

우주기상 자료 서비스 동향

Trends in Space Weather Data Services

이강진 (K.J. Lee, canopus@etri.re.kr) 기상위성지상국기술개발실 연구원
 구본준 (B.J. Koo, bjoo@etri.re.kr) 기상위성지상국기술개발실 책임연구원
 정일구 (I.G. Jung, ilkoo@etri.re.kr) 기상위성지상국기술개발실/실장
 안도섭 (D.S. Ahn, ahnds@etri.re.kr) 기상위성지상국개발단/단장

* 본고는 2017년도 정부(기상청)의 재원으로 국가기상위성센터의 지원을 받아 수행된 연구임
 [NMSC-2017-01, 정지궤도 기상위성 지상국 개발사업].

우리가 살아가는데 있어서 기상 정보는 없어서는 안 될 중요한 정보 중 하나이다. 과학 기술이 발전됨에 따라 인류의 활동 범위는 지구를 넘어서 우주 공간까지 확대 되었는데, 이로 인해 우주 공간에서의 기상 정보와 같은 우주기상에 대한 정보가 필요하게 되었다. 우주기상은 태양으로 인해 형성되는 태양과 지구 사이의 공간에서의 전자기적 변화를 일컫는 말로, 우주 시대에 접어들면서 이에 관한 관심이 급격하게 증대되고 있다. 본고에서는 국내외 우주기상 자료 및 서비스 현황을 소개한다.

- I. 머리말
- II. 우주기상 자료
- III. 국내 우주기상 자료 서비스
- IV. 해외 우주기상 자료 서비스
- V. 맺음말



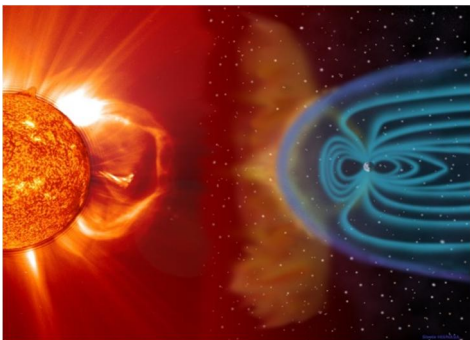
본 저작물은 공공누리 제4유형
출치표시+상업적이용금지+변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.

I. 머리말

과학 기술이 발전됨에 따라 우주 시대에 접어들면서 인간의 삶 속에 우주 환경이 매우 중요해지고 있다. 우주 환경을 결정하는 가장 큰 요소는 지구로부터 가장 가까운 곳에 있는 별인 태양이다. 태양은 내부에서 핵융합 반응을 일으켜 자체적으로 에너지를 생성하고 분출하는데, 이러한 과정에서 발생하는 다양한 태양 활동이 여러 가지 측면으로 인간 사회에 영향을 미치게 된다.

특히 우주 환경에 의해 영향을 크게 받는 분야는 인공 위성과 통신 분야이다. 태양으로부터 분출되는 전자나 양성자 등으로 구성된 고에너지 입자들이 지구를 향해 날아오면서 우주에 있는 인공위성과 충돌할 경우, 인공 위성에 직접적인 훼손을 일으킬 뿐만 아니라 위성 표면 대전, 위성 통신 장애, 위치 추적 장애, 메모리 장치의 에러 발생, 위성 궤도 오차 증가 등의 많은 문제를 발생시킬 수 있다. 또한, 태양으로부터 강한 X-선이 발생하여 지구에 도달하게 되면 지구의 전리층에 영향을 주게 되어 GPS(Global Positioning System) 에러를 만들어 통신상의 오차를 유발할 수 있다.

이러한 직간접적인 피해를 최소화하고 대비하기 위하여 우주 과학을 연구하는 학자들은 태양과 지구 사이의 물리적 관계 및 변화를 우주기상이라고 정의하고, 우주기상에 대한 많은 연구들을 진행해오고 있다. 우주기상



(그림 1) 우주기상 개념도

[출처] <https://www.flickr.com/photos/gsf/4445502419>, CC BY 2.0

은 (그림 1)과 같이 태양에서부터 지구까지 범위가 굉장히 넓고 그에 따른 관측 대상도 상당히 많다. 일반적으로 우주기상의 영역을 태양, 행성간공간, 근지구, 이렇게 크게 세 영역으로 분류하며, 이에 따라 각각의 영역에 대한 관측 기기들이 지구 내외로 존재한다.

우주기상 분야의 선진국 중 하나인 미국은 이미 수십 년 전부터 우주기상에 대한 관측을 수행해오고 있으며, 수많은 관측 자료들을 웹사이트나 FTP 등 다양한 방법을 통해 외부로 제공하고 있다. 우리나라 역시 우주기상에 대한 관심이 지난 몇 년 사이에 급격하게 증가하고 있으며, 그 일환으로 많은 우주기상 관련 연구, 모델 및 관측 기기 개발이 진행되고 있다. 하지만 자체적으로 생성하는 위성 자료는 아직 없는 실정으로, 미국이나 유럽, 일본 등 우주기상 선진국으로부터 제공되는 자료들을 활용하고 있다.

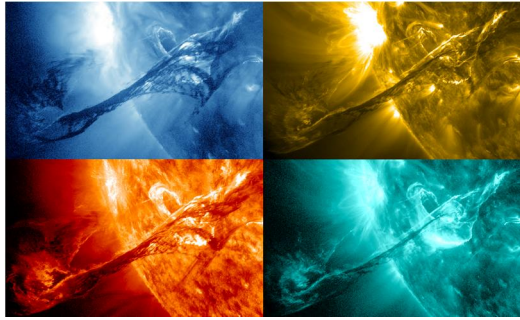
본고에서는 국내외 우주기상 자료와 서비스 현황을 소개한다.

II. 우주기상 자료

우주기상의 범위는 크게 태양, 행성간공간, 근지구 영역으로 구분할 수 있다. 각 영역은 상호작용하지만 환경은 매우 다르다고 볼 수 있다. II장에서는 현재 각 영역별로 어떠한 관측 위성과 자료들이 있는지에 대해 소개한다.

1. 태양

태양 영역에서는 우주기상을 결정하는데 가장 중요한 요소인 태양을 다양한 방법을 통해 관측한다. 태양의 대기는 고도에 따라 광구, 채층, 코로나로 분류되며 층마다 관측되는 현상들이 다르다. 또한, 관측하는 파장대에 따라 관측되는 현상이 다양하게 존재하므로 X-선에서 전파까지 다양한 파장대에서 관측해야 한다. 태양 광구와 채층을 관측하는 기기로 SOHO(Solar and Helios-



(그림 2) 다양한 파장대로 태양을 관측하는 SDO 위성

[출처] <https://www.flickr.com/photos/gsfic/7931836344>, CC BY 2.0

pheric Observatory) 위성의 EIT(Extreme Ultraviolet Imaging Telescope)와 MDI(Michelson Doppler Imager), SDO(Solar Dynamics Observatory) 위성의 AIA(Atmospheric Imaging Assembly)와 EVE(EUV Variability Experiment), HMI(Helioseismic and Magnetic Imager) 등이 있으며, 태양의 코로나 지역을 관측하기 위해 태양을 가려서 개기일식 현상을 인위적으로 만들어주는 SOHO 위성의 LASCO(Large Angle and Spectrometric Coronagraph)가 있다. 또한, 지구를 기준으로 태양의 양 옆면을 관측하여 태양의 3차원 분석을 위해 개발된 STEREO(Solar Terrestrial Relations Observatory) 위성의 EUVI(Extreme Ultraviolet Imager)와 COR(Coronagraph)가 있다. (그림 2)는 이러한 기기 중 가장 최근에 발사된 SDO로부터 관측된 태양 이미지를 보여 준다.

2. 행성간공간

행성간공간(Interplanetary Space)은 태양과 지구 사이의 공간을 일컫는 말로 우주기상에서 가장 넓은 범위를 차지한다. 이 공간에서는 보통 태양풍이나 행성간코로나물질방출(ICME: Interplanetary Coronal Mass Ejection) 등의 현상이 측정되는데, 이는 태양처럼 시각적으로 관측되는 것이 아니라 태양풍의 속도, 밀도, 온도, 자기장 등의 값들을 측정하여 그 존재를 파악할 수

있다. 현재 태양풍에 관한 요소들을 측정하기 위해 GOES(Geostationary Operational Environmental Satellite), ACE(Advanced Composition Explorer), WIND, DSCOVR(Deep Space Climate Observatory) 등의 인공위성이 존재한다. 측정된 자료들을 이용하여 개발한 모델들을 통해 여러 물리적 현상들을 시뮬레이션하여 코로나물질방출(CME: Coronal Mass Ejection)이나 고에너지입자(SEP: Solar Energetic Particle) 현상의 지구까지의 도달 시간을 예측하기도 한다.

3. 근지구

근지구(Near-earth)는 지구 근처의 가까운 우주공간을 일컬으며, 일반적으로 지구 자기권 영역부터 고층대기까지의 영역에 해당된다. 지구 자기권 영역은 지구 자기장이 태양풍에 직접적으로 영향을 받는 지역이므로 지구 자기장의 변화에 주목해야 한다. 태양풍의 입자들이 지구 자기장과 상호작용하여 고에너지 전자와 양성자로 이루어진 입자들이 밀집된 지역인 방사선대(Radiation belt)를 형성하며, 이 영역의 입자들은 우주선이나 인간에게 직간접적인 방사선 피해를 준다. 또한, 자기력선을 따라 들어오는 입자들은 지구 고층대기에도 영향을 미치게 되는데 전파의 진폭 감쇄와 위상 변동 등을 발생시킬 수 있으며, 이에 따라 통신 교란 및 두절, GNSS(Global Navigation Satellite System) 에러 등의 피해를 입을 수 있다. 자기권 영역을 측정하는 기기로는 THEMIS(Time History of Events and Macro-Scale Interactions During Substorms), VAP(Van Allen Probe), GOES 등이 있으며, 고층대기는 주로 지상에서 여러 장비를 통해 측정한다.

III. 국내 우주기상 자료 서비스

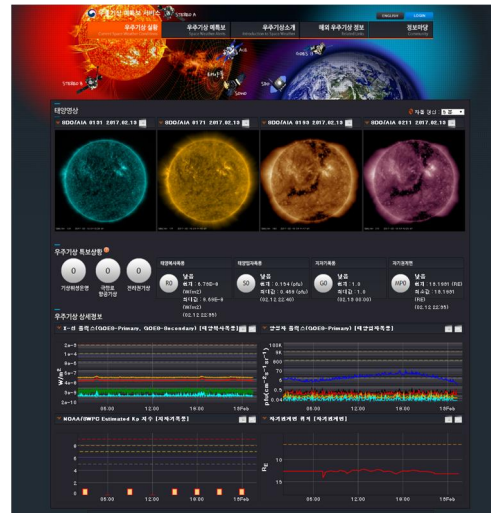
우주기상 자료는 크게 우주 공간에서 측정하여 지상으로 수신하는 것과 지상에서 측정하는 것으로 구분할

수 있다. 현재 국내 우주기상 자료는 지상으로부터 관측할 수 있는 일부 자료들을 제외하고 자체적인 위성 기반의 관측 자료는 존재하지 않는다. 우리나라 소유의 인공 위성이 많지 않을뿐더러 우리나라의 지자기적 위도가 높지 않아 우주기상으로 인해 받는 피해가 적으므로 과거 얼마 전까지만 해도 우주기상에 대한 관심이 많지 않았던 것이 사실이다. 하지만 점차 우주기상으로 인해 받는 피해사례가 많아짐에 따라 우주기상에 대한 관심이 증가하였다. 그에 따라 해외 우주기상 관련 기관으로부터 많은 자료를 받아 활용해오고 있다. 특히 관측 자료를 이용하여 여러 물리적, 경험적 모델들을 개발 또는 개선함으로써 우주기상 감시에 활용하고 있는데, 이를 통해 국제적인 협력이 점차 확대되고 있다. 현재 국내에서 우주기상 자료를 서비스하고 있는 기관은 기상청, 국립전파연구원, 한국천문연구원이다.

1. 기상청

기상청 국가기상위성센터는 2012년 4월부터 우주기상예특보 업무를 시행하였으며, 우주기상 정보 활용, 예측기술 개발 및 분석 시스템을 개발하여 운영하고 있다. 국가기상위성센터에서 감시하고 있는 주요 우주기상 요소는 기상위성운영, 극항로 항공기상, 전리권 기상이다. 이를 위해 플레어 발생 예측, 고에너지입자 발생 예측, 지자기지수 예측, 자기권계면 위치, 전리권 총전자밀도, 태양풍, 방사선대 및 자기권내 전류 시스템을 감시하는 독자적인 모델을 개발하였고 전반적인 우주기상 감시 및 분석에 활용하고 있다[1]. 또한, 우주방사선 모델을 개발하여 항공기상 정보 요소에 통합하여 서비스하고 있다.

우주기상 실태 감시를 위해서는 자체적으로 개발한 모델들 외에 다양한 자료들이 필요한데, 현재 기상청에서 자체적으로 생산하는 우주기상 자료가 매우 미비하다. 그렇기 때문에 여러 해외 우주기상 관련 기관으로부터 자료를 제공받아 그것을 활용하고 있다. (그림 3)과



(그림 3) 기상청 국가기상위성센터의 웹사이트를 통한 우주기상 서비스 화면

[출처] <http://spaceweather.kma.go.kr/ko/current.do>

같이 태양 영상 외 여러 자료를 우주기상 실태 감시 화면에 표출함으로써 사용자들에게 웹사이트를 통해 우주기상 정보를 제공하고 있으며, 기상청에서 중점적으로 감시하고 있는 3요소의 상황을 상시 모니터링하고 있다.

한편, 기상청은 2010년 6월 27일, 국내 최초의 정지궤도 복합위성인 천리안위성(COMS: Communication, Ocean and Meteorological Satellite)을 성공적으로 발사하여 현재 운용 중이며, 차기 후속 기상위성으로 2018년에 발사 예정인 GK-2A 위성이 현재 개발 중에 있다[2]. 이 GK-2A 위성에는 우주기상 감시를 위한 우주기상탐재체(KSEM: Korean Space Environment Monitor)가 포함되어 있는데, 입자측정기(PD, Particle Detector), 자력계(MG: Magnetometer), 위성대전감시기(CM: Charging Monitor)로 구성되어 있으며 정지궤도 상의 우주환경을 측정하는 것이 목적이다. 입자측정기는 100keV에서 2MeV사이의 에너지 대역의 전자와 100keV에서 20MeV 에너지 대역의 양성자를 각 6개의 방향에 대해 측정하도록 설계되었으며, 정지궤도에서의 고에너지 입자 환경 정보를 제공할 예정이다. 자력계는 지구 자기장을 측정하는 장비로써 지자기폭풍(Geo-

magnetic Storm)에 따른 지자기 변화를 측정할 예정이다. 위성대전감시기는 대전 전류량을 측정하는 장비로써 위성시스템에 영향을 주는 대전 현상을 분석하는데 사용될 것이다. 향후 위성 발사에 성공하여 정규운영 궤도에 진입하게 되면 우리나라도 독자적인 위성 기반의 우주기상 관측 국가로 자리를 잡게 된다.

2. 국립전파연구원

국립전파연구원은 1966년 전리층 관측을 시작으로 1983년 태양흑점 관측, 1998년부터는 태양활동에 대한 예·경보 인터넷 서비스 등 우주전파환경과 관련된 업무를 수행해 왔다. 2011년 8월에 우주전파센터가 별도 기관으로 설립되어 태양활동으로 인한 우주전파환경 감시를 중점적으로 담당하고 있다. 우주전파센터는 설립 이후 태양활동 자동인식 시스템, 위성 고에너지 입자 위험 예측 모델 등 국제적으로 경쟁력을 갖춘 여러 우주기상 관련 모델들을 개발해왔다. 그 결과 해외 여러 우주기상 관련 기관들과의 협력이 꾸준히 이어져 오고 있으며, 우리나라를 대표하는 우주기상 서비스 기관 중 하나로 발돋움하고 있다. 국립전파연구원은 독자적인 위성 관측 자료는 없지만 지상 관측 자료는 다수 보유하고 있다. 태양 활동에 따른 단파통신 분석을 위한 전리층 관측, 태양 활동에 따른 지구영향 분석을 위한 지자기장 관측, 태양풍 이동 경로 분석을 위한 태양풍 지상 관측, 500MHz~18GHz 대역에서의 태양전파 관측 자료 등을 국내 여러 지점에서 수집하고 있으며 웹 사이트를 통해 자료를 제공하고 있다. 또한, 위성, 항공, 항법, 전력, 방송통신, 국방 분야의 주요 기관 업무와 관련된 우주기상 정보를 조사 및 분석하여 수요기관별 맞춤형 서비스를 제공하고 있다[3]. 우주전파센터 역시 자체적으로 생산하는 우주기상 위성 자료가 없으므로 해외 우주기상 관련 기관으로부터 자료를 제공받아 그것을 활용하고 있다. 자체적으로 생산하는 지상 관측 자료들과 해외에



(그림 4) 국립전파연구원 우주전파센터의 우주전파환경 종합상황판 화면

[출처] <http://spaceweather.rra.go.kr/popup/swc-board>

서 제공받는 위성 기반 자료들을 종합하여 (그림 4)와 같이 우주전파환경 종합상황판을 구축하고, 우주전파환경을 준 실시간으로 한눈에 볼 수 있도록 제공하고 있다.

3. 한국천문연구원

한국천문연구원 우주환경연구센터는 태양 및 우주기상과 관련된 기초 연구, 응용 기술, 서비스 개발 업무를 통합적으로 수행하는 연구센터이다. 특히 2007년에 국내 최초로 우주환경감시실을 개소하여 우주환경데이터시스템을 구축하였고, 최근에는 NASA와의 협력으로 한국 SDO 데이터센터와 지구방사선대 감시위성인 VAP 지상국을 구축하여 운영하고 있다. 한국천문연구원은 앞서 소개한 기상청, 국립전파연구원과는 달리 우주기상 자료 서비스 대상의 초점이 연구자들에게 맞춰져 있다. 그리고 예·특보 서비스 업무 또한 수행하고 있지 않으며, 일반적으로 우주기상 관련 연구를 수행하고 그 결과들을 필요로 하는 기관이나 사용자들에게 제공하고 있다.

한편, 한국천문연구원은 우주기상과 관련된 연구 장비들을 다수 보유하고 있다. 보현산 천문대에 설치된 우리나라 최초의 연구용 태양관측 기기인 태양 플레어 망원경, 태양 빛을 여러 파장으로 관측할 수 있는 태양 분광 망원경, 흑점을 관측하고 일일 흑점수를 산출하기 위한 태양 흑점 망원경, 고시간 및 주파수 분해능의 태양

전파 스펙트럼을 관측하고 전파폭발 위치를 감지할 수 있는 태양 전파 폭발 위치 관측기, 45MHz에서 870MHz 대역의 태양 전파를 24시간 관측하는 태양 저주파 전파 관측기, VAP 위성으로부터 지구방사선대 관측 자료를 실시간으로 수신하기 위해 구축된 S-band 위성추적 안테나, 지구자기장의 변화량을 측정하는 자기장측정기, GPS 위성의 신호, 전리층의 전자밀도 불균일 영역으로부터 되돌아오는 신호를 수신하는 관측 장비인 VHF 레이더, 전리층이나 고층대기의 교란현상 및 파동 전달 현상을 연구하기 위해 전 하늘을 관측하는 전천카메라 등이 그것이다[4]. 한국천문연구원 또한 자체적으로 생산하고 있는 위성 기반의 자료는 없으므로 해외 우주기상 기관으로부터 자료를 제공받아 활용하고 있다. 우주기상에 대한 전문적이고 심도있는 지식이나 분석 등을 하고자 할 때는 연구 중심의 우주기상 전문기관인 한국천문연구원의 우주환경연구센터를 이용하는 것이 가장 적합하다고 볼 수 있다.

IV. 해외 우주기상 자료 서비스

지자기 위도상 우주기상으로 인한 피해를 많이 받는 고위도 지역의 해외 국가들과 다수의 위성 보유 국가들은 이미 오래전부터 우주기상에 대해 많은 관심을 가지고 연구를 수행해왔다. 특히 미국에서는 수십 년 전부터 우주기상으로 인한 피해에 대비하기 위해 많은 연구와 지상 및 위성 관측을 수행해왔다. 미국 외에도 여러 유럽 국가들이나 일본 등이 우주기상 분야의 선진국으로서 활약하고 있다. 최근 들어서는 중국 또한 우주기상에 관심을 갖고서 많은 투자를 통해 우주기상 관련 기관을 설립하고 전문 인력을 양성하는 등 많은 발전을 이뤄나가고 있다. 본 장에서는 현재 우주기상에 대해 많은 관심을 갖고서 수많은 연구와 더불어 여러 자료를 관측하고 수집 및 가공하여 배포하는 미국의 대표적인 우주기상 선진 기관 두 곳을 소개한다.

1. 미해양대기청(NOAA)

미해양대기청(NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration) 산하의 우주기상예보센터(SWPC: Space Weather Prediction Center)는 1961년 우주환경센터(SEC: Space Environment Center)로 시작하여 2007년에 현재의 이름으로 명칭을 바꾸었다. 우주기상 서비스를 대표하는 국제적인 예보 센터이며, 미국의 공식적인 우주기상 예경보 서비스를 제공하고 있다. 이를 위해 우주기상의 모든 영역을 실시간으로 모니터링하고 예측하며 그 자료들을 외부로 제공해주고 있다. SWPC는 우주기상정보를 모든 사용자가 일반적으로 쉽게 이해하고 공유할 수 있도록 우주기상의 상태를 크게 3가지 종류로 분류하고, 피해 정도에 따라 물리적 등급을 5개의 레벨로 나누어 제안했다[〈표 1〉 참조]. 현재 대부분의 우주기상 기관들은 이 분류를 따라 우주기상 정보를 제공하고 있다. 이를 포함하여 전 세계의 우주기상 관련 기관들이 SWPC로부터 제공되는 많은 우주기상 자료를 이용하고 있다.

미국은 영토가 넓은만큼 전력 송전망 기반 시설 또한 광범위하게 분포되어 있다. 지자기 교란현상으로 인해 지상에서는 GIC(Geomagnetically Induced Current)와 같은 지자기 유도 전류가 발생하여 변압기 가열, 계전기 오작동 등 전력 시스템에 심각한 영향을 초래할 수 있다. 또한, 항공 산업, 위성 발사 및 운용, GPS 사용, 미 공군 작전 등의 분야에서 각 분야에 관련된 우주기상 정

〈표 1〉 NOAA 우주기상 스케일

유형	피해
태양복사폭풍 (R1-R5)	- 태양 플레어 발생으로 인해 고주파수 전파 통신 두절과 네비게이션 신호 감소 등의 피해를 입을 수 있다.
태양입자폭풍 (S1-S5)	- 고에너지입자로 인해 생물학적 방사선 노출 정도에 따른 피해, 인공위성에 대한 시스템적 오류, 고주파수 전파 통신 에러 등의 피해를 입을 수 있다.
지자기폭풍 (G1-G5)	- 지자기폭풍으로 인해 전력계 피해, 우주선이나 인공위성 등의 기기에 대한 물리적 피해, 전파 통신 에러 등의 피해를 입을 수 있다.

[출처] <http://www.swpc.noaa.gov/noaa-scales-explanation>

〈표 2〉 NOAA 우주기상 서비스 현황

유형	항목
예측	- 3일 예보
	- 흑점수 및 전파 플럭스 예측
	- 태양 및 근지구 환경 보고 및 예보
	- 태양 주기 진행 현황 및 예측
	- 27일 전파 플럭스 및 지자기 지수 예보
모델	- Ovation 모델을 통한 오로라 위치와 세기 예측
	- D-층 상태 예측 모델을 통한 고주파수 전파 통신 환경 예측
	- 준실시간 충전자밀도
	- 상대론적 전자 예측 모델을 통해 2MeV 이상의 전자가 정지궤도위성에 미치는 영향 예측
	- WSA-Enlil 태양풍 모델을 통한 행성간공간의 상태 및 지자기폭풍 예측
	- Kp 지수 예측
- 경험적 이온층 보정 모델을 통한 F-층 상태 예측	
관측	- GOES 전자 플럭스
	- GOES 자력계
	- GOES 양성자 플럭스
	- GOES X-ray 이미지
	- GOES X-ray 플럭스
	- SOHO LASCO 코로나그래프

[출처] <http://www.swpc.noaa.gov/>

보가 필요하므로 이러한 모든 정보를 제공하기 위해 실시간 우주기상 서비스뿐 아니라 1일, 3일, 27일 예보 서비스도 수행하고 있다. 더불어 국제적인 협력을 통해 우주기상의 모든 범위를 감시하고 자료를 생성 및 제공하고 있다. 〈표 2〉는 NOAA SWPC에서 제공하고 있는 대표적인 우주기상 자료 서비스 항목을 보여준다. 이 외에도 많은 우주기상 정보들을 웹사이트와 FTP를 이용하여 외부로 제공하고 있으며, NASA 및 해외 유관기관들과의 협력을 통해 우주기상의 서비스 범위를 더욱 넓혀가고 있다.

2. 미항공우주국(NASA)

미항공우주국(NASA: National Aeronautics and Space Administration)은 우주기상을 관측하기 위해 오래전부터 주로 인공위성과 탐재체 개발에 힘써왔다. 현

재 NASA가 개발한 우주기상 관련 위성에는 SOHO, SDO, ACE, THEMIS, VAP 등이 있다. 이러한 관측 기기를 통해 얻은 수많은 종류의 빅데이터는 NASA에서 가공하여 웹사이트나 FTP를 통해 외부로 제공해주고 있다. NASA의 우주기상 관련 기관으로 우주기상연구센터(SWRC: Space Weather Research Center)와 우주환경모델링센터(CCMC: Community Coordinated Modeling Center)가 있다.

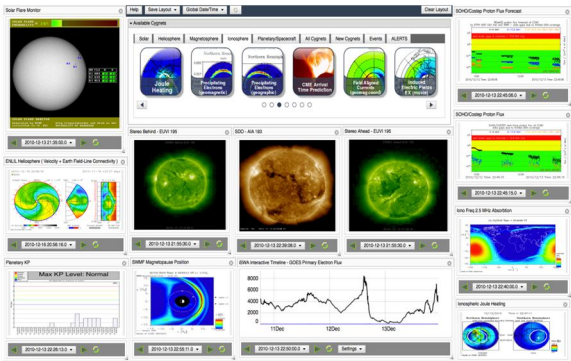
SWRC는 NASA의 여러 우주미션에 대한 우주기상의 필요성을 다양한 연구와 분석을 통해 설명하고, 우주기상에 대해 교육 및 홍보함으로써 대국민에게 정보를 제공하는 기관이다. NASA는 미국의 우주무인미션(Robotic mission)을 주관하는 대표기관이므로 성공적인 미션을 위해 우주기상에 대해 많은 주의를 기울여오고 있다. 전 세계 대부분의 우주기상 기관들이 지구 근처의 우주 환경에 대해서 주로 관심을 갖는다면, NASA는 지구 근처뿐 아니라 그 이상의 범위까지 관심을 가지고 모델 시뮬레이션 등을 통해 우주기상을 예측하고 있다.

CCMC는 우주환경 예측모델에 대한 구동 결과를 (그림 5)와 같은 화면을 통해 요청받아 사용자의 요구에 대한 결과를 제공한다. 또한 모델의 결과가 실제 우주기상의 예특보 서비스에 활용 가능할지에 대해 모델의 성능을 검증하는 업무를 수행한다. 더불어 우주기상의 교육을 위해 매년 여름에 전 세계 사람들을 대상으로 약 2주일간 우주기상의 전반적인 내용을 교육하고, 실제

Domain	Model Name	Model Developer(s)	Run Request Instructions	Run the Model
SOLAR	CORHEL_NASA/ENLIL	J. Leland, S. Mikić, B. Linsell, F. Rice, N. Aaga, D. Odland	Solar run instructions	Run the Model
	PPD	J. Luhmann et al.	Solar run instructions	Run the Model
	SWMF/SCM	Bert van der Walt, Igor Sokolov, Ward Machuter, Gabor Tóth, Dennis DeGroot and Tamas Gombosi	Solar run instructions	Run the Model
	ADSRD	Bil Abken, Dan Beer, George Fisher, Yulong Fan	Solar run instructions	Run the Model
	SLFP	T. Takami, T. Wengmann	Solar run instructions	Run the Model
	SWMF/ANMOS-E	Igor Sokolov, Bert van der Walt, Sheng Du (use of Zwickel/Enlil) Ward Machuter, Gabor Tóth and others	Solar run instructions	Run the Model
	CORHEL_NASA/ENLIL	J. Leland, S. Mikić, B. Linsell, F. Rice, N. Aaga, D. Odland	Solar run instructions	Run the Model
	ENLIL	D. Odland	Solar run instructions	Run the Model
	SWMF/SCM	Bert van der Walt, Igor Sokolov, Ward Machuter, Gabor Tóth, Dennis DeGroot and Tamas Gombosi	Solar run instructions	Run the Model

(그림 5) CCMC에서 제공하는 모델 결과 제공 서비스

[출처] https://ccmc.gsfc.nasa.gov/models/models_at_glance.php



(그림 6) ISWA를 이용한 분석화면 예시

[출처] <https://ccmc.gsfc.nasa.gov/iswa/>

CCMC에서 수행하는 업무를 배우며 실습 해보는 프로그램을 진행하고 있다. 우주기상을 전체적으로 분석, 감시하기 위해 CCMC는 (그림 6)과 같이 ISWA (Integrated Space Weather Analysis)라는 웹기반의 분석 시스템을 개발해서 세계적으로 우주기상 분석 및 예측을 위해 개발된 물리적, 경험적 모델들을 설치하여 구동하고 있다. 또한, 각 모델을 직접 검증하기도 하며, 여러 모델을 통합하여 하나의 앙상블 모델을 제시하기도 한다. 이 시스템은 현재 애플리케이션 기반으로 개발되어 모바일에서 서비스를 이용할 수 있다. 연구 및 분석을 위해 ISWA에 등록되어 있는 모델의 결과를 이용하고 싶다면 CCMC에 요청 과정을 거쳐 원하는 모델의 결과값을 받아볼 수 있다.

V. 맺음말

본고에서는 우주기상 자료 서비스의 현황에 대해 알아보았다. 과거 오래 전부터 우주기상에 대해 관심을 가져온 미국과 같은 나라들은 다수의 우주기상 관측 위성 과 지상 관측 장비들을 보유하고 있으며, 이를 기반으로 수많은 연구와 결과물들을 생산하고 있다. 또한, 여러 국가와 협력을 통해 우주기상 인프라를 넓혀가고 있으며, 그에 따라 전 세계적인 우주기상 자료 서비스를 제공하고 있다.

한편, 국내에서는 우주기상에 관심을 갖고 전문 기관을 설립하였으나 우주기상 서비스를 수행한 지 오래되지 않았다. 세계적인 트렌드에 뒤처지지 않도록 독자적인 지상 및 위성 관측 기기를 개발하여 산출되는 자료들을 확보하고, 전 세계적으로 공유하는 등 다양한 국제협력을 통해 우주기상 선진국으로 발돋움하는 노력이 필요하다.

또한, 우주기상에 대한 대국민적 관심 또한 점점 증가하는 추세에 맞게 우주기상 관련 기관들은 웹사이트나 방송 등을 통해 우주기상을 홍보하고 관련 기본 지식을 교육하는 서비스를 제공해야 할 필요가 있다. 머지않아 뉴스에서 기상 캐스터가 일기 예보를 해주듯 우주기상 캐스터가 우주기상 예보를 해줄 날이 올 것으로 기대한다.

용어해설

우주기상 태양과 지구 사이 공간에서의 물리적 관계 및 변화

태양풍 전자와 양성자로 이루어져 있는 하전 입자들의 흐름.

지자기교란 지구 자기장이 태양활동으로 인해 수 시간에서 수 일 정도 불규칙하게 변하는 현상

약어 정리

ACE	Advanced Composition Explorer
AIA	Atmospheric Imaging Assembly
CCMC	Community Coordinated Modeling Center
CM	Charging Monitor
CME	Coronal Mass Ejection
COMS	Communication, Ocean and Meteorological Satellite
COR	Coronagraph
DSCOVR	Deep Space Climate Observatory
EIT	Extreme ultraviolet Imaging Telescope
EVE	EUV Variability Experiment
EUVI	Extreme Ultraviolet Imager
FTP	File Transfer Protocol
GIC	Geomagnetically Induced Current
GK-2A	Geostationary Korea Multipurpose Satellite-2A
GNSS	Global Navigation Satellite System

GOES	Geostationary Operational Environmental Satellite
GPS	Global Positioning System
HMI	Heliographic and Magnetic Imager
ICME	Interplanetary Coronal Mass Ejection
ISWA	Integrated Space Weather Analysis
KSEM	Korean Space Environment Monitor
LASCO	Large Angle and Spectrometric Coronagraph
MDI	Michelson Doppler Imager
MG	Magnetometer
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
PD	Particle Detector
SEC	Space Environment Center
SEP	Solar Energetic Particle
SDO	Solar Dynamics Observatory

SOHO	Solar and Heliospheric Observatory
STEREO	Solar Terrestrial Relations Observatory
SWPC	Space Weather Prediction Center
SWRC	Space Weather Research Center
THEMIS	Time History of Events and Macroscale Interactions during Substorms
VAP	Van Allen Probe
VHF	Very High Frequency

참고문헌

- [1] 국가기상위성센터, “2014년도 연차보고서,” 연차보고서 11-1360559-000076-10, 2015, pp. 1-87.
- [2] 이보람 외, “정지궤도 기상위성자료 서비스 동향,” 전자통신동향 분석, 제31권 제3호, 2016. 6, pp. 91-100.
- [3] 우주전파센터. <http://spaceweather.nra.go.kr>
- [4] 우주환경연구센터. <http://kswrc.kasire.kr/ko>