>5</sup>Center for Integrated Smart Sensors, <sup>6</sup>Yonsei University, <sup>7</sup> INFN–Genova

We present a Mode Matching Telescope (MMT) developed for the EPR (Einstein–Podolsky–Rosen) – SIPS (Suspended Interferometer Ponderomotive Squeezing) Experiment. It aims to demonstrate Frequency–Dependent Squeezing (FDS) for reducing broadband quantum noise in gravitational wave detectors. We designed two types of reflective telescopes: a Schiefspiegler with two spherical mirrors and a Linear Astigmatism–Free (LAF) design with two freeform mirrors. We positioned the optomechanics on a metal base plate featuring a reference plane to ensure precise system alignment and assemble reproducibility. In the case of the LAF design, we employed Coordinate Measurement Machines (CMM) to measure the absolute 3D coordinates of the optomechanics accurately. The mirror adaptors can be re–fabricated to compensate for measured misalignments. The spherical design mode matching telescope will be integrated and tested at the virgo squeezing lab in July 2023.

## A new method to detect gravitational waves by radio telescope network with pulsar timing array

Chan Park<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute for Basic Science

We propose a novel method to observe gravitational waves by measuring electromagnetic invariants of a distance source with a radio telescope network over the global sphere. Electromagnetic fields have two observer invariants that are defined by  $E^2 - B^2$  and  $\mathbf{E} \cdot \mathbf{B}$ . For electromagnetic waves from a distance source, we can easily see that the invariants vanish. For that reason, the perturbations of invariants are gauge-invariant in terms of general relativity. It means that the perturbations become a channel to detect gravitational waves. Because of the freedom of electromagnetic field, we need 6 independent measurements, each with an independent pair of orientation and moving velocity, to compose the invariants. We claim that it can be achieved from radio telescopes located in 6 different positions on Earth. In this scenario, we discuss the antenna pattern of our method and possible applications using existing radio telescope networks.

## 합동군사우주전략 개념 및 발전방향

전현석<sup>1</sup>, 오병훈<sup>1</sup>

<sup>1</sup>합동참모본부 군사우주과

최근 세계 각국은 우주공간을 정찰, 통신, 항법, 감시, 기상 등 군사적인 목적으로 사용하고 있으며, 포괄적인 우주기반 군사 아키텍처를 제시하고, 국방우주개발을 적극적으로 추진하고 있다. 또한, 우주강국은 공세적 우주능력의 개발이나 우주 무기화의 움직임이 나타나고 있으며, 우주자산 보호 등 우주안보를 강화하고 우주의 군사화를 가속화하고 있는 추세이다. 이에 본 논문에서는 최근 군사작전에서의 우주의 활용과 통합 사례를 살펴보고, 군사우주전략 개념과 노력선을 정립하여, 우주를 군사작전에 효과적으로 통합 및 융합하기 위한 발전방향을 제시하고자 한다.

전략환경을 고려한 군사우주력의 역할은 우주위협과 위협에 대응해서 우주활동을 보장하고, 군사작전에 우주작전을 통합하여 국가차원의 우주역량을 지원하며, 군사우주개발을 통해 국가우주력 발전에 기여할 수 있다는 것이다. 군사우주력의 역할을 통해 달성할 수 있는 전략목표는, 우주영역의 평화롭고 자유로운 활용을 보장하고, 군사우주력을 효과적으로 발휘할 수 있는 여건을 조성하는 것으로 제시하였다. 이러한 전략목표를 달성하기 위한 노력선은, 첫째로, 우주영역의 자유로운 활용을 위해 우주위협 및 위협 상황에 주도적으로 대응하고, 둘째로, 전영역 통합작전을 구현하기 위해 우주능력을 활용하여 군사작전을 지원하면서, 마지막으로, 국·내외 및 민·관·군 우주협력 환경을 조성하고, 국가·동맹의 우주역량을 통합적으로 활용해서 군사우주력을 강화해야 한다는 연구결과를 도출하였다.

결론적으로, 합동성에 기반한 우리 군의 군사우주력 발전을 위해 우주위협과 위협에 주도적 대응, 지·해·공 및 사이버·전자기와의 교차영역에 대한 효과적인 지원, 민·관·군 및 동맹과의 우주협력 강화, 우주영역의 활용 보장 및 국가차원의 우주발전 기여 등의 군사우주력 발전방향을 제시하고자 한다.

## Application technology analysis of silicon carbide material reflector optical system in national defense

Haengbok Lee<sup>1</sup>, Se-Chol Choi<sup>1</sup>, Guk-Whan Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Agency for Defense Development

Silicon carbide (SiC; Silicon Carbide) is a polycrystalline structure material in which silicon (Si) and carbon (C) are continuously connected in a 1:1 ratio and bonded in the form of a mesh. Its hardness is second only to diamond, and it is not easy to process compared to existing glass or ceramic materials, but it has excellent rigidity, excellent corrosion resistance, high hardness, excellent wear resistance, low thermal expansion coefficient, high thermal conductivity, and thermal shock resistance is high. Mirror materials include ULE (glass), Be (metal), Zerodur (glass-ceramic), and SiC (ceramic). It is also used as a structural material to support optical components. A reflector is a mirror made by polishing the surface of glass, ceramic, or metal to reflect light.

The silicon carbide reflection optical system is an optical system composed of reflectors made of SiC material, and a concave mirror, that is, a reflector, is used instead of an objective lens to remove chromatic aberration of the lens caused by the dispersion characteristics of the medium of the image signal passing through the lens, and spherical aberration. It refers to an optical telescope that forms an image on a detector using an aspheric reflector rather than a spherical surface in order to reduce

There are telescopes for earth observation/ ocean observation/weather observation/ environmental monitoring as a reflective optical telescope mounted on satellites/ aircraft. LIDAR (Light Detection and Ranging) that collects information such as 3D images, telescopes for early warning satellites that detect flames when launching missiles and give an early warning, space exploration used for space exploration such as the moon and Mars. There is a telescope, and there is a telescope for laser communication used for satellite-to-satellite or satellite-to-ground communication. On the ground, there are astronomical observations, satellite laser tracking (SLR: Satellite Laser Range), space surveillance, and catoptric telescopes for laser interception weapons that destroy targets by firing lasers mounted on ground tanks, satellites, fighter jets, or battleships. etc.

In this paper, silicon carbide material characteristics, material manufacturing process, and technology analysis of reflection optics composed of SiC material reflectors are applied to the national defense field.

.



## 뉴스페이스 발사체 개발 전략

이금오<sup>1</sup>

<sup>1</sup>항공우주연구원 소형발사체연구부

SpaceX 의 Elon Musk, Blue Origin 의 Jeff Bezos, Virgin Galactic 의 Richard Branson 이 2000 년대 초반부터 경쟁적으로 시작하여 촉발되었던 민간투자우주개발인 뉴스페이스는 이제 우주경제에 있어서 지배적인 위치에 올라가게 되었다. SpaceX 는 자체적으로 개발한 Merlin 엔진을 기반으로 Falcon 1 소형발사체 개발 후 Falcon 9 대형발사체를 개발하게 되었고, 이후 엔진을 계속 업그레이드 하면서 재사용을 위한 1 단 재착륙에 성공하면서 기존의 발사체 업체보다 경제성을 가지고 보다 저렴한 우주접근을 실현시켰다. 소형발사체 자체에 집중하여 발사서비스를 성공적으로 제공하고 있는 RocketLab 은 3D 프린팅 기반의 혁신적인 엔진개발에 성공함으로써 소형발사체를 상업화 하는데 성공하였고, 이를 기반으로 NASA 의 최소규모의 달탐사 미션이었던 Capstone 미션까지 성공적으로 수행할 수 있었다.

## 영상분광 관측기술과 한국주도형 우주망원경

박성준<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 한국철문연구원 우주과학본부

현대천문학에서 영상분광기(imaging spectrograph)는 가장 중요한 비중을 차지하는 관측기기의 한 형태이며, 국내외에서 다양한 형태로 진화 및 개발 중이다. 이 논문에서는 천문학 연구용 분광기의 기본원리와 분광소자에 따라 전통적인 롱슬릿 분광기(Long-slit Spectrograph), 여러 대상을 동시에 관측 가능한 다천체 분광기(Multi-object Spectrograph), 2 차원 시야를 한꺼번에 관측하는 통합시야 분광기(Integral Field Spectrograph)가 현대 천문학 연구를 위해 어떻게 개발되고 있는지에 대해서 소개한다. 또한 그동안 국내에서 개발하였던 분광 관측기기 개발 경험들을 중형위성급 또는 미터급 구경의 한국주도형 우주망원경에 어떻게 효율적으로 적용하고 발전시킬 수 있을지에 대한 현실적인 아이디어를 제시하고자 한다.

## 한국형 우주망원경 기획

한정열<sup>1,2</sup>, 강용우<sup>1</sup>, 백지혜<sup>1</sup>, 성현철<sup>1</sup>, 최성환<sup>1</sup>, 문봉곤<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 한국천문연구원 천문우주기술센터, <sup>2</sup> 과학기술연합대학원대학교

허블우주망원경과 제임스웹우주망원경(JWST)은 인류의 우주 탐사에 큰 기여를 하고 있다. 이들은 우주의 신비와 아름다움을 드러내 주는 놀라운 관측 결과물을 공개하면서 많은 사람들의 관심을 불러일으킨다. 하지만 우주는 광대하고 다양한 천문현상들로 가득하므로 한 두 대의 우주망원경으로는 모든 물리적 현상을 관측할 수 없다. 우리나라에서도 우주기술의 발전과 함께 3 미터급 우주망원경을 개발하여 천문학의 새로운 장을 열고자 한다. 우주망원경은 제 4 차 우주개발진흥 기본계획에 명시되었으며, 본 발표에서는 초기 기획을 소개하고자 한다.

## 조선시대 두 가지 자동 물시계 제작과 작동구조 비교

김상혁<sup>1</sup>, 윤용현<sup>2</sup>, 민병희<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>한국천문연구원, <sup>2</sup>국립중앙과학관, <sup>3</sup>과학기술연합대학원대학교

15 세기 장영실(蔣英實)은 두 가지의 자동 물시계를 개발했다. 하나는 공학적 자동제어 기술을 적용한 보루각루(報漏閣漏)이다. 보통 자격루로 알려진 이 기기는 보루각에 설치되었다. 하지만, 이 보루각루는 경복궁 화재로 파괴되어 종종 때 새로 만들어졌고, 그 일부가 오늘날 전승되어 남아 있다. 또 다른 자동 물시계는 흠경각루(欽敬閣漏)이다. 장영실이 세종을 위해 만든 물시계이다. 당시의 대부분 천문의기(天文儀器)는 후원에 설치되어 임금이 시간을 점검하기에는 불편함이 있었다. 이에 천추전(千秋殿) 서편에 흠경각(欽敬閣)을 세우고 그 안에 흠경각루를 설치하여 임금이 살펴볼 수 있는 전용 물시계를 제작했다. 흠경각루는 최초 완성 이후 몇 차례 화재로 소실과 복원이 반복되었는데, 1617년의 물시계의 교정 기록을 끝으로 운영이 중단되었다. 보루각루는 국가 표준시계의 역할을 했고, 흠경각루는 세종을 위한 임금의 시계로 제작되었다. 본 연구에서는 복원 모델로 제작한 보루각루와 흠경각루의 주요한 메커니즘을 비교하고, 내부의 구성 요소에 대하여 살펴보았다.

## 조선에서 제작한 아스트롤라베(Astrolabe), ‘혼개통헌의 (渾蓋通憲儀)’를 활용한 천문교육

화가영<sup>1</sup>, 김현상<sup>1</sup>, 이제홍<sup>1</sup>, 김상재<sup>1</sup>, 이동주<sup>1</sup>, 석우진<sup>1</sup>, 송병권<sup>1</sup>, 홍대길<sup>1</sup>

<sup>1</sup>송암스페이스센터

고천문 관측기기의 활용은 천문학의 역사를 되돌아보고, 옛날 사람이 어떻게 천체를 관측하고 활용했는지 이해하는 데 도움을 줌으로써 천문학 교육에서도 중요한 의미를 가진다. 송암스페이스센터는 2019년 대한민국 보물로 지정된 동아시아의 유일한 아스트롤라베인 혼개통헌의를 천문 교육에 활용하기 위해, 현재의 천문현상과 현대 용어에 맞춰 재해석했다. 24 절기와 12 간지 등 전통 천문 내용을 바탕으로 오늘날 사용되는 서양 별 이름을 적용하고, 현재 서울의 위도에 맞추어 적도좌표계와 지평좌표계를 수정했다. 학습자가 관측한 별의 정보와 혼개 통헌의를 이용해 시간 측정, 위치나 거리 측정, 천체의 출몰 시간을 결정하는 천체력 측정을 할 수 있도록 새로운 혼개통헌의 교구를 설계하고 제작했다. 송암스페이스센터의 혼개통헌의는 작고 가벼워서 휴대가 쉽고 현재 시각을 활용하여 천체를 관측할 때 도움을 주는 천문 관측 교구이다. 송암스페이스센터는 현대화된 혼개통헌의를 통해 천체 관측과 시간 측정이란 천문학의 중요 내용을 교육하고자 한다.

\*키워드 : 아스트롤라베, 천문학 교육, 혼개통헌의, 고천문, 관측기기

# The Performance and Standard Photometric System of the 0.7-m Telescope at Miryang Arirang Astronomical Observatory

Gu Lim<sup>1</sup>, Dohyeong Kim<sup>1</sup>, Keunhong Park<sup>2</sup>, Sunghoon Lim<sup>2</sup>, Jaemin Park<sup>1</sup>,  
Hayeong Jeong<sup>1</sup>, Donghyun Kim<sup>1</sup>, Junyeong Park<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Earth Science Education, Pusan National University,  
<sup>2</sup>Miryang Arirang Astronomical Observatory

We introduce the 0.7-meter telescope at Miryang Arirang Astronomical Observatory (MAAO) located in Miryang, Korea. A series of test observations were performed to examine the characteristics and performance of the telescope system for its application in astronomical research after public educational programs. Currently, remote observation is available, and the automated operation is now ongoing. By observing standard stars, we obtained atmospheric coefficients and photometric zero points. The  $3\sigma$  limiting magnitudes from additional observations reach  $BVRI = 19.9 - 20.2$  AB magnitudes for a point source with a total integrated time of 10 minutes under clear dark sky conditions. Considering these results, we discuss the possible scientific programs using the 0.7-m telescope system.

## KASI Science Cloud 의 관측 빅데이터 분석 활용 사례

신민수<sup>1</sup>, 이창희<sup>1</sup>, 이재준<sup>1</sup>, 홍성용<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국천문연구원

한국천문연구원은 2019 년부터 시작된 천문우주 빅데이터 공유활용 플랫폼 구축 사업을 통하여 OpenStack 기반의 Private Cloud 환경 구축을 시작하였으며, 2022 년부터 원내 연구자들이 자유로운 이용을 시작하였다. 해당 Cloud 환경은, 전용 전산 자원의 시간 당 활용도가 낮은 현실에서 대용량 관측 자료의 분석 및 처리를 위한 전산 자원의 활용성(utilization)을 높이기 위한 목적으로 구성되었다. 또한 일시적으로 발생하는 대용량 자료 분석 수요에 유용하게 처리 환경을 구성할 수 있는 유연성(elasticity)을 가진 전산 환경 제공을 목표로 한다. 이번 발표에서는 이미 준비되어 사용자에게 제공되고 있는 대표적 사용 형태에 대한 전산 환경 구성을 소개하고, 실제 관측 빅데이터 분석에서 활용된 대표적 사례 두가지를 소개한다.

## Enhancing Astronomical Observatories with IoT: Lessons Learned and Future Implications

Chung-Uk Lee, Dong-Joo Lee, Dong-Jin Kim, Sang-Mok Cha, Yongseok Lee, Sangmin Lee, Seung-Lee Kim, Hyunwoo Kang, Eon-Chang Sung, Moo-Young Chun, Jae-Woo Kim, Sungwook E. Hong, Seung-Cheol Bang, Hong Soo Park,

<sup>1</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute

The Internet of Things (IoT) transcends basic control functions and offers a new way of life by integrating artificial intelligence, exerting a profound influence on our daily lives. IoT is the result of implementing high-quality technology at a remarkably low cost. Over the past few years, we have enhanced the observational environment of the astronomical observatory by utilizing IoT devices. In this talk, we share the lessons learned through this endeavor.



## A Status Report of the Multi–Object Spectrograph Development for the Galaxy Redshift Survey

Jae–Woo Kim<sup>1</sup>, Ho Seong Hwang<sup>2</sup>, Sungwook E. Hong<sup>1</sup>, Young–Man Choi<sup>3</sup>,  
Sang Hyun Chun<sup>1</sup>, Moo Young Chun<sup>1</sup>, Haeun Chung<sup>4</sup> Minhee Hyun<sup>1</sup>, Donghui  
Jeong<sup>5,6</sup>, Dachan Kim<sup>8</sup>, Kang–Min Kim<sup>1</sup>, Yunjong Kim<sup>1</sup>, Dongkok Kim<sup>2</sup>, Jongwan  
Ko<sup>1</sup>, Ho–Gyu Lee<sup>1</sup>, Jong Chul Lee<sup>1</sup>, Yongseok Lee<sup>1</sup>, Hyun–Ho Lim<sup>3</sup>, Heeyoung Oh<sup>1</sup>,  
Changbom Park<sup>6</sup>, Junsup Shim<sup>7</sup>, Hyunmi Song<sup>8</sup>, Yongmin Yoon<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute, <sup>2</sup>Seoul National University, <sup>3</sup>Ajou University,  
<sup>4</sup>University of Arizona, <sup>5</sup>Pennsylvania State University, <sup>6</sup>Korea Institute for Advanced Study,  
<sup>7</sup>Institute of Astronomy&Astrophysics, Academia Sinica, <sup>8</sup>Chungnam National University

The spectroscopic survey becomes more important in astronomy recently. Here, we present the status of the development of the multi–object spectrograph (K–SPEC) for the galaxy redshift survey. The survey aims to construct a spectroscopic map of galaxies with  $K_s < 13.75$  to answer the various astronomical questions in the local accelerating universe. To do so, we plan to install the K–SPEC on the KMTNet telescope at Siding Spring Observatory in Australia. We will briefly introduce the whole system and plan.

## [K–SPEC] Current Progress on the Development of Metrology System for the K–SPEC Multi–Object Spectrograph

Dongkok Kim<sup>1</sup>, Ho Seong Hwang<sup>1</sup>, Sungwook E. Hong<sup>2</sup>, Jae–Woo Kim<sup>2</sup>, Young–Man Choi<sup>3</sup>, Sang Hyun Chun<sup>2</sup>, Moo Young Chun<sup>2</sup>, Haeun Chung<sup>4</sup>, Minhee Hyun<sup>2</sup>, Donghui Jeong<sup>5,6</sup>, Kang–Min Kim<sup>2</sup>, Yunjong Kim<sup>2</sup>, Jongwan Ko<sup>2</sup>, Ho–Gyu Lee<sup>2</sup>, Jong Chul Lee<sup>2</sup>, Yongseok Lee<sup>2</sup>, Hyun–Ho Lim<sup>3</sup>, Heeyoung Oh<sup>2</sup>, Changbom Park<sup>6</sup>, Junsup Shim<sup>7</sup>, Hyunmi Song<sup>8</sup>, Yongmin Yoon<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Seoul National University, <sup>2</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute, <sup>3</sup>Ajou University, <sup>4</sup>University of Arizona, <sup>5</sup>Pennsylvania State University, <sup>6</sup>Korea Institute for Advanced Study, <sup>7</sup>Institute of Astronomy&Astrophysics, Academia Sinica, <sup>8</sup>Chungnam National University

The K–SPEC project aims to develop a multi–object spectrograph (MOS) system for the all–sky spectroscopic survey of nearby galaxies, A–SPEC. As part of K–SPEC, we plan to install the MOS system at the KMTNet telescope at Siding Spring Observatory in Australia, containing 169 fibers in a 6–square–degree field of view. Each fiber has a diameter of 75 microns corresponding to 3 arcsecs in the sky. The fiber is expected to be placed at the center of a galaxy within the required accuracy of ~5 microns, which can be achieved with the metrology system to measure and correct the position of each fiber. In this regard, we have worked on developing the metrology system for K–SPEC. We will first introduce the design phase, from determining metrology camera components to predicting using ray–tracing simulations. We then present ongoing experiments, including measurements of fiber positions and distortion of the metrology camera.

## Development of an Optical Fiber Positioner System for a Multi-Object Spectrograph

Hyunho Lim<sup>1</sup>, Young-Man Choi<sup>1</sup>, Jae-Woo Kim<sup>2</sup>, Ho Seong Hwang<sup>3</sup>,  
Sang Hyun Chun<sup>2</sup>, Moo Young Chun<sup>2</sup>, Haeun Chung<sup>4</sup>, Sungwook E. Hong<sup>2</sup>,  
Minhee Hyun<sup>2</sup>, Donghui Jeong<sup>5,6</sup>, Kang-Min Kim<sup>2</sup>, Donggok Kim<sup>3</sup>, Yunjong Kim<sup>2</sup>,  
Jongwan Ko<sup>2</sup>, Ho-Gyu Lee<sup>2</sup>, Jong Chul Lee<sup>2</sup>, Yongseok Lee<sup>2</sup>, Heeyoung Oh<sup>2</sup>,  
Changbom Park<sup>6</sup>, Junsup Shim<sup>7</sup>, Hyunmi Song<sup>8</sup>, Yongmin Yoon<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Ajou University, <sup>2</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute, <sup>3</sup>Seoul National University,  
<sup>4</sup>University of Arizona, <sup>5</sup>Pennsylvania State University, <sup>6</sup>Korea Institute for Advanced Study,  
<sup>7</sup>Institute of Astronomy & Astrophysics, Academia Sinica, <sup>8</sup>Chungnam National University

Fiber-fed spectroscopy using fiber positioners enables multi-object spectroscopy for hundreds to thousands of galaxies, by using a dense array of positioners that are densely packed at the focal plane of a telescope. The dense arrangement of positioners can increase the number of observations, but collisions may occur between adjacent positioners. The fiber positioner for K-SPEC is designed in a manner similar to that of a SCARA robot and is driven by two series of BLDC motors. The positioner has an outer diameter of 16 mm and an annular workspace with an outer diameter of 33.6 mm and an inner diameter of 12.8 mm. Since the positioners are arranged with a spacing of 16.8mm target assignment and motion planning are essential to avoid collisions resulting from overlapping workspaces. To address this, we propose an optimized-step-choice motion planning algorithm that utilizes an optimization process, using the sequential quadratic programming algorithm. The proposed method generates paths more efficiently than the existing greedy-choice algorithm, with an average convergence time of 4.3 seconds for a random target compared to 5.5 seconds. Finally, a test bed is implemented to verify the positioner's performance and motion plan.

# Capella: A Space-only High-frequency Radio VLBI Network Formed by a Constellation of Small Satellites

Sascha Trippe<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Seoul National University

Very long baseline radio interferometry (VLBI) with ground-based observatories is limited by the size of Earth, the geographic distribution of antennas, and the transparency of the atmosphere. We present Capella, a tentative design of a space-only VLBI system. Using four small (<500 kg) satellites in two orthogonal polar low-Earth orbit planes, and single-band heterodyne receivers operating at frequencies around 690 GHz, the interferometer is able to achieve angular resolutions of approximately 7 microarcsec. Within a total observing time of three days, a near-complete uv plane coverage can be reached. The required downlink data rates of >10 Gbps can be reached through near-infrared laser communication; depending on the actual downlink speed, one or multiple ground communication stations are necessary. All key components required for Capella – radio telescope, receiver, sampler, recorder, atomic frequency standard, positioning system, data downlink, and pointing control system – are already available, some of them off-the-shelf; the science payload of each satellite has a mass of about 200 kg and consumes about 550 W of power. With the specifications assumed, Capella will be able to address a range of science cases, including: photon rings around supermassive black holes; the acceleration and collimation zones of plasma jets emitted from the vicinity of supermassive black holes; the chemical composition of accretion flows into active galactic nuclei through observations of molecular absorption lines; mapping supermassive binary black holes; the magnetic activity of stars; and nova eruptions of symbiotic binary stars – and, like any substantially new observing technique, has the potential for unexpected discoveries.

## COronal Diagnostic EXperiment (CODEX) Optical Performance Test

Su-Chan Bong<sup>1</sup>, Donguk Song<sup>1</sup>, Ji-Hye Baek<sup>1</sup>, Jongyeob Park<sup>1</sup>, Yeon-Han Kim<sup>1</sup>, Seonghwan Choi<sup>1</sup>, Marta Casti<sup>2</sup>, Jeffrey Newmark<sup>2</sup>, Qian Gong<sup>2</sup>, Federico Landini<sup>3</sup>, Valeria Caracci<sup>3</sup>, Zangrilli Luca<sup>3</sup>, Davide Loreggia<sup>3</sup>, Silvano Fineschi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute, <sup>2</sup>NASA Goddard Space Flight Center, <sup>3</sup>INAF Astrophysical Observatory of Turin

The COronal Diagnostic EXperiment (CODEX) is a collaborative international project of KASI and NASA with the goal of developing an imaging multi-filter coronagraph scheduled to be installed on the International Space Station (ISS) in 2024. CODEX aims to measure the electron density, temperature, and velocity of the solar K-corona, simultaneously around the Sun between 3 and 8 solar radii for the first time. To achieve this goal, CODEX employs an externally occulted 2-stage coronagraphy, multiple 10 nm wide filters around 400 nm, and a polarization camera. Its stray light should be less than F-corona brightness, and the point spread function should cover at least one super-pixel, which is composed of 4 pixels of different linear polarization angles. Recently, we successfully conducted the optical performance tests for CODEX, such as stray light analysis, ghost measurement, point spread function characterization, flat field measurement, and polarization calibration, at the National Institute for Astrophysics (INAF)/Optical Payload System (OPSys) facility. From these tests, we obtained the pre-flight calibration data and verified the performance of the instrument. In this paper, we present the experimental setup employed and share our preliminary results obtained from these tests.

## 새로운 방식의 채층 및 코로나 태양영상분광기술 개발

양희수<sup>1</sup> 최성환<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 한국천문연구원 우주과학본부 태양우주환경그룹

태양의 영상분광정보는 채층 및 코로나의 에너지 수송과 변환, 소멸을 이해하는데 필수적이다. 우리는 새로운 방식의 영상분광장비들을 제작하여 채층의 전태양면 영상분광자료를 획득한다. 소구경의 엔지니어링 모델을 제작하여 에셀분광기와 고속카메라를 이용한 시스템으로 매우 안정적으로 H alpha 선에서 태양 영상분광 자료를 얻었으며 지금까지 관측된 적 없는 다른 발머선에서의 전태양면 관측을 시도할 예정이다. 본 발표에서는 현재 천문연구원에서 시도중인 소형 망원경에서의 시상 극복 방법, 새로운 기술을 이용한 코로나의 영상분광자료 획득 기술 등을 함께 소개한다.

## 써치코일 센서의 코어 유형에 따른 성능 분석

강현지<sup>1</sup>, 장윤호<sup>1</sup>, 이승민<sup>2</sup>, 진호<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 경희대학교 우주탐사학과, <sup>2</sup> 경희대학교 우주과학과

우주탐사가 시작된 이래, 우주환경을 이해하기 위한 우주공간의 물리적 특성에 대한 관측이 지속되고 있다. 이러한 목적의 관측장비는 기본적으로 입자검출기와 자기장 측정기를 사용하며 다양한 종류의 관측장비들이 개발되어 활용하고 있다.

자기장 측정기는 우주 탐사 임무에서 에너지 전달과 변화를 관측할 수 있는 핵심장비로서, 지난 수십년간 근지구 우주공간을 포함하여 태양-행성 간 공간 및 다른 행성 탐사 위성에 탑재되어 관측 임무를 수행해 왔다.

플럭스 게이트와 써치코일 센서는 DC 와 AC 자기장을 관측하는 대표적인 측정기다. 플럭스 게이트 센서는 수 Hz 에서 수 kHz 의 주파수 대역이 측정이 가능한 반면에, 써치코일은 최대 수십 MHz 까지 넓은 주파수 대역의 측정이 가능하다. 국내 우주탐사에서는 플럭스게이트 센서의 경우 달 탐사선에서 활용되고 있으나 써치코일은 시도된 바가 없다.

일반적으로, 써치코일 센서는 수천 턴의 코일, 고투자를 원통형 코어를 사용하여 미세 자기장변화 측정을 극대화하는 연구가 진행되어 왔다. 이에 써치코일 센서의 미약한 신호를 증폭시키기 위한 프리앰프 전자부도 같이 구성되어 활용되기도 한다.

지상용과 달리 우주용 써치코일은 상대적으로 약한 자기장 신호를 측정하게 되며, 탑재 질량과 부피에 제한이 있다. 또한 대용량의 자료가 생성되어 자체적으로 데이터처리를 수행하여 그 결과만을 전달하는 기능도 가져야하는 특징을 가진다.

센서의 크기는 측정 민감도에 영향을 주기 때문에, 측정 주파수 대역을 넓히면서 무게와 크기를 최소화하고 감도를 최적화할 수 있는 코어를 선택하는 것이 중요하다.

이번 연구에서는 써치코일 센서를 원통형 코어, 적층형 코어, 롤형 코어로 분류하여 센서 특성을 파악하기 위한 주파수 응답 시험을 진행하였다.

동일한 코일을 이용하여 세 종류의 코어 특성을 비교하였을 때, 적층형 코어가 가장 큰 유도 전압을 보였고, 원통형 코어에 비해 무게가 약 64% 감소하였다. 본 발표에서는 세 종류의 써치코일 센서에 대한 시험 결과와 그에 대한 해석을 제시한다.

## KMAG on-orbit operation

장윤호<sup>1</sup>, 진호<sup>1</sup>, 김관혁<sup>1</sup>, 이준현<sup>2</sup>, 박현후<sup>1</sup>, 조우인<sup>1</sup>, 강현지<sup>1</sup>,  
김주형<sup>1</sup>, 이승민<sup>2</sup>, 손대락<sup>3</sup>

<sup>1</sup>경희대학교 우주탐사학과, <sup>2</sup>경희대학교 우주과학과, <sup>3</sup>센서피아

대한민국 달 궤도선 다누리호(Korean Pathfinder Lunar Orbit: KPLO)는 2022년 8월 5일에 성공적으로 발사되었으며 약 5개월 기간의 BLT(Ballistic Lunar Transfer orbit) 궤도를 순항한 뒤, 2022년 12월 27일에 달 궤도에 진입하였다. 이 후, 2023년 1월 1일부터 달표면 100 km 고도에서 약 2시간의 공전주기를 가지고 달 관측 과학임무를 수행하고 있다. 다누리호에 탑재된 KMAG(Kplo-Magnetometer)의 과학임무는 달 주변 공간 물리 및 달 표면 자기장을 측정을 통한 달의 진화와 달 구조에 관한 연구이다. KMAG는 1.2 m 길이의 붐 내부에 3개의 3축 플럭스게이트 센서를 장착하고 있으며, 135°의 각도로 붐이 전개되어 관측을 수행 중이다. 플럭스게이트 센서의 샘플링 속도는 10 Hz이며  $\pm 1,000$  nT의 측정 범위를 가진다. 또한, 1 Hz에서 30 pT/Hz<sup>1/2</sup>의 잡음도를 가지며 0.2 nT 분해능을 가지고 있다.

발사 4시간 후 KMAG 붐이 전개되었으며, 즉시 우주공간의 자기장 측정 임무를 시작하였고 위성 초기운행을 위한 며칠을 제외하고 지속적으로 관측자료를 수집하고 있다. 현재, KMAG는 특별한 문제점이 발생하지 않았고, 기기의 모니터링 자료를 통해 안정적으로 작동하고 있다. 행성간 공간인 BLT 궤도 순항기간 관측한 KMAG 자기장 데이터는 L1 지점에 위치한 미국 DSCOVR 위성의 자기장 데이터의 비교를 통해 궤도상에서 자기장 측정기의 검교정을 실시하였다. 그 결과, KMAG 자기장 데이터가 안정적이며, 신뢰할 수 있음을 확인하였다.

궤도상 검교정은 PiCoG 기법을 사용하여 위성 기동과 관련된 자기장 교란을 우선적으로 제거하고 데이터의 분산 분석을 이용하는 David-Smith 방법을 통해 각 센서의 오프셋 보정 값을 결정하여 자료처리를 수행 중이다. 본 발표에서는 KMAG 관측 데이터 및 현황을 소개한다.



## 동초점 비축 반사 시스템에 기반한 시준기 설계 및 공차 분석

정대한<sup>1</sup>, 한지민<sup>1</sup>, 장승혁<sup>2</sup>, 정호<sup>3</sup>, 김문경<sup>3</sup>, 황성령<sup>3</sup>, 박우진<sup>4</sup>, 박수종<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Space Research, Kyung Hee University,

<sup>2</sup>Center for Integrated Smart Sensors, Korea Advanced Institute of Science and Technology  
(KAIST), <sup>3</sup>LIGNex1, <sup>4</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute

시준기(collimator)는 망원경 또는 카메라의 결상 성능을 검증하는데 사용된다. 시준기의 광학 구조는 망원경과 동일하여 결상 광학 기술을 적용하여 제작할 수 있다. 우리는 가시광선과 적외선 등 다양한 파장의 카메라 광학계의 정렬과 초점 상태를 검사할 수 있는 시준기를 반사경 두 장의 반사식으로 설계하였다. 카세그레인 식은 가장 일반적인 망원경 구조로 경통을 짧게 구성할 수 있지만 부경의 중앙 차폐 현상이 나타나는 단점이 있다. 이 문제는 비축 광학계로 해결할 수 있지만, 이 경우에는 선형 비점수차가 크게 나타나서 결상 성능이 나빠진다. 우리는 선형 비점수차가 제거되는 동초점 비축 이론을 적용하여 동초점 비축 반사망원경을 설계했다. 그리고 이러한 시준기의 제작 타당성을 조사하기 위해 광학계의 민감도 분석과 몬테카를로 시뮬레이션을 수행하고, 이 결과를 일반적인 축대칭 카세그레인 반사 망원경의 결과와 비교하였다.

## 달 표면 자기장 측정기 LSMAG 개발

김주형<sup>1</sup>, 진호<sup>1</sup>, 박현후<sup>1</sup>, 이승민<sup>2</sup>, 장운호<sup>1</sup>, 강현지<sup>1</sup>, 이준현<sup>2</sup>,  
조우인<sup>1</sup>, 이효정<sup>3</sup>, 이성환<sup>3</sup>, 최영준<sup>4</sup>

<sup>1</sup>경희대학교 우주탐사학과, <sup>2</sup>경희대학교 우주과학과, <sup>3</sup>나라스페이스, <sup>4</sup>한국천문연구원

달 표면 자기장 측정기 LSMAG (Lunar Surface MAGnetometer)는 NASA 달 착륙선 사업인 CLPS (Commercial Lunar Payload Service)의 달 착륙선에 의의 파트너인 KASI 측 탑재체 중 하나로 선정되어 해당 프로그램에 탑재하는 것을 목표로 개발되고 있다. 대한민국 CLPS 국제 협력기관은 한국천문연구원이 담당하고 있으며 총 4 기의 탑재체를 선정하여 개발을 완료하거나 개발을 LS 진행하고 있다. LSMAG 는 그 중 하나의 탑재체로 달표면면 자기 이상 지역의 영구 자기장 분포 조사와 달 자기장 환경 변화 관측이를 주요 과학임무로 한다이다. 두 가지 주요 임무가 있다. 첫번째는 달 표면 자기 이상 지역의 영구적 자기장 분포를 조사하는 것이고 두번째는 달 자기장 환경의 변화를 관측하는 것이다.

LSMAG 는 자기장 센서들이 장착된 센서 부(MAG unit)와(MAG (MAGnetometer: MAG) unit 과와 이를 제어하고 데이터, 명령을 처리하는 전자 부(FCE unit)FCE (Fluxgate Control Electronics: FCE)로 구성된다. MAG unit 에는 2 개의 FGM 플럭스 게이트 (FluxGate Magnetomer)과와 AMR 자기저항 (Anisotropic MagnetoResistive) 센서, 가속도계가 장착되어 있다. 착륙선에서 의한 인공적으로 발생하생성되는 자기교란의장 영향을 줄이기 위해 자기장 센서부 MAG unit 는 센서 부은 1m 길이의 붐 끝(붐 어디에?)에 장착된다.

이는 KPLO 달 궤도선의 관측환경과는 다르게 상대적으로 강한 자기장이 존재할 수 있는 운영 환경과 다른, 달 표면 환경에 맞게 설계한 것으로을 반영하여, LSMAG 의 각 센서에 대한 측정범위를 설정하였다. FGM 은  $\pm 2 \mu\text{T}$  의 측정범은  $\pm 2000 \text{ nT}$  범위를 측정하고, 가지고 있으며 AMR 센서는  $\pm 80$  달 표면의 강한 자기장에 대비하기 위해  $\pm 80 \mu\text{T}$  의 넓은 측정 범위를 가진다. 가속도계는 측정기의 LSMAG 의 자세를 파악하기 위한 것으로 파악하는 목적으로 장착되었다. 달 표면에서 고통해센서의 분해능은 약  $150 \mu\text{g}$ , 측정 범위는  $\pm 2 \text{ g}$  로 상대적으로 큰 월진(Moon Quake)이 있을 시 이를 도 감지할 수 있을 것이다.

향후 LSMAG 가 발사가 계획된 가 다양한 달 탐사선들의 관측자료들과 함께 달 표면에서 우주환경 영향을 관측할 수 있는 중요한 역할을 할 것으로 기대한다.

본 발표에서는 현재 LSMAG 의는 FM 제작, 시험이 진행되고 있는 상태로 개발 현황과 주요그 결과에 대한 내용을 소개한다. LSMAG 설계, 시험 결과, 성능 등에 대해 소개한다. 향후 LSMAG 가 다양한 달 탐사선들의 관측자료들과 함께 달 표면에서 우주환경 영향을 관측할 수 있는 중요한 역할을 할 것으로 기대한다.

## 우주환경 빅데이터 파이프라인 및 API 개발

박은수<sup>1</sup>, 박종엽<sup>1,2</sup>, 백지혜<sup>1,2</sup>, 최성환<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> 한국천문연구원 우주과학본부 태양우주환경그룹, <sup>2</sup> 한국천문연구원 천문우주기술센터

한국천문연구원은 우주환경 빅데이터 네트워크 시스템 구축의 일환으로 빅데이터 파이프라인 및 API 개발을 수행하고 있다. 우주환경 데이터는 관측 데이터의 양(Volume)이 많고, 2차 3차 데이터를 포함하여 모델링 데이터 등 데이터 생성 속도(Velocity)가 빠르며, 데이터 형태의 다양성(Variety)을 가지고 있어, 빅데이터 기술이 필수적으로 요구되는 특징이 있다. 우주환경 빅데이터 네트워크 시스템은 전 지구적 우주환경 상태변화 감시 및 태양권 우주환경 자료 확보를 위한 차세대 우주환경 네트워크 시스템으로, 대량으로 생산한 우주환경 빅데이터를 수집/저장/처리/배포하기 위한 목적으로 운영할 계획이다. 우주환경 빅데이터 파이프라인은 데이터를 다루는데 필요한 여러 기능을 정의하고 이를 기반으로 한 라이브러리를 개발하고 있다. 다양한 프로토콜을 통해 수많은 형태의 데이터를 수집/배포하는 기능과 우주환경 빅데이터 시스템에서 다루는 전체 데이터를 관리하기 위한 기능 등을 포함한다. 향후 개발된 빅데이터 파이프라인을 통해 획득한 우주환경 데이터를 처리하고 분석하기 위한 빅데이터 분석 솔루션도 제공할 계획이다. 또한 빅데이터 네트워크 시스템에 저장된 관측 데이터와 분석 데이터를 국내외 연구자 및 일반 사용자에게 배포하기 위해 쉽고 다양한 접근 방법을 제공하는 Web API 를 개발하고 있으며, 향후 Python API 로도 개발하여 SpaceWeatherPy 에 탑재할 계획이다. 본 발표에서는 우주환경 빅데이터 파이프라인 및 API 개발 과정과 현황을 소개하고자 한다.

# Alert Processing System with Open–Source Software Stacks for Time–Domain and Multi–Messenger Astronomy

Min–Su Shin<sup>1</sup>, Jae–Woo Kim<sup>1</sup>, Seo–Won Chang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute, <sup>2</sup>Seoul National University

The discoveries made in time–domain and multi–messenger astronomy require intensive follow–up observations in a time–sensitive manner. We introduce our system to handle the stream of alerts generated by current and future observation facilities. Our system is built up on several open–source software projects that exploit the scale and properties of new hardware technology such as large–volume solid–state disks. The system consists of two units: streaming processor and local low–latency database. We expect to use this system to enable interesting scientific research in the Legacy Survey of Space Time era.

# Trustworthy Machine Learning Inference in Astronomy Applications

Min-Su Shin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute

Machine learning inference is commonly adopted in analyzing large observational data because of its low inference latency compared to conventional statistical inference. However, the reliability of machine learning inference strongly depends on models' generalization ability which is affected by training data. We present our approaches to achieve trustworthy machine learning inference focusing on inference for out-of-distribution data, influence of training data, and roles of semi-supervised learning.

## 인공위성 레이저 거리측정 시스템의 주간 추적 성능 분석

정수성<sup>1</sup>, 최철희<sup>1</sup>, 민상용<sup>1</sup>, 박상영<sup>1</sup>, 최만수<sup>2</sup>, 손의승<sup>3</sup>, 강전건<sup>3</sup>

<sup>1</sup>한화시스템 우주감시시스템 TF 팀, <sup>2</sup>한국천문연구원,

<sup>3</sup>국방과학연구소 부설 국방신속획득기술연구원

인공위성 레이저 거리측정 시스템(Satellite Laser Ranging, SLR)은 레이저를 이용하여 위성까지 거리를 측정하는 시스템으로 인공위성의 궤도를 관측하는 가장 정밀한 방법으로 사용되고 있다. SLR 시스템의 거리측정 방법은 지상에서 펄스 레이저 빔을 인공위성의 방향으로 송신하고 인공위성의 반사경에 의해 반사되어 되돌아 오는 레이저 빔을 수신하여 레이저 빔의 비행시간(Time of Flight, TOF)을 바탕으로 거리를 계산한다.

SLR 시스템은 크게 레이저부, 광전자부, 추적마운트, 광학망원경 등으로 구성이 된다. 레이저부는 펄스레이저를 생성하며, 광전자부는 생성된 레이저의 송신 시간과 수신 시간을 계산하여 거리로 환산한다. 추적마운트는 인공위성을 향해 광학망원경을 지향하며, 광학망원경은 레이저를 송신 및 수신을 담당한다.

SLR 시스템의 추적 성능을 분석하기 위해서는 link budget 분석이 필수적이다. Link budget 은 SLR 시스템에서 송수신 되는 광자수를 계산하는데 사용된다. 또한 배경잡음에 의한 잡음검출확률을 분석하여 주간 추적 성능을 분석할 수 있다.

본 논문에서는 송, 수신부가 일체형으로 된 망원경을 구성하고 추적 가능한 배경잡음의 세기를 분석하여 주간 성능을 분석하고자 한다.

# Mechanical Design of a Low-Vibration Cryogenic Dewar for Optical Testing of Infrared Detector

Shankar Bhattarai<sup>1</sup>, Youngsoo Jo<sup>1</sup>, Hoyeon Yang<sup>1</sup>, Seungcheol Bang<sup>1</sup>,  
Woong-Seob Jeong<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Korea Astronomy and Space Science Institute

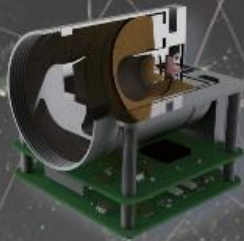
This study focuses on the development of a custom thermal vacuum test chamber to precisely test the optical performance of an infrared detector in cryogenic conditions. Emphasis is placed on dewar design and the modeling of mounting methods for sensor, Winston cone, and integrating sphere. The PT815 cryocooler, a product of Cryomech Inc., renowned for its meticulous engineering and cutting-edge cooling technology, is integrated into the dewar using mechanical bellows to optimal performance in the cooling system. Thermo-structural behavior analysis was performed to evaluate the components performance under cryogenic temperature, considering factors such as thermal deformation and mechanical stability. The proposed small cryogenic vacuum chamber ensures precise optical measurements during detector's performance evaluation.





# New Space New Challenge

우주로 향한 새로운 도전에 「레오스페이스」가 함께 합니다.



SpacEye GSD 2.5



SpacEye GSD 10.0

| 소형위성 탑재광학 모듈 설계/분석 및 제작

| 대형 광학시스템 설계 분석

| 자유공간 광통신 모듈 개발

초소형위성용 지구관측 카메라 SpacEye® Series



 Hanwha Systems



세트렉아이  
SATREC INITIATIVE



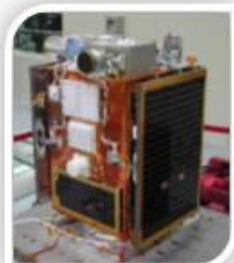
MBRSC-UAE  
항공 우주연구원



 한국천문연구원  
Korea Astronomy & Space Science Institute

 SatRec  
인공위성연구센터  
Satellite Technology Research Center

 KIGAM  
한국지질자원연구원  
Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

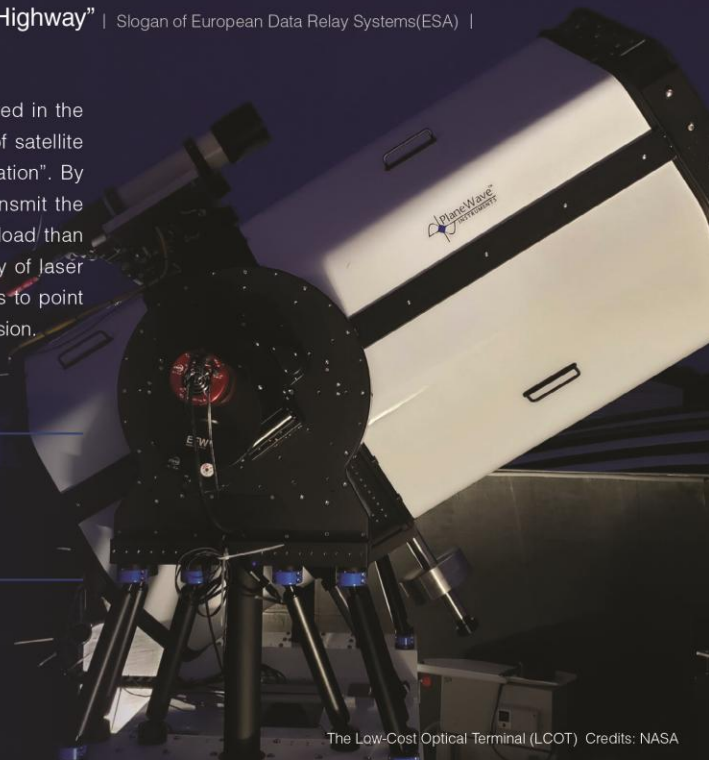


# OPTICAL LASER COMMUNICATION IN SPACE

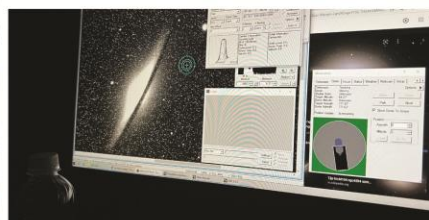
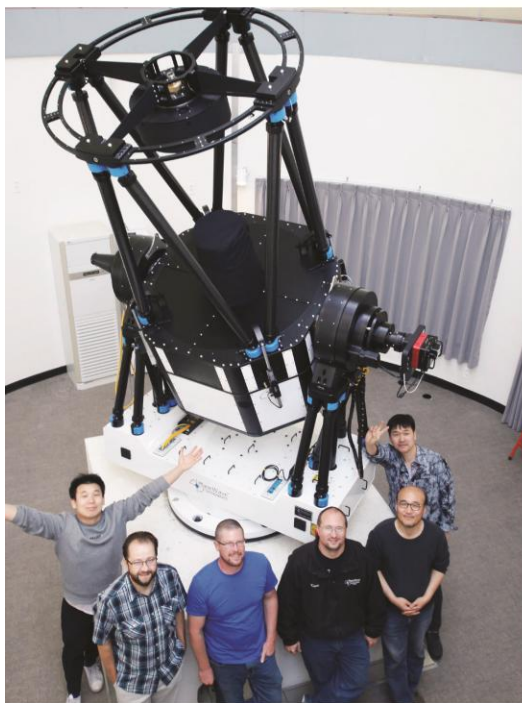
“Space Data Highway” | Slogan of European Data Relay Systems(ESA) |

As commercial satellites are rapidly deployed in the New Space Era, it leads to the innovation of satellite communication by “optical laser communication”. By using the optical laser, it is possible to transmit the data 40 times faster with a half size of payload than using the radio waves. The core technology of laser communication is optical telescope systems to point and track a satellite with extremely high precision.

Free space laser communication  
Adaptive Optics  
Satellite laser communication



The Low-Cost Optical Terminal (LCOT) Credits: NASA



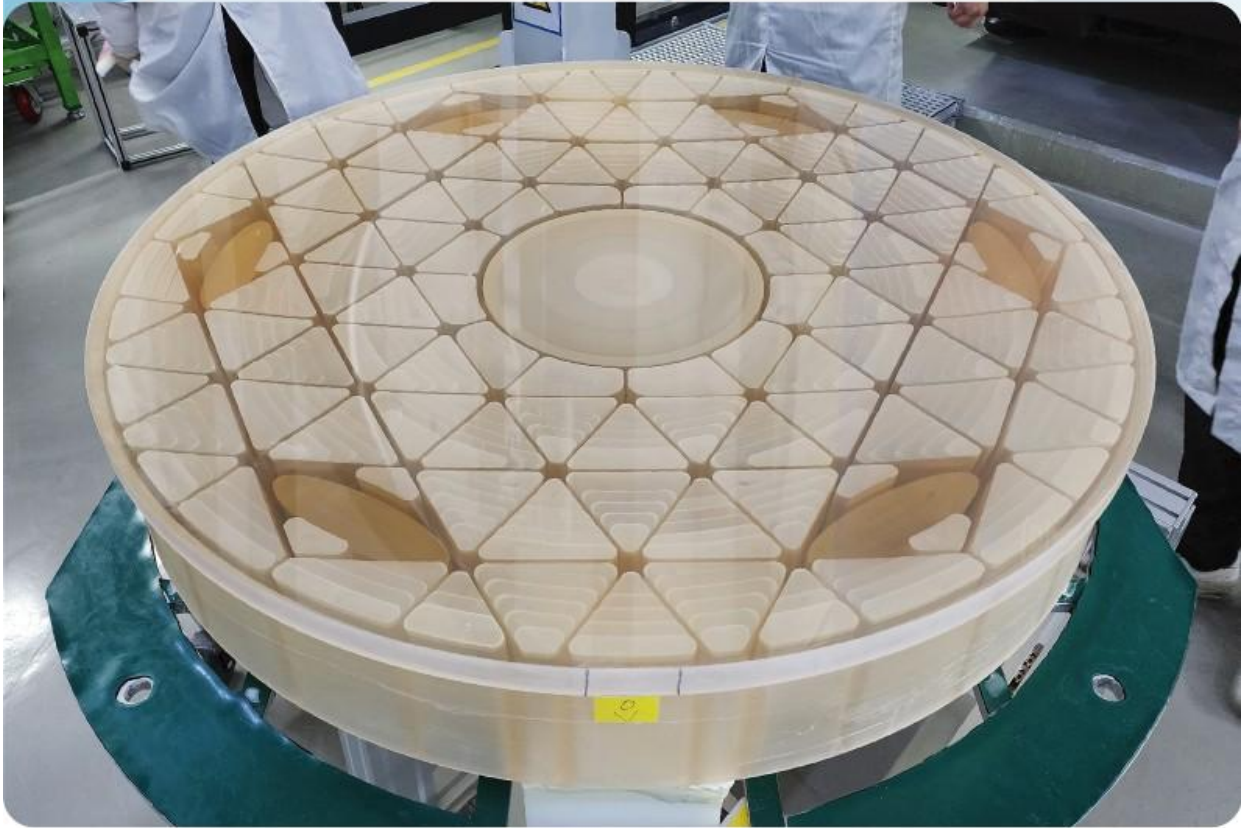
26, Gongbuk 1-gil, Osong-eup, Heungdeok-gu, Cheongju-si, Chungcheongbuk-do, Republic of Korea

TEL +82-43-237-3764 FAX +82-43-237-3763 sales@metaspace.co.kr | metaspace.co.kr | facebook.com/metaspacKR



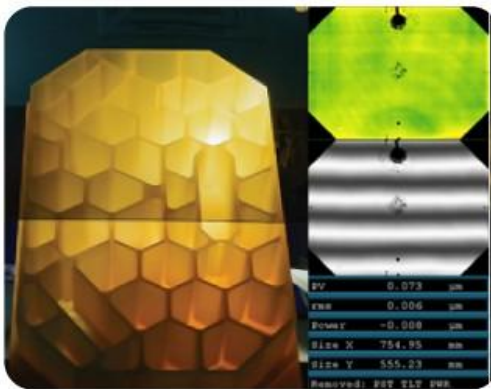
GREEN OPTICS

Cartosat-3A, 3B 고해상도 영상 위성 M1(1220mm), M2, M3



Off-axis Aspheric Mirror

High Resolution Camera For Lunar Exploration(Danuri)



충북 청주시 청원구 오창읍 각리1길 45

<http://www.greenoptics.com>

[greenoptics@greenoptics.com](mailto:greenoptics@greenoptics.com)

043-218-2183



# Y&DK

Ultra-Precision Tech Company

Aspheric/free-form optical system manufacturing technology

## Optical Total Solutions

### Mold & Lens design

- Optical design-based component design
- Development of ultra-precision materials
- 3D design and processing technology

- Multi-experienced measurement experts
- Appropriate measurement techniques
  - Material, shape, form
  - Form error, surface roughness

### Ultra-precision machining

- Specialized engineer
- Possess high-tech equipment
- Possess various ultra-precision machining technologies



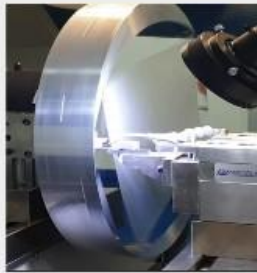
### Evaluating & Analyzing

- Satisfy customer requirements
- Quality guarantee
- Protection of customer confidentiality

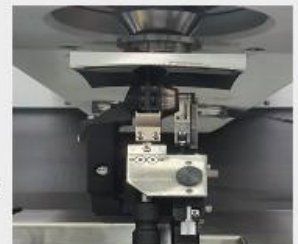
### Customizing



Diamond Turning (<math>\varnothing</math> 1000 mm)



Magnetorheological Finishing (<math>\varnothing</math> 1200 mm)



※ Joint use of KBSI

# 풍부한 실무 경험을 가진 국내 최고의 엔지니어 파워



## product demonstration

### NX Unigraphics

#### 무한한 확장성과 통합적인 시스템 소프트웨어

- 설계자 - 해석엔지니어 - 생산자의 유기적인 연결
- 개념설계(Concept)부터 엔지니어링, 제조에 이르기까지 제품개발의 모든 측면 지원
- 데이터의 재사용, 분석, 리퍼전러리, 역설계 가능
- 설계 / 조립체 / 관내망 / 경합분석 / 생산공정 관리를 통합적으로 이끌어 주는 통합적인 시스템 소프트웨어

#### Designer를 위한 획기적인 설계방식의 도입

- 강력해진 태깅도구 (디자인 컨셉 -> 실제 제품의 적용)
- 디자인 Tool 에서 사용하는 모델링기법의 도입
- DATA형식과 관계없이 재사용, Surface의 재사용 및 국부적인 수정과 직육면체 Surface를활용

#### 고객의 요구사항 충족 및 협업체계

- 설계요구사항 준수확인 ( Design Validation )
- 팀/회사 전체의 협업이 가능한 PDM시스템 (Teamcenter)
- PM, HD3D를 통한 전자책인 표준 계획 수립 및 설계 오류 최소화

### Simcenter

#### FEA, 음력, 구조해석

- 선형/비선형, 정적/동적 해석
- 응력 및 진동에 따른 반응 분석
- 구조 해석

#### 우주궤도 열해석

- 우주 궤도 상 열 반응 해석
- 복사/대류/전도 열 전달 분석
- 위상 및 태양 궤도 궤도 시간차

#### 피로수명해석

- 실제 하중조건 분석치 기입
- 재료 내구성 모델링
- 다양한 사이클 단계로 피로수명분석

#### 고주파, 전자기해석

- 고주 파/고주파 전자기 시뮬레이션
- 안테나의 설계 및 위치 판단
- 전자기 호환성, 간섭(EMC, EMI)분석

#### 유동 열해석

- 공기의 유동해석
- 열 / 유동 결합 해석
- 고체 2차 전지 대응 고급 열 해석

#### 액체,기체 유체해석

- 기체 / 액체의 유체해석
- 혼합기체/액체의 반응 예측분석
- 물리적, 화학적과의 포괄적 예측

#### 복합재료해석

- 복합소재의 물성치 전처리가능
- 복합재료의 강도, 설계/해석
- 이종재료간의 연결 및 분석

#### 소음, 진동해석

- 제품의 소음 분석 및 예측
- 음향분석을 통한 개발제품 최적화
- NVH(진동/소음)와 소음 진동 최적화해석

## Solid Edge

#### 3D Design

- 통합형설 AR기술을 사용한 가시화가능
- 판금설계 분야 요구사항 충족 및 2D nesting기술
- 3D와 및 제조를 위한 3D/2D Drafting
- 동가식 기술을 통한 스킨데이터, 파라메트릭 설계와의 유연성
- 모델을 실물로 구현하는 포토리얼리스틱 렌더링 기술

#### 시뮬레이션 기술

- CNC, MCT, 밀링, 형상기반 가공
- 2D nesting기술을 통한 원가절감
- 용접, 용접, 조립 용 기준/상규 프로세스 지원
- Simcenter Femap과 연계하여 최적화 시뮬레이션
- 전산유체역학 CFD 입체 시뮬레이션 (FlxEPD)

#### 데이터 관리기능

- Solid Edge 파트, 어셈블리의 리버전 릴리스 작업
- 물리주소 기반 데이터 관리
- 프로젝트 관리를 통한 설계시간 낭비 방지
- Design Manager 유일리더로 속성값의 검토 및 변경

## Workstation PC

- 초강력 프로세서 파워의 탁월한 그래픽 성능을 갖춘 하드웨어의 공급 및 유지보수에 관련된 모든 업무를 수행합니다.
- 귀사의 솔루션에 적합한 가장 안정적인 시스템을 추천 공급해 드립니다.

## AD solution Consulting

- 신분야에 입선 구조, 충돌, 유동, 열, 감속 해석
- 설계 및 해석자용화 구조
- 시험기, 지그, 제품 개발



### (주)에이디솔루션

대전시 유성구 대학로 31, 1101호 (봉명동, 유성한진오피스텔)  
TEL. 042-603-5621 FAX. 042-603-5623  
<http://www.adsolution.co.kr>

문의: 임성호 대리 [shim@adsolution.co.kr](mailto:shim@adsolution.co.kr)

**IASS**

# Program Book of the IASS Workshop 2023

## 천문우주관측기기 워크숍

Instrumentation for Astronomy and  
Space Science Workshop

주최 한국천문학회(천문관측기기분과), 한국우주과학회(우주관측기기분과)

주관 한국천문연구원(천문우주기술센터 지원)

디자인 (주)위즈랩 [www.wyslab.com](http://www.wyslab.com)