

全磁力観測における年周変動調査

西村三治・有田 真・森山多加志・橋本雅彦・菅原政志（女満別出張所），

石田憲久（鹿屋出張所）・長谷川浩（国土地理院）

2010年3月3日受付，2010年3月8日改訂，2010年3月16日受理

要 旨

女満別出張所の全磁力連続観測点（79F）にみられる全磁力の年周変動の原因を探るため，外気温及び79F付近の地中温度（深度0.1m, 0.5m, 1m）の測定を行い全磁力値の変動との関連を調査した．その結果，年周変動は地表付近の地中温度と相関が高いことが判明した．また，79Fを含めた構内磁場測量を行った．結果から79F周辺は南北方向と比較して東西方向の磁場傾度が極端に大きかった（10nT/m）．これらのことから79Fの年周変動は，温度変化に伴い局所的に周辺の磁場が変動したためと考えられる．

1. はじめに

地磁気観測所女満別出張所（以下，女満別と表記）では，3台のプロトン磁力計（MO-PE-79F（79F），MO-PE-79H（79H），MO-P75TF（TF））を構内に配置し観測を行なっている（図1）．このうち79Fを全磁力連続観測点としている．女満別構内

での全磁力観測において観測地点の違いによる年周変動があることは，過去の観測及び調査から確認されている（長谷川他，2005）．3台のプロトン磁力計の全磁力差分プロットを図2に示す．79Fとの差分値（TF-79F，79H-79F）の年周変動が大きいことから，79Fに冬季と夏季で約1nT程度の年周変動があることが推測される．この原因を調査するために，79F周辺の外気温及び地中温度（深度0.1m, 0.5m, 1m）と全磁力値の変動，そして79F周辺を含む構内南側の150m×150mの範囲で磁場測量を行った．外気温及び地中温度の測定にはおんどりTR-52（T&D社製）を用いた．

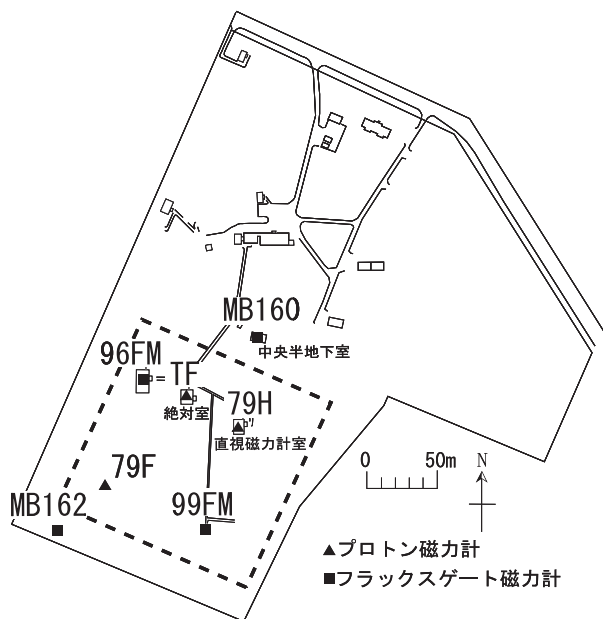


図1 女満別出張所構内プロトン磁力計及びフラックスゲート磁力計配置図
図中破線正方形は磁場測量の範囲

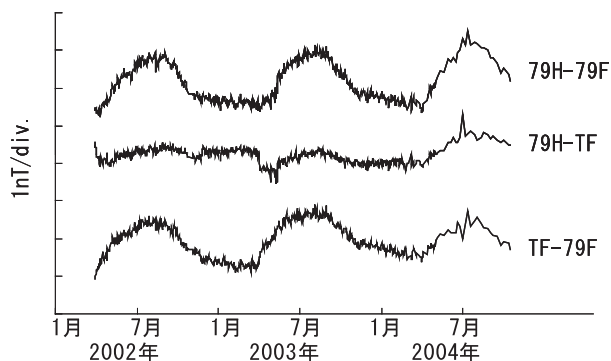


図2 全磁力差分プロット図（期間：2002年1月～2004年9月）

2. 全磁力値と温度の比較

79F の年周変動は中央半地下室（地下 2m）の温度と似た変化を示すことが過去の調査より確認されている。土壌の温度変化に伴う磁化の変化が主原因の一つと推測し、2004 年 6 月から 7 月にかけて、外気温と地中温度（深度 0.1m, 0.5m, 1m）を測定するために、79F の南側 5m に温度計を設置した。

図 3 は、2004 年 1 月～12 月の全磁力差分値と各温度（温度については、2004 年 8 月～12 月）の時系列プロット図である。図 3 から外気温と 0.1m 深では日変化等の短周期変動が見られ、外気温の日温度較差は 15℃ 程度、夏季と冬季の温度較差は 30℃ 程度である。0.1m 深については、日射の強い夏場には短周期の振幅が 5℃ 程度と大きく、秋から冬にかけて振幅が小さくなり、12 月上旬以降は積雪に伴い 0℃ 近くでほぼ一定となった。夏季と冬季の温度較差は 25℃ 程度であった。また、1m 深 0.5m 深では短周期変動は見られず外気温に対して位相の遅れが見られた。夏季と冬季の温度較差はそれぞれ 20℃, 10℃ 程度であった。全磁力値については、TF と 79F の格差は、0.2nT/日、1.0nT/年ほどの変化があることが分かった。

図 4, 5 は ΔF (TF - 79F, 79H - 79F) と外気温及び地中温度（深度 0.1m, 0.5m, 1m）の散布図である（期間：2004 年 8 月～12 月）。外気温と ΔF の相関は低温時（積雪期と一致）に悪くなる。地中温度と ΔF の相関は 0.5m, 0.1m 深で 1m 深より高い。また 0.5m, 1m 深はそれぞれ 18, 15℃ 前後で傾きが異なるが、0.1m 深の温度と ΔF の相関は、夏季から冬季にかけての全期間を通じて高い。これらにより 79F の年周変動は、深さ 0.1m から 0.5m 程度と

地下の比較的浅い層の温度変化の影響を受けていると推測される。

3. 磁場測量結果

2004 年 8 月の女満別構内南側の磁場測量結果を図 6, 7, 8 に示す。観測はセンサー地上高 2m 及び 3m で 150m×150m の範囲を 12.5m メッシュとし全 165 点で行った。また、観測には G856 プロトン磁力計を用いた。79F の周辺（図 6, 7, 8 内の赤円で示した領域）は南北方向と比較して東西方向に磁場傾度が極端に大きく 10nT/m 程であった。また、地上高 3m と 2m の磁場測量結果を比較した図 8 をみると、79F の北側に双極子型のアノマリーが確認できる（図 8 内の白楕円で示した領域）。これらのことから 79F 周辺の地下に砂鉄層など強磁性体の層が不均一に存在する可能性が示唆される。

4. まとめ

構内に配置した 3 台のプロトン磁力計の観測結果を比較すると 79F のみ約 1nT 程度の年周変動があることが分かった。79F 周辺の外気温及び地中温度（0.1m, 0.5m, 1m）を測定し ΔF (TF - 79F, 79H - 79F) と比較すると深度 0.1m, 0.5m の温度と相関が高いことが判明した。また、79F 周辺を 12.5m メッシュで磁場測量を行った結果、79F 周辺では南北方向と比較して東西方向の磁場傾度が 10nT/m 程と大きかった。これは地中の磁化特性の異なる層が不均一に分布していることを示唆している。橋本他 (2003) によると岩石は常温付近の 5℃ 程度の変化でも数%以上の磁化変化が生じる場合があり、ロングバレーカルデラ地域の地磁気全磁力差の年周変化

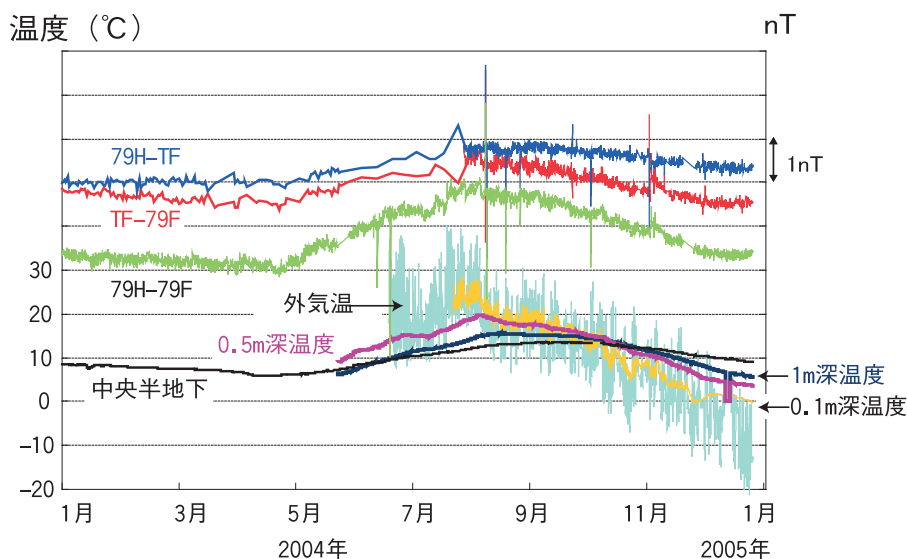


図 3 全磁力差分値と外気温及び地下 0.1, 0.5, 1m 深の温度時系列プロット図
(期間：2004 年 1 月～2004 年 12 月)

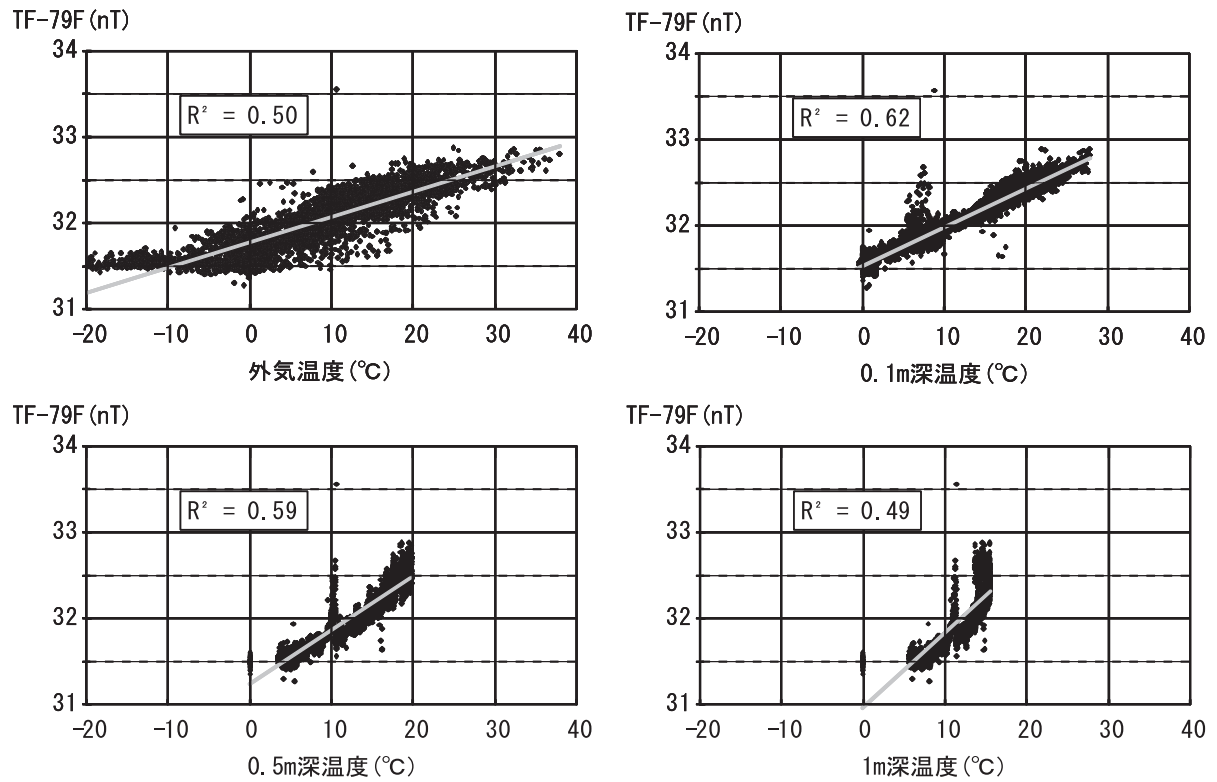


図4 TF-79F と外気温及び地中温度（深度0.1m, 0.5m, 1 m）の散布図
図中の R^2 は相関係数の 2 乗値, 白抜きの直線は一次近似直線を表す。

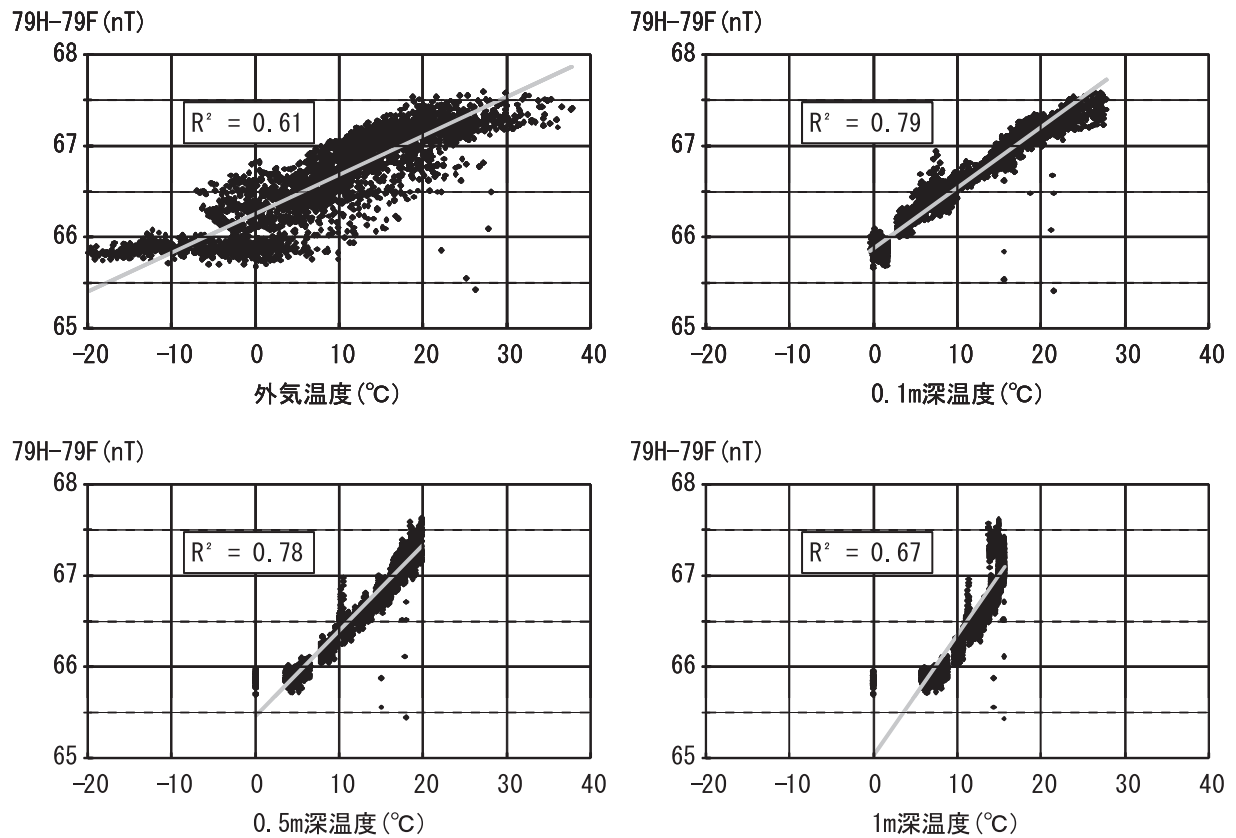


図5 79H-79F と外気温及び地中温度（深度0.1m, 0.5m, 1 m）の散布図
図中の R^2 は相関係数の 2 乗値, 白抜きの直線は一次近似直線を表す。

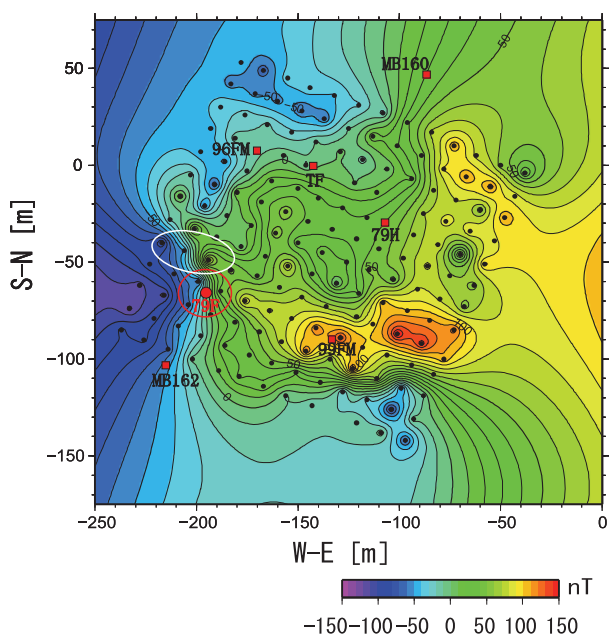


図6 水平磁場傾度分布 (センサー高2 m)
 測量領域は図1の正方形の領域 (150m×150mの12.5mメッシュ165点) 太線50nT, 細線10nT. 各々の測点での全磁力値と同時刻のTFとの差分をコンターマップで表している. 図中の96FM, 99FM, MB162, MB160は, 女満別出張所構内で計測しているフラックスゲート磁力計である.

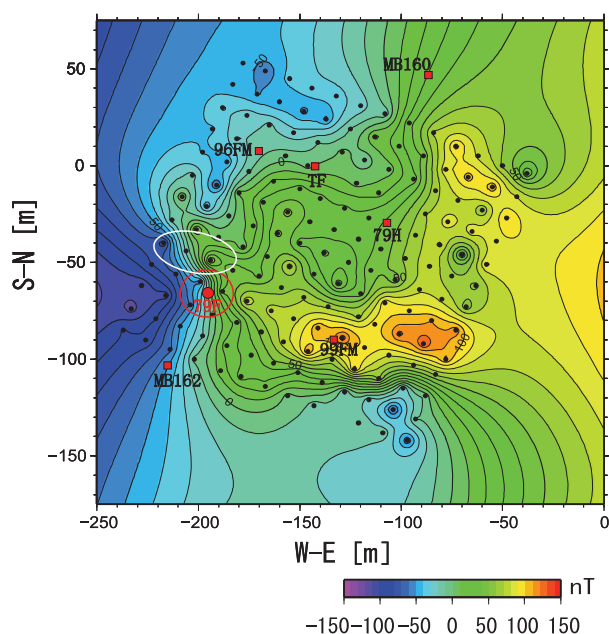


図7 水平磁場傾度分布 (センサー高3 m)
 測量領域は図1の正方形の領域 (150m×150mの12.5mメッシュ165点) 太線50nT, 細線10nT. 各々の測点での全磁力値と同時刻のTFとの差分をコンターマップで表している. 図中の96FM, 99FM, MB162, MB160は, 女満別出張所構内で計測しているフラックスゲート磁力計である.

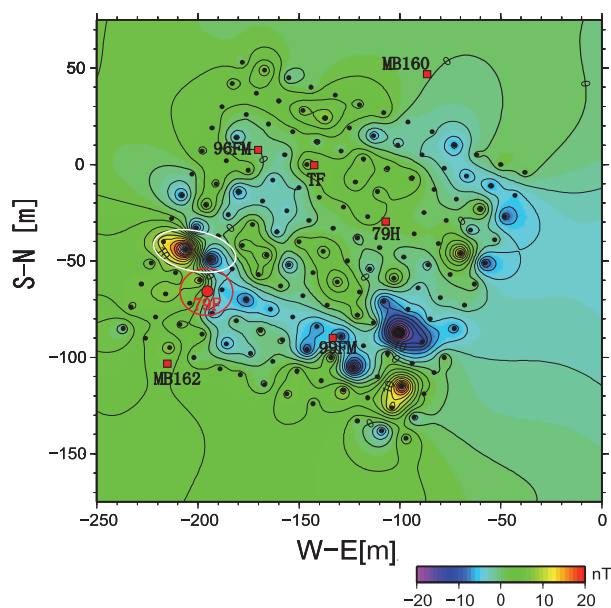


図8 垂直磁場傾度分布 (センサー高3 m-2 m)
 測量領域は図1の正方形の領域 (150m×150mの12.5mメッシュ165点) 太線10nT, 細線2nT. 各々の測点での全磁力値と同時刻のTFとの差分をコンターマップで表している. 図中の96FM, 99FM, MB162, MB160は, 女満別出張所構内で計測しているフラックスゲート磁力計である.

の原因は地下数 m までの地中温度変化に伴う磁化の変化が有力であると報告されている. 女満別の全磁力値は49600nT程度であり, 深度0.1mでの年温度較差は約25℃, 深度0.5mでは約15℃であった. これらのことから79Fの約1nTの年周変動は, センサー周辺の地下に磁化特性の異なる層が不均一に分布しており, その磁化の温度特性が大きいことにより, 地下の浅い部分の温度変化に伴い局所的に周辺の磁場が変化したためと考えられる. 同様の現象はUtada *et al.* (2000) が火山における全磁力の年周変動について指摘している. 今回の調査結果は, そのような現象が女満別構内にも存在することを意味している.

参考文献

- 長谷川浩, 石田憲久, 森山多加志, 橋本雅彦, 菅原政志, 室松富二夫, 全磁力観測における地点差変動調査, 平成16年度地磁気観測所調査研究成果報告, 2005.
- 橋本武志, 田中良和, M. J. S. Johnston, 宇津木充, 笹井洋一, 坂中伸也, ロングバレーカルデラ地域の地磁気全磁力差に見られる年周変化について, 京都大学防災研究所年報, 第46号B, 765-776, 2003.
- 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.

Survey of Annual Variations in Geomagnetic Total Intensity Observations

by

**Mitsuharu NISHIMURA¹, Shin ARITA¹, Takashi MORIYAMA¹,
Masahiko HASHIMOTO¹, Masashi SUGAWARA¹,
Norihisa ISHIDA² and Hiroshi HASEGAWA³**

¹Memambetsu Magnetic Observatory

²Kanoya Magnetic Observatory

³Geographical Survey Institute

Received 3 March 2010; received in revised form 8 March 2010; accepted 16 March 2010

Abstract

In order to identify the causes of annual variations in the total magnetic force observed at the Memambetsu Magnetic Observatory's continuous geomagnetic total intensity station (79F), underground temperatures (at depths of 0.1 m, 0.5 m, and 1 m) near 79F and outdoor temperatures were measured to clarify their relationship with variations in geomagnetic total intensity. The results of this survey revealed that annual variations have a high correlation with the underground temperature near the ground surface. A magnetic survey in an area of the branch including 79F was also conducted. The results indicated that the magnetic gradient in the east-west direction (10 nT/m) is considerably greater than that in the north-south direction near 79F. The authors therefore concluded that annual variations at 79F are caused by local variations in the magnetic field around the station as a result of temperature changes.