

投げ込み方式と海底ステーション（定点）方式 による全磁力の精密測定

小泉金一郎^{*1} 瀬川爾朗^{*1}

最近海底で行なったプロトン磁力計による全磁力の測定結果についてのべる。プロトン磁力計による海底での測定は1986年より始められ、磁力計の測定精度をよりよいものにするため、これまでいろいろと改良が行われている。投げ込み方式測定は測定点に再現性がないので、海底に設置されている定点において測定するという方式（海底ステーション〔定点〕方式）も1989年より始められた。

海底ステーション（定点）において、測定を繰り返すことは、地磁気の長期間変化を明らかにする一つのステップと考えられる。

Precise Measurement of Total Magnetic Field at Temporary and Fixed Stations on the Sea Floor

Kin-ichiro KOIZUMI^{*2} Jiro SEGAWA^{*2}

This paper reports the results of measurement of total geomagnetic field at the sea floor by use of proton magnetometers.

Sea floor measurement by the proton magnetometer began in 1986 and several improvements have been made to enhance the accuracy of measurements. The freefall-popup measurement does not guarantee the repeatability of the site of measurement, so that, in 1989 the measurement at fixed, known sites which were established by ocean bottom stations was started. The measurement at a fixed station is regarded as a step towards the detection a long-term geomagnetic variation.

* 1 東京大学海洋研究所

* 2 Ocean Research Institute, University of Tokyo

1. はじめに

小泉, 瀬川ら(1988年)により報告されているように, 我々は水深6000mまで測定可能な海底磁力計の開発を行ってきた。海底プロトン磁力計の目的は, 初めはフラックスゲート型磁力計のドリフトを調べることであった。この測定は, 1987年鳥島の近くの海底で行われた($30^{\circ}57.1'N$, $140^{\circ}39.1'E$)。

この測定ではプロトン磁力計で得られたデータに, 約10nTの短周期のバラツキがあった。しかし, 長期間(約80日)にわたり連続データが得られ, フラックスゲート型磁力計のドリフトを求めるには大変役立つものであった。

プロトン磁力計のアバレの原因は3つ考えられる。

- ①周囲温度の低下あるいは電導性をもつ海水が磁力計全体を包んだため, アンプのチューニングがずれた。
- ②磁力計は完全な絶縁被膜でおおわれており, 電気回路のグランドが海水から浮いているため, 回路上のいくつかの不安定さの原因になった。
- ③磁力計で使用しているリチウム電池が周囲の温度が下がったため電圧降下した。

図1に, これまでに測定されている点の位置を示す。*印には海底ステーション(定点)が設置されている。

2. 投げ込み方式による全磁力の測定

1989年の春, 海底プロトン磁力計を茨城県沖の $36^{\circ}14.3'N$, $141^{\circ}18.8'E$, 水深1011mに設置した。

磁力計は1988年, 小泉, 瀬川らにより報告されているタイプとほとんど同じ型のものである。図2にその概略図を示す。

磁力計は4月13日に設置され, 4月15日に切り離し装置によって回収された。以前の測定と異なる点は, センサーコイルに流す励磁電流を1.0Aから1.5Aに増加したこと, また全体をアルミ酸化物でコーティングされた耐圧容器を, 部分的にコーティングをはがし海水と容器が電氣的につながるようにした。この改良は好結果をもたらした。その結果を図3に示す。この測定結果のアバレは1nTより小さいものである。中央のプロファイルは気象庁地磁気観測所(柿岡)での全磁力

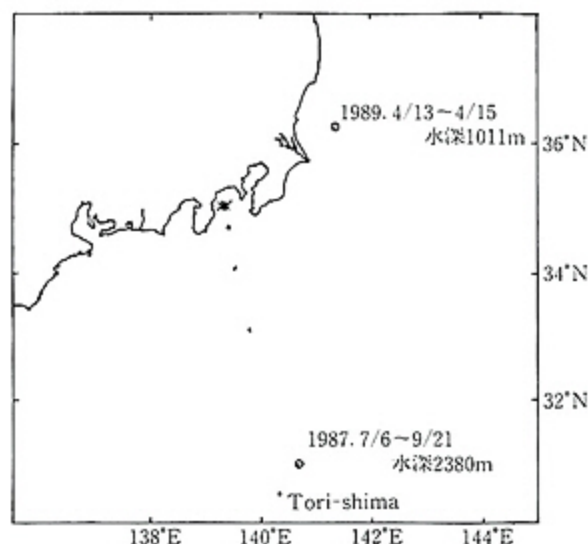


図1 これまでに測定されている点の位置を示す
*印は海底ステーション(定点)が設置されている

Fig. 1 Map showing the sites of installation of the proton magnetometer.
Ocean Bottom Base sites are marked by*.

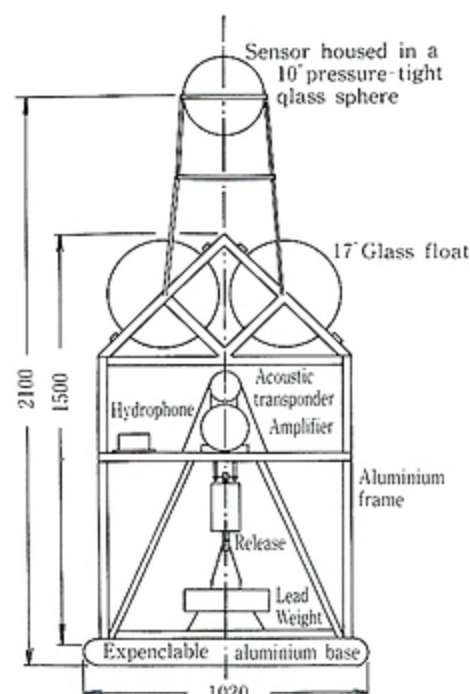


図2 投げ込み式海底プロトン磁力計の概略図

Fig. 2 A schematic design of the ocean bottom proton magnetometer (pop-up type)

の測定結果、下は海底における測定結果である。データは5分毎にプロットしてある。地磁気観測所と鹿島灘の全磁力差は約300nTであり、これは地域的な磁力異常によるものである。

図3のプロファイルは地磁気観測所と海底の全磁力差の変化を示している。

地磁気観測所と海底での測定点との距離は、100km以下であり、それらの緯度はほとんど同じである。2測定点の日変化の位相は異なっている。この2測定の結果は、約7nTの振幅で変化する。それは6時から減少し始め9時より増加している。夜間における差はほとんど一定である。この変化は磁場の日変化によるものである。

海底の測定は地磁気観測所のある柿岡より東にあるので、より早く日変化が始まる。したがって、海底での測定は正しくなされた結論できる。このことから海底ステーションにおいても陸上における測定と同じように、全磁力が正確に測定され得ると期待することができる。

3. 海底ステーション（定点）における全磁力の測定

我々は長期間同一点で測定する目的で、海底ステーション（定点）での測定を繰り返し行う考えである。現在相模湾には三つの海底ステーションがある（図1参照）。二つの海底ステーションは相模トラフの西側にあり、もう一つは東側に設置されている。

海底ステーションは大きさ110cm×110cm×

50cm、空中重量800kgで、炭素補強材を使ったコンクリートでできており、その場所を識別するため、キセノンフラッシャーのついた水中音響装置が取り付けられている。

海底ステーションは、鉄または他の磁性体を使っていないので非磁性である。ここで使われた金属は非磁性の純チタンのみである。水中音響装置とフラッシャーは、海底ステーションの位置決めとそれに接近するために使用している。水中音響装置はある程度磁性をおびているが、磁気測定を行う時は別の場所に移動することができる。海底ステーションの表面には、円錐形のくぼみがあり中央には直径12cmφの穴があいている。これらの穴は海底ステーションに設置された測定器の位置の再現性を保証するためである。

海底ステーション（定点）で使用するプロトン磁力計は、投げ込み式で使ったものと同じものであるが、アルミのフレーム台と水中音響切り離し装置等は使用しない。

センサーとプロトン磁力計のアンプとバッテリーの入ったアルミの耐圧容器のみ、「しんかい2000」で海底ステーションまで運んで使用する。写真1は潜水船にプロトン磁力計をセットした様子を示す。

測定は海底ステーション（定点）No.1（位置35°00.5'N, 139°16.5'E, 水深1370m）で1989年10月27日に行われた。センサーは海底ステーションの中央部、高さ（海底ステーションの表面より）

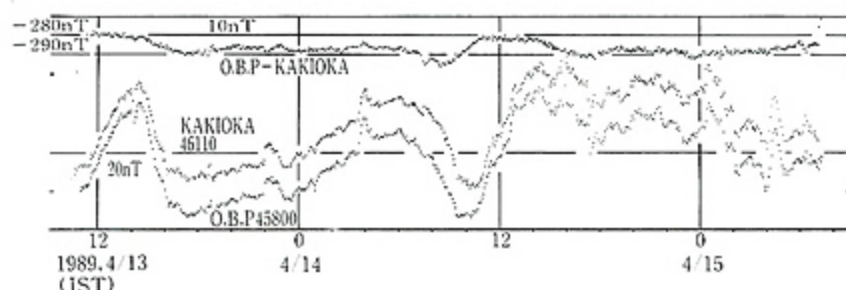


図3 1989年鹿島灘における測定結果。いちばん上のプロファイルは柿岡地磁気観測所と海底プロトン磁力計で得られた差を示す。中央のプロファイルは柿岡地磁気観測所、いちばん下は海底での測定結果を示す

Fig. 3 The result of measurement in 1989 at the temporary site (Kashima-Nada). The upper profile shows the change of the difference of total magnetic field with time between Kakioka and the sea floor. The middle profile is the measurement at Kakioka and the lower profile is the measurement at the sea floor.

75cmの所に設置した。センサーとアンプ、バッテリーの入っているアルミの耐圧容器は3.4mのケーブルでつながれている。アルミの耐圧容器は海底ステーションの横に70cm以上離して置いた。写真2は海底ステーション（定点）に海底プロトン磁力計をセットした様子を示す。

潜水船の動きと観測時間は次のようなものである。

1989年10月27日

- 12:30 磁力計設置終了
- 12:35 海底ステーションより潜水船が離れ始める
- 12:40 潜水船は海底ステーションより約56m離れて停止（測定中）
- 13:40 この間約1時間の測定を行い潜水船は海底ステーションに向け航走開始
- 13:50 フラッシャーの点滅テスト
- 13:55 磁力計の回収開始

この時の測定結果を地磁気観測所のデータと共に図4に示す。

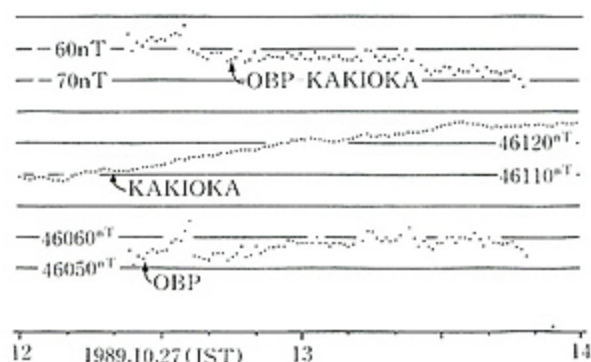


図4 海底ステーション（定点）と地磁気観測所の測定結果

Fig. 4 Results of measurement at an ocean bottom base and the Kakioka geomagnetic observatory.

The upper profile shows the change of the difference of total magnetic field with time between Kakioka and the sea floor.

The middle profile is the measurement at Kakioka and the lower profile is the measurement at the sea floor.

この結果は1989年の4月に行われた投げ込み式の測定点で得られた結果よりも、アバレが多い。しかしその原因は明らかではない。始めの予定では、海底ステーションに設置されている水中音響装置を、測定中は10~20m離れた所に移動するつもりであったが、これを回収するとき潜水船が海流で流され、色々努力したけれども移動できず、センサーの近くにそのまま置かれることになった。

陸上のテストで、海底ステーションに設置されているトランスポンダをプロトン磁力計の近くにおいて、そのシグナルの出力を調べたことはないが、非磁性体ではないので全磁力の測定値もシフトし、また、シグナルの出力も悪くなると考えられる。地磁気観測所のデータと比較すれば、12時40分から13時20分の間は時間変化は同じ傾向にある。しかし13時20分以後この傾向が異ってくる。

図5に10月27日の0時から18時（日本時間）までの地磁気観測所の全磁力のデータを示す。図の中で2本の縦線でマークした所が海底ステーション（定点）で測定された時間に相当する。海底ステーションでの記録は、磁場の日変化の回復時期と一致しており時間変化が急激である。

我々は2測点における測定差は日変化の地域差によるものであろうと考えている。

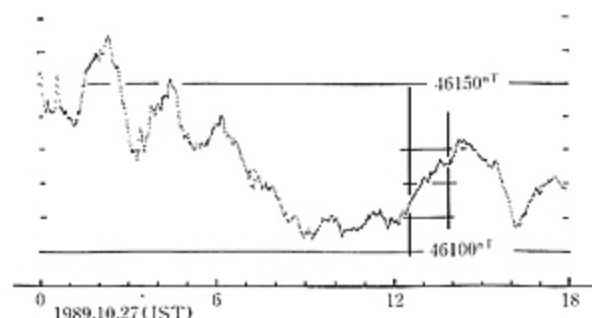


図5 地磁気観測所における測定結果

Fig. 5 Results of measurement at the Kakioka geomagnetic observatory.

4. 考察と結果

海底における磁場の測定は近年さかんに行われている。

それらのほとんどは、海底の地下構造を調べる

目的でフラックスゲート型3成分磁力計などが使われている。3成分磁力計は比較測定であり、測定器自体の時間的なドリフトがあり、また、絶対測定ではない。磁場の絶対値の変動は長期間の磁場変動を研究する上には大変大切なことである。このような目的には、われわれはプロトン磁力計が簡単でもっとも信頼すべき測定器であると考えている。海底においては、特に、絶対値を決定すべき基準となる地磁気の定点が大切となってくる。われわれはこれらの観点から海底プロトン磁力計の開発を行っており、海底ステーションでの測定を行っている。

海底ステーションにおける測定では、測定器を設置するのに有人無人どちらでもよいが潜水船が必要である。

海底における磁場測定の1つの問題点は、測定期間をどのくらいにするかということであろう。電離層と太陽によって時間変動する磁場は幅広いスペクトルを持っている。この研究では、1時間の測定しかなく、この点が問題であろう。

将来、長期間の磁場測定には海底に固定した観測所が必要であり、その近くの陸上の比較点と常に比較することが必要であろう。

潜水船を使用することによって、電源の供給、データの取得方法の改良も必要であろう。

謝 辞

潜水船「しんかい2000」を使用するにあたり、海洋科学技術センターの方々には大変お世話になり深く感謝の意を表する。

東京大学海洋研究所の藤本博巳、古田俊夫氏には海底ステーションの位置測定について大変お世話になった。陸上の測定データは気象庁・地磁気観測所のものを使わせていただいた。海底ステーション（定点）の設置・測定器の回収等は東京大学海洋研究所の「淡青丸」、東京水産大学「神鷹丸」を使用して行った。

お世話になった各機関とそれにたずさわっている方々に深く感謝する。

（原稿受理 1990年4月2日）

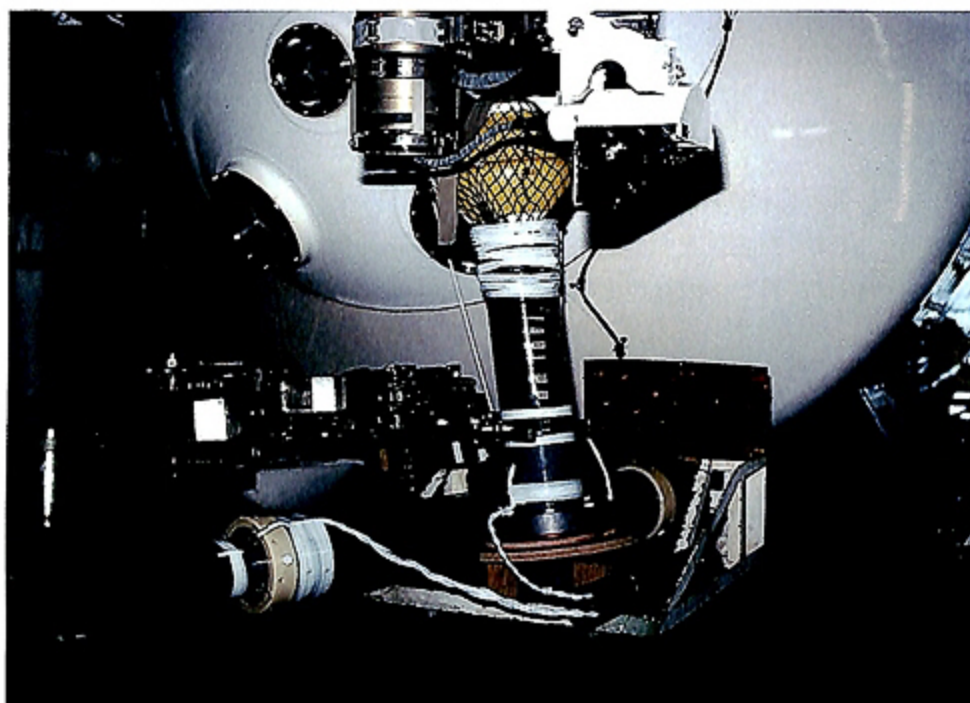


写真1 海底プロトン磁力計を「しんかい2000」前部棚にのせたところ

Photo. 1 An ocean bottom proton magnetometer mounted on the sample shelf in the fore of the submersible.



写真2 海底プロトン磁力計が設置されている海底ステーション（定点）

Photo. 2 View of an ocean bottom proton magnetometer installed on an ocean bottom base.