

# 제 출 문

본 보고서를 「태양활동극대기를 대비한 우주전파환경 감시체계 확립방안에 관한 연구」 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2007. 11. 20.

연구책임자 : 김 갑 성 ( 경희대학교 )

연 구 원 : 최 광 선 ( 경희대학교 )

이 청 우 ( 경희대학교 )

김 일 훈 ( 경희대학교 )

이 진 이 ( 경희대학교 )

## 요 약 문

1. 과 제 명 : 태양활동극대기를 대비한 우주전파환경  
감시체계 확립방안에 관한 연구
2. 연 구 기 간 : 2007년 3월 - 2007년 11월 20일
3. 연구책임자 : 김 갑 성
4. 계획 대 진도  
가. 월별 추진내용

세부연구내용	연구자	월별 추진일정											비 고
				3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1. 주요국의 예보 현황 분석	김갑성 최광선			---	---	---	---	---	---	---	---	---	
2. 태양전파 및 우주 환경 자료수집	김갑성 김일훈			---	---	---	---	---	---	---	---	---	
3. 관측자료에 의한 전파환경 감시 시스 템 개발	김갑성 이청우			---	---	---	---	---	---	---	---	---	
4. 전파통신 간섭사례 수집	김일훈 이청우			---	---	---	---						
5. 태양활동과의 관련 성 분석	이청우							---	---	---	---	---	
6. 전파예보방향검토	전체									---	---		
분기별 수행진도 (%)				90%					10%				

## 나. 세부 과제별 추진사항

### 1) 태양 활동 관측 및 분석 : 세부연구과제 내용 1, 2 항목

- 태양 활동 극주기 예보 사례
- 태양 상시 감시 체계 구축을 위한 관측소 리스트 작성
- 태양 관측 데이터를 근 실시간으로 취득하고 모니터링이 가능한 관측소 리스트 작성

### 2) 우주전파환경 예보 : 세부연구과제 내용 1, 2 항목

- 미국의 우주환경센터(SWPC) 예경보체계를 정밀 분석
- 일본 통신종합연구소(NICT), 나고야 대학 STE Lab 등의 예경보체계를 정밀 분석을 위한 현장 방문 견학 및 장비 현황 파악
- 호주 우주서비스센터(IPS Radio & Space Services)의 예경보체계 정밀 분석

### 3) 우주전파환경 감시 및 예보에 요구되는 장비연구 : 세부연구과제 내용 2, 3 항목

- 경희대학교 우주환경 시스템 구축
- 미국의 우주환경 센터(SWPC), 일본 노베야마 태양 전파 관측소의 우주전파 환경 감시 장비, 호주 켈구라 관측소의 태양전파 관측 장비 및 연구분야 현황파악
- 우주환경 소프트웨어 분석: SWB(Solar Weather Browser)

### 4) 전파연구소의 관측 자료를 활용할 수 있는 연구분야 조사 :

세부연구과제 내용 2, 3 항목

- 해외 태양 전파 관측소의 관측 데이터와 전파연구소 태양 전파 망원경 Type II, III 태양 전파 폭발 관측 데이터 신뢰성 조사

5) 연구 수행 자문을 위한 연구반 구성 및 운영방안 :

세부연구과제 내용 4, 5 항목

-연구반 운영 : 전반기 2차례 연구반 회의

( 2007. 04. 20(금), 2007. 06. 25(월) )

후반기 1차례 연구반 회의( 2007. 11. 01(목) )

- 우주전파환경 워크숍 개최 ( 2007. 11. 01(목) )

- 위성방송 사업자의 태양 간섭 잡음으로 인한 위성 수신 방해 현상에 관한 원인 연구



## 5. 연구 결과

1) 태양활동을 감시하는 관측소 및 태양관측 데이터를 근 실시간으로 획득할 수 있는 외국의 사이트들의 현황을 조사하였으며, 데이터를 분석하고 우주환경 모니터링의 자료로서 활용방안 연구

2) 우주전파환경 관련기관으로 미국 SWPC, 일본 NICT, 나고야 대학 지구환경연구소(STEL), 호주 IPS, 미국 오웬스밸리 태양전파 망원경, 그리고 GONG 네트워크 등의 운영현황을 파악하였으며, 각 연구기관의 연구 활동 및 예·경보 체계 및 일반인을 대상으로 하는 서비스 제공의 종류와 사례들을 조사 하였음.

3) 국내외의 우주전파환경 감시 및 예보를 위한 장비를 조사. 특히, 국내는 경희대학교 우주환경 감시를 위한 관측시스템, 전파연구소, 한국천문연구원의 시스템을 조사하였고, 국외는 미국 우주환경 센터(SWPC), 노베야마의 전파헬리오그래프, 호주 태양관측소등을 조사하였음.

4) 경희대학교에서는 근 실시간으로 우주환경 모니터링을 위한 시스템을 구축하여 태양활동의 변화량을 디스플레이하고 있으며, FTP 사이트에서 태양활동 데이터를 받아 보여주는 소프트웨어인 SDIP(Solar Data Image Processing)를 개발 운영.

5) 민, 관, 군으로 구성된 우주전파환경 연구반을 전반기에 2회, 후반기에 1회 개최. 특히 우주전파환경 워크샵을 개최하여 태양의 활동 모델링 및 관측기기, 태양으로 인한 위성 간섭 사례, 우주환경 감시 및 장비에 대한 다양한 정보를 얻을 수 있었음.

6) 태양 폭발 현상으로 인한 피해사례를 조사하였으며, 태양으로

인한 위성 간섭 피해를 사전 예측할 수 있는 방법에 대하여 연구하였음.

## 6. 기대효과

### ■ 기술적 측면

- 태양활동과 관련된 우주전파환경 모니터링 시스템 구축
- 개발단계인 예보시스템과 소프트웨어 개발 등의 기술력 증대
- 우주전파환경 예보를 위한 장비로 IPS 전파망원경 건립 계획(안)
- 외국 연구소 예보 체계 분석 및 전파 예보 방향 연구

### ■ 사회적·경제적 측면

- 급격한 우주환경 변화에 의한 위성의 고장, 통신장애등의 경제적 피해 최소화
- 우주환경을 감시함으로서 국가 기간산업인 통신, 전기, 항법등의 안정적 운용과 양질의 서비스 제공
- 일류의 일상생활이 지상에서 점차 우주로 확대됨으로서 우주환경 분야에 대한 관심이 증대
- 국내의 우주환경 분야 연구의 활성화 및 기술 개발은 군사, 의료 등 국내 다양한 분야에 활용될 것으로 기대.

### ■ 문화적 측면

- 우주시대를 맞이하여 대 국민 홍보 및 국가적 위상 향상

## 7. 기자재 사용 내역

시설·장비명	규 격	수량	용도	보유현황	확보방안	비 고
모니터링용 LCD TV	42 인치 (FullHD)	1	우주환경 모니터링용	유		
모니터링용 LCD 모니터	30인치 (2560x1600)	1	태양활동 모니터링용	유		
DB 용 PC	Intel Core2Quad	1	데이터처리용	유		
데이터저장용 하드디스크	500GB	1	데이터저장용	유		

## 8. 기타사항

없음.

# SUMMARY

We have recognized the importance of investigation into the 'Space Radio Environment' because of damages by explosive solar activities. For example, intensive solar eruptions(X 9.0 and X 6.3) and huge solar radio bursts were observed for the two days, December 5 and 6, 2006. Consequently, it brought an unexpected obstacles of GPS and a large number of navigation systems. According to a researcher in NJIT, radio noises due to the solar radio bursts on December 5 and 6, 2006 were 10 times larger than before. This case clearly shows that the solar radio bursts can have direct effect on the earth globally. Actually the X-ray flux and radio burst from the flare observed by GOES12 were reported as R3(strong) by Space Weather Prediction Center (SWPC). These types of flares lead to HF radio blackouts. The effects range from minor degradation of HF communication, up to wide area blackouts.

'Space Radio Environment' affects our daily life adversely to economical and social losses. The space weather prediction is the system that foresee variations of space weather to reduce damages by changeable space whether. The space weather prediction system have been launched and investigated in America in order to report to the general public, organisations, industry and governments the

impacts of space weather on every day life. Other countries –EU, Japan, Australia and many other countries– also have participated in the international network of space weather prediction in order to reduce the widespread damage. They develop a space weather prediction service and provide a real time forecast by website, E-mail and SMS. We also have been part of the international network and developed a newly space weather forecast service in Korea. Moreover, we make an efforts to establish a space weather forecast center in oder to provide the public with information about space weather systematically.

In this research, we have established the space weather environment monitoring system, which monitors sun, solar wind, geomagnetic storm and other variations of space weather related to the solar activities in real time. Besides, we operate this system using our own software, SDIP (Solar Data Image Processing). Monitoring more information, we also operate SWB (Solar Weather Browser) at the same time.

We organized an advisory committee with the public, the government, the military and we held the meeting three times. We also held the first workshop, which was composed of 8 presentations about Observations of solar activity and modeling, Satellite damages, Monitoring of space weather environment, Introduction to instrument for space whether monitor, and so on.

The importance of space environment increases as the space utilization grows in the areas of communication, military application, and GPS navigation. Research institutes in the countries with developed space industries form a consortium to exchange space environment data and forecast to reduce the risks which might be caused by sudden changes in the space environment. On the other hand, studies on the space environment have been carried out in Korea individually and independently of each other, and the observation and forecasts have not been made systematically. Hence, it is urgent to coordinate these individual research and monitor the space environment systematically. It is also only through this well-organized cooperation to exchange the observed data with other research institutes in the world and join the international consortium of the space environment study.

Finally, we have found that many countries in the world make an effort to protect the lives and properties of their own peoples through establishing the monitoring and prediction system of hazard space environments. It is encouraging that our domestic laboratory RRL have been in part playing a role of monitoring and prediction center for space environment. However we present the suggestions as follows in order to keep the better radio environment:

1. The RRL should try to make sure of their own research domain in space environmental fields.
2. It is required to recruit and provide the expert man powers in the field of radio space environment.
3. The RRL should establish the ground based monitoring system of space radio environments as soon as possible. In this study, we propose the construction of IPS radio telescope.
4. We propose the RRL should participate in satellite project for space environments through global cooperations in the near future.

# 목 차

표 목 차 .....	15
그림목차 .....	16
제 1 장 서 론 .....	22
제 2 장 태양 활동 .....	25
제 1 절 태양 활동 관측 및 분석 .....	25
제 2 절 태양 관측소 리스트 작성 .....	36
제 3 장 우주전파환경 예보 체계 .....	38
제 1 절 미국의 우주 환경 센터 .....	38
제 2 절 일본 정보통신연구기구(NICT) .....	56
제 3 절 나고야대학 지구환경연구소(STEL) .....	82
제 4 절 호주 IPS 전파 우주서비스 .....	92
제 5 절 정보통신부 전파연구소(RRL) .....	124
제 4 장 우주전파환경 감시 체계 .....	133
제 1 절 Hiraizo 태양 관측소의 관측 기기 .....	134
제 2 절 경희대학교 태양관측 장비 .....	137
제 3 절 노베야마의 전파 헬리오그래프 .....	141



제 4 절	호주의 태양 관측소 .....	147
제 5 절	미국 오웬스밸리 태양전파망원경 .....	155
제 6 절	GONG(Global Oscillation Network Group) ...	160
제 7 절	전파연구소 태양전파 분광 관측기.....	163
제 8 절	지자기 연구기관.....	172
제 9 절	지상 자력계 .....	176
제 10 절	코임브라천문대 태양정보시스템(COSIS) ...	179
제 5 장	예보 분석 시스템 .....	183
제 1 절	우주기상예보 .....	183
제 2 절	플레어 발생 예보 분석.....	196
제 6 장	경희대학교 우주환경연구 모니터링 시스템 ...	205
제 1 절	개 요 .....	205
제 2 절	우주환경 자료처리용 소프트웨어 .....	208
제 3 절	우주환경 모니터링 시스템 .....	211
제 3 절	SWB 소프트웨어 .....	213
제 7 장	위성 전파 간섭 사례 .....	219
제 1 절	전파 간섭 사례 .....	220
제 2 절	위성 및 태양의 고도 방위각 계산 .....	228
제 8 장	연구수행 자문을 위한 연구반 구성 및 운영...	234

제 1 절 회의록 내용.....	234
제 2 절 우주환경 워크샷.....	240
제 9 장 결 론 .....	242
부록 A. 태양활동관측자료 사이트 목록 .....	246
부록 B. 워크샷 발표자료 .....	254
참고 문헌 .....	283

## 표 목 차

표 1 NOAA 스케일 .....	47
표 2 지자기 폭풍과 태양 복사풍 레벨.....	48
표 3 전파 소실 .....	48
표 4 SWPC 경고메세지 코드 .....	49
표 5 경고 분류 및 발생빈도 .....	51
표 6 전파 전달 장애연구프로젝트 구성원 .....	59
표 7 IPS 관측 사이트 .....	84
표 8 IPS 안테나 유효범위 .....	85
표 9 호주에서 Ionosonde를 이용한 맵핑 위치 .....	98
표 10 IPS 상품 및 서비스 .....	118
표 11 IPS 메일링 리스트 .....	119
표 12 전파연구소의 관측시설 및 데이터 활용 .....	124
표 13 태양전파폭발 유형 분류 및 관련 현상 .....	126
표 14 태양전파 관측자료 분석 요약 도표 .....	127
표 15 태양전파분석을 위한 기호 요약 및 내용 .....	127
표 16 우주전파환경 변화에 의한 지자기 변동 현상 ..	129
표 17 지자기분석을 위한 기호의 의미 .....	130
표 18 히라이소 H $\alpha$ 망원경의 사양 .....	133
표 19 히라이소 H $\alpha$ 용 CCD 카메라 .....	134
표 20 White-Light 망원경 및 CCD 사양 .....	134
표 21 RSTN과 SBRL 비교 .....	157
표 22 GONG 사이트 .....	161
표 23 광학 플레어의 면적과 중요도 .....	198

표 24 X-선 플레어의 세기별 분류 .....	199
표 25 전체 예보수와 관측수에 대한 예보 정확도 .....	203
표 26 SWPC 경고 분류 및 발생빈도.....	206
표 27 예·경보 등급 기준(안) .....	238

## 그 립 목 차

그림 1. 태양활동 주기 .....	27
그림 2. 태양흑점-플레어 .....	28
그림 3. 태양활동 제 23주기 예보 .....	29
그림 4. 태양활동 제 24주기 예측 .....	33
그림 5. 태양활동과 극자기장 세기의 주기적 변화 .....	34
그림 6. F10.7과 Ap지수 .....	35
그림 7. 10.7cm 전파플럭스의 주기변화 .....	35
그림 8. SWPC 홈페이지 .....	47
그림 9. 7일 동안 3시간 K 인덱스 .....	52
그림 10. 지자기 A 인덱스 .....	53
그림 11. D층 흡수 예보 .....	54
그림 12 GOES 자력계 데이터 .....	54
그림 13. GOES 전자 플럭스 .....	55
그림 14. GOES-11 위성에서 측정한 양성자 플럭스.....	55
그림 15. 전파 전달 .....	58
그림 16. ACE위성과 우주환경변화(상상도) .....	61
그림 17. ACE위성 자료수신용 포물면 .....	62

그림 18. 국제 태양계 관측년(IHY)	63
그림 19. 3차원 지구자기권의 변화	66
그림 20. 태양풍 관측용 전파망원경	85
그림 21. IPS 태양풍 속도 측정	86
그림 22. CT로 구한 속도와 관측치 비교	87
그림 23. 신틸레이션(scintillation) 관측	88
그림 24. 신틸레이션 관측 시선적분효과	89
그림 25. 인체의 단층사진을 찍는 CT 방법	89
그림 26. 태양풍 CT 관측	90
그림 27. 태양풍 속도 맵	91
그림 28. IPS g-값 맵	91
그림 29. 밀도 분포	91
그림 30. 태양풍 속도 분포	91
그림 31. 태양풍 속도와 g-값 예측	91
그림 32. IPSNET	95
그림 33. HAP	97
그림 34. 아니오노존데를 이용한 실시간 맵핑	100
그림 35. IPS 전파 우주서비스센터 홈페이지	101
그림 36. ACE 위성에서 관측된 태양풍현황	104
그림 37. K 인덱스 맵	106
그림 38. 호주 주변지역(Australasia)의 Pc3 인덱스	107
그림 39. 주간과 야간의 전리층 구조	109
그림 40. Dourbes의 ionogram	111
그림 41. 이온층 측정	112
그림 42. 이온층 수직 주파수	112

그림 43. HAP .....	113
그림 44. 호주 주변 T 인덱스 맵.....	114
그림 45. 북아메리카 T 인덱스 맵 .....	115
그림 46. 유럽 T 인덱스 맵 .....	115
그림 47. 호주 주변 TEC .....	115
그림 48. 북아메리카 TEC .....	116
그림 49. 유럽 TEC .....	116
그림 50. 전세계 TEC .....	117
그림 51. IPS 방문자수 .....	123
그림 52. 전파연구소 관측 네트워크 .....	124
그림 53. 히라이소 Ha 망원경의 모습 .....	133
그림 54. 히라이소 White-Light 망원경의 모습 .....	135
그림 55. Ha 망원경.....	135
그림 56. 관측 네트워크 .....	138
그림 57. 분광 관측 시스템 .....	139
그림 58. 분광 이미지 .....	140
그림 59. 하늘에서 본 노베야마 전파헬리오그래프 .....	141
그림 60. 전파헬리오그래프용 안테나 .....	142
그림 61. 강도 편파계 .....	143
그림 62. 완성 당시(1971년)의 모습.....	145
그림 63. 1980년대 초의 사진 .....	145
그림 64. 전파로 본 금성의 태양면 통과 현상 .....	146
그림 65. 쿨구라 태양관측소 .....	147
그림 66. 96개의 안테나로 배열된 전파헬리오그래프 ...	148
그림 67. 쿨구라 관측소 .....	149

그림 68. Ha 이미지.....	149
그림 69. 전파폭발 유형 II 와 유형 III 개념도 .....	149
그림 70. 켈구라 전파 폭발 분광 관측 데이터 .....	151
그림 71. X-ray 플레어 전파 이미지 .....	155
그림 72. OVSA 1-18GHz 전파 데이터 .....	155
그림 73. OVSA의 구성도 .....	156
그림 74. SRBL의 시스템 구조 .....	158
그림 75. IRS-1과 IRS-3 안테나 .....	163
그림 76. IRS-2 안테나 .....	163
그림 77. IRS 시스템 .....	164
그림 78. 유형 II 전파 폭발 .....	165
그림 79. 유형 IV 전파 폭발 .....	165
그림 80. 유형 II and 유형 III 전파 폭발 .....	166
그림 81. 히라이소 비교 이미지 .....	167
그림 82. 켈구라 비교 이미지 I .....	168
그림 83. 켈구라 비교 이미지 II .....	168
그림 84. Ulysses Type II 이미지 .....	169
그림 85. Ulysses Type IV 이미지 .....	169
그림 86. Ulysses Type II 와 Type III 이미지.....	170
그림 87. AGSO 홈페이지 화면.....	171
그림 88. USGS 산하 Geomagnetism의 홈페이지 .....	172
그림 89. NSSDC의 홈페이지 화면 .....	173
그림 90. NGDC의 홈페이지 화면.....	174
그림 91. 210MM 지상자력계의 위치 .....	175
그림 92. SAMNET 지상자력계의 위치 .....	176

그림 93. LANL 지상자력계의 위치.....	177
그림 94. 실시간 예보 방법 .....	184
그림 95. ISM의 high-level 구조 .....	185
그림 96. DSWA ISM 모델 .....	186
그림 97. ISM 격자 구조 .....	187
그림 98. 에너지 밀도 변화 .....	188
그림 99. Polar Cap Potential 변화 .....	188
그림 100. Polar Cap Field-Aligned Current 변화 .....	189
그림 101. closed field line이 지속되는 자기권 변화 .....	189
그림 102. 자기권을 통과하는 태양풍의 흐름 .....	190
그림 103. 태양풍에 의한 전리층의 변화 .....	191
그림 104. 쪽방향 IMF 동안 전리층의 전류 변화 .....	191
그림 105. 북쪽방향 IMF 동안 자기권의 전류 폐쇄 .....	192
그림 106. 200km에서 Nuclear burst의 2-fluid 시뮬레이션 결과 나타난 전자 밀도 .....	193
그림 107. 위험지역에 있는 지구정지궤도 위성 .....	194
그림 108. (a) Ha로 관측된 플레어 .....	197
그림 108. (b) Two-Ribbon 플레어 .....	197
그림 109. (a) soft X선(SXT) 이미지 .....	197
그림 109. (b) 태양활동이 조용한 시기 관측 이미지 .....	197
그림 110. 경희대학교 모니터링 시스템 .....	206
그림 111. SDIP 실행 화면.....	207
그림 112. SolarFTP 실행화면 .....	208
그림 113. URL입력 창에 웹주소 입력 후 실행 화면 .....	208
그림 114. 모니터링 시스템 .....	210



그림 115. LCD TV를 이용한 모니터링 시스템 .....	211
그림 116. 19.5nm에서 관측된 SOHO/EIT 이미지 .....	213
그림 117. 2002년 8월 17일에 관측한 태양이미지 .....	214
그림 118. CACTus에 의해 관측된 CME 폭발모습.....	216
그림 119. Solar Weather Browser 모습 .....	217
그림 120. 관측자 위치의 항성 시간각 $H$ 와 경도 $l_E$ .....	228
그림 121. 지평좌표계와 적도좌표계 .....	231
그림 122. 지평좌표계 .....	232
그림 123. 워크샵 단체 사진 .....	240

## 제 1 장 서 론

폭발적인 태양활동의 변화는 태양-지구간의 지구 근접환경에서 지구의 전리층과 지상에 직·간접적인 영향을 미친다. 태양은 끊임 없이 자외선과 X-선 영역의 복사에너지를 방출하고 있다. 또한 태양은 주로 양성자와 전자들로 구성된 태양풍(Solar Wind)과 초속 1000km를 상회하는 코로나 질량유출(Coronal Mass Ejection, CME)의 형태로 막대한 양의 플라스마 물질, 고에너지 입자 그리고 자기력선을 우주공간으로 방출하고 있다. 그중 일부의 자외선과 X-선 복사에너지는 지구고층대기와 상호작용하여 지구주변에 자기권(Magnetosphere)이라는 독특한 우주환경을 형성하게 된다. 우주공간이 인공위성의 중요한 활동무대가 되면서 우리 생활공간의 중요한 일부가 되었으며, 우주전파환경은 점점 우리의 생활환경으로 가까이 다가오고 있다. 우주전파환경의 급격한 변화는 인공위성, 지상의 항법 시스템, 전기, 통신등의 피해를 초래할 수 있고, 이는 경제적·사회적으로 큰 손실이라 할 수 있다.

태양의 급작스런 변화에 따른 우주전파환경에 대한 연구의 중요성은 인간 생활의 직접적인 피해사례 등으로 확인할 수 있다. 한 예로 작년 12월 5일(X 9.0)과 12월 6일(X6.3)의 2일 간의 강력한 태양 폭발 현상을 관측하였으며 이어 거대한 전파폭발이 일어나 대규모적이고 심각한 GPS 장애를 일으켰다. 또한 수많은 항법장치들의 신호가 두절되는 예기치 못한 심각한 상황이 발생하였다. 뉴저지기술연구소(NJIT)의 한 관계자는 당시 태양폭발로 인한 전파잡음은 종전기록보다 10배나 되는 것으로 밝혔다. 이 경우는 태양 전파폭발이 전 지구적으로 직접적으로 영향을 미칠 수 있다는 것을 잘 보여주는 것이다. 실제로 미국의 우주환경예보센터(SWPC)에서는 GOES12 위성에서 X-ray 플럭스와 전파 폭발에 대한 메시지를 R3 단계(Strong)로 분류하였다. 이는 전파감쇄의 결과를 초래하여 광범

위한 지역에서 HF 통신 두절, 항해 비행용 HF 통신두절, LF 항법 신호 감쇄등을 일으키는 것으로 분류하고 있다.

위에서 보듯이 우주전파환경이 일상생활에 미치는 영향으로 경제적·사회적 손실이 크다 하겠다. 우주환경예보는 이러한 피해를 최소화하기 위한 방안으로서 우주환경의 변화를 미리 예측, 예보하는 시스템이라 할 수 있다. 우주환경예보 시스템은 이미 1970년대에 미국이 주도해서 시작하였으며 국가적인 차원에서 민·관·군의 연구소에서 활발하게 연구를 진행하고 있다. 또한 이미 조사를 한 것처럼 EU, 일본과 호주등의 경우에도 우주환경예보에 대한 세계적인 네트워크에 참여하고 있으며, 자국내의 피해를 최소화하기 위한 방안으로 우주환경예보 서비스를 개발하고 근실시간으로 정보를 제공하고 있다. 이러한 정보를 필요로 하는 사용자들에게는 웹, E-mail, SMS 등의 방법으로 근 실시간으로 제공하고 있다.

우리나라의 경우도 이러한 흐름에 맞춰 전 세계적인 네트워크에 적극적으로 동참하고 새로운 우주환경예보 서비스를 개발하고 관련 정보들을 필요한 사용자들에게 쉽게 전달할 수 있는 우주환경예보 센터를 건설하는데 노력을 기울이고 있다. 우리나라도 이제 우주시대에 발맞춰 많은 인공위성들을 발사하고 우주센터를 건립등으로 우주환경의 중요성은 한층 높아지고 있다.

본 연구를 통해 경희대학교에서는 우주환경 모니터링 시스템을 구축하였다. 이는 근 실시간으로 현재의 태양, 태양활동에 따른 복사풍 및 지자기 폭풍등을 모니터링하는 시스템이다. 또한 FTP를 이용하여 근 실시간으로 데이터를 받아 보여주는 SDIP (Solar Data Image Processing)라는 소프트웨어를 자체적으로 개발하여 운영하고 있다. 이와 함께 보다 많은 정보를 모니터링하기 위하여 SWB(Solar Weather Browser)라는 소프트웨어를 동시에 운영하고 있다.

연구수행 자문을 위한 민, 관, 군으로 구성된 연구반을 운영하여 3회에 걸쳐 회의를 하였으며, 한차례의 우주전파환경 워크샵을 개

최하였다. 이 워크샵의 발표는 총 8편이었으며, 그 내용으로는 태양 활동 관측 및 모델링, 태양간섭으로 인한 위성피해사례, 우주환경 감시 및 장비 소개등이었다.

## 제 2 장 태양 활동

### 제 1 절 태양 활동 관측 및 분석

#### 1. 개 요

현재 태양활동의 주요 감시 관측소는 미국 NJIT의 Big Bear 태양 천문대(BBSO), 미국 국립태양천문대(NSO) 산하 Kitt Peak, Sacramento Peak 관측소, 그리고 미국 고고도 천문대 HAO 산하인 하와이 마우나 로아의 태양관측소(MLSO), 윌슨산 태양천문대, 하와이 대학의 Mees 태양관측소, 프랑스의 파리 천문대, 호주의 켈구라 관측소, 일본 Hiraiso 태양-지구 환경센터등 수많은 지상 관측망이 활동중이다. 우주공간에서도 SOHO 위성이 대표적이라 할 수 있고, 일본의 SOLAR-B, 최근에 발사되어 고해상도의 관측데이터를 얻고 있는 히노데 위성등이 가시광, X선, 자외선 파장대의 태양관측상을 얻고 있다. 국내에서의 경우 태양관측을 수행하고 있는 곳은 보현산 천문대내의 태양망원경, 서울대학교 내의 태양망원경 그리고 전파연구소등이 있다. 각각의 관측소들은 태양의 플레어 현상이나 CME 뿐 아니라 태양전파폭발등의 관측을 수행하고 있으며 실시간으로 데이터를 제공하기도 한다.

#### 2. 태양활동 주기 예보

##### 가. 태양활동 주기

태양 표면의 흑점, 플레어, 코로나 질량 방출(CME), 폭발적 전파

방출(radio burst) 등의 여러 가지 활동현상으로 막대한 에너지의 복사선과 입자들이 태양-지구 및 행성간 우주 공간으로 방출되어 지구 주변에는 지자기 교란(geomagnetic disturbance), 양성자 사태(proton event), 고층 대기의 밀도 증가로 인한 위성의 끌림(drag) 현상, 전파 통신장애 현상 등이 나타난다. 특히 21세기 정보 통신 기술의 발달로 인한 정보화 사회를 앞두고 각종 목적으로 발사된 위성들의 환경과 국가 기반 산업인 전자, 전기, 통신 시스템에 심각한 영향을 주고 있으며, 나아가 인류의 생존을 위협하고 있는 이상 기후 현상도 태양 활동과 관계가 있음이 알려 지고 있다. 이렇듯 태양 활동은 지구 주변 환경뿐만 아니라 인간의 생활에 막대한 영향을 미치고 있다.

태양 활동 예보는 크게 세 가지로 나누어지는데 1 - 2일 단위로 X선 폭발과 프로톤 증가를 예보하는 단기 예보, 태양 자전 주기의 반에 상당하는 12 - 15일 단위로 발생하는 플레어와 태양 흑점 수를 예보하는 중기 예보, 11년 태양 주기 단위로 흑점 발생 수를 예측하는 장기 예보가 있다. 장기 예보의 경우 전반적 태양 활동에 대한 평가를 내려, 중, 단기 예보에 도움을 주며, 중, 단기 예보의 경우 실질적인 우주 환경 및 우주 기상에 대한 예보 및 예상을 통한 각종 계획수립에 사용되어질 수 있다. 중, 단기 예보의 경우 국내외 학자들에 의해서도 연구가 되었지만 아직까지 국내의 장기 예보에 관한 논문은 발표되지 않고 있다.

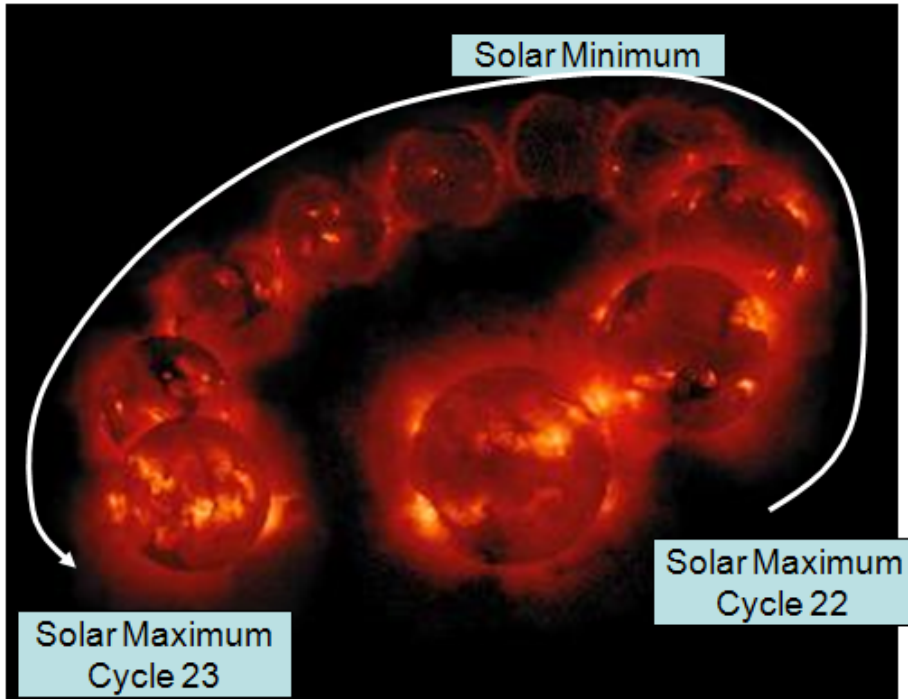


그림 1. 태양활동 주기

태양 활동의 장기 예보는 태양활동 주기예보라 하며 해당 주기의 상대 흑점 수의 최대값과 그 최대값을 갖는 극대기를 결정해야 한다. 태양 주기 예보 방법으로는 세 가지가 있는데, 첫 번째 방법은 연속된 데이터의 파워 스펙트럼을 통한 주기 분석으로 다가오는 주기에 외삽하여 예보하는 방법으로서 태양 주기 자체가 매우 다양한 행동을 보여주고 있기에 이 방법은 많은 한계를 가지는 것으로 나타나 지금은 거의 사용되지 않고 있다. 둘째 방법은 태양 활동의 장기간 경향을 분석하여 다가오는 주기에 외삽하는 장 주기 (Secular Cycle로서 약 80년 주기를 갖는 Gleissberg cycle )분석 방법으로서 1957년 최대치(19주기) 이후 태양 활동의 위축을 예보했으나 주기 21, 22를 포함한 지난 35년은 큰 주기가 계속되었다. 세 번째 방법은 확장 주기의 개념을 사용한 프리커서 방법 (Precursor Method)이다. 확장 주기의 개념은 태양 주기의 시작은

전 주기가 끝나기 전에 시작한다는 것으로서 이 개념을 도입하여 전 주기의 쇠퇴기의 태양 활동에 직·간접적으로 관계되어진 여러 데이터를 이용하여 그 주기 태양 활동을 예보하는 것이 프리커서 방법이다. 이 방법은 현재 대다수 학자들에게 가장 효율적인 예보 방법으로 받아들여지고 있다.

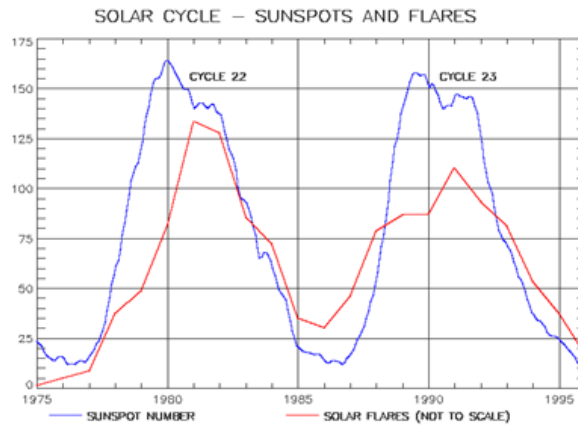


그림 2. 태양흑점-플레어

현재 주기 23의 극대기를 앞둔 상태에서 그동안 많은 학자들이 위와 같은 방법을 사용하여 다양한 결과의 예보를 하였다. Khaled H. Bounar, Edward W. Cliver, Valentin Boriakoff(1997)는 주기 22의 쇠퇴기 마지막 30%의 *aa* 지자기 지수를 이용한 프리커서 방법으로 주기 23의 최대 상대 흑점 수를  $158(\pm 18)$ 로 예보했으며, Schatten, K. et al(1996)은 SODA(Solar Dynamo Amplitude) 지수와 태양 활동의 적도 방향 진행을 고려하여 평균 상대 흑점 수가 2000년 5월 $\pm$ 9개월에  $138(\pm 30)$ 개로 나타날 것이라 예보했다. S. Bravo, G. A. Stewart(1997)는 극 코로나 홀의 크기 변화와 흑점 주기가 태양활동 주기의 약 반 정도의 시간 차이를 가지고 상관관계가 상당히 좋음을 이용하여 주기 23을 2001년 초에 약 190개의 활동성을 보일 것으로 예보하고 있다. Zhang Quiqing(1997)은 주기



상승기 때의 흑점 변화율과 상대 흑점 수를 통계처리 하는 방법으로 주기 23의 최대흑점수를 평균 정도의 활동성인 128개로 예보했으며, Hanslmeier et al(1999)은 통계적인 여러 방법을 조합하여 2000년 초에 160개의 활동성으로 예보했다. 그 밖에 Wilson(1988)은 상대 흑점 수  $175 \pm 40$ , Kopecky(1991)는 1년 평균 흑점 수로 최대 208.3, Makarov & Michailutsa(1992)는 1년 평균 흑점 수로 최대  $210 \pm 10$ , Obridko et al(1992)는 1년 평균 흑점 수로 최대  $200 \pm 25$ , Zhao(1991)는 100개 이상으로 예보했다. 정리하면, 통계적인 방법을 사용한 학자들은 진행 중인 주기 23을 상대 흑점 수 약 100개에서 200까지의 상당히 큰 폭으로 예보하고 있으며 프리커서 방법을 사용한 학자들은 역대 두 번째 정도의 큰 주기로 예보하고 있다.

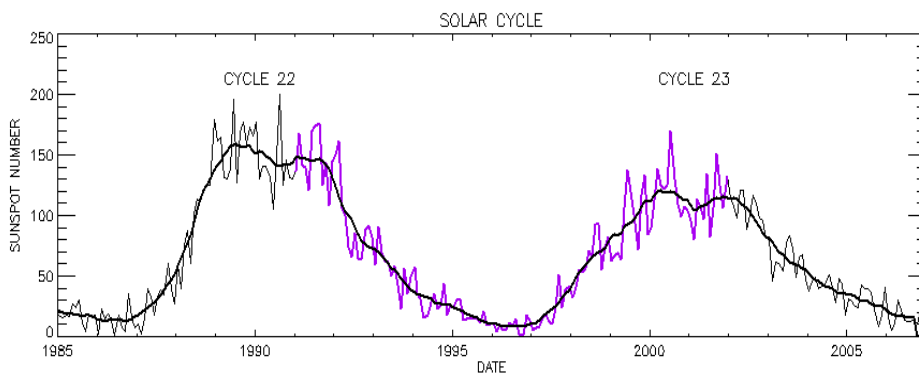


그림 3. 태양활동 제 23주기 예보

본 논문에서는 미 국립 지리자료센터(National Geographical Data Center, NGDC)의 FTP 사이트에서 구한 태양 상대 흑점 수와 흑점 지수 자료 센터(Sunspot Index Data Center, SIDC)의 각 주기 분류자료에 통계적인 방법과 프리커서 방법을 적용하여 현재 진행중인 주기 23의 상승 패턴을 분석하고 23주기의 최대값과 그 시기를 결정하였다. 또한 현재까지 진행된 23주기 상대 흑점 수 변화와 10.7cm 전파 플럭스 변화 데이터를 사용하여 나타난 결과에 대한

고찰을 하였다. 태양의 활동과 통계적 방법을 사용하는 이유를 제공해온 간단한 흑점 관측에 대한 역사적 고찰, 태양 주기 예보에 사용되는 자료와 태양 활동 예보 방법을 소개하였으며, 주기 21과 22에서의 일일 상대 흑점 수를 이용하여 두 주기 속에 숨어있는 1000일 미만의 주기에 대한 분석을 하였으며, 통계적 방법과 프리커서 방법을 이용한 주기 21, 22의 예보를 통한 검증과 주기 23의 예보 결과, 주기 21, 22, 23예보에 대한 결과 분석과 현재까지 진행된 33개월의 주기 23의 데이터와의 비교, 결론 및 분석을 기술하였다.

#### 나. 태양 주기 23의 예보

예외적이었던 주기 19를 제외하면,  $R_{\min}$  과  $R_{\max}$  사이의 상관 계수는  $\gamma = 0.724$  이고 이들 자료를 이용하여 최소자승법으로 구한 상관 함수는 식 (3)과 같다.

$$R_{\max} = 6.93 \times R_{\min} + 67.4 \quad \dots\dots\dots(3)$$

또한  $AD$ 와  $R_{\max}$  의 상관 계수도 주기 19를 제외하면,  $\gamma = -0.789$  로 구해지고 여기서 얻어진 함수는

$$R_{\max} = -2.1 \times AD + 218.4 \quad \dots\dots\dots(4)$$

와 같다. 여기에서 - 부호의 의미는 역관계가 성립한다는 것이다. 위에서 얻어진 함수를 사용하여 주기 23의 태양 활동을 예보할 수 있다. 이미 진행중인 주기 23의 시작점의 최소흑점수가  $R_{\min} = 8.0$ 로 이를 (3)식에 대입하면 최대흑점수 값을  $R_{\max} = 122.8$ 로 구할 수 있고 이  $R_{\max}$  값을 (4)식에 넣어 극대기 도달기간을  $AD = 45.5$  개월로 결정할 수 있다.

마찬가지로 24개월, 33개월 기울기와 최대 상대흑점수 간의 상관 계수는 각각  $r = 0.852$ ,  $r = 0.912$  이며 여기서 얻어진 함수는 각각

$$R_{\max} = 32.3435 \times (24\text{개월 기울기}) + 48.9042 \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$R_{\max} = 30.6534 \times (33\text{개월 기울기}) + 42.685 \quad \dots\dots\dots(6)$$

이며 주기 23의 24개월 기울기, 33개월 기울기는 각각 2.02083, 2.26061이므로 주기 23의 흑점상대수 최대값과 극대기 도달기간은 각각

$$R_{\max} = 114.3, AD = 49.6 \text{ (24개월 기울기)}$$

$$R_{\max} = 120.0, AD = 50.7 \text{ (33개월 기울기)}$$

로 결정되었다.

이상과 같이 최소 상대 흑점 수와 24, 33개월 상대 흑점 수 증가율을 이용한 통계적 방법으로 주기 23의 활동성을 예보한 결과, 그림 7에 나타난 바와 같이 극대기는 2000년 2월 - 7월 사이에 도달되며 그때의 최대 흑점수가 114.3 - 122.8개로 예보되었다.

#### 다. 제 24 태양주기 패넬

- ① NOAA, NASA 및 국제 우주환경서비스(ISES)에 제 24 태양활동주기를 공식적인 예보 결정을 맡고 있는 위원단.
- ② NASA의 지원을 받고 NOAA에 의해 임명된 패넬
- ③ 국제 회원자격
- ④ 투표권을 행사하는 12명의 회원으로 구성
- ⑤ 본 예보 내용을 11표로 가결함.

패넬은 다음의 내용을 예측 발표한다.

임박한 태양활동 극소기

- 제 24주기의 시작점

제 24주기에 예상되는 최대 태양흑점수  
최대 태양흑점수를 보이는 시각

현재 패널의 의견이 일치한 내용은 다음과 같다.

태양활동 극소기(Solar Minimum) :

2008년 3월(± 6개월)

- 제 23 태양활동 주기의 끝점이자 24주기의 시작점
- 제 23 주기의 길이는 11.75년으로 평균주기 11년보다 길.

제 24주기의 태양활동 극대기(Solar Maximum);

- 2011년 10월로 최대 흑점수는 140개(± 20)로 예상  
혹은
- 2012년 8월로 최대 흑점수는 90개(± 10)로 예상
  - \* 태양활동주기의 평균 최대흑점수는 114개
  - \* 다음의 태양활동주기는 극심하지도 평균적이지도 않음.
- 그러나 다음주기의 활동정도가 평균이상일 것이다 혹은 평균이하일 것이다 라는 예측에 대해서는 패널의견이 반반으로 갈렸다.

라. 태양활동 제 24주기의 예측

2008년 이후 적색선은 최대 흑점수 140개인 극대기가 2011년 10월에 오는 예상 주기곡선이고 녹색선은 최대흑점수가 90개로 작고 극대기가 1년 정도 이후인 2012년 8월에 오는 예상주기곡선을 나타낸다.

1) 몇가지 논평

왜 패널의견이 여전히 갈리나

아직 태양활동 극소기에서 다소 떨어져 있기 때문이다.

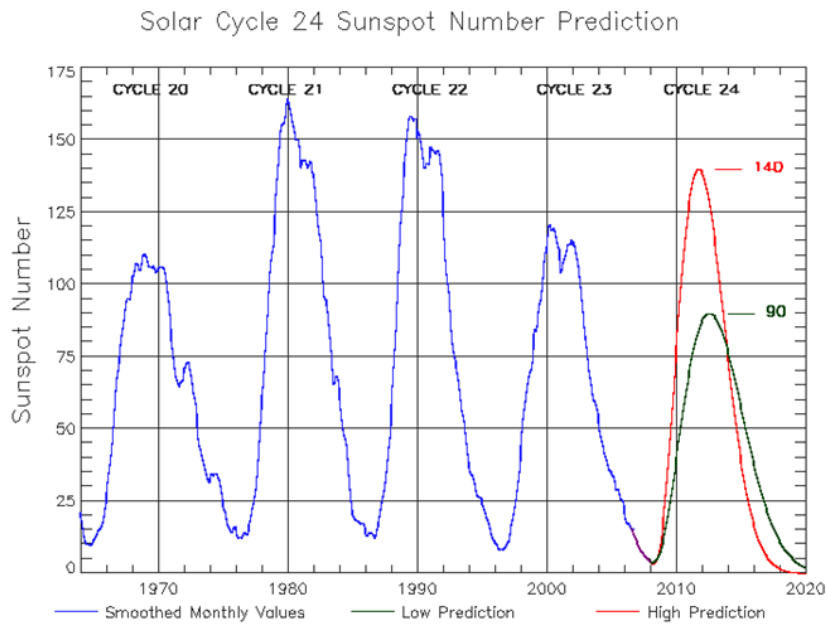


그림 4. 태양활동 제 24주기 예측

극대기의 예상 흑점수가 많고(140개) 적은(90개) 주요 차이가 무엇인가.

- 많은 주기 - 태양주기가 20-30년 장주기로 지속하는 것을 가정
- 미약 주기 - 11년 주기를 가정

아직 할 일은

예상 활동정도가 크다고 예측하는 사람의 사고를 반대로 생각할 수 있게 만드는 요인은

- 태양활동 극소기가 2008년 3월 이후로 지연될 경우
- 활동정도가 미약하다고 예측하는 사람들이 활발할 것이라고 생각을 바꾸게끔 만들 수 있는 요인은
- 2008년 3월 이전에 태양 극지역의 자기장세기가 증가하거나 지자기활동 세기가 증가할 경우

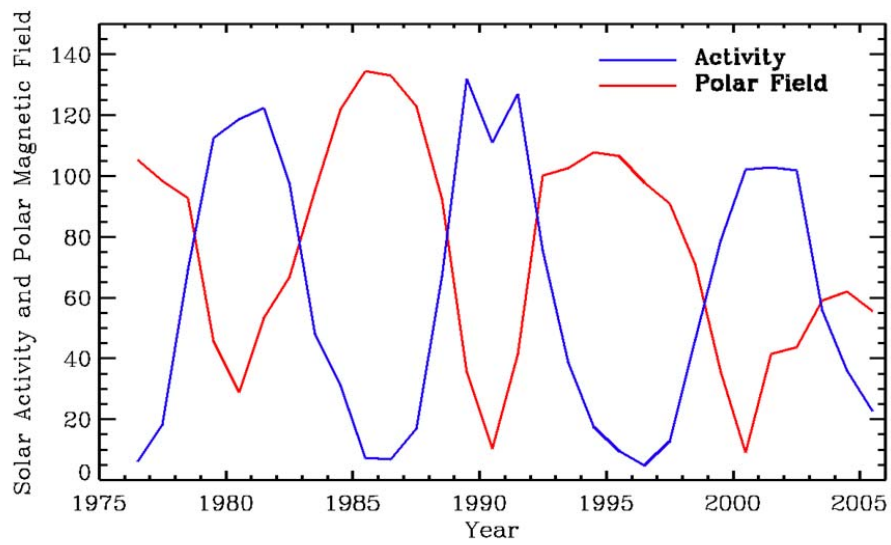


그림 5. 태양활동과 극자기장 세기의 주기적 변화. 태양 극 자기장의 세기는 대체로 태양활동 극소기에 최대를 보인다.

의견의 일치를 본 합의내용은

- 극소기는 2008년 3월경
- 매 3개월 마다 태양활동을 패널이 재평가
- 매년 예측결과를 새롭게 갱신

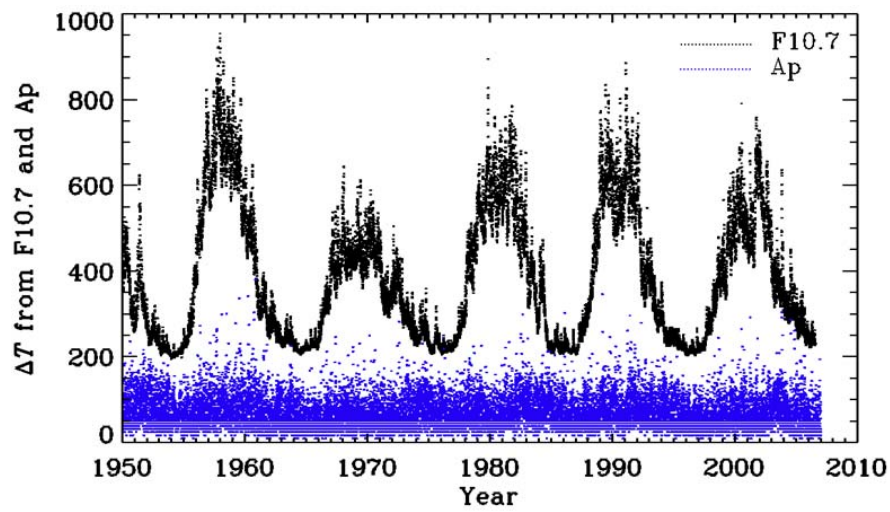


그림 6. F10.7과 Ap지수

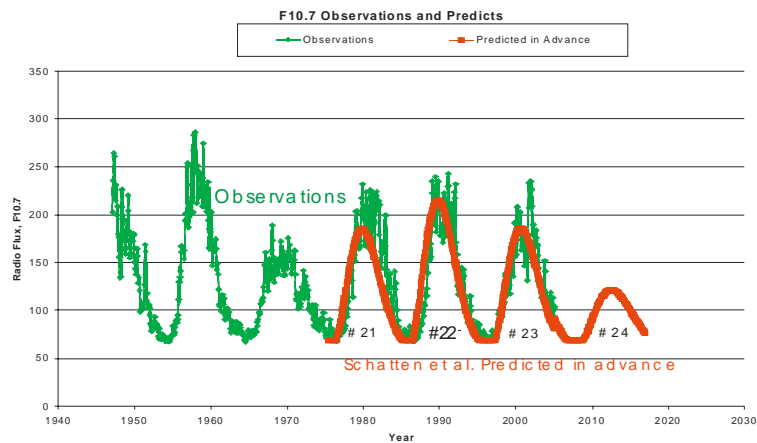


그림 7. 10.7cm 전파플럭스의 주기변화. 그림과 같이 흑점수로 분석한 태양활동 주기와 정확히 일치한다.

## 제 2 절 태양 관측소 리스트 작성

### 1. 태양 상시 감시 체계 구축을 위한 관측소 리스트 작성

관측소 리스트는 전파 관측소, 광한+전파 관측소, 그리고 광학 관측소로 구분하여 작성하였다.

- 부록 A 참조

### 2. 태양 관측 데이터를 근 실시간으로 취득할 수 있는 관측소 리스트 작성

현재 무수히 많은 연구소, 관측소 및 대학들이 지상과 우주에서 우주환경의 변화를 계속적으로 관측하고 있다. 우리나라도 여기에 관측자료를 독자적으로 획득하고 다른 한편으로는 여러 국가나 기관에서 생산한 자료를 유효 적절하게 사용하는 방법을 강구해야 할 것이다. 우주환경예보에 필수적인 실시간대의 관측자료는 ACE위성에서 관측하는 태양풍 정보 등이라 할 수 있다.

각국에서 제공하고 있는 실시간대의 우주천기 관련 관측자료들은 다음과 같은 주용 사이트로 정리하였다.

가. NOAA 산하 우주환경연구소(SWPC) 제공 : ‘오늘의 우주천기’

- Today's Space Weather

<http://www.sec.noaa.gov/today.html>

나. AA산하 우주환경연구소(SWPC) 제공 : ‘ACE 위성

- “현재의 태양풍 자료”



<http://www.sec.noaa.gov/ace/>

라. SOHO 위성의 태양풍 자료

- <http://sohowww.nascom.nasa.gov/>

마. 캐나다의 지질조사소가 운영하는 우주천기자료실

- <http://www.spaceweather.gc.ca/>

### 3. 우주환경에 관련 자료들이 가장 잘 기술된 website 소개

- 미국 텍사스주 Rice 대학교

<http://space.rice.edu/ISTP/>

### 4. 태양 전파 망원경

- OVSA(Owens Valley Solar Array) 태양 전파 배열 망원경

<http://www.ovsa.njit.edu/>

### 5. 우주환경 모델링

- [NSSDC Center for Integrated Space Weather Modeling \(CISM\)](#)
- [Center for Space Environment Modeling \(CSEM\)](#)

## 제 3 장 우주전파환경 예보 체계

### 제 1 절 미국의 우주 기상 예보 센터

(SWPC : Space Weather Prediction Center)

우주기상예보센터(2007년 10월 1일로 SEC가 SWPC로 명칭이 바뀜 - 이하 SWPC로 통칭)는 미국 코로라도주 볼더에 있는 국립해양대기부(NOAA)/국립기상청(NWS) 산하의 연구소이다. 이 연구소는 태양-지구간의 정보를 제공하며 지구환경에 대한 지속적인 감시와 예측을 수행하고 있다. SWPC는 미국내 우주천기에 대한 경계경보와 주의보를 발령하는 공식적인 기구이다. SWPC는 9개의 국립 환경예보센터 중의 하나이며 태양 및 지구에서 발생하는 사건, 사고를 실시간으로 감시하고 예측한다. 또한 태양-지구간의 천문, 우주공간물리학 연구를 선도하고 태양, 지구물리적인 교란을 예측하는 기술을 개발하고 있다. SWPC의 예보센터는 NOAA와 미공군에 의해 공동 운용되고 있으며 우주공간에 있는 사람과 작업 장비에 영향을 미칠 수 있는 장애요소에 대비한 국가적이고 세계적인 정보센터이다. SWPC는 관련 관측자료와 관측결과를 기증하는 다수의 국내외 협력자들과 공동으로 업무를 수행하고 있다.

SWPC의 서비스에 의존하는 관련 기관과 산업 분야는 다음과 같다.

- ① 미국 전력송전망 기반시설
- ② 민간 항공산업
- ③ 교통부(GPS 사용)
- ④ NASA 인간 우주비행 활동(우주 정거장)

- ⑤ 위성발사 및 운용
- ⑥ 미 공군 작전 지원
- ⑦ 민간 및 공공 사용자 (SWPC 웹사이트 접속자수 ~ 50만 이상/1일)

#### 우주천기의 경제적 영향력 :

NASA는 국제 우주정거장에 있는 10억불의 무기방어를 위해 SWPC의 자료에 의존하고 있다. 지난 1994년에서 99년 사이의 우주 자산권 청구액 중 5억불은 우주 천기분야 몫이다.

우주천기서비스의 정밀도 향상으로 GPS의 효율이 1% 증가되면 연간 1억 8천만불 상당의 경제적 가치가 발생된다.

연방 항공부는 각기 급파된 극지 항공편에 대해 단파(HF)통신 감퇴를 고려할 운항관리자를 요구하고 있다. 항공 교통통제 통신이 항공편당 10만불로 산정된 경비와 절충된다면 항공편은 SWPC의 태양복사경보를 기초로 변경될 수 있다. 지난 2001년에는 23일 주기로 25편의 항공기 항로가 전환되었다.

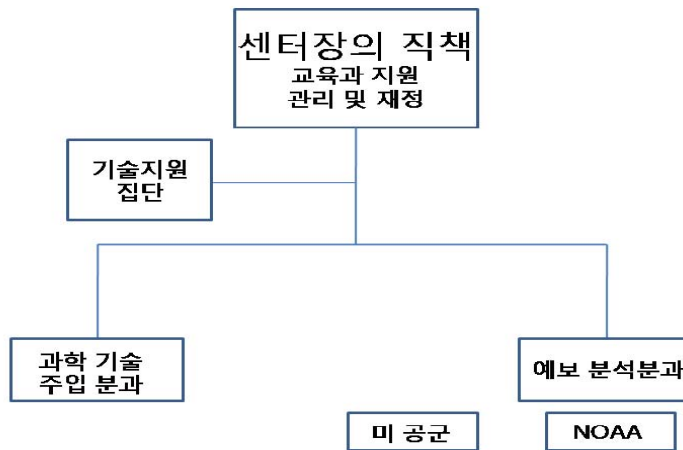
#### 가. 조 직

우주환경 센터는 다음 3개의 분과와 고유의 직무영역을 갖고 있다.

- ① 예보 및 분석 분과
- ② 과학 및 기술주입 분과
- ③ 기술지원 집단

## 1) 예보 및 분석 분과

본 분과는 우주천기 경보 및 주의보 발령하는 국가의 공식 출처이다. 우주천기 예보캐스터와 운영전문가들로 구성된 팀은 하루 24시간, 일주 7일 내내 일하고 지구 우주환경에 대한 감시와 예보업무를 지속적으로 수행하고 있다. 예보센터는 의무 예보캐스터와 의무 운영전문가가 매일 근무한다. 현재의 태양, 태양풍, 지자기—고에너지 입자 및 전파자료를 나타내는 디스플레이 뱅크는 근무 연구자에게 우주환경 상태를 끊임없이 보여준다. 센터의 큰 창은 매일 순회 운영하는 모습을 보여준다.



### (1) 예보캐스터 임무

태양-지구활동의 예보를 처방하기 위해 현재의 자료, 기후학적인 통계 및 관련 연구결과의 통합을 수행한다. 국제우주환경 서비스 (ISES)와 함께 지역 경보센터의 하나로서 과학계와 사용자 단체에게 예보서비스를 제공한다. 또한 세계 경보기관으로서의 특수 역할을 수행하고 자료교환과 예보의 중추적 허브로서 활동한다.

## (2) 운영전문가 임무

NOAA와 다수의 다른 국가나 국제적 공급원으로부터의 위성 및 지상관측자료의 적시성과 완전무결상태를 보장한다. 태양, 지자기 사건자료의 정확성을 확인하고 경고 및 주의보를 발령한다. 여러 유형의 예보를 제시하여 사용자에게 선택의 다양성을 제공한다. 방송국 WWV, WWVH를 통해 지구 경보방송의 위급한 업데이트 공고를 지속한다.

## 2) 과학 및 기술주입 분과

본 분과는 태양표면에서부터 태양-지구간의 자기-이온권역을 거쳐 지구대기 끝에 이르는 지역을 지배하는 기본 물리과정의 이해에 역점을 두고 있다. 이들 과정은 기후학과 지자기, 이온층, 위성궤도상의 전하분포, 고위도의 대기 밀도 등의 변화를 보면 아주 명백하다. 이 분과의 연구는 우주천기 제공서비스의 개선에 고급응용 기술 개발이 가능하고 원형화될 수 있는 영역에 집중되어 있다. 그것에 의해 국가가 우주 및 지상의 기술 체제와 우주상의 인간 활동이 종종 위험에 노출될 수 있는 상태를 주의 또는 경고할 수 있다.

### (1) 태양지구 모델 및 이론

지구우주환경 연구에 헌신하고 본 연구를 우주천기운용에 적용하는데 전력을 다한다. 직원들은 태양물리에서 지구 고층대기에 이르는 분야의 전문기술을 갖고 있고 연구 공동체를 통한 밀접한 상호 협력을 유지한다.

## (2) 태양 지구 기기 및 자료

우주환경 자료가 효과적이고 적시적인 방식으로 처리, 확인, 해석, 보급되는 것을 보장한다. NOAA의 정지 위성, 극지 위성, 태양풍 위성을 포함한 다양한 위성에서 오는 자료 작업을 위해서 분석 도구를 개발한다. 연구자는 예보분석 분과를 지원할 새로운 자료공급처와 개선된 감시체계를 탐구 조사한다.

## (3) 자료 및 정보에 대한 책무

### ① 위성

- 미국의 정지 및 극지 환경위성으로 취득되어 널리 사용되는 우주환경자료에 대한 무한책임제
- 요구사항, 알고리즘 및 제품개발, 자료 및 기기의 유효성 포함
- 지상의 우주천기폭풍 발생을 사용자에게 경고하는 NASA ACE 위성의 실시간 태양풍 자료 포함.
- 우주천기 운영을 위한 새로운 국내외 관측 역량을 시험하고 평가하는 프로그램에 참여

### ② 쾌속 표준센터

- 연구 개발 모드에서 운용모드에 이르는 동적 우주환경모델 전용의 시험대 설비.
- 운용, 융합 및 수치모델 사용을 위한 자료 세트의 조립 포함.

### ③ 공동 과학프로그램

SWPC의 과학자들은 공동연구, 모델개발, 관측능력 및 국내외 위원회 참가 등 폭 넓은 과학 공동체에 적극 관련되어 있다.

#### ④ 출판물

SWPC의 연구자들은 기술 및 과학적 주제에 대해 다수의 심사저널과 정부간행물에 논문을 출판한다.

### 3) 기술지원 집단

SWPC의 IT 체계와 산업기반은 매일 예보센터를 운영하고 고객에게 성과물 전달하며 진전하는 신과학과 기술을 SWPC 생산물과 자료체계로 녹여낸 혼합물을 지원하는 센터의 임무에 빠뜨릴 수 없는 것이다. 기술지원 집단(이하 TSG로 통칭)은 이 구조와 하부기반의 종합관리와 개발 및 유지에 책임이 있다. TSG 직원은 SWPC의 모든 소프트웨어와 장비에 대한 IT기능을 수행하는 시스템 관리자, 기술자 및 소프트웨어 개발자를 포함한다. SWPC 임무의 중요성으로 인해 TSG는 하루 24시간, 일주 7일 기반의 작업을 담당하는 호출직원을 유지한다. 더욱이 TSG직원은 NOAA의 지구물리자료센터(NGDC)에 자료파일의 보관은 물론 정기적인 자료의 백업을 수행한다.

#### (1) TSG 의 직무

TSG 직원과 SWPC의 IT 기반은 우주천기 자료와 제품, 정보에 대해 실시간의 자료취득에서 분배에 걸친 완벽한 순환 사이클을 지원한다. TSG와 IT시스템이 지원하는 주요 자료체계기능은 다음과 같다.

- ① 취득 / 수집
- ② 처리
- ③ 제품생산
- ④ 분석
- ⑤ 저장
- ⑥ 전시
- ⑦ 보급
- ⑧ 상태 감시 및 보고
- ⑨ 백업

TSG 요원은 시스템 교환과 인터페이스 개선을 위해 자료, 제품  
제공자 및 SWPC 고객들과 정기적으로 상호 접촉한다.

TSG 요원은 예보 분석 분과 및 과학 기술 주입분과와 예보센터의  
도구, 제품, 서비스를 개선하기 위해 정기적으로 협력한다.

TSG는 SWPC의 IT시스템에 적합한 입증 기술과 방법론을 선택하  
기 위해 비교평가, 표준모델 및 시장분석 방법을 활용한다.

## (2) 교육, 다가감, 전달

비록 소수의 연구자들이 일일 체제의 이 분야에 관련되어 있지만  
환경교육과 고객지원 문제에 역점을 둔 많은 활동은 SWPC에 의해  
수행되는 작업을 생생하게 가시화 시킨다.

Space Weather Week는 고객, 정부, 연구 및 상업분야 사람들을  
참석케하는 연례회의를 말한다. 이 회의는 우주천기 기획으로 잘  
알려져 있고 지극히 잘 운영되고 있다. SWPC은 회의 참석과 우수  
정보를 안내할 수 있다.

사용자의 대부분이 그들의 질문에 응답하는 SWPC 웹사이트를 극  
심히 사용하는 동안에 SWPC의 연구자는 수많은 전화 문의에 응답



하고 매주 이메일을 교환한다. 태양활동이 심한 기간 동안에는 문의나 이메일 교환량이 극적으로 증가한다. 매스컴은 이 우주천기 폭풍기간 동안 모든 형태의 뉴스나 과학단체와 광범위한 접촉을 요구한다. 교실의 교사와 일반인이 사용할 자료는 때때로 공식 교사 훈련과정에 맞추어 개발되고 배포된다. 이 자료들은 가정교육, 지도 및 모든 수준의 공무원을 위한 우주천기 입문서로 사용된다. SWPC는 NOAA의 교육평의회 목표와 임무에 관계하였다. 과학교사 연합 및 미국 기상학회와 같은 협의회를 지원하고 있다.

## 나. SWPC 제공 서비스

### 1. 홈

#### (1) 현재의 우주천기

- ① 최신의 태양상
- ② NOAA의 활동 눈금자(1-5단계)
  - ① 지자기 폭풍
  - ② 태양복사 폭풍
  - ③ 전파 통신두절
- ③ 위성 환경도
- ④ GOES 태양 X선 플럭스

### 2. 메 뉴

#### (1) 우주천기 토픽 topic

- ① 위성 디스플레이
  - i) ACE 위성 실시간 태양풍자료
  - ii) GOES X선, 입자, 마그네토미터

- iii) GOES 태양 X선 영상기
- iv) POES 오로라맵
- v) POES 고에너지 입자.

② 대중 웹페이지

- i) 지금의 우주날씨 Space Weather Now
- ii) 오늘의 우주날씨 Today's Space Weather
- iii) 우주천기 자료 및 제품
  - 경보, 예보,
  - 보고서/ 요약문
  - 우주천기 모델
  - 태양, 지자기 지수
  - 기기 측정치
  - ACE위성 실시간 태양풍자료
  - GOES위성 자료
  - POES위성 자료

다. 경고 발생(Alert) 분류

1). 지구물리 경고발생

NOAA 스케일은 경고발생시 크게 다섯 단계로 나뉜다.

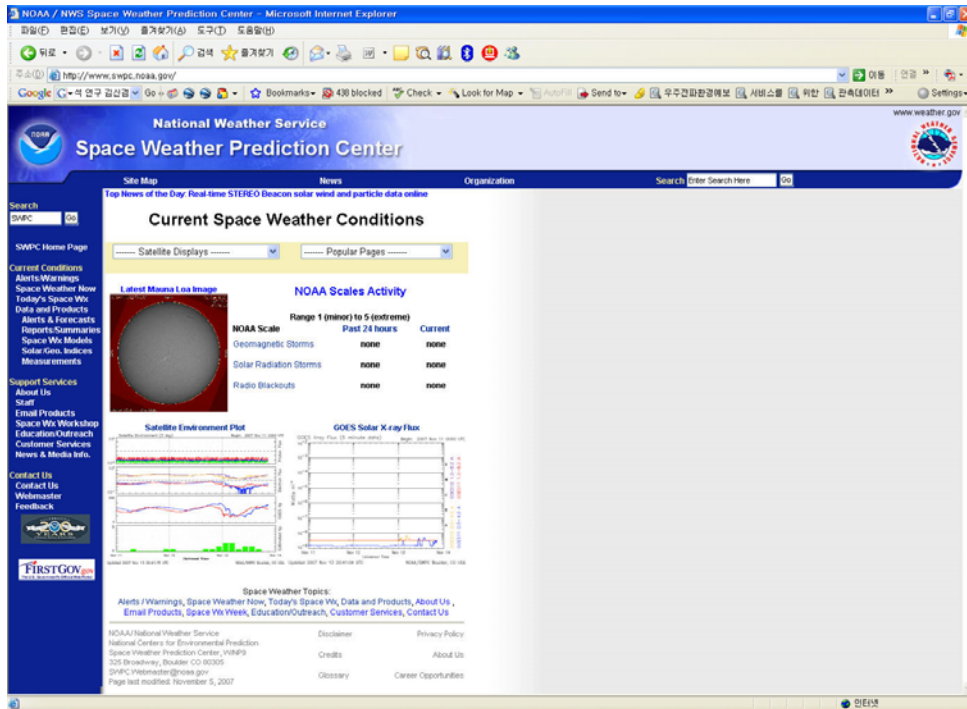


그림 8. SWPC 홈페이지

표 1. NOAA 스케일

NOAA 우주환경 스케일			
지자기 폭풍	태양 복사풍	전파 소실	분류
G5	S5	R5	Extreme
G4	S4	R4	Severe
G3	S3	R3	Strong
G2	S2	R2	Moderate
G1	S1	R1	Minor

## 2) 지자기 폭풍 레벨 및 태양 복사풍 레벨

지자기 폭풍 레벨은 지상의 자력계로 측정한 3시간 행성의 K 인덱스에 의해 결정되고, 태양 복사풍 레벨은 GOES 위성의 양성자

플럭스 측정으로 결정한다.

표 2. 지자기 폭풍과 태양 복사풍 레벨

지자기 폭풍 레벨		태양 복사풍 레벨	
3시간 행성 K 인덱스	지자기 폭풍 레벨	플럭스 레벨 >10 MeV 입자	태양 복사풍 레벨
K = 5	G1	10	S1
K = 6	G2	$10^2$	S2
K = 7	G3	$10^3$	S3
K = 8	G4	$10^4$	S4
K = 9	G5	$10^5$	S5

### 3) 전파 소실

GOES 위성 측정된 X-ray 레벨에 의해 결정된다.

표 3. 전파 소실

전파 소실	
X-ray 레벨과 플럭스 최고치	전파 소실 레벨
M1 and ( $10^{-5}$ )	R1
M5 and ( $5 \times 10^{-5}$ )	R2
X1 and ( $10^{-4}$ )	R3
X10 and ( $10^{-3}$ )	R4
X20 and ( $2 \times 10^{-3}$ )	R5

#### 4) SWPC의 우주환경 메시지 코드

SWPC의 경고 메시지에는 각각의 이벤트 내용에 대해 우주환경 메시지 코드를 포함하게 된다.

표 4. SWPC 경고메세지 코드

코드	WMO ID*	주의, 경고, 경고발생, 메시지 요약 명	NOAA 스케일	경고 확대 경고발생 계속
X-ray 플럭스 경고 및 이벤트 요약				
ALTXMF	WOXX01	ALERT: X-ray 플럭스 M5 초과	R2	
SUMXM5	WOXX01	요약 : X-ray 이벤트 M5 초과	R2	
SUMX01	WOXX02	요약 : X-ray 이벤트 X1 초과	R3	
SUMX10	WOXX02	요약 : X-ray 이벤트 X10 초과	R4	
SUMX20	WOXX02	요약 : X-ray 이벤트 X20 초과	R5	
Radio Burst Summaries				
ALTTP2	WOXX04	경고발생 : Type II 전파 방출		
ALTTP4	WOXX04	경고발생 : Type IV 전파 방출		
SUM10R	WOXX03	요약 : 10cm 전파 폭발		
지자기 경고, 경고발생, 및 주의				
WARSUD	WOXX10	경고 : 지자기 급격 충격 예기		
SUMSUD	WOXX10	요약 : 지자기 급격 충격		
WARK04	WOXX13	경고 : 지자기 K 인덱스 4 예기	G1	경고 확대
WARK05	WOXX11	경고 : 지자기 K 인덱스 5 예기	G2	경고 확대
WARK06	WOXX12	경고 : 지자기 K 인덱스 6 예기	G3 or greater	경고 확대
WARK07	WOXX14	경고 : 지자기 K 인덱스 7, 8, 9 예기		경고 확대
ALTK04	WOXX13	경고발생 : 지자기 K 인덱스 4		
ALTK05	WOXX11	경고발생 : 지자기 K 인덱스 5	G1	
ALTK06	WOXX12	경고발생 : 지자기 K 인덱스 6	G2	
ALTK07	WOXX14	경고발생 : 지자기 K 인덱스 7	G3	
ALTK08	WOXX15	경고발생 : 지자기 K 인덱스 8	G4	
ALTK09	WOXX16	경고발생 : 지자기 K 인덱스 9	G5	
WATA20	WOXX20	주의 : 지자기 A 인덱스 20 또는 그 이상 예측		
WATA30	WOXX21	주의 : 지자기 A 인덱스 30 또는 그 이상 예측		
WATA50	WOXX22	주의 : 지자기 A 인덱스 50 또는 그 이상 예측		
WATA99	WOXX23	주의 : 지자기 A 인덱스 100 또는 그 이상 예측		
전자 플럭스 경고발생				
ALTEF3	WOXX30	경고발생 : 전자 2MeV 집적 플럭스 1000pfu 초과		

양성자 플럭스 경고, 이벤트 경고발생, 이벤트 요약				
WARPX1	WOXX32	경고 : 양성자 10MeV 집적 플럭스 10pfu 초과 예기	S1 to S5	경고 확대
ALTPX1	WOXX32	경고발생 : 양성자 이벤트 10MeV 집적 플럭스 10pfu 초과	S1	경고발생 유지
ALTPX2	WOXX32	경고발생 : 양성자 이벤트 10MeV 집적 플럭스 100pfu 초과	S2	경고발생 유지
ALTPX3	WOXX32	경고발생 : 양성자 이벤트 10MeV 집적 플럭스 1000pfu 초과	S3	경고발생 유지
ALTPX4	WOXX32	경고발생 : 양성자 이벤트 10MeV 집적 플럭스 10000pfu 초과	S4	경고발생 유지
ALTPX5	WOXX32	경고발생 : 양성자 이벤트 10MeV 집적 플럭스 100000pfu 초과	S5	경고발생 유지
SUMPX1	WOXX32	요약 : 양성자 이벤트 10MeV 집적 플럭스 10pfu 초과	S1	
SUMPX2	WOXX32	요약 : 양성자 이벤트 10MeV 집적 플럭스 100pfu 초과	S2	
SUMPX3	WOXX32	요약 : 양성자 이벤트 10MeV 집적 플럭스 1000pfu 초과	S3	
SUMPX4	WOXX32	요약 : 양성자 이벤트 10MeV 집적 플럭스 10000pfu 초과	S4	
SUMPX5	WOXX32	요약 : 양성자 이벤트 10MeV 집적 플럭스 100000pfu 초과	S5	
WARPC0	WOXX31	경고 : 양성자 100MeV 집적 플럭스 1pfu 초과 예기		경고 확대
ALTPC0	WOXX31	경고발생 : 양성자 이벤트 100MeV 집적 플럭스 1pfu 초과		경고발생 유지
SUMPC0	WOXX31	요약 : 양성자 이벤트 100MeV 집적 플럭스 1pfu 초과		

\* WMO ID - WMO header identifiers appear on messages from NWWS Systems (National Weather Wire Service), but not on SWPC messages.

## 5) 우주환경 경고 체계 및 빈도

태양의 폭발성활동에 따른 지자기 폭풍, 태양 복사풍 그리고 전파 소실에 대한 경고체계, 예상피해 사례 그리고 11년주기로 발생했던 빈도수를 조사하였다. 이러한 경고체계는 크게 EXTREME, STRONG, SEVERE, MODERATE, 그리고 MINOR로 구분되어진다.

표 5. 경고 분류 및 발생빈도

분류	기호	분류 기준	영향대상	예상되는 장애	발생빈도 (11년)
EXTREME	R5	X20 이상	통신/항법	<ul style="list-style-type: none"> <li>수 시간동안 일조지역에서의 HF 통신 완전 두절</li> <li>수 시간동안 해상, 비행용 LF 항법 신호 두절</li> <li>위성 항법 위치 에러 증가</li> </ul>	1회
	S5	10 <sup>5</sup> Mev이상	통신/항법	<ul style="list-style-type: none"> <li>항법위치 에러로 항법 운용에 큰 장애</li> <li>극지역에서의 HF 통신 불가</li> </ul>	3회
			위성	<ul style="list-style-type: none"> <li>일부 위성 손실, 위성체 메모리 고장</li> <li>위성 영상에 심각한 노이즈 발생</li> <li>태양전지판의 영구적인 손상</li> </ul>	
	G5	Kp=9	통신/항법	<ul style="list-style-type: none"> <li>1-2일간 다수 지역에서의 HF 전파 불가</li> <li>수일간 위성 항법상태 저하</li> <li>수시간 LF 항법 통신 두절</li> </ul>	4회
			위성	<ul style="list-style-type: none"> <li>광범위한 위성체 표면 대전</li> <li>위성회전, 상하향 텅크장애, 위성 통제 장애</li> </ul>	
SEVERE	R4	X10이상	통신/항법	<ul style="list-style-type: none"> <li>대부분의 일조지역에서의 1-2시간 HF 통신두절</li> <li>1-2시간 LF 항법 신호 오차 발생</li> <li>위성 항법에 약간의 이상발생</li> </ul>	8회
	S4	10 <sup>4</sup> Mev이상	통신/항법	<ul style="list-style-type: none"> <li>수일간 항법오차 발생증가</li> <li>극지역 통과 HF 통신 불가</li> </ul>	3회
			위성	<ul style="list-style-type: none"> <li>기억소자 문제발생</li> <li>위성 촬영 이미지 노이즈 발생</li> <li>태양전지 패널 운용 효율 감소</li> </ul>	
	G4	Kp=8-9	통신/항법	<ul style="list-style-type: none"> <li>수 시간 동안 HF의 산발적인 장애</li> <li>위성항법 이상</li> <li>LF 전파 항법 두절</li> </ul>	100회
			위성	<ul style="list-style-type: none"> <li>위성체 표면 대전 및 위성 위치 추적 장애 발생</li> </ul>	
STRONG	R3	X1이상	통신/항법	<ul style="list-style-type: none"> <li>일부지역에서 HF 통신 두절</li> <li>1시간정도 LF 항법 신호 감쇄</li> </ul>	175회
	S3	10 <sup>3</sup> Mev이상	통신/항법	<ul style="list-style-type: none"> <li>수일간 간헐적인 항법에러 발생</li> <li>극 지역을 통과하는 HF 통신 감쇄</li> </ul>	10회
			위성	<ul style="list-style-type: none"> <li>single event upset, 위성영상 노이즈 발생</li> <li>태양전지 효율 감소</li> </ul>	
	G3	Kp=7	통신/항법	<ul style="list-style-type: none"> <li>간헐적인 위성 항법 이상발생</li> <li>간헐적인 LF 항법신호 및 HF 통신이상</li> </ul>	200회
			위성	<ul style="list-style-type: none"> <li>위성체 표면 대전 가능성 대두</li> <li>위성 공기저항(drag)으로 저궤도위성 고도 조절 필요</li> </ul>	
MODERATE	R2	M5이상	통신/항법	<ul style="list-style-type: none"> <li>일부지역 HF 통신 두절</li> <li>수 십분 정도 LF 항법 신호 감쇄</li> </ul>	350회
	S2	10 <sup>2</sup> Mev이상	통신/항법	<ul style="list-style-type: none"> <li>극지역 통과 HF 통신과 항법에 약간의 영향 가능성</li> </ul>	25회
			위성	<ul style="list-style-type: none"> <li>드물게 single event upset 발생 가능성</li> </ul>	
	G2	Kp=6	통신/항법	<ul style="list-style-type: none"> <li>고위도 지역에서 HF 전파 신호 감쇄 가능성</li> </ul>	660회
			위성	<ul style="list-style-type: none"> <li>위성 궤도 보정 필요 가능성</li> <li>대기저항 증대로 위성 궤도 예측 곤란 가능성</li> </ul>	
MINOR	R1	M1이상	통신/항법	<ul style="list-style-type: none"> <li>순간적 LF 항법신호감쇄발생</li> <li>일시적인 HF 통신 감도 저하</li> </ul>	2000회
	S1	10Mev이상	통신/항법	<ul style="list-style-type: none"> <li>극지방 HF 통신에 미세한 영향</li> </ul>	50회
			위성	<ul style="list-style-type: none"> <li>영향없음</li> </ul>	
	G1	Kp=5	통신/항법	<ul style="list-style-type: none"> <li>영향없음</li> </ul>	1700회
			위성	<ul style="list-style-type: none"> <li>위성운용에 사소한 문제 발생 가능성</li> </ul>	

## 6) 지자기 K 인덱스

지자기 K 인덱스는 한시간에 15분씩 4번에 걸쳐 업데이트를 하고 있다. 지자기 데이터는 중위도에 위치한 볼더, 콜로라도와 Fredericksburg, 버지니아, 그리고 고위도에 위치한 알래스카에서의 관측 데이터를 결합하여 K 인덱스를 결정하고 있다.

- K 인덱스 Warnings : 볼더 K 인덱스가 4, 5, 6, 그리고 7 또는 그 이상의 값이 기대될 때 Warning 보고됨.
- K 인덱스 Alerts : 볼더 K 인덱스가 3시간의 주기로 4, 5, 6, 7, 8, 또는 9의 값에 이르렀을 때 Alert 보고됨.

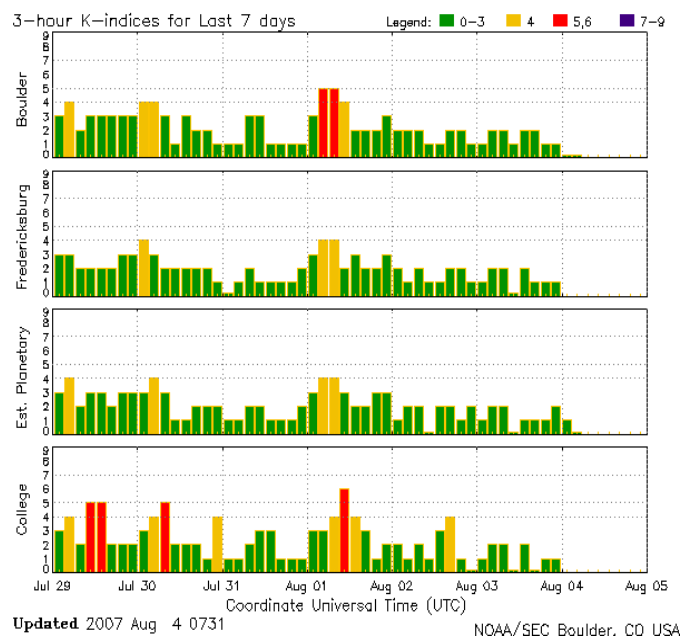


그림 9. 7일 동안 3시간 K 인덱스



## 7) 지자기 A 인덱스

지자기 A 인덱스는 한시간에 15분씩 4번에 걸쳐 업데이트를 하고 있다. 지자기 데이터는 중위도에 위치한 볼더, 콜로라도와 Fredericksburg, 버지니아, 그리고 고위도에 위치한 알래스카에서의 관측 데이터를 결합하여 A 인덱스를 결정하고 있다.

A 인덱스 Watchs : Fredericksburg, 버지니아(중위도)에서 관측된 A 인덱스값이 20, 30, 50, 또는 100이 예상될 때 보고됨.

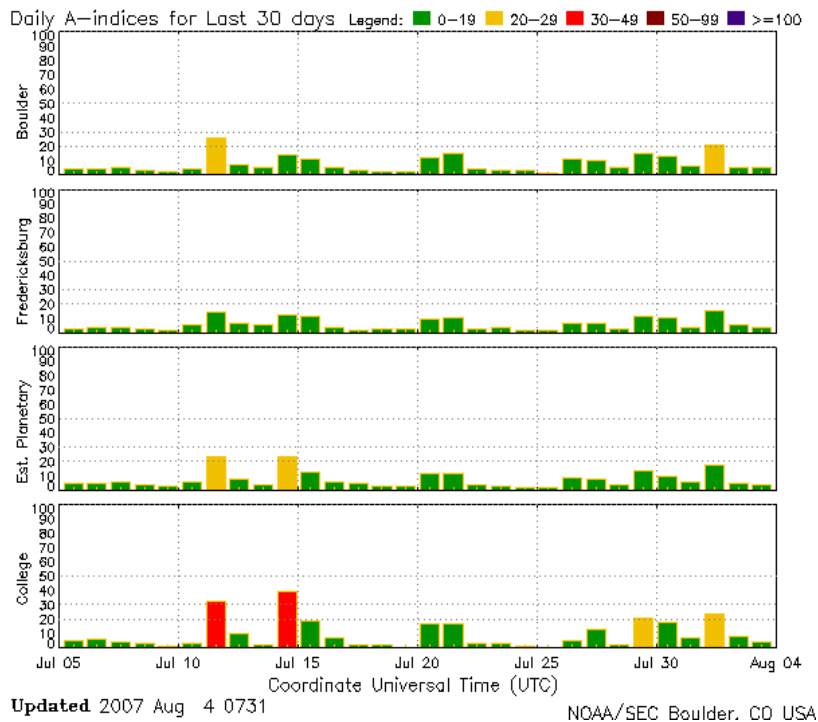


그림 10. 지자기 A 인덱스

## 8) D 층 흡수 예보

- 이온층의 D 층(50-90 km 고도)

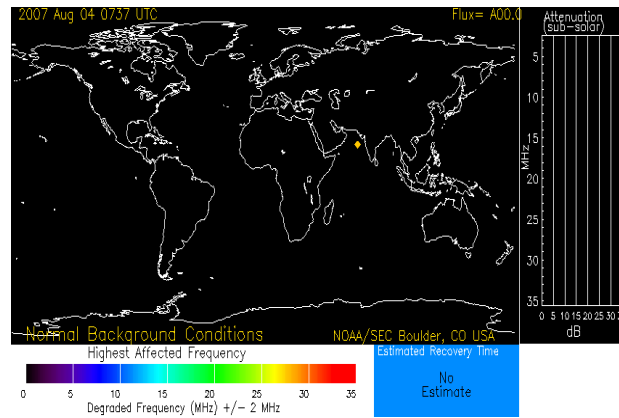


그림 11. D층 흡수 예보

## 9) GOES 자력계

매분마다 자동으로 업데이트 된다.

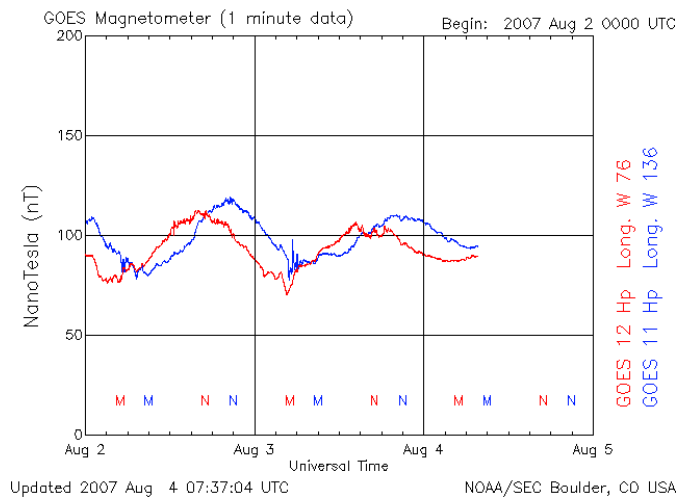


그림 12. GOES 자력계 데이터

## 10) GOES 전자 > 2 MeV 집적 플럭스

GOES 11과 GOES 12 위성의 전자 집적플럭스 값이 0.6MeV와 2MeV와 같거나 큰 경우 5분마다 자동 업데이트 된다.

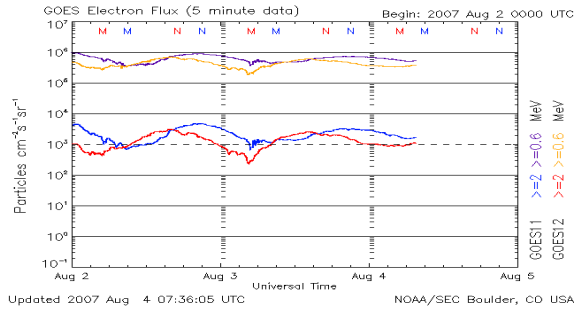


그림 13 GOES 전자 플럭스

## 11) GOES 양성자 >10 MeV, 100 MeV 집적 플럭스

양성자 플럭스는 GOES-11 위성에서 10, 50, 그리고 100MeV 이상의 에너지 경계값을 5분마다 평균 집적 양성자플럭스를 포함하고 있다. 큰 입자 플럭스는 위성의 SEUs(single event upsets)과 연관 있다.

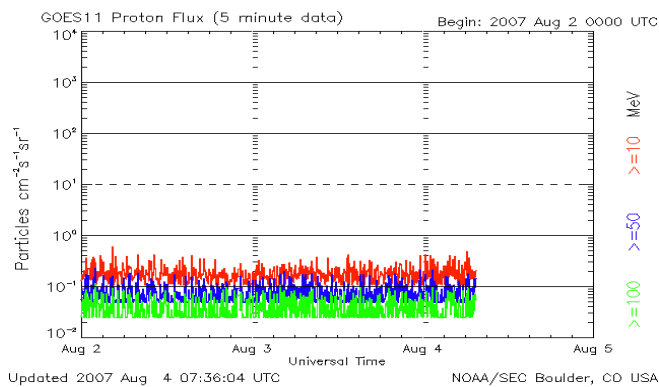


그림 14 GOES-11 위성에서 측정된 양성자 플럭스

## 제 2 절 일본 정보통신연구기구(NICT)

일본의 정보통신연구기구는 2004년 4월 구 <통신총합연구소>와 구 <통신방송기구>가 통합하여 독립행정법인 정보통신기구(NICT)로 발족하였다. 이 연구소는 우리나라의 전파연구소(RRL)에 상응하는 정부기관이다. 우리나라 전파연구소의 고유 업무인 우주 전파환경 분야를 특성화시키기 위해서는 앞으로 보다 긴밀한 접촉과 협력 관계를 맺어야 할 필요가 있는 기관 중의 하나이다.

본 연구에서는 그곳의 연구조직과 담당연구업무에 대해 기술하였다.

### 1. 조 직

#### 가. 제1연구부문

- 1) 신세대 네트워크 연구센터
- 2) 신세대 와이어레스 연구센터
- 3) 미래 ICT 연구센터

#### 나. 제2연구부문

- 1) 지식창성 커뮤니케이션 연구센터
- 2) 유니버설 미디어 연구센터

#### 다. 제3연구부문

- 1) 정보통신 시큐리티 연구센터  
추진실

인시던트 대책 그룹  
트레이서블 네트워크 그룹  
시큐리티 기반그룹  
방재, 감재 기반기술 그룹

2) 전자파 계측연구센터

추진실  
전파계측 그룹  
환경정보 센싱 네트워크 그룹  
우주환경 계측 그룹  
EMC 그룹

라. 연휴연구부문  
마. 연구추진부문  
바. 기반기술연구촉진부문  
사. 정보통신진흥부문

## 2. 연구 사업

본 연구과제와 관련된 제 3연구 부문의 우주환경 계측그룹의 연구사업을 소개하면 다음과 같다.

가. 전파 이용 피해 연구사업



그림 15. 전파 전달

지구를 둘러싼 전리권은 다음그림에 나타나 있는 바와 같이 방송 통신 전파의 전달에 큰 영향을 미쳐 GPS 위치 측정 정밀도를 악화 시키기도 하며 우리의 일상생활에 밀접히 관련되어 있다.

전파 전달 장애연구사업 팀은 전리권 난동 감시체계를 구축하고 전 리권 관측자료나 전리권폭풍 조기경계 등의 정보제공을 목적으로 하여 다음과 같은 연구업무를 수행하고 있다.

국내의 전리층관측, 자료제공업무

남극 쇼와기지에 대한 전리층관측

동남아시아지역에 대한 전리층 난동감시체계 구축

세계각국의 전리층자료의 관리 제공

전리층 난동발생 예측을 목적으로 한 연구개발

표 6. 전파 전달 장애연구프로젝트 구성원

직책	이름	E 메일 (#####@nict.go.jp)	전화번호 (042-327-#####)
연구 매니저	石井 守	mishii	7540
주임연구원	加藤 久雄	hisa	6656
	久保田 実	mkubota	5378
	野崎 憲朗	nozaki	6886
전공연구원	斉藤 亨	susaito	6584
	陣 英克	jin	6564
계약기술원	安藤 嘉章	ando	7532
	梅津 正道	umetsu	6911
	長浜 則夫	nagahaman	6898
	川村 眞文	kawamura	6495
파견 등	中村 眞帆	maho	6943
	永原 政人	nagahara	6588
	馬場崎 伊津子	babasaki	6956
	福島 公子	fukushima	6587
	山崎 一郎	ichi	5444

## 나. 우주환경 계측 예측 연구사업

### 1) 우주천기예보회의

매일 오후 2시 30분에 우주천기예보회의를 열어 우주환경변화에 대한 예보업무를 수행한다. 예보는 전화서비스(042-321-4949)나 네트워크 등을 통해 일반에 공개되고 있다.

예보센터에는 위성과 지상관측으로 취득되는 자료를 거의 실시간으로 모니터하고 있다.

#### ① 우주천기 시험대

우주천기는 지상의 날씨 정도 친근감이 없지만 엄격한 우주환경은 방송 통신용 위성에 장애를 일으키고 사회생활에 영향을 미친다. 이곳에서는 매일 거의 실시간으로 전송되어오는 위성이나 세계 각지의 관측자료에 접해가며 우주환경변동의 규명과 그 예측을 위한 연구를 수행하고 있다. 정성적인 예보로부터 경험모델이나 수치

모델을 이용한 정량적인 예보를 목표로 연구하고 있다.

## ② 글로벌 지구관측 네트워크

지구는 커다란 자석으로 되어 있는 천체의 하나이다. 지구 자기장은 태양에서 부는 플라즈마의 바람인 태양풍과의 상호작용에 의해 변형되어 지구자기권을 형성하고 있다. 자기권 중에는 태양풍과의 상호작용으로 플라즈마 대류운동이 발생하여 다양한 전류가 흐르고 있다. 태양으로부터의 고속태양풍이나 CME(코로나 방출물질) 현상이 지구에 도달하면 지자기 폭풍과 같은 난동현상이 발생하여 전류계가 발달하고 그 영향이 지자기 변동으로 관측된다. 즉 지자기변동을 관측하는 것으로 난동현상을 동반하는 자자기권내의 전류계 변동을 모니터하고 분석할 수 있다. 자기권내의 총체적인 전류계를 모니터하기 위해서는 지자기를 한 지역에서 관측하는 것만으로는 불충분하여 그 관측 망을 지구전체로 확장할 필요가 있다. 본 그룹은 독자적으로 개발한 실시간 자료수집 장치를 장착한 지자기 관측망을 전개하는 것과 동시에 국제적인 협력체제에 기초한 지자기자료의 실시간 수집을 수행하고 있다. 더욱이 수집한 지자기자료를 이용하여 지자기 난동현상을 상세히 해석하고 전리층전류나 에너지 유입변동을 추정하는 등 지자기자료의 고도 이용에 관한 연구를 수행하고 있다.

## ③ ACE 태양풍자료의 실시간 수신

지구는 우주에 떠있는 작은 섬과 같다. 이 섬엔 태양에서 부는 바람과 파동이 밀려오고 있다. 때로는 엄청난 파도가 오기도 있다. 온다면 지구 근방의 우주환경을 교란하여 지구에는 자기폭풍이 발생하고 오로라가 빛나기도 한다. 이때 인공위성의 부품이 고장나고 자세가 변하기도 하며 곤혹을 치른다. 사전에 이를 예측할 수 있



다면 이에 충분히 대비할 수 있을 것이다. 여기에서 우리는 장보통신연구기구(NICT)와 미국의 해양대기청(NOAA)의 우주환경예보센터(SWPC)등과의 국제협력사업으로서 실시간으로 ACE위성이 관측하는 태양풍자료를 수신하는 시스템을 구축하였다. ACE위성은 미국 항공우주국(NASA)가 1997년 8월 25일 발사한 것이다. ACE위성은 태양과 지구의 인력이 같아지는 라그랑주(L1)점 근처에서 태양풍을 관측하고 있다. 이 라그랑주점을 통과한 태양풍은 약 1시간 후에 지구에 도달하기 때문에 ACE위성은 태양풍의 파도를 지구에 밀려오기 약 1시간 전에 볼 수 있다.

본 연구소는 실시간의 ACE위성의 태양풍자료수신 시스템을 구축함과 아울러 태양풍의 변화로부터 우주환경변화를 예보하는 우주천기예보 연구를 진행하고 있다. ACE위성에 의한 우주천기예보 시스템이 완성되면 우주환경예측이 한결 정밀해져 인공위성을 이용한 각종 시스템의 안정성이 향상될 것이 분명하다.

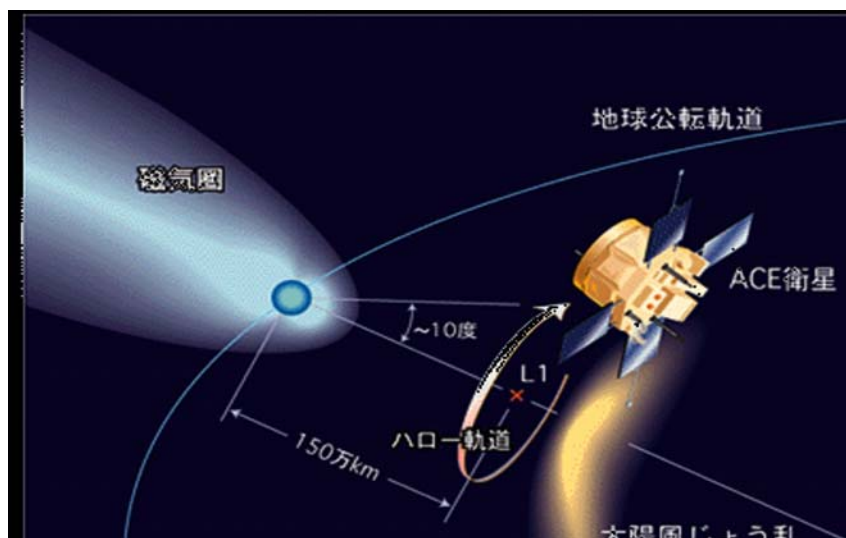


그림 16. ACE위성과 우주환경변화 (상상도)



그림 17. ACE위성 자료수신용 포물면. ACE위성에서 실시간 태양풍자료를 수신하는 11m 포물면 안테나

안테나. 직경 11m 의 이 안테나는 지구에서 150만 km 떨어진 라그랑주점에서 송출하는 신호를 수신하고 있다.

## 2) 우주천기 현상보고회

STE 현상보고회는 관측과 시뮬레이션이 일치하는 우주천기현상의 이해를 목표로 하는 연구회이다. 우주천기현상이 어떤 모습으로 보이고 그것이 수치모의실험으로 재현 가능한지를 연구한다.

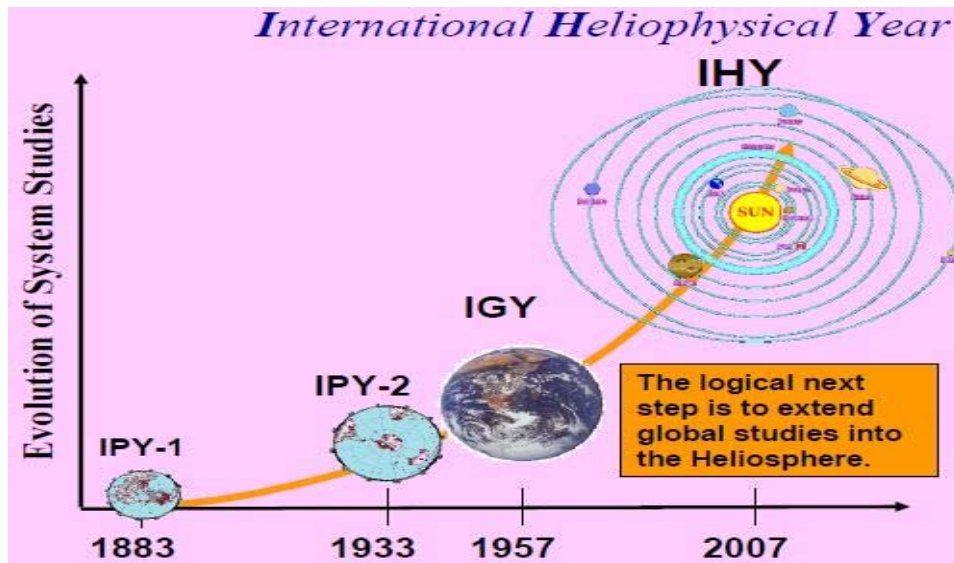


그림 18. 국제 태양계 관측년(IHY, International Heliophysical Year)

1882-83년과 1932-33년에 시행된 국제극년에 자극되어 지구와 지구공간의 전체적인 현상을 연구하기 위해 국제연합의 지원을 기반으로 66개국 약 60000인의 과학자가 참가하여 1957-58년에 국제지구관측년(IGY, International Geophysical Year)이라는 국제적 연구사업이 수행되어 지상과 우주의 수천 관측지점에서 전체적인 동시 관측이 행해졌다. 이 국제지구관측년의 50주년을 기념하여 전세계적인 지상관측망의 구축 등을 포함한 “국제태양계관측년”으로 명명된 국제연구사업이 2007-2009년에 계획되고 있다.

#### ◆ 국제태양계관측년의 주요 목표

- 태양계에서 일어나는 현상의 기초적인 물리과정에 대한 이해를 2층는다.
- 지금까지의 국제적 연구활동을 더욱 진척시키고 국제지구관측년에서 계승한 것을 더욱 발전시킨다.
- 우주물리나 지구물리의 흥미와 중요성을 전달한다.

##### (1) 모니터링 예측기술 팀

연구매니저	<a href="#">亘 慎一</a>
주임연구원	<a href="#">國武 学</a>
	<a href="#">長妻 努</a>
계약연구원	<a href="#">浅井佳子</a>

우주환경계측·예측기술사업 참여연구원

<a href="#">大高一弘</a>
<a href="#">北村健太郎</a>
<a href="#">堀 智昭</a>
<a href="#">片岡龍峰</a>
<a href="#">佐川永一</a>
<a href="#">菊池 崇</a>
<a href="#">飯島 健</a>
<a href="#">篠原 学</a>
<a href="#">三宅 互</a>
<a href="#">田代真一</a>
<a href="#">山崎 敦</a>
<a href="#">元場哲郎</a>
<a href="#">橋本久美子</a>
<a href="#">杉浦正久</a>
<a href="#">渡辺成昭</a>



## 홍보활동

제3회 우주환경정보 사용자포럼 (2005.08.26.개최)

정보통신기구시설 일반공개 (2005.07.22-23.개최)

『우주천기에 대한 산학연의 제휴』 (SCAT LINE 제63호 (2005.07.20.) 게재)

『지자기 폭풍』 (계간 「Re」 No.147 (2005.07) 게재)

『1월에 발생한 "우주폭풍"에 대하여』 (NICT뉴스 No.349 (2005.04.) 게재)

『우주천기예보 시스템 연구』 (CRL News No.330 (2003.09) 게재)

『우리의 생활과 우주천기예보』 (정보통신저널 9월호 게재)

『일본에도 오로라가 ?』 (CRL News No.309 (2001.12.) 게재)

『21 세기의 우주이용시대를 지원하는 우주천기예보』

(SCAT NEWS 제104호 (2001.11.15.) 게재)

『우주폭풍을 예보한다－우주천기예보 (Space Weather Forecasts) 연구－』

(SCAT LINE 제47호 (2001.8.20.) 게재)

## (2) 시뮬레이션 팀

수퍼컴퓨터를 이용하여 자기권, 전리권, 충격파 등을 다루고 있다.  
우주공간의 다양한 에너지 전달 과정을 규명하고 있다.

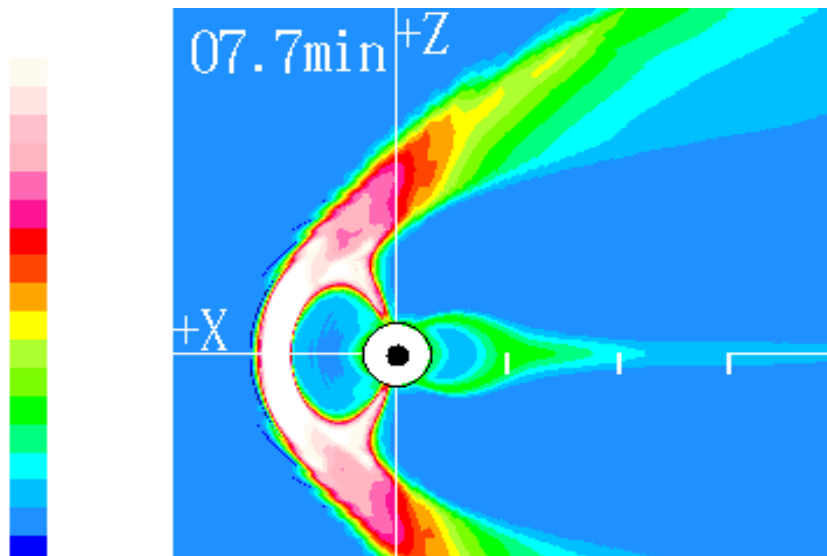


그림 19. 3차원 지구자기권의 변화. 3차원 시뮬레이션으로 재현한 substorm에 동반한 지구자기권의 변화.

중심의 검은 점이 지구를 나타내고 있으며 태양풍은 왼쪽에서 불어오고 있다.

### 최근의 연구성과

- ① 실시간 자기권 MHD 시뮬레이션
- ② 자기권 재결합 하이브리드 시뮬레이션
- ③ 입자 그로벌 시뮬레이션
- ④ 복사선대 MeV전자 다이내믹스
- ⑤ 복사선대 MeV전자변동예측
- ⑥ 태양풍 자기루프 모델화
- ⑦ 행성간 공간 충격파 전파 AMR 시뮬레이션
- ⑧ 충격파 프로톤 가속 시뮬레이션
- ⑨ 충격파 전자 가속시뮬레이션

참여하고 있는 구성원은 다음과 같다.

- 品川 裕之
- [島津 浩哲](#)
- 坪内 健
- 寺田 直樹
- [中村 雅夫](#)
- [藤本 桂三](#)

### 3) 소형위성 프로젝트

우주환경계측·예측기술 프로젝트 연구원

#### 우주환경계측그룹 구성원

그룹 장	<a href="#">小原隆博</a>
연구매니저	石井 守
	巨 慎一
주임연구원	秋岡 眞樹
	加藤 久雄
	国武 学
	久保田 実
	品川 裕之
	<a href="#">島津 浩哲</a>
	長妻 務
	野崎 憲朗
연구원	久保 勇樹
전공연구원	浅井 佳子
	斉藤 亨
	陣 英克
	坪内 健
	<a href="#">深沢圭一郎</a>
계약기술원	安藤 嘉章
	梅津 正道
	川村 眞文
특별연구원	<a href="#">藤本 桂三</a>
	寺田 直樹

#### (1) 태양지구환경예보 이메일 서비스 안내

정보통신연구기구에서는 태양과 지자기 난동현상의 예보와 현황을 매주 금요일(이상현상이 발생할 때에는 수시)에 「태양지구환경예보」이라고 공지하고 있다.

## (2) 우주환경정보 전화서비스

우주환경정보 전화서비스는 태양과 지구의 근처에서 일어나는 물리적현상과 단파통신 상황등을 전화를 사용한 음성정보로 24시간 제공하고 있고 정보는 매일 오후 3시경에 갱신되고 있다. 이 서비스에는 태양활동이나 지자기활동의 예정보, 태양플레어나 지자기폭풍의 속보, 태양흑점상대수, 지자기지수등의 정보가 포함되어 있다.

## (3) 우주환경 이벤트 자동통보 서비스

서문 : 정보통신연구기구에서는 실시간의 우주환경자료를 이용하여 태양플레어와 프로톤현상 등의 우주환경 이벤트 속보를 이메일로 자동적으로 통보하는 서비스를 하고 있다. 현재 「태양플레어 속보」와 「프로톤현상 속보」의 통보 및 「태양플레어 개시통보」의 통보체제를 시험운용하고 있다.

### • 시스템 개요

GOES위성에 의한 태양X선 강도, 프로톤입자 자료가 미국 해양 대기청 (NOAA) 우주환경예보센터(SWPC)의 서버를 경유하여 5분마다 NICT로 전송되어온다. 자동검출처리 프로그램은 이 실시간자료를 감시하여 태양플레어와 프로톤 현상 등을 수차례 검출한다. 검출된 우주환경이벤트는 이벤트 데이터베이스에 저장된다. 정보처리프로그램은 검출된 이벤트를 감시하여 소정의 기준을 만족시키고 있는 이벤트를 우주천기 사용자에게 대해 전자메일로 통보한다.

각 속보의 통보조건은 다음과 같다.



[태양플레어 개시 속보(시험운용)]

X선 세기가 급증하여 그 수준이 M급 이상에 달할 때

[태양플레어 속보]

M급 이상의 플레어가 발생했을 때

[프로톤 현상 속보]

10MeV이상의 프로톤 플럭스가 10PFU을 초과 현상이 발생했을 때  
프로톤 현상발생 통보후 이하의 조건을 만족했을 때도 통보함.

10MeV이상의 프로톤 플럭스 수준이 100,1000,10000PFU를 초과 때  
10MeV이상의 프로톤 플럭스 수준이 100,1000,10000PFU에서 내려  
갈 때

10MeV이상의 프로톤입자 플럭스가 10PFU이상의 상태가 1일이상  
계속되고 있을 때

### 프로톤현상의 종료시

현상의 규모나 지속시간을 정확히 판정하기위해 플레어가 종료한  
후에 태양플레어 속보를 내보낸다. 우주환경의 난동현상은 태양플  
레어가 발생하고부터 일정시간 지연(1시간에서 수일정도)되어 나타  
나므로 판정에 요구되는 통보지연은 대부분 문제가 되지 않다고 생  
각된다. 단파통신의 영향은 태양플레어 발생직후 시작하는 것에  
대해서는 시험운용중이지만 플레어 개시시각을 보다 빨리 알려주는  
태양플레어 개시통보를 이용해주시기 바랍니다.

또한 이상현상이나 장애발생이 예상되는 수준은 각각의 시스템이  
나 용도에 따라 다르다. 각종 장애가 발생할 가능성이 있다고 생각  
되는 수준보다 낮게 기준을 설정한다. 각 사용자는 목적에 맞게 통  
보되는 현상의 규모에 대응하여 적절한 행동계획을 책정하기 바랍  
니다.

- 이벤트 통보문 사례

각속보의 통보문의 예(PC용 형식)가 아래와 같이 나타나 있다.

[태양플레어 개시속보]

2005년01월20일 15시54시JST 통보

GOES-12위성의 관측으로부터

05시51분UT에, M급을 넘는 태양X선강도의 급증이 검출되었다.

[태양플레어 속보]

2003년10월31일13시55분JST 통보

GOES-12 위성의 태양 X선 관측으로부터 다음과 같이 강한X선 플레어가 검출되었다.

개시시각(UT)	강도최대시각(UT)	종료시각(UT)	최대강도
04:26	04:33	04:38	M2.1

[프로톤 현상속보]

2001년11월23일12시35분JST 통보

GOES-8 위성 관측으로부터

11월 22일 21시 25분UT 경 프로톤현상이 발생하였다.

11월 22일 23시 25분 UT이후 10MeV이상의 프로톤 플럭스가 1.1e+01PFU를 넘고 있다.

11월 23일 02시 35분 UT이후 10MeV 이상의 프로톤 플럭스가 1.9e+02PFU를 넘고 있다.

제공 : 정보통신기구 전파계측연구센터

보충설명) 1.1e+01는  $1.1 \times 10^1$ 의 1승으로 1.1e+01 PFU는 11 PFU를 의미한다.

마찬가지로 1.9E+02는  $1.9 \times 10^2$ 의 2승으로 190PFU를 말한다.

- 용어해설

M급 플레어 :

태양플레어의 방출 X선 세기가  $10^{-5}$  [W/m<sup>2</sup>] 이상에서  $10^{-4}$  [W/m<sup>2</sup>] 미만의 「활발」한 플레어.

X급 플레어

태양플레어의 X선방출세기가  $10^{-4}$  [W/m<sup>2</sup>] 이상의 「매우 활발」한 플레어.

프로톤 현상 :

태양플레어나 CME현상등에 의해 태양에서 고에너지 프로톤입자가 도래하는 현상.

PFU :

양성자 플럭스 단위(Proton Flux Unit)의 약어. 1PFU는 1초당, 1cm<sup>2</sup> 당 단위입체각에서 1개의 프로톤입자가 입사하는 것을 뜻한다. 10PFU이상의 현상을 「프로톤현상」이라 부른다.

알림. NICT는 NASA의 STEREO탐사선의 실시간 비콘자료의 수신에 협력하고 있다.

- [STEREO탐사기 태양상 자료\(NASA제공\)](#) **NFIII**
- [STEREO탐사선 태양풍자료 도표\(NASA제공\)](#) **NFIII**



[최신의 우주환경정보](#)

[과거의 우주환경정보](#)

[최신의 태양지구환경정보](#) [Mirror Site](#)

[과거의 태양지구환경정보](#) [Mirror Site](#)

[ISES각지역경보센터의 예경보 정보](#)

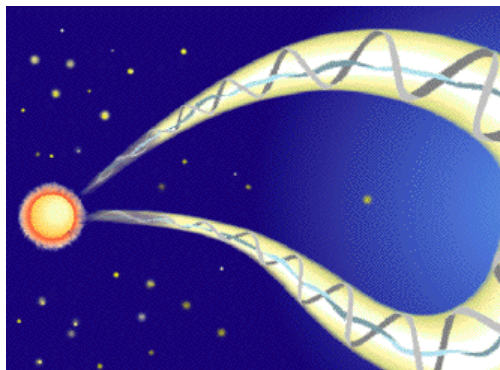
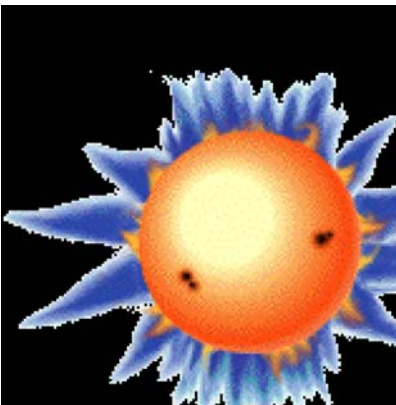
[태양지구환경정보 차트](#)

[ISES 각지역경보센터의 리포트](#)

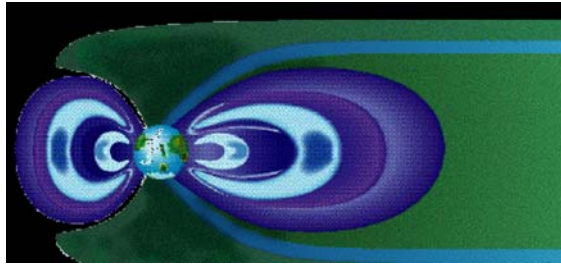
[지자기활동 27일 차트](#)

[우주천기 뉴스](#)

[과거의 우주천기 뉴스](#)

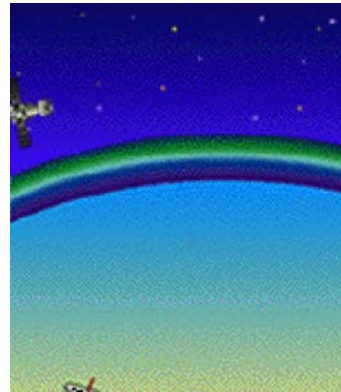


태양 화상 데이터베이스  
히라이소 태양전파 관측 시스템  
STEREO탐사선 태양화상자료(NASA제공) **NFIH**

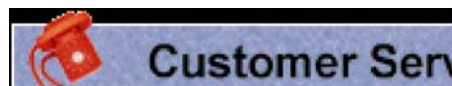


실시간 지자기 데이터베이스  
실시간 AE/Dst지수  
신경조직망에 의한 지자기폭풍 예측  
IMAGE위성의 오로라 · 플라즈마권 화상  
실시간 자기권 시뮬레이션  
인터-마그네트  
GMS/SEM 고에너지 입자 자료  
(1999년 09월 17일에 관측종료)

ACE위성 태양풍 도 (최근 1 일)  
과거의 ACE위성 태양풍 분포도 (1일단위)  
행성간공간 섹터구조  
STEREO탐사선 태양풍자료 그림(NASA제공)



전리권 세계자료센터  
태양X선에 의한 단파 감쇠 맵  
오로라 링크

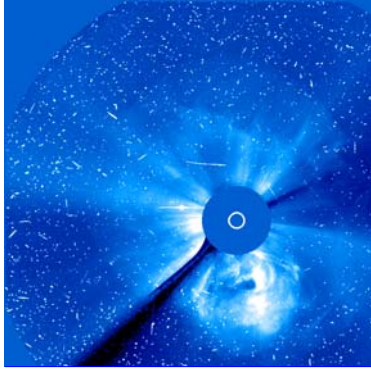


태양지구환경예보 이메일 서비스  
우주환경정보 전화서비스  
우주환경 이벤트 자동검출 통보 서비스  
우주환경정보 안내  
태양지구환경정보 차트 사용방법  
사용자 포럼 개최이력  
관련 웹사이트



전자파계측연구센터－우주환경계측그룹  
우주환경계측·예측기술 사업  
모니터링·예측기술팀

NICT 홈 [문의](#) [English](#)



2003.10.28. X17.2 flare



[태양흑점](#) [X선](#) [방사선](#) [태양풍](#) [지자기](#)

[メンバー紹介](#)

[論文リスト](#)

[研究会開催](#)

[蔵書](#)

[広報活動](#)

- [▶ 우주천기예보회의 : 매일 14:30-](#)
- [▶ 우주천시 시험대](#)
- [▶ 우주천기 용어집](#)
- [▶ 세계 지자기 관측](#)
- [▶ 남극쇼와기지 실시간지자기·리오미터 자료](#)
- [▶ 극지 HF 레이더－관측](#)
- [▶ ACE위성수신 : 실시간 태양풍자료](#)
- [▶ STE 현상보고회](#)
- [▶ 국제태양계관측년 \(1H Y\)](#)
  
- [▶ 우주에서 본 오로라\(NASA/IMAGE위성제공\)](#)

갱신 : 2006/10/10

### 3. 예보 서비스

#### 가. 예보 설명

##### (1) 태양활동 현황

과거 24시간에 발생한 X선 난동, 광학 (H $\alpha$ ) 플레어 규모와 회수를 근거로 결정한다.

- 정온 : C급 플레어가 없고 광학 플레어가 없거나 서브플레어만 발생한 경우
- 다소 활동적 : C급 플레어 발생 또는 규모(중요도) 1 플레어 발생
- 활동적 : M급 플레어 발생 또는 규모(중요도) 2 플레어 발생
- 매우 활동적 : X급 플레어 발생 또는 규모(중요도) 3이상의 플레어 발생

##### (2) 태양활동예측

금후 24시간에 발생할 플레어의 X선 강도

- ① 정온 : C급 플레어의 발생확률 50% 이하
- ② 점차 활발 : C급 플레어의 발생확률 50% 이상
- ③ 활발 : M급 플레어의 발생확률 50% 이상
- ④ 매우 활발 : X급 플레어의 발생확률 50% 이상

##### (3) 프로톤 현상

큰 규모의 플레어에 동반하여 방출되는 고에너지 양성자(태양 우주선)의 위성관측 속보이다. 미국 GOES 위성이 관측한 10 MeV 이상의 에너지를 갖는 프로톤의 플럭스 값 (protons/cm<sup>2</sup>/sec/sr) 에 따라 다음의 4단계로 나누어진다.

- ① 발생하지 않음 :  $F < 10$
- ② 발생하고 있음 :  $10 \leq F < 100$
- ③ 강한 프로톤현상 발생 :  $100 \leq F < 1000$
- ④ 초강력 프로톤현상 발생 :  $1000 \leq F$

#### (4) 지자기 활동

기상청 지자기관측소가 발표한 과거 24시간의 지자기 활동 지수 (K지수 : 3시간 단위로 1일 8개의 지수)의 1일 최대치  $K_{max}$  값에 의해 다음의 4단계로 나누어진다.

- ① 정온 :  $K_{max} \leq 3$
- ② 점차 활발 :  $K_{max} = 4$
- ③ 활발 :  $K_{max} = 5$
- ④ 매우 활발 :  $K_{max} \geq 6$

금후의 지자기 활동의 예상으로 같은 4단계로 표시 그 원인이 명확한 경우

- ① 태양플레어 때문
  - ② CME 현상 때문
  - ③ 코로나 홀 때문
  - ④ 필라멘트 소실 때문
- 로 표시한다.

#### (5) 안정 · 불안정 · 매우 불안정

지자기 난동의 이력, 금후의 지자기활동의 예측과 계절 의존성에 기초하여 판단된 금후 24시간의 단파 통신상태를 표시한다.

#### (6) 델린저 현상

규모(중요도)1 이상의 델린저 현상이 1일간에 발생할 확률에 따라 다음과 같이 표현한다.

- ① 발생치 않음 : 30% 이하
- ② 때때로 발생 : 30~50%
- ③ 빈번히 발생 : 50% 이상



## 나. 태양 활동

중요한 활동영역의 태양면 좌표, 플레어 활동정도를 예측하여 알려준다.

### (1) 좌표

태양면 경위도로 표시함.

### (2) 활동 정도

① 점차 활동적 : 해당 활동영역에 C급 플레어의 발생확률 50% 이상

② 활동적 : 해당 활동영역에 M급 플레어의 발생확률 50% 이상

③ 매우 활동적 : 해당 활동영역에 X급 플레어의 발생확률 50% 이상

### (3) 코로나 홀

경도 30도보다 적동[ 가까운 부분에 코로나 홀이 있는 경우 그 대략의 경도를 맞추어 공지한다. 근반이 될 관측자료는 He 10830분광단색상 및 무른Xtjschkfdud 망원경(Yokoh)를 이용한다.

### (4) 태양플레어

히라이소의 관측 및 울시그램 등으로 취득된 정보를 근거로 원칙적으로 과거 3일간에 발생한 플레어 중 X 선 M급 이상 또는 광학규모(중요도) 1이상의 플레어를 공지한다.

발생시각 : 원칙적으로 개시시각으로 알려주지만 매우 완만히 세기가 증가하는 플레어의 경우 플레어강도의 최대시각으로 공지할 경우도 있다.

X선 규모 : C, M, X의 알파벳 문자와 수자로 조합하여 나타낸다.

GOES 위성에 의해 모니터하고 있는 1-8A의 파장대의 강도

를  $A \times 10^{-B}$  ( $W/m^2$ )로 표시할 때 B의 수치가 6이면 C 5이면 M 4인 경우 X급이라 선두 문자를 나타낸다. 강도 숫자 A는 선두문자 뒤에 붙인다.

이를테면 관측된 플레어 세기가  $3.2 \times 10^{-5}$ 이라면 이는 M3.2 급의 플레어라 한다.

광학적 규모 : H $\alpha$ 단색상으로 관측한 플레어의 규모(중요도)를 공지한다.

규모(중요도)는 H $\alpha$ 선으로 관측한 플레어의 면적(겉보기 구 면적감소현상을 보정)으로 결정된다.

#### (5) 규모(중요도)

S/면적 $\leq 200$	3/1200-2400
1/200 - 500	4/ >2400
2/500 - 1200	

중요도의 숫자 뒤의 첨자는 플레어의 밝기 특징을 나타낸다. 각각 미약(F), 보통(N), 밝음(B)을 나타내는 문자로 그 밝기를 나타낸다.

#### (6) 필라멘트 소실

히라이소의 관측 및 울시그램 등으로 얻은 정보를 근거로 원칙적으로 과거 3일간 발생한 필라멘트의 소실현상의 발생일시 및 대략적인 위치를 알린다.

#### (7) CME

울시그램등으로 얻은 정보를 근거로 3일간에 CME가 발생하고 있는 경우 공지한다.

#### (8) 플레어 발생에 동반되는 전파난동현상

플레어 발생에 동반되는 전파난동현상이 2,8GHz로 관측된 경우 텐플레어 (파장이 10cm 전파로 관측한 플레어란 의미)로 보고한다. 강한 태양전파의 배경수준의 크기로 나타내고 단위는 태양플럭스 단위( $1 \text{ 태양플럭스} = 10^{-22} \text{ W} / (\text{m}^2 \text{ Hz})$ ) 이다. 플레어 발생에 동반되는 전파현상이 미터파대역에서 데가미터파대까지 관측되는 경우 전파복사의 유형을 I형부터 V형으로 분류하여 보고한다. II형이 발생한 경우는 충격속도의 추정치도 보고한다. (각각의 유형분류와 충격속도의 추정에 대한 상세 내용은 3장을 참조바람). 보고에는 히라이소의 태양전파관측자료를 이용하는데 관측시간 이외의 현상에 대해서는 해외에서의 보고를 이용한다.

## 다. 지자기 활동

이 속보는 기상청지자기 관측소의 보고에 근거한다. 일반적으로 중위도에 관측된 지자기폭풍은 급개시형(SC형)과 완개시형(SG형)으로 나누어진다. 갑자기 시작된 지자기폭풍은 지자기 수평성분(H성분)의 급격한 증가(SSC)로 시작하여 1~3시간 정도의 자기장증가가 계속되고 이후 크게 감소하다가 회복된다. 서서히 시작하는 완개시형 형태의 지자기 폭풍은 SSC를 동반하지 않기 때문에 개시가 명확하지 않지만 발달과정은 급개시형과 형태와 같다. 두 형태 모두 시작부터 종료까지 1일에서 수일 정도 지속된다. 급개시형 지자기폭풍의 경우는 정확히 개시시각을 보고할 수 있지만 완개시형 형태의 경우 개시시각이 몇시 정도라고 표현된다. 최대 ○나노테슬라라고 하는 것은 지자기 H성분의 최대변화량을 나타낸다. 일본의 평균적 지자기수평성분의 강도는 약 30000 나노테슬라이다. 지자기변동중에 SC와 같은 H성분의 급격한 증가로 시작하여 이후 지자기폭풍으로 발달하지 않는 것도 있다. 이 H성분의 급증부분을 SI라 부른다. 또한 한밤중을 중심으로하여 1시간전후 사이에 자기장이 증가하는 현상이 있어 이것을 그 형상으로부터 지자기 베이(Bay : 만

형변화)라 부른다.

#### (1) 프로톤현상

큰 플레어에 동반 방출된 고에너지 양성자(proton, 태양우주선)의 위성관측 속보이다. 플럭스 값은 단위면적, 단위입체각 단위시간당 관측된 10MeV 이상의 프로톤 개수를 말한다. 프로톤현상은 지속시간이 길고 때로는 수일 계속되는 것도 있어 보고시에는 최대플럭스에 도달하지 않은 경우에는 계속중으로 기록한다.

#### (2) 전리층

드문드문한 E층에 의한 이상전파  
일본상공의 E층 임계주파수가 F층의 임계주파수를 넘을 때 보고한다.

라. 활동도 지수

#### (1) 흑점상대수

태양흑점수의 예보는 하루 또는 이틀전의 흑점상대수관측치 및 전달의 평균치, 이번 달에서 두달전까지의 12개월 이동평균 예보수치를 공지한다. 매일 관측치는 세계정보본부(WWA)에서 입수하는 정보에 근거하여 전달의 월평균치와 당월에서 2개월전까지의 예보치는 각각브뤼셀(벨기에)의 태양흑점지수 자료센터가 발표하고있는 국제 월평균흑점수 R1의 잠정수치 및 12개월이동평균치 R12를 이용한다.

## (2) 흑점면적

태양표면에 나타나는 흑점 면적을 모두 더해 수치로 나타낸다.  
태양 시반구면적의 1/100을 단위로 나타낸다.

## (3) F10.7

세계시 3시에 히라이소에서 관측한 10.7cm(2.8GHz)의 태양전파강도를 태양플럭스 단위로 보고한다. 세계시 3시에 플레어가 발생한 경우는 전후 정온수준의 태양전파강도를 보고한다. 히라이소에서 관측하지 못한 경우는 캐나다 펜틱톤(penticton) 관측소에서 측정한 값(세계시 20시)을 보고한다.

## (4) 지자기 K지수

O시UT~24시UT까지 3시간마다 측정한 8개의 K지수를 모두 합산한 값과 8개 지수 중 최대치를 나타낸다.

## (5) 태양흑점수 예보

태양흑점수에 대한 2개월전까지의 예보치는 브뤼셀에 있는 태양흑점지수센터가 발표하고 있는 12개월 이동평균치 R12를 이용한다. 지자기활동이 정온한 때의 통신회선 최고사용가능주파수(MUF)와 최저사용가능주파수(LUF)는 태양흑점수를 파라미터로 넣어 예측할 수 있다.

### 제 3 절 나고야대학 지구환경연구소(STEL)

나고야대학에는 지구우주환경연구소(SEL, Solar Terrestrial Environment Lab.)은 7개 부서로 나누어져 있다.

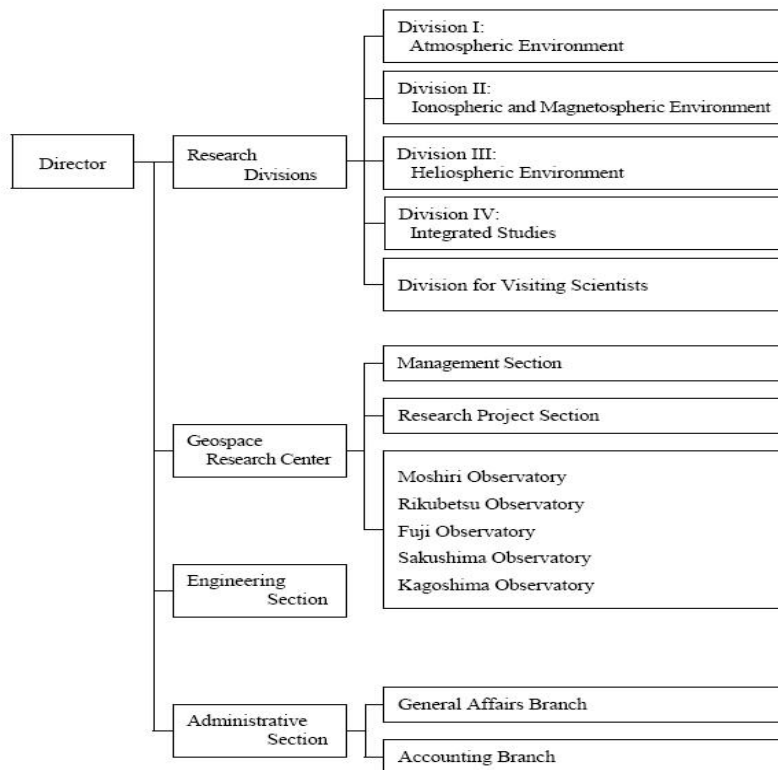
- 대기권환경
- 전자기권 환경(토요까와)
- 지자기권 환경(히가시야마)
- 태양권 환경(우주선)
- 태양권 환경(태양풍)
- 총합해석
- 지오스페이스 연구센터

이중 태양풍을 연구하고 있는 고지마 교수 그룹이 태양전파망원경의 제작 설계에 많은 경험과 노하우를 갖고 있는 바 이번 연구에 많은 도움을 받았다.

#### 1. 조 직

일본의 나고야 대학은 4개의 연구 분과와 한 개의 과학자들의 방문을 위한 분과등 5개의 분과로 구성되어 있다.

- 지구공간연구 센터
- 기술과
- 관리과



## 2. 연구 장비

### 가. 지구환경연구소(STEL) IPS 안테나

#### (1) 안테나 제원

전파번쩍임(IPS)현상을 관측하는 전파관측소의 위치와 안테나의

제원은 다음과 같다.

## Location of Observation Sites

- [Map 1 \(Baseline Geometry\)](#)
- [Map 2 \(Geographic Locations\)](#)
- [Clickable Map](#)
- [Today's Picture of STEL IPS Antennas](#)

표 7. IPS 관측 사이트

	Longitude	Latitude	Altitude
<a href="#">Fuji Station</a>	138 deg.E 36'42"	35 deg.N 25'36"	1020 m
<a href="#">Sugadaira Station</a>	138 deg.E 19'16"	36 deg.N 31'12"	1280 m
<a href="#">Toyokawa Station</a>	137 deg.E 22'09"	34 deg.N 50'05"	16 m
<a href="#">Kiso Station</a>	137 deg.E 37'49"	35 deg.N 47'34"	1110 m

### ▪ Antenna

Type:

Cylindrical Parabolic Reflector Antenna

Frequency:

327MHz

Physical Aperture:

100m E-W, 20m N-S (Fuji, Sugadaira, Toyokawa)

74m E-W, 27m N-S (Kiso)

Effective Aperture:



표 8. IPS 안테나 유효범위

	A_eff
Fuji Station	1500 m <sup>2</sup>
Sugadaira Station	1100 m <sup>2</sup>
Toyokawa Station	1013 m <sup>2</sup>
Kiso Station	1405 m <sup>2</sup>

Polarization: Linear (Horizontal)

Sky Coverage:

30 deg. from meridian transit, 25 deg.S to 40 deg.N in declination



그림 20. 태양풍 관측용 전파망원경. 수신주파수 327MHz, 크기 40mx100m 규모의 태양풍 관측용 전파망원경

#### 나. 행성간 전파 번쩍임 현상

플라즈마는 매우 희박하기 때문에 지상에서 이를 광학적으로 관측하는 것도 그 방출 전파를 관측하는 것도 가능치 않다. 또한 인

공위성이나 행성간 탐사선을 이용하여 직접 관측하더라도 제한된 궤도를 벗어날 수 없기 때문에 광대한 행성간 공간에 불어 나오는 태양풍의 전모를 모두 파악할 수 없다. 그런데 태양풍을 관측하는 방법이 전혀 없는 것은 아니다. 아래의 그림처럼 태양 주변에 위치한 퀘이사나 펄서 등 시직경이 아주 작은 전파천체를 관측해 보면 이들 전파가 태양풍 플라즈마에 의해 산란되어 전파강도가 변동하는 현상이 있다. 이를 행성간 반짝임 (IPS: Interplanetary Scintillation) 현상이라 부르는데 밤하늘에 빛나는 별들이 대기의 밀도 변화에 따라 반짝반짝 거리는 것과 유사하다. 행성간 탐사선으로 관측할 수 없는 태양부근이나 행성공전궤도평면에서 높게 떨어진 공간상의 태양풍도 관측할 수 있다. 또한 이러한 전파천체는 다수 존재하기 때문에 많은 전파천체의 IPS현상을 이용하면 태양풍의 3차원 구조를 단시간에 관측할 수 있다. 나고야대학의 태양풍 연구실에서는 이 IPS라 하는 특이한 관측방법을 이용하여 유럽과 미국의 행성탐사선이 관측할 수 없는 광대한 공간을 지나오는 태양풍의 연구를 수행하고 있다.

구름의 움직임에 따라 지표면의 그림자도 움직이는 것처럼 전파의 강도변화도 태양풍의 이동에 따라 지표면을 따라 이동한다. 이 움직임으로부터 태양풍 속도를 구할 수 있다.

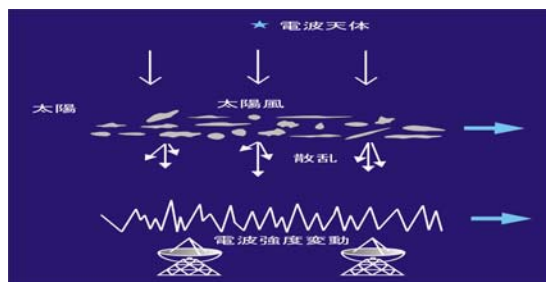


그림 21. IPS 태양풍 속도 측정

## (1) IPS국제 공동관측

IPS로 관측가능한 행성간 공간영역은 관측주파수에 따라 달라진다. 태양풍연구실은 327MHz의 주파수로 IPS관측을 수행하고 있으나 이 주파수로 태양에서 20-200 태양반경의 거리범위내의 태양풍이 관측가능하다. 이제까지 태양에 가장 가깝게 접근한 탐사선은 태양에서 60태양반경까지로서 본 연구소의 관측장비는 탐사선이 아직 관측해보지 못한 영역을 관측할 수 있다. 20태양반경보다 더 가까이에서 관측하기 위해서는 보다 높은 주파수로 IPS를 관측해야만 한다. 이를 위해 영국과 인도 등지의 천파천문관측소와 공동으로 태양 부근에서 지구까지의 드넓은 영역을 연구하고 있다. 또한 미국캘리포니아 대학의 연구그룹과 협력하여 본 관측 자료를 준 실시간으로 전송하고 지구주변의 태양풍의 상태를 예보하는 우주천기예보 연구를 시작하고 있다.

## (2) 우주탐사선과 견줄 수 있는 관측정밀도

우주탐사선 유리시즈의 관측치와 CT로 구한 속도를 비교한 그림. CT해석으로 구한 속도의 정확성과 그 관측영역의 넓이를 한눈에 알 수 있다.

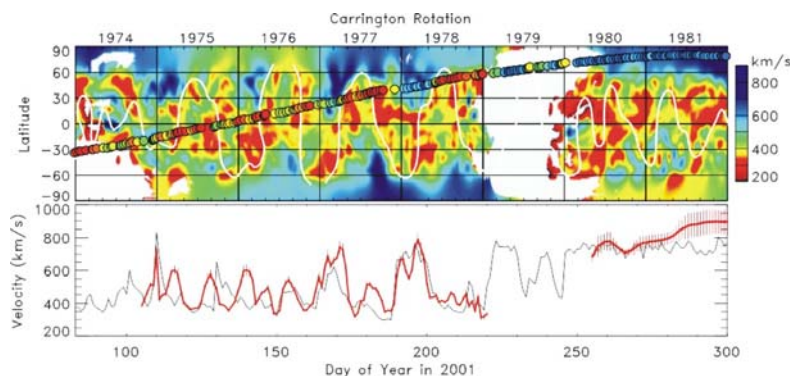


그림 22. CT로 구한 속도와 관측치 비교. 우주탐사선 유리시즈의 데이터

## 다. 태양풍의 CT해석

### (1) 신틸레이션(scintillation) 관측의 시선적분효과

태양풍에 의해 산란된 전파신호의 번쩍임(scintillation) 현상을 이용하여 측정된 속도는 전파원과 지구를 잇는 시선을 가로지르는 태양풍의 움직임을 반영한 수치이다. 그러나 어떤 방향과 속도로 태양풍이 불고 있는지를 정확히 구할 수 없다. 이 문제를 해결하기 위해 인체의 단층사진을 찍는 CT(컴퓨터 토모그래프) 방법을 응용하여 정확한 태양풍 속도를 구하는데 성공하였다.

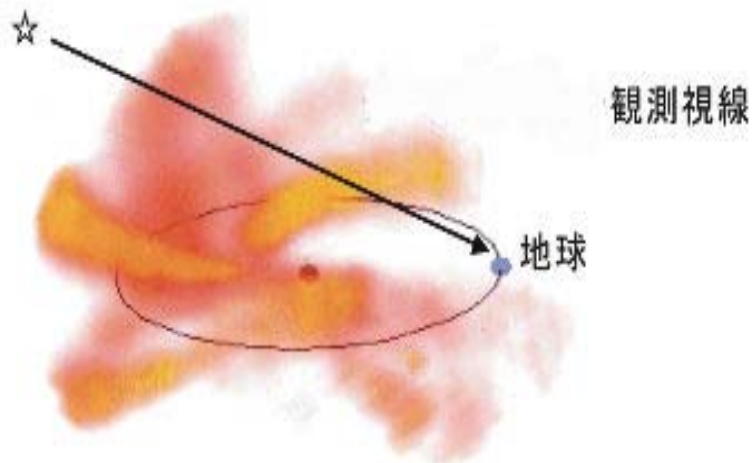


그림 23. 신틸레이션(scintillation) 관측

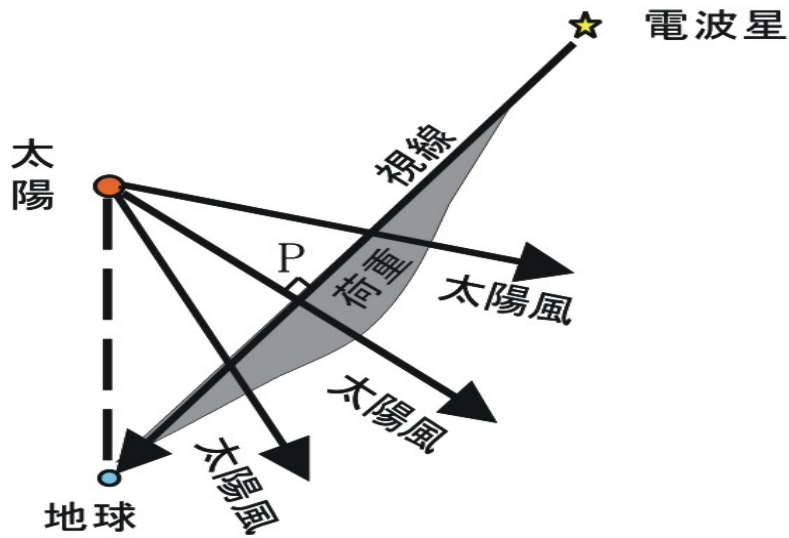


그림 24. 신틸레이션 관측 시선적분효과

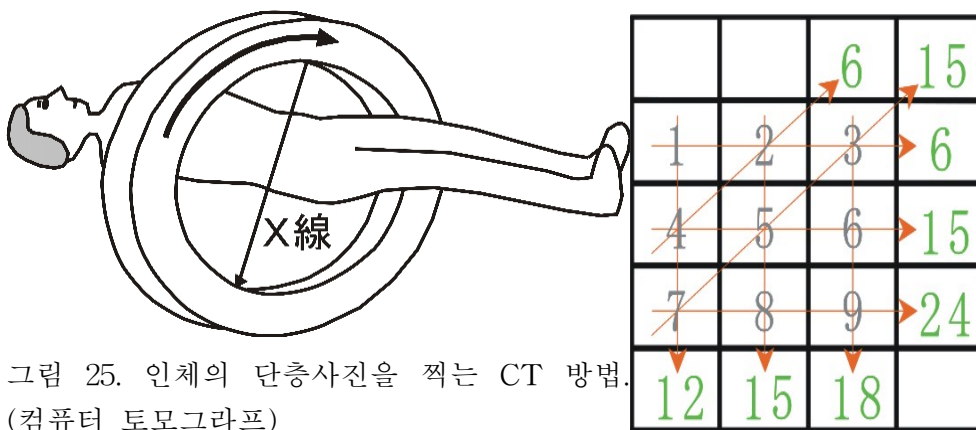


그림 25. 인체의 단층사진을 찍는 CT 방법.  
(컴퓨터 토모그래프)

## (2) C T검사 및 원리

C T검사는 좌측 그림처럼 여러 각도로 우리 몸에 X선을 통과시켜 그 강도를 측정한다. 이 측정치를 계산기로 해석하여 단층 사진을 구한다.

우측그림과 같이 붉은색의 화살표를 따라 화살선상에 있는 수를 더한 값이 그림과 같은 값(녹색)이 되기 위해 3x3행렬 내부의 수가 얼마가 되어야 하는지를 컴퓨터로 추정하는 것이 CT의 원리이다.

### (3) 태양풍의 CT관측

태양의 자전을 이용하여 태양풍을 여러 각도에서 관측한 정보를 얻을 수 있다. 이것을 이용한 것이 태양풍의 CT해석이다.

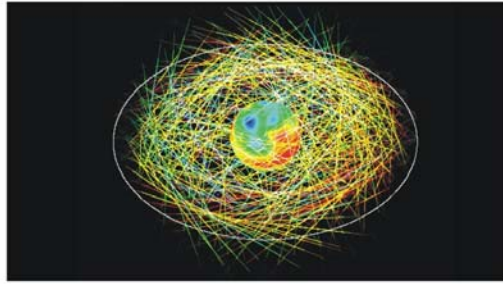


그림 26. 태양풍 CT 관측

## 3. 우주환경 서비스

나고야 대학의 STEL 연구소는 우주환경 연구와 관련하여 GEDAS(Geospace Environment Data Analysis System)에 포함되어 있다. 특히 IPS 장비를 이용해서 태양풍 데이터를 실시간으로 제공하고 있다.

가. IPS 데이터를 이용한 우주환경 예보

## (1) 태양풍 예보

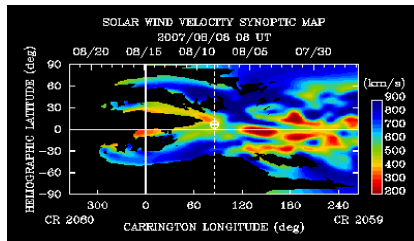


그림 27. 태양풍 속도 맵

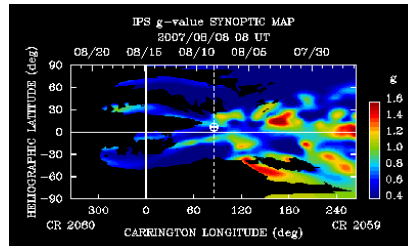


그림 28. IPS g-값 맵

## (2) 지구에서의 태양풍 실시간 예보

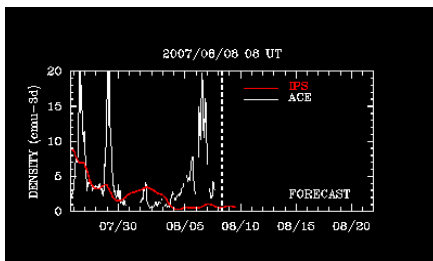


그림 29. 밀도 분포

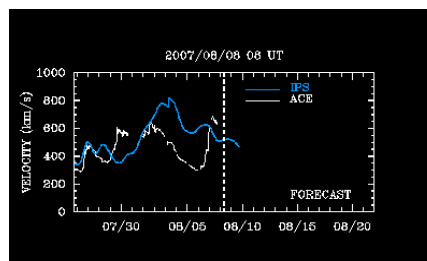


그림 30. 태양풍 속도 분포

## (3) 지구에서의 태양풍 속도와 g-값 예측

Updated 2007/08/08 08 UT				STEL Nagoya Univ. Japan			
Date	Forecasted V	Probability	Forecasted g	Alarm	Observed V	Diff. V	
2007/08/07 08 UT 550 (52333)	0.63	(52333)	0.01		638	-130	
2007/08/07 10 UT 516 (51333)	0.77	(52333)	0.00		641	-125	
2007/08/08 00 UT 560 (52333)	0.71	(52333)	0.00				
2007/08/08 06 UT 550 (52333)	0.73	(52333)	0.00				
2007/08/08 10 UT 553 (52333)	0.70	(52333)	0.00				
2007/08/09 00 UT 515 (52333)	0.77	(52333)	0.00				
2007/08/09 06 UT 500 (52333)	0.75	(52333)	0.00				
2007/08/09 10 UT 470 (52333)	0.72	(52333)	0.01				
2007/08/10 00 UT *** (52333)	***	(52333)	***				
2007/08/10 06 UT *** (52333)	***	(52333)	***				
2007/08/10 10 UT *** (52333)	***	(52333)	***				
2007/08/11 00 UT *** (52333)	***	(52333)	***				
2007/08/11 06 UT *** (52333)	***	(52333)	***				
2007/08/11 10 UT *** (52333)	***	(52333)	***				
2007/08/12 00 UT *** (52333)	***	(52333)	***				
2007/08/12 06 UT *** (52333)	***	(52333)	***				
2007/08/12 10 UT *** (52333)	***	(52333)	***				
2007/08/13 00 UT *** (52333)	***	(52333)	***				
2007/08/13 06 UT *** (52333)	***	(52333)	***				
2007/08/13 10 UT *** (52333)	***	(52333)	***				
2007/08/14 00 UT *** (52333)	***	(52333)	***				
2007/08/14 06 UT *** (52333)	***	(52333)	***				
2007/08/14 10 UT *** (52333)	***	(52333)	***				
2007/08/15 00 UT *** (52333)	***	(52333)	***				
2007/08/15 06 UT *** (52333)	***	(52333)	***				

그림 31. 태양풍 속도와 g-값 예측

## 제 4 절 호주 IPS 전파 우주서비스 (IPS Radio and Space Services in Austalian)

호주의 우주천기 서비스는 호주 정부의 산업 관광 자원부 소속인 IPS전파 우주국에 의해 제공받는다. IPS는 호주 우주예보센터를 관리 운영한다. 그것을 통해 광범위한 서비스가 우주의 날씨에 영향을 받는 다양한 수많은 사람들에게 제공된다. 이 서비스를 제공하기위해 IPS는 호주 전 지역에 태양, 지자기, 이온층의 상태를 감시하는 관측소망을 갖고 있다. 여기에는 호주 동부의 켈구라에 위치한 태양관측소와 호주 서부의 리어만스 태양관측소(미 공군과 공동으로 관리)가 포함되어 있다. IPS는 우주의 날씨상태를 지속적으로 감시하는데 필수적인 광범위한 국제 자료에 접근할 수 있다. IPS 우주천기 서비스는 팩스나 전자메일로도 제공되지만 대부분의 인터넷 국제전산망인 월드 와이드 웹을 통해 고객에게 제공된다. 이 매체는 IPS가 많은 혁신제품을 생산하도록 해준다. 여기에서 IPS는 이온층 예보 서비스(Ionospheric Prediction Service)의 약어이다.

IPS는 호주 국립전파통신 및 우주천기서비스를 제공하는 호주 우주천기국으로 우주천기에 영향을 받고 IPS 에 의해 지원되는 체계 및 기술은 다음과 같다.

- ① HF 전파 통신 및 감시체계
- ② 지구탐사, 전력 시스템보호 및 장거리 파이프라인 보호
- ③ 위성 및 우주선 운영
- ④ 우주환경분야의 국내외 연구를 위하여 지원

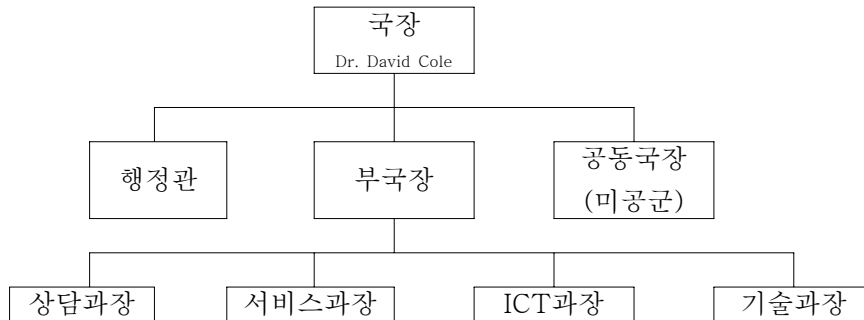
IPS는 고객을 지원할 우주환경자료의 수집을 위해 호주지역과 남극에 위치한 감시, 관측소의 광범위한 관측망을 운영한다.

IPS는 전세계의 유사한 조직들과 정보를 교환하고 있다.



## 1. 조 직

시드니의 본부와 호주 및 파푸아 뉴 기니아 소재의 관측소에서 근무하는 40명의 직원을 두고 있다. 행정조직은 다음과 같다.



## 2. IPS가 하는 일

IPS 전파 우주국은 적시에 신뢰할만한 전파 통신상태 및 우주 날씨 안내를 호주 사회에 제공하는 것을 목표로 하고 있다. 그 목표를 달성하기 위해 IPS는 방위, 통신, 항공, 지구탐사, 우주활동 국내 외 과학계에 있는 공적, 사적 분야의 고객들을 위한 포괄적인 서비스를 하고 있다.

1949년에 설립되었을 당시 IPS는 대부분 단파통신을 지원하는데 관련되었다. 오늘날 단파 사용자들은 IPS의 중요한 고객이고 특히 방위군과 긴급서비스 고객이 그렇다. 그러나 다른 집단도 IPS서비스의 중요한 사용자가 되었다.

많은 사업자들이 광물자원에 대한 항공 지자기 측량을 수행하였고 성공적인 측량을 위해 자기맥동의 교란과 징후를 알려주는 정보에 의존하였다. 다른 사용자들로서 아마추어 햄이나 송전선, 송유관

당국, 위성운영과 과학자 등이 있다. 증대하는 수의 통신, 네비게이션 위성은 우주선에 미치는 우주천기영향에 역점을 두다.

#### 가. IPS 고객 대상

IPS는 다음과 같은 광범위한 고객을 갖고 있다.

- ① 방위부
- ② 호주 항공부
- ③ 호주 교통부
- ④ 호주 세관
- ⑤ 호주 해상 안전국
- ⑥ 호주 라디오 방송
- ⑦ 국가 경찰 비상국
- ⑧ 콰타스, 안sett 및 여타 항공사
- ⑨ 뉴질랜드, PNG(파푸아 뉴 기니아) 방위군
- ⑩ Optus 통신
- ⑪ Telstra(호주 텔레콤, Telecome Australia)
- ⑫ 지구탐사 상사

#### 나. IPS 제공 서비스목록

IPS(Ionospheric Prediction Services)는 우주환경을 포함한 매우 중요한 활동들에 결부할 수 있다. 그것은 또한 원거리 통신 손상의 많은 상황들에 중점을 두고 있다. IPS는 다음의 목록들의 데이터를 연계해서 제공하고 있다.

- ① 현재의 태양 현황

- ② 지구-물리학적인 현황
- ③ HF 전파 현황
- ④ 이온층의 현황
- ⑤ 전체 전자량 현황

#### 다. IPS 네트워크

- IPSNET은 다음과 같은 네트워크를 구성한다.

- ① 호주와 주변 지역, 남극대륙을 연결한 Ionosonde 18곳
- ② IPS + 호주 지질조사 자력계 11곳
- ③ Learmonth 태양 관측소 ( USAF와 공동연구)
- ④ 쾰구라 태양 관측소

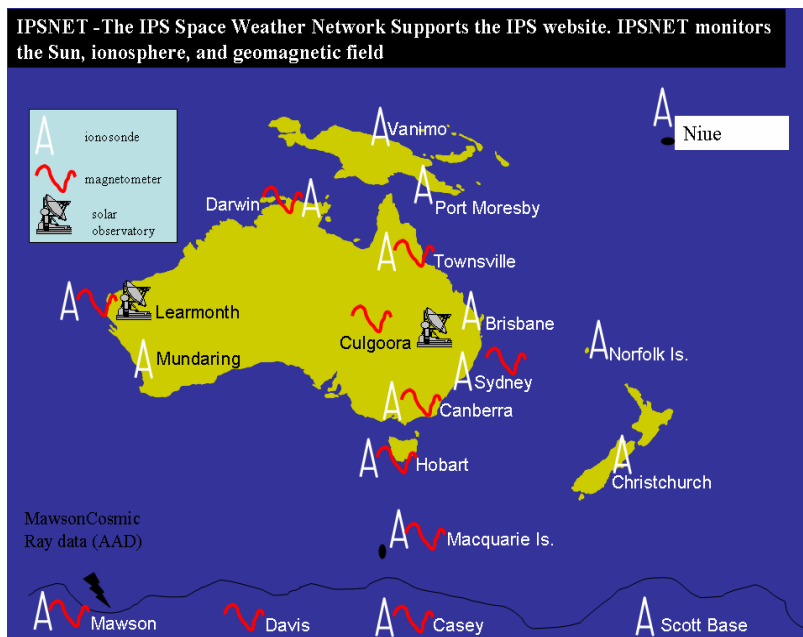


그림 32. IPSNET

라. URSI 활동그룹으로서 책무

IPS는 INAG(Ionosonde Network Advisory Group)를 개최하는데, 이는 URSI 위원회 G의 활동그룹 1이고 다음과 같은 책무를 가진다.

- ① ionogram 분석 방법상의 정보를 수집하는 것
- ② ionogram 분석을 위한 협의회 유지
- ③ 의제들의 토론을 위한 포럼 준비
- ④ 전세계 이온층 기후학의 보존 상태

태양지구과학에 대한 전세계 데이터 센터(WDC-STs)는 호주의 시드니에 위치하고 있고 IPS에 의해서 움직인다. WDC는 태양과 이온층 데이터의 보관소이다. 또한 WDC는 NOAA-SWPC SPIDR 시스템의 하나의 중심점으로 운영한다. 사실 IPS가 1949년에 형성됐을 때, 그 서비스는 주된 관심사가 HF 시스템 이었다. 오늘날 호주는 HF 시스템으로서 주요 의존과 투자를 하고 있고, IPS는 HF 통신, 감시, 그리고 레이더 시스템들을 지원하기 위해 많은 상품을 개발하고 있다. HF 항공 전파는 이온층의 전자 밀도 분포에 의존하고, IPS는 근실시간으로 이온층 매개체들을 측정하기위해서 음향기 네트워크를 개발하였다. 실시간 이온층 지도들은 호주의 주변지역 뿐 아니라 북대서양, 미국, 유럽 등에서 이용할 수 있다.

IPS는 태양 활동에 따른 이온층 반응을 기반으로 한 태양 인덱스로서 T 인덱스를 사용하고 있다. T 인덱스의 실시간 지도는 IPS 웹 사이트에서 이용가능하고, 이러한 지도들은 태양활동이  $f_oF2$ 의 메디언 맵이 실시간 음향관측으로부터 계산된  $f_oF2$  윤곽과 맞게 만들기 위해서 관심지역이 어떻게 변화하는지를 알 수 있다. 실시간  $f_oF2$  맵은 호주 영역, 아시아 유럽, 북아메리카, 그리고 북대서양에서 이용가능하다.

시간당 영역 예보(HAP) 차트는 또한 특정한 위치에 대해서 만들어지는데, 이 차트는 주어진 시간에 특정한 영역 상에 HF 밴드 통신에 대한 적절한 주파수를 가리킨다. 이것은 수직 영향범위 음향기로부터 유도된 국부 이온층의 데이터를 설명하기위해서 만들어진 것이다. 가장 낮은 주파수들은 항상 관측된 기본 위치 근처에서 발생한다. 이것은 주파수가 매우 높으면 이온층이 근-수직-영향범위 항공 신호(NVIS)를 유지하지 못하기 때문이다. 기본 위치에서 약 500km 내에서, 가장 높은 밴드는 거의  $foF2 \sec \phi$ 이다(여기에서  $\phi$ 는 관성의 천정 각). 이러한 알맞은 맵을 이끌어내기 위해서中间的의  $foF2$  맵이 개발 되었다. 이러한 결과로서 이온층 데이터는 적절한 HF 시스템 매개체를 끌어내기 위해서 HF 통신 성능 모델에 적용된다. 이것은 비록 그것이 주목할 만한 주의에 이용될지라도 HAP 차트가 표현하는 것이 무엇인지에 대한 기본이다. 실제 주어진 주파수에서의 성능은 적절한 작동 주파수에서 조차도 매우 낮을 수 있기 때문이다. 이것은 성능이 떨어지는 안테나 선택과 설치, 낮은 송신기 파워와 노이즈 레벨의 상승으로부터 야기되는 낮은 SNR 특성들 때문에 발생할 수도 있다. IPS가 이용하는 일반적인 모델은 ASAPs라 불리우고, HAP 차트들은 IPS에 의해 전세계 일정한 곳에서 이용가능하다.

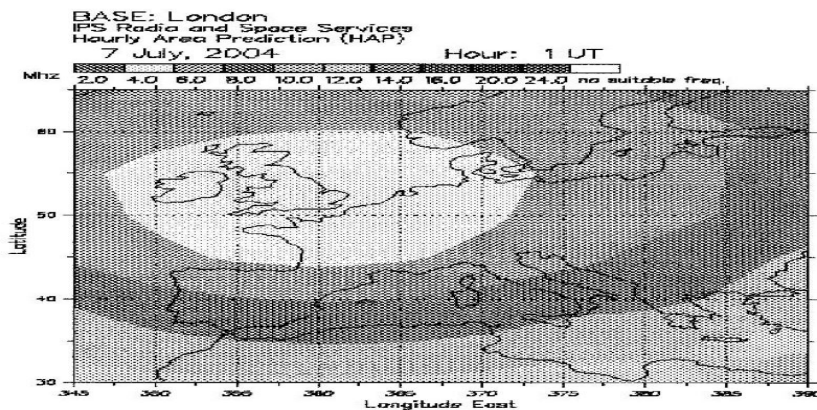


그림 33. HAP( 2004. 7. 7 , 0100 UTC, London )

국부 모바일 예보(LAMP) 차트들은 또한 IPS 웹 사이트로부터 이용가능하다. 이 형식은 선택된 기본 위치에서의 약 1000km 내에서 모든 사용자에게 대해 적절한 HF 주파수를 제공한다.

#### 마. IPS 실시간 맵핑 과정

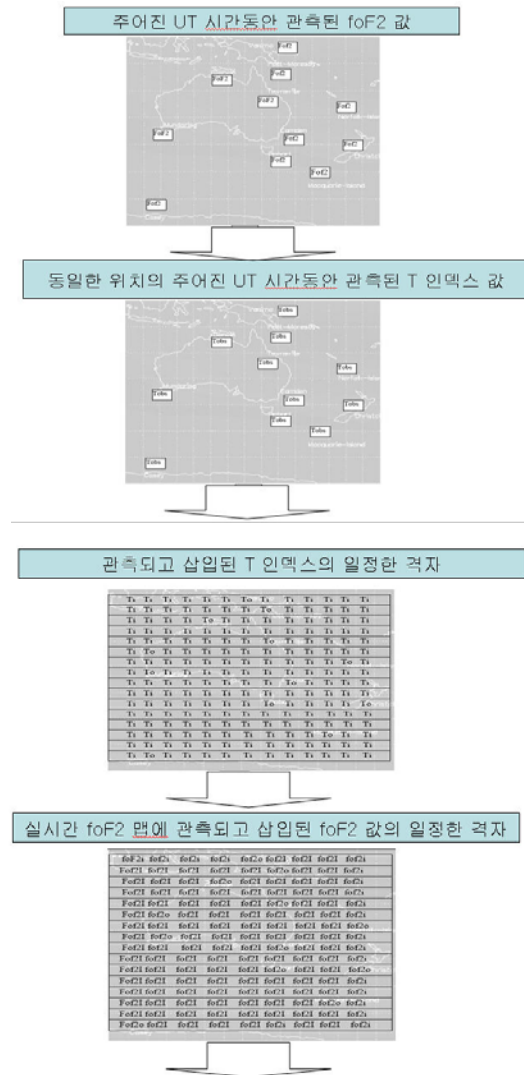
Median Maps : IPS는 매달  $f_oF2$  메디언 전세계 지도를 갖는다.  $f_oF2$ 의 세계지도는 각각 UT 시간(24)과 월(12) 그리고 유효한 흑점 수(the IPS T index)  $T=0$  과  $T=100$ 인 이온층의 두 레벨에 대해서  $24 \times 12 \times 2 = 576$  맵들이 존재한다. 이러한 맵들은 이온층 데이터의 30년 이상의 이루어져 왔다. 내삽법과 외삽법에 의해 이러한 맵들은 세계 어떤 위치에서  $f_oF2$ 와 T 인덱스 사이의 관계로 주어진다.

#### 실시간 맵핑 지역 :

표 9. 호주에서 Ionosonde를 이용한 맵핑 위치

지 명	위도	경도
Vanimo	-2.7	141.3
Port Moresby	-9.4	147.1
Darwin	-12.5	131.0
Townsville	-19.6	146.8
Brisbane	-27.5	152.9
Norfolk Island	-29.0	168.0
Canberra	-35.3	149.0
Camden	-34.1	150.7
Hobart	-42.9	147.3
Christchurch	-43.6	172.8
Mundaring	-32.0	116.2
Learmonth	-21.0	115.0
Macquarie Island	-54.5	159.0
Casey	-66.3	110.5

각각의 위치(station)은 각 시간5분 실시간으로 자동 foF2 값을 제공한다. 각각 위치에서 foF2의 중간값이 관측된 T 인덱스를 계산하는데 사용된다. 만약 어떤 지역의 이온층이 모든 T 인덱스가 메디언 맵과 정확하게 일치한다면 그 위치는 같을 것이다.



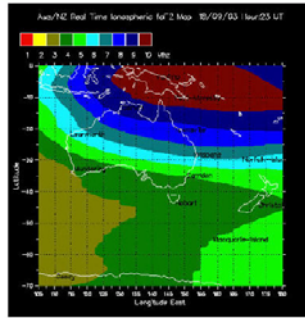


그림 34. 아니오노존데를 이용한  
실시간 맵핑

#### 바. 우주환경 목록 및 IPS에서의 하위 범주

##### (1) 현재의 태양 현황

- 태양풍 속도
- X-ray 플럭스
- X-ray 태양 폭발
- 분광 : 켈구라 관측소
- H-alpha : 켈구라 관측소

##### (2) 지구물리학적 현황

- 지자기 경고
- K 인덱스
- pc3 인덱스
- GEOSTAT 경고발생
- 지자기 경고발생
- 오로라 경고발생



(3) HF 전파 현황

- HF 통신 경고
- HF 페이드아웃 사태 및 경고
- 극관 흡수 작용

(4) 이온층 현황

- 호주 주변 지역
- 북아메리카
- 유럽

(5) TEC 현황

- 호주 주변 지역
- 북아메리카
- 유럽
- 일본

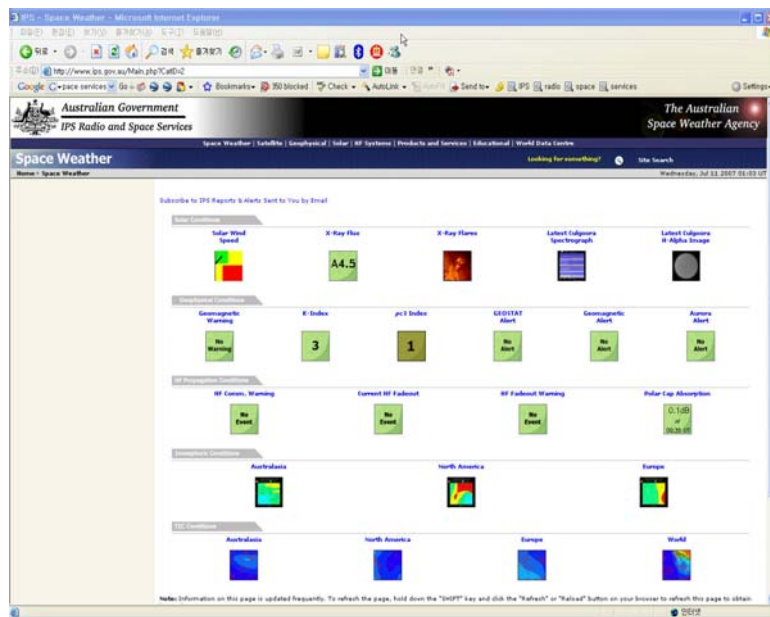



그림 35. IPS 전파 우주서비스센터 홈페이지

### 3. 우주환경 서비스

#### 가. SWPC 데이터의 IPS 응용

<u>SWPC 데이터</u>		<u>IPS 응용</u>
• GOES 10,11,12 X-ray 플럭스		• 플레어 경고발생, SWF 경고발생, ALF 예보, 플레어 이벤트 추출
• GOES 양성자 플럭스		• PCA 경고발생(riometer 복사흡수)
• POES 파워 지수		• 오로라 Oval 모델과 HF 예보
• ACE 태양풍		• 충격파 검출, 자기권 모델
• 아이노존데 데이터 (*iono.txt)		• 세계 이온층 foF2 지도, IONEX format TEC 파일들
• 이벤트 파일		• 태양 X-ray 플레어 및 발생위치

※ 데이터는 SWPC으로부터 자동 파일전송 (<ftp.sec.noaa.gov>)

※ IPS : ISES 멤버

#### 나. 웹 서비스

##### (1) 현재 태양 현황 (Solar Conditions)

IPS 전파 및 우주서비스 센터에서는 현재 태양에 대한 여러 정보를 제공하고 있다. 그 내용은 태양풍 속도, X-ray 플럭스, X-ray 태양폭발, 켈구라 관측소의 전파폭발을 관측하는 전파분광과 H-alpha 광학 이미지 등을 제공하고 있다. 먼저, 태양 표면의 활동을 관측함으로서 근 실시간 태양 전면의 활동영역을 매 10분마다 업데이트하고 24시간을 전후로 한 폭발적인 태양활동을 예보하고

있다. 태양의 활동에 따른 태양풍 속도와 행성간 자기장 (IMF:interplanetary magnetic field)은 ACE (Advanced Composition Explorer) 위성으로 관측한 데이터를 이용하고 있다. ACE 위성은 태양과 지구 사이의 L1에 위치(지구에서 약  $1.5 \times 10^6$  km 거리)하고 있으며, 태양풍 속도, 밀도 및 자기장의 세기를 약 1시간 간격으로 데이터를 업데이트하고 있다. 또한 Culgoora 관측소와 Learmenth 관측소를 연결하여 태양의 전면상과 국부 활동영역 그리고 전파 플럭스 등을 실시간으로 관측하고 있다. 관측된 자료는 업데이트를 통해 일반인들과 메일링 리스트에게 제공하고 있다. 태양풍 속도에 대한 정보는 다음과 같이 10분 간격으로 업데이트하고 있다.

#### Solar Wind Speed

Updates: every 10 minutes

Last updated 26 Jul 2007 02:33 UT

#### Solar Wind Parameters Used:

Date: 26 07 2007 0230 UT

Velocity: 304 km/sec

Bz: 1.0 nT

Density = 5.0 p/cc

#### Calculated Information from Solar wind parameters:

Magnetopause Stand Off Distance = 13.2Re

Solar Wind Dynamic Pressure Dp = 0.39nPa

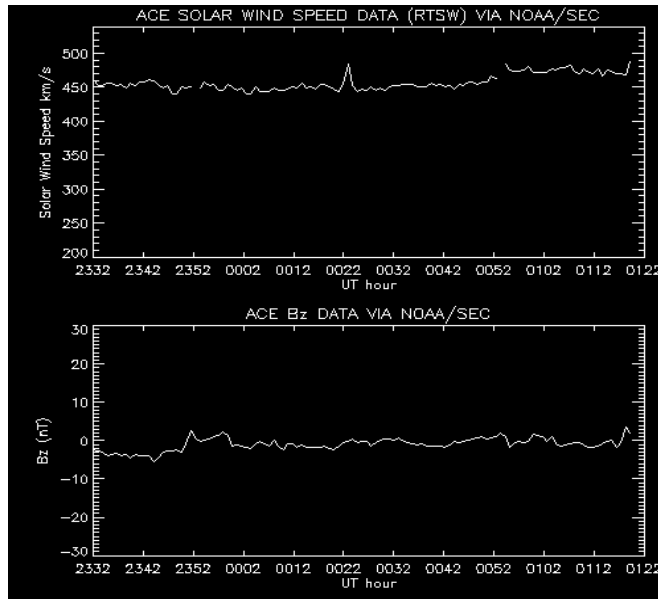


그림 36. ACE 위성에 관측된 태양풍현황.

## (2) 지구-물리학적 상태 (Geophysical Conditions)

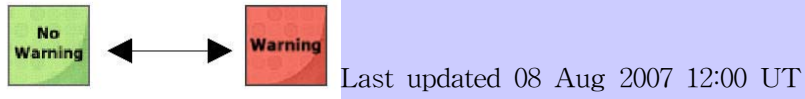
IPS 전파 및 우주과학센터는 웹을 통해서 지자기 경고, K-Index, pc3 Index, GEOSTAT 경고발생, 지자기 경고발생, 오로라 경고 발생 등을 예보하고 있다.

### ① 지자기 경고(Geomagnetic Warning) :

우주환경은 태양으로부터 지구와 행성 간 공간을 지나가는 하전 입자들의 연속적 흐름인 태양풍의 속도 또는 밀도의 변화를 야기한다. 이러한 흐름은 지구의 자기장의 왜곡하는 원인이 된다. 태양풍의 동요는 지상 근처에서 측정되는 자기장의 세기와 방향의 변화의 주원인이 된다. 이러한 동적인 매개체의 갑작스럽고 큰 변화를 지자기 폭풍이라고 한다. IPS 전파 및 우주과학센터에서는 이러한 지

자기 활동이 증가함에 따라 지자기 경고를 하고 있다.

- 지자기 경고 (Geomagnetic Warning ) :



08 08 07 1200UT: NO IPS GEOMAGNETIC WARNING IS CURRENT

## ② K-Index

K-Index의 각 등급은 호주 전역에 대한 자력계로 관측된 자기장의 수평성분과 관련되고, 하루 3시간 주기로 최대 동요값(maximum fluctuations, nT: nanoTesla)을 변환하여 매 20분마다 업데이트하고 있다.

- K 인덱스 경고(warning) : K 인덱스들의 값이 4,5,6,그리고 7 또는 더 큰 값이 발생
- K-Index 경고발생 : K 인덱스가 3시간 주기에 4,5,6,7,8, 또는 9 값에 이를 때 발생

K-Index :



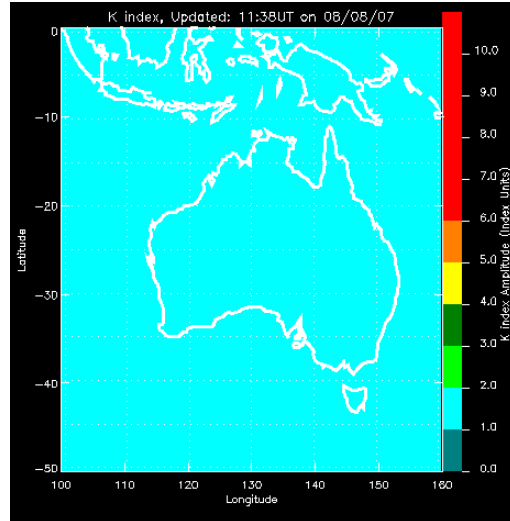


그림 37. K 인덱스 맵

### ③ Pc3 Index :

지자기 진동은 그 구조와 주파수에 의해 등급을 나눈 지구의 자기장의 변화이다. Pc3 진동은 10-45초(22 - 100MHz)의 주기로 지구 자기장의 변화이다. Pc3 진동 인덱스들은 Pc3 진동 파장대에서 걸러지고, 이러한 데이터는 20분 간격으로 발생한다.



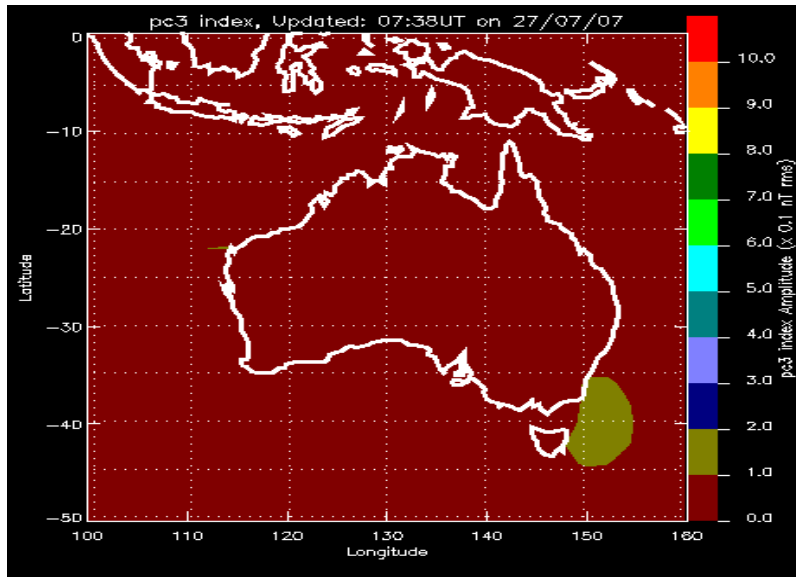
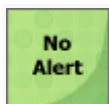


그림 38. 호주 주변지역(Australasia)의 Pc3 인덱스

#### ④ GEOSTAT Alert :

GEOSTAT(GEOmagnetic System Alert Tracking) 시스템은 태양으로부터(레벨 5) 지구의 자기장에 충돌과 지자기 폭풍 직후(레벨 0)까지 지자기 폭풍의 과정을 모니터링하기 위해 개발 되었다.



Last updated 08 Aug 2007 04:02 UT

NO ALERT CURRENT AT 0402 UT on 08 Aug 2007

⑤ 지자기 경고



 Last updated 08 Aug 2007 12:25 UT  
NO ALERT CURRENT AT 1225 UT on 08 Aug 2007

⑥ 오로라 경고



 Last updated 08 Aug 2007 12:20 UT  
NO ALERT CURRENT AT 1220 UT on 08 Aug 2007

(3) HF 전파 현황

1902년 Oliver Heaviside와 Arthur Kennelly는 고층대기에 전자 기저 전도층이 존재하여 복사된 전자기파 반사를 일으키고 이 반사된 전자기파가 시선너머에 도달하여 통신이 될 것이라 가설을 세웠다. 1925년에 ionosonde가 개발됨에 따라 현재 전리층(ionosphere)



이라고 알려져 있는 전도층을 직접 전파로 관측함으로써 전리층의 특성과 전리층에 미치는 영향에 대해서 더욱 실질적인 연구가 이루어질 수 있었다. 전리층이란 대기를 구성하고 있는 질소, 산소 및 기타 대기의 분자들이 거의 태양에서 방출되는 EUV(Extreme Ultra-violet), UV(Ultra-violet) 및 X-rays를 받아 전리(ionization)를 일으켜 상층 대기에 자유전자와 양이온이 풍부한 영역이 형성된 층이다. 전리층은 고도 50km에서 1000kmso의 대기영역을 일컬으며 주간에는 D,E,F1 및 F2층 4개의 층으로, 야간에는 D층과 E층이 없어지고 F1층및 F2층이 결합하여 하나의 F층을 이룬다.

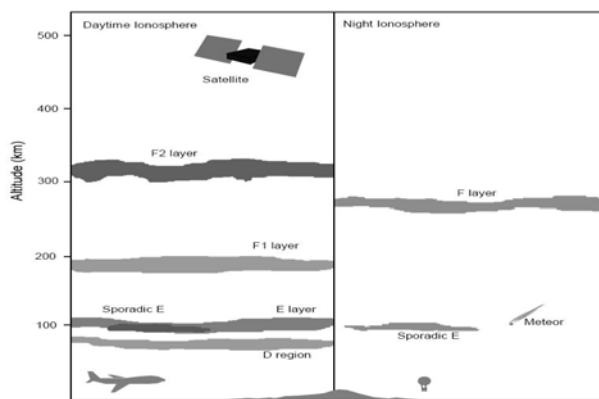


그림 39. 주간과 야간의 전리층 구조

Ionosonde는 전파를 전리층에 수직 입사시켜 전리층에 있는 여러 전자층에서 반사되어오는 전파를 측정함으로써 전리층내의 전자들의 분포를 높이에 따른 함수로 나타내는 장치를 말하며, 이러한 결과를 주파수와 높이의 2차원 평면에 나타낸 그림을 ionogram이라고 한다. 이러한 전리층 관측기술을 바탕으로 전세계에서 획득한 자료들은 전 지구적인 전리층 모델에 바탕이 되는 자료로 사용되고 있으며, 이렇게 만들어진 전리층 모델중에서 가장 많이 사용되고 있는 것은 IRI(International Reference Ionosphere) 모델이다. IRI는 COSPAR(Committee on Space Research)와 URSI (International

Union of Radio Science)의 후원을 받아서 진행되는 국제적인 연구 과제이며, 이 모델은 주어진 장소, 시간과 데이터에 의해서 고도 50km에서 2000km까지의 전자밀도, 전자온도 및 이온온도 등을 계산한다. 전파가 전리층에 입사되면 전리층에 다량으로 존재하는 전자 및 이온들과 충돌을 한다. 이러한 충돌은 전파의 에너지를 빼앗아 전파세기를 감쇄시킨다. 그리고 전자들이 전리층 내에 불균일하게 분포하기 때문에 전파가 굴절되거나 반사된다.

### ① Ionosonde

가장 오래되었고, 널리 사용되고 있는 전리층 관측기기인 ionosonde의 원리는 수직으로 전파를 전리층에 방사하여 되돌아오는 전파를 수신하고, 그 전파가 송신 후 되돌아오는데 걸린 시간을 측정함으로써 전리층의 전자밀도와 높이를 측정하는 것이다. 전파와 중성대기의 충돌과 지구자기장의 효과를 무시한 Appleton-Hartree 공식에서 굴절률( $\mu$ )은 다음과 같다.

$$\mu^2 = 1 - \frac{\omega_N^2}{\omega^2}$$

$$\omega_N^2 = \frac{N_e e^2}{\epsilon_0 m_e}$$

$\omega_N^2$ 는 플라즈마 각주파수며  $N_e$ 는 전자밀도,  $e$ 는 전하,  $\epsilon_0$ 는 진공에서의 유전율 및  $m_e$ 는 전자질량이다. 굴절률이 0이 된다는 것은 전파가 더 이상 진행하지 못하고 반사된다는 것을 의미한다. 굴절률이 0이 될 때는  $\omega_N^2 = \omega^2$ 이며 이를 다시 살펴보면

$$f_N^2(kHz) = 80.5 N_e^2(cm^{-3})$$

이 된다. 그래서 되돌아온 전파를 확인하고, 그 전파의 시간지연을 측정하면 전리층에서 반사되어 되돌아온 주파수인 임계주파수(critical frequency :  $f_N$ )와 높이를 확인할 수 있다. 이러한 원리로

측정된 전리층의 임계주파수와 높이를 ionogram으로 나타낸다.

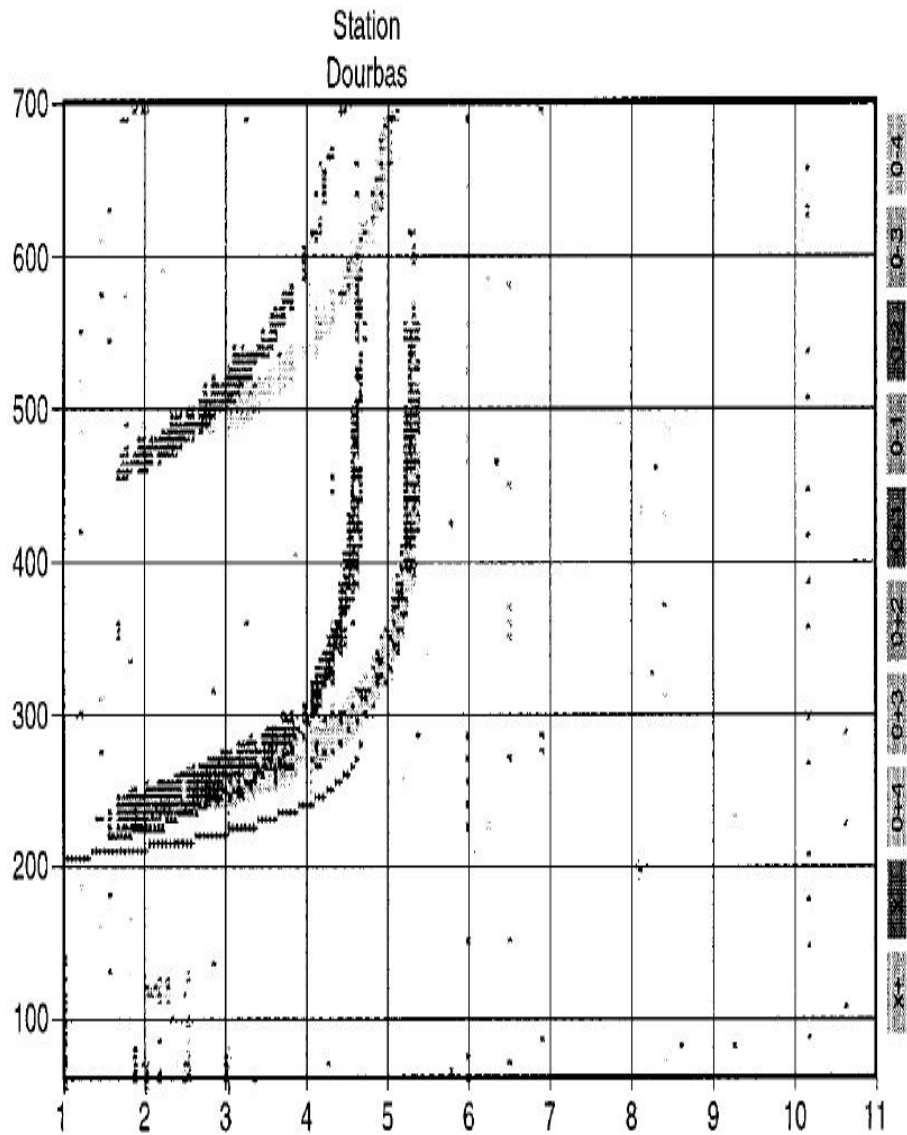


그림 40. Dourbas의 ionogram

## ② HF 시스템

- Ionogram: 이온층 관측, 자동측정

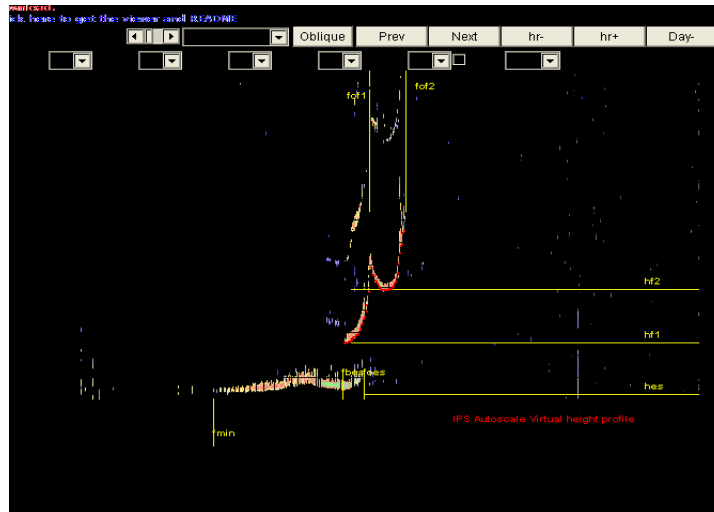


그림 41. 이온층 측정

- 이온층 지도 수직 주파수들

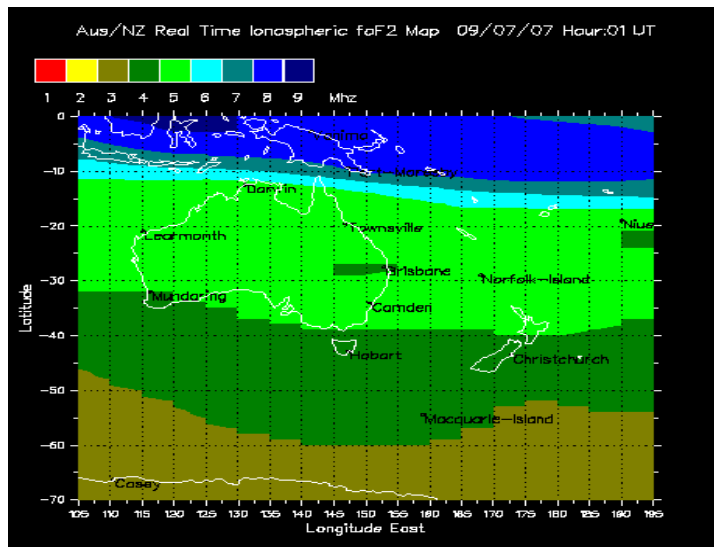


그림 42. 이온층 수직 주파수

- HAP(Hourly Area Prediction)  
: HF 통신기에 대한 권장 주파수의 영역의 기초

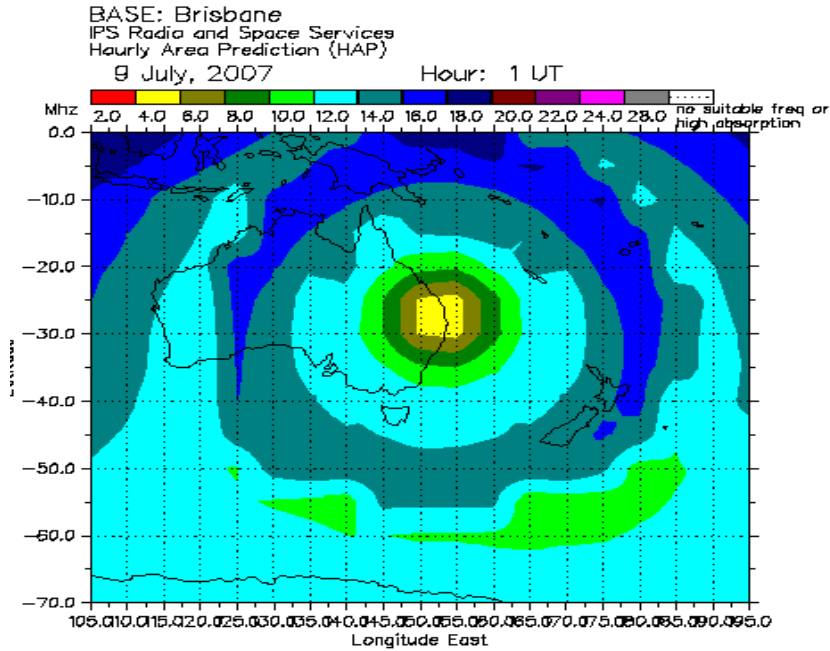
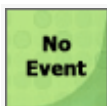


그림 43. HAP

### ③ IPS의 HF 전파 현황 내용

- HF 통신 경고



Last updated 08 Aug 2007 12:00 UT

08 08 07 1200UT: NO IPS HF WARNING IS CURRENT

- 현재 HF 페이드아웃 사건
- HF 페이드아웃 경고

- 극광 흡수

#### (4) 이온층 현황

##### ① 호주 주변 지역의 T 인덱스 맵

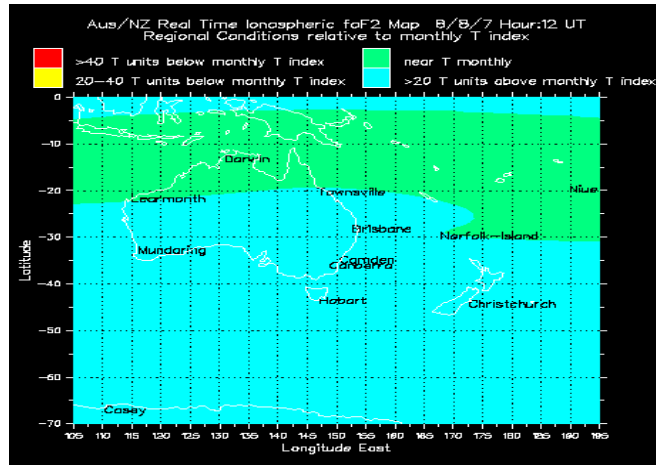


그림 44. 호주 주변 T 인덱스 맵

##### ② 북아메리카

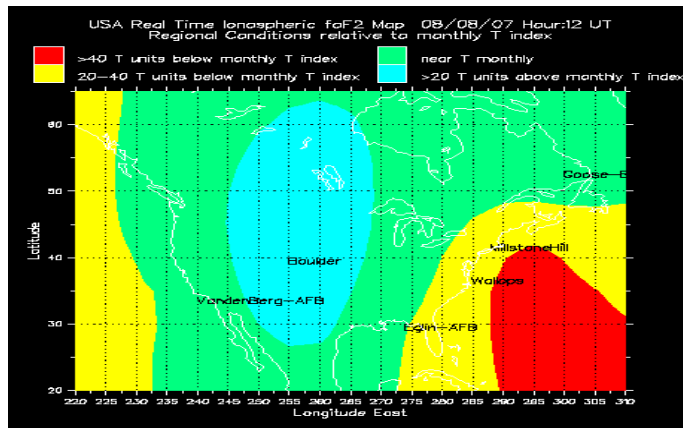


그림 45. 북아메리카 T 인덱스 맵

### ③ 유럽

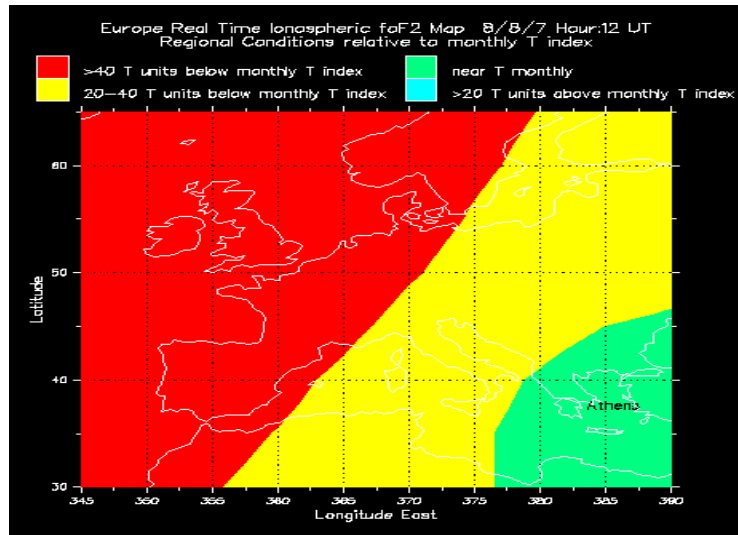


그림 46. 유럽 T 인덱스 맵

## (5) TEC(Total Electron Content) 현황

### ① 호주 주변 지역

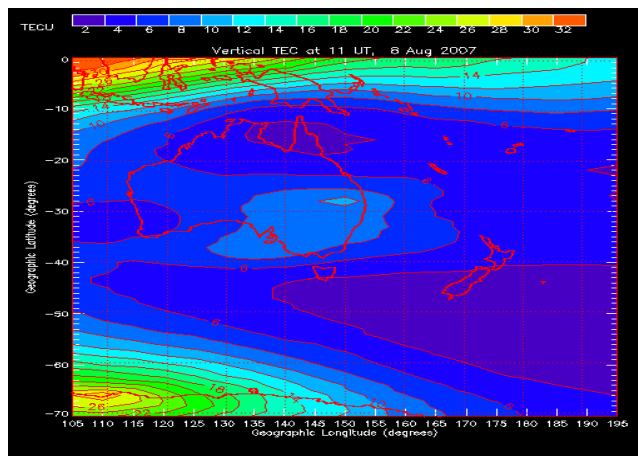


그림 47. 호주 주변 TEC

② 북아메리카

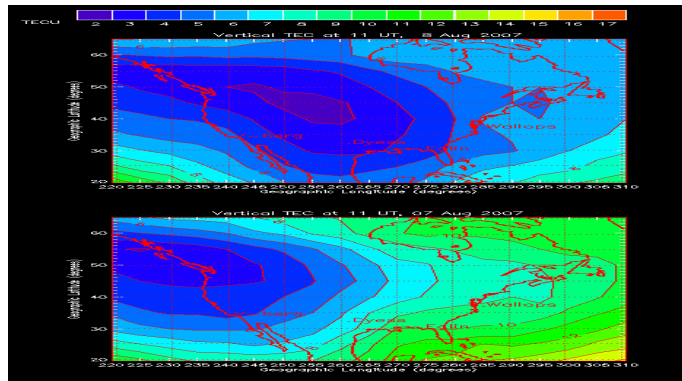


그림 48. 북아메리카 TEC

③ 유럽

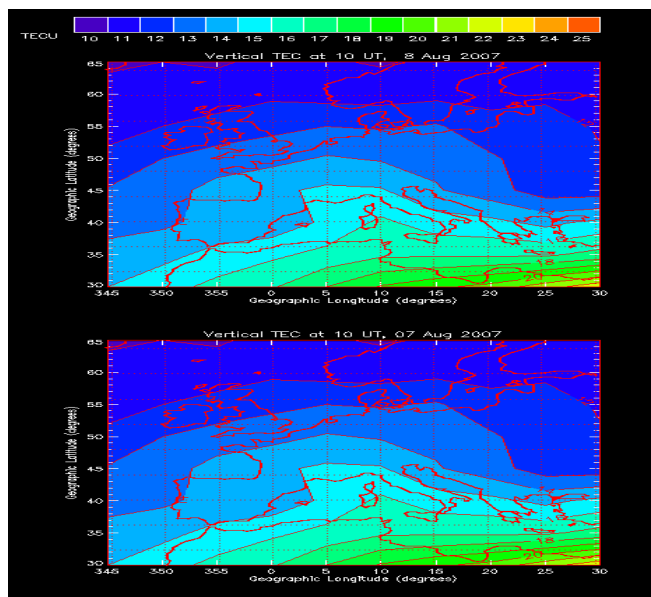


그림 49. 유럽 TEC



#### ④ 전세계

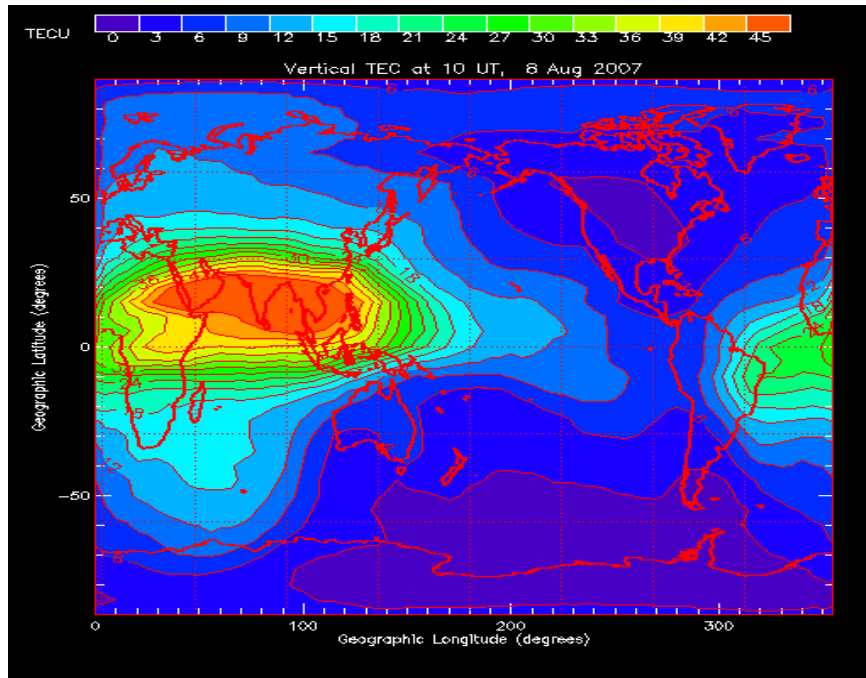


그림 50. 전세계 TEC

#### 4. IPS 전파우주서비스센터 서비스

IPS는 우주환경의 의해 영향이 미치는 시스템과 과학기술의 폭넓은 면에서 지원을 하고 있다.

- ① 통신과 감시 시스템과 같은 HF 전파 시스템
- ② 지구물리 탐사, 파워 시스템 보호 및 원거리 수송관의 부식
- ③ 위성 및 발사체 기능

IPS 상품과 서비스에 의해 일반고객들은 우주환경으로 부터의 영향들을 최대한 관리할 수 있다. 예를 들어, HF 시스템 통신사들은 수요에 대한 가장 적절한 주파수를 결정할 수 있다. 이러한 상품과 서비스들을 결정하기 위해 다음과 같은 고객 가이드를 참고한다.

표 10. IPS 상품 및 서비스

고객 운영		적절한 IPS 상품 및 서비스
HF 전파 시스템	운영	소프트웨어;훈련; IPS에 신청   메일링 목록 IPS에 신청   SMS 서비스
	공학 기술 및 디자인	소프트웨어;훈련;상담
지구물리	항공자기 조사	IPS에 신청   메일링 목록   SMS 서비스
	음극 보호	IPS에 신청   메일링 목록   SMS 서비스
	전원 보호	IPS에 신청   메일링 목록   SMS 서비스
위성 운영		IPS에 신청   메일링 목록

## 가. IPS 전파 및 우주서비스 센터의 메일링 목록

표 11. IPS 메일링 리스트

분류	IPS email 서비스	비고
경고 (Alerts)	극광 사건 가능성	SMS 서비스
	자기 경고 (Magnetic Alert)	SMS 서비스
	지자기 급변 충격 탐지 (Geomagnetic Sudden Impulse Detection)	
	플레어 경고 (Flare Alert)	
	SWF 경고 (SWF Alert)	SMS 서비스
	양성자 경고 (Proton Alert)	
	전파 격류 사건 감지 ( Radio Sweep events detected at Culgoora )	
	GEOST 경고발생 추적 시스템 (GEOMagnetic STorm Alert Tracking System)	SMS 서비스
	태양풍 충격 경고 (Solar Wind Shock Alert)	
	태양풍 지자기 활동 전조 경고 (Solar Wind geomagnetic activity precursor Alert)	
	Forbush 감소 경고 (Forbush Decrease Alert)	
	지상 수준 경고 (Ground Level Alert)	
주의(Warning)	지구물리 경고 (Geophysical Warning)	
	HF 주의 (HF Warning)	
일상 보고 (Daily Reports)	일일 HF 전파 보고 (Daily HF Propagation Report)	
	일일 태양 및 지구물리학적 보고 (Daily Solar and Geophysical Report)	
	일일 유럽 HF 전파 자동 보고 (Automated Daily European HF Propagation Report)	
	일일 태양 전파 플럭스 (Daily Quiet Sun Radio Fluxes from Learmonth)	
주간 보고 (Weekly Reports)	주간 지구 물리 보고(Weekly Geophysical Report)	
	주간 HF 전파 보고 (Weekly HF Propagation Report)	
	주간 태양 및 지구물리 보고 (Weekly Solar and Geophysical Report)	
월간 보고 (Monthly Repots)	관측 및 예측 태양 인덱스 (Observed and Predicted Solar Indices)	
	IPS 관측 및 예측 T 인덱스 (IPS Observed and Predicted T Indices)	
	월간 태양 및 지구물리 보고 (Monthly Solar and Geophysical Report)	E-mail으로 업데이트된 PDF 파일 통보
	월간 태양 및 지구물리 보고 (Monthly Solar and Geophysical Report)	PDF 파일
	전달 태양 및 지구물리 보고서 (Previous Monthly Solar and Geophysical Report)	(PDFs)
기타	Ionosonde 네트워크 자문 그룹 (Ionosonde Network Advisory Group)	
	오스트레일리아 전파Australian radio science general mail list	
	URSI 위원회 G 메일링 리스트 (URSI Commission G Mailing List)	
	전리층 연구 메일링 리스트 (Ionospheric Research Mailing List)	

※ SWF : 단파소실 ( Short Wave Fadeout )

※ 포부시 감소(Forbush decrease effect, 태양 활동이 활발해진 후에 우주선(線) 강도가 갑자기 감소하는 현상). [<미국의 물리학자 Scott E. Forbush(1904-1984)의 이름]

## 나. IPS의 SMS 서비스 신청

호주내에서 IPS 경고발생들 중에서 고객들은 선택하여 이동전화를 통하여 문자를 받아 볼 수 있다. 이동전화를 이용하여 Special Message Service(SMS)를 텍스트로 IPS 경보를 제공한다. 호주내에서만 가능하며 GSM 전화를 사용한다. SMS 정보에는 단파 fadeout (SWF) 경고, 오로라 경고, 지자기 정보가 있다. 고객들은 어떤 경고발생 항목에 대해 1년에 한번 \$32.40(AUD)의 비용으로 신청할 수 있고, 고객은 모든 IPS 서비스들에 대해 1년에 전체 \$40(AUD)의 최소 서비스 비용으로 받아볼 수 있다.

다음과 같은 SMS 경고발생을 이용할 수 있다.

### Short-Wave fadeout (SWF) Alerts

#### Example:

AUSTRALIAN REGION HF FADEOUT ALERT: Minor fadeout 09-11-2000  
start 0309 max 0314 end 0329 UT  
IPS Radio & Space Services  
Details [www.ips.gov.au](http://www.ips.gov.au) ph 02-92138010

### Auroral Alerts

#### Example:

AURORA ALERT: 1318 UT on 10 Nov 2000  
Aurora may be observed at high latitudes.  
IPS Radio & Space Services  
Details [www.ips.gov.au](http://www.ips.gov.au) ph 02 92138010

### Geomagnetic Alerts

#### Example:

GEOMAGNETIC ALERT: 1516 UT on 10 Nov 2000

Minor geomagnetic storm in progress

IPS Radio & Space Services

Details [www.ips.gov.au](http://www.ips.gov.au) ph 02 92138010

GEOSTAT System

Example:

IPS GEOSTAT ALERT 2: STATUS 5

MAJOR GEOMAGNETIC STORM POSSIBLE WITHIN 3-4 DAYS.

IPS RADIO AND SPACE SERVICES

DETAILS [www.ips.gov.au](http://www.ips.gov.au) 02 92138010

#### 다. 고객 지원

사용자를 위성과 GPS 운용, 호주내 지구물리 운용, 지역별(호주, 북미, 뉴질랜드, 유럽, 북대서양 및 일본 지역) 단파 라디오 사용자 및 항공 사용자 등으로 나누어 그에 필요한 실시간 우주환경 정보 및 예보를 제공하고 있다.

##### (1) 위성 및 GPS 이용자를 위한 서비스

- ① 실시간 정보 : GOES 위성의 양성자 및 전자 Flux, X-ray flux 및 최근의 X-ray Flare 기록, 태양풍 속도와 행성간 자기장, 자기권계면 모델 등
- ② TEC 유추 지도 : 호주와 뉴질랜드, 유럽, 일본 지역등
- ③ 간섭 예측 : 지구 정지궤도 위성의 이온층 간섭 효과, 태양과 위성의 간섭예상 시각, 위성 궤도 변화 등

##### (2) 지구물리 사용자를 위한 지원

- ① 실시간 정보 : K 지수 및 그림, pc3 파동지수 및 그림, 지자기 관측결과
- ② 보고 및 예보 : 지자기 및 지구물리 조건의 주간 및 월간 보고, IPS 지자기 경보
- ③ 기록 정보 : 자기장 기록, 지자기 파동지수, K 지수

### (3) 단파 사용자

- ① 등고선 지도 : 실시간 예보 지도, 이온층 지도, T 지수등
- ② 실시간 예보 : 경로별 단파 예보
- ③ 이온층 전파 조건 : 국지적 및 전세계적 이온층 조건, 단파통신 경보, 전리층 관측 기록 및 foF2
- ④ 단파 fadeout : 실시간 도표, 플레어 도표

### (4) 항공 사용자

- ① 등고선 지도 : 실시간 예보 지도, T 지수등
- ② 이온층 전파조건 : 국지적 및 전 세계적 이온층 조건, 단파통신 경보, 오로라 예보
- ③ 단파 fadeout : 실시간 도표, 플레어 도표

## 라. IPS E-mail 고객의 방문자수

아래의 도표는 IPS의 다양한 서비스에 대해 2007년 6월 한달 동안 웹 사이트 방문자와 E-mail 서비스를 받은 사람의 수를 나타내고 있다.

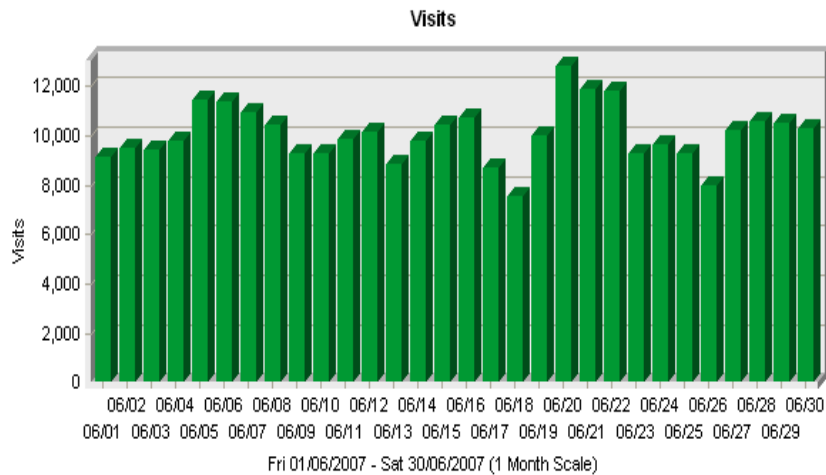


그림 51. IPS 방문자수

## 제 5 절 정보통신부 전파연구소(RRL)

이천 태양전파 관측소에서는 태양전파망원경의 동적 스펙트럼(dynamic spectrum)을 이용하여 태양 코로나에서 발생하는 충격파의 속도를 계산하고 지구 도착을 예측하는 기술을 보유하고 있다. 또 태양전파망원경을 이용하여 태양 전파폭발의 발생순간을 포착하고 Type II burst의 시간당 주파수 변화로부터 태양 코로나에서 발생한 충격파의 속도를 측정할 수 있다.

전파연구소에서는 30 MHz ~ 2500 MHz 대역의 태양전파를 관측할 수 있는 2개의 파라볼릭 안테나와 1개의 대수주기 안테나로 구성된 광대역 태양전파 분광시스템을 1995년에 설치하고 관측데이터 취득, 처리 및 분석용 소프트웨어를 1997년에 자체 개발하였다. 이로서 본격적인 태양전파 관측을 통한 태양전파폭발의 유형과 특성 연구의 토대를 마련하였다(조경석등 1997). 또한 1997년에는 이천과

용인(경희대) 그리고 제주도(제주대)에 지자기 연속관측시스템 구축을 완료함으로써 한반도 지역에서의 위도별 지자기 변화를 실시간으로 모니터하고 코로나 물질방출(CME)과 플레어에 의한 자기권 격변(SC: Sudden Commencement)이나 자기폭풍을 감지할 수 있게 되었다.(최정립 등 1997).

#### 태양전파관측

전파연구소는 우주전파환경 예보를 위해 태양전파, 지자기, 전리층 관측시스템을 운영하고 있다.

표 12. 전파연구소의 관측시설 및 데이터 활용

관측시설	관측데이터	데이터 활용
태양전파분광관측기	30 MHz - 2500 MHz 전파스펙트럼	태양 코로나 활동
지자기 네트워크 (이천, 용인, 제주)	3축 성분의 지자기 변화 및 지자기 총 세기 변화	지자기 변동
전리층 네트워크	Ionogram	전리층 상태

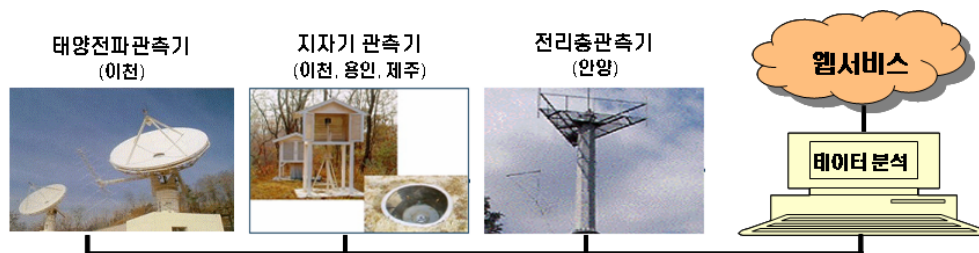


그림 52. 전파연구소 관측 네트워크

## 1. 태양전파

### (1) 전파연구소의 태양전파 관측시스템

전파연구소에는 각각 세 개의 안테나로 30 MHz - 2500 MHz



대역의 태양전파를 관측할 수 있는 광대역 태양전파분광시스템(Solar Radio Spectrograph)이 1995년 설치되었다. 대수주기 안테나(Log Periodic Antenna)는 30 MHz - 100 MHz, 10m 파라볼릭 안테나는 100 MHz - 500 MHz, 그리고 6m 파라볼릭 안테나는 500 MHz - 2500 MHz 대역의 전파를 수신한다. 각 안테나에 수신된 전파는 하이브리드(Hybrid)를 거치면서 좌·우 원편광 성분으로 분리되며, 각 편광전파는 강한 인공신호를 제거하기 위한 필터, 신호의 세기를 증폭하는 저잡음 증폭기(LNA)를 거쳐 스펙트럼 분석기에 입력된다.

1일 관측은 안정된 관측시스템의 운용과 관측데이터의 정확한 처리 분석을 위해 개발된 운용소프트웨어에 의해 데이터 취득에서 실시간 데이터 서비스에 이르기까지 자동으로 이루어진다. 또한 자료 분석을 통해 각 유형의 태양전파폭발 현상을 규명하고 태양 대기에서 진행하여 오는 충격파의 속도 결정을 위한 연구가 이루어졌다.

## (2) 태양전파폭발의 유형

태양전파폭발은 플레어 발생 직후 수 분내에 뒤따르며 메타파(30 MHz - 300 MHz)에서 데시메타파(30 MHz - 3000 MHz) 대역에 걸쳐 수 초에서 수 시간동안 지속되는 다양한 스펙트럼 구조를 갖는다. 이러한 이유 때문에 태양전파폭발에 관한 관측은 비교적 넓은 대역의 전파를 수신할 수 있는 안테나들을 필요로 하는데 시간에 따른 상대적 전파강도의 변화를 표현하는 동적 스펙트럼(dynamic spectrum : 횡축은 시간, 종축은 주파수)으로 표현되며 전파방출 구조, 방출 주파수 변화 및 지속시간에 따라 표 13과 같이 5개 유형으로 분류하여 연구되어 왔다(Wild et al., 1963).

태양전파방출 주파수는 전자의 분포에 따라 달라지므로 태양 코로나 대기모델을 통해 전자밀도 분포를 알고 이를 유형Ⅱ 태양전파폭발 자료에 적용하면 방출주파수와 시간으로부터 태양대기 상에서

진행하는 충격파의 속도를 산출할 수 있다(조경석 등, 1999). 이러한 코로나 충격파의 속도는 지자기 폭풍을 일으키는 태양-지구간 충격파의 초기속도로 사용되기 ( Dry and Smart, 1984) 때문에 태양활동에 의한 우주환경변화를 예측하는데 매우 중요하다.

표 13. 태양전파폭발 유형 분류 및 관련 현상

유형	특징	관련현상
Type I	짧은 주파수 대역에서 연속 전파방출 수시간에서 수일동안 지속	Eruptive Prominence Geomagnetic Storm Ionospheric Storm
Type II	고주파수에서 저주파수로 천천히 하강 Fundamental, Harmonic 구조 수분에서 수십분 동안 지속	태양 코로나 충격파 우주환경변화의 주요 징후 Geomagnetic Storm
Type III	고주파에서 저주파로 급격히 하강 집단으로 발생, 수십초간 지속	태양플레어에 의한 고속의 전자빔
Type IV	플레어 관련 광대역 연속 전파현상 Stationary, Moving Type IV로 분류	태양 Plasmoid
Type V	Type III group과 함께 발생 1~2분간 지속, 구분하기 힘들	고속의 전자빔

### (3) 관측자료 분석 요약

태양활동 현황 및 예보를 위해서는 분석결과를 일정한 형태로 요약하는데 이를 위해 국제천문학회의 태양활동 분기보고 (QBSA : Quarterly Bulletin on Solar Activity, 975) 매뉴얼에 준하여 태양 전파 요약표(표 14)를 만든다. 태양 스펙트럼 관측자료의 분석은 각 유형별 전파폭발 스펙트럼으로부터 관측 시간, 관측소, 전파폭발의 시작 및 종료 주파수, 세기, 유형 등으로 나누어 표 14의 형식으로 분류한다. 전파폭발의 시작 및 종료 주파수는 데시메터파(300 - 3000 MHz) 영역, 메터파(30 - 300 MHz)영역으로 분류되고, 전파폭발의 세기는 정량적(1=weak, 2=moderate, 3=strong)으로, 혹은 1 태양속 단위(SFU)의 전파속 세기에 따라 정성적(1은 50 SFU 미만, 2

는 50 이상 500 미만 그리고 3은 500 이상)으로 3 단계로 나누어 분석된다. 전파폭발 유형은 방출 주파수의 유형과 시간에 따라 5개의 유형으로 분류된다. 표 15은 국제적으로 통용되는 태양전파폭발의 세부분류 기호를 정리한 것이다.

표 14 태양전파 관측자료 분석 요약 도표 (김신겸 등, 2001)

DEC 2000	Time of obs.		Stati on	Events						Spectra 1 Type	Pol & Positi on Rema rk
	Start	End		Decimetric Band			Metric Band				
				star t	End	INT	Star t	End	INT		
1											

표 15. 태양전파분석을 위한 기호 요약 및 내용 (김신겸 등, 2001)

기호	내용	기호	내용
B	단일 폭발	RS	역 드리프트 전파폭발 (reverses lope burst)
G	10 개 이하의 폭발군	DP	이중 드리프트 구조 (drift pairs)
GG	10 개 이상의 폭발군	DC	드리프트 고리 구조 (drift chains)
C	연속전파방출	H	Herring bone 구조
S	전파폭발과 관련된 간헐적인 전파방출	W	약한 전파폭발
		P	맥동형
N	간헐적인 활동	MOV	이동형 (Type IV)
U	U 모양 전파폭발	STA	정지형 (Type IV)

## 2. 지자기 관측망

### (1) 전파연구소의 지자기 관측시스템

전파연구소 이천분소는 지자기 연속관측을 통하여 통신위성에 영향을 미치는 지구근접 우주환경을 연구하기 위하여 1996년 8월에 이천 및 용인(경희대)에 연속관측 시스템을 각각 설치하여 pair station으로 운용하고 있으며 1997년 상반기에는 제주도에 같은 시스템을 추가로 설치하여, 본격적인 한반도 지역에서의 위도별 지자기 변화를 실시간으로 모니터하고 있다.

이천과 용인(경희대) 그리고 제주(제주대)에 구축하여 운용중인 지자기연속 관측 시스템은 동일한 성능의 지상자력계로 구성되어 있다. 이 자력계들은 H (North-South), D (East-West), Z (Upward-Downward) 등의 지구 자기장 성분의 변화를 측정하는 자기장 3축 센서와 지자기 총 변화량의 절대값을 측정하는 프로톤 센서로 이루어져 있다 (최정립 등, 1997).

### (1) 지자기현상 유형

지자기 K 지수를 산출하기 위해서는 각 관측소의 최대 지자기 변동량을 알아야 하고 적절한 계산 알고리즘을 선정하여야 한다. 전파연구소에서는 프랑스의 CETP(지구행성환경연구센터)의 도움으로 이천, 용인, 제주 관측소의 최대 자기장 변동량을 알고 이를 핀란드 기상 연구소에서 개발한 FMI 코드에 적용하여 K 지수를 관측데이터로부터 결정할 수 있었다 (조경석 등, 1997).

지자기 관측 자료의 분석은 지자기 3축 성분의 변화와 지역 지자기 K 지수를 통해 이루어진다. 지자기 3축 성분의 변화는 지자기 현상을 규정하는데 사용되고 지자기 K 지수는 지자기 활동 정도를 규정하는데 사용된다.

지자기 활동지수 K는 3시간 간격으로 평상시 자기장 값을 기준으로 변동하는 자기장의 평균값을 취하여 log scale 에 의해 K0에

서 K9까지 10개의 단계로 나눈다.

우주전파환경 변화에 의한 지자기 변화는 표 16과 같이 분류할 수 있다. 이러한 지자기 변화는 평상시 지구자기장에 의해 차단되었던 고에너지의 대전입자들이 지구에 유입되어 인공위성, 통신, 송전설비 등에 문제를 일으키는 등 우리 경제, 사회에 막대한 피해를 입히게 된다.

## (2) 지자기 분석 요약

지자기 현상은 표 17에서와 같이 수평성분의 변화에 따라 섭동, 교란, 지자기 폭풍의 10단계로 나누어 기록한다.

표 16. 우주전파환경 변화에 의한 지자기 변동 현상

현상 분류	특징	지속시간
Geomagnetic Storm(SSC)	H성분 급격한 증가(SSC)로 시작, 크게 감소한 후 마침내 회복	1일~수일
Sudden Impulse (SI)	H성분 급격한 증가(SSC)로 시작되지만 지자기 폭풍 발생 안함	수시간
Solar Flare Effect (SFE)	태양 플레어에 의한 지자기 변동	수분
Bay	한밤중에 자기장이 증가	1시간

표 17. 지자기분석을 위한 기호의 의미 (김신겸 등, 2001)

기호	의 미	기호	의 미
0	Clam	5	Bay Disturbance
1	Giant Pulsation (ITS Period is short than minute)	6	Impulsive Disturbance
2	Oscillation (PC)	7	Sudden Commencement of Geomagnetic Storm (SSC)
3	Irregulater Disturbance	8	The First Phase of Geomagnetic Storm
4	SFE (Solar Flare Effect)	9	The Main Phase of Geomagnetic Storm

### 3. 전리층

전리층의 변화 현상은 일일, 계절, 위도, 태양활동 주기에 따른 변화 등 크게 4가지로 나눌 수 있다. 일일변화는 전리층 생성의 주요한 원인인 태양 복사의 존재 유무에 따라서 밤과 낮의 전자밀도가 차이가 발생한다. 특히 야간에는 F1, F2 층의 구분이 사라진다. 계절 변화는 사계절에 따라서 F2층의 높이가 변하는데 우리나라의 경우 춘, 추분에서 F2 층의 임계주파수인 foF2 값이 연중 최대값을 가지며 여름과 겨울에는 상대적으로 낮게 측정된다.

그리고 전리층은 저위도, 중위도, 고위도마다 변화 양상이 각기 다르게 나타나며 태양 활동 주기에 따라서 foF2 측정값이 2배 이상 차이가 나기도 한다. 특히 태양활동 주기 변화에 있어서 foF2 값의 변화를 가지고 예측이 가능할 정도로 태양활동과 밀접한 관계가 있다.

### (1) 전파연구소의 전리층관측시스템

높이에 따른 전리층 플라즈마의 전자밀도의 분포를 측정하기 위한 가장 기본적인 방법으로, 전파를 수직 입사하여 전리층내의 여러 전자층에 반사되어 오는 전파를 측정함으로써 전리층내의 전자들의 분포를 높이에 따른 함수로 나타내는 Ionosonde를 통해 관측한다. 전파연구소가 보유하고 있는 Ionosonde는 미국 메사추세츠 대학 로웰 대기연구센터(UMLCAR : Univ. of Mass. Lowell Center for Atmospheric Research)에서 제작한 Digisonde-256이라는 모델로써, 관측 가능 주파수 sweep 범위는 0.1 - 0.3 MHz이며 펄스 파워는 5 kW, 밴드폭은 20 KHz, 관측 주파수는 100 kHz 단위로 기기를 설정하여 운용 중에 있다. Ionogram이라고 한다. Ionogram은 전파가 반사되어 수신된 결과를 나타낸 것이므로 그림을 해석하면 관측 당시의 전리층 상태를 알 수 있다.

## 제 4 장 우주전파환경 감시 체계

### 제 1 절 Hiraiso 태양 관측소의 관측 기기

일본 히라이소 태양 관측소는 우리 나라의 정보통신부 산하 전파 연구소와 비슷한 성격의 관측소이다. 전파통신에 장애를 우주 환경 예보를 위해 태양을 관측하며 주로 전파 관측을 한다. 주로 5개의 전파 망원경으로 태양 전파를 관측하면서 2개의 굴절 망원경으로 광학적인 관측도 수행한다. 본 연구에서는 히라이소 태양 관측소에서 사용하는 2개의 광학망원경과 관측기기에 대해 조사를 하였다.

#### 1. 히라이소 H $\alpha$ 망원경과 CCD 카메라의 사양 및 특성

히라이소 H $\alpha$  망원경은 두 개의 CCD 카메라를 장착한 굴절 망원경이다. 주경은 150mm이며 초점거리는 2250mm로 f/ratio가 15이다. 망원경의 공간 분해능을 알기 쉽게 나타내면 태양 면의 1000km가 1.5"이다. 그리고 CCD 카메라를 사용하여 Image를 획득하는 데 걸리는 시간은 기본적으로 2분이 소요되며, 이미지의 크기를 줄이면 20초 동안에 3개의 이미지를 얻을 수도 있다. 전원 스위치의 작동만으로 데이터를 취득할 수 있도록 Nikon사에서 제작하였으며 사용되는 CCD 카메라는 픽셀 수가 2029×2048개인 전면상 관측용과 1340×1037개의 픽셀을 갖는 확대 관측용이 있다. 그림 53은 히라이소의 H $\alpha$  망원경의 모습이며 표 18과 표 19에 H $\alpha$  망원경과 두 개의 CCD 카메라의 사양에 관해 정리하였다.





그림 53. 히라이소 H $\alpha$  망원경의 모습

표 18. 히라이소 H $\alpha$  망원경의 사양

Design	Kepler 식 굴절 망원경
유효구경	150 mm
초점거리	2250 mm
초점비	f/15
Automatic Observation System, Real-Time Frame Selection	

표 19. 히라이소 H $\alpha$ 용 CCD 카메라

	Full-Disk	Close-Up
Format	2029×2048	1340×1037
Fullwell	85,000	45,000
A/D	8/(10) Bit	8 Bit

## 2. 히라이소 White-Light 망원경과 CCD 사양 및 특성

표 20. White-Light 망원경 및 CCD 사양

Design	Kepler 식 굴절망원경	
초점길이	Objective	1200mm
	Collimator	170mm
	Camera	250mm
Final Focal Length	1765mm	
Camera	Full Frame CCD	
픽셀 수	2047×2029	
공간 분해능	1.05 arcsec / pixel	
A/D	10 bit	



그림 54. 히라이소 White-Light 망원경의 모습

히라이소의 White-Light 망원경 역시 150mm 굴절 망원경이다. 이 망원경의 가장 큰 특성은 장착되는 관측 기기에 따라 초점 길이가 변한다는 것이다. 보통의 망원경은 여러 종류의 관측 기기를 부착하여도 초점 길이나 초점비가 변하지 않지만 이 망원경은 초점 길이가 변한다. 망원경의 초점 길이는 1200mm로 초점비가 8이지만 Collimator와 CCD 카메라를 장착하고 나면 초점 길이가 1765mm로 바뀌어 초점비 역시 약 12로 바뀐다. H $\alpha$  망원경과 마찬가지로 전자동 관측 시스템을 구축 하고 있으며 장착되는 CCD 카메라의 픽셀 수는 2047×2029개이다. 그림 54는 히라이소의 White-Light 망원경의 모습이고 표 20는 망원경의 사양 및 CCD 카메라의 사양을 정리한 것이다.

## 제 2 절 경희대학교 태양관측 장비

경희대학교 태양물리연구실에서는 태양활동 감시를 위한 장비로서  $H\alpha$  망원경과 태양 분광관측용 망원경을 보유하고 있다. 본 연구실에서는 이미 태양 관측시스템으로서  $H\alpha$  미세구조 관측계와 백색광 전면상 관측계의 두가지로 구성하였다.  $H\alpha$  미세구조 관측계는 초점비가 10인 구경 8인치 Celestron 반사망원경과  $H\alpha$  단색필터 및 CCD로 구성되어 있으며 태양 활동영역의 세부구조가 디지털화상으로 출력되어 이를 컴퓨터로 전산처리 할 수 있도록 제작하였다. 백색광 태양 전면상 관측계는 구경이 6인치인 굴절망원경에 태양광 감쇄필터와 비디오 CCD 카메라를 장착한 구조로서 백색광 태양 전면상을 비디오에 녹화하고 TV로 상시 모니터링 할 수 있도록 개발하였다(김일훈, 1998). 이러한  $H\alpha$  시스템은 더욱 성능향상을 통해서 현재는 네트워크를 이용해서 관측단계를 자동화 단계로 발전 시켰다. 또한 최근에 태양분광 관측을 위하여 새로운 시스템인 태양 분광망원경을 개발하였다. 태양 분광망원경은 태양의 방출지역의 물리적인 특성을 규명하는데 목적이 있다. 이 시스템은 중분산용 Grating을 이용하여 가시광영역의 태양흡수선을 관측하는 것으로 고속 디지털 CCD 카메라를 채택하였고, 현재 초기 관측결과를 얻는 단계에 있다.

### 1. 태양 활동 감시 장비

#### 가. 태양 활동영역의 $H\alpha$ 영상 취득 시스템

##### (1) 특징

- ① 슬라이딩 루프가 장착된 관측소를 제작
- ② 고정식 가대를 설치하여 상시 관측이 가능

- ③ F수가 증가된 저 분산렌즈 사용으로 태양의 미세구조 관측
- ④ 네트워크를 이용한 원격제어로 태양관측 시스템의 상시 운용 가능
- ⑤ 전지역에서 인터넷 망을 이용 태양관측 자료의 취득 및 분석 가능

## (2) 관측기기 제원

- ① 슬라이딩 루프 관측소 제작
  - 학과 건물 옥상에 설치
  - 고정식 가대 설치
  - 인터넷 이용이 가능한 관측용 PC
- ② 6인치 F/15 굴절 망원경
  - 미국 D&G Optics에 주문 제작
  - MgF2 coating ED Lens
  - 경통 지름 18cm, 경통 길이 215 cm
- ③ Coronado SolarMax90 Ha Filter
  - 90mm Aperture
  - Bandwidth  $< 0.7 \text{ \AA}$
  - Thermal Stability  $0.005 \text{ \AA}/^{\circ}\text{C}$
- ④ New Atlux 적도의
  - Vixen의 독일식 적도의
  - 탑재 중량 : 25kg
  - RS232c를 통하여 PC에서 적경, 적위 모터를 제어
- ⑤ Nikon D100
  - 600만 화소 CCD
  - Nikon Capture 를 이용하여 PC를 통한 제어
  - USB를 통하여 PC에서 노출, 이미지 저장 형식, 인터벌 촬영 등을 제어



그림 55. Ha 망원경

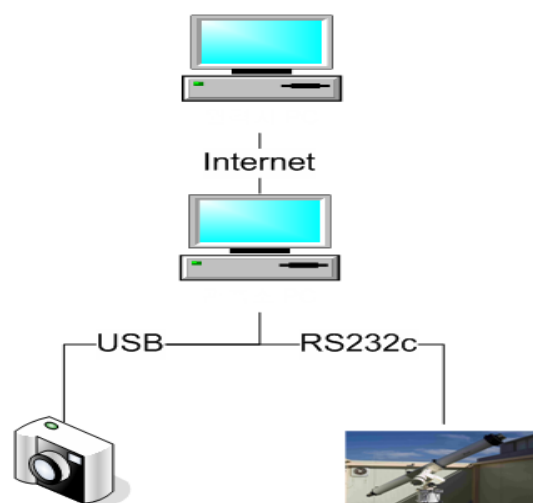


그림 56. 관측 네트워크

## 나. 태양 분광관측용 시스템

### (1) 특징

- ① 태양활동의 극대기를 대비한 시스템
- ② 중분산용 Grating을 이용한 태양 분광관측 시스템
- ③ 초당 30 프레임의 고속 데이터 획득

(2) 관측기기 제원

- ① Telescope : 12cm 평면경
- ② Objective Mirror : 6 inch, f5
- ③ Slit : 10  $\mu\text{m}$  (variable)
- ④ Collimator : 50mm dia.
- ⑤ Grating : 600 grove/mm
- ⑥ Imaging Lens : 50mm dia.
- ⑦ Digital CCD Camera : - ST-1600ME (SBIG)  
(1530 X 1020 Pixels )  
- Dalsa 1M30  
(1024x1024 pixels)

(3) 분광관측 이미지

- ① Grating의 분산 차수에 따른 파장의 중첩을 막기 위해 Pre-filter를 사용
- ②  $H_{\alpha}$ 를 중심으로 300 Pixels을 선택한 line Profile (그림 57)
- ③ 분해능 : 0.22  $\text{\AA}/\text{pixel}$

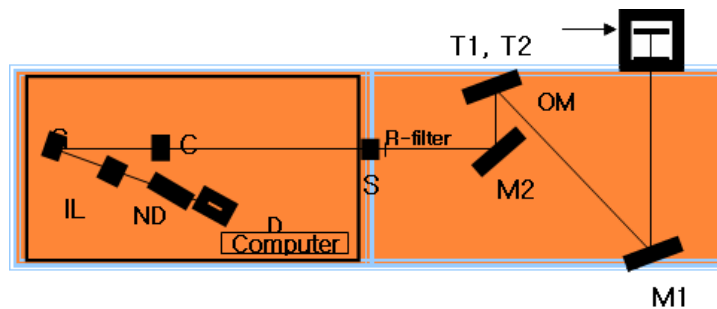
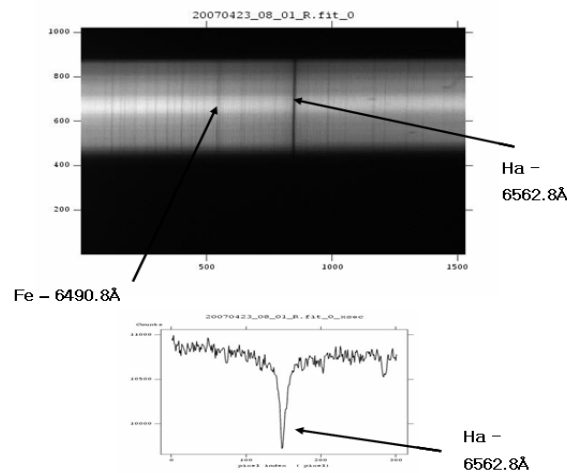


그림 57. 분광 관측 시스템



2007/04/23, 12:41 관측이미지

그림 58. 분광 이미지

### 제 3 절 노베야마의 전파 헬리오그래프 (Radio Heliograph)

노베야마 전파헬리오그래프(NoRH)는 동서 490m 남북 220m의 T자형 선상으로 안테나를 84대 배치한 태양관측전용의 전파망원경이다. 17GHz 태양전파간섭계와 달리 동서 남북으로 안테나를 배열시켜 2차원 전파강도분포(전파사진)를 구할 수 있다. 84대로 수신한 태양에서 발생한 전파는 컴퓨터로 자료처리하면 구경 490m의 안테나로 관측한 것과 동일한 화상이 구해진다. NoRH로 관측하고 있는 전파(주파수 : 17.34GHz)로는 구름도 투명하기 때문에 흐린 날이나 비가오는 날에도 전천후 태양관측이 가능하다. 과거 17GHz 태양전파 간섭계의 건설 및 운용의 경험을 기반으로 노베야마 전파헬리오그래프가 건설되었다.





그림 59. 하늘에서 본 노베야마 전파헬리오그래프. 여기서 헬리오(Helios)는 태양 그래프(Graph)는 촬영장치를 의미한다.

노베야마 전파헬리오그래프는 간섭계로서 막 취득한 생생한 자료는 안테나 조합의 상관치의 집합체이다. 이것은 태양 밝기의 공간 분포를 푸리에 분석한 것에 맞춘다. 따라서 분석을 위해서는 이 자료로부터 태양화상을 합성할 필요가 있다. 그러나 실제로는 과학적 성과를 효율을 높이기 위해 화상, 데이터베이스 등을 자동적으로 매일 작성하여 웹상에 공개하고 있다.

직경 80cm의 파라볼라 안테나 84기가 동서 490m 남북 220m 의 T자형 선상으로 배치된 태양관측 전용의 전파망원경. 1990년도부터 2년간에 총 공사비 18억엔(150억원)을 들여 건설하여 1992년 4월에 최초의 태양전파상의 촬영에 성공하여 그해 6월 말부터 현재까지 매일 8시간씩 연속관측을 수행하고 있다.

## 1. 관측 기기

### 가. 노베야마 전파헬리오그래프의 제원

- ① 관측주파수 : 17GHz(좌우 양 원편파), 34GHz(강도 전용)
- ② 관측시야 : 태양전면
- ③ 공간분해능 : 10초각(17GHz)  
5초각(34GHz)  
(참고: 태양반경  $\approx$  약 1000초각)
- ④ 시간분해능 : 0.1초(플레어 발생시)  
1초 (정온시)
- ⑤ 가동개시 : 1992년 6월(17GHz)  
1995년 11월(34GHz)



그림 60. 전파헬리오그래프용 안테나

## 나. 노베야마 편파계

강도편파계(편파계로 통칭)는 여러 주파수로 태양전면에서 나오는 전파의 세기와 편파(전파의 진동방향)를 정확히 측정하여 태양활동의 모습을 조사하고 있다. 태양활동이 활발한 시기(2011년 전후 예상)에는 격렬한 폭발현상(태양플레어)이 빈번하게 발생하여 그때 발생하는 고온, 고에너지 전자가 방출하는 전파를 다수의 주파수로 계측하여 근본 폭발기작을 규명하는 것이 이 장치의 목적 중의 하나다. 편파계 내의 1, 2, 3.75, 9.4GHz 안테나는 원래 나고야 대학의 토요가와 연구소에서 옮겨온 것으로 1994년 4월에 노베야마로 이전되어 설치, 통합되었다. 토요가와에서의 관측은 3.75GHz는 1951년부터 9.4GHz는 1956년부터 1GHz, 2GHz는 1957년부터 시작되었다.

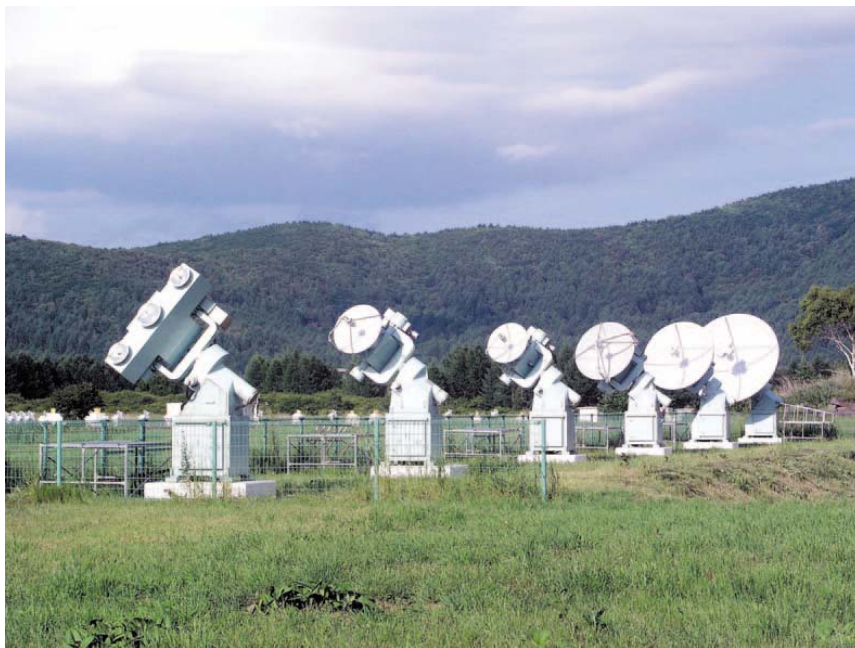


그림 61. 강도 편파계

#### 다. 17GHz 전파간섭계

관측주파수 : 17GHz

관측시야 : 태양전면

공간분해능 : 3분각(1971-1978년), 50초각(1978-1981년), 25초각(1981년 이후)

시간분해능 : 0.8초(1978년 이후)

가동기간 : 1971년 10월 ~1978년6월(개보수)~1992년 7월

17GHz 태양전파간섭계는 1971년 제작된 태양관측용 전파망원경이다. 동서로 나열된 12대의 안테나를 사용하여 태양의 동서 1차원 전파강도분포를 측정하는 장치였다.

완성당시에는 컴퓨터 등이 없는 시대였기 때문에 하루 수매 정도의 강도분포밖에 취득할 수 없었다. 이후 1978년에 대대적으로 수리하여 관측자료를 컴퓨터로 처리할 수 있게 한 결과 0.8초에 1장의 강도분포도를 얻을 수 있게 되었다. 또한 안테나를 3대 증가시키고 안테나 배치를 공부하여 공간분해능을 두배로 늘렸다. 1992년 이 간섭계의 제조 운영의 경험을 기초로 제작한 전파헬리오그래프를 완성한 후 운용을 정지하였다.



그림 62. 완성 당시(1971년)의 모습



그림 63. 1980년대 초의 사진

#### 라. 관측 사례

##### - 노베야마전파헬리오그래프로 관측한 금성의 태양면 통과

2004년 6월 8일 실로 122년 만에 태양면 위로 금성이 지나가는 현상이 일어났다. 많은 사람이 이를 관측하기 위해 기다렸으나 당일 장마전선의 영향으로 대부분의 지역이 비가 와서 관측할 수 없었다. 그러나 전천후 관측이 가능한 노베야마 전파헬리오그래프는 금성이 태양면을 통과하는 모습을 다음 그림과 같이 관측할 수 있었다.



그림 64. 전파로 본 금성의 태양면 통과 현상. 왼쪽에서 두 번째 그림 좌 하단에 금성의 그림자가 보이기 시작하여 점차 태양면을 이동하여 지나가는 것이 확인되었다.

## 제 4 절 호주의 태양 관측소

### 1. Culgoora 관측소

호주에 고 분해능의 미터파 태양전파망원경(전파 헬리오그래프)을 설립하고자 하는 야심찬 건설계획이 1961년 Wild에 의해 제안되었다. 이 계획은 과거 1962년 포드재단에서 기부한 50만불(후에 63만불로 증액됨)의 후원금으로 실행에 옮겨져 전파헬리오그래프를 건설하였다. 설계된 전파헬리오그래프 배열 안테나 시스템 구경은 3km로 이에 마땅한 설치지역으로 뉴사우스 웨일즈의 북서 방향의 Narrabri 마을 서쪽 26km에 위치한 광야의 쿨구라로 결정하였다.





그림 65. 쿨구라 태양관측소 ; 비행기에서 내려다 본 건설 당시의 모습. 직경 3km의 원둘레가 잘 나타나 있다.

## 가. 관측 기기

### (1) 전파헬리오그래프

1968년 초기 빔크기 3.8', 주파수 80MHz의 전파로 태양의 전면상을 관측함. 1972년에 새롭게 전파헬리오그래프를 개조하여 160, 80, 43.25MHz의 3가지 주파수로 관측가능하게 됨. 기존의 안테나는 80, 160MHz를 모두 관측하였고 48개의 반사경안테나는 43.25MHz를 관측하도록 제작되었다.

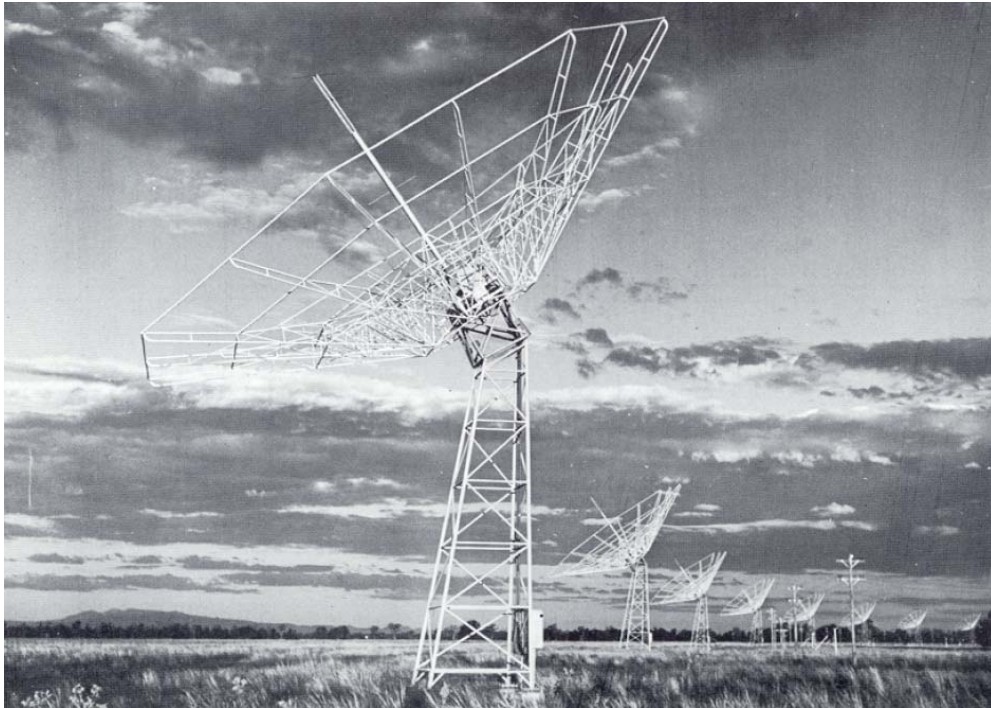


그림 66. 96개의 안테나로 배열된 전파헬리오그래프. 직경이 3km인 안테나  
 배열과 80MHz의 전파를 수신하는 각 망원경은 직경이 15m로 선  
 그물표면을 하고 있다. 이 관측기기로 흑점의 출현 및 성장 등의 태양활  
 동에 대해 1967년에서 1986년까지 연구하였다.

관측기기는 태양 관측에 있어서 전파 뿐 아니라 광학 관측을 수행  
 하고 있다.

① 태양 폭발성 활동 (flare) 관측은 Ha 관측기기를 이용하  
 고 있으며 이 시스템은 구경이 12cm인 망원경이다.

② 태양의 흑점 관측은 구경이 30cm인 망원경으로 heliostat  
 시스템이다.

③ 태양 전파 분광은 매 3초 마다 18-1800MHz의 주파수 범  
 위에서 연속적으로 변화시켜 관측을 하고 있다. 이는 태양 전파 폭



발을 모니터하는데 목적이 있고, 약 1시간 간격으로 업데이트를 하고 있다. 특히 전파폭발은 주파수가 낮은 쪽으로 천천히 변화하는 유형 II(type II)에 대한 데이터를 제공하고 있다. 유형 II는 x-ray 태양폭발과 CME(Coronal Mass Ejection)과 밀접한 관계가 있다.



그림 67. 쿨구라 관측소  
(Culgoora Observatory)

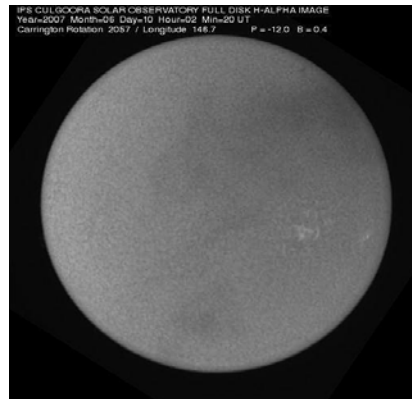


그림 68. Ha 이미지  
(쿨구라 관측소, 2007. 6. 10 02:20 UT)

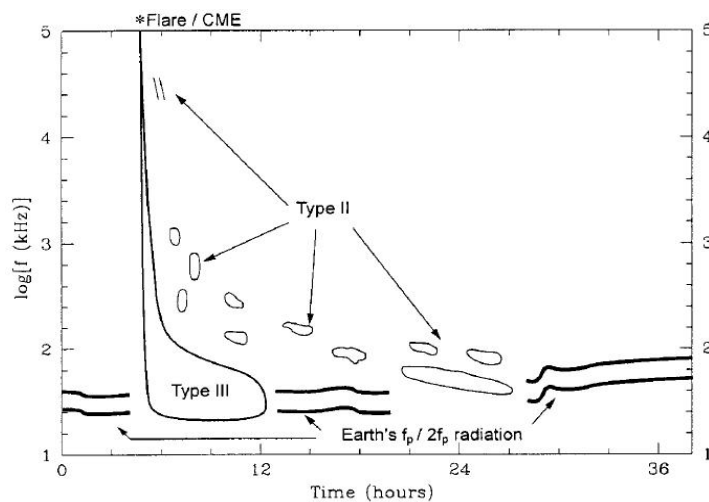


그림 69. 전파폭발 유형 II 와 유형 III 개념도

Culgoora Observatory  
01/01/05 00:29 Type II Event  
Last updated 01 Jan 2005 05:13 UT  
URASP 85303 50101 18183 ///1 20721 20029 30050  
PLAIN  
PRESTO CULGOORA 01/0410UT JAN 2005  
SOLAR RADIO EVENT 1:  
    DRIFTING: 720 - 20 MHZ  
    START TIME: 0029 UT   END    TIME: 0050 UT  
    SPECTRAL TYPE: TYPE II BURST  
    IMPORTANCE: STRONG  
    FUNDAMENTAL AND HARMONIC VISIBLE  
    ESTIMATED SHOCK SPEED: 800  
    NO CULGOORA HALPHA DUE TO CLOUD, LAST OPTICAL OBS 2356UT JUST BEFORE  
    EVENT. STRONG SHORTWAVE FADEOUT OBSERVED 0029-0038UT. RADIO EVENT  
HAD  
    LARGE FREQUENCY RANGE, GOOD INTENSITY, BUT RELATIVELY SHORT DURATION.  
[HTTP://WWW.IPS.GOV.AU/CATEGORY/SOLAR/CULGOORA%20OBSERVATORY/LAST%20TYPE%20II%20EVENT/LAST%20TYPE%20II%20DIAGRAM.PHP?CATID=5&SWPCID=2&SECNAME=CULGOORA%20OBSERVATORY&SUBSWPCID=3&SUBSECNAME=LAST%20TYPE%20II%20EVENT&LINKNAME=LAST%20TYPE%20II%20DIAGRAM](http://www.ips.gov.au/category/solar/culgoora%20observatory/last%20type%20ii%20event/last%20type%20ii%20diagram.php?catid=5&swpcid=2&secname=culgoora%20observatory&subswpcid=3&subsecname=last%20type%20ii%20event&linkname=last%20type%20ii%20diagram)  
IPS RADIO AND SPACE SERVICES       | EMAIL: ASFC@IPS.GOV.AU  
PO BOX 1386                        | WWW: HTTP://WWW.IPS.GOV.AU  
HAYMARKET NSW 1240 AUSTRALIA     | FTP: FTP://FTP.IPS.GOV.AU  
TEL: +61 2 9213 8010               | FAX: +61 2 9213 8060  
IMPORTANT: THIS E-MAIL, INCLUDING ANY ATTACHMENTS, MAY  
CONTAIN,CONFIDENTIAL  
OR COPYRIGHT INFORMATION. THE VIEWS EXPRESSED IN THIS MESSAGE ARE  
THOSE OF  
THE INDIVIDUAL SENDER, UNLESS SPECIFICALLY STATED TO BE THE VIEWS OF IPS.  
IF YOU ARE NOT THE INTENDED RECIPIENT, PLEASE CONTACT THE SENDER  
IMMEDIATELY  
AND DELETE ALL COPIES OF THIS E-MAIL AND ATTACHMENTS. OCCASIONALLY IPS  
SENDS  
EMAIL PROMOTING IPS PRODUCTS AND SERVICES TO ITS MAILING LIST  
CUSTOMERS.  
IF YOU DO NOT WISH TO RECEIVE THIS PROMOTIONAL MATERIAL PLEASE EMAIL  
NO-SPAM@IPS.GOV.AU WITH THE SUBJECT HEADER:UNSUBSCRIBE"  

---

IPS-CLG-RADIO-SWEEP-EVENT MAILING LIST  
IPS-CLG-RADIO-SWEEP-EVENT@IPS.GOV.AU

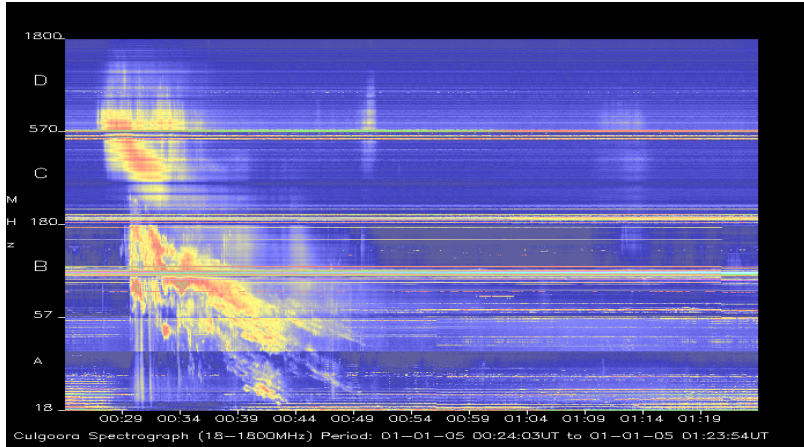


그림 70. 켈구라 전파 폭발 분광 관측 데이터  
(18-1800MHz)  
(2005. 01. 01 , 00:24:03UT - 01:23:54UT)

## 2. 리어만스 태양관측소 (Learmonth Solar Observatory)

Learmonth 태양 관측소는 IPS 전파 및 우주서비스 센터 (IPS Radio & Space Services)와 연결되어 운영되고 있다. 또한 이 관측소는 여섯 개의 태양속도 이미저(imager) 중에 전 세계적인 GONG(Global Oscillator Network Group network operated by NOAO(U.S. National Optical Astronomy Observatories))의 사이트 중에 하나다.

### 가. 설립 및 운영

리어만스 태양관측소는 1977년 10월 호주와 미국정부사이의 협정으로 설립되어 1979년 4월부터 정상 운영되었다. 운영방식은 IPS 호주 정부의 전파우주국과 미국 공군(USAF)이 공동 운영하였다.

이 관측소는 호주 서부의 북서 끝단(22.2°S, 114.1°E) 위치에 소재해 있고 Exmouth 만을 동서로 내려다보고 있다. 이것은 미공군에 의해 세계 도처에 설립된 태양관측소(태양 전자-광학망, SEON) 망의 하나이다. 또한 호주에 있는 두 개의 태양정찰관측소 중의 하나이다. 맑은 날의 경우 하루 평균 9시간 이상 관측 가능하며 관측소는 일주일에 7일을 해가 떠서 질 때까지 IPS 전파 우주국과 미공군 기상대(AFWA), 제15 통신비행대 및 NOAA 직원이 근무한다.

연구 직원은 감시 해석 관측분석가, 유지관리 기술자 및 행정관리들이다. 리어만스 관측소는 태양 감시를 위해 광학 및 전파망원경을 운영한다. 호주 지질조사 협회와 협력하여 태양활동의 지자기 효과를 감지하기 위해 마그네토미터를 운영하고 있다. 이온존테는 지구고층대기 상태를 조사하기 위해 사용되고 있다.

## 나. 관측장비

### (1) 태양 광학 망원경

이 관측소의 태양망원경은 25cm 구경의 대물렌즈가 장착된 굴절 망원경이다. 태양을 자동 추적하고 컴퓨터로 망원경을 제어하여 태양광을 자료취득 장비로 보낸다. 주변 기기로는 백색광 투사판과 채층관측용  $H\alpha$  필터, Zeeman 마그네토그래프를 장착한 분광기, 35mm 사진카메라, 디지털 화상처리 시스템 등이 있다.  $H\alpha$  단색상은 플레어 자동정찰을 위해 밝기와 면적 분포 히스토그램으로 전산 처리된다. 컴퓨터는 태양 내 관심지역이 적어도 분당 두 번 스캔 되도록 망원경을 제어한다. 태양표면상 각 활동영역의 플레어 발생 잠재력을 결정하기위해 자기장 도를 만들어 낸다.

## (2) 전파 망원경

세 개의 포물면 접시안테나는 8개의 주파수의 전파를 수신한다. 가장 큰 8.5m 구경의 안테나는 246, 410, 610MHz를 감시하는데 사용된다. 두 번째 크기의 2.4m 접시안테나는 1414, 2695, 4995, 8800MHz의 마이크로파를 감시하는데 사용된다. 가장 작은 1m 접시 안테나는 15400MHz의 고 마이크로파 주파수를 모니터한다. 주파수 간섭 라디오미터(30~80MHz)는 태양 코로나 활동을 감시한다. 전파망원경의 신호출력은 디지털화 되고 처리되어 폭발적 태양활동에 대해 분석되고 기록된다.

## (3) 자기측정기(Magnetometers)

세 축의 플럭스게이트 자기측정기는 지구자기장의 세 방향 수직성분을 감시한다. 양성자 세차 자기측정기는 1 나노테슬라 보다 높은 정밀도로 총자기장 값을 기록한다.

## (4) 이온노존데(Ionosonde)

디지털 이온층 탐측 시스템은 이온층의 임계주파수, 고도, 편파, 반사점과 도플러 운동에 대한 정보를 제공하기 위해 디지털기술을 사용한다. 일상의 이온층탐측은 1-20MHz 범위의 주파수를 휩쓰는 것이다. 이온존데는 전파가 투과되기 전 간섭주파수를 관측한다.

다. 자료 수집, 배포 및 사용

리어만스에서 수집된 정보는 직접 호주와 미국에 있는 예보센터에 보고된다. IPS 호주 우주예보센터는 호주지역 내의 고객들에게 우주환경예보서비스를 제공한다. 미국에서는 코로라도 보울더에 있는 우주환경센터와 네브라스카 오마하와 코로라도 스프링스에 있는 미공군기상대(AFWA)에서 자료를 수신한다. 이 천문대에서 나오는 자료는 시드니에 있는 IPS와 전세계 각지의 연구자가 이용 가능한 코로라도 보울더의 세계자료센터에 보관된다.

## 제 5 절 미국 오웬스밸리 태양전파망원경

OVSA(Owens Valley Solar Array)는 고도가 약 1,220m에 위치하고 있다. 는 태양 대기에 대한 높은 분해능의 마이크로파 관측을 수행하는 태양 전용 전파 관측소이다. 현재 기기의 배열은 1-18 GHz의 45개의 주파수에 대해 태양을 관측하고 있으며 2m 안테나 3개와 27m 안테나가 쌍으로 구성되어 있다. 주된 목적은 다음과 같다.

### 1. 과도한 에너지 현상

- ① 태양의 에너지 방출
- ② 플라스마 가열 과 전자 가속
- ③ 전자 수송
- ④ 큰 스케일 구조의 형성과 불안정

## 2. 코로나 자기장

- ① 코로나 자기장의 측정
- ② 시간에 따른 코로나 자기장의 전개 과정
- ③ 코로나류의 역할
- ④ 자기장 에너지의 저장과 방출

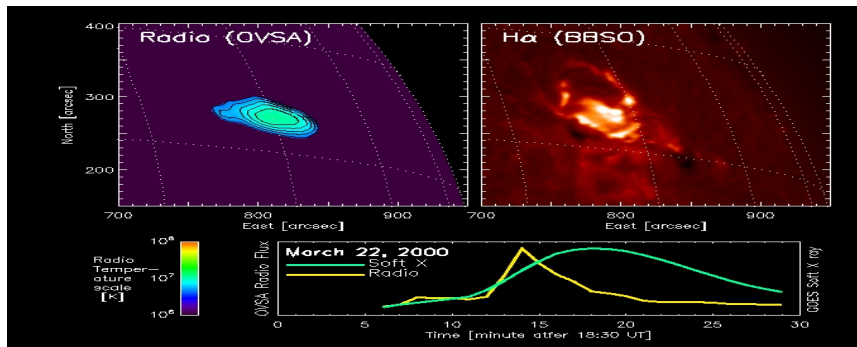


그림 71 X-ray 플레어 전파 이미지 (OVSA 전파 및 BBSO H-alpha)

(2000. 3. 22, X 1.1 태양 플레어)

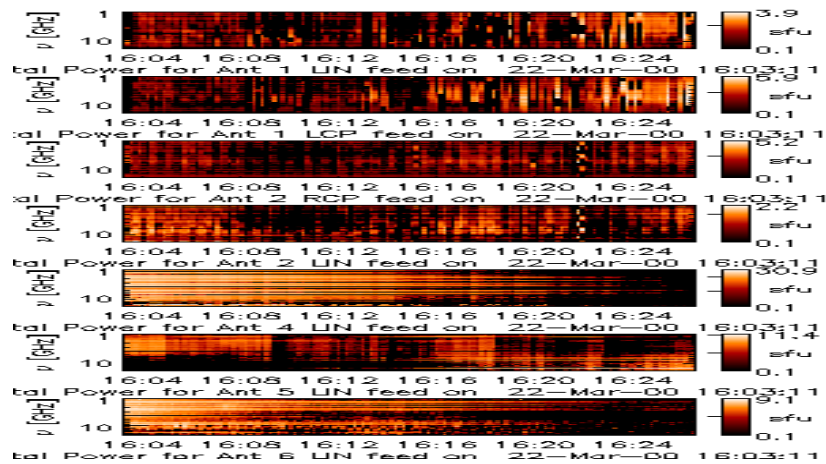


그림 72. OVSA 1-18GHz 전파 데이터(2000.3.22 16:03UT)

## 가. 장 비

오웬스밸리 태양배열망원경의 장비는 크게 두 종류로 27-m 안테나와 3개의 2-m 안테나로 구성되어있다.

또한 다음과 같은 특징을 갖는다.

- ① 각각의 안테나는 대수 주기(代數 週期) 안테나(log-periodic)으로 1-18GHz RF, 낮은 잡음 급송, 실내온도, 넓은 파장대의 FET pre-amplifiers의 수신.
- ② 각각의 수신기들은 1-18GHz의 범위에서 200MHz의 하모닉으로 조정가능하고, 20ms보다 짧은 위상고정을 얻음.
- ③ 이 시스템은 좌우 원형편광과 선형편광 복사를 기록.

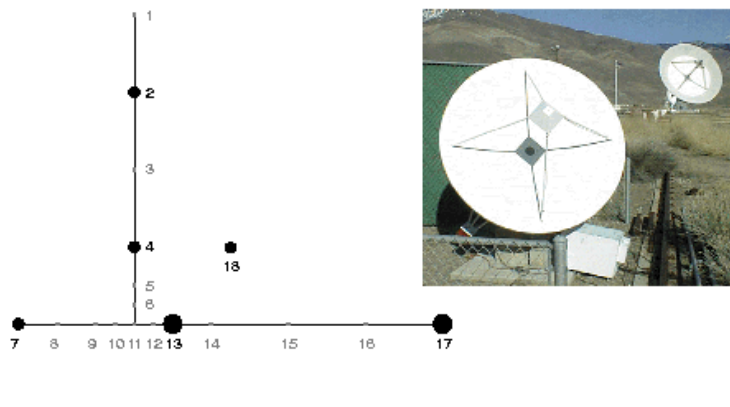


그림 73. OVSA(Owens Valley Solar Array)의 구성도

그림 73에서 13번과 17번은 27-m 안테나가 위치하고, 2번, 4번, 7번, 그리고 18번은 2-m 안테나가 위치하고 있다.



표 21. RSTN과 SBRL 비교

	RSTN	SBRL
Polarization	linear	linear(<1GHz), circular((1-18GHz))
No. Freq's sampled per record	8	120
Frequencies tuned(MHz)	245, 410, 610, 1415, 2695, 4995, 8800, 15400	245, 410, and 610 (up to 5 samples each), 1000-18000 (the rest of 120)
Single or Double SideBands	1MHz SSB below 3 GHz 30MHz DSB above 3GHz	1 MHz SSB below 1 GHz 40 MHz DSB above 1 GHz
Sample period (per freq.)	1 sec	40 ms (30 ms of which is used)
Sample oder	simultaneous	sequential
Stabilization	na	noise diode (sampled concurrently)
Update period	6 sec	9.6 sec
Burst Detection Threshold	various	50 sfu
Burst Location Threshold	na	500 sfu
Location Resolution	na	< 3 arcmin (for freq's > 2 GHz)

※ SBRL : 노후화되고 손실이 큰 RSTN시스템을 전체적 대체

SBRL : System Wares

전체 물리적 기기는 다음과 같은 2개의 집합으로 구성된다.

- (1) Pedestal - 안테나 - 수신기 - 제어
- (2) 데스크-랙 / 컴퓨터 데스크

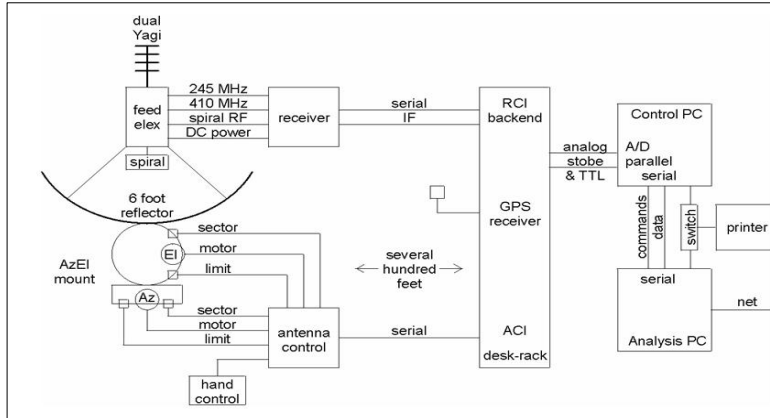


그림 74. SRBL의 시스템 구조

- ① 동작범위 :  $50^{\circ} < Az < 310^{\circ}$ ,  $5^{\circ} < El < 175^{\circ}$
- ② 스텝 사이즈 :  $\sim 7.25 \text{ arcsec}$   
(  $Az=0^{\circ}$  : 북극(local north),  $El : 90^{\circ}$  : 천정(zenith) )
- (3) 포인팅 : 2개의 쌍의 자기센서에 의해 보조
  - ① sector-vanes이 가로지르는 것을 지시
  - ② 네 개의 limit tab에 대한 탐지
- (4) 동작
  - ① 두 개의 8-bit 율의 워드에 의해 명령
  - ② 매 0.5초마다 업데이트
  - ③ 안테나-컴퓨터간의 100 MHz의 시리얼 인터페이스 비동기적으로 보냄.  
( 최대 동작률은  $7.25 * 105 / 256 \approx 47^{\circ} / \text{min}$  )

16-bit 카운터 모터스텝의 트랙 유지.

센서와 카운터 ACI를 통해서 역으로 보냄.

## 제 6 절 GONG(Global Oscillation Network Group)

GONG 팀에서는 태양 표면 진동을 관측하여 태양 전역 자기장상을 얻는다. GONG 기기의 목적과 구조는 SOHO/MDI와 매우 유사하며, 유효 구경이 2.8cm인 망원경, Michelson 간섭 필터, 편광 제어 뭉치로 구성되고, 2.5초 화소 분해능의 CCD 카메라를 이용하여 자기장상을 매분마다 자동으로 획득할 수 있다.

### 1. The Big Bear Solar Observatory

가. 위치 : Big Bear Lake in the San Bernardino Mountains in southern California, 120 km East-Northeast of Los Angeles, USA

나. 관측 장비 : 반사망원경 - 65cm(26inch),

굴절망원경 - 25cm(10inch), 20cm(8inch), 15cm(6inch)

다. 관측 대상 : 흑점, 흑점 주변 활동영역, H-alpha full disk 이미지, 가시광 이미지, 그 외 분광학적 이미지

### 2. The Mauna Loa Solar Observatory

가. 위치 : a lava field on the northwest flank of Mauna Loa on the island of Hawaii, USA

나. 관측 장비 : Chromospheric Helium Imaging Photometer(CHIP, 1083.0nm),

H-alpha prominence and solar disk monitor (PICS, 656.2nm),

Mk4 K-coronameter

다. 관측 대상 : Helium-I Solar Disk, H-alpha Solar Disk & Limb, White Light Corona

### 3. The Learmonth Solar Observatory

가. 위치 : Exmouth Gulf on the North West Cape of Australia

나. 관측 장비 : 25cm 굴절망원경,

전파망원경 8.5미터급 3대 (245, 410, 610 MHz)

지름 2.4미터급 (1414, 2695, 4995, 8800 MHz)

지름 1 미터급 (15400 MHz)

자력계,

ionosonde

다. 관측 대상 : 태양 활동 영역, 코로나 활동, 지구자기장, 전리층

### 4. The Udaipur Solar Observatory

가. 위치 : western India, midway between Delhi and Bombay

나. 관측 장비 : Full Disk H-alpha Telescope,

H-alpha Spar telescope,

Coude' telescope,

GONG telescope

다. 관측 대상 : 6563A H-alpha 분광선, 다양한 태양 활동영역

### 5. The Observatorio del Teide

가. 위치 : the island of Tenerife, in the Canary Islands off the west coast of Africa.

나. 관측 장비 : Solar Vacuum Tower Telescope (VTT), 70 cm.

THEMIS solar telescope, 90 cm.  
 GREGOR solar telescope\*, 1.5 m.  
 Spectrophotometers (MARK-I, IRIS-T, ECHO)  
 High resolution photometer TON  
 Fourier tachometer GONG

다. 관측 대상 : 다양한 태양 활동영역

## 6. The Cerro Tololo Interamerican Observatory

가. 위치 : 500 km north of Santiago, Chile, about 70 km east of La Serena

나. 관측 장비 : 4.0 Meter Blanco Telescope.

4.1 Meter SOAR Telescope

Small Telescopes (1.5-m, 1.3-m, 1.0-m, 0.9-m)

## 7. 위치 자료

표 22. GONG 사이트

site	위도	경도	고도
Big Bear	N 034,15',37.2"	W 116,55',17.1"	2063.1M
Mauna Loa	N 019,32',10.1"	W 155,34',33.3"	3471.3M
Learmonth	S 022,13',06.6"	E 114,06',09.8"	14.7M
Udaipur	N 024,36',53.8"	E 073,40',10.9"	676.9M
El Teide	N 028,18',03.0"	W 016,30',43.0"	2425.0M
Cerro Tololo	S 030,10',04.2"	W 070,48',19.7"	2190.0M

## 제 7 절 전파연구소 태양전파 분광 관측기

### 1. 관측기기

가. IRS-1 (30-100 MHz)

Resolution Bandwidth : 100 kHz

Video Bandwidth : 3 kHz

Sweep time : 0.5 sec

Frequency range : 30 ~ 100 MHz

Detector : sample

나. IRS-2

Resolution Bandwidth : 300 kHz

Video Bandwidth : 10 kHz

Sweep time : 0.5 sec

Frequency range : 100 ~ 500 MHz

Detector : sample

다. IRS-3

Resolution Bandwidth : 1 MHz

Video Bandwidth : 10 Hz

Sweep time : 0.5 sec

Frequency range : 500 ~ 2500 MHz

Detector : sample



그림 75. IRS-1과 IRS-3 안테나



그림 76. IRS-2 안테나

## IRS System Block Diagram

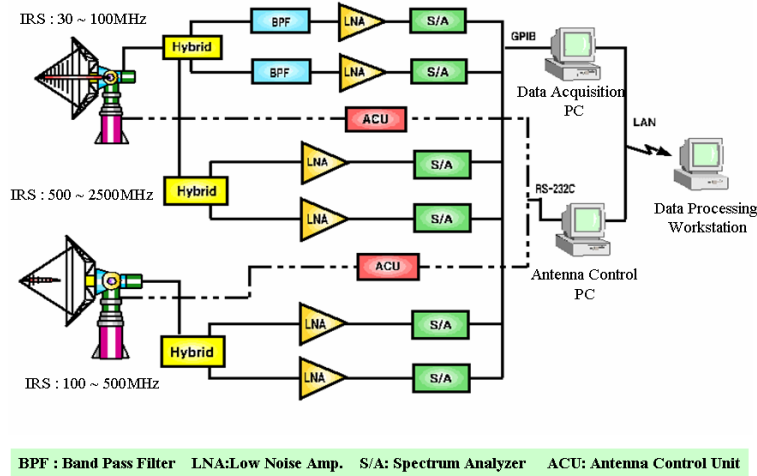


그림 77. IRS 시스템

## 2. 태양전파폭발 분광이미지 비교

### 가. 전파연구소 데이터

#### 1) 1998년 5월 29일 - 전파폭발 유형 II

태양플레어 M6.7과 연관된 유형 III 이후에 00:58 UT에 기작하여 LASCO에서 관측된 CME의 C2 전에 01:14UT 까지 지속시간을 갖는다. Harmonic 요소는 약 16분 동안에 250MHz에서 58 MHz를 걸쳐 나타났다. 이러한 전파폭발 유형 II로부터의 코로나 shock 속도는 500km/s이다.



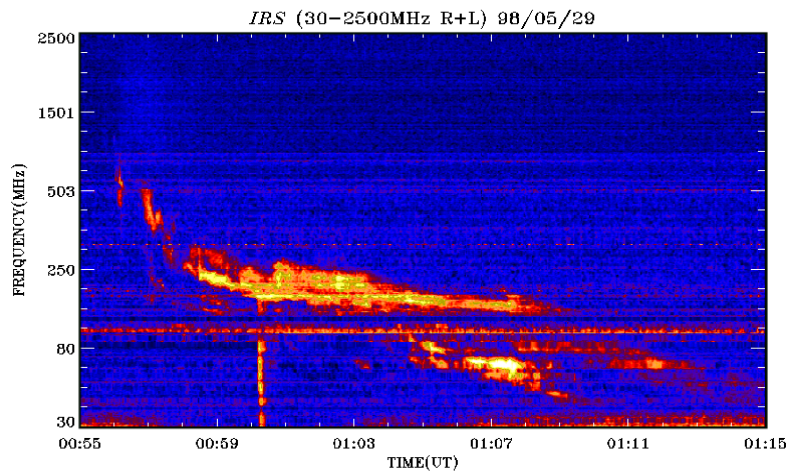


그림 78. 유형 II 전파 폭발 ( 29 May 1998 )

## 2) 1999년 7월 28일 - 전파폭발 유형 IV

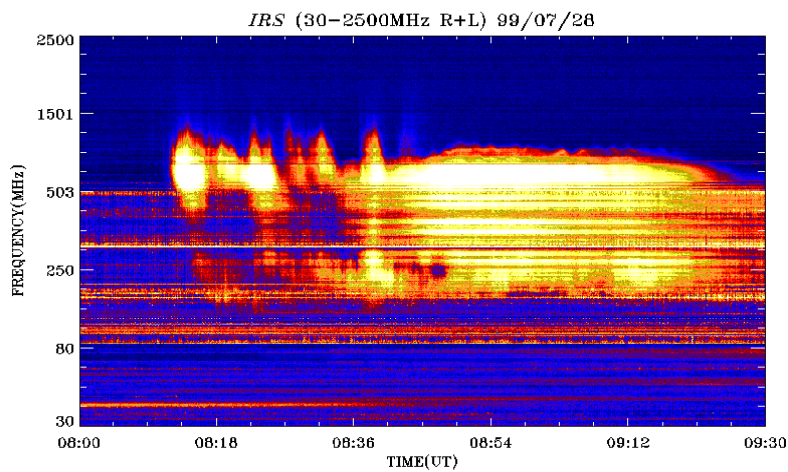


그림 79. 유형 IV 전파 폭발 ( 28 July 1999 )

1999년 7월 28에 발생한 전자폭발 유형 IV는 플레어(M2.3, 08:04 UT) 이후에 08:12 UT에 시작하여 09:40 UT에 끝이 났다. 이 유형 IV는 1400MHz에서 160MHz에 걸쳐 넓은 밴드를 갖는다.

3) 1999년 10월 27일 - 전파폭발 유형 II와 유형 III

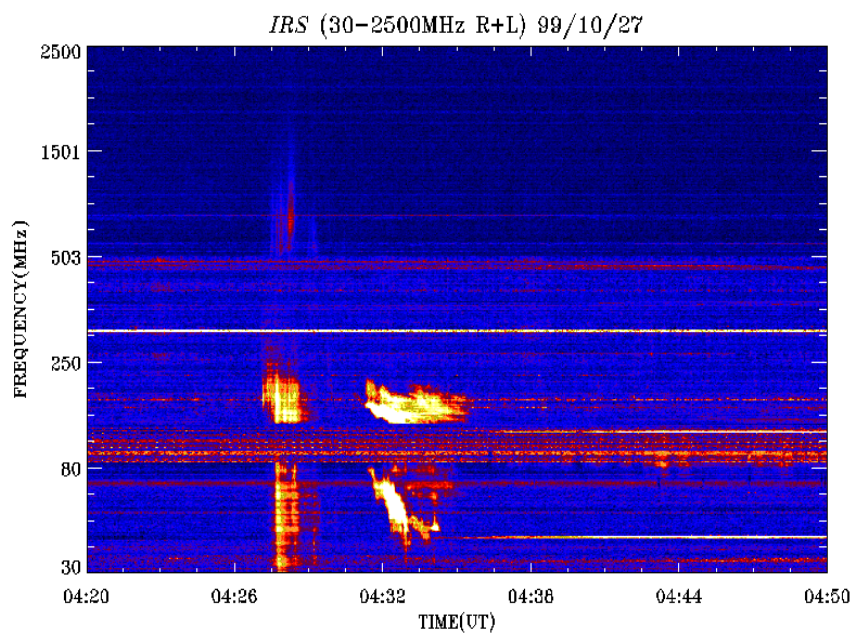


그림 80. 유형 II and 유형 III 전파 폭발 (27 October 1999)

전파폭발 유형 III는 04:28 UT에 시작하여 250MHz에서 30MHz에 걸쳐 나타났고, 유형 II는 04:31 UT에 발생하여 04:35 UT에 끝이 났다. 유형 II는 기본 방출은 80MHz에서 45MHz에 걸쳐 꽤 강하게 나타났고, second harmonic은 170MHz에서 80MHz에 걸쳐 나타났다. 이때 shock 속도는 1118 km/s로 나타났다.

나. 같은 시간대의 외국 관측소 데이터

1) 히라이소 관측소 이미지

- 1999년 10월 27일 - 전파폭발 유형 II와 유형 III

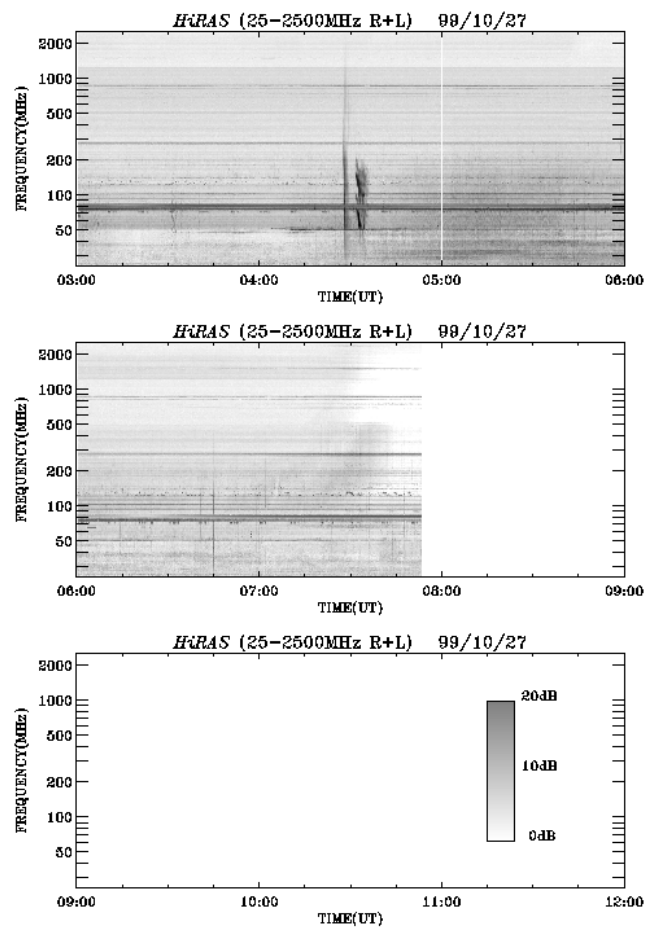


그림 81. 히라이소 비교 이미지

## 2) Culgoora 관측소

### (1) Culgoora - 전파폭발 유형 II (28-5-1998 ~ 29-5-1998)

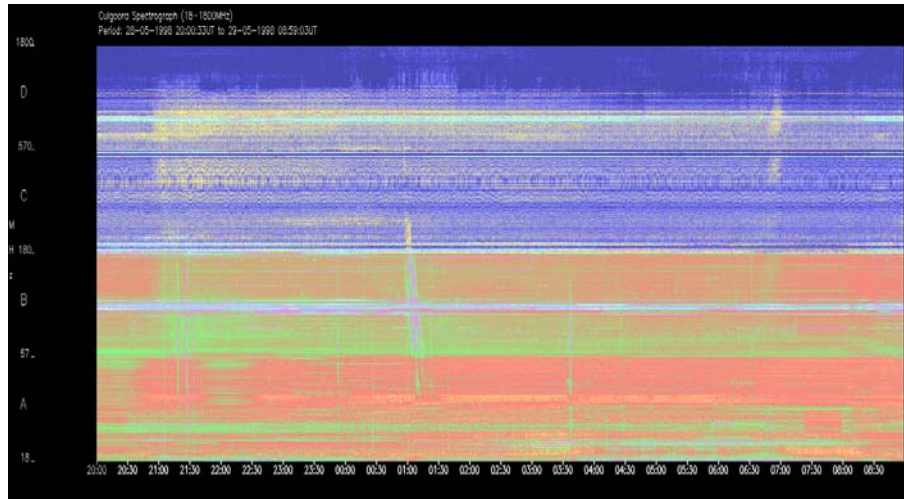


그림 82. 컬구라 비교 이미지 I

### (2) 전파폭발 유형 II와 III (26-10-1999 ~ 27-10-1999)

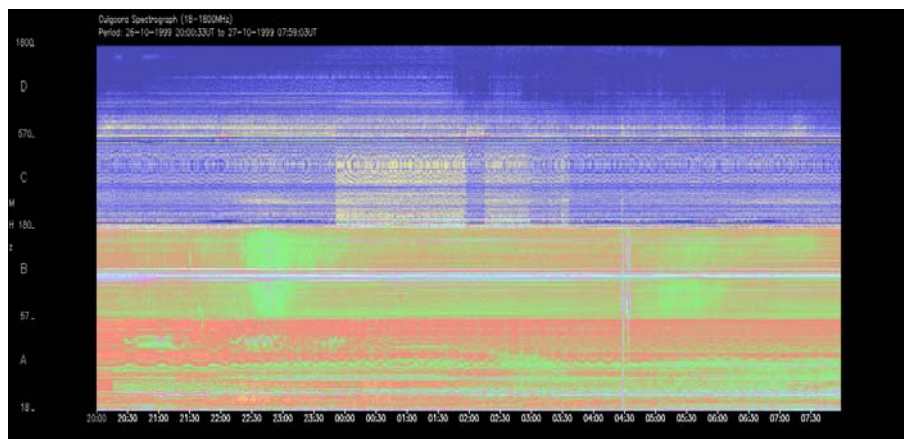


그림 83. 컬구라 비교 이미지 II

### 3) Ulysses spacecraft

#### (1) 전파폭발 유형 II ( 29-05-1998 )

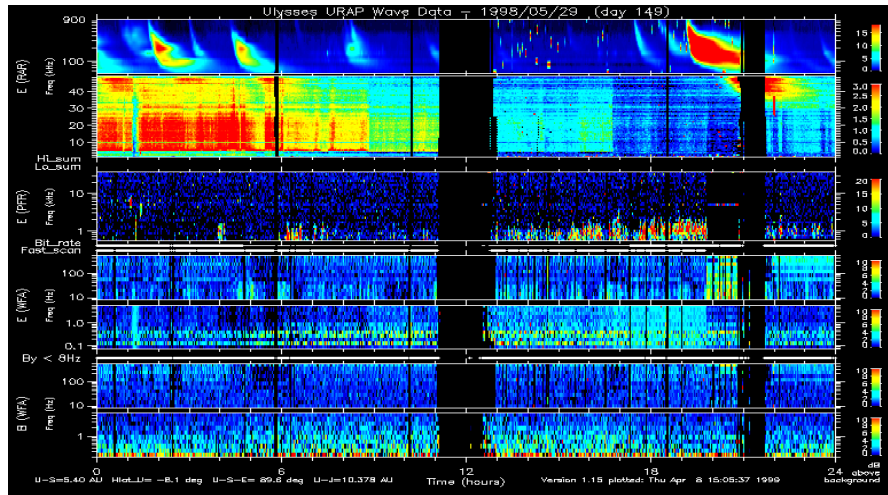


그림 84. Ulysses Type II 이미지

#### (2) 전파폭발 유형 IV ( 28-07-1998 )

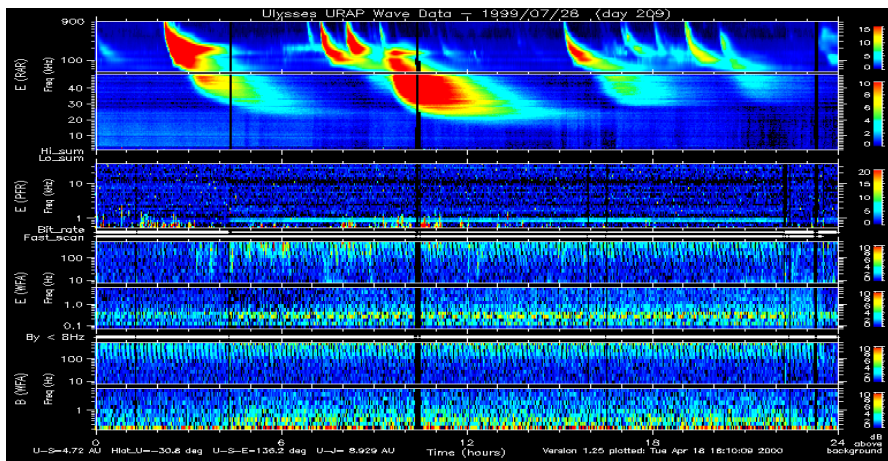


그림 85. Ulysses Type IV 이미지



(3) 전파폭발 유형 II 와 III ( 27-10-1999 )

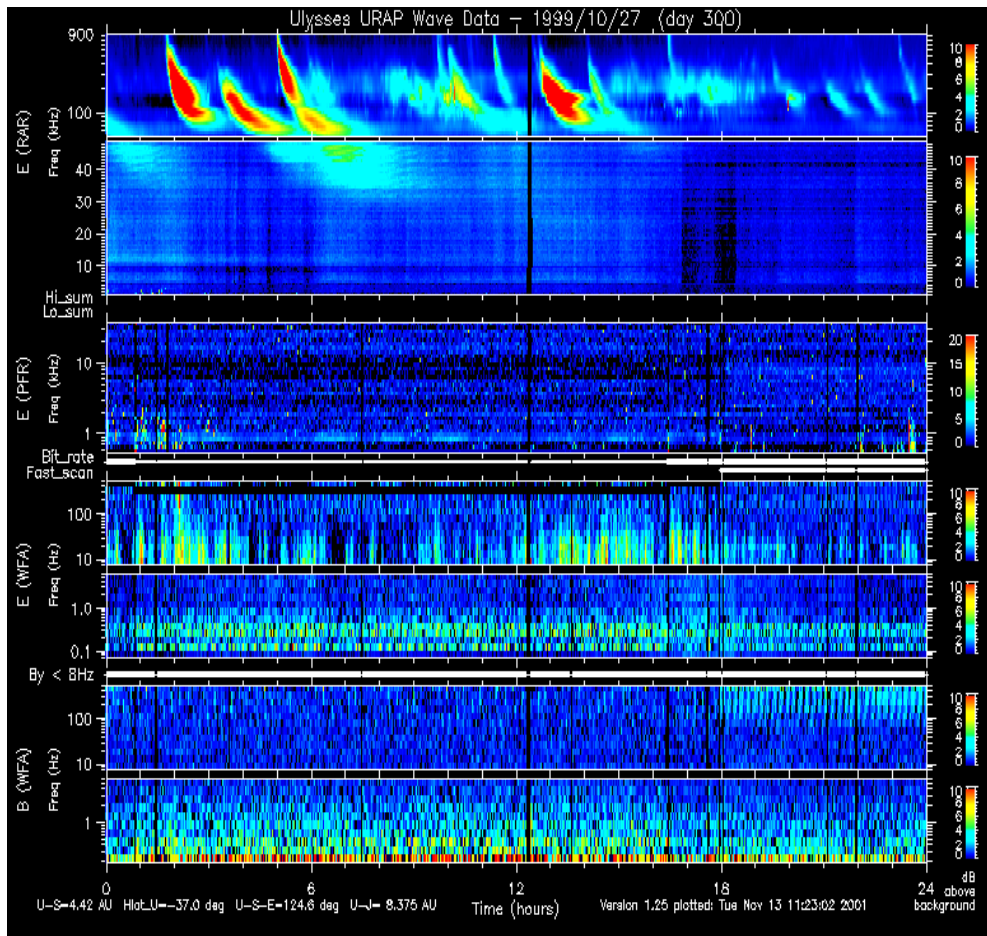


그림 86. Ulysses Type II 와 Type III 이미지

## 제 8 절 지자기 연구기관

### 1. 국외 연구기관

국외에는 많은 지자기 연구 기관이 있다. 몇몇 나라에서는 여러 목적에 이용하기 위하여 자국의 정밀한 자기장 조사를 하여 자국만을 위한 모델을 만들기도 하였다.

#### 가. AGSO(Australian Geological Survey Organisation)

AGSO는 호주에 있는 연구기관으로 지질학 및 지구과학과 관련된 다양한 분야의 연구를 한다. AGSO에서는 지구 자기구 모델로 가장 많이 쓰는 IGRF를 이용하여 호주 전역에 걸친 상세한 자기장 모델인 AGRF(Austlian Geomagnngnetic Reference Field)를 개발하였다. 그림 87은 AGSO의 홈페이지 모습이다.

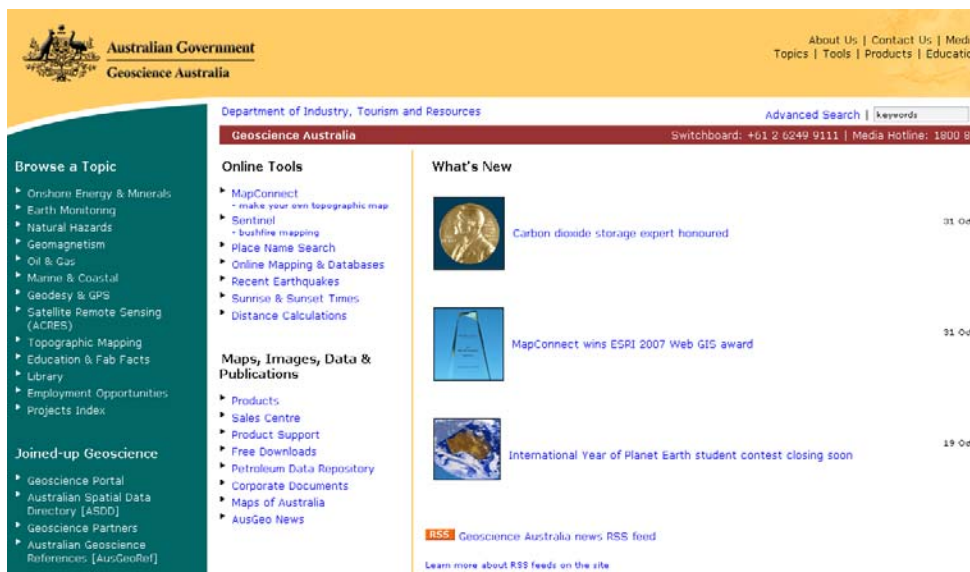


그림 87. AGSO 홈페이지 화면

#### 나. USGS(U. S. Geological Survey)

USGS는 지진학, 지진과 관련된 장비, 자기장, 위성 통신 등을 연구한다. 1985년 이 기관에서는 미국 전역에 대한 정확한 자기장 값 계산을 위하여 USGS 자기장 모델을 개발하였다. 그림88은 USGS 산하 Geomagnetism의 홈페이지이다.

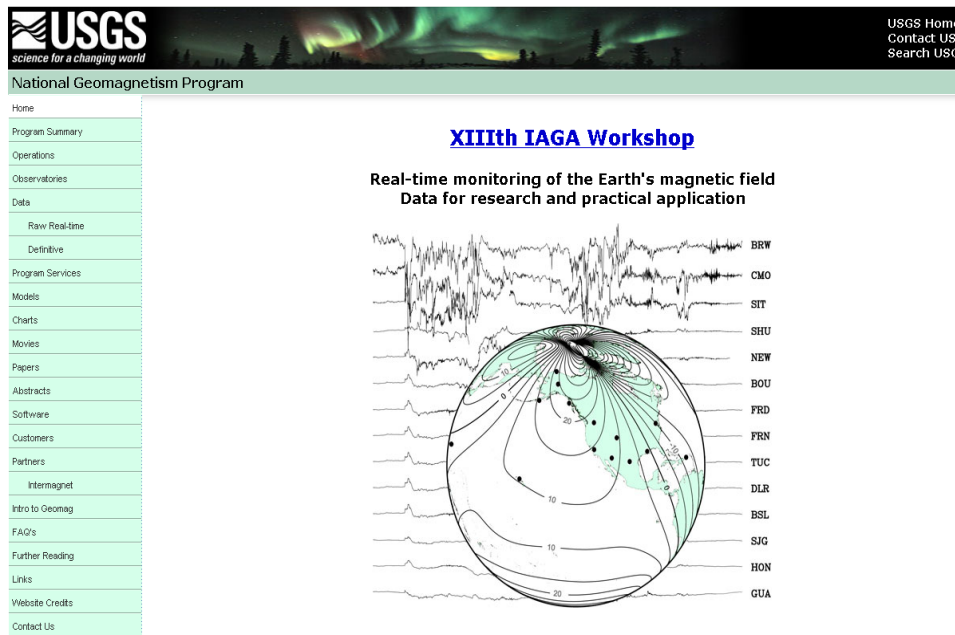


그림 88. USGS 산하 Geomagnetism의 홈페이지 화면

#### 다. NSSDC(National Space Science Data Center)

NASA 산하에 있으며 태양 물리 및 우주공간 물리 등의 자료를 제공하고 있다. 그림 89는 NSSDC의 홈페이지이다. NSSDC에서는 IGRF 데이터 출력 및 다양한 서비스를 제공하고 있다.





그림 89. NSSDC의 홈페이지 화면

라. IAGA73(International Association of Geomagnetism and Aeronomy)

IAGA의 Division V는 지구 자기장 관측 및 분석한다. 이 그룹은 IGRF를 만드는 등 자기장에 대한 많은 연구를 하고 있다. 이 그룹은 다음의 몇 개의 부분으로 나누어 연구를 하고 있다.

WG V-1 : Geomagnetic Observatories, Instruments and Standards

WG V-2 : Geomagnetic Data, Indices and Applications

WG V-3 : External/Internal Geomagnetic Relations

WG V-7 : Earth and Planetary Magnetic Survey Satellites

WG V-8 : Analysis of Global and Regional Geomagnetic Field and its Secular Variation

WG V-9 : Magnetic Anomalies(Land and Sea)

마. NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)

NOAA는 산하에 여러기관을 가지고 있다. 특히 NGDC는 지구 자

기후 모델 중 IGRF와 그 외 모델의 프로그램 등을 제공하고 있다. 그림90은 NGDC의 홈페이지이다.



그림 90. NGDC의 홈페이지 화면

## 2. 국내 연구기관

국내에는 지자기 연구가 활발하지 않다. 그러나 전파연구소에서는 제주도, 이천, 경희대학교에 자력계를 설치하여 실시간 자기장 변화 데이터를 얻고 있다. 이 데이터는 지자기 변화를 이용한 우주 환경예보 등에 이용되고 있다.

## 제 9 절 지상 자력계

지상에 설치되어 있는 지상자력계들은 태양풍과 지구자기권의 상호작용에 대한 현상을 연구하는데 매우 유용한 장치이다. 지상자력계들의 출력 성분은 H(North-South), D(East-West), Z(Upward-Downward)의 성분으로 구성되어 있다.

### 1. 210MM

210 지자기 연속 관측망은 1991년부터 1997년까지 STEP(Solar Terrestrial Energy Program) 계획에 의해 STEL(Solar Terrestrial Environment Laboratory)의 주도하에 진행되었다.

210MM(magnetic meridian) 선상에 위도별로 연속적인 지상자력계들을 설치하였다. 성능은 0에서 2.5Hz 사이의 파장대에서  $\pm 300\text{nT}$ ,  $\pm 1000\text{nT}$ ,  $\pm 2000\text{nT}$ 의 변화를 감지할 수 있다. 자료의 분해능은  $0.01\text{nT}$ , 표본추출시간은 1.0초이다. 그림91은 210MM 지상 자력계의 위치분포를 보여주고 있다.

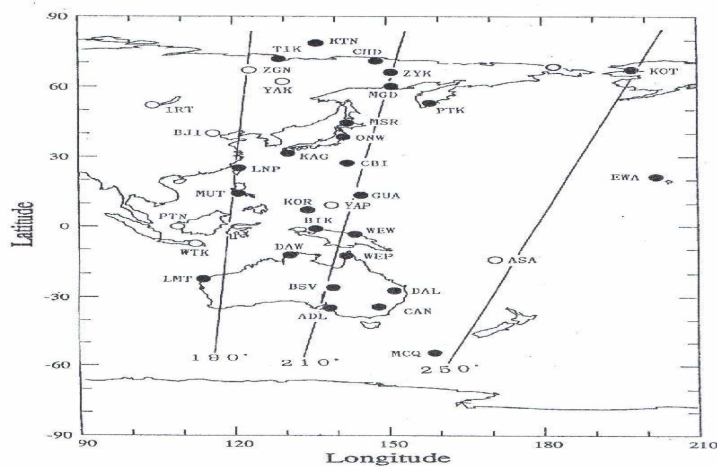


그림 91. 210MM 지상자력계의 위치

## 2. SAMNET

SAMNET(Sub-Auroral Magnetometer Network)은 PRARC(Physics of the Universe)의 계획에 의해 STP(UK National Facilities for Solar Terrestrial Physics)에 주도되는 계획중 하나이다. 지구자력선의 변화를 연속적으로 기록 할 수 있도록 9개의 나라에 11곳이 설치되었다. SAMNET은 1987년 10월 1일에 첫 자료를 얻은 후 오늘날까지 자료를 통해 태양풍과 자기권, 그리고 이온층으로 이어지는 복잡한 시스템의 상호작용을 이해하는데 도움을 주고 있다. 표본추출시간은 5초이며, SAMNET의 출력성분은 210MM와 같다. 그림92은 SAMNET 지상 자력계의 위치분포를 보여주고 있다.

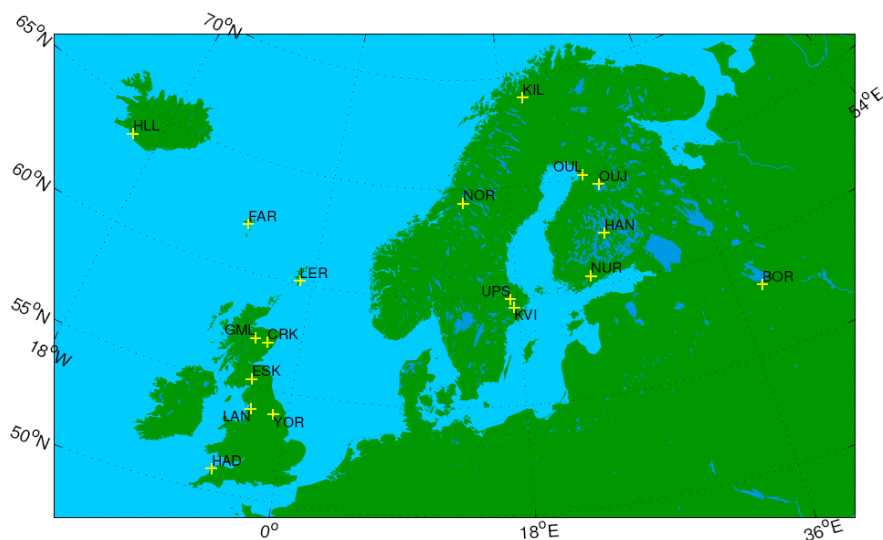


그림 92. SAMNET 지상자력계의 위치

### 3. IGPP/LANL

LANL 지상자력계는 캘리포니아 대학(University of California campuses)와 Los Alamos 국립 연구소 그리고 US Air Force Academy가 주도해서 만든 IGPP/LANL 자력계 시스템 중의 하나이다. 1977년과 1978년 사이에 구축된 이 자력계를 통해 SI(Sudden Impulse)후에 일어나는 지구자기권의 상관관계가 주목적이다. 표본 추출시간은 1초이며, 출력성분은 다른 지상자력계와 같다. 그림93은 LANL 지상 자력계의 위치분포를 보여주고 있다.

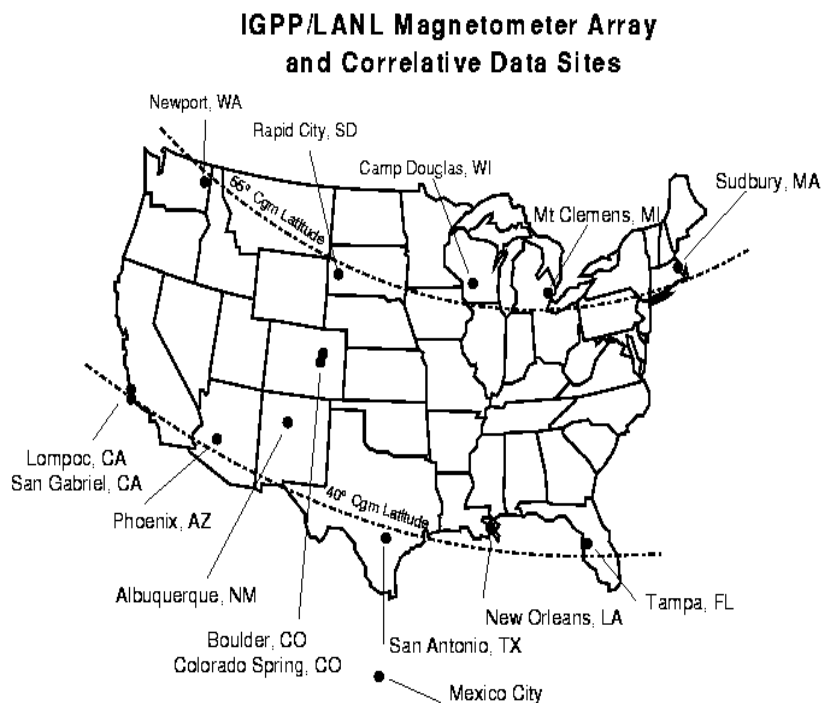


그림 93. LANL 지상자력계의 위치

## 제 7 절 코임브라 천문대 태양 정보 시스템(COSIS)

### 1. 역사 배경

1926년 이후 지금까지 코임브라 천문대에서는  $\text{Ca II K}$  선을 이용하여 단광 태양 사진을 찍어왔다. 그리고 1990년에는  $\text{H-}\alpha$  선을 이용하기 시작하였다. 2002년에는 3만개가 넘는 태양 이미지를 디지털화 하였으며, 또한 M.Klvana와 함께 A.Garcia는 기록 장비로 쓰기 위해 CCD 카메라를 설치하는 공동 연구가 진행되었다. 2005년에는 COSIS 프로젝트가 시작 되었다. 2007년에는 코임브라 천문대에서 OAUC의 영상단광태양사진을 찍을 예정이다.

### 2. 프로젝트의 목적

프로젝트의 주요 목적은 다음과 같다.

가. 천문학과와 다른 관심 있는 집단을 위한 자동 이미지 프로세싱과 흑점( $\text{Ca II K}$ ), 채층의 플라지( $\text{Ca II K3}$ ), 필라멘트( $\text{H-}\alpha$ )의 특징을 알아보기 위한 소프트웨어 툴의 개발을 위해

나. 태양 활동의 일시적인 발달을 연구하기 위한 거대한 양의 이미지를 프로세스 하기 위해

다. 다른 기준들과 특징 인식을 위한 기준을 비교하기 위해

이 프로젝트를 위하여 전반적으로 기대되어지는 결과는 코임브라 천문대에 처리된 데이터들의 저장과 태양 데이터의 효과적인 처리를 위한 데이터센터를 만드는 것이다.

개발되어진 COSIS 표본은 아래의 중요한 기술의 평가를 통합한 것이다.

- Decision support oriented database
- 이미지/특징 인식 기술

### 3. 활동 영역의 자동 탐지와 태양 영상에서 개개의 특징

가. 단광태양사진의 견본

- ① 단광태양사진의 견본
- ② 탐지와 지역 판단 과정

나. 탐지와 지역 판단의 예

소프트웨어는 3단계로 나뉘져 있다.

- ① 기준 방위와 태양 이미지의 차원을 만들기 위하여 중심화와 회전화, 표준화의 이미지 전처리 분석
- ② 기준 태양 이미지 위에 흑점을 강조한 이미지의 생성
- ③ 탐지된 흑점의 확인(개수 확인과 맵핑)

다. 컬러 이미지 분할 기술을 바탕으로 한 분수계

이미지 분할은 대부분 수반하는 이미지 분석 과정에서 중요한 과정이다.

① 분수계 변환은 태양의 회색 톤의 이미지(태양 이미지에서 활동적인 영역을 뜻한다. 각 흑점과 관련된 지역을 제한한다.)에서 flooding process를 이행하는 것에 의해 만들어진다.

② 이러한 분할 과정은 종종 중요한 분할을 만들기 때문에 우리는 분수계 분할 이미지에서 잘못 나뉜 경계의 개수를 줄이기 위하여 모순이 없는 영역으로 이루어진 융합 알고리즘을 개발하였다.

③ 분할한 이미지에서 발견한 영역의 선택은 적절한 흑점을 발견하고 분수계 처리를 이용하여 발견된 중요하지 않은 모든 영역을 벌리기 위해 영역과 회색 레벨, 형태 요소와 같은 별개의 요소들에 가중치를 주는 여러 규칙을 기반으로 하고 있다.

소프트웨어는 3단계로 나뉘어 있다.

① 기준 방위와 태양 이미지의 차원을 만들기 위하여 중심화와 회전화, 표준화의 이미지 전처리 분석

② 기준 태양 이미지 위에 흑점을 강조한 이미지의 생성

③ 탐지된 흑점의 확인(개수 확인과 맵핑)

태양 이미지 표준화과정 이후에 태양 흑점을 탐지하는 것이 다음 과정이다. 소프트웨어는 각각의 태양흑점을 탐지하고 암영과 반영(U+P)을 추정한다. 분수계 변환은 작은 영역으로 태양 이미지를 나눈다. 이러한 영역은 그것의 회색 레벨에 의해(가장 어두운 지역은 흑점일 수 있는) 라벨을 받는다. 그 영역은 1부터 한정되어진 영역의 최댓값까지 붙여진다.(가장 어두운 회색 톤의 지역은 1의 라벨이 붙는다.) 각각의 흑점으로 생각되어지는 것의 위치에서 픽셀이나 태양 반구의 100만분의 1(MSH) 만큼의 영역이 결정되어지고 웹페이지에서 이용할 수 있다. 그 영역에 분수계의 상응하는 평균 회색 톤 명암을 곱한다. 이런 결과 값은 그 이상의 thresholding process에서 이용된다. 가장 어둡고 상당히 큰 지역(흑점으로 생각되는 곳)은 1로 설정한다. MSH에서 이 지역은 원근법(구와 평면의 투영)에 대해 고쳐진다. 우리는 작은 점으로서 큰 세공으로 언젠가는 생각



되어수 있는 6 MSH보다 작은 수정된 흑점 영역은 제외하기로 결정했다.

#### 4. COSIS Dialog Page

COSIS 인터페이스는 <http://cosis.uninova.pt> 사이트에서 이용할 수 있다. 이 페이지에서 누구나 흑점의 영역, 위치, 흑점의 개수, 시작과 끝 시각의 어떤 제한을 가지고 특별한 관측소를 선택할 수 있다. 2 레벨 페이지에서는 결과의 수(얼마나 많은 이미지가 기준을 만족하는지에 대한), 사진의 날짜, 사진의 시간, 사진에서 흑점의 개수와 같은 선택된 기준에 대해 이용 가능한 관측적인 자료를 이용할 수 있다. “Click here for image details”를 클릭하면 그룹의 숫자, X/Y 위치, 영역(MSH), 영역(pixels)의 정보를 포함하는 발전된 이미지를 가지는 3 레벨의 페이지가 열린다. Fig 4는 1981년 6월 2일의 결과 이미지를 보여준다. 게다가 태양 이미지(이름, 형태, 날짜와 시간의 이미지)의 정보를 포함하는 흑점의 특징 파일이 생성된다.

## 제 5 장 예보 분석 시스템

### 제 1 절 우주기상 예보

선진 국가는 각종 예보센터로 구성된 환경예보체제를 구축하여 자국의 이익과 안전을 위해 예고 없이 닥칠 환경변화를 대비하고 있다. 미국의 예보체제 예를 들면 다음과 같다.

- 항공기상예보센터
- 기후예보센터
- 환경모델센터
- 유체기상예보센터
- 해양예보센터
- 우주기상예보센터
- 폭풍예보센터
- 열대기후예보센터

이중 우주기상예보센터에서 담당하는 우주기상예보란 태양-지구 간 우주환경의 변화에 대해 사전에 예측하고 대비하는 업무를 말한다. 우주기상예보는 태양에 플레어 폭발 등 일련의 사건이 발생할 경우, 고에너지 입자가 태양풍으로 밀려와 지구의 자기권 전리층을 교란시키는 태양-지구간의 연결고리를 모델화시키는 복잡한 문제이다. 그동안 다양한 모델이 개발되었고 현재 우주기상예보에 이용되고 있다.

태양폭발이 행성간 공간에 전파되는 양상은 하카마다와 아카소후 코드에 의해 성공적으로 모형화 되었다. 코로나홀의 고속 동역학방법 적용과 폭발 관련 적절한 태양사건의 선택 및 동시 회전하는

태양섹터구조를 실제에 맞게 나타내어 그 코드의 적용성이 대폭 개선되었다. 이 방법은 플레어와 필라멘트소멸 등의 일시적 현상에 대한 세부 정보처럼 태양자기장 맵과 코로나홀에 대한 복합적 고려가 요구된다. 이 복합방법을 우주기상에 적용한 예는 이미 1999년에 발표되었다.

태양풍과 자기권의 상호작용은 자기권과 그 외피층의 크기 및 모습을 결정 가능케 하는 만곡형 충격과 자기휴지권의 모델로 기술된다. 자기권 외피층은 자기권에 직접 영향을 미치는 태양풍 상태의 변환에 원인이 된다. 자기권의 크기와 모양은 자기권에 들어오는 태양풍에너지의 침투율을 제어하는 중요한 변수이다. 낮 동안의 자기휴지권 위치는 지구 고리전류의 발달과 중요 우주환경현상으로 고려되는 상대론적인 전자들이 가속, 운반되는 공간지역을 제어하는 복사선 경계를 결정한다. 자기휴지권 상의 Chapman-Ferraro 전류 위치 및 강도는 폭풍시간 Dst 변화에 크게 영향을 미친다.

자기권-이온층의 결합문제가 ROCSAT-1위성의 우주실험으로 연구되었다. 거대 자기폭풍 기간 동안에 중위도의 전자밀도 변화는 크게 증가하고 종종 홀이라 부르는 집결장을 TEC내에 생성한다. 이런 현상은 거대 지자기폭풍 기간 동안 지구와 매우 근접한 자기휴지권에 연결된 지구 자기장을 따라 행성간 공간으로 탈출하는 전자들의 집중적인 감소로 설명될 수 있다.

## 1. ISM(Integrated Space Weather Prediction Model)

### 가. ISM 목적

#### 1) Near Term

① 태양풍 - 자기권 - 전리층 - 열권의 결합의 통합된 모델로서 발달

- ② 여러가지 데이터와 물리적인 이론을 바탕으로 개발
- ③ ISM은 Air Force Space Weather와 군 시스템의 영향을 주는 요소를 예보할 수 있도록 구성

## 2) Longer Term

- ① Air Force space forecast operation
- ② 세계적으로 진보된 핵무기 환경과 전리층, 우주 등에서 변화를 예보하는 시스템으로 발전
- ③ Nuclear radiation belt 모델을 발전

### 나. 실시간 예보 방법

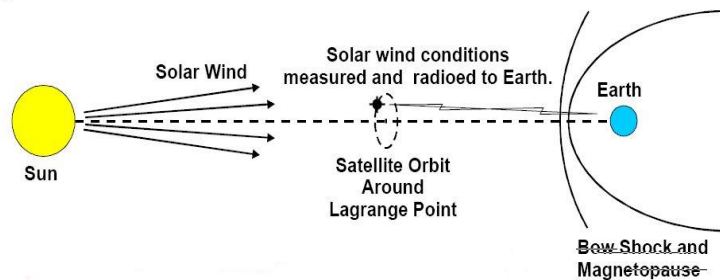


그림 94. 실시간 예보 방법

- 1) 지구에서부터 약 1.5 백만 킬로미터 떨어진 곳에서 위성은 태양풍의 변화를 측정한다.
- 2) 태양풍이 지구의 bow shock에 도착하기 약 1시간 전 태양풍을 측정한다.
- 3) DSWA Integrated Space Weather Prediction 모델은 측정된 태양풍을 기본으로 예보하도록 설계되어있다.
- 4) NASA에서 운영하는 ACE 위성이 관측을 수행하고 있다.

### 다. 연구방법

1) Integrated Space Weather Prediction Model(ISM)은 전리층과 자기권의 물리적인 이론적 배경으로 성립되었다.

2) 목적 수행을 위한 입력 조건

① 우주환경 예보

- 실시간으로 관측된 태양풍 데이터를 예보 모델에 입력한다.
- WIND 와 ACE 위성 사용

② 실시간 분석 시스템을 위한 환경

- 태양풍 데이터 조건에 맞게 시스템을 사용

라. ISM : High-Level 구조

1) ISM 구조는 data-flow 모델에 기초

2) 자기권 - 전리층 - 열권 변화 조건은 태양풍 유입량과 다른 데이터를 ISM 모델에 적용시켜 유도

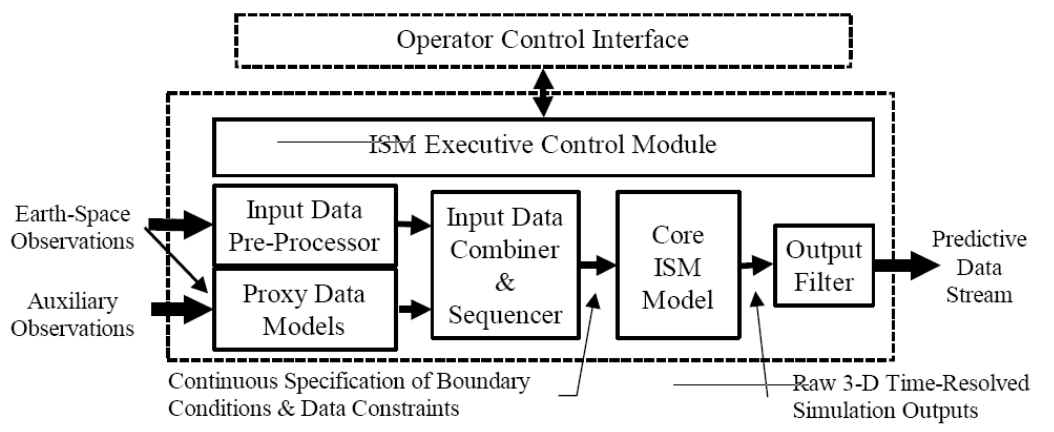


그림 95. ISM의 high-level 구조

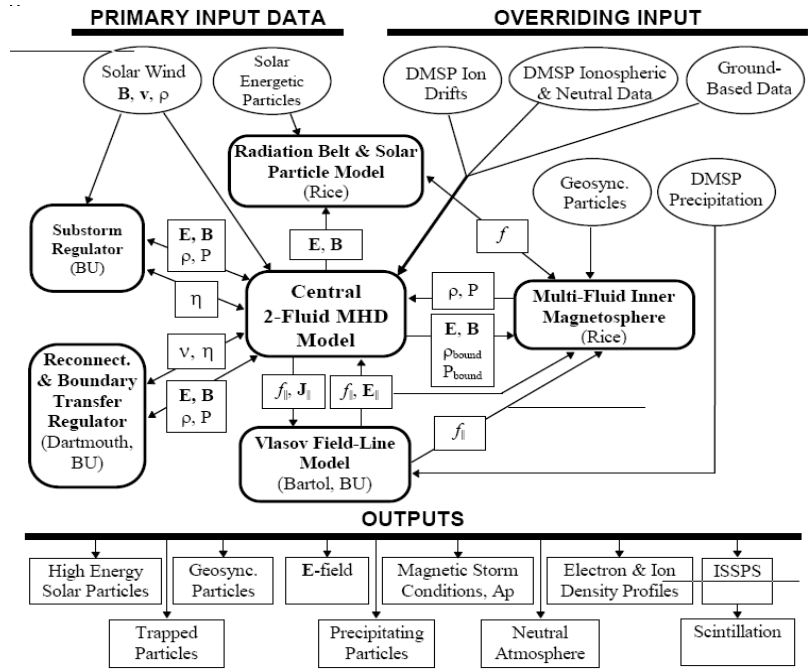


그림 96. DSWA Integrated Space Weather Prediction 모델

마. ISM 계산 격자(ISM Computational Grid)

1) ISM MHD 플라즈마 격자는 다음과 같은 두 가지 요소로 구성

① Inner Grid : 100km ~ 3.5 RE 까지 지구중심 구면체

② Outer Grid : 태양방향으로 40RE, 자기권 꼬리 방향으로 300RE, Inner Grid을 포함한 구면체 공동 반지름이 60RE로 구성된 원통형 구조

2) ISM 열권 격자는 100km에서 1000km까지 구면체 구조

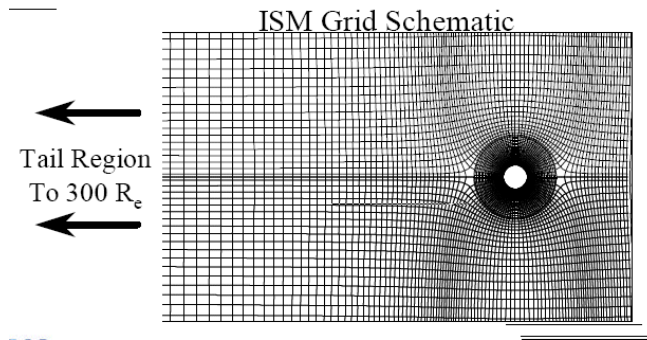


그림 97. ISM 격자 구조

#### 바. ISM 모델 특징

ISM 모델은 우주환경 모델 가운데 태양풍 - 자기권 - 전리층 - 열권의 결합과정을 나타낼 수 있는 유일한 모델

1) 태양풍에 전리층과 결합되는 과정으로 연속적으로 나타냄

2) MHD 방정식을 사용하여 다음과 같은 것들을 계산

① 플라즈마와 중성 유체 사이의 충돌 운동량과 에너지 결합을 계산

② 복잡한 전리층과 열권 구조 사이의 Non-LTE 화학구조 계산

③ 전리층의 플라즈마 상태를 계산

④ 고도 100km 이상의 전리층 상태를 나타냄

3) particle 표류운동을 계산하기 위하여 Multi-Fluid Inner Magnetosphere(MFIM)을 프로그램에 포함

4) 고위도에서 발생하는 field-aligned potentials 과 particle 유입을 나타내기 위하여 Vlasov 방정식 사용

## 사. ISM 시뮬레이션 결과

### 1) Interplanetary Magnetic Filed(IMF)가 +By인 경우 ISM 시뮬레이션 결과

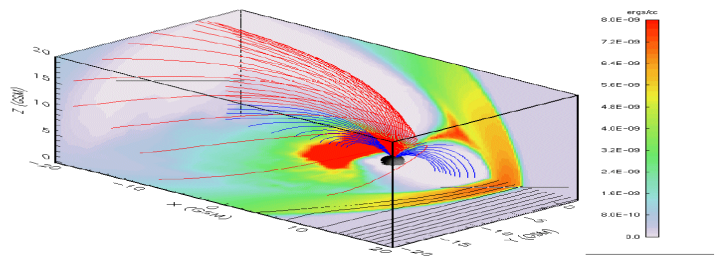


그림 98. IMF가 +By인 경우 에너지 밀도 변화. bow shock, magnetosheet, magnetopause, cusp 그리고 자기권의 plasma sheet의 이온 에너지 밀도 변화. IMF 검은색 실선, open field lines은 빨간색 실선, closed field lines는 파란색 실선을 나타냄

### 2) IMF +By 일 때 Polar Cap Potential 변화

- 북쪽지역 polar cap 위의 낮과 밤 지역의 플라스마 대류의 흐름을 보여줌

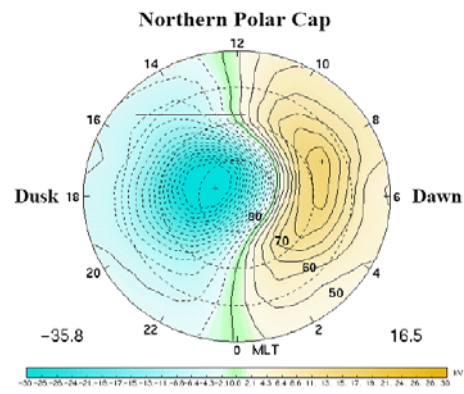


그림 99. Polar Cap Potential 변화.(IMF +By 일 때)



### 3) IMF +By 인 경우 Polar Cap Field-Aligned Current 변화

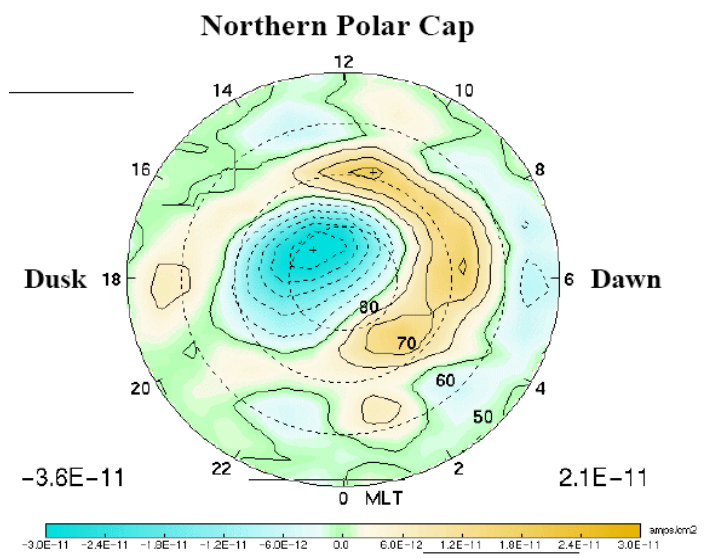


그림 100. Polar Cap Field-Aligned Current 변화.(IMF +By 인 경우) 북쪽지역 polar cap에서 field-aligned current 흐름 변화

### 4) Magnetospheric Sash와 Cross-Tail S

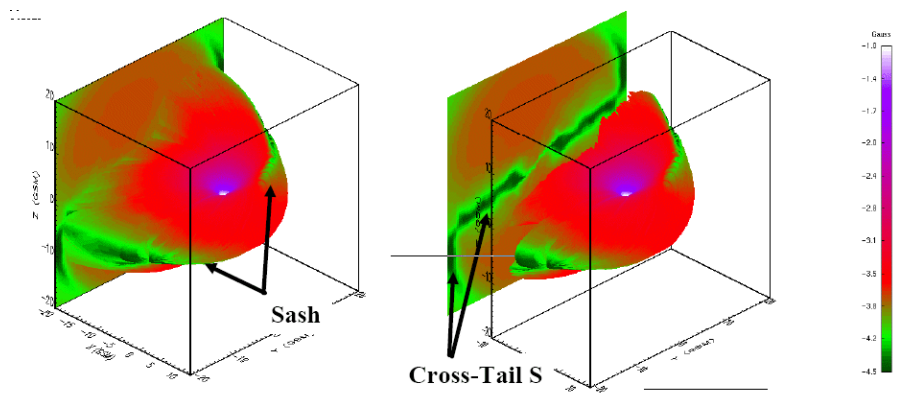


그림 101. closed field line이 지속되는 자기권 변화. ( IMF +By일 때 ) field line이 약한 지역에서는 magnetospheric sash가 나타남

## 5) 태양풍의 유선(streamlines)

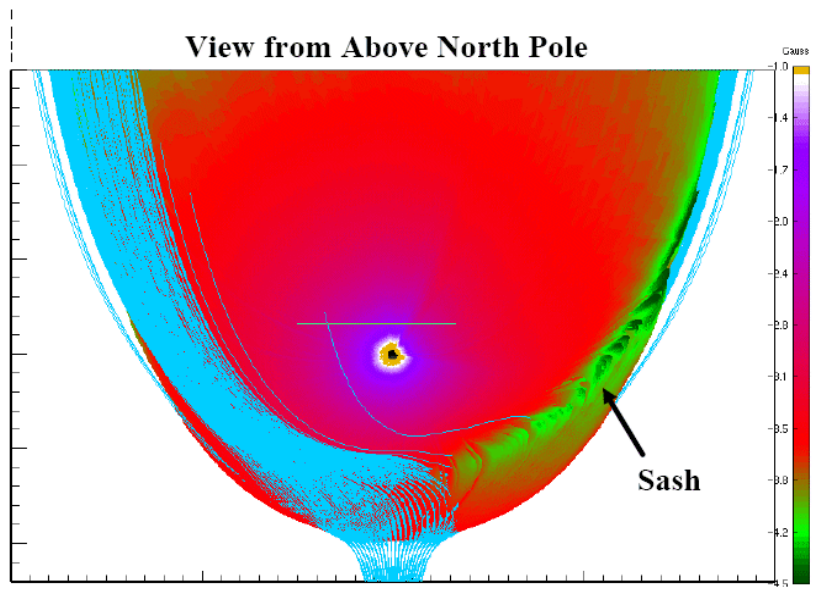


그림 102. 자기권을 통과하는 태양풍의 흐름. (자기장이 closed field line일 때)

## 6) ISM Sash 결과의 중요성

- ① ISM 시뮬레이션 결과 자기권은 Sash가 나타나는 현상은 다음과 같은 새로운 정보를 제공
  - i) 지구 자기장과 행성간 자기장 사이의 재결합
  - ii) 자기권 안쪽으로 태양풍 플라즈마와 에너지 유입
- ② ISM code에서 예측한 Sash는 IMP-8, POLAR, INTERBALL 위성에서도 관측
- ③ 이러한 Sash 예측은 NASA와 국제 우주 과학 미션수행에 새로운 목표를 제시

아. ISM 시뮬레이션 결과 태양풍에 의한 전리층의 변화

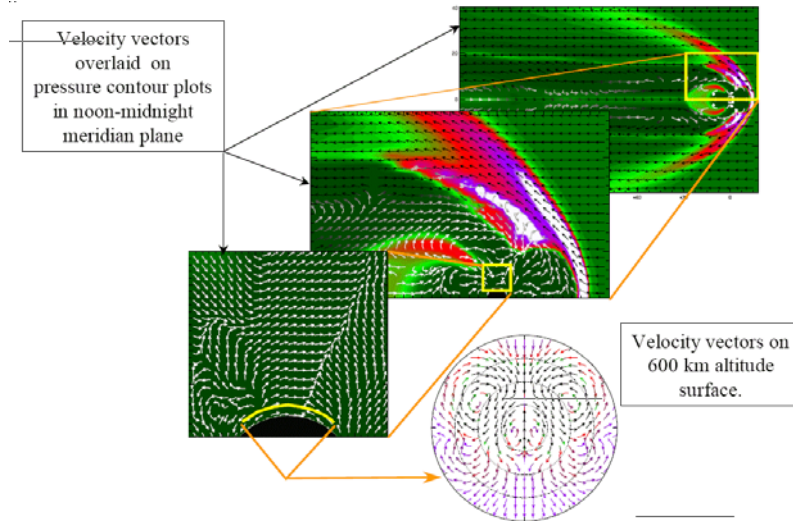


그림 103. 태양풍에 의한 전리층의 변화

자. 북쪽방향 IMF 동안 전리층의 전류 변화

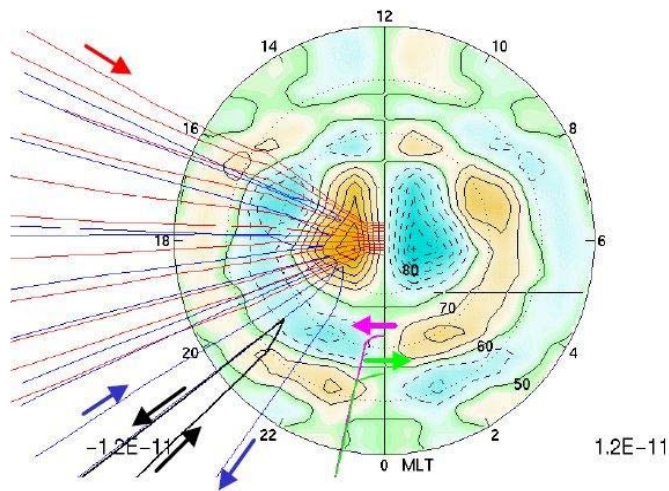


그림 104. 북쪽방향 IMF 동안 전리층의 전류 변화

차. 북쪽방향 IMF 동안 자기권의 전류 폐쇄(Closure)

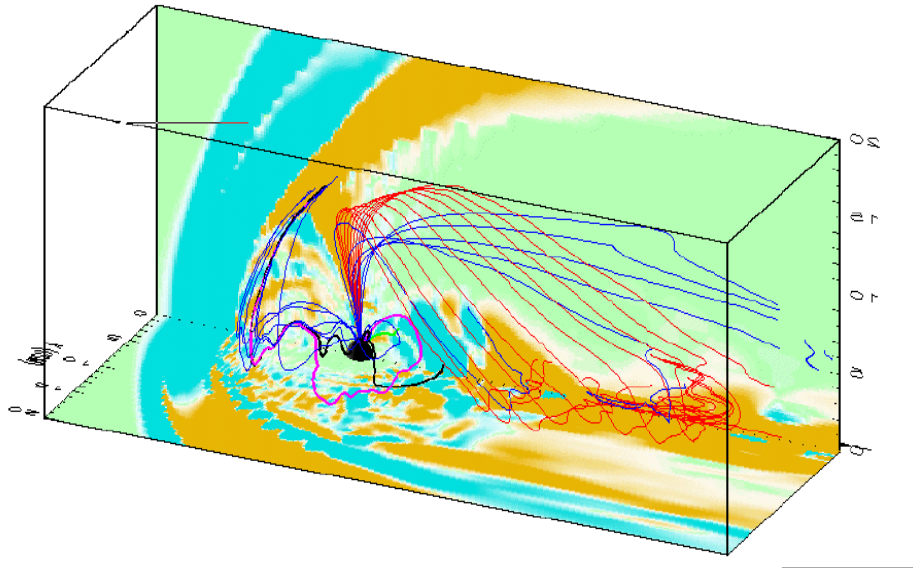


그림 105. 북쪽방향 IMF 동안 자기권의 전류 폐쇄(Closure)

카. ISM 발달 상태

1) 현재 완성된 code와 진행 중인 테스트

- ① 고도 100km에서 태양풍까지 two-fluid MHD 시뮬레이션
- ② Polar cap 지역의 전기적 potential
- ③ MHD - MFIM operation
- ④ 고 분해능으로 전리층 감지
- ⑤ 자기권 재결합과 경계면 지역에서 변화 시뮬레이션

2) 정확성

- ① 자기권 Sash와 cross-tail S 발견과 데이터를 통해 관측
- ② 우주환경 이벤트와 비교

## 2. Nuclear 환경 예보에서 ISM의 역할

### 가. 역사

#### 1) 1960년 후반에서 1970년 초반

- ① 물리적인 배경으로 하여 핵 폭발의 MHD code 발달
- ② single-fluid MHD는 잘못된 결과를 제공

#### 2) 1970년대 중반

- Multi-fluid MHD 방법 발달

#### 3) 1982년 7월

- 지구근접 우주에서 high-altitude burst 모델

#### 4) 1990년대 초반

- 확실한 시뮬레이션 결과 보여줌

#### 5) 1990년대 중반

- ISM 모델 개발

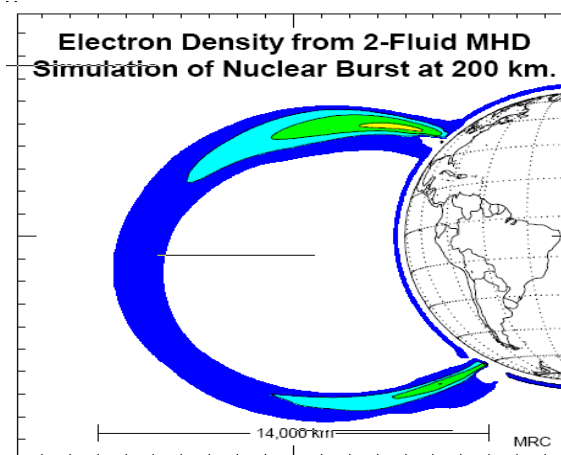


그림 106. 200km에서 Nuclear burst의 2-fluid 시뮬레이션 결과 나타난 전자 밀도

나. 속박된 radiation belts의 위험요소

1) 우주선의 전기적인 요소에 손실

- ① 우주선의 방전
- ② Electronic effect ( single event upset, noise spikes)
- ③ Cumulative radiation damage

2) 1962년 7월 9일 Ariel, Traac, Transit 4B, Cosmos V 손실

1997년 1월 natural radiation belts로부터 방송 위성 손실

군사위성 손실

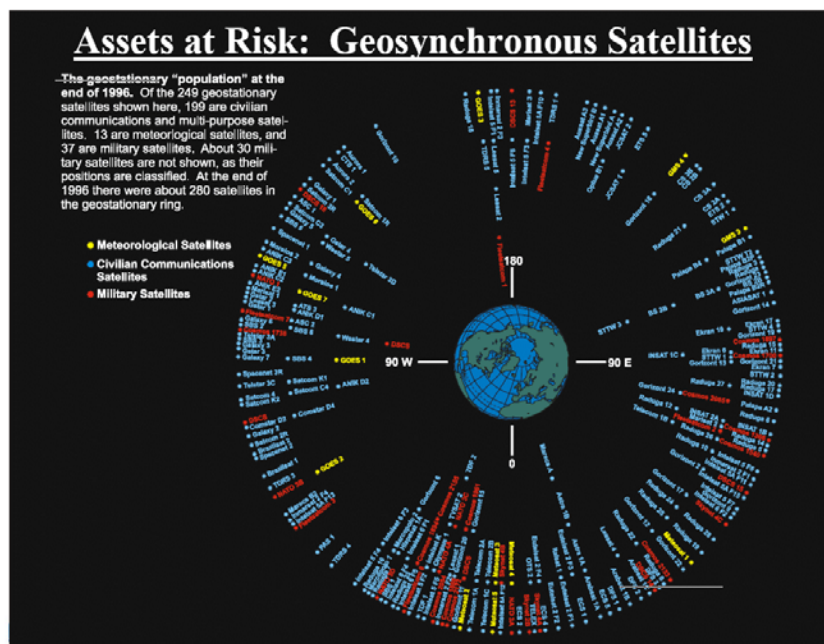
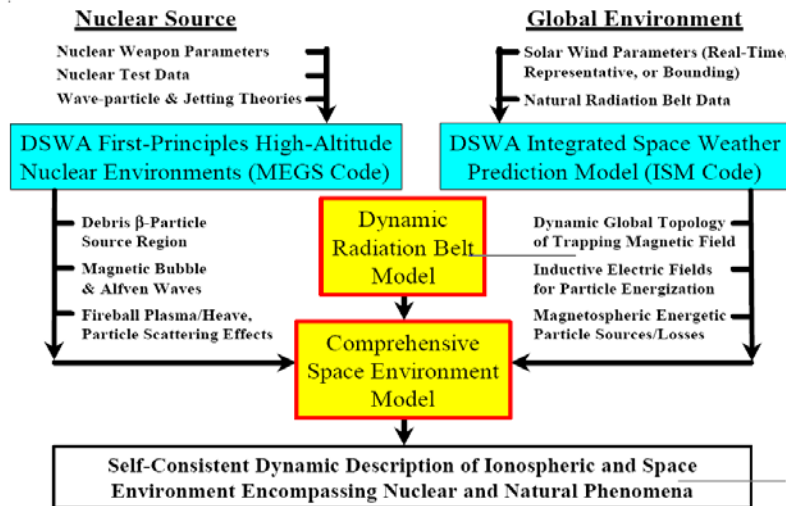


그림 107. 위험지역에 있는 지구정지궤도 위성

### 3. Comprehensive Space Environment Model



## 제 2 절 플레어 발생 예보 분석

### 1. 태양 플레어

태양 플레어는 태양 내부에서 자기장과 유체운동의 상호작용으로 생성, 증폭되고 에너지가 주입된 자력관이 밀도가 낮은 코로나로 상승하여 그 잉여 자기 에너지를 폭발적으로 방출하는 현상을 말한다. 플레어는 필라멘트가 존재하는 자기극성이 중립인 지역에서 주로 발생한다(Severny, 1985). 이러한 경계영역에 수직인 자력선을 따라 나타난다. 또한 이 지역에서는 전도도가 작아지고 자기장의 확산시간(diffusion time)이 짧아지므로 자기력성의 재결합이 좀 더 빠르게 발생하여 10MeV에 달하는 전자와 수백 MeV의 핵자들이 생성되며 이들은 4천만 도에 달하는 매우 뜨거운 플라즈마로 가열된다. 이러한 가열 과정동안 두 개의 밝은 리본형태의 플레어(two ribbon flare)는 자기중립선(neutral lines)의 반대방향으로 급격한 분출현상을 보이며 5-20km/sec의 속도로 분리되어진다.



플레어의 분출은 sprays, surges, 전자와 핵의 흐름 및 충격파를 포함하며 hard X선 방출은 광속의 1/3으로 가속된 고 에너지 전자의 흐름에서 발생하는 제 3형 전파폭발(type III radio bursts)을 동반한다. 제 3형 전파폭발은 500-0.5MHz의 파장을 가지며 수 초 동안만 지속된다. 가장 눈에 띄는 현상은 1000km/sec의 속도를 갖는 큰 플레어의 MHD 충격파와 Moreton파(Athay and Moreton, 1961)이다. 이들은 행성간 공간을 통해 지구에 도달하고 제 2형 전파폭발(type II radio bursts)을 발생시킨다. 제 2형 전파폭발은 300 MHz-10MHz의 파장을 가지며 큰 플레어와 태양대기를 통과하는 충격파와 연관된다. 또한 이들은 코로나 물질 방출(Coronal Mass Ejection, CME)과 함께 지구에 도달하는 고에너지 입자(Solar Energetic Particles, SEP)의 근원으로 알려져 있다. 플레어 발생 지역 상층부의 고 에너지의 플라즈마의 존재를 말하는 제 4형 전파폭발(type IV radio bursts)은 300-20MHz 파장에서 플레어 에너지가 최고에 도달한 후 10-20분 후에 시작하여 수 시간동안 계속된다. 플레어의 관측은 여러 파장 범위에서 가능하며 주로 Ha, X선, 전파에서 많은 관측이 이루어진다. 그러나 광학관측은 날씨에 제한을 받으며 X선은 soft X선 관측에 주로 의존한다. 마이크로 파장에서의 관측은 날씨에 관계없이 항상 이루어질 수 있지만 큰 플레어에 한정되며 플레어의 발생장소에 대한 정보를 포함하지 않는다. Ha 플레어가 그림 108(a)에 보여지며 그림 108(b)에서 two ribbon 플레어로 발전하고 있는 해마형(seahorse) 플레어를 볼 수 있다. 또한 soft X선으로 관측 모습을 그림 109에서 볼 수 있다. 필라멘트는 플레어가 발생하기 수 십분 전에 Ha 관측에서 나타난다. 이들은 플레어가 Ha파장에서 밝게 나타나면 소멸된다. 이를 섬광단계(flash phase)라고 부르며 그림 108에서 보여지는 바와 같이 Hard X-ray(HXR), Ha와 마이크로파 세기에서 동시에 급격한 증가를 보인다(Zirin, 1978). 이 때 플레어 에너지는 핵자들과 고에너지 전자에 축적된다. 플레어가 많이 생성된 지역은 플레어가 좀 더 발생할



가능성이 있다고 볼 수 있으며 다량의 H $\alpha$ 를 방출하는  $\delta$ 흑점의 급격한 증가, 후행흑점과 선행흑점의 근접, 반암부가 없는 거대 흑점은 모두 플레어의 발생 징후이다. 그러나 단지 다음의 두가지의 현상만이 확실한 플레어 발생 징후로 알려져 있으며 그 중 하나는 필라멘트의 밝기 감소이고 다른 하나는 전파나 soft X선(SXR) 세기의 증가를 동반한 H $\alpha$ 의 점차적인 밝기 증가이다.



그림 108-a H $\alpha$ 로 관측된 플레어



그림 108-b Two-Ribbon 플레어

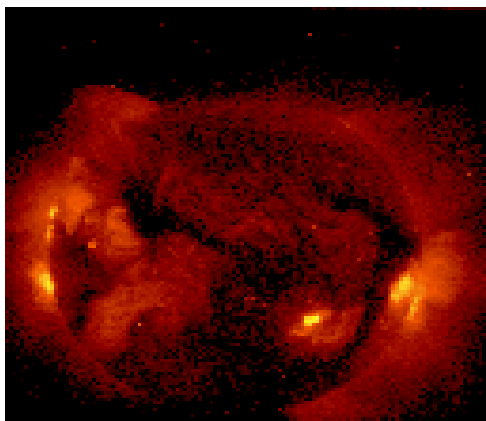


그림 109-a soft X선(SXR) 이미지 (Yohkoh, 1994)

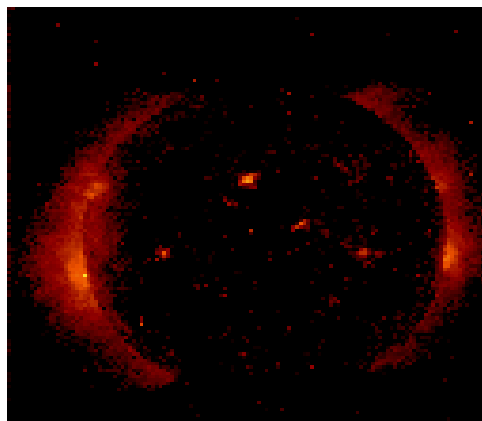


그림 109-b 태양활동이 조용한 시기 관측 이미지 (1996)

## 2. 플레어 분류

### 가. 열 플레어 (Thermal Flare)

채층과 코로나의 국부적인 가열에 의해 나타나는 현상으로 Ha와 sft Xtjs( $1\text{\AA} - 8\text{\AA}$ )으로 잘 관측되면 Ha플레어에 상대적으로 X선 플레어의 온도가 높다. Ha 플레어는 보통 열 플레어(thermal flare)와 광학 플레어(Optical flare)를 말하며 그 규모는 Ha 플레어의 면적 크기를 기준으로 표 23과 같이 구분하는 데 이 분류방법은 1966년 IAU에서 인정된 이후 사용되고 있다. 여기에서 중요도의 구분에 사용된 플레어면적(flare area)을 SI 단위로 나타내면 다음과 같다.

표 23. 광학 플레어의 면적과 중요도

면적중요도 (Areal importance)	면적 (millionths)	각 면적 (sq. degrees)	전형적인 SXR 분류
S	< 100	< 2.0	C2
1	100 - 250	2.1 - 5.1	M3
2	250 - 600	5.2 - 12.4	X1
3	600 - 1200	12.5 - 24.7	X5
4	> 1200	> 24.7	X9

$$100 \text{ millionths} = 3.04 \times 10^{14} \text{m}^2$$

$$1 \text{ square degree} = 1.48 \times 10^{14} \text{m}^2$$

또한 플레어의 밝기에 따라 F(faint), N(normal), B(Bright)로 나누어지는데 플레어의 중요도(importance)와 밝기(intensity)를 함께 파악할 수 있도록 1N, 2F, 3B등과 같이 나타낸다.

## 나. X선 플레어

플레어 예보에서 가장 중요한 부분은 X선 플레어의 세기를 예보하는 것이다. 우주환경에 큰 변화를 가져오는 플레어가 발생양는 지역의 유효온도는  $4 \times 10^7$  K 정도이다. X선 플레어는 X선 에너지의 세기에 따라 분류되는데 위성 관측한 1-8Å 파장대의 X선 플레어에 대해 우주환경센터(Space Weather Prediction Center)의 분류(Space Environment Laboratory, 1993)에 따르며 표 24와 같다.

표 24. X-선 플레어의 세기별 분류

Class	Peak, 1-8Å	
	(W m <sup>-2</sup> )	(erg cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )
B	$I < 10^{-6}$	$I < 10^{-3}$
C	$10^{-6} \leq I < 10^{-5}$	$10^{-3} \leq I < 10^{-2}$
M	$10^{-5} \leq I < 10^{-4}$	$10^{-2} \leq I < 10^{-1}$
X	$I \geq 10^{-4}$	$I \geq 10^{-1}$

## 다. 포괄적인 플레어 지수

CFI지수(Space Environment Laboratory, 1993)는 McMath-Hulbert 관측소에서 Helen Dodson Prince와 Ruth Hedeman에 의해 고안되었다. 이 지수는 복잡한 플레어 현상을 설명하는 방법의 하나로 사용되며  $CFI=A+B+C+D+E$  와 같이 주어지고 각각의 성분은 아래에 설명되어 있다. CFI의 값은 0~17의 범위로 나타나며 CFI 제로 값을 갖는 경우 플레어에 의한 지구환경변화가 발생하지 않을 것으로 예보할 수 있으며 10 이상의 값을 갖는 경우 강한 전자기복사를 동반하는 플레어가 발생할 것으로 예보할 수 있다.

1) A : 태양 플레어로 인한 이온층 변화로 전파 통신에 심각한 장애를 주는 SID(Sudden Ionospheric Disturbance) 현상과 연관되어 중요하게 취급되는데 1~3 사이의 값을 가지며 보통 X선 플레어의 분류에 의하여 C급은 1, M급은 2, X급은 3으로 나타낸다.

2) B : Ha 플레어의 중요도로 1~3의 범위를 갖는다. 광학플레어의 중요도가 3이상인 경우는 모두 3으로 일괄 처리한다.

3) C :  $10^{-22} \text{Wm}^{-2} \text{Hz}^{-1}$  단위로 나타낸 주파수 2800MHz 전파의 최대세기를 로그 값으로 표현한 양이다.

4) D : 전파 스펙트럼과 연관되며

Type II Burst = 1

continuum storm = 2

Type IV burst = 3

으로 나타낸다.

5) E : 주파수 200MHz의 전파세기를  $10^{-22} \text{Wm}^{-2} \text{Hz}^{-1}$  단위의 로그 값으로 나타낸다.

## 2. 플레어 발생 예보

플레어 예보는 보통 플레어의 1-8Å soft X선 세기를 C,M,X의 분류로 예보하여 지구 환경에 영향을 미치는 M, X 플레어의 발생이 예보될 경우 이에 대비할 수 있도록 한다.

가. 주리히 흑점분류(Zpc)를 이용한 M, X 플레어의 발생수 예보

각 흑점의 Zpc와 평균 M, X 플레어의 생성간에는 밀접한 관계 (Bornmann and Shaw, 1992)가 있는데 본 연구는 먼저 Bornmann 과 Shaw에 의하여 연구되어진 방법과 같은 방법으로 (1) 식을 IDL(Interactive Data Language)의 SVDC(Singular Value Decomposition) 함수를 이용하여 계수  $a_j=0,1,2,...,n$ 를 계산하였다.

$$y(x_i)=a_0+\sum_{j=1}^n a_j x_{ij} \quad (1)$$

입력 데이터  $x_j(j=1,2,\dots)$ 에는 흑점 분류 Zpc 에 대한 17개 ( $n=17$ )의 분류가 각각 해당되며 각 분류  $x_j$ 가 관측 값과 일치하면  $x_{ij}$  값은 1을 가지며 그렇지 않으면 0 값을 가지게 된다. 주리히 흑점 분류방법으로 구분된 각 형태의 흑점에서 M급, X급 플레어의 발생 수 (Kidahl, 1980)가 나타나 있으며 각 분류에 대응되는  $y(x_i)$  값에 이 값들이 대입된다.

즉, 선형 모델의 경우

$$y=w_0+w_1+w_2 \quad (3)$$

로 나타낼 수 있으며  $w_1, w_2, w_3$  는 Zpc 각각의 분류에 해당된다.

또한 로그 모델의 경우는

$$\log[y(x_i)] \equiv Y(x_i) = B_0 + \sum B_j x_{ij} \quad (4)$$

의 식으로 표현할 수 있으며 여기에서

$$y = b_0 \times W_1 \times W_2 \times W_3 \quad (5)$$

로 나타낼 수 있다. 이상의 선형 모델과 로그 모델에 따른 계산 결과는 Bornmann과 Shaw의 결과와 정확히 일치하는 것으로 확인되었으며 로그 모델이 보다 나은 상관관계성을 보여주었다. 식 (1)과 식 (4)에 예보하고자 하는 날의 Zpc 데이터를  $x_j$  값에 대입하여 그 흑점 집단에서의 플레어 발생 수를 구하고자 하였으나 평균 M, X 급 플레어 수와 실제적인 플레어 발생 수와의 큰 차이로 예보에 이 방법을 적용 할 수 없었고 단지 흑점 데이터와 플레어 데이터와 관

계성만을 확인 할 수 있었다.

#### 나. 플레어 세기 예보

플레어 예보는 대부분 Multilinear Regression 방법(Bartkowiak, 1984; Neidig et al, 1984; Paszkiewicz, 1994; Bornmann and Shaw, 1992; Wang, 1992)을 이용하여 이루어지고 있으며 본 연구에서 역시 IDL의 regression 함수를 이용하여 예보 계산하였다. 광구데이터, X선 플레어 데이터 및 광학 플레어 데이터 등의 입력데이터가  $x_{ij}$  값으로 주어지고 그 다음날의 플레어의 X선 세기와 M, X플레어의 수가  $y(x_{ij})$ 에 주어지면 아래의 관계식 (6)에 의해 입력데이터와 그 다음날의 플레어 세기와 수에 대한 관계가 결정된다.

$$y(x_{ij}) = \sum_{j=1}^n a_j x_{ij} \quad (6)$$

$$a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + \dots \quad (7)$$

여기서  $n$ 은 입력 데이터의 수이다. 또한 각각의 입력 데이터  $x_j$ 와  $y$ 와의 관계도는 Correlation계수로 나타내는데 이들 상관계수에 대한 정의는 다음과 같다.

$$R^2_{\mu l} = \sum_{i=1}^n (a_j \frac{s_{j\mu}^2}{s_y^2}) : \text{multiple-correlation 계수} \quad (8)$$

: 전체 입력 데이터와 출력 데이터와의 관계성을 나타낸다.

$$R_{jk} = \frac{s_{jk}^2}{s_j s_k} : \text{linear-correlation 계수} \quad (9)$$

: 각각의 입력 데이터와 출력 데이터와의 관계성을 나타낸다.

여기서  $s_j^2, s_{jk}$  는 다음과 같다.

$$s_j^2 = s_{jj}^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_{ij} - \overline{x_j})^2$$

$$s_{jk} = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_{ij}x_{ik} - \overline{x_j} \overline{x_k})$$

각 correlation 계수 값은 1에 가까울수록 두 데이터의 상호 관계성이 크다는 것을 말한다.

다. 플레어 예보 적중률

전체 관측수는 1977년부터 1994년까지로 전체 예보수와 관측 수에 대한 예보 정확도는 표 25와 같다.

전체 예보수에 대한 적중률은 흑점을 발달 과정에 따라 분류하여 성장상태에 해당하는 흑점자료만을 계산에 넣은 경우에 적중률이 가장 좋았으며 전체 관측수에 대한 정확도는 각 흑점에 해당되는 평균 M, X급 플레어 발생수를 적용하여 성장상태의 흑점자료만을 계산에 포함시킨 경우에 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 이러한 방법으로 오차제거와 평균 M, X급 플레어 발생수의 적용으로 수치예보의 적중률을 높일 수 있었다.

표 25. 전체 예보수와 관측수에 대한 예보 정확도

계산 방법		발달 과정에 따른 분류만 적용			오차데이터의 제거			평균 M, X급 플레어 발생수의 적용		
분류방법		전체 데이터	성장 상태	쇠퇴 상태	전체 데이터	성장 상태	쇠퇴 상태	전체 데이터	성장 상태	쇠퇴 상태
전체예보수에 대한 적중률	M	62	69	56	56	67	53	56	67	53
	X	63	50	40	45	33	40	50	50	46
	M5이상	67	80	62	57	46	54	59	60	52
전체관측수에 대한 적중률	M	68	62	63	67	48	65	67	48	54
	X	24	40	13	48	40	40	43	60	40
	M5이상	49	50	45	57	75	52	59	75	44

## 제 6 장 경희대학교 우주환경연구 모니터링 시스템

### 제 1 절 개 요

경희대학교 태양물리연구실에서는 현재 우주환경 모니터링 시스템을 구축하였다. 이 시스템은 그림 110에서와 같이 SWPC(Space Weather Prediction Center)의 FTP 서버와 연결하여 대형 LCD TV와 PC모니터를 이용하여 모니터링 하는 것으로 근실시간으로 현재의 우주환경에 대한 정보를 한 눈에 볼 수 있다. 또한 주 컴퓨터를 이용하여 SWB(Solar weather Browser)라는 소프트웨어를 이용하여 근 실시간 태양 활동 이미지를 모니터링 할 수 있다. SWPC와의 FTP 연결은 근실시간 데이터를 확보하여 모니터상에 직접 보여주게 하였으며, 이는 자체적으로 개발한 SDIP(Solar Data Image Processing)라는 소프트웨어를 이용하였다.

우주환경 모니터링 시스템은 SWPC에서 제공하고 서비스로 모니터링의 기본적인 요소로서 다음과 같은 항목들로 이루어진다.

#### 1. 모니터링 요소

가. Latest Image : Latest Mauna Loa Image

나. Real-Time Solar Wind Data

- ① Magnetic Field Bz dial
- ② Speed(V) dial
- ③ Dynamic Pressure dial



다. NOAA Scales Activity

- ① Geomagnetic Storms
- ② Solar Radiation Storms
- ③ Radio Blackouts

라. Auroral Map

마. Solar Cycle 24 Prediction :

- ① ISES Solar Cycle Sunspot Number Progression
- ② ISES Solar Cycle F10.7cm Radio Flux Progression
- ③ ISES Solar Cycle Ap Progression

바. Space Weather for Aviation Service Providers

- ① Geophysical Alert Message
- ② Latest 3-day Solar Weather Forecast
- ③ POES Auroral Activity Estimate
- ④ D-Region Absorption Prediction
- ⑤ Estimated Planetary K-index
- ⑥ GOES-11 Proton Flux
- ⑦ GOES X-ray Flux

사. NOAA Scales Activity

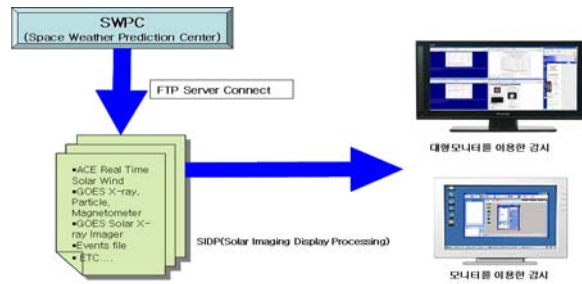


그림 110. 경희대학교 모니터링 시스템

## 2. 태양 플레어 빈도수 (2006. 12. 01 ~ 2007. 11. 20)

현재 태양활동은 그 극소기를 향하고 있다. 본 연구 기간을 포함한 최근 1년간의 SWPC 메시지를 통해 태양활동의 예·경보 빈도수를 표 26과 같이 정리하였다. 지난 2006년 12월 5일(X9.0), 6일(X6.3) 그리고 13일(X3.4)에 걸쳐 에 발생한 강력한 태양플레어는 지구의 GPS를 마비시키는 원인이 되기도 했다. 이 외에 X선 M등급의 간헐적인 태양폭발을 확인할 수 있었다.

표 26. SWPC 경고 분류 및 발생빈도

분류	기호	분류 기준	영향대상	예상되는 장애	발생빈도 (11년)	발생빈도(1년) 2006.12.01 ~ 2007.11. 14
STRONG	R3	X1이상	통신/항법	◦ 일부지역에서 HF 통신 두절 ◦ 1시간정도 LF 항법 신호 감쇄	175회	4회
	S3	10 <sup>3</sup> Mev 이상	통신/항법	◦ 수일간 간헐적인 항법에러 발생 ◦ 극 지역을 통과하는 HF 통신 감쇄	10회	4회
			위성	◦ single event upset, 위성영상 노이즈 발생 ◦ 태양전지 효율 감소		
	G3	Kp=7	통신/항법	◦ 간헐적인 위성 항법 이상발생 ◦ 간헐적인 LF 항법신호 및 HF 통신이상	200회	4회
			위성	◦ 위성체 표면 대전 가능성 대두 ◦ 위성 공기저항(drag)으로 저궤도위성 고도 조절 필요		
MODERATE	R2	M5이상	통신/항법	◦ 일부지역 HF 통신 두절 ◦ 수 십분 정도 LF 항법 신호 감쇄	350회	6회
	S2	10 <sup>2</sup> Mev 이상	통신/항법	◦ 극지역 통과 HF 통신과 항법에 약간의 영향 가능성	25회	16회
			위성	◦ 드물게 single event upset 발생 가능성		
	G2	Kp=6	통신/항법	◦ 고위도 지역에서 HF 전파 신호 감쇄 가능성	660회	15회
			위성	◦ 위성 궤도 보정 필요 가능성 ◦ 대기저항 증대로 위성 궤도 예측 곤란 가능성		
MINOR	R1	M1이상	통신/항법	◦ 순간적 LF 항법신호감쇄발생 ◦ 일시적인 HF 통신 감도 저하	2000회	
	S1	10Mev이 상	통신/항법	◦ 극지방 HF 통신에 미세한 영향	50회	11회
			위성	◦ 영향없음		
	G1	Kp=5	통신/항법	◦ 영향없음	1700회	70회
			위성	◦ 위성운용에 사소한 문제 발생 가능성		

## 제 2 절 우주환경 자료처리용 소프트웨어



그림 111. SDIP 실행 화면. 태양상 분석처리용 소프트웨어 SDIP를 구동하여 처리한 Big Bear태양천문대의 태양상. 우측 창에 FITS 파일형식의 자료를 읽어 표시한 태양전면상이 나타나 있고 좌상단의 창에는 헤더부분의 정보가 표시되어 있으며 좌하단 창에는 태양상의 밝기를 등급별 빈도수로 나타낸 히스토그램이 나타나 있다. Shift를 누르고 마우스를 이동시키면 그림처럼 십자선이 나타나 교차점의 위치, 강도 및 십자선을 따른 밝기 윤곽을 한눈에 파악할 수 있다.

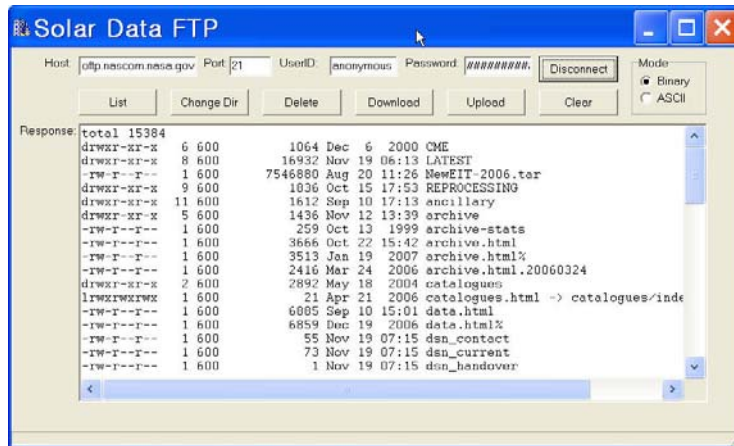


그림 112. SolarFTP 실행화면. 파일을 내려 받고 원하는 자료처리가 가능한 SolarFTP 프로그램으로 Host에 내려 받고자하는 인터넷 주소를 입력하여 접속하고 상단의 버튼의 누르면 부여된 명령을 실행할 수 있다.

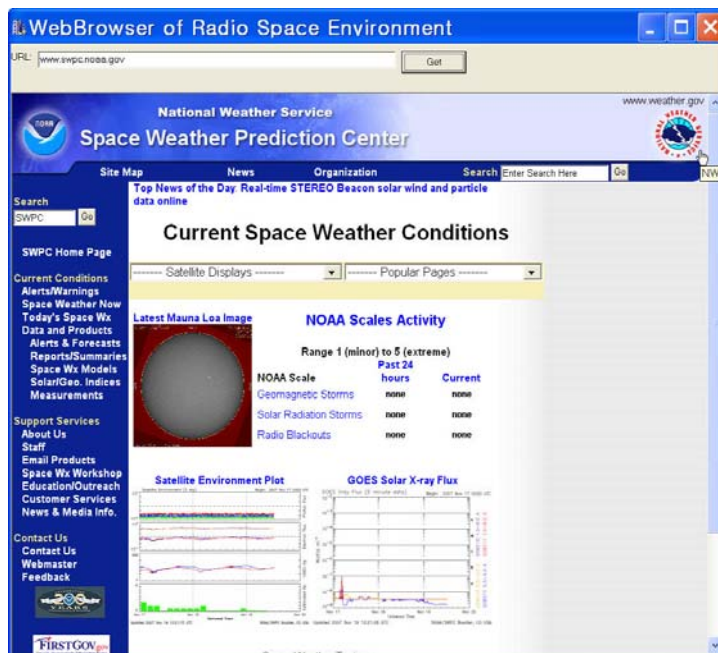


그림 113. URL입력 창에 웹주소 입력 후 실행 화면

경희대 태양물리연구실에서 자체 제작한 태양상 분석처리용 소프트웨어 SDIP는 FITS 파일 형식의 관측 자료를 대상으로 태양활동 영역의 분석을 수행할 수 있다. 또한 대화식 기법으로 화상의 밝기 분포 윤곽을 알 수 있으며 통상적인 히스토그램 기법, 공간필터기법 등의 화상처리를 할 수 있도록 제작되었다. 또한 이렇게 처리된 화상은 JPEG파일 형식으로 저장, 인쇄할 수 있도록 하였다.

이 프로그램과 함께 FTP기능을 이용하여 우주기상센터에 접속하여 근 실시간 태양자료를 자동으로 내려 받고 이를 자료 처리할 수 있도록 제작된 Solar FTP 프로그램과 필요한 웹상의 주소로 이동하여 탐색할 수 있는 웹브라우저를 자체 제작하였다.

Solar FTP 프로그램은 SOHO위성 자료센터의 FTP사이트 (<ftp://sohoftp.nasco.nasa.gov>)에 접속하여 근 실시간 자료를 내려 받을 수 있는 프로그램이다. 물론 Host의 주소를 변경하면 변경된 주소로 접속하여 필요한 자료를 내려 받을 수 있다. 웹브라우저 프로그램인 SolarWeb은 입력한 URL주소의 웹화면을 표시하는 프로그램으로

이상의 응용 프로그램 제작에는 Borland C++ Builder의 개발도구가 이용되었다.

## 제 3 절 우주환경 모니터링 시스템

### 1. 우주환경 모니터

태양활동의 급격한 변화는 지구주변 환경을 여러 가지 형태의 영향을 받고 있다. 이러한 급변하는 우주환경을 근 실시간으로 보여주는 시스템이다.

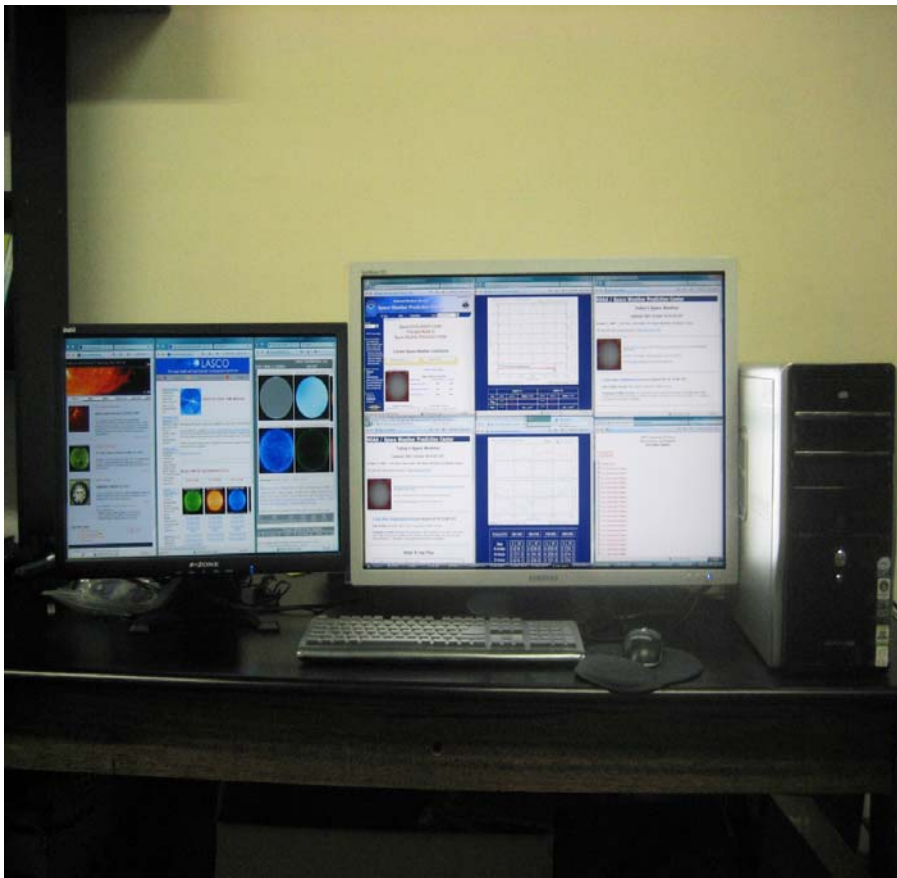


그림 114. 모니터링 시스템

## 2. 태양활동 영상 모니터

태양활동의 위성 및 지상관측 데이터를 근 실시간으로 보여주고, SDIP(Solar Data Image Processing)등의 소프트웨어를 이용하여 모니터링하는 시스템이다.



그림 115. LCD TV를 이용한 모니터링 시스템

## 제 4 절 SWB(Solar Weather Browser) 소프트웨어

### 1. 우주기상 탐색기

벨기에의 왕립천문대가 태양상을 손쉽게 보고 덮어씌우기 기능을 이용해 우주기상관련 사항을 태양상 위에 표시하여 태양활동을 손쉽게 분석할 수 있도록 개발한 소프트웨어 도구이다. 그림 119에 대화식으로 자료를 선택한 두 개의 예가 나타나 있다. 왼쪽은 SOHO위성에 탑재된 극자외선 영상사진기(EIT)의 파장 195 Å의 필터로 촬영한 태양상위에 CACTus라 불리는 태양코로나 방출물질(CME)를 분석검출이 용이하도록 눈금자를 중첩시킨 사진이다. 오른쪽은 171Å의 EIT카메라로 촬영한 태양상과 14도 간격의 날줄과 씨줄 및 NOAA활동영역번호를 중첩시킨 사진이 나타나 있다.

Solar Influences Data analysis Center(SIDC)는 세계에 분포된 약80개의 관측소로부터 관측된 데이터를 분석하여 태양 흑점지수(Sunspot Index)를 제공하고 있다. 이러한 활동으로 부터 SIDC는 최근 현재의 태양상태와 태양활동이 어떻게 변할지를 예보하여 제공하는 유럽지역의 센터로서 성장하고 있다. 또한 SIDC는 SOHO 위성에 탑재된 EIT기기 개발에 참여하여 플레어, 코로나홀, CME의 최고 이미지를 모니터링 할 수 있다. 그림 116은 SOHO/EIT에서 관측된 태양 이미지를 보여주고 있다.



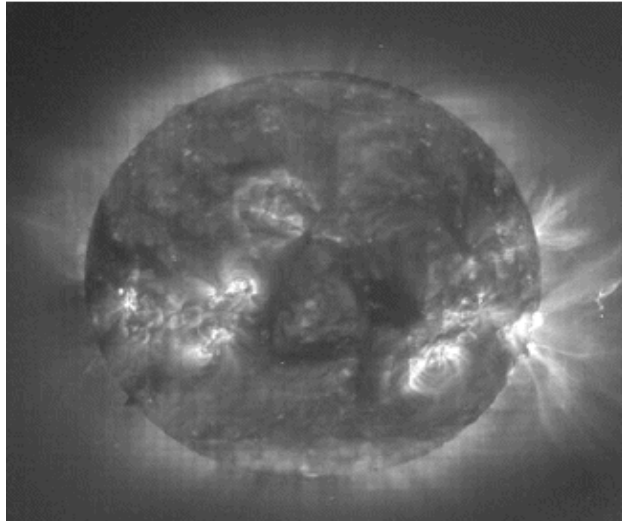


그림 116. 19.5nm에서 관측된 SOHO/EIT 이미지

SIDC는 지상과 우주에 관측기기를 구축하고 있는데 Brussels에 있는 USET(The Uccle Solar Equatorial Table) 망원경은 매일 white light와 H $\alpha$  이미지를 관측하고 있다. 그림117은 2002년 8월 17일 USET에서 관측한 태양 이미지로서 왼쪽은 white light, 오른쪽은 H $\alpha$  이미지를 보여주고 있다. 2003년부터 USET 이미지는 SIDC 웹사이트에서 제공되고 있다(<http://sidc.be>). 또한 태양을 북-남으로 구분하여 태양 흑점지수에 대한 정보를 제공하고 있다.

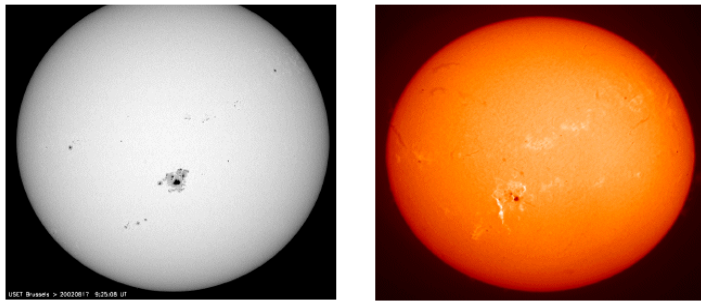


그림 117. 2002년 8월 17일에 관측한 태양이미지로서 왼쪽은 white-light USET 이미지. 오른쪽은 H $\alpha$  USET 이미지.

SIDC는 소프트웨어를 개발하여 매일 24시간 동안 준 실시간으로 태양 이미지를 모니터링하여 서비스를 제공하고 있으며 우주환경에 필요한 데이터도 사용자들이 쉽게 다운로드 할 수 있도록 구축하였다. SIDC는 플레어 예보, 지자기 활동 그리고 10.7cm에서 관측된 플럭스 세기를 제공하고 있다. 또한 ESA Space Weather Pilot Project로서 GPS 위성을 통하여 유럽상공 전리층안의 총 전자수 (Total Electron Content, TEC)을 추정하여 우주환경 변화에 의한 전리층의 변화를 제공하고 있다

## 2. 우주환경 보고와 예보 (Space weather reporting and forecast)

가. Fast threshold alerts : 플레어와 지자기 활동과 관련된 예보로서 플레어 활동이 M5.0 이상, K 지수가 5 이상이면 소프트웨어에서 감지하여 실시간으로 예보를 한다.

나. Fast alert Messages : 태양풍의 속도와 밀도를 통한 충격파, 크게 발생한 플레어(> X1.0), 헤일로 CME, 지자기 지수가 갑자기

증가하게 되면 빠르게 우주환경 이벤트를 예보를 하는 시스템이다.

다. CACTus message : 헤일로 CME 예보. SOHO/LASCO 위성은 지난 3일 동안 발견한 CME 관측 데이터를 CACTus 소프트웨어로 보내 예보를 하는 것이다. 여기에는 principal angle, angle width, radial velocity를 포함한다.

라. Daily Space Weather Report : 10.7cm radio flux, provisional sunspot number, sunspot/active region, coronal hole location, CME occurrence 등과 같은 태양활동을 매일 보고하고 예보한다.

마. Weekly bulletins : 지난주의 태양활동과 지자기 활동을 정밀하게 살펴보는 것으로 태양활동(CME, 플레어 등)과 행성간 공간의 변화(태양풍 플라즈마, 자기장 등), 지자기 지수 변화(A와 K지수, 태양폭풍)를 통해 미래에 발생할 태양활동을 추측하는 것이다.

바. Monthly SIDC bulletin : 한달 동안 흑점지수 변화를 살펴보고 태양활동과 지자기 지수 변화를 비교하면서 다음 한달 동안의 변화를 예측하여 예보하는 것이다.

### 3. 소프트웨어 개발

#### 가. Computer Aided CME Tracking (CACTus)

CME 발생을 관측하는 일반적인 방법은 코로나그래프를 분석하는 방법으로서 이것은 외부로 방출되는 물질을 감지하는 것이다. 그러나 이러한 방법은 CME가 발생하고 지구에서 관측할 수 있을 때 까지는 수 일이 걸릴 뿐 아니라 또한 이것을 매 시간마다 모니터링하기 위해서는 3-D MHD 시뮬레이션을 실행할 수 있는 CPU

가 필요하다. 이러한 이유로 CACTus ("Computer Aided CME Tracking")이라 불리는 소프트웨어를 개발하였다. CACTus는 Hough transform을 사용하여 bright ridges로 CME를 감지한다. 프로그램의 출력데이터로부터 CME의 이벤트 날짜, 발생 시간, principle angle, 각 넓이, 추정된 속도를 얻을 수 있다. 최근에는 프로그램을 향상시켜 준 실시간 관측결과를 웹사이트를 통해 제공되고 있다. (<http://sidc.be/cactus>)

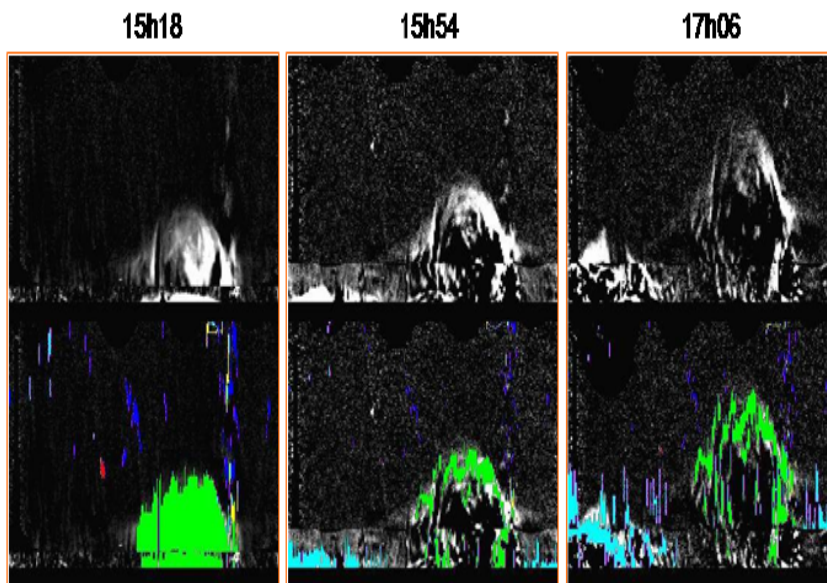


그림 118. 2003년 11월 11일 CACTus에 의해 관측된 CME 폭발모습

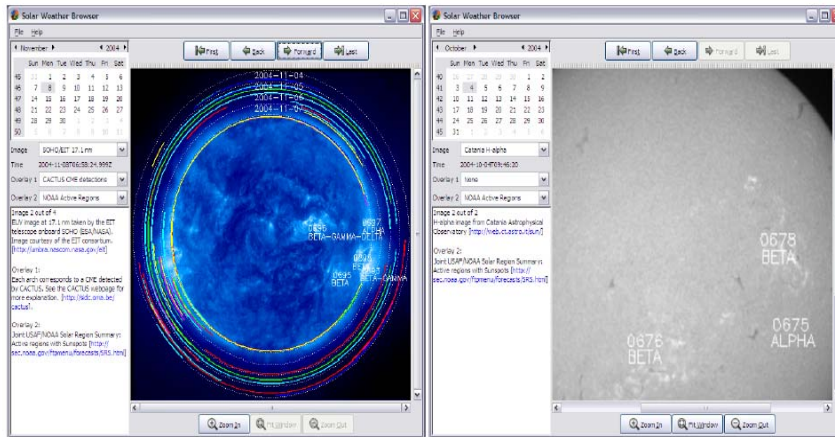


그림 119. Solar Weather Browser 모습

#### 나. Solar Weather Browser

SIDC에 의해 개발된 Solar Weather Browser (SWB)는 태양이미지 뿐만아니라 우주환경에 관련된 많은 이미지와 데이터를 제공하고 있다. SWB는 다음과 같이 3가지로 구성되어 있다: (1) SWB back-end sever, (2) SWB user interface, (3) SWB download and user support website. 이 서버에서는 사용자들이 흑점 또는 필라멘트 위치와 같은 오버레이와 함께 백그라운드 이미지를 같이 합성하여 서로 상호작용하는 것을 볼 수 있게 제공하고 있다.

## 제 7 장 위성 전파 간섭 사례

태양 단파장의 전자기파복사는 전리층을 그리고 입자복사는 지구 자기장과의 상호작용으로 자기권을 형성한다. 태양활동에 따라 태양에너지는 그 방출량이 수배에서 수십 배에 걸쳐 급격히 변화하게 된다.

1989년 3월 13, 14일에 발생한 초강력한 자기폭풍이 캐나다의 퀘벡주 전역의 송전시설에 영향을 미쳐 약 200,000 Megawatt의 전력 손실을 야기했다. HF 영역의 주파수대는 전세계적으로 거의 사용불능상태가 되었고, VHF 방송은 비정상적으로 멀리 전파되기도 하였다. 미국의 NASA가 운영하는 인공위성 중에 하나가 열권의 대기 밀도의 증가로 말미암아 약 5km나 고도가 낮아지게 되었다. 1997년 1월 6, 11일에 발생한 대규모의 코로나질량유출(CME, coronal Mass Ejection) 때문에 정지궤도상을 운행하던 미국 AT&T사의 통신위성 Telstar401호의 회로단절이 발생해서 수명이 9년이나 단축되는 피해를 초래하여 약 2억달러의 손실이 발생하였다. 특히 2003년 10월 28, 29일 발생한 강력한 태양폭발은 세계적으로 큰 손실을 줬다. 당시 미국 화성탐사선 오디세이와 일본 화성탐사선 노조미 위성은 선체에 심각한 손상을 입었다. 우리나라의 피해사례는 다목적 위성 아리랑2호의 고도가 평상시보다 6배 많이 떨어졌으며 통신 위성인 무궁화1호도 안전조치가 내려졌다.

우리나라에서 발생한 위성수신 방해현상을 조사하였다. SKTelecom의 한별위성과 스카이라이프의 해외위성 수신 채널의 2006년 추분, 2007년 춘분시 태양잡음 관련자료를 확보하였다.

## 제 1 절 전파 간섭 사례

### 1. 전파간섭 현상

1) SKTelecom의 한별위성과 스카이라이프의 해외위성 수신 채널 전파 간섭 사례는 다음과 같다.

#### 2) 스카이 라이프 피해 사례

- ① 춘추분기 태양잡음으로 인한 간섭현상 : 3월, 10월에 약 10일간
- ② 원인불명 방송 끊김 현상 : 양중 수회
- ③ KU-Band 영향 없음
- ④ C-Band 장애 발생

#### 3) 날짜별 간섭현상과 SWPC 경고 메시지

일 시	주파수	전파간섭 현상
2007.3.6 11:26 ~ 11:27	12.2265 Ghz	○. 태양간섭으로 인한 C/N 감소 - 9.2m 안테나 : 최대9.8 dB 감소 - 75cm 안테나(갭필러 안테나) : 최대 4.0dB 감소

Space Weather Message Code: ALTK05

Serial Number: 566

Issue Time: 2007 Mar 06 0323 UTC

ALERT: Geomagnetic K-index of 5

Threshold Reached: 2007 Mar 06 0320 UTC

Synoptic Period: 0300-0600 UTC

Station: Boulder

Active Warning: No

NOAA Scale: G1 - Minor

일 시	주파수	전파간섭 현상
2006.10.8 11:01 ~ 11:02	12.2265 Ghz	○. 태양간섭으로 인한 C/N 감소 - 9.2m 안테나 : 최대8.8 dB 감소 - 75cm 안테나(꺾필러 안테나) : 최대 3.5dB 감소
2006.3.6 11:26 ~ 11:27	12.2265 Ghz	○. 태양간섭으로 인한 C/N 감소 - 9.2m 안테나 : 최대9.4 dB 감소 - 75cm 안테나(꺾필러 안테나) : 최대 3.5dB 감소

Space Weather Message Code: ALTK04

Serial Number: 1149

Issue Time: 2006 Mar 07 0249 UTC

ALERT: Geomagnetic K-index of 4

Threshold Reached: 2006 Mar 07 0247 UTC

Synoptic Period: 0000-0300 UTC

Station: Boulder

Active Warning: Yes



4) 해외위성 전파간섭 현상 및 SWPC 경고 메세지

일시	주파수	전파간섭 현상			
2006.10. 6	3,780GHz 3,840GHz 3,940GHz 3,880GHz 3,920GHz	◇태양 간섭 잡음으로 인한 해외위성 수신장애(추분기) a. 대상위성: PAS-8, Telstar-10, Measat-1 b. 방송장애시간			
		영향채널	시간	내용	위성
		BBC WORLD	09:19 ~ 09:27	Signal Loss	PAS-8
		CNN	09:23 ~ 09:26	Signal Loss	PAS-8
		BBC Prime	15:00 ~ 15:02	Signal Loss	Measat-1
		Disney	16:03 ~ 16:08	Signal Loss	Telstar-10
		AXN	16:03 ~ 16:08	Signal Loss	Telstar-10
2006.10. 7	3,940GHz 3,980GHz 3,980GHz 3,840GHz 3,880GHz 3,920GHz	◇태양 간섭 잡음으로 인한 해외위성 수신장애(추분기) a. 대상위성: PAS-8 Telstar-10, Measat-1 b. 방송장애시간			
		영향채널	시간	내용	위성
		BBC World	09:19~09:27	Signal Loss	PAS-8
		Animal Planet	09:23~09:26	Signal Loss	PAS-8
		Discovery	09:23~09:28	Signal Loss	PAS-8
		BBC Prime	14:57~ 15:02	Signal Loss	Measat-1
		Disney	16:02~ 16:07	Signal Loss	Telstar-10
AXN	16:02~ 16:07	Signal Loss	Telstar-10		
2006.10. 8	3,940GHz 3,980GHz 3,980GHz 3,780GHz 3,829GHz 3,840GHz 3,880GHz 3,920GHz	◇태양 간섭 잡음으로 인한 해외위성 수신장애(추분기) a. 대상위성: PAS-8, Telstar-10, Measat-1 b. 방송장애시간			
		영향채널	시간	내용	위성
		BBC World	09:18~09:27	Signal Loss	PAS-8
		Animal Planet	09:23~09:26	Signal Loss	PAS-8
		Discovery	09:23~09:26	Signal Loss	PAS-8
		CNN	09:22~09:26	Signal Loss	PAS-8
		CCTV	13:56~13:58	Signal Loss	PAS-8
		BBC Prime	14:58~ 15:02	Signal Loss	Measat-1
		Disney	16:02~ 16:06	Signal Loss	Telstar-10
		AXN	16:02~ 16:07	Signal Loss	Telstar-10

2006.10. 9	3,940GHz 3,980GHz 3,980GHz 3,780GHz 3,829GHz 3,840GHz 3,880GHz 3,920GHz	◇태양 간섭 잡음으로 인한 해외위성 수신장애(추분기)			
		a. 대상위성: PAS-8, Telstar-10, Measat-1,			
		b. 방송장애시간			
		영향채널	시간	내용	위성
		BBC World	09:19~09:25	Signal Loss	PAS-8
		Animal Planet	09:24~09:26	Signal Loss	PAS-8
		Discovery	09:23~09:29	Signal Loss	PAS-8
		CNN	09:25~09:27	Signal Loss	PAS-8
		CCTV	13:55~13:57	Signal Loss	PAS-8
		BBC Entertainment	14:56~ 15:02	Signal Loss	Measat-1
		Disney	16:03~ 16:05	Signal Loss	Telstar-10
		AXN	16:03~ 16:05	Signal Loss	Telstar-10

Space Weather Message Code: ALTEF3

Serial Number: 1174

Issue Time: 2006 Oct 06 0504 UTC

ALERT: Electron 2MeV Integral Flux exceeded 1000pfu

Threshold Reached: 2006 Oct 06 0500 UTC

Station: GOES 12

Observed Yesterday: Yes

Yesterday Maximum 2MeV Flux: 10200 pfu

Space Weather Message Code: ALTEF3

Serial Number: 1175

Issue Time: 2006 Oct 07 0955 UTC

ALERT: Electron 2MeV Integral Flux exceeded 1000pfu

Threshold Reached: 2006 Oct 07 0940 UTC

Station: GOES12

Observed Yesterday: Yes

Yesterday Maximum 2MeV Flux: 5100 pfu

- 2007년 10월 8, 9일 메시지 없음

일 시	주파수	전파간섭 현상			
2007. 3. 4	3,940GHz 3,980GHz	◇태양 간섭 잡음으로 인한 해외위성 수신장애(춘분기)			
		a. 대상위성: PAS-8			
		b. 방송장애시간			
		영향채널	시간	내용	위성
		BBC World	09:51~09:52	Signal Loss	PAS-8
		Animal Planet	09:53~09:55	Signal Loss	PAS-8
2007. 3. 5	3,829GHz 3,840GHz 3,880GHz 3,920GHz	◇태양 간섭 잡음으로 인한 해외위성 수신장애(춘분기)			
		a. 대상위성: PAS-8, Measat-1, Telstar-10			
		b. 방송장애시간			
		영향채널	시간	내용	위성
		CCTV	14:20~14:22	Signal Loss	PAS-8
		BBC Entertainment	15:21~15:27	Signal Loss	Measat-1
		Disney	16:28~16:30	Signal Loss	Telstar-10
2007. 3. 6	3,940GHz 3,980GHz 3,980GHz 3,840GHz 3,880GHz 3,920GHz	◇태양 간섭 잡음으로 인한 해외위성 수신장애(춘분기)			
		a. 대상위성: PAS-8, Measat-1, Telstar-10			
		b. 방송장애시간			
		영향채널	시간	내용	위성
		BBC World	09:43~09:50	Signal Loss	PAS-8
		Animal Planet	09:43~09:50	Signal Loss	PAS-8
		Discovery	09:43~09:50	Signal Loss	PAS-8
		BBC Entertainment	15:20~15:27	Signal Loss	Measat-1
2007. 3. 8	3,940GHz 3,980GHz 3,980GHz 3,780GHz 3,880GHz 3,920GHz	◇태양 간섭 잡음으로 인한 해외위성 수신장애(춘분기)			
		a. 대상위성: PAS-8, Measat-1, Telstar-10			
		b. 방송장애시간			
		영향채널	시간	내용	위성
		BBC World	09:44~09:48	Signal Loss	PAS-8
		Animal Planet	09:44~09:48	Signal Loss	PAS-8
		Discovery	09:44~09:48	Signal Loss	PAS-8
		CNN	09:44~09:48	Signal Loss	PAS-8
		BBC Entertainment	15:22~15:24	Signal Loss	Measat-1
		Disney	16:25~16:28	Signal Loss	Telstar-10
		AXN	16:25~16:28	Signal Loss	Telstar-10

Space Weather Message Code: ALTEF3  
Serial Number: 1278  
Issue Time: 2007 Mar 04 0501 UTC

ALERT: Electron 2MeV Integral Flux exceeded 1000pfu  
Threshold Reached: 2007 Mar 04 0500 UTC  
Station: GOES12  
Observed Yesterday: Yes  
Yesterday Maximum 2MeV Flux: 5530 pfu

Space Weather Message Code: ALTK05  
Serial Number: 566  
Issue Time: 2007 Mar 06 0323 UTC

ALERT: Geomagnetic K-index of 5  
Threshold Reached: 2007 Mar 06 0320 UTC  
Synoptic Period: 0300-0600 UTC  
Station: Boulder  
Active Warning: No  
NOAA Scale: G1 - Minor

Space Weather Message Code: ALTEF3  
Serial Number: 1279  
Issue Time: 2007 Mar 07 1042 UTC

ALERT: Electron 2MeV Integral Flux exceeded 1000pfu  
Threshold Reached: 2007 Mar 07 1020 UTC  
Station: GOES12  
Observed Yesterday: No

Space Weather Message Code: ALTEF3  
Serial Number: 1280  
Issue Time: 2007 Mar 08 0503 UTC

ALERT: Electron 2MeV Integral Flux exceeded 1000pfu  
Threshold Reached: 2007 Mar 08 0500 UTC  
Station: GOES12  
Observed Yesterday: Yes  
Yesterday Maximum 2MeV Flux: 7530 pfu

## 5) 피해 사례 - SWPC 경고메세지 및 보도자료

### ① 보도 자료

#### GPS, 작년말 태양폭발로 대규모 장애

(워싱턴 로이터=연합뉴스)

항공기와 자동차의 항법장치, 금융거래, 군사장비 등 다양한 분야에서 불가결한 위성위치확인시스템(GPS)이 최근 강력한 태양 폭발로 심각한 장애를 일으킨 것으로 밝혀졌다.

미국 코넬대학의 폴 킨트너 교수 등 연구진은 지난 해 12월6일 일어난 강력한 태양 폭풍으로 GPS를 비롯한 수많은 항법장치들의 신호가 두절되는 예기치 못한 심각한 상황이 발생했다고 4일 우주기상사업 포럼에서 보고했다.

미국립해양기상청(NOAA)도 이런 사태가 있었음을 공식 시인했다.

킨트너 교수는 태양폭풍으로 위성통신이 두절되고 송전망이 마비되는 사태는 이미 알려진 것이지만 "지난 12월에 GPS에 일어난 상황은 예상보다 훨씬 심각하고 광범위한 것이었다"고 지적하고 장차 닥칠 태양활동 정점기에 보다 심각한 상황이 벌어질 가능성이 우려된다고 말했다.

한편 뉴저지기술연구소(NJIT)의 한 관계자는 당시 태양 폭발로 인한 전파잡음은 종전 기록의 10배나 되는 것이었다고 밝혔다.

그는 NJIT의 태양전파망원경으로 측정한 결과 당시 태양폭풍이 방출한 전파잡음은 태양의 나머지 영역 전체에서 나오는 전파 방출량보다 2만배나 많았다면서 "이는 낮시간대에 놓인 지구 전역의 GPS 수신기를 모두 마비시킬 정도로 강력한 것"이라고 말했다.

NOAA는 지난해 12월 5일과 6일 두 차례에 걸쳐 태양의 대규모 흑점 밀집군으로부터 강력한 태양 폭풍이 일어난 것을 관측했으며 이어 거대한 전파폭발이 일어나 지구상의 수많은 GPS 수신장치가 마비됐다.

한편 매사추세츠공대(MIT)의 한 과학자는 이 사례는 태양 전파폭발이 전 지구적으로 즉각적인 영향을 미칠 수 있다는 것을 보여준 것이라면서 "이 폭발의 크기와 시기는 전혀 예측하지 못했던 것이며 관측사상 최대규모"라고 지적했다.

그는 "이 정도 규모, 또는 그 이상의 태양 전파폭발이 얼마나 자주 일어날 지 전혀 알 수 없다"고 말했다.

② SWPC 경고메세지

Space Weather Message Code: SUMX01  
Serial Number: 61  
Issue Time: 2006 Dec 05 1122 UTC  
SUMMARY: X-ray Event exceeded X1  
Begin Time: 2006 Dec 05 1025 UTC  
Maximum Time: 2006 Dec 05 1035 UTC  
End Time: 2006 Dec 05 1045 UTC  
X-ray Class: X9.0  
Optical Class: 2n  
Location: S07E79  
NOAA Scale: R3 - Strong

Space Weather Message Code: ALTTP4  
Serial Number: 307  
Issue Time: 2006 Dec 05 1129 UTC  
ALERT: Type IV Radio Emission  
Begin Time: 2006 Dec 05 1034 UTC

Space Weather Message Code: SUMX01  
Serial Number: 62  
Issue Time: 2006 Dec 06 1907 UTC  
SUMMARY: X-ray Event exceeded X1  
Begin Time: 2006 Dec 06 1829 UTC  
Maximum Time: 2006 Dec 06 1847 UTC  
End Time: 2006 Dec 06 1900 UTC  
X-ray Class: X6.3  
Optical Class: 3b  
Location: S05E61  
NOAA Scale: R3 - Strong

Space Weather Message Code: ALTTP2  
Serial Number: 681  
Issue Time: 2006 Dec 06 1928 UTC  
ALERT: Type II Radio Emission  
Begin Time: 2006 Dec 06 1842 UTC  
Estimated Velocity: 827 km/s

## 제 2 절 위성 및 태양의 고도 방위각 계산

태양전파간섭현상은 과거부터 춘분 직전과 추분 직후에 나타나는 위성통신의 장애현상으로 위성사업자 및 사용자 모두에게 심각한 피해를 발생시켜 그 대비가 시급한 현상이다.

이는 지상의 위성전파수신기와 위성을 잇는 연장선상에 태양이 위치하여 태양의 강력한 열잡음이 위성 전파에 섞이게 되어 심각한 통신 장애현상을 일으키는 것으로 알려져 있다.

본 연구에서는 이와 같은 전파장애에 대한 피해사례를 수집하여 이와 같은 장애현상을 보다 정밀하게 예측할 수 있는 방법에 대해 고찰해 보았다. 이를 위해서는 정확한 천체력계산과 위성궤도계산 및 관측이 필수적이다.

정지 위성이란 그 궤도평면이 지구적도평면과 나란하고 공전주기가 24항성시(태양시; 23시 56분 4.99 초)와 같아 지표면의 관측자에게는 항상 동일한 지점에 정지한 것처럼 보인다.

정지위성 궤도 역시 여러 가지 섭동요인으로 그 위치 및 자세의 미세변화가 있기 때문에 관측이 매우 중요하다.

참고로 태양관측 위성인 SOHO의 년중 궤도 변화량을 첨부하였다. 먼저 태양의 위치를 정확히 계산

우리가 사용하는 시간이나 경도 위치는 모두 그리니치 천문대가 있었던 그리니치 지방을 기준으로 하고 있는데 세계시(UT)란 그리니치 지방에 태양이 남중하는 시각을 정오(12.0h)로 정의하여 사용하는 태양시이고 경도 역시 그리니치 지역을 지나는 자오선을 0°로 하여 동쪽으로 켜 각이다. 따라서 그림 120에서 보는 바와 같이 관측자/위성 위치를 시간단위로 나타낼 경우 관측지역/위성의 항성시각  $H$ 는 그리니치 지역의 항성시  $H_G$ 에 항성시간으로 나타낸 관측자/위성의 경도를 더한 값( $H = H_G + l_E/w_{\oplus}$ )이 된다. 그런데 이것을 각도단위로 나타낼 때는 그리니치 지역시간각  $H_G$ (도)에 관측 지역의 경도각  $l_E$  (도)를 더하여 관측 지역의 시간각  $H$ (도)를 구한

미 해군 천문대 발행의 천체력에는 그해 1년치의 각 일별 세계시 UT 0.0시에 대한

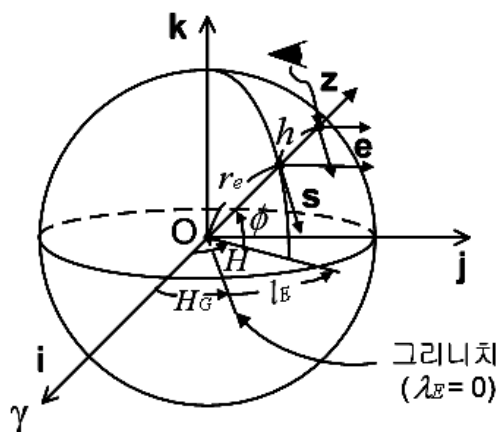


그림 120. 관측자  
위치의 항성 시간각  
 $H$ 와 경도  $l_E$

$$\begin{aligned} \text{지역 항성시: } H(t) &= H_G(t) + l_E \\ &= H_G(t_0) + (t - t_0)_{ST} + l_E/w_{\oplus} \end{aligned}$$

$$\text{지역 시간각} \ ; \ H(t) = H_G(t_0) + w_{\oplus}(t - t_0)_{ST} + l_E \quad (6.46)$$

태양의 위치를 정확하게 계산하기 위해서는 정밀 천체력계산이 필수적이거나 충분히 춘추분 전파잡음을 예측가능한 근사식으로 이를 대체하였다.



## 태양의 좌표와 균시차에 대한 저 정밀도 계산식

다음의 관계식은 1950년에서 2050년 사이의 시간에 적용할 경우 적어도 태양의 겉보기 좌표가 약 0.01도, 균시차는 0.1분의 정밀도를 보장하는 근사식이다.

시간 각에 해당하는  $n$ 은 새천년인 J2000.0에서 경과된 날수를 말한다.

$n = \text{JD} - 2451545.0 = -366.5 + \text{당 년도의 누적일 수} + \text{세계시 0UT에서 경과된 시간(날 수)}$

광행차가 보정된 태양의 평균경도 ;

$$L = 280.460^\circ + 0.9856474^\circ n$$

평균각 ;  $g = 357.528^\circ + 0.9856003^\circ n$

$L$ 과  $g$  각을 0-360도 사이에 오도록 조정

따라서 태양중심 황도좌표계로 나타낸 태양의 황경, 황위 각은 다음과 같다.

황경;  $\lambda = L + 1.915^\circ \sin g + 0.0020^\circ \sin 2g$

황위;  $\beta = 0^\circ$

황도경사각;  $\epsilon = 23.439^\circ - 0.0000004^\circ n$

적경 ( $\lambda$ 와 같은 상한에 존재);  $\alpha = \lambda - f t \sin 2\lambda + (f/2)t^2 \sin 4\lambda$

여기에서  $f = 180/\pi$  ,  $t = \tan^2(\epsilon/2)$

적위;  $\delta = \sin^{-1}(\sin \epsilon \sin \lambda)$

지구-태양간 거리(천문단위 au)

$$r = 1.00014 - 0.01671 \cos g - 0.00014 \cos 2g$$

황도좌표계로 나타낸 태양의 위치는 다음과 같다.

$$\mathbf{r} = x' \mathbf{i}' + y' \mathbf{j}' + z' \mathbf{k}'$$

에서

$$x' = r \cos \beta \cos \lambda = r \cos \lambda$$

$$y' = r \cos \beta \sin \lambda = r \sin \lambda$$

$$z' = r \sin \beta = 0$$

이를 다시 태양중심 적도 좌표계로 나타내면

$$\mathbf{r} = x \mathbf{i} + y \mathbf{j} + z \mathbf{k}$$

여기에서 거리는 천문단위로 표시하고 적도좌표 성분  $(x, y, z)$  은 다음과 같다.

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \mathbf{R}_1(-\varepsilon) \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix}$$

$$x = r \cos \lambda, \quad y = r \cos \varepsilon \sin \lambda, \quad z = r \sin \varepsilon \sin \lambda$$

군시차(실시 시간 - 평균시간); 분단위로 표시

$$E = (L - \alpha) \text{도} * 60 \text{분}(\text{min}) / 15 \text{도}(\text{deg})$$

수평 시차; 0.0024도

빛이 태양에서 지구에 도달하는 시간; 0.0058일=499초

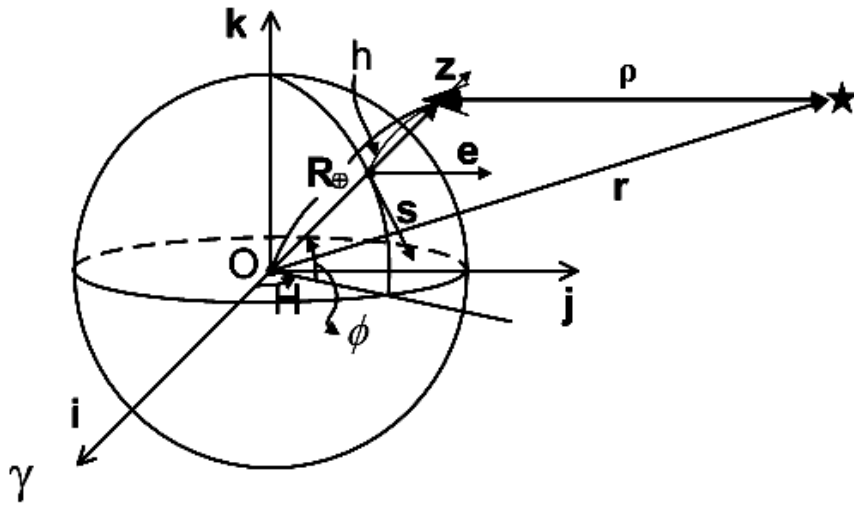


그림 121. 지평좌표계 와 적도좌표계. 관측자 중심 지평좌표계  
와 지구 중심적도좌표계. 지표면상 고도  $h$ , 위도  $\phi$ , 시간각  $H$ 의  
위치에 있는 관측자 중심 지평좌표계와 지구 중심적도좌표계

지구타원체 모델을 적용하여 관측자의 위치가 지역항성시  $H$ , 위  
도  $\phi$ , 해발고도가  $h$ 인 지점의 지구중심 거리는 적도좌표계로 다음  
과 같다.

$$\mathbf{R}_{\oplus} = u \cos H \mathbf{i} + u \sin H \mathbf{j} + v \mathbf{k}$$

$$u = \left[ \frac{r_e}{(1 - e^2 \sin^2 \phi)^{1/2}} + h \right] \cos \phi$$

$$v = \left[ \frac{r_e(1 - e^2)}{(1 - e^2 \sin^2 \phi)^{1/2}} + h \right] \sin \phi$$

관측지점인 지표면에서 본 태양의 위치는

$$\boldsymbol{\rho} = \mathbf{r} - \mathbf{R}_{\oplus} = \rho_i \mathbf{i} + \rho_j \mathbf{j} + \rho_k \mathbf{k}$$

여기에서

$$\rho_i = x - u \cos H$$

$$\rho_j = y - u \sin H$$

$$\rho_k = z - v$$

이를 관측자 중심 지평좌표계의 고도 방위각으로 나타내면

$$\boldsymbol{\rho} = \rho_s \mathbf{s} + \rho_e \mathbf{e} + \rho_z \mathbf{z}$$

$$\begin{pmatrix} \rho_s \\ \rho_e \\ \rho_z \end{pmatrix} = \mathbf{R}_2(90^\circ - \phi) \cdot \mathbf{R}_3(H) \begin{pmatrix} \rho_i \\ \rho_j \\ \rho_k \end{pmatrix} = \mathbf{D}_{32} \begin{pmatrix} \rho_i \\ \rho_j \\ \rho_k \end{pmatrix}$$

여기에서

$$\mathbf{D}_{32} = \begin{pmatrix} \sin \phi \cos H, & \sin \phi \sin H, & -\cos \phi \\ -\sin H, & \cos H, & 0 \\ \cos \phi \cos H, & \cos \phi \sin H, & \sin \phi \end{pmatrix}$$

이상으로부터 관측자로부터 태양의 거리와 고도 및 방위각은 다음과 같다.

$$\rho = (\rho_s^2 + \rho_e^2 + \rho_z^2)^{1/2}$$

$$Az = \tan^{-1}(-\rho_e / \rho_s)$$

$$al = \sin^{-1}(\rho_z / \rho)$$

이렇게 구한 고도방위각과 위성의 고도 방위각이 일치하는 시기를 결정하면 정확히 태양전파간섭이 일어나는 시간을 예측할 수 있다.

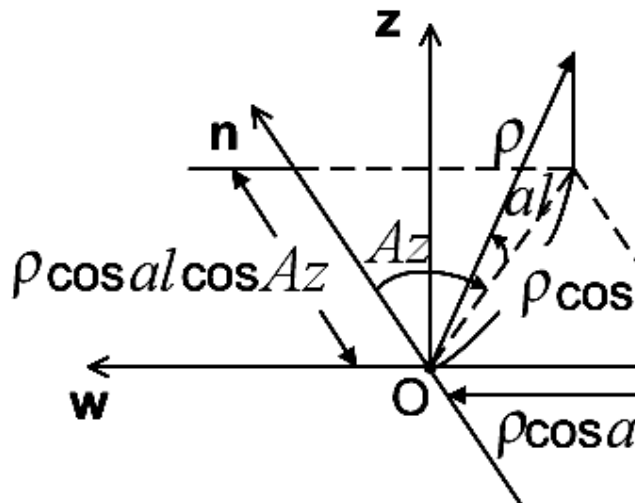


그림 122. 지평좌표계

## 제 8 장 연구수행 자문을 위한 연구반 구성 및 운영

태양활동 극대기를 대비한 우주전파환경 감시체계 확립방안 연구  
연구반 운영은 2007년 4월 20일(금), 6월 25일(월) 그리고 11월 1일  
3차례에 걸쳐 개최되었다.

### 제 1 절 회의록 내용

#### 1. 연구반 제 1차 회의록

##### 1) 회의 개요

- ① 회의일시 : 2007년 4월 20일(금) 14:00-18:00
- ② 회의장소 : 전파연구소 이천분소 회의실
- ③ 참석기관 : 전파연구소, 스카이라이프, 한국통신, 티유미디어  
경희대, 충남대, 공군본부 (총 14명)
- ④ 회의안건 : 연구반 소개 및 운영방안 협의

##### 2) 주요 회의 내용

- ① 연구반 소개 및 운영 계획 확립
- ② 연구 동향 발표
  - 태양활동에 의한 외국의 피해사례 발표(경희대)

③ 우리나라 우주전파환경 연구 활성화 필요성 논의

i) 우주전파환경 신규 시설 필요성 검토

- 신규 시설 및 관측기기 필요성 논의
- 신규 시설 구축시 제공할 서비스 내용 검토

ii) 차기회에서 계속 논의

④ 위성사업자용 주파수 전파간섭 사례 논의

i) 스카이 라이프

- 춘추분기(3월, 10월 중 약 10일간) C-band에서 전파간섭이 일부 발생하였으며 태양잡음에 따른 전파간섭으로 추정
- KU-band에서는 영향이 없음

ii) 티유 미디어

- 12GHz S-band에서 전파간섭은 없음.
- 태양간섭과 태양폭발이 동시에 발생할 경우 전파간섭이 예상됨.

iii) 공군 기상연대

- 미군의 오산 전리층 관측데이터 공동 이용여부 확인
- 장비 설치 및 장비 공동 이용 고려
- 공군에서 필요한 우주환경 연구 용역 계획중

iv) 한국통신

- 위성운용시 센서 자체 노이즈 또는 달이 태양 센서를 가리는 경우 등 위성체 자체영향 분석중
- 지구 자기장의 영향으로 위성 latitude 에러가 예상됨.

## 2. 연구반 제 2차 회의록

### 1) 회의 개요

- ① 회의 일시 : 2007. 6. 25.(월) 14:00~18:00
- ② 장소 : 전파연구소회의실
- ③ 참석기관 : 전파연구소, 스카이라이프, 한국통신,  
티유미디어, 경희대, 충남대, 공군, KBS
- ④ 회의 안건 : 태양 감시용 전파 망원경 구축 계획(안)  
검토 및 단파 방송 운영 실태 점검

### 2) 주요 회의 내용

- ① 우주전파 환경 감시 및 예보 장비 연구 발표 (경희대)
  - i) 일본의 우주 환경 연구 장비
  - ii) STEREO 위성의 관측 위성 및 궤도
  - iii) 일본 NICT 의 STEREO 위성 데이터 수신 장비
  - iv) 노베야마 태양 전파 헬리오 그래프
  - v) 나고야 대학 IPS
- ② 태양 감시용 전파 망원경 구축 계획(안) 검토 (경희대)
  - i) 국내에 존재하지 않는 새로운 관측 시설 도입을 통한 태양풍 및 CME 관측 능력 확보 방법 논의
  - ii) 태양풍의 3차원 밀도 분포 및 이동 속도 자료 획득 방법 논의
  - iii) 관측 자료를 이용한 모델 개발을 통해, 우주전파환경의 예보 능력 보유 방안 토의
  - iv) 관련 연구 자료 공유를 통한 국내 우주전파환경예보 능력의 향상을 위한 대책 협의
  - v) 기존의 장비 보유국과 공조를 통해 우주전파환경 자료

생산 및 해석에 국제적으로 기여할 수 있는 기회

③ 해외 단파 방송 운용 사례 발표 (KBS)

④ 우주전파환경 경보 체계 운영(안) 발표 (전파연구소)

i) 과거의 전파 경보 운영 상황

ii) 개선된 우주전파환경 예·경보 업무 처리 방법

iii) 경보 등급 분류 기준 논의

iv) 경보 상황 판단 및 전파 방법 논의

### 3) 차기 회의

① 일시 및 장소 : 10월 워크숍 개최로 연구반회의 대체

② 안건 : 우주 전파 환경 관련 워크숍



### 3. 연구반 제 3차 회의록

#### 1) 회의 개요

- 회의 일시 및 장소 : 2007. 11. 01.(목) 13:00~17:30
- 참석 기관 : 전파연구소, 스카이라이프, 한국통신, 티유미디어, 경희대, 충남대, 공군본부
- 회의 안건 : 우주전파환경 감시 장비 소개, 국내외 연구동향, 태양활동에 따른 전파장애 사례

#### 2) 주요 회의 내용

- 우주환경 감시시스템  
: 경희대학교를 비롯한 우주환경 감시를 위한 태양 관측장비 소개
  - 경희대학교 우주환경 관측 시스템(경희대)
    - : 태양 가시광 영역의 관측장비(Ha, 태양분광)
  - 우주환경감시를 위한 태양관측 장비 소개(SETsystem, Inc.)
    - : 태양활동에 대한 지상관측과 위성관측 장비 소개
- 우주환경 예보 및 현황
  - 국내 우주환경 예보 전망(경희대)
    - : 우주환경 영향과 피해사례
    - 국내 우주환경 감시 및 예보
    - 국내 우주환경 예보 전망
  - Neutron Monitor inSpace Weather Research(충남대)
  - 전파연구소 우주전파환경예·경보 서비스현황(전파연구소)
    - : 예경보 등급기준(안)
    - 관측장비 감시시스템 구축
    - 전리층 관측자료의 전산화

◦ 태양활동 및 전파사례

- 태양활동의 컴퓨터 시뮬레이션(경희대)

: 태양활동에 따른 자기장 지도와 행성간 공간의 플라즈마에 관한 시뮬레이션

- 2007년 춘추계 태양간섭 결과(TU 미디어)

: 춘·추계 태양간섭 발생

태양간섭 현상시 위성의 운영현황

- 군사작전에 영향을 미치는 우주환경 (국군본부)

: 미 공군의 우주환경 시스템 소개

### 3) 차기 회의

- 없음.

## 4. 예·경보 등급 체계(안) 확정

### 예·경보 등급 기준(안)

● 미국 우주환경예보센터(SWPC) 기준 도입 [연구반 회의, '07.6.25]

등급	상황	우주전파환경의 물리적변화			보도자료	전달체계		
		태양 복사 (X선)	태양 입자 (양성자)	지구 자기장 (Kp지수)		보도자료	SMS	홈페이지
5	심각 (Extreme)	$2 \times 10^{-3}$ (X20)이상	10 <sup>5</sup> 이상	9	2~3시간 이상 HF통신 두절, 항법 오차 및 위성 통제 장애 발생	★	★	★
4	경계 (Severe)	10 <sup>-3</sup> (X10)이상	10 <sup>4</sup> 이상	8	1시간 이상 HF통신 장애, LF항법 및 위성위치추적 장애 발생		★	★
3	주의 (Strong)	10 <sup>-4</sup> (X1)이상	10 <sup>3</sup> 이상	7	일시적 HF통신 두절, LF항법장애 및 위성전파간섭 발생		★	★
2	관심 (Moderate)	$5 \times 10^{-5}$ (M5)이상	10 <sup>2</sup> 이상	6	고위도 HF통신 장애, LF항법장애 발생 및 위성고도 조절 필요			★
1	일반 (Minor)	10 <sup>-5</sup> (M1)이상	10 이상	5	극지방 통신 장애 가능성 저고도 위성 궤도 수정 가능성			★

표 27. 예·경보 등급 기준(안)

## 제 2 절 우주환경 워크샵

일 시 : 2007년 11월 1일(목) 13:00 ~ 18:00

장 소 : 경희대학교 우주과학교육관(천문대)

주 최 : 정보통신부 전파연구소 이천분소

주 관 : 경희대학교 우주과학과

- 목 적 :
- 태양활동에 따른 우주환경 변화의 감시 및 예보연구
  - 지구 근접 환경의 변화에 대처 방안 모색
  - 관련기관간의 교류를 통한 우주환경 연구 활성화
  - 우주전파환경 연구를 통한 대국민 서비스 방안 모색
  - 우주환경의 피해 사례

참여기관 : 전파연구소, 경희대학교, 한국방송공사 기술전략기획팀  
티유미디어(주), KT망관리본부 위성관제센터, 공군본부  
한국디지털위성방송(주), 충남대학교

우주전파환경 워크샵 및 연구반 회의			
	이름	소속	직위
1	김갑성	경희대학교	교수
2	최광선	경희대학교	교수
3	문용재	경희대학교	교수
4	허영태	전파연구소	연구사
5	홍순학	전파연구소	연구사
6	이 유	충남대학교	교수
7	이봉우	공군본부	중령
8	이인호	한국통신	과장
9	문성철	티유미디어(주)	과장
10	이 한	한국디지털위성방송(주)	팀장
11	김정훈	(주)에스이티시스템	대표
12	김철성	KBS	RF전문가
13	이진이	경희대학교	박사
14	김일훈	경희대학교	박사과정
15	이청우	경희대학교	박사과정



그림 123. 워크샵 단체 사진

## 제 9 장 결 론

본 연구과제는 태양활동 극대기를 대비한 우주전파환경 감시체계를 확립하기위해 다른 주요국의 우주환경예보를 조사 분석함으로서 그 방안을 수립하는데 목적이 있다. 연구과제의 세부 진행사항에 따라 태양활동에서 지상의 우주환경 예보체계까지 조사 분석하였으며, 그 내용을 다음과 같이 정리하였다.

1. 태양활동을 감시하는 관측소 및 태양관측 데이터를 근 실시간으로 획득할 수 있는 외국의 사이트들의 현황을 조사하였으며, 데이터를 분석하고 우주환경 모니터링의 자료로서 활용방안 연구

2. 우주전파환경 관련기관으로 미국 SWPC, 일본 NICT, 나고야 대학 지구환경연구소(STEL), 호주 IPS, 미국 오웬스밸리 태양전파 망원경, 그리고 GONG 네트워크 등의 운영현황을 파악하였으며, 각 연구기관의 연구 활동 및 예·경보 체계 및 일반인을 대상으로 하는 서비스 제공의 종류와 사례들을 조사하였음.

3. 국내외의 우주전파환경 감시 및 예보를 위한 장비를 조사. 특히, 국내는 경희대학교 우주환경 감시를 위한 관측시스템, 전파연구소, 한국천문연구원의 시스템을 조사하였고, 국외는 미국 우주환경 센터(SWPC), 노베야마의 전파헬리오그래프, 호주 태양관측소등을 조사하였음.

4. 경희대학교에서는 근 실시간으로 우주환경 모니터링을 위한 시스템을 구축하여 태양활동의 변화량을 디스플레이하고 있으며, FTP 사이트에서 태양활동 데이터를 받아 보여주는 소프트웨어인 SDIP(Solar Data Image Processing)를 개발 운영.

5. 민, 관, 군으로 구성된 우주전파환경 연구반을 전반기에 2회, 후반기에 1회 개최.

특히 우주전파환경 워크숍을 개최하여 태양의 활동 모델링 및 관측기기, 태양으로 인한 위성 간섭 사례, 우주환경 감시 및 장비에 대한 다양한 정보를 얻을 수 있었음.

6. 태양 폭발 현상으로 인한 피해사례를 조사하였으며, 태양으로 인한 위성 간섭 피해를 사전 예측할 수 있는 방법에 대하여 연구하였음.

지난 4월부터 시작된 본 정책연구 과제를 통해 다음과 같은 결론을 얻게 되었다. 무엇보다 전 세계의 많은 나라에서 우주전파 환경을 감시하고 포괄적인 환경변화를 예보하여 자국민의 보호와 안전을 위한 노력을 경주하고 있다는 사실을 확인하였다. 국내의 전파연구소가 이와 같은 역할의 한 축을 행사하고 있는 것에는 매우 고무적이라 할 수 있다. 그러나 보다 나은 국내의 전파환경 보호를 위해 다음과 같은 제안을 드린다.

1. 우주환경에 관련된 전파연구소 고유영역의 확보에 적극 노력해야 할 것이다.

현재 국내에는 과기부 산하의 천문연구원에서 우주환경예보센터 및 우주감시체계 구축하여 운영 중에 있다. 중장기적으로 태양우주환경 감시용 탑재체를 자체 제작하고 우주개발사업에도 참여할 계획을 세워 놓고 있다. 또한 그곳은 충분한 전문인력과 기술을 확보한 상태이다. 이에 비해 다소 뒤늦게 시작한 전파연구소의 경우, 우주전파환경이라는 독자적인 영역과 전문성 확보는 필수적이라 할 수 있다. 천문연구원과 차별화된 독자의 전문 영역을 갖고 새로운 기술과 연구 역량 확보를 위해 선의의 경쟁을 하면 언제 닥칠지 모

를 국가적 환경재해 예방에 바람직한 결과를 얻을 수 있다.

2. 관련 전문 인력의 확보 및 충원이 요구된다.

시설 운용에는 많은 인력이 필요한 것은 아니나 연구에 전념할 수 있는 전문적인 인력의 확보와 재교육을 제안하는 바이다.

3. 우주전파환경 감시용 지상관측 시스템의 조속한 구축과 운용을 바란다.

본 연구에서는 전파 IPS(InterPlanetary Scintillation)현상을 이용하여 우주전파환경에 막대한 영향을 미칠 태양풍의 이동경로를 감시하는 IPS전파 망원경의 건설을 제안하는 바이다. 이는 간섭계를 이용한 다른 감시용 관측시스템과는 상대적으로 저비용, 저 면적이 요구됨으로 건설 및 시스템 구축이 용이하며 적은 인원으로도 효율적 운영이 가능하다.

더욱이 천문연구원의 태양폭발위치 감시장비인 SRBL(Solar Radio Burst Locator)에 전파연구소가 자체 대응할 수 있는 독자의 장비로 강력 추천한다.

4. 국제협력을 통한 태양-지구간의 우주환경 위성사업에 참여해야 할 것이다. 미국은 자체위성을 개발, 발사하여 자국의 이익과 목적에 맞게 위성을 운용하고 있다. 일본 정보통신연구기구(NICT)의 경우 IMAGE, ACE, STEREO위성 사업에 참여하여 미국을 비롯한 여러나라와 자국의 전파환경보호를 위해 실시간 자료를 공유하고 있다. 위성사업 참여 형태로는 위성 탑재체의 설계와 제작에 직접 공동 참여하여 시작하는 방법도 있겠지만 위성 운용자의 허락을 받아 단순히 위성자료를 수신하는 안테나와 수신시스템을 갖추는 것만으로도 참여 운영이 가능하다. 수신시스템을 구축하는 데는 투자비가 요구되지만 영리 목적이 아니기 때문에 위성 사용료가 없다. 전파연구소는 약간의 기술과 소규모 인력만의 단순 참여로도 위성

자료운영을 통해 고객에게 서비스할 수 있으므로 그 역할을 충분히 수행할 수 있다. 이를 위해서는 관련 국제회의에 참여하여 협력을 다지는 것이 시급하다 할 수 있다.



## 부록 A. 태양활동관측자료 사이트 목록

### 1. Radio Observatory

	관측소	위치	관측기기	데이터 획득 내용	사이트(URL)	
1	Radioastrophysical Observatory	Siberia, Russia	256-dish radio interferometer	full-disk images at 5.2cm, 1-D scans	<a href="http://ssrt.iszf.irk.ru/index.shtml">http://ssrt.iszf.irk.ru/index.shtml</a>	
2	National Centre for Radio Astrophysics	Pune, India	30 antenna array (150-1420 Mhz) 45 meter parabolic dishes	1 antenna dynamic spectr.	<a href="http://www.gmrt.ncra.tifr.res.in/">http://www.gmrt.ncra.tifr.res.in/</a>	
3	Special Astrophysical Observatory	Zelenchukskaya, North Caucasus, Russia	RATAN 600 Radiotelescope	0.9 - 18 Ghz one dimensional scans with circular polarization	<a href="http://www.sao.ru/~sun/">http://www.sao.ru/~sun/</a>	
4	Solar Radio Laboratory (LaRS)	Izmiran, Russia	Radiometer radiospectrograph	169, 204, 3000 Mhz, 1 sec resolution 25 - 270 Mhz, 40 / 20 msec resolution	<a href="http://helios.izmiran.rssi.ru/lars/LARS.html">http://helios.izmiran.rssi.ru/lars/LARS.html</a>	
5	Metsähovi Radio Observatory	Metsähovi, Finland	14m radio telescope	10-100 Ghz radio maps	<a href="http://kurp-www.hut.fi/sun/">http://kurp-www.hut.fi/sun/</a>	
6	Astronomical Observatory of the Jagiellonian University	Cracow, Poland	8-meter antenna	mean fluxes in 10 channels from 275-1755 Mhz, 5 min resolution	<a href="http://www.oa.uj.edu.pl/">http://www.oa.uj.edu.pl/</a>	
7	Torun Centre for Astronomy	Torun, Poland	E-W radio interferometer	Daily mean flux at 127MHz	<a href="http://www.astro.uni.torun.pl/">http://www.astro.uni.torun.pl/</a>	
8	Trieste Astronomical Observatory	Basovizza, Italy	mMSRP - 10m parabolic dish DmMSRP - 3m parabolic dish	100-1000MHz radiopolarimeter 1-4 Ghz radiopolarimeter	<a href="http://radiosun.ts.astro.it/">http://radiosun.ts.astro.it/</a>	
9	Nançay Observatory	Nançay, France	multifreq. radioheliogr.	maps (pol.) 150-450MHz	<a href="http://www.obs-nancay.fr/">http://www.obs-nancay.fr/</a>	
10	Prof. Manuel de Barros Observatory	Oporto, Portugal	Solar Radio Spectrograph of Porto	Radio	<a href="http://www.fc.up.pt/oa">http://www.fc.up.pt/oa</a>	
11	Sagamore Hill RSTN Site	Sagamore Hill, MA, USA	RIMS (Radio Interference Monitoring Sets) SFIR (Sweep Frequency Interferometric Radiometer)	flux@0.2,0.4,1.4,2.7,5.0,8.8,15GHz Sweep Frequency Interferometer (25-75MHz)		
12	National Radio Astronomy Observatory	Socorro, NM, USA	Very Large Array (VLA) aperture synth.telesc.	Radio	<a href="http://www.aoc.nrao.edu/">http://www.aoc.nrao.edu/</a>	
13	Owens Valley Radio Observatory	Owens Valley, CA, USA	OVRO radiospectrometer	Radio	<a href="http://www.ovsa.njit.edu/">http://www.ovsa.njit.edu/</a>	

## 2. Radio & Optical Observatory

	관측소	위치	관측기기	데이터 획득 내용	사이트(URL)	
1	Cuggora Solar Observatory	C u l g o o r a , Austalia	12cm 굴절망원경 전파 분광	Full disk H-alpha 18MHz - 1.8GHz	<a href="http://www.ips.gov.au/culgoora">http://www.ips.gov.au/culgoora</a>	
2	Hiraiso Solar Terrestrial Research Center	Japan	15cm 굴절망원경 굴절망원경 전파분광망원경	Full disk High resolution H-alpha Full disk white-light 25-2500 MHz	<a href="http://sunbase.crl.go.jp/home.html">http://sunbase.crl.go.jp/home.html</a>	
3	Learmonth Solar Observatory		SOON site (Solar Observing Optical Network) GONG Site RIMS (Radio Interference Monitoring Sets) SFIR (Sweep Frequency Interferometric Radiometer)	full disk and high-resolution H-alpha, white-light + magnetogr. full intensity and magnetic field flux@0.2,0.4,1.4,2.7,5.0,8.8,15G Hz Sweep Frequency Interferometer (25-75MHz)	<a href="http://www.ips.gov.au/learnmonth/">http://www.ips.gov.au/learnmonth/</a>	
4	Yunnan Astronomical Observatory	China	Phoenix I Corona-Radiospectr. (no spatial, high time resol.) Solar Vacuum Tel.(26cm) Solar Spectral Tel.(50cm)	single freq. total intensity at 1.42, 2.13, 2.84, 4.26GHz high res. H-alpha	<a href="http://cosmos.ynao.ac.cn/">http://cosmos.ynao.ac.cn/</a>	
5	Pulkovo Observatory	Kislovodsk, Russia	3coronagraphs(53,20,10 cm) Solar Tower Telescope (30cm) chromospheric telescope (OPTON) several radio dishes (1-4m)	5303, 5694, 6374, 10747, 10798 and H images Ca K spectroheliograms full disk WL and H images radio flux at .6, .8, 2, 3, 5cm		
6	San Vito Air Station	San Vito, Italy	SOON site RIMS (Radio Interference Monitoring Sets) SFIR (Sweep Frequency Interferometric Radiometer)	full disk H, WL + magnetogr. flux@0.2,0.4,1.4,2.7,5.0,8.8,15G Hz Sweep Frequency Interferometer (25-75MHz)		
7	Ondrejov Observatory	Ondrejov, Czech Republic	2 patrol refrac.(7.5+11cm) coronagraph (13cm) 2 horizontal tel.(23+50cm) refractor (20.5cm) 7.5 and 3m radio antenna 10 and 3m radio antenna	full disk WL+H-alpha images H prominences high res. WL+H-alpha images, magnetograms, Dopplergrams radio flux at .24, .54, .88, 3 GHz radio flux at 1-2 and 2-4.5 GHz	<a href="http://sunkl.asu.cas.cz/~sunwatch/index.html/">http://sunkl.asu.cas.cz/~sunwatch/index.html/</a>	

8	Einsteinurm Solar Observatory	Potsdam, Germany	Einsteinurm (60cmCoel.)	Visible	<a href="http://aipsoe.aip.de/soe-e.html">http://aipsoe.aip.de/soe-e.html</a>	
			OSRA: 4 sweep spectrogr.+ 14 single freq. polarimeters	burst profiles (40-800MHz), radio flux @42, ..., 775MHz		
9	Istituto Ricerche Solari Locarno	Locarno, Switzerland	45 cm Gregorian	Spectrograph	<a href="http://www.mnd-umwelttechnik.fh-wiesbaden.de/divers/irsol/shdescri.html">http://www.mnd-umwelttechnik.fh-wiesbaden.de/divers/irsol/shdescri.html</a>	
10		Bleien, Switzerland	Phoenix Broadband Spectrometer	Radio 0.1 - 4 GHz	<a href="http://www.astro.phys.ethz.ch/rapp/catalog/catalog_nf.html#phoenixII">http://www.astro.phys.ethz.ch/rapp/catalog/catalog_nf.html#phoenixII</a>	
11	Royal Observatory of Belgium	Brussels, Belgium	radioheliograph (Interf.)	full disk maps (408MHz, 5')		
			10m antenna	600MHz integrated flux		
			2 refractors (12+16cm)	full disk H + WL images		

### 3. Optical Observatory

	관측소	위치	관측기기	데이터 획득 내용	사이트(URL)	
1	National Astronomical Observatory	Mitaka, Japan	Solar Flare Telescope	vector magnetic field, velocity, white-light, H-alpha	<a href="http://solarwww.mtk.nao.ac.jp/">http://solarwww.mtk.nao.ac.jp/</a>	
			STEP 6.5 cm heliostat/refractor	full-disk magnetic field and velocity		
			10 cm refractor	full-disk white-light		
			4 cm refractor	H-alpha flare-patrol		
2	Norikura Solar Observatory	Japan	3 coronagraph	530.3 nm, H-alpha, D3, He 1083.0 nm, continuum	<a href="http://solarwww.mtk.nao.ac.jp/en/norikura.html">http://solarwww.mtk.nao.ac.jp/en/norikura.html</a>	
3	Hida Observatory	Japan	60 cm Domeless Solar Telescope		<a href="http://www.kwasan.kyoto-u.ac.jp/Hida/Hida-e.html">http://www.kwasan.kyoto-u.ac.jp/Hida/Hida-e.html</a>	
			Flare Monitor Telescope	full-disk H-alpha		
4	Okayama Astrophysical Observatory	Japan	65 cm coude reflector	vector magnetic field (FOV 400 x 400", 6" res.)	<a href="http://solarwww.mtk.nao.ac.jp/en/okayama.html">http://solarwww.mtk.nao.ac.jp/en/okayama.html</a>	
5	Bohunsan Optical Astronomy Observatory	South Korea	Solar Flare Telescope (SOFT) 20 cm x 2, 15 cm x 2	White-Light, H-alpha, Vector Magnetic Field, Longitudinal Magnetic Field	<a href="http://www.boao.re.kr/~yjmoon/s oftmain.html">http://www.boao.re.kr/~yjmoon/s oftmain.html</a>	
6	Huairou Solar Observing Station, Beijing Astronomical Observatory	Huairou, China	60 cm 9-channel Gregorian Reflector	CaII, HeII, MgI, FeI (4), HeI, and H-alpha, 5' x 4'	<a href="http://sun.bao.ac.cn/">http://sun.bao.ac.cn/</a>	
			35 cm vacuum refractor	Magnetic Field - FeI, H - 3.75'x5.45'		
			10 cm refractor	Full-Disk Vector Magnetograph		
			14 cm Refractor	Full-Disk and High-resolution (10' x 8') H-alpha		
			8 cm Refractor	Full-Disk CaII K		
			9 cm reflector	Full-Disk CaII K images		
7	Baikal Astrophysical Observatory	Russia	18 cm refractor	full-disk H-alpha	<a href="http://www.iszf.irk.ru:8101/obs/bao/bao.html">http://www.iszf.irk.ru:8101/obs/bao/bao.html</a>	
			18 cm refractor	full-disk CaII K		
			25.5 cm refractor	high res. H-alpha images (9 arcminute field)		
			Large Solar Vacuum Telescope (LSVT) 76 cm refractor	high-resolution observations		
8	Sayan Solar Observatory	Irkutsk, Russia	magnetograph (STOP)	full-disk magnetograms (10" resolution) vector magnetograms (4" resolution)	<a href="http://www.iszf.irk.ru:8101/obs/ss o/sso.html">http://www.iszf.irk.ru:8101/obs/ss o/sso.html</a>	
			180mm refractor	full disk H images		
9	Udaipur Solar Observatory	Udaipur, India	15cm refractor	H-alpha full disk	<a href="http://www.prl.ernet.in/~sushant/uso/">http://www.prl.ernet.in/~sushant/uso/</a>	
			25cm refractor	high resolution H-alpha		
			15 cm Coude telescope	active regions		
			2.8 cm telescope	helioseismology		
10	Ulugh Beg Astronomical Institute	Parkent, Uzbekistan	IRIS Site	Integrated intensity and velocity		

11	<b>Kharkov Astronomical Observatory Crimean Astrophysical Observatory</b>	<b>Kharkov, Ukraine</b>	spectroheliograph	full disk Ca K, H, He10830	<a href="http://www.univer.kharkov.ua/astro/n/dslpp/sun/index.html">http://www.univer.kharkov.ua/astro/n/dslpp/sun/index.html</a>	
		<b>Nauchny, Ukraine</b>	45cm Solar Tower Tel.(45cm)	He 10830 charts		
			coronagraph (53cm)			
12	<b>Kandilli Observatory</b>	<b>Kandilli, Turkey</b>	2 refractors (15+10cm)	full disk H-alpha + CaK	<a href="http://www.koeri.boun.edu.tr/astronomy/astronomy.html/">http://www.koeri.boun.edu.tr/astronomy/astronomy.html/</a>	
13	<b>National Astronomical Observatory Rozhen</b>	<b>Rozhen, Bulgaria</b>	20cm coronagr.+chrom.tel.	5303, 6374 + H images	<a href="http://www.astro.bas.bg/">http://www.astro.bas.bg/</a>	
14	<b>Debrecen Observatory</b>	Debrecen, Hungary	2 refractors (13 + 15cm)	full disk WL images	<a href="http://fenyi.sci.klte.hu/~ludmany/deb_obs_en.html">http://fenyi.sci.klte.hu/~ludmany/deb_obs_en.html</a>	
			53cm coronagraph	H-alpha flare observations		
15	<b>South African Astronomical Observatory</b>	Sutherland, South Africa	BiSON site	integrated sunlight	<a href="http://bison.ph.bham.ac.uk/new/sutherland.html">http://bison.ph.bham.ac.uk/new/sutherland.html</a>	
16	<b>Stara Lesna Observatory</b>	Tatranska Lomnica, Slovak Republic	Horizontal Solar Telescope (50 cm)	Spectrograph	<a href="http://www.ta3.sk/">http://www.ta3.sk/</a>	
			Double Solar Telescope (20 and 15 cm)	Sunspot observations		
17	<b>Lomnický štít Observatory</b>	Slovak Republic	20cm coronagraph	Fe X - XV, Ca XV photometry, H-alpha limb prominences	<a href="http://www.ta3.sk/">http://www.ta3.sk/</a>	
18	<b>Wrocław Observatory</b>	Wrocław, Poland	Small Coronagraph (13 cm)	H-alpha filtergr. (prominences+AR)	<a href="http://www.astro.uni.wroc.pl/">http://www.astro.uni.wroc.pl/</a>	
19	<b>Białków Observatory</b>	Wrocław, Poland	Large Coronagraph (53 cm)	H-alpha filtergrams and MSDP spectra	<a href="http://www.astro.uni.wroc.pl/">http://www.astro.uni.wroc.pl/</a>	
			Solar Horizontal Telescope	H-alpha filtergrams		
20	<b>Kanzelhöhe Solar Observatory</b>	Kanzelhöhe, Austria	2 refractors (11+10cm)	full disk WL+H images	<a href="http://www.solobskh.ac.at/">http://www.solobskh.ac.at/</a>	
21	<b>Capodimonte Astronomical Observatory</b>	Naples, Italy	VAMOS	Full-Disk intensity and longitudinal magnetic and velocity field atin Postassium 7699 Å	<a href="http://www.na.astro.it/vamos/">http://www.na.astro.it/vamos/</a>	
22	<b>Rome Astronomical Observatory</b>	Monte Porzio, Rome, Italy	PSPT	Full-disk CaII K and continuum	<a href="http://www.mporzio.astro.it/solare/">http://www.mporzio.astro.it/solare/</a>	
23	<b>Observatory of Paris</b>	Meudon, France	helio- + spectroheliograph	full disk H-alpha + CaK images	<a href="http://mesola.obspm.fr/">http://mesola.obspm.fr/</a>	
24	<b>Observatory of Pic du Midi</b>	Pic du Midi, France	coronagraph	H limb images (1-2R), He 10830 images (planned)		
25	<b>Ebre Observatory</b>	Roquetas, Spain	refractor	Full-disk white-light images	<a href="http://www.readysoft.es/observebre/7index.htm">http://www.readysoft.es/observebre/7index.htm</a>	
26	<b>Bordeaux Observatory</b>	Bordeaux, France	equatorial refractor	Resonance cell velocity measurements	<a href="http://www.observ.u-bordeaux.fr/">http://www.observ.u-bordeaux.fr/</a>	
27	<b>Kiepenheuer Insitute of Solar Physics</b>	Izaña, Tenerife, Spain	VTT(70cm)	Echelle spectrograph, Fabry-Perot Interferometer	<a href="http://www.kis.uni-freiburg.de/kiswww2.html">http://www.kis.uni-freiburg.de/kiswww2.html</a>	

28	THEMIS	Izaña, Tenerife, Spain	THEMIS (90cm)	Italian Panoramic Monochromator, MSDP, MTR	<a href="http://www.themis.iac.es/">http://www.themis.iac.es/</a>	
29	Teide Observatory	Izaña, Tenerife, Spain	Vacuum Newtonian Telescope (VNT, 40cm)			
30	Solar Laboratory	Izaña, Tenerife, Spain	BiSON site	integrated sunlight	<a href="http://bison.ph.bham.ac.uk/new/izana.html">http://bison.ph.bham.ac.uk/new/izana.html</a>	
			GONG Site 2.8 cm telescope	full intensity and magnetic field		
			TON Site 9 cm reflector	Full-Disk CaII K images		
			IRIS Site Sodium resonance cell	Integrated intensity and velocity		
			LOI Site			
31	Roque de los Muchachos Observatory	RdM, La Palma, Spain	Swedish Tower (100cm)		<a href="http://www.astro.su.se/groups/solar/">http://www.astro.su.se/groups/solar/</a>	
32	Roque de los Muchachos Obs.	RdM, La Palm, Spain	Dutch Open Telescope (45 cm)		<a href="http://dot.astro.uu.nl/">http://dot.astro.uu.nl/</a>	
33	OFA - C.U. Cesco Station	El Leoncito, San Juan, Argentina	H-alpha Solar Telescope for Argentina (HASTA)	Full Disk H-alpha	<a href="http://www2.plasma.mpe-garching.mpg.de/hasta/site.html">http://www2.plasma.mpe-garching.mpg.de/hasta/site.html</a>	
			Mirror Coronagraph for Argentina (MICA)	Mirror Coronagraph - H-alpha, green and red line, 1.05 - 2 solar radii		
34	Las Campanas Observatory	Cerro Las Campanas, Chile	BiSON site	integrated sunlight	<a href="http://bison.ph.bham.ac.uk/new/lascampanas.html">http://bison.ph.bham.ac.uk/new/lascampanas.html</a>	
35	La Silla Observatory	La Silla, Chile	IRIS Site Sodium resonance cell	Integrated intensity and velocity		
36	Cerro Tololo Astronomical Observatory	La Serena, Chile	GONG Site 2.8 cm telescope		<a href="http://www.gong.noao.edu/sites/ctio.shtml">http://www.gong.noao.edu/sites/ctio.shtml</a>	
37	Stull Observatory	Alfred, NY, USA	20 cm Schmidt-Cassegrain	Active region H-alpha imaging (10' x 10'), video rate	<a href="http://merlin.alfred.edu/stull.html">http://merlin.alfred.edu/stull.html</a>	
38	NASA / Marshall Space Flight Center	Huntsville, AL, USA	30cm magnetograph	vect.magnet.(6'6"FOV)	<a href="http://science.msfc.nasa.gov/ssl/PAD/SOLAR/maggraph.htm">http://science.msfc.nasa.gov/ssl/PAD/SOLAR/maggraph.htm</a>	
			3 auxil.tel.(H/WL)	coalg.H, FD WL+H		
39	Prairie View Solar Observatory	Prairie View, TX, USA	35-cm Gregorian vacuum telescope	High-resolution and full-disk H-alpha image	<a href="http://www.pvamu.edu/cps/Solar.html">http://www.pvamu.edu/cps/Solar.html</a>	
40	Space Environment Laboratory	Boulder, CO, USA	Patrol instr.	full disk H + WL (CaK + magnetogr.: 1996)	<a href="http://www.hao.ucar.edu/">http://www.hao.ucar.edu/</a>	
41	National Solar Observatory	Sac Peak, NM, USA	Dunn Solar Telescope VTT (75cm)		<a href="http://www.nso.edu/sunspot/">http://www.nso.edu/sunspot/</a>	
			HAO Stokes Polarimeter			
			J.Evans Facility	H-alpha + Ca K spectroheliogr., 5303,5694,6374coron.scans		
			Hilltop Facility	H+WL flare patrol		

42	Holloman Air Force Base	Holloman, NM, USA	SOON site	full disk H, WL + magnetogr.		
43	Carl Sagan Observatory (OCS)	Cerro Azul, Mexico		H-Alpha line center	<a href="http://cosmos.cifus.uson.mx/Infraestructura/ocs/ocsnew.htm">http://cosmos.cifus.uson.mx/Infraestructura/ocs/ocsnew.htm</a>	
44	Solar Observation Station (EOS)	Hermosillo, Mexico	12.5 cm reflector	Full Disk H-alpha, CaII K, and continuum	<a href="http://cosmos.astro.uson.mx/Infraestructura/EOS/EOSinfraestructura.htm">http://cosmos.astro.uson.mx/Infraestructura/EOS/EOSinfraestructura.htm</a>	
45	National Solar Observatory	Kitt Peak, AZ, USA	150 cm heliostat, 2 x 91 cm heliostats		<a href="http://nsokp.nso.edu/">http://nsokp.nso.edu/</a>	
			70 cm coelostat, vacuum	full disk magnetograms + He10830 spectroheliogr.		
			SOLIS			
46	Big Bear Solar Observatory	Big Bear, CA, USA	65cm Gregorian + patrol instruments,	fulldisk WL, H-alpha, CaK, magnetograms	<a href="http://www.bbso.njit.edu/">http://www.bbso.njit.edu/</a>	
			vector magnetograph			
			GONG Site 2.8 cm telescope			
			TON Site 9 cm reflector	Full-Disk CaII K images		
47	Mount Wilson Observatory	Mt. Wilson, CA, USA	150 foot Tower Tel.	full disk magneto- + Doppler-grams (512x512), WL images	<a href="http://www.mtwilson.edu/Science/UCLA">http://www.mtwilson.edu/Science/UCLA</a>	
48	San Fernando Observatory	Sylmar, CA, USA	5cm + 15cm refractors	full disk photometric images (broad band + CaK)	<a href="http://davinci.csun.edu/~astro/sfo.htm">http://davinci.csun.edu/~astro/sfo.htm</a>	
			38cm + 61cm refractors + spectroheliograph	active region vectormagnetogr. + Dopplergrams		
49	Dominion Radio Astrophysical Observatory	Penticton, BC, Canada	10.7 cm Solar Flux Monitor	Integrated 10.7cm flux	<a href="http://www.drao.nrc.ca/icarus/www/sol_home.shtml">http://www.drao.nrc.ca/icarus/www/sol_home.shtml</a>	
50	Wilcox Solar Observatory	Wilcox, CA, USA	Magnetograph	LOS magnetic and velocity field	<a href="http://quake.stanford.edu/~wso/">http://quake.stanford.edu/~wso/</a>	
			IRIS Network Site Sodium resonance cell	Full-Disk Intensity and Velocity		
51	Mees Solar Observatory	Haleakala, HI, USA	POI & K-KLINE Imagers	full disk Ca K images	<a href="http://www.solar.ifa.hawaii.edu/mees.html">http://www.solar.ifa.hawaii.edu/mees.html</a>	
			MCCD	H-alpha imaging spec. (2' FOV, 2" pix.)		
			Stokes Polarimeter	vector mag. (2' FOV, 2" pix.)		
			vector magnetograph (IVM)	vector mag. (4' FOV with 0.6" pixels)		
			H-alpha coronagraph	H-alpha prominence images		

52	Mauna Loa Solar Observatory	MaunaLoa, HI, USA	Mark-III Coronagraphs	K-corona Images	<a href="http://mlso.hao.ucar.edu/">http://mlso.hao.ucar.edu/</a>	
			Mark-IV Coronagraphs	K-corona WL images		
			Digital Prominence Monitor Polarimeter for Inner Coronal Studies	H-Alpha Disk and Prominence		
			Chromospheric Helium I Imaging Photometer	Helium-I 1083 nm Full-Disk Images		
			Precision Solar Photometric Telescope (PSPT)	CaII K and Continuum Full-Disk Images		
			Experiment for Coordinated Helioseismic Observations (ECHO)	Full Disk Potassium Images		
			GONG Site 2.8 cm telescope			
53	OAFA - CASLEO	El Leoncito, San Juan, Argentina	Solar Submillimeter Telescope (SST) (150 cm)	212 & 405 Ghz, 1.5& 3 arcminute field of view, 1 & 40 ms temporal resolution	<a href="http://www.casleo.gov.ar/Instrumentos/sst/sst_eng.html">http://www.casleo.gov.ar/Instrumentos/sst/sst_eng.html</a>	

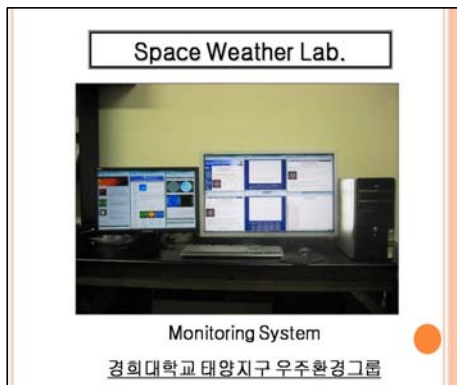
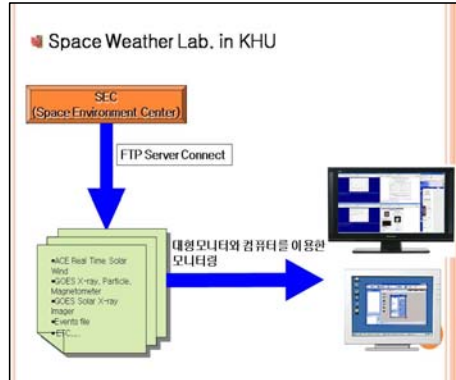
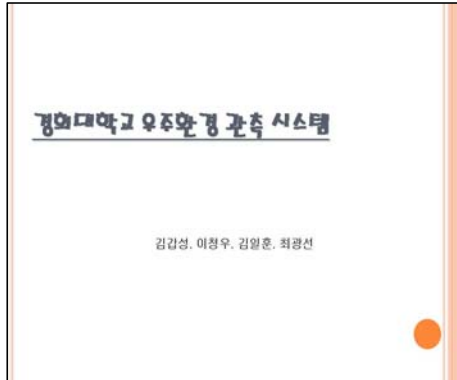


## 부록 B. 워크샵 발표자료

### 우주환경 I - 감시체계 시스템

(1) 경희대학교 우주환경 감시체계

김갑성 (경희대)



- #### 태양관측 장비 소개
- ◆ 태양 활동영역의 H alpha 영상 취득 시스템
    - 슬라이딩 무브가 장착된 관측소를 제작
    - 고정식 가대를 설치하여 상시 관측이 가능
    - F수가 증가된 저 분산렌즈 사용으로 태양의 미세구조 관측
    - 네트워크를 통한 원격 제어로 태양관측시스템의 상시 운용 가능
    - 전지역에서 인터넷망을 이용 태양관측자료의 취득 및 분석이 가능

#### 태양 H alpha 관측 시스템

##### ◆ 관측기기

슬라이딩 무브 관측소 제작

- 학과 건물 옥상에 설치
- 고정식 가대 설치
- 인터넷 이용이 가능한 관측용 PC

6인치 F/15 굴절 망원경

- 미국 OAG Optics에 주문 제작
- MgF2 coating ED Lens
- 경통 지름 150mm, 경통 길이 215 cm

Coronado SolarMax90 H-alpha Filter

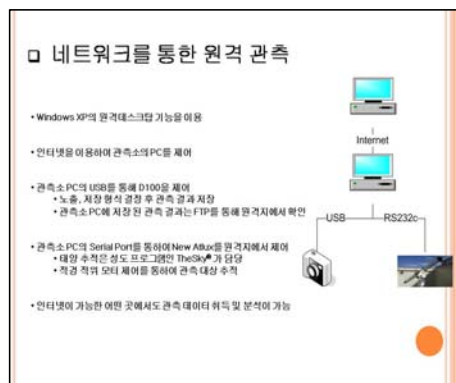
- 90mm Aperture
- Bandwidth < 0.7 Å
- Thermal Stability 0.005 Å/°C

New Atlas 적외선

- Vivent의 독일식 적외선
- 상하 중환 < 25kg
- RS232C를 통하여 PC에서 각경, 각위 모터를 제어

Nikon D100

- 600만 화소 CCD
- Nikon Capture를 이용하여 PC를 통한 제어
- USB를 통하여 PC에서 노출, 이미지 저장 형식, 인티발 촬영 등을 제어



#### □ 디지털 카메라를 이용한 H $\alpha$ 관측 이미지



6인치 F/8 굴절 망원경 관측 결과  
관측 일시 : 2005/11/02 01:35 (UT)



관측 일시 : 2006/10/13  
06:31:03 (UT)

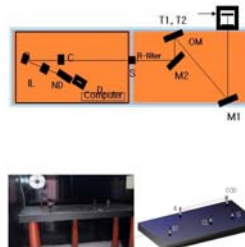
#### ☐ 태양 분광관측용 시스템

- 태양 분광선 관측으로 방출지역의 물리적 특성 규명
- Heliostat 망원경을 이용한 광학 설계
- 중분산 Grating으로 가시광 영역의 태양 흡수선 관측
- 초당 30 프레임의 고속 디지털 CCD 카메라를 이용

#### □ 태양분광 시스템 주요 제원

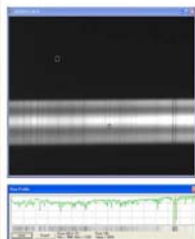
- Telescope : 12cm 평면경
- Objective Mirror : 6 inch, f5
- Slit : 10  $\mu$ m (variable)
- Collimator : 50mm dia.
- Grating : 600 groove/mm
- Imaging Lens : 50mm dia.
- Digital CCD Camera : - ST-1600ME (SBIG)  
(1530 X 1020 Pixels)  
- Dalsa 1M30  
(1024x1024pixels)

#### □ 가시광 영역 태양 분광 관측

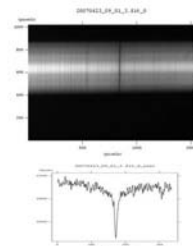


- 태양활동의 극대기를 대비한 시스템
- 초당 30 프레임의 고속 데이터 획득
- Grating을 이용한 태양 분광 관측 시스템

#### □ 분광 관측 이미지

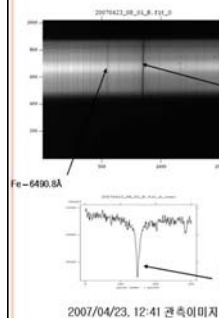


Pre-filter를 적용하지 않은 분광선  
2007/03/15, 3:41 관측 이미지  
노출시간 : 0.09 sec



Pre-filter를 적용한 H $\alpha$  line Profile  
2007/04/23, 12:47 관측 이미지  
노출시간 : 0.09 sec

#### □ 분광 관측 이미지

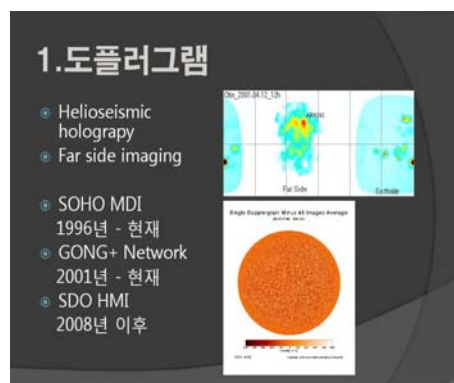
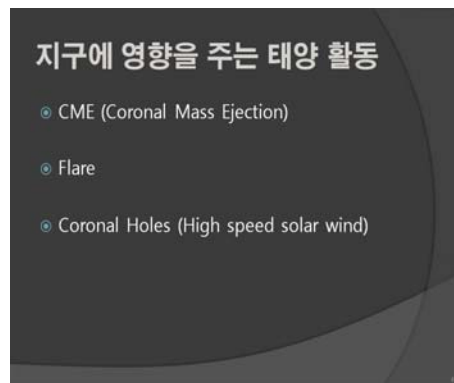
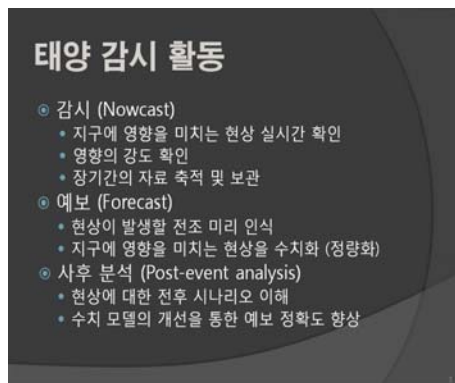
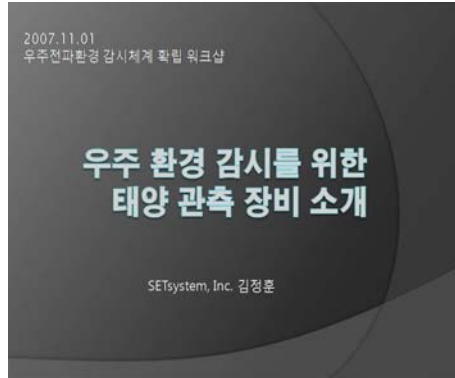


- Grating의 분산 차수에 따른 픽셀의 중첩을 막기 위해 Pre-filter를 사용
- H $\alpha$  분광 흡수선 (2007.04.23, 12:47)  
H $\alpha$  - 6562.8Å
- H $\alpha$ 를 중심으로 300 pixels을 선택한 line profile
- 분해능 : 0.22 Å/pixel

## 우주환경 I - 감시체계 시스템

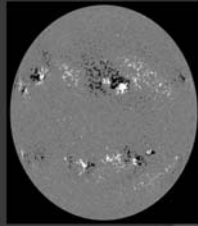
### (2) 우주환경 감시를 위한 태양 관측 장비 소개

김정훈(SET시스템)



## 2. 광구 마그네토그램

- AR complexity
- Helicity assessment
- MHD extrapolation
- SOHO MDI : 4", 1min
- 많은 지상관측 장비
  - KPVT, GONG, ISOON, SOLIS, Mt.Wilson etc
- SDO-HMI (in future)



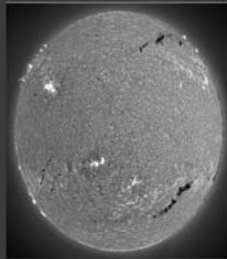
## 3. 광구 백색광

- 활동 영역 (흑점)
- 백색광 플레어 확인
- SOHO-MDI
- 많은 지상 관측소
- SDO-HMI (in future)



## 4. 채층 이미지

- Filaments & flares
- Ha (CaII, HeI)
- 2K (2"), 1 min
- Ha network
  - BBSO, KSO, CAO, HSOS, YNAO



## 5. Cool corona images

- 1-2 MK corona
- Active region
- Coronal hole
- Filaments & prominence
- Flares etc
- SOHO-EIT
- Stereo-SECCHI EUVI
- SDO-AIA



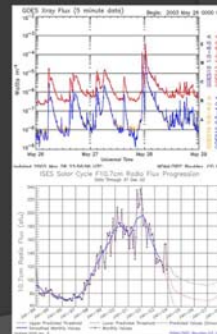
## 6. Hot corona images

- Flare location
- Arcades
- Coronal holes
- Yohkoh-SXT (~ 2001)
- GOES-SXI
- GOES-series
- Solar B -XRT



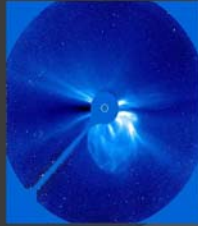
## 7. Irradiance time series

- Flare monitoring
- Input data to model
- GOES - XRS series
- Proxy obs.
  - F10.7, He1083, Mg II



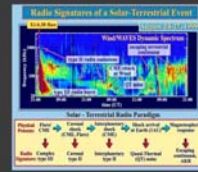
## 8. Coronagraphic images

- Monitor CMEs (2-30R)
- LASCO-C2,C3
- STEREO coronagraph
- SMEI (white light)



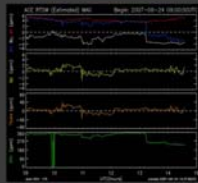
## 9. Radio data

- CME & Flare shocks
- Type II burst
- 10.7 cm flux
- IPS (interplanetary scintillation)
- NoRH, Siberian, FASR
- Penticton
- LOFAR (10-240 MHz)



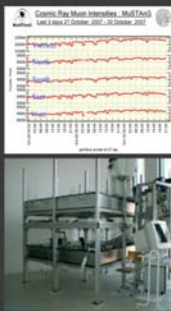
## 10. In situ measurement

- Local magnetic field
- Speed,  $v$
- Density,  $n$
- Temperature,  $T$
- Elemental composition
- ACE
- WIND, GeoTail etc
- Future : None



## 11. 기타

- Cosmic ray obs.
- CME tracking
- Neutron monitor
- Muon Monitor



## 요약 : 관측 장비의 구분

- Space-based vs ground-based
- Operational vs research oriented
- Monitoring purpose vs multi-purpose
- Optical vs Radio and others

## 요약: 태양 감시 장비의 조건

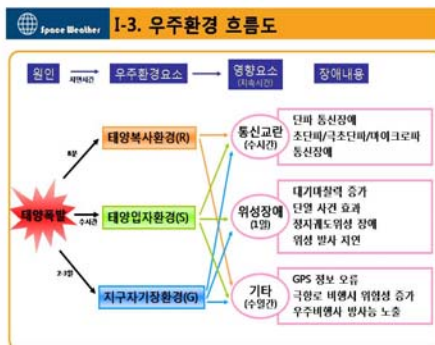
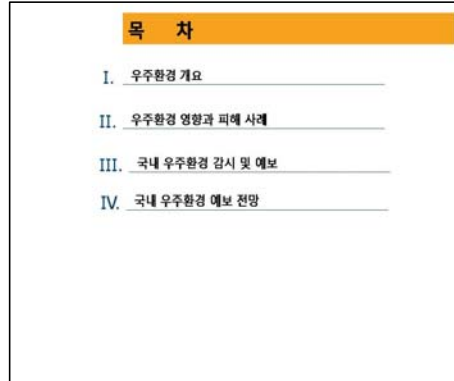
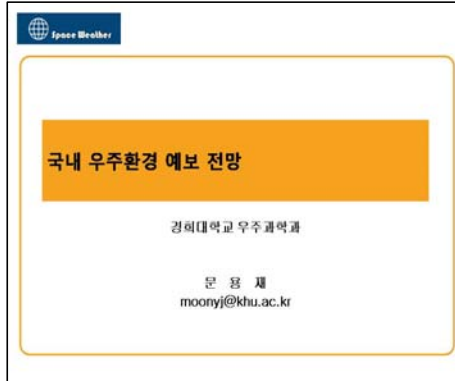
- 자료의 **연속성**
  - 밤낮의 제약 조건 및 날씨의 영향 최소화
  - 국제 네트워크 구성 (지상 장비)
  - 고 비용 궤도 (ex L1) (우주 장비)
- 자료의 **활용성**
  - 즉각적인 자료 이용 목적
  - (준) 실시간 자료 제공 및 표준화
- 자료의 **해상도**
  - 공간 별, 시간 별, 주파수 별



## 우주환경 II - 예보 전망 및 현황

### (1) 국내 우주환경 예보 전망

문용재(경희대)



## Space Weather II-2. 통신

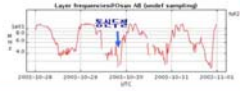
### 1. 단파 통신

- 주파수 3~30 MHz
- 지표에서 약 100~400 km 높이의 이온층에서 반사
- 결구적 국제통신, 선박통신, 항공기통신 및 국제방송에 널리 쓰임
- 태양 플레어 발생 이후 가열되어 두꺼워진 이온층에 단파를 흡수 → 단파 장애



### ● 사례

2003년 10월 말 발생한 거대 태양폭풍 기간 동안 오산 마곡진 기지에서 단파 통신 두절 현상

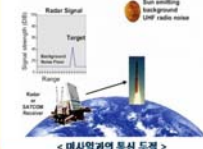


KVJ 한국천문연구원 KARI 한국항공우주연구원

## Space Weather II-2. 통신

### 2. 초단파/극초단파/마이크로파 통신

- 주파수 30~30000 MHz
- 주로 TV(위성방송), 라디오방송(FM방송), 항공무선통신, 우주통신, 기상 관측용(선박용 레이다, 관측 통신 등)에 쓰임
- 이온층의 불균일성에 의한 전파 장애
- 태양전파폭발에 의한 통신 두절



< 마셜열의 통신 두절 >

### ● 사례

2001년 3개월 동안 연속된 태양전파폭발 기간 동안에 M5급 이상인 플레어의 경우 PCS 통신(1750~1870 MHz)에 영향

※ 플레어 등급: C급(약한 플레어), M급(중간 플레어), X급(강한 플레어)



< 휴대전화 통신 장애 >

KVJ 한국천문연구원 KARI 한국항공우주연구원

## Space Weather II-3. 위성

### 2. 단일 사건 효과 (Single Event Effect)

- 태양폭발 시 태양에서 날아온 많은 양성자와 고에너지 입자들이 위성의 보호막을 뚫고 내부로 침투하여 컴퓨터에 오류를 일으키는 현상
- 단일 사건 효과의 피해 사례



### ● 사례

2003년 10월 말 태양 폭풍 최대치 2호는 이러한 고에너지의 대전 현상으로 교신 두절 (참고: 중영일보 "이 원경관측위성 태양폭풍 폭발로 교신 끊기", 2003.11.3.)

< 위성 부품의 고에너지 입자 대전 실험 >

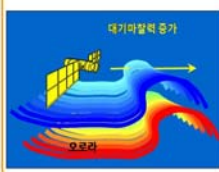


KVJ 한국천문연구원 KARI 한국항공우주연구원

## Space Weather II-3. 위성

### 1. 대기마찰력 (Atmospheric drag)

- 태양 폭풍에 의해 가열, 팽창된 지구와 고층 대기 영역을 위성이 지나갈 경우 대기마찰력이 증가하여 위성의 궤도 변화 발생
- 주로 고도가 1,000 km 이하의 저궤도 위성에서 발생 (여리광 위성 1호, 3호, 과학기초 위성)



< 대기마찰력 증가 >

### ● 사례

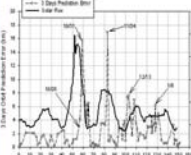
2003년 10월 말 발생한 거대 태양폭풍 기간 동안 여리광 위성 1호의 궤도 변화

- 궤도 예측 정밀도: 평소 수준보다 약 8배

(16 km) 정도 급변

- 고도 감쇄율: 평소 수준보다 약 6배

(-33 m/day) 이상 증가



KVJ 한국천문연구원 KARI 한국항공우주연구원

## Space Weather II-3. 위성

### 3. 정지궤도 위성 장애

- 강한 태양풍에 의해 자기권계면이 정지궤도 위성의 궤도 면적으로 들어올 경우 자기장 환경이 급변하는 등 극심한 우주환경에 직접 노출되어 위성 운용에 장애 발생



### ● 사례

2003. 03. 28. 우주과학위성 1호

2003. 03. 31. 우주과학위성 2호

2003. 10. 28. 우주과학위성 3호

2003. 10. 29. 우주과학위성 4호

2003. 10. 30. 우주과학위성 5호

2003. 10. 31. 우주과학위성 6호

2003. 11. 01. 우주과학위성 7호

2003. 11. 02. 우주과학위성 8호

2003. 11. 03. 우주과학위성 9호

2003. 11. 04. 우주과학위성 10호

2003. 11. 05. 우주과학위성 11호

2003. 11. 06. 우주과학위성 12호

## Space Weather II-3. 위성

### 4. 위성 발사

- 위성 발사 시 태양폭발로 인한 고에너지 입자 폭풍 현상을 막기 위해 발사를 연기함
- 위성 발사 시 태양폭발로 인해 위성체의 통신에 두절되기도 함



### ● 사례

미국 (Athena) 로켓: NASA

2003년 9월 24일 발사 예정

- 태양폭발에 의한 고에너지 입자의 증가 (하양원계 3배 이상)

- 고에너지 입자에 의한 위성체 가이드 시스템의 데이터 오류 예상

- 발사 연기

※ 미국 항공우주국에서는 50 MeV 이상 고에너지 입자의 양이 100 pfu 이상일 경우 위성의 발사 연기를 권고

프랑스 (ARIANE 502): French Space Agency

1997년 10월 30일 발사

- 태양 고에너지 입자 증가 (약 100 pfu)

- 로켓 발사 동체시스템의 전자장치 장애 발생

※ ARIAN 로켓 발사체를 기준으로 태양 고에너지 입자 증가하는 기간 동안 로켓 발사의 실제 확률은 평소와

비해 태양 동 주기 속도 위성의 경우 약 50배, 정지궤도 위성의 경우 10배로 계산함

KVJ 한국천문연구원 KARI 한국항공우주연구원

## II-3. 위성

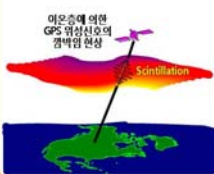
● 2003년 10월 발의 급격한 우주환경 변화에 따른 원공형성에 대한 예방조치 사례

영역	Aqua	GALEX	Genesis (GJ)	GOES 8, 9, 10, 12	Mars Odyssey (GJ)	MER (GJ)	RXTe	SOHO
위성명	대기권 중계	초고해상도, 중량차단 장치 포함	심각한 중계 (GOES 9 and 10)	10월 29일 Star 가에다 일시 정전, 30일 29일 제오리 오동 발생	Star Tracker 오동	EPIC, EPV 복원적인 오동 발생	태양전지 array 성능 저하	
기기	AAS			MAE		AS-Sky Monitor		
기기 영향	11월 6일 제가동	태도관 양의 자외선 노이즈 (single-event upset)			전송도 오동, 온도 상승, 영상 불명확	ASM Scanning Shadow Camera 1 (SCC 1) 작동 중지		
대응 조치	RTE에서 개제되는 등재 요청	고전압 장치 중지, 냉각수재	원래대로 진행	지각 도가 교체 (GOES 10 and 12)	기기 중지 후 안전으로 진행	보관으로 진행	개제 명세 등재	원래대로 진행

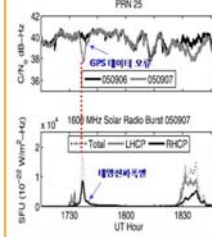
## II-4. GPS

### 1. 이온층 깜빡임 (Scintillation)

- 이온층에서 작은 규모의 비정상적인 밀도 구조 때문에 발생
- 지상-위성간의 통신전파가 불규칙적으로 편파 감소, 위상변화를 일으켜 정보 오류



● 사례  
2005년 9월 6일에 발생한 태양폭발 시 PRN25 GPS 위성의 데이터 정보 오류



KVRI 한국천문연구원, KARI 한국항공우주연구원

## II-5. 극항로 비행

- 기름길의 폭동으로 인해 극지방을 통과하는 단거리 비행노선을 채택
- 태양 폭발의 발생할 때 극지방을 통과하는 비행기의 승무원들이 승객들이 방사능(코메타지 폭사)에 노출될 위험성 증가
- 극지방 통과 시 극지방으로 침투한 태양 방사선에 의해 인공위성 중계 발생



● 사례  
중간중의 기사 (2002. 4. 17 p.46-47)  
: 북극항로 방사능 차가량 '여수여수'  
태양활동 위험 가능성 승객들에게 '위험' ... 조종사와 승무원들도 피하는 '태양 노란'



KVRI 한국천문연구원, KARI 한국항공우주연구원

## II-6. 우주비행사 방사능 노출

- 태양폭발에 의해 발생한 방사능(코메타지 폭사)으로 인해 우주선 밖 외계 활동을 하는 우주비행사들은 자연적인 폭사(열적폭사)에 노출될 위험성 증가



● 사례  
1989년 10월, 태양폭발에 의해 코메타지 폭사 발생 (방사능 노출 예상치 약 7000 rem)  
→ 만약 일에서 우주비행사를 돕는 우주비행사들과 폭풍을 정면으로 맞았다면 치사량에 해당

미국 우주 정거장의 우주비행사는 지상에서의 방사능 1년 노출치의 약 두 배에 해당하는 방사능에 노출  
→ 1989년 말의 태양 폭풍 동안에는 단 몇 시간 동안에 지상 1년치의 방사능 노출 한계에 도달

KVRI 한국천문연구원, KARI 한국항공우주연구원

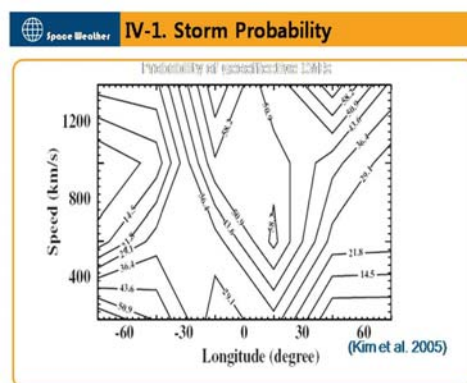
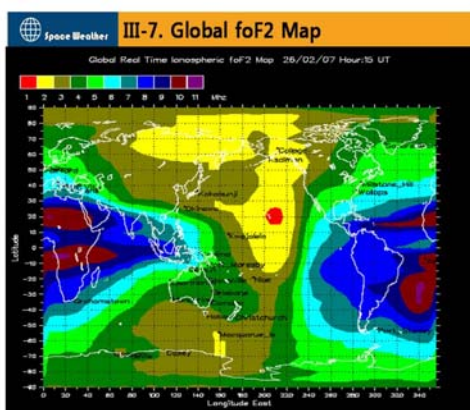
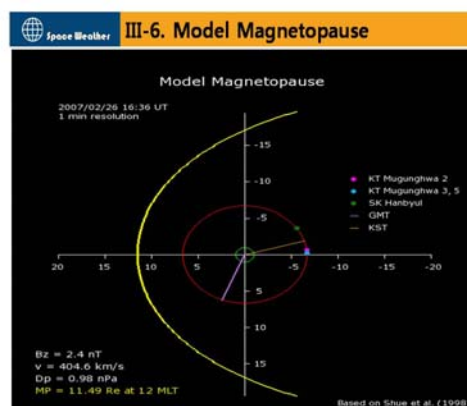
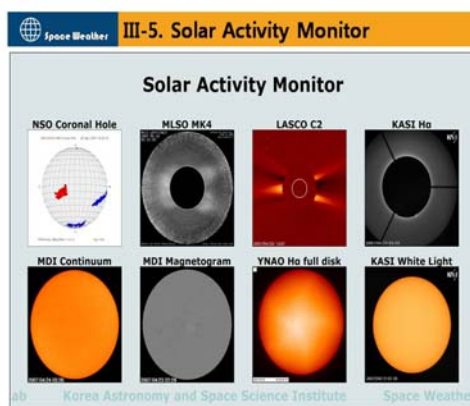
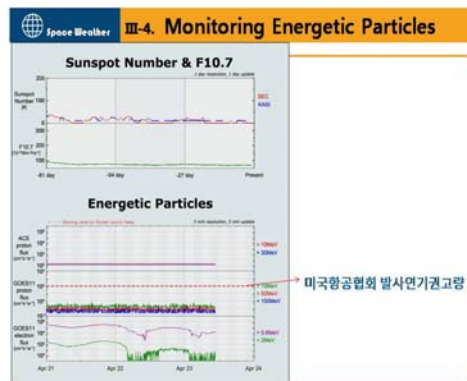
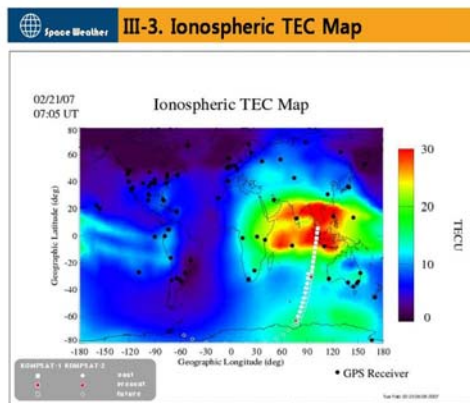
## III-1. Space Weather Monitoring



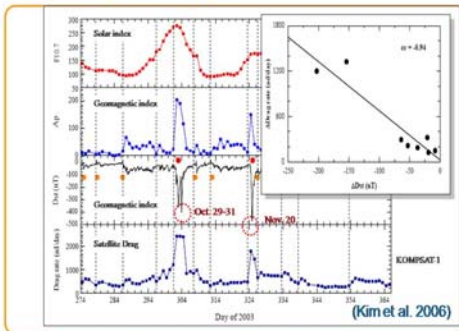
## III-2. Shock Arrival Time at the Earth



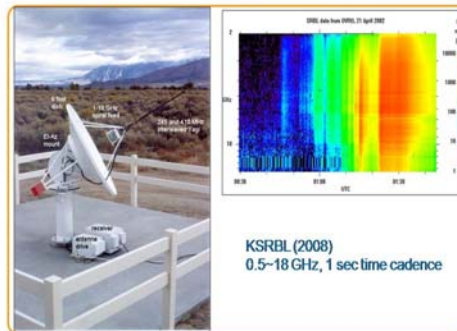




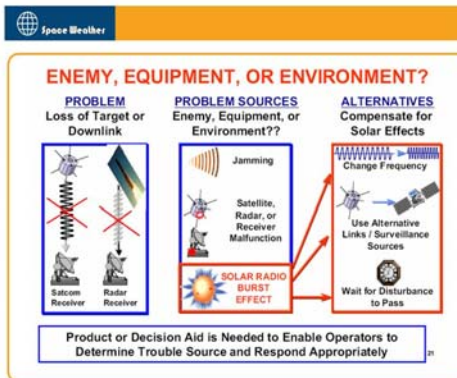
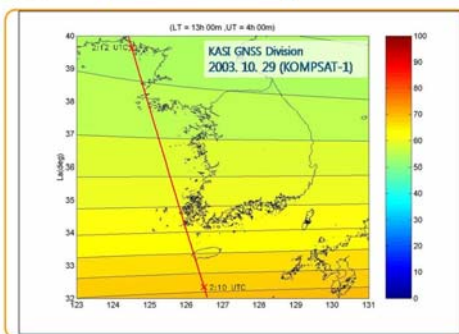
#### Space Weather IV-2. Drag Effect



#### Space Weather IV-3. Solar Radio Noise



#### Space Weather IV-5. Local TEC Map



#### Space Weather 우주환경 연구 협력을 위한 제언

- 관측 시설 및 인프라 확연
  - 1) 연구소 주도 : 전파원, 극지원, 자원원, 천문원 + 인력(학)
  - 2) 연구 기능 + 모니터링 기능 (시설 선정 시 전문가 자문, 설문)
  - 3) 중핵 관측 지향, 네트워크 관측 지향
  - 4) 국제적 네트워크와 연계 (calibration, 유사시스템, 동북아 동향)
  - 5) 추가 기능 : Coherent Radar, IPS, Neutron Monitor 등
- 정보 및 예보 모델 개발 확연
  - 1) 산학연 협력 : 기초 연구(학) -> 실용적 연구 + 모델 (산연)
  - 2) 고객 중심 : 위성, 통신, 군, 비행회사, 무선통신사용자
  - 3) 기관별 역할 분담 : 할 수 있는 부분, 연구와 근접성 (R, S, G, Magnetopause, For2, 통신장애지수, 위성장애지수)
- 수요자와 연구자의 협동 연구 확연 : 사례 조사, 경험적 모형
  - 1) 위성 : 한국통신, 항공우연, Satrec
  - 2) 통신 : 군, HAM, 통신 업체

#### Space Weather IV-6. Mobile Service



## 우주환경 II - 예보 전망 및 현황

### (2) Neutron Monitor in Space Weather Research

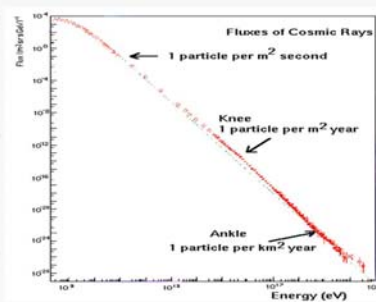
이 유 (충남대)

#### Neutron Monitor in Space Weather Research

이 유

충남대학교 천문우주학과

Cosmic Ray Energy Spectrum



#### Neutron Monitor Cosmic Ray

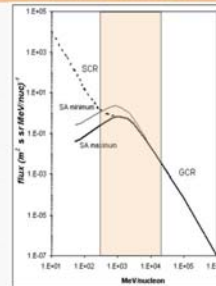
##### > Definition

- : Mostly ionized atoms ( $H^+$ (90%),  $He$  (5%), light elements)
- : Traveling very close to the speed of light
- : Portion of energy spectrum - 500MeV~20GeV
- (Sensitive at 500MeV ~ 4GeV, Threshold ~ 430MeV)

##### > Secondary CR - Collision with atmospheric particles ( $N_2$ , $O_2$ )

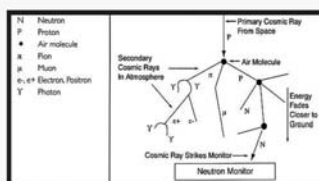
##### > Current major issues on cosmic rays

- : Origin, Acceleration mechanism, Energy spectrum
- : Solar modulation of particles with energy < 5 GeV

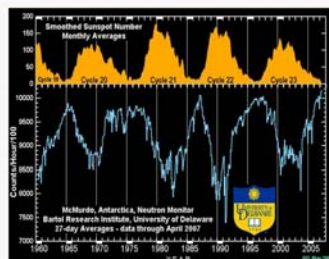


GCR energy spectra of maximum & minimum solar activities observed in the energy range of 0.3-20 GeV

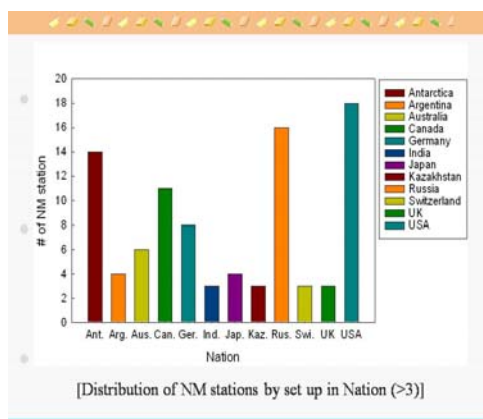
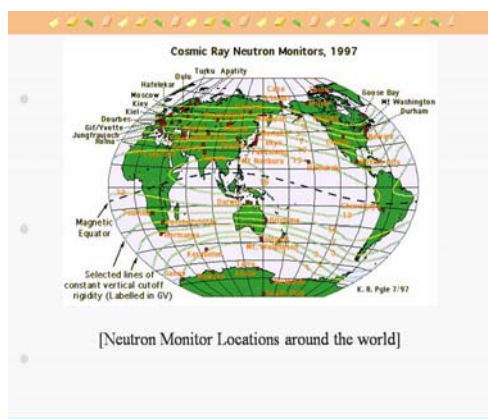
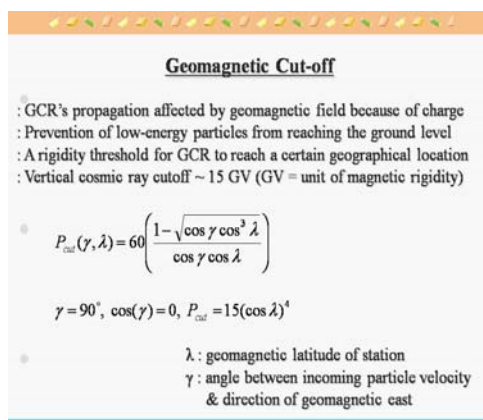
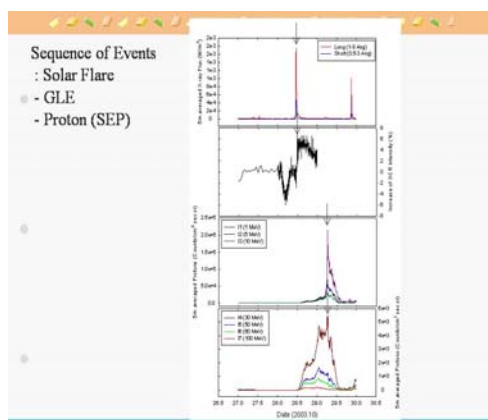
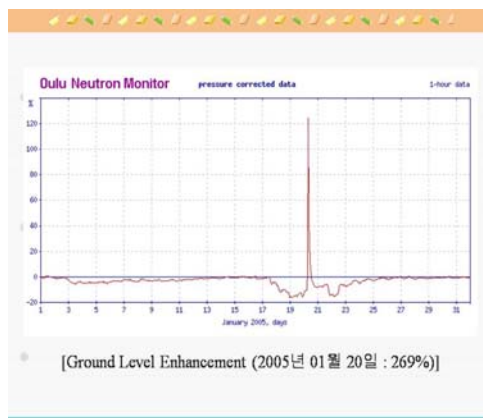
#### Neutron Monitor



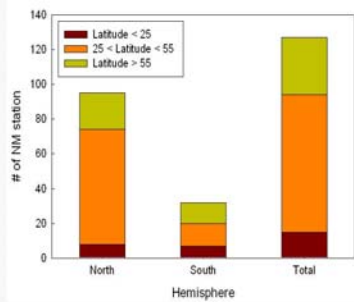
[The cosmic ray shower : Collision of Primary cosmic rays with air molecules.]



[Sun Spot Number & Galactic Cosmic Ray intensity]







[Distribution of NM station by Latitude range]

Bartol Research Institute NM program in University of Delaware (USA)



[McMurdo Station, Ross Island, Antarctica (77.9°S, 166.6°E)]



[Thule neutron monitor from 1957 (76.5°N, 68.7°W)]

Space Physics Data System in University of New Hampshire (USA)



[Climax, Colorado (39.37°N, 253.82°E)]



Haleakala, Hawaii  
(20.72°N, 203.72°E)

Oulu Cosmic Ray Station  
Sodankylä Geophysical Observatory of the University of Oulu (Finland)



[Oulu NM station (65.05°N, 25.47°E) from 1964]

Moscow NM station (Russia)



[Moscow NM station (55.47°N, 37.32°E)]

## Jungfraujoch Station



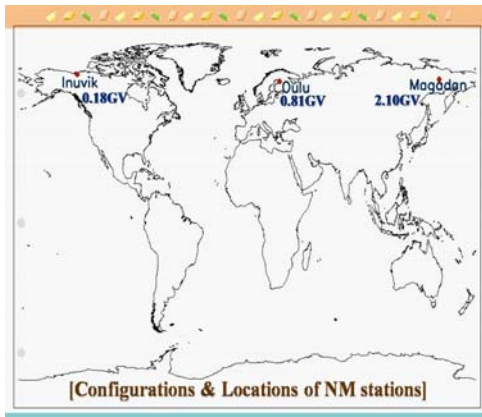
## The Simultaneity of Forbush Decreases : Environmental solar wind condition for the simultaneity

### 1. MOTIVATIONS

- \* Previous studies mainly focused on **generation mechanisms of FDs**
  - ① **Diffusion** by turbulent magnetic field of the IP shock  
: Laster et al. (1962), Ananth & Venkatesan (1993), Badruddin (2002)
  - ② **Drift** mechanism by sweeping effect from enhanced magnetic field  
: Barouch & Burlaga (1975), Pal Singh & Badruddin (2003)
  - ③ **Turbulence of post shock region & Strong magnetic field**  
: Sanderson et al. (1990a), Cane et al. (1993)
- \* **Some of FD events are not globally simultaneous as reported**  
: Lockwood & Razdan (1963), Pak (1969)
- \* **No detailed study for extraordinary features**

### 2. DATA & ANALYSIS

- \* **Analysis Method**
  - : Compare the time profiles at different NM stations
  - : Investigate the properties of such non-simultaneous FD events & the associated solar wind conditions
  - : Classify the characteristics of different FD events by their spatial distribution (longitudinal) of main phase onset time and magnitude of GCR intensity variation
- \* **Identified 93 FD events** at Oulu NM station from 1997 to 2006
- \* **Criteria of determining FD event**
  - (1) Magnitude in GCR intensity decrease : **over 3.5 %** from maximum to minimum during main phase
  - (2) Minimum GCR intensity : lower than **-1.5 %** from zero level set by the monthly average



### 3. RESULTS

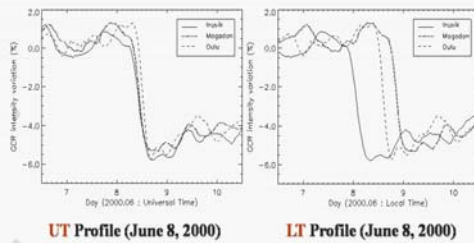
#### \* *Simultaneous FD event*

: Main phases of GCR intensity decrease are **mostly overlapped in UT** regardless of station location.

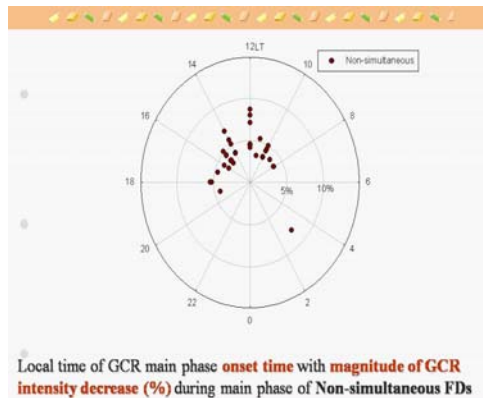
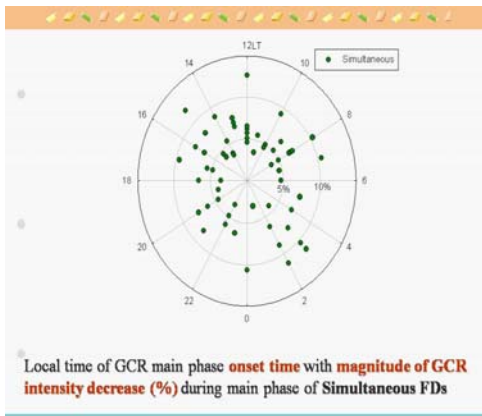
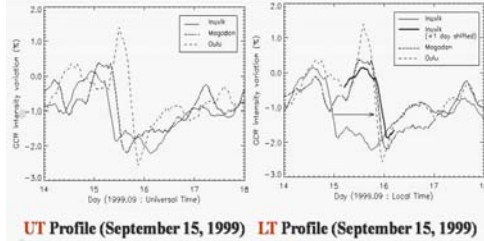
#### \* *Non-simultaneous (local time dependent) FD event*

: Main phase of FD event are recorded at different UT, but **at the mostly same LT** of each station.

#### [GCR intensity profiles of a **simultaneous** FD event]



#### [GCR intensity profiles of a **non-simultaneous** FD event]



### Fisher's Exact Test

- To see the difference between two small distributions in two mutually exclusive bins yielding 2×2 contingency table

Category	Sample 1	Sample 2
1	A	C
2	B	D

[2×2 contingency table (N=A+B+C+D)]

$$p = \frac{(A+B)!(C+D)!(A+C)!(B+D)!}{N!A!B!C!D!}$$

p : probability that two samples have the same distribution

### Distribution of the local onset times of two kinds of FD events & the Fisher's exact test statistic

Category	Local onset time of main phase	
	Simultaneous FD	Non-simultaneous FD
dayside (06-12)	42	29
nightside	20	2
probability of the same distribution	0.0035	

- Categorized into day side or night side
- Calculated probability of same distribution ~ 0.35 %
- Two onset time distributions of simultaneous & non-simultaneous FD events are significantly different from each other with a confidence level of 99.65 %.

### Distribution of the local onset times of two kinds of FD events & the Fisher's exact test statistic

Category	Local onset time of main phase	
	Simultaneous FD	Non-simultaneous FD
dayside (08-20)	43	30
nightside	19	1
probability of the same distribution	0.0002	

### Classification of FD events by simultaneity during the period of 1997-2006

	Forbush Decrease Event Class	
	Simultaneous	Non-Simultaneous
Number of FD events		
Average of GCR intensity decrease during main phase	-6.9 ± 3.4 %	-4.8 ± 1.4 %
	-6.2 ± 3.0 % for all 93 FDs	

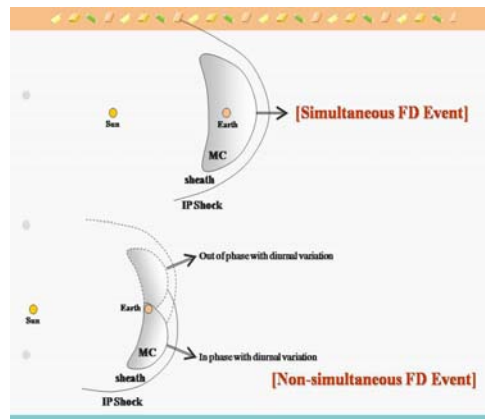
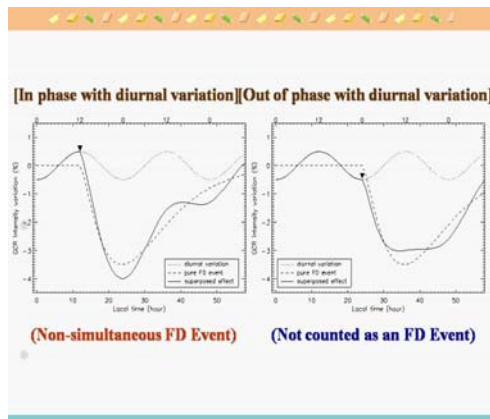
### Classification of FD events by simultaneity & statistical properties for FD events of 1998-2001

Average of properties during main phase	Forbush Decrease Event Class [1998-2001]			Confidence level (%) of $I_{\text{fs}} > I_{\text{ns}}$
	Simultaneous	Non-Simultaneous	All	
# of FD events	37	12	49	
# of w/ IP shock	31	8	39	
# of w/o IP shock	6	4	10	
duration time (hour)	13.6 ± 4.7	12.1 ± 3.6	13.2 ± 4.5	
GCR intensity decrease (%)	-6.4 ± 2.2	-4.7 ± 1.3	-5.9 ± 2.1	99
Vp (km/s)	568.8 ± 123.3	490.6 ± 85.8	549.2 ± 119.9	97
B  (nT)	15.9 ± 5.7	12.6 ± 6.2	15.0 ± 5.9	95

### \* Simultaneity of Forbush Decrease Events

- \* **Diurnal variation** has the maximum around noon & the minimum around midnight on the average.
- **Strong FD event** Simultaneous FD (outstanding the diurnal variation)
- **Weak FD event** Non-simultaneous FD
- If main phase is superposed in phase with declining phase of diurnal variation (in other words, if the FD main phase onsets in the dayside)





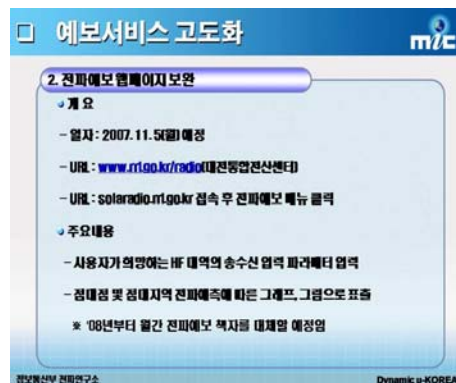
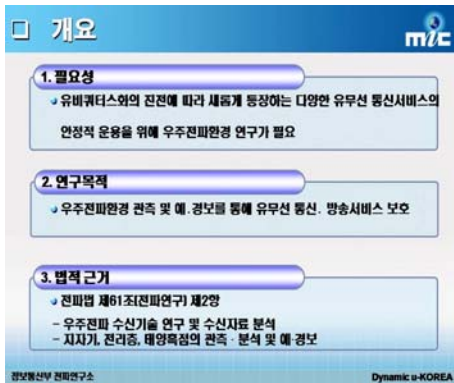
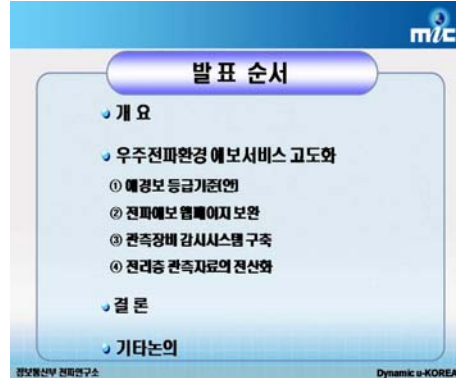
#### 4. SUMMARY

1. Most of FDs (62/93) are detected **simultaneously in UT**, whereas some of FDs (31/93) are recorded at same LT.
2. Non-simultaneous FDs are usually less intense than simultaneous.
3. **Stronger FDs** might become **simultaneous** ones, but **weaker FDs non-simultaneous** ones only if the main phase of FD is superposed in phase with the declining phase of diurnal variation.
4. **Suggested Model:** Simultaneous FDs might occur in case the thick & strong magnetic barrier (IP shock sheath & MC) passes by the Earth, whereas Non-simultaneous FDs might happen if the thin & weak magnetic barrier passes by on the dusk side of the Earth.
5. Global simultaneity of FDs depends on speed & IMF strength of solar wind magnetic barrier & its propagation direction.
6. Our model of FDs simultaneity can be tested by **STEREO mission!**

## 우주환경 II - 예보 전망 및 현황

### (3) 전파연구소 예정보 현황

허영태(전파연구소)



□ 예보서비스 고도화

2. 전파예보 웹페이지 보완(계속)

송수신 파라미터 입력(예시)

점보통신부 전파연구소 Dynamic u-KOREA

□ 예보서비스 고도화

2. 전파예보 웹페이지 보완(계속)

전파예보 결과(예시)

점보통신부 전파연구소 Dynamic u-KOREA

□ 예보서비스 고도화

3. 관측장비 감시시스템 구축

제주, 용연, 제주, 여천 등 월거리에서 생산된 관측자료의 신속, 정확성 전달

우주전파환경 감시시스템

점보통신부 전파연구소 Dynamic u-KOREA

□ 예보서비스 고도화

4. 전리층 관측자료의 전산화

'73년~'82년 12년까지의 연체 형태로 보관되어있는 전리층 관측자료의 전산화로 체계적 자료관리 도모

5. SMS 서비스 제공 예정

'07. 8. 9(목) 18:00UT에 발생한 지자기 활동 G1 등급, Kp-5의 정보 제공

점보통신부 전파연구소 Dynamic u-KOREA

□ 예보서비스 고도화

6. 기타

- 우주전파환경 홈페이지 업그레이드
  - 실시간으로 매 SEC X-ray, 지자기 경보서비스 제공
- 노후 지자기 관측시설 개선 등

점보통신부 전파연구소 Dynamic u-KOREA

□ 결론

결론

- 태양활동 극대기시 안정적인 유비쿼터스 통신환경 구현 및 신뢰성 있는 우주전파환경 예보서비스를 위해
  - 관측연프러 확충
  - 신속,정확한 상향전파 체계 구축
  - 공동연구협력 활성화 등 필요

점보통신부 전파연구소 Dynamic u-KOREA

## 우주환경 III - 태양활동 및 사례

### (1) 태양활동의 컴퓨터 시뮬레이션

최광선(경희대)

태양활동 극대기를 대비한 우주전파환경 감시체계 확립방안 워크숍  
2007년 11월 1일, 경희대학교

### 태양활동의 컴퓨터 시뮬레이션

최광선

경희대학교 우주과학과

### 차 례

1. 왜 시뮬레이션인가?
2. 어떤 어려움이 있는가?
3. 태양활동 시뮬레이션의 예
  - 태양 홍염의 생성
  - 동상반복 플레어
  - 코로나질량분출 (Coronal Mass Ejection)

### 태양활동의 물리적 기술

- 태양과 행성간 공간 그리고 지자기권의 물질은 플라스마 상태에 있다.
- 플라스마와 자기장은 서로 묶여 있다.
- 플라스마와 자기장의 운동을 기술하는 가장 간단한 방법은 자기유체역학(Magneto-hydrodynamics: MHD)이다.

### 자기유체방정식

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \mathbf{v}) = 0$$

$$\rho \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \rho (\mathbf{v} \cdot \nabla) \mathbf{v} = -\nabla p + \mathbf{j} \times \mathbf{B} + \rho \mathbf{g}$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \mathbf{v} \cdot \nabla p = -\gamma p \nabla \cdot \mathbf{v}$$

$$\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = \nabla \times (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) + \frac{\eta c^2}{4\pi} \nabla^2 \mathbf{B}$$

- 밀도, 압력, 속도 벡터, 자기장 벡터의 8 가지 물리량을 시간과 위치(x, y, z)의 함수로 기술하는 비선형 편미방정식이다.
- 실제적 문제의 경우 수치계산 이외의 방법으로는 풀 수 없다.

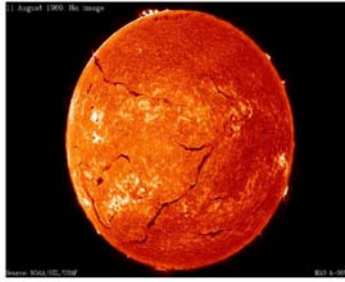
### 태양활동 시뮬레이션의 어려움

- 태양활동은 수일 내지 1개월에 걸치는 에너지 축적기와 10분에서 수시간 정도에 이루어지는 분출기로 이루어진다.
- 태양코로나에서의 파동전달 시간은 1분 정도이다.
- 태양활동영역의 크기는 수만 km 정도이나 그 활동의 영향은 수백만 km 이상 미친다.
- 이 모든 시간척도와 공간척도를 아우르는 시뮬레이션 코드가 필요하다.

### 경희대 자기유체역학 코드의 특징

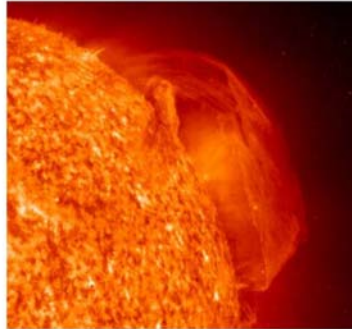
- 최소 시간단위조건(CFL condition)에 구애받지 않아 장시간 시뮬레이션에 적합하다.
- 공간분해능을 지역에 따라 100배 이상 다르게 할 수 있는 격자구조를 가지고 있어 태양코로나와 같은 광대역 시뮬레이션에 적합하다.
- 음해법(implicit) 코드이면서도 충격파를 구현하기 위한 효율적인 장치를 가지고 있다.

### Prominence Seen in H $\alpha$ (6563Å)

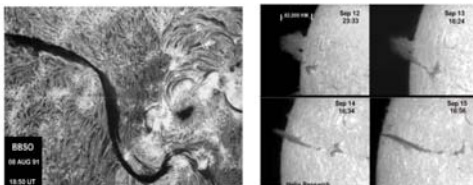


- Chromosphere is best seen in H $\alpha$ .
- Filaments (Prominences): dark, thread-like features on the disk (bright loop-like features on the limb), actually coronal structures
- Chromospheric networks and plages are also seen.

### Prominences on the limb are really prominent.

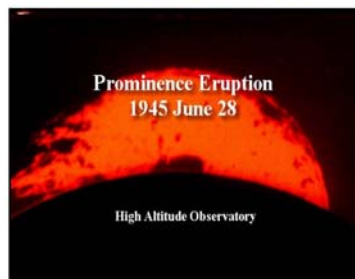


### What is a Solar Prominence?



- Any cloud of material visible in H $\alpha$  above the solar surface, usually of a ribbon-like structure
- $T \sim 5000-8000 \text{ K} \sim 1/100 T_{\text{corona}}$
- $N_e \sim 10^{10}-10^{11} \text{ cm}^{-3} \sim 100 N_{\text{corona}}$
- $W \sim 4000 \text{ km}$ ,  $H < 10^5 \text{ km}$ ,  $L \sim 6 \times (10^4 - 10^5) \text{ km}$

### Prominence Eruption



- Solar prominences often end their lives with eruption.
- Prominence eruption is often associated with a flare and/or a CME.

### Classic Prominence Field Models

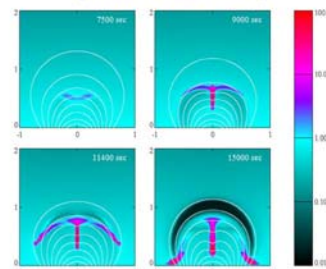
– Magnetic fields support prominences.



- Kippenhahn-Schlüter type
- Kuperus-Raadu type
- Normal polarity
- Inverse polarity

The role of the axial field (toroidal field) should not be overlooked.

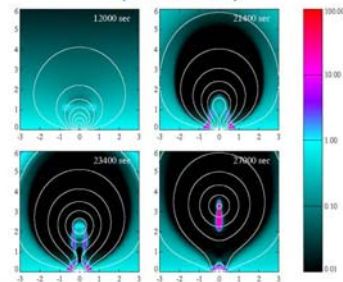
### Formation of a K-S Type Prominence (Choe & Lee 1992)



Thermal instability is developed by adiabatic cooling induced by a shearing motion.



### Formation of a K-R Type Prominence (Choe 1995)

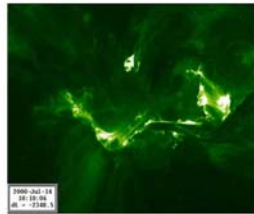
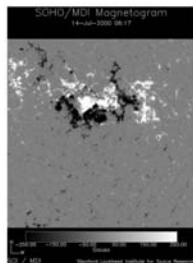


Thermal instability is developed by density enhancement in the magnetic island.

### Solar Eruptive Phenomena

- **Solar Flares**  
Brilliant flash of light in the solar atmosphere  
Up to  $10^{32}$  erg of energy released
- **Coronal Mass Ejections (CMEs)**  
A transient outflow of plasma seen as a large bright feature in the solar corona  
 $V \sim 10\text{--}2000$  km/s     $M \sim 10^{16}$  g  
 $E_{\text{kin}} \sim 10^{32}$  erg
- **Prominence Eruption**  
Sudden rise (and disappearance) of a prominence
- \* These phenomena are often associated with one another.

### Solar Flare on 2000 July 14 (Bastille day event)

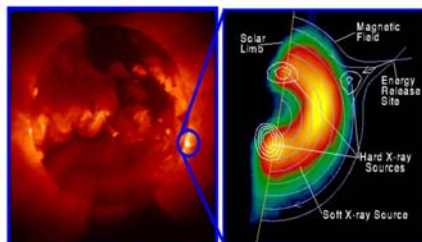


TRACE observation

### A Flare Eruption on the Limb



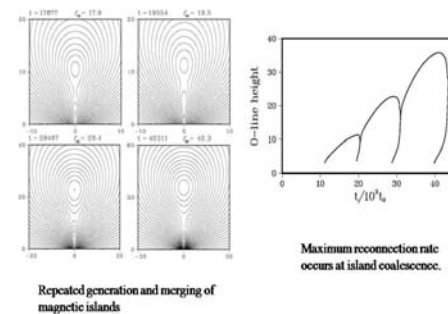
### X-ray Emission of a Flare



Yohkoh X-ray Image of a Solar Flare. Combined Image in Soft X-rays (left) and Soft X-rays with Hard X-ray Contours (right). Jan 13, 1992.

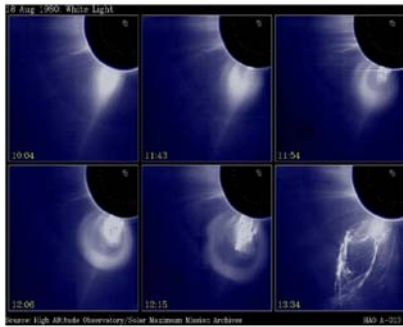
- Soft X-ray: along the loop; thermal
- Hard X-ray:
  - Loop-top
  - Footpoints: more non-thermal

### Mechanism of Homologous Solar Flares

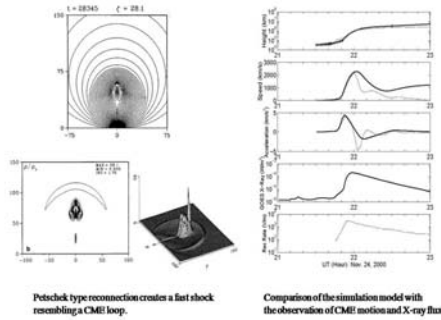


Repeated generation and merging of magnetic islands

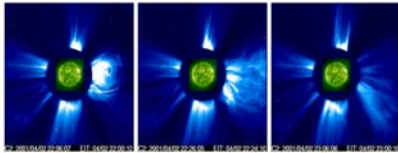
## Coronal Mass Ejection (CME)



## CME Loop Formation and Acceleration

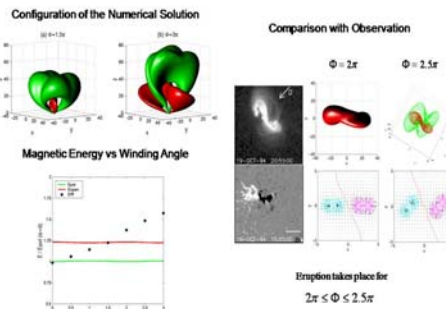


## Field Opening in a CME

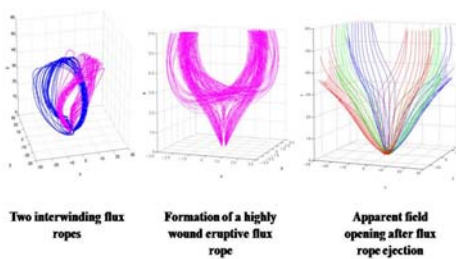


LASCO C2 and EIT composite images showing the evolution of the CME that took place on 2001/04/02

## High Energy Pre-eruption Coronal Fields



## Eruption Leading to Field Opening



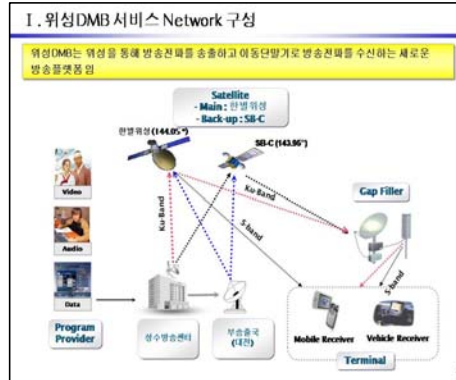
## 향후 연구과제

- 실제로 관측되는 태양 광구 자기장지도에 대응하는 코로나 자기장의 실시간 구성 시스템 개발
- 관측된 태양폭발현상의 모형을 통해 이의 발달과정 예측
- 태양폭발현상으로 생겨나는 충격파 및 플라즈마가 행성간 공간을 거쳐 지구까지 도달하는 과정을 모형화

## 우주환경 III - 태양활동 및 사례

### (2) 2007년 춘추기 태양 간섭 결과

문성철(TU미디어)



#### II. 인프라 확보 현황

##### ◆ 주위성:한별위성

- ▶ 방송목적 중 세계 최고출력(120kW)을 갖는 방송위성인 소행성 도둑(혹성) 6780w 이상 (S-band)
- ▶ 한국 및 일본 내 위성(DMB) 서비스를 위한 위성(DMB) 전송용인 (SKT/MBDO 공동개발)

##### ◆ 예비위성:Superbird-C

- ▶ 한별위성의 GT 중계용 신형위성(120kW)에 의해 제공 중인 Ku-Band 대역의 방송용기 확보 (DMB-S)
- ▶ GT의 Downlink 수신 전제나와 위성지향 방향 전경이 불일치 없는 동위성도 상에 위치한 S-B-C 연결

#### III. 서비스 현황

'05년 6월 1일 유료전송개시 후 '07년 11월 현재 총 39개 채널(V19개/A20개)을 운영 중이며, 향후 지속적인 상품경쟁력 제고를 위해 지상파방송채널과 연계한 채널 편성 및 프리미엄급 프로그램수급을 강화할 계획임

##### Video (19개 채널)

번호	채널명	PP
1	MBC드라마	MBC
2	KBS드라마	SBS
3	TG Entertainment	CGV
4	채널뉴스	CGV
5	스포츠	SBS
6	TG Sports	CGV
7	영화채널	EBS
8	게임	CGV
9	스포츠	CGV
10	TG Sports	CGV
11	스포츠	CGV
12	스포츠	CGV
13	스포츠	CGV

##### Audio (20개 채널)

번호	채널명	PP
14	BBC	BBC
15	CNN	CNN
16	스포츠	CGV
17	스포츠	CGV
18	스포츠	CGV
19	스포츠	CGV
20	스포츠	CGV

#### IV. 태양간섭 운용결과

##### 1. 태양간섭 개요

- 태양간섭(Sun Interference)
- 지구 공간운동에 의해 일년에 두 차례(춘추/추) 위성의 태양과 지구 사이에 일직선으로 놓이는데, 이때 태양의 복사에너지가 위성 수신안테나에 유입되면서 서비스영향을 주는 현상
- 발생기(경사각도 위성 경우)
  - 북반구: 춘분전/후분후
  - 남반구: 춘분후/후분전

#### IV. 태양간섭 운용결과

##### 2. 태양간섭 결과(한별위성)

- 운용위성
  - 한별위성(MBISAT)
  - 운용궤도: 경도 144도 ± 0.05도
  - Downlink 주파수: Ku-Band/S-Band
  - 사용 대역폭: 250MHz

안테나	수신주파수	최대 발생일시		최대 CN변화량		지속시간
		춘계	추계	춘계	추계	
9.2 m	Ku-Band	3/9 11:26	10/9 11:02	9.8 dB	9.7 dB	약 1분
6.4 m	Ku-Band	3/9 11:26	10/9 11:02	4.5 dB	4.0 dB	약 2분
G/F ANT.	Ku-Band	3/9 11:26	10/9 11:02	4.0 dB	4.5 dB	약 5분
2.4 m	S-Band	S-Band: 태양간섭에 발생				



#### IV. 태양관측 운용결과

#### 3. 태양관측 결과(해외 위성)

##### 해외 위성사용 서비스 현황

CH	PP	해외 관측소	서비스 시작	위성명	위성위치 (EIRP)용량(수신 주파수)	AZEL (도)	거리
14	QW	QW	05:00~08:00	PAS 8	동경 106도 40' 48" W	2540 MHz 121.878.6	4.2 m
			08:00~09:00			2700 MHz	4.2 m
13	mbn	Bloomberg	07:00~08:00	AsiaSat35	동경 106도 39' 48" W	2700 MHz 211.646.7	4.2 m
44			08:00~04:00	Telesat10	동경 76.5도 39' 48" W	4071 MHz 263.422.2	3.8 m

PAS 8	<ul style="list-style-type: none"> <li>4.2m 안테나로 수신하는 경우 태양관측 영상 없음</li> <li>2.4m 안테나로 수신한 경우 후계 태양관측 결과 5분간 약 13분의 장애 발생(Black)</li> </ul>
Telesat10	<ul style="list-style-type: none"> <li>4.2m 안테나로 수신한 BBC W/S 장애 발생</li> </ul>

##### 사실점

태양관측 영상을 고려해 볼 때 해외 위성 수신 서비스용 안테나는  
3.8m 이상 규격의 안테나를 구축해야 함

6

...End of document

*Thank yoU*

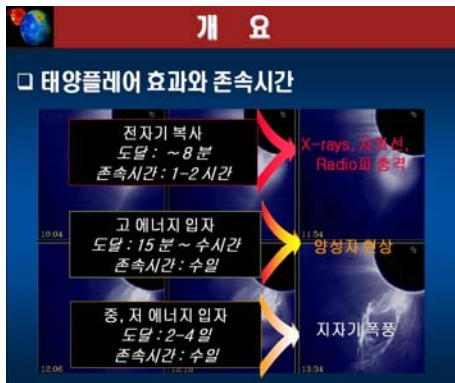
주소 : (133-432) 서울상동구성수2가3동279-1 Sktelecom 성수사옥 2층 2층

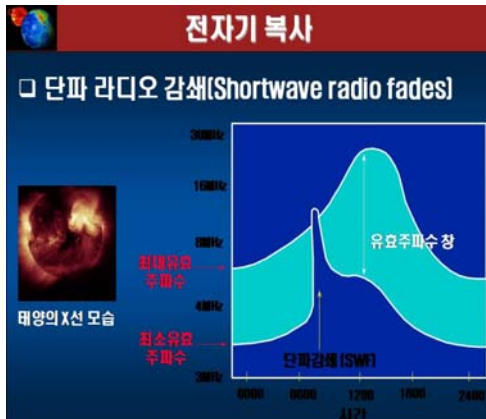
7

## 우주환경 III - 태양활동 및 사례

(3) 우주환경이 국방시스템에 미치는 영향

이봉우(공군본부)





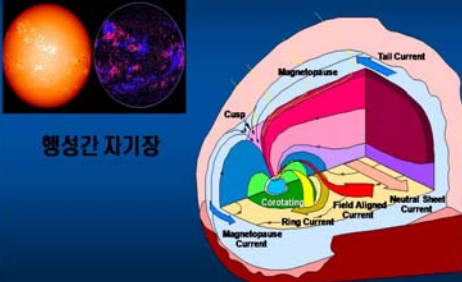
- ### 고 에너지 입자
- 위성방위 상실(Satellite Disorientation)
  - 감지기 오인(False Sensor Readings)
  - 우주선 손상(Spacecraft Damage)



- ### 중·저 에너지 입자
- 지자기 폭풍 - 자기층의 흐름
  - 우주선 충전 및 장애물 결함
  - 우주선 추적 결함(Spacetrack errors)
  - 발사궤도 결함(Launch trajectory errors)
  - 레이더 장애(Radar interference)
  - 대기감쇄에 따른 궤도 변화

### 중·저 에너지 입자

#### □ 지자기 폭풍 - 자기층의 흐름



행성간 자기장

### 중·저 에너지 입자

#### □ 우주선 충전 및 장애물 결함



- 원인 : 반류충전, 미립자 충격, 기체모양과 재질변형으로 결합된 태양조명
- 영향 : 표면이나 심부충전
- 결과 : 자연된 정전기적 방전원인
  - 미립자 환경
  - 태양 조명
  - 선체의 활동/명령

### 중·저 에너지 입자

#### □ 우주선 충전 예]

- 94년 1월 : 캐나다 통신 위성-Anik E1과 E2-의 회전 급강하 통제 실패(spin control of failure)
- E1은 보조 유도 시스템의 사용으로 8시간 후에 복구됨
- E2는 방위 유지를 위해 자세 제어프로그램 사용으로 7개월 후에 복구됨.
- 회복으로 5~7천만 달러가 지불되고 수익을 잃음
- 연료사용으로 1년까지 시설을 수명 단축
- 남은 9년의 수명을 위해 통계 예측된 경비비 증가 (3천만 달러)

### 중·저 에너지 입자

#### □ 우주선 추적 결함(Spacetrack errors)



### 중·저 에너지 입자

#### □ 발사궤도 결함(Launch trajectory errors)

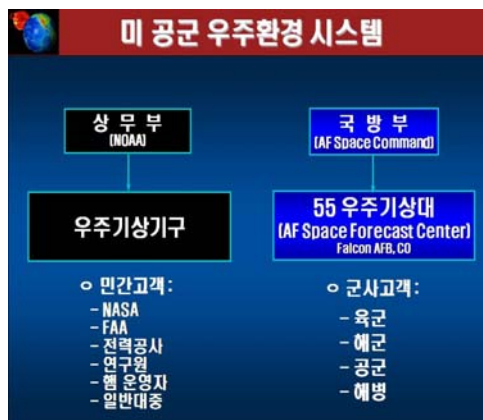
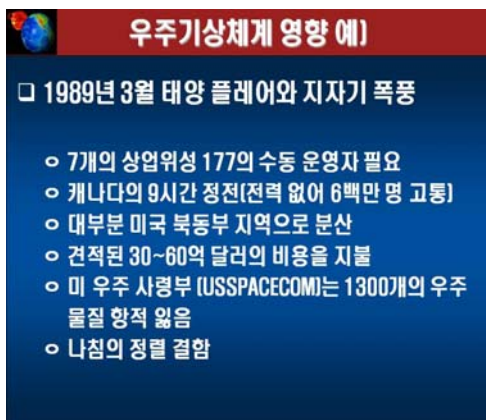
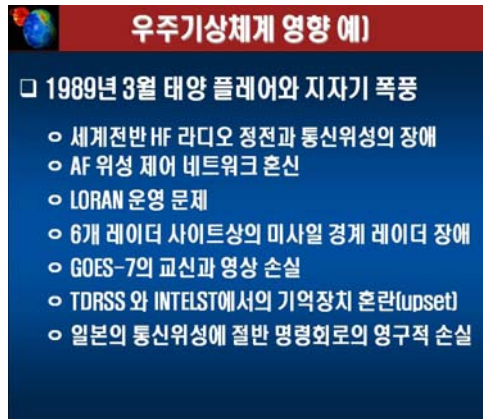


### 중·저 에너지 입자

#### □ 레이더 장애(Radar interference)







## 참고 문헌

김일훈, 김갑성, "경희대학교 태양관측시스템", 1998

장세진, "Prediction of 23rd Solar Cycle Using the Statistical & Precursor Method", 2000

이진이, "태양활동 자료를 이용한 플레어 발생 예보", 1996

조경석, 이근호, 김갑성, "이천 태양전파 분광시스템 및 운용 소프트웨어 개발", 1997

조경석, "A Study of Solar Type II Radio Bursts and Sun-to-Earth Shock Transit", 2003

최정림, 조경석 등., "한반도 지자기 연속 관측망 구축 및 초기관측 결과" 1997

K.-S.CHO, K.-S.Kim, Y.-J.Moon and M.Dryer, "Initial Results of the Ichon Solar Radio Spectrograph", 2002

Brian L. Dougherty, William B. Freely, Harold Zirin, "Solar radio Burst Locator", 2000

Gregory D. Fleishman, Gelu M. Nita, and Dale E. Gary, "Evidence for Resonant Transition Radiation in Decimetric Continuum Solar Bursts", 2005

D.E.Gary, V.V.Grechnev, L.V.shabarova, A.Vourlidas, M.Nishio, "IDL-based Database of Solar Active Regions" 1999

R.W. Komm, G.J. Hurford, and D.E. Gary, "A Spatial and Spectral Maximum entropy Method as Applied to OVRO Solar Data", 1997

Gelu M. Nita, Dale E. Gary, and Jeongwoo Lee, "Statistical Study of Two Years of Solar Flare Radio Spectra Obtained with the Owens Valley Solar Array" 2004

H. Wang, D.E. Gary and H. Zirin, R.A. Schwartz, and T.Kosugi, "OVRO, BBSO, BATSE and YOHKOH Observations of a Twin Solar Flare", 1996

N.R. Labrum, " The CULGOORA Solar Radio Observatory", 1972

Frank Zimmermann, Gerald Zwirn, and Martin A. Davis, "Accommodation of the Solar X-Ray Imager(SXI) on the GOES 12 Spacecraft", 2004

R.J.MacDowall, A.J.Klimas, D.Lengyel-Frey, R.G.Stone, and G.Thejappa, "Comparision of Interplanetary Type II Radio Burst Observations by ISEE-3, ULYSSES, and Wind with Applications to Space Weather Prediction", 1997

S.M.Hill, V.J.Pizzo, et. al, "The NOAA GOES-12 Solar X-Ray Imager(SXI)" 2004

<http://www.noaa.gov/>  
<http://www.swpc.noaa.gov/>  
<http://www.ips.gov.au/>  
<http://www.ips.gov.au/learnmoth>  
<http://www.ips.gov.au/culgoora>  
<http://sunbase.nict.go.jp/solar/home.html>  
<http://www.ovsa.njit.edu/>  
<http://www.stelab.nagoya-u.ac.jp/ste-www1/index.html>  
<http://sos.kasi.re.kr/spacetech/index.php>  
<http://ssrt.iszf.irk.ru/index.shtml>  
<http://helios.izmiran.rssi.ru/lars/LARS.html>  
<http://kurp-www.hut.fi/sun/>  
<http://radiosun.ts.astro.it/>  
<http://www.ises-spaceweather.org/>  
<http://www.rrl.go.kr/>  
<http://geomag.kigam.re.kr/>  
<http://www.esa-spaceweather.net/>  
<http://sidc.oma.be/SWB/>  
<http://www.bu.edu/cism/cismdx/>