

大気球による東北地方及び三陸沖 250km に至る磁場観測*

加藤 愛雄**・遠山 文雄**・武藤 俊明**
瀬戸 正弘†・早坂 孝†

1. 緒 言

大気球により高高度で地球磁場を観測することは地表近くの小規模な磁気異常による影響が除かれ、深いところでの大規模な磁氣的地下構造を論ずることができるという利点を持っている。

以前、東北地方をほぼ北緯39度線に沿って東西に横断し上空約25 mで地磁気垂直成分を観測し、東北地方内陸部の電磁氣的地下構造について考察した。

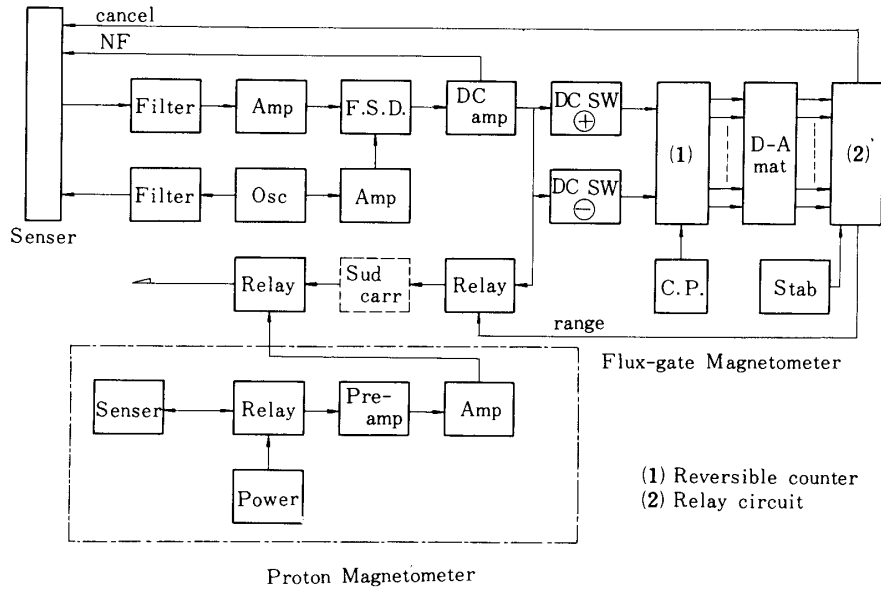
引き続いて日本海溝を含む三陸沖の磁氣的地下構造を調べるため、1975年5月29日午前7時12分、三陸大気球観測所より放球された大気球 (B_5-61) にプロトン磁力計及び倍周波磁力計を搭載し、二つの異なる高度 (約16 kmと約28 km) ではほぼ北緯39度線に沿って三陸沖 250 kmまでの地磁気全磁力及び垂直成分を観測した。ここでは前回の大気球による観測結果を再述し、今回の観測結果を記し、併せて東北地方一般の電磁氣的地下構造について考察を行った。

2. 観測方法

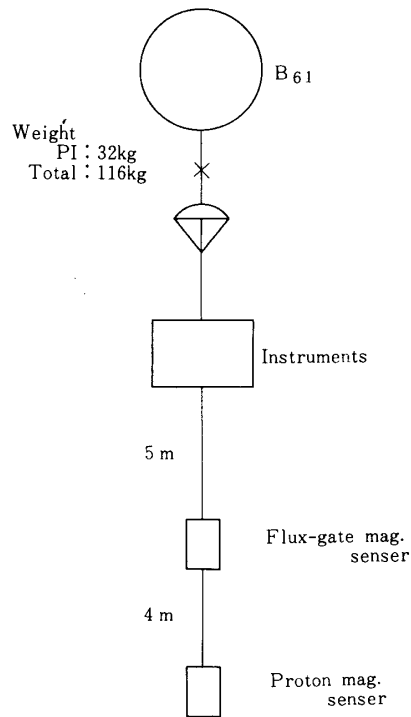
地磁気全磁力 (F) と垂直成分 (Z) を観測することにより水平成分 (H) も求められるので、全磁力をプロトン磁力計により、垂直成分を倍周波型磁力計により観測した。そのブロックダイヤグラムを図1に示す。プロトン磁力計は磁界中における水素原子核磁気能率の自由差信号を周波数検出するもので、全磁力の強さに比例した周波数 (約2 KHz) をサブキャリアを通さずに直接観測した。大気球に搭載したプロトン磁力計の観測範囲は $45000r \sim 48000r$ 、精度 $10r$ 、観測繰返し時間は8秒である。倍周波型磁力計は予想される大気球の飛行経路・高度での地磁気垂直成分範囲である $36000r \sim 38400r$ を約 $300r$ ずつ8段階に分けて自動的に打消すことができるようにした。即ち、倍周波型磁力計の出力のダイナミックレンジは $\pm 2.5V$ ($\pm 150r$) であるが $\pm 2.1V$ を越えると外部磁場打消用電流が他のレベルへ変り、磁力計の出力が再び零レベル近くに戻るようになっている。感度は $80r/V$ である。検出器は簡単なジンバル機構 (振角 ± 10 度、電気軸精度 360 度 / $3r$ 以内) を付けて飛行中の揺れを補うようにし、PI部分より約5 m下に吊り更にその下4 mにプロトン磁力計の検出器を吊った。なお、両磁力計の検出器にはパラスト落下の際附着しないように円錐形のカ

* 宇宙研特別事業による研究論文

** 東海大学航空宇宙学科 † 東北工業大学電子通信学科

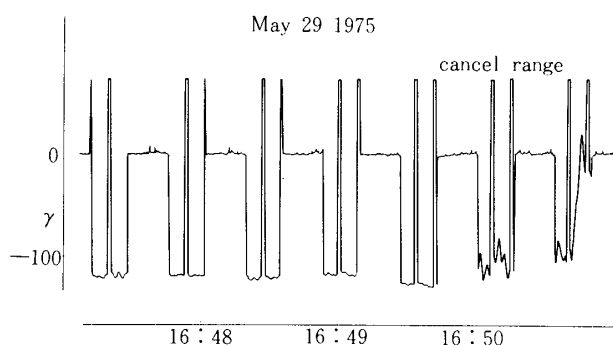


第 1 図



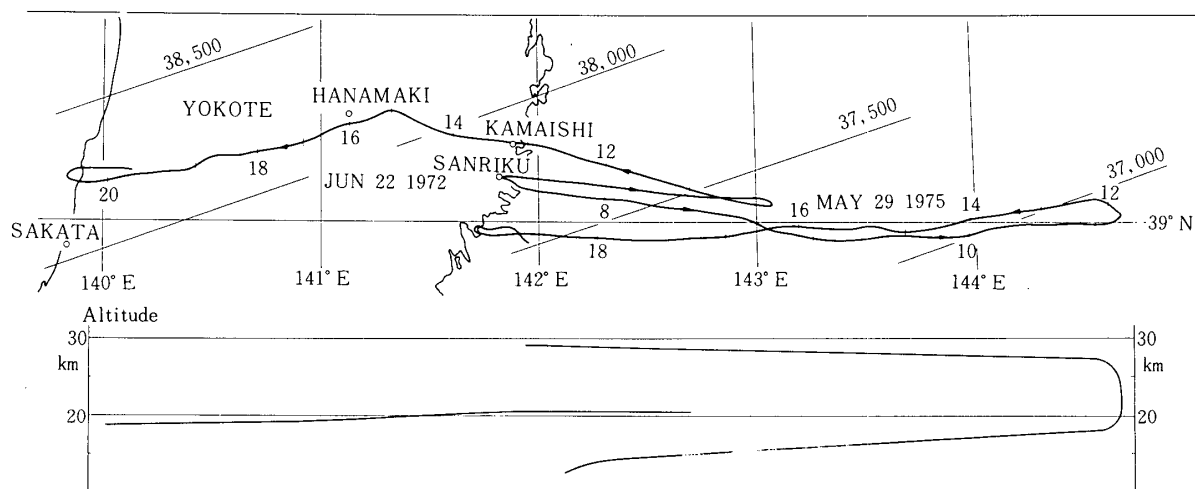
第 2 図

バーをつけた。大気球全体の構成は図2の通りである。観測は15秒毎にプロトン磁力計と倍周波磁力計の観測を切替えて行った。倍周波型磁力計による地磁気垂直成分記録例は図3のようであり、約6秒間の垂直成分記録と約1秒間の外部打消磁場レベル記録を交互に記録している。同図で15秒毎に記録が零レベルになり雑音を記録しているがこの間にプロトン磁力計による観測が行われている。16:50頃の乱れはバラスト落下の影響である。



第 3 図

大気球観測所のデータによると1975年5月29日放球された大気球(B₅-61)の航跡・高度は図4の通りで、ほぼ北緯39度線に沿って約16kmの高度で東に飛翔し、三陸より約250kmの地点で上昇し約28kmの高度に達した後ほとんど同じ航跡で西に戻り三陸町上空附近で切り離され回収された。なお、同図には前回(1972年6月22日)の大気球(B₅-30)の航跡・高度も示してある。また、海上保安庁及び国土地理院より公表されている Japanese W.M.S.



第 4 図

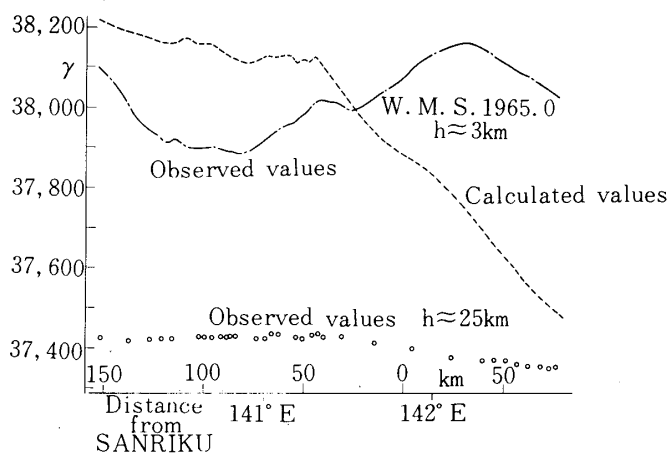
magnetic charts (1965年) に示されている地磁気垂直成分の理論値も示した。

3. 東北地方内陸部での観測結果

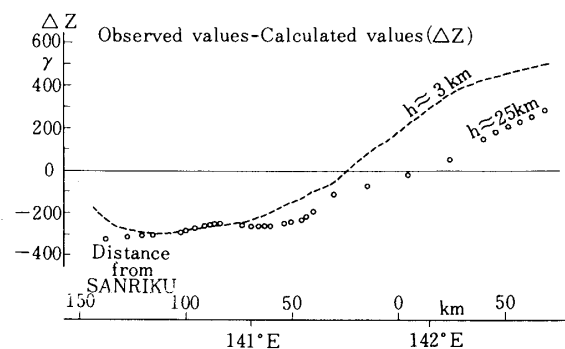
1672年6月22日、大気球により図4に示すような航跡・高度で倍周波磁力計により地磁気垂直成分が観測された。観測値は検出器の回転などによる短周期の変化を除くため10分毎の平均値を取り図5に○印で示した。観測機器はその後無傷で回収されたため改めて垂直成分の絶対値の校正を行った。今回の報告はその校正値を用いた。また、W.M.S. より航跡に沿った点での垂直成分の観測値と理論値 (W.M.S. の観測値は飛行機により3 km上空で観測されたものであり、理論値はそれらから最小自乗法で求められたものである。)を読み取り図5に一点鎖線 (観測値) と点線 (理論値)

で示した。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三陸よりの距離で目盛りしてあり以下の図の横軸も同様である。次に、W.M.S. の理論値を用い、後述のような高度補正をし更に、経年変化の補正をした上で求められた値を25 km上空での垂直成分の理論値とした。以上のようにして得られた観測値より理論値を差引いて得られた3 km上空及び25 km上空での値 (ΔZ) を図6にそれぞれ○印及び●印で示した。一方、国土地理院水沢測地観測所の地磁気変化記録によると飛行当日の地磁気は比較的平穏であったので地球外部からの擾乱は無視できる。従って、図に示した ΔZ の値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。そこで図7のように磁化が垂直成分のみを持つと仮定し二層の磁氣的地下構造を考え、上層と下層が図のような形に接しそれぞれの層の磁化の強さの差 (ΔI_z) が 3.8×10^{-3} C.G.S. であるとしてモデル計算を

すると3 km上空と25 km上空では同図の○印及び●印のような値となる。図7で観測値と計算値を比較してみると25 kmでの値が零レベル付近で多少違うが全体的にかなり一致している。図4に見られるように実際の航跡はかなり緯度線に対し曲っておりこれを二次元で考えたことなど多少の無理はあるが図7は大略的な東北地方内陸部の磁氣的地下構造を示していると思われる。磁氣的性質の大きな差異は地殻と上部マントルの間であると考えられ



第 5 図



第 6 図

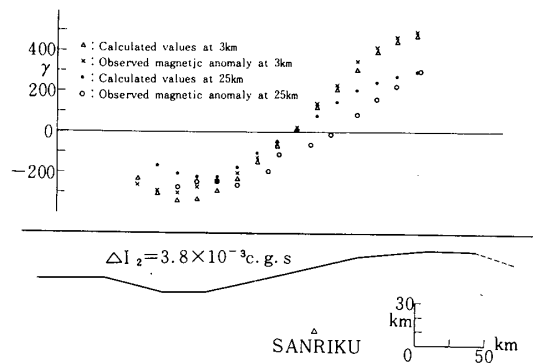
観測値と計算値を比較してみると25 kmでの値が零レベル付近で多少違うが全体的にかなり一致している。図4に見られるように実際の航跡はかなり緯度線に対し曲っておりこれを二次元で考えたことなど多少の無理はあるが図7は大略的な東北地方内陸部の磁氣的地下構造を示していると思われる。磁氣的性質の大きな差異は地殻と上部マントルの間であると考えられ

るので求められた地下構造はほぼ地殻構造（モホ不連続面までの）を示すものである。

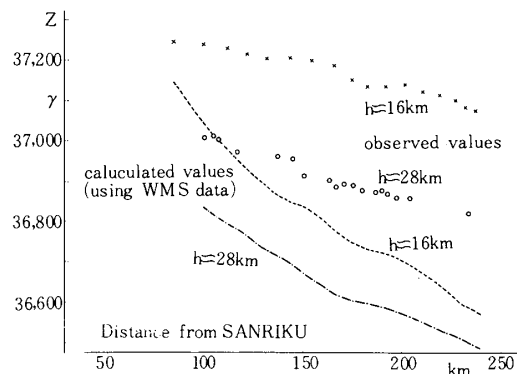
4. 三陸沖での観測結果

前回（1972年）の観測においては大気球の飛行中にプロトン磁力計が故障し全磁力の観測ができなかったが、1975年5月29日の三陸沖での大気球による観測ではプロトン磁力計及び倍周波型磁力計により地磁気全磁力及び垂直成分が観測され、これらから水平成分も求めることができた。倍周波型磁力計により得られた垂直成分の観測値は前回と同様に10分毎の平均値を取り、図8に×印（高度約16kmで東に飛行中の観測値）と○印（高度約28kmで西に飛行中の観測値）で示した。また前回と同様にW.M.S.より航跡に沿った点での垂直成分の理論値を読み取り、更に、図4に見られるように大気球の航跡が往復で交叉した時の高度差を用いて高度補正（17r/km）を行い、経年変化の補正をした上で図8に点線（東に飛行中の航跡・高度での理論値）と一点鎖線（西に飛行中の航跡・高度での理論値）でそれぞれの高度での理論値を示した。以上のようにして得られた観測値より理論値を差引いて得られるそれぞれの高度での値（ ΔZ ）を図9に示す。一方、観測当日の地磁気は比較的平穏であったので図9に示された ΔZ 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。従って、垂直成分異常は三陸沖で正であるが内陸部では負になっていることが注目される。

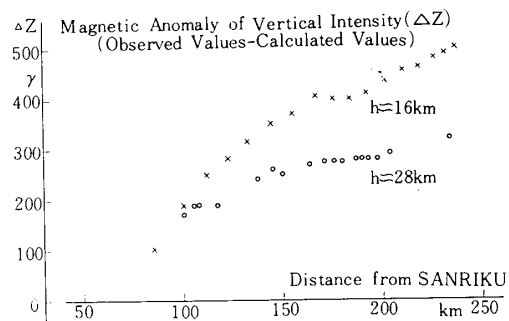
次に、プロトン磁力計により得られた全磁力についても観測値を5分毎に平均して求めた値を×印（東に飛行中の観測



第 7 図



第 8 図



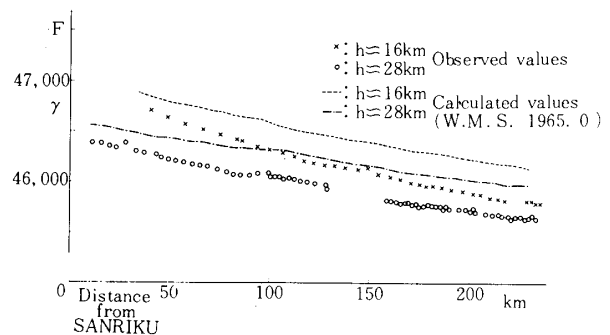
第 9 図

値と○印（西に飛翔中の観測値）で図10に示す．同図には W.M.S. より求めた全磁力の理論値を高度補正 ($22 \gamma / \text{km}$)，経年変化補正して得たそれぞれの高度での全磁力の理論値も示してある．これらの観測値より理論値を差引いて得られる値 (ΔF) は ΔZ と同様に地下構造による全磁気異常を表わしていると考えられ図11に示す通りである．

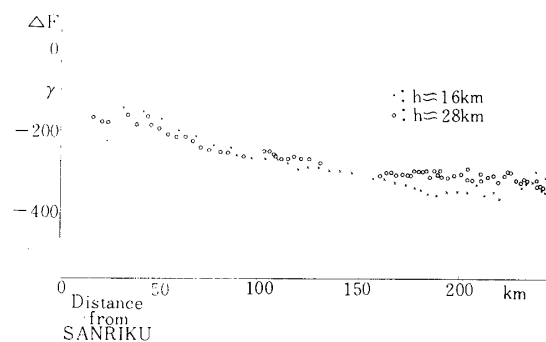
観測された全磁気と垂直成分より水平成分が求められる．図12に水平成分の観測値と W.M.S. を用いて求めたそれぞれの高度での理論値を示す．観測値と理論値の差，即ち，水平成分異常 (ΔH) を図13に示す．以上の図を見るといくつかの特徴が目につくが特に 200 km 附近，即ち，日本海溝附近で明らかな変化が見られ，これは日本海溝附近の磁氣的地下構造がまわりと異なっているためと思われる．全磁気異常及び水平成分異常をも含めた磁氣的地下構造を考えねばならないがここでは前回と同様に垂直成分のみの磁化を仮定して，図14に示すような二層の磁氣的地下構造を考えモデル計算した結果垂直成分異常は14図で示した地下構造で説明出来る．磁気性質の相異はモホロビッチ不連続面を境とした地殻と上部マントルで著るしいと考えられるので，求められた構造は地殻の構造と考えられる．

ここに注目されるのは日本海溝附近で磁気異常が明らかに負の方向にあることで，日本海溝附近で地殻の構造に凹みがあることを示して居る．

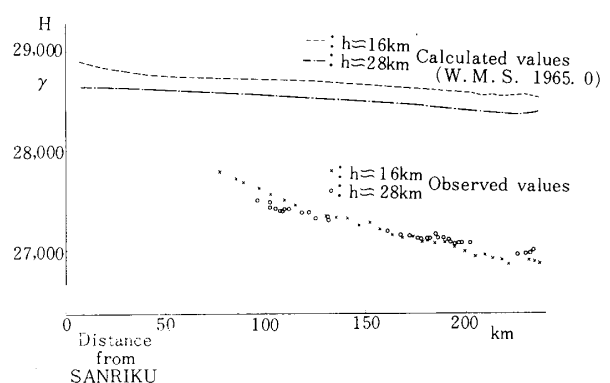
第15図に東北日本及び三陸沖 250 km に至る地域で 2 回に渉る大気球による観測で得られた地下構造（磁氣的）を示した．又同図に別個に地磁気変動の垂直成分変



第 10 図



第 11 図



第 12 図

化と水平成分変化との比 ($\Delta Z / \Delta H$) から求めた上部マントルの電気伝導度の異常分布も示してある。従ってこの図は東北日本から日本海溝に至る地域の電磁氣的構造即ち地殻及上部マントルの構造を示すものと考える。

注目すべき事は三陸沿岸で上部マントルが落ちこんでいることと日本海溝附近で地殻上層が凹みを有して居ることである。

5. 結 語

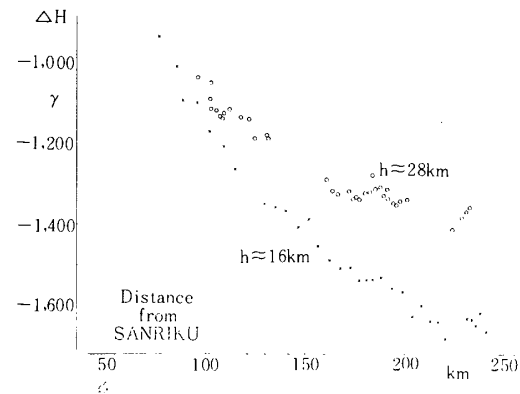
大気球による地磁気全磁力及び垂直成分の観測結果を示し、垂直成分異常から磁氣的地下構造を求め更に電気伝導度異常から求めた上部マントル構造と併せて東北日本及び三陸沖に至る地域の電磁氣的地下構造を推定した。

この実験に多大な御援助をいただいた東京大学宇宙航空研究所の西村純教授、広沢春任教授ならびに実験班の方方に深く感謝し、また当日の地磁気変化記録を提供して載いた国土地理院水沢測地観測所の水野浩雄所長に感謝の意を表するものである。

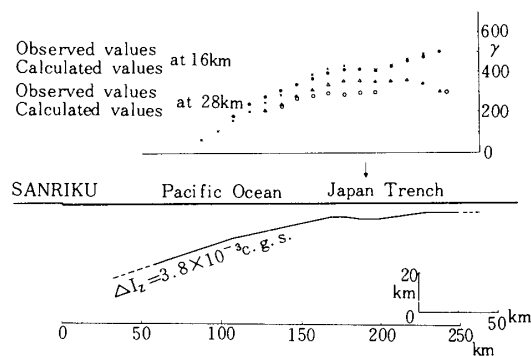
1975年5月31日

参 考 文 献

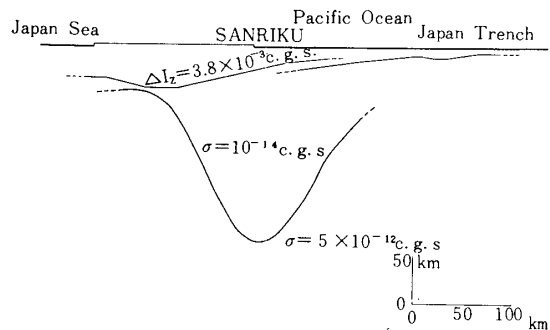
- [1] 加藤愛雄他：宇宙研報告，10. (1974), 160
- [2] Japanes W.M.S. Magnetic Charts for 1965
- [3] L.J.Peters：Geophysics, 14. (1949), 290



第 13 図



第 14 図



第 15 図