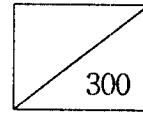
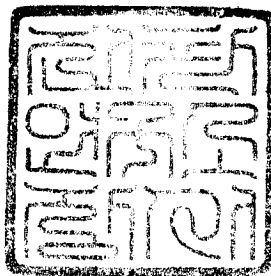


KRL
98-01



우주환경예보 모델개발 및 시스템구축 방안연구(2차년도)

1998



전파연구소

한국통신학회

제 출 문

본 보고서를 「우주환경예보 모델개발 및 시스템
구축 방안연구(2차년도)」 과제의 최종보고서로 제출
합니다.

1998

연구책임자 : 안병호(경북대학교)

연 구 원 : 이광목(경북대학교)

원영인(해양연구소)

성향숙(전파연구소)

배석희(전파연구소)

연구보조원 : 한미경(경북대학교)

김수정(경북대학교)

요 약 문

제 1 장 서 론

지구주변 우주환경이 인간의 사회경제적인 측면에서 지대한 영향을 미치므로 이를 예측할 수 있는 우주환경예보가 필요하다. 본 연구에서 도입한 자기폭풍예보코드는 지자기활동지수인 AE 및 Dst, 극관횡단전위차, 극전리층에서의 에너지소모량과 이에 수반된 열권의 온도상승 등의 예측을 목표로 하고있다. 본 예보코드는 크게 두 부분으로 구성되어있다. 첫부분은 태양면에서 관측된 플레어자료로부터 태양풍이 지구에 도달했을 때 예상되는 태양풍의 물리량을 예측한다. 두번째 단계는 예측된 태양풍자료로부터 태양풍-자기권 다이نام오 출력값 Epsilon을 계산한다. 그리고 이 값으로부터 여러 경험관계를 이용해서 상기 물리량들을 추정한다.

제 2 장 실행과정

제 1 절 단 계 1

모의수치실험의 첫단계로 Solar-Geophysical Data Book으로부터 입수한 플레어정보를 입력으로 프로그램 REPORT.F

를 수행해서 플레어의 특성 (FLARE.PAR)을 규명한다. 그리고 모의수치실험기간에 해당하는 Stanford source magnetic field 분포를 그림으로 나타낸다.

제 2 절 단 계 2

Stanford source field 자료로부터 모의수치실험에 사용될 연속 4회에 걸친 Carrington source field 자료를 추출하여 SOURCEFLD.PAR에 저장시킨다.

제 3 절 단 계 3

태양원천면자료를 이용하여 행성간자기장, 태양풍의 속도 및 밀도를 모의수치실험을 통해서 추정한 후 그 결과를 EARTH.DAT에 기록한다. 그리고 STANPLOT.PRO를 이용해서 그림을 그린다.

제 4 절 단 계 4

EARTH.DAT에 기록된 태양풍 및 행성간자기장의 자료로부터 Epsilon, 극관횡단전위차, AE 및 Dst 지수, 에너지 소모량 및 열권의 온도상승을 계산하고 그림으로 나타낸다.

제 5 절 단 계 5

ECPLOT.F는 SOURCEFLD.PAR에 저장된 태양원천면의 행성간 자기장형태와 FLARE.PAR에 저장된 플레어발생으로 야기된 교란상태가 황도면을 가로질러 전파하는 모습을 계산

하고 EC PLOT.PRO를 통해서 그림으로 나타내는 단계이다.

제 3 장 자기폭풍의 실험

제 1 절 1993년 후반기 태양-지구계 우주환경의 개요

모의수치실험을 통해서 1993년 11월 초에 일어난 자기폭풍을 분석한다. 여기서는 자기폭풍을 야기하게된 태양면의 상태를 포함해서 자기폭풍의 전반적인 성질을 기술한다.

제 2 절 예보코드의 실행

제 2 장에서 언급한 예보코드를 실제 사용된 데이터파일과 모의실험결과를 그림으로 제시하면서 각 단계별로 진행 상황을 상세히 기술한다.

가. 단 계 1

REPORT.DAT의 작성방법 및 예를 소개한다. 그리고 STARTIME.PAR와 함께 REPORT.F에 입력자료로 적용시키면 FLARE.PAR, EARTH.PAR, SOURCEVEL.PAR 및 STARTIMEQ.PAR를 얻는다. 태양의 원천면자기장의 분포를 Stanford 대학교 부설 Wilcox 태양천문대로부터 입수하는 방법을 소개한다.

나. 단 계 2

SOURCE1.F를 이용해서 SOLWIND.F에 사용할 태양원천면의 자기장파일 (SOURCEFLD.PAR)을 작성한다. 입력자료는 Carrington 자기장, EARTH.PAR 및 STARTIME.PAR이다.

다. 단 계 3

Hakamada and Akasofu (1982)가 개발한 kinematic method를 이용해서 행성간자기장 그리고 태양풍의 속도 및 밀도를 구한다. 이때 사용된 프로그램은 SOLWIND.F이며 입력자료는 STARTIME.PAR, FLARE.PAR, SOURCEVEL.PAR 및 SOURCEFLD.PAR이며 출력자료는 EARTH.DAT이다.

라. 단 계 4

CALCPAR.F를 이용해서 단계 3에서 계산된 태양풍에 관한 정보를 입력으로 태양풍-자기권 다이나모함수 (ϵ), 극관형 단전위차, AE 및 Dst 지수, 극전리층에서 소모되는 총에너지량 그리고 열권의 기온상승 등을 계산한다.

마. 단 계 5

매 12시간 마다 태양의 원천면 자기장과 플레어에 수반된 교란상태가 행성간공간을 전파해 나가는 모습을 황도면상에

투영한다.

제 3 절 관측치와의 비교

상기 자기폭풍 기간동안 일본의 인공위성 Geotail이 관측한 태양풍 및 행성간자기장의 데이터 그리고 지상 지자기관측소의 관측자료로부터 추정된 AE 및 Dst지수의 변화를 분석하였다. 뿐만 아니라 동 자기폭풍 기간중의 한 시점을 선택해서 극전리층의 여러 가지 물리량; 전리층의 전기전도도, 전위, 수평전류, 연자기력선전류, Joule열 발생분포 등을 KRM 방법을 통해서 구하였다.

모의수치실험을 통해서 얻어진 상기 자기폭풍 기간의 태양풍 및 행성간자기장의 자료를 Geotail 인공위성의 관측결과와 비교하였다. 자기권 내부의 우주환경을 반영하는 극관횡단전위차, AE 및 Dst 지수, 극전리층으로의 에너지유입량과 열권의 온도상승 등을 ϵ 값으로부터 추정하고 그 결과를 AMIE 및 KRM 방법으로 구한 값들과 비교하였다.

제 4 장 결 론

본 모의수치실험의 결과를 인공위성에 의한 직접 측정치와 비교해 본 결과 본 예보코드는 태양풍과 여기에 수반된 행성간자기장을 근사적으로나마 예측하는 것이 가능하다는

결론을 얻었다. 그러나 예측된 태양풍 정보로부터 계산된 ε 값과 지구주변 우주환경의 상태를 반영하는 여러 물리량 사이에 적용되는 경험관계식들은 더욱 개선되어야 할 것으로 생각된다. 뿐만 아니라 자기폭풍은 보통 하나의 거대한 플레어에 의해서 야기되기도 하지만 다수의 플레어에 의한 경우도 허다하다. 그러나 본 예보코드를 다수의 플레어에 동시에 적용시켰을 때 그 결과가 만족스럽지 못했다. 이러한 측면도 더욱 연구가 계속되어야 할 부분이다. 끝으로 국제사회의 연구동향과 우리가 나아가야 할 바를 간단히 언급하였다.

SUMMARY

Chapter 1. Introduction

It is crucial to predict the variabilities of the near-earth space environment, which causes enormous socio-economical impacts on mankind. The geomagnetic storm prediction scheme adopted in this study is designed to predict the geomagnetic indices, AE and Dst, the cross-polar cap potential difference, the energy dissipation rate over the entire polar ionosphere and the temperature increase in the thermosphere. The code consists of two parts; predicting the solar wind and interplanetary magnetic field based upon the actual flare observation and calculating the solar wind-magnetospheric coupling function ε associated with the predicted solar wind condition. Once ε is obtained, various electrodynamic quantities mentioned above can be easily estimated from the empirical relationships proposed so far between ε and those quantities.

Chapter 2. Procedure

1. Step 1

The first step in running the simulation code is to calculate the Carrington rotation and to translate the observed flare characteristics obtained from the Solar-Geophysical Data Book into flare parameters (FLARE.PAR) using REPORT.F as a source code.

2. Step 2

The next step is to extract the corresponding Stanford source field data by running SOURCE1.F. It loads four consecutive rotations into the data file, SOURCEFLD.PAR.

3. Step 3

Using the source surface data as an input, the interplanetary magnetic field, solar wind velocity and density are simulated by SOLWIND.F and stored in EARTH.DAT. The result is plotted by STANPLOT.PRO.

4. Step 4

CALCPAR.F uses the solar wind and interplanetary magnetic field stored in EARTH.DAT to calculate ϵ ,

cross-polar cap potential difference, AE and Dst indices, energy dissipation rate over the entire polar ionosphere, and temperature increase in the thermosphere.

5. Step 5

ECPLOT.F creates plots of ecliptic cross-section of the propagation patterns of the interplanetary magnetic field which is the combined result of the inner boundary source surface stored in SOURCEFLD.PAR and the flare specified by the parameters in FLARE.PAR. ECPLOT.PRO draws the sequential cross-section of the interplanetary magnetic field patterns.

Chapter 3. Example of magnetic storm

1. The general characteristics of the solar-terrestrial environment during the second half of 1993.

The magnetic storm that occurred in early November, 1993, was simulated. The general characteristics of the solar surface conditions which were responsible for the storm were described.

2. Run the simulation code

Each step of the simulation is explained in detail by showing the figures carrying the simulation results along with input and output files obtained in Chapter 2.

(a) Step 1

It is explained how to obtain the source field data of the sun from the Wilcox Solar Observatory of Stanford University. Each input and output file is shown as an example.

(b) Step 2

SOURCE1.F creates the source field data file (SOURCEFLD.PAR) to be used in SOLWIND.F as an input. The input data for SOURCE1.F are Carrington magnetic field, EARTH.PAR, and STARTIME.PAR.

(c) Step 3

The interplanetary magnetic field, the velocity and density of the solar wind are simulated based on the kinematic method by Hakamada and Akasofu (1982). SOLWIND.F creates EARTH.DAT using STARTIME.PAR, FLARE.PAR, SOURCEVEL.PAR, and SOURCEFLD.PAR as

inputs.

(d) Step 4

CALCPAR.F calculates ϵ , the cross-polar cap potential difference, AE and Dst indices, the energy dissipation rate over the entire polar ionosphere and the temperature increase in the thermosphere, using the solar wind information obtained in Step 3 as an input.

(e) Step 5

The propagation pattern of the disturbance produced by the background interplanetary magnetic field and the disturbance associated with flares are projected on the ecliptic plane every 12 hours.

3. Comparison with observations

The solar wind and the interplanetary magnetic field measured by the Japanese satellite, Geotail, and geomagnetic indices, AE and Dst, estimated from ground magnetic observatories during the storm, are reviewed. Furthermore, various electrodynamic quantities such as ionospheric conductance, electric potential, ionospheric current, field-aligned current, and Joule heating rate are

obtained from the KRM method at an epoch during the storm period, for a comparison purpose.

The solar wind and interplanetary magnetic field simulated for the storm period are compared with the direct observations made by Geotail satellite. The electrodynamic quantities reflecting the condition of the near-earth space environments, derived either from AMIE or KRM method, are compared with those estimated from this simulation.

Chapter 4. Conclusion

Although numerous aspects are to be further improved, the comparison between the simulated results and the actual satellite measurements of the solar wind condition encourages us to use this geomagnetic storm prediction scheme in forecasting the disturbance occurring in the near-earth space environment associated with solar flares as a first approximation. A magnetic storm is caused not only by a single flare but also by many flares erupting within a short time interval. It is unfortunate, however, that the results do not seem to be promising when applied

for multiple flares simultaneously. This is another point to be further pursued. We conclude this study by introducing the current trend of international community in this field and by suggesting where we should go.

목 차

표 목 차	19
-------	----

그 립 목 차	21
---------	----

제 1 장 서 론	25
-----------	----

제 2 장 실행 과정	29
-------------	----

제 1 절 STEP 1	29
--------------	----

제 2 절 STEP 2	35
--------------	----

제 3 절 STEP 3	37
--------------	----

제 4 절 STEP 4	42
--------------	----

제 5 절 STEP 5	47
--------------	----

제 3 장 자 기 폭 풍 의 실 례	57
---------------------	----

제 1 절 1993년 11월초에 발생한 자기폭풍의 개요	57
-----------------------------------	----

제 2 절 예 보 코 드 실 행	61
-------------------	----

제 3 절 관 측 치 와 의 비 교	84
---------------------	----

제 4 장 결 론	103
-----------	-----

참고문헌	107
------	-----

부 록 1	111
-------	-----

부 록 2	171
-------	-----

표 목 차

표 3-1 미국립해양대기청 (NOAA) 산하 국립지구물리자료
센타 (NGDC)가 발행하는 Solar-Geophysical Data에서 입수
한 1993년 10월 28-31일에 걸쳐 관측된 플레어목록 (Coffey,
1994a) 64

표 3-2 표 3-1과 동일하나 1993년 11월 1-12일에 걸쳐 관측
된 플레어목록 (Coffey, 1994b) 65

표 3-3 플레어의 중요도 (Importance) 와 밝기 (Brilliance)
로부터 추정된 플레어의 면적 (각제곱)과 태양풍의 속도
(km/sec) (Akasofu and Fry, 1986) 66

표 3-4 Stanford 대학교 부설 Wilcox Solar Observatory에
서 제공되는 1976년부터 1996년에 걸친 태양광구면의 자기장
분포 목록. 여기서 CR는 Carrington 회전수를 의미한다. ... 69

표 3-5 본 연구기간이 포함되어 있는 Carrington 회전수
1875 (1993년 10월 20일부터 1993년 11월 16일까지)에 해당하
는 태양광구면 자기장 분포의 일부분. 71

표 3-6 SOURCEFLD.PAR의 일부분으로 첫째 줄은 자기장
의 최대 및 최소값을 나타내며 단위는 μT 이다. 74

표 3-7 EARTH.DAT의 일부분으로 첫째 줄에는 모의수치 실험 총시간수, 연도, 월, 일, 시, Carrington 회전수, 태양-지구간의 거리 그리고 자기장 표현방법이 기록되어 있다. 다음 각 줄에는 모의실험시간, 태양풍의 속도 (km/sec), 밀도 (g/cm^3), 자기장의 3성분 그리고 지구의 위도와 경도값이 수록되어있다. 76

표 3-8 CALCPAR.DAT의 일부분으로 첫째 줄은 ITYPE을 제외하고는 EARTH.DAT와 동일하다. 그 이하 실제자료는 왼쪽으로부터 모의수치실험 진행시간 (HR), Epsilon (DATA(3)), 극관횡단전위차 (DATA(7)), 적도지방에서의 지자기의 H 성분변화 (CDATA(1)), AE지수 (CDATA(2)), Q지수, 극전리층에서의 소모에너지량 (ES) 및 열권의 온도증가 (DT)를 나타낸다. 79

표 3-9 ECPlot.DAT의 일부분으로 첫째 줄의 '2'는 모의수치실험의 범위인 2 AU를 그리고 나머지는 모의실험 진행시간을 나타낸다. 둘째 줄은 황도면과 일치하는 X-Y 좌표면상에서의 지구의 위치 그리고 나머지 자료는 태양면에서 출발한 하전입자 혹은 자기장의 위치를 나타낸다. 태양자기장은 하전입자에 동결되어 있으므로 (frozen-in) 하전입자의 운동이나 자기장의 운동은 동일하다. 82

그 림 목 차

그림 2-1 우주환경 예보모델의 플로우차트 30

그림 2-2 캐링톤 경위도좌표로 나타낸 스탠포드 원천면지도 (Stanford source surface map) 이며 원으로 표시한 것은 가상적인 태양플레어의 위치를 나타냄 34

그림 2-3 지구의 위치에서 예측된 태양풍의 속도, 밀도 및 행성간자기장의 3성분 41

그림 2-4 지구의 위치에서 예측된 ϵ , 극관횡단전위차, AE 및 Dst 지수, 총에너지 유입량 및 열권의 온도증가를 시간의 함수로 나타낸 그림 46

그림 2-5 태양플레어에 의해서 행성간자기장의 교란된 모습이 황도면을 가로질러 전파되는 모습. 그림에서 원의 반경은 2 AU 거리를 나타내며 지구의 위치는 별표로 나타냈음. ... 50

그림 3-1 1993년 후반 6개월동안 관측된 태양-지구계 우주환경의 상태를 나타내는 여러 가지 물리량: (a)일본의 인공위성 Geotail과 미국의 인공위성 IMP-8에서 측정한 태양풍의 속도분포, (b) F10.7 cm 태양전파속의 에너지강도, (c) 흑점수

의 변화, (d) 0.02 - 0.10 Hz 파장대의 ULF파의 에너지강도, (e) 남극 South Pole Station에서 측정된 20.5 MHz 파장대의 우주잡음신호강도의 변화, (f) AP 지수, (g) 일일평균 Dst지수, (h) SAMPEX 인공위성이 내부자기권 L=3 에서 측정한 일일 누적 3 MeV 전자속의 분포, (i) L=6.6에서 GEO 인공위성으로부터 관측된 1.8-3.5 MeV 및 6.0-7.7 MeV 에너지대의 미분전자속 (differential electron flux) 분포 그리고 (j) 행성간자기장의 섹타구조 (sector structure)의 분포 (Knipp et al., 1998) 60

그림 3-2 Carrington 회전수 1875에 해당하는 태양광구면의 자기장분포. 단위는 μT 이며 본 모의실험에 사용한 플레어 (\odot) 와 지구(*)의 위치도 함께 나타냈다. 72

그림 3-3 1993년 11월초에 일어난 자기폭풍 기간동안 1 AU 위치에서 예측된 태양풍의 속도, 밀도 및 행성간자기장의 3성분 (B_x , B_y , B_z). 77

그림 3-4 1993년 11월초 자기폭풍기간중 지구의 위치에서 예측된 태양풍-자기권 다이نام오 값(ϵ), 극관횡단전위차, AE 및 Dst지수, 극전리층에서 소모되는 총에너지양과 열권의 온도증가를 시간의 함수로 나타냈다. 80

그림 3-5 태양플레어에 의해 교란된 행성간자기장이 황도면

을 가로질러 전파해 나가는 모습. 바깥 원은 태양에서 2 천문
단위 (AU)의 범위를 그리고 별표는 지구의 위치를 나타낸다.
각 페널은 매 12시간 마다의 모의실험결과를 나타냄. 83

그림 3-6 일본의 인공위성 Yohkoh가 1993년 11월 1일 04:55
UT에 촬영한 태양의 연 X-선 영상. 85

그림 3-7 지구로부터 약 120 R_E 떨어진 자기권꼬리 영역에
서 일본 인공위성 Geotail이 관측한 행성간자기장의 3성분과
태양풍의 속도, 밀도 및 압력의 변화. 86

그림 3-8 북반구 고위도지방에 위치한 78개 지상 지자기관
측소에서 관측된 지자기의 수평성분의 변화로 작성된 AE지
수 및 중위도지방에 위치한 27개 관측소의 관측결과로 추정
된 Dst지수 (Knipp et al., 1998). 89

그림 3-9 Ahn et al. (1998)가 개발한 전기전도도모델로부터
추정된 1993년 11월 3일 2335 UT에서의 Hall 전기전도도분
포이며 단위는 mho 이다. 91

그림 3-10 KRM방법으로 계산된 그림 3-9와 같은 시각의
전위분포이며 단위는 kV이다. 92

그림 3-11 KRM방법으로부터 계산된 그림 3-9와 같은 시각

의 극전리층을 흐르는 수평전류분포이며 단위는 A/m이다. 93

그림 3-12 수평전류분포(그림 3-9)의 발산을 취하므로써 얻어진 연자기력선분포이며 단위는 $\mu\text{A}/\text{m}^2$ 이다. 96

그림 3-13 수평전류(그림 3-9)의 흐름으로 인하여 야기된 Joule열 발생분포이며 단위는 mW/m^2 이다. 97

그림 3-14 AMIE방법으로 구한 (a) 극관횡단전위차, (b) Hall 전기전도도, (c) 연자기력선전류, (d) Joule열 발생량, (e) 하강오로라입자에 의한 에너지 유입량, (f) 환전류로 유입되는 에너지양. 98

제 1 장 서 론

지자기폭풍이나 오로라현상은 지상의 여러 가지 전기적 시스템 뿐만 아니라 인공위성을 위시하여 인류의 최첨단 장비에 다양한 간섭을 일으켜 사회·경제적인 손실을 유발한다. 그러므로 지자기폭풍이나 오로라폭풍을 예보할 수 있는 신뢰성 있는 예보모델의 개발이 필요하다. 현재까지의 지자기폭풍예보는 전적으로 오랜 기간에 걸쳐 관측된 통계자료를 이용하기 때문에 특별한 태양현상에 대한 정량적인 예보를 제공하지 못하고 있는 실정이다. 이러한 이유로 인해 수치예보체계가 필요하며 본 연구에 사용된 예보코드도 궁극적으로 이러한 목표를 달성하기 위해서 개발된 것 중의 하나이다.

지자기폭풍 기간동안 지구 주위 내부자기권에는 태양풍으로부터 유입된 하전입자로 인해 강화된 Van Allen 방사능대가 형성된다. 그리고 이 벨트를 따라 약 백만 암페어 이상의 강한 전류가 흐르게 되는데 이를 환전류대 (ring current belt) 또는 storm-time Van Allen belt라 부른다. 환전류에 의해 형성되는 자기장은 Dst 지수라는 지자기활동지수로 수량화된다. 또한 극지방 전리층에는 오로라타원체 (auroral oval)를 따라 아침 및 자정영역에는 서쪽방향으로 그리고 저녁영역에는 동쪽방향으로 흐르는 한쌍의 매우 강한 전류대가 발생하는데 이것을 오로라제트전류 (auroral electrojets)라 부른다. 이 전류는 극지방에서 관측되는 지자기변화의 원인이 되며 이것을 수치화한 것이 AE지수이다. AE지수는 오로라 활동정도를 나타내는 지수로도 사용된다. 이와 같이 지자기

폭풍의 정도는 AE 및 Dst 두 지수로 수량화 될 수 있다. 또 다른 지자기활동지수인 Kp지수는 3시간 평균 전지구적인 지수로 중위도지방의 지자기관측소의 측정치로부터 결정된다. 이러한 두 지자기활동지수 외에도 예측되어야 할 물리량은 많다. 현재의 예보모델로부터 예측 가능한 것으로는 태양풍과 자기권의 상호작용으로 자기권 내에는 대규모 플라스마 대류현상이 유발되는데 그 정도를 나타내는 극단횡단전위차 (cross-polar cap potential difference)와 오로라제트전류의 흐름으로 인해 발생하는 Joule열과 오로라입자가 극전리층으로 하강할 때 방출하는 에너지의 합으로 표현되는 극지방 전리층에서 소모되는 총에너지량 (U_I), 그리고 이로 인한 열권의 온도상승폭 (ΔT_∞) 등이 있다.

본 연구에서 도입하고자하는 Alaska 대학교 부설 지구물리학 연구소가 개발한 지자기폭풍 예보코드는 크게 두 부분으로 나눌 수 있다. 첫번째 부분은 태양면에서 발생한 플레어가 지구에 도달했을 때 태양풍과 관련된 물리량 즉, 태양풍의 속도 및 밀도 그리고 태양풍에 내재한 행성간자기장 (interplanetary magnetic field; IMF)를 예측하는 것이다. 여기에는 Hakamada and Akasofu (1982) 및 Akasofu and Fry (1986)의 kinematic 방법이 사용된다. 먼저 일면좌표계 (heliographic coordinate)에서 자기적도와 태양풍 속도의 위도별 변화를 파악함으로써 배경태양풍을 결정한다. 이 두가지 모두 태양으로부터 태양반경의 약 $2.5 R_s$ 인 원천면 (source surface)에서의 값으로 구한다. 자기위도는 Stanford 대학교 부설 Wilcox Solar Observatory에서 Carrington Rotation인 27 일 주기로 제공되며 원천면에서의 자기장의 세기 및 자극의 세기 B_p 도 제공된다.

플레어는 전세계적으로 분포하는 태양관측소에서 관측되면 그 결과는 미해양대기청 (NOAA) 산하 국립지구물리자료센터 (NGDC)에서 Solar-Geophysical Data의 형태로 정기적으로 제공된다. 본 예보모델에 적용하기 위해 특정 플레어는 다음과 같은 6개의 변수로 규정지운다: 시작시간(T_F), 위도(ϕ_F), 경도(λ_F), H_α 선 방출면적(원형으로 가정하며 각반경으로 표현, σ_F), 원형중심에서의 속도 (V_F), 지속시간 (τ_F). 이러한 입력자료로부터 지구위치에서의 태양풍의 속도 및 밀도, 그리고 자기장의 3성분을 예측하게 된다.

예보의 두번째 부분에서는 첫번째 예측부분의 결과 (태양풍의 속도 및 밀도, 그리고 자기장)를 이용하며 태양풍-자기권 다이نام오 (solar wind-magnetosphere coupling function; Akasofu, 1981)의 출력 값인 ε 을 구한다. 이것을 입력으로 하여 극관황단전위차와 AE 및 Dst지수 그리고 극전리층에서 유입되는 에너지량 및 열권의 온도상승폭을 이제까지 발표된 경험관계식을 이용하여 계산한다. 특히 극관황단전위차는 미국 Rice 대학교가 개발한 Magnetospheric Specification Model (Harel et al., 1981) 및 미국 국립대기과학연구소 (NCAR)가 개발한 열권과 전리층의 순환모델 (TIGCM; Richmond and Roble, 1987)의 기본적인 경계조건으로 사용되고 있다. 이 외에 황도면상에서의 행성간자기장의 단면에 관한 분포가 시간에 따라 어떻게 변화하는지도 아울러 나타낼 수 있으며 이러한 결과는 태양계 내의 임의의 위치에 존재하는 인공 위성에 충격파가 도달하는 시간의 예측과 이에 대한 대비책을 설정하는데 유익한 정보를 제공한다.

제 2 장에서는 예보코드의 대체적인 실행과정을 소개하고 부록에 source code (Akasofu and Fry, 1986 ; Sun Wei, private communication, 1997)를 수록하였다. 제 3 장에서는 본 예보코드를 1993년 11월 2-11일 걸쳐 일어난 자기폭풍에 적용하였다. 적용에 앞서 1993년 후반부의 태양-지구계 우주환경의 일반적인 성질을 조사하였다 (Knipp et al., 1998). 모의수치 실험결과 얻어진 태양풍의 상태를 인공위성에 의한 실제관측치와 비교하였다. 그리고 본 예보코드의 또 다른 출력자료인 지구주변 우주환경을 기술하는 여러 가지의 물리량들을 실제관측 또는 지자기기록역전방법 (magnetogram inversion method)에 의해 얻어진 결과와 비교하였다. 마지막으로 제 4 장 결론에서는 본 예보코드의 문제점과 개선점을 논의하였다. 끝으로 선진국에서 이루어지고 있는 우주환경예보분야의 최신 연구동향을 소개하고 우리가 나아 가야할 바를 제시하였다.

제 2 장 실행 과정

본 연구에 도입된 지자기폭풍 예보모델은 다음과 같은 5단계의 계산과정으로 구성되어 있다. 그림 2-1은 전체 모델의 플로우 차트이며 모의수치실험 (simulation) 결과는 IDL 그래픽 패키지 (graphic package)를 사용하여 나타냈다. 본 예보코드의 실제 실행 방법은 제 3 장에서 1993년 11월 2-11일 사이에 발생한 자기폭풍을 예를 들어 상세히 설명할 예정이다.

제 1 절 STEP 1

1. REPORT.F

모의수치실험의 첫단계는 프로그램 REPORT.F를 수행하여 관측보고서로부터 플레어의 특성을 찾아내는 것이다. 이 프로그램은 관측된 플레어의 자료를 여덟개의 파라미터로 변환하여 FLARE.PAR에 기록한다. 또한 모의실험의 시작시간을 읽고 캐링턴 회전수 (Carrington rotation number), 일면경도 (heliographical longitude), 일심적도좌표계 (heliocentric equatorial coordinate)에서의 지구의 위치를 계산하여 EARTH.PAR에 기록시킨다. 그리고 남북 자기력선의 기울기와 배경태양풍의 최대 및 최소값을 계산하여 SOURCEVEL.PAR에 기록한다.

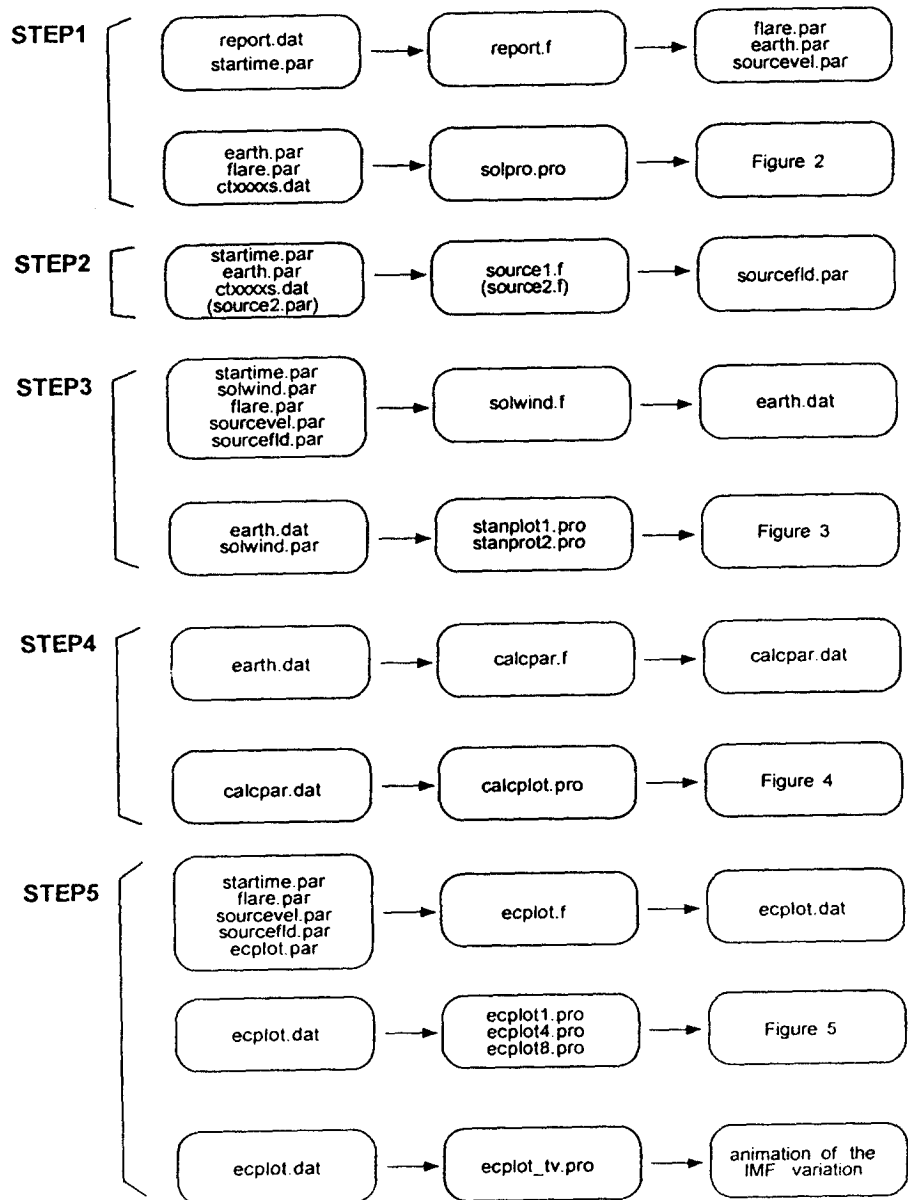


그림 2-1 우주환경 예보모델의 플로우차트

SUBROUTINES CALLED:

weshere.f, sun.f, hecheq.f, ymdjd.f, helio.f, carrot.f, crnjd.f, iday.f,
sunloc.f, r2.f, cotan.f

INPUT FILES:

(STARTIME.PAR)

YYMMDD = year, month and day in YY/MM/DD format

HRMIN = hour and minute in HH:MM format

converted to IYR,IMO,IDA,IHR,IMI = Start time of
simulation

(REPORT.DAT)

IYRB, MOB,IDB, IHB, MIB = Start time of flare

IHM, MIM = Time of flare maximum

IHE, MIE = Ending time of flare

SLAT,LATF = Latitude of flare

SLAT = 'N' LATF = +

SLAT = 'S' LATF = -

SLON,LONF = Longitude of flare

SLON = 'E' LONF = -

SLON = 'S' LONF = +

IMP, BRIL = Importance and brilliance of flare

OUTPUT files:

(FLARE.PAR)

NOFLR = Number of flares to use in simulation
FLRTIM = Start time of flare (hours)
FLRLON = Flare HEQ longitude (degrees)
FLRLAT = Flare HEQ latitude (degrees)
FLRVEL = Maximum flare velocity (km/sec)
FLRDEC = Flare time constant (hours)
FLRSTD = Spacial extent of flare (degrees)
POWERF = Deceleration constant (hours)

(EARTH.PAR)

IROT = Carrington rotation number
ZL0 = Heliographic longitude
ZLATEQ = Earth HEQ latitude (degrees)
ZLONEQ = Earth HEQ longitude (degrees)

(SOURCEVEL.PAR)

NSLOPE1 = The slope of the Northern magnetic field lines
NSLOPE2 = The slope of the Southern magnetic field lines
VB = The minimum background solar wind speed
VA = The maximum background solar wind speed

(STARTIMEQ.PAR)

NYR,NMO,NDA,NHR,NMI start time of Carrington Rotation

2. SOLPRO.PRO

Stanford source field 태양자기장 자료를 읽어들이 원천면의 자기장의 분포를 원통형 등거리 투영화 (cylinder equidistance projection) 한다(그림 2-2). 이 프로그램은 또한 투영선상에 지구의 위치와 관측지점에서의 플레어의 위치를 아울러 표시한다. 자기장의 세기는 μT 의 단위를 사용한 등치선으로 나타내며 그림 상단에는 사용된 Stanford source field 자료의 캐링톤 회전수가 나타나 있다.

INPUT FILES:

EARTH.PAR

FLARE.PAR

CTXXXXS.DAT (XXXX: Carrington rotation number)

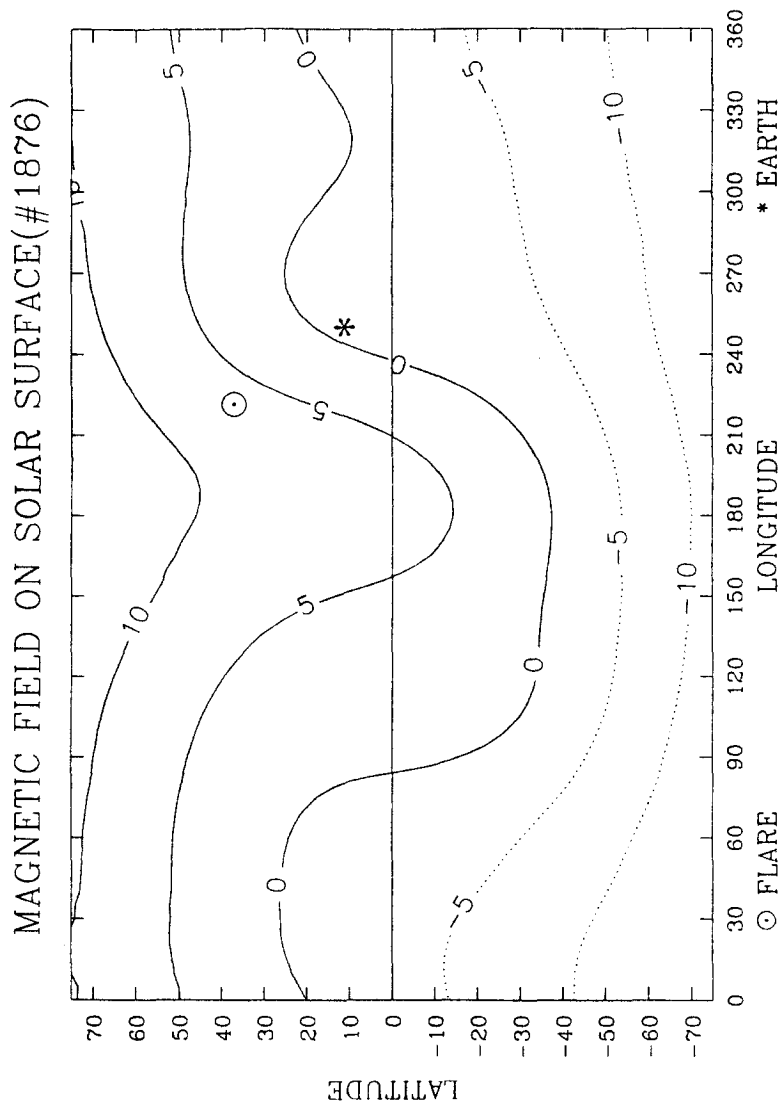


그림 2-2 캐링톤 경위도좌표로 나타낸 스탠포드 원천면지도(Stanford source surface map)이며 원
으로 표시한 것은 가상적인 태양플레어의 위치를 나타냄

제 2 절 STEP 2

1. SOURCE1.F

SOURCE1.F는 관측된 Stanford source field 자료로부터 모의수치실험에 사용될 Carrington source field 자료를 추출하며 이때 4회전에 해당되는 자료가 추출된다 (현재와 그 이전, 그리고 이후 2회의 연속적 회전). 추출된 Carrington 좌표계의 원천면자기장 자료는 Heliospheric Equatorial Coordinate로 변환되며 태양풍의 속도와 그 외 다른 변수들을 계산하기 위해 자기장의 최대 및 최소치와 함께 SOURCEFLD.PAR에 저장된다.

2. SOURCE2.F

SOURCE1.F가 관측자료를 사용하는데 비하여 SOURCE2.F는 사용자가 정의하는 세가지 요소; 자기장의 세기 (magnitude), 위상 (phase), 그리고 위상차 (phase shift)를 이용해서 사인파 (sine wave)로부터 원천면자기장을 이론적으로 계산한다.

SUBROUTINES CALLED:

LDBFLD, SRF, BMAXMIN (본 프로그램에 내장됨)

INPUT FILES:

(STARTIME.PAR)

YMD = year, month and day in YY/MM/DD format
HRMIN = hour and minute in HH/MM format
 converted to IYR,IMO,IDA,IHR,IMI = Start time
 of simulation

(EARTH.PAR)

IROT = Carrington rotation number
ZL0 = Heliographic longitude
ZLATEQ = Earth HEQ latitude (degrees)
ZLONEQ = Earth HEQ longitude (degrees)

(CTXXXXXS.DAT) XXXX denotes Carrington rotation number
DATA (30,72) = Stanford source field data

OUTPUT FILES:

(SOURCFLD.PAR)

BMAX = The maximum magnetic field
BMIN = The minimum magnetic field
BFLD(30,288) = The magnetic field magnitude on the source
 surface

제 3 절 STEP 3

1. SOLWIND.F

SOLWIND.F는 SOURCE1.F으로부터 추출된 태양면의 source surface 자료를 이용하여 행성간자기장, 태양풍의 속도 및 밀도를 모의수치실험을 통해서 구한다. 여기에는 Hakamada and Akasofu (1982)의 kinematic 방법이 사용된다. 이렇게 구해진 태양풍의 속도는 최대 및 최소 그리고 자기위도의 함수로 나타나고 EARTH.DAT에 기록된다. 참고로 SOLWIND.F를 실행하기 위해서 SOLWIND.PAR라는 임의의 입력자료를 만들어야 한다.

SUBROUTINES CALLED:

weshere.f, sbt.f, srt.f, svrt.f, sbdt.f, stoc.f, getlat.f, vect.f, uvect.f, tria2.f, dot.f, hecheq.f, heqhec.f, srcfld.f, cross.f, iday.f, sun.f, ctosve.f, interp3.f, cotan.f, juli.f, sunpos.f, ymdjd.f, helio.f, carrot.f, sunloc.f, r2.f

INPUT FILES:

(SOLWIND.PAR)

1.0 1 00 692 ! AUL, ITYPE, IHRS, NHRS

AUL = The radial distance along the sun-earth line

ITYPE = IMF parameter type (1 = Bx, By, Bz and

2 = /B/, Theta, Phi)

IHRS = start hour of output (on start date)

NHRS = number of hours to output

(STARTIME.PAR)

YYMMDD HHMM = Start time. Determines which Carrington longitude gets loaded at the HEQ zero longitude in SOURCEFLD.PAR.

(FLARE.PAR)

NOFLR = Number of flares used in simulation

FLRTIM = Start time of flare (hours)

FLRLON = Flare HEQ longitude (degrees)

FLRLAT = Flare HEQ latitude (degrees)

FLRVEL = Maximum flare velocity (km/sec)

FLRDEC = Flare time constant (hours)

FLRSTD = Spatial extent of flare (degrees)

(SOURCEVEL.PAR)

NSLOPE1 = The slope of the northern field solar wind velocity

NSLOPE2 = The slope of the southern field solar wind velocity

VB = The maximum solar wind velocity

VA = The minimum solar wind velocity

(SOURCEFLD.PAR)

BMAX = The maximum magnetic field
BMIN = The minimum magnetic field
BFLD(30,288) = The magnetic field magnitude on the source
 surface

OUTPUT FILES:

(EARTH.DAT)

NHRS = The number of hours simulated
IYR,MO = The year and month of the starting time of the
 simulation
ID, IH = The day and hour of the starting time of the
 simulation
IROT = The Carrington rotation number which contains
 the starting time of the simulation
AUL = The distance of the Earth in AU
ITYPE = Magnetic field parameter type (1 or 2)
ZTIME = The hour of the simulation
WSPD = Solar wind speed
DENS = Particle density
BIMF(3) = Magnetic field parameters (Bx, By, Bz
 or /B/, Theta, Phi)
ZLAT1 = The latitude of the Earth
ZLONG1 = The longitude of the Earth

2. STANPLOT1.PRO, STANPLOT2.PRO

SOLWIND.F 프로그램으로부터 계산된 태양풍의 속도와 밀도, 그리고 자기장 자료 (EARTH.DAT)의 시간에 따른 변화를 그림으로 출력시키는 프로그램이다. 여기서 계산된 parameter는 일반적으로 지구의 위치에서 계산된 값이나 SOLWIND.F 실행시 지구위치 뿐만 아니라 태양계 내의 원하는 어느 곳에서도 계산이 가능하다. 또한 SOLWIND.F 수행시 SOLWIND.PAR의 입력변수에 따라 태양자기장은 Bx, By, Bz (STANPLOT1.PAR) 또는 /B/, Theta, Phi (STANPLOT2.PRO) 두가지 방법으로 나타낼 수 있다. 그림 3은 두가지 중 첫번째 방법으로 SOLWIND.F를 수행시킨 결과를 나타낸 것이다.

INPUT FILES:

EARTH.DAT, SOLWIND.PAR

OCT, 1993

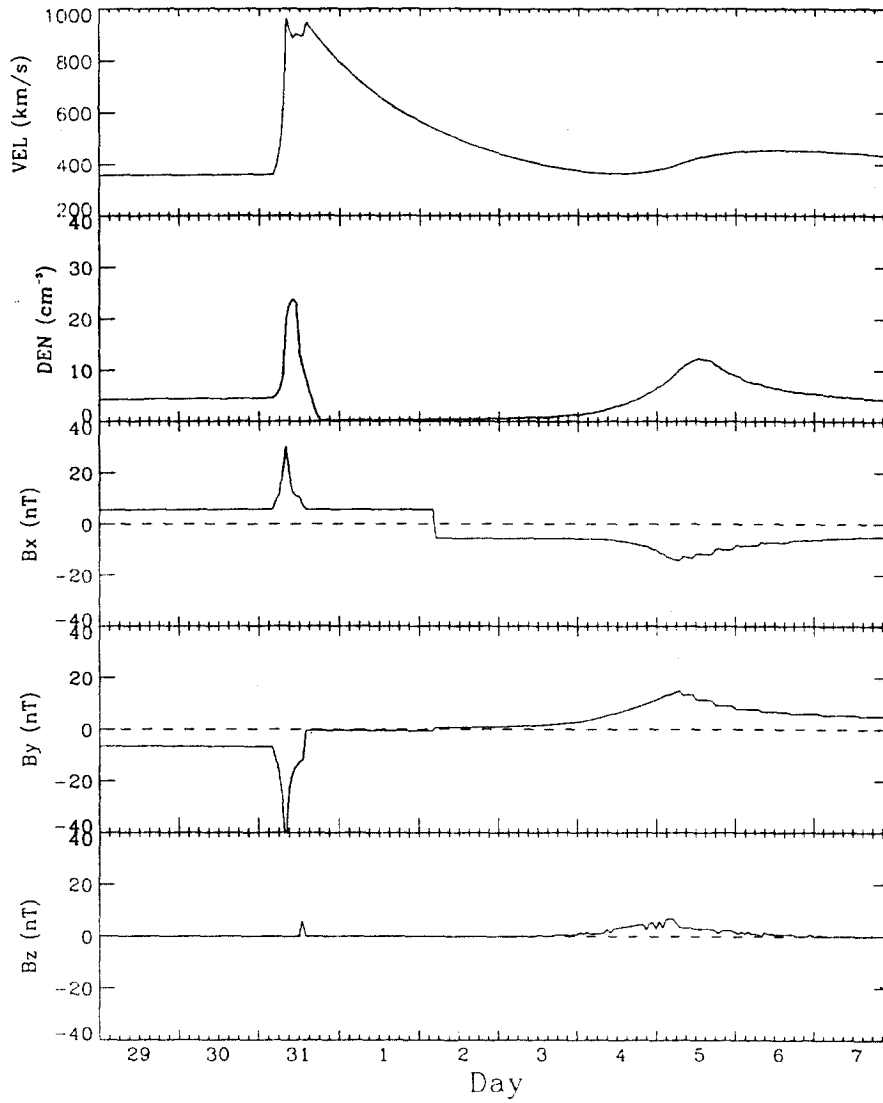


그림 2-3 지구의 위치에서 예측된 태양풍의 속도, 밀도 및
행성간자기장의 3성분

제 4 절 STEP 4

1. CALCPAR.F

CALCPAR.F는 EARTH.DAT으로부터 태양풍 및 행성간자기장 자료를 읽어들이 본 예보모델의 가장 핵심적인 요소이며 다음과 같이 정의되는 태양풍-자기권 다이نام오 (solar wind-magnetosphere coupling function) 값인 ϵ 값 (Akasofu, 1981)을 추정한다.

$$\epsilon = V B^2 \sin^4\left(\frac{\theta}{2}\right) l_0^2$$

여기서 V 는 태양풍의 속도, B 는 행성간자기장이라 불리우는 태양풍에 내재한 자기장의 세기, θ 는 태양풍 자기장 벡터의 극각도 (polar angle) 그리고 l_0 는 상수로서 지구반경의 약 7배에 해당한다. 일단 태양풍-자기권 다이نام오 출력값 (epsilon)이 결정되면 극관형단전위차, 오로라제트전류지수 (AE index), 환전류지수 (Dst index), 극전리층에서의 총에너지 유입량 그리고 오로라지역 열권의 온도상승 (ΔT_{∞}) 등을 다음과 같은 경험관계식을 통해서 추정된다.

○ 극관형단전위차

$$\phi_{pc} = 30 + 0.006\sqrt{\epsilon}, \text{ 여기서 } \epsilon = V B^2 \sin^4\left(\frac{\theta}{2}\right) (10^4 \text{ nT}^2 \text{ km s}^{-1})$$

○ AE 및 Dst 지수

$$AE(nT) = 600 [\tanh(\log_{10} \varepsilon - 18.9)]^{2/3} + 650$$

$4 \times 10^{20} (\partial Dst / \partial t + Dst / \tau_r) = 0.7 \varepsilon$, τ_r = 환전류의 지속시간 (life time of ring current)

○ 극전리층으로의 총 에너지 유입량

$$U_I(W) = 2.9 \times 10^8 AE(nT)$$

$$\text{혹은 } 2.9 \times 10^{15} AE(nT) \text{ erg s}^{-1}$$

○ 열권의 온도상승폭

$$\Delta T_{\alpha} = e^x - 300$$

여기서

$$x = 0.45 \ln(\varepsilon(erg) / 10^{17} + 0.3) + 5.0$$

SUBROUTINES CALLED:

EPSILON, CALDST (CALCPAR.F에 내장되어있음)

INPUT FILES:

(EARTH.DAT)

NP = number of points in the data set

IYR, MO, ID, IH = starting time of simulation

IROT = rotation number

AUL = AU distance
 ITYPE = switch: 1 ; if input BX, BY, BZ
 2 ; if input BMAG, THETA, PHI
 HOUR = the delta time after the simulation start time
 VEL = solar wind velocity (km/sec)
 DEN = solar wind particle density ($\#/cm^3$)
 B1,B2,B3 = magnetic field coordinates
 ELAT = earth's latitude in HEQ coordinate
 ELON = earth's longitude in HEQ coordinate

OUTPUT FILES:

(CALCPAR.DAT)

NP = Number of data points in data set
 IYR,MO,ID,IH = Starting time of simulation
 IROT = Carrington rotation number
 AUL = The distance in AU
 HR(I) = The hour of the simulation data from starting
 time
 DATA(3,I) = The solar wind-magnetosphere dynamo power
 DATA(7,I) = The cross-polar cap potential difference
 CDATA(1,I) = The average decrease of the horizontal
 component at the equator
 (a measure of the ring current density)
 CDATA(2,I) = The auroral electrojet index
 Q(I) = The Q index (a quarter-hourly Kp index)

- ES(I) = The total energy dissipation rate in the
polar ionosphere
- DT(I) = An increased amount of temperature in the
auroral thermosphere

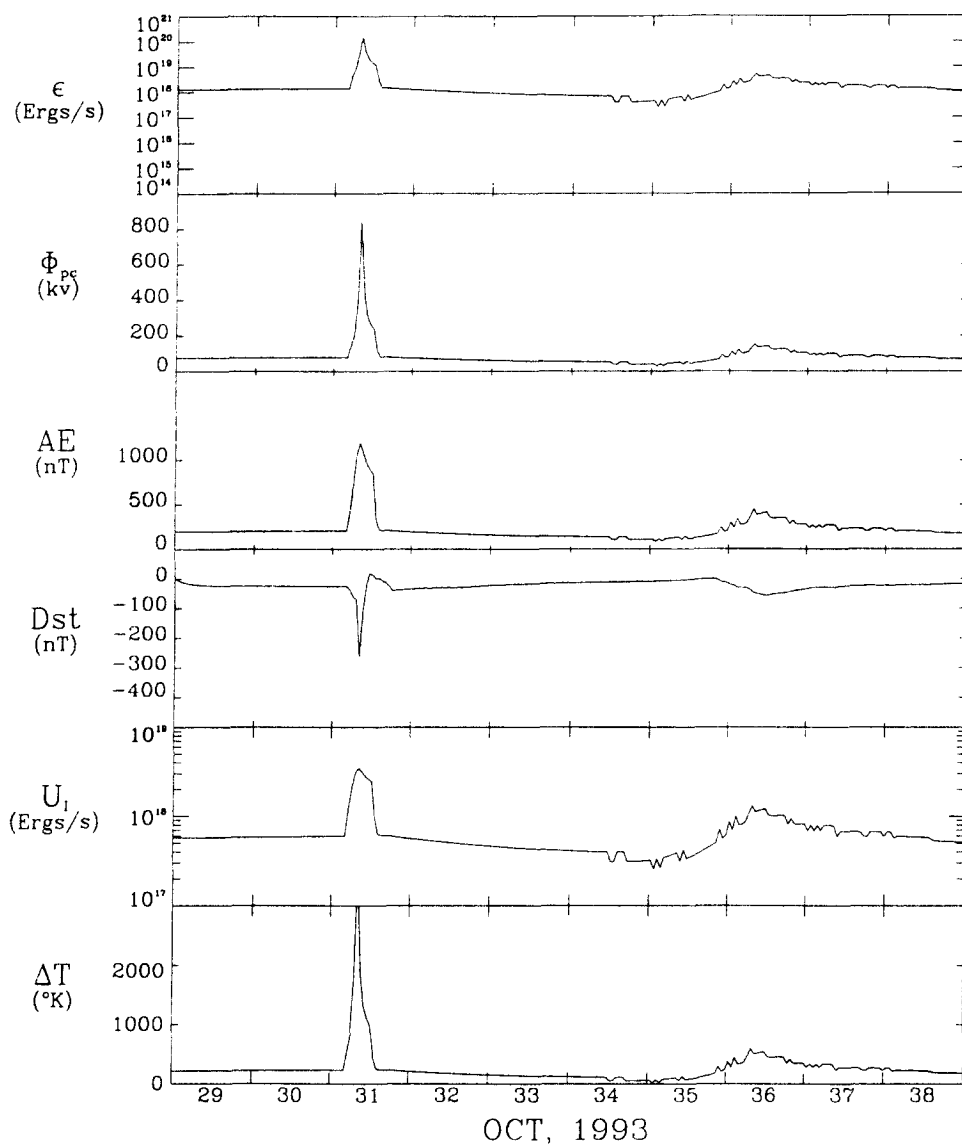


그림 2-4 지구의 위치에서 예측된 ϵ , 극관횡단전위차, AE 및 Dst 지수, 총에너지 유입량 및 열권의 온도증가를 시간의 함수로 나타낸 그림

2. CALCPLOT.PRO

이 프로그램은 CALCPAR.F에 의해 계산된 파라미터들 (CALCPAR.DAT)을 출력시키는데 (그림 2-4), Q 지수를 제외한 6 가지 파라미터를 출력하고 있다.

INPUT FILES:

CALCPAR.DAT

제 5 절 STEP 5

1. ECPLLOT.F

ECPLLOT.F는 inner boundary source surface와 플레어의 전파에 의해 변형된 행성간자기장의 단면도를 황도면상에서의 값으로 출력시킨다.

SUBROUTINES CALLED:

weshere.f, sun.f, helio.f, juli.f, sunpos.f, srt.f, srcfld.f, heqhec.f, hecheq.f, ymdjd.f, interp3.f, iday.f, cotan.f, carrot.f, sunloc.f, r2.f

INPUT FILES:

(STARTIME.PAR)

IYR,IMO,IDA,IHR,IMI start time of simulation

(FLARE.PAR)

NOFLR	=	the number of flares used
FLTIME(NOFLR)	=	start time of flare (hours)
FLRLON(NOFLR)	=	flare HEQ longitude (degrees)
FLRLAT(NOFLR)	=	flare HEQ latitude (degrees)
FLRVEL(NOFLR)	=	maximum flare velocity (km/sec)
FLRDEC(NOFLR)	=	flare time constant (hours)
FLRSTD(NOFLR)	=	spacial extent of flare (degrees)
POWERF(NOFLR)	=	deceleration constant (hours)

(SOURCEVEL.PAR)

NSLOPE1	=	the slope of the Northern magnetic field lines
NSLOPE2	=	the slope of the Southern magnetic field lines
VB	=	the minimum background solar wind speed
VA	=	the maximum background solar wind speed

(SOURCEFLD.PAR)

BMAX	=	the maximum magnetic field
BMIN	=	the minimum magnetic field
BFLD(30,288)	=	the magnetic field magnitude on the source surface

(ECPLOT.PAR)

AUL = the distance in AU
JTS = the hour of the first plot generated
JTE = the hour of the last plot generated
JTINC = the hour increment between JTS and JTE

OUTPUT FILES:

(ECPLOT.DAT)

An input file for IDL graphic code 'ECPLOT.PRO'

2. ECPLOT1.PRO, ECPLOT4.PRO 및 ECPLOT8.PRO

ECPLOT.DAT의 자료를 읽고 황도면상에서의 행성간자기장의 단면분포를 출력하는 프로그램으로 ECPLOT1.PRO, ECPLOT4.PRO 및 ECPLOT8.PRO는 한 페이지에 각기 1개, 4개 및 8개의 연속적인 그림을 출력한다. 그림 2-5는 ECPLOT4.PRO를 수행한 결과를 나타낸다.

INPUT FILES:

ECPLOT.DAT

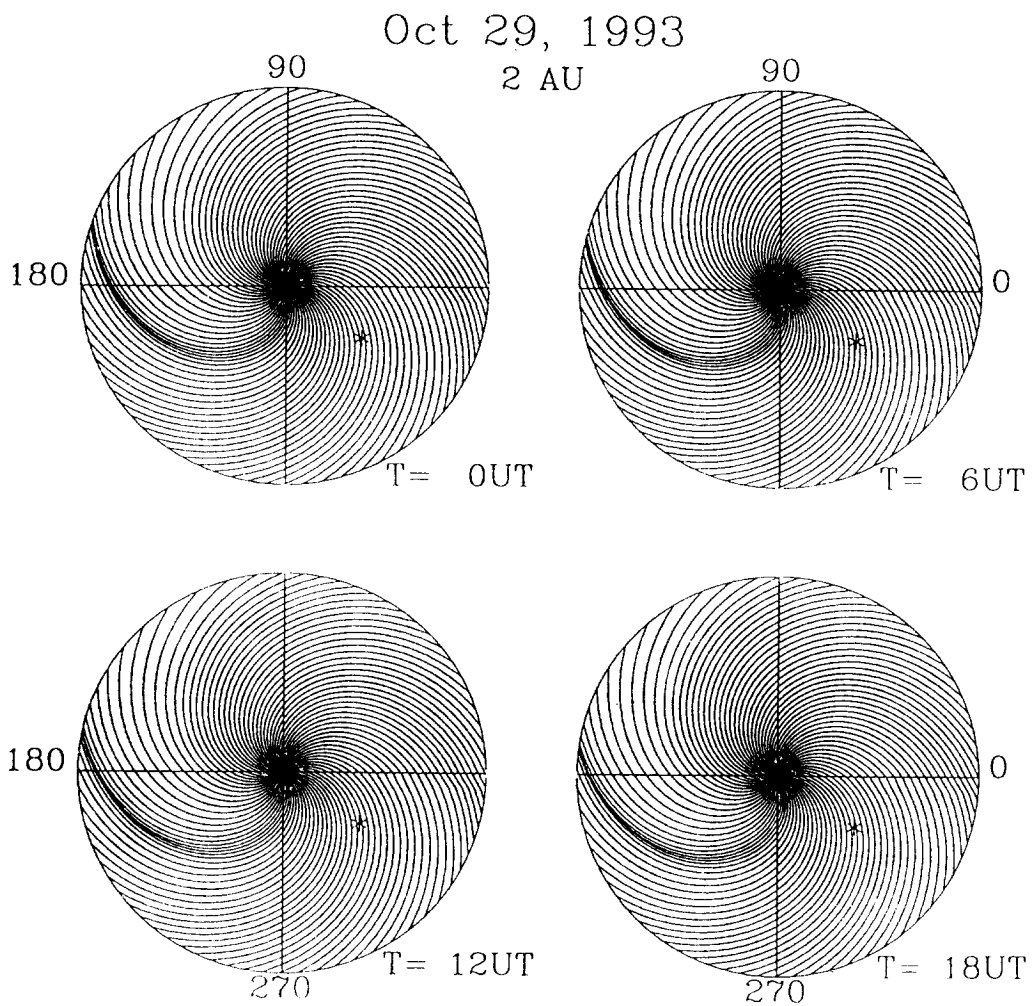


그림 2-5 태양플레어에 의해서 행성간자기장의 교란된 모습이 황도면을 가로질러 전파되는 모습. 그림에서 원의 반경은 2 AU 거리를 나타내며 지구의 위치는 별표로 나타냈음.

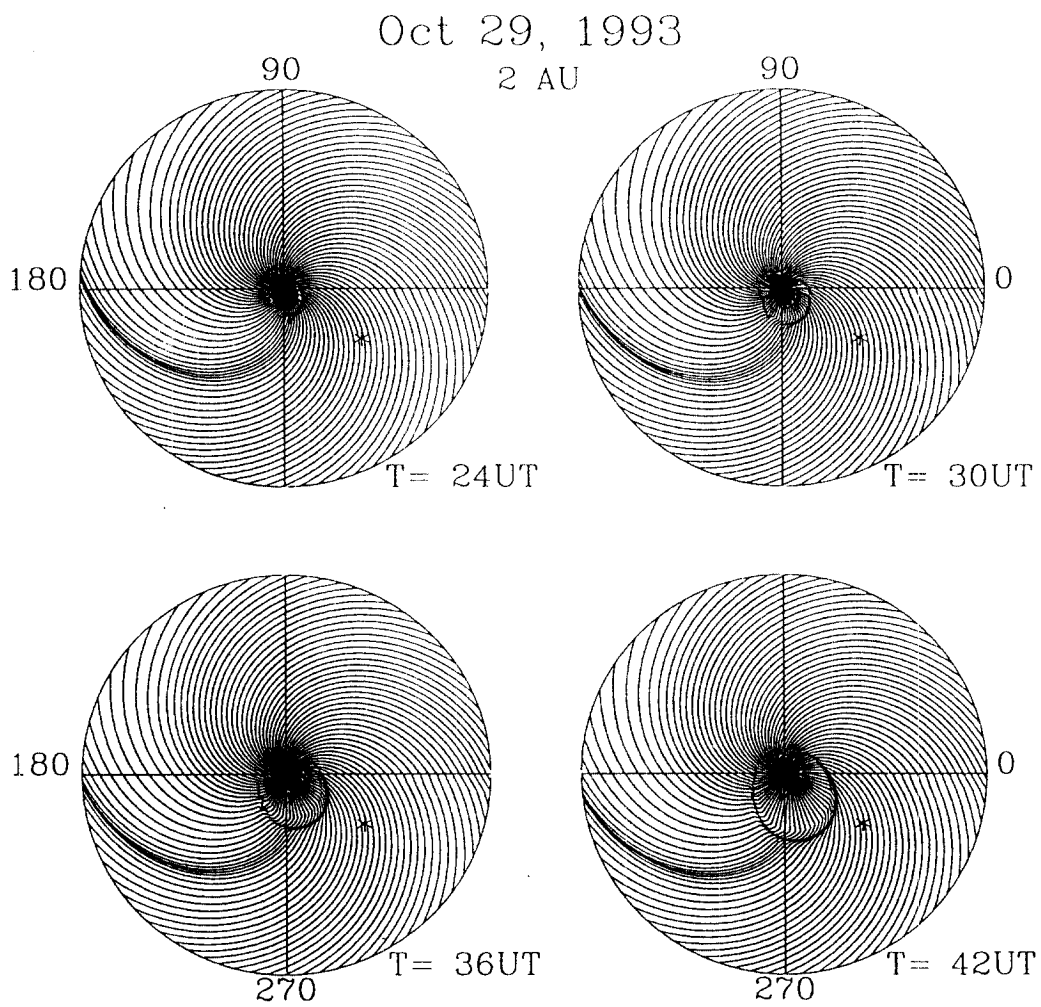


그림 2-5 (계속)

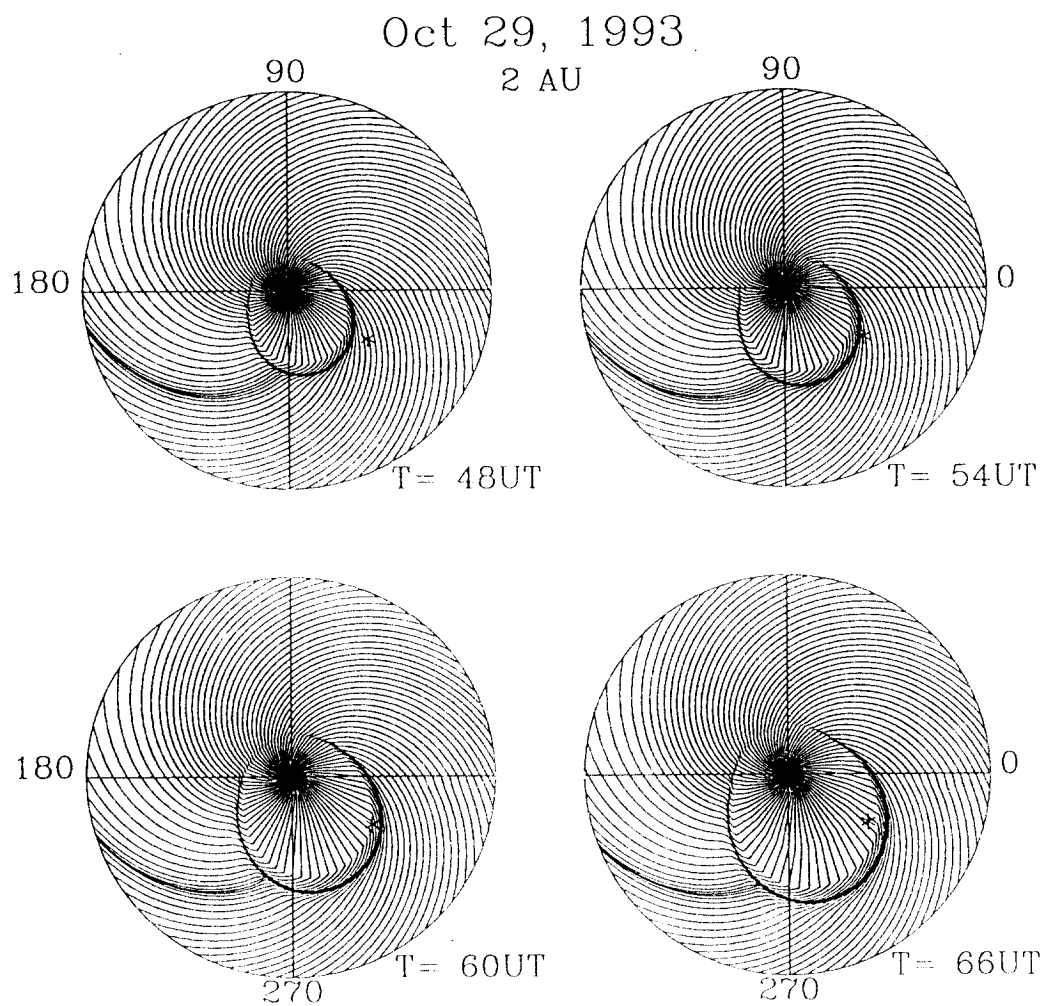


그림 2-5 (계속)

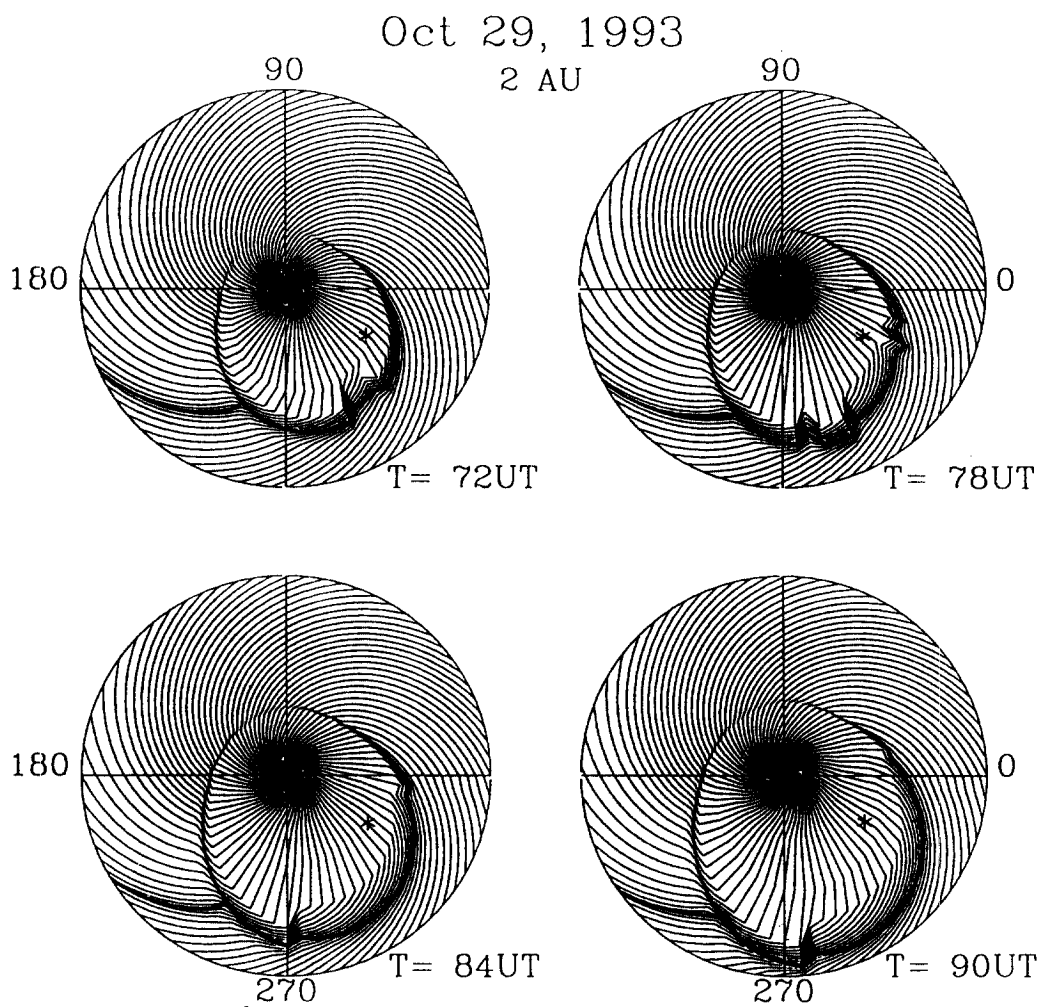


그림 2-5 (계속)

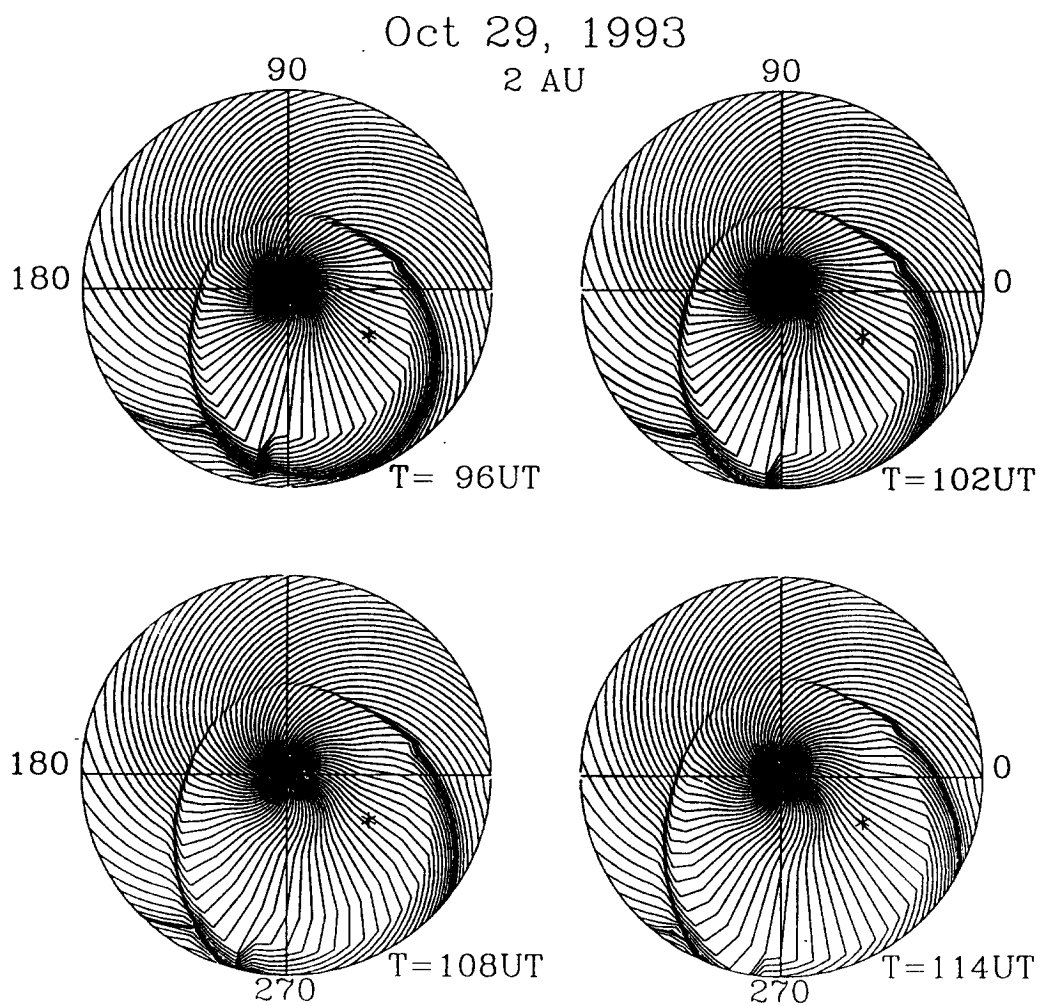


그림 2-5 (계속)

3. EC PLOT_TV.PRO

EC PLOT.DAT의 자료를 읽고 황도면상에서의 행성자기장의 단면분포를 출력하고, 출력된 행성자기장의 시간에 따른 변화를 모니터상에서 animation하는 프로그램이다.

SUBROUTINES CALLED:

EC PLOT_COLOR.PRO

INPUT FILES:

EC PLOT.DAT

제 3 장 자기폭풍의 실례

본 자기폭풍예보모델을 실무에 적용하기 위해서 1993년 11월 초에 발생한 자기폭풍을 상세히 조사하였다. 이 자기폭풍은 미국 과학재단 (NSF)이 지원하는 상층대기연구 프로그램인 CEDAR (Coupling, Energetics and Dynamics of Atmospheric Region) 연구그룹에서 상세히 연구되어 그 결과가 1998년 초 미국지구물리학회 (AGU)에서 발행하는 학술잡지 Journal of Geophysical Research - Space Physics의 특집호에 소개될 예정이다. 본 연구에서는 이 자기폭풍을 간단히 언급하고 모의수치실험과정을 결과와 함께 상세히 기술하고자한다.

제 1 절 1993년 11월초에 발생한 자기폭풍의 개요

1993년 11월 2-11일에 걸쳐 발생한 이 자기폭풍은 쇠퇴기에 접어든 태양주기 22 (solar cycle 22)에 나타난 전형적인 회귀성 자기폭풍 (recurrent storm) 중의 하나이다 (Knipp et al., 1998). Cliver et al. (1996)은 계절적인 일면위도효과, 계절적인 행성간자기장의 투영효과 등이 겹쳐져서 삭수주기의 쇠퇴기에 강한 지자기 현상이 지상에서 관측된다고 보고한 바있다. 1993년 태양코로나는 4 섹타 (sector)에서 2 섹타로 그 형태가 현저하게 변화되었고, 하나의 거대한 코로나구멍 (coronal hole)이 저위도지방까지 확장되었다 (Crooker and McAllister, 1997). 일본의 태양관측 인공위성

인 Yohkoh의 軟 X-선 사진에 의하면 長壽하는 코로나구멍이 1993년 8월부터 12월까지 연속적으로 나타났었다. 4회 연속으로 관측된 11월초에는 태양의 북반구에서 발달한 코로나구멍이 태양 적도를 가로질러 남반구까지 확장되는 동시에 경도방향으로도 최대로 발달하게 되었다. 북반구에 위치한 코로나구멍의 이러한 확장이 고속의 태양풍을 야기시켰으며 이것이 바로 11월초에 발생한 자기폭풍과 밀접한 관계를 가지고 있는 것으로 추정된다.

그림 3-1 (Knipp et al., 1998)은 1993년 후반부에 얻어진 태양-지구계의 우주환경에 관련된 여러가지 물리량들의 변화를 보여주고 있다. 자기폭풍의 회귀성을 확인하기 위해서 매 27일마다 수직으로 줄을 그어 두었다. 여기서 (a)는 IMP-8 및 Geotail 인공위성에서 관측된 태양풍의 속도, (b)는 F10.7 cm 태양복사선속의 에너지강도의 변화, (c)는 태양흑점수를 나타낸다. 그림 (a)에서 회귀성 고속 태양풍의 존재를 확인할 수 있다. (d)는 캐나다의 Cape Dorset에서 관측된 ULF Pc-5 파동에너지의 출력을 (e)는 남극의 South Pole Station에서 관측한 20.5 MHz 밴드의 우주잡음신호측정기 (riometer)의 기록을 보여준다. riometer는 극관 (polar cap) 지역의 전리층이 우주잡음신호를 흡수하는 정도를 측정하는 것으로 강력한 에너지를 가진 전자 (>10 keV)들의 유입이 있을 때 전리층 D 및 E층의 전자밀도가 증가하므로써 반사률이 증가한다. 따라서 우주잡음은 전리층 상층부에서 반사되므로 지상으로 투과되는 양이 감소하므로써 결과적으로 흡수률이 증가하게 된다.

(f)에 나타난 Ap지수의 변화는 자기폭풍이 회귀성이라는 사실을 잘 뒷받침해주고있다. (g)는 자기권 적도를 따라 발달하는 환전

류 (ring current)의 세기를 나타내는 Dst지수로서 Ap지수와 마찬가지로 회귀성 자기폭풍이 진행되고 있음을 잘 보여 주고 있다. (h)는 SAMPEX 인공위성에서 관측된 내부 자기권 ($L=3$)에서의 3 MeV 이상의 에너지를 가진 전자속 (electron flux)의 변화를 보여 준다. 11월 초에 발생한 자기폭풍기간 동안 전자속의 급격한 증가를 확인할 수 있다. 한편 그림 (i)는 GEO 인공위성에서 관측된 2 MeV 및 6 MeV의 전자 속의 변화를 나타내고 있다. 마지막으로 그림 (j)는 이 기간동안 태양풍 자기장의 sector구조가 away sector 였음을 보여주고 있다.

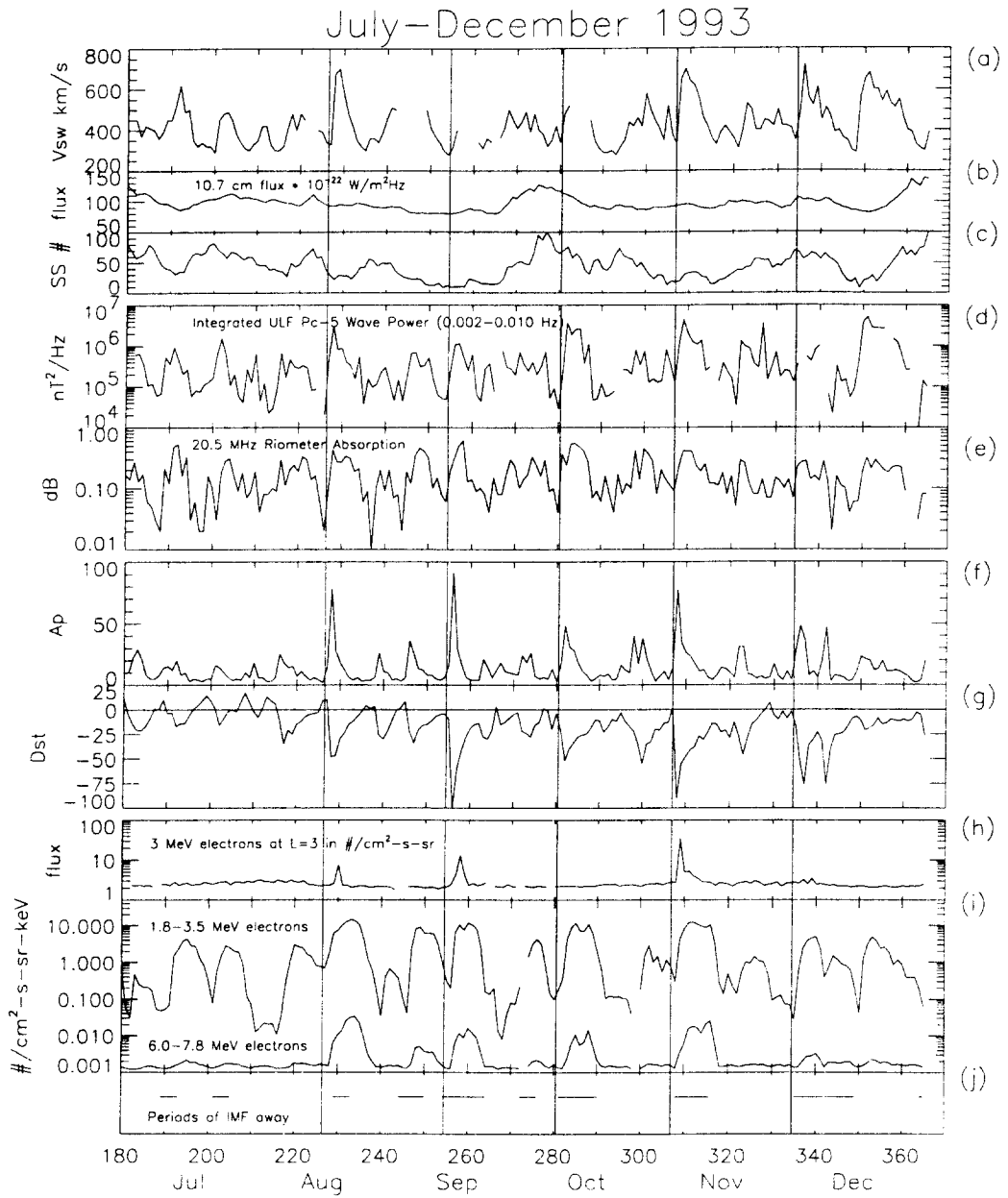


그림 3-1 1993년 후반 6개월동안 관측된 태양-지구계 우주환경의 상태를 나타내는 여러 가지 물리량

제 2 절 예보코드 실행

1. 단 계 1

본 예보코드의 입력자료는 배경태양풍과 플레어에 대한 관측자료이다. 플레어자료는 미국립해양대기청 (NOAA) 산하 국립지구물리자료센터 (NGDC)에서 발행하는 Solar-Geophysical Data에서 입수할 수 있다. 표 3-1 및 표 3-2는 1993년 11월 초에 발생한 자기폭풍에 영향을 미친 것으로 생각되는 플레어목록 (Coffey 1994a, 1994b) 이다. 왼쪽 열에 약자로 표시된 관측소명, 플레어 발생시작 시간, 극대기 도달시간 및 소멸시간, 일면상에서의 플레어 위치, 일면중심 자오선 통과시간, 플레어 분류등급 상의 중요도 (Importance)와 밝기(Brilliance) 등이 기재되어 있다. 11월 자기폭풍에 중요한 영향을 행사한 것으로 추정되는 1개의 플레어를 선정하여 다음과 같이 REPORT.DAT을 작성하였다.

WATU	931031	2343	2347	2355	N11	E49	1B
STN	YYMMDD	HHMM	MAX	END	LAT	LON	IB

입력정보로 첫째 열부터 차례로 관측소명, 플레어시작, 극대기 도달 및 종료시간, 플레어 발생 위도 및 경도 그리고 중요도 (I) 및 밝기 (B)가 기재되어 있다.

본 연구에 사용된 플레어의 경우 1993년 10월 31일 23:43 UT에 발생하여 23:47 UT에 극대기에 도달하고 23:55 UT에 소멸되었

다. 발생장소는 북위 11° 중심자오선에서 동쪽으로 49° 되는 지점이었으며 중요도는 1이고 밝기는 B 였다. 만약 여러 개의 플레어에 대한 효과를 조사하려면 몇개든지 추가할 수 있다. 그리고 모의수치실험이 시작되는 시간을 지정하는 입력데이터 파일은 STARTIME. PAR로 본 예에서는 11월 2일 0000시로 규정하고 다음과 같이 나타냈다.

```
931102      0000
YYMMDD    HHMM    START TIME OF FORECAST
```

Akasofu and Fry (1986)는 표 3과 같이 플레어의 중요도 (I) 및 밝기 (B)와 플레어의 발생면적 및 여기에 수반된 태양풍의 속도사이의 경험관계를 발표한 바 있다. 여기서 중요도는 태양면 상에서 플레어가 극대기에 도달했을 때 H α 선 (656.3 nm)으로 관측된 태양의 곡률을 보정한 플레어의 각면적 (degree²)을 나타낸다. 통상 5개의 등급; 0, 1, 2, 3, 4로 나타낸다. 중요도 0인 소규모의 플레어 (subflare)인 경우 등급으로 0 대신 S로 표시하기도 한다. 그리고 밝기는 플레어가 극대기에 도달했을 때 H α 선의 상대적인 밝기를 의미하며 희미함 (faint; F), 보통 (normal; N) 그리고 밝음 (brilliant; B)의 세 등급으로 구분한다. 표 3으로부터 추정된 정보는 REPORT.F에 내장되어 있다.

REPORT.DAT과 STARTIME.PAR를 입력으로 REPORT.F를 실행시키면 출력으로 FLARE.PAR, EARTH.PAR, SOURCEVEL.PAR 및 STARTIMEQ.PAR를 얻는다. 다음은 FLARE.PAR의 예로서 사용된 플레어의 수 (NOFLR), 플레어의 시작시간

(FLRTIM), 플레어의 경위도 (FLRLON, FLRLAT), 태양풍의 최대속도 (FLRVEL), 플레어 시간상수 (FLRDEC), 플레어 면적 (FLRSTD) 및 감속시간 상수 (POWERF)로 구성되어 있다.

1

-24.3 274.1 11.0 800.0 0.7 50.0 750.0

중요도/밝기	속도 (km/sec)	면적 (°)
0F	200	20
0N	300	30
0B	400	40
1F	400	30
1N	600	40
1B	800	50
2F	500	30
2N	800	50
2B	1200	70
3F	700	30
3N	1100	50
3B	1500	70
4F	800	40
4N	1200	60
4B	1600	80

H α S O L A R F L A R E S

11
Oct 93

OCTOBER 1993

Grp #	Sta	Day	Start (UT)	Max (UT)	End (UT)	Lat	CND	NOAA/ USAF	CMP Mo	Day	Dur (Min)	Imp Opt	Xray	See	Obs Type	Area Measurement			Remarks	
								Region								Time (UT)	Apparent (10-6 Disk)	Corr (Sq Deg)		
			27	2149	2207			No Flare Patrol												
0150		28	0001	0001	0010	N06	E28	7608	10	30.1	9	SN					38	0.5	DU	
	LEAR	28	0001E	0001	0013	N07	E28	7608	10	30.1	120	SF			3	E	37		U	
	MITK	28	0001	0002	0007	N06	E29	7608	10	30.2	6	SB				C	0002	40	0.5	D
0151	LEAR	28	0923	0923	0937	N08	E23	7608	10	30.1	14	SF C 1.1	1.1	3	E		51		FH	
		28	1014		1020			No Flare Patrol												
0152	KANZ	28	1353	1357	1405	N08	E23	7608	10	30.3	12	SF			2	C				
0153		28	2021	2023	2032	N08	E17	7608	10	30.1	11	SF B 4.9					14		F	
	NOLL	28	2021	2023	2033	N08	E17	7608	10	30.1	12	SF B 4.9		3	E		17			
	RAMY	28	2021	2024	2031	N09	E17	7608	10	30.1	10	SF		3	E		12		F	
0154	WATU	28	2359	2401	2413	N08	E28	7608	10	31.1	14	SN			C	2401	30	0.4	E	
0155		29	0803	0807	0811	N08	E11	7608	10	30.2	8	SF					10		H	
	KANZ	29	0803	0807	0811	N08	E12	7608	10	30.2	8	SF			2	C				
	SVTO	29	0805	0807	0811	N09	E10	7608	10	30.1	6	SF			3	E		10	H	
0156	KANZ	29	1015	1019	1043	N18	W77		10	23.6	28	SF			2	C				
0157	KANZ	29	1155	1155	1203	S08	E83	7613	11	4.7	8	SF			2	C				
		29	2008		2050			No Flare Patrol												
			29	2055	2209			No Flare Patrol												
0158	KANZ	30	1001	1001	1001	S15	E77	7613	11	5.2	8	SF			2	C				
0159	KANZ	30	1021	1029	1045	S16	E73	7613	11	5.0	24	SF			2	C				
0160		30	1201	1205	1216	S10	W74	7610	10	24.9	15	SF B 4.2					37			
	KANZ	30	1201	1205	1224	S11	W75	7610	10	24.8	23	SF			2	C				
	RAMY	30	1204	1205	1209	S10	W72	7610	10	25.1	5	SF B 4.2		3	E		37			
0161	SVTO	30	1421	1422	1425	S10	E73	7613	11	5.1	4	SF			3	E		14		
0162		31	0829	0832	0844	S16	E63	7613	11	5.1	15	SF C 1.1					38		FH	
	SVTO	31	0829	0833	0839	S15	E64	7613	11	5.2	10	SF C 1.1		3	E		45		FH	
	LEAR	31	0830	0833	0837	S15	E60	7613	11	4.9	7	SF			3	E		32	FH	
	KANZ	31	0832	0832	0856	S17	E66	7613	11	5.4	24	SF			2	C				
0163	KANZ	31	1036	1044	1056	S14	E68	7613	11	5.6	20	SF			2	C				
0164		31	1056*	1122*	1316	S21	E36	7612	11	3.2	140	2F C 5.3					240		,FGU	
	KANZ	31	1056	1124	1340	S19	E37	7612	11	3.3	164	2F			2	C			U,G	
	SVTO	31	1101	1122	1312	S22	E37	7612	11	3.3	131	2F C 5.3		3	E		356		UF	
	RAMY	31	1111	1133	1255	S21	E33	7612	11	3.0	104	1F		3	E		124		UF	
0165	LARI	31	1124	1124	1310	S12	E34	7612	11	3.0	106	2F			P					
0166		31	1918	1919	1924	N09	W22	7608	10	30.1	6	SF B 3.1					24		F	
	RAMY	31	1918	1919	1924	N09	W22	7608	10	30.1	6	SF B 3.1		3	E		19		F	
	NOLL	31	1919	1919	1924	N09	W22	7608	10	30.1	5	SF			3	E		28	F	
		31	2138		2209			No Flare Patrol												
0167	WATU	31	2343	2347	2355	N11	E49		11	4.7	12	SB			C	2347	20	0.3	D	

표 3-1 미국립해양대기청 (NOAA) 산하 국립지구물리자료센터 (NGDC)가 발행하는 Solar-Geophysical Data에서 입수한 1993년 10월 28-31일에 걸쳐 관측된 플레어목록 (Coffey, 1994a)

4
Nov 93

H α SOLAR FLARES

NOVEMBER 1993

Grp #	Sta	Day	Start (UT)	Max (UT)	End (UT)	Lat	CND	NOAA/USAF Region	CMP No	Day	Dur (Min)	Imp Opt	Xray	See	Obs Type	Area Measurement			Remarks
																Time (UT)	Apparent (10-6 Disk)	Corr (Sq Deg)	
0001	MITK	01	0626	0627	0628	S15	E45	7613	11	4.7	2	SN			C	0627	7	0.1	D
0002	SVTO	01	0723	0725	0740	S08	E50	7613	11	5.0	17	SF B	2.6	3	E		18		FH
0003	SVTO	01	1116	1124	11360	S11	E44	7613	11	4.8	200	SF B	3.8	3	E		41		FH
0004	SVTO	01	1236	1237	1244	S14	E46	7613	11	5.0	8	SF B	3.0	3	E		42		F
		01	1342		1349	No Flare Patrol													
		01	1439		1507	No Flare Patrol													
		01	1535		1624	No Flare Patrol													
		01	1638		1648	No Flare Patrol													
0005	HOLL	01	2057	2141	2309	S10	E45	7613	11	5.2	132	SF C	3.2	3	E		32		F
0006	LEAR	02	0811	0812	0819	S09	E34	7613	11	4.9	8	SF B	6.3	3	E		18		
0007	RAMY	02	1740	1742	1748	S09	E30	7613	11	5.0	8	SF B	3.2	3	E		18		F
		03	0002		0347	No Flare Patrol													
		03	0507		0536	No Flare Patrol													
		03	0606		0614	No Flare Patrol													
		03	0716		0717	No Flare Patrol													
		03	0723		0730	No Flare Patrol													
0008	KANZ	03	1125	1129	1150	S11	E17	7613	11	4.7	25	SF		2	C				
		03	2025		2030	No Flare Patrol													
		03	2035		2041	No Flare Patrol													
		04	0617		0656	No Flare Patrol													
0009		04	1222	1226	1246	S18	E16	7613	11	5.7	24	SF					15		H
	KANZ	04	1222	1226	1246	S18	E13	7613	11	5.5	24	SF		2	C				
	SVTO	04	1229E	1230U	12450	S18	E18	7613	11	5.9	160	SF		1	E		15		H
0010		04	21231	21243	2144	S18	E08	7613	11	5.5	21	SN B	6.5				48		FH
	HOLL	04	2123	2124	2144	S17	E09	7613	11	5.6	21	SF B	6.5	3	E		44		FH
	RAMY	04	2124	2127	21460	S18	E08	7613	11	5.5	220	SN		3	E		53		F
		05	0701		0721	No Flare Patrol													
		05	0729		0747	No Flare Patrol													
		05	0800		0936	No Flare Patrol													
		05	0946		1049	No Flare Patrol													
		06	1017		1024	No Flare Patrol													
		07	1019		1121	No Flare Patrol													
		07	1217		1231	No Flare Patrol													
0011	ISTA	08	0948		0951	S10	W47	7613	11	4.9	3	SF							E
		08	1124		1131	No Flare Patrol													
		08	1211		1309	No Flare Patrol													
		08	1341		1406	No Flare Patrol													
		08	1410		1429	No Flare Patrol													
		08	1507		1511	No Flare Patrol													
0012	HOLL	08	2154	2202	2225	S20	E21	7617	11	10.5	31	SF B	5.7	3	E		45		FH
0013		09	07512	07531	08100	S08	W58	7613	11	5.0	190	SN B	2.7				42	1.0	EF
	SVTO	09	0751	0754	08080	S09	W58	7613	11	5.0	170	SF B	2.7	3	E		29		FE
	CATA	09	0753	0753	08100	S07	W57	7613	11	5.0	170	S8		1	C	0753	56	1.0	
0014	CATA	09	1003E	1005	1011	S09	W60	7613	11	4.9	80	SF		1	C	1005	67	1.4	H
0015		09	1942	1943	2005	S18	E12	7617	11	10.7	23	SF B	1.6				16		
	HOLL	09	1942	1943	2005	S19	E11	7617	11	10.7	23	SF B	1.6	3	E		11		
	PALE	09	1945E	1945U	20130	S18	E12	7617	11	10.7	280	SF		3	E		22		
		10	0408		0419	No Flare Patrol													
		11	0104		0131	No Flare Patrol													
		11	0305		0440	No Flare Patrol													

표 3-2 표 3-1과 동일하나 1993년 11월 1-12일에 걸쳐 관측된 플레어목록 (Coffey, 1994b)

중요도/밝기	속도 (km/sec)	면적 (°)
0F	200	20
0N	300	30
0B	400	40
1F	400	30
1N	600	40
1B	800	50
2F	500	30
2N	800	50
2B	1200	70
3F	700	30
3N	1100	50
3B	1500	70
4F	800	40
4N	1200	60
4B	1600	80

표 3-3 플레어의 중요도 (Importance) 와 밝기 (Brilliance)로부터
추정한 플레어의 면적(각제곱)과 태양풍의 속도(km/sec)(Akasofu
and Fry, 1986)

여기서 플레어 시간상수는 플레어 지속시간의 약 10로 가정했다. 다음과 같이 주어지는 EARTH.PAR는 Carrington 회전수 (IROT), 일면경도 (ZLO) 그리고 일심적도 좌표상에서 지구의 경위도 (ZLONEQ, ZLATEQ)에 관한 정보를 포함한다.

IROT	ZLO	ZLATEQ	ZLONEQ
1876	233.183	4.263	324.130

한편 SOURCEVEL.PAR은 태양 남북반구의 자기력선의 기울기 (NSLOPE2, NSLOPE1), 최소 태양풍 배경속도 (VB) 및 최대 태양풍 배경속도 (VA)의 정보를 내포하며 예를 들면 다음과 같다.

NSLOPE1	NSLOPE2	VB	VA
6	6	270.000	670.000

마지막으로 Carrington회전의 시작시간인 STARTIMEQ.PAR은 모의수치실험의 시작시간으로 본 예의 경우 다음과 같다.

NTR	NMO	NDA	NHR	NMI
1993	11	2	0	0

다음 단계는 IDL 그래픽 소프트웨어를 이용하여 태양의 배경 자기장에 대한 원천면 (source surface)의 지도를 작성하는 일이다. 여기서 IDL을 이용한 프로그램인 SOLPRO.PRO가 사용된다. 입력자료는 EARTH.PAR, FLARE.PAR 와 Carrington 회전수에 해당하는 태양자기장 자료이다. 이 자료는 미국 Stanford대학교 부

설 Wilcox 태양천문대에서 제공된다. 다음의 웹사이트에 들어가면
표 3-4와 같은 화면을 얻을 수 있다.

Wilcox Solar Observatory

Photospheric Field Maps: 1976 - 1996

CR1929 * CR1928 * CR1927 * CR1926 * CR1925 * CR1924 * CR1923 * CR1922 * CR1921 *
CR1920 * CR1919 * CR1918 * CR1917 * CR1916 * CR1915 * CR1914 * CR1913 * CR1912 *
CR1911 * CR1910 * CR1909 * CR1908 * CR1907 * CR1906 * CR1905 * CR1904 * CR1903 *
CR1902 * CR1901 * CR1900 * CR1899 * CR1898 * CR1897 * CR1896 * CR1895 * CR1894 *
CR1893 * CR1892 * CR1891 * CR1890 * CR1889 * CR1888 * CR1887 * CR1886 * CR1885 *
CR1884 * CR1883 * CR1882 * CR1881 * CR1880 * CR1879 * CR1878 * CR1877 * CR1876 *
CR1875 * CR1874 * CR1873 * CR1872 * CR1871 * CR1870 * CR1869 * CR1868 * CR1867 *
CR1866 * CR1865 * CR1864 * CR1863 * CR1862 * CR1861 * CR1860 * CR1859 * CR1858 *
CR1857 * CR1856 * CR1855 * CR1854 * CR1853 * CR1852 * CR1851 * CR1850 * CR1849 *
CR1848 * CR1847 * CR1846 * CR1845 * CR1844 * CR1843 * CR1842 * CR1841 * CR1840 *
CR1839 * CR1838 * CR1837 * CR1836 * CR1835 * CR1834 * CR1833 * CR1832 * CR1831 *
CR1830 * CR1829 * CR1828 * CR1827 * CR1826 * CR1825 * CR1824 * CR1823 * CR1822 *
CR1821 * CR1820 * CR1819 * CR1818 * CR1817 * CR1816 * CR1815 * CR1814 * CR1813 *
CR1812 * CR1811 * CR1810 * CR1809 * CR1808 * CR1807 * CR1806 * CR1805 * CR1804 *
CR1803 * CR1802 * CR1801 * CR1800 * CR1799 * CR1798 * CR1797 * CR1796 * CR1795 *
CR1794 * CR1793 * CR1792 * CR1791 * CR1790 * CR1789 * CR1788 * CR1787 * CR1786 *
CR1785 * CR1784 * CR1783 * CR1782 * CR1781 * CR1780 * CR1779 * CR1778 * CR1777 *
CR1776 * CR1775 * CR1774 * CR1773 * CR1772 * CR1771 * CR1770 * CR1769 * CR1768 *
CR1767 * CR1766 * CR1765 * CR1764 * CR1763 * CR1762 * CR1761 * CR1760 * CR1759 *
CR1758 * CR1757 * CR1756 * CR1755 * CR1754 * CR1753 * CR1752 * CR1751 * CR1750 *
CR1749 * CR1748 * CR1747 * CR1746 * CR1745 * CR1744 * CR1743 * CR1742 * CR1741 *
CR1740 * CR1739 * CR1738 * CR1737 * CR1736 * CR1735 * CR1734 * CR1733 * CR1732 *
CR1731 * CR1730 * CR1729 * CR1728 * CR1727 * CR1726 * CR1725 * CR1724 * CR1723 *
CR1722 * CR1721 * CR1720 * CR1719 * CR1718 * CR1717 * CR1716 * CR1715 * CR1714 *
CR1713 * CR1712 * CR1711 * CR1710 * CR1709 * CR1708 * CR1707 * CR1706 * CR1705 *
CR1704 * CR1703 * CR1702 * CR1701 * CR1700 * CR1699 * CR1698 * CR1697 * CR1696 *
CR1695 * CR1694 * CR1693 * CR1692 * CR1691 * CR1690 * CR1689 * CR1688 * CR1687 *
CR1686 * CR1685 * CR1684 * CR1683 * CR1682 * CR1681 * CR1680 * CR1679 * CR1678 *
CR1677 * CR1676 * CR1675 * CR1674 * CR1673 * CR1672 * CR1671 * CR1670 * CR1669 *
CR1668 * CR1667 * CR1666 * CR1665 * CR1664 * CR1663 * CR1662 * CR1661 * CR1660 *
CR1659 * CR1658 * CR1657 * CR1656 * CR1655 * CR1654 * CR1653 * CR1652 * CR1651 *
CR1650 * CR1649 * CR1648 * CR1647 * CR1646 * CR1645 * CR1644 * CR1643 * CR1642

표 3-4 Stanford 대학교 부설 Wilcox Solar Observatory에서 제
공되는 1976년부터 1996년에 걸친 태양광구면의 자기장분포 목록.
여기서 CR는 Carrington 회전수를 의미한다.

<http://quake.stanford.edu/~wso/Photo/photo.html>

이 표는 1976년부터 1996년에 걸친 태양자기장의 자료목록으로 Carrington 회전수로 환산하면 회전수(CR) 1642부터 1929에 해당하며 태양 광구면의 자기장분포에 관한 정보를 수록하고 있다.

본 모의실험의 경우 Carrington 회전수 1875에 해당하는 자료는 표 3-4에서 CR1875를 클릭하면 얻을 수 있다. 또는 다음 주소로부터 입수할 수 있다.

<http://quake.stanford.edu/~wso/Photo/CR1875>

자기장자료는 경도방향으로 72개 지점 그리고 위도방향으로 30개 지점으로 태양전면에 총 2160개의 값으로 구성되어 있다. 경도방향으로는 매 5° 마다 값이 주어지지만 위도방향으로는 $\sin(14/15)$, $\sin(13/15)$,, $\sin(0)$, $\sin(-1/15)$,, $\sin(-13/15)$ 및 $\sin(-14/15)$ 의 위도값에 해당하는 지점의 sine 값으로 주어져 있다. 이들을 각으로 환산하면 각각 위도 68.96° , 60.07° , 53.13° ,, 0° ,, -53.13° , -60.07° 및 -68.96° 에 해당한다. 따라서 본 자료에는 68.96° 보다 고위도지방에 관한 정보는 포함되어 있지 않다. 표 3-5는 CR1875 자료의 일부를 보여주고 있다. 한편 본 그래픽 프로그램에서는 입력자료인 태양의 원천면 자기장자료를 CTXXXXS.DAT란 이름으로 표기하고 있다. 여기서 XXXX는 Carrington 회전수를 나타낸다. 그림 3-2은 원통형 등거리 투영법을 사용해서 Carrington 회전수 1875에 해당하는 자기장의 분포를 나타낸 것이다. 여기서 플레어 발생위치는 \odot 로 표시했다. 그리고 지구의 위치를 투영하면 별표(*)에 해당된다.

30 data points in equal steps of sine latitude from +14.5/15 to -14.5/15

CT1875:360		106.323	56.236	10.379	-18.327	-31.524	-41.525
-30.206	-4.146	30.257	106.650	167.535	172.249	81.178	15.466
27.938	85.124	81.166	26.157	-38.318	-83.533	-123.286	-150.912
-145.018	-97.690	-39.531	-21.519	-35.549	-54.506	-67.185	-79.904
CT1875:355		105.179	63.581	19.025	-13.116	-40.304	-66.237
-56.246	-19.342	11.046	77.639	162.298	177.334	138.940	147.549
135.584	118.488	89.232	64.873	-1.460	-57.830	-97.695	-137.010
-139.364	-98.490	-51.540	-37.364	-50.646	-69.079	-81.638	-95.610
CT1875:350		99.044	57.037	18.368	-9.678	-25.841	-42.979
-87.227	-160.103	-163.587	-104.524	-28.267	12.766	49.204	75.726
137.768	271.499	304.623	216.552	46.825	-32.733	-81.045	-121.958
-129.470	-87.636	-31.796	-20.947	-45.330	-78.069	-101.739	-120.951
CT1875:345		99.269	58.756	17.870	-10.619	-19.231	-34.502
-121.030	-292.566	-332.146	-237.325	-118.169	-68.483	-14.197	23.275
83.653	271.135	369.232	217.450	-39.836	-133.945	-130.713	-111.852
-105.882	-78.680	-43.528	-39.222	-62.429	-86.520	-101.105	-113.378
CT1875:340		103.143	58.617	14.840	-12.993	-18.850	-25.313
-54.587	-118.362	-123.775	-60.120	4.689	16.537	12.279	4.929
-21.878	-104.085	-170.288	-134.600	-109.917	-118.662	-103.717	-71.342
-63.274	-59.717	-59.585	-64.332	-77.806	-90.127	-95.777	-97.472
CT1875:335		109.708	57.350	3.395	-22.769	-23.216	-13.893
40.713	149.242	209.226	236.526	237.329	204.238	77.566	-27.557
-80.507	-147.226	-181.481	-138.404	-16.450	21.987	-9.038	-15.808
-16.202	-40.852	-70.770	-80.971	-86.208	-90.673	-93.213	-93.238
CT1875:330		119.269	62.431	-2.657	-32.358	-31.928	-23.343
59.053	213.022	280.717	369.250	452.645	390.198	118.250	-56.578
-89.781	-54.209	-34.784	-54.500	-74.209	-74.549	-53.548	-50.604
-53.248	-51.810	-55.722	-65.104	-73.774	-81.386	-89.990	-99.427
CT1875:325		120.446	54.949	-1.614	-24.025	-17.660	0.164
58.133	159.056	209.964	243.249	253.325	205.290	45.724	-73.869
-84.009	-31.213	-15.142	-20.984	-52.497	-59.593	-39.795	-17.656
-19.768	-37.281	-55.289	-67.286	-73.924	-79.166	-84.709	-90.830
CT1875:320		151.057	92.196	17.482	-13.926	12.275	36.904
47.095	41.602	45.813	36.312	3.393	-13.624	-5.789	-7.612
-13.720	-0.501	-3.387	23.722	76.426	95.485	66.096	32.835
10.942	-19.965	-53.347	-71.521	-75.036	-77.240	-81.819	-85.644
CT1875:315		137.434	81.343	18.571	-7.337	14.997	35.259
48.248	65.723	74.664	57.570	40.471	23.875	6.660	0.567
2.374	17.369	6.432	48.977	101.916	112.962	101.273	64.824
33.657	-9.590	-59.365	-81.421	-78.010	-71.163	-75.207	-86.996
CT1875:310		122.498	66.623	17.261	0.894	24.884	47.159
61.991	83.613	92.083	83.023	88.154	70.818	25.973	-6.351
4.268	71.369	129.671	142.047	165.583	172.309	138.189	66.651
29.664	-5.998	-48.003	-72.019	-76.415	-77.052	-84.335	-94.668
CT1875:305		124.415	83.593	34.131	9.885	24.548	39.735
56.903	86.062	95.227	82.216	98.340	79.047	24.876	-16.840
-24.631	-24.999	-23.911	22.035	112.499	145.592	105.573	54.654

표 3-5 본 연구기간이 포함되어 있는 Carrington 회전수 1875 (1993년 10월 20일부터 1993년 11월 16일까지)에 해당하는 태양광 구면 자기장분포의 일부분.

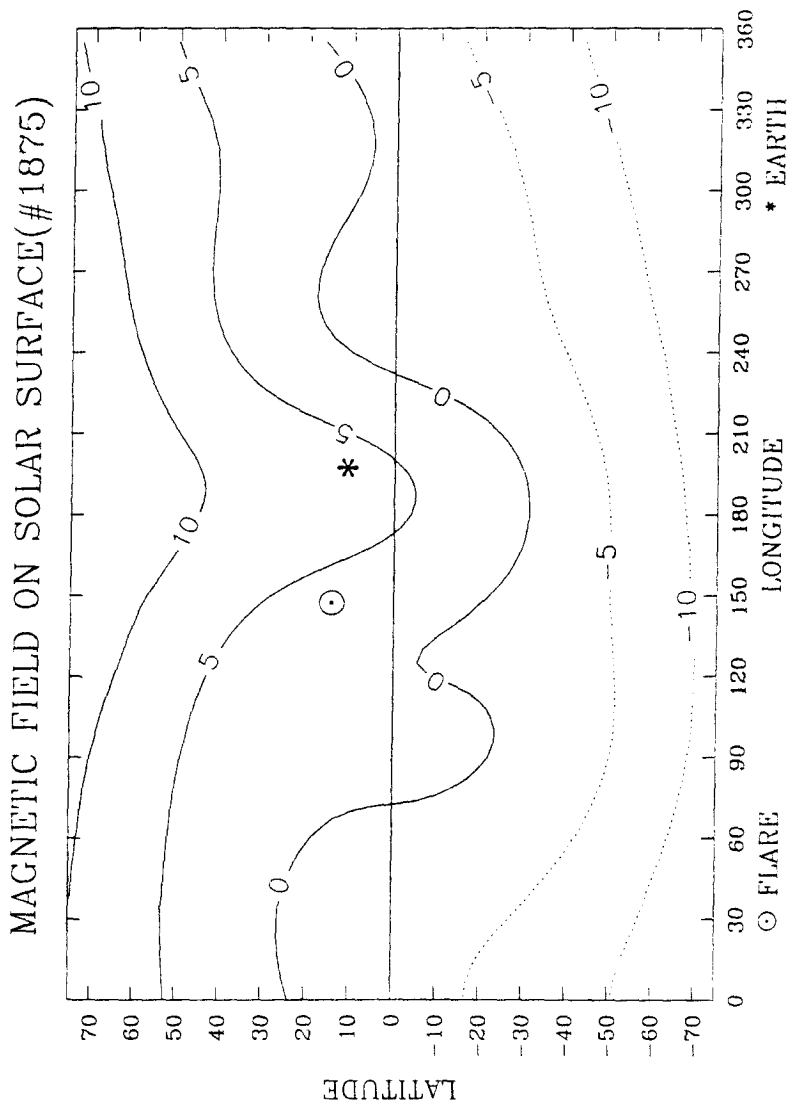


그림 3-2 Carrington 회전수 1875에 해당하는 태양광구면의 자기장분포. 단위는 μT 이며 본 모의 실험에 사용한 플레어 (⊙) 와 지구(*)의 위치도 함께 나타냈다.

2. 단 계 2

SOURCE1.F 프로그램을 이용해서 SOLWIND 프로그램에 사용할 태양원천면 자기장파일을 작성한다. 여기서 입력자료는 단계 1에서 사용한 Carrington 자기장파일과 EARTH.PAR 및 STARTIME.PAR 이다. CTXXXX.DAT 자료는 현재, 그 이전 그리고 그 이후 2회에 걸친 총 4회 연속 회전주기 동안 얻어진 값을 사용한다. 태양면의 경도로 환산하면 -355° 에서 1080° 까지 해당된다. 이렇게 작성된 파일 SOURCEFLD.PAR 첫부분에 자기장의 최대 및 최소값이 기록되어 있다. 표 3-6에 이 파일의 첫부분 일부를 소개하였다.

3. 단 계 3

Hakamada and Akasofu (1982)가 개발한 kinematic method를 이용하여 행성간자기장 (Interplanetary Magnetic Field; IMF), 태양풍의 속도 및 밀도를 모의수치실험을 통해서 구한다. SOLWIND.F 프로그램의 입력자료는 전단계에서 구한 STARTIME.PAR, FLARE.PAR, SOURCEVEL.PAR 및 SOURCEFLD.PAR이며 출력자료로 EARTH.DAT을 얻는다. 이때 태양풍의 자기장을 기술하는 방법으로 3성분 (B_x , B_y , B_z) 혹은 자기장의 크기와 두 개의 각 ($|B|$, Θ , Φ)으로 표현하느냐에 따라 출력파일의 모양이 달라질 수 있다. 이를 규정하기 위해서 SOLWIND.PAR이라는 임의의 파일을 도입한다. 본 연구에 사용된 예는 다음과 같다.

13.60	-16.44								
9.838	7.702	5.923	4.401	3.099	1.985	1.030	0.219	-0.454	-1.012
-1.455	-1.805	-2.065	-2.253	-2.386	-2.486	-2.560	-2.630	-2.730	-2.864
-3.070	-3.356	-3.773	-4.335	-5.084	-6.080	-7.355	-8.994	-11.088	-13.772
9.804	7.571	5.715	4.137	2.783	1.632	0.645	-0.189	-0.876	-1.446
-1.896	-2.250	-2.514	-2.714	-2.857	-2.964	-3.048	-3.125	-3.229	-3.373
-3.576	-3.860	-4.266	-4.813	-5.539	-6.498	-7.737	-9.323	-11.347	-13.927
9.792	7.484	5.573	3.952	2.568	1.395	0.395	-0.449	-1.145	-1.719
-2.169	-2.529	-2.803	-3.010	-3.164	-3.287	-3.388	-3.485	-3.603	-3.756
-3.974	-4.267	-4.671	-5.214	-5.934	-6.871	-8.087	-9.633	-11.594	-14.068
9.742	7.395	5.461	3.821	2.431	1.251	0.251	-0.595	-1.285	-1.862
-2.315	-2.679	-2.963	-3.186	-3.354	-3.495	-3.618	-3.739	-3.880	-4.051
-4.288	-4.599	-5.016	-5.570	-6.294	-7.227	-8.430	-9.946	-11.865	-14.246
9.703	7.339	5.399	3.763	2.380	1.204	0.211	-0.625	-1.315	-1.885
-2.349	-2.719	-3.016	-3.254	-3.441	-3.608	-3.753	-3.900	-4.071	-4.272
-4.533	-4.874	-5.311	-5.878	-6.615	-7.559	-8.749	-10.255	-12.137	-14.438
9.621	7.276	5.358	3.743	2.384	1.228	0.255	-0.567	-1.254	-1.824
-2.294	-2.671	-2.985	-3.242	-3.453	-3.644	-3.825	-3.999	-4.200	-4.435
-4.725	-5.096	-5.561	-6.152	-6.909	-7.863	-9.056	-10.556	-12.399	-14.627
9.500	7.211	5.342	3.766	2.441	1.318	0.369	-0.437	-1.114	-1.684
-2.157	-2.555	-2.885	-3.163	-3.407	-3.628	-3.839	-4.054	-4.288	-4.563
-4.887	-5.288	-5.789	-6.410	-7.187	-8.154	-9.358	-10.854	-12.674	-14.838
9.493	7.241	5.409	3.877	2.592	1.500	0.577	-0.216	-0.886	-1.456
-1.939	-2.356	-2.714	-3.018	-3.299	-3.554	-3.798	-4.053	-4.327	-4.642
-5.006	-5.441	-5.975	-6.626	-7.424	-8.411	-9.624	-11.111	-12.904	-14.995
9.440	7.249	5.475	4.000	2.762	1.716	0.821	0.052	-0.611	-1.181
-1.675	-2.112	-2.493	-2.834	-3.145	-3.439	-3.724	-4.022	-4.336	-4.691
-5.092	-5.566	-6.134	-6.815	-7.632	-8.635	-9.855	-11.328	-13.090	-15.097
9.432	7.295	5.580	4.164	2.979	1.974	1.114	0.372	-0.278	-0.852
-1.356	-1.813	-2.224	-2.598	-2.946	-3.281	-3.613	-3.957	-4.315	-4.710
-5.148	-5.663	-6.257	-6.968	-7.809	-8.826	-10.046	-11.503	-13.222	-15.139
9.547	7.443	5.778	4.410	3.272	2.306	1.477	0.754	0.112	-0.465
-0.982	-1.459	-1.900	-2.315	-2.709	-3.087	-3.475	-3.864	-4.272	-4.710
-5.198	-5.753	-6.387	-7.132	-8.003	-9.040	-10.264	-11.714	-13.403	-15.237
9.593	7.551	5.949	4.641	3.555	2.634	1.838	1.139	0.513	-0.057
-0.591	-1.088	-1.559	-2.010	-2.448	-2.876	-3.315	-3.753	-4.211	-4.703
-5.241	-5.835	-6.514	-7.295	-8.195	-9.253	-10.490	-11.936	-13.599	-15.364
9.661	7.673	6.128	4.880	3.842	2.966	2.211	1.542	0.929	0.359
-0.181	-0.695	-1.196	-1.680	-2.165	-2.643	-3.131	-3.619	-4.131	-4.679
-5.267	-5.905	-6.630	-7.445	-8.379	-9.456	-10.706	-12.146	-13.785	-15.484
9.684	7.759	6.281	5.093	4.111	3.279	2.564	1.921	1.328	0.762
0.222	-0.306	-0.833	-1.357	-1.878	-2.406	-2.945	-3.483	-4.055	-4.653
-5.291	-5.979	-6.744	-7.598	-8.569	-9.666	-10.920	-12.360	-13.973	-15.611
9.697	7.839	6.417	5.285	4.354	3.568	2.889	2.270	1.694	1.137
0.597	0.054	-0.497	-1.055	-1.609	-2.184	-2.768	-3.360	-3.985	-4.633
-5.321	-6.059	-6.864	-7.755	-8.755	-9.869	-11.133	-12.569	-14.158	-15.740
9.710	7.912	6.536	5.451	4.562	3.816	3.164	2.571	2.008	1.462
0.918	0.364	-0.209	-0.790	-1.381	-1.995	-2.620	-3.265	-3.929	-4.627

표 3-6 SOURCEFLD.PAR의 일부분으로 첫째 줄은 자기장의 최대 및 최소값을 나타내며 단위는 μT 이다.

```

1.0  1  00  240  ! AUL, ITYPE, IHRS, NHRS
$!      AUL = radial distance along the sun-earth line
$!      ITYPE = 1 then  Bx, By, Bz (GSM)
$!              = 2 then B magnitude, theta, phi (GSM)
$!      IHRS = start hour of output (on start date)
$!      NHRS = number of hours to output

```

출력파일 EARTH.DAT의 첫째 줄에는 모의수치실험 총시간 수 (NHRS), 연도 (IYR), 월 (MO), 일 (ID), 시 (IH), Carrington회전수 (IROT), 천문단위 (AU)로 표시한 지구까지의 거리 (AUL) 및 자기장 기술방법 (ITYPE)이 기록되어 있다. 그 아래 매 모의수치실험시간 (ZTIME) 마다 얻어진 태양풍의 속도 (WSPD; km/sec), 밀도 (DENS; 개/cm³), 자기장의 3성분 (Bx, By, Bz; nT), 그리고 지구의 위도 (ZLAT1) 및 경도 (ZLONG1) 자료가 수록되어 있다. 표 3-7은 EARTH.DAT 파일의 일부분을 나타낸 것이다.

모의수치실험 결과 얻어진 태양풍의 속도, 밀도 및 자기장의 3성분을 나타내기 위해서 IDL 프로그램인 STANPLOT.PRO가 이용되었다. 입력자료는 모의실험 결과인 EARTH.DAT이다. SOLWIND.PAR 파일에 규정된대로 ITYPE = 1 이면 자기장의 3성분으로 혹은 ITYPE = 2 인 경우 자기장의 크기와 두 개의 각을 이용해서 나타낸다. 그림 3-3은 1993년 11월초 발생한 자기폭풍 기간중 지구의 위치에서 예측된 태양풍의 속도, 밀도 및 행성간 자기장의 3성분의 변화를 보여주고 있다.

240	1993	11	2	0	1876	1.0	1						
	0.00	363.17			4.46		5.70	-6.66	0.00	4.26	324.13		
	1.00	363.20			4.46		5.70	-6.66	0.00	4.26	324.17		
	2.00	363.23			4.46		5.70	-6.66	0.00	4.25	324.21		
	3.00	363.23			4.46		5.60	-6.55	0.00	4.25	324.25		
	4.00	363.21			4.46		5.60	-6.54	0.00	4.25	324.30		
	5.00	363.18			4.46		5.60	-6.54	0.00	4.24	324.34		
	6.00	363.16			4.46		5.60	-6.55	0.00	4.24	324.38		
	7.00	363.14			4.46		5.60	-6.55	0.00	4.23	324.42		
	8.00	363.11			4.45		5.60	-6.55	0.00	4.23	324.46		
	9.00	363.09			4.45		5.60	-6.55	0.00	4.22	324.50		
	10.00	363.07			4.45		5.60	-6.55	0.00	4.22	324.55		
	11.00	363.04			4.32		5.60	-6.55	0.00	4.22	324.59		
	12.00	362.99			4.32		5.49	-6.42	0.00	4.21	324.63		
	13.00	362.91			4.32		5.46	-6.39	0.00	4.21	324.67		
	14.00	362.82			4.31		5.46	-6.39	0.00	4.20	324.71		
	15.00	362.73			4.31		5.46	-6.39	0.00	4.20	324.75		
	16.00	362.64			4.31		5.46	-6.40	0.00	4.19	324.80		
	17.00	362.55			4.30		5.46	-6.40	0.00	4.19	324.84		
	18.00	362.47			4.30		5.46	-6.40	0.00	4.19	324.88		
	19.00	362.38			4.30		5.46	-6.40	0.00	4.18	324.92		
	20.00	362.30			4.30		5.46	-6.41	0.00	4.18	324.96		
	21.00	362.22			4.29		5.46	-6.41	0.00	4.17	325.00		
	22.00	362.07			4.29		5.33	-6.26	0.00	4.17	325.05		
	23.00	361.93			4.28		5.34	-6.27	0.00	4.16	325.09		
	24.00	361.79			4.28		5.34	-6.27	0.00	4.16	325.13		
	25.00	361.65			4.28		5.34	-6.28	0.00	4.16	325.17		
	26.00	361.51			4.27		5.35	-6.28	0.00	4.15	325.21		
	27.00	361.38			4.27		5.35	-6.29	0.00	4.15	325.25		
	28.00	361.25			4.13		5.35	-6.30	0.00	4.14	325.30		
	29.00	361.12			4.13		5.36	-6.30	0.00	4.14	325.34		
	30.00	361.00			4.12		5.36	-6.31	0.00	4.13	325.38		
	31.00	360.86			4.12		5.27	-6.21	0.00	4.13	325.42		
	32.00	360.68			4.11		5.25	-6.19	0.00	4.13	325.46		
	33.00	360.51			4.11		5.26	-6.20	0.00	4.12	325.50		
	34.00	360.35			4.10		5.27	-6.21	0.00	4.12	325.54		
	35.00	360.20			4.10		5.28	-6.23	0.00	4.11	325.59		
	36.00	360.05			4.09		5.29	-6.24	0.00	4.11	325.63		
	37.00	359.91			4.09		5.30	-6.26	0.00	4.10	325.67		
	38.00	359.77			4.08		5.31	-6.27	0.00	4.10	325.71		
	39.00	359.64			4.08		5.32	-6.29	0.00	4.09	325.75		
	40.00	359.52			4.20		5.33	-6.30	0.00	4.09	325.79		
	41.00	359.38			4.07		5.25	-6.21	0.00	4.09	325.84		
	42.00	359.24			4.07		5.27	-6.24	0.00	4.08	325.88		
	43.00	359.11			4.06		5.29	-6.26	0.00	4.08	325.92		
	44.00	358.99			4.06		5.31	-6.29	0.00	4.07	325.96		
	45.00	364.34			4.18		5.33	-6.32	0.00	4.07	326.00		
	46.00	446.20			5.55		32.30	-23.89	0.00	4.06	326.04		

표 3-7 EARTH.DAT의 일부분으로 첫째 줄에는 모의수치실험 총시간수, 연도, 월, 일, 시, Carrington 회전수, 태양-지구간의 거리 그리고 자기장 표현방법이 기록되어 있다. 다음 각 줄에는 모의실험시간, 태양풍의 속도(km/sec), 밀도($\text{개}/\text{cm}^3$), 자기장의 3성분 그리고 지구의 위도와 경도값이 수록되어있다.

NOV, 1993

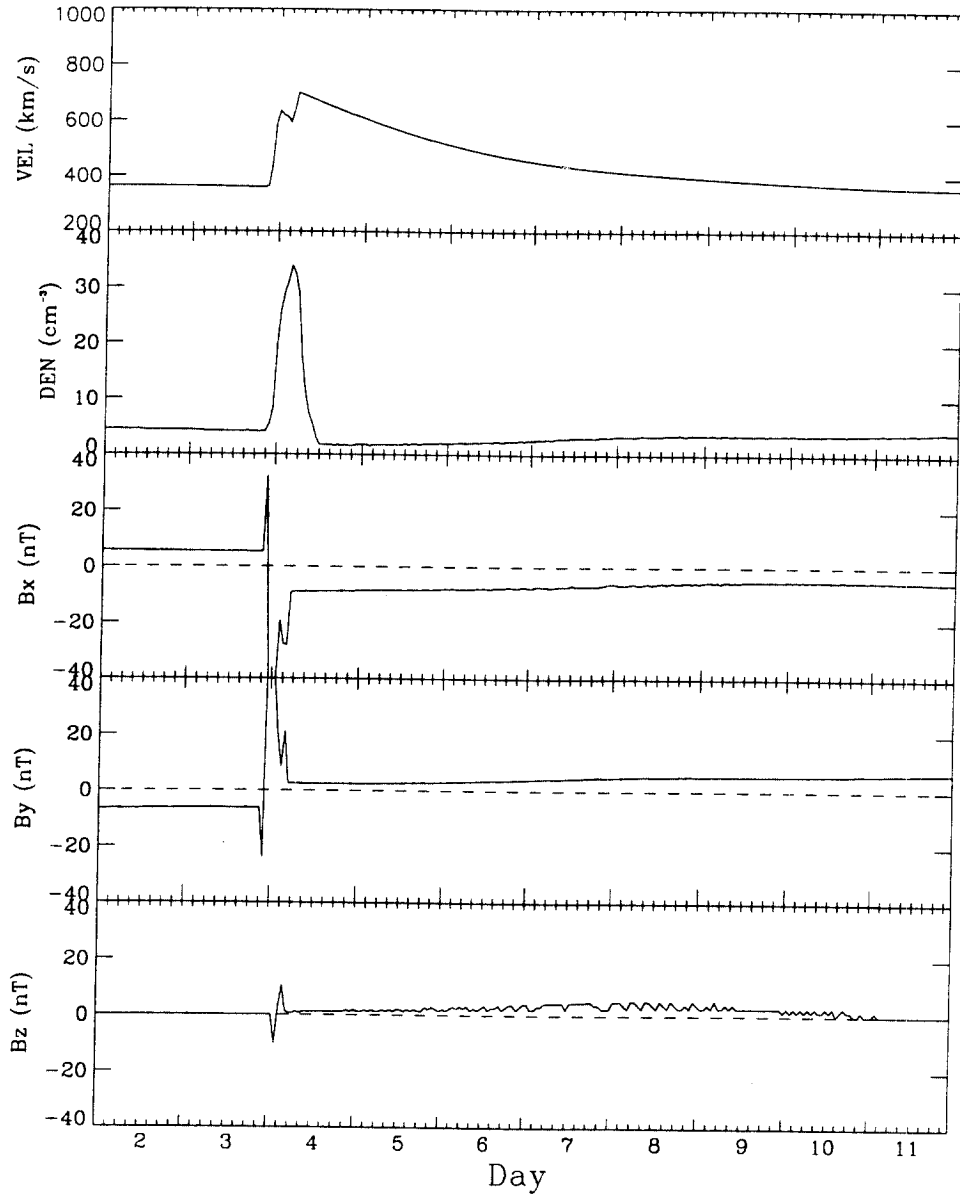


그림 3-3 1993년 11월초에 일어난 자기폭풍 기간동안 1 AU 위치에서 예측된 태양풍의 속도, 밀도 및 행성간자기장의 3성분 (Bx, By, Bz).

4. 단 계 4

본 모의실험은 크게 두 부분으로 나눌 수 있다. 첫 부분은 II α 선에 의한 태양면의 플레어 관측으로부터 그 교란상태가 지구에 도달했을 때 나타나게 될 태양풍의 속도와 밀도 그리고 그 속에 내재해 있는 행성간자기장을 예측하는 것이다. 단계 3까지가 여기에 속한다. 일단 태양풍이 지구에 도달하면 지구의 자기권과 상호작용을 일으켜 자기권 내부 및 극지방 전리층에 다양한 현상을 유발하게 된다. 단계 4에서는 태양풍과 자기권의 상호작용으로 인하여 태양풍 에너지가 얼마만큼 지구자기권 내부로 유입되는지를 계산한다. 이를 위해서 Akasofu (1981)는 태양풍 - 자기권 다이나모 (dynamo) 출력값 혹은 energy-coupling function이라 불리우는 Epsilon (ϵ) 함수를 고안해 냈다 (제 1 장 참조). 일단 Epsilon 값이 계산되면 이제까지 연구된 ϵ 과 지구-태양계의 우주환경에 관한 여러 물리량사이의 경험관계들을 이용해서 극단횡단전위차, AE 및 Dst지수, 태양풍에너지의 유입으로 인한 극지방 상층대기에서의 에너지소모량 그리고 여기에 수반되어 일어나는 열권의 기온상승 등을 추정하게 된다.

CALCPAR.F 프로그램의 입력자료는 EARTH.DAT이고 subroutine EPSILON을 통해서 ϵ 을 계산한다. 표 8에 일부가 소개된 출력파일 CALCPAR.DAT의 첫째 줄에는 ITYPE를 제외하고는 EARTH.DAT와 동일한 정보를 수록하고 있다. 그 이하 실제 자료 부분은 왼쪽 열에서부터 모의수치실험 진행시간 (HR), Epsilon 값 (DATA(3)), 극관횡단전위차 (DATA(7)), 환전류의 발달로 인하여 적도지방에서 예상되는 지자기 H성분의 감소량 (CDATA(1)),

240	1993	11	2	0	1876	1.00						
0.00	0.1388E+19	78.55	204.60			0.00	2.15	0.5934E+18	229.			
1.00	0.1389E+19	78.55	204.61			-6.56	2.15	0.5934E+18	229.			
2.00	0.1389E+19	78.55	204.62			-11.48	2.15	0.5934E+18	229.			
3.00	0.1342E+19	77.15	200.60			-14.95	2.13	0.5817E+18	222.			
4.00	0.1340E+19	77.08	200.39			-17.54	2.13	0.5811E+18	222.			
5.00	0.1339E+19	77.08	200.38			-19.49	2.13	0.5811E+18	222.			
6.00	0.1342E+19	77.14	200.58			-20.95	2.13	0.5817E+18	222.			
7.00	0.1342E+19	77.14	200.57			-22.06	2.13	0.5816E+18	222.			
8.00	0.1342E+19	77.14	200.56			-22.90	2.13	0.5816E+18	222.			
9.00	0.1341E+19	77.14	200.55			-23.52	2.13	0.5816E+18	222.			
10.00	0.1341E+19	77.13	200.55			-23.99	2.13	0.5816E+18	222.			
11.00	0.1341E+19	77.13	200.54			-24.60	2.13	0.5816E+18	222.			
12.00	0.1289E+19	75.52	195.94			-24.62	2.10	0.5682E+18	215.			
13.00	0.1275E+19	75.11	194.78			-24.57	2.09	0.5649E+18	213.			
14.00	0.1275E+19	75.10	194.76			-24.55	2.09	0.5648E+18	213.			
15.00	0.1275E+19	75.09	194.73			-24.52	2.09	0.5647E+18	213.			
16.00	0.1277E+19	75.15	194.90			-24.51	2.09	0.5652E+18	213.			
17.00	0.1276E+19	75.14	194.88			-24.53	2.09	0.5651E+18	213.			
18.00	0.1276E+19	75.13	194.85			-24.52	2.09	0.5651E+18	213.			
19.00	0.1276E+19	75.12	194.82			-24.51	2.09	0.5650E+18	213.			
20.00	0.1278E+19	75.19	195.00			-24.52	2.09	0.5655E+18	213.			
21.00	0.1278E+19	75.18	194.98			-24.54	2.09	0.5654E+18	213.			
22.00	0.1218E+19	73.29	189.65			-24.27	2.06	0.5500E+18	204.			
23.00	0.1221E+19	73.41	189.98			-24.10	2.06	0.5510E+18	205.			
24.00	0.1221E+19	73.39	189.94			-23.96	2.06	0.5508E+18	205.			
25.00	0.1223E+19	73.45	190.10			-23.86	2.06	0.5513E+18	205.			
26.00	0.1224E+19	73.50	190.23			-23.82	2.06	0.5517E+18	205.			
27.00	0.1226E+19	73.55	190.39			-23.78	2.06	0.5521E+18	205.			
28.00	0.1228E+19	73.61	190.56			-24.06	2.07	0.5526E+18	206.			
29.00	0.1229E+19	73.66	190.69			-24.05	2.07	0.5530E+18	206.			
30.00	0.1231E+19	73.72	190.85			-24.08	2.07	0.5535E+18	206.			
31.00	0.1191E+19	72.43	187.26			-23.90	2.04	0.5431E+18	200.			
32.00	0.1182E+19	72.15	186.47			-23.74	2.04	0.5408E+18	199.			
33.00	0.1186E+19	72.26	186.79			-23.63	2.04	0.5417E+18	199.			
34.00	0.1189E+19	72.38	187.11			-23.59	2.04	0.5426E+18	200.			
35.00	0.1195E+19	72.57	187.64			-23.57	2.05	0.5441E+18	201.			
36.00	0.1199E+19	72.69	187.96			-23.59	2.05	0.5451E+18	201.			
37.00	0.1205E+19	72.87	188.49			-23.62	2.05	0.5466E+18	202.			
38.00	0.1208E+19	72.99	188.82			-23.69	2.05	0.5476E+18	203.			
39.00	0.1214E+19	73.18	189.36			-23.75	2.06	0.5491E+18	204.			
40.00	0.1218E+19	73.30	189.69			-23.56	2.06	0.5501E+18	204.			
41.00	0.1182E+19	72.15	186.48			-23.72	2.04	0.5408E+18	199.			
42.00	0.1192E+19	72.48	187.38			-23.68	2.05	0.5434E+18	200.			
43.00	0.1200E+19	72.73	188.08			-23.71	2.05	0.5454E+18	202.			
44.00	0.1210E+19	73.05	188.99			-23.76	2.06	0.5481E+18	203.			
45.00	0.1239E+19	73.97	191.55			-23.42	2.07	0.5555E+18	207.			
46.00	0.3583E+20	408.81	1064.64			-76.11	7.52	0.3087E+19	1801.			

표 3-8 CALCPAR.DAT의 일부분으로 첫째 줄은 ITYPE을 제외하고는 EARTH.DAT와 동일하다. 그 이하 실제자료는 왼쪽으로부터 모의수치실험 진행시간(HR), Epsilon(DATA(3), 극관횡단전위차(DATA(7)), 적도지방에서의 H 성분변화(CDATA(1)), AE지수(CDATA(2)), Q지수, 극전리층에서의 소모에너지량(ES) 및 열권의 온도증가(DT)를 나타낸다.

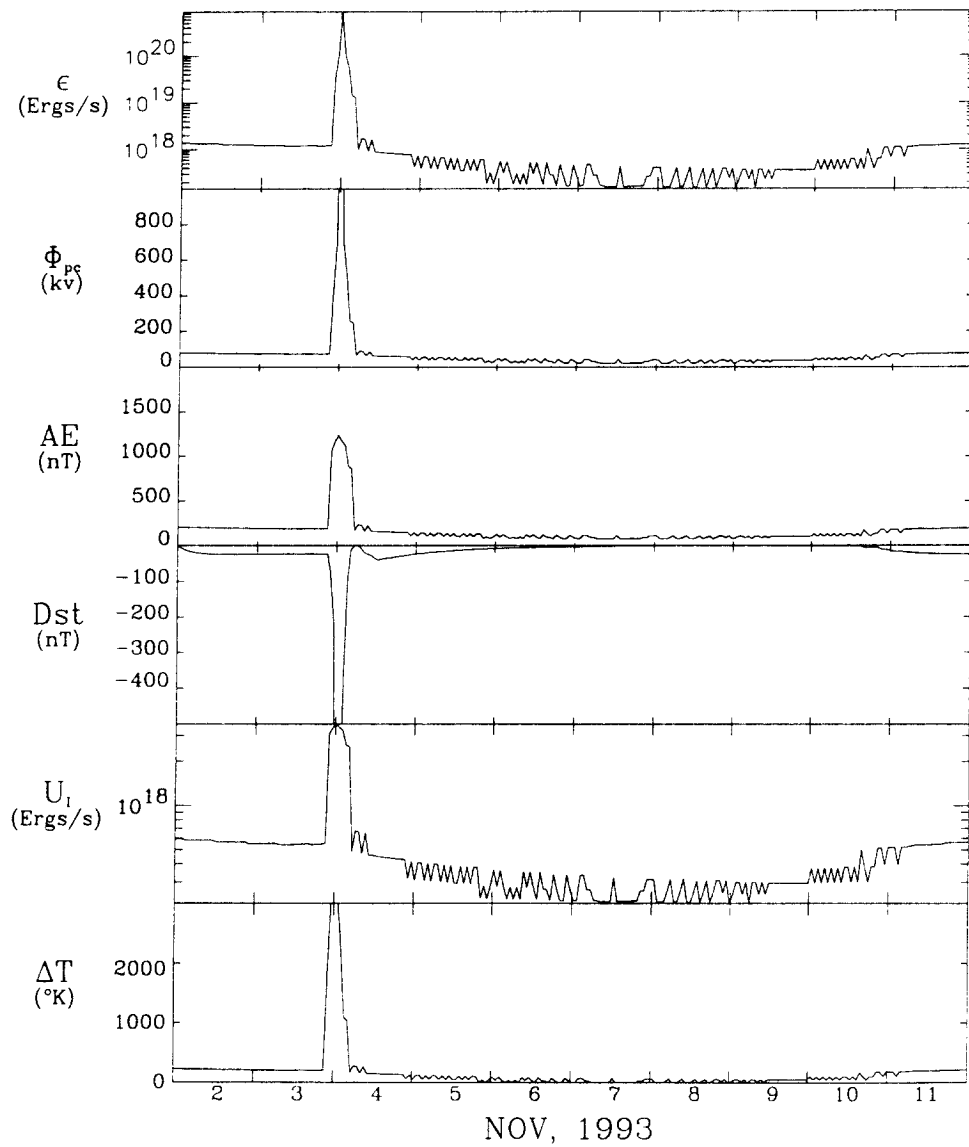


그림 3-4 1993년 11월초 자기폭풍기간중 지구의 위치에서 예측된 태양풍-자기권 다이نام오 값(ϵ), 극관횡단전위차, AE 및 Dst 지수, 극전리층에서 소모되는 총에너지양과 열권의 온도증가를 시간의 함수로 나타냈다.

AE지수 (CDATA(2)), Q지수 (Q), 극지방에서 소모되리라 예상되는 총에너지량 (ES) 및 상층대기로의 에너지유입에 따른 열권의 온도증가량 (DT)이 차례로 기록되어 있다. 여기서 CDATA(1)은 환전류 지수인 Dst지수를 나타내며 subroutine CALDAT를 통해서 구해진다. 그림 3-4는 CALCPAR.F를 통해서 얻어진 값 중에서 Q지수를 제외하고 모두 나타낸 것이다. 이를 위해서 IDL 프로그램인 CALCPLOT.PRO가 이용되었다.

5. 단 계 5

단계 5를 통해서 태양면에서 발생한 플레어가 행성간공간을 전파해 나갈 때 야기되는 행성간자기장의 변형된 상태를 황도면에 나타낸다. ECPLLOT.F의 입력자료는 STARTIME.PAR, FLARE.PAR, SOURCEVEL.PAR, SOURCEFLD.PAR 및 ECPLLOT.PAR이다. ECPLLOT.PAR은 천문단위로 나타낸 그림을 그릴 범위 (AUL), 첫 모의실험 실시시간 (JTS), 마지막 모의실험 실시시간 (JTE) 그리고 JTS 와 JTE 사이의 시간증가 간격 (JTINC)로 구성되어 있다. 본 연구의 경우는 다음과 같다.

2 00 84 12

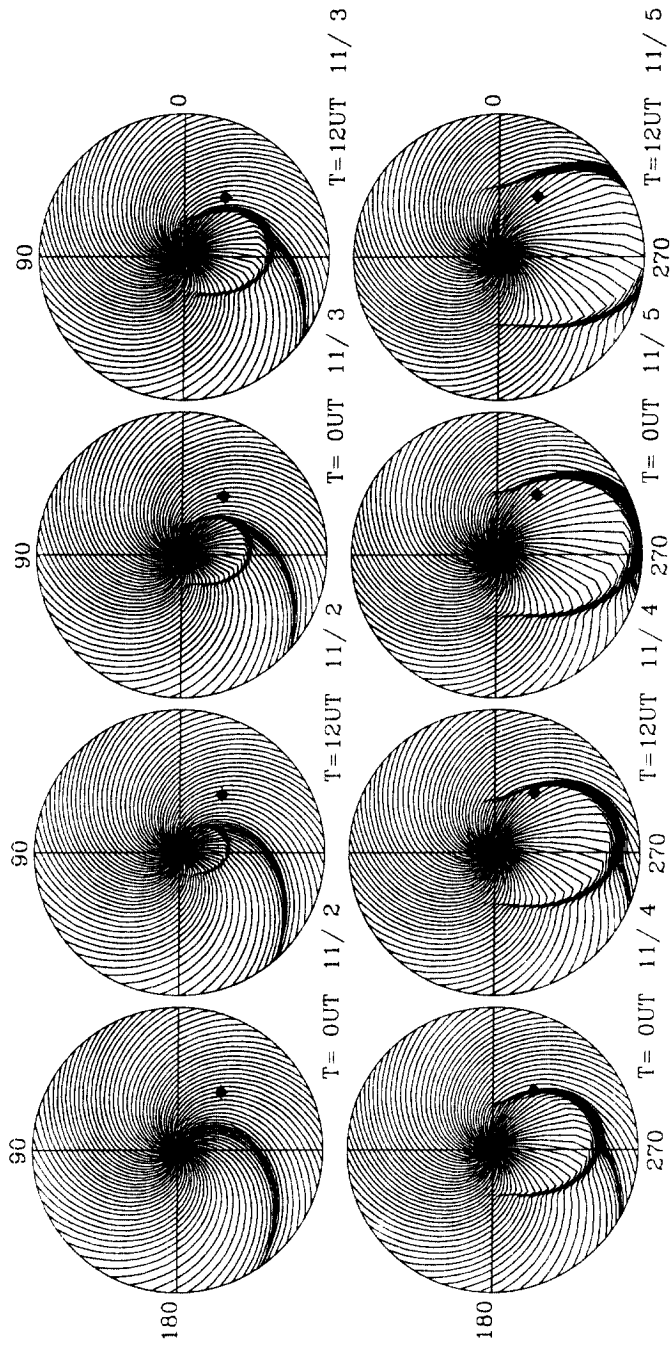
출력파일인 ECPLLOT.DAT은 플레어에 수반된 교란상태가 매 12시간 마다 진행된 상황을 기술하게 된다. 따라서 ECPLLOT01.DAT는 모의수치실험 시작후 처음 12시간 동안 전파된 모양에 관한 자료를 수록하고 있다. 표 3-9에서 ECPLLOT01.DAT의 첫부분

2	1993	11	2	0
6.08	-4.39			
0.57	0.00	0.00	0.00	0.00
1.12	0.00	0.57	0.05	
1.70	0.00	1.13	0.10	
2.29	0.00	1.71	0.15	
2.89	0.00	2.31	0.20	
3.49	0.00	2.90	0.25	
4.08	0.00	3.49	0.31	
4.66	0.00	4.07	0.36	
5.23	0.00	4.64	0.41	
5.79	0.00	5.20	0.45	
6.33	0.00	5.74	0.50	
6.86	0.00	6.27	0.55	
7.38	0.00	6.79	0.59	
7.90	0.00	7.32	0.64	
8.43	0.00	7.85	0.69	
8.97	0.00	8.38	0.73	
9.52	0.00	8.93	0.78	
10.08	0.00	9.49	0.83	
10.67	0.00	10.08	0.88	
11.27	0.00	10.68	0.93	
11.90	0.00	11.30	0.99	
12.54	0.00	11.94	1.04	
13.19	0.00	12.58	1.10	
13.82	0.00	13.21	1.16	
14.44	0.00	13.82	1.21	
14.42	1.26	15.00	0.09	
0.57	0.05	0.00	0.00	
1.13	0.10	0.57	0.10	
1.71	0.15	1.13	0.20	
2.31	0.20	1.70	0.30	
2.90	0.25	2.29	0.40	
3.49	0.31	2.88	0.51	
4.07	0.36	3.45	0.61	
4.64	0.41	4.02	0.71	
5.20	0.45	4.57	0.81	
5.74	0.50	5.11	0.90	
6.27	0.55	5.64	0.99	
6.79	0.59	6.17	1.09	
7.32	0.64	6.69	1.18	
7.85	0.69	7.21	1.27	
8.38	0.73	7.74	1.37	
8.93	0.78	8.29	1.46	
9.49	0.83	8.84	1.56	
10.08	0.88	9.42	1.66	
10.68	0.93	10.01	1.76	

표 3-9 ECPlot.DAT의 일부분으로 첫째 줄의 '2'는 모의수치실험의 범위인 2 AU를 그리고 나머지는 모의실험 진행시간을 나타낸다. 둘째 줄은 황도면과 일치하는 X-Y 좌표면상에서의 지구의 위치 그리고 나머지 자료는 태양면에서 출발한 하전입자 혹은 자기장의 분포를 나타낸다. 태양자기장은 하전입자에 동결되어 있으므로 (frozen-in) 하전입자의 운동이나 자기장의 운동은 동일하다.

Nov 2- 6, 1993

2 AU



• Earth location

그림 3-5 태양플레어에 의해 교란된 행성간자기장이 황도면을 가로질러 전파해 나가는 모습. 바깥 원은 태양에서 2 천문단위 (AU)의 범위를 그리고 별표는 지구의 위치를 나타낸다. 각 페널은 매 12시간 마다의 모의실험결과를 나타냄.

을 예로 인용하였다. 여기서 첫째 줄에 나타난 '2'는 모의수치실험의 범위가 2 AU까지임을 나타내고 나머지 정보는 모의수치실험의 시작시간을 나타낸다. 둘째 줄은 황도면에 위치시킨 X-Y 좌표상에서의 지구의 위치를 나타내며 그 이하 자료들은 태양면에서 출발한 하전입자 혹은 자기장의 위치변화상태를 나타낸다. 태양 코로나와 같이 희박한 기체인 경우 여기에 수반된 태양 자기장은 하전입자에 동결 (frozen-in) 되어 있으므로 하전입자의 운동이나 자기장의 운동은 동일하다. 그림 3-5은 태양플레어에 의해 교란된 행성간 자기장 혹은 하전입자가 황도면을 가로질러 전파해 나가는 모습을 나타낸 것이다. 각 페널의 바깥 원은 태양으로부터 2 천문단위가 되는 범위를 나타내며 별표는 지구의 위치를 나타낸다. 그리고 각 페널들은 플레어발생 후 매 12시간 마다 모의수치실험의 결과를 84시간이 될 때까지 보여주고 있다.

제 3 절 관측치와의 비교

본 모의수치실험의 결과를 실제 관측치 혹은 기타 추정방법에 의해 얻어진 값과 비교해 볼 필요가 있다. 그림 3-6은 일본의 태양관측 인공위성인 Yohkoh로부터 촬영된 태양의 연 X-선 영상이다. 11월초 발생한 자기폭풍 기간동안 태양활동이 왕성했음을 보여주고 있다. 그림 3-7 역시 일본의 인공위성인 Geotail이 관측한 태양풍자료이다. 이 관측이 진행될 때 Geotail은 지구로부터 지구 반경의 약 210 R_E 정도 떨어진 태양과 정반대 방향인 지구의 자기권꼬리 속에 위치하고 있었다. 그림의 처음 3개 페널은 행성간자

November 1, 1993, 04:55UT.



그림 3-6 일본의 인공위성 Yohkoh가 1993년 11월 1일 04:55 UT
에 촬영한 태양의 연 X-선 영상.

November 2-11, 1993

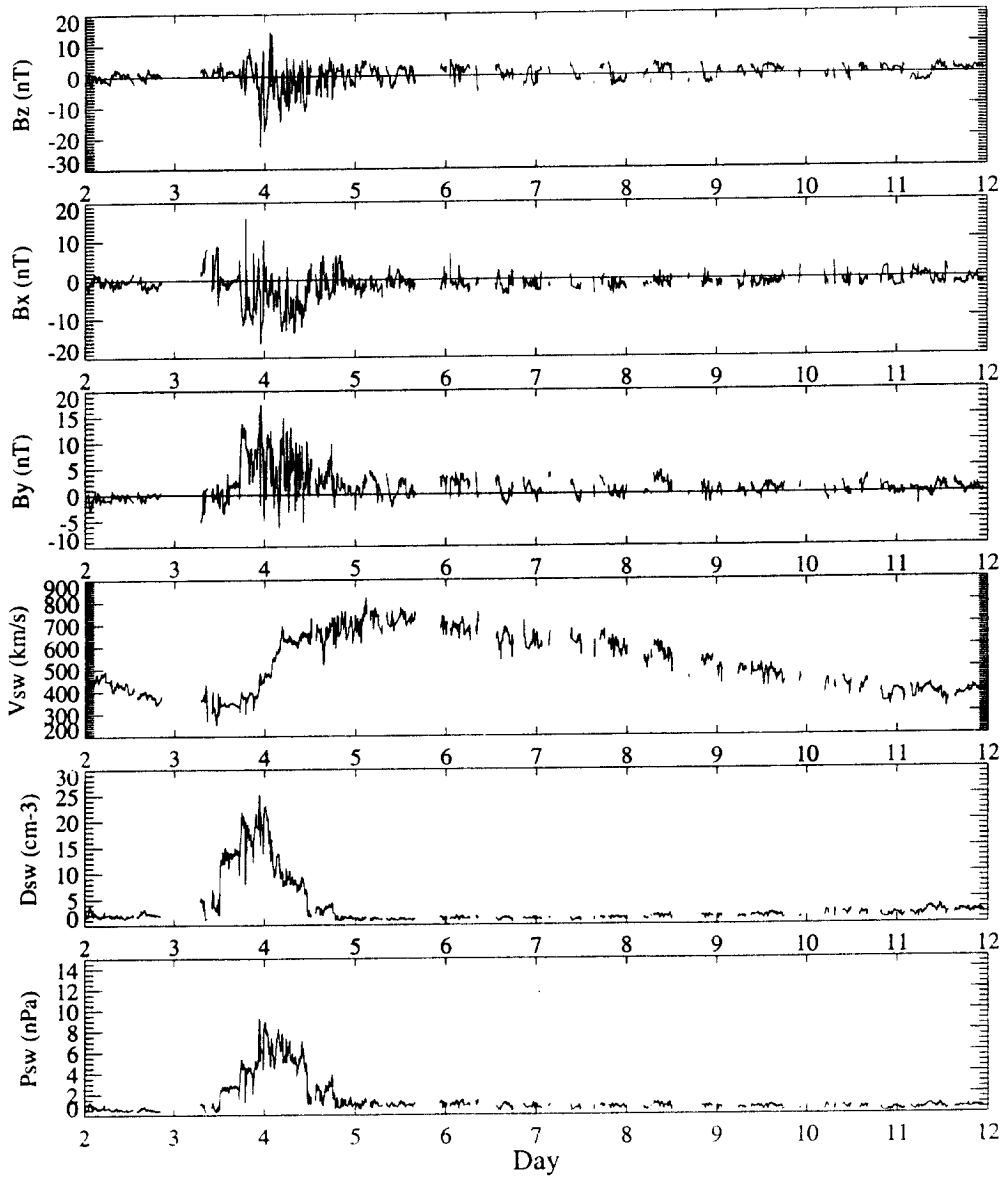


그림 3-7 지구로부터 약 $120 R_E$ 떨어진 자기권꼬리 영역에서 일본의 인공위성 Geotail이 관측한 행성간자기장의 3성분과 태양풍의 속도, 밀도 및 압력의 변화.

기장의 B_x , B_y 및 B_z 성분의 변화를 보여주며 이하 3개 패널은 각각 태양풍의 속도, 밀도 및 압력을 나타내고 있다. 지구자기권에 큰 영향을 미친 것으로 생각되는 요소는 11월 3일에서 4일 초에 걸쳐 관측된 -20 nT 이상의 남쪽으로 향한 B_z 성분이다.

비록 본 모의수치실험에서 구하고자 하는 물리량에 직접적인 영향은 미치지지는 않지만 행성간자기장의 B_y 성분이 본 자기폭풍 기간동안 줄 곧 양의 값을 유지했기 때문에 극전리층에서 관측된 플라스마의 대류형태에도 그 영향이 반영되었을 것으로 생각된다. 한편 태양풍의 속도는 11월 3일까지는 400 km/sec 정도의 보통

수준을 유지하다가 4일부터 증가하기 시작하여 최고로 800 km/sec를 기록했다. 수일간 그러한 수준을 유지하다가 11일 이후에 마침내 정상속도를 회복하게 되었다. 태양풍의 밀도는 11월 3일 중반부터 갑자기 증가해서 3일 자정부근에는 20 개/cm³ 이상을 기록하고 곧 보통 수준으로 회복되었다. 따라서 11월 3일과 4일에 걸쳐 지구근방에서 관측된 고밀도이며 대규모의 남쪽을 향한 B_z 성분을 지닌 태양풍이 자기폭풍을 야기시킨 것으로 생각된다.

그림 3-8은 북반구에 위치한 78개 지자기관측소에서 관측된 지자기의 수평성분의 변화량 (ΔH)으로 구한 오로라제트 전류지수인 AE(78)를 나타내며 아랫 쪽 패널은 중위도지방에 위치한 지자기관측소에서 관측된 지자기의 수평성분의 변화량으로부터 구한 환전류지수인 Dst지수이다. AE지수의 경우 11월 4일을 시작으로 1500 nT를 상회하는 급격한 증가를 보여준다. 이것은 극지방 전리층에 강력한 오로라제트전류가 발달하고 있음을 의미한다. 비록

여러 차례에 걸쳐 간헐적인 감소가 일어나지만 그 후 10여일간 꾸준히 큰 값을 유지하였다. Dst지수의 변화로부터 11월 3일 정오(UT시간) 무렵 고밀도의 태양풍이 자기권 전면을 압축하므로써 일어나는 급시(急始; storm sudden commencement; SSC) 현상을 확인할 수 있다. 갑작스런 태양풍압력의 증가로 자기권전면이 압축된다. 이로 인하여 지상, 특히 자기적도로부터 중위도에 이르러는 지방에서 H성분의 증가(북쪽성분)를 관측하게된다. 이것이 곧 Dst지수의 증가로 이어진다. 11월 3일 중반부 이후에 잠시 기록된 양의 방향으로의 Dst지수의 증가가 바로 이것 때문에 유발된 현상이다. 그후 전형적인 자기폭풍의 발달 순서에 따라 급격한 Dst지수의 증가(음의 값)가 일어나 자기폭풍은 主相(main phase)의 시기로 접어든다. 4일 정오경 극대기(maximum phase)를 거쳐 서서히 회복상(recovery phase)에 이른다. Dst지수가 최대 -100 nT 이상을 기록했기 때문에 이번 자기폭풍은 주요폭풍(major storm) 급으로 분류될 수 있다.

태양풍과 지구자기권의 상호작용의 정도를 반영하는 또 하나의 중요한 물리량은 극관횡단전위차(cross-polar cap potential difference; Φ)이다. 이것은 자기권 내부에서 일어나는 대규모의 플라스마 대류현상을 직접 반영하는 양이다. 이 값은 극지방전역에서 전리층의 전기장의 세기를 동시에 측정하면 얻을 수 있는 값이지만 관측소의 부족으로 현실적으로 불가능한 일이다. 현재 지자기기록역전방법(magnetogram inversion method)을 통해서 가장 신빙성이 있는 추정이 가능하다. 여기에는 KRM방법(Kamide et al., 1981) 및 AMIE 방법(Richmond and Kamide, 1988) 등이 이용되는데 모두 지상 지자기변화기록을 입력으로하여 극전리층

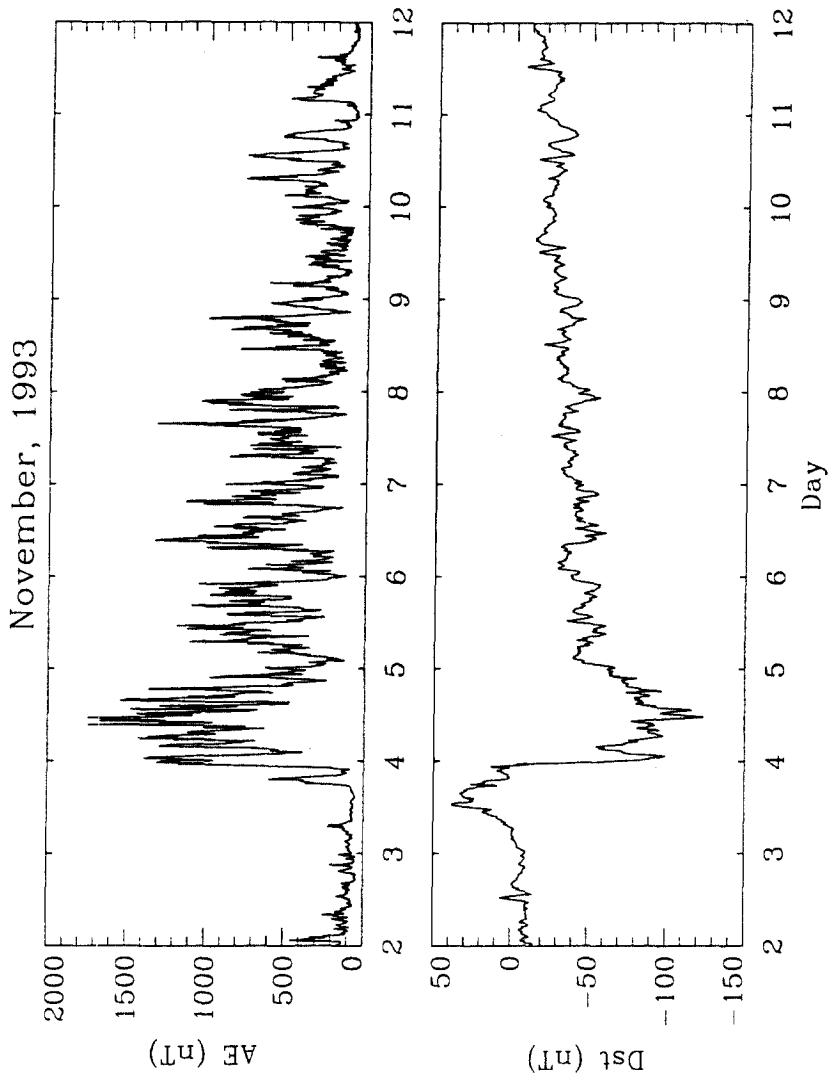


그림 3-8 북반구 고위도지방에 위치한 78개 지상 지자기관측소에서 관측된 지자기의 수평성분의 변화로 작성된 AE지수 및 중위도지방에 위치한 27개 관측소의 관측결과로 추정된 Dst지수 (Knipp et al., 1998).

전역의 전위, 전류 그리고 연자기력선전류 (field-aligned current; FAC) 등의 분포를 추정한다. 일단 전위분포가 얻어지면 주로 아침영역에 위치하는 양의 전위셀 (positive electric potential cell)과 저녁영역에 위치하는 음의 전위셀의 최대 및 최소값의 차이로 극관횡단전위차 값을 결정한다.

참고로 그림 3-9에서 3-13은 Ahn et al. (1998)가 개발한 전리층 전기전도도모델을 KRM방법에 적용한 결과이다. 여기에 사용된 지상 지자기변화기록은 북반구에 위치한 104개 지자기관측소에서 자기폭풍기간인 1993년 11월 3일 2335 UT에 측정된 것이다. 먼저 그림 9는 Hall 전기전도도분포이다. 밤쪽 (그림의 하단부) 오로라영역을 따라 전기전도도가 높은 영역 (최고 50 mho)이 형성되어 있음을 알 수 있다. KRM방법으로 계산된 동일 시각의 전위 (electric potential) 분포를 그림 3-10에 나타냈다. 이 경우 양의 전위셀 (실선)의 최대 전위값은 60 kV이고 음의 전위셀 (점선)의 경우 -58 kV이므로 극단횡단전위차 (ϕ)는 그 차이인 118 kV가 되는 셈이다. 그림 3-11은 동일 시각에 극전리층을 흐르는 수평전류 (horizontal ionospheric current)의 분포이다. 이미 지적인 바와 같이 오로라타원체를 따라 저녁영역에는 동쪽으로 흐르는 동향제트전류 (eastward auroral electrojet)와 아침 및 자정부근영역에서는서쪽으로 흐르는 서향제트전류 (westward auroral electrojet)가 잘 발달되어 있음을 알 수 있다. 이들이 바로 AE지수를 증가시킨 요인이 되었다 (그림 3-8참조). 수평전류의 발산을 취하여 얻은 연자기력선전류 (field-aligned current; FAC)의 분포는 그림 3-12에 나타냈다.

HALL CONDUCTIVITY

2335 1103

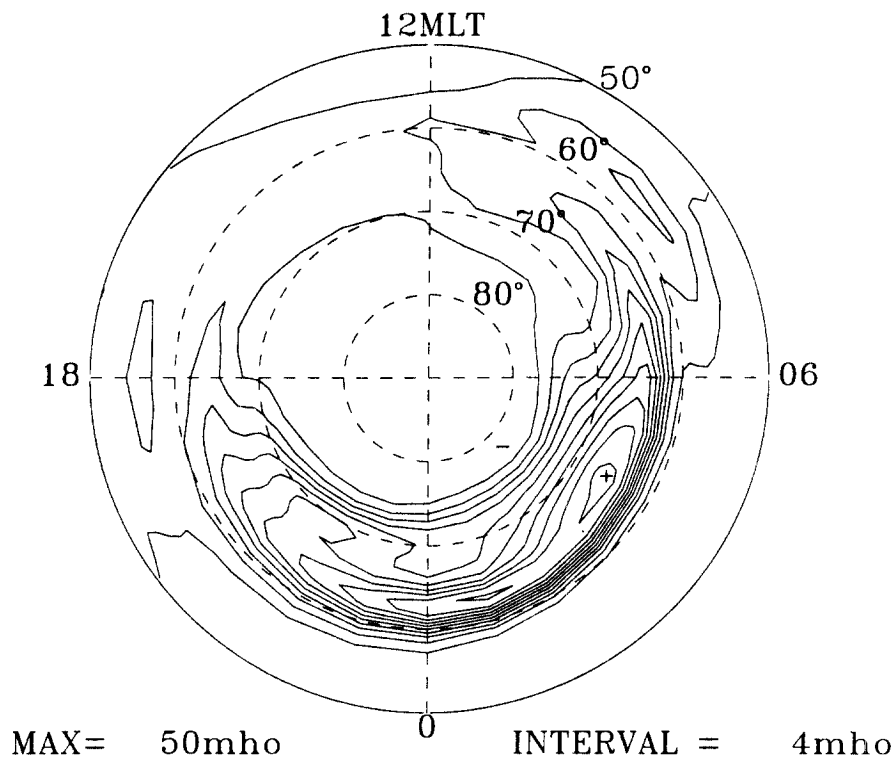


그림 3-9 Ahn et al. (1998)가 개발한 전기전도도모델로부터 추정된 1993년 11월 3일 2335 UT의 Hall 전기전도도분포이며 단위는 mho이다.

ELECTRIC POTENTIAL

2335 1103

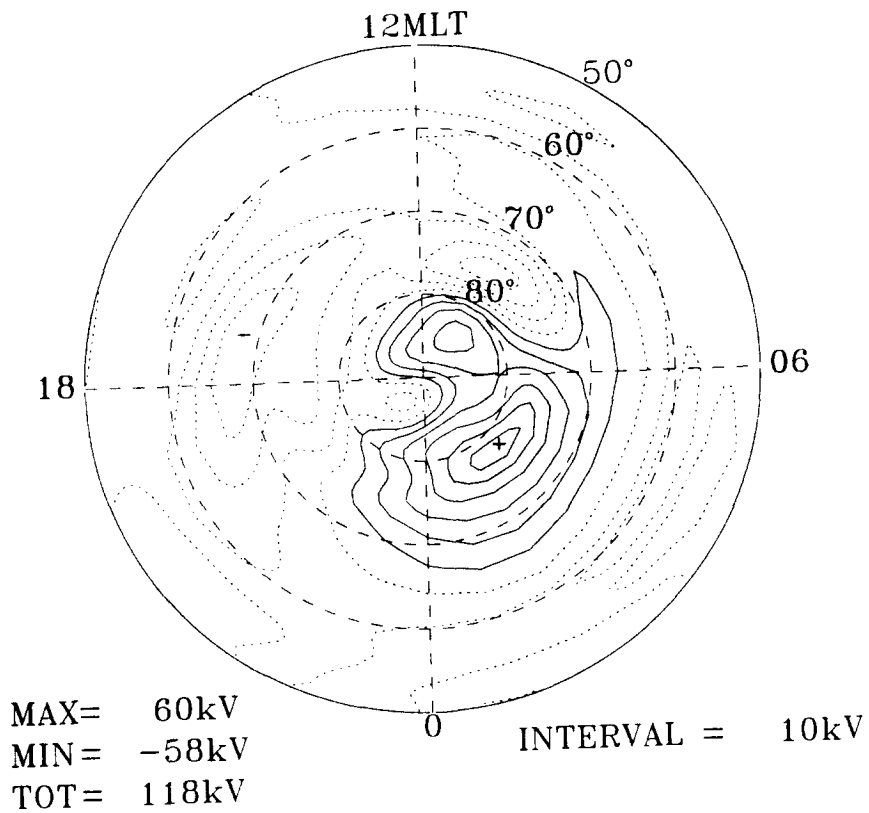


그림 3-10 KRM방법으로 계산된 그림 3-9과 같은 시각의 전위분포이며 단위는 kV이다.

IONOSPHERIC CURRENT

2335 1103

12MLT

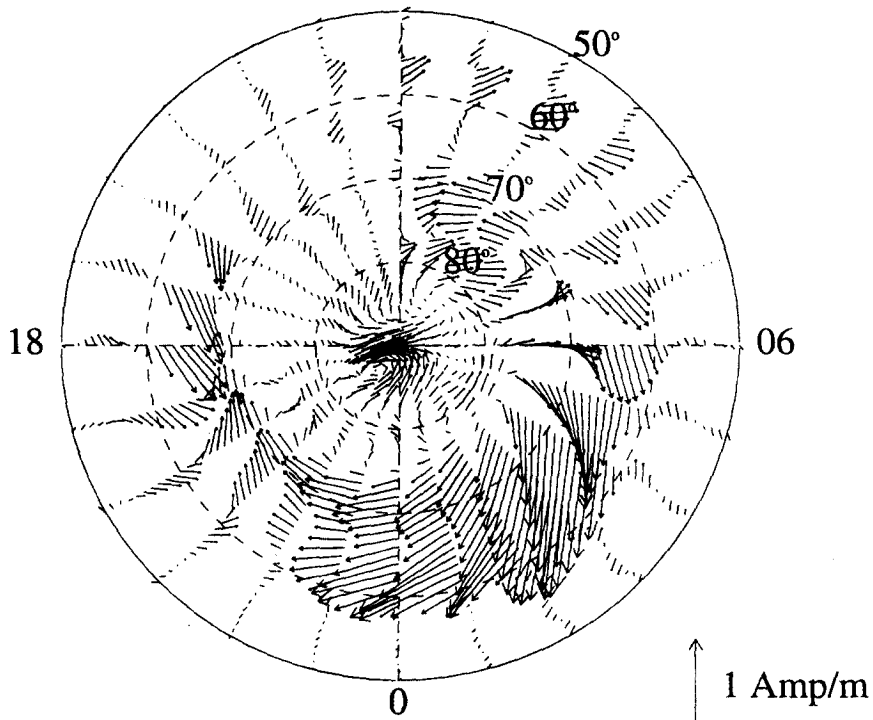


그림 3-11 KRM방법으로부터 계산된 그림 3-9와 같은 시각의 극 전리층을 흐르는 수평전류분포이며 단위는 A/m이다.

Iijima and Potemra (1976)가 발표한 것과 같이 영역 1 전류 및 영역 2 전류 (Region 1 current; Region 2 current)가 잘 발달되어 있음을 알 수 있다. 영역 1 전류대는 고위도지방에서는 아침영역에서는 자기권에서 극지방으로 유입되는 하향전류 (downward current; 실선)로 그리고 저녁영역에서는 극지방에서 자기권으로 유출되는 상향전류 (upward current; 점선)로 구성되어 있다. 반면 영역 2 전류대는 영역 1 전류대의 남쪽에 위치하며 전류가 흐르는 방향은 영역 1 과는 반대이다. 한편 그림 3-11과 같은 전류가 극 전리층을 따라 흐를 때, 특히 전기장방향으로 흐르는 Pedersen 전류의 경우, 마찰에 의한 Joule열이 발생하며 그 분포는 그림 18과 같다. 지자기위도 60° 이북에서 지자기극에 이르러는 전체 북반구 전리층에서 소모된 총열발생량은 이 경우 약 290 GW (gigawatt; GW)였다.

그림 3-14(a)에 11월초 자기폭풍기간 중 AMIE방법으로 구한 Φ 값의 분포가 수록되어 있다 (Knipp et al., 1998). 여기서 실선과 점선은 각각 북반구 및 남반구에서의 Φ 값을 나타낸다. 예상대로 11월 3일 후반부부터 Φ 값이 증가하기 시작하여 자기폭풍 극 대기에는 최대 150 kV에 가까운 값을 기록했다. 3일 자정 무렵 KRM방법으로 구한 Φ 값은 118 kV (그림 3-10 참조)였다. 전 자기폭풍 기간동안 Φ 의 변화양상은 거의 AE지수의 변화와 유사하다는 것을 알 수 있다. 이러한 두 양사이의 밀접한 상호관계는 이미 Ahn et al. (1984)에 의해 확인된 바 있다. (b)는 오로라전자의 유입으로 인한 극전리층의 Hall 전기전도도의 변화를 보여 주며 (c)는 전리층을 흐르는 수평전류 (j)의 발산 ($\nabla \cdot j$)을 취하므로써 얻어지는 연자기력선전류 (FAC)의 분포이다. 이들 물리량 모두 11

월 3일 후반부부터 급격히 증가함을 알 수 있다.

극전리층으로 전류가 발생하면 Joule열이 발생하게된다. 이것 역시 태양풍에너지의 일부가 극전리층에서 소모되는 예이다. (d)에 자기폭풍 전기간동안 북반구(실선) 및 남반구(점선) 전역에서 소모되는 총전력을 나타냈다. 자기폭풍 극대기에는 북반구 혹은 남반구 전체 전리층에서 일어나는 전력소모가 약 400 GW에 달했다는 것을 알 수 있다. 그러나 이 값은 지자기기록역전방법에 도입된 전기전도분포의 정확도에 따라 크게 달라질 수 있다. 유감스럽게도 아직까지 극전리층 전역에 걸친 실제 상태를 반영하는 순간 전기전도도분포를 추정하는 방법이 제안된 바 없다. 최근 Ahn et al. (1998)가 지상 지자기기록을 이용해서 극전리층 전역의 순간 전기전도도분포를 추정하는 방법을 발표한 바 있다. 따라서 Joule 열 발생의 경우 추정된 값 자체보다는 그 변화양상에 더 큰 의미를 두어야 할 것이다.

Ahn et al. (1998) 모델을 사용하여 구한 11월 3일 23:35 UT의 총 Joule열 발생량은 290 GW(그림 3-13 참조)였다. 따라서 KRM 이나 AMIE방법 모두 거의 비슷한 수준의 값을 예측했음을 알 수 있다. 극지방 전리층에는 Joule열 이외에 오로라입자들이 하강하면서 중성대기분자와 충돌할 때 에너지를 또한 잃게 된다. 그 에너지의 일부가 오로라를 발생시키는데 사용된다. (e)에 표시된 Hem Power (Hemispheric Power Input)는 이렇게 북반구 혹은 남반구의 극전리층 전역으로 유입되는 총에너지량을 나타낸다. 이 값은 극궤도를 선회하는 인공위성에서 측정된 하강전자 및 양성자속(flux)의 측정으로부터 추정할 수 있다(Fuller-Rowell and Evans,

FIELD-ALIGNED CURRENT

2335 1103

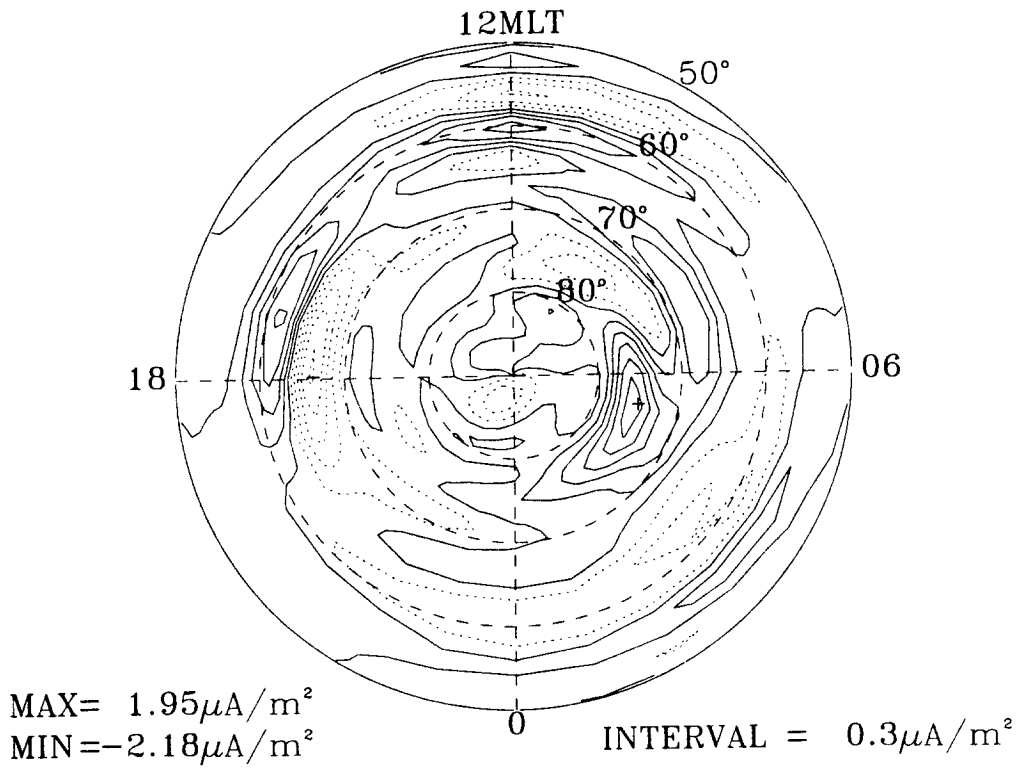


그림 3-12 수평전류분포 (그림 3-9)의 발산을 취하므로써 얻어진
 연자기력선전류의 분포이며 단위는 $\mu\text{A}/\text{m}^2$ 이다.

JOULE HEAT PRODUCTION RATE

2335 1103

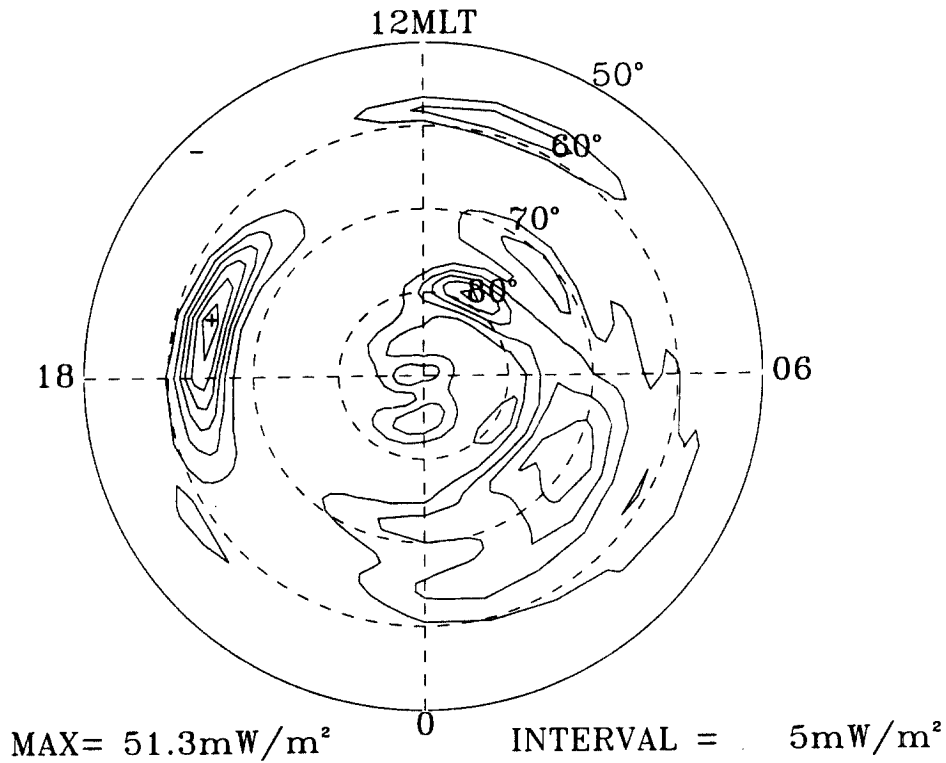


그림 3-13 수평전류 (그림 3-9)의 흐름으로 인하여 야기되는 Joule열 발생의 분포이며 단위는 mW/m² 이다.

2-11 November 1993 (AMIE —NH ..SH)

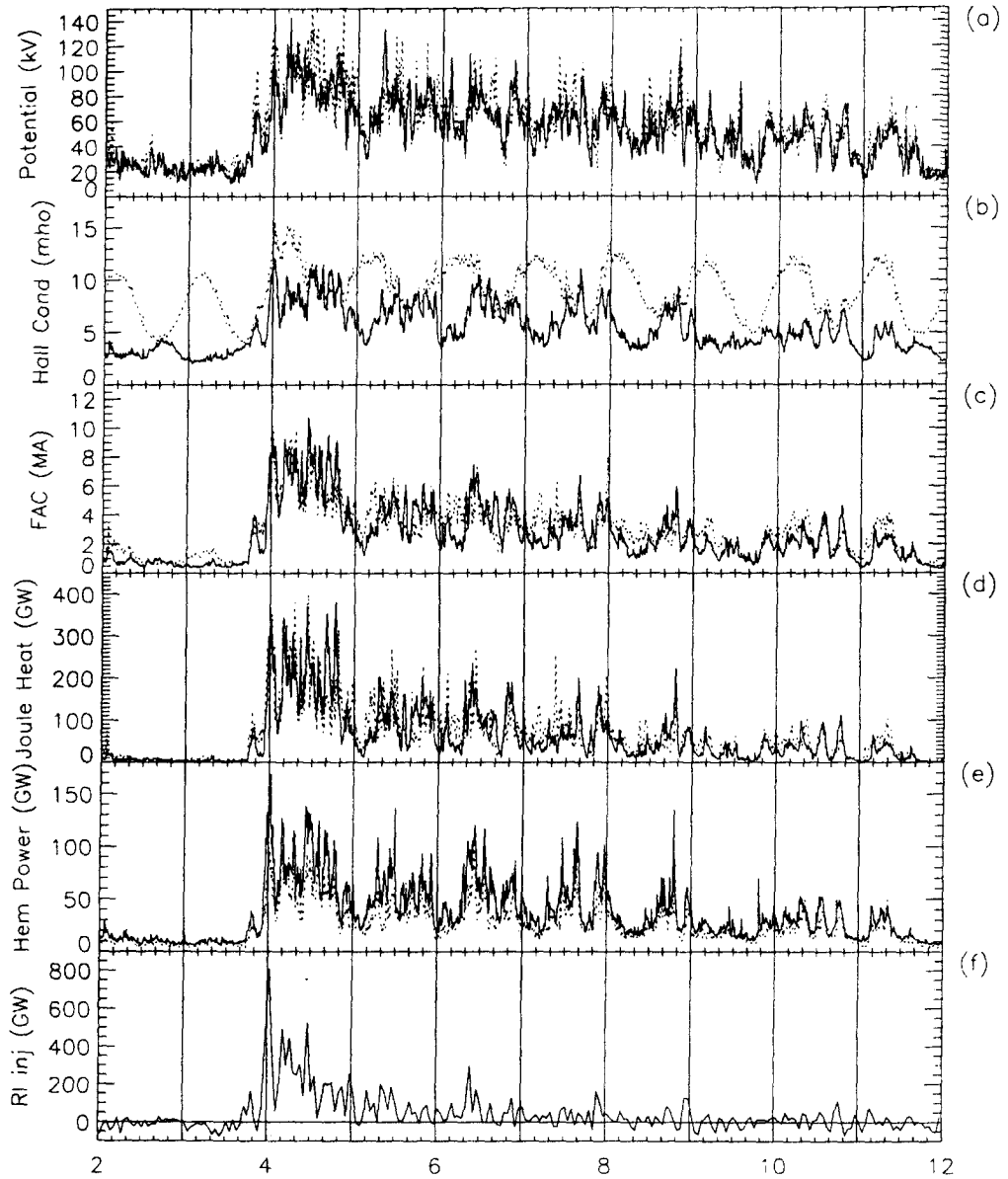


그림 3-14 AMIE방법으로 구한 (a) 극관횡단전위차, (b) Hall 전기전도도, (c) 연자기력선전류, (d) Joule열 발생량, (e) 에너지 유입량, (f) 환전류로 유입되는 에너지양.

1986). 그러나 이 방법으로는 정확한 에너지 유입량을 추정할 수 없다. 왜냐하면 극궤도 인공위성은 극지방 상공을 통과할 때 오로라타원체 (auroral oval)를 단지 두 번 가로지를 뿐이다. 따라서 이 때 얻어진 정보로 극지방 전역으로 유입되는 양을 추정해야하기 때문에 정확성을 기대할 수 없다. Ahn et al. (1998)는 지상 지자기변화기록으로부터 Hem Power 값을 간접적으로 추정하는 방법을 제안한 바 있다. 본 모의수치실험에서 극지방전역에서 소모되는 에너지총량이란 바로 Joule열발생량과 Hem Power를 합친 것을 의미한다. 끝으로 (f)는 환전류대를 야기시키는데 유입된 에너지총량을 나타낸다.

2. 모의수치실험 결과

Geotail에 의한 실제 행성간자기장의 관측치와 모의실험에서 추정된 IMF (그림 3-3) 분포를 비교하였다. 모의실험의 경우 태양풍의 속도는 11월 3일 중반에 약 700 km/sec 정도로 증가했다. 반면 실제 관측치 (그림 3-7)를 보면 태양풍의 속도증가는 4일부터 시작되어 5일 경에 최대가 되며 약 800 km/sec에 이른 후 완만히 감소하였다. 모의수치실험의 경우 최대치 도달시간이 약 하루정도나 빨리 예측된 셈이다. 밀도변화의 경우 최대치는 모의실험의 경우 $\sim 30\text{개}/\text{cm}^3$ 로 실측치 $\sim 20\text{개}/\text{cm}^3$ 보다 다소 높은 수준이었으나 최대치는 3일과 4일에 걸쳐 비슷한 시간대에 기록되었다. 밀도의 시간적인 변화모습은 예측치가 관측치보다 훨씬 급격한 변화를 나타냈다.

예측된 행성간자기장 모습은 실제 관측치와 다소 차이가 있음

을 알 수 있다. Bx 성분의 경우 3일 후반부터 상당한 크기의 변화를 보이고 있다. 그러나 전체적으로 특히 11월 4일은 음의 값으로 대표시킬 수 있다. 모의실험의 경우 3일 자정부근에서 큰 진폭의 변화가 일어난 후 4일 이후 음의 값을 유지하게 되었다. By 성분은 3일 자정 이후부터 양의 값을 나타냈다. Bz 성분은 관측치의 경우 3일 자정 무렵 남쪽을 향한 후 다소의 등락을 거듭하지만 4일은 남쪽을 향하는 경우가 많았다. 모의실험의 경우 역시 Bz 성분은 짧은 시간이나마 남쪽을 향한 후 다시 북쪽으로 방향을 바꾸었다. 그러나 그 크기와 방향이 관측치와는 상당한 차이가 있음을 알 수 있다.

모의수치실험으로부터 예측된 태양풍자료로부터 계산된 ϵ 값이 그림 3-4에 나타나 있다. 강력한 태양풍에 수반되어 11월 3일 후반부에 ϵ 값이 10^{20} ergs/sec 이상으로 급격히 증가하는 것을 볼 수 있다. Akasofu (1981)는 ϵ 값이 $\sim 10^{19}$ ergs/sec 이상으로 증가하면 자기폭풍이 예상된다고 했다. 극관형단전위차(Φ) 역시 ϵ 값과 더불어 증가함을 알 수 있다. 그러나 본 모의수치실험의 경우 최고치가 ~ 800 kV를 기록했는데 이 값은 AMIE방법에 의한 추정치 (그림 3-14 참조)인 ~ 150 kV 혹은 KRM방법에 의한 ~ 120 kV (그림 3-10 참조)보다 월등히 큰 값이다. 이것은 ϵ 과 Φ 사이의 관계를 규정한 제 2 장의 경험관계식에 문제가 있음을 의미한다. 이것은 향후 Ahn et al. (1984)가 발표한 경험관계식으로 대체할 예정이다.

예측치 AE지수는 실제 측정치보다 약간 과소평가 되었음을 알 수 있다. 반면 환전류지수 Dst지수는 실측치보다 4배 정도로

과장되었다. 최근 Sun et al. (1998)는 AE지수로부터 Dst지수를 추정할 수 있는 방법을 발표한 바 있다. 따라서 ϵ 과 AE지수 사이의 관계가 개선되면 Dst지수 예측에도 큰 진전이 있을 것으로 기대된다. Joule열과 오로라입자의 유입에 의한 에너지의 합인 U_I (ergs/sec)는 ϵ 값이 최대가 되었을 때 약 4×10^{18} ergs/sec 혹은 400 GW 로 추정된다. AMIE방법에 의한 추정치의 경우 약 500 GW 정도로 두 경우 비슷한 결과에 도달했다고 볼 수 있다. 열권의 온도 증가 역시 통상의 관측치 수준을 훨씬 상회하고 있다. 따라서 이 문제 역시 좀 더 연구가 필요한 부분으로 생각된다.

제 4 장 결 론

본 연구를 통하여 Alaska대학교 부설 지구물리학연구소가 개발한 모의수치실험코드인 자기폭풍예보모델을 성공적으로 도입하였다. 그리고 이 코드를 1993년 11월초에 발생한 자기폭풍에 적용하였다. 예측된 태양풍과 행성간자기장의 분포를 실제 인공위성에 의한 측정치와 비교해 본 결과 많은 부분에서 개선되어야 할 문제점들이 제기되었다. 그럼에도 불구하고 전체적인 측면에서 평가할 때 본 예보코드가 우주환경예보에 초보적인 수준이긴 하지만 효과적으로 적용될 수 있음을 확인하였다. 한편 모의수치실험 결과 얻어진 태양풍정보로부터 계산된 태양풍-자기권 다이나모함수인 Epsilon을 기초로하여 추정된 AE 및 Dst 지수, 극관횡단전위차, 극전리층에서의 에너지소모량 그리고 여기에 수반된 열권의 기온 상승 등을 다른 방법으로 얻어진 값과 비교했을 때 상당한 차이점이 있음이 밝혀졌다. 특히 Dst지수와 극관횡단전위차는 각각 실측치 및 지자기기록역전방법에 의한 추정치와 비교했을 때 두양 모두 상당히 과대평가되는 경향이 있었다. 이것은 이제까지 발표된 Epsilon과 이들 물리량 사이의 경험관계식들이 더욱 개선되어야 할 필요성이 있음을 의미한다. 향후 본 우주환경예보코드의 예보능력을 향상시키기 위해서는 새로운 연구결과들을 계속적으로 반영해야 할 것이다.

본 연구를 통해 주로 하나의 플레어가 발생했을 경우에 대해서 상기 예보코드를 적용해 보았다. 그러나 태양활동이 증가하면 태양면에는 플레어들이 짧은 시간내에 다수가 발생하기도한다. 이

경우 지구주변 우주환경은 이들 플레어들의 효과가 겹쳐져서 나타나게 될 것이다. 본 연구에서 사용한 지자기폭풍예보코드도 이러한 경우를 취급할 수 있도록 고안된 바 있다. 그래서 여러 개의 플레어에 대한 모의실험을 실시해 본 결과 유감스럽게도 합당한 결과를 얻지 못했다. 이것은 아직 이 방면의 연구가 예보를 가능하게 할만한 수준까지 미치지 못했음을 의미한다. 이 문제도 계속적으로 연구해야할 과제로 남아 있다.

본 연구에서 개발한 우주환경예보모델은 향후 전파연구소가 비록 초보적인 수준이긴해도 우주천기예보를 실시할 때 중심적인 역할을 수행할 것으로 기대된다. 그러나 본 코드는 연구용으로 개발되었기 때문에 운영이 비교적 복잡하게 되어있다. 따라서 실무에 용이하게 적용하기 위해서는 전 코드를 유기적으로 결합시켜 단일화시킬 필요가 있다. 즉 입력으로 플레어와 배경 태양자기장의 정보가 주어지면 예보가능한 형태의 최종출력이 그래프의 형태로 주어지도록 해야 할 것이다. 이를 위해서 먼저 그래픽 소프트웨어 IDL을 이용해서 앞서 도입한 우주천기예보코드를 visual basic과 연동하여 자동으로 자료를 접수하고 처리하는 소프트웨어를 개발했다(부록 2 참조). 그리고 모든 수행과정이 인터넷과 연동하여 자동으로 수행할 수 있도록 하였다.

끝으로 우주환경예보에 관한 국제적인 연구동향을 간단히 소개하고자한다. 지난 6월 미국 Colorado주 Snowmass시에서 개최된 GEM (Geospace Environment Model) 워크샵에 참석하여 미국의 우주천기예보 프로그램개발에 대한 진척상황을 접할 수 있었다. 미국은 미국립과학재단 (NSF)을 중심으로 국립우주천기프로그램 (National Space Weather Program, 1996)을 진행 중이며 궁극적으

로 MHD (Magnetohydrodynamic) 모의수치모델인 GGCM (Geospace General Circulation Model)의 개발을 목표로 하고 있었다. 현재 미국의 여러 연구소 및 대학에서 개발 중인 모델을 통합해서 하나의 모델로 완성시키려는 계획을 가지고 있었다. GEM회의는 NSF가 연구비를 제공하며 바로 이 목적을 달성하기 위해서 연례적으로 개최되는 워크숍인 것이다. 현재 여기에 적극적으로 개입하고 있는 연구기관은 텍사스주의 Rice 대학교, 콜로라도주 Colorado Springs시 소재 TRW회사 그리고 Dartmouth 대학 등이다. 그외에 UCLA, Seattle시 소재 Washington 대학교에서도 활발한 연구가 진행 중이다. 이들은 2001년 경 태양활동이 극대기에 이르렀을 때 실무에 적용할 수 있는 모델의 개발을 서두르고 있는 것이다. 여기서 얻어진 하나의 결론은 이렇게 개발된 최종모델은 누구든지 사용할 수 있는 community model로 하자는 것이다. 그러나 이것은 어디까지나 미국내 회의이기 때문에 외국에도 개방한다는 보장이 현재는 없는 실정이다. 적어도 상업적인 모델의 개발이 이들의 목표가 아니기 때문에 그 혜택을 우리도 볼 수 있지 않을까 하는 막연한 기대를 해본다. 그렇지만 우리도 이들의 연구에 적극 개입하여 모델개발에 기여함으로써 완성된 모델을 이용할 수 있는 자격을 획득할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구가 종료되는 시점에 이루어진 우주천기예보분야의 획기적인 사건을 언급하고자 한다. 우주천기예보에서 가장 중요한 정보는 실시간대의 태양풍자료이다. 이를 위해서 미국의 항공우주연구소 (NASA)는 일본의 통신종합연구소 (CRL)와 영국의 Rutherford-Appleton 연구소와의 합작으로 인공위성 ACE (Advanced Composition Explorer)를 개발하여 1997년 8월에 지구

로부터 태양쪽으로 약 백오십만 km 떨어진 L1 지점 (Liberation point)에 진입시켰다. 그 동안의 시험관측을 끝내고 마침내 1998년 1월 21일부터 미국 Colorado주 Boulder시 소재 미국립해양대기청 (NOAA) 산하 우주환경센터 (Space Environment Center; SEC)를 통해서 우주천기예보를 위한 실시간대의 자료를 공급할 수 있게 되었다. 이 자료는 인터넷을 통해 입수 가능하기 때문에 우리도 이를 이용함으로써 우주천기예보의 길을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

Ahn, B.-H., S.-I. Akasofu, Y. Kamide, and J.H. King, Cross-polar cap potential drop and the energy coupling function, J. Geophys. Res., 89, 11028, 1984.

Ahn, B.-H., A.D. Richmond, Y. Kamide, H.W. Kroehl, B.A. Emery, O. de la Beaujardiere, and S.-I. Akasofu, An Ionospheric conductance model based on ground magnetic disturbance data, J. Geophys. Res., in press, 1998.

Akasofu, S.-I., Prediction of development of geomagnetic storms using the solar wind-magnetosphere energy coupling function ϵ , Planet. Space Sci., 29, 1151, 1981.

Akasofu, S.-I., New scheme provides a first step toward geomagnetic storm prediction, EOS, Trans. AGU, Vol. 77, No. 24, 225, 1996.

Akasofu, S.-I., and C.D. Fry, A first generation numerical geomagnetic storm prediction scheme, Planet. Space Sci., 34, 77, 1986.

Cliver, E.W., V. Boriakoff and K. Bounar, The 22-year cycle of geomagnetic and solar wind activity, J. Geophys. Res.,

101, 27091, 1996.

Coffey, H., Solar-Geophysical Data, Comprehensive Reports, No. 596, Part II, page 11, NOAA/NGDC, April 1994a.

Coffey, H., Solar-Geophysical Data, Comprehensive Reports, No. 597, Part II, page 4, NOAA/NGDC, May 1994b.

Crooker, N.U. and A.H. McAllister, Transients associated with recurrent storms, J. Geophys. Res., 102, 14041, 1997.

Fuller-Rowell, T.J., and D.S. Evans, Height-integrated Pederson and Hall conductivity patterns inferred from the TIROS-NOAA satellite data, J. Geophys. Res., 92, 7606, 1987.

Hakamada, K., and S.-I. Akasofu, Simulation of three-dimensional solar wind disturbances and resulting geomagnetic storms, Space Sci. Rev., 31, 3, 1982.

Harel, M.A., R.A. Wolf, P.H. Reiff, R.W. Spiro, W.J. Burke, F.J. Rich, and M. Smiddy, Quantitative simulation of a magnetospheric substorm, 1. Model logic and overview, J. Geophys. Res., 86, 2242, 1981.

Iijima, T., and T.A. Potemra, The amplitude distribution of

field-aligned current at northern high latitudes observed by Triad, J. Geophys. Res., 81, 2165, 1976

Kamide, Y., A.D. Richmond, and S. Matsushita, Estimation of ionospheric electric field, ionospheric currents, and field-aligned currents from ground magnetic magnetic records, J. Geophys. Res., 86, 801, 1981.

Knipp, D.J., B.A. Emery, M. Engebretson, X. Li, A.H. McAllister, T. Mukai, S. Kokubun, G. Reeves, D. Evans, T. Obara, X. Pi, T. Rosenberg, A. Weatherwax, M.G. McHarg, F. Chun, K. Mosely, M. Codrescu, L. Lanzerotti, F. Rich, P. Wilkinson, An overview of the early November 1993 geomagnetic storm, J. Geophys. Res., in press, 1998.

National Space Weather Program - Strategic Plan, Office of the Federal Coordinator for Meteorological Services and Supporting Research, Washington, D.C., 1996.

Richmond, A.D., and Y. Kamide, Mapping electrodynamic features of the high-latitude ionosphere from localized observations; Technique, J. Geophys. Res., 93, 5741, 1988.

Richmond, A.D., and R.G. Roble, Electrodynamic effects of thermospheric winds from the NCAR Thermospheric General Circulation Model, J. Geophys. Res., 92, 12365,

1987.

Sun, W., B.-H. Ahn, S.-I. Akasofu, and D.J. Knipp, The relationship between the auroral electrojets, field-aligned current and the ring currents, submitted to J. Geophys. Res., 1998.

부 록 1

REPORT.F

```

C +-----+
C + REPORT.F modified for HTML interface, Feb 21, 1995 +
C + Last modified by Ghee Fry, Feb 20, 1996 . +
C + +
C + REPORT.F 30 APRIL, 1985 +
C + +
C + Geophysical Institute, U. of A., Fairbanks, AK 99775-0800 +
C +-----+
C + This program reads in flare reports and obtains the flare +
C + parameters used by SOLWIND.FOR to run the solar wind simulation +
C + using the Hakamada-Akasofu Kinematic method. +
C + +
C + INPUT: ( STARTIME.PAR ) FOR010 +
C + YMD `year, month and day in YY/MM/DD format +
C + HRMIN hour and minute in HH:MM format +
C + gets converted to IYR, IMO, IDA, IHR, IMI = Start +
C + time of simulation. +
C + +
C + INPUT: ( REPORT.DAT ) FOR011 +
C + IYRB, MOB, +
C + IDB, IHB, MIB = Start time of flare. +
C + IHM, MIM = Time of flare maximum. +
C + IHE, MIE = Ending time of flare. +
C + SLAT, LATF = Latitude of flare +
C + SLAT = 'N' , LATF = + +
C + SLAT = 'S' , LATF = - +
C + SLON, LONF = Longitude of flare +
C + SLON = 'E' , LONF = - +
C + SLON = 'W' , LONF = + +
C + IMP, BRIL = Importance and brilliance of flare. +

```



```

C +                                                                 +
C + OUTPUT:      ( FLARE.PAR )          FOR012                    +
C +      NOFLR   = Number of flares to use in simulation.        +
C +      FLRTIM  = Start time of flare.      (hours)              +
C +      FLRLON  = Flare HEQ longitude.      (degrees)            +
C +      FLRLAT  = Flare HEQ latitude.       (degrees)            +
C +      FLRVEL  = Maximum flare velocity.   (km/sec)             +
C +      FLRDEC  = Flare time constant.      (hours)              +
C +      FLRSTD  = Spacial extent of flare.  (degrees)            +
C +      POWERF  = Deceleration constant.    (hours)              +
C +                                                                 +
C + OUTPUT:      ( EARTH.PAR )          FOR013                    +
C +      IROT    = Carrington rotation number.                    +
C +      ZLO     = Heliographic longitude.                        +
C +      ZLATEQ  = Earth HEQ latitude.      (degrees)            +
C +      ZLONEQ  = Earth HEQ longitude.     (degrees)            +
C +                                                                 +
C + OUTPUT:      ( SOURCEVEL.PAR )      FOR014                    +
C +      NSLOPE1 = The slope of the Northern magnetic field lines. +
C +      NSLOPE2 = The slope of the Southern magnetic field lines. +
C +      VB      = The minimum background solar wind speed.      +
C +      VA      = The maximum background solar wind speed.      +
C +                                                                 +
C + OUTPUT:      ( STARTIMQ.PAR )      FOR016                    +
C +      NYR,NMO,NDA,NHR,NMI  start time of Carrington Rotation. +
C + -----+
      integer false, true
      parameter (false=0, true=1)
      PARAMETER (PF=750.0)
      PARAMETER (ARBIFAC=10.0)
      PARAMETER (M=99)      ! SET LIMIT OF FLARES TO 99
      CHARACTER*1 SLON,SLAT,IMP,BRIL,DUMBO
      DOUBLE PRECISION JD,JDB
      CHARACTER*3 STN
      character*8 ymd

```

```

character*5 hrmin
character*1 flareflg
  DIMENSION FLRTIM(M), FLRLON(M), FLRLAT(M), FLRVEL(M),
&  FLRDEC(M), FLRSTD(M), POWERF(M)
  DIMENSION VELTAB(5,3), STDTAB(5,3), VBTAB(11), VATAB(11)
  DIMENSION NSLP1T(11), NSLP2T(11)
  DATA VELTAB/200.,400.,500.,700.,800.,300.,600.,800.,1100.,
&  1200.,400.,800.,1200.,1500.,1600./
  DATA STDTAB/20.,30.,30.,30.,40.,30.,40.,50.,50.,60.,40.,
&  50.,70.,70.,80./
  DATA NSLP1T/32,16,8,4,3,3,4,6,12,20,32/
  DATA NSLP2T/32,16,8,4,3,3,4,6,12,20,32/
  DATA VBTAB/270.,270.,270.,270.,270.,270.,270.,270.,270.,270.,
&  270./
  DATA VATAB/700.,680.,670.,650.,650.,650.,660.,670.,680.,690.,
&  700./

```

```

namelist /report1/ ymd, hrmin, flareflg

```

```

C +-----+
C + Get start time of simulation from STARTIME.PAR. +
C +-----+
  OPEN(UNIT=10,FILE=' starttime.par' ,STATUS=' OLD' ,READONLY,SHARED)
  READ(10,100)IYR,IMO,IDA,IHR,IMI
100  FORMAT(1X,3I2,1X,2I2)
  CLOSE(UNIT=10)
C +-----+
C + Next lines convert two-digit year to four digit. (1960-2059) +
C +-----+
  IF(IYR.LT.60)IYR=IYR+100
  IYR=IYR+1900
  print *, 'year:    ',iyр
  print *, 'month:   ',imo
  print *, 'day:     ',ida
  print *, 'hour:    ',ihr

```

```

        print *, 'minute: ', imi
C +-----+
C + Determine the start time of the Carrington Rotation which      +
C + contains the start time of the simulation and write it to the  +
C + file (STARTIMQ.PAR).                                          +
C +-----+
        DAY=FLOAT(IDA)+FLOAT(IHR)/24.+FLOAT(IMI)/1440.
        CALL YMDJD(IYR, IMO, DAY, JD)
        CALL CARROT(JD, NROT)
        print *, ' Current Carrington rotation number: ', nrot
        CALL CRNJD(NROT, NYRB, NMO, DY, NDA, HOUR)
        NYR=MOD(NYRB,100)
        NHR=IFIX(HOUR)
        NMI=(HOUR-FLOAT(NHR))*60
        OPEN(UNIT=16, FILE=' startimq.par' ,Status=' Unknown' )
        WRITE(16,100)NYR, NMO, NDA, NHR, NMI
        CLOSE(UNIT=16)
C +-----+
C + Get flare report.                                             +
C +-----+
        print *, ' '
        print *, 'Reading event information from report.dat ...'
        OPEN(UNIT=11, File=' report.dat' ,Status=' Old' )
        READ(11,150) DUMBO      ! first line is header so read but ignore
150  FORMAT(A1)
        DO J = 1,M
            READ(11,200,END=1000)STN, IYRB, MOB, IDB, IHB, MIB, IHM, MIM,
&      IHE, MIE, SLAT, LATF, SLON, LONF, IMP, BRIL
200  FORMAT(1X, A3, 1X, 3I2, 1X, 2I2, 1X, 2I2, 1X, 2I2, 1X, A1, I2, 1X, A1, I2
1      , 1X, 2A1)
        NOFLR=J
C +-----+
C + Convert IYRB to four-digit year.                             +
C +-----+
        IF(IYRB.LT. 60)IYRB=IYRB+100

```

```

      IYRB=IYRB+1900
C +-----+
C + Convert flare begin time to simulation time (hours).      +
C +-----+
      DAYB=FLOAT(IDB)+FLOAT(IHB)/24.+FLOAT(MIB)/1440.
      CALL YMDJD(IYRB,MOB,DAYB,JDB)
      FLRTIM(J)=(JDB-JD)*24.0
C +-----+
C + Convert reported latitude and longitude to HEQ coordinates      +
C + CALL WESHERE to get the HEQ location of the earth at begin time of+
C + the flare. This info will be used to adjust the flare longitude +
C + IROT and ZLO aren' t used here.      +
C +-----+
      CALL WESHERE(IYRB,MOB,IDB,IHB,ZLATEQ,ZLONEQ,IROT,ZLO)
      print *, ' weshere '
      IF(SLAT.EQ. ' S' ) FLRLAT(J)=-FLOAT(LATF)
      IF(SLAT.EQ. ' N' ) FLRLAT(J)=+FLOAT(LATF)
      IF(SLON.EQ. ' E' ) FLRLON(J)=-FLOAT(LONF) + ZLONEQ
      IF(SLON.EQ. ' W' ) FLRLON(J)=+FLOAT(LONF) + ZLONEQ
C +-----+
C + Convert flare importance and brilliance to flare velocity and      +
C + spacial extent using a lookup table.      +
C +-----+
      IF(IMP.EQ. ' 0' .OR. IMP.EQ. ' S' ) IP=1
      IF(IMP.EQ. ' 1' ) IP=2
      IF(IMP.EQ. ' 2' ) IP=3
      IF(IMP.EQ. ' 3' ) IP=4
      IF(IMP.EQ. ' 4' ) IP=5
      IF(BRIL.EQ. ' F' ) IB=1
      IF(BRIL.EQ. ' N' ) IB=2
      IF(BRIL.EQ. ' B' ) IB=3
C +-----+
C + If importance and brilliance are in range, set flare values.      +
C +-----+
      IF( (0.LT.IP.AND.IP.LT.6).AND.(0.LT.IB.AND.IB.LT.4) ) THEN

```

```

        FLRVEL(J)=VELTAB(IP,IB)
        FLRSTD(J)=STD TAB(IP,IB)
C +-----+
C +   If not in range then null out the flare effect.      +
C +-----+
        ELSE
            FLRVEL(J)=0.0
            FLRSTD(J)=30.0    ! not set to zero cuz might bomb
        ENDIF
C +-----+
C +   Convert max time minus begin time to flare decay constant.  +
C +-----+
        IF(IHM.LT.IHB)IHM=IHM+24
        DELTA=FLOAT( (IHM*60 + MIM) - (IHB*60 + MIB) )/60.0
        FLRDEC(J)= ARBIFAC*DELTA
C +-----+
C +   Store decelleration constant, this might need to be adjusted in +
C + certain cases.                                          +
C +-----+
        POWERF(J)=PF
        PRINT *, IYRB, MOB, IDB, IHB, MIB, IHM, MIM, IHE, MIE
        PRINT *, FLRTIM(J), FLRLON(J), FLRLAT(J), FLRVEL(J), FLRSTD(J),
&    FLRDEC(J), POWERF(J), ZLONEQ, ZLATEQ
        ENDDO
1000  CONTINUE
        CLOSE(UNIT=11)
C +-----+
C +   Write out flare parameters.                          +
C +-----+
        ISAR=0
        IF (NOFLR .GT. 1) ISAR=1
        OPEN(UNIT=12, FILE=' flare.par' ,Status=' Unknown' )
        print *, ' Storing Flare parameters'
        WRITE(12,1100) NOFLR
        WRITE(6,1100) NOFLR

```

```

1100  FORMAT(I2)
      DO I=1,NOFLR
        WRITE(12,1110) FLRTIM(I),FLRLON(I),FLRLAT(I),FLRVEL(I),
&      FLRDEC(I),FLRSTD(I),POWERF(I)
        WRITE(6,1110) FLRTIM(I),FLRLON(I),FLRLAT(I),FLRVEL(I),
&      FLRDEC(I),FLRSTD(I),POWERF(I)
1110  FORMAT(7F8.1)
      ENDDO
      CLOSE(UNIT=12)

```

```

C +-----+
C +  Write out rotation number and earth location at start time      +
C +-----+
      CALL WESHERE(IYR,IMO,IDA,IHR,ELAT,ELON,IROT,ZLO)
      OPEN(UNIT=13, FILE=' earth.par' ,Status=' Unknown' )
      print *, ' Storing earth.dat '
      WRITE(13,1120)IROT,ZLO,ELAT,ELON
      WRITE(6,1120)IROT,ZLO,ELAT,ELON
1120  FORMAT(I4,3F8.3)
      CLOSE(UNIT=13)

```

```

C +-----+
C +  Determine the solar wind parameters by the year of the event    +
C +  using a look up table and write the values to file.            +
C +-----+
      ILKP=MOD(IYR-6,11)+1
      NSLOPE1=NSLP1T(ILKP)
      NSLOPE2=NSLP2T(ILKP)
      VB=VBTAB(ILKP)
      VA=VATAB(ILKP)
      OPEN(UNIT=14, FILE=' sourcevel.par' ,Status=' Unknown' )
      print *, ' Storing source velocity info into sourcevel.par ... '
      WRITE(14,1130) NSLOPE1,NSLOPE2,VB,VA
      WRITE(6,1130) NSLOPE1,NSLOPE2,VB,VA
1130  FORMAT(2I4,2F8.3)
      CLOSE(UNIT=14)

```

STOP
END

SOLPRO.PRO

```
pro solpro
;
;The code serves to read solar magnetic field data (Wilcox)
;for one cosequent rotations, then print out contour of source
;field and the location of the earth.
;(by W.Sun on March, 1996 in GI UAF)
;
;SET_PLOT, ' tek'
SET_PLOT, ' PS'
DEVICE, FILENAME=' solpro.ps' , /LANDSCAPE, $
XOFFSET=4, XSIZE=20, YOFFSET=23, YSIZE=13
;DEVICE, /TIMES, FILENAME=' nline.ps' , $
;XOFFSET=4, XSIZE=14, YOFFSET=3, YSIZE=21
;!P.CHARTHICK=3.
!p.charsize=2
!P.POSITION=[0., 0., 1., 1.]
;!P.FONT=0
;!P.MULTI=[0, 1, 4]
;*****
;colorthb
lon=[ ' !6360' , ' 330' , ' 300' , ' 270' , ' 240' , ' 210' , ' 180' , ' 150' ,
' 120' , ' 90' , $
' 60' , ' 30' , ' 0' ]
lon=[ ' !60' , ' 30' , ' 60' , ' 90' , ' 120' , ' 150' , ' 180' , ' 210' , ' 240'
, ' 270' , $
' 300' , ' 330' , ' 360' ]
```

```

inv=2.*14.5/15./29.
sn=-inv*findgen(30)+14.5/15.
;print,sn
lat=180.*asin(sn)/!pi
;print,' lat=' ,lat
nlat=fltarr(73)
rot=1&l0=1.&elat=1.&elon=1.
ftim=1.&flon=1.&flat=1.&fvel=1.&fdec=1.&fstd=1.&powf=1.
openr,3,' earth.par'
openr,4,' flare.par'
readf,3,rot,l0,elat,elon,format=' (i4,3f8.3)'
print,rot,l0,elat,elon
readf,4,noflr,format=' (1x,i2)'
xx=fltarr(noflr)
yy=xx
for i=0,noflr-1 do begin
readf,4,ftim,flon,flat,fvel,fdec,fstd,powf
print,ftim,flon,flat
xx(i)=flon+float(l0)
if(xx(i) gt 360.) then xx(i)=xx(i)-360.
yy(i)=flat
endfor
head=' '
mg1=fltarr(6)
mg2=fltarr(24)
mg=fltarr(73,30)
x=mg&y=mg
print,' input rotation number'
read,rot
fm=' ct' +string(rot,format=' (i4.4)')+' s.dat'
openr,2,fm
for i=0,72 do begin
readf,2,head,mg1,format=' (a10,8x,6f9.3)'
mg(i,0:5)=mg1
readf,2,mg2,format=' (8f9.3)'

```



```

mg(i,6:29)=mg2
;print,head,mg
endfor
for i=0,72 do begin
i1=72-i
for j=0,29 do begin
x(i1,j)=i
y(i1,j)=lat(j)
endfor
endfor
close,1
Clev=-75.+findgen(30)*5.
clab=Clev&clin=clev&cind=Clev
Clab(*)=1
clin(0:14)=1
clin(15:29)=0
;clin(*)=0.
;cind=bytsc1(indgen(30),top=255)
;*****
contour,mg,x,y,levels=clev,c_labels=clab,c_linestyle=clin,$
xrange=[0,72],yrange=[-75,75],$
position=[0,0,1,1],xstyle=5,ystyle=5
;position=[0,0,1,1],/fill,$
;xticks=12,xtickname=lon,xtitle=' '6LONGITUDE' ,$
;*****
plots,[0,72],[-75,-75]
plots,[0,72],[75,75]
plots,[0,0],[-75,75]
plots,[72,72],[-75,75]
plots,[0,72],[0,0]
for m=0,12 do begin
m1=6*m
plots,[m1,m1],[-75,-72]
plots,[m1,m1],[75,72]
xyouts,m1,-82,lon(m),align=.5,size=1.2

```

```

endfor
xyouts,36,-90,' !6LONGITUDE' ,align=.5,size=1.5
for m=0,14 do begin
m1=-70+10*m
plots,[0,1],[m1,m1]
plots,[72,71],[m1,m1]
xyouts,-1.,m1-2,string(m1,format=' (i3)' ),align=1,size=1.2
endfor
xyouts,-6,0,' !6LATITUDE' ,align=.5,orient=90,size=1.5
rottp=string(rot,format=' (i4)' )
xyouts,.5,1.05,' !6MAGNETIC FIELD ON SOLAR SURFACE' +' (#' +rottp+' )' ,$/normal,align=.5,size=2
el=elon+10
if(el gt 360.) then el=el-360.
xyouts,el/5.,elat,' !17*!6' ,align=.5,size=3
ta=findgen(181)*!Pi/90.
for i=0,noflr-1 do xyouts,xx(i)/5.,yy(i),' !9n!6' ,align=.5,size= 2
xyouts,5,-90,' !9n!6 FLARE' ,size=1.5
xyouts,67,-90,' !17*!6 EARTH' ,align=1,size=1.5
DEVICE,/CLOSE_FILE
return
end

```

SOURCE1.F

```

C +-----+
C + SOURCE1.FOR +
C + +
C + Last modified by Ghee Fry, Feb 20, 1996 . +
C + Original source code from: +
C + Geophysical Institute, U. of A., Fairbanks, AK 99775-0800 +
C +-----+

```

```

C +      This program uses the Stanford source field data to load the +
C + magnetic source field array for the SOLWIND program to use.      +
C +                                                                    +
C + INPUT:      ( STARTIME.PAR )      FOR010                          +
C +      YMD      year, month and day in YY/MM/DD format            +
C +      HRMIN    hour and minute in HH:MM format                  +
C +      gets converted to IYR, IMO, IDA, IHR, IMI = Start          +
C +      time of simulation.                                         +
C +                                                                    +
C + INPUT:      ( CARXXXXS.FLD ) FOR023 where XXXX is the Carrington +
C +      rotation number                                            +
C +      DATA (30,72) = The Stanford source field data.           +
C +                                                                    +
C + OUTPUT:     ( SOURCFLD.PAR )      FOR015                          +
C +      BMAX      = The maximum magnetic field.                   +
C +      BMIN      = The minimum magnetic field.                   +
C +      BFLD(30,288) = The magnetic field magnitude on the source +
C +      surface.                                                  +
C +                                                                    +
C + Four rotations of data get stored. That is, longitudes -355. to +
C + 1080.0. The STANFORD data must be loaded into CARXXXXS.FLD using +
C + the program BILDBFLD which converts the emailed source field data +
C + from an e-mail inquiry to ssdata@solar.stanford.edu at Stanford +
C + Observatory. So far there is data for Carrington rotations 1643 +
C + to 1887. This program shifts the Carrington coordinate source +
C + field data to Heliospheric Equatorial coordinate longitude for +
C + SOLWIND to use. See HEQ documentation in c:\ghee\solwind\lib. Each+
C + Carrington rotation of data in CARXXXXS.FLD is stored as follows: +
C + 30 values of field strength on source surface for each 5 degrees +
C + of longitude starting from Carrington longitude 360, 355, ... +
C + to 5 degrees. Along a longitude line the 30 values are in +
C + descending order of sine of latitude, ie. from  $\sin(\text{lat}) =$  +
C +  $+14/15$  to  $\sin(\text{lat}) = -14/15$ . Strange, but evidently efficient +
C + at the Stanford Observatory end of things... The BFLD array +
C + contains four rotations of data in the same format as CARXXXXS.FLD+

```

```

C + arrays, from latest Carrington rotation to earliest. +
C +-----+
COMMON /BLKBFLD/ BFLD(30,288)      ! SOURCE FIELD MICRO TESLAS
character*8 ymd
character*5 hrmin
character*1 flareflg
namelist /report1/ ymd, hrmin, flareflg

C +-----+
C + Get start time of simulation from SOLWIND.NML (a namelist file). +
C +-----+
OPEN(UNIT=10,FILE=' starttime.par' ,STATUS=' OLD' ,READONLY,SHARED)
READ(10,100)IYR,IMO,IDA,IHR,IMI
100  FORMAT(1X,3I2,1X,2I2)
CLOSE(UNIT=10)

C +-----+
C + Next lines convert two-digit year to four digit. (1960-2059) +
C +-----+
IF(IYR.LT.60)IYR=IYR+100
IYR=IYR+1900
print *, 'year: ',iyр
print *, 'month: ',imo
print *, 'day: ',ida
print *, 'hour: ',ihr
print *, 'minute: ',imi
print *, ' '

C +-----+
C + Read earth.par to get carrington rotation and location of earth +
C + at simulation start time. +
C + ELAT = earth' s HEQ latitude at start time +
C + ELON = earth' s HEQ longitude +
C + IROT = Carrington rotation of HEQ zero longitude at +
C + start time. +
C + ZLO = Carrington longitude corresponding to zero +
C + HEQ longitude. Used in LDBFLD to shift data +

```

```

C +          array. +
C +-----+
      OPEN(UNIT=13, FILE=' earth.par' ,STATUS=' OLD' )
      print *, ' '
      print *, ' Reading ephemeris info from earth.par ... '
      READ(13,1120)IROT,ZLO,ELAT,ELON
1120  FORMAT(I4,3F8.3)
      CLOSE(UNIT=13)

      WRITE(*,20)
20    FORMAT(1X,' EARTHS LAT, LON, CARR. ROT, AND CARR LON.' ,
1      ' OF HEQ 0 LON' )
      WRITE(*,30)ELAT,ELON,IROT,ZLO
30    FORMAT(1X,2F9.3,2X,I4.4,2X,F9.3)
C +-----+
C + Get the Stanford source field data +
C +-----+
      print *, ' '
      print *, ' Loading source field data for Carrington Rotation ... '
      ,

      CALL LDBFLD(IROT,ZLO)
C +-----+
C + GET LARGEST ABSOLUTE VALUE OF FIELD IN BFLD(30,288) ARRAY +
C +-----+
      CALL BMAXMIN(BMAX,BMIN)
      WRITE(*,40) BMAX
40    FORMAT(1X,' MAXIMUM B FIELD VALUE IN INPUT ARRAY: ',F9.3)
      WRITE(*,50) BMIN
50    FORMAT(1X,' MINIMUM B FIELD VALUE IN INPUT ARRAY: ',F9.3)
C +-----+
C + Store the source field into FOR015 (SOURCEFLD.PAR) +
C +-----+
      print *, ' '
      print *, ' Writing B field array to sourcefld.par ... '
      OPEN (UNIT=15,FILE = 'sourcefld.par' ,STATUS=' UNKNOWN' )

```

```

        write(15,60)BMAX,BMIN
60    FORMAT(2F8.2)
        write(15,70)((BFLD(I,J),I=1,30),J=1,288)
70    FORMAT(10F8.3)
        CLOSE (UNIT=15)

C
c      print *, ' '
c      print *, 'Writing B field array to sourcefld.txt ...'
c      OPEN (UNIT=15,FILE = 'sourcefld.txt',STATUS=' UNKNOWN' )
c      write(15,60)BMAX,BMIN
c      long=-360
c      do 200 j=1,288
c      long=long+5
c      if (mod(long,360).eq.0) then
cc      long=long-360
c      write (15,82)
c82    format(//)
c      endif
c      write(15,80) long
c      write(15,70)(BFLD(I,J),I=1,30)
c80    FORMAT(i6)
c200   CONTINUE
c      CLOSE (UNIT=15)
c      print *, 'done...'
c      STOP
c      END

C +-----+
C + LDBFLD.FOR +
C + + +
C + Last modified by Ghee Fry, Feb 20, 1996 . +
C +-----+
C + Geophysical Institute, U. of A., Fairbanks, AK, June, 1985. +
C +-----+
C + Subroutine called by : SOURCE1.FOR +
C +-----+

```

```

C + THIS ROUTINE LOADS UP THE SOURCE FIELD ARRAY FROM      +
C + STANFORD DATA                                          +
C +                                                         +
C + The counterpart to this routine is SRCFLD.FOR, which reads the +
C + value from BFLD(I,J), using bilinear interpolation      +
C +                                                         +
C + BFLD IS THE ARRAY CONTAINING 4 ROTATIONS OF DATA...   +
C + THIS OUGHT TO BE ENOUGH FOR THE SIMULATIONS OF CURRENT +
C + SHEETS FROM STANDARD DATA. 2 rots after and 1 before  +
C + GOOD FOR INPUT ROTATIONS later than 1644. LOADS 2 ROT AFTER +
C + IROT THEN IROT+1, THEN IROT, and then IROT -1 INTO    +
C + BFLD ARRAY. (ACTUALLY LOADS                             +
C + FROM THE END TO THE FIRST INDEX IN THIS ROUTINE).      +
C +                                                         +
C +   ZLON = -715.0      -355.0      0.0      ...      720.0 +
C +           |           |           |      ...      |      +
C +   J =    1           72          144          288      +
C +                                                         +
C + Examples:                                                +
C + If IROT=1678 and ZLO=0.0, then BTEMP(I,288) is IROT=1676 at +
C + Carrington longitude = 0.0, BTEMP(I,287) is IROT=1677 at  +
C + Carrington longitude = 355.0, and BTEMP(I,1) is IROT=1680 at +
C + Carr. long. = 5.0 and BTEMP(I,72) is IROT=1679, ZLO=0.0    +
C +                                                         +
C + If IROT=1678 and ZLO=360.0, then BTEMP(I,288) is IROT=1676 at +
C + Carrington longitude = 360.0, and BTEMP(I,1) is IROT=1679 at +
C + Carr. long. = 5.0 and BTEMP(I,72) is IROT=1679, ZLO=360.0  +
C +-----+
      SUBROUTINE LDBFLD(IROT,ZLO)

C

      PARAMETER (IMAX=30, LMAX=73, JMAX=288)
      COMMON /BLKBFLD/ BFLD(IMAX,JMAX)
      COMMON /BLKBTEMP/ BTEMP(IMAX,LMAX)

C      Modify If statement for latest carrington rotation acceptable

```

```

      IF(1643.LT.IROT) THEN      ! IF NUMBER 1
      IF(0.0.LE.ZLO.AND.ZLO.LE.360.0) THEN      ! IF NUMBER 2
C
      NROT=IROT-2
      J=JMAX+1
      MMAX=5
      IF(ZLO.EQ.360.0) THEN
      LS = 73
      ELSE
      LS = ZLO/5.+2      ! Index in BTEMP array 1 = 0
degrees
      END IF      !      73 = 360 deg
      LOR = (LS-1)*5
      DL = (float(LOR)-ZLO)/5.
      WRITE(*,50) NROT, ZLO, LS
50  FORMAT(1X,' Starting rotation, IROT = ',I4.4,
&          '; Carrington longitude of L = 73 column, ZLO = ',F9.3,
&          '; Starting long. index, LS = ',I4)
      WRITE(*,52) LOR, DL
52  FORMAT(1X,' Nearest 5-degree longitude .GT. ZLO, LOR = ',I4.4,
&          '; Interpolation factor, DL = ',F10.3)

      DO 300 M=1,MMAX
      CALL SRF(NROT)
      DO 200 L=LS,2, -1
      J=J-1
C      print *, ' NROT,J,L =', NROT,J,L,BTEMP(1,L)
      IF(J.LT.1) GOTO 400
      DO 100 I=1,IMAX
      BFLD(I,J)=BTEMP(I,L) -DL*(BTEMP(I,L)-BTEMP(I,L-1))
100      CONTINUE
200      CONTINUE
      LS = LMAX
      NROT=NROT+1
300      CONTINUE

```



```

        ELSE
            WRITE(*,310) ZLO
310      FORMAT(1X,' LDBFLD: LONG OUT OF RANGE: ',F9.3)
            ENDIF      ! END IF NUMBER2

        ELSE
            WRITE(*,320) IROT
320      FORMAT(1X,' LDBFLD: IROT OUT OF RANGE: ',i4.4)
            ENDIF      ! END IF NUMBER1

C
400      RETURN
        END

C
C +-----+
C + SRF.FOR                                     +
C + Last modified by Ghee Fry, Feb 20, 1996 .   +
C + Geophysical Institute, U. of A., Fairbanks, AK 99775-0800 +
C +-----+
C + This subroutine called by : SOURCE1.FOR      +
C +-----+
C + THIS SUBROUTINE READS DATA FROM THE DIRECT +
C + ACCESS FILE RSRFLD.DAT                      +
C + FOR A GIVEN SOLAR ROTATION NUMBER.          +
C + THE FILE CONTAINS DATA FROM 1642-1733 SOLAR ROTATIONS. +
C +                                              +
C + INPUT:                                       +
C + IROT SOLAR ROTATION DESIRED                +
C + OUTPUT:                                    +
C + DATA(30,72) DATA ARRAY FOR THE DESIRED SOLAR ROTATION +
C +                      360 = LAT FROM (360-1). 30 = POSSIBLE VALUES +
C +                                              +
C +                                              +
C +-----+
        SUBROUTINE SRF(IROT)

```

C

```
CHARACTER *14 FILEIN
CHARACTER *10 long
parameter (imax=30, jmax=73, kmax=imax*jmax)
DIMENSION RDBUFF(kmax)
COMMON /BLKBTMP/ DATAIN(imax,jmax)
EQUIVALENCE (RDBUFF,DATAIN)
```

C

```
C      Build FILEIN name of the form: ct1810s.dat
C      Assumes FILEIN is in the current working director
      write(FILEIN,160)' ct' ,IROT,' s.dat'
160    format(a2,i4.4,a5)
      print *,FILEIN
```

C

```
      OPEN(UNIT=23,FILE=FILEIN,STATUS=' OLD' )
      do j=jmax,1,-1
      read(23,125)long,(datain(i,j),i=1,6)
125    FORMAT(a10,8X,6F9.3)
      read(23,126)(datain(i,j),i=7,30)
126    format(8f9.3)
      write(*,127) (datain(i,j),i=1,imax)
127    format(10f8.3)
      end do
130    continue
      close(23)
      RETURN
      END
```

```
C +-----+
C + BMAXMIN.FOR                                3 June 1985 +
C +                                                                 +
C + Geophysical Institute, U. of A., Fairbanks, AK 99775-0800 +
C +-----+
C + Subroutine called by : SOURCE1.FOR          +
C +                               SOURCE2.FOR    +
C +-----+
```

```

C + THIS ROUTINE SEARCHES BFLD(30,288) FOR THE MAXIMUM      +
C + AND MINIMUM B FIELD VALUES.                             +
C + ONLY TWO ROTATIONS ARE USED.                             +
C +-----+
      SUBROUTINE BMAXMIN(BMAX,BMIN)
      COMMON /BLKBFLD/ BFLD(30,288)
C
      BMAX=0.0
      BMIN=0.0
C      DO J=37,180
C MODIFIED ON 5/14/86 BY MARK MOLDWIN TO USE ALL ROTATIONS.
      DO J=1,288
        DO I=1,30
          BMAX=AMAX1(BMAX,BFLD(I,J))
          BMIN=AMIN1(BMIN,BFLD(I,J))
        END DO
      END DO
C      BMIN=ABS(BMIN)
C
      RETURN
      END

```

SOLWIND.F

```

C +-----+
C + SOLWIND.FOR                                           29 April 1985 +
C +                                                         +
C + Geophysical Institute, U. of A., Fairbanks, AK 99775-0800 +
C +-----+
C + See Hakamada and Akasofu, Space Sci Rev, 31,3-70,1982 +
C +                                                         +
C + This program uses the magnetic field data of the source surface +

```

```

C + to simulate the interplanetary magnetic field, solar wind and +
C + density, using the HA code Kinematic method. +
C + +
C + INPUT:      ( STARTIME.PAR )          FOR010 +
C +      YYMMDD HHMM = Start time. Determines which Carrington +
C +                  longitude gets loaded at the HEQ zero +
C +                  longitude in SOURCEFLD.PAR. +
C + +
C + INPUT:      ( FLARE.PAR )            FOR012 +
C +      NOFLR = Number of flares to use in simulation. +
C +      FLRTIM = Start time of flare. (hours) +
C +      FLRLON = Flare HEQ longitude. (degrees) +
C +      FLRLAT = Flare HEQ latitude. (degrees) +
C +      FLRVEL = Maximum flare velocity. (km/sec) +
C +      FLRDEC = Flare time constant. (hours) +
C +      FLRSTD = Spacial extent of flare. (degrees) +
C + +
C + INPUT:      ( SOURCEVEL.PAR )        FOR014 +
C +      NSLOPE1 = The slope of the northern field solar wind +
C +                  velocity. +
C +      NSLOPE2 = The slope of the southern field solar wind +
C +                  velocity. +
C +      VB      = The maximum solar wind velocity. +
C +      VA      = The minimum solar wind velocity. +
C + +
C + INPUT:      ( SOURCEFLD.PAR )        FOR015 +
C +      BMAX     = The maximum magnetic field. +
C +      BMIN     = The minimum magnetic field. +
C +      BFLD(30,288) = The magnetic field magnitude on the source +
C +                  surface. +
C + +
C + OUTPUT:     ( EARTH.DAT or EARTHQ.DAT ) FOR016 +
C +      NHRS     = The number of hours simulated. +
C +      IYR,MO   = The year and month of the starting time of the +
C +                  simulation. +

```

```

C +      ID, IH  = The day and hour of the starting time of the      +
C +                  simulation.                                     +
C +      IROT    = The Carrington Rotation number which contains the +
C +                  starting time of this simulation.               +
C +      AUL     = The AU distance of the Earth.                     +
C +      ITYPE   = Magnetic field parameter type ( 1 or 2 ).        +
C +      ZTIME   = The hour of the simulation.                       +
C +      WSPD    = Solar wind speed.                                 +
C +      DENS    = Particle density.                                 +
C +      BIMF(3) = Magnetic field parameters (Bx, By, Bz or         +
C +                  /B/, theta, Phi.                                +
C +      ZLAT1   = The latitude of the Earth.                       +
C +      ZLONG1  = The longitude of the Earth.                       +
C +
C + INPUT:      ( SOLWIND.PAR )          FOR019                      +
C +      AUL     = The radial distance along the sun-earth line.     +
C +      ITYPE   = IMF parameter type (1= Bx,By,Bz and 2= /B/,Theta, +
C +                  Phi)                                           +
C +      IHRS    = start hour of output (on start date)             +
C +      NHRS    = number of hours to output                        +
C +
C + INTERNAL PARAMETERS:                                           +
C +      CHI     = A TILT ANGLE OF THE MAGNETIC DIPOLE AXIS SET IN   +
C +                  SUBROUTINE MAGLAT.                             +
C +      OMEGA   = ANGULAR SPEED OF THE SUN IN DEGREES PER HOURS     +
C +      AUL     = RADIAL DISTANCE OF OBSERVATION POINT (IN AU)      +
C +      JTIME   = TIME AFTER T=0,                                    +
C +      JEND    = NUMBER OF POINTS ALONG LINE IN COMPUTATION DOMAIN +
C +      R       = RADIAL DISTANCE OF PARTICLES ON A LINE FIXED IN   +
C +      CPT     = CARTESIAN COORDINATES OF POINT                   +
C +      UNITBC  = MAGNETIC FIELD UNIT 3-VECTOR CARTESIAN COORDINATES +
C +      UNITBS  = MAGNETIC FIELD UNIT 3-VECTOR SPHERICAL COORDINATES +
C +      BIMF(3,2000)= INTERPLANETARY MAGNETIC FIELD 3-VECTOR       +
C +      UNITP   = INCREMENT OF AZIMUTHAL ANGLE IN DEGREE, WHICH    +
C +                  IS USED FOR TIME INCREMENT, UTIME              +

```

```

C +   UTIME  = TIME INCREMENT, 25.4*24.0/(360./UNITP)          +
C +           (THIS NUMBER SHOULD BE .LT. OR .EQ. 10.)        +
C +   LONG   = THE PARTICULAR LONGITUDE USED FOR COMPUTATION OF  +
C +           THE RADIAL DISTRIBUTIONS OF PARTICLES.          +
C +-----+
      PARAMETER(A1=.9,C1=2.,B1=C1-A1,AMPF=.85,BASE=.5,BASEC=.5)
      COMMON /BLKRAD/  UNITP,UPHI,NOFLR,JEND
      COMMON /PHIMXMN/ PHIMAX,PHIMIN
      COMMON /BLKFLR1/ FLTIME(99),FLRLON(99),FLRLAT(99)
      COMMON /BLKFLR2/ FLRSPD(99),FLRDEC(99),FLRSTD(99),POWERF(99)
      COMMON /BLKHLAT/ HLAT(2000),HLON(2000),HFLD(2000)
      COMMON /BLKCONS/ TPERI,UTIME,OMEGA,AU,NDTI,DTI,FCTTI
      COMMON /BLKVEL/  VSW(2000),VSO(2000),VFL(2000),VEL(2000)
      COMMON /BLKR/    R1(2000),R2(2000),R3(2000),R4(2000)
      COMMON /BLKBFLD/ BFLD(30,288)      ! SOURCE FIELD MICRO TESLAS
      COMMON /BLKBMAX/ BMAX,BMAX2        ! MAX SOURCE FIELD DATA
      COMMON /BLKBMIN/ BMIN,BMIN2        ! MIN SOURCE FIELD DATA
      COMMON /BLKSRC/  NSLOPE1,NSLOPE2,VA,VB,VD,VCO
C +-----+
      DIMENSION WSPD(2000),DENS(2000)
      DIMENSION CPT1(3),CPT2(3),CPT3(3),CPT4(3)
      DIMENSION UNITBC(3),UNITBS(3),BIMF(3,2000)
      DIMENSION TEMP(3),ANORM(3),B(3)
C +-----+
      DATA AU/1.496E08/      ! KILOMETERS IN ONE AU
C#   DATA UNITP/1.0/        ! INCREMENT FOR AZIMUTH ANGLE (DEG)
      DATA UNITP/0.2/        ! INCREMENT FOR AZIMUTH ANGLE (DEG)
      DATA TPERI/609.6/      ! SOLAR ROTATION PERIOD HOURS
C                                     ! (25.4DAYS*24HOURS/DAY)
      DATA NDTI/50/          ! NUMBER OF UTIMES FOR TIMINC
      DATA DRPOINT/.1/       ! RADIAL DIST INCREMENT FOR VEL CALC
      DATA PI/3.1415926/     ! PIE !
C +-----+
      OMEGA=360.0/TPERI       ! ROTATION RATE DEGREES PER HOUR
      UTIME=UNITP/OMEGA      ! TIME INCREMENT IN HOURS

```

```

      DTI=UTIME*FLOAT(NDTI)
      FCTTI=AU/(DTI*3600)
      UPHI=UNITP*PI/180.      ! UNITP IN RADIANS. USED IN SBDT.FOR
C +-----+
C + READ IN SOLAR WIND PARAMETERS FROM INPUT FILE.      +
C +-----+
      OPEN (UNIT=14,FILE=' sourcevel.par' ,
&STATUS=' OLD' ,READONLY,SHARED)
      READ(14,*) ,NSLOPE1,NSLOPE2,VB,VA
      CLOSE (UNIT=14)
      VD=VA-VB
      VCO=(VA*A1+VB*B1)/C1
      PRINT *, ' SOURCEVEL.PAR: '
      PRINT                                *, ' NSLOPE1, NSLOPE2, VA, VB, VD, VCO
' , NSLOPE1, NSLOPE2, VA, VB, VD, VCO
      VA=VA*60.*60.
      VB=VB*60.*60.
      VD=VD*60.*60.
      VCO=VCO*60.*60.
C +-----+
C + Read in start time of simulation from input file.      +
C +-----+
      OPEN (UNIT=10,FILE=' starttime.par' ,
&STATUS=' OLD' ,READONLY,SHARED)
      READ(10,10) ,IYR,MO,ID,IH
10  FORMAT(1X,3I2,1X,I2)
      CLOSE (UNIT=10)
      IF(IYR.LT.50)IYR=IYR+100      ! SET 2-DIGIT IYR TO 4-DIGIT
      IYR=IYR+1900      ! GOOD FOR 1950 - 2049
C +-----+
C + Read in the radial distance, output type, and number of hours to +
C + run from the control parameter file.      +
C +-----+
      OPEN (UNIT=19,FILE=' solwind.par' ,STATUS=' OLD' )
      READ (19,190)AUL, ITYPE, IHRS, NHRS

```

```

190  FORMAT(F4.1,I2,I4,I5)
      PRINT *, ' AUL, IYR, MO, ID, IH, ITYPE, IHRS, NHRS'
      PRINT *, AUL, IYR, MO, ID, IH, ITYPE, IHRS, NHRS
C +-----+
C + Call WESHERE to get carrington rotation and location of earth.      +
C +-----+
      CALL WESHERE(IYR, MO, ID, IH, ZLAT1, ZLONG1, IROT, ZLO)
      PRINT *, ' EARTHS LAT, LON, CARR. ROT, AND CARR LON. OF HEQ 0 LON'
      PRINT *, ZLAT1, ZLONG1, IROT, ZLO
C +-----+
C + Read in the source field array from the input file.                  +
C +-----+
      OPEN (UNIT=15, FILE=' sourcefld.par' ,
&STATUS=' OLD' , READONLY, SHARED)
      READ(15, *) BMAX, BMIN, ((BFLD(I, J), I=1, 30), J=1, 288)
      CLOSE (UNIT=15)
      BIGMAX=AMAX1(BMAX, ABS(BMIN))
      BMAX2=BIGMAX
      BMIN2=BIGMAX
c      BMAX2=5.0*BMAX/2.      ! USED IN FIELD CALCULATIONS IN SBT.FOR
c      BMIN2=5.0*BMIN/2.      ! SCALED UP BY FACTOR OF FIVE
C                                     ! SEE FRY' S OR HOEKSEMA' S THESIS
      PRINT *, ' MAXIMUM B FIELD ABSOLUTE VALUE IN INPUT ARRAY: ' , BMAX
      PRINT *, ' MINIMUM B FIELD ABSOLUTE VALUE IN INPUT ARRAY: ' , BMIN
C +-----+
C + Read in the flare parameters from the input file.                    +
C +-----+
      OPEN (UNIT=12, FILE=' flare.par' ,
&STATUS=' OLD' , READONLY, SHARED)
      READ(12, 45) NOFLR
45  FORMAT(I2)
      PRINT *, ' NOFLR = ' , NOFLR
      IF(N.GT.0) PRINT *, ' FLARE PARAMETERS: '
      DO 50 I=1, NOFLR      ! LOAD UP THE FLARE PARAMETERS
C*      N=1                  ! DELETE FOR MULTIPLE FLARES

```



```

      N=I                      ! NECESSARY FOR MULTIPLE FLARES
      READ(12,*)FLTIME(N),FLRLON(N),FLRLAT(N),FLRSPD(N),
&      FLRDEC(N),FLRSTD(N),POWERF(N)
      WRITE(6,*)FLTIME(N),FLRLON(N),FLRLAT(N),FLRSPD(N),
&      FLRDEC(N),FLRSTD(N),POWERF(N)
50 CONTINUE
      CLOSE (UNIT=12)
      NOFLR=N                  ! NECESSARY FOR CHOICE OF FLARE NUMBER
C +-----+
C + Calculate JEND which is the number of particles calculated by SRT.+
C +-----+
      PRINT *, ' UTIME=' ,UTIME
      JEND=(AUL*AU)/(300.*60.*60.*UTIME)*2.  ! INSURE AUL REACHED
      IF(JEND .GT. 1000) JEND=1000
      PRINT *, ' JEND= ',JEND
C +-----+
C + Write header containing input parameters used to calculate      +
C + simulation data, to the output file.                             +
C +-----+
      OPEN (UNIT=16,FILE=' earth.dat' ,STATUS=' UNKNOWN' )
      WRITE(16,299)NHRS,IYR,MO,ID,IH,IROT,AUL,ITYPE
      WRITE(*,299)NHRS,IYR,MO,ID,IH,IROT,AUL,ITYPE
299  FORMAT(6I5,F5.1,I5)
C +-----+
C + Loop through each hour of the simulation calculating the      +
C + simulation data to be output.                                   +
C +-----+
      JT=1
C*  DO 2000 JTIME=0,NHRS-1      ! DO FOR EACH HOUR
      print *, ' start and end time=' ,IHRS,IHRS+NHRS-1
      DO 2000 JTIME=IHRS,IHRS+NHRS-1  ! DO FOR SPECIFIED HOURS
      ZTIME=FLOAT(JTIME)
      CALL NOWHERE(ZTIME,ZLAT1,ZLONG1) ! UPDATE EARTHS LOC.
      IF(ITYPE.EQ.3)GOTO 1900
C +-----+

```

```

C + Calculate the magnetic field components according to what ITYPE +
C + is set to. +
C +-----+
      CALL SBT(ZTIME,AUL,ZLAT1,ZLONG1,ITYPE,B)
      IF (B(1) .GT. 999999.) B(1) = 999999.
      BIMF(1,JT)=B(1)
      BIMF(2,JT)=B(2)
      BIMF(3,JT)=B(3)
1900  CONTINUE
C +-----+
C + Calculate two particle arrays that are one time step apart. Then +
C + Then from the data, calculate the solar wind speed and particle +
C + density. +
C +-----+
      ZTIME1=ZTIME-DTI
      CALL SRT(ZTIME1,ZLAT1,ZLONG1,R1)
      ZTIME2=ZTIME
      CALL SRT(ZTIME2,ZLAT1,ZLONG1,R2)
      CALL SVRT(AUL,SWSPEED)
      CALL SBDT(AUL,DRPOINT,BM,DE)
      WSPD(JT)=SWSPEED
      DENS(JT)=DE
C +-----+
C + Write the simulation data to file. +
C +-----+
      WRITE(16,1950),ZTIME,WSPD(JT),DENS(JT),(BIMF(I,JT),I=1,3),
&      ZLAT1,ZLONG1
1950  FORMAT(8F10.2)
!      PRINT 1950,ZTIME,WSPD(JT),DENS(JT),(BIMF(I,JT),I=1,3),
!      &      ZLAT1,ZLONG1
!      PRINT *, ' '
C +-----+
C + Increment the hour and loop back to continue calculating data. +
C +-----+
      JT=JT+1

```

```

2000 CONTINUE ! ***** END HOUR DO LOOP
      CLOSE (UNIT=16)
      PRINT *, ' SOLWIND IS FINISHED '
C +-----+
9000 STOP
      END

```

STANPLOT1.PRO

```

PRO STANPLOT1
; +-----+
; + This code loads the velocity, desity and B field of solar wind +
; + at the distance of the earth from 'earth.dat', the plot them +
; + in IDL graphic software. (By W. Sun, March, 1996 in GI, UAF) +
; + Geophysical Institute, U. of A., Fairbanks, AK 99775-0800 +
; +-----+
; + This program will create a laser stack plot of the solar wind and +
; + magnetic field parameters that are listed below. +
; +
; +          1) VEL   (Km/Sec) +
; +          2) Dens  (CM**-3) +
; +          3) /B/   (nT) +
; +          4) Theta (Degrees) +
; +          5) Phi   (Degrees) +
; +
; + It will input IMF in one of two forms; either Bx, By, Bz or +
; + B(magnitude), phi, theta. This is specified by the variable ITYPE +
; +
; + INPUT:      ( EARTH.DAT )          FOR016 +
; +          NP      = Number of points in the data set +
; +          IYR,MO  = The year and month of the starting time of the +
; +                  simulation. +

```

```

; +      ID, IH  = The day and hour of the starting time of the      +
; +                  simulation.                                     +
; +      IROT   = The Carrington Rotation number which contains the +
; +                  starting time of this simulation.               +
; +      AUL    = The AU distance of the Earth.                     +
; +      ITMP   = Magnetic field parameter type ( 1 or 2 ).         +
; +      HOUR   = The hour of the simulation.                       +
; +      VEL    = Solar wind speed.                                  +
; +      DEN    = Particle density.                                  +
; +      B1,B2,B3= Magnetic field parameters (Bx, By, Bz or         +
; +                  /B/, theta, Phi.                               +
; +      ELAT   = The latitude of the Earth.                        +
; +      ELON   = The longitude of the Earth.                       +
; +
; + OUTPUT:   stanplot.ps (Postscript file)                         +
; +
; + INTERNAL PARAMETERS:                                           +
; +      ISMOOTH = switch for doing a 3 point smoothing on the data +
; +                  if ISMOOTH = 1 then do the smoothing.         +
; +
; + at this point, vel, dens are not plotted, but do need to be later.+
; + The data set is read from FOR016.DAT                           +
; +-----+
swh= ' '
print, ' Do you want to create a postscript file (y/n) '
read, swh
if(swh eq 'y' ) then begin
SET_PLOT, ' PS'
DEVICE, FILENAME=' stanplot1.ps' , XOFFSET=3.5, XSIZE=15, YOFFSET=4, YSIZE=20
endif else window, /free, xsize=500, ysize=700, xpos=500
;endif else SET_PLOT, ' tek'
;!P.CHARTHICK=3.
!p.charsize=2
!P.POSITION=[0.,0.,1.,1.]
;!P.FONT=0

```

```

!P.MULTI=[0,1,5]
;*****
month=[ ' JAN' , ' FEB' , ' MARCH' , ' APL' , ' MAY' , ' JANE' , ' JULY' , ' AUG
' , $
      'SEPT' , ' OCT' , ' NOV' , ' DEC' ]
iau=1&tp=1&shr=1&nhr=1
openr,2, ' solwind.par'
readf,2, iau, tp, shr, nhr
close,2
rot=1&zlon=1.&lat=1.&lon=1.
openr,2, ' earth.par'
readf,2, rot, zlon, lat, lon
close,2
openr,1, ' earth.dat'
np=1&yr=1&mo=1&day=1&hr=1&rot=1&au=1.&tmp=1
readf,1, np, yr, mo, day, hr, rot, au, tmp, format=' (6i5,f5.1,i5)'
print,np, yr, mo, day, hr, rot, au, tmp
nn=np/24
day=day+shr/24
vel=fltarr(np)
hour=vel&den=vel&b1=vel&b2=vel&b3=vel
a=1.&b=1.&c=1.&d=1.&e=1.&f=1.
for i=0,np-1 do begin
readf,1, a,b,c,d,e,f, format=' (1x,8f10.2)'
;print,a,b,c,d,e,f
hour(i)=a
vel(i)=b
den(i)=c
b1(i)=d
b2(i)=e
b3(i)=f
endfor
close,1
;hour=smooth(hour,2)
;vel=smooth(vel,1)

```

```

;den=smooth(den,1)
;b1=smooth(b1,1)
;b2=smooth(b2,1)
;b3=smooth(b3,1)
;plot velocity
;*****
plot,vel,position=[0,.8,1,1],xrange=[0,np-1],$
yrange=[200,800],yticks=3,ytitle='!6VEL (km/s)',xstyle=5,ystyle=1
plots,[0,np-1],[200,200]
plots,[0,np-1],[800,800]
for i=0,np-1,24 do begin
plots,[i,i],[200,230]
plots,[i,i],[800,770]
endfor
for i=0,np-1,3 do begin
plots,[i,i],[200,215]
plots,[i,i],[800,785]
endfor
;-----
plot,den,position=[0,.6,1,.8],xrange=[0,np-1],$
yrange=[0,40],yticks=4,ytitle='!6DEN (cm!e-3!n)',xstyle=5,ystyle=1
plots,[0,np-1],[0,0]
for i=0,np-1,24 do begin
plots,[i,i],[0,2]
plots,[i,i],[40,38]
endfor
for i=0,np-1,3 do begin
plots,[i,i],[0,1]
plots,[i,i],[40,39]
endfor
;-----
plot,b1,position=[0,.4,1,.6],xrange=[0,np-1],$
yrange=[-40,40],yticks=4,ytitle='!6Bx (nT)',xstyle=5,ystyle=1
plots,[0,np-1],[-40,-40]

```

```

plots,[0,np-1],[0,0],lines=2
for i=0,np-1,24 do begin
plots,[i,i],[-40,-36]
plots,[i,i],[40,36]
endfor
for i=0,np-1,3 do begin
plots,[i,i],[-40,-38]
plots,[i,i],[40,38]
endfor
;-----
plot,b2,position=[0,.2,1,.4],xrange=[0,np-1],$
yrange=[-40,40],yticks=4,ytitle=' !6By (nT)' ,xstyle=5,ystyle=1
plots,[0,np-1],[-40,-40]
plots,[0,np-1],[0,0],lines=2
for i=0,np-1,24 do begin
plots,[i,i],[-40,-36]
plots,[i,i],[40,36]
endfor
for i=0,np-1,3 do begin
plots,[i,i],[-40,-38]
plots,[i,i],[40,38]
endfor
;-----
plot,b3,position=[0,0,1,.2],xrange=[0,np-1],$
yrange=[-40,40],yticks=4,ytitle=' !6Bz (nT)' ,xstyle=5,ystyle=1
plots,[0,np-1],[-40,-40]
plots,[0,np-1],[0,0],lines=2
i1=-1
for i=0,np-2,24 do begin
i1=i1+1
dy=day+i1
if(dy gt 31) then dy=dy-31
xs=string(dy,format=' (i2)' )
plots,[i,i],[-40,-36]
plots,[i,i],[40,46]

```

```

xyouts,i+12,-48,xs,align=.5
endfor
for i=0,np-1,3 do begin
plots,[i,i],[-40,-38]
plots,[i,i],[40,38]
endfor
d1=string(day,format=' (i3.3)' )
d2=string(dy,format=' (i3.3)' )
year=string(yr,format=' (i4)' )
rn=string(rot,format=' (i4)' )
tit=month(mo-1)+', '+year
xyouts,.5,-.05,' Day',/normal,align=.5,size=1.5
xyouts,.5,1.03,tit,/normal,align=.5,size=1.5
if(swh eq 'y' ) then DEVICE,/CLOSE_FILE
return
end

```

CALCPAR.F

```

C +-----+
C + CALCPAR.FOR                                July 22, 1985 +
C +                                                                 +
C + Geophysical Institute, U. of A., Fairbanks, AK 99775-0800 +
C +-----+
C + This program will read in the solar wind and magnetic field +
C + data from (EARTH.DAT) and calculate all of the other additional +
C + needed parameters and write them to (CALCPAR.DAT). +
C +                                                                 +
C + References: +
C + Empirical relation for EPSILON function: +
C + Perrault & Akasofu (1978), Geophys. J. Roy. Astron. +
C + Soc. 54:547 +

```



```

C +
C + Empirical relation for POLAR CAP POTENTIAL in terms of EPSILON:+
C + Reiff, et al., (1981), JGR 86:7639 +
C +
C + Input: ( EARTH.DAT ) FOR016 +
C + NP = number of points in the data set. +
C + IYR,MO, +
C + ID,IH = starting time of simulation. +
C + IROT = rotation number. +
C + AUL = AU distance. +
C + ITYPE = switch: 1 if input BX, BY, BZ; +
C + 2 if input BMAG, THETA, PHI. +
C + HOUR = the delta time after the simulation start time. +
C + VEL = Solar wind velocity (in km/sec). +
C + DEN = solar wind particle density. +
C + B1,B2,B3 = magnetic field coordinates. +
C + ELAT = earth's latitude in HEQ coordinates. +
C + ELON = earth's longitude in HEQ coordinates. +
C +
C + Output: ( CALCPAR.DAT ) FOR018 +
C + NP = Number of data points in data set. +
C + IYR,MO, +
C + ID,IH = Starting time of simulation. +
C + IROT = Carrington Rotation number. +
C + AUL = The distance in AU that the simulated data was +
C + calculated to. +
C + HR(I) = The hour of the simulation data from starting time.+
C + DATA(3,I) = The solar wind-magnetosphere dynamo power. +
C + DATA(7,I) = The total potential drop across the polar cap. +
C + CDATA(1,I) = The average decrease of the horizontal +
C + component at the equator (a measure of the ring +
C + current density). +
C + CDATA(2,I) = The auroral Electrojet index. +
C + Q(I) = The Q index (a quarter-hourly Kp index). +
C + ES(I) = The total energy dissipation rate in the polar +

```

```

C +           ionosphere. +
C +     DT(I) = An increased amount of temperature in the auroral +
C +           thermosphere. +
C + +
C + Internal parameters: +
C +     HOUR   = the delta time after the simulation start time. +
C +     E       = epsilon (in ergs/sec) +
C +     PCPOT   = polar cap potential (in kV) +
C +     THETAP  = polar angle of IMF projected onto YZ plane +
C +               (in degrees) +
C +     BMAG    = magnitude of interplanetary magnetic field +
C +               (in nT or gammas) +
C +     PHI     = azimuthal angle of IMF in GSM coordinates +
C +               (measured from +x axis, in degrees) +
C +     THETA   = polar angle of IMF in GSM coordinates +
C +               (measured off xy plane, in degrees) +
C +-----+
      PARAMETER (RADCONV = 180./3.14159, ENCONV = 1.99E+14)
c      PARAMETER MAXPNT = 2000
      DIMENSION DATA(7,2000), CDATA(2,2000), Q(2000), ES(2000),
&          DT(2000), HR(2000)
C +-----+
C + Read in solar wind data set. +
C +-----+
      OPEN (16, FILE=' earth.dat' , STATUS=' OLD' , READONLY, SHARED)
      READ (16, 49, ERR=999) NP, IYR, MO, ID, IH, IROT, AUL, ITYPE
49  FORMAT(6I5, F5.1, I5)
C
      DO 100 I=1, NP
          READ (16, 50) HR(I), DATA(2, I), DATA(1, I), DATA(4, I), DATA(5, I),
&          DATA(6, I), ZLAT1, ZLONG1
50  FORMAT(8F10.2)
      !      TYPE =, HR(I), DATA(2, I), DATA(1, I), DATA(4, I),
      !      &          DATA(5, I), DATA(6, I)
C +-----+

```

```

C + Call subroutine EPSILON to calculate E: +
C +-----+
      IF (ITYPE.EQ.1) THEN
        BMAG = SQRT(DATA(4,I)**2.0 + DATA(5,I)**2.0 +
&          DATA(6,I)**2.0)
        VEL = DATA(2,I)
        BY = DATA(5,I)
        BZ = DATA(6,I)
      ELSE IF (ITYPE.EQ.2) THEN
        THETA = DATA(5,I)/RADCONV
        PHI = DATA(6,I)/RADCONV
        BMAG = DATA(4,I)
        VEL = DATA(2,I)
        BY = BMAG * COS(THETA) * SIN(PHI)
        BZ = BMAG * SIN(THETA)
      ENDIF
      CALL EPSILON(BY,BZ,BMAG,VEL,THETAP,E)
      DATA(3,I) = E
C +-----+
C + Calculate the polar cap potential +
C +-----+
      ARG = 0.93*E/ENCONV - 319.
      IF (ARG.LE.0.) ARG = 0.
      PCPOT = SQRT(ARG)
      DATA(7,I) = PCPOT
100  CONTINUE
      CLOSE (UNIT=16)
      CALL CALCDST(7,-NP,DATA,2,NNP,CDATA)
C
      DO I=1,NP
        Q(I)=6.24E-03*CDATA(1,I)+0.876
        ES(I)=2.9E15*CDATA(1,I)
        X=.45*ALOG(DATA(3,I)/1.E17+3.)+5.
        DT(I)=EXP(X)-300.
      END DO

```

```

C +-----+
C + WRITE DATA CALCULATED FROM CALCDST AND EPSILON TO      +
C + A FILE                                                    +
C +-----+
      OPEN (UNIT=18,FILE=' calcpur.dat' ,STATUS=' NEW' )
      WRITE(18,500)NP,IYR,MO,ID,IH,IROT,AUL
500    FORMAT(6I5,F6.2)
      WRITE(18,600)(HR(I),DATA(3,I),DATA(7,I),CDATA(1,I),
      &              CDATA(2,I),Q(I),ES(I),DT(I),I=1,NP)
600    FORMAT(f8.2,e12.4,4f10.2,e12.4,f10.2)
      CLOSE (UNIT=18)
      STOP

C
  999  STOP  'ERROR READING INPUT FILE-CHECK ASSIGNMENT STATEMENT'
      END

C*****
C +-----+
C + EPSILON.FOR                                APRIL 26, 1985  +
C +                                                    +
C + Geophysical Institute,  U. of A.,  Fairbanks, AK  99775-0800  +
C +-----+
C + Subroutine called by : PCPOT.FOR                +
C +-----+
C +  This subroutine calculates the solar wind-magnetosphere energy  +
C + coupling function from the solar wind parameters.              +
C +                                                    +
C + References:                                              +
C +  Empirical relation for EPSILON function:                +
C +      Perrault & Akasofu (1978), Geophys.J.Roy.Astron.      +
C +      Soc. 54:547                                           +
C +                                                    +
C + BY      = Y magnetic field component in gsm                +
C + BZ      = Z magnetic field component in gsm                +
C + BMAG    = magnitude of interplanetary magnetic field (in nT or  +
C +          gammas).                                          +

```

```

C + VSW      = Solar wind velocity (in Km/sec)          +
C + THETAP = polar angle of IMF projected onto YZ plane (in degrees) +
C + E       = epsilon (in ergs/sec)                    +
C +-----+
      SUBROUTINE EPSILON(BY,BZ,BMAG,VSW,THETAP,E)
C +-----+
C + Note that E==VEL * (BMAG**2) * (SIN(THETAP/2))**4 * (L**2)      +
C + where L is the stagnation distance (approx. 7 in earth radii)  +
C +-----+
      PARAMETER (RADCONV =180./3.14159, ENCONV =1.99E+14)
C
      IF (BMAG.LT.1.E-10) BMAG = 1.E-10
      IF (BZ.EQ.0.) THEN
        THETAP = 90./RADCONV
      ELSE IF (BZ.GT.0.) THEN
        THETAP = ATAN(BY/BZ)
      ELSE
        BZ=ABS(BZ)
        THETAP = 3.14159 - ATAN(BY/BZ)
      ENDIF
C +-----+
C + ANGFUN = SIN(0.5*THETAP) ** 4                                +
C +-----+
      ANGFUN = SIN(0.5*THETAP)
      ANGFUN = ANGFUN * ANGFUN * ANGFUN * ANGFUN
      E = VSW * (BMAG**2.0) * ANGFUN
      E = E * ENCONV      ! Convert EPSILON to ergs/sec
      THETAP = THETAP * RADCONV
C
      RETURN
      END
C*****
C +-----+
C + CALCDST.FOR                                           3 June 1985 +
C +                                                                 +

```

```

C + Geophysical Institute, U. of A., Fairbanks, AK 99775-0800 +
C +-----+
C + Subroutine called by : STANDO.FOR +
C +-----+
C + THIS SUBROUTINE CALCULATES THE ESTIMATED DST AND AE FROM DATA +
C + READ FROM RPLANET.DAT. THE ROUTINE READS IN OUTDATA WHICH CONTAINS+
C + DATA FROM RPLANET.DAT AND OUTPUTS EDATA WHICH CONTAINS ENERGY +
C + DATA. THE VARIABLES PASSED IN OUTDATA MUST BE IN A CERTAIN ORDER +
C + FOR THIS ROUTINE TO OPERATE CORRECTLY. NDATA SHOULD BE GREATER +
C + THAN OR EQUAL TO 4 VARIABLES, AND BE IN THE FOLLOWING ORDER: +
C + 17,18,19,20. +
C + +
C + INPUT: +
C +      NDATA  =  NUMBER OF VARIABLES STORED IN OUTDATA. +
C +      NCNT   =  THE NUMBER OF HOURLY VALUES STORED IN OUTDATA +
C +                PER VARIABLE. IF NCNT IS NEGATIVE DON' T ADJUST+
C +                CALCDST BASELINE. +
C +      OUTDATA(I,J)=THE DATA ARRAY PASSING DATA FROM SUBROUTINE +
C +                READ TO ENERGY FOR THE CALCULATION OF THE +
C +                ENERGY VARIABLES. WHERE I=NDATA AND J=NCNT. +
C +                AND J=NCNT. +
C + OUTPUT: +
C +      NCDATA  =  NUMBER OF VARIABLES CALCULATED. +
C +      NCCNT   =  NUMBER OF HOURLY VALUES CALCULATED PER +
C +                VARIABLE. +
C +      CDATA(I,J) = THE DATA ARRAY PASSING DATA THAT WAS +
C +                CALCULATED BACK TO SUBROUTINE READR. +
C +                WHERE I=NDATA AND J=NCNT. +
C + +
C +      CDATA(*,N)  DESCRIPTION +
C +      -----  ----- +
C +          1      CALCULATED AE +
C +          2      CALCULATED DST +
C +-----+

```

```

SUBROUTINE CALCDST(NDATA,NCNT,OUTDATA,NCDATA,NCCNT,CDATA)

```

```

C
  PARAMETER (MAXCNT=2000)
  COMMON /CALPRT/ XSHIFT(MAXCNT)
  DIMENSION OUTDATA(NDATA,1), CDATA(NCDATA,1), CALDST(MAXCNT+1)
  CALDST(1)=0.
C +-----+
C + Loop through the number of input data points calculating AE from +
C + an emperical formula and DST related parameters. +
C +-----+
  DO 1 I=1,ABS(NCNT)
    IF(OUTDATA(3,I).LE.0.)THEN
      ELOG=0.
    ELSE
      ELOG=ALOG10(OUTDATA(3,I))
    ENDIF
C*  CDATA(1,I)=-300.*(ELOG-ELOG)+11700.*ELOG-113200.
    IF (ELOG.LE.18.9) THEN
      CDATA(1,I) = -600.*(ABS(TANH(ELOG-18.9)))*0.6667 + 650.
    ELSE
      CDATA(1,I) = 600.*(TANH(ELOG-18.9))*0.6667 + 650.
    ENDIF
    IF(CDATA(1,I).LE.0.)CDATA(1,I)=0.
    TYPE *, I, CDATA(1,I), ELOG
    IF(OUTDATA(3,I).LE.1.OE18)TAU=72000.
    IF(OUTDATA(3,I).GT.1.OE18.AND.OUTDATA(3,I).LE.1.OE19)TAU=10800.
    IF(OUTDATA(3,I).GT.1.OE19)TAU=1800.
    IF(OUTDATA(3,I).LT.1.OE18.OR.I.EQ.1)THEN
      CALC=CALDST(I)
    ELSE
      CALC=CALDST(I)+3600.*1.75E-21*OUTDATA(3,I)
    ENDIF
    ZTEMP = OUTDATA(1,I)*OUTDATA(2,I)*OUTDATA(2,I)
    XSHIFT(I)=2.38E-2*SQRT(ABS(ZTEMP))
    CALDST(I+1)=CALC/(1.+3600./TAU)
  1 CONTINUE

```

```

C +-----+
C + Loop through the number of points again and calculate DST from +
C + the previously calculated parameters. +
C +-----+
      DO 2 I=1,ABS(NCNT)
        IF(I.EQ.1)THEN
          IF(NCNT.LT.0)THEN
            SHIFT=0.-(XSHIFT(I)-CALDST(I+1))
          ELSE
            SHIFT=OUTDATA(4,1)-(XSHIFT(I)-CALDST(I+1))
          ENDIF
        ENDIF
        CDATA(2,I)=XSHIFT(I)-CALDST(I+1)+SHIFT
      2 CONTINUE
C
      RETURN
      END

```

CALCPLOT.PRO

```

PRO CALCPLOT
; + Plotting procedure for Epsilon has been slightly modified.
; + If Epsilon lies outside of range (<1.E14 or >1.E22). further
; + modification is required. (YIWON, 12/20/97).
; + IDL graphic software. (By W. Sun, March, 1996 in GI, UAF) +
; +-----+
; + This program and command file will generate a plot of +
; - the calculated parameters listed below which were output +
; + by the CALCPAR program. The program uses NCAR graphics. +
; + Epsilon (Ergs/Sec) +
; + calculated AE (nT) +

```



```

; +          calculated DST          (nT)          +
; +                                                                    +
; + INPUT:          ( CALCPAR.DAT )      FOR018      +
; +      NP          = The number of hours calculated from the start +
; +                  time.                                         +
; +      IYR          = The starting year for the simulation.      +
; +      MO           = The starting month for the simulation.     +
; +      ID           = The starting day for the simulation.       +
; +      IH           = The starting hour for the simulation.      +
; +      IROT          = The carington rotation number which contains +
; +                  the start time.                               +
; +      AUL           = The distance in AU that the simulation data was +
; +      HOUR(NP)= The hour of the simulation data from the      +
; +                  starting time.                                +
; +      EPS(NP) = The energy quotion calculated from the      +
; +                  simulation data.                              +
; +      RKP(NP) = The total potential drop across the polar cap. +
; +      CAE(NP) = The calculated AE index using an imperical +
; +                  formula.                                     +
; +      CDST(NP)= The calculated DST index using an imperical +
; +                  formula.                                     +
; +                                                                    +
; + OUTPUT:  calcplot.ps (Postscript file)                      +
; +                                                                    +
; + INTERNAL PARAMETERS:                                         +
; +      ISMOOTH = switch for doing a 3 point smoothing on the data +
; +                  if ISMOOTH = 1 then do the smoothing.      +
; +                                                                    +
; + at this point, vel, dens are not plotted, but do need to be +
; + later.  The data set is read from FOR016.DAT                +
; +-----+
;SET_PLOT, ' tek'
filen=''
filen1=''
read, 'Output filename (calcplot.ps): ', filen1

```

```

SET_PLOT, ' PS'
DEVICE, FILENAME=' calcplot.ps' ,XOFFSET=4,XSIZE=14,YOFFSET=4,YSIZE=20
;!P.CHARTHICK=3.
!p.charsize=2
!P.POSITION=[0.,0.,1.,1.]
;!P.FONT=0
!P.MULTI=[0,1,6]
;*****
month=[ ' JAN' , ' FEB' , ' MARCH' , ' APL' , ' MAY' , ' JANE' , ' JULY' , ' AUG
' , $
      'SEPT' , ' OCT' , ' NOV' , ' DEC' ]
yml1=[ ' !610!E14!6' , ' 10!E15!6' , ' 10!E16!6' , ' 10!E17!6' , $
      ' 10!E18!6' , ' 610!E19!6' , ' 610!E20!6' , ' 610!E21!6' ]
yml2=[ ' !610!E17!6' , ' 10!E18!6' , ' 10!E19!6' ]
read, 'Input filename (calcpa.dat): ', filen
openr,1,filen
np=1&yr=1&mo=1&hr=1&rot=1&au=1.&tmp=1
readf,1,np,yr,mo,day,hr,rot,au,format=' (6i5,f6.2)'
print,np,yr,mo,day,hr,rot,au
nn=np/24
dn=1./nn
fnp=float(np-1)
dp=fnp/nn
print,dn,dp
eps=fltarr(np)
hour=eps&kp=eps&ae=eps&dst=eps&q=eps&es=eps&dt=eps
a=1.&b=1.&c=1.&d=1.&e=1.&f=1.&g=1.&h=1.
for i=0,np-1 do begin
;readf,1,a,b,c,d,e,f,g,h,format=' (f8.2,e12.4,4f8.2,e12.4,f8.2)'
readf,1,a,b,c,d,e,f,g,h
;print,a,b,c,d,e,f,g,h
hour(i)=a
eps(i)=b
kp(i)=c
ae(i)=d

```

```

dst(i)=e
q(i)=f
es(i)=g
dt(i)=h
endfor
close,1
;-----
plot_io,1.e-15*eps,position=[0,.8,1,.96],xrange=[0,np-1],$
xstyle=5,yticks=3,ytickname=yml1
xyouts,-.15,.89,'!7e!6',/normal,align=.5,size=1.5
xyouts,-.15,.87,'(Ergs/s)',/normal,align=.5,size=1
plots,[0,1],[.8,.8],/normal
plots,[0,1],[.96,.96],/normal
for i=0,n-1 do begin
i1=i*dn
plots,[i1,i1],[.8,.81],/normal
plots,[i1,i1],[.96,.95],/normal
endfor
;-----
plot,kp,position=[0,.64,1,.8],xrange=[0,np-1],$
yrange=[0,1000],xstyle=5,ystyle=5
plots,[0,np-1],[0,0]
plots,[0,np-1],[1000,1000]
plots,[0,0],[0,1000]
plots,[np-1,np-1],[0,1000]
for i=0,4 do begin
i1=200*i
yl=string(i1,format='(i3)')
plots,[0,2],[i1,i1]
plots,[np-1,np-3],[i1,i1]
if(i eq 0) then xyouts,-2,i1+6,yl,align=1 else $
xyouts,-2,i1-10,yl,align=1
endfor
xyouts,-.15,.73,'!7U!6!ipc!n',/normal,align=.5,size=1.5
xyouts,-.15,.71,'(kv)',/normal,align=.5,size=1

```

```

plots,[0,np-1],[0,0]
for i=0.,fnp,dp do begin
plots,[i,i],[0,20]
plots,[i,i],[1000,980]
endfor
;-----
plot,ae,position=[0,.48,1,.64],xrange=[0,np-1],$
yrange=[0,2000],xstyle=5,ystyle=5
plots,[0,np-1],[0,0]
plots,[0,np-1],[2000,2000]
plots,[0,0],[0,2000]
plots,[np-1,np-1],[0,2000]
for i=0,2 do begin
i1=500*i
yl=string(i1,format=' (i4)' )
plots,[0,2],[i1,i1]
plots,[np-1,np-3],[i1,i1]
if(i eq 0) then xyouts,-2,i1+10,yl,align=1 else $
xyouts,-2,i1-10,yl,align=1
endfor
xyouts,-.15,.57,' '6AE' ,/normal,align=.5,size=1.5
xyouts,-.15,.55,' (nT)' ,/normal,align=.5,size=1
plots,[0,np-1],[0,0]
for i=0.,fnp,dp do begin
plots,[i,i],[0,50]
plots,[i,i],[2000,1950]
endfor
;-----
plot,dst,position=[0,.32,1,.48],xrange=[0,np-1],$
yrange=[-500,0],xstyle=5,ystyle=5
plots,[0,0],[-500,0]
plots,[np-1,np-1],[-500,0]
plots,[0,np-1],[0,0]
plots,[0,np-1],[-500,-500]
for i=0,3 do begin

```

```

i1=100*i-400
yl=string(i1,format=' (i4)' )
plots,[0,2],[i1,i1]
plots,[np-1,np-3],[i1,i1]
if(i eq 0) then xyouts,-2,i1+5,yl,align=1 else $
xyouts,-2,i1-5,yl,align=1
endfor
xyouts,-.15,.41,' !6Dst' ,/normal,align=.5,size=1.5
xyouts,-.15,.39,' (nT)' ,/normal,align=.5,size=1
plots,[0,np-1],[0,0]
ii=-1
for i=0.,fnp,dp do begin
ii=ii+1
plots,[i,i],[0,-20]
plots,[i,i],[-500,-480]
endfor
;-----
plot_io,1.e-17*es,position=[0,.16,1,.32],xrange=[0,np-1],$
xstyle=5,yticks=1,ytickname=yml2
xyouts,-.15,.25,' !6U!iI!n' ,/normal,align=.5,size=1.5
xyouts,-.15,.23,' (Ergs/s)' ,/normal,align=.5,size=1
plots,[0,1],[.16,.16],/normal
plots,[0,1],[.32,.32],/normal
for i=0,nn-1 do begin
i1=i*dn
plots,[i1,i1],[.16,.17],/normal
plots,[i1,i1],[.32,.31],/normal
endfor
;-----
plot,dt,position=[0,0,1,.16],xrange=[0,np-1],$
yrange=[0,3000],xstyle=5,ystyle=5
plots,[0,0],[0,3000]
plots,[np-1,np-1],[0,3000]
plots,[0,np-1],[0,0]
plots,[0,np-1],[3000,3000]

```

```

for i=0,2 do begin
  i1=1000*i
  yl=string(i1,format=' (i4)' )
  plots,[0,2],[i1,i1]
  plots,[np-1,np-3],[i1,i1]
  if(i eq 2) then xyouts,-2,i1-200,yl,align=1 else $
  xyouts,-2,i1-100,yl,align=1
endfor
xyouts,-.15,.09,' !7D!6T' ,/normal,align=.5,size=1.5
xyouts,-.15,.07,' (!9x!6K)' ,/normal,align=.5,size=1
plots,[0,np-1],[0,0]
plots,[0,np-1],[3000,3000]
day=day+hour(0)/24.
ii=-1
for i=0.,fnp-dp,dp do begin
  ii=ii+1
  xl=string(day+ii,format=' (i2)' )
  plots,[i,ii],[0,200]
  plots,[i,ii],[3000,2800]
  xyouts,i+12,-300,xl,align=.5
endfor
tit=month(mo-1)+' ', '+string(yr,format=' (i4)' )
xyouts,.5,-.05,tit,/normal,align=.5,size=1.5
DEVICE,/CLOSE_FILE
return
end

```

ECPLOT.F

```

c +-----+
c + ecplot.f          (MODIFIED By Sun in GI, UAF)      March, 1996  +

```

```

C +-----+
C + Create a data file 'ecplot.dat' to make plots of ecliptic      +
C + cross-sections of the IMF pattern due to the inner boundary source+
C + surface and as modified by flare propagation introduced by the  +
C + parameters in 'Flare.par'                                       +
C +                                                                  +
C + This program is similar to EQPLOT but gives IMF pattern in the  +
C + ecliptic instead of solar equatorial plane                     +
C +                                                                  +
C + INPUT:      ( STARTIME.PAR )          FOR010                    +
C +      IYR, IMO, IDA, IHR, IMI  start time of simulation          +
C +                                                                  +
C + INPUT:      ( FLARE.PAR )             FOR012                    +
C +      NOFLR                      the number of flares used      +
C +      FLTIME(NOFLR)              start time of flare      (hours) +
C +      FLRLON(NOFLR)              flare HEQ longitude      (degrees) +
C +      FLRLAT(NOFLR)              flare HEQ latitude      (degrees) +
C +      FLRVEL(NOFLR)              maximum flare velocity  (km/sec)  +
C +      FLRDEC(NOFLR)              flare time constant      (hours)  +
C +      FLRSTD(NOFLR)              spacial extent of flare (degrees) +
C +      POWERF(NOFLR)              deceleration constant    (hours)  +
C +                                                                  +
C + INPUT:      ( SOURCEVEL.PAR )         FOR014                    +
C +      NSLOPE1                    the slope of the Northern magnetic +
C +                                field lines.                      +
C +      NSLOPE2                    the slope of the Southern magnetic +
C +                                field lines.                      +
C +      VB                          the minimum background solar wind +
C +                                speed.                            +
C +      VA                          the maximum background solar wind  +
C +                                speed.                            +
C +                                                                  +
C + INPUT:      ( SOURCEFLD.PAR )         FOR015                    +
C +      BMAX                        The maximum magnetic field.      +
C +      BMIN                        The minimum magnetic field.      +

```

```

C +      BFLD(30,288)          The magnetic field magnitude      +
C +                               on the source surface.          +
C +                               +                                +
C + INPUT:      ( ECPLLOT.PAR )          FOR021                  +
C +      AUL          the AU distance calculate the plot to      +
C +      JTS          the hour of the first plot generated      +
C +      JTE          the hour of the last plot generated        +
C +      JTINC        the hour increment between JTS and JTE    +
C +                               +                                +
C + OUTPUT:      ( ECPLLOT.DAT )          FOR025                  +
C +      As an input file for IDL graphic code 'ecplot.pro'      +
C +                               +                                +
C + INTERNAL PARAMETERS:                                          +
C +      R      = RADIAL DISTANCE OF PARTICLES ON A LINE FIXED IN +
C +                PARTICULAR LONGITUDE (=LONG).                 +
C +      UNITP = INCREMENT OF AZIMUTHAL ANGLE IN DEGREE, WHICH IS +
C +                USED FOR TIME INCREMENT, UTIME                +
C +      UTIME = TIME INCREMENT, 25.4*24.0/(360./UNITP)          +
C +      NOFLR = NUMBER OF FLARES CALCULATED, IN THIS PROGRAM THIS +
C +                NUMBER SHOULD BE .LT. OR .EQ. 5.              +
C +      LONG  = THE PARTICULAR LONGITUDE USED FOR COMPUTATION OF +
C +                THIS RADIAL DISTRIBUTIONS OF PARTICLES.       +
C +      ISAR  = IF ISAR=1, THE SAME ACTIVE REGIONS EMIT SUCCESSIVE +
C +                FLARES AT TIME=FLTIME(IFLR).                  +
C +      VFL   = SPEED OF FLARE PARTICLES, IN KM/HOUR            +
C +                VFL(LON,LAT)=VF*EXP(-(LON**2+LAT**2)/FLRSTD**2) +
C +      VSO   = SPEED OF BACKGROUND SOLAR WIND, IN KM/HOUR.     +
C +                VSO = VA*(1.0-(1.0/COSH(0.06*LAMDA))+VB        +
C +                LAMDA=CHI*SIN(OMEGA*TIME),                    +
C +      CHI   = A TILT ANGLE OF THE DIPOLE                      +
C +      OMEGA = AN ANGULAR SPEED OF THE SUN                    +
C +      IAU   = THE MAXIMUM DISTANCE FOR PLOTTING, IN AU.       +
C +      JTIME = TIME AFTER T=0, IN UTIME                        +
C +-----+
      parameter(a1=.9,c1=2.,b1=c1-a1,ampf=.85,base=.5,basec=.5)

```



```

common /blkrad/  unitp,uphi,noflr,jend
common /phimxm/  phimax,phimin
common /blkflr1/ fltime(99),flrlon(99),flrlat(99)
common /blkflr2/ flrspd(99),flrdec(99),flrstd(99),powerf(99)
common /blkhlat/ hlat(2000),hlon(2000),hfld(2000)
common /blkcons/ tperi,utime,omega,au,ndti,dti,fctti
common /blkbfld/ bfld(30,288)
common /blkbmax/ bmax,bmax2
common /blkbmin/ bmin,bmin2
common /blksrc/  nslope1,nslope2,va,vb,vd,vco
dimension r(2000),r0(2000),r1(2000)
dimension hlat0(2000),hlat1(2000)
character*12 outname,mon*4
logical*1 first
data au/1.496e08/          ! kilometers in 1 au
data unitp/1.0/           ! increment for azimuth angle (deg)
data tperi/609.6/         ! solar rotation period hours
c                           (25.4days*24hours/day)
data ndti/30/             ! number of utimes for timinc
data drpoint/.1/         ! radial dist increment for vel calc
data pi/3.1415926/       ! pie !
mswitch = 1
omega=360.0/tperi        ! rotation rate degrees per hour
ipdef = 5
utime=unitp/omega        ! time increment in hours
dti=utime*float(ndti)
fctti=au/(dti*3600)
uphi=unitp*pi/180.      ! unitp in radians. used in sbdt.for
c
ccc  begin the plot loop, one frame per hour
c
      open (21,file=' ecplot.par' ,status=' old' ,readonly,shared)
123  read(21,*) aul,jts,jte,jtinc
cc                                     ! simulation start time, plot start,
cc                                     ! plot end time, increment in time

```

```

open (14,file=' sourcevel.par' ,status=' old' )
read(14,*) nslope1,nslope2,vb,va
va=va*60.*60.
vb=vb*60.*60.
vd=va-vb
vco=(va*a1+vb*b1)/c1
open (10,file=' starttime.par' ,status=' old' )
read(10,10),iy,im,id,ih
10  format(1x,3i2,1x,i2)
close (unit=10)
if(iy.lt.50)then          ! set 2-digit iyr to 4-digit
    iyr=iy+2000          ! good for 1950 - 2049
else
    iyr=iy+1900
endif
call ymdyd(iy,im,id,ideate)
jts=jts+ih
jte=jte+ih
if(jts.gt.0)then
    first=.false.
    ideate=ideate+int(float(jts)/24)
    ity=jmod(iy,4)
    if(ity.eq.0.and.ideate.gt.366)then
        iy=iy+1
        ideate=ideate-366
    else if (ity.ne. 0.and.ideate.gt.365)then
        iy=iy+1
        ideate=ideate-365
    endif
endif
endif
iau=nint(aul)
call weshere(iyr,im,id,ih,zlat1,zlong1,irot,10)
open (15,file=' sourcefld.par' ,status=' old' )
read(15,150)bmax,bmin
read(15,250)((bfld(i,j),i=1,30),j=1,288)

```

```

150    format(2f8.2)
160    format(3f8.2)
250    format(10f8.2)
        close (unit=15)
        bigmax=amax1(bmax,abs(bmin))
        bmax2=bigmax
        bmin2=bigmax
c      bmax2=5.0*bmax/2.    ! used in field calculations in sbt.for
c      bmin2=5.0*bmin/2.    ! scaled up by factor of five
c                                     ! see fry' s or hoeksema' s thesis
        open (12,file=' flare.par' ,status=' old' )
        read(12,55) noflr
55    format(1x,i2)
c      if(n.gt.0) print *, ' flare parameters:'
        do 50 i=1,noflr    ! load up the flare parameters
            n=i              ! necessary for multiple flares
            read(12,*)fltime(n),flrlon(n),flrlat(n),flrspd(n),
*           flrdec(n),flrstd(n),powerf(n)
c           print *,fltime(n),flrlon(n),flrlat(n),flrspd(n),
c           *   flrdec(n),flrstd(n),powerf(n)
50    continue
        close (unit=12)
        noflr=n              ! necessary for choice of flare number
        jend=(aul*au)/(300.*60.*60.*utime)*2.    ! insure aul reached
        if(jend .gt. 2000) jend=2000
        fx1=30.
        fyl=30.
        fx12=fx1*0.5
        fctr=fx12/aul
        first = .true.
80    format(a6,i2.2,a4)
90    format(6a6)
120   format(5i6)
        write(*,90)' Au' , ' year' , ' month' , ' day' , ' hour'
        kk=0

```

```

do jtime=jts,jte,jtinc  ! begin big do
c   idinc=(ih+jtime)/24
c   id=id+idinc
c   ihh=mod(ih+jtime,24)
   ihh=ih+jtime
   kk=kk+1
   write(outname,80)' ecplot' ,kk, '.dat'
   open(25,file=outname,status=' new' )
   write(25,120)iau,iyr,im,id,ihh
   write(*,120)iau,iyr,im,id,ihh
   ztime=float(jtime)
   if(jtime.eq.0)then
       elat=zlat1
       elon=zlong1
   else
       etime=float(jtime)
       call nowhere (etime,elat,elon)
   endif
   ex=(1./aul)*fxl2*cosd(elon)
   ey=(1./aul)*fxl2*sind(elon)
   write(25,150)ex,ey
c   write(*,150)ex,ey
   lati=0
   zlati=float(lati)
   long=1
   zlong=float(long)
   call heqhec(iyr,zlati,zlong,heclat,heclon)
   heclat=-heclat
   call srt(ztime,heclat,zlong,r)
   do 100 j=1,jend,ipdef
       r1(j)=r(j)
       r0(j)=r(j)
       hlat0(j)=hlat(j)
       hlat1(j)=hlat(j)
100  continue

```

```

fp1=float(long-1)*uphi
cfp1=cos(fp1)
sfp1=sin(fp1)
do 600 long=1+ipdef,360,ipdef
    zlong=float(long)
    call heqhec(iyr,zlati,zlong,heclat,heclon)
    heclat=-heclat
    call srt(ztime,heclat,zlong,r)
    fp=float(long-1)*uphi
    cfp=cos(fp)
    sfp=sin(fp)
do 200 j=1,jend-ipdef,ipdef
    jj=j+ipdef
    rr1=r1(jj)*fctr
    rrr=r(j)*fctr
    if(rr1.gt.fx12.and.rrr.gt.fx12) goto 210
    x=rrr*cfp
    y=rrr*sfp
    if(j.ne.1) goto 190
    x=0.
    y=0.
190    x1=rr1*cfp1
    y1=rr1*sfp1
    hl1=hlat1(jj)
    hl2=hlat(j)
    if(rr1.lt.fx12.and.rrr.lt.fx12) goto 195
    if(rrr.lt.rr1)then
        x3=x
        y3=y
        s3=rrr
        x=x1
        y=y1
        rrr=rr1
        x1=x3
        y1=y3

```

```

        rr1=s3
    endif
    dx=x-x1
    dy=y-y1
    d=sqrt(dx*dx+dy*dy)
    if (d.eq.0.0) go to 200 ! dont process if same point
    dr=d*(fx12-rr1)/(rrr-rr1)
    xinc=dx*dr/d
    yinc=dy*dr/d
    x=x1+xinc
    y=y1+yinc
    s=sqrt(x*x+y*y)
195     write(25,350)x1,y1,x,y
200     continue
210     cfp1=cfp
        sfp1=sfp
        do 300 j=1,jend
            r1(j)=r(j)
            hlat1(j)=hlat(j)
300     continue
600     continue
        do 700 j=1,jend-ipdef,ipdef
            jj=j+ipdef
            rr1=r1(jj)*fctr
            rrr=r0(j)*fctr
            x1=rr1*cfp1
            y1=rr1*sfp1
            x=rrr
            y=0.
            hl1=hlat1(jj)
            hl2=hlat0(j)
            if(rr1.le.fx12.and.rrr.le.fx12) goto 695
            if(rr1.gt.fx12.and.rrr.gt.fx12) goto 710
            if(rrr.lt.rr1)then
                x3=x

```

```

        y3=y
        s3=rrr
        x=x1
        y=y1
        rrr=rr1
        x1=x3
        y1=y3
        rr1=s3
    endif
    dx=x-x1
    dy=y-y1
    d=sqrt(dx*dx+dy*dy)
    if (d.eq.0.0) go to 700 ! dont process if same point
    dr=d*(fx12-rr1)/(rrr-rr1)
    xinc=dx*dr/d
    yinc=dy*dr/d
    x=x1+xinc
    y=y1+yinc
    s=sqrt(x*x+y*y)
695     write(25,350)x1,y1,x,y
700     continue
710     continue
        ity=jmod(iy,4)
        if(ity .eq. 0.and. idate.gt.366)then
            iy=iy+1
            idate=idate-366
        else if(ity .ne. 0.and. idate.gt.365)then
            iy=iy+1
            idate=idate-365
        endif
    close (25)
end do ! big do
itime=jtime-6
ktime=jmod(itime,24)
call ydynd(iy, idate, mon, im, id)

```

```

c      write(25,450)mon,id,iy
c      goto 123
350    format(4f10.2)
450    format(3i10)
      close (10)
      close (12)
      close (14)
      close (15)
      close (21)
      stop
      end
c +-----+
      subroutine ydynd(myr,mdate,mo,imo,ida)
      dimension m(12)
      character*4 mo,month(12)
      data month/' JAN. ' , ' FEB. ' , ' MAR. ' , ' APR. ' , ' MAY ' , ' JUNE ' ,
JULY' ,
      &  ' AUG. ' , ' SEP. ' , ' OCT. ' , ' NOV. ' , ' DEC. ' /
      data m/31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31/
      j=0
      itest=jmod(myr,4)
      if(itest.eq.0)m(2)=m(2)+1
      do 2 i=1,12
        jtest=j+m(i)
        if(mdate.le.jtest)go to 3
2      j=jtest
3      mo=month(i)
      imo=i
      ida=mdate-j
      if(m(2).eq.29)m(2)=28
      return
      entry ymdyd(nyr,nmon,nday,ide)
      ide=0
      itest=jmod(nyr,4)
      if(itest.eq.0)m(2)=m(2)+1

```



```

do 20 i=1,nmon-1
    idate=idate+m(i)
20 continue
    idate=idate+nday
    if(m(2).eq.29)m(2)=28
    return
end

```

ECPLOT1.PRO

```

pro ecplot1
;SET_PLOT, ' tek'
SET_PLOT, ' PS'
DEVICE,/TIMES,FILENAME=' ecplot.ps' ,$
XOFFSET=5,XSIZE=12,YOFFSET=9,YSIZE=12
;!P.CHARTHICK=3.
;!p.charsize=2
!P.POSITION=[0.,0.,1.,1.]
!P.FONT=0
;!P.MULTI=[0,5,2]
mon=[ ' Jan' , ' Feb' , ' March' , ' April' , ' May' , ' June' , ' July' , $
      ' Aug' , ' Sep' , ' Oct' , ' Nov' , ' Dec' ]
ex=1.&ey=1.
x0=1.&y0=1.&x1=1.&y1=1.
au=1&iy=1&im=1&id=1&ih=1
print, ' input number of files'
read,kk
for i=0,kk-1 do begin
fm=' ecplot' +string(i+1,format=' (i2.2)' )+' .dat
print,fm
openr,1,fm
readf,1,au,iy,im,id,ih

```

```

title=mon(im-1)+string(id,format=' (i3)' )+' ,   '+string(iy,format=' (i4)
' )
ihh=' TIME=   '+string(ih,format=' (i3)' )+' UT'
readf,1,ex,ey
er=sqrt(ex*ex+ey*ey)
;print, ' ex,ey,er=' ,ex,ey,er
ang=findgen(361)*!pi/180.
plot,[0,0],[0,0],/nodata,xrange=[-au,au],yrange=[-au,au],$
xstyle=5,ystyle=5
rmax=0.
while not eof(1) do begin
readf,1,x0,y0,x1,y1
plots,[x0/er,x1/er],[y0/er,y1/er]
endwhile
oplot,au*cos(ang),au*sin(ang)
xyouts,ex/er,ey/er,' *' ,align=.5,size=2
plots,[-au,au],[0,0]
plots,[0,0],[-au,au]
xyouts,0,au+au/20., ' 90' ,align=.5,size=1.5
xyouts,0,-au-au/10., ' 270' ,align=.5,size=1.5
xyouts,-au-au/20.,0, ' 180' ,align=1,size=1.5
xyouts,au+au/20.,0, ' 0' ,align=0,size=1.5
xyouts,0,au+au/5.,title,align=.5,size=2
xyouts,au-au/2.,-au,ihh,size=2
xyouts,au-au/2.,au,string(au,format=' (i2)' )+' AU' ,size=2
close,1
endfor
DEVICE,/CLOSE_FILE
return
end

```

ECPLOT_TV.PRO

```

;
; This program does an animation of the ecliptic cross-sections of the
; IMF pattern created by ecplot.pro. (Y.I. Won 4/30/97)
;
pro ecplot_tv
;set_plot, ' tek'
;SET_PLOT, ' PS'
;DEVICE,/COLOR,FILENAME=' FAC.PS' ,XOFFSET=3,XSIZE=16,YOFFSET=5,YSIZE=16
loadct,13
print,' input number of file'
read,kk
fname=strarr(kk)
for i=0,kk-1 do begin
fname(i)=' ecplot' +string(i+1,format=' (I2.2)' )+' .dat'
endfor

frames=bytarr(400,400,kk)
window,/free,title=' FAC disply' ,xsize=400,ysize=400,xpos=700
for j=0,kk-1 do begin
print,' filename=' ,fname(j)
ecplot_color,fname(j)
frames(*,*,j)=tvrd()
erase
endfor

xinteranimate, set=[400,400,16], /showload
for i=0,kk-1 do begin
xinteranimate, frame=i, image=frames(*,*,i)
endfor
xinteranimate, 10,/keep_pixmap
;save,frames, file=' movie.sav' , /xdr
;movie,frames,order=0
;DEVICE,/CLOSE_FILE
return
end

```

우주 전파 환경 예보모델

프로그램 설계서

1998년 01월 20일 / 21:15

전파연구소

목차

제1장 프로젝트 전체 정보	Page	제4장 Function 정보	Page
1.1 파일 일람	1	4.1 Function 일람	1
1.2 소스 파일 설명서	1~3	4.2 Function 설명서	1~2
1.3 Form 설명서	1~3	4.3 Function 정의서	1~6
1.4 프로시저 일람	1~2		
1.5 프로시저 Flow	1~2	제5장 변수 정보	
제2장 제너럴 프로시저 정보		5.1 사용자형 일람	1
2.1 제너럴 프로시저 일람	1	5.2 글로벌 상수 일람	1~27
2.2 제너럴 프로시저 설명서	1~2	5.3 모듈 상수 일람	1
2.3 제너럴 프로시저 정의서	1~5	5.4 글로벌 변수 일람	1
		5.5 모듈 변수 일람	1
제3장 이벤트 프로시저 정보		제6장 외부 프로시저 정보	
3.1 이벤트 프로시저 일람	1	6.1 외부 프로시저 일람	1
3.2 이벤트 프로시저 설명서	1~2	6.2 외부 프로시저 설명서	1~3
3.3 이벤트 프로시저 정의서	1~6		

서론

이 프로그램 설계서는 Visual Basic에서 작성된 소스 파일의 설명을 다음과 같은 장에 분류하여 기술하였다.

제1장 프로젝트 전체 정보

프로젝트 전체에 관한 정보를 파일 이름, 프로시저 이름 등에 나누어서 기술하였다.

제2장 제너럴 프로시저 정보

제너럴 프로시저에 관한 정보를 이벤트 프로시저 이름, 정의서 등에 나누어서 기술하였다.

제3장 이벤트 프로시저 정보

이벤트 프로시저에 관한 정보를 이벤트 프로시저 이름, 정의서 등에 나누어서 기술하였다.

제4장 Function 정보

Function에 관한 정보를 Function 이름, 정의서 등에 나누어서 기술하였다.

제5장 변수 정보

변수에 관한 정보를 변수 이름, 상수 이름 등에 나누어서 기술하였다.

제6장 외부 프로시저 정보

외부 프로시저에 관한 정보를 외부 프로시저 이름, 설명서 등에 나누어서 기술하였다.

제1장은 프로젝트 전체에 관한 정보를 다음의 도큐먼트에 기술하였다.

1.1 파일 일괄

한개의 파일을 1 행으로 하되 다음과 같은 항목으로 분류하여 표 형식으로 기술하였다.

- 소스 파일명
- 소스파일 안에 포함되어 있는 주석의 행수, 빈 행의 행수, 실행 행의 행수, Form정의부의 행수와 그에 따른 합계
- 소스파일 안에 포함되어 있는 제너럴 프로시저의 수, 이벤트 프로시저의 수, Form정의부의 행수와 그에 따른 합계
- 소스파일을 작성한 담당자와 일자, 수정한 담당자와 일자 및 버전

1.2 소스파일 설명서

한개의 파일을 1 페이지로 하되 다음과 같은 항목으로 분류하여 기술하였다.

- 소스 파일명
- 소스파일에 대한 기능의 설명
- 소스파일을 작성한 담당자와 일자, 수정한 담당자와 일자 및 버전
- 소스파일 안에 포함되어 있는 주석의 행수, 빈 행의 행수, 실행 행의 행수, Form정의부의 행수와 그에 따른 합계와 비율
- 소스파일 안에 포함되어 있는 제너럴 프로시저 수, 이벤트 프로시저 수, Function 수 및 그에 따른 합계와 비율
- 소스파일 안에 정의되어져 있는 모듈명 및 그 모듈의 설명

1.3 Form 설명서

한개의 파일을 1 페이지로 하되 다음과 같은 항목으로 분류하여 기술하였다.

- 소스 파일명
- Control에 대응하는 이벤트 프로시저의 Control명, Caption, Event Procedure 및 각각의 설명
- Control의 계층
- 메뉴의 명칭 및 Caption
- 각 Control의 갯수 및 합계

1.4 프로시저 일람

한개의 모듈을 1 행으로 하되 다음과 같은 항목으로 분류하여 표 형식으로 기술하였다.

- 제너럴 프로시저/이벤트 프로시저/Function의 형식
- 명칭
- 형과 속성
- 행의 수
- 소스 파일명
- 기능 설명

1.5 프로시저 Flow

한개의 파일을 1 페이지로 하되 다음과 같은 항목으로 분류하여 기술하였다.

- 소스 파일명
- 프로시저와 Form간의 호출 관계도

제2장은 제너럴 프로시저에 관련된 정보를 다음과 같은 도큐먼트에 분류하여 기술하였다.

2.1 제너럴 프로시저 일람

한개의 모듈을 1 행으로 하되 다음과 같은 항목으로 분류하여 표형식으로 기술하였다.

- 명칭
- 속성
- 행의 수
- 소스 파일명
- 기능 설명

2.2 제너럴 프로시저 설명서

한개의 파일을 1 행으로 하되 다음과 같은 항목으로 분류하여 기술하였다.

- 소스 파일명
- 명칭
- 기능 설명
- 개론

2.3 제너럴 프로시저 정의서

한개의 모듈을 1 페이지로 하되 다음과 같은 항목으로 분류하여 작성하였다.

- 명칭
- 기능 설명
- 처리 설명
- 소스 파일명
- 소스 파일을 작성한 담당자와 일자, 수정한 담당자와 일자 및 버전

제3장은 이벤트 프로시저에 관한 정보를 다음과 같은 도큐먼트에 분류하여 기술하였다.

3.1 이벤트 프로시저 일람

한개의 모듈을 1 행으로 하되 다음과 같은 항목으로 분류하여 기술하였다

- 명칭
- 속성
- 행의 수
- 소스 파일명
- 기능 설명

3.2 이벤트 프로시저 설명서

한개의 파일을 1 페이지로 하되 다음과 같은 항목으로 분류하여 기술하였다.

- 소스 파일명
- 명칭
- 기능 설명
- 개론

3.3 이벤트 프로시저 정의서

한개의 모듈을 1 페이지로 하되 다음과 같은 항목으로 분류하여 기술하였다.

- 명칭
- 기능 설명
- 처리 설명
- 소스 파일명
- 소스 파일을 작성한 담당자와 일자, 수정한 담당자와 일자 및 버전

제4장은 Function에 관한 정보를 다음과 같은 도큐먼트에 분류하여 기술하였다.

4.1 Function일람

한개의 모듈을 1 행으로 하되 다음과 같은 항목으로 분류하여 표형식으로 기술하였다.

- 명칭
- 속성
- 행의 수
- 소스 파일명
- 기능 설명

4.2 Function설명서

한개의 파일을 1 페이지로 하되 다음과 같은 항목으로 분류하여 기술하였다.

- 소스 파일명
- 명칭
- 기능 설명
- 개론

4.3 Function정의서

한개의 모듈을 1 페이지로 하되 다음과 같은 항목으로 분류하여 기술하였다.

- 명칭
- 기능 설명
- 처리 설명
- 소스 파일명
- 소스 파일을 작성한 담당자와 일자, 수정한 담당자와 일자 및 버전

제5장은 사용자형 정의, 글로벌/모듈 변수, 글로벌/모듈 상수에 관한 정보를 다음과 같은 도큐먼트에 분류하여 기술하였다.

5.1 사용자형 일람

한개의 사용자형을 1 블록으로 하되 다음과 같은 항목으로 분류하여 기술하였다.

- 사용자 정의명
- 형
- 변수 설명

5.2 글로벌 상수 일람

한개의 글로벌 상수를 1 행으로 하되 다음과 같은 항목으로 분류하여 표형식으로 기술하였다.

- 상수명, 값
- 소스 파일명
- 상수 설명

5.3 모듈 상수 일람

한개의 모듈 상수를 1 행으로 하되 다음과 같은 항목으로 분류하여 표형식으로 기술하였다.

- 상수명, 값
- 소스 파일명
- 상수 설명

5.4 글로벌 변수 일람

한개의 글로벌 변수를 1 행으로 하되 다음과 같은 항목으로 분류하여 표형식으로 기술하였다.

- 변수명, 형
- 소스 파일명
- 변수 설명

5.5 모듈 변수 일람

한개의 모듈 변수를 1 행으로 하되 다음과 같은 항목으로 분류하여 표형식으로 작성하였다.

- 변수명, 형
- 소스 파일명
- 변수 설명

제6장은 외부 프로시저에 관한 정보를 다음과 같은 도큐먼트로 분류하여 기술하였다.

6.1 외부 프로시저 일람

한개의 모듈을 1 행으로 하되 다음과 같은 항목으로 분류하여 표정식으로 기술하였다.

- . API 명칭
- . 형
- . DLL 명
- . 소스 파일명
- . 기능 설명

6.2 외부 프로시저 설명서

한개의 모듈을 1 페이지로 하되 다음과 같은 항목으로 분류하여 기술하였다.

- . 소스 파일명
- . API 명칭
- . 기능 설명
- . 개론

제 1 장

프로젝트 전체 정보

- 1.1 파일 일람
- 1.2 소스 파일 설명서
- 1.3 Form 설명서
- 1.4 프로시저 일람
- 1.5 프로시저 Flow

1.1

파일 이름

No	파일명	주석수	빈행수	실행수	Form수	합계	GP수	EP수	FN수	합계	CT수	작성지	지성일	수정자	수정일	Ver
1	DDE_GEN.FRM	0	20	86	88	194	0	5	0	5	6					
2	FRMAIN.FRM	0	27	151	835	1013	0	7	0	7	47					
3	COMM_DCL.BAS	235	166	798	0	1199	0	0	0	0	0					
4	COMM_MOD.BAS	19	81	253	0	353	10	0	12	22	0					
5	SR_DCL.BAS	0	2	3	0	5	0	0	0	0	0					
	합계	254	296	1291	923	2764	10	12	12	34	53					

1.2

수소 파이프 설명서

DDE_GEN.FRM

파 일 명

DDE_GEN.FRM

소스 파일 정보

주석 행수 : 0 0%

공란 행수 : 20 19%

실행 행수 : 86 81%

합계 : 106 100%

프로시저 정의서

채널링 프로시저 수 : 0개

이벤트 프로시저 수 : 5개

Function 수 : 0개

합계 : 5개

정의 모 들

모듈 명	설명
cmdReturn_Click	
cmdServe_Click	
cmdSend_Click	
Form_Load	
txtSend_Change	

FRMMAIN.FRM

파 일 명

FRMMAIN.FRM

소스 파일 정보

주석 행수 : 0 0%

공란 행수 : 27 16%

실행 행수 : 151 84%

합계 : 178 100%

프로시저 정의서

채널링 프로시저 수 : 0개

이벤트 프로시저 수 : 7개

Function 수 : 0개

합계 : 7개

정의 모 들

모듈 명	설명
cmdEdit_Click	
cmdQuit_Click	
cmdRun_Click	
Form_Load	
optAuto_Click	
tarAuto_Timer	
txtInput_Change	

COMM_DCL.BAS

파 일 명

COMM_DCL.BAS

소스 파일 정보

주석 행수 : 235 20%
 공란 행수 : 166 14%
 실행 행수 : 798 66%
 합계 : 1199 100%

프로시저 정의서

패너럴 프로시저 수 : 0개
 이벤트 프로시저 수 : 0개
 Function 수 : 0개
 합계 : 0개

COMM_MOD.BAS

파 일 명

COMM_MOD.BAS

소스 파일 정보

주석 행수 : 19 6%
 공란 행수 : 81 23%
 실행 행수 : 253 71%
 합계 : 353 100%

프로시저 정의서

패너럴 프로시저 수 : 10개
 이벤트 프로시저 수 : 0개
 Function 수 : 12개
 합계 : 22개

정의 목록

모듈명 설명

afan
 CenterForm
 ChrCount
 CountSep
 DayCount
 Delay
 DescDisplay
 Hex2Bin
 Hex2Text
 Inc
 MakeSequencer
 MessageDisplay
 msDelay
 OnTop
 Pickup
 Position
 Replace
 rInstr
 Separate

COMM_MOD.BAS

SR_DCL.BAS

SetArrayS
SetArrayI
Text2Hex

파 일 명

소스 파일 정보

SR_DCL.BAS

주석 행 수 : 0 0%
공란 행 수 : 2 40%
실행 행 수 : 3 60%
합계 : 5 100%

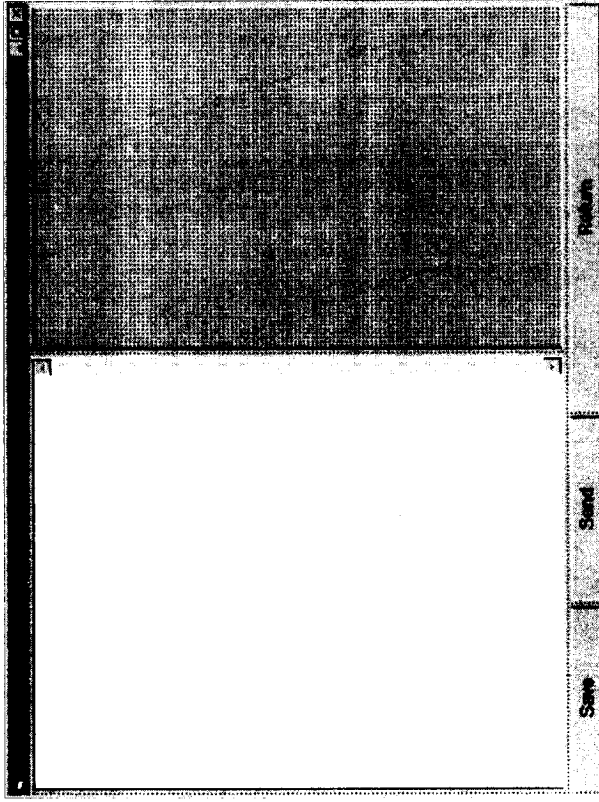
프로시저 정의서

해니펫 프로시저 수 : 0개
이벤트 프로시저 수 : 0개
Function 수 : 0개
합계 : 0개

1.3

Form 설명서

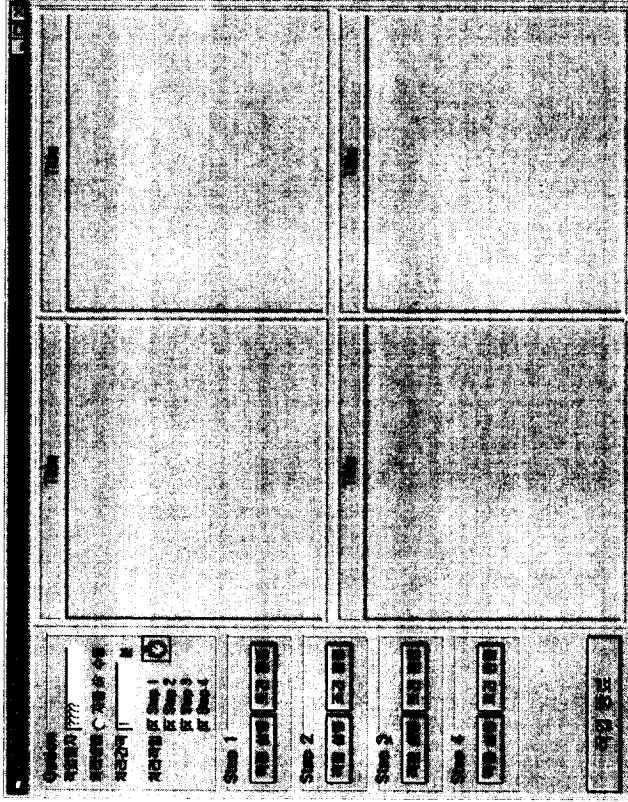
DDE_GEN.FRM



DDE_GEN.FRM

과 일 명	DDE_GEN.FRM
제 어 에 대 응 한 다	cmdReturn("Return")
이 벤 트 포 로 시 직	cmdReturn_Click
	cmdSave("Save")
	cmdSave_Click
	cmdSend("Send")
	cmdSend_Click
	Form("Sequence Generation Form")
	Form_Load
	txtSend
	txtSend_Change
제 어 제 중	Form(Form)
	cmdReturn(CommandButton)
	cmdSave(CommandButton)
	txtSend(TextBox)
	cmdSend(CommandButton)
	imgView(Image)
Control 수	CommandButton : 3개
	Form : 1개
	Image : 1개
	TextBox : 1개
	합계 : 6개

FRMMAIN.FRM



FRMMAIN.FRM

과	일	명
제어	에	대응한다
이	벤트	프로시저
FRMMAIN.FRM		
cmdEdit	("조건 편집")	
cmdEdit_Click		
cmdQuit	("작업 종료")	
cmdQuit_Click		
cmdRun	("작업 실행")	
cmdRun_Click		
Form	("우주 전파 환경 예보모형")	
Form_Load		
optAuto	("자동")	
optAuto_Click		
tarAuto		
tarAuto_Timer		
txtInput		
txtInput_Change		
제어 계층		
Form	(Form)	
tarAuto	(Timer)	
SSPanel1	(SSPanel)	
txtSequence	(TextBox)	
txtSequence	(TextBox)	
txtSequence	(TextBox)	
txtSequence	(TextBox)	
cmdQuit	(SSCommand)	
SSFrame1	(SSFrame)	
chkProcess	(SSCheck)	
optAuto	(SSOption)	
txtInput	(TextBox)	
txtInput	(TextBox)	
chkProcess	(SSCheck)	
chkProcess	(SSCheck)	

FRMMAIN.FRM

FRMMAIN.FRM

```

chtProcess(SSCheck)
optAuto(SSOption)
Label1(Label)
Label1(Label)
Label1(Label)
Label1(Label)
Label1(Label)
Label1(Label)
fraStep(SSFrame)
cadEdit(SSCommand)
cadRun(SSCommand)
fraStep(SSFrame)
cadEdit(SSCommand)
cadRun(SSCommand)
fraStep(SSFrame)
cadEdit(SSCommand)
cadRun(SSCommand)
fraStep(SSFrame)
cadEdit(SSCommand)
cadRun(SSCommand)
panBack(SSPanel)
panPicture(SSPanel)
panTitle(SSPanel)
imgPicture(Image)
panPicture(SSPanel)
panTitle(SSPanel)
imgPicture(Image)
panPicture(SSPanel)
panTitle(SSPanel)
imgPicture(Image)
panPicture(SSPanel)
panTitle(SSPanel)
imgPicture(Image)

```

Control	수	Form	:	개
		Image	:	4
		Label	:	5
		SSCheck	:	4
		SSCommand	:	9
		SSFrame	:	5
		SSOption	:	2
		SSPanel	:	10
		TextBox	:	6
		Timer	:	1
		합계	:	47

1.4

프로시저 일람

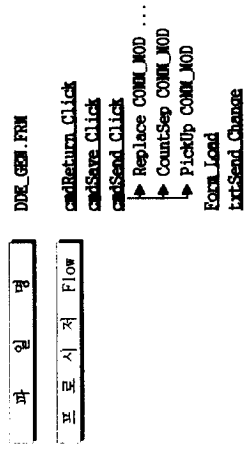
No	Type	명칭	속성	행수	파일명	기능
1	Event	cdReturn_Click	Private	11	DDE_GEN.FRM	
2	Event	cdSave_Click	Private	9	DDE_GEN.FRM	
3	Event	cdSend_Click	Private	54	DDE_GEN.FRM	
4	Event	Form_Load	Private	19	DDE_GEN.FRM	
5	Event	txtSend_Change	Private	4	DDE_GEN.FRM	
6	Event	cdEdit_Click	Private	18	FRMAIN.FRM	
7	Event	cdQuit_Click	Private	8	FRMAIN.FRM	
8	Event	cdRun_Click	Private	74	FRMAIN.FRM	
9	Event	Form_Load	Private	21	FRMAIN.FRM	
10	Event	optAuto_Click	Private	22	FRMAIN.FRM	
11	Event	txtAuto_Timer	Private	16	FRMAIN.FRM	
12	Event	txtInput_Change	Private	11	FRMAIN.FRM	
13	Function	afan		20	COMM_MOD.BAS	
14	General	CenterForm		10	COMM_MOD.BAS	
15	Function	ChrCount	Integer	18	COMM_MOD.BAS	
16	Function	CountSep	Integer	20	COMM_MOD.BAS	
17	Function	DayCount	Integer	15	COMM_MOD.BAS	
18	General	Delay		11	COMM_MOD.BAS	
19	General	DescDisplay		16	COMM_MOD.BAS	
20	Function	Hex2Bin	String	48	COMM_MOD.BAS	
21	General	Hex2Text		11	COMM_MOD.BAS	
22	Function	Inc	Integer	5	COMM_MOD.BAS	
23	Function	MakeSequencer	String	26	COMM_MOD.BAS	
24	General	MessageDisplay		16	COMM_MOD.BAS	
25	General	msDelay		14	COMM_MOD.BAS	
26	General	OnTop		10	COMM_MOD.BAS	
27	Function	PickUp	String	14	COMM_MOD.BAS	
28	Function	Position	Integer	13	COMM_MOD.BAS	
29	Function	Replace	String	18	COMM_MOD.BAS	
30	Function	rInstr	Integer	14	COMM_MOD.BAS	

No	Type	영집	속성	행수	파일명	기능
31	Function	Separate	String	15	COMM_MOD.BAS	
32	General	SetArrayS		11	COMM_MOD.BAS	
33	General	SetArrayI		11	COMM_MOD.BAS	
34	General	Text2Hex		11	COMM_MOD.BAS	

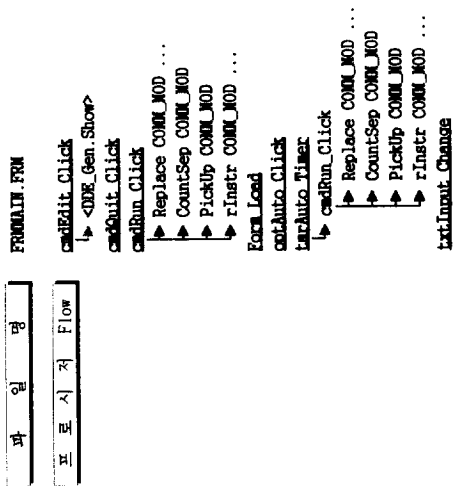
1.5

프로시저 Flow

DDE_GEN.FRM



FRMMAIN.FRM



COMM_MOD.BAS

COMM_MOD.BAS

파 일 명

프로시저 Flow

COMM_MOD.BAS

```

attn
CenterForm
ChrCount
CountSep
DayCount
Delay
DescDisplay
↳ <?2.Show>
Hex2Bin
↳ Hex2Bin <?
Hex2Text
Inc
↳ Inc <?
MakeSentence
↳ MakeSequencer <?
MessageDisplay
↳ OnTop
↳ <?2.Show>
msdelay
OnInit
PickUp
Position
Replace
↳ Replace <?
rlnstr
↳ rlnstr <?
Separate
↳ Separate <?
SetArrayS
↳ CountSep

```

```

↳ PickUp
SetArrayS
↳ CountSep
↳ PickUp
Text2Hex

```


제2장

제너럴 프로시저 정보

- 2.1 제너럴 프로시저 일람
- 2.2 제너럴 프로시저 설명서
- 2.3 제너럴 프로시저 정의서

2.1

제너럴 프로시저 일람

No	제너럴 프로시저명	속성	행수	파일명	기능
1	CenterForm		10	COMM_MOD.BAS	
2	Delay		11	COMM_MOD.BAS	
3	DescDisplay		16	COMM_MOD.BAS	
4	Hex2Text		11	COMM_MOD.BAS	
5	MessageDisplay		16	COMM_MOD.BAS	
6	msDelay		14	COMM_MOD.BAS	
7	OnTop		10	COMM_MOD.BAS	
8	SetArrayS		11	COMM_MOD.BAS	
9	SetArrayI		11	COMM_MOD.BAS	
10	Text2Hex		11	COMM_MOD.BAS	

2.2

제너럴 프로시저 설명서

제너럴 프로시저 설명서

COMM MOD.BAS

명칭

CenterForm, Delay, DescDisplay, Hex2Text,
 MessageDisplay, msDelay, OnTop, SetArrayS,
 SetArrayI, Text2Hex

```

CenterForm
Sub CenterForm(
  x As Form
)

Delay
Sub Delay(
  dTime As Single
)

DescDisplay
Sub DescDisplay(
  f1 As Form
  f2 As Form
  Msg As String
  bc As Integer
  fc As Integer
  cl As Control
)

Hex2Text
Sub Hex2Text(
  src As String
  des As String
)

MessageDisplay
Sub MessageDisplay(
  f1 As Form
  f2 As Form
  Msg As String
  bc As Integer
  
```

COMM.MOD.BAS

COMM.MOD.BAS

```
fc As Integer
)

msDelay
Sub msDelay(
  offTime As Single
)

OnTop
Sub OnTop(
  frm As Form
  Flag As Integer
)

SetArrays
Sub SetArrays(
  aName() As String
  sIdx As Integer
  vStr As String
  sep As String
)

SetArrayI
Sub SetArrayI(
  aName()
  sIdx As Integer
  vStr As String
  sep As String
)

Text2Hex
Sub Text2Hex(
  src As String
  des As String
)
```

2.3

제너럴 프로시저 정의서

CenterForm

COMM_MOD.BAS

구 문

Sub CenterForm(
 x As Form
)
End Sub

파 일 명

COMM_MOD.BAS

Delay

COMM_MOD.BAS

구 문

Sub Delay(
 dTime As Single
)
End Sub

파 일 명

COMM_MOD.BAS

DescDisplay

COMM_MOD.BAS

구분

Sub DescDisplay(
f1 As Form
f2 As Form
Msg As String
bc As Integer
fc As Integer
cl As Control
)

파일명

COMM_MOD.BAS

Hex2Text

COMM_MOD.BAS

구분

Sub Hex2Text(
src As String
des As String
)

파일명

COMM_MOD.BAS

MessageDisplay

COMM_MOD.BAS

```
Sub MessageDisplay(  
    f1 As Form  
    f2 As Form  
    Key As String  
    bc As Integer  
    fc As Integer  
)
```

구 문

COMM_MOD.BAS

파 인 명

msDelay

COMM_MOD.BAS

```
Sub msDelay(  
    offline As Single  
)
```

구 문

COMM_MOD.BAS

파 인 명

OnTop

COMM_MOD.BAS

```
Sub OnTop(  
    frm As Form  
    Flag As Integer  
)
```

구 문

파 일 명 COMM_MOD.BAS

SetArrays

COMM_MOD.BAS

```
Sub SetArrays(  
    aName() As String  
    sIdx As Integer  
    rStr As String  
    sep As String  
)
```

구 문

파 일 명 COMM_MOD.BAS

SetArray1

COMM_MOD.BAS

구	문
	<pre>Sub SetArray1(alias() sidx As Integer rStr As String sep As String) COMM_MOD.BAS</pre>

Text2Hex

COMM_MOD.BAS

구	문
	<pre>Sub Text2Hex(src As String des As String) COMM_MOD.BAS</pre>

제3장

이벤트 프로시저 정보

- 3.1 이벤트 프로시저 일람
- 3.2 이벤트 프로시저 설명서
- 3.3 이벤트 프로시저 정의서

3.1

이벤트 프로시저 일람

No	이벤트 프로시저명	속성	행수	파일명	기능
1	cmdReturn_Click	Private	11	DDE GEN.FRM	
2	cmdSave_Click	Private	9	DDE GEN.FRM	
3	cmdSend_Click	Private	54	DDE GEN.FRM	
4	Form_Load	Private	19	DDE GEN.FRM	
5	txtSend_Change	Private	4	DDE GEN.FRM	
6	cmdEdit_Click	Private	18	FRMMAIN.FRM	
7	cmdQuit_Click	Private	8	FRMMAIN.FRM	
8	cmdRun_Click	Private	74	FRMMAIN.FRM	
9	Form_Load	Private	21	FRMMAIN.FRM	
10	optAuto_Click	Private	22	FRMMAIN.FRM	
11	tmrAuto_Timer	Private	16	FRMMAIN.FRM	
12	txtInput_Change	Private	11	FRMMAIN.FRM	

3.2

이벤트 프로시저 설명서

이벤트 프로시저 설명서

DDE_GEN.FRM

명칭

cadReturn_Click, cadSave_Click, cadSend_Click,
Form_Load, txtSend_Change, cadEdit_Click,
cadQuit_Click, cadRun_Click, Form_Load, optAuto_Click,
tarAuto_Filter, txtInput_Change

cadReturn_Click
Private Sub cadReturn_Click()

cadSave_Click
Private Sub cadSave_Click()

cadSend_Click
Private Sub cadSend_Click()

Form_Load
Private Sub Form_Load()

txtSend_Change
Private Sub txtSend_Change()

FRMMAIN.FRM

```
cadEdit_Click
Private Sub cadEdit_Click(
    Index As Integer
)

cadQuit_Click
Private Sub cadQuit_Click()

cadRun_Click
Private Sub cadRun_Click(
    Index As Integer
)

Form_Load
Private Sub Form_Load()

optAuto_Click
Private Sub optAuto_Click(
    Index As Integer
    Value As Integer
)

tarAuto_Finer
Private Sub tarAuto_Finer()

txtInput_Change
Private Sub txtInput_Change(
    Index As Integer
)
```

3.3

이벤트 프로시저 정의서

cmdReturn_Click

DDE_GEN.FRM

구분

Private Sub cmdReturn_Click()

파일명

DDE_GEN.FRM

cmdSave_Click

DDE_GEN.FRM

구분

Private Sub cmdSave_Click()

파일명

DDE_GEN.FRM

cmdSend_Click	DDE_GEN.FRM
---------------	-------------

구 문	Private Sub cmdSend_Click()
파 일 명	DDE_GEN.FRM

Form_Load	DDE_GEN.FRM
-----------	-------------

구 문	Private Sub Form_Load()
파 일 명	DDE_GEN.FRM

txtSend_Change

DDE_GEN.FRM

구 문 Private Sub txtSend_Change()

파 일 명 DDE_GEN.FRM

구 문

Private Sub cmdEdit_Click(
Index As Integer
)

파 일 명

FRMMAIN.FRM

cmdEdit_Click

FRMMAIN.FRM

cmdQuit_Click

FRMMAIN.FRM

구 문

Private Sub cmdQuit_Click()

파 일 명

FRMMAIN.FRM

cmdRun_Click

FRMMAIN.FRM

구 문

Private Sub cmdRun_Click(
Index As Integer
)

파 일 명

FRMMAIN.FRM

Form_Load

FRMMAIN.FRM

구분

Private Sub Form_Load()
FRMMAIN.FRM

파일명

optAuto_Click

FRMMAIN.FRM

구분

Private Sub optAuto_Click(
Index As Integer
Value As Integer
)
FRMMAIN.FRM

파일명

tmrAuto_Timer

FRMMAIN.FRM

구 문

Private Sub tmrAuto_Timer()

파 일 명

FRMMAIN.FRM

txtInput_Change

FRMMAIN.FRM

구 문

Private Sub txtInput_Change(
Index As Integer
)

파 일 명

FRMMAIN.FRM

제 4 장

Function 정보

- 4.1 Function 일람
- 4.2 Function 설명서
- 4.3 Function 정의서

4.1

Function 일람

No	Function명	속성	행수	파일명	기능
1	aPan		20	COMM_MOD.BAS	
2	ChrCount	Integer	18	COMM_MOD.BAS	
3	CountSep	Integer	20	COMM_MOD.BAS	
4	DayCount	Integer	15	COMM_MOD.BAS	
5	Hex2Bin	String	48	COMM_MOD.BAS	
6	Inc	Integer	5	COMM_MOD.BAS	
7	MakeSequencer	String	26	COMM_MOD.BAS	
8	PickUp	String	14	COMM_MOD.BAS	
9	Position	Integer	13	COMM_MOD.BAS	
10	Replace	String	18	COMM_MOD.BAS	
11	rInstr	Integer	14	COMM_MOD.BAS	
12	Separate	String	15	COMM_MOD.BAS	

4.2

Function 설명서

Function 설명서

COMM MOD.BAS

명칭

afan, ChrCount, CountSep, DayCount, Hex2Bin,
Inc, MakeSequence, Pickup, Position, Replace,
rInstr, Separate

```
afan
Function afan(
    dy
    dx
)
```

```
ChrCount
Function ChrCount(
    src As String
    chr1 As String
) As Integer
```

```
CountSep
Function CountSep(
    srcData As String
    chkData As String
) As Integer
```

```
DayCount
Function DayCount(
    yy As Integer
    mm As Integer
) As Integer
```

```
Hex2Bin
Function Hex2Bin(
    hexData As Integer
) As String
```

```
Inc
Function Inc(
    cData As Integer
```

COMM_MOD.BAS

COMM_MOD.BAS

```

) As Integer

MakeSequence
Function MakeSequence() As String

PickUp
Function PickUp(
    srcData As String
    chkData As String
    PickPoint As Integer
) As String

Position
Function Position(
    srcData As String
    chkData As String
    PickPoint As Integer
) As Integer

Replace
Function Replace(
    src As String
    chr1 As String
    chr2 As String
) As String

rInstr
Function rInstr(
    src As String
    sch As String
) As Integer

```

```

Separate
Function Separate(
    Para As String
    Code As String
) As String

```


4.3

Function 정의서

aTan

COMM_MOD.BAS

구 문
Function aTan(
dy
dx
)

파 일 명
COMM_MOD.BAS

ChrCount

COMM_MOD.BAS

구 문
Function ChrCount(
src As String
chr1 As String
) As Integer

파 일 명
COMM_MOD.BAS

CountSep	COMM_MOD.BAS
----------	--------------

구 문	Function CountSep(srcData As String chkData As String) As Integer COMM_MOD.BAS
파 일 명	

DayCount	COMM_MOD.BAS
----------	--------------

구 문	Function DayCount(? As Integer as As Integer) As Integer COMM_MOD.BAS
파 일 명	

Hex2Bin

COMM_MOD.BAS

구 문	Function Hex2Bin(hexData As Integer) As String
파 일 명	COMM_MOD.BAS

Inc

COMM_MOD.BAS

구 문	Function Inc(cData As Integer) As Integer
파 일 명	COMM_MOD.BAS

MakeSequencer

COMM_MOD.BAS

구분
파일명

```
Function MakeSequencer() As String  
COMM_MOD.BAS
```

PickUp

COMM_MOD.BAS

구분
파일명

```
Function PickUp(  
srcData As String  
chkData As String  
PickPoint As Integer  
) As String  
COMM_MOD.BAS
```

Position

COMM_MOD.BAS

구분
Function Position(
srcData As String
chkData As String
PickPoint As Integer
) As Integer

파일명
COMM_MOD.BAS

Replace

COMM_MOD.BAS

구분
Function Replace(
src As String
chr1 As String
chr2 As String
) As String

파일명
COMM_MOD.BAS

rInstr

COMM_MOD.BAS

구 문

```
Function rInstr(  
    src As String  
    ,sch As String  
    ) As Integer  
COMM_MOD.BAS
```

파 일 명

Separate

COMM_MOD.BAS

구 문

```
Function Separate(  
    Para As String  
    ,Code As String  
    ) As String  
COMM_MOD.BAS
```

파 일 명

제5장

부수정보

- 5.1 사용자형 일람
- 5.2 근로부서 상수 일람
- 5.3 직무부서 상수 일람
- 5.4 근로부서 부수 일람
- 5.5 직무부서 부수 일람

5.1

사용자형 일람

No	사용자 정의명	형	성명
----	---------	---	----

5.2

문헌 상의
연구 방법

No	글로벌 상수명	상수값	파일명	설명
1	DB_DENYWRITE	&H1	COMM_DCL.BAS	
2	DB_DENYREAD	&H2	COMM_DCL.BAS	
3	DB_READONLY	&H4	COMM_DCL.BAS	
4	DB_APPENDONLY	&H8	COMM_DCL.BAS	
5	DB_INCONSISTENT	&H10	COMM_DCL.BAS	
6	DB_CONSISTENT	&H20	COMM_DCL.BAS	
7	DB_SQLPASSTHROUGH	&H40	COMM_DCL.BAS	
8	DB_UPDATABLE	&H1	COMM_DCL.BAS	
9	DB_BOOKMARKABLE	&H2	COMM_DCL.BAS	
10	DB_ROLLBACKABLE	&H4	COMM_DCL.BAS	
11	DB_RESTARTABLE	&H8	COMM_DCL.BAS	
12	DB_NOINSERTS	&H10	COMM_DCL.BAS	
13	DB_INITPATH	1	COMM_DCL.BAS	
14	DB_COMMITONLIMIT	2	COMM_DCL.BAS	
15	DB_FIXEDFIELD	&H1	COMM_DCL.BAS	
16	DB_AUTOINCRFIELD	&H10	COMM_DCL.BAS	
17	DB_UPDATABLEFIELD	&H20	COMM_DCL.BAS	
18	DB_BOOLEAN	1	COMM_DCL.BAS	
19	DB_BYTE	2	COMM_DCL.BAS	
20	DB_INTEGER	3	COMM_DCL.BAS	
21	DB_LONG	4	COMM_DCL.BAS	
22	DB_CURRENCY	5	COMM_DCL.BAS	
23	DB_SINGLE	6	COMM_DCL.BAS	
24	DB_DOUBLE	7	COMM_DCL.BAS	
25	DB_DATE	8	COMM_DCL.BAS	
26	DB_TEXT	10	COMM_DCL.BAS	
27	DB_LONGBINARY	11	COMM_DCL.BAS	
28	DB_MEMO	12	COMM_DCL.BAS	
29	DB_ATTACHEXCLUSIVE	&H10000	COMM_DCL.BAS	
30	DB_ATTACHSAVEDWD	&H20000	COMM_DCL.BAS	

No	글로벌 상수명	상수값	파일명	설명
31	DB_SYSTEMOBJECT	&H800000002	COMM_DCL.BAS	
32	DB_ATTACHTABLE	&H400000000	COMM_DCL.BAS	
33	DB_ATTACHEDODBC	&H200000000	COMM_DCL.BAS	
34	DB_TABLE	1	COMM_DCL.BAS	
35	DB_QUERYDEF	5	COMM_DCL.BAS	
36	DB_QACTION	&HF0	COMM_DCL.BAS	
37	DB_QCROSSTAB	&H10	COMM_DCL.BAS	
38	DB_QDELETE	&H20	COMM_DCL.BAS	
39	DB_QUPDATE	&H30	COMM_DCL.BAS	
40	DB_QAPPEND	&H40	COMM_DCL.BAS	
41	DB_QMAKETABLE	&H50	COMM_DCL.BAS	
42	DB_UNIQUE	1	COMM_DCL.BAS	
43	DB_PRIMARY	2	COMM_DCL.BAS	
44	DB_PROHIBITNULL	4	COMM_DCL.BAS	
45	DB_IGNORENULL	8	COMM_DCL.BAS	
46	DB_DESCENDING	1	COMM_DCL.BAS	
47	DB_LANG_GENERAL	":LANGID=0x0809:CP=1252:COUP COMM_DCL.BAS	COMM_DCL.BAS	
48	DB_LANG_SPANISH	":LANGID=0x040A:CP=1252:COUP COMM_DCL.BAS	COMM_DCL.BAS	
49	DB_LANG_DUTCH	":LANGID=0x0413:CP=1252:COUP COMM_DCL.BAS	COMM_DCL.BAS	
50	DB_LANG_SWEDFIN	":LANGID=0x040C:CP=1252:COUP COMM_DCL.BAS	COMM_DCL.BAS	
51	DB_LANG_NORDAN	":LANGID=0x0414:CP=1252:COUP COMM_DCL.BAS	COMM_DCL.BAS	
52	DB_LANG_ICELANDIC	":LANGID=0x040F:CP=1252:COUP COMM_DCL.BAS	COMM_DCL.BAS	
53	DB_LANG_NORDIC	":LANGID=0x041D:CP=1252:COUP COMM_DCL.BAS	COMM_DCL.BAS	
54	DB_VERSION10	1	COMM_DCL.BAS	
55	DB_ENCRYPT	2	COMM_DCL.BAS	
56	DB_DECRYPT	4	COMM_DCL.BAS	
57	DB_SORTGENERAL	256	COMM_DCL.BAS	
58	DB_SORTSPANISH	258	COMM_DCL.BAS	
59	DB_SORTDUTCH	259	COMM_DCL.BAS	
60	DB_SORTSWEDFIN	260	COMM_DCL.BAS	

No	글로벌 상수명	상수값	파일명	설명
61	DB_SORTNORDAN	261	COMM_DCL.BAS	
62	DB_SORTICELANDIC	262	COMM_DCL.BAS	
63	DB_SORTPDXINTL	4096	COMM_DCL.BAS	
64	DB_SORTPDXSWE	4097	COMM_DCL.BAS	
65	DB_SORTPDXNOR	4098	COMM_DCL.BAS	
66	DB_SORTUNDEFINED	-1	COMM_DCL.BAS	
67	CF_LINK	&HFOO	COMM_DCL.BAS	
68	CF_TEXT	1	COMM_DCL.BAS	
69	CF_BITMAP	2	COMM_DCL.BAS	
70	CF_METAFILE	3	COMM_DCL.BAS	
71	CF_DIB	8	COMM_DCL.BAS	
72	CF_PALETTE	9	COMM_DCL.BAS	
73	ENTER	0	COMM_DCL.BAS	
74	LEAVE	1	COMM_DCL.BAS	
75	OVER	2	COMM_DCL.BAS	
76	CANCEL	0	COMM_DCL.BAS	
77	BEGIN_DRAG	1	COMM_DCL.BAS	
78	END_DRAG	2	COMM_DCL.BAS	
79	MODAL	1	COMM_DCL.BAS	
80	MODELESS	0	COMM_DCL.BAS	
81	CASCADE	0	COMM_DCL.BAS	
82	TILE_HORIZONTAL	1	COMM_DCL.BAS	
83	TILE_VERTICAL	2	COMM_DCL.BAS	
84	ARRANGE_ICONS	3	COMM_DCL.BAS	
85	BRINGTOFRONT	0	COMM_DCL.BAS	
86	SENDTOBACK	1	COMM_DCL.BAS	
87	KEY_BUTTON	&H1	COMM_DCL.BAS	
88	KEY_BUTTON	&H2	COMM_DCL.BAS	
89	KEY_CANCEL	&H3	COMM_DCL.BAS	
90	KEY_BUTTON	&H4	COMM_DCL.BAS	

No	글로벌 상수명	상수값	파일명	설명
91	KEY_BACK	6H8	CONN_DCL.BAS	
92	KEY_TAB	6H9	CONN_DCL.BAS	
93	KEY_CLEAR	6HC	CONN_DCL.BAS	
94	KEY_RETURN	6HD	CONN_DCL.BAS	
95	KEY_SHIFT	6HD	CONN_DCL.BAS	
96	KEY_CONTROL	6H11	CONN_DCL.BAS	
97	KEY_MENU	6H12	CONN_DCL.BAS	
98	KEY_PAUSE	6H13	CONN_DCL.BAS	
99	KEY_CAPITAL	6H14	CONN_DCL.BAS	
100	KEY_ESCAPE	6H1B	CONN_DCL.BAS	
101	KEY_SPACE	6H20	CONN_DCL.BAS	
102	KEY_PRIOR	6H21	CONN_DCL.BAS	
103	KEY_NEXT	6H22	CONN_DCL.BAS	
104	KEY_END	6H23	CONN_DCL.BAS	
105	KEY_HOME	6H24	CONN_DCL.BAS	
106	KEY_LEFT	6H25	CONN_DCL.BAS	
107	KEY_UP	6H26	CONN_DCL.BAS	
108	KEY_RIGHT	6H27	CONN_DCL.BAS	
109	KEY_DOWN	6H28	CONN_DCL.BAS	
110	KEY_SELECT	6H29	CONN_DCL.BAS	
111	KEY_PRINT	6H2A	CONN_DCL.BAS	
112	KEY_EXECUTE	6H2B	CONN_DCL.BAS	
113	KEY_SNAPSHOT	6H2C	CONN_DCL.BAS	
114	KEY_INSERT	6H2D	CONN_DCL.BAS	
115	KEY_DELETE	6H2E	CONN_DCL.BAS	
116	KEY_HELP	6H2F	CONN_DCL.BAS	
117	KEY_NUMPAD0	6H60	CONN_DCL.BAS	
118	KEY_NUMPAD1	6H61	CONN_DCL.BAS	
119	KEY_NUMPAD2	6H62	CONN_DCL.BAS	
120	KEY_NUMPAD3	6H63	CONN_DCL.BAS	

No	글로벌 상수명	상수값	파일명	설명
121	KEY_NUMPAD4	&H64	COMM_DCL.BAS	
122	KEY_NUMPAD5	&H65	COMM_DCL.BAS	
123	KEY_NUMPAD6	&H66	COMM_DCL.BAS	
124	KEY_NUMPAD7	&H67	COMM_DCL.BAS	
125	KEY_NUMPAD8	&H68	COMM_DCL.BAS	
126	KEY_NUMPAD9	&H69	COMM_DCL.BAS	
127	KEY_MULTIPLY	&H6A	COMM_DCL.BAS	
128	KEY_ADD	&H6B	COMM_DCL.BAS	
129	KEY_SEPARATOR	&H6C	COMM_DCL.BAS	
130	KEY_SUBTRACT	&H6D	COMM_DCL.BAS	
131	KEY_DECIMAL	&H6E	COMM_DCL.BAS	
132	KEY_DIVIDE	&H6F	COMM_DCL.BAS	
133	KEY_F1	&H70	COMM_DCL.BAS	
134	KEY_F2	&H71	COMM_DCL.BAS	
135	KEY_F3	&H72	COMM_DCL.BAS	
136	KEY_F4	&H73	COMM_DCL.BAS	
137	KEY_F5	&H74	COMM_DCL.BAS	
138	KEY_F6	&H75	COMM_DCL.BAS	
139	KEY_F7	&H76	COMM_DCL.BAS	
140	KEY_F8	&H77	COMM_DCL.BAS	
141	KEY_F9	&H78	COMM_DCL.BAS	
142	KEY_F10	&H79	COMM_DCL.BAS	
143	KEY_F11	&H7A	COMM_DCL.BAS	
144	KEY_F12	&H7B	COMM_DCL.BAS	
145	KEY_F13	&H7C	COMM_DCL.BAS	
146	KEY_F14	&H7D	COMM_DCL.BAS	
147	KEY_F15	&H7E	COMM_DCL.BAS	
148	KEY_F16	&H7F	COMM_DCL.BAS	
149	KEY_NUMLOCK	&H90	COMM_DCL.BAS	
150	V_EMPTY	0	COMM_DCL.BAS	

No	글로벌 상수명	상수값	파일명	설명
151	V_NULL	1	COMM_DCL.BAS	
152	V_INTEGER	2	COMM_DCL.BAS	
153	V_LONG	3	COMM_DCL.BAS	
154	V_SINGLE	4	COMM_DCL.BAS	
155	V_DOUBLE	5	COMM_DCL.BAS	
156	V_CURRENCY	6	COMM_DCL.BAS	
157	V_DATE	7	COMM_DCL.BAS	
158	V_STRING	8	COMM_DCL.BAS	
159	WRONG_FORMAT	1	COMM_DCL.BAS	
160	DDE_SOURCE_CLOSED	6	COMM_DCL.BAS	
161	TOO_MANY_LINKS	7	COMM_DCL.BAS	
162	DATA_TRANSFER_FAILED	8	COMM_DCL.BAS	
163	FORM_CONTROLMENU	0	COMM_DCL.BAS	
164	FORM_CODE	1	COMM_DCL.BAS	
165	APP_WINDOWS	2	COMM_DCL.BAS	
166	APP_TASKMANAGER	3	COMM_DCL.BAS	
167	FORM_MDIFORM	4	COMM_DCL.BAS	
168	BLACK	&H0&	COMM_DCL.BAS	
169	RED	&HFF&	COMM_DCL.BAS	
170	GREEN	&HFF0&	COMM_DCL.BAS	
171	YELLOW	&HFFF&	COMM_DCL.BAS	
172	BLUE	&HFF000	COMM_DCL.BAS	
173	MAGENTA	&HFF00FF	COMM_DCL.BAS	
174	CYAN	&HFFF00	COMM_DCL.BAS	
175	WHITE	&HFFFFFF	COMM_DCL.BAS	
176	SCROLL_BARS	&H80000000	COMM_DCL.BAS	
177	DESKTOP	&H80000001	COMM_DCL.BAS	
178	ACTIVE_TITLE_BAR	&H80000002	COMM_DCL.BAS	
179	INACTIVE_TITLE_BAR	&H80000003	COMM_DCL.BAS	
180	MENU_BAR	&H80000004	COMM_DCL.BAS	

No	글로벌 상수명	식수값	파일명	설명
181	WINDOW_BACKGROUND	&H80000005	COMM DCL.BAS	
182	WINDOW_FRAME	&H80000006	COMM DCL.BAS	
183	MENU_TEXT	&H80000007	COMM DCL.BAS	
184	WINDOW_TEXT	&H80000008	COMM DCL.BAS	
185	TITLE_BAR_TEXT	&H80000009	COMM DCL.BAS	
186	ACTIVE_BORDER	&H8000000A	COMM DCL.BAS	
187	INACTIVE_BORDER	&H8000000B	COMM DCL.BAS	
188	APPLICATION_WORKSPACE	&H8000000C	COMM DCL.BAS	
189	HIGHLIGHT	&H8000000D	COMM DCL.BAS	
190	HIGHLIGHT_TEXT	&H8000000E	COMM DCL.BAS	
191	BUTTON_FACE	&H8000000F	COMM DCL.BAS	
192	BUTTON_SHADOW	&H80000010	COMM DCL.BAS	
193	GRAY_TEXT	&H80000011	COMM DCL.BAS	
194	BUTTON_TEXT	&H80000012	COMM DCL.BAS	
195	BUTTON_HIGHLIGHT	&H80000014	COMM DCL.BAS	
196	NONE	0	COMM DCL.BAS	
197	ALIGN_TOP	1	COMM DCL.BAS	
198	ALIGN_BOTTOM	2	COMM DCL.BAS	
199	LEFT_JUSTIFY	0	COMM DCL.BAS	
200	RIGHT_JUSTIFY	1	COMM DCL.BAS	
201	CENTER	2	COMM DCL.BAS	
202	FIXED_SINGLE	1	COMM DCL.BAS	
203	SIZABLE	2	COMM DCL.BAS	
204	FIXED_DOUBLE	3	COMM DCL.BAS	
205	DEFAULT	0	COMM DCL.BAS	
206	ARROW	1	COMM DCL.BAS	
207	CROSSHAIR	2	COMM DCL.BAS	
208	IBEAM	3	COMM DCL.BAS	
209	ICON_POINTER	4	COMM DCL.BAS	
210	SIZE_POINTER	5	COMM DCL.BAS	

No	글로벌 상수명	상수값	파일명	설명
211	SIZE_NE_SW	6	COMM_DCL.BAS	
212	SIZE_N_S	7	COMM_DCL.BAS	
213	SIZE_NW_SE	8	COMM_DCL.BAS	
214	SIZE_N_E	9	COMM_DCL.BAS	
215	UP_ARROW	10	COMM_DCL.BAS	
216	HOURGLASS	11	COMM_DCL.BAS	
217	NO_DROP	12	COMM_DCL.BAS	
218	MANUAL	0	COMM_DCL.BAS	
219	AUTOMATIC	1	COMM_DCL.BAS	
220	BLACKNESS	1	COMM_DCL.BAS	
221	NOT_MERGE_PEN	2	COMM_DCL.BAS	
222	MASK_NOT_PEN	3	COMM_DCL.BAS	
223	NOT_COPY_PEN	4	COMM_DCL.BAS	
224	MASK_PEN_NOT	5	COMM_DCL.BAS	
225	INVERT	6	COMM_DCL.BAS	
226	XOR_PEN	7	COMM_DCL.BAS	
227	NOT_MASK_PEN	8	COMM_DCL.BAS	
228	MASK_PEN	9	COMM_DCL.BAS	
229	NOT_XOR_PEN	10	COMM_DCL.BAS	
230	NOP	11	COMM_DCL.BAS	
231	MERGE_NOT_PEN	12	COMM_DCL.BAS	
232	COPY_PEN	13	COMM_DCL.BAS	
233	MERGE_PEN_NOT	14	COMM_DCL.BAS	
234	MERGE_PEN	15	COMM_DCL.BAS	
235	WHITENESS	16	COMM_DCL.BAS	
236	SOLID	0	COMM_DCL.BAS	
237	DASH	1	COMM_DCL.BAS	
238	DOT	2	COMM_DCL.BAS	
239	DASH_DOT	3	COMM_DCL.BAS	
240	DASH_DOT_DOT	4	COMM_DCL.BAS	

No	글로벌 상수명	상수값	파일명	설명
241	INVISIBLE	5	COMM DCL.BAS	
242	INSIDE_SOLID	6	COMM DCL.BAS	
243	TRANSPARENT	1	COMM DCL.BAS	
244	HORIZONTAL_LINE	2	COMM DCL.BAS	
245	VERTICAL_LINE	3	COMM DCL.BAS	
246	UPWARD_DIAGONAL	4	COMM DCL.BAS	
247	DOWNWARD_DIAGONAL	5	COMM DCL.BAS	
248	CROSS	6	COMM DCL.BAS	
249	DIAGONAL_CROSS	7	COMM DCL.BAS	
250	LINK_SOURCE	1	COMM DCL.BAS	
251	LINK_AUTOMATIC	1	COMM DCL.BAS	
252	LINK_MANUAL	2	COMM DCL.BAS	
253	LINK_NOTIFY	3	COMM DCL.BAS	
254	HOT	1	COMM DCL.BAS	
255	SERVER	1	COMM DCL.BAS	
256	COLD	2	COMM DCL.BAS	
257	user	0	COMM DCL.BAS	
258	TWIPS	1	COMM DCL.BAS	
259	POINTS	2	COMM DCL.BAS	
260	PIXELS	3	COMM DCL.BAS	
261	CHARACTERS	4	COMM DCL.BAS	
262	INCHES	5	COMM DCL.BAS	
263	MILLIMETERS	6	COMM DCL.BAS	
264	CENTIMETERS	7	COMM DCL.BAS	
265	HORIZONTAL	1	COMM DCL.BAS	
266	VERTICAL	2	COMM DCL.BAS	
267	BOTH	3	COMM DCL.BAS	
268	SHAPE_RECTANGLE	0	COMM DCL.BAS	
269	SHAPE_SQUARE	1	COMM DCL.BAS	
270	SHAPE_OVAL	2	COMM DCL.BAS	

No	글로벌 상수명	상수값	파일명	설명
271	SHAPE_CIRCLE	3	COMM_DCL.BAS	
272	SHAPE_ROUNDED_RECTANGLE	4	COMM_DCL.BAS	
273	SHAPE_ROUNDED_SQUARE	5	COMM_DCL.BAS	
274	NORMAL	0	COMM_DCL.BAS	
275	MINIMIZED	1	COMM_DCL.BAS	
276	MAXIMIZED	2	COMM_DCL.BAS	
277	UNCHECKED	0	COMM_DCL.BAS	
278	CHECKED	1	COMM_DCL.BAS	
279	GRAYED	2	COMM_DCL.BAS	
280	SHIFT_MASK	1	COMM_DCL.BAS	
281	CTRL_MASK	2	COMM_DCL.BAS	
282	ALT_MASK	4	COMM_DCL.BAS	
283	LEFT_BUTTON	1	COMM_DCL.BAS	
284	RIGHT_BUTTON	2	COMM_DCL.BAS	
285	MIDDLE_BUTTON	4	COMM_DCL.BAS	
286	MB_OK	0	COMM_DCL.BAS	
287	MB_OKCANCEL	1	COMM_DCL.BAS	
288	MB_ABORTRETRYIGNORE	2	COMM_DCL.BAS	
289	MB_YESNOCANCEL	3	COMM_DCL.BAS	
290	MB_YESNO	4	COMM_DCL.BAS	
291	MB_RETRYCANCEL	5	COMM_DCL.BAS	
292	MB_ICONSTOP	16	COMM_DCL.BAS	
293	MB_ICONQUESTION	32	COMM_DCL.BAS	
294	MB_ICONEXCLAMATION	48	COMM_DCL.BAS	
295	MB_ICONINFORMATION	64	COMM_DCL.BAS	
296	MB_APPLMODAL	0	COMM_DCL.BAS	
297	MB_DEFBUTTON1	0	COMM_DCL.BAS	
298	MB_DEFBUTTON2	256	COMM_DCL.BAS	
299	MB_DEFBUTTON3	512	COMM_DCL.BAS	
300	MB_SYSTEMMODAL	4096	COMM_DCL.BAS	

No	글로벌 상수명	상수값	파일명	설명
301	IDOK	1	CONN_DCL.BAS	
302	IDCANCEL	2	CONN_DCL.BAS	
303	IDABORT	3	CONN_DCL.BAS	
304	IDRETRY	4	CONN_DCL.BAS	
305	IDIGNORE	5	CONN_DCL.BAS	
306	IDYES	6	CONN_DCL.BAS	
307	IDNO	7	CONN_DCL.BAS	
308	ATTR NORMAL	0	CONN_DCL.BAS	
309	ATTR READONLY	1	CONN_DCL.BAS	
310	ATTR HIDDEN	2	CONN_DCL.BAS	
311	ATTR SYSTEM	4	CONN_DCL.BAS	
312	ATTR VOLUME	8	CONN_DCL.BAS	
313	ATTR DIRECTORY	16	CONN_DCL.BAS	
314	ATTR ARCHIVE	32	CONN_DCL.BAS	
315	GRID ALIGNLEFT	0	CONN_DCL.BAS	
316	GRID ALIGNRIGHT	1	CONN_DCL.BAS	
317	GRID ALIGNCENTER	2	CONN_DCL.BAS	
318	GRID SINGLE	0	CONN_DCL.BAS	
319	GRID REPEAT	1	CONN_DCL.BAS	
320	DATA ERRCONTINUE	0	CONN_DCL.BAS	
321	DATA ERRODISPLAY	1	CONN_DCL.BAS	
322	DATA EDITNONE	0	CONN_DCL.BAS	
323	DATA EDITMODE	1	CONN_DCL.BAS	
324	DATA EDITADD	2	CONN_DCL.BAS	
325	OLE_CREATE_EMBED	0	CONN_DCL.BAS	
326	OLE_CREATE_NEW	0	CONN_DCL.BAS	
327	OLE_CREATE_LINK	1	CONN_DCL.BAS	
328	OLE_CREATE_FROM_FILE	1	CONN_DCL.BAS	
329	OLE_COPY	4	CONN_DCL.BAS	
330	OLE_PASTE	5	CONN_DCL.BAS	

No	글로벌 상수명	상수값	파일명	설명
331	OLE_UPDATE	6	CONN_DCL.BAS	
332	OLE_ACTIVATE	7	CONN_DCL.BAS	
333	OLE_CLOSE	9	CONN_DCL.BAS	
334	OLE_DELETE	10	CONN_DCL.BAS	
335	OLE_SAVE_TO_FILE	11	CONN_DCL.BAS	
336	OLE_READ_FROM_FILE	12	CONN_DCL.BAS	
337	OLE_INSERT_OBJ_DLG	14	CONN_DCL.BAS	
338	OLE_PASTE_SPECIAL_DLG	15	CONN_DCL.BAS	
339	OLE_FETCH_VERBS	17	CONN_DCL.BAS	
340	OLE_SAVE_TO_OLEIFILE	18	CONN_DCL.BAS	
341	OLE_LINKED	0	CONN_DCL.BAS	
342	OLE_EMBEDDED	1	CONN_DCL.BAS	
343	OLE_NONE	3	CONN_DCL.BAS	
344	OLE_EITHER	2	CONN_DCL.BAS	
345	OLE_AUTOMATIC	0	CONN_DCL.BAS	
346	OLE_FROZEN	1	CONN_DCL.BAS	
347	OLE_MANUAL	2	CONN_DCL.BAS	
348	OLE_ACTIVATE_MANUAL	0	CONN_DCL.BAS	
349	OLE_ACTIVATE_GETFOCUS	1	CONN_DCL.BAS	
350	OLE_ACTIVATE_DOUBLECLICK	2	CONN_DCL.BAS	
351	OLE_SIZE_CLIP	0	CONN_DCL.BAS	
352	OLE_SIZE_STRETCH	1	CONN_DCL.BAS	
353	OLE_SIZE_AUTOSIZE	2	CONN_DCL.BAS	
354	OLE_DISPLAY_CONTENT	0	CONN_DCL.BAS	
355	OLE_DISPLAY_ICON	1	CONN_DCL.BAS	
356	OLE_CHANGED	0	CONN_DCL.BAS	
357	OLE_SAVED	1	CONN_DCL.BAS	
358	OLE_CLOSED	2	CONN_DCL.BAS	
359	OLE_RENAMED	3	CONN_DCL.BAS	
360	VERB_PRIMARY	0	CONN_DCL.BAS	

No	글로벌 상수명	상수값	파라미터	설명
361	VERB_SHOW	-1	COMM_DCL.BAS	
362	VERB_OPEN	-2	COMM_DCL.BAS	
363	VERB_HIDE	-3	COMM_DCL.BAS	
364	VF_GRAVED	&H1	COMM_DCL.BAS	
365	VF_DISABLED	&H2	COMM_DCL.BAS	
366	VF_CHECKED	&H8	COMM_DCL.BAS	
367	VF_SEPARATOR	&H800	COMM_DCL.BAS	
368	DLG_FILE_OPEN	1	COMM_DCL.BAS	
369	DLG_FILE_SAVE	2	COMM_DCL.BAS	
370	DLG_COLOR	3	COMM_DCL.BAS	
371	DLG_FONT	4	COMM_DCL.BAS	
372	DLG_PRINT	5	COMM_DCL.BAS	
373	DLG_HELP	6	COMM_DCL.BAS	
374	OFN_READONLY	&H1&	COMM_DCL.BAS	
375	OFN_OVERWRITEPROMPT	&H2&	COMM_DCL.BAS	
376	OFN_HIDEREADONLY	&H4&	COMM_DCL.BAS	
377	OFN_NOCHANGEDIR	&H8&	COMM_DCL.BAS	
378	OFN_SHOWHELP	&H10&	COMM_DCL.BAS	
379	OFN_NOVALIDATE	&H100&	COMM_DCL.BAS	
380	OFN_ALLOWMULTISELECT	&H200&	COMM_DCL.BAS	
381	OFN_EXTENSIONDIFFERENT	&H400&	COMM_DCL.BAS	
382	OFN_PATHMUSTEXIST	&H800&	COMM_DCL.BAS	
383	OFN_FILEMUSTEXIST	&H1000&	COMM_DCL.BAS	
384	OFN_CREATEPROMPT	&H2000&	COMM_DCL.BAS	
385	OFN_SHAREAWARE	&H4000&	COMM_DCL.BAS	
386	OFN_NOREADONLYRETURN	&H8000&	COMM_DCL.BAS	
387	CC_RGBINIT	&H1&	COMM_DCL.BAS	
388	CC_FULLOPEN	&H2&	COMM_DCL.BAS	
389	CC_PREVENTFULOPEN	&H4&	COMM_DCL.BAS	
390	CC_SHOWHELP	&H8&	COMM_DCL.BAS	

No	글로벌 상수명	상수값	파일명	설명
391 CF_SCREENFONTS		&H1&	COMM_DCL.BAS	
392 CF_PRINTERFONTS		&H2&	COMM_DCL.BAS	
393 CF_BOTH		&H3&	COMM_DCL.BAS	
394 CF_SHOWHELP		&H4&	COMM_DCL.BAS	
395 CF_INITTOLOGFONTSTRUCT		&H40&	COMM_DCL.BAS	
396 CF_USESTYLE		&H80&	COMM_DCL.BAS	
397 CF_EFFECTS		&H100&	COMM_DCL.BAS	
398 CF_APPLY		&H200&	COMM_DCL.BAS	
399 CF_ANSTONLY		&H400&	COMM_DCL.BAS	
400 CF_NOVECTORFONTS		&H800&	COMM_DCL.BAS	
401 CF_NOSIMULATIONS		&H1000&	COMM_DCL.BAS	
402 CF_LIMITSIZE		&H2000&	COMM_DCL.BAS	
403 CF_FIXEDPITCHONLY		&H4000&	COMM_DCL.BAS	
404 CF_WYSIWYG		&H8000&	COMM_DCL.BAS	
405 CF_FORCEFONTXLIST		&H10000	COMM_DCL.BAS	
406 CF_SCALABLEONLY		&H20000	COMM_DCL.BAS	
407 CF_TTONLY		&H40000	COMM_DCL.BAS	
408 CF_NOFACESEL		&H80000	COMM_DCL.BAS	
409 CF_NOSTYLESEL		&H100000	COMM_DCL.BAS	
410 CF_NOSIZESEL		&H200000	COMM_DCL.BAS	
411 PD_ALLPAGES		&H0&	COMM_DCL.BAS	
412 PD_SELECTION		&H1&	COMM_DCL.BAS	
413 PD_PAGENUMS		&H2&	COMM_DCL.BAS	
414 PD_NOSELECTION		&H4&	COMM_DCL.BAS	
415 PD_NOPAGENUMS		&H8&	COMM_DCL.BAS	
416 PD_COLLATE		&H10&	COMM_DCL.BAS	
417 PD_PRINTTOFILE		&H20&	COMM_DCL.BAS	
418 PD_PRINTSETUP		&H40&	COMM_DCL.BAS	
419 PD_NOWARNING		&H80&	COMM_DCL.BAS	
420 PD_RETURNDC		&H100&	COMM_DCL.BAS	

No	글로벌 상수명	상수값	파일명	설명
421	PD_RETURNIC	&H200&	COMM_DCL.BAS	
422	PD_RETURNDEFAULT	&H400&	COMM_DCL.BAS	
423	PD_SHOWHELP	&H800&	COMM_DCL.BAS	
424	PD_USEDVNODECOPIES	&H40000	COMM_DCL.BAS	
425	PD_DISABLEPRINTTOFILE	&H80000	COMM_DCL.BAS	
426	PD_HIDEPRINTTOFILE	&H100000	COMM_DCL.BAS	
427	HELP_CONTEXT	&H1	COMM_DCL.BAS	
428	HELP_QUIT	&H2	COMM_DCL.BAS	
429	HELP_INDEX	&H3	COMM_DCL.BAS	
430	HELP_CONTENTS	&H3	COMM_DCL.BAS	
431	HELP_HELPONHELP	&H4	COMM_DCL.BAS	
432	HELP_SETINDEX	&H5	COMM_DCL.BAS	
433	HELP_SETCONTENTS	&H5	COMM_DCL.BAS	
434	HELP_CONTEXTPOPUP	&H8	COMM_DCL.BAS	
435	HELP_FORCEFILE	&H9	COMM_DCL.BAS	
436	HELP_KEY	&H101	COMM_DCL.BAS	
437	HELP_COMMAND	&H102	COMM_DCL.BAS	
438	HELP_PARTIALKEY	&H105	COMM_DCL.BAS	
439	CDERR_DIALOGFAILURE	&HFFFF	COMM_DCL.BAS	
440	CDERR_GENERALCODES	&H0	COMM_DCL.BAS	
441	CDERR_STRUCTSIZE	&H1	COMM_DCL.BAS	
442	CDERR_INITIALIZATION	&H2	COMM_DCL.BAS	
443	CDERR_NOTEMPLATE	&H3	COMM_DCL.BAS	
444	CDERR_NOINSTANCE	&H4	COMM_DCL.BAS	
445	CDERR_LOADSTRFAILURE	&H5	COMM_DCL.BAS	
446	CDERR_FINDRESFAILURE	&H6	COMM_DCL.BAS	
447	CDERR_LOADRESFAILURE	&H7	COMM_DCL.BAS	
448	CDERR_LOCKRESFAILURE	&H8	COMM_DCL.BAS	
449	CDERR_MEMALLOCFailure	&H9	COMM_DCL.BAS	
450	CDERR_MEMLOCKFAILURE	&HA	COMM_DCL.BAS	

No	글로벌 상수명	상수값	파일명	설명
451	CDERR_NOHOOK	&HB	COMM_DCL.BAS	
452	CDERR_CANCEL	&HC	COMM_DCL.BAS	
453	CDERR_MODLL	&HD	COMM_DCL.BAS	
454	CDERR_ERRPROC	&HE	COMM_DCL.BAS	
455	CDERR_ALLOC	&HF	COMM_DCL.BAS	
456	CDERR_HELP	&HL0	COMM_DCL.BAS	
457	PDERR_PRINTERCODES	&HL000	COMM_DCL.BAS	
458	PDERR_SETUPFAILURE	&HL001	COMM_DCL.BAS	
459	PDERR_PARSEFAILURE	&HL002	COMM_DCL.BAS	
460	PDERR_RETDEFFAILURE	&HL003	COMM_DCL.BAS	
461	PDERR_LOADDRFAILURE	&HL004	COMM_DCL.BAS	
462	PDERR_GETDEVNODEFAIL	&HL005	COMM_DCL.BAS	
463	PDERR_INITFAILURE	&HL006	COMM_DCL.BAS	
464	PDERR_NODEVICES	&HL007	COMM_DCL.BAS	
465	PDERR_NODEFAULTPRN	&HL008	COMM_DCL.BAS	
466	PDERR_DNDMMISMATCH	&HL009	COMM_DCL.BAS	
467	PDERR_CREATETCFFAILURE	&HL00A	COMM_DCL.BAS	
468	PDERR_PRINTERNOTFOUND	&HL00B	COMM_DCL.BAS	
469	CFERR_CHOOSEFONTCODES	&H2000	COMM_DCL.BAS	
470	CFERR_NOFONTS	&H2001	COMM_DCL.BAS	
471	FNERR_FILENAMECODES	&H3000	COMM_DCL.BAS	
472	FNERR_SUBCLASSFAILURE	&H3001	COMM_DCL.BAS	
473	FNERR_INVALIDFILENAME	&H3002	COMM_DCL.BAS	
474	FNERR_BUFFERTOOSMALL	&H3003	COMM_DCL.BAS	
475	FRERR_FINDREPLACECODES	&H4000	COMM_DCL.BAS	
476	OCERR_CHOOSECOLORCODES	&H5000	COMM_DCL.BAS	
477	SSCB_TEXT_RIGHT	0	COMM_DCL.BAS	
478	SSCB_TEXT_LEFT	1	COMM_DCL.BAS	
479	SSOB_TEXT_RIGHT	0	COMM_DCL.BAS	
480	SSOB_TEXT_LEFT	1	COMM_DCL.BAS	

No	글로벌 상수명	상수값	파일명	설명
481	SSFR_LEFT_JUSTIFY	0	COMM_DCL.BAS	
482	SSFR_RIGHT_JUSTIFY	1	COMM_DCL.BAS	
483	SSFR_CENTER	2	COMM_DCL.BAS	
484	SSPN_LEFT_TOP	0	COMM_DCL.BAS	
485	SSPN_LEFT_MIDDLE	1	COMM_DCL.BAS	
486	SSPN_LEFT_BOTTOM	2	COMM_DCL.BAS	
487	SSPN_RIGHT_TOP	3	COMM_DCL.BAS	
488	SSPN_RIGHT_MIDDLE	4	COMM_DCL.BAS	
489	SSPN_RIGHT_BOTTOM	5	COMM_DCL.BAS	
490	SSPN_CENTER_TOP	6	COMM_DCL.BAS	
491	SSPN_CENTER_MIDDLE	7	COMM_DCL.BAS	
492	SSPN_CENTER_BOTTOM	8	COMM_DCL.BAS	
493	SS_AUTOSIZE_NONE	0	COMM_DCL.BAS	
494	SSPB_AUTOSIZE_PICTOBUT	1	COMM_DCL.BAS	
495	SSPB_AUTOSIZE_BUTTOPIC	2	COMM_DCL.BAS	
496	SSRI_AUTOSIZE_PICTOBUT	1	COMM_DCL.BAS	
497	SSRI_AUTOSIZE_BUTTOPIC	2	COMM_DCL.BAS	
498	SSPN_AUTOSIZE_WIDTH	1	COMM_DCL.BAS	
499	SSPN_AUTOSIZE_HEIGHT	2	COMM_DCL.BAS	
500	SSPN_AUTOSIZE_CHILD	3	COMM_DCL.BAS	
501	SS_BEVELINNER_NONE	0	COMM_DCL.BAS	
502	SS_BEVELINNER_INSET	1	COMM_DCL.BAS	
503	SS_BEVELINNER_RAISED	2	COMM_DCL.BAS	
504	SS_BEVELOUTER_NONE	0	COMM_DCL.BAS	
505	SS_BEVELOUTER_INSET	1	COMM_DCL.BAS	
506	SS_BEVELOUTER_RAISED	2	COMM_DCL.BAS	
507	SS_FLOODTYPE_NONE	0	COMM_DCL.BAS	
508	SS_FLOODTYPE_L_TO_R	1	COMM_DCL.BAS	
509	SS_FLOODTYPE_R_TO_L	2	COMM_DCL.BAS	
510	SS_FLOODTYPE_T_TO_B	3	COMM_DCL.BAS	

No	글로벌 상수명	상수값	파일명	설명
511	SS_FLOODTYPE_B_TO_T	4	COMM_DCL.BAS	
512	SS_FLOODTYPE_CIRCLE	5	COMM_DCL.BAS	
513	SS_FONT3D_NONE	0	COMM_DCL.BAS	
514	SS_FONT3D_RAISED_LIGHT	1	COMM_DCL.BAS	
515	SS_FONT3D_RAISED_HEAVY	2	COMM_DCL.BAS	
516	SS_FONT3D_INSET_LIGHT	3	COMM_DCL.BAS	
517	SS_FONT3D_INSET_HEAVY	4	COMM_DCL.BAS	
518	SS_PICDN_NOCHANGE	0	COMM_DCL.BAS	
519	SS_PICDN_DITHER	1	COMM_DCL.BAS	
520	SS_PICDN_INVERT	2	COMM_DCL.BAS	
521	SS_SHADOW_DARKGREY	0	COMM_DCL.BAS	
522	SS_SHADOW_BLACK	1	COMM_DCL.BAS	
523	SS_SHADOW_INSET	0	COMM_DCL.BAS	
524	SS_SHADOW_RAISED	1	COMM_DCL.BAS	
525	ANI_ANIMATED	0	COMM_DCL.BAS	
526	ANI_MULTISTATE	1	COMM_DCL.BAS	
527	ANI_TWO_STATE	2	COMM_DCL.BAS	
528	ANI_ANYWHERE	0	COMM_DCL.BAS	
529	ANI_IMAGE_AND_TEXT	1	COMM_DCL.BAS	
530	ANI_IMAGE	2	COMM_DCL.BAS	
531	ANI_TEXT	3	COMM_DCL.BAS	
532	ANI_XPOS_YPOS	0	COMM_DCL.BAS	
533	ANI_AUTOSIZE	1	COMM_DCL.BAS	
534	ANI_STRETCH	2	COMM_DCL.BAS	
535	ANI_CLICK	1	COMM_DCL.BAS	
536	ANI_CENTER	0	COMM_DCL.BAS	
537	ANI_LEFT	1	COMM_DCL.BAS	
538	ANI_RIGHT	2	COMM_DCL.BAS	
539	ANI_BOTTOM	3	COMM_DCL.BAS	
540	ANI_TOP	4	COMM_DCL.BAS	

No	글로벌 상수명	상수값	파일명	설명
541	GAUGE HORIZ	0	CONN_DCL.BAS	
542	GAUGE VERT	1	CONN_DCL.BAS	
543	GAUGE SEMI	2	CONN_DCL.BAS	
544	GAUGE FULL	3	CONN_DCL.BAS	
545	G NONE	0	CONN_DCL.BAS	
546	G DEFAULT	0	CONN_DCL.BAS	
547	G OFF	0	CONN_DCL.BAS	
548	G ON	1	CONN_DCL.BAS	
549	G MONO	0	CONN_DCL.BAS	
550	G COLOR	1	CONN_DCL.BAS	
551	G PIE2D	1	CONN_DCL.BAS	
552	G PIE3D	2	CONN_DCL.BAS	
553	G BAR2D	3	CONN_DCL.BAS	
554	G BAR3D	4	CONN_DCL.BAS	
555	G GANTT	5	CONN_DCL.BAS	
556	G LINE	6	CONN_DCL.BAS	
557	G LOGLIN	7	CONN_DCL.BAS	
558	G AREA	8	CONN_DCL.BAS	
559	G SCATTER	9	CONN_DCL.BAS	
560	G POLAR	10	CONN_DCL.BAS	
561	G HLC	11	CONN_DCL.BAS	
562	G BLACK	0	CONN_DCL.BAS	
563	G BLUE	1	CONN_DCL.BAS	
564	G GREEN	2	CONN_DCL.BAS	
565	G CYAN	3	CONN_DCL.BAS	
566	G RED	4	CONN_DCL.BAS	
567	G MAGENTA	5	CONN_DCL.BAS	
568	G BROWN	6	CONN_DCL.BAS	
569	G LIGHT GRAY	7	CONN_DCL.BAS	
570	G DARK GRAY	8	CONN_DCL.BAS	

No	글로벌 상수명	상수값	파일명	설명
571	G_LIGHT_BLUE	9	CONN_DCL.BAS	
572	G_LIGHT_GREEN	10	CONN_DCL.BAS	
573	G_LIGHT_CYAN	11	CONN_DCL.BAS	
574	G_LIGHT_RED	12	CONN_DCL.BAS	
575	G_LIGHT_MAGENTA	13	CONN_DCL.BAS	
576	G_YELLOW	14	CONN_DCL.BAS	
577	G_WHITE	15	CONN_DCL.BAS	
578	G_AUTOBW	16	CONN_DCL.BAS	
579	G_SOLID	0	CONN_DCL.BAS	
580	G_HOLLOW	1	CONN_DCL.BAS	
581	G_HATCH1	2	CONN_DCL.BAS	
582	G_HATCH2	3	CONN_DCL.BAS	
583	G_HATCH3	4	CONN_DCL.BAS	
584	G_HATCH4	5	CONN_DCL.BAS	
585	G_HATCH5	6	CONN_DCL.BAS	
586	G_HATCH6	7	CONN_DCL.BAS	
587	G_BITMAP1	16	CONN_DCL.BAS	
588	G_BITMAP2	17	CONN_DCL.BAS	
589	G_BITMAP3	18	CONN_DCL.BAS	
590	G_BITMAP4	19	CONN_DCL.BAS	
591	G_BITMAP5	20	CONN_DCL.BAS	
592	G_BITMAP6	21	CONN_DCL.BAS	
593	G_BITMAP7	22	CONN_DCL.BAS	
594	G_BITMAP8	23	CONN_DCL.BAS	
595	G_BITMAP9	24	CONN_DCL.BAS	
596	G_BITMAP10	25	CONN_DCL.BAS	
597	G_BITMAP11	26	CONN_DCL.BAS	
598	G_BITMAP12	27	CONN_DCL.BAS	
599	G_BITMAP13	28	CONN_DCL.BAS	
600	G_BITMAP14	29	CONN_DCL.BAS	

No	글로벌 상수명	상수값	파일명	설명
601 G	BITMAP15	30	CONN_DCL.BAS	
602 G	BITMAP16	31	CONN_DCL.BAS	
603 G	CROSS PLUS	0	CONN_DCL.BAS	
604 G	CROSS TIMES	1	CONN_DCL.BAS	
605 G	TRIANGLE UP	2	CONN_DCL.BAS	
606 G	SOLID TRIANGLE UP	3	CONN_DCL.BAS	
607 G	TRIANGLE DOWN	4	CONN_DCL.BAS	
608 G	SOLID TRIANGLE DOWN	5	CONN_DCL.BAS	
609 G	SQUARE	6	CONN_DCL.BAS	
610 G	SOLID SQUARE	7	CONN_DCL.BAS	
611 G	DIAMOND	8	CONN_DCL.BAS	
612 G	SOLID DIAMOND	9	CONN_DCL.BAS	
613 G	DASH	1	CONN_DCL.BAS	
614 G	DOT	2	CONN_DCL.BAS	
615 G	DASHDOT	3	CONN_DCL.BAS	
616 G	DASHDOTDOT	4	CONN_DCL.BAS	
617 G	HORIZONTAL	1	CONN_DCL.BAS	
618 G	VERTICAL	2	CONN_DCL.BAS	
619 G	MEAN	1	CONN_DCL.BAS	
620 G	MIN MAX	2	CONN_DCL.BAS	
621 G	STD DEV	4	CONN_DCL.BAS	
622 G	BEST FIT	8	CONN_DCL.BAS	
623 G	GRAPH DATA	1	CONN_DCL.BAS	
624 G	COLOR DATA	2	CONN_DCL.BAS	
625 G	EXTRA DATA	3	CONN_DCL.BAS	
626 G	LABEL TEXT	4	CONN_DCL.BAS	
627 G	LEGEND TEXT	5	CONN_DCL.BAS	
628 G	PATTERN DATA	6	CONN_DCL.BAS	
629 G	SYMBOL DATA	7	CONN_DCL.BAS	
630 G	XPOS DATA	8	CONN_DCL.BAS	

No	글로벌 상수명	상수값	파일명	설명
631	G_ALL_DATA	9	COMM_DCL.BAS	
632	G_NO_ACTION	0	COMM_DCL.BAS	
633	G_CLEAR	1	COMM_DCL.BAS	
634	G_DRAW	2	COMM_DCL.BAS	
635	G_BLIT	3	COMM_DCL.BAS	
636	G_COPY	4	COMM_DCL.BAS	
637	G_PRINT	5	COMM_DCL.BAS	
638	G_WRITE	6	COMM_DCL.BAS	
639	G_BORDER	2	COMM_DCL.BAS	
640	G_NO_LINES	1	COMM_DCL.BAS	
641	G_COLORED	2	COMM_DCL.BAS	
642	G_PERCENTS	4	COMM_DCL.BAS	
643	G_STACKED	2	COMM_DCL.BAS	
644	G_PERCENTAGE	4	COMM_DCL.BAS	
645	G_Z_CLUSTERED	6	COMM_DCL.BAS	
646	G_SPACED_BARS	1	COMM_DCL.BAS	
647	G_SYMBOLS	1	COMM_DCL.BAS	
648	G_STICKS	2	COMM_DCL.BAS	
649	G_LINES	4	COMM_DCL.BAS	
650	G_ABSOLUTE	1	COMM_DCL.BAS	
651	G_PERCENT	2	COMM_DCL.BAS	
652	G_NO_CLOSE	1	COMM_DCL.BAS	
653	G_NO_HIGH_LOW	2	COMM_DCL.BAS	
654	KEYSTAT_CAPSLOCK	0	COMM_DCL.BAS	
655	KEYSTAT_NUMLOCK	1	COMM_DCL.BAS	
656	KEYSTAT_INSERT	2	COMM_DCL.BAS	
657	KEYSTAT_SCROLLLOCK	3	COMM_DCL.BAS	
658	MCI_MODE_NOT_OPEN	11	COMM_DCL.BAS	
659	MCI_MODE_STOP	12	COMM_DCL.BAS	
660	MCI_MODE_PLAY	13	COMM_DCL.BAS	

No	글로벌 상수명	상수값	파일명	설명
661	MCI_MODE_RECORD	14	COMM_DCL.BAS	
662	MCI_MODE_SEEK	15	COMM_DCL.BAS	
663	MCI_MODE_PAUSE	16	COMM_DCL.BAS	
664	MCI_MODE_READY	17	COMM_DCL.BAS	
665	MCI_NOTIFY_SUCCESSFUL	1	COMM_DCL.BAS	
666	MCI_NOTIFY_SUPERSEDED	2	COMM_DCL.BAS	
667	MCI_ABORTED	4	COMM_DCL.BAS	
668	MCI_FAILURE	8	COMM_DCL.BAS	
669	MCI_ORIENT_HORZ	0	COMM_DCL.BAS	
670	MCI_ORIENT_VERT	1	COMM_DCL.BAS	
671	MCI_RECORD_INSERT	0	COMM_DCL.BAS	
672	MCI_RECORD_OVERWRITE	1	COMM_DCL.BAS	
673	MCI_FORMAT_MILLISECONDS	0	COMM_DCL.BAS	
674	MCI_FORMAT_HMS	1	COMM_DCL.BAS	
675	MCI_FORMAT_NS	2	COMM_DCL.BAS	
676	MCI_FORMAT_FRAMES	3	COMM_DCL.BAS	
677	MCI_FORMAT_SMPTE_24	4	COMM_DCL.BAS	
678	MCI_FORMAT_SMPTE_25	5	COMM_DCL.BAS	
679	MCI_FORMAT_SMPTE_30	6	COMM_DCL.BAS	
680	MCI_FORMAT_SMPTE_30DROP	7	COMM_DCL.BAS	
681	MCI_FORMAT_BYTES	8	COMM_DCL.BAS	
682	MCI_FORMAT_SAMPLES	9	COMM_DCL.BAS	
683	MCI_FORMAT_TMSF	10	COMM_DCL.BAS	
684	SPIN_VERTICAL	0	COMM_DCL.BAS	
685	SPIN_HORIZONTAL	1	COMM_DCL.BAS	
686	ME_INCLIT	0	COMM_DCL.BAS	
687	ME_EXCLIT	1	COMM_DCL.BAS	
688	MSCOMM_HANDSHAKE_NONE	0	COMM_DCL.BAS	
689	MSCOMM_HANDSHAKE_XONXOFF	1	COMM_DCL.BAS	
690	MSCOMM_HANDSHAKE_RTS	2	COMM_DCL.BAS	

No	글로벌 상수명	상수값	파일명	설명
691	MSCOMM_HANDSHAKE_RTSXONXOFF	3	COMM_DCL.BAS	
692	MSCOMM_EV_SEND	1	COMM_DCL.BAS	
693	MSCOMM_EV_RECEIVE	2	COMM_DCL.BAS	
694	MSCOMM_EV_CTS	3	COMM_DCL.BAS	
695	MSCOMM_EV_DSR	4	COMM_DCL.BAS	
696	MSCOMM_EV_CD	5	COMM_DCL.BAS	
697	MSCOMM_EV_RING	6	COMM_DCL.BAS	
698	MSCOMM_EV_EOF	7	COMM_DCL.BAS	
699	MSCOMM_ER_BREAK	1001	COMM_DCL.BAS	
700	MSCOMM_ER_CTSTO	1002	COMM_DCL.BAS	
701	MSCOMM_ER_DSPTO	1003	COMM_DCL.BAS	
702	MSCOMM_ER_FRAME	1004	COMM_DCL.BAS	
703	MSCOMM_ER_OVERRUN	1006	COMM_DCL.BAS	
704	MSCOMM_ER_CDTO	1007	COMM_DCL.BAS	
705	MSCOMM_ER_RXOVER	1008	COMM_DCL.BAS	
706	MSCOMM_ER_RXPARITY	1009	COMM_DCL.BAS	
707	MSCOMM_ER_TXFULL	1010	COMM_DCL.BAS	
708	SESSION_SIGNON	1	COMM_DCL.BAS	
709	SESSION_SIGNOFF	2	COMM_DCL.BAS	
710	MESSAGE_FETCH	1	COMM_DCL.BAS	
711	MESSAGE_SENDDLG	2	COMM_DCL.BAS	
712	MESSAGE_SEND	3	COMM_DCL.BAS	
713	MESSAGE_SAVEMSG	4	COMM_DCL.BAS	
714	MESSAGE_COPY	5	COMM_DCL.BAS	
715	MESSAGE_COMPOSE	6	COMM_DCL.BAS	
716	MESSAGE_REPLY	7	COMM_DCL.BAS	
717	MESSAGE_REPLYALL	8	COMM_DCL.BAS	
718	MESSAGE_FORWARD	9	COMM_DCL.BAS	
719	MESSAGE_DELETE	10	COMM_DCL.BAS	
720	MESSAGE_SHOWADBOOK	11	COMM_DCL.BAS	

No	글로벌 상수명	상수값	파일명	설명
721	MESSAGE_SHOWDETAILS	12	COMM_DCL.BAS	
722	MESSAGE_RESOLVENAME	13	COMM_DCL.BAS	
723	RECIPIENT_DELETE	14	COMM_DCL.BAS	
724	ATTACHMENT_DELETE	15	COMM_DCL.BAS	
725	SUCCESS_SUCCESS	32000	COMM_DCL.BAS	
726	MAPI_USER_ABORT	32001	COMM_DCL.BAS	
727	MAPI_E_FAILURE	32002	COMM_DCL.BAS	
728	MAPI_E_LOGIN_FAILURE	32003	COMM_DCL.BAS	
729	MAPI_E_DISK_FULL	32004	COMM_DCL.BAS	
730	MAPI_E_INSUFFICIENT_MEMORY	32005	COMM_DCL.BAS	
731	MAPI_E_ACCESS_DENIED	32006	COMM_DCL.BAS	
732	MAPI_E_TOO_MANY_SESSIONS	32008	COMM_DCL.BAS	
733	MAPI_E_TOO_MANY_FILES	32009	COMM_DCL.BAS	
734	MAPI_E_TOO_MANY_RECIPIENTS	32010	COMM_DCL.BAS	
735	MAPI_E_ATTACHMENT_NOT_FOUND	32011	COMM_DCL.BAS	
736	MAPI_E_ATTACHMENT_OPEN_FAILURE	32012	COMM_DCL.BAS	
737	MAPI_E_ATTACHMENT_WRITE_FAILURE	32013	COMM_DCL.BAS	
738	MAPI_E_UNKNOWN_RECIPIENT	32014	COMM_DCL.BAS	
739	MAPI_E_BAD_RECIPTYPE	32015	COMM_DCL.BAS	
740	MAPI_E_NO_MESSAGES	32016	COMM_DCL.BAS	
741	MAPI_E_INVALID_MESSAGE	32017	COMM_DCL.BAS	
742	MAPI_E_TEXT_TOO_LARGE	32018	COMM_DCL.BAS	
743	MAPI_E_INVALID_SESSION	32019	COMM_DCL.BAS	
744	MAPI_E_TYPE_NOT_SUPPORTED	32020	COMM_DCL.BAS	
745	MAPI_E_AMBIGUOUS_RECIPIENT	32021	COMM_DCL.BAS	
746	MAPI_E_MESSAGE_IN_USE	32022	COMM_DCL.BAS	
747	MAPI_E_NETWORK_FAILURE	32023	COMM_DCL.BAS	
748	MAPI_E_INVALID_EDITFIELDS	32024	COMM_DCL.BAS	
749	MAPI_E_INVALID_RECIPS	32025	COMM_DCL.BAS	
750	MAPI_E_NOT_SUPPORTED	32026	COMM_DCL.BAS	

No	글로벌 상수명	상수값	파일명	설명
751	CONTROL_E_SESSION_EXISTS	32050	COMM_DCL.BAS	
752	CONTROL_E_INVALID_BUFFER	32051	COMM_DCL.BAS	
753	CONTROL_E_INVALID_READ_BUFFER_ACTION	32052	COMM_DCL.BAS	
754	CONTROL_E_NO_SESSION	32053	COMM_DCL.BAS	
755	CONTROL_E_INVALID_RECIPIENT	32054	COMM_DCL.BAS	
756	CONTROL_E_INVALID_COMPOSE_BUFFER_ACTION	32055	COMM_DCL.BAS	
757	CONTROL_E_FAILURE	32056	COMM_DCL.BAS	
758	CONTROL_E_NO_RECIPIENTS	32057	COMM_DCL.BAS	
759	CONTROL_E_NO_ATTACHMENTS	32058	COMM_DCL.BAS	
760	RECIPTTYPE_ORIG	0	COMM_DCL.BAS	
761	RECIPTTYPE_TO	1	COMM_DCL.BAS	
762	RECIPTTYPE_CC	2	COMM_DCL.BAS	
763	RECIPTTYPE_BCC	3	COMM_DCL.BAS	
764	ATTACHTYPE_DATA	0	COMM_DCL.BAS	
765	ATTACHTYPE_EOLE	1	COMM_DCL.BAS	
766	ATTACHTYPE_SOLE	2	COMM_DCL.BAS	
767	MSOUTLINE_PICTURE_CLOSED	0	COMM_DCL.BAS	
768	MSOUTLINE_PICTURE_OPEN	1	COMM_DCL.BAS	
769	MSOUTLINE_PICTURE_LEAF	2	COMM_DCL.BAS	
770	MSOUTLINE_RADPICFORMAT	32000	COMM_DCL.BAS	
771	MSOUTLINE_RADINDENTATION	32001	COMM_DCL.BAS	
772	MSOUTLINE_MEN	32002	COMM_DCL.BAS	
773	MSOUTLINE_PARENTNOTEXPANDED	32003	COMM_DCL.BAS	
774	IDC_WAIT	32514&	COMM_DCL.BAS	
775	IDC_ARROW	32512&	COMM_DCL.BAS	
776	WM_USER	65400	COMM_DCL.BAS	
777	WM_LINETEXT	WM_USER + 21	COMM_DCL.BAS	
778	WM_CLOSE	65410	COMM_DCL.BAS	
779	HWND_TOPMOST	-1	COMM_DCL.BAS	
780	HWND_NOTOPMOST	-2	COMM_DCL.BAS	

No	글로벌 상수명	상수값	파일명	설명
781 SWP_NOACTIVATE		6H10	COMM_DCL.BAS	
782 SWP_SHOWWINDOW		6H40	COMM_DCL.BAS	

5.3

다들 상수 이람

No	모듈 상수명	상수값	파일명	설명
----	--------	-----	-----	----

5.4

영수증

No	글로벌 변수명	변수형	파일명	설명
1	StepNo	Integer	SR DCL.BAS	
2	ML	String	SR DCL.BAS	

5.5

한글서체

No	모듈 변수명	변수형	파일명	설명
1	Ext	String	DDE_GEN.FRM	
2	Curr	Integer	DDE_GEN.FRM	
3	Flag	Integer	DDE_GEN.FRM	
4	WTime	Integer	FRMWAIT.FRM	

제6장

외부 프로시저 정보

- 6.1 외부 프로시저 일람
- 6.2 외부 프로시저 설명서

6.1

외부 프로시저 일람

No	API명	형	DLL명	파일명	설명
1	WinHelp	Integer	user	COMM_DCL.BAS	
2	LoadCursor	Integer	user	COMM_DCL.BAS	
3	SetCursor	Integer	user	COMM_DCL.BAS	
4	GetFocus	Integer	user	COMM_DCL.BAS	
5	SetFocusApi	Integer	user	COMM_DCL.BAS	
6	SendMessage	Long	user	COMM_DCL.BAS	
7	FindWindow	Integer	user	COMM_DCL.BAS	
8	SetHandleCount	Integer	Kernel	COMM_DCL.BAS	
9	ExitWindows	Integer	user	COMM_DCL.BAS	
10	SetWindowPos		user	COMM_DCL.BAS	
11	Out		WIN9SIO.DLL	COMM_DCL.BAS	
12	Outw		WIN9SIO.DLL	COMM_DCL.BAS	
13	Inp	Integer	WIN9SIO.DLL	COMM_DCL.BAS	
14	Inpw	Integer	WIN9SIO.DLL	COMM_DCL.BAS	
15	GetSystemMetrics	Integer	user	COMM_DCL.BAS	

6.2

외부 프로시저 설명서

외부 프로시저 설명서

COMM DCL.BAS

```

WinHelp, LoadCursor, SetCursor, GetFocus,
SetFocusApi, SendMessage, FindWindow, SetHandleCount,
ExitWindows, SetWindowPos, Out, Outw, Inp,
Inpw, GetSystemMetrics

```

```

WinHelp
Declare Function Lib "user"
WinHelp(
    ByVal hwnd As Integer
    ByVal lpHelpFile As String
    ByVal wCommand As Integer
    dwData As Any
) As Integer

```

```

LoadCursor
Declare Function Lib "user"
LoadCursor(
    ByVal hInstance As Integer
    ByVal CursorName As Long
) As Integer

```

```

SetCursor
Declare Function Lib "user"
SetCursor(
    ByVal hCursor As Integer
) As Integer

```

```

GetFocus
Declare Function Lib "user"
GetFocus() As Integer

```

```

SetFocusApi
Declare Function Lib "user"
SetFocusApi(
    ByVal hwnd As Integer
) As Integer

```

COMM DCL.BAS

```
SendMessage
Declare Function Lib "user"
SendMessage(
    ByVal hwnd As Integer
    ByVal msg As Integer
    ByVal wParam As Integer
    ByVal lParam As Long
) As Long

FindWindow
Declare Function Lib "user"
FindWindow(
    ByVal ClassName As Any
    ByVal Caption As Any
) As Integer

SetHandleCount
Declare Function Lib "kernel"
SetHandleCount(
    ByVal number As Integer
) As Integer

ExitWindows
Declare Function Lib "user"
ExitWindows(
    ByVal disReserved As Long
    ByVal returnCode As Integer
) As Integer

SetWindowPos
Declare Sub Lib "user"
SetWindowPos(
```

COMM DCL.BAS

```
ByVal h1 As Integer
ByVal h2 As Integer
ByVal x As Integer
ByVal y As Integer
ByVal cx As Integer
ByVal cy As Integer
ByVal f As Integer
)

Out
Declare Sub Lib "WIN95IO.DLL"
Out(
    ByVal nPort As Integer
    ByVal nData As Integer
)

Outw
Declare Sub Lib "WIN95IO.DLL"
Outw(
    ByVal nPort As Integer
    ByVal nData As Integer
)

Inp
Declare Function Lib "WIN95IO.DLL"
Inp(
    ByVal nPort As Integer
) As Integer

Inpw
Declare Function Lib "WIN95IO.DLL"
Inpw(
```

COMM DCL.BAS

```
ByVal nPort As Integer
) As Integer

GetSystemMetrics
Declare Function Lib "user"
GetSystemMetrics(
    ByVal nIndex As Integer
) As Integer
```

