

## 日本における 2012 年 5 月 21 日（日本時間）の金環日食に伴う地磁気変化

竹内 昭洋（東海大）・大久保 寛（首都大）・磯上 慎二（福島高専）

香取 勇太（首都大）・長尾 年恭（東海大）・竹内 伸直（東北大）

### Changes of the geomagnetic field in Japan induced by the solar annular eclipse of 21 May 2012 (JST)

Akihiro Takeuchi (Tokai University), Kan Okubo (Tokyo Metropolitan University),

Shinji Isogami (Fukushima National College of Technology), Yuta Katori (Tokyo Metropolitan University),

Toshiyasu Nagao (Tokai University) and Nobunao Takeuchi (Tohoku University)

#### Abstract

The annular solar eclipse of 21 May 2012 (JST) passed along Japan islands where the public dense network of geomagnetometers has been set up for the long-term observations. We also observed the 3-component geomagnetic fields during the eclipse using fluxgate magnetometers and a liquid nitrogen SQUID magnetometer in Northeastern and Central Japan. Here, we preliminarily checked the changes in the 3-components of the geomagnetic field in Japan area. As a result, we found that the amplitudes of the changes in the x, y, z-components, which were defined as the difference from the average obtained from the geomagnetically calm days in May 2012, were about +5, -20, and -5, respectively.

#### 1. はじめに

日本時間で 2012 年 5 月 21 日に、日本列島を縦断するように金環日食が発生した。日本列島の各地には気象庁および国土地理院による地磁気 3 成分の観測点が数多く存在し、また我々の研究グループも東北日本から中部日本にいくつかの観測点を設けて地磁気 3 成分を連続観測している。日食は地表だけでなく電離層にも陰を落とすため、一時的・局所的に電離層の電子密度が減少し、電流場の変化に伴い特異な地磁気が誘導されることが期待できる（例えば、Chapman, 1933; Nagata et al., 1955; Rikitake et al., 1958; Hvoždara and Prigancová, 2002; Tomás et al., 2009; 佐伯ほか, 2011）。そこで本研究では、これら地理的に稠密な地磁気データを用いて、今回の日食に伴う日本領域での地磁気変化を検証した。

#### 2. 金環日食と地磁気観測点

Fig.1 に、金環日食の経路と地磁気観測点（22ヶ所）の位置関係を示す。地球表面に陰が出現するのは、日本時間で 6 時頃から 11 時頃に掛けてである。朝の 6 時頃にフィリピンの東部に陰が現れ始め、7 時から 8 時頃に掛けて陰の中心部（金環日食現象の出現領域）が日本列島を縦断し、9 時頃には陰の中心部が日付変更線を通り、11 時頃に北米の南西部で陰が消える。陰の中心部が通過した近畿-東海-関東地方では、約 5 分間にわたって金環日食現象が継続した。しかし、当日午前中の天候は晴れ時々曇りで、金環日食の様子は薄曇りの合間に断続的にしか目視できなかった。

地磁気観測点のうち、細倉 (HSK)・いわき (IWK)・奥多摩 (OKM)・三保 (MIH) の4ヶ所が自前の観測点である。細倉 (HSK) は、宮城県北西部にある細倉鉱山の敷地内にあり、フラックスゲート磁力計 (テラテクニカ製 MAG-03TB) が地表から 1m の深さのところに設置してある (Okubo et al., 2011)。いわき (IWK) は、いわき市西部郊外の山間部開拓地にあり、液体窒素を用いた SQUID (テラテクニカ製試作品) が地表に設置してある。奥多摩 (OKM) は、東京都北西部の山間部にあり、フラックスゲート磁力計 (テラテクニカ製 RF-725) が地表から 1m の深さの所に設置してある (竹内・長尾, 2012)。三保 (MIH) は、静岡市三保半島の東海大学社会教育センターの敷地内にあり、今回の日食観測のためにフラックスゲート磁力計 (テラテクニカ製 U43) が地表から 1m の深さの所に設置してあった。

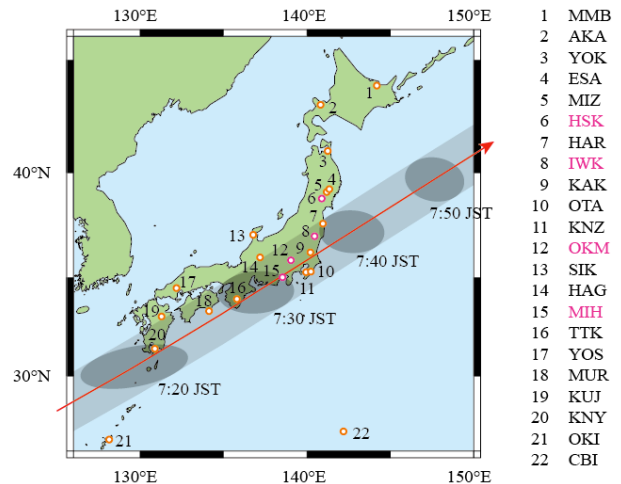


Fig.1: The pass of the annular solar eclipse of 21 May 2012 (JST) and the site locations of geomagnetic field observations in Japan.

### 3. 観測結果と解析

地磁気観測データは全て 1 分間平均値に統一された。地磁気水平成分の 2 成分に関しては、国土地理院によって求められている地域毎の偏角値を参考に軸回転させ、地理的南北成分 ( $H_x$ ) と地理的東西成分 ( $H_y$ ) に統一した。ただし、いわき (IWK) のデータに関しては、国土地理院によって求められているいわき (IWK) 周辺の水平・垂直成分値になるよう、各成分に適度な値を付け加えた。日食に伴う変化量を抽出するために、静穏な地磁気の日変動 (バックグラウンド平均値) を求め、当日の観測値からバックグラウンド値を差し引くこととした。地磁氣的に静穏である日として、(1) 日本時間で 3 時から 12 時の時間帯において柿岡 (KAK)・女満別 (MMB)・鹿屋 (KNY) の 3ヶ所全てで K 指数が 0 または 1 である日、かつ (2) その時間帯における K 指数の合計が 2 以下となる日を選定した。この条件に合う 1・5・7・27・28 日のデータをもとに、日変動の平均値と  $\pm 1\sigma$  値を観測点毎に求めた。

解析例として、奥多摩 (OKM) を取り上げる。Fig.2 に成分毎の 5 月 21 日および 5 月平均値  $\pm 1\sigma$  値のプロットを示す。地磁気南北成分 ( $H_x$ ) は一日を通して平均値より幾分低い。これは前日までの磁気乱れを引きずっているためであると予想される。東西成分 ( $H_y$ ) は日食時間帯に先駆けて一旦増加し、その後は日本時間で 18 時頃まで大きく減少している。垂直成分 ( $H_z$ ) は南北成分 ( $H_x$ ) とは逆に幾分高い。日本時間で 12 時頃から 16 時頃に掛けて、各成分に

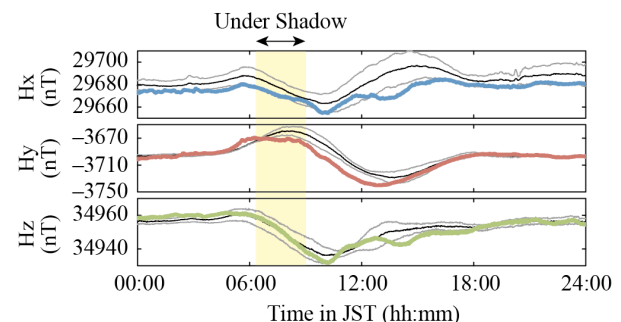


Fig.2: Daily variations of the geomagnetic field on 21 May 2012 (JST) with the average and  $\pm$  of the standard deviation at the OKM site.  $H_x$ : the x-component of the geomagnetic field,  $H_y$ : the y-component of the geomagnetic field,  $H_z$ : the z-component of the geomagnetic field. The yellow zone means the period between the 1st contact and the 4th contact.

減少が確認できる。この時間帯は地球上から日食の陰が既に消えているため、この減少は日食現象とは別の原因によるものであろう。

金環日食の発生時間帯を鑑みて、日本時間で 3 時から 12 時の時間帯だけに注目する。例として、Fig.3 に全観測点における地磁気東西成分 ( $H_y$ ) の変化量 ( $\Delta H_y$ ) を、AE 指数および Dst 指数暫定値の変化とともに示す。ここで変化量とは、バックグラウンド平均値を差し引いた後、日本時間で 3 時と 21 時とで値が 0 となるように更にトレンド (前日までの地磁気乱れの影響と思われる成分) を差し引いたものである。どの観測点でも、第一接触到先駆けて 5 時頃から増加するが、その後は減少に転じ、第四接触までには 15-20nT 程度減少する。この減少量は北部と南部の観測点で顕著である傾向がある。第四接触後は若干増加に転じるが、12 時頃になっても完全には元のレベルまで回復しない。概して AE 指数や Dst 指数暫定値との明瞭な相関は確認できない。地磁気南北成分 ( $H_x$ ) の変化量 ( $\Delta H_x$ ) は概して第四接触の頃をピークに 5-10nT 増加し、地磁気垂直成分 ( $H_z$ ) の変化量 ( $\Delta H_z$ ) は観測点により異なるが約 5nT 減少 (または増減) する。

Fig.4a に、日本時間で 9 時における地磁気変化 (ベクトル) を示す。地磁気の変化は西方への傾倒を示している。単純なシート状の電離層を仮定した時、この変化を電離層内の電流で誘起させるためには、日本領域の全体的に北向きの電流が必要となる。この時の日食による陰の北部は夜半球の陰と繋がっており (Fig.4b)、本来ならば南向きに流れる Sq 電流がある程度ブロックされていたと推測することができる。これは相対的に北向きの電流が発生したことに相当し、地磁気変化の方向から予想される電流方向と調和的である。ただし、今回の金環日食は日本領域上空を早朝に通過しているため、実際には電離層内には陰の円柱が浅く斜めに (太陽仰角 15-40°) 形成されているはずである。十分に有効な地磁気変化のシミュレーションを行なうためには、電離層に 3 次元構造を持たせたモデルの構築が課題となろう。

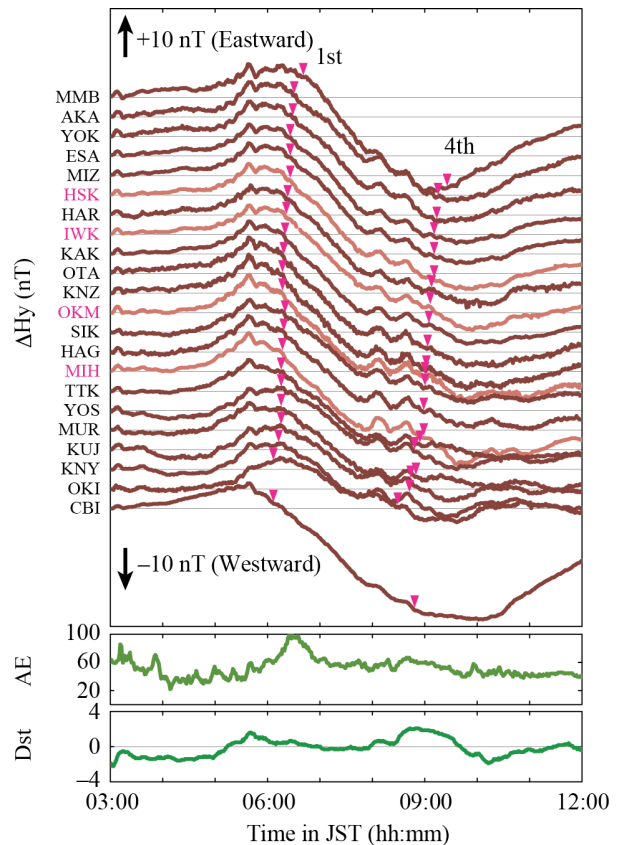


Fig.3: The 9-hour variations of the y-component differences of the geomagnetic fields at the 22 observation sites and the variations of the AE and Dst indices on 21 May 2012 (JST). The pink triangles mean the period between the 1st contact and the 4th contact at each site.

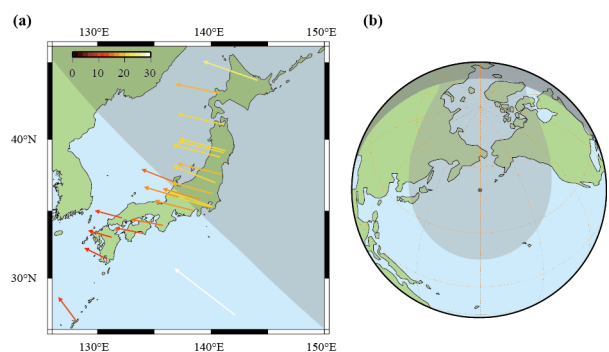


Fig.4: (a) The horizontal vectors (nT) of the geomagnetic field differences at the 22 observation sites at 9:00 on May 21, 2012 (JST). (b) Global map of the annular solar eclipse at that time.

## 謝辞

東海大学社会教育センターの好意により敷地内に三保観測点 (MIH) を臨時設営させていただいた。また、気象庁および国土地理院より地磁気データ、K 指数データおよび気象データを提供していただいた。さらに、京都大学大学院理学研究科附属地磁気世界資料解析センターより AE 指数データおよび Dst 指数データを提供していただいた。

## 参考文献

- Chapman, S., The effect of a solar eclipse on the Earth's magnetic field, *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, **38**, 175-183, 1933.
- Hvoždara, M., A. Prigancová, Geomagnetic effects due to an eclipse-induced low-conductivity ionospheric spot, *Journal of Geophysical Research*, **107**, 1467, 2002.
- Nagata, T., Y. Nakata, T. Rikitake, I. Yokoyama, I. Effect of the solar eclipse on the lower parts of the ionosphere and the geomagnetic field, *Report of Ionosphere Research in Japan*, **9**, 121-135, 1958.
- Okubo, K., N. Takeuchi, M. Utsugi, K. Yumoto, Y. Sasai, Direct magnetic signals from earthquake rupturing: Iwate-Miyagi earthquake of M 7.2, Japan, *Earth and Planetary Science Letters*, **305**, 65-72, 2011.
- Rikitake, T., S. Uyeda, T. Yukutake, I. Tanaoka, E. Nakagawa, Preliminary report on the effect of the solar eclipse on April 19, 1958 on the geomagnetic field, *Report of Ionosphere Research in Japan*, **12**, 174-181, 1958.
- Tomás, A.T., H. Lühr, M. Rother, Mid-latitude solar eclipses and their influence on ionospheric current systems, *Annales Geophysicae*, **27**, 4449-4461, 2009.
- 佐伯悠樹, 源泰拓, 藤田茂, 長町信吾, 2009年7月22日の日食に伴う地上磁場変動と総合モデルによるシミュレーション, *地磁気観測所テクニカルレポート*, **8**, 11-18, 2011.
- 竹内昭洋, 長尾年恭, 平成23年東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0) の前後における奥多摩地磁気3成分データの統計的パラメータ変化, *東海大学海洋研究所研究報告*, **33**, 13-21, 2012.