

## 八ヶ岳地球電磁気観測所絶対観測室の磁気異常の時間変化

Temporal change of the magnetic anomaly in the absolute measurement room  
in Yatsugatake Geoelectromagnetic Observatory

小河勉、小山茂、辻浩（東大地震研究所）

Tsutomu OGAWA, Shigeru KOYAMA and Hiroshi TSUJI (ERI, the Univ. Tokyo)

### Abstract

At Yatsugatake Geoelectromagnetic Observatory, the magnetic anomaly and its temporal change are found in the absolute measurement room. From 2006 to 2012, the temporal change of the magnetic anomaly on the pillar, of which the seasonal variation is neglected, amounts to 10nT, which is in agreement with the temporal change of the spatial distribution of the magnetic anomaly. It is shown that the amount of the temporal change exceeds the amount of the apparent change due to the instrumental drifts of the magnetometers for the measurements which is estimated as about 2nT or less. Comparing the temporal change of the magnetic anomaly with the temperature change in the soil, the seasonal change of the magnetic anomaly is not evident. Since the temporal change of the magnetic anomaly with periods shorter than 1 year is dominant, the origin is under investigation.

### はじめに

東京大学地震研究所八ヶ岳地球電磁気観測所の絶対観測室内には、全磁力分布の異常が存在し、かつその異常の時間変化にともなって磁気儀台上の全磁力が時間変化する（Ogawa and Koyama, 2007）。よって、観測所で得られる連続観測磁場三成分データの絶対観測による補正に用いる基線値の算定の際には、磁気儀台上と連続観測全磁力との全磁力の差が時間によらない定数とはみなせず、絶対観測の都度、全磁力差を測定し基線値算定に代入する必要がある。

全磁力差のこの時間変化の原因となっていると考えられる、絶対観測室内の全磁力分布異常の時間変化について毎月、室内を3次的に、水平48点、鉛直5高度の合計240点の繰り返し全磁力測定を2007年度から6年間継続して行った。特に2008年に開始した地温連続測定により、全磁力差変化と地温の年周変化との関連の検討が新たに可能となった。以下、絶対観測室内の全磁力空間分布の時間変化、その時間変化の空間分布及び地温変化との関連について報告する。

### 測定の概要

絶対観測室内での全磁力測定は、磁気儀台を中心に、水平には南北・東西に40cm間隔で7点×7点から磁気儀台の位置を除く48点、また鉛直には床面から高さ4cmから187cmまでの計5点、計240点で実施している。各測定点の全磁力はオーバーハウザー磁力計GSM-19(Gem Systems製)で測定時刻の瞬時値を測定値としている。測定全磁力から日変化等、絶対観測室内・近傍に起源を持たない成分の除去のため、観測所の全磁力連続観測点C点の全磁力値を参照し、各測定点における全磁力値とこれとの差を求める。

絶対観測室内の気温及び絶対観測室外北側地温を、それぞれTR-73U及びTR-71Ui（いずれもT and D製）を用いて10分間隔で計測している。地温は地表からの深度0.5m及び1mに温度センサーを埋設して測定を行っている。

### 絶対観測室内の全磁力差の空間分布：2007年1月から2012年12月までの冬季の分布

Figure 1に2007年1月から2012年12月までの、冬季に行った絶対観測室内の全磁力差の空間分布の測定結果を示す。Ogawa and Koyama,(2007)に指摘された、絶対観測室内の全磁力差の空間分布の季節変化は、冬季の分布のみの抽出した表示により、含まれないものである。

絶対観測室内の本測定開始時（2006年度）の全磁力差分布は、次の3点によって特徴付けられた（Ogawa and Koyama, 2007）。

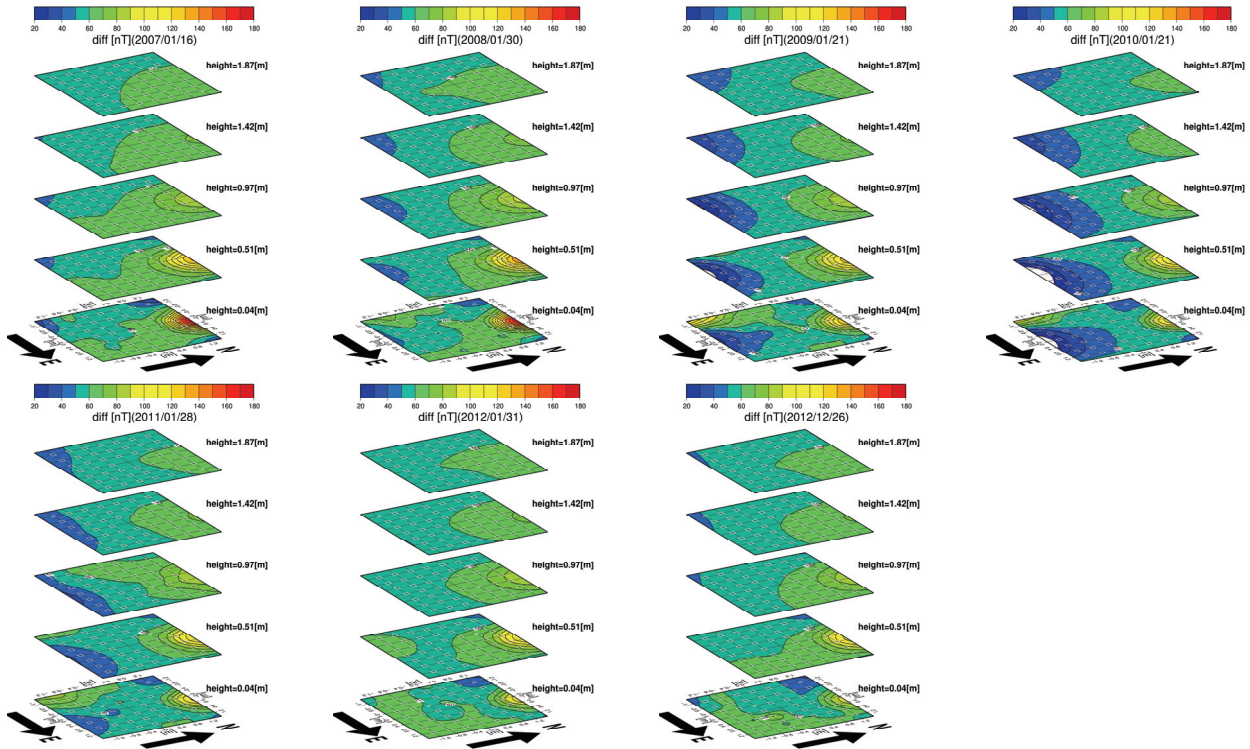


Figure 1. Distribution of the total geomagnetic intensity (reference : continuous measurement at the point C outside the absolute measurement room) in Jan. 2007, Jan. 2008, Jan. 2009, Jan. 2010 (on the top from left to right), Jan. 2011, Jan. 2012 and Dec. 2012 (on the bottom, from left to right) in the absolute measurement room. The values on the position of the pillar (the origin of the horizontal coordinate) are estimated by interpolation of the values at the surrounding positions.

1. 天測用窓（室内北側）の直下に正の著しい極大が存在する。
2. 磁気儀台の足下真南の直近に小さな負の極大が存在する。
3. 高度が大きくなるにつれ水平・鉛直全磁力勾配が小さくなる。

一方、絶対観測室内の本測定のもっとも新しい測定（2012年12月）による全磁力差分布は、本測定開始時と比較した相違として、次の2点によって特徴付けられる。

1. 天測用窓の直下の正の著しい極大の強度が低下した。
2. 室内全体で、全磁力が減少した後、2011年から増加傾向に転じた。

本測定結果には、数年をかけて時間変化する傾向が含まれており、地中の年周温度変化による磁化分布変化に起因する全磁力変化 (Utada et al., 2000) 以外の原因が想定される。なお毎月の測定により、季節変化を含む全磁力差の数ヶ月規模の時間変化の大きさが室内南西側かつ低高度ほど大きい傾向 (小河・小山, 2009) が引き続き見られた。室内南西側、床面上の全磁力差の時間変化量は 20nT 程度に達する一方、室内床面から高さ 2m 程度においては変化量は 10nT に満たない。

### 磁気儀台上及び周辺の全磁力値の時間変化

観測所では毎月約2週間、オーバーハウザー磁力計を磁気儀台上に固定設置し、全磁力を3秒サンプリングで測定し、測定値とC点における全磁力毎秒値との全磁力差の24時間以上の平均値を当該日の磁気儀台上の全磁力差として得ている。これらと、全磁力の空間分布の測定結果から磁気儀台の東西南北各40cm、高さ約1mの位置における毎月の測定値を抽出したものととの時間変化を Fig. 2 に示す。全磁力差の算出方法が異なるにもかかわらず、磁気儀台上の全磁力差の時間変化は他点の全磁力差の時間変化と調和した変化を示している。磁気儀台上における、本測定期間の全磁力差の時間変化量は 10nT 程度に及ぶ。磁気儀台上の全磁力差は 2012 年前半までは各回の測定値同士の間には 3nT 程度に及ぶ大きなばらつきがあるが、2012 年後半にはこのような変化が消失した。この間にオーバーハウザー磁力計の内蔵・外付けバッテリーを更新したため、2012 年前

半までのばらつきは磁気儀台上のオーバーハウザー磁力計に原因がある可能性がある。2012年は4月から12月までに磁気儀台上の全磁力差は4nT程度、系統的に増加している。

なお、Fig. 2には磁気儀台上及び周辺における全磁力の変化に顕著な年周変化は見出せない。この点は後で改めて議論する。

### 磁力計の経年変化の影響の考察

数年に及ぶ長期間にわたり、絶対観測室内での繰り返し測定に用いるGSM-19及び参照用として屋外で稼動するオーバーハウザー磁力計が、それぞれの経年変化によって見かけ上の全磁力差の時間変化を生成している可能性がある。その検討のために、以下の作業を行った。

室内で地中の磁化起源の全磁力が最も弱いと考えられる、室内の床面から最も高い2点の、参照点との全磁力差に着目する。この全磁力差同士の差を取れば、地中の磁化の時間変化起源の磁場変化が最も少ない条件のもとで、GSM-19及び参照用の双方の磁力計の経年変化の影響が相殺された2点間の全磁力差が得られる。よってこの時間変化には双方の磁力計の経年変化の影響は含まれていないとみなすことができる。これを2点それぞれにおける参照点基準の全磁力差の時間変化と比較する。こちらの値には、双方の磁力計に経年変化がある場合にはこれが重畳している。この比較により磁力計の経年変化の影響を見積もる。ただしこの全磁力差には、上記2点で全磁力を測定した日時の相違に起因する全磁力差の時間変化、真の地中磁化起源の全磁力差の時間変化は混入している。

絶対観測室内の全磁力差の空間分布の測定の際の領域の最上端、北西端と北東端における毎月の測定値の、参照点基準の全磁力差同士の差、及び両点の参照点基準の全磁力差の時間変化をFig. 3に示す。磁力計の経年変化の影響が相殺されたとみなせる、両点の参照点基準の全磁力差同士の差は6年間でピーク間3nT程度、系統的变化量は2nT程度で得られる一方、参照点基準の両点の全磁力差時間変化はピーク間5nT程度、系統的变化量は3nT程度である。よって磁力計の経年変化に起因する見かけ上の全磁

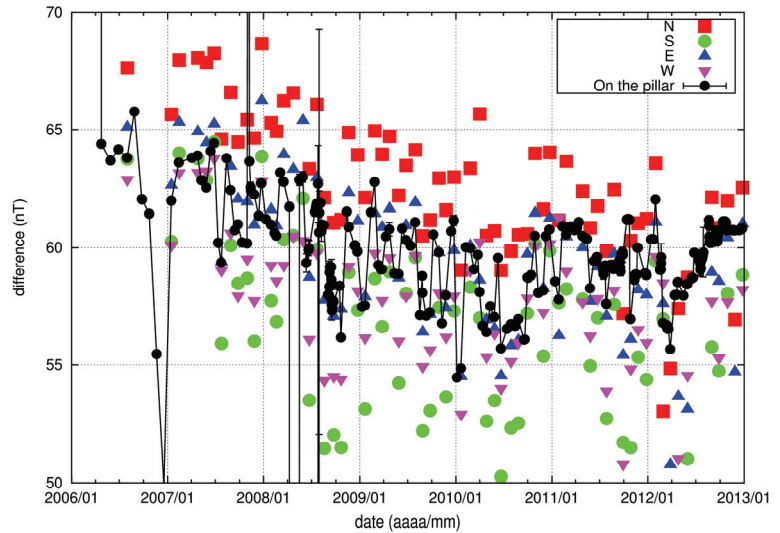


Figure 2. Temporal change of the total geomagnetic intensity (reference : concinuous measurement at the point C outside the absolute measurement room) on the pillar (black, error bars indicate a standard deviation), to the north (red), south (green), east (blue) and west (purple) by 40cm, 1m above the floor.

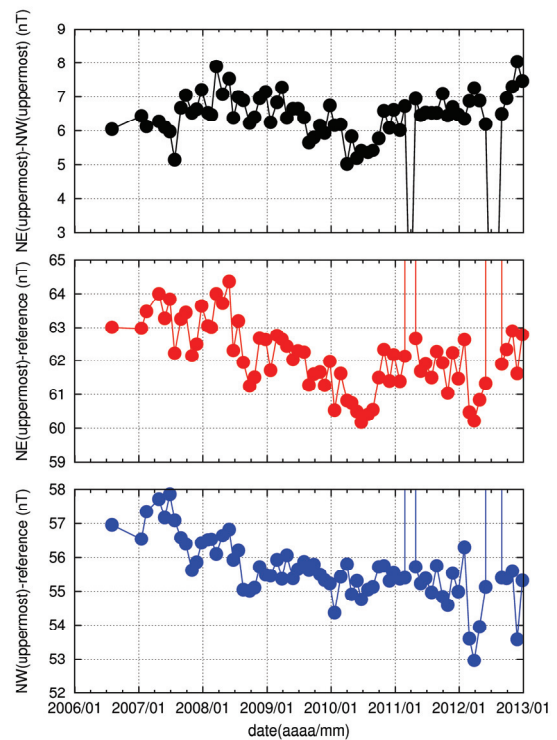


Figure 3. (upper) Temporal change of the difference between the total geomagnetic intensity differences at the uppermost and northeasternmost point and that at the uppermost and northwesternmost point. (middle) Temporal change of the geomagnetic total intensity difference at the uppermost and northeasternmost point. (lower) Temporal change of the geomagnetic total intensity difference at the uppermost and northwesternmost point.

力差時間変化の大きさはたかだか 2nT 程度と見積もることができる。この変化量は Fig. 2 に示す磁気儀台上付近の 10nT に及ぶ変化と比較して小さく、磁気儀台上付近の全磁力差変化は、磁力計の経年変化に起源をもつ見かけ上の変化のみではなく、有意な変化を含んでいるとみなすことができる。

### 磁気儀台上及び周辺の全磁力値の時間変化と気温・地温変化との比較

絶対観測室内の気温及び絶対観測室外北側における地温の連続測定結果と、磁気儀台上と参照点との間の全磁力差の時間変化を比較する (Fig. 4) と、全磁力差の時間変化には気温・地温の年周変化に対応する時間変化は顕著には見えず、より短い時間間隔の変化がより顕著である。

この傾向は磁気儀台上だけでなく、時間変化の振幅がより大きい床上各点の参照点との全磁力差においても顕著である。また Fig. 3 にも示される通り、床面から最も高い地点においても全磁力差の顕著な年周変化は見られない。

小河・小山 (2009) は一年に満たない期間のデータから、絶対観測室内で参照点基準の全磁力差に年周変化が見られるとし、年周変化の原因となる年周変化する磁化の深度を、気温・地温記録及び全磁力差の位相差から推察したが、この推論は修正する必要がある。その上で改めて、室内の全磁力差の時間変化の原因の推定を要する。

### まとめ

6年間の八ヶ岳地球電磁気観測所における絶対観測室内の全磁力差の時間変化の調査及び室温・地温の測定から、磁場三成分データへの基線値の取り付けの際に必要な、磁気儀台上の全磁力の時間変化が、気温・地温の年周変化とは異なる原因で顕著に変化することがわかった。このため、この全磁力差の時間変化は定期的な繰り返しの実測によって捕捉することで、基線値を 1nT の精度で適切に算出できると判断される。

### 参考文献

- Ogawa, T. and Koyama, S., 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.
- 小河勉, 小山茂, 八ヶ岳地球電磁気観測所絶対観測室内の磁気異常の時間変化, Conductivity Anomaly 研究会 2009 年論文集, 74-77, 2009.
- 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 and Space, 52, 91-103, 2000.

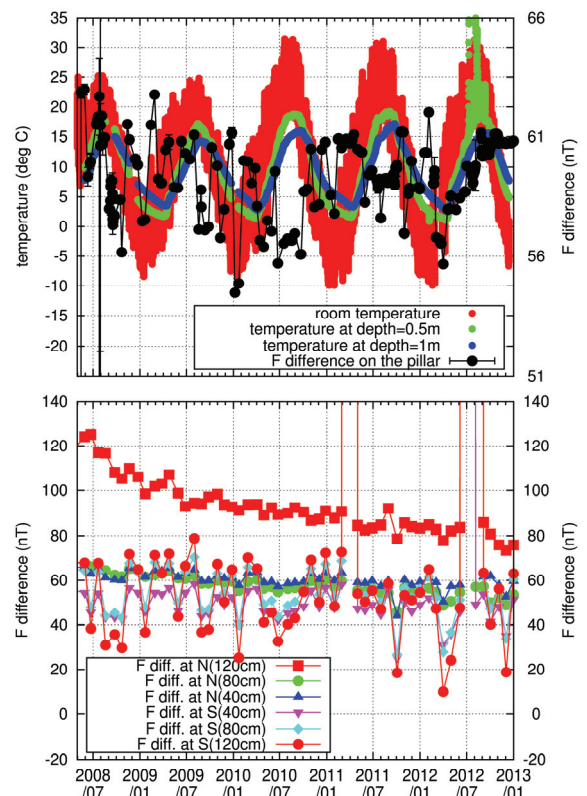


Figure 4. (upper) Temporal changes of the geomagnetic total intensity difference on the pillar (black), room temperature of the absolute measurement room (red), ground temperature at 0.5m (green) and 1m (blue) depths, respectively. (lower) Temporal changes of the geomagnetic total intensity difference on the floor of the absolute measurement room at 120cm, 80cm and 40cm to the north and south of the pillar.