

## 九州南方沖に位置する鬼界カルデラの構造

### The structure of the Kikai submarine caldera in the southern off Kyushu, Japan

池上 郁彦<sup>1\*</sup>, 清川 昌一<sup>1</sup>, 大岩根 尚<sup>2</sup>, 中村 恭之<sup>3</sup>, 亀尾 桂<sup>4</sup>, 上芝 卓也<sup>1</sup>, 養和 雄人<sup>1</sup>

IKEGAMI, Fumihiko<sup>1\*</sup>, KIYOKAWA, Shoichi<sup>1</sup>, OIWANE, hisashi<sup>2</sup>, NAKAMURA, Yasuyuki<sup>3</sup>, KAMEO, Katsura<sup>4</sup>, UESHIBA, Takuya<sup>1</sup>, MINOWA, Yuto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>九州大学, <sup>2</sup>国立極地研究所, <sup>3</sup>JAMSTEC, <sup>4</sup>東京大学大気海洋研究所

<sup>1</sup>Kyushu University, <sup>2</sup>National Institute of Polar Research, <sup>3</sup>JAMSTEC, <sup>4</sup>Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo

#### 1. Introduction

Kikai Caldera (Matsumoto, 1943) is a mostly submerged caldera complex located in the southern Japan 40 km off Kyushu Island. Two islands, i.e. Satsuma Iwo-jima and Takeshima, are the only parts above the sea level while numerous submarine peaks are scattered on and below the sea level.

Kikai Caldera is believed to be the source of Akahoya tephra (Machida and Arai, 1978). The date of the eruption was determined as 7300 cal. BP (Fukusawa, 1995), and that is the most recent VEI-7 class eruption in the eastern margin of Asia. Intense earthquakes (Naruo and Kobayashi, 2002) and tsunami (Geshi, 2009) are presumed to have taken place at the climax of the eruption. There are two other series of giant eruption deposits that are considered to have originated from the Kikai Caldera complex and this indicates that it has been serving as an eruptive center for the past 150,000 years at least.

#### 2. Methods

We conducted a number of seismic reflection observations in two survey cruises (KT-10-18 and KT-11-11) in 2010 and 2011 using a research ship Tansei-maru of JAMSTEC. The sound source was a 150 cubic inches G-I gun with 10 seconds of shot interval, and a 48-channelled streamer cable was used for acquisition. Totally 25 profiles were obtained.

#### 3. Interpretations of the results

First, the entire caldera has an asymmetrical structure with its floor aslant. While a clear, steep normal fault is observed in the west of the southern caldera perimeter, the entire northern part and some parts of the eastern perimeters are collapsed into blocks like slumps.

Second, the central mountainous area seems to mostly consist of pre-caldera body not likely to have been formed by post-Akahoya volcano. It is collapsed northeastward and its deposits are buried by several thick facies of possibly including Akahoya Eruption.

Third, another caldera that has not been hitherto recognized has been discovered. There is a 10 km wide sharp plunge of acoustic basements below the thick deposits in the southeastern end of the Kikai Caldera. Its location matches the circular negative Bouguer anomalies (Onodera et al., 2010). The caldera should be formed before Akahoya Eruption because its rim where overlaps present Kikai Caldera perimeter is missing.

キーワード: 海底カルデラ, 物理探査, 熱水系, 海洋地質, 海底火山

Keywords: Marine Caldera, Seismic Observations, Hydrothermal, Marine Geology, Submarine Volcano

## 伊豆弧、明神凹地周辺の玄武岩および珪長質火山岩の岩石化学

### The geochemical characteristics of basaltic and acidic volcanics around the Myojin depression in the Izu arc

原口 悟<sup>1\*</sup>, 町田嗣樹<sup>2</sup>, 加藤泰浩<sup>3</sup>

HARAGUCHI, Satoru<sup>1\*</sup>, Shiki Machida<sup>2</sup>, Yasuhiro Kato<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大気海洋研究所, <sup>2</sup> 早稲田大学創造理工学部, <sup>3</sup> 東京大学大学院工学系研究科

<sup>1</sup> Atmosphere and Ocean Research Institute, <sup>2</sup> Waseda University, <sup>3</sup> School of Engineering University of Tokyo

伊豆小笠原弧の明神礁の西側に位置する明神凹地の周囲には環状に小海山が分布しており、北側に位置するベヨネーズ海丘カルデラからは活発な熱水活動および硫化物鉱床が発見されている。また、凹地の東側には南北に伸長する火山性の小海丘列が複数存在しており、環状の火山岩体を連結するように見える。この火山岩体の環状分布とそれを連結する岩脈の組み合わせは北鹿地域の黒鉱鉱床の分布に似ており、実際にベヨネーズ海丘カルデラに熱水鉱床が確認されていることから、黒鉱鉱床形成過程とリフト帯内の熱水活動との関係が注目されている (Tanahashi et al. 2008)。また、明神リフト以外のリフトでも複数の火山性小海丘で熱水性と思われるチムニーが発見されている (Urabe and Kusakabe 1990)。これらの調査に基づき、東大海洋研淡青丸 KT09-12 航海は明神リフトにおける熱水鉱床探査を目的として 2009 年 7 月に行われた。同航海では CTD による海水採取、グラビティコアラによる堆積物採取とともにドレッジによる岩石採取が行われ、多くの火山岩が採取されている。本研究ではこの火山岩および 1995 年の MOANA WAVE 号 MW9507 航海によるドレッジで採取された火山岩から、明神リフトにおけるマグマ発生過程を考察し、熱水活動による鉱床形成の可能性を考察する。

KT09-12 航海のドレッジは凹地北側の第 2 ベヨネーズ海丘、凹地南の第 3 ベヨネーズ海丘と凹地東側の小海丘列 (ドラゴンボンヒル) で行われ、ドラゴンボンヒルからは玄武岩が、第 2、第 3 ベヨネーズ海丘からは珪長質火山岩が採取されるとともに、第 3 ベヨネーズ海丘からは珪長質深成岩も採取された。

明神リフトを含むリフト帯の火山岩は東側が deplete し、西側が enrich した島弧横断方向の組成変化を示す (e.g. Machida et al., 2008)。ドラゴンボンヒルは火山フロントに近いところに位置しており、一連の島弧横断方向の組成変化の範囲に入る deplete した組成を示す。一方で、火山フロントの火山である須美寿カルデラと比較するとドラゴンボンヒルの玄武岩は MgO (>6wt%) および TiO<sub>2</sub> (>0.88%) に富み、SiO<sub>2</sub> 量がより低い (<50wt%)。また、ドレッジ点ごとの SiO<sub>2</sub> 量の幅は 1% 程度と非常に狭い。明神リフトの他のサイトの火山岩も流紋岩まで含めて SiO<sub>2</sub> 量の幅は 2% 程度と狭く、玄武岩、流紋岩が分化トレンドを示す須美寿カルデラの火山岩とは対照をなしている。Tamura et al. (2009) は明神リフトを含む伊豆弧中部の流紋岩を化学的特徴から火山フロントの玄武岩火山に付随し、deplete している R1、玄武岩火山間のカルデラ火山に産し、やや enrich している R2、背弧側のリフト帯に産し、より enrich する R3 に区分し、これらの流紋岩は火山フロント火山からのマグマの貫入を熱源として島弧地殻が部分溶融して発生したと解釈した。ドラゴンボンヒルの火山岩は地理的に最も近い須美寿カルデラ火山の玄武岩組成からは明瞭に区分されることから、須美寿カルデラとは別に独立して玄武岩マグマが発生したと考えられる。また、明神凹地周辺以外のリフト帯玄武岩も同様に火山フロントの玄武岩からは組成が区分され、火山フロントのマグマとは別に玄武岩マグマが生じたと考えられる。このため、火山フロントからの間接的な熱の伝播の可能性はあるものの、背弧側への長距離の直接的なマグマの貫入は起こっていないと考えられる。

一方、リフト帯の流紋岩もまた玄武岩と同様に島弧横断方向の組成変化を示し、明神凹地をとりまく小海山の流紋岩は Tamura et al. (2009) による R2 に、より背弧側から採取された流紋岩は R3 に相当する化学的特徴を示した。この組成の違いは流紋岩マグマを発生した中部地殻の組成の違いに起因すると考えられ、玄武岩の島弧横断方向の組成変化との調和から、島弧横断方向にマントルが組成変化しており (e.g. Haraguchi et al., 2011, Ishiuzka et al., 2011)、これが玄武岩マグマから珪長質マグマへと影響を及ぼしていると解釈される。

キーワード: 島弧リフト帯, マグマ発生過程, 珪長質火山活動, 熱水活動

Keywords: Intra-arc rift zone, Magma genesis, Acidic Volcanism, Hydrothermal activity

## 北部明神リフト域において採取された火成岩-主に酸性深成岩- Igneous rocks about North Myojin back-arc rift zone -mainly acid plutonic rocks-

志多伯 龍一<sup>1\*</sup>, 片山 陽平<sup>3</sup>, 坂本 泉<sup>1</sup>, 岡村 聡<sup>2</sup>, 住澤 潤樹<sup>3</sup>

SHITAHAKU, Ryuichi<sup>1\*</sup>, Youhei Katayama<sup>3</sup>, Izumi Sakamoto<sup>1</sup>, Satoshi Okamura<sup>2</sup>, Junki Sumizawa<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東海大学, <sup>2</sup> 北海道教育大学, <sup>3</sup> 東海大学卒

<sup>1</sup>Tokai University, <sup>2</sup>Hokkaido University of Education, <sup>3</sup>Graduate of Tokai University

伊豆・小笠原弧の火山フロント上においては明神海丘カルデラ、明神礁カルデラ、水曜海山、木曜海山などの黒鉱型熱水鉱床が分布している。しかしながら、背弧域においてはペヨネーズ海丘の白嶺鉱床の報告のみである。東北日本弧においては大規模な黒鉱鉱床は背弧域において多く存在することが知られており、このことから、背弧域での大規模な黒鉱熱水鉱床の存在が推定される。

東海大学では北部明神リフト域、および「白嶺鉱床」の存在で注目されるペヨネーズ周辺海域において海洋性島弧の発達過程の解明、海底熱水鉱床探査を目的とした海洋調査を2009~2011年にかけて調査船「望星丸」を用いて行った。北緯31度58分、東経139度45分に位置するペヨネーズ海丘では採泥調査の結果、主に珩長質軽石、炭酸塩岩、中央火山口丘においてはデイサイト岩片、白嶺鉱床からは熱水硫化物が採取された。ペヨネーズ海丘から南西方向約20kmに位置する第3ペヨネーズ海丘の北側に位置する楕円形の凹地(東西約1.7、南北約1)では玄武岩や珩長質軽石に加え、ミアロリティック孔隙が観察される酸性深成岩(長径約40cm)が採取された。背弧域において酸性深成岩が採取された報告は初めてである。調査の結果より、1) 北部明神リフトでは流紋岩質の火山活動、玄武岩質の火山活動の存在が明らかになり、パイモータル火山活動があることが確認された。2) 酸性深成岩はトータル岩であり、化学組成では低カリウム系にプロットされる。このトータル岩は北部伊豆・小笠原弧の中部地殻を構成するものに対比され、火山フロントや丹沢地塊のトータル岩と類似していることから中部地殻が火山フロントのみならず背弧域まで広く分布していると推定される。

本調査により背弧域においてもパイモータル火山活動や中部地殻相当の深成岩の存在が明らかになった。

キーワード: ペヨネーズ海丘, 背弧, 酸性深成岩, 北部明神リフト, トータル岩, 中部地殻

Keywords: Bayonnaise knoll, back-arc, acid plutonic rocks, North Myojin back-arc rift zone, tonalite, middle crust

## マリアナ南端部海域の海底地形・地質・岩石精密調査 研究船トーマス・トンプソン号 TN273 研究航海速報

### Geological and petrological studies in the southern Mariana margin, –R/V Thomas G. Thompson TN273 Cruise quick report–

石井 輝秋<sup>1\*</sup>, Fernando MARTINEZ<sup>2</sup>, Katherine A. KELLEY<sup>3</sup>, Robert J. STERN<sup>4</sup>, 小原泰彦<sup>5</sup>, 19名の乗船研究者<sup>6</sup>  
ISHII, Teruaki<sup>1\*</sup>, Fernando MARTINEZ<sup>2</sup>, Katherine A. KELLEY<sup>3</sup>, Robert J. STERN<sup>4</sup>, Yasuhiko OHARA<sup>5</sup>, TN273 Cruise on board 19 scientists<sup>6</sup>

<sup>1</sup> 公益財団法人深田地質研究所, <sup>2</sup>University of Hawaii, <sup>3</sup>University of Rhode Island, <sup>4</sup>University of Texas at Dallas, <sup>5</sup> 海上保安庁, <sup>6</sup>University of Washington, Seattle, etc

<sup>1</sup>Fukuda Geological Institute, <sup>2</sup>University of Hawaii, <sup>3</sup>University of Rhode Island, <sup>4</sup>University of Texas at Dallas, <sup>5</sup>Hydrographic and Oceanographic Department of Japan, <sup>6</sup>University of Washington, Seattle, etc

はじめに: 米国シアトル・ワシントン大学・海洋研究所の研究船トーマス・トンプソン号(約3000t, 80m)によるTN273航海は2011年12月22日(木)グアム島アプラ港出港 - 2012年01月22日(日)同港入港の32日間で行われた。乗船研究者は首席研究員のFernando Martinezを含め総勢22名で、航海の研究課題は<マリアナ南東部前弧海嶺域およびマリアナトラフ最南端部拡大域における海洋性島弧のテクトニクスと火成活動の探索>であった。この海域ではマグマ活動を伴う拡大段階からリフティング段階への変移に伴う、火成活動と地殻変動の変化が読み取れる。それは、沈み込むスラブや海溝からの距離の変化に応じ、沈み込み開始時の火成活動や地殻変動の差異に関する情報が得られることを意味している。

調査海域:(A)マリアナトラフ最南端海嶺部すなわちマラノ-ガダオ海嶺、(B)南部マリアナ海底火山列を含むマリアナ南東端前弧リフト帯域、即ちフィナ-ナグ火山列及びマリアナ南東端背弧海嶺を含む海域、(C)2010年に<しんかい6500>の第1234潜航調査(観察者:石井)により南部マリアナ海溝陸側斜面(チャレンジャー海淵の北東約80km)の水深5625mで発見された<しんかい湧出域(SSF)>(Ohara et al, 2012)。

調査項目:(a)深海曳航式ボトムプロファイラーとサイドスキャンソナーIMI-30による底質マッピング、(b)ワックスコアによるマラノ-ガダオ海嶺からの新鮮なガラスの採集、(c)ドレッジによる火成岩の採集、(d)母船搭載のSimurad EM302による海底地形マッピングおよび重力・磁力測定、(e)MAPR(小型自律型ブルーム記録器)による温度、水圧、酸化還元度、懸濁度測定によるプリュウーム探査。

調査結果:(a)深海曳航式ボトムプロファイラーとサイドスキャンソナーIMI-30による、上記3海域での底質マッピングは首尾よく行われた、しかし残念なことにSSFではボトムプロファイラーのデータが得られなかった、(b)サイドスキャンソナーマップに基き選定したマラノ-ガダオ海嶺の6サイトのワックスコアで、新鮮なガラスが採集された、(c)サイドスキャンソナーマップに基き選定した45サイトでのドレッジでは、マラノ-ガダオ海嶺、マリアナ南東端前弧海嶺、及びフィナ-ナグ火山列から火成岩が採集された、(d)母船による海底地形マッピング、重力・磁力測定は計画どおり成功裡に行われた、(e)MAPR(小型自律型ブルーム記録器)による測定では新たな熱水プリュウームの存在を示唆するデータが得られた。

全体的な印象: 研究船トーマス・トンプソン号は、船長以下チームワークの良い有能な20名の乗組員にささえられた機能性能の高い魅力的な研究船である。本航海では目標地点でのマッピング、試料採集共に成果は大であった。これはハイテク機器ばかりでなく、ドレッジやワックスコアといったロウテクを含む技術的、科学的先人からの伝承に負うところが大きであると考えられる(しかし、後者に関しては継承が万全で有るとは言えない点も見られた)。更に今後、陸上実験室での地質学的及び地球物理学的データ解析や採集試料の分析により、特異な沈み込み帯でのテクトニクス及び火成活動の理解が深まるであろう。

#### 引用文献:

Y. Ohara, M. K. Reagan, K. Fujikura, H. Watanabe, K. Michibayashi, T. Ishii, R. J. Stern, I. Pujana, F. Martinez, G. Girard, J. Ribeiro, M. Brounce, N. Komori, M. Kino (2012), A serpentinite-hosted ecosystem in the Southern Mariana Forearc, Proceedings of the National Academy of Sciences of USA (in press).

キーワード: 研究船トーマス・トンプソン号, 南部マリアナ前弧域, しんかい湧出域, 深海曳航式サイドスキャンソナーIMI-30, TN273 研究航海

Keywords: R/V Thomas G. Thompson, the southern Marian forearc, the Shinkai Seep Field (SSF), deep-towed sidescan sonar IMI-30, TN273 Cruise



## これまでの精密測深調査に基づく台湾東方の南西琉球域・西フィリピン海盆の精密海底地形 (続報)

### New precise topographic map of the southwestern Ryukyu area off the eastern coast of Taiwan (new version)

松本 剛<sup>1\*</sup>, 中村 衛<sup>1</sup>, 新城 竜一<sup>1</sup>

MATSUMOTO, Takeshi<sup>1\*</sup>, NAKAMURA, Mamoru<sup>1</sup>, SHINJO, Ryuichi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 琉球大学

<sup>1</sup> University of the Ryukyus

台湾、南西琉球弧、西フィリピン海北端部は、(1) フィリピン海プレートの北西方向の運動に伴い、ルソン弧が東方より衝突することによって、現在の台湾の造山運動が引き起こされている、(2) フィリピン海プレートはまた、南西諸島海溝の下に沈み込み、特にこの海域で海溝型巨大地震を頻繁に引き起こしている、(3) 一方、台湾の南方ではユーラシアプレート側がマニラ海溝でフィリピン海プレートの下に沈み込んでいる、といった複雑なテクトニクスのある場にある。筆者らは、このような台湾の造山運動・衝突テクトニクスを考察する上で南西琉球弧がこれに果たす役割を検証するため、台湾の衝突テクトニクスを解明することを目的とした米・台共同研究 TAIGER Project(2004-2009)に参加するとともに、これまで JAMSTEC 船等を用いて 1990 年以降に同海域で実施して来た精密海底地形調査の結果を集大成し、沖縄トラフから琉球島弧・前弧域・海溝域・西フィリピン海盆北部に至る最新の海底地形図を作成して、2010 年の日本地球惑星科学連合大会で、ポスター発表を行った。この図では、2009 年に実施された R/V Marcus G. Langseth の EM-122 測深機によるデータも含む、当時の手元のマルチビーム音響測深データを全て反映させた。一方、近年、米国 NOAA/NDGC のサイトには Marine Trackline Data と併せて、マルチビーム音響測深データも公開され始めており、今般、本海域のこれらのデータも加えて、海底地形図を再度作成し、複雑なテクトニクスの解明に資する基礎データを整理することとした。新たに加えられたデータは、R/V Marcus G. Langseth 2 航海、R/V Melville 2 航海、R/V Roger Revelle 7 航海、R/V Kilo Moana 2 航海、R/V Maurice Ewing 3 航海により、1995~2010 年に取得されたものである。NOAA/NDGC のサイトでは各船舶装備のマルチナロービーム音響測深機の生データ (.tgz 圧縮済) が公開されているが、機種及び MB-SYSTEM 上で扱う際のフォーマット番号 (例: JAMSTEC 船の SEABEAM2112 では「41」) も同時に公開されており、そのまま MB-SYSTEM のコマンドで non-gridded xyz 形式に変換することが可能である。これらのデータを加えることにより、台湾南方 (マニラ海溝域) 南東方 (Gagua 海嶺) 及び北東方 (沖縄トラフ西端部) のデータが充実した。特に Gagua 海嶺の不連続性の構造がより詳細に示された。Gagua 海嶺のある 123 °E の西側の花東海盆は、その東側の西フィリピン海盆の特徴とは大きく異なり、全体的に地形の起伏に乏しい。しかし、花東海盆中央部には蛇行した深海長谷があり、Gagua 海嶺地殻まで達している。一方、海盆西部、台湾東岸沖の陸棚の沖合に多くの地回り痕も見られることが明らかとなり、過去の津波発生の可能性についても検証の必要がある。

キーワード: 台湾, 琉球弧, 沖縄トラフ, 西フィリピン海, 花東海盆

Keywords: Taiwan, Ryukyu Arc, Okinawa Trough, West Philippine Basin, Huatung Basin

## 音響による海底熱水観察手法の開発

### Development of acoustic observation method for seafloor hydrothermal flow

望月 将志<sup>1\*</sup>, 田村 肇<sup>2</sup>, 浅田 昭<sup>1</sup>, 木下 正高<sup>2</sup>, 玉木 賢策<sup>3</sup>

MOCHIZUKI, Masashi<sup>1\*</sup>, TAMURA, Hajimu<sup>2</sup>, Akira Asada<sup>1</sup>, KINOSHITA, Masataka<sup>2</sup>, TAMAKI, Kensaku<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東京大学生産技術研究所, <sup>2</sup>(独) 海洋研究開発機構, <sup>3</sup> 東京大学大学院工学系研究科

<sup>1</sup>IIS, University of Tokyo, <sup>2</sup>JAMSTEC, <sup>3</sup>Grad. School of Eng., Univ. of Tokyo

In October 2009, we conducted seafloor reconnaissance using a manned deep-sea submersible Shinkai6500 in Central Indian Ridge 18-20deg.S, where hydrothermal plume signatures were previously perceived. An acoustic video camera DIDSON was equipped on the top of Shinkai6500 in order to get acoustic movie images of hydrothermal plumes. The acoustic movie images of the hydrothermal plumes had been captured in three of seven dives.

We could identify shadings inside the acoustic movie images of the hydrothermal plumes. Silhouettes of the hydrothermal plumes varied from second to second, and the shadings inside them also varied. These variations were thought to be corresponded to internal structures and flows of the plumes. These are only a few acoustic video images of the hydrothermal plumes. Results from this observation show that DIDSON has a potential of equipment for hydrothermal flow observation.

We performed a tank experiment so that we will have acoustic images of water flow under the control of flow rate. The purpose of the experiment was to understand relation between flow rate and acoustic image quantitatively and to develop a quantitative observation method for seafloor hydrothermal flow.

Water was heated in the hot tub and pumped to the water tank through the silicon tube. We observed water flows discharging from the tip of the tube with DIDSON. Flow rate had been controlled and temperatures of the discharging water and background water had been measured. The proposed method to observe and measure hydrothermal flow is the one to utilize a sheet-like acoustic beam. Scanning with concentrated acoustic beam gives distances to the edges of the hydrothermal flows. And then, the shapes of the flows can be identified even in low and zero visibility conditions.

We will report the overview of the tank experiment and proposed observation method in this presentation.

キーワード: 海底熱水活動, 音響ビデオカメラ, DIDSON

Keywords: seafloor hydrothermal flow, acoustic video camera, DIDSON

## AUVによる地磁気3成分異常から求めた白嶺鉱床の磁化構造 Magnetization structure of Hakurei Deposit using vector magnetic anomalies measured using AUV

伊勢崎 修弘<sup>1\*</sup>, 松尾 淳<sup>2</sup>, 佐柳 敬造<sup>1</sup>  
ISEZAKI, Nobuhiro<sup>1\*</sup>, JUN, Matsuo<sup>2</sup>, KEIZOU, Sayangsi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東海大学海洋研究所, <sup>2</sup> 応用インターナショナル(株)

<sup>1</sup>Institute of Ocean Research and Development, <sup>2</sup>Oyo International Co.Ltd

The geomagnetic anomaly measured by a scalar magnetometer, such as a proton precession magnetometer cannot be defined its direction, then it does not satisfy the Laplace's equation. Therefore physical formula describing the relation between magnetic field and magnetization cannot be established.

Because the difference between results obtained from scalar data and from vector data is very significant, we must use vector magnetic field data for magnetization analyses to get the more reliable and exact solutions.

The development program of fundamental tools for exploration of deep seabed resources started with the financial support of the Ministry of Education, Culture, Sports, Science & Technology (MEXT) in 2008 and will end in 2012. In this project, we are developing magnetic exploration tools for seabed resources using AUV (Autonomous Underwater Vehicle) and other deep-towed vehicles to measure not the scalar magnetic field but the vector magnetic field in order to estimate magnetization structure below the sea-floor

exactly and precisely.

We conducted AUV magnetic survey in 2011 at the thermal area called Hakurei deposit in the Bayonnaise submarine caldera at the southern end of Izu island arc, about 400km south of Tokyo.

We analyzed the observed vector magnetic fields to get the vector magnetic anomaly Fields using the method of Isezaki(1984). We inverted these vector magnetic anomaly fields to magnetization structure.

### CONCLUSIONS

1. The scalar magnetic field TIA (Total Intensity Anomaly) has no physical formula describing the relation between M (Magnetization) and TIA because TIA does not satisfy the Laplace's equation. Then it is impossible to estimate M from TIA.

2. Analyses of M using TIA have been done so far under assumption  $TIA = PTA$  (Projected Total Anomaly on MF (Main Geomagnetic Field)), however, which caused the analysis error due to  $T = TIA - PTA$ .

3. We succeeded to measure the vector magnetic anomaly fields using AUV despite the severe magnetic noises around the magnetometer sensors. The method of Isezaki(1984) works good to eliminate these noises.

4. We got the very precise magnetization structure in the Bayonnaise submarine caldera area at the southern end of Izu island arc.

We used the prism model which forms the shape of magnetized source body whose top is the sea-floor. The total number of prisms is 1500 making the 3 layers (0-80m, 80-160m, 160-240m below the sea-floor,  $25 \times 20 = 500$  prisms in 1 layer). The 4500 unknowns (3 unknowns,  $M_x, M_y, M_z$  in each prism) are obtained from 12000 observed vector magnetic anomaly fields by inversion method.

5. The tentative result shows that the 1st and 2nd layers have smaller intensity of magnetization compared to the 3rd layer. The 2nd layer has the smallest of three layers. However the Hakurei deposit area in the 2nd layer has the a little bit greater magnetization than surrounding area which suggests that the Hakurei deposit includes some magnetic minerals.

6. We strongly recommend to carry out the magnetic survey using a three component magnetometer to get TF and TA which have many advantages for magnetic analyses (magnetization, upward continuation etc.) which cannot be done using scalar TIA.

キーワード: 地磁気3成分異常, 磁化, 熱水鉱床, AUV, ブロックモデル

Keywords: vector geomagnetic anomalies, magnetization, thermal mineral deposit, AUV, block model

## AUVおよび深海曳航体を用いた深海地磁気ベクトル探査装置の海域試験 Deep-sea tests of a geomagnetic field vector exploration system using AUV and deep-towed vehicle

佐柳 敬造<sup>1\*</sup>, 伊勢崎 修弘<sup>1</sup>, 松尾 淳<sup>2</sup>, 原田 誠<sup>3</sup>, 笠谷 貴史<sup>4</sup>, 西村 清和<sup>5</sup>, 馬場 久紀<sup>1</sup>, 川畑 広紀<sup>1</sup>

SAYANAGI, Keizo<sup>1\*</sup>, ISEZAKI, Nobuhiro<sup>1</sup>, MATSUO, Jun<sup>2</sup>, HARADA, Makoto<sup>3</sup>, KASAYA, Takafumi<sup>4</sup>, Kiyokazu Nishimura<sup>5</sup>, BABA, Hisatoshi<sup>1</sup>, Koki Kawabata<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東海大学, <sup>2</sup>OYO インターナショナル, <sup>3</sup> 三井金属資源開発, <sup>4</sup> 海洋研究開発機構, <sup>5</sup> 産業技術総合研究所

<sup>1</sup>Tokai University, <sup>2</sup>OYO International Co., <sup>3</sup>Mitsui Mineral Development Engineering Co. Ltd., <sup>4</sup>JAMSTEC, <sup>5</sup>Institute of Geology and Geoinformation, AIST

As the global demand for natural resources has increased, it has been more important to maintain a stable supply of them. In this situation, undeveloped seabed resources like methane hydrate and sea-floor hydrothermal deposits have also focused attention recently. Exploration techniques are, however, not good enough to estimate accurate abundance of them. From these viewpoints, we have been developing an exploration system of the deep-sea geomagnetic field vector using AUV and deep-towed vehicle.

The magnetic exploration system consists of two 3-axis flux-gate magnetometers, an Overhauser magnetometer, an optical fiber gyro, a main unit (control, communication, recording), and an onboard unit. These devices except for the onboard unit are installed in pressure cases (depth limit: 6000m). Thus this system can measure three components and intensity of the geomagnetic field in the deep-sea.

We have tested the magnetic exploration system during four cruises so far. In 2009, the first test of the system was carried out in the Kumano Basin using AUV Urashima and towing vehicle Yokosuka Deep-Tow during the R/V Yokosuka YK09-09 cruise. In this test, we sank a small magnetic target to the seafloor, and examined how the system worked. As a result, we successfully detected magnetic anomaly of the target to confirm the expected performance of that in the sea.

In 2010, the magnetic exploration system was tested in the Bayonnaise Knoll area both using a titanium towing frame during the R/V Bosei-maru cruise and using AUV Urashima during the R/V Yokosuka YK10-17 cruise. The Bayonnaise Knoll is a submarine caldera with an outer rim of 2.5-3 km and a floor of 840-920 m, which is located in the Izu-Ogasawara arc. A large hydrothermal deposit, Hakurei deposit lies in the southeast part of the caldera. In the R/V Bosei-maru cruise, we observed three components of magnetic anomalies at depths of 400-570 m along SE-NW and WE tracks across the caldera. In the R/V Yokosuka YK10-17 cruise, we observed three components and intensity of magnetic anomalies at altitudes of 60-100 m around the Hakurei deposit and at depth of 500 m over the caldera.

In 2011, the magnetic exploration system was tested in Suruga Bay using a titanium towing frame during the R/V Bosei-maru cruise. In this test, an acoustic system of positioning (SSBL) and data communication was newly added to the system. We observed three components of magnetic anomalies at depths of 420-480 m and distances of 300-400 m behind the ship along an NS track parallel to the axis of Suruga Trough.

From these tests, we have succeeded in measuring the geomagnetic field vector and intensity using the AUV and the deep-towed vehicle, and also have obtained detailed magnetic anomaly in the Hakurei deposit area (the analysis of AUV magnetic data will be presented by Isezaki et al. in the same session). We will here present the outlines of the measurement system and the results of the tests in the sea. Note that this study has been supported by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science & Technology (MEXT).

キーワード: 地磁気 3 成分, 物理探査, 海底熱水鉱床, 海底資源, 機器開発

Keywords: geomagnetic vector, geophysical exploration, sea-floor hydrothermal deposits, seabed resources, development of instruments



## 船体磁気補正係数の最適化

### Improved method of the correction for the magnetic field produced by vehicle body

本庄 千枝<sup>1\*</sup>, 玉木 賢策<sup>2</sup>, 浦 環<sup>3</sup>

HONSHO, Chie<sup>1\*</sup>, TAMAKI Kensaku<sup>2</sup>, URA Tamaki<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大気海洋研究所 海洋地球システム研究系海洋底科学部門, <sup>2</sup> 東京大学大学院工学系研究科 エネルギー・資源フロンティアセンター, <sup>3</sup> 東京大学生産技術研究所 海中工学国際研究センター

<sup>1</sup> Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, <sup>2</sup> Frontier Research Center for Energy and Resources, School of Engineering, The University of Tokyo, <sup>3</sup> Underwater Technology Research Center, Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

地磁気三成分観測データを処理する上で多くの研究者の頭を悩ませるのが船体磁気補正 (Isezaki, 1986) の問題である。補正後もなお、船体の姿勢変化に同期した変動が無視できぬレベルで残ったり、あるいは補正係数計算に使うデータによって結果が変わってしまうというような事態がしばしば起こる。そのような結果の信頼性は決して高いとは言えないだろう。

良い補正係数が得られない場合にまず考えられる原因は、(a) データと船体位データとの間にタイムラグがある (0.5秒程度でも十分に影響する)、(b) データが不十分で数値的に安定な解を得られていない、などである。(a) は、実際にデータを互いにずらしながら試行計算することでタイムラグを推定し補正することができる。(b) は、船上観測であれば緯度の異なる数力所でデータを収集する、潜水艇や AUV を用いた深海観測であれば可能な範囲でピッチ角やロール角に変化をつけながらデータを収集するなど、解を安定させるに十分なデータを得るよう留意すれば良い。

しかし、上記の条件をクリアしてもなお良好なプロファイルが得られない場合も多い。その理由として、線形の観測方程式では表現できない粘性磁化の影響等が考えられてきたが、むしろ問題は最適な補正係数にたどり着いていないことにあるらしい。補正係数に誤差が生じる主な原因は、補正係数計算において周辺磁場に標準磁場を仮定していることである。本研究では、AUV で得られた深海地磁気観測データを例にとり、補正係数を最適化することで格段に良好な結果が得られる場合があることを示す。

#### 1. 地磁気異常を考慮した補正係数の計算方法

従来の方法では、補正係数を計算する際周辺磁場に標準磁場を仮定している。もし地磁気異常があったとしても結果のプロファイルにはレベル変化以上の影響を与えないとされてきたが、それは地磁気異常が標準磁場に平行する特別な場合のみであり、標準磁場に垂直な成分を持つ場合は、補正係数に影響し結果のプロファイルの形を変えてしまう。

この問題は、観測方程式 (Isezaki, 1986) において地磁気異常も変数とし補正係数と同時に求めることで十分に解決可能である。この際、

(1) 誘導磁場係数は 1 に比べ非常に小さく、地磁気異常は標準磁場に比べ非常に小さいことを考慮し微小項を無視すると式は線形化できる。

(2) 変数の数は一見すると 12 個の補正係数に地磁気異常 3 成分を加えた 15 個であるが、地磁気異常のうち標準磁場に平行な成分は、誘導磁場係数の対角成分と相互補完の関係にあるため求めることができない (この不定成分が結果のプロファイルに与える影響はレベルシフトのみであるので求められなくとも問題はない)。依って、地磁気異常のうち標準磁場に垂直な 2 成分が独立な変数として加えられ、変数の数は 14 個となる。具体的には、(a) 地磁気異常ベクトルと標準磁場ベクトルが垂直 (内積がゼロ) である条件を使う、または、(b) 地球に固定の直交座標系を通常の「北・東・鉛直下方」から「標準磁場の向き・それに垂直な 2 つの向き」に変換し第一の成分をゼロとする、などして変数を一つ減らして計算を行う。

解は最小二乗法的に求めるが、正規方程式による解法では、非現実的な解に飛んでいってしまうことがある (方程式を線形化した際の仮定にあてはまらない領域に行ってしまうことがあるため)。従って、従来通り周辺磁場に標準磁場の値を用いて算出した 12 の補正係数とゼロの磁気異常を初期値としたうえで、ガウス・サイデル法等の反復法を用いて求めるのが良い。ある程度の地磁気異常があるという結果になると、それに伴い若干値の異なる補正係数が得られる。我々のデータに適用した限りでは、この方法で算出された補正係数を用いると、ピッチ角に同期した変動が減少しプロファイルは大幅に改善された。

#### 2. 平行する測線間の船方位によるレベル差

例として東西方向の平行な測線が複数ある場合、東行きの測線と西行きの測線との間に明らかにレベルの差があり、地磁気異常をグリッド化してみると等深線が波打っているような場合がある。このような変動は、補正係数の一部 (具体的には、永久磁化による磁場ベクトルの水平成分  $H_{p1}$ ,  $H_{p2}$  と、誘導磁気マトリクスの 3 行 1・2 列成分  $a_{31}$ ,  $a_{32}$  の 4 つ) の僅かな誤差修正で消える場合がある。本発表ではそれらの補正值の簡単な計算式を紹介する。

# Japan Geoscience Union Meeting 2012

(May 20-25 2012 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2012. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SCG66-P09

会場:コンベンションホール

時間:5月22日 15:30-17:00

Isezaki, N. (1986), A new shipboard three-component magnetometer, *Geophysics*, 51, 1992-1998.

キーワード: 地磁気三成分観測, 船体磁気補正

Keywords: three-component magnetic field measurement, vehicle magnetization correction

## 中央インド洋海嶺の NTO マッシフの海底近傍地磁気探査

### Near-bottom geomagnetic survey over NTO (Non-transform offset) massif at Central Indian Ridge

佐藤 太一<sup>1\*</sup>, 本荘 千枝<sup>2</sup>, 沖野 郷子<sup>3</sup>

SATO, Taichi<sup>1\*</sup>, HONSHO, Chie<sup>2</sup>, OKINO, Kyoko<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 独立行政法人産業技術総合研究所, <sup>2</sup> 東京大学大学院工学系研究科 エネルギー・資源フロンティアセンター, <sup>3</sup> 東京大学大気海洋研究所

<sup>1</sup>Institute of Geoscience, Geological Survey of Japan, AIST, <sup>2</sup>Frontier Research Center for Energy and Resources (FRCER), School of Engineering, The University of, <sup>3</sup>Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

The near-bottom magnetic data reflect the difference, such as rock types and degree of weathering, rather than magnetic polarity reversal pattern. In this presentation, we focus on the magnetic characteristics over the hydrothermal field. If the host rock is extrusive (basaltic) rock, thermal demagnetization is expected, and there are a number of these research results. On the other hand, if the host rock is upper mantle rock, it is expected the positively enhanced magnetization by induced magnetization of magnetite through serpentinization. But this type of magnetic feature is not so much reported.

We conducted near-bottom magnetic survey using an AUV (Autonomous Underwater Vehicles), R2D4 during R/V Hakuohmaru KH10-6 cruise on November 2010. Three-component magnetometer was attached in the head of R2D4. Only one dive was done at NTO (Non-transform offset) massif between Central Indian Ridge segment1 and segment2 near the Rodriguez triple junction. NTO massif is considered to be composed of lower crust and/or mantle rock, and these rocks sometimes are exposed on its surface. The survey was consisted of four NS trending lines of about 6km and the line interval was about 500m. The mean vehicle height was 80 m from seafloor and the height varied between 40 and 200m. The figure 8 turn was operated before entering the survey line to calculate the vehicle magnetization coefficient. Three component magnetic data were calculated by removing ship magnetization estimated from vehicle coefficient. Total magnetic anomaly was calculated from three components magnetic data and by removing the IGRF value. Crustal magnetization was calculated through a magnetic inversion method (Honsho et al., 2012). 100m-thick magnetic layer and ambient magnetic direction were assumed in the calculation.

Northern survey area shows 0 or reversed magnetization and southern survey area shows positive magnetization. This positive magnetization is observed on the shallow area of the NTO massif. The remarkable high magnetization up to 30A/m is observed at the eastern area of the southern survey area. It spreads 500m\*1500m in EW and NS direction. This area corresponds to shallow, NS trending knoll. Basalt, peridotite and serpentinized peridotite were dredged at the western slope of this knoll during the same cruise. In addition, a collection of dead chimney was found on the knoll by submersible dives of Sinkai 6500 on 2009. Based on the dredged rocks and the discovery of the dead hydrothermal field, it is reasonable to consider that this high normal magnetization is caused by induced magnetization originated from water-mantle rock interaction. Our geomagnetic result is a good example of the magnetization feature of mantle rock hosted hydrothermal field.

キーワード: 海底地形, 地磁気

Keywords: Seafloor morphology, magnetics

## 中央インド洋海嶺南部のテクトニクス：メルト供給量の時空間変動 Tectonics of southern Central Indian Ridge: implication for spatial and temporal variation of melt supply

沖野 郷子<sup>1\*</sup>, 佐藤 太一<sup>2</sup>, 辻 健<sup>3</sup>, 中村 謙太郎<sup>4</sup>, 森下 知晃<sup>5</sup>, 望月 伸竜<sup>6</sup>, 熊谷 英憲<sup>4</sup>

OKINO, Kyoko<sup>1\*</sup>, SATO, Taichi<sup>2</sup>, TSUJI, Takeshi<sup>3</sup>, NAKAMURA, Kentaro<sup>4</sup>, MORISHITA, Tomoaki<sup>5</sup>, MOCHIZUKI, Nobutatsu<sup>6</sup>, KUMAGAI, Hidenori<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大気海洋研究所, <sup>2</sup> 産業技術総合研究所, <sup>3</sup> 京都大学, <sup>4</sup> 海洋研究開発機構, <sup>5</sup> 金沢大学, <sup>6</sup> 熊本大学

<sup>1</sup>AORI, University of Tokyo, <sup>2</sup>AIST, <sup>3</sup>Kyoto University, <sup>4</sup>JAMSTEC, <sup>5</sup>Kanazawa University, <sup>6</sup>Kumamoto University

The Central Indian Ridge (CIR) is categorized into intermediate spreading systems and its southern end forms a R-R-R triple junction with SWIR and SEIR. The southern CIR shows slow-spreading morphology, where the axial valley develops along the ridge crest and an oceanic core complex has been reported near the triple junction. We conducted detailed geophysical mapping all over the OCC and three submersible dives in 2006. On the top of the corrugations, several deformed rocks (mylonite, cataclastite, and schists) were recovered and striations parallel to the corrugation was widely observed on the seafloor. The observations suggest that the OCC had formed during Matsuyama chron at the southwestern inside-corner of the CIR-2 segment. Another small OCCs were also discovered in the same cruise, about 18km eastern off-axis of the southernmost (CIR-1) segment. Olivine-rich gabbroic rock, troctolite, dominates the recovered samples and a weathered Pl-dunite was also sampled from the 3170m WD. In recent cruises in 2009 and 2010, we further discovered ultramafic exposure at non-transform offset massif between segments CIR-1 and CIR-2, and at past NTO massifs or segment ends. They are associated with relatively smooth surface without corrugation and their extent is several kilometers. These structures suggesting melt-limited environment are distributed along 2nd order segment boundary from the axial valley to 30km off-axis, i.e. ~1.7 Ma. This unique environment is likely related to the formation of Kairei Hydrothermal Field (KHF) at CIR-1 ridge flank, where the fluids shows the high concentration of hydrogen and low methane content, and a hydrogen-based hyperthermophilic subsurface lithoautotrophic microbial ecosystem was confirmed. The widespread OCC-like structures around the triple junction are key to solve how and when an oceanic detachment nucleates and develops to localize the strain for a few million years and to understand adjacent unique, hydrogen-rich, hydrothermal activities.

To understand the tectonic evolution of the area we here compile the bathymetry, magnetics, and gravity data collected during previous six cruises, then make the detailed bathymetry, equivalent magnetization and residual mantle bouguer anomaly maps, ranging from the triple junction to CIR-4 segment. The mapped area covers the axial valley and off-axis up to chron 2Aold (~3.6 Ma). The OCC-like structures are concentrated in CIR-1 and southern CIR-2 on and off-axis areas. The northern CIR-3 and 4 segments seems relatively magmatically active, with low RMBA and higher magnetization. Central magnetic anomaly high is recognized along the SEIR and CIR, not along SWIR. The off-axis areas of CIR-1 segment shows high RMBA in general, suggesting the existence of high density material in the shallow part. The 24S OCC is also accompanies by clear RMBA high. The deep-tow magnetic profile across the CIR-segment shows highly asymmetric spreading since 2Ma, supporting the idea that the detachment faulting may play an important roll in the formation of OCC-like structures.

Keywords: mid-ocean ridge, oceanic core complex, hydrothermal activity, detachment, oceanic crust, seafloor spreading



## 南東インド洋海嶺における拡大速度と拡大の安定性の関係

### Relation with spreading rate and stability of spreading in Southeast Indian Ridge (SEIR)

佐藤 幸隆<sup>1\*</sup>, 野木 義史<sup>2</sup>, 松本 剛<sup>1</sup>

SATOH, Yukitaka<sup>1\*</sup>, NOGI, Yoshifumi<sup>2</sup>, MATSUMOTO, Takeshi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 琉球大学, <sup>2</sup> 国立極地研究所

<sup>1</sup>University of the Ryukyus, <sup>2</sup>National Institute of Polar Research

南東インド洋海嶺 (Southeast Indian Ridge: SEIR) は南極プレートとインド・オーストラリアプレートの境界にあたる中速拡大海嶺であり, その両側拡大速度は  $59\text{--}75\text{km/Ma}$  である (Small et al., 1999). 拡大軸の地形を見ると, 東経  $102^\circ$  より西側は中軸に高まりがみられる高速拡大の特徴を示し, 東側は中軸谷が発達しており低速拡大の特徴を示している (Ma and Cochran, 1997). また, 超低速拡大海嶺の南西インド洋海嶺では Magnetic Boundary Strike (MBS) と Muller et al. (2008) による Isochron との関係は平行でなく, 不規則に向きを変えている. 一方, 高速拡大海嶺により形成された太平洋プレートでの MBS は Isochron とほぼ平行であった. このことから高速拡大海嶺では一定の向きに一樣に安定した拡大を行っており, 低速拡大では向きが不均一な不安定な拡大をしているという可能性が指摘されている (松本・野木, 2008 JpGU 要旨).

SEIR 周辺では 2004 年に海洋研究開発機構 (JAMSTEC) の海洋調査船「みらい」による調査が行われており, その際に東経  $90^\circ$  付近と東経  $100^\circ$  付近の海嶺を横切る地球物理観測データが取得された. 一方, 東経  $110^\circ$  付近は日本南極地域観測隊 (JARE) 輸送のための「しらせ」の航路となっており, 航行中に地球物理観測が行われている. 今回は「みらい」と第 45 次隊によって得られた地磁気 3 成分データを用いて, 松本・野木 (2008 JpGU 要旨) の検証を行った.

3 成分値から Intensity of the Spatial Differential Vectors (ISDV) を計算し, ISDV のピークでの MBS を求め, さらにその平均値と標準偏差を求めたところ, 東経  $90^\circ$  では標準偏差の値が小さかった. また東経  $100^\circ$  付近では西側は標準偏差が小さく, 東側では大きかった. 東経  $110^\circ$  付近では全体的に標準偏差の値が大きかった. さらに全磁気異常値とモデルを比較して, 海底年代と拡大速度を推定した結果, 東経  $90^\circ$  付近では両側にほぼ  $3\text{cm/yr}$  で拡大していると推定された. 一方, 東経  $110^\circ$  付近では拡大速度のばらつきが顕著にみられた.

よって東経  $90^\circ$  付近での MBS のばらつきが小さく, 拡大速度は両側ともほぼ同じ速度であるので, SEIR 西側では安定拡大していると言える. 一方で, 東経  $110^\circ$  付近では MBS のばらつきが大きく, 拡大速度も不安定になっていることがわかった. よって, SEIR 東側では不安定拡大していると推定できる. この結果, 松本・野木 (2008 JpGU 要旨) の仮説が正しいという可能性が示唆された.

キーワード: 南東インド洋海嶺, 地磁気異常

Keywords: Southeast Indian Ridge, Magnetic anomaly

## 北西太平洋における海溝海側斜面に見られるプレート屈曲に起因する断層地形 Bending-related Topographic Structures of the subducting plate in the Northwestern Pacific Ocean

中西 正男<sup>1\*</sup>, 眞鍋 勇<sup>2</sup>, 及川 光弘<sup>3</sup>

NAKANISHI, Masao<sup>1\*</sup>, Isamu Manabe<sup>2</sup>, OIKAWA, Mitsuhiro<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 千葉大学大学院理学研究科, <sup>2</sup> 千葉大学理学部地球科学科, <sup>3</sup> 海上保安庁

<sup>1</sup>Graduate School of Science, Chiba Univ., <sup>2</sup>Faculty of Science, Chiba Univ., <sup>3</sup>Japan Coast Guard

平成 23 年東北地方太平洋沖地震直後に、日本海溝海側の太平洋プレートにおいてアウターライズ地震が発生した。さらに、今後大きなアウターライズ地震が発生する可能性が高くなったと考えられている。これは、アウターライズ地震はプレート間のカップリング状態と相関があるため、プレート間地震によって応力状態が変化し、アウターライズ地震が起こりやすくなると考えられたためである。しかし、アウターライズ地震の頻度や海溝のどこでも同じ頻度で発生するのかなど不明な事柄が多く、その理解はあまり進んでいない。アウターライズ（海溝周縁隆起帯）の頂上付近から海溝軸までの海側斜面には正断層起源の地累地溝地形（以下、断層地形と記す）が発達している。断層地形は、海洋リソスフェアが海溝に沈み込む際に屈曲し、それに伴いリソスフェアの上面が張力場になることから形成されると考えられている。この断層地形の形成過程においてアウターライズでは地震が発生すると考えられている。日本付で発生した過去のアウターライズ地震の例としては、1933 年の三陸沖地震 (Mj 8.1) がある。この地震による津波の高さは最大 28.7 m に達し、大きな被害をもたらした。最近の例としては 2010 年 12 月に発生した父島近海の地震 (Mj 7.4) がある。この地震では最大高さ 0.5 m の津波が観測された。このようにアウターライズ地震は、規模が小さくても津波を発生させる可能性が高い。アウターライズ地震の実像を解明するためには、起震断層の正確な位置や形状、活動履歴などを明らかにすることが必要である。したがって、海溝海側斜面の断層地形に関する研究は、アウターライズ地震に関する研究において、重要な役割を果たす。しかし、断層地形の発達過程に関する理解はあまり進んでいない。一般に、断層地形は海溝軸と平行な走向を持つと考えられている (Masson, 1991; Kobayashi et al., 1998; Ranero et al., 2003)。しかし、千島海溝西部、日本海溝南部、伊豆・小笠原海溝北部などでは、海溝軸と平行でない断層地形も存在する (例えば、Kobayashi et al., 1998; Nakanishi, 2011)。これらの地域の断層地形は、海底拡大過程に起因する構造 (abyssal hills やトランスフォーム断層) の再活動によると考えられている。また、海溝軸と平行な断層地形とそうでない断層地形では、地形的特徴も異なる (Nakanishi, 2011)。

本研究では、日本列島付近の海溝に関する海側斜面の断層地形の地形的特徴を報告する。研究対象とした海溝は、北海道南方沖の千島海溝西部から、日本海溝、伊豆小笠原海溝である。使用した海底地形データは 1990 年代からマルチビーム音響測深機で観測された海底地形データである。また、沈み込む直前の太平洋プレートの海底拡大過程に起因する構造を詳細に明らかにするために、磁気異常縞模様の同定、断裂帯と abyssal hills の記載もあわせて実施した。

断層地形の多くは、5600 m の水深より深い海側斜面に存在する。アウターライズより外側には存在しない。断層地形の走向は大きく 2 つのグループに分けられる。1 つは海溝付近で新たに形成された断層地形である。その走向は海溝軸の走向とほぼ同じである。もう一つは、海底拡大過程に起因する構造的弱線が再活動したグループである。このグループの断層地形の走向は、海溝軸とは異なる。海山が沈み込む周辺の海底の一部では、この 2 つのグループのいずれにも属さない断層地形が見られる。

参考文献: Nakanishi, M., Bending-related topographic structures of the subducting plate in the northwestern Pacific Ocean, in *Accretionary prisms and convergent margin tectonics in the northwest Pacific Basin, Modern Approaches in Solid Earth Sciences*, 8, edited by Y. Ogawa, R. Anma, and Y. Dilek, Springer Science+Business Media B.V., pp. 1-38, doi 10.1007/978-90-481-8885-7-1, 2011.

キーワード: 地累・地溝地形, 正断層, 海溝, 磁気異常縞模様, アウターライズ, 太平洋プレート

Keywords: abyssal hill fabric, bending-related topographic structure, deep-sea trench, magnetic anomaly lineation, outerrise, Pacific Plate

## JAMSTEC コア試料キュレーション - ユーザビリティの改善 JAMSTEC core sample curation - Improvement of usability

富山 隆将<sup>1\*</sup>, 佐藤悠介<sup>2</sup>

TOMIYAMA, Takayuki<sup>1\*</sup>, Yusuke Sato<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構 高知コア研究所, <sup>2</sup> 海洋研究開発機構 地球情報研究センター

<sup>1</sup>Kochi Institute for Core Sample Research, JAMSTEC, <sup>2</sup>Data Research Center for Marine-Earth Science, JAMSTEC

大気-海洋-地殻システムの仕組みやその変動を理解する上で重要な情報が記録された海洋コア試料は、さまざまな学問領域で興味の対象となり得る、貴重な資源である。JAMSTEC は、2008 年度より、キュレーション・サービスを通して、JAMSTEC の観測航海によって得られたコア試料や関連データを一般の研究・教育用途への利用に提供してきた。現在では、高知コアセンターで所蔵する JAMSTEC コア試料コレクションは約 5900 セクションに達し、そのうち約 4400 セクションが公開されている。

JAMSTEC コア試料キュレーションでは、学際的な研究・教育の発展を促すため、これまで海洋コア試料に深く関わって来た専門家だけでなく、海洋コア試料に新たな興味を見いだした研究者・教育者への利用の普及も重視している。そのためには、試料コレクションや関連データを充実させるだけでは充分でなく、利用者が抵抗を感じる事なく必要な情報にアクセス出来る環境の整備が欠かせない。

JAMSTEC コア試料の利用情報や関連データは、2つのウェブサイト「JAMSTEC コア試料キュレーション」「JAMSTEC コアデータサイト」を中心に掲載されている [1, 2]。ユーザーはオンライン上に掲載された情報を用いて利用計画を検討し、電子メールによって利用申請を行う事が出来る。本年度は、これまでテキストベースの所蔵試料検索システムしかなかった「JAMSTEC コア試料キュレーション」サイトに地図検索システムが追加され、試料の検索性が格段に向上した。また、キュレーションによる取り組みとして、高精細イメージスキャン画像、X線 CT スキャノグラム画像や、微化石年代情報などの取得が進められており、「JAMSTEC コアデータサイト」上で公開されている。このような基礎データの充実により、ユーザーは、試料の性状をよく理解した上で研究・教育計画の検討を行うことが出来る。

取り組みを始めて4年目を迎えた JAMSTEC コア試料キュレーションは、拡大期を迎えつつある。公開試料やデータの拡充とユーザビリティ改善の取り組みに加え、今後は、国内外のデータベースや科学試料キュレーションとの連携を進めることが重要である。

[1] 「JAMSTEC コア試料キュレーション」 [http://www.jamstec.go.jp/kochi/jc\\_curation/j/](http://www.jamstec.go.jp/kochi/jc_curation/j/)

[2] 「JAMSTEC コアデータサイト」 <http://www.godac.jamstec.go.jp/coredata/j/>

キーワード: 海洋コア試料, 試料管理, キュレーション

Keywords: Marine core sample, sample management, curation



## 海洋音響測距における速度構造と波線追跡法による精度検証 海底地殻変動観測 における推定精度向上に向けて Accuracy due to ray tracing and velocity structure in acoustic ranging to develop seafloor geodetic observations

永井 悟<sup>1\*</sup>, 江藤 周平<sup>2</sup>, 田所 敬一<sup>1</sup>, 渡部 豪<sup>1</sup>, 坂田 剛<sup>2</sup>

NAGAI, Satoru<sup>1\*</sup>, ETO, Shuhei<sup>2</sup>, TADOKORO, Keiichi<sup>1</sup>, WATANABE, Tsuyoshi<sup>1</sup>, SAKATA, Tsuyoshi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター, <sup>2</sup> 名古屋大学大学院環境学研究科

<sup>1</sup>Earthquake and Volcanology Research Center, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya Univ., <sup>2</sup>Graduate School of Environmental Studies, Nagoya Univ.

プレート境界及びその周辺域における地震活動や地殻変動、特にプレート境界型地震発生準備過程を理解する上では、海域における時空間分解能の高い地震及び地殻変動観測が必要不可欠である。GPS/音響結合方式での海底地殻変動計測システムの開発を各研究グループが進めてきたが、その時空間分解能はプレート間運動速度に比べると、十分に精度がよいものではない。海底局(ベンチマーク)位置決定の誤差要因には、測距データの信号到着時刻読取による誤差、海上局位置の決定誤差、などがあるが、現解析において主要な誤差要因は、海中音速構造のモデル化、特に時空間変化によるものである。1回の観測における海底局の位置決定精度は1-5cmで、観測時の海況に左右される。よって、繰り返し観測を通して有意な変動を検出するには数年が必要となる。すなわち、短期間での観測では、プレート間の挙動変化(たとえば、プレート間カップリングの変化)をとらえることは現観測・解析手法では不可能である。本講演では、音響測距データ解析の高度化に関する実解析・理論解析、また、それらの評価について報告する。海底局位置は、地震学における震源決定や地震波走時トモグラフィーといった解析とほぼ同様な解析によって得ることができる。そこで、既存の地震学的手法を適用することにより、その精度向上を図る。

まず、観測データ解析では、音響測距データから海中音速構造の時間変化を含む3次元空間変化の情報を抽出した。解析では、空間的に連続した短時間データから、その時間帯における平均的な音速の水平成層構造モデルを推定した。得られた複数のモデル間の比較、及び、各モデルを推定された際に得られた走時残差から、海中音速構造の3次元時空間変化をある程度見積もることができた。観測走時に影響を与える海中音速変化の要因は、海表面近くよりも、深さ600mより浅部における海流や深さ300m前後における小スケールの速度異常によるものと示唆される。海中音速変化の原因は流れである事は結論付けられるが、厳密に言及するには情報が不十分なため、今後の課題である。

また、理論走時計算を通して、観測データによって得られた走時変化の検証、および、速度構造のモデル化による誤差についての評価、を行った。同時に、波線経路の近似によって生じる走時差を厳密解との比較も含めて、理論的に考察した。観測データに対応する走時変化は速度異常域を通るときの理論走時によって説明ができ、これは観測走時に関する議論でも参考にした。水平成層速度構造モデル化による走時差は最大でも0.1ms程度であった。また、走時の厳密解は、速度一定、または、深さに比例して変化する1層については既に提示されているが、複雑な速度変化に対しては速度を深さの関数として表記する必要がある。詳細については、発表時に報告する。

これらの解析を通して、音響測距理論走時データによる海底局位置決定精度の検討や3次元トモグラフィー手法への適用を進めている。今後の観測(計画)においては、精度を向上させるためには、海中音速構造の時空間変化を容易に検出できるような観測体系を提案・実施していく必要がある。既存の観測データに対しては、海中音速構造の時空間変化をデータから抽出し、その影響を何らかの方法で取り除く事が最も有効な手段であると考えられる。

キーワード: 海底地殻変動観測, 音響測距, 海中音速構造, 波線追跡法, トモグラフィー

Keywords: seafloor crustal deformation measurement, acoustic ranging, ocean acoustic velocity structure, ray tracing method, tomographic inversion



## 海中音速構造の空間変化を把握するための海底地殻変動計測システムにおける適切なブイ配置の設計

### Layout of buoys and seafloor transponder for next-generation measurement system for ocean floor crustal deformation

坂田 剛<sup>1\*</sup>, 田所 敬一<sup>2</sup>, 永井 悟<sup>2</sup>, 生田 領野<sup>3</sup>

SAKATA, Tsuyoshi<sup>1\*</sup>, TADOKORO, Keiichi<sup>2</sup>, NAGAI, Satoru<sup>2</sup>, IKUTA, Ryoya<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学大学院環境学研究科, <sup>2</sup> 名古屋大学大学院環境学研究科附属地震火山研究センター, <sup>3</sup> 静岡大学理学部

<sup>1</sup>Graduate school of Environmental Studies, Nagoya University, <sup>2</sup>Earthquake and Volcano Research Center Graduate school of Environmental Studies, Nagoya University, <sup>3</sup>Faculty of Science, Shizuoka University

我々の研究グループでは現在、海底下のプレート境界における海溝型巨大地震の理解に向け、観測船を用いた海底地殻変動計測法の開発を行っている。現在のシステムでは、キネマティック GPS により観測船の位置を決定し、観測船から送信された音波が海底に設置された海底局に達してから再び船に戻るまでの往復走時を用いて海底局の位置を決定している。観測船は海底局の上を航走して特定のジオメトリを描き、海中音速構造と海底局位置を同時に推定する。この計測方法では、海底局位置の繰り返し決定誤差は 1-5cm であり、年数回の計測を数年繰り返してプレートの定常的な動きが検出できるレベルに達しているが、海溝型地震の発生場を監視するためには 1 回の測定誤差をより小さくすることが望まれる。海底局位置の繰り返し決定誤差に大きく関わる要因は海中音速構造の時空間変化である。現在の観測法では、海底局の周囲を航走することによって海中音速構造の空間変化を平均化できるが、同時に時間変化も含まれてしまう。海中音速構造の空間変化を時間変化と分離して把握する手法としては複数のブイを用いてトモグラフィ的に推定する手法が考えられる。

そこで本研究では、観測船の代わりに複数の係留ブイを用い、計測が行える次世代の計測システムについて検討した。ブイによるシステムでは、現在の海底地殻変動計測システムにおいて観測船が担っていた役割をすべてブイに負わせる。ブイは観測船とは異なり自力で航行できないため任意のジオメトリを描けないばかりか、係留索のアソビの分、海流によりその位置を変えられてしまう。このため、システムの設計時には初期配置と係留索のアソビの長さの検討が重要である。

本研究ではこの初期配置とアソビを検討するため、ブイ-海底局のジオメトリと海底局位置の推定精度の関係の理論的検討を行った。ブイと海底局をそれぞれ 3 台ずつ配置することを想定し、ブイ-海底局のジオメトリは相互に食い違う 1 辺 2000m の正三角形とした。海底局アレイを水深 1000m に配置し、海中の音速構造は鉛直 2 層構造を仮定した。水深 0m から 100m の音速を 1523m/s、水深 100m から 1000m の音速を 1486m/s とし、これを初期構造とした。更にこの初期構造から音速を 0.02% 遅くした音速構造を設定し、ブイの位置により音波の走時計算に用いる音速構造を変え、海中音速構造に水平方向の空間変化を与えた。複数のブイ-海底局間の音波の走時から、海底局の重心位置の同時確率密度分布を計算した。ブイの配置を変えて確率密度分布のピーク幅がどのように変化するかを X, Y, Z の 3 成分について調べた結果、以下の 3 点の知見が得られた。

(1) ブイの重心が最小値を取る位置から水平方向に水深相当移動する場合は X, Y 成分の精度の悪化は 25% 以内に抑えられる。

(2) ブイの描く三角形の大きさが変わってしまう場合、1 辺の長さが 40% 程度変化しても精度の悪化は 3 成分ともに 10% 以内に抑えられる。

(3) ブイが水平に一樣に移動した場合とブイの描く三角形の大きさが変わってしまう場合のどちらでも最小値と最大値を比較すると、他の 2 成分よりも Z 成分の精度の悪化の度合いが大きい。

Z 成分の精度も考慮すると、三角形の収縮・拡大の変形 (2) よりも水平方向の一樣な移動 (1) に弱いことがわかる。また、上記 (3) は現在の観測において水平成分よりも鉛直成分の海底局位置の繰り返し決定誤差が大きいことと整合性がある。

キーワード: ブイ, 海底地殻変動, 音響測距, GPS, トランスデューサ

Keywords: Buoy, Ocean floor crustal deformation, Acoustic ranging, GPS, Transducer

## 南海トラフにおける海底地殻変動観測結果 Results of Seafloor geodetic observations along the Nankai Trough

氏原 直人<sup>1\*</sup>, 石川 直史<sup>1</sup>, 渡邊 俊一<sup>1</sup>, 吉田 茂<sup>1</sup>, 佐藤 まりこ<sup>1</sup>, 望月 将志<sup>2</sup>, 浅田 昭<sup>2</sup>

UJIHARA, Naoto<sup>1\*</sup>, ISHIKAWA, Tadashi<sup>1</sup>, WATANABE, Shun-ichi<sup>1</sup>, Shigeru Yoshida<sup>1</sup>, SATO, Mariko<sup>1</sup>, MOCHIZUKI, Masashi<sup>2</sup>, Akira Asada<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 海上保安庁海洋情報部, <sup>2</sup> 東京大学生産技術研究所

<sup>1</sup>Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard, <sup>2</sup>Institute of Industrial Science, the University of Tokyo

海上保安庁では、主に日本海溝沿いや南海トラフ沿い陸側の海底に、海底基準点を設置し、キネマティック GPS / 音響測距方式による海底地殻変動観測を実施している。

これまでに、宮城沖・福島沖等の海底の定常的な地殻変動や、2005年宮城県沖の地震(M7.2)の地震発生からひずみの蓄積開始に至るまでの一連の海底の動き、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(平成23年3月11日、M9.0)に伴う海底での地殻変動を捉えることに成功している。

本発表では、南海トラフ沿いの基準点における2012年3月までに実施した観測について、重心推定法(松本ほか、2008)による解析結果について報告する。また、2011年度に南海トラフに新たに投入した海底基準点について紹介する。

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震発生前までの観測結果から、南海トラフ沿いの海底基準点ではとも西~北西の方向に約2~5cm/年の速度で移動しているという結果が得られ、場所によって移動速度が違ふことが示唆される。また、基本解析における結果と比較すると、プレート運動等からみてより妥当といえる解析結果を得ることができた。

キーワード: 海底地殻変動観測, 南海トラフ

Keywords: seafloor geodetic observation, Nankai trough

## 海中重力計の開発 Development of an underwater gravimeter

石原 丈実<sup>1\*</sup>, 金沢 敏彦<sup>2</sup>, 藤本 博己<sup>3</sup>, 篠原 雅尚<sup>2</sup>, 山田 知朗<sup>2</sup>, 新谷 昌人<sup>2</sup>, 飯笹 幸吉<sup>4</sup>, 大美賀 忍<sup>5</sup>  
ISHIHARA, Takemi<sup>1\*</sup>, KANAZAWA, Toshihiko<sup>2</sup>, FUJIMOTO, Hiromi<sup>3</sup>, SHINOHARA, Masanao<sup>2</sup>, YAMADA, Tomoaki<sup>2</sup>,  
ARAYA, Akito<sup>2</sup>, IIZASA, Kokichi<sup>4</sup>, Shinobu Omika<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所地質情報研究部門, <sup>2</sup> 東京大学地震研究所, <sup>3</sup> 東北大学理学研究科地震・噴火予知研究観測センター,  
<sup>4</sup> 東京大学大学院新領域創成科学研究科, <sup>5</sup> 海洋研究開発機構海洋工学センター

<sup>1</sup>Institute of Geology and Geoinformation, AIST, <sup>2</sup>Earthquake Research Institute, University of Tokyo, <sup>3</sup>Graduate School of Science, Tohoku University, <sup>4</sup>Graduate School of Frontier Sciences, Univ. Tokyo, <sup>5</sup>Marine Technology Center, JAMSTEC

熱水鉱床探査のための海中重力計を開発した。500m x 500m x 10m の大きさと密度差  $1 \text{ g/cm}^3$  をもつ鉱床と探査の高度を 50m として予想される重力異常を考え、重力計の検出感度を  $0.1 \text{ mgal}$  とすることを開発目標とした。新たに開発した重力計システムはチタン合金製の 2 つの耐圧容器に入っていて水深 4200m まで使用可能である。耐圧容器 1 には、重力センサ (MicroG LaCoste S-174) とともに慣性航法センサー (PHINS) やジンバル制御機構を収納し鉛直性を保持しており、データ集録部は耐圧容器 2 にある。重力センサと PHINS からのデータはそれぞれ 88.1 Hz と 100 Hz のレートで集録している。重力計を搭載する移動体の動揺による高周波ノイズは取得した生データにローパスフィルタをかけてやれば減衰させることができる。動揺試験台の上に重力計を載せ、実際に想定されるものより大きい 7.5 度の振幅、周期 16 秒のピッチ方向、ロール方向の動揺を与えて重力データを取得する試験をした。1 秒と 150 秒の 2 段階の Gaussian フィルタをかけたが、航走速度 2 ノットを仮定するとこれは空間分解能 75m にあたり、鉱床の異常を検出するのに十分なほど小さい。この試験の結果、ローパスフィルタとティルト補正、地球潮汐補正をし、時間的に線形のドリフトを仮定すると、ピッチ方向の動揺の場合  $0.04 \text{ mgal}$ 、ロール方向の動揺の場合  $0.02 \text{ mgal}$  の RMS 誤差が得られ、重力計の検出感度は目標としたものを十分クリアするものであることがわかった。2012 年 9 月には、並行して開発中の重力偏差計も自律型無人探査機 (AUV) に同時に搭載して行う、ハイブリッド式データ取得の実証試験をする予定である。

キーワード: 重力計, 海中, 慣性航法, ジンバル, 自律航行型無人探査機

Keywords: gravimeter, underwater, inertial navigation, jimbals, AUV

## 海域観測への適用に向けた新たな水晶振動子加速度計の評価試験 Evaluations of a new resonant quartz-based accelerometer for oceanographic installations

山田 知朗<sup>1\*</sup>, 篠原 雅尚<sup>1</sup>, 金沢 敏彦<sup>1</sup>

YAMADA, Tomoaki<sup>1\*</sup>, SHINOHARA, Masanao<sup>1</sup>, KANAZAWA, Toshihiko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所

<sup>1</sup>Earthquake Research Institute, University of Tokyo

Earthquake and its related phenomenon have a broad range of frequencies and magnitudes. A lot of studies show that it is very useful to catch motions broadly with frequencies as much as possible, and it is essentially important for seismometer so as not to clip the record even when strong oscillation comes. One of the solutions is multi-sensor system. It requires, however, lots of resources such as electric power and special size. Considering the many limitations in marine environments, compact system is preferable. For the purpose of implementation of broad band seismic and geodetic observation easily in marine region, we have been evaluating a new type accelerometer, which is an application of resonant crystal transducers. The sensor has several features such as small size, low power, shock protection, and a suitable temperature range for oceanographic installations. The range of full scale is +/- 2g, so it is also relatively robust for strong motions. In addition to above, we have been evaluating several issues in a vault of Nokogiriyama Geophysical Observatory of Earthquake Research Institute, the University of Tokyo. In this presentation, we show the test environment and the results, and discuss the possibility of oceanographic installations. The records we have obtained look reasonable as compared with other seismometers in the vault. The frequency responses of the new sensor judged from power spectral density is better than that of conventional accelerometers used in marine regions both in high frequency (1 Hz - 10 Hz) and long period (10 s -). Long-period waves can clearly be seen during reasonable time after earthquakes, and the lowest self noise level near 10 s is about -140 dB. The curve between 10 s and 500 s on frequency versus acceleration spectrum density follows a 1/f slope. It means that the new sensor may work as not only a broadband seismometer which can record various events such as local earthquake, teleseismic events and slow slips but also a gravitometer, which can be used for the sensor of mass changes. The earth tide should be recorded in the sensor if we used it as a gravitometer. However, the earth tide could be seen from the record only after processing, and the periods what the tide can be seen are limited. We are considering two points, which are the clock system and the thermal condition, to improve the measurement system for obtaining more accurate long-period data. As of present, some improvements are required for gravimetric use, while we think it works well as a seismometer which could be mounted in various types such as cabled system, AUV and pop-up system.

キーワード: 水晶振動子加速度計, 強震動, 広帯域, 重力

Keywords: quartz accelerometer, strong motion, broad band, gravity