

航空磁気測量データから推定した衛星高度の地磁気全磁力異常

大島章一 ・ 監理課

Geomagnetic Total Intensity Anomaly Distribution

Estimated From Aeromagnetic Data

By

Shoichi Oshima: Administrative Division

1. はじめに

米国NASAは、1979年10月30日に地磁気三成分測定を目的に人工衛星MAGSATを打上げた。初期軌道は遠地点高度561.2Km, 近地点高度352.4Km, 周期93.726分, 軌道傾斜角96.76度であり, セシウム磁力計及び三軸フラックスゲート磁力計により, 毎秒16回の測定を行った。精度は6nT(三成分ベクトル値)及び3nT(全磁力)と言われている。

米国NASAは、各国に同衛星のデータによる共同研究を呼びかけ、日本では関係機関が共同研究班(代表者福島直 東京大学理学部教授)を組織し、研究成果をNASAに提供することを条件に、これに参加した。NASAからは大量のデータ及びソフトウェアが日本に送られてきており、日本の共同研究班の参加各機関で解析等を行っている。

水路部では、とりあえず航空磁気測量データから、MAGSAT衛星の高度の地磁気全磁力異常を推定した。

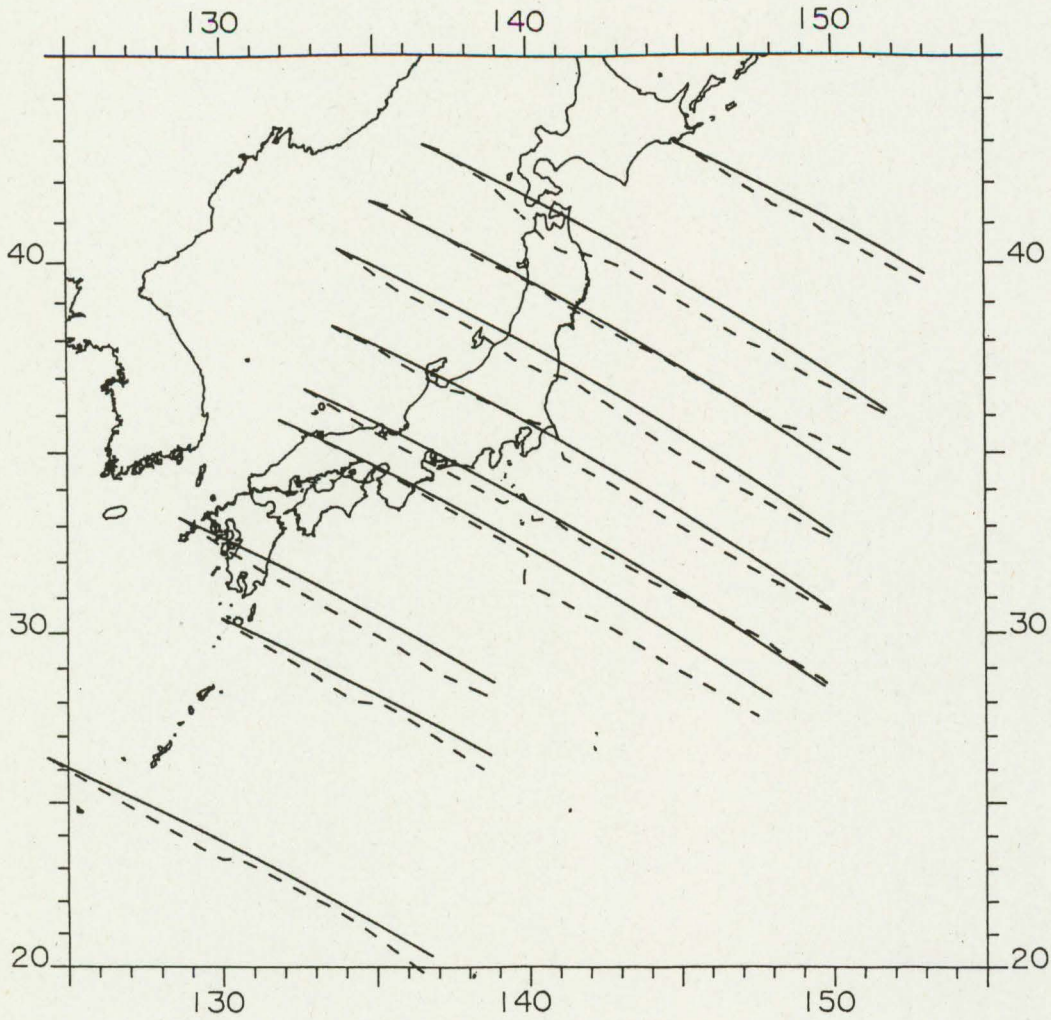
2. データ処理

1973年から1977年の間に、水路部が全国磁気測量及びGDP航空磁気測量で得たデータから、IGRF1975.0を標準磁場として地磁気全磁力異常値を求め、それらの異常値から高度300Km及び500Kmの全磁力異常分布を推定した。

航空磁気測量の測線は、第1図に点線で示す。これらは日本列島にほぼ直交している。データ解析のため、ほぼ測線に沿う測地線を考え、実際に測量した測線上の各測点から測地線に下ろした垂線の交点を計算上用いる測点とした。これらは不等間隔なため、内挿によって1測線あたり520個の等間隔データを合成した。距離、方位の算出及び座標計算は、ベッセル楕円体上で考えた。内挿計算は、引続く4個の測量データを距離の3次式で近似し、その中間の2個の測点間の3次曲線を順次接続した。ただし2個の測点の地磁気異常値を結ぶ直線から±50nTの範囲を、3次式で近似した曲線が越える場合は、±50nTの幅で切って直線で結んだ。これらの処理により、複数の測線に沿う航空磁気測量データから、単一の測地線上の520個の等間隔データを合成した。今回は第1図に実線で示す10本の測地線に沿う地磁気全磁力異常のプロファイルを作成した。

次にフーリエ解析により、日本列島付近に地磁気異常を及ぼしている地下構造が日本列島沿いの2次元的構造であるとの仮定の下に、高度300Km及び500Kmでの地磁気全磁力異常値を推定した。

まず測地線沿いの等間隔データから直線で近似できるトレンドを除去した後、全磁力異常分布のフーリエ変換



第1図 航空磁気測量の測線（点線）及び計算に用いた測地線（実線）の分布

を求めた。

$$F_{\ell} = 1/N \cdot \sum_{r=0}^{N-1} f_r \exp(2\pi i r \ell / N), \quad \ell = 0, 1, \dots, N-1$$

ここで

$$f_r = \sum_{k=0}^{N-1} F_k \exp(-2\pi i r k / N), \quad r = 0, 1, \dots, N-1$$

F_{ℓ} : ℓ 番目の測点の地磁気全磁力異常値

f_r : F のフーリエ変換

N : データ数

次に高度 H における地磁気異常のフーリエ変換を f_r' とすると

$$f_r' = f_r \cdot \exp(-2\pi H / Lr)$$

L_r : 波長

従って高度 H における地磁気異常 F_{ℓ}' は,

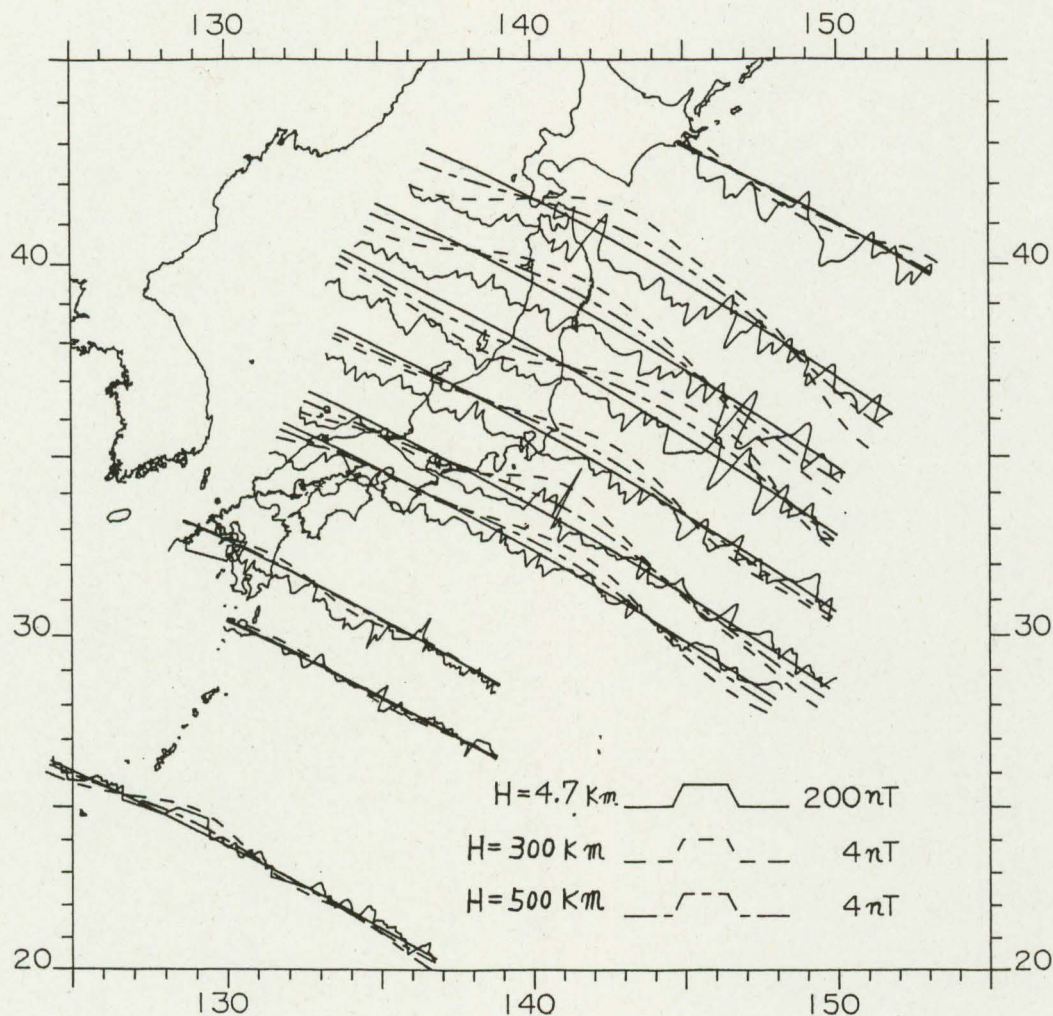
$$F_{\ell}' = 1/N \cdot \sum_{r=0}^{N-1} f_r' \exp(2\pi i r \ell / N), \quad \ell = 0, 1, \dots, N-1$$

以上により推定した高度 300 Km 及び 500 Km の地磁気全磁力異常を、各々点線及び一点破線で示す。実線は

高度 4.7 Km で航空機により測定された地磁気全磁力異常である。

一方、日本付近の全磁力分布を経緯度の 3 次式で近似し、その 3 次式から I G F 1 9 7 5. 0 を差引くと、平均的な日本付近の全磁力異常分布が得られる。その結果によると、日本海中央部で -300 nT 、北海道東岸から山陰中にかけて -200 nT 、三陸沖から関東、四国、九州にかけて -100 nT 、伊豆諸島南部から奄美大島付近にかけて 0 nT 程度となることがわかっている（大島ほか・1978）。第 2 図の実線で示すプロファイルにもその様子は明瞭に示されている。また、測線の東端付近では、大洋底特有の縞状地磁気異常が顕著である。

第 2 図に点線で示した曲線は、高度 300 Km における地磁気異常のプロファイル、航空磁気測定のデータから推定した結果であり、北海道東岸、三陸沿岸、伊豆小笠原諸島付近等を中心とする正異常域が見られる。正異常域の幅は $600 \sim 900 \text{ Km}$ 、振幅は $4 \sim 6 \text{ nT}$ 程度である。この正異常域に隣接する日本海及び本州東方沖の



第 2 図 日本列島を横断する航空磁気測量による全磁力異常プロファイル（実線）、高度 300 Km の全磁力異常の推定値（点線）及び高度 500 Km の全磁力異常の推定値（一点破線）

大洋底では、負の異常域となっている。同図の一点破線は高度 500 Km における地磁気異常の推定値であり、振幅が高度 300 Km の値のほぼ $1/2$ 程度になることが示されている。

南西諸島方面については、測量データに一部欠測があり明確ではないが、顕著な地磁気異常は見られず、大局的には航空磁気測量の結果と標準磁場 I G R F 1 9 7 5. 0 は良く一致している。

以上は日本付近の地下構造が、磁気学的に2次元的な構造であり、更にこれが測線と直交していると仮定して、高度300Km及び500Kmの地磁気異常を推定したものである。そこで、測線が地下構造の伸びの方向と直交していない場合の誤差を見積もっておく。地下構造の伸びの方向に直交する方向と、測線のなす角を θ とする。この測線上的見かけの波長 L' と、地下構造の伸びの方向と直交する線上での波長 L の関係は

$$L = L' \cos \theta$$

地下構造の伸びの方向に直交する線上のデータから推定した高度 H の地磁気異常の振幅を A 、それと角 θ をなす測線上的データから推定した高度 H の地磁気異常の振幅を A' とする。

$$\begin{aligned} A/A' &= \exp(-H/L) / \exp(-H/L') \\ &= \exp(H(\cos \theta - 1)/L) \end{aligned}$$

例として、 $\theta = 10^\circ, 20^\circ, 40^\circ$ 、波長 $L = 1/2 \cdot H, H, 2H$ の場合の振幅比 A/A' の値を第1表に示す。

第1表 A/A' の値

| | $\theta = 10^\circ$ | $\theta = 20^\circ$ | $\theta = 40^\circ$ |
|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| $L = 1/2 \cdot H$ | 0.970 | 0.886 | 0.625 |
| $L = H$ | 0.985 | 0.941 | 0.791 |
| $L = 2H$ | 0.992 | 0.970 | 0.890 |

ただし A : 測線と地下構造の伸びの方向が直交している場合の、上空における地磁気異常の振幅の推定値

A' : 測線と地下構造の伸びの方向に直交する方向が角 θ である場合の、上空における地磁気異常の振幅の推定値

L : 地磁気異常の測線沿いの波長

H : 高度

この結果から、波長500Km程度の地磁気異常の高度300~500Kmにおける振幅を推定する場合、測線が地下構造の伸びの方向に直交する方向から 40° 以内の方向であれば、推定値の誤差は20%以内であると考えられる。

3. まとめ

航空磁気測量のデータから、高度300Km及び500Kmの地磁気全磁力異常を推定した結果、北海道東岸、三陸沿岸、伊豆小笠原諸島等を中心とする、幅600~900Kmの正の異常域が分布しているとみられる。振幅は高度300Kmで4~6 nT、高度500Kmではその約2分の1である。千島弧、東北日本弧及び伊豆小笠原弧の外帯にあたるこれらの地域では、船上磁気測量の結果(大島ほか・1981)でも顕著な正の異常域となっており、その影響が高度500Km以上まで及んでいるものである。

地質調査所(中塚及び小野・1981)、東京大学地震研究所(中川及び行武・1981)、宇宙科学研究所及び東京工業大学(柳沢及び河野・1981)等がMAGSAT衛星のデータから描いた地磁気異常図でも、ほぼ同じ地域に3 nT程度の正の異常が描かれており、今回の推定結果と調和的である。しかし、航空磁気測量の結果からは、かなりの負異常が分布していると考えられる日本海については、MAGSAT衛星のデータから描かれた地磁気異常図では+1~2 nTの正の異常域であることが示されている。後者では標準磁場としてMAGSAT衛星のデータから導かれたMGST(4/81)等を採用して地磁気異常が算出されており、日本海地域

における航空磁気測量からの推定値とMAGSAT衛星のデータの差は、採用した標準磁場の差に起因するものである。

今後、MAGSAT衛星のデータや地上付近の磁気測量データから、日本周辺の大洋底、島弧、縁辺海の帯磁物体の分布状況を把握するには、更に標準磁場についてよく吟味し、1980年前後に行われた航空磁気測量のデータについて解析する必要がある。

参考文献

- 大島章一, 近藤忠, 塚本徹, 大森哲雄, 穀田昇一(1978): 水路部観測報告全国磁気測量編別冊(GDP観測)
- 大島章一, 登崎隆志, 小野寺健英, 兼子俊朗, 植田義夫(1981): 北陸地方, 中部地方及び関東地方周辺海域の地磁気異常, 水路部研究報告, 16・25-45ページ
- 中川一郎, 行武毅(1981): デジタル・フィルターによる日本周辺の磁気異常, 磁場精密測定, 文部省総合研究(A)合同研究会(1981年11月25日~27日), 7-18ページ
- 中塚正, 小野吉彦(1981): MAGSATデータによる日本周辺磁気図の作成について, 磁場精密測定, 文部省総合研究(A)合同研究会(1981年11月25日~27日), 1-6ページ
- 柳沢正久, 河野長(1981): 日本周辺の地殻の磁化, 磁場精密測定, 文部省総合研究(A)合同研究会(1981年11月25日~27日), 26-34ページ