

## 대전지자기관측소에서 측정된 지자기 값과 시간에 따른 변화

임무택<sup>1)</sup>, 박영수<sup>1)</sup>, 임형래<sup>1)</sup>, 구성본<sup>1)</sup>, 이영철<sup>2)</sup>, 나재신<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>한국지질자원연구원 지질기반정보연구부, [limmt@rock25t.kigam.re.kr](mailto:limmt@rock25t.kigam.re.kr)

<sup>2)</sup>부산대학교 과학교육학부

<sup>3)</sup>서울대학교 에너지시스템공학부

### Geomagnetism measured in DZN (Daejeon) Geomagnetic Observatory and its time-variation

Mutaek Lim<sup>1)</sup>, Yeongsue Park<sup>1)</sup>, Hyeongrae Rim<sup>1)</sup>, Sungbon Koo<sup>1)</sup>, Youngcheol  
Lee<sup>2)</sup>, Jaeshin Na<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Geology & Geoinformation Div., KIGAM

<sup>2)</sup>Geoscience Education School, Busan National University

<sup>3)</sup>Energysystem Engineering School, Seoul National University

**Abstract:** KIGAM has installed a FLARE+ continuous geomagnetic observation system in 1998 in Daejeon of which the IAGA identification code is DZN. The coordinates of the absolute measurement plinth precisely determined by the PDGPS(Post-Processing Differential Global Positioning System) is (127-21-37.19E, 36-22-43.96N, 45.93 m) in WGS84 for the horizontal and from the geoid surface for the vertical. Periodically we have conducted the absolute geomagnetic measurement on the plinth above. We have processed the continuous time-variation 3-axis geomagnetic data measured on arbitrary sensors' coordinates in the observatory and absolute geomagnetic data together to get as the results the time-variation H(orizontal), D(eclination), Z(vertical down), F(scalar calculated from 3 components) and P(Proton Precession Magnetometer Data). We have compared our own data with those calculated from the 10th generation IGRF(International Geomagnetic Reference Field). All the measured data in the DZN Observatory can be acquired through the website <http://geomag.kigam.re.kr>.

**Keywords:** geomagnetism, observation, measurement, DZN, Flare+, IGRF

### 서론

지구자기장을 연속적으로 관측하는 일은 지구자체에 대한 연구에도 필요하지만, 21 세기의 정보화 시대의 인간의 활동에 지대한 영향을 미치게 될 우주환경을 연구하는 데에도 기초자료로 쓰이게 된다.

지자기의 장주기 변화는 지구내부의 유동체의 변동에 의하여 지자기의 방향과 세기가 변화하는 것을 말하며, 이 변화를 계속 관측, 유지함으로써, 항공, 항해, 측량 등 국가의 기본 관측자료로 사용된다. 또한, 지자기의 단주기 변화는 태양으로부터 끊임없이 방출되는 하전입자의 흐름인 태양풍과 지구자기장의 상호작용으로 지표 가까이 있는 전리층으로부터 멀리는 자기권까지의 지구자기장의 변화를 말하며, 이 변화는 통신 위성을 비롯하여 각종 위성 간의 통신, 지상에서의 유, 무선 통신의 교란,

이들의 변화에 의한 지표의 유도 전류가 발전 및 송전 시설, 송유관, 가스관 등에 장애 또는 재해를 일으킨다. Fig. 1은 지자기 자료가 응용되는 곳을 나타낸다. 이러한 상황에 대비하기 위해서는 가장 먼저 지자기의 변화를 연속적으로 관측해야만 하는데, 아직 한국에서는 이에의 대비가 부족한 상태이다. 이러한 상황에 대비함을 목표로 하여, 한국지질자원연구원은 1998년에는 대전에, 2000년에는 경주에, 2002년에는 홍성에 각각 1 대의 지자기연속관측시스템을 설치하고, 계속적인 관측을 수행, 그 자료를 보관하며, 이러한 관측자료에 대한 해석 기술을 개발하고 있다(임무택 등, 2000). 이 연구에서는 그러한 연구의 결과들 중 대전지자기관측소에 관련된 사항을 요약, 설명한다.

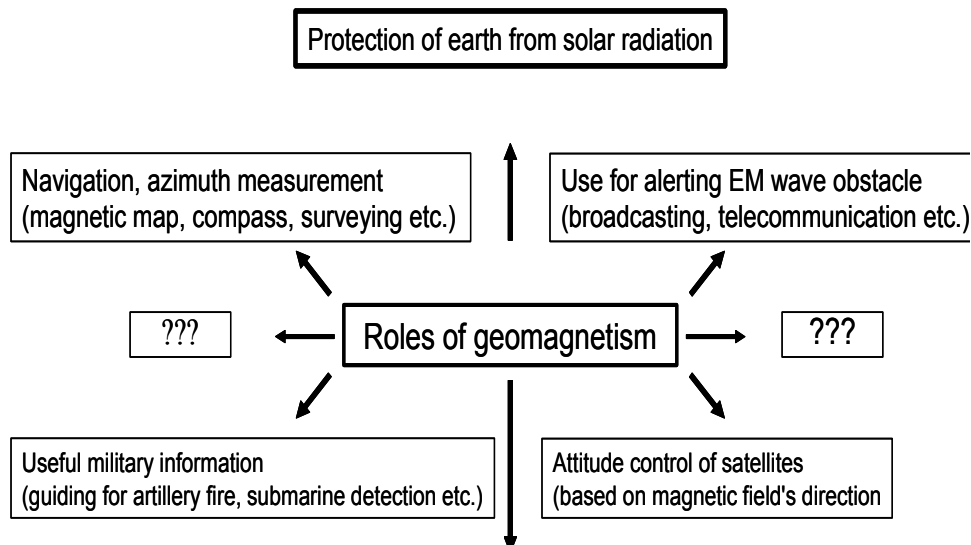


Fig. 1. Overview of applications of geomagnetic data.

### 측정기기의 선정과 설치

여러 가지 사전 시험 등을 근거로 하여, 한국지질자원연구원은 영국지질조사소가 설계, 제작한 Flare+ 시스템을 최종 선정하였다. Fig. 2는 이 시스템의 개요도인데, 크게 보아서, 3축 플럭스게이트 자력계 1 대, 오버하우저 효과 자력계 1 대, 시각동기를 위한 GPS 1 대, 기록계 1 대, 전원공급장치 1 대로 구성되어 있다. 플럭스게이트 자력계는 5 초에 1 번 씩, 오버하우저 효과 자력계는 1 분에 한 번 씩 측정하는 것이 일반적이다.

### 지자기 절대측정 좌대의 좌표 및 기준선 방위각의 측정

앞으로의 사용을 위하여 관측소 내에 설치한 지자기 절대측정 좌대의 상부 중심점 좌표는 PDGPS (Post-Processing Differential Global Positioning System) 기법을 이용하여 측정한 결과, WGS84 좌표계에서 (36° 22′ 43.96″ N, 127° 21′ 37.19″ E, 45.93 m (해발))이었고, 측지기준시스템 1980 (GRS80 : Geodetic Reference System 80) 좌표계에서는 (36° 22′ 33.09″ N, 127° 21′ 44.80″ E, 45.93 m (해발))이었다. 또한, 절대측정 시 사용할 기준선을 설정하고 같은 PDGPS 방법으

로 방위각을 측정하였는데, 그 결과는  $291^{\circ} 43' 23''$  였다. 그러나, 2007년 현재는 2006년에 새로이 설정한 기준선을 사용하고 있는데, 같은 PDGPS 방법으로 측정한 방위각은  $173^{\circ} 53' 19''$  이다.

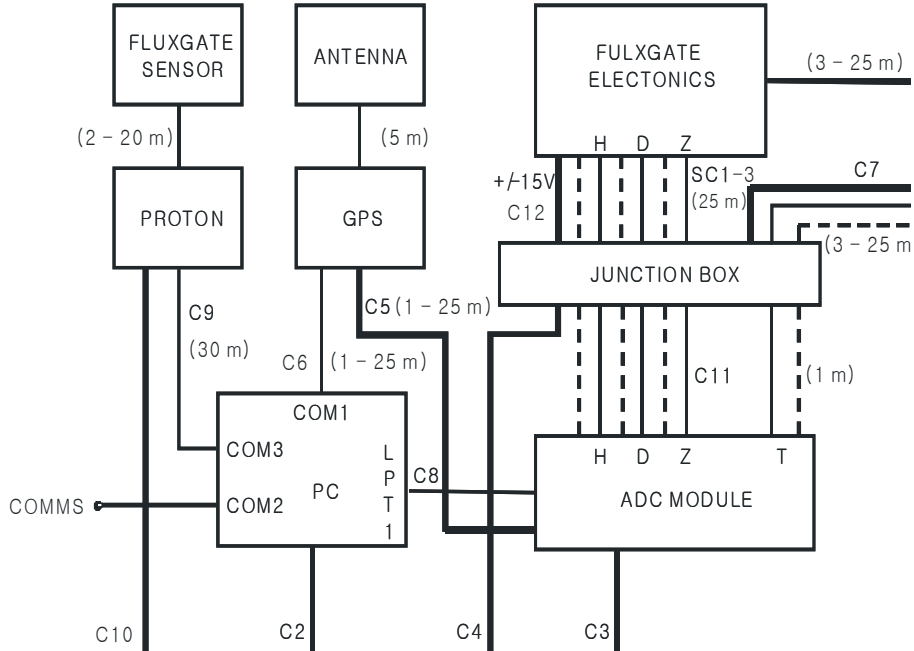


Fig. 2. Schematic diagram of Flare+ geomagnetic observation system.

지자기 절대측정 및 시간 변화 자료를 특정한 좌표계에서의 3성분으로 변환  
 지자기관측소에서 설치된 3성분 플럭스게이트 자력계의 3축(X, Y, Z)은, 서로 직교하기는 하나, 각 축이 지리적인 좌표계에서의 특정한 방향, 예를 들면, 남북 방향, 동서 방향, 수직 방향(N, E, Z)으로 정렬되어 있는 것이 아니고, 설치 당시의 자북 방향으로 한 축, 자동(磁東) 방향으로 한 축, 수직 아래 방향으로 한 축을 정렬시킨다. 또한, 3 축 모두 설치 당시의 값이 0 nT에 가깝도록 각 측정값에 bias를 걸어 놓은 상태로 있다. 그러므로, 플럭스게이트 자력계로부터 나오는 원시자료에는 시간에 따른 변화만 연속적으로 기록되어 있다. 이러한 자료를, 특정한 3축 좌표계(우리의 경우에는(H, D, Z)) 위에서의 3성분으로 변환하기 위해서는, 어떤 특정한 시점에서 지자기장 벡터의 절대값(Dec., Inc., F)을 측정해서 플럭스게이트 자력계에서 측정한 값과 절대값 사이의 상관관계를 추출한다. 그리고, 그 상관관계는 특별한 조건의 변화가 없는 한 유지된다고 가정하고, 그 상관관계를 절대측정 시점의 앞뒤의 자료에 적용한다(임무택 등, 2004). Fig. 3은 bias와 절대측정값 사이의 상관관계를 보인다.

즉, 어떤 시간 t에서 측정한 지자기절대값은 자편각(dec), 북각(inc), 크기(F) 3가지인데, 이로부터 같은 시간 t에서의 3 성분 N(North), E(East), V(vertical)은 다음과 같이 계산된다.

$$N(t) = F(t) \cdot \cos(inc(t)) \cdot \cos(dec(t)) \dots\dots\dots (1)$$

$$E(t) = F(t) \cdot \cos(inc(t)) \cdot \sin(dec(t)) \dots\dots\dots (2)$$

$$H(t) = \sqrt{N(t)^2 + E(t)^2} \dots\dots\dots (3)$$

$$V(t) = F(t) \cdot \sin(inc(t)) \dots\dots\dots (4)$$

그런데, 같은 시간 t 에서 3축 자기장측정기(우리의 경우는 플럭스게이트 자력계)로부터 측정된, 그리고 bias 가 있는, 3 성분을 각각 X, Y, Z라 하면, 3축 자기장 측정기의 X 축을 가능한 한 자북극에 가깝게 설치하는 것이 통상이므로, Y 축은 자기적 동쪽으로 향하게 되고, Z 축은 수직 아래를 향하게 되며, 각 성분에 bias 를 합한 값이 각각 위의 N(t), E(t), V(t)와 같게 된다. 즉,

$$X(t) = N(t) - biasX \dots\dots\dots (5)$$

$$Y(t) = E(t) - biasY \dots\dots\dots (6)$$

$$Z(t) = V(t) - biasZ \dots\dots\dots (7)$$

여기서, biasX를 수평기저값(Baseline<sub>h</sub>),  $Baseline_d = \sin^{-1}(biasY/H(t))$  을 편각기저값, biasZ를 수직기저값(Baseline<sub>v</sub>)이라고 각각 부른다. 이러한 계산을 한 뒤에는 3축 자기장측정기로부터 측정된 값에다가 위와 같이 계산한 3 축 방향의 기저값을 그대로 또는 약간 변형된 형태로 더하면 특정한 좌표계(우리의 경우는 (H, D, Z) 좌표계)에서의 값으로 변환할 수 있게 되는 것이다.

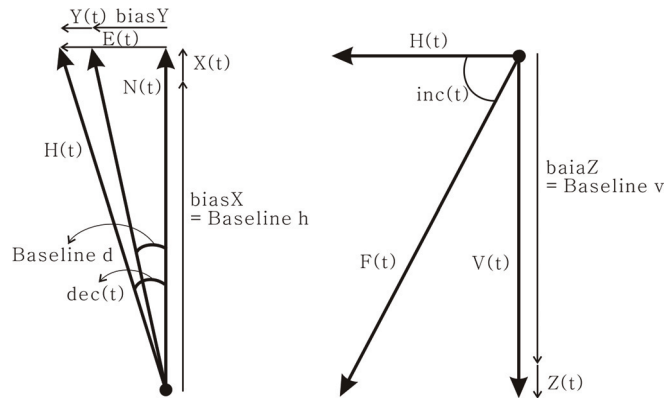
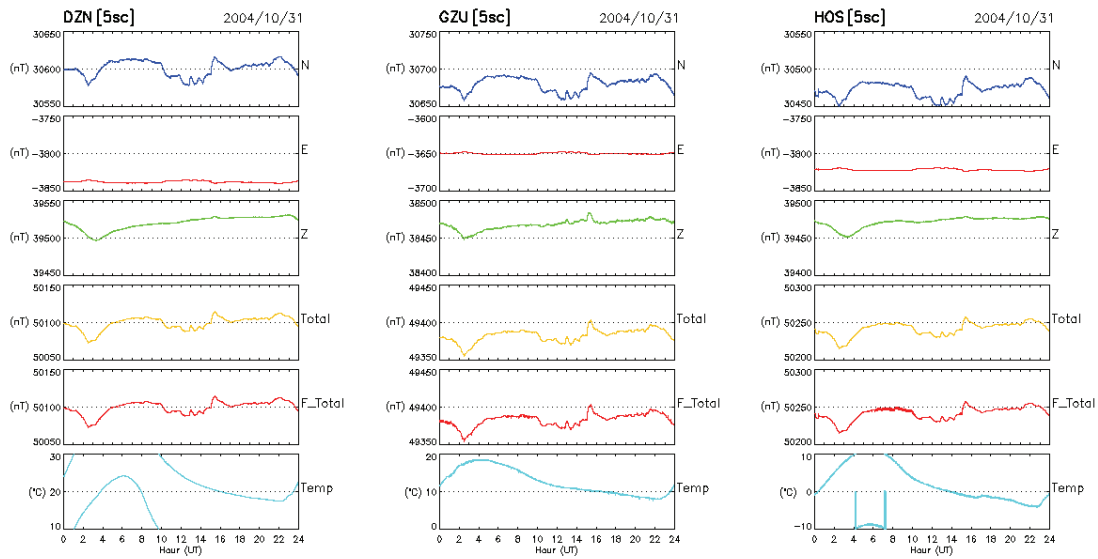


Fig. 3. Relation between absolute measurement data and biases.

Fig. 4는 대전, 경주, 홍성 지자기관측소에서 2004. 10. 31. 에 측정한 (X, Y, Z) 성분의 지자기값을 (N, E, Z) 성분으로 변환한 것이다. 이를 보면 세 곳의 지자기값의 차이는 맨눈으로 구분할 만큼 크지 않다는 것을 알 수 있다.

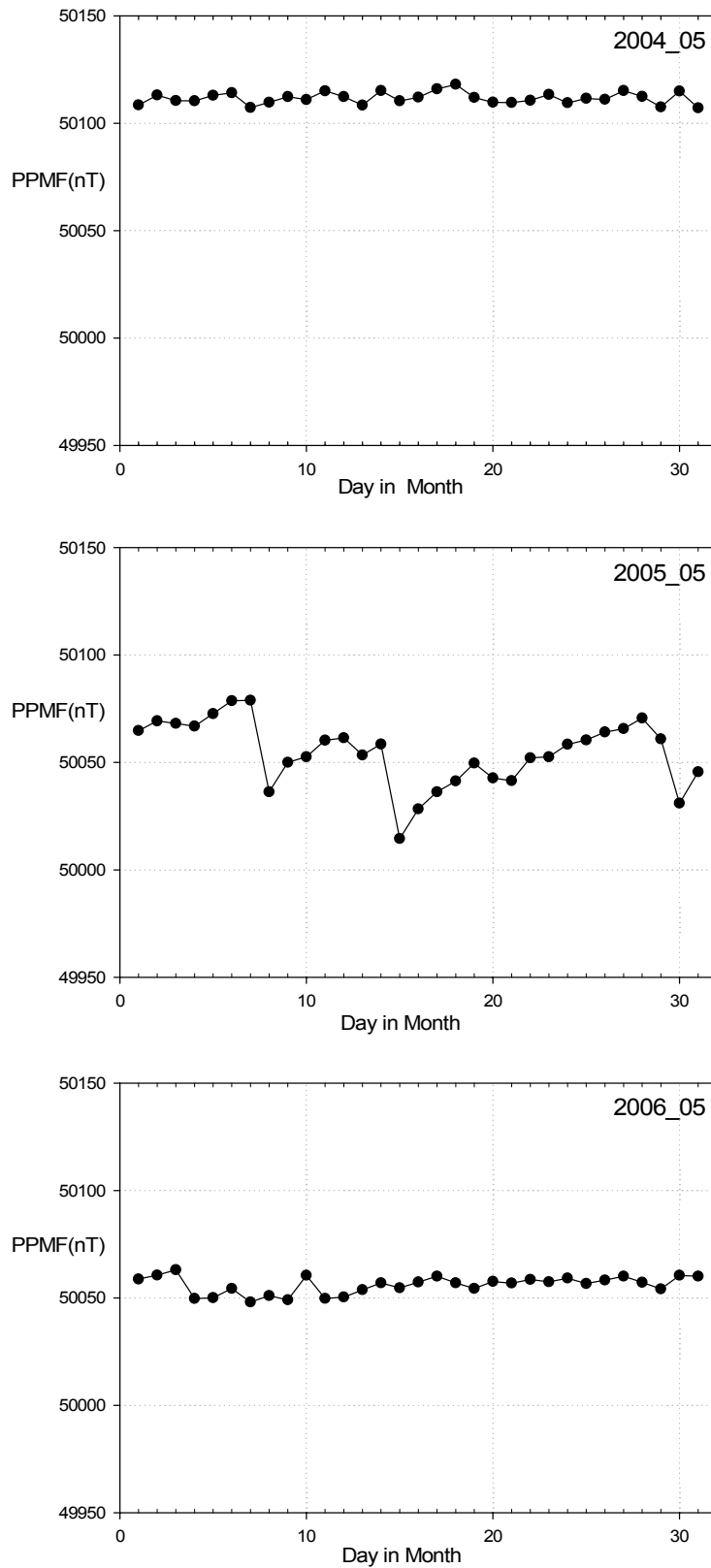


**Fig. 4.** Geomagnetic data measured at DZN(Daejeon), GZU(Gyeongju), HOS(Hongseong) Observatories, 31 Oct. 2004 converted to (N, E, Z) components.

#### 측정된 지자기값의 평균값 계산 및 IGRF로부터 계산한 값과의 비교

한국 또는 아시아 또는 전세계에서의 지자기장의 방향의 영년 변화(secular variation)를 추출하는 등의 목적을 위해서는 측정 간격이 짧은 자료 세트로부터 평균을 계산하여 측정 간격이 넓은 자료 세트로 만들 필요가 있다. 우리의 경우, 원시 자료는 5 초 간격의 자료이지만, 각 분을 중심으로 하고, 앞으로 45 초, 뒤로 45 초(즉, 각각 9 측정값), 합 19 점의 값을, 가우시안 평균하여 1 분 자료로 만든다. 즉, 하루에 1440 개의 값이 있게 되고, Fig. 4는 그러한 예이다.

한편, IAGA(International Association of Geomagnetism and Aeronomy; 국제지자기및고층대기물리학연합)은 IGRF(International Geomagnetic Reference Field; 국제표준지자기장)을 만들기 위해서 전세계의 지자기관측소로부터 시간 평균 자료를 받는다. 우리는, 그러한 시간 평균을 만든 뒤에 다시 하루 평균 및 달 평균을 계산하였다. Fig. 5는 위에서부터 아래로 각각, 대전지자기관측소에서 2004년 5월, 2005년 5월, 2006년 5월에 측정된 지자기값 중 물리탐사 분야에서 가장 많이 사용하는 총자기장값의 하루 평균값을 그린 것이다. 2004년 5월에는 50110 nT를 중심으로 변화하고 있다가, 2005년 5월에는 하루 사이의 변화가 심하고, 2006년 5월에는 50060 nT를 중심으로 변화하고 있음을 알 수 있다.



**Fig. 5.** Day-averaged total magnetic intensity plots measured at DZN Observatory for May 2004, May 2005, May 2006 (from top to bottom).

또, Fig. 6은 위에서부터 아래로 각각, 대전지자기관측소에서 2004년, 2005년, 2006년 동안 측정된 지자기값들 중 총자기장값의 달 평균값을 그린 것인데, 짝찬 원은 대전지자기관측소에서 직접 측정한 값이고, 빈 원은 제10세대의 IGRF 지수 및 계산식 (<http://www.ngdc.noaa.gov/IAGA/vmod/index.html>) 으로부터 대전지자기관측소의 좌표 등을 입력변수로 하여 계산한 값이다. IGRF 즉, 우리나라 주변의 모든 값들을 평균한 값의 변화 양상을 보면, 2004년, 2005년 동안은 점차로 감소하다가 2006년에 들어와서는 별 변화를 보이지 않음을 알 수 있고, 실제 측정값의 큰 변화 양상도 그와 비슷하다고 볼 수 있다. 그런데, 2005년 4월을 중심으로 실제 측정값에는 40 nT 정도의 매우 큰 감소가 있는데, 이것은, 대전지자기관측소 서쪽에 지진연구센터를 짓는 공사를 할 때, 철근 넣기 등 지자기관측소의 입장에서 볼 때 대규모의 자성물질의 이동이 있었을 것임을, 더 크게 보아서 대전지자기관측소가 한국에서의 중심적인 지자기관측소의 역할을 하기 위해서는 영년적으로도 주변의 상황이 변하지 않을 안정적인 장소로 이동되어야 할 것임을 시사한다.

## 결어

대전지자기관측소는 한국에서 가동되고 있는 6 곳(대전 포함, 지질자원원이 운영하는 경주, 홍성 관측소 등 3 곳, 정보통신부의 전파연구소가 운영하는 이천, 용인, 제주 관측소 등 3 곳)의 관측소 중 주변 상황이 비교적 나은 편에 속하며, 측정 자료의 연속성도 비교적 낮다. 그러므로, 대전관측소의 자료는 자력탐사 후 일변화보정 등을 위한 기본자료로 매우 유용하게 쓰일 수 있고, 전리층 연구 등 지구과학의 다양한 분야에도 응용될 수 있다. 자료는 <http://geomag.kigam.re.kr>를 통하여 얻을 수 있다.

## 참고문헌

- 임무택, 박영수, 정현기, 이희일, 2000, 한국에서의 지자기 관측의 현황, 한국천문학회지, 15권, 특별2호, 15-20
- 임무택, 박영수, 정현기, 임형래, 2004, 한국의 지자기 관측자료를 이용한 지자기 폭풍의 예측 연구, 지구물리자료를 이용한 한국 북부 지역의 연구, 한국지질자원연구보고서 M1-0336-00-0026.

<http://www.ngdc.noaa.gov/IAGA/vmod/index.html>

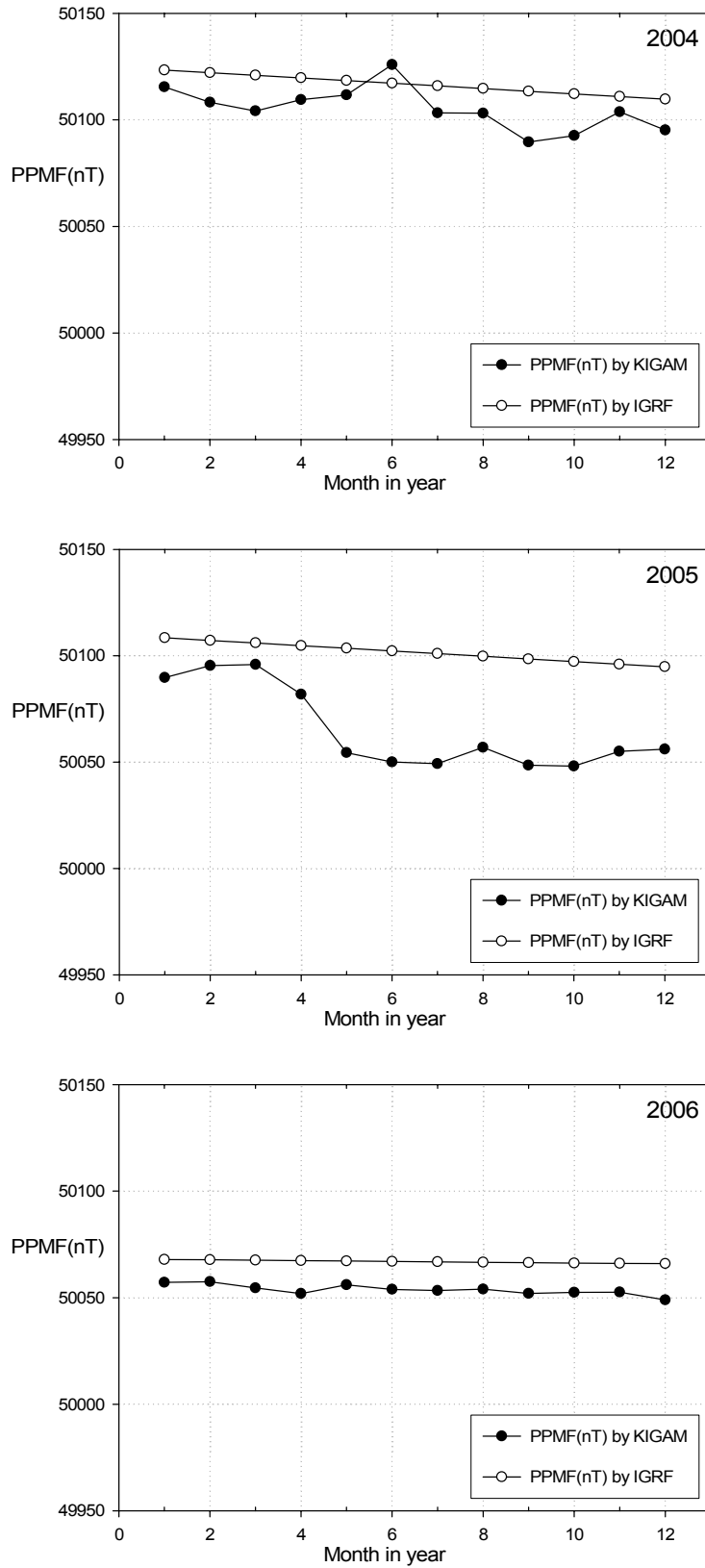


Fig. 6. Month-averaged total magnetic intensity plots measured at DZN Observatory for year 2004, 2005 and 2006 (from top to bottom).