

地磁気時空間モデルの高精度化に関する研究 —繰り返し磁気観測データの化成について—

実施期間 平成 17 年度
測地部物理測地課 紀 小麗 白井 宏樹
鈴木 啓 何 金蘭

1. はじめに

国土地理院は、全国の一等磁気点や二等磁気点などでの観測結果を利用し、10年周期で日本地磁気モデルを構築し、磁気図を作成してきた。モデルを構築するためには、異なる時間で観測されたデータのある基準年に統一する必要がある。従来、国土地理院は単純差補正と二次式補正によって一等磁気点の化成を行ってきた。しかし、近年磁気点での改測回数は低下し、基準年化成値を推定するには、十分な改測回数を得られなくなりつつある。正確な化成値を求めるために、改測回数を大幅に増やすことが解決方法の一つであるが、人力や経費など条件の限界があるため困難である。現状の観測データから、より正確な化成値を求めるため、本稿では自然直交基底法を用いた新しい化成方法を提案し、その試算結果を報告する。

2. 研究内容

従来、磁気点での化成値 M^p は観測と同じ日の気象庁地磁気観測所（柿岡）の観測データ M^k を用いて行っている。具体的には、磁気点と柿岡は同じ大きさの外部擾乱があると仮定し、磁気点のデータ M^p は式 1 により外部磁場に起因する変化は近似的に除去され、基準年化成値を求めている。

$$M^p(t_0, t) = M^p(t) + M^k(t_0) - M^k(t) \dots \dots (1)$$

しかし、各観測点と柿岡の時間変化量が異なるため、同じ観測点の異なる観測時から推定した化成値は $1 \sim 2 \text{ nT/y}$ 程度のばらつきを生じる。そこで、式 2 の多項式展開によって、経年変化に起因する変化量を除去し、基準年化成値 $M^p(t_0, t_0)$ を求める。式 2 の基本関数 T_k は t^k ($k=2$) を利用したため、以下でこの補正は二次式補正と呼ぶ。

$$M = M_0 + a_1 \cdot T_1 + a_2 \cdot T_2 + a_3 \cdot T_3 \dots \dots (2)$$

一等磁気点の基準年化成値は上記の単純差補正と二次式補正により求められるが、その化成精度は観測点と参照点柿岡の距離によって大きく変化する。単純差補正の精度は総合的に $3 \sim 4 \text{ nT}$ である（白井他, 2002）が、二次式補正の場合、観測場所と改測間隔により、大きい誤差を生じる場合がある。本稿では釧路（KSR）のデータを例とし説明する。釧路は地磁気観測所女満別（MMB）の南約 100 km であり、1990 年以後では 1996 年に 1 回観測が行われている。図-1 (a) は単純差補正で推定された各観測時での $M^p(t_0, t)$ 及び二次式補正で求めた $M^p(t_0, t_0)$ を示している。1995 年以後、釧路における全磁力は時間的に減少する傾向を示したが、女満別で得られた時間変化傾向とは一致せず、二次式補正の精度はかなり低いことがわかった。

今回の研究では式 2 に t^k のような関数を用いるのではなく、日本地域に共通にみられる変化パターン T_k を基準関数として、化成を行う。また、 T_k の推定には自然直交基底法を用いる（紀他, 2004）。基本関数 T_k に実際の磁場変化の様相が先見的に含まれているため、各観測点の磁場時間変化をより正確

に表現することが可能となる．なお，一等磁気点の 2000 年化成値の推定は 1) 一等磁気点データを単純差法で観測正年 (xxxx.5) の値に化成する． 2) 女満別(MMB)，水沢(MIZ)，柿岡(KAK)と鹿屋(KNY)の 1970 年から 2001 年までの年平均データを利用して，自然直交基底法で T_k を求める． 3) 一等磁気点の各観測正年値と T_k を利用して，重回帰で式 2 の係数を求め，2000 年化成値を推定する．以上の手順で行った．

3. 得られた成果

$k=3$ までの基本関数 T_k を用いて化成を行う．求めた釧路全磁力の重回帰係数を表 1 に示す．また，図 1 (b) は重回帰係数を用いて合成した $M^p(t_0, t)$ を示した．推定した 1995 年以後での全磁力の時間変動は，近くの女満別から得られた結果と一致している．

2000 年磁気図構築に使用した一等磁気点 22 点のデータをこの方法で化成を行った結果，最終観測が基準年 2000 年以後で行われる場合，従来の化成法と自然直交基底法で得られた結果の差は約 1 nT で，よい一致を示している．一方，最終観測が基準年以前に行われる場合，両方の推定値の差は数 10nT に及ぶことが分かった．

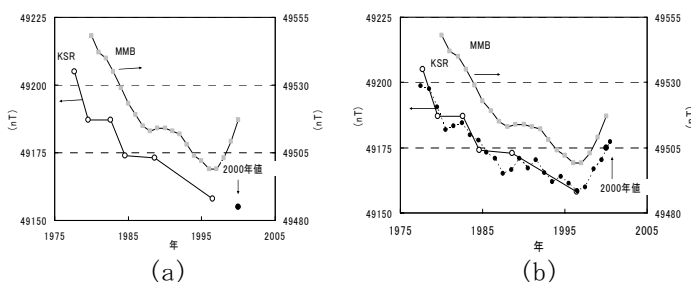


図 1 女満別と一等磁気点釧路での全磁力 2000 年化成値.

(a) 白丸と実線は釧路の各観測時での $M^p(t_0, t)$ で，黒丸は二次式補正で求めた $M^p(t_0, t_0)$ である．

(b) 白丸と実線は釧路の各観測時での $M^p(t_0, t)$ で，黒丸と点線は表 1 の係数で合成された $M^p(t_0, t)$ である．

4. 結論

磁気観測データの化成は磁気図や磁気モデルを作成する上で重要である．また作成された磁気図は利用した磁気点の数と化成方法によって，その精度が変化する．本稿は，より正確な基準年化成値を求めるために，自然直交基底法を用いて化成を行った．この方法は従来の化成法より精度が高いことが分かった．今後，このように求めた化成値を利用して，球キャップ調和解析法(Xiaoli Ji et al.)で日本標準磁場モデルを作成する予定である．

参考文献

- 白井宏樹，錦輝明，佐藤秀幸，宇津木充，仲井博之，森田美好，門脇俊弘，湯通堂亨 (2002) : 磁気図 2000.0 年値の作成，国土地理院時報，99, 1-8.
- 紀小麗，白井宏樹，渡辺政幸，何金蘭，中川弘之 (2004) : 連続観測データによる日本周辺域の地磁気モデルの構築，国土地理院時報，103, 89-97.
- Xiaoli Ji, Mitsuru Utsugi, Hiroki Shirai, Akira Suzuki, Jinlan He, Satoshi Fujiwara, and Yoshihiro Fukuzaki : Modelling of spatial-temporal changes of the geomagnetic field in Japan, Earth Planets Space, (in printing).

表 1 釧路の全磁力の重回帰係数

パラメータ	値
M_0	48751.879
a_1	-0.23844
a_2	-0.09552
a_3	0.21381
R^2	0.999