

# 磁気図 2010.0 年値の作成

阿部 聡・植田 勲・田上 節雄・石倉 信広・高橋 信雄・川原 敏雄  
(国土交通省国土地理院)

## Magnetic Charts for the epoch 2010.0

Satoshi Abe, Isao Ueda, Setsuo Tanoue, Nobuhiro Ishikura, Nobuo Takahashi,  
Toshio Kawahara  
(Geospatial Information Authority of Japan,  
Minister of Land, Infrastructure, Transport and Tourism)

### Abstract

The Geospatial Information Authority of Japan (GSI) has been conducting geomagnetic surveys in Japan since 1948. As a result of surveys, magnetic charts published every 10 years, and the latest charts are 2000.0. We have a plan to provide the new charts (epoch 2010.0) in this year. The most characteristic point is adopting the new spatial-temporal model created until 2010. By the use of the new model, we can get the magnetic charts for arbitrary epoch. The accuracy of the new charts estimated by comparison to the observed value is about 10 nT, and it's less than interval of contour of the charts.

The magnetic charts provide accurate geomagnetic field values for Japan and are widely used as a reference for the study of local geomagnetic anomalies, for example, we get magnetic anomaly of Japan by subtract IGRF from spatial-temporal model.

### 1 . はじめに

国土地理院では、日本全国の地磁気の地理的分布と永年変化を把握するために、1948年から現在に至るまで、60年以上にわたり地磁気測量を実施している。その成果は、日本全国の磁場分布を示した「磁気図」としてまとめられており、1970年より10年ごとに公表している。最新版となる2010.0年値は、2011年9月の公表を予定している。現在、データ整備と精度検証を実施しており、本報告ではその内容について報告する。

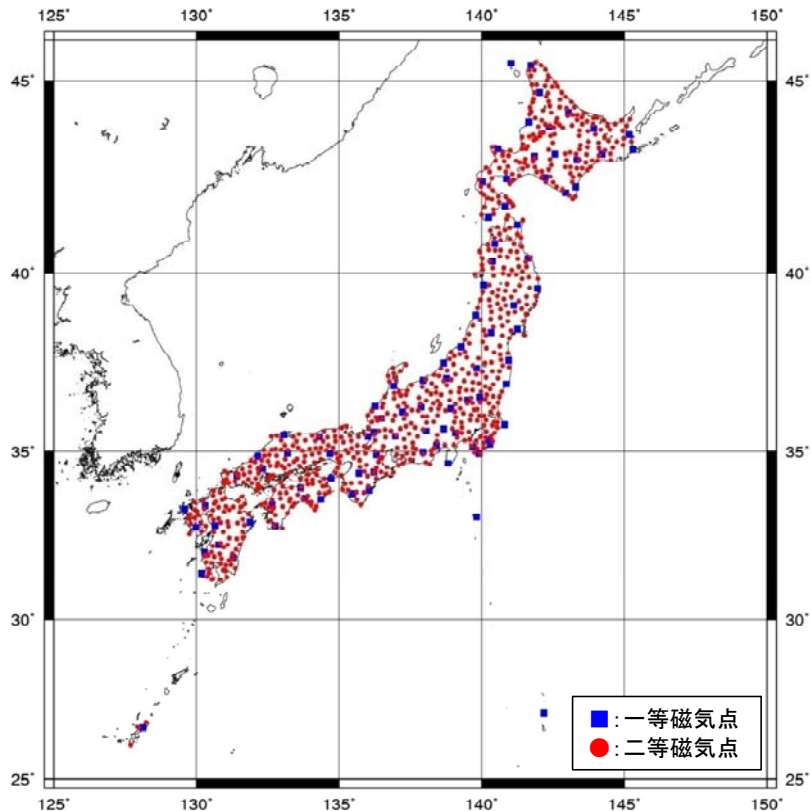
### 2 . 使用するデータ

#### 2.1 一等・二等磁気測量

国土地理院では、戦後より日本全国の磁気測量を開始した。一等磁気測量は、地磁気の永年変化の地理分布を求めることを目的として1948年に開始され、それ以降、全国に約100点設置された一等磁気点の改測を定期的に行っている。現在ではFT型磁気儀(DIメーター)による絶対観測と、フラックスゲート三軸磁力計による変化観測およびプロトン磁力計を使用した全磁力

観測を実施している。最終的には、地磁気 5 成分（偏角・伏角・全磁力・水平分力・鉛直分力）の観測日の日平均値を求めている。

二等磁気測量は、地磁気の詳細な地理的分布を明らかにすることを目的として 1952 年から開始され、1968 年までに全国約 850 点の二等磁気点で実施された。しかしながら、1968 年以降二等磁気点の改測は行われていない。よって、磁気図では、近似的に地域的な地磁気異常分布に変化はないという仮定の下で、二等磁気測量の結果を反映させている。



第 1 図 一等・二等磁気点配点図

Fig. 1: Location of first and second order geomagnetic stations

## 2.2 観測所

現在、国土地理院では鹿野山測地観測所、水沢測地観測所、江刺観測場の三ヶ所で地磁気の連続観測を行っている。2006 年度に水沢測地観測所が無人化となったため、有人施設は鹿野山測地観測所のみである。水沢測地観測所の無人化以降、水沢測地観測所および江刺観測場の絶対観測業務は、月に 1~2 回の実施となっている。絶対観測では、月毎に変化観測と絶対観測を関係付ける「基線値」と呼ばれる値が決定されている。

磁気図の作成には、国土地理院の観測所の他に、気象庁地磁気観測所の 3 施設（柿岡、女満別、鹿屋）のデータも使用している。

## 2.3 基準磁気点

観測所の他に連続観測を行っている点として、基準磁気点（地球電磁気連続観測装置）があり、1996 年に全国 11 ヶ所に設置されている。

基準磁気点ではプロトン磁力計による全磁力観測と、フラックスゲート三軸磁力計による変化観測を行っている。観測所と異なる点は、絶対観測の頻度が年に 1 回で基線値が決定されていることである。

### 3 . 磁気図 2010.0 年値の作成

磁気図 2000.0 年値以前は、一等磁気測量の成果から推定される 10 年間の変化量を 1970.0 年値から 10 年ごとに積算する手法をとっていたが、磁気図 2010.0 年値では、新たに開発された時空間モデルを使用し、1970.0 年値を基準とした任意の年単位で変化量を計算する手法を採用した。

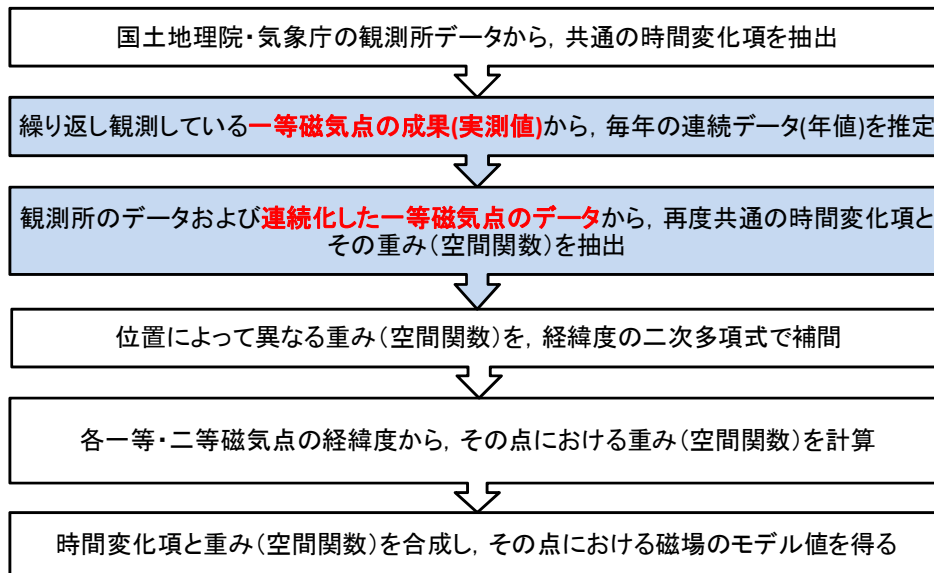
時空間モデルは、長期間観測が行われている地磁気観測データを、NOC 法 (自然直交基底法 : 下の式で示される。) を用いて時間変化成分と空間変化成分に分解し、空間変化成分を経緯度の二次多項式で補間するモデルである。

$$\mathbf{H}(\phi, \lambda, t) = \sum_k X^k(\phi, \lambda) \cdot \mathbf{T}^k(t)$$

$\mathbf{H}(\phi, \lambda, t)$ : 各観測点  $(\phi, \lambda)$  における磁場の時系列データ  
 $\mathbf{T}^k(t)$ : 共通の時間変化項 (時間関数)  
 $X^k(\phi, \lambda)$ : 各時間変化項の重み (空間関数)  
 $k$ : 次数

この式を用いることで離散的な一等磁気点観測データから連続的な毎年値を推定することができ、今後は任意の年単位での磁気図作成も可能となり、1970 年からの各磁場成分の年変化を視覚的に捉えることができるようになった。

磁気図 2010.0 年値は、全部で約 1000 点の一等・二等磁気点、観測所および基準磁気点での 2010.0 年値を用いて描画されている。観測所および基準磁気点の磁場値は連続データのため、実測値から 2010.0 年値を求めているが、一等・二等磁気点上の磁場値はモデルから 2010.0 年値 (以下、「モデル値」という。) を求めている。

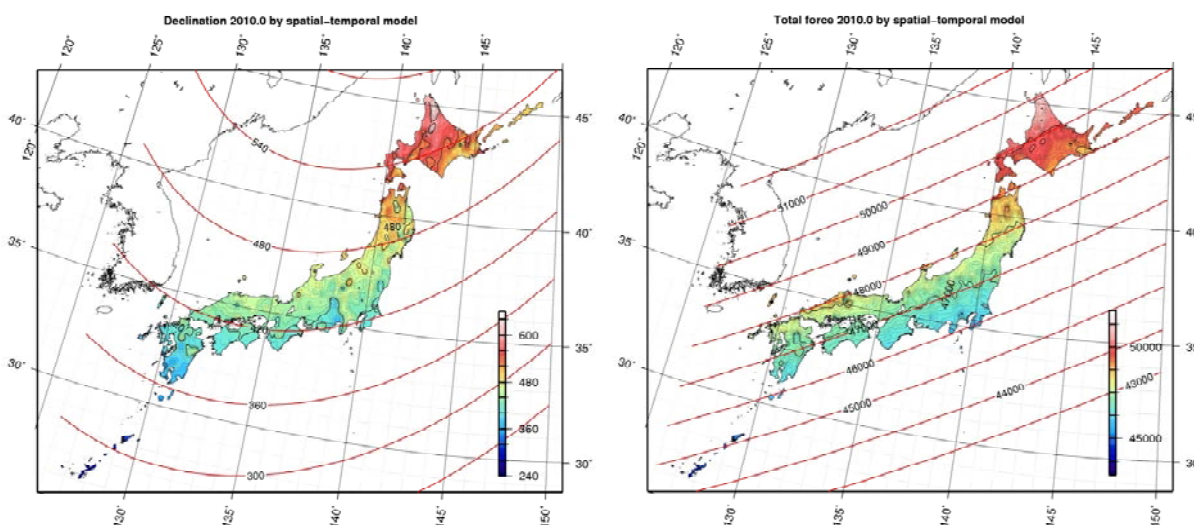


第 2 図 時空間モデルのフローチャート

Fig. 2: Flow chart of the spatial-temporal model

こうして作成した磁気図 2010.0 年値 (暫定) を第 3 図に示す。磁気図は、日本全国の磁場分布を最もよく表した図である。そのため、IGRF や WMM といった地磁気の世界モデルでは表現できないような細かい空間分布を捉えることが可能である。磁気図応用の一例として、世界モデル

(主磁場モデル)との差をとることによって日本の磁気異常分布を知ることができる。



第3図 磁気図 2010.0 年値 (暫定) 偏角図 (左) 全磁力図 (右)

Fig. 3: Magnetic charts for the epoch 2010.0 (provisional)

## 4. 精度検証

### 4.1 一等磁気測量における精度の検討

一等磁気測量では、3 セットの偏角・伏角観測を 4 回実施し、4 本の基線値の平均から絶対値を得ている。第 1 表に過去 2 年間に行われた全 115 回の観測において、決定された基線値の標準偏差を示す。各成分の比較のため、偏角を nT 単位に換算したのも表記している。偏角観測は他の成分と比較して標準偏差が大きく、最大較差も大きいことがわかる。

第 1 表 一等磁気測量における各観測の基線値の標準偏差

Table 1: Standard deviation of the baseline at first order geomagnetic surveys

	標準偏差	最大較差
偏角	6.96 $\mu$ (0.9~1.2nT)	25.0 $\mu$ (3.3~4.3nT)
水平分力	0.62nT	2.3nT
鉛直分力	0.54nT	2.0nT

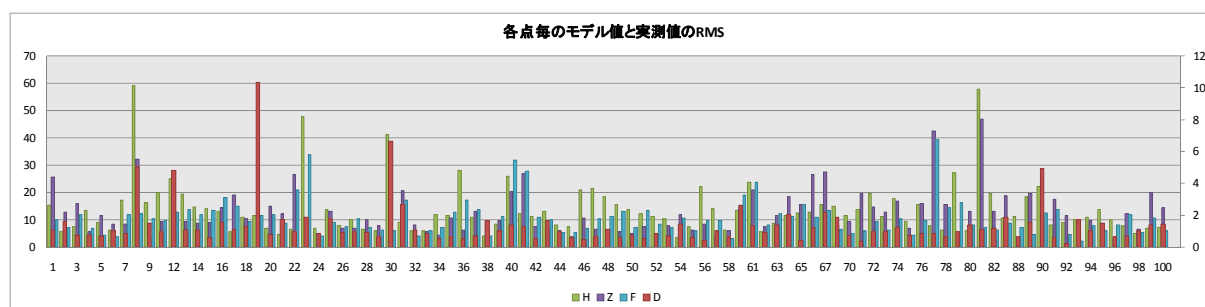
### 4.2 モデル値と一等磁気測量成果との比較

磁気図作成に用いる一等・二等磁気点での磁場値はモデル値を用いるため、実測値との比較を行った。モデルで推定するのは毎年値であり、一日の観測値とは時点が異なるものである。モデル作成にあたり、一等磁気点の観測結果から年値を推定するが、今回はその推定した年値とモデル値との差をとり、各点ごとの RMS を計算した。なお、サンプル数は各点毎に異なるが、1970 年から 2010 年までの観測を対象とした。その結果を第 4 図に示し、全点の RMS の平均値を第 2 表に示す。

RMS の平均は角度で 1 $^{\circ}$ 、成分で 10nT 程度であり、最大 RMS は角度で 10 $^{\circ}$ 、成分で 50nT

程度である。ある年の観測値が極端に異なることや、全観測においてオフセットが存在していることが確認されており、これらが一部の点で RMS が大きくなる原因と考えられる。そのため、RMS の評価は観測の良否の判断材料になると考えられ、今後検討を進めたい。

また、第 1 表で示した一等磁気測量の観測誤差は、モデル値と実測値との差（第 2 表）よりもはるかに小さいため、磁気図の精度としては、モデル値と実測値との差をもって評価するのが妥当であろう。今後はモデルに使用していないデータ（外部研究機関等）との比較を実施したい。



第 4 図 一等磁気点でのモデル値と実測値の RMS(1970 ~ 2010 年の全観測)

Fig. 4: RMS residuals for first order geomagnetic stations

第 2 表 一等磁気点全点の RMS の平均と最大 RMS

Table 2: Average and maximum of RMS for first order geomagnetic stations

	D (G)	I (G)	H (nT)	Z (nT)	F (nT)
<b>RMSの平均</b>	1.34	1.11	13.80	12.53	10.65
<b>最大RMS</b>	10.35	5.23	59.03	46.79	39.24

## 5 . まとめ

新開発した時空間モデルを使用した磁気図 2010.0 年値を試作し、その精度評価を行った。その結果、観測に起因する誤差は、モデルの推定誤差よりもはるかに小さく、磁気図の精度を議論するには、実測値とモデル値との比較が重要であることがわかった。また、実測値とモデル値の差は、一部の磁気点を除いて、磁気図のコンター間隔（D,I : 10 単位、H,Z,F : 100nT）よりも十分小さな値となった。