

カナダ北極圏の Conductivity Anomaly (Alert および Mould Anomaly)

東大地震研究所 行 武 毅

1. ま え が き

AlertとMould Bayは第1図に示すように、いずれも北極圏に位置する、カナダの観測所で、両地点における地磁気変化は、Polar cap の電離層を流れる電流の乱れや、Auroral current の影響を受けて、非常に不規則に乱れている。AlertとMould Bay における地磁気変化の異常は、世界各地で発見されている、変化異常の二つの側面を代表している。Alert の変化は、日本やドイツで見出された変化の型に属し、電気伝導度の高い物質が地表近くまで持ち上げられた水平方向に不均一な地下構造に由来すると考えられる。これに反して、Bould Bayの変化は高い電気伝導度をも物質が、地表近くに層状をなくして広範囲にひろがっている場合である。

2. Alert Anomaly

Alert地域では、観測所を含む北西 - 南東の測線上で約200Kmにわたって臨時観測が実施された。Alertも観測所それ自身での変化異常の特徴は次のように要約される。^{1) 2) 3) 4) 5)}

- a) 地磁気の変化が主として北西 - 南東方向に局限される。
- b) 北西 - 南東方向に変化する水平成分の振幅が、Alertでは100Km程離れた点と比較すると約1.8倍に達する。水平成分の振幅は、北西 - 南東方向にAlertを中心に対称的に小さくなるが、鉛直成分の変化は非対称である。(第2図)
- c) 電場の変化が南北方向にのみ限られその振幅が小さい。

先ずb)は第2図のように北東南西方向に走る円筒状の導体を考えれば、大よその説明はできる。円筒に対する電磁誘導効果と、地下60Kmに線状電流を置いた時の磁場分布とが示してある。即ち半径50Km、 3×10^{-11} emuの円筒状の電導体が地下約50~70Kmに存在するとすればb)に述べた磁場変化の特徴の概要を説明することができる。Rikitake - Whitham⁶⁾は深さ約100Kmに広がる電導体より円筒もしくは楕円柱が盛り上っているモデルを導入した。第3図のようなモデルに対して電磁誘導を計算した結果、よりよく観測事実と適合することがわかった。図中点線は円筒モデル、実線は楕円柱モデルに対する電磁

誘導で、両者の間に顕著な相異は認められない。簡単のために電気伝導度(σ)を無限大にとってあるが、 $\sigma = 3 \times 10^{-11} \text{ emu}$ としても殆んど差がないと予測される。

以上が地磁気変化に対する解釈であるが、地電流観測より得られた電場の変化が、この解釈に困難を加えることになった。Alertにおける電場変化の特徴は、変化が極端に南北に限られること、地磁気の水平成分の変化と同位相であること、電場と磁場の比(E/H)が240秒から6000秒の周期にわたって一定で $0.13 \frac{\text{mV}}{\text{kmr}}$ という異常に小さい値を示すことである。

いま水平成層構造を考え、深さDより下が、非常に電気伝導度の高い物質で占められ、それ以上は絶縁体であるとする。電磁場比は近似的に

$$\frac{E_x}{H_y} = i\omega\mu D$$

与えられる。ここで ω は周波数、 μ は透磁率である。すなわち、電磁場比は周波数に比例し、その間には 90° の位相差が存在する。これは明かに観測事実を説明することができない。次に地表から深さDまでが高電導体層(電気伝導度 σ)で、それ以上が絶縁体であるとする、電磁場比は

$$\frac{E_x}{H_y} = \frac{1}{4\pi\sigma D}$$

で、周期に無関係に一定となり、電場磁場が同位相となる。 $\sigma = 10^{-11} \text{ emu}$ のものが深さ約6kmまで地表を覆っているとすれば観測結果の振幅と位相に対する解釈はつく。しかしこれは、地磁気変化より得られた円筒モデルとは合致しない。

この矛盾を救うためには、電場変化は極く表層の影響を強く受け、磁場変化は比較的深い部分までの情報を含んでいるとして、地表近くに薄い導体層があり、その下に高電導体の隆起を考えれば説明がつくかも知れない。

以上がAlertにおけるOA観測、研究の概要であるが、観測された現象のうち、磁場変化および電場変化の異方性が未解決のまま残されている。磁場変化の異方性は、円筒の代りに先端が鋭く上がった楔形状の電導体が地表近くまで貫入しているとすれば説明できるかもしれない。

3. Mould Bay Anomaly

Mould Bayにおける地磁気変化の特徴は、短周期変化の振幅が著しく小さいことである。これは電気伝導度の大きい物質が、地表近くに水平にひろがっているためであると解釈され

る。3)4)7)

1963年夏に、Mould Bayを中心とした200~300Kmの範囲で、臨時観測が実施された。その記録を見ると、Mould Bayより200Km位迄の所は鉛直成分の変化が小さく、それ以遠になるとかなりの変化が認められる。これは高電導体の拡がりが大體200~300Km程度であることを示唆している。同時観測の例を数カ選び出し、その変化に対してパワー・スペクトル解析をおこなった。更に鉛直成分と水平成分の比を求め個々の観測点での平均を出したが、Mould Bayについての結果を示すと第4図のようになる。

今、電気伝導度が 10^{-11} emu で厚さDの導体層が地表から深さhのところから水平に広がっていると(導体層以外は電気伝導度を0とする)電磁誘導を計算する。外部磁場の波長が与えられると、あるいは、空中で鉛直方向に $e^{-\nu z}$ の形で磁場が減衰する時の減衰係数 ν が知られていると磁場変化の鉛直成分と水平成分の比は、hおよびDをパラメーターとして周期の函数として表わされる。理論結果を観測と比較することによって、Dとhを決めることができる。

鉛直成分と水平成分の比は、外部磁場の波長、もしくは ν の値に大きく左右されるので、この方法を適用するにあたっては、まず外部磁場の波長を決めなければならない。そこで、Mould Bayの変化を基準として各観測点の変化とのCoherenceを計算し、Coherenceが0.6となる距離を外部磁場の半波長とすることにした。こうして先ず $\nu = 5 \times 10^{-8} \text{ cm}^{-1}$ が得られた。長周期で1に近い磁場比が周期が短くなるにつれて、急に減少を始めるが、その曲り角や傾斜が電導体の厚さに大きく影響される。すべての観測点での解析結果についてこの部分をもっとも適合するよう、電導体の厚さDを5Kmとすることにす。以上のように ν とDを定めると、磁場比 $\frac{Z}{H}$ は深さhを10, 20, 30, 40Kmと変えた時、周期によって第4図に示した曲線のように変化する。観測値と比較すると $h = 25 \text{ Km}$ とするのが妥当のように見える。

以上の操作を各観測点で繰り返し、それぞれの場所での電導体までの深さを示したのが第5図である。即ち厚さ5Km位の導体の層が第5図Mould Bay附近(MB)で約25Kmの深さにあったのが、200Km離れたMGでは約50Kmの深さとなり、それより遠くなると急に100Km位の深さになってしまう。

完全導体の表面では、磁場変化が導体面に平行になることはよく知られている。ある場所で磁場の变化ベクトルが一平面上に局限されるとすると、その点のすぐ近くに高電導体があると考えられる。この平面(induction plane)からのベクトルのばらつきは、観測点から導体までの距離をはかる目安ともなる。第4図にはinduction planeの傾きと、その

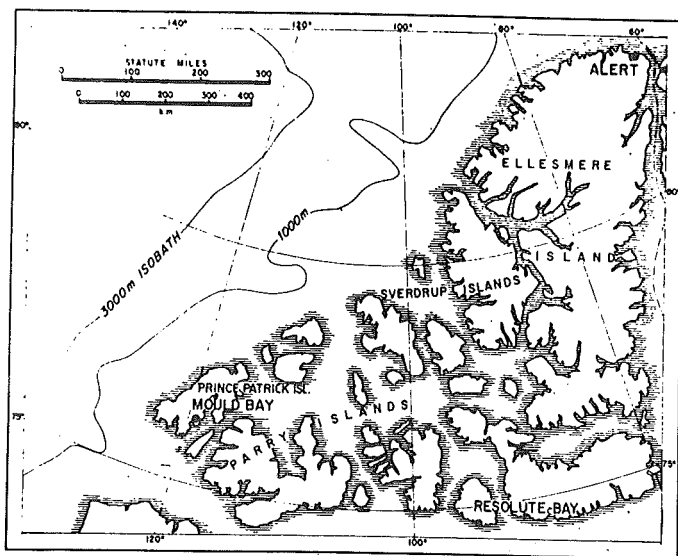
面からのベクトルのばらつきが、縦線で相対的に示してある。このようにして得られた induction plane の傾きと、MB, MI, MC で求められた電導体の深さを連ねる線が非常によく一致するのは興味深い、またSB, WB では面からのベクトルのばらつきが大きくなっているが、これも深さの見積りと矛盾がない。

現在までに得られた地磁気変化を説明するには100Km位の深さに存在する電導体が、MC、とSBとの間で急に持ち上げられ、Mould Bay附近では非常に地表近くに達しているとするのがもっとも妥当である。しかも導体層の厚さは意外に薄くて数Kmの程度と推定される。

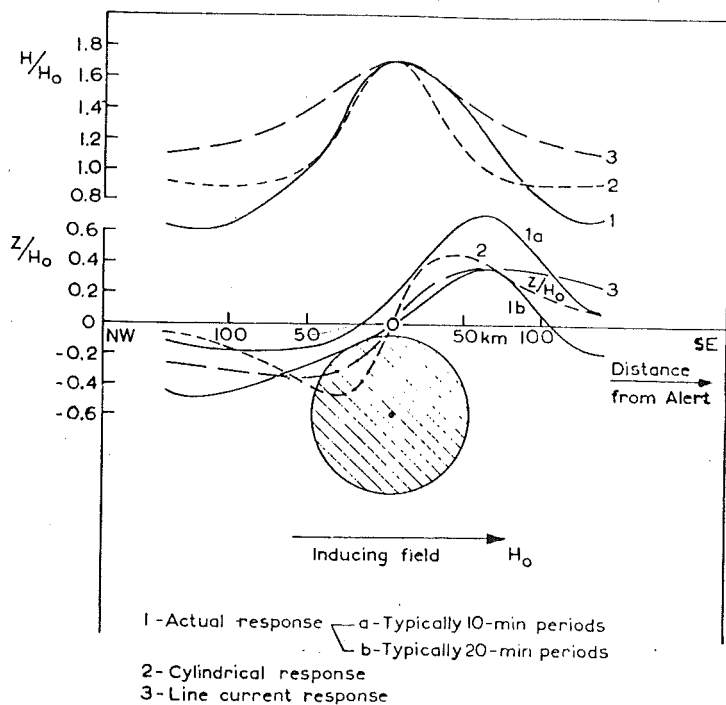
文 献

- 1) K.Whitham and F.Andersen, "The anomaly in geomagnetic variations at Alert in the Arctic Archipelago of Canada," Geophys. Jour. Roy. Astr. Soc., 7(1962), 220-243.
- 2) L.K.Law, J.DeLaurier, F.Andersen and K.Whitham, "Investigation during 1962 of the Alert anomaly in geomagnetic variations," Canad. Jour. Phys., 41(1963), 1868-1882.
- 3) K.Whitham, "Anomalies in geomagnetic variations in the Arctic Archipelago of Canada," Jour. Geomag. Geoelec., 4(1964), 227-240.
- 4) K.Whitham, "Geomagnetic variation anomalies in Canada," Jour. Geomag. Geoelect., 17(1965), 481-498.
- 5) K.Whitham and F.Andersen, "Magneto-telluric experiments in Northern Ellesmere Island," Geophys. Jour. Roy. Astr. Soc., 10(1965), 317-345.
- 6) T.Rikitake and K.Whitham, "Interpretation of the Alert anomaly in geomagnetic variations," Canad. Jour. Earth Sci., 1(1964), 35-62.

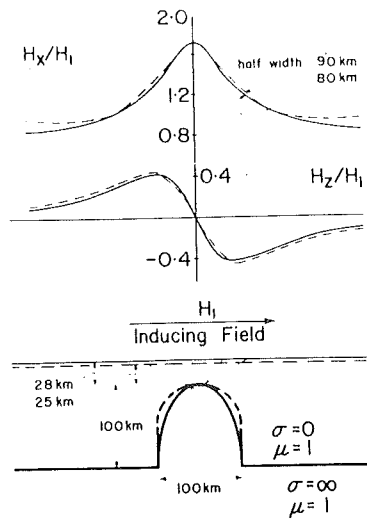
- 7) K. Whitham, "Anomaly in geomagnetic variations at Mould Bay in the Arctic Archipelago of Canada," *Geophys. Jour. Roy. Astr. Soc.*, 8(1963), 26-43.



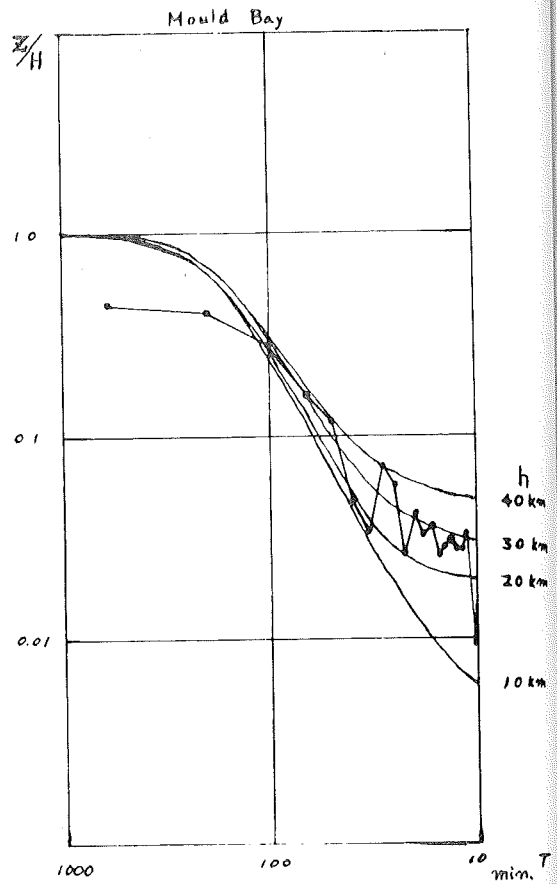
第1図 AlertとMould Bay



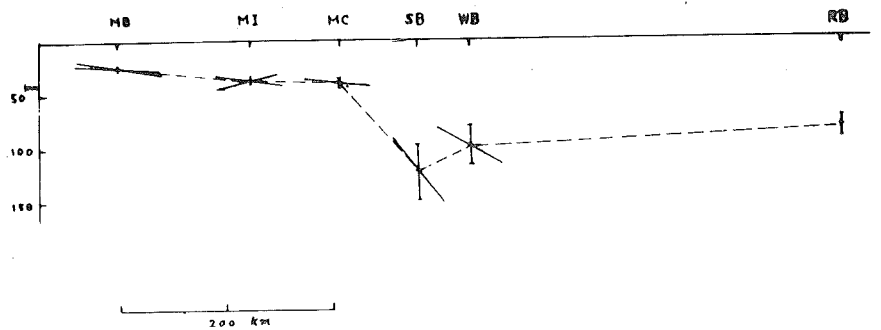
第2図 観測された変化磁場の分析と円柱による誘導磁場



第3図 円柱モデルと楕円柱モデル



第4図 Mould Bayにおける磁場の鉛直成分と水平成分との比, H : 導体層までの深さ



第5図 Mould Bay—Resolut Bay間での導体層の分布と induction plane の傾斜