

地磁気観測所の現状と将来

Kakioka Magnetic Observatory -present and future-

源 泰拓, 福井敬一 (気象庁地磁気観測所)

Yasuhiro MINAMOTO and Keiichi FUKUI

(Kakioka Magnetic Observatory, Japan Meteorological Agency)

Abstract

The Japan Meteorological Agency (JMA) is operating four geomagnetic observatories in Japan; Kakioka, Memambetsu, Kanoya and Chichijima. Memambetsu and Kanoya became unmanned site in March 2011, and members of the staff have been sent from nearest local meteorological observatory to maintain instruments and to take absolute measurements almost every two weeks. Almost all of the geomagnetic data obtained by JMA are available from the website of Kakioka Magnetic Observatory, for research purposes. Kakioka Magnetic Observatory has attempted following two development for future observations and provision of geomagnetic data; digitization of bromide paper records and automatic absolute measurements.

1. 気象庁による地磁気観測の現状

気象庁は現在、柿岡、女満別、鹿屋、父島の4点で地磁気3成分と全磁力の連続観測と定期的な絶対観測を実施している (table1).

Table 1. Geographic¹ and geomagnetic² coordinates and altitudes of magnetic observatories operated by JMA

	IAGA code	Latitude (N)	Longitude (E)	Magnetic latitude	Magnetic longitude	Altitude
Kakioka	KAK	36° 13' 56"	140° 11' 11"	27.47°	209.23°	36 m
Memambetsu	MMB	43° 54' 36"	144° 11' 19"	35.44°	211.77°	42 m
Kanoya	KNY	31° 25' 27"	130° 52' 48"	22.00°	201.21°	107 m
Chichijima	CBI	27° 05' 46"	142° 11' 06"	18.58°	212.10°	155 m

¹Japanese Geodetic Datum 2000

²[11th International Geomagnetic Reference Field](#) (IGRF-11)

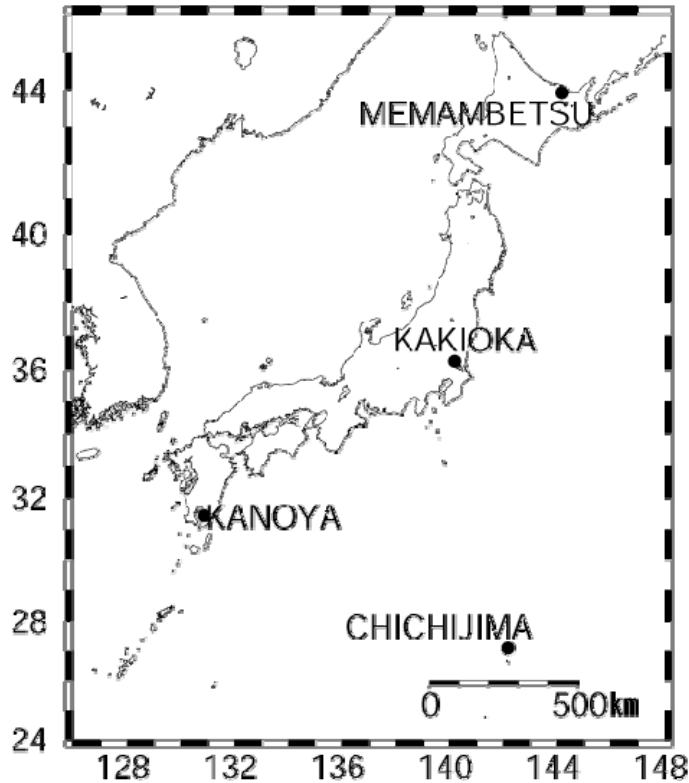


Figure 1. Locations of geomagnetic observatories operated by JMA.

柿岡では、絶対観測はおおむね週に一度、DI-72と呼ばれるサーチコイル型の磁気儀とプロトン磁力計を用いて行われている。連続観測の主測器は三軸高感度フラックスゲート磁力計で、温度変動や傾斜変動を軽減するため、センサー部は地下5メートルに置かれている。全磁力はオーバーハウザー磁力計によって毎秒計測されている。オーバーハウザー磁力計はヘルムホルツコイルと組み合わせることにより成分観測が可能で、柿岡では副測器として用いられている。2011年3月11日に起きた東北地方太平洋沖地震では、柿岡は震度5強を記録した。成分計測を行うオーバーハウザー磁力計のヘルムホルツコイルが機械台から落下する等の被害があったが、地磁気毎分値には欠測を生じることなく観測を続けた。

女満別、鹿屋では、絶対観測は、FT型と呼ばれる一軸フラックスゲート磁力計を搭載した非磁性経緯儀とプロトン磁力計を用いて行われている。連続観測値は、柿岡と同様に地下に置かれている三軸高感度フラックスゲート磁力計に、全磁力はオーバーハウザー磁力計によって計測されている。ヘルムホルツコイルとセットになった成分観測用のオーバーハウザー磁力計は女満別、鹿屋には設置されておらず、副測器もフラックスゲート磁力計が用いられている。女満別と鹿屋における観測は2011年4月から遠隔化され、両観測所には職員が常駐しなくなった。計測値はすべて柿岡で遠隔処理されているほか、モニタリングカメラによって構内の状況が監視・記録されている。また、両観測所の最寄りの網走、鹿児島各地方気象台に地磁気観測を担当する職員が駐在し、絶対観測はこのスタッフによって実施されている。両観測所の絶対観測は、おおむね週に

一度、行われていたが、遠隔化の後、さらに約1年間の試行期間を経て、2012年から観測頻度は二週に一度に低減された。

父島は1972年の設置以来、無人観測点として運営されている。連続観測は、三軸フラックスゲート磁力計とオーバーハウザー磁力計によって行われている。絶対観測はおおむね3か月に1度、柿岡のスタッフが出張して実施している。絶対観測の間隔が長く、また三軸フラックスゲート磁力計センサーの傾斜、温度の変動が大きいため、父島の観測値は他の3点と比べて安定性が劣る。わが国の地磁気観測点は、一般に周辺が宅地あるいは農地であり、敷地面積が充分ではないこともあって、車輛や建造物等の磁性体、さらに各種工事による人工擾乱が観測に影響を及ぼしうる。これら人工擾乱を監視し、その影響量を見積もるため、柿岡、女満別、鹿屋では構内に複数の磁力計を配して、擾乱源の位置と大きさを推定するシステムを運用している。詳細はMinamoto et. al. (2011)を参照されたい。

2. 気象庁による地磁気観測データ提供の現状

気象庁が提供している地磁気観測データの時間分解能と観測開始月をtable 2に示す。

Table 2. Starting dates for availability of geomagnetic fields for each observatory via website of Kakioka Magnetic Observatory

	one-hour	one-minute	one-second	0.1-second
Kakioka	Jan 1924	Jan 1976	Apr 1993	Jun 1997
Memambetsu	Jan 1958	Jan 1985	Apr 1997	Apr 1997
Kanoya	Jan 1958	Jan 1985	Jun 1996	Jun 1996
Chichijima	Feb 1973	Feb 1989	Nov 1993	none

地磁気観測所では、地磁気データをはじめとする地球磁気・地球電気観測の成果を「地磁気観測所報告（年報）」として公表している。1924年版から2000年版までは印刷物として、2001年版以降はCD-ROMで刊行されていて、地磁気、地電流、空中電気の1時間値、毎分値や磁気嵐リスト、地磁気脈動のスペクトル解析図などの図表が収録されている。柿岡、女満別、鹿屋の3点は国際リアルタイム地磁気観測ネットワーク(International Real-time Magnetic Observatory Network, 以下INTERMAGNET) 指定観測所として、毎分値を準リアルタイムで提供しているほか、父島を加えた4点のデータは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へ提供されている。

さらに2012年12月から、地磁気観測所webサイトにおいて、0.1秒値までのデジタルデータとメタデータの提供を開始した。メタデータとは、「データ自身についての付加的なデータ」のことで、観測点の緯度経度や使用している測器の種類、データの存在する期間などが含まれる。

メタデータおよび各種デジタルデータには、当所の[英語版webサイト](http://www.kakioka-jma.go.jp/metadata)¹ からアクセスすることができる。デジタルデータは、テキストファイル・IAGA2002フォーマットで提供される²。メタデータはIUGONET³が提供するxml形式で取得することも可能になっている。

3. 次世代技術への挑戦

地磁気観測所は、国内のみならず世界的に、その安定した観測と観測値処理に対する信頼性を認められている観測所である。女満別・鹿屋における観測の遠隔化等、地磁気観測を取り巻く情勢は樂觀を許さないが、柿岡は次の百年に向けて、その実績と強みを活かした技術開発に取り組んでいる。

3-1 地磁気印画紙記録の数値データ化及びデータベース作成

気象庁が提供する地磁気毎分値は、1976年、Kakioka automatic standard magnetometer (KASMMER)の導入により提供が開始された。(Yanagihara 1972)。世界的にも1分値のデジタルデータは1970年前後より新しいものしか存在しない。それ以前の記録は、吊磁力計による印画紙記録から手作業で読み取った、毎時値が最も時間分解能の高いデータとなっている。吊磁力計とは、水晶糸等で小さい磁石を吊り、磁石が自然の地磁気変化によって微かに揺れ動くのを、磁石に取り付けた鏡に光を当てて、反射光を印画紙上に記録するものである。

一方、柿岡の地磁気印画紙記録は1924年-1995年の約70年分が保管されている。この印画紙記録を画像ファイルに取り込み、デジタルデータに変換することができれば、過去の地磁気データの時間分解能を飛躍的に高めることができる。

地磁気観測所では、印画紙記録を効率的に数値化する手法を開発し、平成24年度から科研費「1920年代にまで遡る高時間分解能地磁気デジタルデータベース」によって、印画紙記録のデジタル化とデータベースの作成を進めている。なお、デジタル化の手順、精度等についての詳細はMashiko et. al. (in press)を参照されたい。

3-2 絶対観測の自動化

絶対観測は、地磁気の向きを測定する角度測定器と、地磁気の大さを測定する磁力計を組み合わせで行う。このうち、角度測定器の操作は、地磁気観測技術を有する職員がすべて手動で行う必要がある。この絶対観測が自動化できれば、職員が常駐していない観測点において定常的な観測が可能になるほか、既存の観測所において絶対観測の頻度を上げたり、人工的なノイズの影響を受けにくい夜間に観測したりできる。一方、絶対観測の自動

¹ <http://www.kakioka-jma.go.jp/metadata>

² このデータダウンロードは研究者向けのサービスとして位置付けられています。商業的な利用はご遠慮ください。データを利用した成果を公表する場合には、地磁気観測所のデータを利用したことを謝辞等に明記してください。

³ Inter-university Upper atmosphere Global Observation NETwork .
<http://www.iugonet.org/>

化は長年強く求められているが、実現していない。これは角度測定器の稼動に必要なモーターと方向を読み取る装置を非磁性化することが困難であったためである。最近、超音波モーターとロータリーエンコーダーを用いることによって技術的な困難は克服されつつある(e.g. Auster et. al., 2007)。地磁気観測所は国立極地研究所および東京大学地震研究所と共同で国内における測器の開発に参画し、2015年以降の地磁気絶対観測自動化の実現をめざしている。

参考文献

- Auster H. U. , M. Manda, A. Hemshorn, E. Pulz, and M. Korte, Automation of absolute measurement of the geomagnetic field, *Earth Planets Space*, 59, 1007-1014, 2007.
- Mashiko N., T. Yamamoto, M. Akutagawa, and Y. Minamoto, Digitization of Bromide Paper Records to Extract One-minute Geomagnetic Data, *Data Science Journal*, (in press).
(<http://isds.nict.go.jp/wds-kyoto-2011.org/pdf/PS708.pdf> から閲覧できる。)
- Minamoto Y., Y. Ikoma, K. Morinaga, and J. Shimizu., An advanced System for Monitoring Geomagnetic Environments by the Japan Meteorological Agency, *Data Science Journal*, 10, IAGA52-IAGA57, 2011.
- Yanagihara, K., Kawamura, M., Sano, Y., and Kuboki, T., New standard magnetic observation system of Kakioka (KASMMER). *Memoirs of Kakioka Magnetic Observatory*, Supplementary 4, 217-281, 1972