

## 2012年5月21日金環日食に伴う地磁気変動の検出

大場崇義<sup>1</sup>, 三島稔明<sup>2</sup>, 山口 覚<sup>2</sup>, 小田佑介<sup>1</sup>, 山崎彬輝<sup>1</sup>

<sup>1</sup>大阪市立大学理学部, <sup>2</sup>大阪市立大学大学院理学研究科

### Detecting to geomagnetic signature during the 2012 May 21 annular eclipse

Takayoshi Oba<sup>1</sup>, Toshiaki Mishima<sup>2</sup>, Satoru Yamaguchi<sup>2</sup>, Yusuke Oda<sup>1</sup>, Akiteru Yamasaki<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Geosciences, Osaka City Univ., <sup>2</sup>Geosciences, Graduate School of Osaka City Univ.

#### Abstract

The solar eclipse geomagnetic effect is difficult to be distinguished from the geomagnetic solar quiet daily variation ( $S_q$ ), because  $S_q$  variation has irregularity depending on the day. We need to evaluate the irregularity of  $S_q$  variation to detect a disturbance during solar eclipses, when the most discernible effect is expected.

The annulation belt of the solar eclipse on 21 May 2012 ran from the southwest of Japan to northeast, where the precise observed data gained in. In order to retrieve the geomagnetic variations related to the solar eclipse, we located a geomagnetic observation station in Katano (KTN) inside the annulation belt. We made a mathematical model with reference to geomagnetic data from each observatory in Japan in order to estimate the  $S_q$  variation in KTN. It is possible that some observatories have geomagnetic effects due to the solar eclipse and others don't have. Therefore, several mathematical models may generate the residues having various signatures. The residues are compared with each other to detect the geomagnetic effect due to annular solar eclipse.

#### 1. はじめに

日食時には電離層の太陽静穏時日変化 ( $S_q$ ) 電流系が変化することで磁場形成が異なる可能性がある。これまで、日食に伴う地上での地磁気変動が研究されてきたが、その有無を含め、議論がわかれている。例えば、1999年8月11日にヨーロッパで発生した日食に伴う地磁気変動について、Malin *et al.* (2000) や Hvoždara and Prigamcová (2002) は 15~20nT 程度の地磁気変動があったと解釈していた。一方、Korte *et al.* (2002) は電離圏において電気伝導度は減少したが、これに伴う有意な地磁気変動は検出されなかったと主張した。

日食に伴う地磁気変動を評価するときの困難点の一つとして、通常時の地磁気日変化の日毎の違いと日食時の地磁気変動との区別が挙げられる。そこで、本研究では通常時の地磁気日変化を推定し、日食に伴う地磁気変動を抽出することを試みた。

#### 2. 観測

2012年5月21日(日本標準時)の金環日食帯に含まれる大阪府交野に地磁気観測点(KTN)を設置し、2012年5月14日から6月4日まで地磁気連続観測を行った(第1図)。地磁気の測定には地磁気地電流測定装置 U-43C を用いた。観測点ではフラックスゲート磁力計のセンサーを用いて、地磁気

3成分(表1)を測定した。サンプリング周波数は8Hzとした。また、緯度・経度・測定開始時刻・測定終了時刻は以下の表2に示す。本研究では、時刻の表示には日本標準時を用いる。なお、KTNにおける日食時間は6時30分から9時16分であり、食分率は7時47分に最大となった。

表1. 観測点における座標系と打消し成分

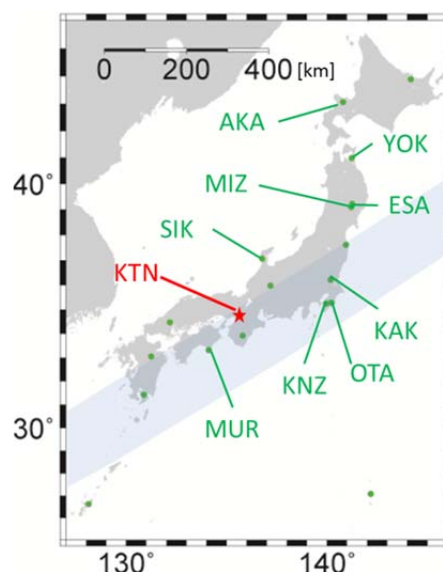
Table.1 coordinate system and the component of negation in observation point

	観測座標系	打消し成分[nT]
X	設置時における磁北の向き	27000
Y	磁北に対して垂直東向き	0
Z	鉛直下向き	36000

表2. 観測点における緯度・経度・観測開始時刻・観測終了時刻

Table.2 latitude, longitudes, observation time starting and finishing in observation point

緯度	34.46'
経度	135.41'
測定開始時刻	2012年5月14日15:08:00.000
測定終了時刻	2012年6月4日10:33:58.875

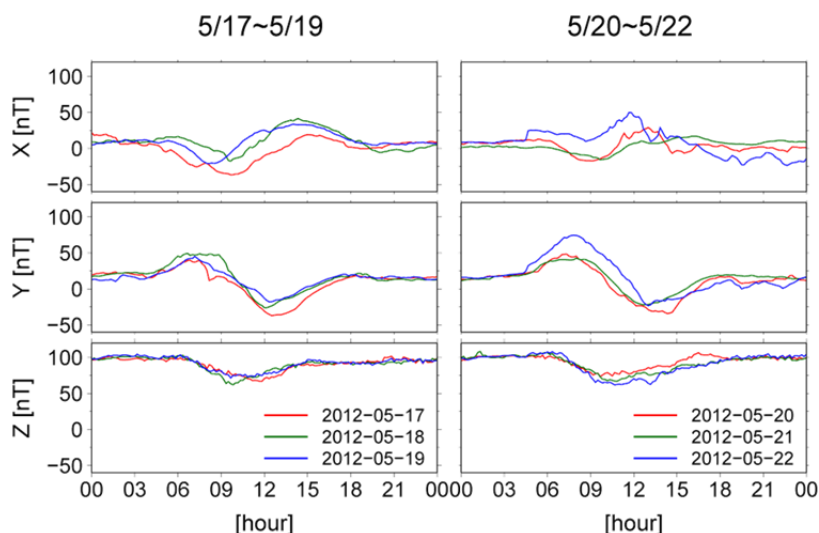


第1図 KTNと観測点の位置

Fig.1 Location of Katano(KTN) and the observatories. The eclipse path is marked in gray.

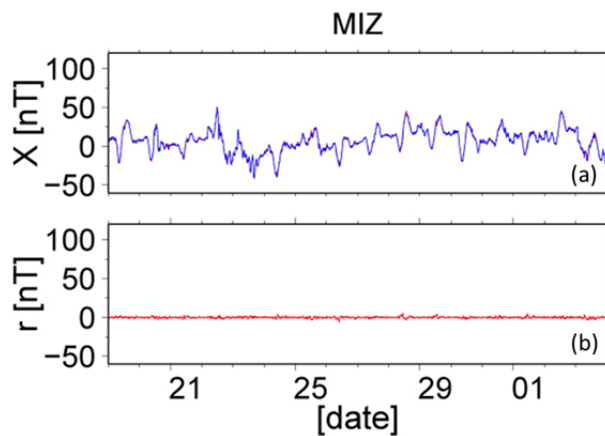
### 3. 手法

観測したデータを10分毎に平均を取った結果を第2図に示す。第2図からX, Y, Z成分とも地磁気日変化はある程度同じ形を示すものの、日毎に数十nT程度値が異なっている。このように交野(KTN)において地磁気日変化が日によって異なるため、5月21日の金環日食における地磁気変動は捉えられなかった。日食に伴う地磁気変動を探るには日毎に異なる地磁気変動を評価しなければならない。そこでカルマンフィルターを用いて、KTNにおける地磁気観測値と他の地磁気観測点(参照点)の地磁気観測値からKTNの地磁気変化を予測する数式モデルを作成した。参照点として全国に点在する気象庁の地磁気観測所、国土地理院の測地観測所、地球電磁気連続観測所の計18点を用いて推定モデルを作成した。参照点によって、日食時に地磁気変動の影響が異なることを期待し、KTNの地磁気観測値と各モデルによる推定値との残差を用いて日食時の地磁気変動を評価した。

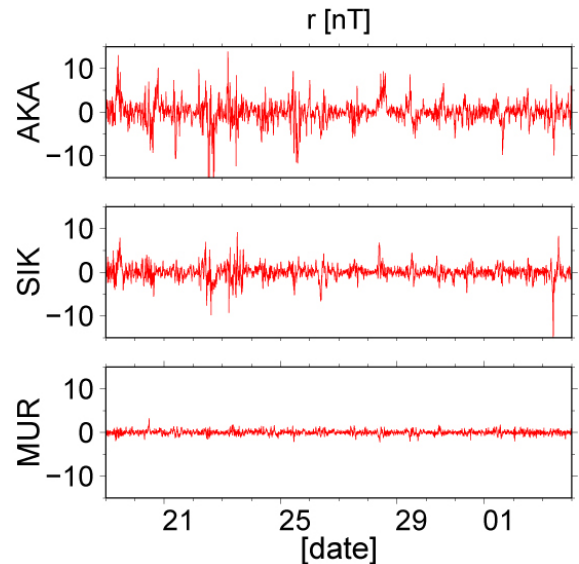


第2図 KTNにおける各成分の地磁気日変化

Fig.2 Daily variations of the X, Y, and Z components of the observed data averaged every 10 minutes in KTN for the period 17-22 May 2012.



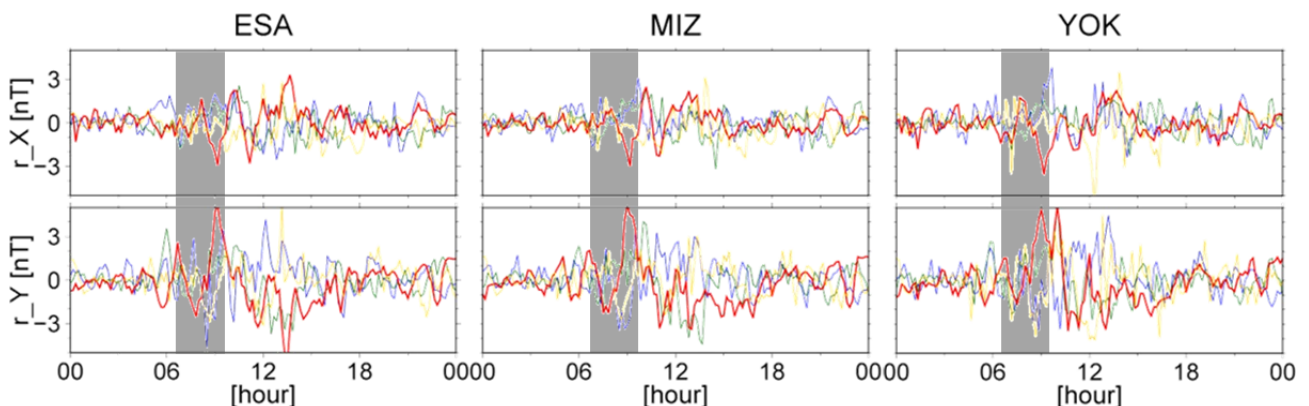
第3図 MIZ を用いたモデルによる推定結果  
 Fig 3. (a) Comparison between the observed data (blue line) and results of the Kalman filter solution (red line). (b) Residue between the observed and the predicted data.



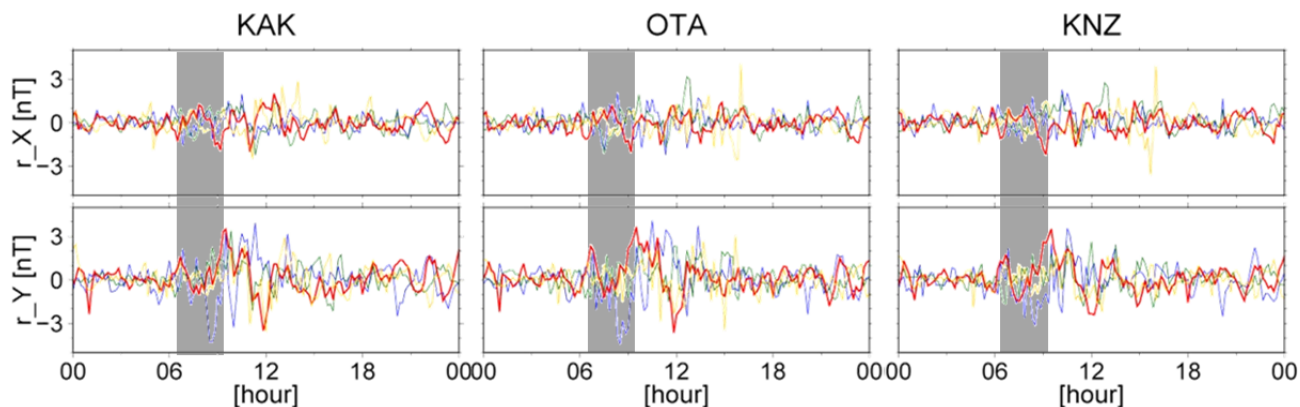
第4図 AKA, SIK, MUR を用いたモデルによる残差  
 Fig 4. Residues between the observed and the predicted data with the three different reference points.

#### 4. モデルの評価

参照点の設定によって推定精度が異なるが、ほとんどのモデルで残差が  $2\text{nT}$  以内であった。ここで、全国の観測点のうち水沢 (MIZ) を参照点としたモデルにより推定を行った結果を第3図に示す。推定値と観測値がほぼ一致しており、残差は  $1.5\text{nT}$  程度である。また、参照点を MIZ 以外の赤井川 (AKA)、志賀 (SIK)、室戸 (MUR) としたモデルによって生じた残差を第4図に示す。KTN から離れた AKA を参照点としたモデルでは、残差が  $10\text{nT}$  以上生じている。SIK では一部残差が  $5\text{nT}$  以上生じていることもあるが、KTN から距離の近い MUR を参照点とした場合ではほぼ  $1\text{nT}$  以内の残差が生じた。このように参照点によって残差が異なり、推定精度に差が生じる。また、参照点の位置関係から、参照点を KTN から離れたところに設定すると精度が低下する傾向が見られた。これは、KTN と参照点とで地磁気日変化が異なるためと考えられる。



第5図 2012年5月19~22日での各推定モデルによって生じた残差  
 Fig.5 Residues of the X and Y components from mathematical models in 19 (blue), 20 (green), 21 (red) and 22 (yellow) May 2012. These models use reference points outside the annulation belt. The gray bands show the eclipse time in KTN.



第 6 図 2012 年 5 月 19~22 日での各推定モデルによって生じた残差

Fig.6 Residues of the X and Y components from mathematical models in 19 (blue), 20 (green), 21 (red) and 22 (yellow) May 2012. These models use reference points inside the annulation belt. The gray bands show the eclipse time in KTN.

## 5. 地磁気変動についての評価

日食時に残差が生じたモデルの結果を第 5 図に示す。江刺(ESA), 水沢(MIZ), 横浜(YOK)は金環日食帯外部の北部に位置している。これらを参照点としたモデルでは, 日食時間に含まれる 5 月 21 日の 9 時に X 成分では  $-3\text{nT}$  程度, Y 成分では  $5\text{nT}$  程度の残差が捉えられた。金環日食帯に含まれる柿岡(KAK), 大多喜(OTA), 鹿野山(KNZ)を参照点としたモデルでは, 残差は X 成分では  $-2\text{nT}$  程度, Y 成分では  $3\text{nT}$  程度であった(第 6 図)。KTN とこれらの観測点は共に日食帯に含まれていることから, 日食に伴う地磁気変動を受けた変化を示していると考えられる。ただし, KTN, OTA, KNZ を参照点としたモデルでは, 日食時以外でも ESA, MIZ, YOK を参照点とした残差より日食時以外でも  $1\sim 2\text{nT}$  程度小さくなっている時間帯もあったことから, 日食時に生じた残差が金環日食に伴う地磁気変動であると断定できなかった。

## 謝辞

京都大学防災研究所の観測機材を, また, 国土地理院・気象庁の地磁気データを使用させて頂いた。観測にあたり, 本学植物園から場所を提供して頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

## 引用文献

Hvoždara, M., and Prigancová, A., (2002), Geomagnetic effects due to an eclipse-induced low-conductivity ionospheric spot, *Journal of Geophysical Research*, 107, 1467, doi:10.1029/2002JA009260.

神田 径・藤井郁子 (2003), カルマンフィルターによる火山性磁場変動検出の試み, 京都大学防災研究所年報, 46B.

Korte, M., Lühr, H., Förster, M., and Haak, V., (2001), Did the solar eclipse of August 11, 1999, show a geomagnetic effect?, *Journal of Geophysical Research*, 106, 18563-18575.

Malin, S. R. C., Özcan, O., Tank, S. B., Tunçer, M. K., and Yazıcı-Çakın, O., (2000), Geomagnetic signature of the 1999 August 11 total eclipse, *Geophysical Journal International*, 140, F13-F16.