

연구논문

GOLD(Global-Scale Observations of the Limb and Disk) 미션의 FUV(Far Ultra Violet) 이미지 캡음과 우주환경 데이터의 비교 연구

이종길^{1†}, 이대영¹, 박재흥²

¹충북대학교 천문우주학과

²한국천문연구원



Received: January 11, 2025

Revised: January 27, 2025

Accepted: January 29, 2025

†Corresponding author :

Jongkil Lee

Tel : +82-43-261-2312

E-mail : bbelejang@icloud.com

Noise Analysis of Geosynchronous Global-Scale Observations of the Limb and Disk (GOLD) Mission Far Ultra Violet (FUV) Image Data

Jongkil Lee^{1†}, Daeyoung Lee¹, Jaeheung Park²

¹Department of Astronomy&Space Science, Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

²Korea Astronomy and Space Science Institute, Daejeon 34055, Korea

Copyright © 2025 The Korean Space Science Society. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ORCID

Jongkil Lee

<https://orcid.org/0009-0002-8627-5576>

Daeyeung Lee

<https://orcid.org/0000-0001-9994-7277>

Jaeheung Park

<https://orcid.org/0000-0002-1272-508X>

요약

현재 수 만대의 상업용 위성이 정지궤도에서 운용되고 발사될 예정에 있으며 고에너지 입자는 이 정지궤도 위성들의 고장이나 오동작을 유발하는 주요인 중 하나로 알려져 있다. 따라서 정지궤도에서의 고에너지 전자 플럭스 예측은 우주 기상 정보의 중요한 부분을 차지하게 되었다. GOLD(global-scale observations of the limb and disk) 미션의 FUV(far ultra violet) 관측기는 입자 플럭스를 관측하기 위한 방사선대 관측 용도는 아니지만, 2018년 10월에 정지궤도에 안착하여 지금까지 전리권-열권의 관측 이미지를 제공하고 있으며, 특히 이전 연구를 통해 노이즈에서 고에너지 입자 플럭스를 유추할 수 있음을 SOHO 이미지 분석 결과를 통해 알 수 있었다. 이를 이용하여 관측된 이미지 노이즈를 머신러닝 알고리즘이나 AI(artificial intelligence) 기법에 입력하여 전자 플럭스를 유추할 수 있게 되면, 상업적인 목적으로 발사된 기존 여러 위성에서 획득한 이미지(예: 기상 이미지)도 유사한 관계식에 입력하여 우주과학 자료 산출에 응용할 수 있을 것이다. 특히 이미 수집된 태양 이미지나 운영 중인 여러 상업 위성의 이미지를 이용할 수 있다면, 기존의 과학위성(예: 미국의 GOES, 한국의 KSEM)이 커버하지 못하는 여러 위치의 에너지 관측치를 얻을 수 있게 된다(예: 아프리카 상공 등). 이는 기존에 널리 쓰이지 않던 새로운 이미지 데이터 활용법이며, 위성자료의 활용성 극대화에 기여할 여지가 있다.

Abstract

Currently, tens of thousands of commercial satellites are operating and planned for launch in geostationary orbit. High-energy particles are known to be a major cause of failures or malfunctions in these satellites. Therefore, predicting high-energy electron flux in geostationary orbit has become an important part of space weather information. While the global-scale observations of the limb and disk (GOLD) mission far ultra violet (FUV) instrument is not designed for radiation belt observations to measure particle flux, it has been providing observational images of the ionosphere and thermosphere since it reached geostationary

orbit in October 2018. In particular, previous studies have shown that high-energy particle flux can be inferred from noise in the images, as demonstrated through SOHO image analysis. By inputting the observed image noise into machine learning algorithms or artificial intelligence (AI) techniques, it becomes possible to estimate electron flux. This can then be applied to derive space science data from images (e.g., weather images) acquired by various existing satellites launched for commercial purposes. In particular, if we can utilize already collected solar images or images from various commercial satellites in operation, we can obtain energy measurements at various locations that existing scientific satellites (e.g., US's GOES, Korea's KSEM) cannot cover (e.g., over Africa). This is a new method of utilizing previously underutilized image data and has the potential to maximize the usability of satellite data.

핵심어: 우주환경, 정지궤도위성, 노이즈분석

Keywords: space weather, GEO-orbit, noise analysis

1. 서론

대한민국은 우주 시대의 개막과 함께 우주청을 설립하고 다양한 우주 사업을 추진하고 있다. 과거 정부 주도 사업들이 민간으로 이양되면서, 2022년 발사된 초소형 군집위성 SNIPE의 성공적인 임무 수행과 더불어, 2024년에는 40기 이상의 초소형 위성 발사가 계획되어 있다. 이처럼 지구 주변에는 수많은 위성이 활동 중이며, 민간 기업들의 위성 발사 계획 또한 수천 기에 달한다. 위성들은 각 목적에 따라 정지 궤도, 천이 궤도, 저궤도 등 다양한 궤도에서 운영되며, MAG, LP, 입자 검출기, FUV-EUV(far ultra violet-extreme ultra violet) 센서, 광학 카메라, GPS, 스타 트래커 등의 탑재체로 데이터를 생성하고 여러 파장대를 사용하여 준실시간 또는 지정된 시간에 지상국과 데이터 송수신을 한다.

정부 주도의 위성은 주로 기상 관측을 목적으로 하며, 부가적으로 우주 환경 관측 탑재체를 운용 중이다. 생성된 이미지는 대부분 한반도 영공 및 영해를 촬영하며, 일반인도 요청 시 다운로드 가능하다. 군사 목적의 위성은 주로 군 통신 및 작전 수행을 위한 이미지 촬영에 활용된다. 상업용 초소형 위성은 전 지구적 통신 서비스, 농경/산림/환경 관측, 네비게이션 등 다양한 목적을 위해 운영되며, 촬영된 이미지는 지상국에서 취합 및 가공되어 관련 기관이나 사업자에게 제공되고 있다.

위성 운용에 있어 중요한 점은 우주 환경의 영향을 최소화하는 것이다. SEE, SEU, SEP 등의 방사선 영향은 위성 회로의 오작동이나 파괴를 초래할 수 있으므로, 쉼딩 강화 또는 시스템 일시 정지 등의 대비책이 필요하다. 따라서 우주 환경 관측 위성 데이터를 활용하여 우주 날씨를 예측하고, 위성 운영에 미치는 영향을 분석하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 연구자의 이전 연구에서는 Van Allen Probe 위성 데이터를 통해 에너지 전이 과정을 분석하고, 우주 환경 지수 예측 알고리즘을 개발하여 우주 환경 메커니즘을 규명하였다. 특히, 1 MeV 양성자 에너지가 주변 낮은 에너지 대역으로 전파되는 현상을 확인했다[1].

본 연구의 필요성은 다음 두 가지로 요약된다. 첫째, 과학 위성이 아닌 상업 위성에서도 노이즈 추출을 통해 목적 외 데이터를 확보할 수 있음을 보여준다. 이는 과학 위성에도 적용 가능하며, 미션 목표 외 부가적인 데이터 생산 가능성을 시사한다. 둘째, 위성 운영에 악영향을 미치는 우주 환경 지수를 예측하여 위성 보호를 위한 사전 대비책 마련에 기여할 수 있다. 급

격한 우주 환경 변화로 인해 위성 운영에 차질이 생기거나 작동이 중단되는 사례가 발생하고 있기 때문이다.

2. 위성 및 데이터

Fig. 1에서 볼 수 있듯이 GOLD(global-scale observations of the limb and disk) 미션의 탑재체는 두 개의 FUV 이미지 센서를 탑재한 정지 궤도 위성으로, 지구 전리층 변화 관측을 목적으로 한다. 그러므로 위성의 목표를 위해서 관측기는 지구를 향하고 있으며 GOES 위성과 같이 정지궤도에서 2018년 초 발사 이후 현재까지 약 16시간의 낮 관측 데이터를 생성한다. GOLD 미션의 홈페이지에서 원하는 기간의 데이터를 간단히 선택하여 압축파일로 다운로드할 수 있다. LID 데이터는 요청 시점으로부터 약 3주 전까지 제공되며, 전리층 관측 목적상 태양 빛이 없는 밤 시간대에는 이미지 관측을 수행하지 않는다. 대신 밤 시간 동안 지상국과 통신하여 데이터 전송 및 운용 명령 수신이 이루어진다.

LID 이미지는 남반구와 북반구를 20분 간격으로 스캔하여 하나의 이미지로 생성하며, 시간당 약 4개, 하루 평균 68개의 이미지를 생성한다. 관측 빈도는 미션 목표에 따라 변동될 수 있고, 일반적으로 06:00부터 22:00 사이의 이미지 데이터를 얻을 수 있다. 연구 초기에는 하루 64개의 이미지가 생성되었으며, 이는 14시간 동안 시간당 4개의 이미지가 생성됨을 의미하고 있다. 그러나 2021년 9월 6일부터는 하루 40-44개, 2022년 1월 11일 이후에는 24개 이하로 감소했으며, 2023년에는 하루 12개의 이미지만 제공 중이다. 따라서 초기 연구에서 사용된 시간 간격에 맞춰 데이터 보간(interpolation)을 고려해야 할 수 있다.

1975년 10월, 미국 NOAA는 최초의 정지 궤도 기상 관측 위성을 발사했으며, 현재는 18번째 위성인 GOES-18이 임무를 수행 중에 있다. 정지 궤도 위성은 지구 자전 속도와 동일한 속도로 공전하며 지구를 지속적으로 관측하므로 기상 위성에 적합하다고 본다. 본 연구에서는 GOLD 미션의 SES-14 위성과 동일한 시기인 2018년부터 운영된 GOES-17 데이터를 주로 활용하며, 2023년 7월 이후 GOES-18 데이터도 일부 포함하였다. SES-14 위성 노이즈와의 비교를 위해 GOES 위성의 다양한 관측기 중 MPS-HI 관측기의 전자 및 양성자 데이터를 사용했다.

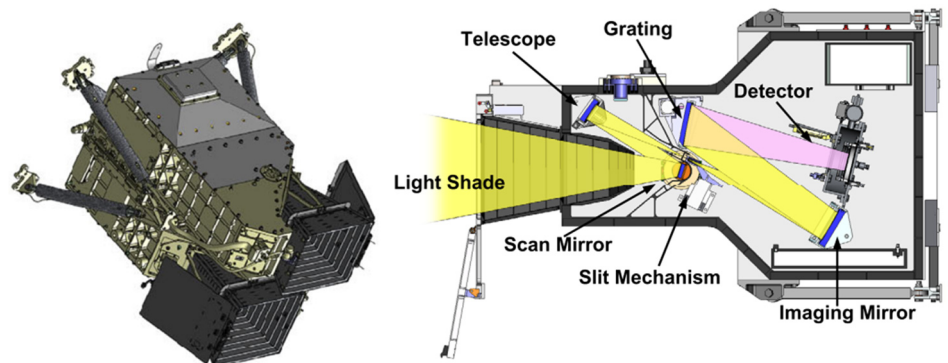


Fig. 1. Global-scale observations of the limb and disk (GOLD) mission 2 channel far ultra violet (FUV) image and FUV imager detailed image [2].

3. 방법론 및 데이터

유사 연구로는 오수연 교수의 SOHO 이미지 노이즈 검출 및 데이터 비교 논문이 있다(Fig. 2). 해당 연구에서는 GOES 고에너지 그룹 데이터와의 상관관계를 분석했으며, 태양 마스크의 효과가 미미하여 마스크를 사용하지 않은 이미지를 활용했다. 그러나 SES-14 위성은 지구를 관측하며 노이즈 형태가 SOHO와 다르므로, 마스크를 적용하는 방식을 채택했다. 연구 결과, 태양의 CME와 같은 이벤트 발생 시 이미지 센서에 검출되는 노이즈가 증가했으며, GOES 데이터와의 비교를 통해 상관관계를 확인했다. 하지만 완벽하게 일치하지는 않고 경향성만 나타났다.

본 연구에서는 2019년부터 2023년까지의 SES-14 L1D 데이터를 분석하여 지구를 제외한 영역에서 노이즈를 추출했다. SES-14 위성의 FUV 이미지는 135.6 nm 및 149.3 nm 파장으로 측정되며, 육안 및 이미지 분석을 통해 차이점을 식별할 수 있다. 두 파장대 관측을 통해 전리층 F 영역과 E 영역의 전자 밀도를 측정하여, 무선 통신 및 GPS 항법 등에 영향을 미치는 전리층 변화를 예측하고 대응하는 데 기여하고 있다. 지구 내부 이미지는 전리층 변화에 따라 노이즈 요소가 많고 변화 폭이 크기 때문에, 지구를 마스크하고 나머지 영역을 분석했다. SOHO 이미지와 달리 SES-14 FUV 이미지는 사이즈도 작고 노이즈 변화도 크지 않아 마스크가 필수적이다.

초기 연구에서는 하나의 파장대 이미지를 선택하여 남반구와 북반구 이미지를 합쳐 온전한 지구 형태를 만든 후, 원형 마스크를 적용했다. 그러나 이미지 부재 또는 오류로 인해 처리 결과에 빈 공간이 발생하는 문제가 있었다. 따라서 최대한 많은 데이터를 처리하기 위해 이미지 합치기 단계를 제거하고, 시간 순으로 정렬하여 남/북반구 및 파장대별로 마스크를 적용했다.

초반의 마스크 적용을 위해서는 이미지 합치기, 원 검출, LIM제거, 전리층 제거 등의 복잡한 과정을 거쳤다. 그러나 연구의 오류를 발견한 이후 원을 합치는 과정은 삭제되었지만 두 가지 케이스(남/북반구)와 파장대 추가로 인해 복잡도가 4배 증가했다. 512 × 512 이미지에서 지구 반구 면적을 제외한 나머지 영역만 노이즈 추출에 사용 가능하며, 이는 전체 픽셀의 약 48%에 해당한다.

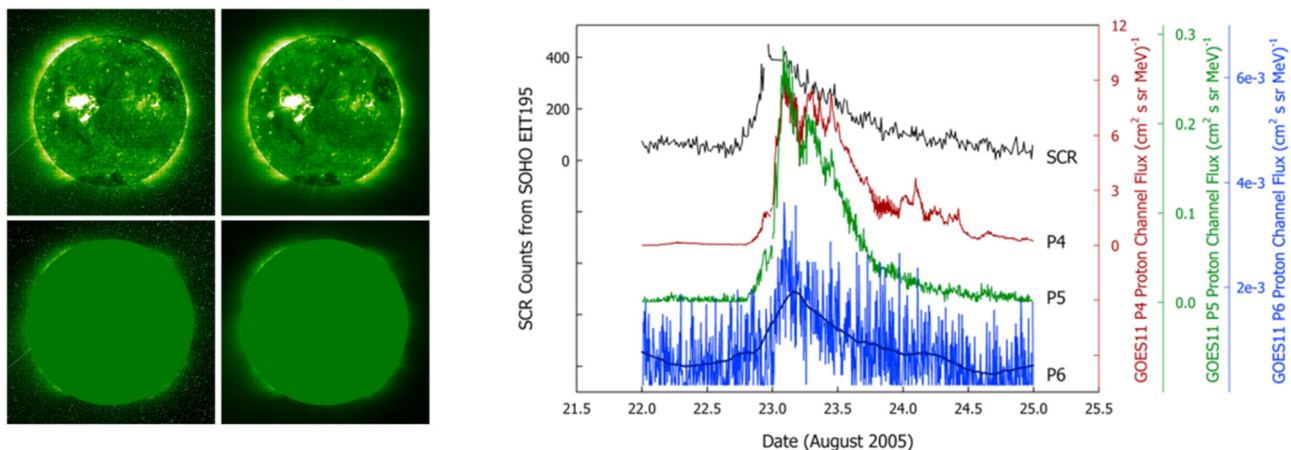


Fig. 2. Expected number of cosmic rays affected by the SPE on August 23, 2005 and GOES 11 P4, P5, P6 profile [3].

직접적인 비교를 위해 정지궤도 위성인 GOES 데이터를 사용하였으며 그 중에서도 전자와 양성자 데이터를 선정했다. GOES-13까지는 integral flux로 < 0.8 MeV와 < 2.0 MeV를 제공하였지만 시간이 지나며 18번까지 교체된 위성의 데이터는 differential flux를 제공하고 있다. 근처에서 관측되는 여러 우주 데이터 중에서도 선행 연구가 많고 연속되는 위성으로 약 50년 간의 방대한 데이터가 쌓여 있으며 다방면에서 직접 관측이 가능하기 때문이다. 밑에서 상세하게 설명을 하겠지만 원 데이터에서 5가지 입사각을 평균하였으며 differential 10개로 나뉜 채널에서 마지막 3개 채널을 더해 1.5 MeV 이상 에너지 대역 데이터를 사용했다.

4. 알고리즘

FUV 관측기는 전리층 변화만 관측한다는 초기 가정 하에 연구를 진행했으나, 단일 이미지 분석 과정에서 오류를 발견하여 최소 두 개의 채널을 이용하는 것으로 변경되어 왔다. 또한 하나의 파장대만 분석하던 기존 방법에서 벗어나, 여러 파장대까지 함께 분석하여 노이즈를 식별하고 제거하는 방식으로 개선했다. SES-14 위성의 다중 파장대 관측의 이유로는 각 파장대는 서로 다른 성분을 관측할 수 있다. 예를 들어, 산소와 수소는 낮은 파장대에서 관측된다. SES-14 위성의 FUV 탑재체에 대한 우주 환경 테스트 결과를 찾으면 우주환경에 대한 입자 테스트한 결과를 참고하여 연구에 활용하려 하였지만 그 결과를 찾지 못하여 이미지 센서의 일반적인 특성을 기술했다[4].

추출된 데이터는 미국 상공의 정지 궤도 위성 GOES-17, 18의 전자 및 양성자 데이터와 비교했다. SES-14 위성에서 관측되는 입자는 지구에 트랩된 것으로 가정하여 동일 고도 위성 데이터를 활용했다. 지구 자기장에 포획된 입자는 자기력선을 따라 gyration, bounce, drift 운동을 하며 수 시간에서 수일간 머무르는데[5], 보통 이러한 변화는 정지 궤도 위성에서 주로 관측되며 태양 CME 활동의 영향을 크게 받는다[6].

동일한 정지 궤도상에 위치한 두 위성은 약 60도의 경도 차이를 가집니다. 전자와 양성자는 지구 자기력선에 트랩되어 bounce motion을 통해 지구 주위를 공전하며, 양성자는 시계 방향, 전자는 반시계 방향으로 움직인다(Fig. 3). 따라서 SES-14에서 먼저 관측된 양성자는 약 1시간의 local time 이후 GOES에서 관측될 것으로 예상했다. 전자는 반대 방향으로 운동하므로 local time 영향이 반대로 나타날 것으로 기대했다. 동일 시간대의 local time 영향을 통해 세 위성 간의 상관관계를 분석하고자 했다. 그림에서 보이는 것처럼 정지궤도 위성인 GOES-18은 2023년부터 데이터를 수집하므로 SES-14 위성과는 약 90도의 간격 차이가 있고, 2019년부터 2022년까지 기간의 GOES-17는 약 60도 차이로 위치 변화는 없다.

여러 날의 이벤트 데이터 분석 결과, GOES 위성에서는 양성자 변화가 먼저 감지되고 이후 전자 및 GNC(GOLD noise count) 변화가 나타났다. GNC는 15분 간격으로 이미지가 생성되므로 5분 간격 GOES 데이터와의 1:1 직접적인 비교는 어렵다. 예상했던 1시간의 local time 영향은[7] GOES 위성의 지구 반대방향으로 향한 데이터와 SES-14 위성의 지구 관측 방향 차이로 인해 명확히 드러나지 않았다. 정확한 비교를 위해서는 지구 방향 입자 검출이 필요하지만, 현재는 관측 자료가 있는 E3과 E5의 전자 평균, P1과 P3의 양성자 평균을 통해 bounce 및 drift 운동하는 입자를 GNC와 비교 분석했다(Fig. 4).

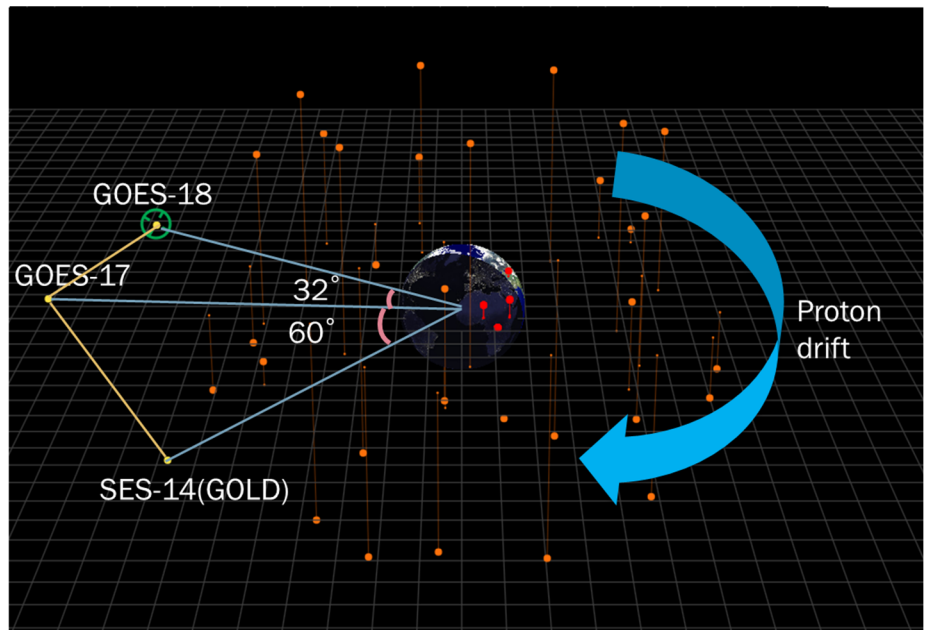


Fig. 3. SES-14 and GOES satellites: positional differences and earth-orbiting particles

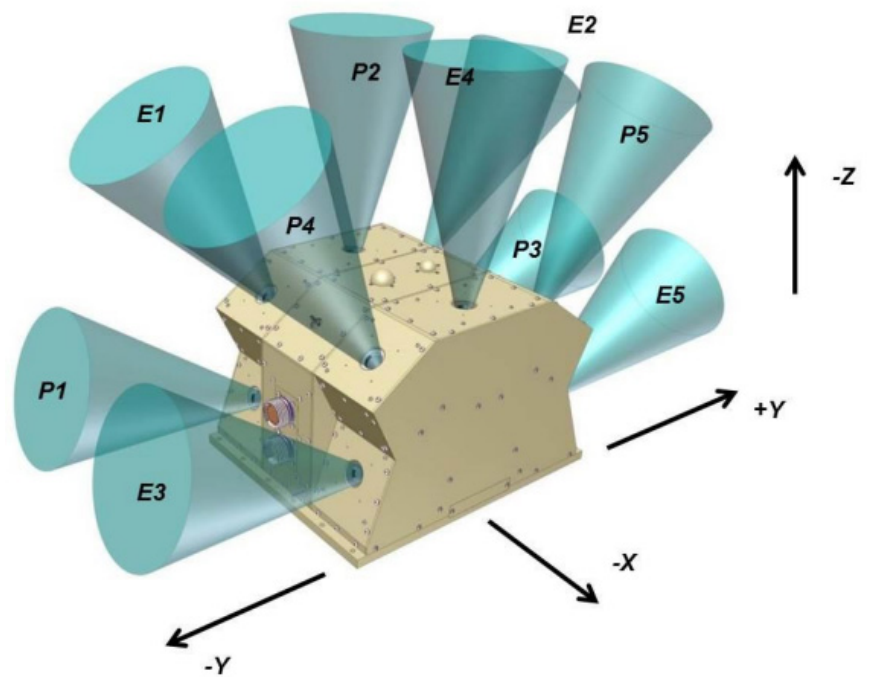


Fig. 4. Fields of view of the 5 electron telescopes (E1–E5) and the 5 proton telescope (P1–P5) [8].

다음에서 실제 노이즈를 판별하기 위한 과정을 모듈별로 기술하였고, 마스크 처리 방법, 예외 처리, 재처리 시 흑백 변환 및 유사도 평가 과정을 기술하였다.

- Half_mask: 원하는 기간의 모든 이미지를 확인하여 남/북반구에 해당하는 두 파장대 이미지에 마스크를 적용하고 'temp' 폴더에 저장한다. 존재하지 않는 파일에 대한 예외 처리를

수행하고 다음 함수로 전달한다. 마스크를 적용하는 이유는 첫째, 지구 내부 이미지는 전리층 변화로 인해 불규칙하고 노이즈 요소가 많기 때문이다. 둘째, 다음 단계인 'compare'에서 파장대 간 불필요한 비교 영역을 제거하여 예외 상황을 방지하기 위함이다.

- `mask_comp`: 마스크된 이미지를 불러와 그레이 스케일로 변환하고, 두 파장대 이미지의 차이를 분석하여 노이즈로 판별되는 부분을 수치화하여 저장한다. 노이즈 판별을 위해 마스크되지 않은 영역 전체를 비교하고, 별처럼 보이는 큰 노이즈는 제외한다. 별처럼 보이는 노이즈는 여러 케이스들을 분석하여 `threshold`를 정하였고, 결과적으로 큰 노이즈이며 두 파장대의 동일 위치에서 반복적으로 나타나는 것을 제외한다.
- `call_goes`: GOES 공식 사이트에서 `url`을 체크하여 원하는 시간대의 파일 존재 여부를 확인하고 다운로드한다. 다운로드된 NetCDF 파일을 읽고 위성 시간을 UT로 변환하며, 원하는 에너지 대역 및 시간대 데이터를 텍스트 파일로 변환하여 5분 간격으로 저장한다.
- `double_plot`: 동일 시간대의 GNC 및 GOES 값을 불러와 상관관계를 계산하고, 수치 및 그래프로 표시한다. 상관관계 분석을 위해서는 동일 크기 및 시간대의 데이터가 필요하며, 이를 위해 원본 데이터를 하나의 DataFrame으로 병합한다. 1년 치 데이터뿐만 아니라 원하는 기간의 데이터도 표시 가능하도록 처리를 했다.

모든 함수에는 예외 처리 기능을 구현하여, 데이터 부재 또는 파일 오류 발생 시 사용자에게 알리고 해당 시간을 건너뛰어 프로그램을 종료 시점까지 실행하도록 구성했다. 그 결과 아래 그림과(Fig. 5) 같이 걸러진 결과물이 보여지고 있으며 노란색원으로 표시된 것은 별, 빨간색 원은 GNC로 판단된 상태이다.

5. 결과

아래 그래프 Fig. 6는 2019년부터 2023년까지 5년간 GNC와 GOES 전자 및 양성자 데이터

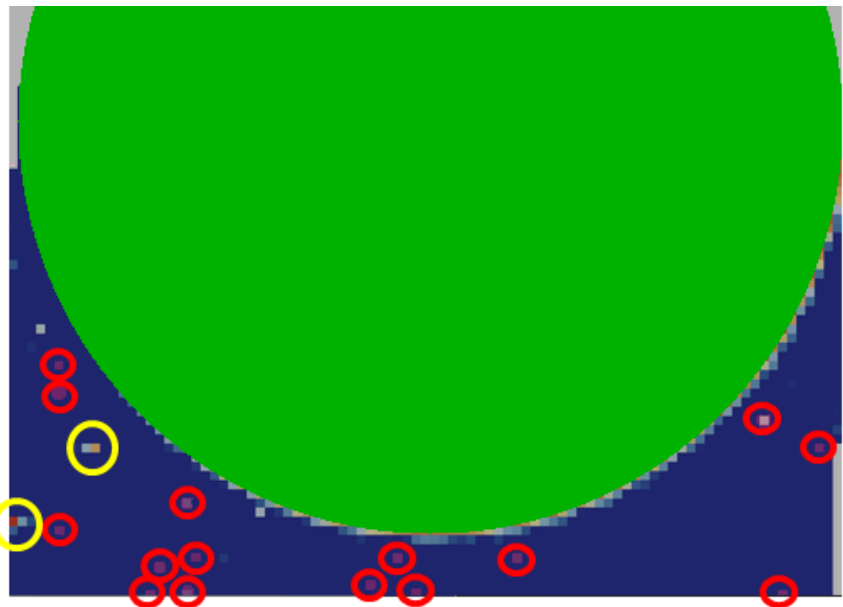


Fig. 5. Image of SES-14 masked and identified GNC except star. GNC, GOLD noise count; GOLD, global-scale observations of the limb and disk.

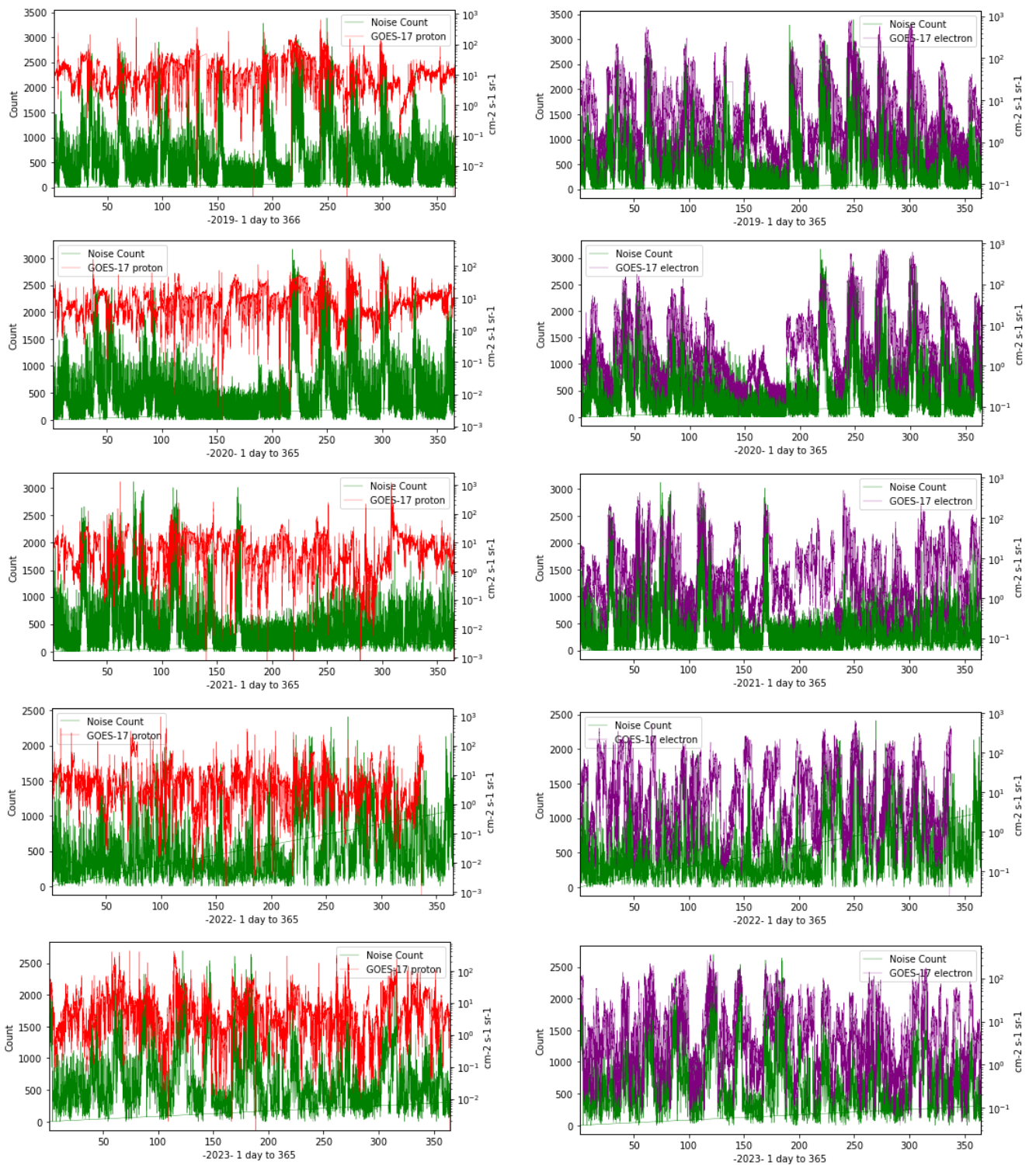


Fig. 6. Graph comparing GOES electron and noise counts over 5 years.

를 단순 비교한 결과이다. 좌측의 붉은색은 양성자 우측의 보라색은 전자로 여러 채널 중 입사각이 0도인 자료를 단순 비교하였고 GOES 위성의 전자와 양성자 데이터는 로그 스케일, GNC는 십진수로 표현되었지만, 전체적인 경향은 유사하게 나타난다. 특히 Noise count가 2,000개 이상인 영역은 GOES 데이터가 동반 상승하는 경향이 뚜렷한 구간으로, 특히 전자

데이터와의 강한 상관관계를 보여주고 있다. 이를 연간 10개 이내로 추출하여 상관관계를 분석하면 다음과 같다.

연차별 단순 상관관계 분석 결과는 0.24에서 0.35 사이의 값을 나타내지만, 이벤트 발생 시점만을 비교하면 Fig. 7과 같다. GOES 및 GNC 데이터 모두 하루 내 큰 변동폭을 보이는 이유는 일별 변화(daily variation) 때문이다. 위 그림은 8일간의 데이터로써 하루 평균 또는 변동폭을 제거한 값으로 비교하면 GOES 값은 천천히 감소하는 반면, GNC 값은 변화 속도가 더 빠른 것으로 보인다. 반대로 값이 상승하는 경우에는 두 데이터 모두 유사한 경향을 보인다. 동일 기간 양성자 데이터와의 비교에서는 변동폭이 감소하여 비교가 용이하지만, 상관관계는 절반으로 감소하고 변화 폭도 작다.

조용한 우주 환경 시기의 GNC는 GOES 데이터와 거의 동일한 경향을 보이며, 이벤트 발생 시에는 상관관계가 더욱 뚜렷해진다. 그러나 전체적인 상관관계는 낮게 나타나는데, 이는 노이즈 또한 daily variation과 유사하게 GNC가 500개 이하의 띠 형태를 보이기 때문이다 (Fig. 8). 이벤트 발생 여부와 관계없이 고정적으로 발생하는 500개의 노이즈를 제거하면 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다(Fig. 9).

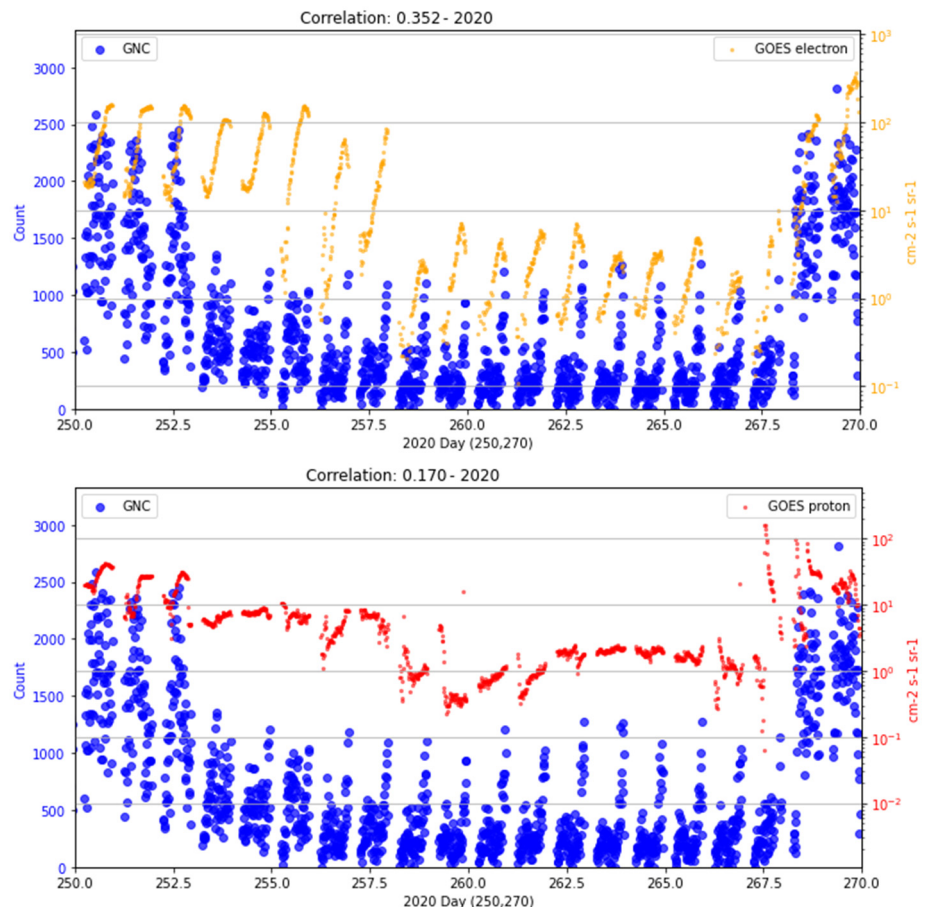


Fig. 7. Event correlation 2020: GNC and GOES electron (yellow), proton (red) data. GNC, GOLD noise count; GOLD, global-scale observations of the limb and disk.

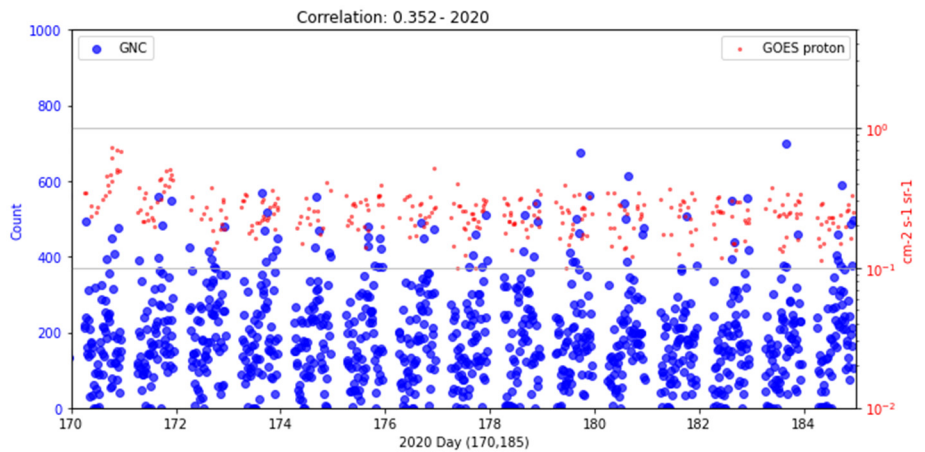


Fig. 8. No event correlation 2020: GNC and GOES proton (red) data. GNC, GOLD noise count.

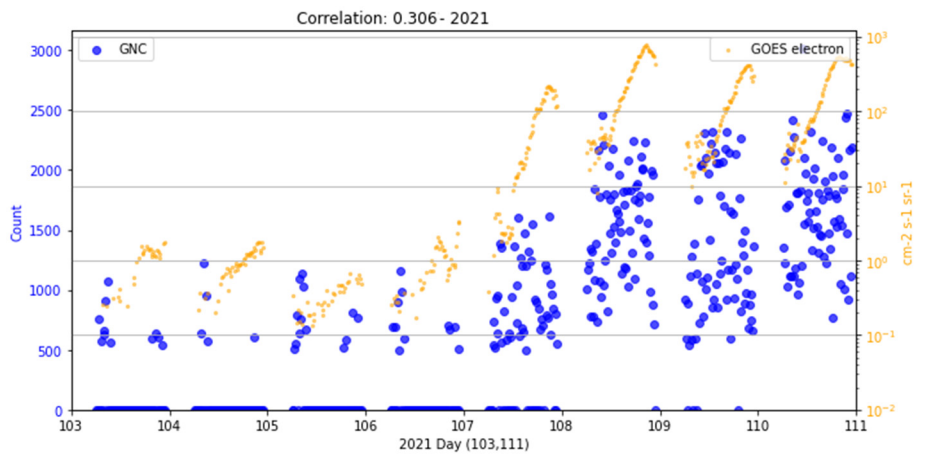


Fig. 9. Event correlation 2021: GNC and GOES electron (yellow). GNC, GOLD noise count.

이벤트 발생 시, 양성자 변화는 GNC보다 먼저 나타나고 전자는 거의 동시에 상승하는 경향을 보이고 있다. 추후 연구에서 다양한 사례 분석을 통한 평균 결과 및 GNC 변화와 함께 동반 상승하는 시간차를 규명해야 한다.

6. 결론 및 향후 계획

2019-2023년 데이터 분석을 통해, 알고리즘으로 추출한 GNC가 우주 이벤트 발생 시 전자 데이터와 유사한 경향을 보임을 확인했다. GNC는 특수 목적 탑재체를 완전히 대체할 수는 없지만, 우주 환경 경향 파악을 위한 유용한 정보원이 될 수 있다. 본 연구에서는 SES-14 위성 하나만 분석했지만, 향후 동일 위성 두 대 이상을 활용한 편대 비행 연구를 통해 공간적 상관관계를 더욱 면밀히 분석할 수 있을 것으로 기대된다.

향후 연구에서는 GOES-16, 17, 18 위성의 SUVI 태양 이미지에서 검출되는 노이즈를 분석할 계획이다. SOHO 태양 이미지와 비슷한 여러 파장대에서 태양을 관측하고 있으며 데이터를 빠른 시간 내에 확보할 수 있는 장점이 있다. 아래 이미지(Fig. 10)는 보정 전 SUVI 이미지

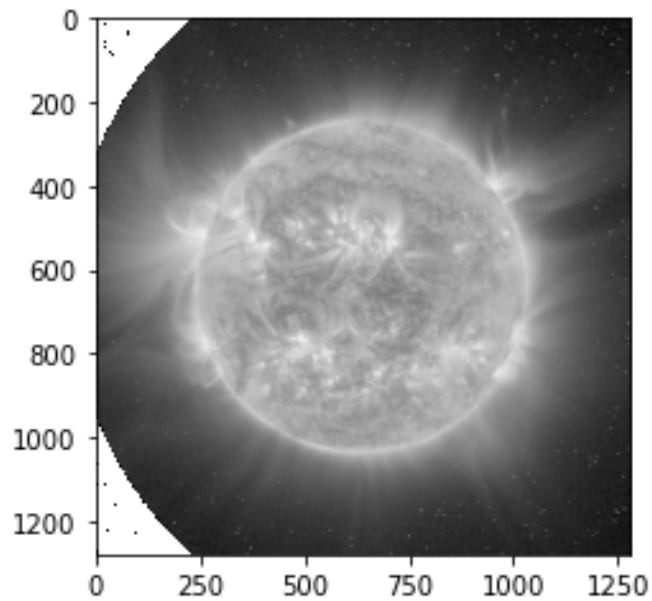


Fig. 10. GOES-17 L1B SUVI fe_171 wavelength solar image and noise.

로, 태양 주변 우주 공간에 수많은 노이즈가 존재함을 확인할 수 있다. SES-14 위성과 마찬가지로, 다른 파장대 이미지와의 비교를 통해 노이즈를 선별할 예정이다. 예상되는 어려움은 태양 외부로 뻗어 나가는 자기력선 처리 방법이다. 현재 진행 중인 CME 검출 및 속도/방향 추출 연구와 연계하여 태양 이벤트가 이미지에 미치는 영향을 분석할 계획에 있다.

Fig. 10에서는 이미지 태양 주변 우주 공간에 노이즈가 존재함을 확인할 수 있으며, 다양한 파장대 이미지를 활용하여 GOLD 미션의 FUV 이미지 노이즈 검출 방법을 적용할 수 있다.

이번 연구를 통해 이미지 노이즈 분석을 통해 관측기 주변 우주 환경 정보 추출이 가능함을 다시 한번 확인했으며, 이는 다른 목적의 이미지 촬영 위성에도 적용 가능하다. 본 연구 방법을 통해 GNC를 추출하면, 과학 위성이 아니더라도 이벤트가 발생한 시점의 우주 환경 위험도를 관측소에서 판단하여 위성 운용 및 우주날씨 예경보에 활용할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 한국연구재단의 예산으로 진행되었습니다(NRF-2022RIA6A3A01087121).

References

1. Lee J, Kim KC, Giuseppe R, Ukhorskiy S, Sibeck D, et al., Space weather operation at KASI with Van Allen probes beacon signals, *Space Weather*. 16, 108-120 (2018). <https://doi.org/10.1002/2017SW001726>
2. Eastes RW, McClintock WE, Burns AG, Anderson DN, Andersson L, et al., The global-scale observations of the limb and disk (GOLD) mission, *Space Sci. Rev.* 212, 383-408 (2017). <https://doi.org/10.1007/s11214-017-0392-2>

3. Oh S, Park H, Yi Y, Chae J, Signals of solar cosmic ray flux variations inferred from the noise in raw CCD solar images taken by SOHO/EIT, *J. Geophys. Res. Space Phys.* 119, 88-96 (2014). <https://doi.org/10.1002/2013JA019142>
4. Paxton LJ, Schaefer RK, Zhang Y, Kil H, Far ultraviolet instrument technology, *J. Geophys. Res. Space Phys.* 122, 2706-2733 (2017). <https://doi.org/10.1002/2016JA023578>
5. Roederer JG, *Dynamics of Geomagnetically Trapped Radiation* (Springer Science & Business Media, Berlin, Germany, 2012).
6. Buzulukova N, Tsurutani B, Space weather: from solar origins to risks and hazards evolving in time, *Front. Astron. Space Sci.* 9, 1017103 (2022). <https://doi.org/10.3389/fspas.2022.1017103>
7. Su YJ, Quinn JM, Robert Johnston W, McCollough JP, Starks MJ, Specification of > 2 MeV electron flux as a function of local time and geomagnetic activity at geosynchronous orbit, *Space Weather.* 12, 470-486 (2014). <https://doi.org/10.1002/2014SW001069>
8. GOES-R Series Data Book, GOES-R series documents (2019) [Internet], viewed 2024 Dec 20, available from: <https://www.goes-r.gov/resources/docs.html>

Author Information

이종길 bbelejjang@icloud.com



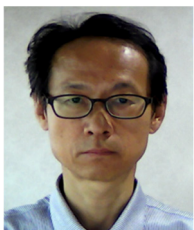
과학기술연합 대학원대학교에서 2022년 박사 학위를 취득하였고, 2022년부터 충북대학교 기초과학연구소에서 연구교수로 재직하고 있다. 현재 GOLD 미션의 FUV 이미지 잡음 연구와 함께 CME 자동 탐지 업무를 수행하고 있으며, 인공지능을 활용한 우주환경 데이터 연구를 수행하고 있다.

박재흥 pj@kasi.re.kr



2000년대 초 인공위성연구소에서 과학기술 위성 1호 고에너지 입자 검출기 개발 및 정전 분석기 지상 검교정, 과학기술위성 2호 저온 플라즈마 진단기 제작 등에 참여한 바 있고, 2014년부터 한국천문연구원에서 위성용 우주 환경 감시기 제작 및 자료 활용, 도요셋 지상국 구축 및 관제 업무 등을 수행하고 있다.

이대영 dylee@chungbuk.ac.kr



미국 Rice Univ.에서 우주과학 분야에서 박사 학위 취득 후 30년간 동 분야에서 활동해 오고 있으며, 현재 충북대 천문우주학과 교수로 재직 중이다. 지구 자기권 공간에서의 우주환경 현상, 태양풍과 자기권 사이의 상호작용, 태양풍 특성, 태양풍과 성간물질 사이의 상호 작용 등의 분야에서 주로 연구를 이어오고 있다.