

鹿屋の絶対観測室内の磁気異常とその経年的安定性について

山崎 明¹・重野伸昭²・山本輝明³・熊谷佳子⁴・伊藤信和⁵

1: 気象研究所 2: 札幌管区気象台 3: 女満別地磁気観測所
4: 元鹿屋地磁気観測所 5: 気象庁地球環境・海洋部

Magnetic anomaly and its long-term stability inside the absolute observation house
of the Kanoya Magnetic Observatory

Akira Yamazaki¹, Nobuaki Shigeno², Teruaki Yamamoto³, Yoshiko Kumagai⁴, Nobukazu Ito⁵

1: Meteorological Research Institute, JMA
2: Sapporo District Meteorological Observatory, JMA
3: Memanbetsu Magnetic Observatory, JMA
4: former Kanoya Magnetic Observatory, JMA
5: Global Environment and Marine Department, JMA

Abstract

A newly designed absolute observation house of the Kanoya Magnetic Observatory was built in 1995. Two months after the completion of the house, in June 1995, we conducted a magnetic survey inside the room by a proton magnetometer. As a result, we found relatively large magnetic anomaly, of which amplitude is about 20 nT at height of 2.5m from the ground level, spread out entirely over the room. Since there was not such magnetic anomaly before the construction, the anomaly has been caused by the dug ground for setting up the three stable pillars.

Nine years after the first survey, in August 2004, we made the second survey to check the status of magnetic field in the room. As a result, the anomaly was almost the same as the first survey. In detail, however, some slight differences, which are less than 1 nT, are detected. To check the differences, we conducted the third survey in March 2005. In this paper, we discuss the stability of the magnetic anomaly inside the absolute observation house.

1. はじめに

地磁気観測の精度を維持するためには、測定器の精度の維持向上だけでなく、観測環境も良好に保たなければならない。観測環境としてしばしば問題となるのが直流電車や車両などの人工起源のノイズがあるが、これ以外にも観測点周囲の地形変化や土壌磁化の変化に起因するノイズがある。土壌磁化変化の典型例として落雷に伴う異常変化が指摘されている（歌田・小山（1982）、山崎・他（2003））。また、気温の季節変化によっても土壌磁化はわずかではあるが消磁

または帯磁を起こすので、これに伴う磁場の年周変化が生じることが報告されている (Utada et al., 2000)。その他にも、例えば磁性鉱物の変質作用や不安定な等温残留磁化 (IRM) や粘性残留磁化 (VRM) の経年的な変化に伴う磁場変化がありうるように思われるが、これらについてはあまり調べられていないようである。筆者がこれまで地磁気観測業務に携わってきたなかで、地磁気観測所構内で原因のよくわからない数 nT 程度の全磁力地点差の変動を経験したことが何度かある。同様の地点差の変動は八ヶ岳地球電磁気観測所からも報告されており (Ogawa and Koyama, 2007)、あまり知られてはいないが地磁気観測の現場では案外よくおこっている事象なのではないかと思われる。こうした原因のよくわからない地点差の変動は不安定な土壤磁化の変化によってたらされている可能性も考えられる。

地磁気永年変化を精密に観測する地磁気絶対観測室でこうした異常な地点差変動が起こると永年変化観測に多大な支障を及ぼすことになる。これを避けるため、磁気儀を置く絶対観測点は高床方式によりなるべく地面から遠ざけるように設計され、また磁気分布ができるだけ平坦な場所を選んで観測室を建設するようにしている。しかし、安定した器械台を設置するためには地面をある程度深く掘る必要があり、掘削に伴う磁気異常が生じてしまう。この掘削による磁気異常が経年的に不変であることを前提として地磁気の絶対観測が行われているが、埋め戻した土壤の残留磁化が長年にわたり全く変化しないのかどうかについては実はあまりよくわかっていない。今回、地磁気観測所鹿屋出張所の絶対観測室内の磁気分布調査を通し、この問題について考察した。



Fig. 1 (a) The absolute observation house of the Kanoya Magnetic Observatory
(b) Inside of the absolute observation house. The center pillar is using for absolute measurement, and the both sides pillar are using as total force measurement.

2. 鹿屋の絶対観測室の磁気分布

鹿屋の絶対観測室は1995年に新しく建造された。建物本体は木造で屋根は銅板造りである。室内の中央部に設置された3台の器械台は非磁性の花崗岩でできている。Fig. 1に鹿屋絶対観測室の外観および内部の様子を示した。

完成から2ヵ月後の1995年6月にプロトン磁力計で絶対観測室内の全磁力分布を測定した。測定は1mの格子点間隔で行い、測定高は床面から1.5m(地表高2.5m)と2.2m(地表高3.2m)の二面で行った(Fig. 2)。ここで、全磁力の基準点は絶対観測室から北西方向に110m離れた場所にある全磁力連続観測点(MO-PE80(A))である。測定結果、室内全体に広がる比較的大きな磁気異常が存在することがわかった。室内の全磁力は北側に向かって増加しており、室内の中央部で勾配が最も大きい分布となっている。室内の北端と南端(距離約5m)の全磁力差は測定高1.5mの場合およそ20nTである。絶対観測室の建設前の全磁力分布は非常に平坦で、0.5nT/m程度(地表高2.5m)で北に向かってゆるやかに増加する分布であったことがわかっており(大川・他, 1996)、よって測定された室内の磁気異常のほとんどは絶対観測室の建設によって発生したことになる。

この絶対観測室の建設に際し3台の器械台を設置するため南北2m、東西10m、深さ2mの土壌掘削を行った(Fig. 3)。器械台を設置したあとは残土を埋め戻してある。室内の磁気異常はこの掘削した土壌の残留磁化が消失したことによって生じたものと考え、掘削した形状から生じる磁気異常の計算をおこなってみた。計算にあたり、消失した残留磁化の方向は現在の地球磁場の方向と同じであると、残留磁化の大きさは観測値にもっとも良く合うように求めた値(0.23A/m)を用いた。その結果室内の磁気異常をよく説明できることがわかり、土壌掘削によって生じたことがはっきりした(山崎, 1997)。Fig. 4に床面高1.5mに生じる全磁力分布の計算結果を示す。

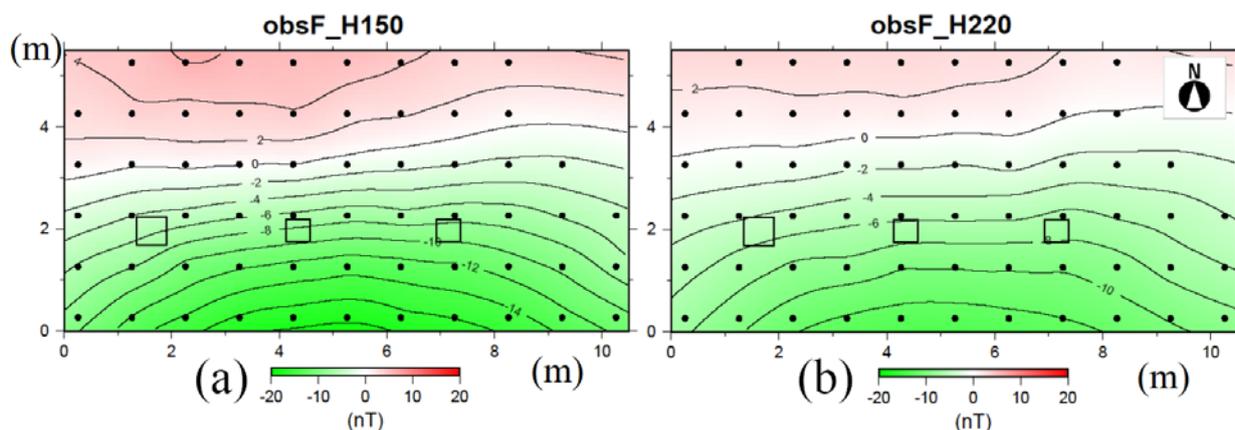


Fig. 2 Distribution of total force inside the absolute observation house. The base station of total force is the Kanoya's continuous total force observation point (MO-PE80(A)). The black points indicate the survey points by proton magnetometer, and the three square marks indicate the pillars. The contour interval is 2 nT.
(a) Sensor height is 1.5m from the floor level (2.5m from the ground level)
(b) Sensor height is 2.2m (3.2m)

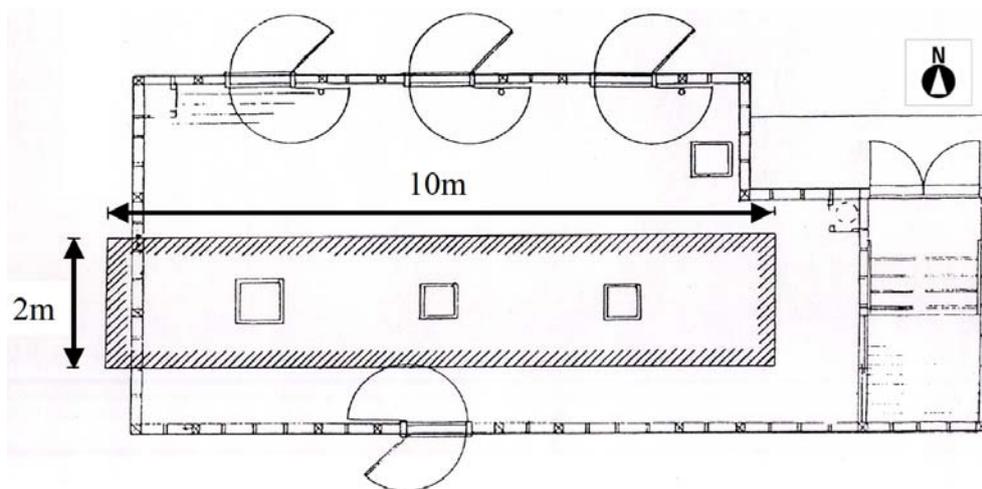


Fig. 3 The range enclosed with slash is the dug soil area. The depth of the dug ground is 2.0 m.

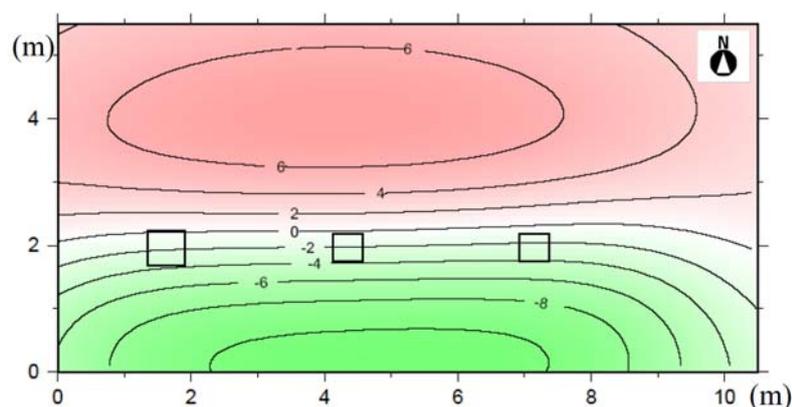


Fig. 4 Computed total force at height of 1.5m from the floor level in case of demagnetization of the dug soil shown in the Fig.3. In this computation, we assumed the intensity of the soil magnetization is 0.23 A/m, and the direction is the same as present geomagnetic field. The contour interval is 2 nT.

3. 磁気異常の経年的安定性

絶対観測室内に土壌掘削によって生じた磁気異常が存在することはわかったが、この磁気異常が経年的に安定していれば、絶対観測への支障は生じない。懸念されるのは、埋め戻して磁化の方向がランダムになり全体として消磁した土壌の残留磁化が経年的に安定であるかという点である。すなわち埋め戻した土壌が粘性残留磁化の獲得により経年的に磁場方向に磁化されることがないかということである。その場合、室内の磁気異常は徐々に小さくなり、地磁気永年変化の正しい観測ができなくなってしまうことになる。

そこで、室内の磁気異常に変化がないか調べるため、9年後の2004年8月に再測量を実施した。その結果、磁気異常の分布はほぼ同じであり、埋め戻した土壌の残留磁化は安定していることが確認できた。Fig.5 に第一回と第二回の測量結果の全磁力差（(第二回) - (第一回)）

を示す。測点高 1.5m の図で、室内の東端部と北東部に目立つ変化があるが、これは近くの磁性をもった観測装置の影響で生じたものである。測点高 1.5m では全体的に室内の南側で全磁力が増加、北側でやや減少する傾向が認められるが、測点高 2.2m では不明瞭である。

このように第二回目の測量で室内に全磁力分布の微妙な変動が認められたことから、再度確認する目的で 2005 年 3 月に第三回目の測量を行った (Fig. 6)。その結果、測点高 1.5m の測量では観測装置の影響で生じている東端部と北東部にある異常を除けばむしろ第一回の測量結果に近づいており、第二回測量 (Fig. 5) にみられたような室内の南側で増加、北側で減少するような変化のパターンは認められなかった。一方、測点高 2.2m では第二回と第三回測量の全磁力差の分布がよく似ていることがわかった。

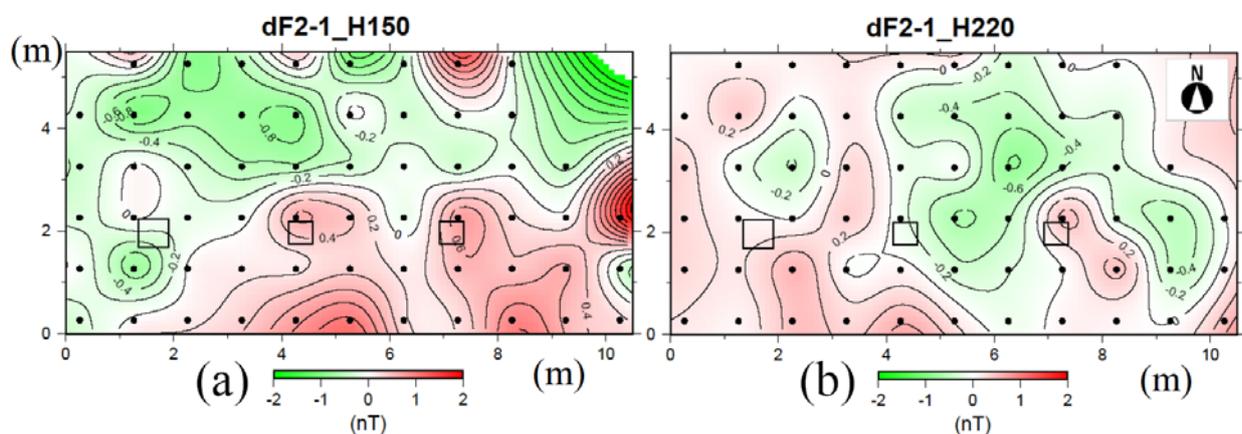


Fig. 5 Time change of the total force from the first survey (1995. 6) to the second (2004. 8). The contour interval is 0.2 nT. (a) and (b) is 1.5m and 2.2m of sensor height from the floor level, respectively.

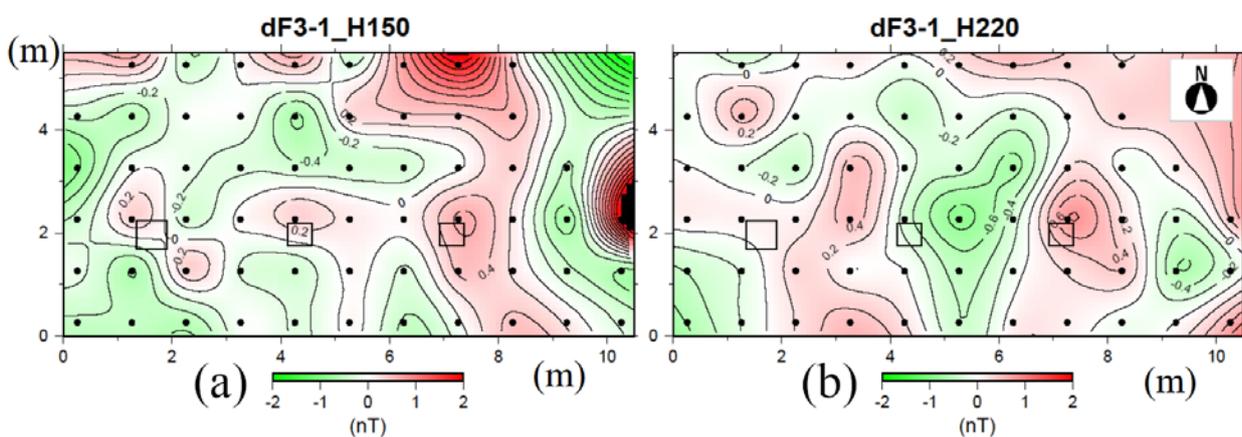


Fig. 6 Time change of the total force from the first survey (1995. 6) to the third (2005. 3). The others are the same as those in Fig. 5.

4. まとめと考察

鹿屋の絶対観測室内の磁気異常とその経年変化について調べた結果を述べた。最も懸念されたのは土壌掘削によって生じた磁気異常が経年的に安定であるかどうかであったが、十年程度の時間間隔ではほぼ安定していることが確認できた。これは掘削と埋め戻しにより消磁された土壌磁化が経年的に安定であることを意味し、絶対観測室を設計する上でこの種の磁気異常が生じることはあまり問題にならないと言える。

しかし概ね 1nT 以下の変動量であるが、絶対観測室内の磁気分布が微妙に変化していることもわかった。特に第二回測量では測点高 1.5m で室内の南側で増加、北側で減少する変化を示した。これは室内の磁気異常が小さくなる方向への変化である。しかし第三回測量では第二回測量と同じ結果にはならず、むしろ第一回の測量結果に近づいた。一方、測点高 2.2m では第二回と第三回の測量結果はほぼ同じであった。

Utada et al. (2000) は火山での磁場観測などでしばしばみられる年周変化を調べ、その原因として土壌磁化の温度による変化を指摘した。第二回測量は夏季の 8 月に行われたので、観測室周囲の土壌磁化がわずかではあるが熱消磁をしていたと考え、室内の磁気異常が小さくなる方向への変化は説明できるようなにも思われる。測点高 2.2m でこの変化が不明瞭なのは、地表面のごく浅い部分のみの磁化が変化しているということの説明できるかもしれない。

いずれにせよ、今回の調査では磁気異常の時間変化を論ずるにはデータが十分ではなく、結論的な言及はできない。しかし、絶対観測室内の磁場の安定性は地磁気絶対観測を行っていく上で非常に重要な問題であるので、今後もっと詳細な調査を実施し時間変化とその原因についてよく調べておく必要があると思われる。

参考文献

- Ogawa, T., and S. Koyama, Temporal changes of the geomagnetic total intensity on the pillar of the theodolite with a magnetic sensor and the magnetic anomaly in the absolute measurement house of Yatsugatake geoelectromagnetic observatory from 2006 to 2007, Conductivity Anomaly 研究会 2007 年論文集, 201-208, 2007.
- 大川隆志・山崎 明・室松富二男・田中智巳・池亀孝光・横山恵美・熊谷佳子, 鹿屋の地磁気絶対観測室および観測装置の更新に関わる調査, 地磁気観測所技術報告, 第 36 巻 1, 2 号, 47-56, 1996.
- 歌田久司・小山茂, 落雷に伴う八ヶ岳地磁気観測所の全磁力変化(1981 年 7 月), CA 研究会論文集, 181-186, 1982.
- Utada, H., M. Neki, and T. Kagiya, A study of annual variations in the geomagnetic total intensity with special attention to detecting volcanomagnetic signals, Earth Planets Space, 52, 91-103, 2000.
- 山崎 明, 鹿屋の絶対観測室の磁気分布について, 地磁気観測所技術報告, 第 36 巻 3, 4 号, 14-21, 1997.
- 山崎 明・白土正明・大和田毅・徳本哲男・源泰拓, 落雷に伴う磁場の異常変化に関する調査——草津白根山での観測例——, Conductivity Anomaly 研究会 2003 年論文集, 91-97, 2003.