

KMG28プロトン磁力計による海底磁場観測

田中良和
浜野洋三 ・ 中川一郎

京都大学 理学部
東京大学地震研究所

はじめに

日本の海底地磁気観測は1980年頃から海底下の電気伝導度の調査を対象として成されてきた。観測対象は比較的短周期の地磁気3成分で絶対値はさほど問題とならない。しかし、数10kmより深い電気伝導度構造を調べたり、地震や火山活動にともなう地殻の磁場変化を研究する上で海底における絶対値観測が重要である。CA研究会でも「海底における長期間地磁気観測の構想」が瀬川¹⁾により成されている。筆者らが伊豆大島の火山性磁場観測に開発したプロトン磁力計を海底でテストする機会を得たので報告する。

1. 観測機器

観測システム

海底プロトン磁力計はすでに友田らによって開発され報告されている²⁾。

彼らの装置は陸部から電力を給電し、沖合いの海底で観測するようになっている。ここで述べる装置は閉じた系であり、任意の地点に投下出来るが動作時間は電力面で有限である。海底観測に用いる装置は飛翔体に要求される程ではないが、海中への投入や回収作業を考えると出来るだけ小型、軽量である事が望ましい。

陸上用のプロトン磁力計と異なる点は、機器を耐圧容器に収納せねばならぬこと、センサー周辺が海水と言う良導体であること、記録の回収方法、及び必要量の電力を電池の形で持たせることにある。

センサーコイルの極めて近くを導体で囲むとコイルのQが下がり良い信号が得られないが耐圧容器に納め空隙を作ることで解決出来る。

センサーコイルはソレノイド型とし軸を垂直にして無指向性で用いる。資料液はポリエチレン容器入りケロシン500ccとした。

電力は測定時間間隔と期間、及び測定精度により決まる。ここでは、精度1nT、毎分測定、60日を想定した。

計測・制御にはCMOS化されたマイクロコンピュータを用いる事で簡単化出来る。測定結果はCMOS・ROMに記録し回収後読み取る。

電力の概要は、励磁=24V、0.5A、2秒/計測：CPU部=5V、16mA連続：アンプ部=12V、19mA、3秒/計測：ROM部は微少で励磁、アンプ部から得る。電池はエレクトロ・ケム社のリチウム電池とした。

システムの概要を図1に示す。

耐圧容器はベントス製ガラス球で、センサーに直径25cm、本体に直径43cmのものを用了。耐圧容器として機能するほか、浮上時の浮力材でもある。

センサーケーブルはネオプレン被覆線でシールド型ではない。このためセンサーケーブルのコード側にステンレス製アース環を付け海水を機器アースと同電位とした。

記録には、可動部がなく、小型軽量であることから1メガビットUV・EPROM・2個を採用した。通常の記録は2バイトで充分であるから毎分計測では90日の記録が出来る。電池の磁化や付帯装置の帯磁がセンサー部に擾乱を与えない配慮がある。

リチウム電池は鉄製の容器に入っているため磁化が大きく、バック化した段階で90cmの距離で37nT、1.4mで4nTの磁場を発生した。消磁するとやや小さくは出来るがセンサーと電池は出来るだけ離す必要があった。

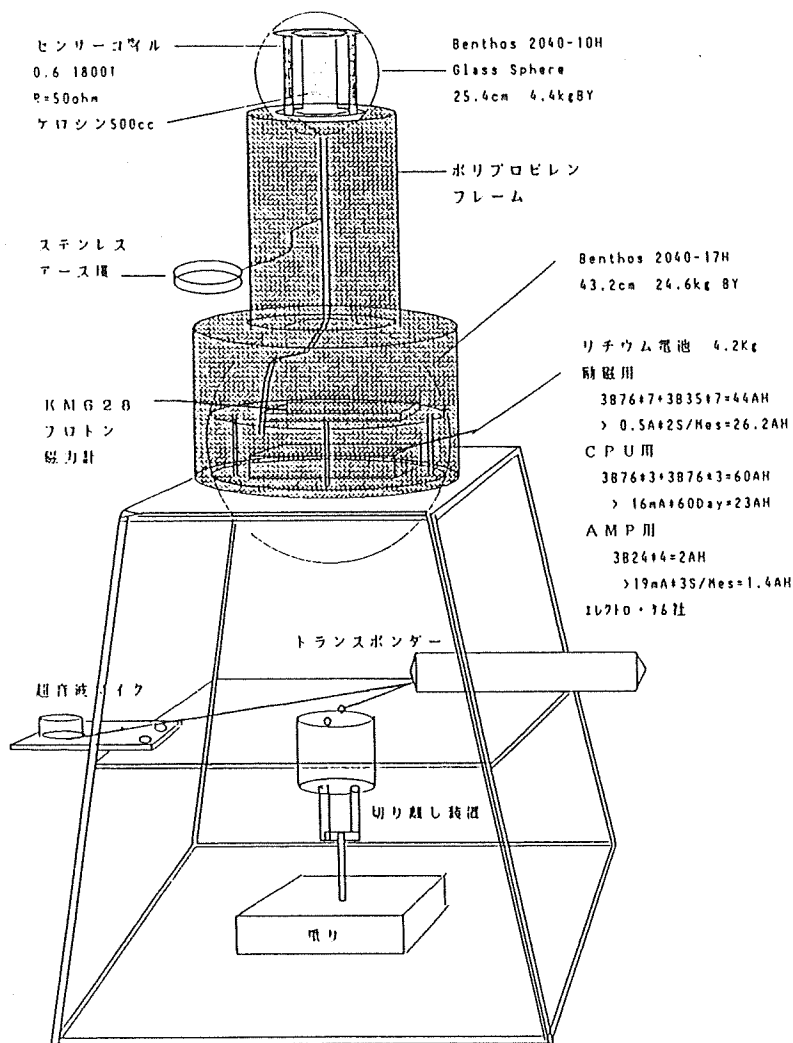


図1 海底プロトン磁力計外観

付帯装置として、回収のためのラジオビーコン、フラッシャー、測深と回収制御用の超音波式切り離し装置（トランスポンダー）、浮力材を用いた。ビーコンとフラッシャーは別途に浮力材を付けロープで10m離し磁化の影響を避けた。

磁力計の概要

磁力計の構成を図2に、計測の流れを図3に示す。励磁は2秒に制限し電力を少なくした。計測は、歳差信号の1016周期を μs 単位で測定し、演算により0.1nT単位に変換する。計測後、アンプなど不用な部位の電源は切られる。記録はROMに行い磁気テープは用いてない。時刻は起動時に設定し管理はCPUで行う。計測は毎分である。

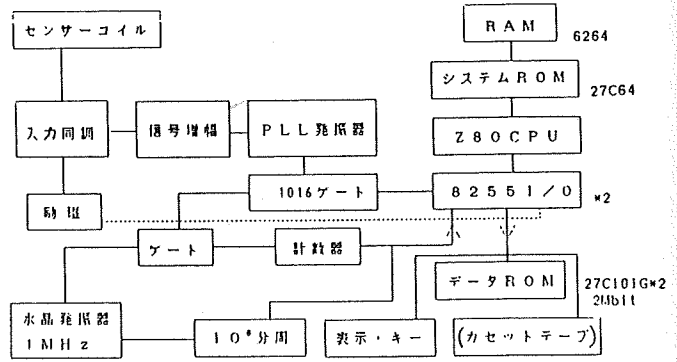


図2 KM628ブロック図

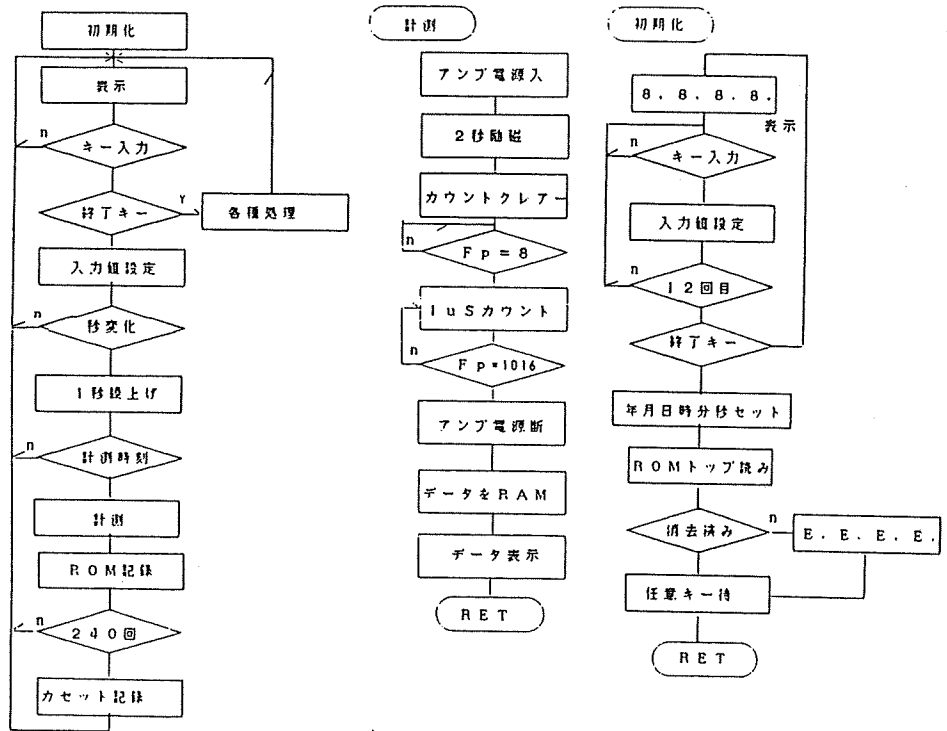


図3 KM628フローチャート

2. 観測の結果

観測は東京大学海洋研究所 淡青丸 T8716航海により行った。

実験1は動作試験でロープを付けて船尾から300m降下させ10月23日8時39分から9時53分までの記録を得た。

図4はこの結果を示したもので、正常な記録を得ている。

実験2は相模湾での2日間の観測である。

投入は1987年10月26日14時37分。着底位置は北緯35度01.54分、東経139度17.72分、海深1396mである。回収作業は10月28日8時34分にトランスポンダー起動。同36分切り離し、9時26分回収を行った。

図5に降下時及び浮上時の記録を示す。

記録から50m/分で降下し、40m/分で浮上したことが判る。

降下、投入時に見られる周期10分程度の数nTの変化はトランスポンダー等の誘導磁化の影響を示しているものと考えられる。

深さ方向に10nT/100mの磁気傾度がありIGRFの10nT/450mに比べ数倍大きい。

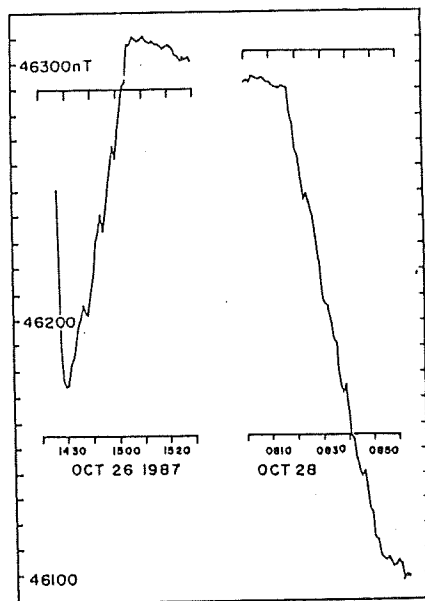
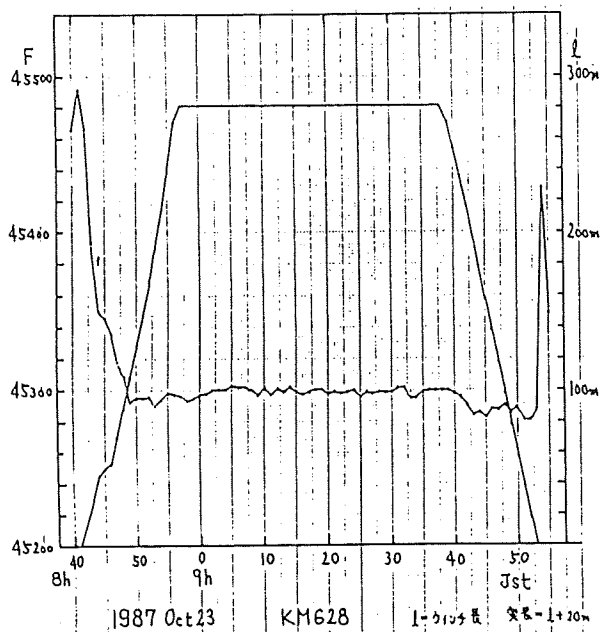


図5 降下・浮上時の磁場変化

図4 実験1の結果。
ワイヤーによる吊り下げ試験

図6に着底以後の記録(OBP)を示す。参照資料として、阿蘇(ASO)、八ガ岳(YPA)、池(IKE)、初島(HAT)、菅引(SGH)の全磁力変化も示した。IKE、HAT、SGHの記録に短周期のノイズがあるが原因は電車等いわゆる漏洩人工電流雑音である。OBPにも2-3 nTのノイズがある。一部は計器雑音とも考えられるが、0時L T頃小さくなっている事から、多くは外来雑音である。この雑音の観測地点相互の相関は良くなかった。内藤ら³⁾は1982年に図7に示す位置で3成分の観測をしている。この観測結果でも同程度の短周期雑音が見られるので、海底と云えども意外に陸からの漏洩電流の影響が残っているらしい。

図8にこれらの参照点とOBPの差、及び八ガ岳のフラックスゲート磁力計によるD、H、Z変化を図示した。この期間に磁気嵐が発生しており、単純差では記録の良否が判断出来ない。そこで田中⁴⁾らの三成分を用いた一次線形補正を行った。

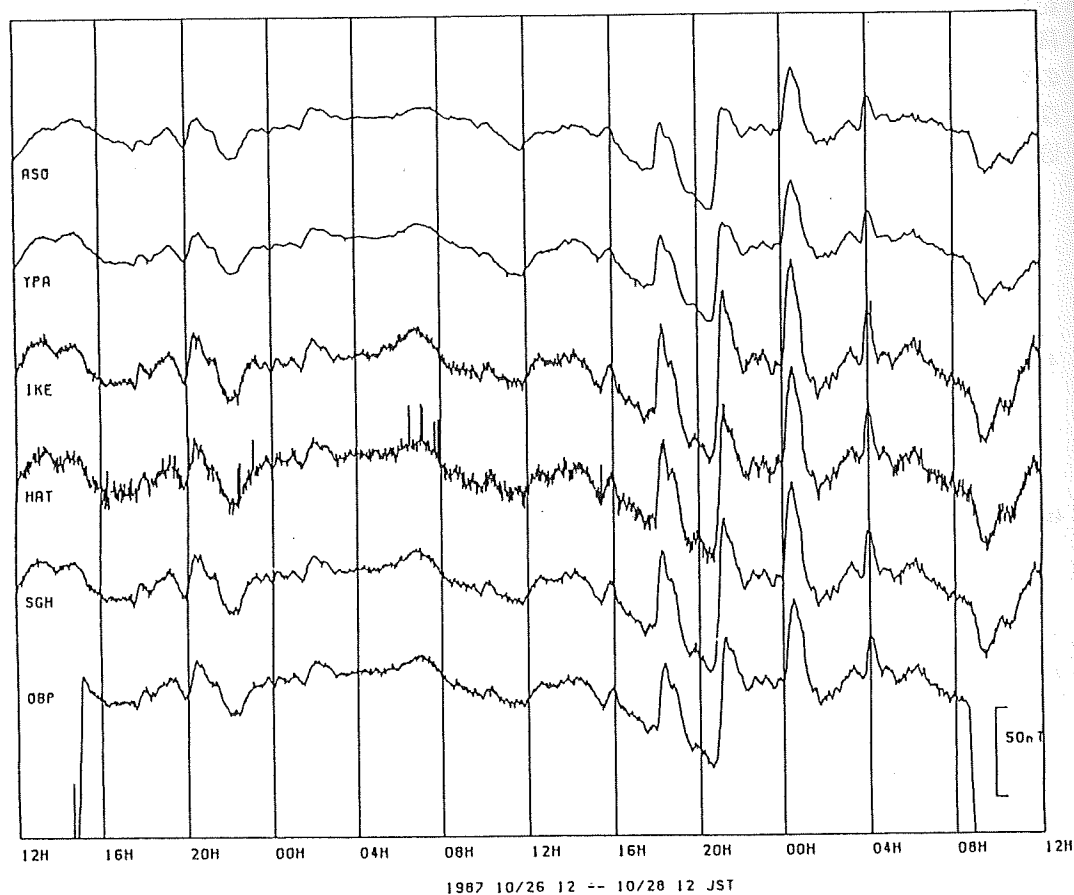


図6 着底時の磁場記録

つまり $\{(F_1 - F_2) - aD - bH - cZ - dD' - eH'\}^2$ の和を最小とする a, b, c, d, e なる係数を最小自乗法で求め評価する方法である。ここに F_i, D, H, Z はそれぞれ全磁力、参照点の偏角、水平分力、鉛直分力、 D', H' は時間微分量である。 a, b, c は主に偏角や伏角の違いを示し、 d, e は地殻や海の電磁誘導効果を示すものと考えられる。後出の係数は八ガ岳の D, H, Z を参照に 10 分平均値を用いて計算した結果である。特に S, G, H に対して良く化成出来ている。伏角の違いのみならず、 $O, B, P - S, G, H$ では、 H' の補正が重要である。つまり、インダクションの違いを示す訳で、周期に分離すれば構造についての情報が得られるが、ここでは観測資料が少ないので実施していない。

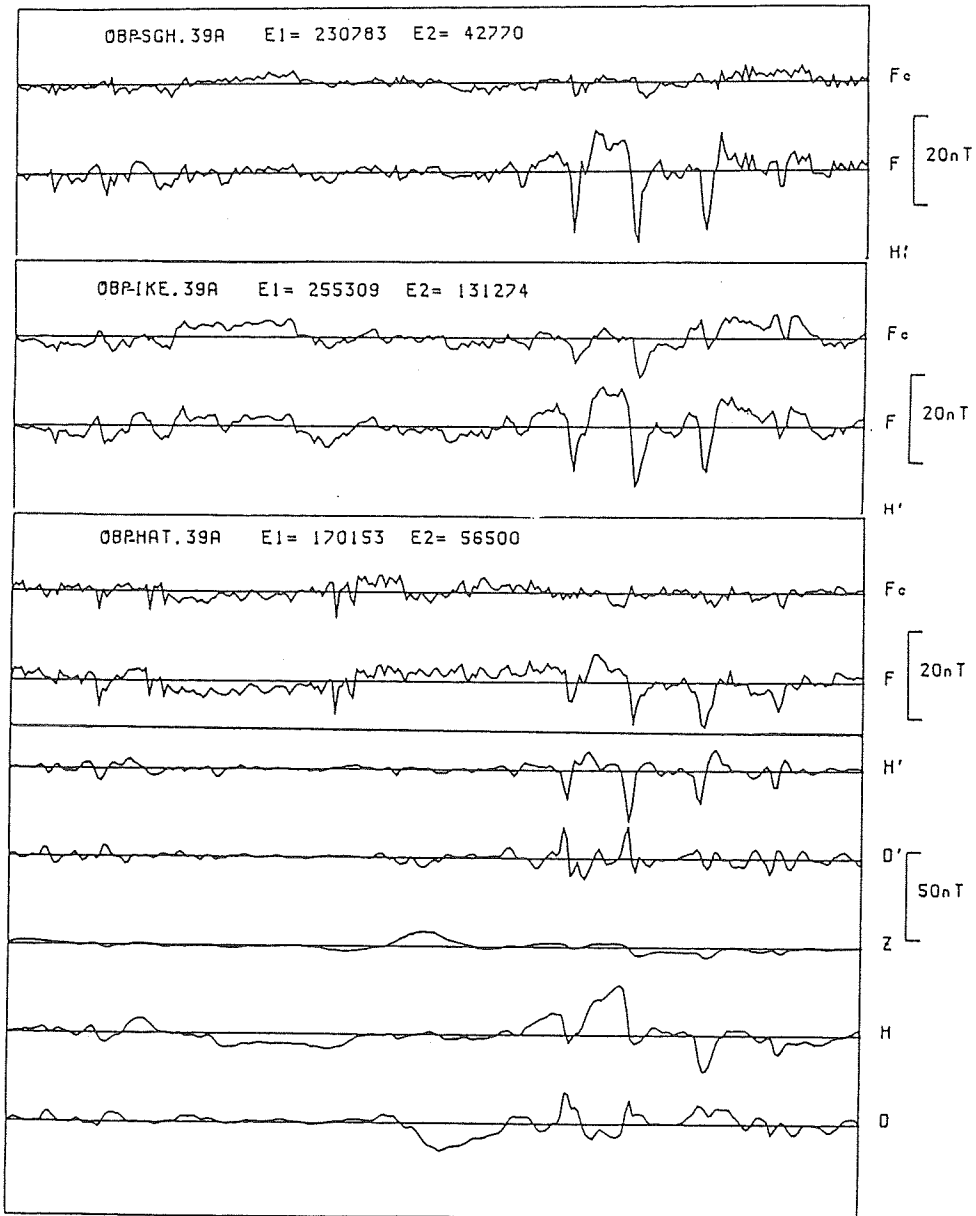


図8 10/26 18H--10/28 7H の八ガ岳(下5)を参照点とした化成。F:単純差 F_c :重荷差

図8に記したE1は単純差自乗誤差、E2は最適自乗誤差である。最適の係数は、

H A T	a=-.046	b= .132	c= .427	d= .203	e=.325
I K E	a=0.0	b=.259	c=-.045	d= .162	e=.354
S G H	a=-.089	b=.153	c=-.060	d= .062	e=.603

であった。

このようにKM628磁力計は極めて良好に動作したと結論出来る。

3. まとめ

自己浮上型プロトン磁力計の開発を行い、相模湾の1400mの海底で測定することが出来た。回収の都合で僅か2日であったが良好なテストができた。

機器の面では特に問題はなく、このままで長期観測出来る成果を得た。

しかし、電池やトランスポンダーの磁化の影響を避けるべく電池とセンサーを2m程度離すべき事、測定レンジの選択を自動化すること、初段増幅器の雑音を良くすべき事などいくつかの改良出来る点も見いだされた。

終わりに、T8716航海の機会を与えられた海洋研究所小林和男、瀬川爾朗教授はじめ乗員各位、参照資料を提供下された東京大学地震研究所の方々、またKM628磁力計製作を手伝ってもらったソフトビル(株)の前田和興氏らに謝意を表します。

参考文献

- 1) 瀬川爾朗、海底における長期間地磁気観測の構想、伝導度異常(CA)の研究、地質調査所、213-222,1985
- 2) NAITO, Y., Y. TONODA, A. UCHIIYAMA, Y. OHKURA, Y. NAGAYAMA, and TAKAHASHI. Geomagnetic Observations at the Sagami Trough by Use of a New Type of Three-Component Ocean Bottom Magnetometer. J.G.G., 36, 239-256, 1984
- 3) TONODA, Y., H. FUJINOTO, A. UCHIIYAMA, T. EMURA, and I. NAKANO. Ocean Bottom Proton Magnetometer (Design and Test). J.G.G., 33, 335-339, 1981.
- 4) 田中良和、他。阿蘇火山地域での全磁力測量(1977)。阿蘇火山の集中総合観測報告、31-39, 1977

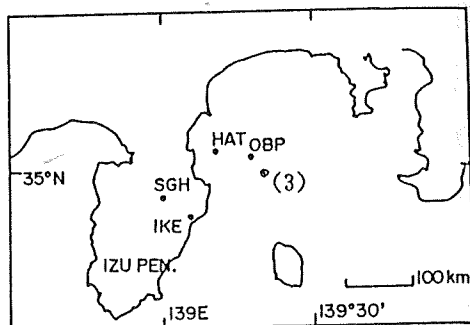


図7 観測点位置図