

地磁気時空間モデルを使った 2010.0 年磁気図作成

石倉信広・田上節雄・嵯峨諭・石原操(国土地理院)

Development of magnetic chart 2010.0 using spatial-temporal geomagnetic model

Nobuhiro Ishikura, Setsuo Tanoue, Satoshi Saga, Misao Ishihara

(Geospatial Information Authority of Japan, GSI)

Abstract

Geospatial Information Authority of Japan has compiled geomagnetic survey data in magnetic chart every 10 years. Geomagnetic field varies every time, and has different change at different place. So we will employ spatial-temporal geomagnetic model for making latest magnetic chart. To check the accuracy of this model, discrepancy between observed value and model value is examined. Furthermore, magnetic charts developed by new and old method at same epoch are compared. As a result, it was found that this spatial-temporal geomagnetic model has enough accuracy for magnetic chart.

1. はじめに

国土地理院では、10年ごとに磁気図を作成している。2010.0年磁気図は2011年内に公表することを目標に、現在作業を進めている。

磁気図は、観測所、基準・一等・二等磁気点の観測結果を集成して作成する。地磁気は時間的に変化するので、磁気図には必ず「時点」が表示され、観測データは全てその時点に引き戻す必要がある。連続観測を実施している場合は観測値を平均して指定の時点における値を計算できるが、一等磁気点のように3～5年周期で測っているようなデータは、その値を目的の時点に引き戻す操作が必要である。特に長期間観測をしていない点では、観測所の変化分を単純に加味するような化では不十分であり、観測頻度の高い観測点から作成された磁場の変化量モデルを適用し、観測した時点の成果にモデルの変化量を加えて、目的の時点における磁場の値を得る必要がある。

従来手法では、観測所および一等磁気点の観測結果から10年間の変化量の面的な分布を推定し、これをモデルとして一等・二等磁気点の10年間の変化量を求め、前期の成果に加えることにより、今期の成果を得るといった手法を採用していた。今回の磁気図作成では、時間変化が表現できる地磁気時空間モデルを採用した。

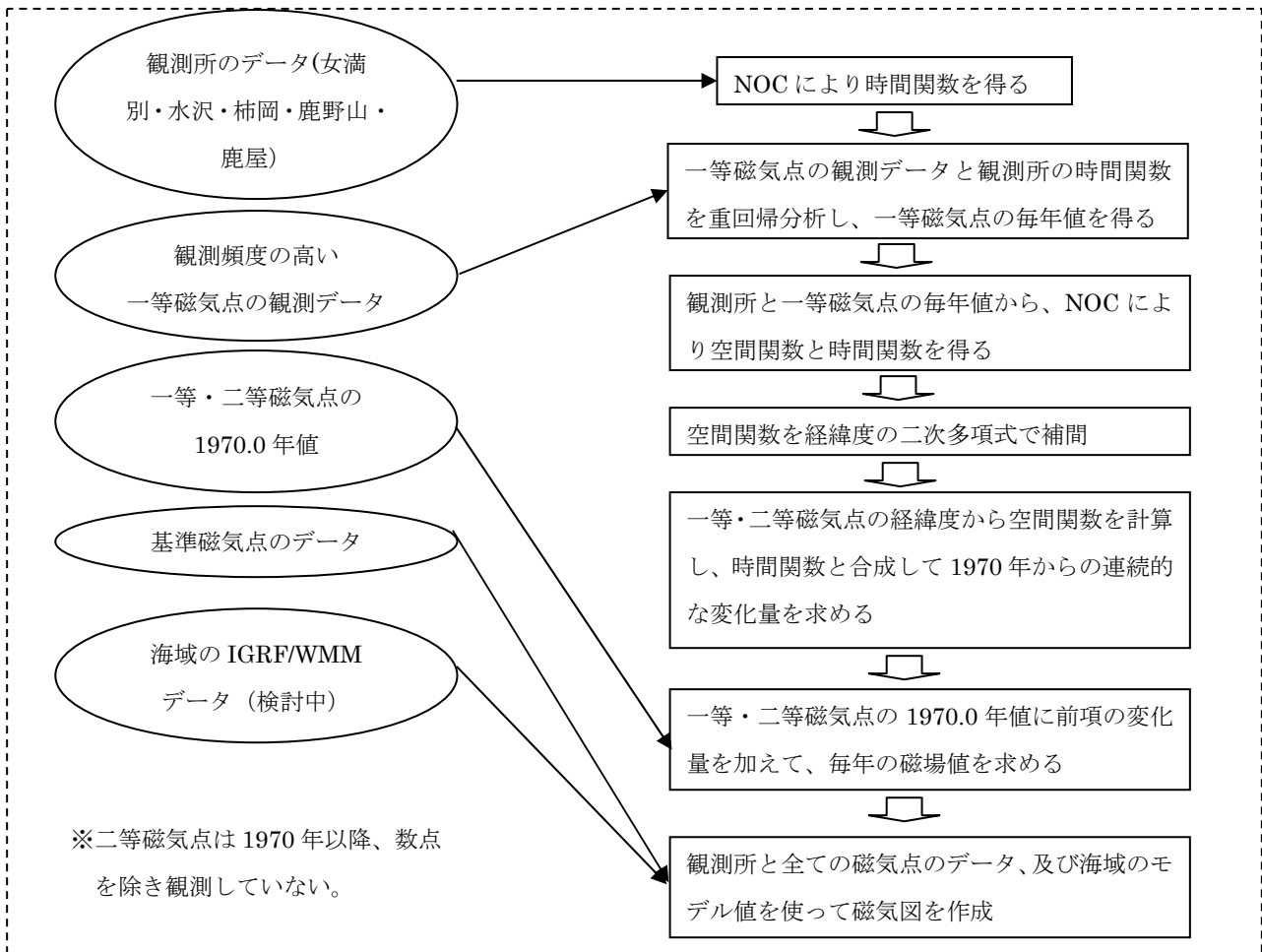
本報告では、地磁気時空間モデルおよびモデルを使って作成した磁気図の精度検証の結果を報告する。

2. 地磁気時空間モデルの概要

地磁気は、場所によって時間的な変化の推移が異なる。これをモデル化したものが地磁気時空間モデルである。今回使用したモデルは、観測点における地磁気の変化を「時間的変化の共通パターン（時間関数）」と「その重量（離散的空間関数）」に分け、離散的空間関数を空間的に補間することにより任意の地点における変化量を求めるものである。時間関数と空間関数の分解には自然直行基底法(NOC法)を使用した。空間関数の補間には経緯度の二次多項式を用いた。モデルの期間は1970年から2010年までとした。

3. 磁気図作成の流れ

磁気図作成の流れを第1図に示す。



第1図 磁気図作成の流れ

Fig.1 Flow of making magnetic chart

4. 精度の検証

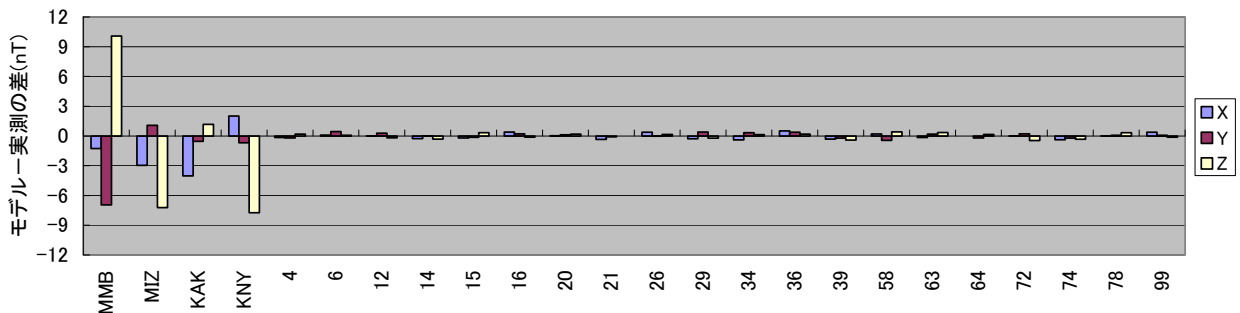
磁気図がどの程度の精度を持っているかを明らかにすることは重要である。精度の検証は、磁気図の作成段階に応じて

- ①NOCの入力・出力の差
- ②離散的空間関数の補間の精度
- ③一等磁気点の実測ーモデルの精度
- ④従来手法と新手法による磁気図の値の差

について行う。全国の一等磁気点について実測ーモデルの精度検証を行い、磁気図のコンター間隔の半分の値 (D,I : 5'、H,Z,F : 50nT) を満たしていれば、二等磁気点にモデルを適用しても問題ないと判断する。

4. 1. NOC 入出力の精度(NOC 自体の良否の判定)

観測所及び観測頻度の高い一等磁気点を使って、NOC により時間関数と空間関数を求める。この時間関数と空間関数を合成して得た値が、どの程度実測値を再現できるか検証した。第2図は実測（一等磁気点は実測値と観測所時間関数の重回帰分析によって作成した連続データ）と合成値の、1970 年における差を 0 としたときの 2008 年の差である。差は各成分ともほぼ 10nT 以内で、NOC の入出力には問題がないことが分かった。一等磁気点は約 3～5 年に 1 度観測しているため、毎年の連続データを作るために、観測所データから作成した時間関数との重回帰分析によって連続化したデータを使っている。そのため、見かけ上一等磁気点の差が小さくなっている。



第2図 NOC に使用した一等磁気点のモデルー実測の差(横軸は観測所略号と一等磁気点番号)

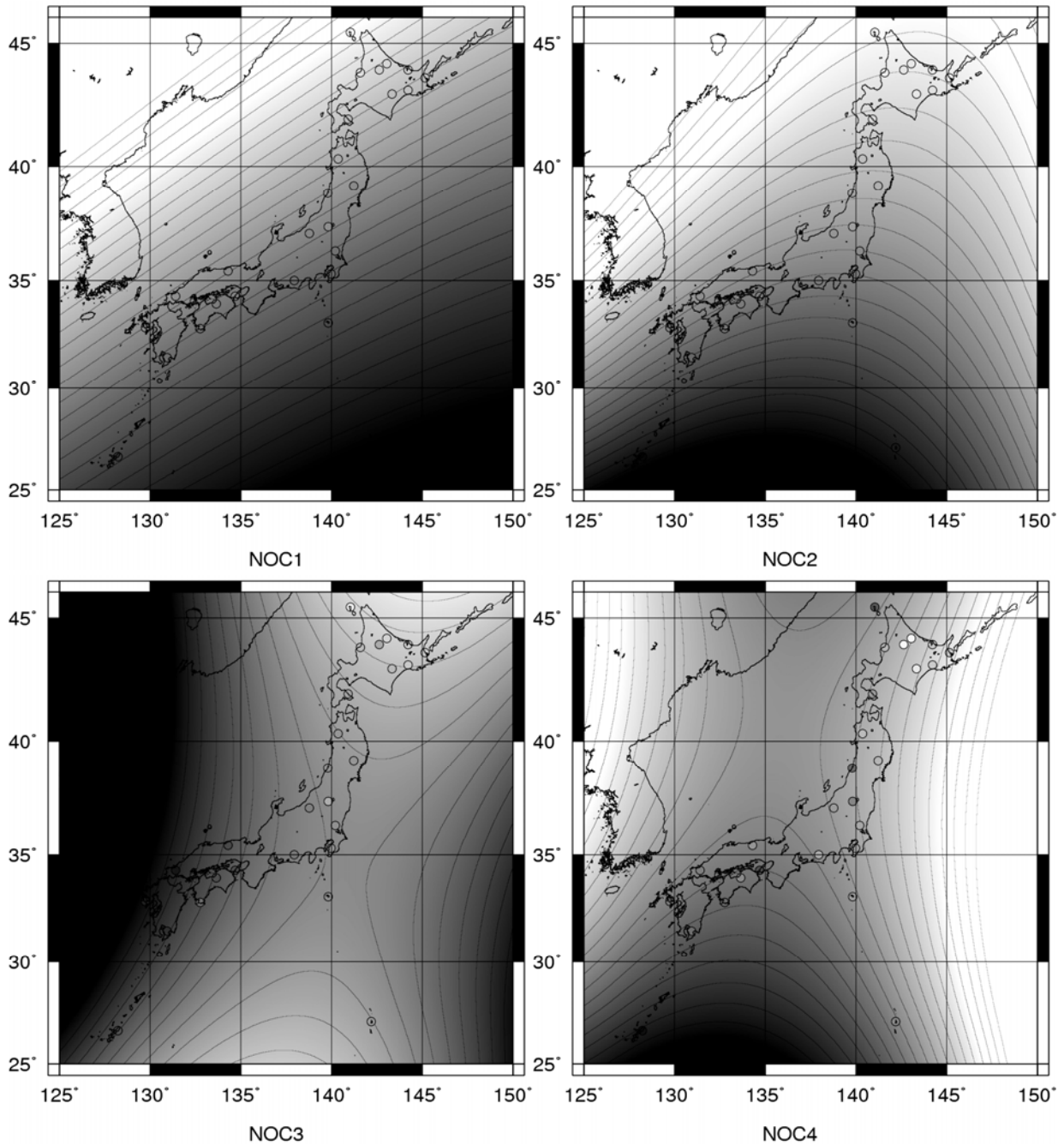
Fig.2 Difference between model value and observed value

4. 2. 空間関数の補間の精度 (補間方法の妥当性の検証)

経緯度の二次式を使って空間関数を補間することが適当かどうか、離散的空間関数と補間空間関数を重ね合わせたカラーマップを作成して評価する (第3図)。補間空間関数 (背景色) と離散的空間関数 (○中の色) が同じ色であれば補間は適切であると判断する。

この図の場合、X 成分の NOC4 の補間が二次式ではあまりうまくいっていないことが分かる。その他の成分では、概ね良好な補間がなされている。もしある点の離散的空間関数が周囲に比べて著しくかけ離れた値をとる場合は、その点の観測値を調べて、NOC の計算に使用するべきか検討する必要がある。

SCHA (球キャップ調和解析) による空間関数の補間も試みた。SCHA の次数 k が低いと全体的な合いが悪く、逆に上げると、点のある部分は空間関数の値は一致するが、かなり強引な補間になってしまう。磁気図を作成するには、ある程度の外挿を許容するような空間関数の補間方法が望ましく、SCHA より二次多項式による補間の方が適当である。



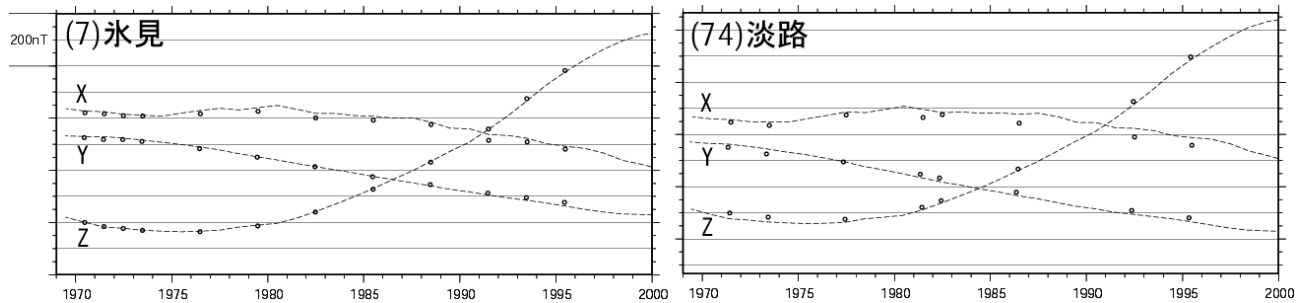
第3図 X（東西成分）の空間関数図示。経緯度の二次式で表現された空間関数の上に、離散的空間関数を○で表している

Fig.3 Discrete spatial function (circle) and interpolated spatial function (background). X(East-west) component.

補間空間関数を使って、一等磁気点の実測の変化量が、モデルの変化量とどの程度一致しているかを検証する。各一等磁気点での変化量と比較することにより、定量的に実測-モデルの差を把握することができる。さらに、差を地図上に図示し、特異な変化をしている点の有無を確認する。

まず、グラフを目視により全点チェックし、モデル化の良否を判断する。一例として、第4図に一等磁気点(7)氷見と(74)淡路のグラフを示す。○印は実測値で、点線は経緯度二次式で補間した空間関数に

よるモデル値である。氷見のように実測値とモデル値がよく一致している点がある一方、淡路のようにずれがある点もある。差の大きな点では 50nT 程度に達するが、磁気図のコンター間隔(100nT)の半分程度である。



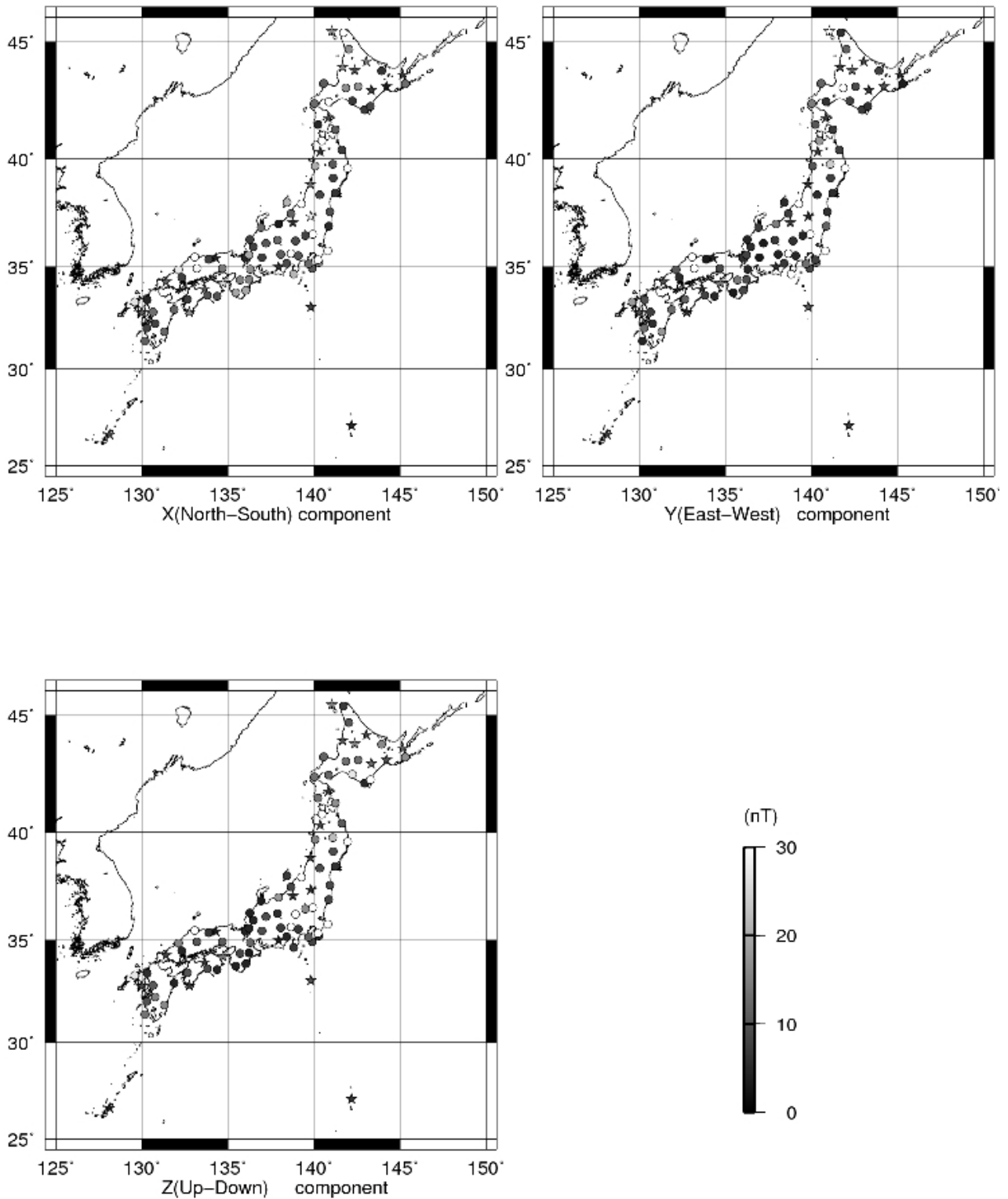
第4図 一等磁気点(7)氷見と(74)淡路のグラフ実測値とモデル値のグラフ

Fig.4 Observed and model graph at (7)Himi and (74)Awaji first order geomagnetic stations.

次に、観測値とモデル値の差を地図上に描画する。差は下式により計算した。

$$error = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i^{model} - X_i^{obs})^2}{n}} \quad n: \text{観測数}$$

第5図で、X成分は薄色部が多く、全体的にあまり精度が良くないが、地域性は見られない。Z成分は東北地方でやや精度が落ちていることが分かる。極端な地域性が見られるような場合には、モデル作成に使用する点の配点を変えたり、使用する点を増やす等の検討をする必要がある。

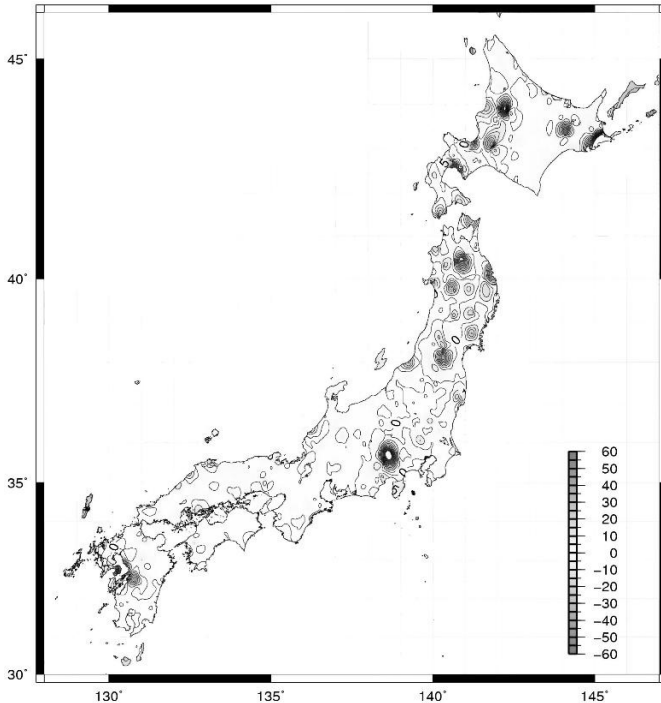


第5図 一等磁気点の実測値とモデルの差。NOCに使用した点は☆マークで示す。

Fig.5 Difference between observed value and model value at 1st order station. Star mark (☆) denotes that the station is used in making spatial-temporal geomagnetic model.

4. 4. 従来手法との比較

従来手法(10年分の変化量を加える方法)と新手法(時空間モデル)の2000.0年磁気図の値の差は、第6図のとおりである。全般的に差はD,Iで5'、H,Z,Fで50nT以内に収まっていた。局所的に大きい差があるのは磁場異常点の採用・不採用の差であり、個別の点ごとに検討する必要がある。



第6図 新旧磁気図の差 (偏角、5' /contour)

Fig.6 Difference between new and old magnetic chart.

(Declination, 5'/contour)

5. まとめ

地磁気時空間モデルは、磁気図を作成するには十分な精度を有し、従来手法との差も小さいことが分かった。今後は、公表に向けてデータの整理と提供手法の確立を進めていく。

謝辞

磁気図の作成にあたり、気象庁地磁気観測所、海上保安庁海洋情報部の地磁気データを使用しました。NOCの計算には、京都大学・宇津木氏のプログラムを使用しました。記して感謝申し上げます。

参考文献

- 1)Irina A.Burdelnaya et.al, Regional orthogonal models of the geomagnetic field changes over the Far East, Earth Planets Space, 51, 287-296, 1999.
- 2)Xiaoli JI et.al., Modelling of spatial-temporal change of the geomagnetic field in Japan, Earth Planet Space, 58, 757-763, 2006.
- 3)紀小麗他, 自然直交基底法を用いた一等磁気点の化成, 国土地理院時報, No.110, 27-32, 2006.