

# 大気球による東北地方の磁場測定\*

加藤 愛雄\*\*・青山 巖\*\*・遠山 文雄\*\*  
瀬戸 正弘†・早坂 孝†

## 1. 緒 言

現在まで東北地方において多くの地磁気測定が実施されてきたが、これらは地上あるいは飛行機によるもので測定値には地表近くにある小さな磁気異常も含まれており、この影響を除いて深いところの大規模な磁氣的地下構造を調べるには大気球による高々度での磁気測定が必要である。また、東北地方は「東北日本異常」といわれる時間的な地磁気短周期変化の異常な領域であることが知られており、その原因となる電氣的地下構造について加藤グループにより議論されているが、大気球によって上空での時間的、場所的地磁気変化を測定すれば東北日本の電磁氣的地下構造についての情報がさらに得られると期待される。

上記の目的で、1972年6月22日、三陸大気球観測所より放球された大気球(B<sub>2</sub>-30)に倍周波磁力計とプロトン磁力計を搭載し、約25 kmの高度で東北地方を横断して地磁気垂直成分と全磁力を測定した。全磁力についてはプロトン磁力計が飛行中に故障を起し満足な記録を得られなかったため垂直成分だけを用いてその場所的変化から磁氣的地下構造を求め、東北日本の地下構造について考察した。

## 2. 測定方法

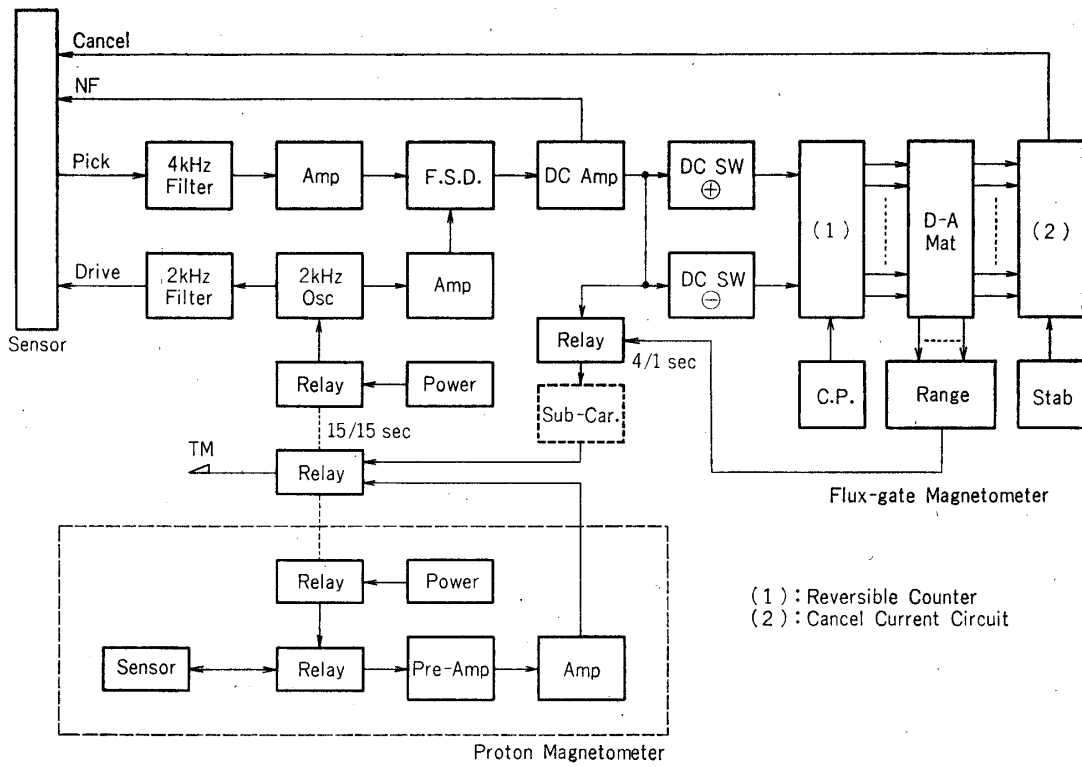
地磁気垂直成分を測定するための倍周波磁力計と全磁力を測定するためのプロトン磁力計のブロックダイアグラムを図1に示す。プロトン磁力計は磁界中における水素原子核磁気能率の自由才差信号を周波数検出するものである。倍周波磁力計は大気球の飛行経路の予想磁場範囲である37200  $\gamma$  ~ 39500  $\gamma$  を約240  $\gamma$  ずつ10段階に分けて自動的に打消し、約60  $\gamma$ /Vの感度で連続的に測定できるようにしたもので、磁場変化が $\pm 120 \gamma$  ( $\pm 2.0$  V) を越えると他の打消し磁場レベルへ移る。両磁力計の干渉を防ぐためプロトン磁力計の励起用電源と倍周波磁力計の2 kHz 駆動発振器用電気は15秒ごとに交互に入るようになっており、地下からのコマンドによりどちらか一方だけの磁力計を連続的に動作させることもできるようにした。倍周波磁力計の検出器はエレクトロニクス部分より約8 m下に簡単なジンバル機構(振角:  $\pm 10^\circ$  立体角, 電気軸精度:  $360^\circ/3\gamma$  以内)を付けてつり、プロトン磁力計の検出器はそれより約4 m下につった。倍周波磁力計による記録例は図2に示す通りで約4秒間の磁場の垂直成分強度と約1秒間の打消し磁場レベルが交互に記録されている。

---

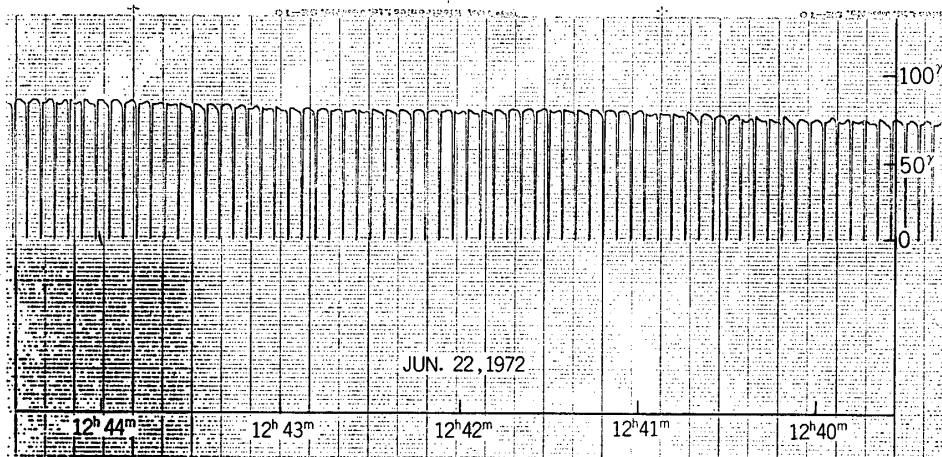
\* 宇宙研特別事業費による論文

\*\* 東海大学航空宇宙学科

† 東北工業大学電子通信学科



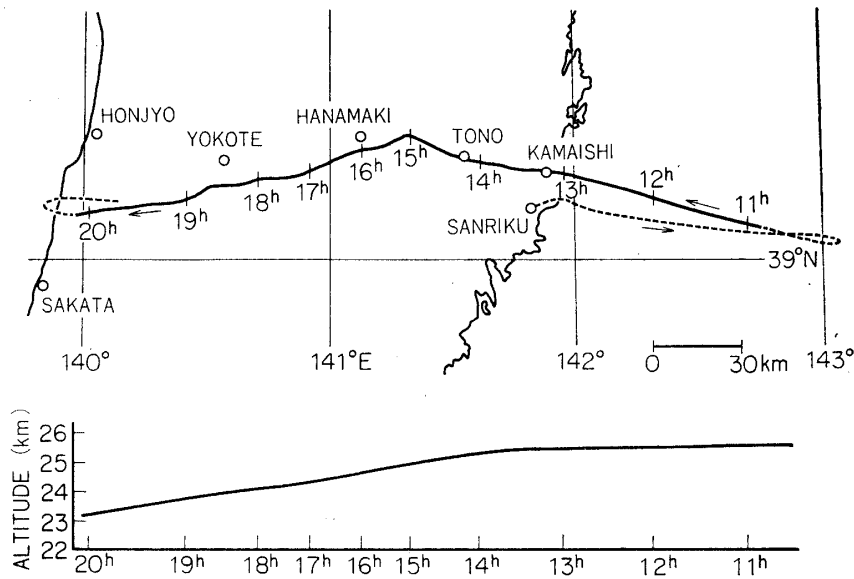
第1図 測定器械, Flux-gate 磁力計およびプロトン磁力計のブロックダイアグラム



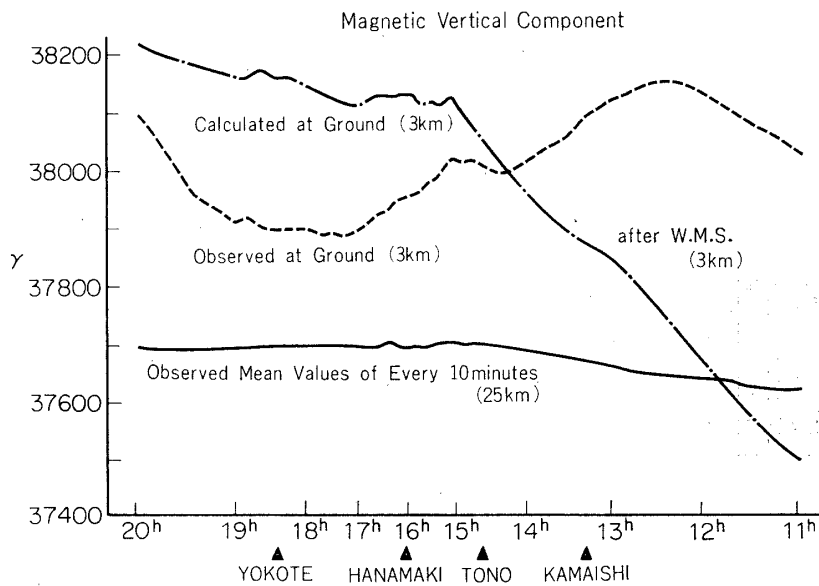
第2図 倍周波磁力計による測定記録の一部

3. 測定結果

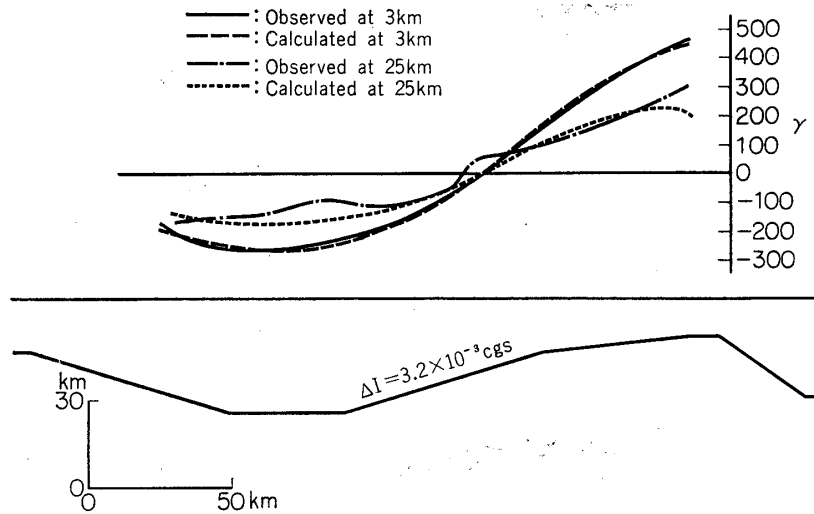
大気球は1972年6月22日8時30分(J.S.T.)に放球され、三陸の東約100kmの太平洋上でレベルフライトに入り、高度約25kmで西に水平飛行し、東北地方を横断して日本海上に出てから内陸にもどり、6月23日0時39分に飛行が終了した。図3にその航跡を示したが、10時30分から20時まで以外は上昇途中の揺れや測定器電源の消耗などの理由で解析可能な記録が得られなかったので点線により概略の航跡を示した。高度は同図下半分に示す



第3図 飛しょう航跡



第4図 測定結果(高度25km)と地上(高度3km)の記録との比較図



第5図 各高度における観測値と基準値との差とそれによって得られた地殻の磁氣的構造

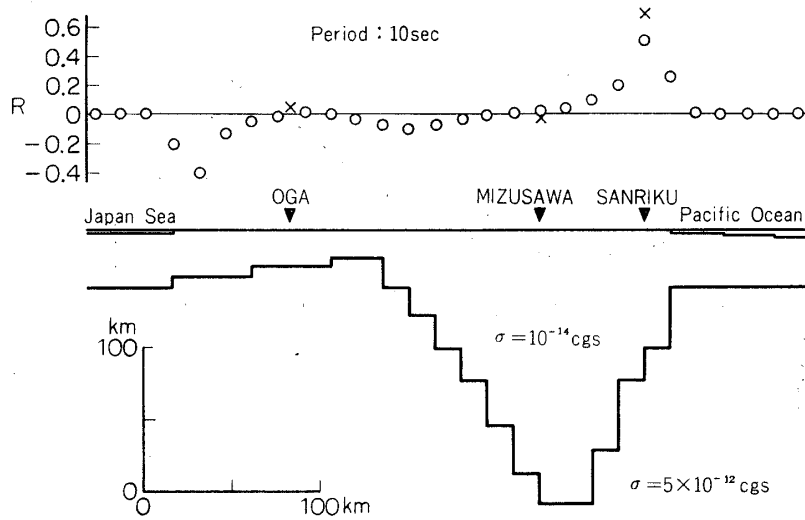
通りである。得られた記録から検出器の回転などによる短周期の変化を除くため測定値を1分間隔で読み取り、さらに10分ごとに平均して大気球による測定値とした。一方、海上保安庁および国土地理院による Japanese W. M. S. Magnetic Charts (1965年) を用いて、航跡に沿った点での地磁気垂直成分の観測値と計算値を読み取り、大気球による垂直成分の測定値と共に図4に示した。この図で横軸は大気球の航跡を緯度線に投影したもので大気球の通過時刻で目盛りした。W. M. S. の観測値は飛行機により3km上空で測定され、計算値は最小自乗法で求められたものである。これらを用いて、まず3km上空での観測値と計算値の差を求め、次にこの計算値が地殻深部に置かれたダイポールに起因するとして、地上25kmでの計算値は〔W. M. S. の計算値  $-370 \gamma$ 〕になると仮定し大気球の測定値との差を求め、これら二つの差をそれぞれ3km、25kmでの差の観測値として図5に示した。

大気球の航跡の近くにある国土地理院水沢測地観測所の地磁気変化記録によると、大気球の飛行中における地磁気変化は静かであり地球外部からの擾乱は無視できると思われる。したがって、図5に示した二つの差はその原因を地球内部に持つ地磁気垂直成分異常を表わしていると考えられる。

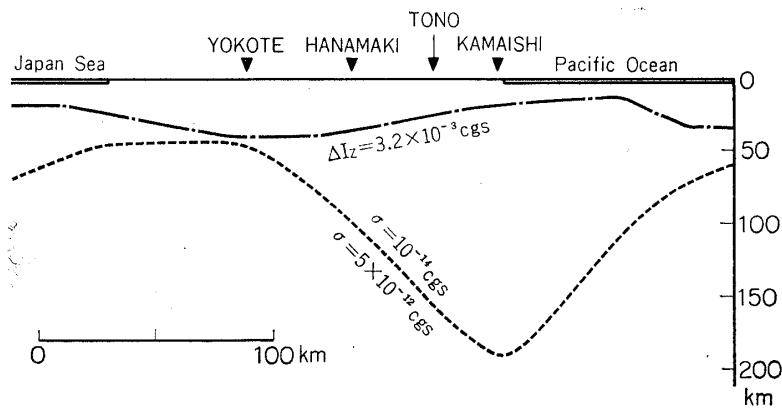
Peters (1949) によると地下が  $f(\alpha)$  の形に一樣に磁気分極垂直成分  $I_z$  を持つとき、磁場の垂直成分は次式で与えられる。

$$Z = 2 \int_{-\infty}^{\infty} \frac{I_z(x-\alpha)}{(x-\alpha)^2 + (h-f(\alpha))^2} f'(\alpha) d\alpha$$

図5の下の磁氣的地下構造を考え上式を用いて  $I_z = 3.2 \times 10^{-3} \text{ c.g.s}$  のときの磁場の垂直成分を地上3kmと25kmで計算すると同図上に示すような分布となる。ここでは垂直成分異常磁場を考えているので上の磁氣的地下構造において、上層と下層が図の形に接しそれぞれの層の  $I_z$  の差が  $3.2 \times 10^{-3} \text{ c.g.s}$  であると解釈してもよい。図5で観測値と計算値を比較してみると25kmでの分布に多少のずれが見られるがよく一致している。したがって、大



第6図 地磁気短周期変化 ( $\Delta Z/\Delta H$ ) から求めた東北日本の地下の電気的構造



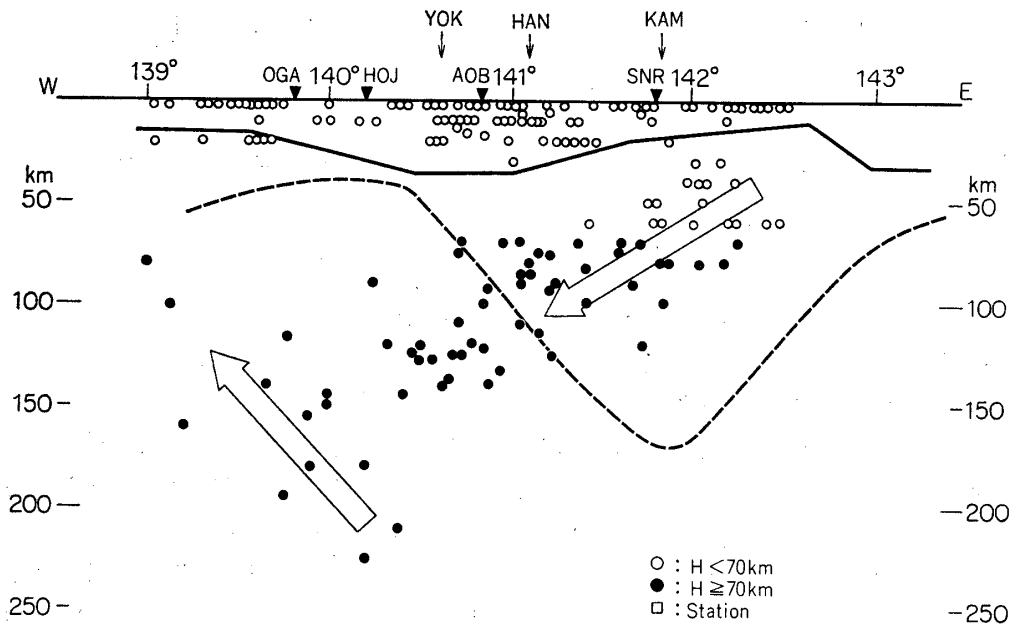
第7図 東北日本の地殻および上部マントルの電磁氣的構造

気球の航跡に沿った断面での東北日本の磁氣的地下構造は図5のようであると推定される。

#### 4. 電気的地下構造との比較

東北日本の電気的地下構造については加藤グループ (1971) により考察され、電気伝導度  $\infty$  の層の深さが求められている。そのモデルにおいて三陸と男鹿を結ぶ断面をとり、電気伝導度を有限の値にし、海の影響を考慮した上で地磁気変化の様子を調べるため、図6の実線のような電気的モデルについて Jones and Pascoe (1971) の方法により周期 10 秒での  $R$  の値 ( $\Delta Z/\Delta H$  の実数部) を数値計算した。結果は同図に○印で示すような分布となり観測値 (×印) とかなりよく一致する。したがって、電気伝導度が  $\infty$  のモデルはそれを有限としても形はあまり変わらない。

この電気的モデルを他の断面についても計算し、これらを参考にして、今回求めた磁氣的モデルと同じ断面について電気的モデルを推定して、同じ図面に図示したのが図7である。



第8図 観測によって得られた東北日本の電磁氣的構造に東北大学微小地震観測所によって観測された微小地震の分布を示したもの(1969.7月~1970.6月, 高木氏による) 上部の矢印は下部岩石圏のプレートの侵入を示し下部の矢印はマンテル対流を示す。

図はしたがって地北日本の地殻と上部マンテルの電磁氣的構造を示している。図から解るように太平洋側から西落ちに岩石圏が東北日本の下に深く落ちこんでおり、また上部マンテルが東北日本の西部から日本海で上方にかなり浅い所まで上昇していることが明らかになった。このことはいわゆるプレートテクトニクスの説に都合がよい。図8に参考のために東北大学微小地震観測所が、1969年7月から1970年6月までに東北日本で観測された微小地震の深さに対する分布を示して置いた。

## 5. 結 語

大気球による地磁気垂直成分の測定値とWMS(1965年)の測定側を用いて東北日本の磁氣的構造を求め、地磁気変化から求められた電氣的地下構造と比較してみた。その結果東北日本の地殻および上部マンテルの構造を明らかにする事ができた。

この実験に大きな御援助を頂いた東京大学宇宙航空研究所、西村純教授、広沢春任助教授ならびに実験班の方々に深く感謝し、また飛翔当日の地磁気変化記録を提供して頂いた国土地理院水沢測地観測所水野浩雄所長に感謝する次第である。 1974年1月30日

## 参 考 文 献

- [1] Y. Kato et al: Sci. Rep. of Tohoku Univ. ser. Vol. 21, 1971.
- [2] L. J. Peters: Geophysics, Vol. 14, 290, 1949.
- [3] F. W. Jones and L. J. Pascoe: Geophys. J. R. astr. Soc., Vol. 24, 3, 1971.
- [4] Japanese W. M. S. Magnetic Charts. (1965)