

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 14 日現在

機関番号：14501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26800234

研究課題名(和文) 海底地震磁力計の実用化-海底ハイブリッド観測に向けて-

研究課題名(英文) Development of a new small and low power consumption geomagnetic field measurement system

研究代表者

中東 和夫 (Nakahigashi, Kazuo)

神戸大学・海洋底探査センター・助教

研究者番号：90709346

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究により小型低消費電力海底磁力計用レコーダーの開発を行った。実海域での試験観測を行い新型レコーダーにより取得された磁力データのノイズレベル等を評価した結果、現在の解析手法で精度の良い成果を得られることを確認した。今後、地震観測と磁力観測を同時に実施することで、飛躍的に磁力データの取得量を増やし、これまではデータ量の少なさから得ることが難しかった海域での詳細な電気伝導度構造を明らかにすることを可能とした。

研究成果の概要(英文)：Recently, seismic tomography studies reveal a relationship between the intraplate earthquakes and the heterogeneous structure. The existence of fluid is one candidate for a cause of the heterogeneous structure around hypocenters. Magnetotelluric (MT) method is an effective to reveal an existence of fluid, such as water. On land, MT and seismic observations were conducted simultaneously in various areas. However, very few attempts have been made at such observation on the sea floor, due to a great deal of labor. To reveal the cause of heterogeneous structure is important to understand the generation mechanism of earthquakes. In this study, I developed a new small and low power consumption geomagnetic field measurement system and conducted test observation in the Central Indian Ridge. The observed geomagnetic data have a good quality. I will start the observation of magnetic field and seismic ground motion simultaneously on the seafloor using a new measurement system.

研究分野：海底物理

キーワード：海底磁力計 磁力観測 海底地震観測

## 1. 研究開始当初の背景

日本列島は世界でも有数の密度で地震観測点が設置されており、大量の地震データが収録されている。中越地震など内陸部で地震が発生した際には、そのような定常観測と共に臨時観測が実施され、地震発生様式についての研究が行われてきた。近年の研究によると、内陸地震では地震時破壊域と地震波速度構造の高速度域が対応していることや(Kato et al., 2007)、内陸地震の地震時破壊域の下部地殻内では低速度域が見られることなどが指摘され(例えば Nakahigashi et al., 2012a)、地震時破壊域と構造不均質の関連が議論されている。そのような構造不均質の発生要因の一つに流体の存在が指摘されている。

このような流体の存在や変化に、より敏感に反応するのは電磁気学的現象である。そこで内陸地震発生域では地震学と電磁気学の合同調査が実施されるようになってきた。東北日本背弧側で行われた調査の結果では、活断層の深部延長上にあたる中下部地殻内には高電気伝導度異常の領域が存在し、その異常は地震調査の結果から推定された散乱体が分布している領域と対応していること、余震活動や群発地震活動の発生位置と対応が見られることが明らかになった(Ogawa et al., 2001)。

このように陸域では日本列島の広範囲において、地震学的調査と電磁気学的手法を用いた研究が行われ、地震活動や構造不均質と、電気伝導度異常の相関が他の地域でも報告され、各地域で見積もられた高電気伝導度異常の値を説明するために、地球内部での間隙水やメルト、粘土鉱物などの存在や、局所的な流体移動の可能性が指摘されてきた(例えば上嶋, 2009)。

日本列島に被害をもたらす地震は陸域だけではなく、日本周辺の海域でも発生しており、特に沈み込む海洋プレートの動きに伴い発生する、2011年東北地方太平洋沖地震に代表されるような海溝型地震は社会生活に大きな影響を与えることもあり、その発生メカニズムを知ることは重要である。海溝型地震でも内陸地震と同様に地震時破壊域と地殻構造に関係があることが指摘されている(例えば Ito et al., 2004, Nakahigashi et al., 2012b)。さらに近年では海陸境界域で地震学的調査を実施し、陸上観測・海域観測だけでは得られなかった、プレート境界地震発生域

のより深部構造をイメージングできるようになってきた(例えば Ito et al., 2005)。

一方、電磁気学的研究では、海域では島弧スケール(マントル)の構造研究は数多く行われているが、地震発生帯を対象にした研究はあまり行われていない。その理由の一つとして、短周期成分の外部磁場擾乱は海水により減衰するため、磁力計観測を行う海底面まで到達するシグナルは弱く、浅部構造のイメージングを行うことが難しいということがあげられる。しかし、南海トラフの熊野灘において海底電磁気調査により地震時破壊域を含む地殻構造が低比抵抗であることが報告されている(後藤・他, 2003)。また、海底地磁気データのみでの解析で、地震発生帯と対応する太平洋プレートのイメージングなどが行われ(Toh, 2002)、地震発生域での電気伝導度構造を明らかにする事が可能であることが報告されている。しかし、海底電磁気調査は、海底地震観測ほど実施されていないこともあり、海溝型地震発生域での電磁気学的構造イメージングは十分に行われているとは言えない。そこで、今後データの蓄積を進め、地震学的構造と比較可能な電気伝導度構造を得ることは重要である。

しかし、原油価格の上昇・円安、観測船・予算の削減などにより、航海時間が減少しており、海域観測を効率的に実施する必要が高まって来ている。そこで、海底地震磁力計を実用化することで、少ない観測機会を有効に活用し、海底磁力データの蓄積を行うことが出来る。

日本の海底観測技術は世界でも有数であり、特に自己浮上式海底地震計は1970年代から開発が行われ、現在は観測データの質、観測機材の量ともに世界トップクラスである(例えば金沢・他, 2009, Yamada et al., 2011)。近年では耐圧容器にガラス球を用いた短周期タイプの地震計だけではなく、チタン製耐圧容器を用いた広帯域海底地震計、水圧計を搭載し地動の観測帯域を更に広げた機器などが開発されている(塩原・他, 2014)。また、耐圧容器の小型化をはかり、観測労力を減らす試みなども行われている。

一方、海底電位差磁力計や海底磁力計は海底地震計ほど運用台数が多くないこともあり、海底地震観測ほどには多様な観測は行われていない。今後、地震波速度構造と電気伝導度構造の比較研究を行うためには、海底磁力・電位差データを蓄積し、より広域に詳細

な電気伝導度構造を明らかにする必要がある．そのためには、数多くの観測を行う必要がある．

## 2．研究の目的

日本の海底地震観測技術は世界でもトップクラスであり、年間の自己浮上式海底地震計の運用台数は世界一であると考えられる．小型海底磁力計を実用化し、地震観測と磁力観測を同時に実施することで、観測のコストを削減し、かつ、異なる物理量を一つの観測機器で取得できるようになり、飛躍的に磁力データの取得量を増やすことが出来る．これまではデータ量の少なさから得ることが難しかった沈み込み帯での詳細な電気伝導度構造を明らかにすることを目的として、小型海底磁力計の開発を行う．

## 3．研究の方法

本研究では、磁力計用の小型化・省電力化を行い、小型海底磁力計を実用化する．

現在実施されている海底磁力観測では、観測機器を耐圧容器に入れ観測を実施している．しかし、現在大学・研究機関で最も多く使用されているタイプの海底地震計(OBS)に取り付けるには、現行の観測機器では水中重量が大きすぎる．そこで、本研究では OBS にも取り付け可能なサイズの小型海底磁力計を製作する．また、制作した小型磁力計を用いて実海域での観測を実施し、磁力計で得られる磁力データのノイズレベル・分解能などを調べ、現在の手法での解析が可能かどうか

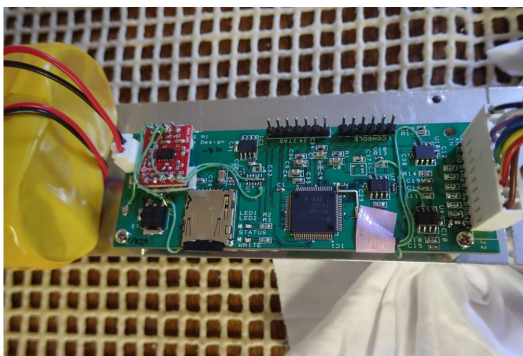


図 1  
本研究で開発した小型磁力計用レコーダー

Deep-sea geomagnetic field measurement system

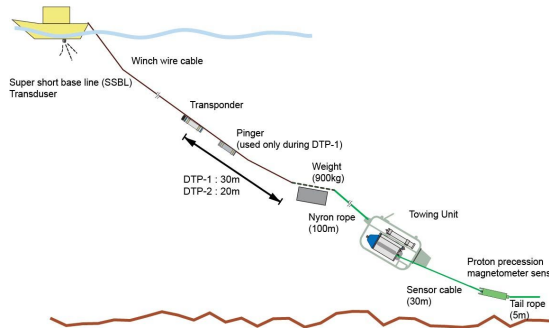


図 2  
深海曳航型調査システム

か検討する．

## 4．研究成果

海底磁力観測を多点で行うためには、その運用負担を軽くするために海底磁力計の小型化を行うことが必要不可欠である．エレクトロニクス技術の進歩により CPU などの小型化・省電力化が進み、既存の磁力計用レコーダーと比較し小型化したレコーダーを製作することが可能となってきた．そこで 2014～2015 年度にかけてより新型の小型磁力計用レコーダーを製作した(図 1)．このレコーダーの消費電流は 3.8V で 7.5mA である．新型レコーダーの小型化と省電力化により、直径 5cm の小型耐圧容器を用いた 1 年間の長期観測を可能とした．新型レコーダーが実際の

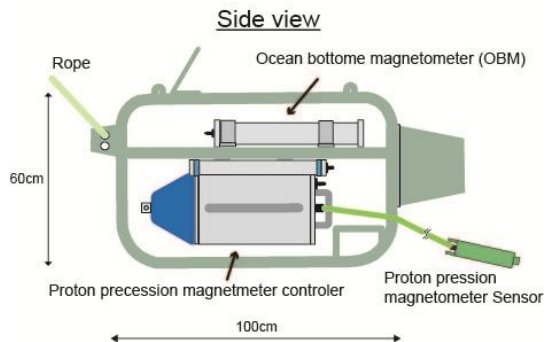
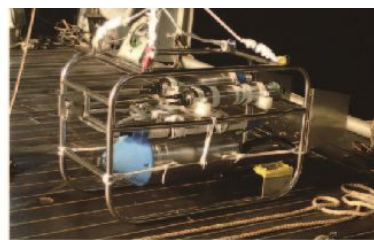


図 3  
曳航式磁力観測システム

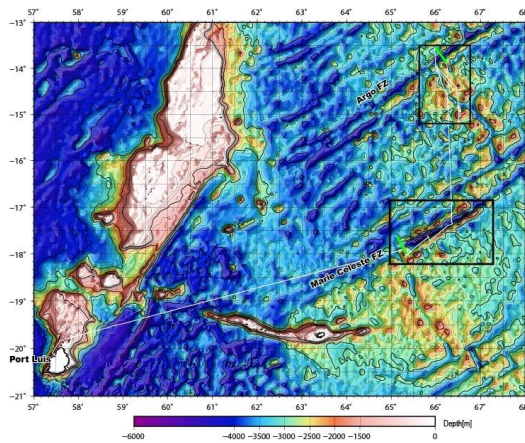


図4  
テスト観測を行った中央インド洋海嶺の  
海底地形図と測線(緑線)

解析に耐えうるデータを取得可能か評価することは重要である。しかし、研究室周辺にはさまざまな磁場発生源があり、磁力計用レコーダーの評価を行う事は難しい。そこで本研究では新たに開発した小型磁力計の性能評価を行うために、既存の海底観測用磁力計と海上および深海曳航式のプロトン磁力計との比較同時観測を行った(図2、3)。

テスト観測は2016年1月にインド洋で実施された海洋研究開発機構所属の学術研究船「白鳳丸」KH15-5次航海を利用した。磁力観測は中央インド洋海嶺の南緯18度付近のマリーセレストランスフォーム断層を横切る測線で行った(図4)。深海曳航式プロトン磁力計では機器トラブルによりデータの一部欠測が見られるが、他の機器では良好な記録が得られた。新型磁力計と他の磁力計で得られた全磁力データを比較すると、新型磁力計はノイズレベルも低く、今後の解析にも十分な精度でデータを取得出来ることがわかった。また各観測機器で得られたデータは現在解析中であるが、海上プロトン磁力計と深海曳航体で得られた全磁力データを比較すると、深海曳航体で得られた全磁力データでは、より短周期の磁力変動を記録していることがわかった。これは海上観測のみでは捉えることの出来ない、海底下の小さな磁化構造変化を反映していると考えられる。新型磁力計では傾斜計として加速度センサーを用いている。加速度センサーの記録を見ると曳航中に曳航体が常時上向きに約45度傾斜していることやロール軸を中心に90度回転するなど、これまでは把握できなかった深海曳航体の海中での挙動についての情報も得

ることが出来た。深海曳航体の挙動を明らかにすることは、今後のデータ解析や深海曳航体の運用方法の改善に有用な情報である。

今回の観測により新型レコーダーが十分な性能と信頼性を有することを確認した。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 0 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

#### 6. 研究組織

(1)研究代表者

中東 和夫 (NAKAHIGASHI Kazuo)

神戸大学・海洋底探査センター・特命助教

研究者番号: 90709346