

## 南マリアナトラフ熱水地域における地震波速度構造と地震活動

### Seismic structure and seismicity at the southern Mariana Trough with hydrothermal activities

佐藤 利典<sup>1\*</sup>, 水野 真理子<sup>1</sup>, 高田 裕能<sup>1</sup>, 山田 知朗<sup>2</sup>, 一瀬 建日<sup>2</sup>, 望月 公廣<sup>2</sup>, 篠原 雅尚<sup>2</sup>

Toshinori Sato<sup>1\*</sup>, Mariko Mizuno<sup>1</sup>, Hiroyoshi Takata<sup>1</sup>, Tomoaki Yamada<sup>2</sup>, Takehi Isse<sup>2</sup>, Kimihiro Mochizuki<sup>2</sup>, Masanao Shinohara<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 千葉大学大学院理学研究科, <sup>2</sup> 東京大学地震研究所

<sup>1</sup>Graduate School of Science, Chiba University, <sup>2</sup>Earthquake Research Institute, University of Tokyo

#### 1. Introduction

The Southern Mariana Trough back-arc spreading system shows asymmetry spreading, and has high relief at spreading axes, which infers abundant melt supply. Furthermore, five hydrothermal vents that extrude different water contents, exist within 5 km near the spreading axis. To investigate upper mantle structure, crustal structure and hypocenter distribution provide important constraint on following four main points to understand the back-arc spreading system; 1) imaging melt delivery to the spreading axis and off axis seamount including volcanic arc, 2) production and character of the crust, 3) relationship between melt supply and crustal formation, and 4) pathway and heat source for hydrothermal circulation with related to its formation.

#### 2. Observation and analysis method

We conducted a seismic reflection/refraction survey and seismicity observation at the hydrothermal area in the Southern Mariana Trough from August to November in 2010. We used 9 ocean bottom seismometers, an air gun (GI gun) and a single channel streamer cable. We took 7 parallel lines and 7 perpendicular lines to the spreading center. Line length was 15 km each, and line interval was 2.5 km.

In analysis of refraction data, we firstly made 2D cross sections of survey lines A1, A4, A7, B1, B4 and B7 using the progressive model developing method (Sato and Kennett, GJI, 2000). Then we made 3D initial models and conducted 3D inversion using FAST (Zelt and Barton, JGR, 1998).

#### 3. Results

In refraction analysis, we used more than 9000 P-wave arrivals (hand picked). In 3D inversion, RMS was reduced from 120 ms (initial model) to 30 ms (after 10 iterations). The result of 3D inversion shows low velocity at the central part of the spreading ridge and high velocity under the off axis seamount. The high velocity under the off axis seamount suggests thick layer 3 and past magma intrusion from the mantle. The reflection survey shows that some reflectors exist under the hydrothermal area. From seismicity observation, we obtained very low seismicity at the hydrothermal area in the 3 month's observation. This suggests that hydrothermal activities are not related to tectonic stresses.

#### Acknowledgements

We thank the captain and the crew of R/V Yokosuka of Jamstec for their support. This work was supported by JSPS KAKENHI Grant Number 20109002.

キーワード: 海底下の大河, 熱水地域, 地殻構造, マリアナトラフ

Keywords: TAIGA, hydrothermal area, crustal structure, Mariana trough

## 海底熱水循環系を伴う背弧拡大軸の磁化構造：南部マリアナトラフの例 Magnetic Structure of Back-arc Spreading Axis with Hydrothermal Vents; the Southern Mariana Trough

藤井 昌和<sup>1\*</sup>, 沖野 郷子<sup>1</sup>, 本荘 千枝<sup>1</sup>, Jerome Dymant<sup>2</sup>, Szitkar Florent<sup>2</sup>, 望月 伸竜<sup>3</sup>

Masakazu Fujii<sup>1\*</sup>, Kyoko Okino<sup>1</sup>, Chie Honsho<sup>1</sup>, Jerome Dymant<sup>2</sup>, Szitkar Florent<sup>2</sup>, Nobutatsu Mochizuki<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大気海洋研究所, <sup>2</sup> パリ地球物理学研究所, <sup>3</sup> 熊本大学

<sup>1</sup>AORI, the University of Tokyo, <sup>2</sup>Institut de Physique du Globe de Paris, <sup>3</sup>Kumamoto University

Geological and geophysical characterization of seafloor hydrothermal system is important in investigating the mineral deposits, habitat of microbial communities and heat and chemical fluxes, and especially near-bottom geophysical mapping is an useful technique for the investigation. To reveal the high-resolution magnetic structure of oceanic crust with hydrothermal alteration zones, I constructed a new technique of three-dimensional forward modeling using three component of magnetic anomaly. I applied this technique to the near-bottom data acquired by submersible Shinkai 6500 at an altitude of 1 -100 m above seafloor in five hydrothermal vent sites near the Southern Mariana Trough (SMT), backarc spreading axis. In addition, I compared the results with NRM measurements of basalt samples and with magnetic signatures observed by AUV with higher altitude. Important results are detailed below.

The distribution of estimated absolute magnetization well corresponds to the seafloor geological characters such as hydrothermal deposits and fresh pillow lava. The value of absolute magnetization is almost equal to measured NRM of collected samples, demonstrating the reliability of new processing technique. The result is also consistent with the equivalent magnetization deduced from the previous AUV survey and shows more detailed structure.

My results reveal that hydrothermal alteration zones are accompanied with distinct low magnetization as some previous studies reported in mid-ocean ridges. It is considered that this low magnetization is caused by demagnetization of high temperature hydrothermal circulation exceeding Curie temperature or alteration of magnetic minerals in stockwork pipe.

The horizontal scale of low magnetization zones around the off-axis vent sites is almost 10 times larger than those around the on-axis sites. I consider that the longer duration time of hydrothermal circulation in off-axis sites makes the alteration zone larger.

We obtain extremely high magnetization just on neo volcanic zone (NVZ) and relatively low magnetization away from the NVZ, suggesting a very rapid decrease of magnetization by low-temperature oxidization. My results shows higher decay rate than suggested by previous study.

キーワード: 3成分地磁気異常, 南部マリアナトラフ, 海洋性地殻, 熱水循環系, 背弧拡大軸部, 磁化

Keywords: vector magnetic anomaly, Southern Mariana Trough, oceanic crust, hydrothermal system, back-arc spreading center, magnetization

## 北部伊豆-小笠原弧明神礁カルデラの火山地質と海底熱水鉱床

### Volcanic features and volcanic massive sulfide deposit of Myojinnsyo caldera, Izu-Ogasawara Arc.

坂本 泉<sup>1\*</sup>, 志多泊龍一<sup>1</sup>, 八木雅俊<sup>1</sup>, 横山由香<sup>1</sup>, 岡村聡<sup>2</sup>, 東海大学海洋資源学科乗船者一同<sup>1</sup>

Izumi Sakamoto<sup>1\*</sup>, Ryuichi Shitahaku<sup>1</sup>, Masatoshi Yagi<sup>1</sup>, Yuka Yokoyama<sup>1</sup>, Satoshi Okamura<sup>2</sup>, Shipboard scientific party<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東海大学海洋学部, <sup>2</sup> 北海道教育大学

<sup>1</sup>Tokai Univ., <sup>2</sup>Hokkaido Education Univ.

東海大学海洋資源学科では2009年度、2010年度、2011年度、2012年度に実施された海洋調査船望星丸航海によって青ヶ島リフト、北部明神リフト、明神礁カルデラ周辺で熱水鉱床探査を目的とした調査を行ってきた。この中で2012年には明神礁カルデラ周辺において地形・採泥・地磁気を含む調査を行った。

明神礁カルデラは、その西側外輪山に相当するところにベヨネーズ列岩が位置し、北東側外輪山上には明神礁(水深50 m)が存在している。さらに南東にも水深300 mの頂上を有する高まりが存在している。これらのピークに囲まれたカルデラは東西約8km、南北約6kmのサイズで、外輪山の比高は約700 mである。カルデラ中央部には中央火口丘の高根礁がある。この東海大学海洋資源学科では2009年度、2010年度、2011年度、2012年度に海洋調査船望星丸によって青ヶ島リフト、北部明神リフト、明神礁カルデラ周辺で海底カルデラの成因と熱水鉱床探査を目的とした調査を行ってきた。この中で2012年には明神礁カルデラ周辺において地形・採泥・地磁気を含む調査を行った。

明神礁カルデラは、その西側外輪山に相当するところにベヨネーズ列岩の存在するブロックが存在し、北東側外輪山上には明神礁(水深50 m)ブロックが存在している。さらに南東にも水深300 mの頂上を有するMSE(仮称)ブロックが存在している。これらのピークに囲まれたカルデラは東西約8km、南北約6kmのサイズで、外輪山の比高は約700 mである。

カルデラ中央部には中央火口丘の高根礁(水深約370 m)がある。この中央火口丘は、比高が約700 mであり、明神海丘やスミスカルデラ等の海底カルデラと異なり異常に比高が約700 mと高く、カルデラ壁とほぼ同じか部分的にはカルデラ壁よりも高い。この中央火口丘の南および北側には東-西方向を呈する急斜面が発達し、これらはカルデラ壁の外側まで発達している。また中央火口丘の東側は緩やかな斜面が発達しており、カルデラ壁の東側斜面と連続するように類似した特徴を呈している。

カルデラ周辺で8点の採泥を行った。これにより外輪山の下部(水深1000-800 m)は変質した軽石または凝灰岩からなる火山砕屑物から構成され、中部(水深800-600 m)は塊状の安山岩-デイサイト質の火山岩体およびその砕屑物、上部(600 m以浅)には新規のデイサイト質火山砕屑物から構成されている事が明らかになった。またMSE外輪山中部斜面からは、浅海生のサンゴ破片や二枚貝の密集した化石試料も複数採取された。中央火口丘は安山岩-デイサイト質の火山岩から構成され、南西斜面からは重晶石・方鉛鉱・閃亜鉛鉱などからなる熱水性硫化物が採取された。中央火口丘の東側斜面はなだらかな斜面が発達し、デイサイト質の軽石が多量に採取された。

中央火口丘とMSEカルデラ壁の火山岩は、安山岩からデイサイトであり、化学組成的に類似している。ベヨネーズ列岩北方斜面上には塩基性から酸性の多様な火山噴出物が採取されている。これらの内一部を除く多くの酸性火山噴出物は、カルデラおよび中央火口丘の組成と一致し、背弧側のカルデラ類とは明瞭に区分される。

キーワード: 海底カルデラ, 火山性塊状硫化鉱床, 明神礁

Keywords: submarine caldera, volcanic massive sulfide deposit, Myoujin-sho

## 伊豆・小笠原弧明神海山及び明神リフトから採取された珪長質火成岩の島弧横断方向変化

### Across-arc geochemical variation of felsic rocks dredged from the Myojin Seamount and the Myojin Rift, Izu-Bonin arc

吉田 尊智<sup>1\*</sup>, 岡村 聡<sup>1</sup>, 坂本 泉<sup>2</sup>, 池田 保夫<sup>3</sup>, 足立 佳子<sup>4</sup>, 小島 萌<sup>4</sup>, 菅原 誠<sup>5</sup>, 志多 伯龍<sup>2</sup>

Takanori Yoshida<sup>1\*</sup>, OKAMURA, Statoshi<sup>1</sup>, SAKAMOTO, Izumi<sup>2</sup>, IKEDA, Yasuo<sup>3</sup>, ADACHI, Yoshiko<sup>4</sup>, KOJIMA, Moeru<sup>4</sup>, SUGAWARA, Makoto<sup>5</sup>, SHITAHAKU, Ryuichi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 北海道教育大学札幌校, <sup>2</sup> 東海大学, <sup>3</sup> 北海道教育大学釧路校, <sup>4</sup> 新潟大学, <sup>5</sup> 三菱マテリアルテクノ株式会社

<sup>1</sup>Hokkaido University of Education, Sapporo, <sup>2</sup>Tokai University, <sup>3</sup>Hokkaido University of Education, Kushiro, <sup>4</sup>Niigata University, <sup>5</sup>Mitsubishi Materials Techno Corporation

明神海山(北緯31度55分, 東経140度01分)は, 北部伊豆・小笠原弧火山フロント上に位置する大きなカルデラを伴った海底複式火山である。明神海山西方には, 正断層地形を呈する現在活動的な背弧リフトである明神リフトが存在する。明神海山は, 玄武岩, 安山岩, デイサイト, 流紋岩から構成される。一方, 明神リフトは, 玄武岩と流紋岩から成るパイモータルな活動で特徴づけられる。明神海山及び明神リフトの珪長質岩は, 主に種々の程度に発泡した軽石からなり, その他少量の流紋岩熔岩と酸性深成岩から構成される。珪長質岩は, 液相農集元素及び同位体組成から3つのタイプに分けられる。Type 1 珪長質岩は低いNa<sub>2</sub>O, Zr, LREE含有量及び高いBa, <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr比; Type 2 珪長質岩は, 低いK<sub>2</sub>O, Rb, Ba含有量, 及び高い<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr比; Type 3 珪長質岩は, 高いNa<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, Rb, Zr, Nb, LREE含有量, 及び低いBa, <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr比で特徴づけられる。

Type 1 珪長質岩は, 火山フロントの明神海山に産し, Type 3 珪長質岩は, 明神リフトから産する。Type 2 珪長質岩は, 火山フロントから背弧リフトに広く分布している。火山フロントから産する玄武岩は Type 1 及び Type 2 珪長質岩と同様の同位体組成を有する。一方, Type 3 珪長質岩の同位体組成は, 明神リフトから産する玄武岩と同様の組成を示す。同位体組成から Type 1 珪長質岩は, 現在の火山フロントで活動する玄武岩と関連する玄武岩質下部地殻, Type 3 珪長質岩は, 現在背弧リフト域で活動する玄武岩と関連する玄武岩質下部地殻の部分溶融の産物であると考えられる。同位体組成において Type 1 珪長質岩と Type 2 珪長質岩は類似性が強いが, 同一起源物質の異なった条件下(fO<sub>2</sub>)での溶融(Sission et al., 2005; Tatsumi and Suzuki, 2009)によって, 両者の各種主要元素含有量の差異を導くことができない。Type 2 珪長質岩は, Type 1 及び Type 3 の起源物質とは別の起源物質, すなわち背弧リフトのリフティング開始より前に形成された地殻を起源とする可能性がある(例えば, Tamura et al., 2009 に示される漸新世の地殻)。Type 2 珪長質岩の広範囲の分布は, リフティング以前の地殻がリフティングの進行に伴って現在火山フロントから背弧域にわたって点在するというモデルと調和的である。

キーワード: 伊豆・小笠原弧, 明神リフト, 明神海山, 中部地殻, 火成岩, 珪長質

Keywords: Izu-Bonin Arc, Myojin Rift, Myojin Seamount, Middle Crust, Igneous Rock, Felsic

## 深海巡航探査機を用いたマルチビーム測深機およびサイドスキャンソナーによるベヨネーズ海丘カルデラ熱水サイトのマッピング Mapping hydrothermal sites in the Bayonnaise knoll caldera using acoustic sonars with an autonomous underwater vehicle

本荘 千枝<sup>1\*</sup>, 浦環<sup>2</sup>, 浅田昭<sup>2</sup>, 金岡秀<sup>2</sup>, 永橋賢司<sup>2</sup>

Chie Honsho<sup>1\*</sup>, URA, Tamaki<sup>2</sup>, ASADA, Akira<sup>2</sup>, KIM, Kangsoo<sup>2</sup>, NAGAHASHI, Kenji<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大気海洋研究所, <sup>2</sup> 東京大学生産技術研究所海中工学研究センター

<sup>1</sup> Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, <sup>2</sup> Underwater Technology Research Center, Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

ベヨネーズ海丘カルデラは、伊豆・小笠原弧の背弧リフト東縁に位置する直径約 3 km の海底カルデラである。2003 年にカルデラ底南東縁部に大規模な熱水性硫化物鉱床（白嶺鉱床）が発見され、海底資源開発の観点から大きな関心を集めている。我々は、海洋研究開発機構の研究船「よこすか」による YK11-11 航海（2011 年 12 月）において、深海巡航探査機（AUV: Autonomous Underwater Vehicle）「うらしま」を用いた深海音響観測を実施し、カルデラの南半分をカバーするサイドスキャンソナーおよびマルチビーム測深データを得た。

マルチビーム測深データは、ピング毎にデータの外れ値を検出し除外した後、AUV の姿勢データおよび位置データと合わせて各ビームの位置を決定し水深データを作成した。白嶺熱水サイト周辺では特に密な測線が取られたため、隣り合う測線間でかなりの測深データがオーバーラップし、それらには少なからぬ食い違いがあった。これらのミスフィットは AUV の位置データを適切に補正することで大幅に改善され、最終的に数十センチメートル程度の解像度を持つ詳細な海底地形図が作成された。白嶺サイトにおいては、硫化物チムニーや硫化物マウンドと思われる数～十数メートルスケールの起伏に富む特徴的な地形が明瞭に確認された。

サイドスキャンデータについては、まずビーム方向に平坦な海底面を仮定した斜距離補正および反射強度補正を行い、モザイク図を作成した。しかし、起伏の大きい海底を低高度で観測しているため、地形歪みが極めて大きく、また反射強度が海底の傾斜を強く反映したイメージとなった。そこで、マルチビーム測深データを用いて各ピングのフットプリントを確定し、これらの地形歪みと反射強度の補正を試みた。その結果、実際の地形とよく合致し、また、反射強度の入射角依存性が適切に補正されたイメージが得られた。白嶺サイトは、比較的強い反射とごく弱い反射とが短波長で入れ替わる特徴的なパターンを示した。これは、測深データからも確認された地形の細かな起伏による、音響的な光と影を表していると考えられる。また、このモザイク図を用いて海底の底質分類を行ったところ、観測域は複数のカテゴリーに分類され、白嶺サイトはそのうちの一つに分類された。

また、マルチビームの反射強度を用いて、もう一つのモザイク図を作成した。白嶺サイトでは、サイドスキャンイメージに見られたパターンとは異なる、極めて特徴的な斑点状の様相が確認された。両イメージの差は、音波の周波数の違いや、起伏によるサイドスキャンイメージの歪みなどによるものであろう。強い反射を示す斑点は、直径が数メートル～十メートルほどで、測深データとの照合から、チムニー群と思われる地形的な高まりに対応していることが分かった。フィルタリング等の処理により、この特徴的な斑点パターンを抽出し分布を調べたところ、白嶺サイト以外にも複数の場所に同様のパターンが確認された。またこの分布は、サイドスキャンイメージによる底質分類から示された白嶺サイトを含むカテゴリーの分布とよく合致した。これらの結果から、ベヨネーズ海丘カルデラ南部においては、白嶺サイトを含む複数の場所で熱水活動が起きていると考えられる。

本研究により熱水サイトが他と区別可能な音響的特徴を持つことが示唆された。今後の熱水鉱床探査において、AUV による深海音響観測は、広域を効率的に探査するために極めて有効な手段であると考えられる。

キーワード: 熱水鉱床, AUV, サイドスキャン, マルチビーム

Keywords: hydrothermal sites, AUV, side scan sonar, multibeam sonar

## 鬼界カルデラ薩摩硫黄島における、鉄とシリカに富む浅海性熱水活動に伴うチムニーの構造

### The structure of chimney at iron-silica rich hydrothermal environment in shallow marine, Satsuma Iwo-Jima, Kikai caldera

倉富 隆<sup>1\*</sup>, 清川昌一<sup>1</sup>, 池原実<sup>2</sup>, 後藤秀作<sup>3</sup>, 池上郁彦<sup>1</sup>, 藁和雄人<sup>1</sup>

Takashi Kuratomi<sup>1\*</sup>, KIYOKAWA, Syoichi<sup>1</sup>, IKEHARA, Minoru<sup>2</sup>, GOTO, syusaku<sup>3</sup>, IKEGAMI, Fumihiko<sup>1</sup>, MINOWA, Yuto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>九州大学, <sup>2</sup>高知大学海洋コア総合センター, <sup>3</sup>産総研地質調査総合センター

<sup>1</sup>Kyushu University, <sup>2</sup>Center for advanced marine core research, Kochi University, <sup>3</sup>Geological survey of Japan, AIST

Satsuma Iwo-Jima Island is a volcanic island in the northwestern rim of Kikai caldera. There are two post-caldera volcanoes in this island: the rhyolitic Iwo-dake and basaltic cone Inamura-dake. Iwo-dake has volcanic and hydrothermal activities at the present. Because of hydrothermal activity, seawater around the island is discolored to brownish and white color. Ferrous-rich hot spring (pH=5.5, 55-60 degree Celsius) discharges from the sea-floor at the Nagahama bay in the southwestern island. Brownish-color ferric particles that were produced by mixing of the hot spring water with seawater, discolor the seawater to brownish color (Shikaura and Tazaki, 2001). The bay is half-closed environment topography. There is a breakwater for a fishing port into two parts: East site and West site. Kiyokawa et al, (2012) indicated that the deposition rate of iron-rich sediments at West site is about 1 m per ten years. The deposition of sediment was influenced by tide, rain and wind. At East-site, the iron-rich chimney-complex mounds were found. The growth process of the chimney-complex mound is not studied so far. In order to understand the growth process of the chimney mounds, we observed structure of chimneys sampled from the chimney complex mounds at East-site.

Samples used in this study were massive chimneys (20-30cm). We observed the structure of chimneys with X-ray CT scan and FE-SEM and from the thin section samples, and analyzed the chemical composition with EDS. The massive chimney is classified into two parts seen with the naked eye: black high density-hard layer and brownish low-density soft layer. Additionally, we analyzed floating particles collected from seawater by a centrifugal separator.

The results of X-ray CT scan observation shows that the inside of chimney is constructed from the aggregation of convex structures (3-4cm). Low-density layers of the chimney have many pipe-like structures (typical radius: 1mm). Petrographic observations indicate that both high- and low-density layers have a filament-like form, however the form at the low-density layer are vertical to high-density layer. In the low-density layer, the number of particles attaching to the filament-like form increases toward the high-density layer. FE-SEM observation shows that filament-like form at the high-density layer consists of aggregation of bacillus-like form that is observed as the chain of particles (about 2um). At low-density layer, on the other hand, there is bacteria-like form with particles (<1um). Bacteria-like form could be classed into 3 types (helix, ribbon-like, twisted).

The floating particles were observed as an aggregation of fine particles (<0.5um). The particles show no bacteria-related form. EDS analysis shows that all particles are consist of Fe, Si and O, and are chemically homogeneous.

According to the observation results above, we present a hypothesis of growth process of a chimney-complex mound in Nagahama bay. The chimney was constructed form aggregation of convex structure with many pipes that probably work as the hydrothermal vent. All particles are consist of Fe, Si, and O. This suggests that the particles are silica rich iron-hydroxides. Bacteria-like structure may be Gallionella spp. known as iron-oxidizing bacteria because of those forms. This bacterium is known as neutrophilic bacteria that prefer an environment of redox interface (Weber et al., 2012). The increasing of the number of particles on filament-like form and the character of bacteria support that the activity of bacterium around hard rim makes high-density layer. The growth of chimney is likely to be influenced by microbes' activity.

<Reference>

Shikaura.T and Tazaki.K (2001), clay mineral 40,4,229-241.

Kiyokawa S., Ninomiya T., Nagata T., Oguri K., Ito T., Ikehara M. and Yamaguchi K. (2012), Island Arc 21. 66-78.

Karrie A. Weber, T.L. Spanbauer, D. Wacey, M.R. Kilburn, D.B. Loope, and R.M. Kettler (2012), Journal of Geology 40. 8. 747-750

キーワード: 熱水活動, チムニー, バクテリア, 水酸化鉄

Keywords: hydrothermal activity, chimney, bacteria, iron-hydroxide

## 反射法地震探査から得られた四国海盆東部における地殻構造の特徴と沈み込む影響 The subducting effect and characteristics of crustal structure in the east side of Shikoku Basin obtained by seismic ref

山下 幹也<sup>1\*</sup>, 小平 秀一<sup>1</sup>, 高橋 成実<sup>1</sup>, 仲西 理子<sup>1</sup>, 尾鼻 浩一郎<sup>1</sup>, 下村 典生<sup>1</sup>, 朴 進午<sup>2</sup>, 三浦 誠一<sup>1</sup>, 金田 義行<sup>1</sup>

Mikiya Yamashita<sup>1\*</sup>, Shuichi Kodaira<sup>1</sup>, Narumi Takahashi<sup>1</sup>, Ayako Nakanishi<sup>1</sup>, Koichiro Obana<sup>1</sup>, Norio Shimomura<sup>1</sup>, Jin-Oh Park<sup>2</sup>, Seiichi Miura<sup>1</sup>, Yoshiyuki Kaneda<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 海洋研究開発機構, <sup>2</sup> 東京大学大気海洋研究所

<sup>1</sup>JAMSTEC, <sup>2</sup>AORI

四国海盆は約 30-15Ma に拡大したと考えられている背弧海盆であり、北端部では南海トラフで沈み込んでいる。この四国海盆は地磁気・重力などの各種データが最も揃っている背弧海盆の一つである。Okino et al.(1994) 等によって磁気異常の研究から詳細な拡大過程が明らかになっている。また伊豆小笠原島弧から四国海盆にかけて北東南西方向の走向を持つ雁行状の海山列を形成している。四国海盆の地殻構造を理解することで、伊豆小笠原古島弧と背弧拡大の関係が明らかになり島弧成長過程の解明に繋がると考えられる。また四国海盆が沈み込む南海トラフで繰り返し発生する巨大地震の中には、東海・東南海・南海地震が連動して発生する超巨大地震のケースがあることが指摘されている。このような超巨大地震について、どのような場合に連動あるいは非連動性の巨大地震となるのかを明らかにすることが必要である。そのため、海洋研究開発機構では文部科学省からの受託研究「東海・東南海・南海地震の連動性評価のための調査観測・研究」として地殻構造と地震活動を把握する目的での調査を実施してきた。そこで2011~2012年にかけて紀伊半島沖~東海沖の東南海・東海地震破壊域における沈み込みに関する詳細な構造のイメージングおよび地震のアスペリティに関する構造を明らかにすることを目的に延べ300台の海底地震計を設置してエアガンを用いた屈折法地震探査、およびマルチチャンネル反射法地震(MCS)探査を実施した。特に東海沖ではNakanishi et al. (1998) や Takahashi et al.(2002) で地殻構造が得られて以降、調査がほとんど行われておらず、銭洲海嶺周辺では内部構造が不明瞭のため伊豆小笠原島弧との繋がりが不明瞭である。そのため本研究では新しい高分解能MCS探査で得られた地殻構造から沈み込みの形状・分布を把握することで、東海・東南海連動地震破壊域における沈み込み前後の地震活動や連動メカニズム解明に資する不均質構造を明らかにすることが目的である。また測線は海盆中央から銭洲海嶺にかけて設定されているため、拡大の影響や銭洲海嶺の成因の解明にも繋がると考えられる。MCS探査は2011年度に5測線(総延長500km)、2012年度に7測線(総延長1300km)を実施した。それぞれの調査期間中は比較的天候が安定していたため、全体的に良好な反射断面が取得された。四国海盆および南海トラフ中の堆積層が明瞭に確認でき、地殻内にも多数の反射面が確認できるほか、連続性のよいモホ面が見られるなど過去の研究では報告されていない結果が得られた。特に銭洲海嶺周辺では南側では堆積層が隆起した構造が見られ、北側では堆積層は確認できず、傾斜した内部構造が南海トラフ内まで追跡できる。四国海盆を横断する反射断面からは東海地震の破壊域に対応している領域では四国海盆の堆積層の上部に陸側からの堆積層が厚く堆積していることが明らかになった。このような特徴を空間的にマッピングすることにより、紀伊半島沖から伊豆半島にかけての四国海盆の沈み込む影響を明らかにしていく。

キーワード: 反射法地震探査, 古島弧, 背弧海盆

Keywords: MCS survey, paleo-arc, backarc basin

## フィリピン海プレート北西端における北大東海盆および南大東海盆の地震学的構造 Seismic structure of the Kita-Daito Basin and Minami-Daito Basin in the northwestern Philippine Sea plate

西澤 あずさ<sup>1\*</sup>, 金田 謙太郎<sup>1</sup>, 及川 光弘<sup>1</sup>

Azusa Nishizawa<sup>1\*</sup>, Kentaro Kaneda<sup>1</sup>, Mitsuhiko Oikawa<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 海上保安庁海洋情報部

<sup>1</sup> Japan Coast Guard

フィリピン海プレート北西端には大東海嶺群の3つの高まり、すなわち北から奄美海台・大東海嶺、沖大東海嶺が存在し、それらは15 kmを超える厚い地殻をもつ島弧的な地震波速度構造を有することがわかってきた。今回は、これらの高まりの間に存在する海盆である、北大東海盆および南大東海盆の地震学的構造を対象としてその特徴を報告する。

北大東海盆は奄美海台と大東海嶺の間に位置する、東西約400 km、南北約150 kmの広がりを持ち、平均水深5300 m程度の海盆である。海盆中には海丘・海山が点在しており、音響層序解析の結果から最下位の地層は中期始新世と見積もられている。東西走向を持つ地磁気異常が存在し、Tokuyama et al.(1986)ではこれを背弧拡大によると解釈したが、磁化の様な磁性岩体の起伏によって説明できる可能性もある(春日ほか, 1986)。一方、南大東海盆は大東海嶺と沖大東海嶺との間にあり、東西約500 km、南北約250 kmの広がりを持ち、全体的に北側に傾斜している。平均水深は、北大東海盆に比較してやや浅く5000 m程度である。2つの海盆の水深は大きく違わないが、過去の重力の測定から、南大東海盆は北大東海盆とは異なり重力異常が負であり、南大東海盆下にはより厚い地殻が存在すると推定されていた。また、地磁気異常のデータも考慮すると、かつて南大東海盆と沖大東海嶺が一つの島弧であったという考えもある(沖野・加藤, 1992)。

2004年から2008年にかけて実施した大規模な大陸棚調査において、両海盆を横断する複数の地震探査測線を設定し、マルチチャンネル反射地震断面図とともに詳細なP速度構造モデルを得ることができた。北大東海盆は、海洋性地殻の性質を持つ。その地殻の厚さは4-6 km程度で、フィリピン海盆上の背弧海盆である四国海盆やパレスベラ海盆と同様に、標準的な海洋性地殻よりもやや薄い。北大東海盆下の最上部マントルの速度(Pn速度)は7.9-8.1 km/sであるが、北大東海盆南端の大東海嶺との遷移域では8.3 km/sと速くなっている。一方、南大東海盆は、北大東海盆よりも厚い地殻を有し、東端の九州・パラオ海嶺との遷移域では厚さが10 kmを超える。下部地殻底の速度はやや速めで7.2 km/s程度であり、Pn速度も8.0-8.2 km/sでやや速い値を示す。沖大東海嶺北部を特徴づける厚い中部地殻( $V_p = 6.3-6.8$  km/s)は南大東海盆では見られなかったが、南大東海盆の地殻の速度構造はむしろ島弧拡大をした九州・パラオ海嶺の構造に似ている。

沖大東海嶺北端部および大東海嶺北端部での各海盆との境界における構造は、周辺よりも地殻が薄く、Pn速度が速いという特徴がある。奄美海台南端部での北大東海盆との境界部も同様で、このような特徴は九州・パラオ海嶺の東端部でも見られ、島弧のリフティングに関連する構造ではないかと考えられる。

キーワード: 地震学的構造, 北大東海盆, 南大東海盆

Keywords: marine seismics, Kita-Daito Basin, Minami-Daito Basin



## フィリピン海プレートの深い沈み込み Aseismic deep subduction of the Philippine Sea plate

趙大鵬<sup>1\*</sup>, 黄周伝<sup>1</sup>, 築田高広<sup>1</sup>, 長谷川昭<sup>1</sup>, 海野徳仁<sup>1</sup>, J.H. Park<sup>2</sup>, I.B. Kang<sup>2</sup>

Dapeng Zhao<sup>1\*</sup>, Zhouchuan Huang<sup>1</sup>, Takahiro Yanada<sup>1</sup>, Akira Hasegawa<sup>1</sup>, Norihito Umino<sup>1</sup>, J.H. Park<sup>2</sup>, I.B. Kang<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東北大学・理, <sup>2</sup> 韓国・地球科学と鉱物資源局

<sup>1</sup>Tohoku University, <sup>2</sup>KIGAM, South Korea

The fundamental cause of the seismic and volcanic activities in the Japan Islands is the active subduction of the Pacific and Philippine Sea (PHS) plates. It has been well known that the Pacific plate has subducted deeply to the mantle transition zone and lower mantle, finally reaching the core-mantle boundary. In contrast, it is still not very clear whether the PHS plate has subducted deeply beyond the depth limit of the intraslab seismicity and how deep the tip of the slab has reached in the mantle. We attempt to address this issue in the present study. The PHS plate is one of the marginal sea complexes in the western Pacific and it started to subduct northwestwards ~40 Ma ago when the Pacific plate changed its direction of motion from NNW to WNW. Along the Nankai Trough off Southwest Japan, the PHS plate is composed of several blocks with ages increasing from the east to west, which are the Izu-Bonin arc and back-arc (0-2 Ma), Shikoku Basin (15-30 Ma), Kyushu-Palau Ridge, and Amami Plateau (40-49 Ma). Within the PHS slab, earthquakes occur actively down to ~80 km depth under western Honshu and down to ~180 km depth under Kyushu. Recently we have made great efforts to collect and combine a large number of high-quality local and teleseismic arrival-time data recorded by the dense seismic networks in both South Korea and Western Japan. As far as we know, this is the first time that a large number of Korean and Japanese seismic data sets are analyzed jointly. As a result, a high-resolution 3-D P-wave velocity model down to 700-km depth under South Korea and Western Japan is determined, which clearly shows that the PHS slab has subducted aseismically down to 460-km depth under the Japan Sea, Tsushima Strait and the East China Sea. The aseismic PHS slab is visible in two areas: one is under the Japan Sea off western Honshu (Shimane Prefecture), and the other is under the East China Sea off western Kyushu. However, the aseismic PHS slab is not visible between the two areas, where a slab window may be formed. The slab window is located beneath the center of the present study region where many teleseismic rays crisscross very well. Detailed synthetic tests were conducted, which indicate that both the aseismic PHS slab and the slab window are robust features. Using the teleseismic data recorded by the Japanese stations alone, the aseismic PHS slab and the slab window were also revealed (Zhao et al., 2012), but the ray paths in the Japanese data set do not crisscross well offshore. The local and teleseismic data recorded by the dense seismic networks in both South Korea and Japan lead to very good ray-path coverage under the Tsushima Strait area, hence our new results on the aseismic PHS slab and the slab window are much more robust and convincing. These new findings are considered to be important for improving our understanding of the subduction history of the PHS plate and the dynamic evolution of the Japan subduction zone.

### Reference

Zhao, D., T. Yanada, A. Hasegawa, N. Umino, W. Wei (2012) Imaging the subducting slabs and mantle upwelling under the Japan Islands. *Geophys. J. Int.* 190, 816-828.

キーワード: フィリピン海プレート, 沈み込み帯, 非地震性スラブ, 太平洋スラブ, マントル遷移層, スラブ脱水  
Keywords: Philippine Sea plate, subduction zone, aseismic slab, Pacific slab, mantle transition zone, slab dehydration

## プレート運動の精密な可視化 Precise visualization of global plate motions

荒巻 祥平<sup>1</sup>, 加藤 忠義<sup>1</sup>, 原田 靖<sup>1\*</sup>  
Shohei Aramaki<sup>1</sup>, Tadayoshi Kato<sup>1</sup>, Yasushi Harada<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> 東海大学 海洋学部 海洋資源学科

<sup>1</sup> School of Marine Science and Technology, Tokai University

近年 GPlates (<http://www.gplates.org/>) に代表されるようにプレート運動の可視化するフリーのソフトウェアが開発されつつあるが、まだ細かな部分で不完全な点が多く、例えば海嶺上にある Hotspot が海嶺の両側に1つ1つの海山列を作る様子を詳細に観察したいといった用途には十分に対応できていない。これらの問題は例えば、使われるグローバルな地形データをより詳細なものに更新したり、Isochron データを精密なものに置き換え、且つ各 Isochron の補間作業をより精密に行い、さらにプレート回転計算に使われるオイラー回転のデータをより正確なものに修正して計算しなおすことによって改善可能である。

本研究では自前のプログラムでこの部分を改善して、地形、重力異常、ジオイド等の各種地球科学データを使って過去のプレート形状と位置をできるだけ精密に復元し、その可視化を試みた。その結果いくつかの成果が得られたので、本発表で紹介する。図は4千5百年前の南大西洋の過去のプレート形状と位置に復元した例であるが、表示方法、地形や重力などの使われるデータ、アニメーションの時間分解能などすべての要素が任意に変更可能である。

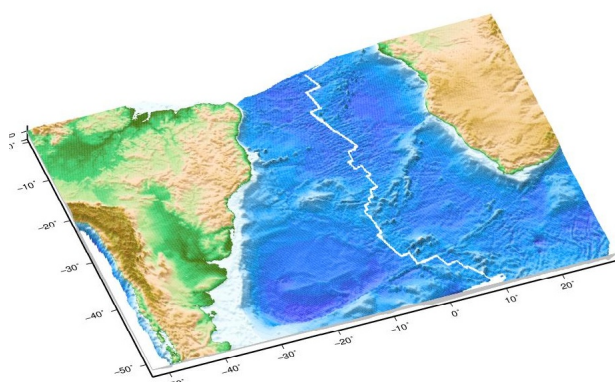
現在の地形や重力異常、ジオイド面を過去の位置に復元すると過去の海嶺を跨いでプレート間で垂直方向の値に大きなギャップが生まれることが多いが、適当な物理過程を設定すれば垂直方向の不連続性も補正することができる。今回は南太平洋の重力異常についてこの補正を行い過去の南米プレートの重力異常を復元した。このように本研究は例えば過去の地球のジオイド形状を推定する手がかりを与える可能性があり、将来の研究テーマとして非常に重要なものに成り得る。また本研究で作成された正確なアニメーションは地球科学の教育目的としても今後貢献度が高いと考えられる。

<http://kutty.og.u-tokai.ac.jp/~harada/> に本研究で作成されたアニメーションを公開するので参照・活用されたし。

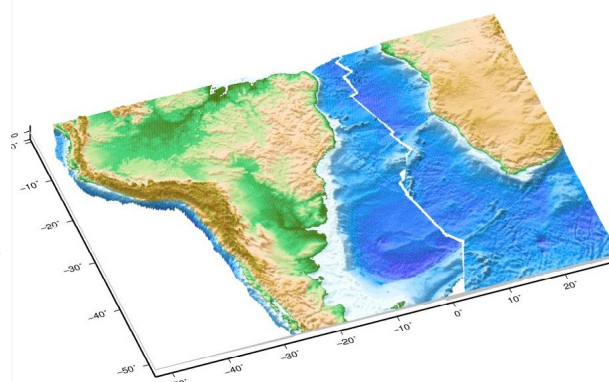
キーワード: プレート運動, 可視化, 海洋底磁気異常, 重力異常, リコンストラクション

Keywords: Plate Motion, Visualization, Magnetic Anomaly, Gravity Anomaly, Reconstruction of plates

**45.6** [ Ma ]



**83.5** [ Ma ]



## フレンチポリネシア海域の海底火山探索 Exploring submarine lava fields in the French Polynesian region

平野 直人<sup>1\*</sup>, 中西 正男<sup>2</sup>, 阿部 なつ江<sup>3</sup>, 町田 嗣樹<sup>4</sup>  
Naoto Hirano<sup>1\*</sup>, Masao Nakanishi<sup>2</sup>, Natsue Abe<sup>3</sup>, Shiki Machida<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 東北大学, <sup>2</sup> 千葉大学, <sup>3</sup> 海洋研究開発機構, <sup>4</sup> 早稲田大学  
<sup>1</sup>Tohoku University, <sup>2</sup>Chiba University, <sup>3</sup>JAMSTEC, <sup>4</sup>Waseda University

The initial phases of a hotspot volcano and/or submarine tiny volcano must be complemented by sampling of present-day submarine volcanic activity. The large number of small and active volcanoes suggests that many volcanic systems are initiated prior to large or subaerial volcanoes at hotspots, which has been carried out at the Loihi Seamount of the Hawaiian chain (e.g. Moore et al., 1979), the Macdonald Seamount of the Austral chain (e.g. Johnson, 1970), the Adams Seamount of the Pitcairn chain (Devey et al., 2003), and on the Vailulu'u Seamount of the Samoan chain (e.g. Hart et al., 2000). Although the submarine samplings and their dating have often complicated the simple hotspot model, the distribution of submarine volcano is critical to recognize the hotspot and seamount chain. It is not only about hotspot, but unexpected submarine volcanoes, petit-spot volcanoes and arch lavas were newly found by the shipboard acoustic surveys off the NE Japan on the subducting Pacific Plate and at the flexural Hawaiian arch 300-500 km off the Hawaiian Islands, respectively (Hirano et al., 2006; Holcomb et al., 1988). The shipboard multibeam surveys, therefore, are necessary to find the submarine volcanisms and to know submarine portion around a volcanic island, expecting their future sampling.

The shipboard multibeam data for the French Polynesian region were obtained by two research cruises. The R/V Mirai cruise, MR08-06 Leg1, transited from south of the Tuamotu Islands to the eastern Austral Islands in the southern Pacific Ocean by JAMSTEC (<http://www.jamstec.go.jp/e/database/>). The data near the Marquesas Islands, northern French Polynesia, from R/V Melville's PANR06MV and WEST13MV cruises, are supplied from the Geological Data Center, Scripps Institution of Oceanography (<http://gdc.ucsd.edu/>).

Some potential young volcanoes and lavas are newly found on the southern/eastern offshore of Marquesas hotspot, the north of western tip of Pukapuka Islands, and the southeastern offshore of Macdonald seamount. The sidescan imagery of some volcanic edifices shows high reflectivity because these young lavas are covered with only a thin layer of soft pelagic sediment, much thinner than the surrounding pelagic layer on the Pacific Plate. These data show more than three times as high as the reflective values of surrounding abyssal plain excluding the portions of steep slope (Hirano et al., 2008). Some of them do not build apparent edifices in spite of showing a high acoustic reflectivity, which the high reflective portion sparsely distribute to avoid the terraces and knolls. Some of volcanic clusters are found as young volcanic cones. Newly found potential young lavas might correspond to the portion above low velocity part of the shallow mantle (Suetsugu et al., 2009). Otherwise, they may be the submarine tiny volcano related to a stress field on the moving plate (i.e. petit-spot volcano) (Hirano et al., 2006). Understanding of volcanic distribution and future rock samplings will provide us the information about the stress field of the "hot" Pacific Plate on the plume, and the geochemical structure of Southern Pacific Superplume, awaiting future discovery.

キーワード: 海底火山, ポリネシア, マントル・ブルーム, 太平洋プレート, プチスポット  
Keywords: submarine volcano, polynesia, mantle plume, Pacific plate, petit-spot

## 北西太平洋に存在するプチスポットマグマの成因を実験岩石学で制約しようプロジェクト：第1弾

### Experimental constraint on magma genesis for petit-spot in the northwestern Pacific: the first step

町田 嗣樹<sup>1\*</sup>, 小木 曾 哲<sup>2</sup>, 平野 直人<sup>3</sup>

Shiki Machida<sup>1\*</sup>, Tetsu Kogiso<sup>2</sup>, Naoto Hirano<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 早稲田大学環境資源, <sup>2</sup> 京都大院人間環境, <sup>3</sup> 東北大東北アジア研

<sup>1</sup>Waseda University, <sup>2</sup>Kyoto University, <sup>3</sup>Tohoku University

A comprehensive investigation for petit-spot in the northwestern Pacific had been conducted using geological, petrological, electromagnetic, and seismological approaches. During the investigation, we faced some critical problems for petit-spot genesis as follows. (1) Although the "plate flexure model" (Hirano et al., 2006, Science) is trying to explain the eruption mechanism by magma exuding where the Pacific plate flexes and fractures before subducting, it does not explain the melting mechanism. (2) Supposing that the "plate flexure model" accompanying outer rise formation only constrains petit-spot genesis, volcanoes should be continuously distributed along with outer rise. However, distribution of the petit-spot in the northwestern Pacific, as an example, is limited to three regions, and is not continuous at least. This observation suggests that the restriction by melting mechanisms is the key to understanding the petit-spot genesis. (3) The "small-scale recycled plate material melting model", proposed on the basis of Sr, Nd, and Pb isotopic composition of lavas (Machida et al., 2009, GCA), is strong constraint on melting mechanism. However, the nature of source material is still not clarified, because the model is absolutely qualitative. Furthermore, (4) we could not detect heat anomaly, as well as melting region, by electromagnetic and seismological observations. In order to solve these problems, independent-determination of temperature and pressure for magma production on each volcanic edifice will be the breakthrough, thereby addressing construction of a comprehensive model for petit-spot genesis. We thus consider that multiple saturation experiment is the best way to determination of melting conditions. And, as the first target, we select a youngest knoll situated in flexed region of the northwestern Pacific plate.

We conducted melting experiments using 1/2-in.-diameter piston cylinder type high-temperature and high-pressure apparatus at Kyoto university. A starting material was prepared from mixture of oxide and carbonate reagents, representing the major element compositions of a primary magma equilibrated with Fo=90 olivine (obtained by the olivine maximum fractionation model) and including 10% CO<sub>2</sub> (estimated on the basis of vesicularity of lavas (Okumura and Hirano, in prep.)). All experiments were configured by complete melting of starting material under a target pressure and 1400°C in graphite capsule within outer sealed platinum capsule for 2 hours, followed by equilibrating of melt and solid phases under a target temperature with constant pressure for 2 hours. As a result, the primary magma is saturated with olivine and orthopyroxene or clinopyroxene at 1280°C and 2.1-2.2 GPa. Therefore, it is revealed that petit-spot magmas were equilibrated with depleted peridotite (harzburgite) at the lower part of lithosphere, in consideration of 82 km deep for lithosphere-asthenosphere boundary beneath WP2 (Kawakatsu et al., 2009, Science) in the northern Pacific.

キーワード: プチスポット, 複数相飽和実験

Keywords: petit-spot, multiple saturation experiment

## 超深海海底間音響測距の開発

### Development of an ultra-deep seafloor acoustic ranging system

長田 幸仁<sup>1\*</sup>, 木戸 元之<sup>1</sup>, 伊藤 喜宏<sup>2</sup>, 日野 亮太<sup>2</sup>, 藤本 博己<sup>1</sup>

Yukihito Osada<sup>1\*</sup>, Motoyuki Kido<sup>1</sup>, Yoshihiro Ito<sup>2</sup>, Ryota Hino<sup>2</sup>, Hiromi Fujimoto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東北大学災害国際センター, <sup>2</sup> 東北大学地震噴火予知研究観測センター

<sup>1</sup>Irides, Tohoku University, <sup>2</sup>RCPEV, Tohoku University

2011年東北地方太平洋沖地震が発生し、東北地方沿岸に甚大な被害をもたらした。この地震前後の海底地殻変動観測により、これまでひずみが蓄積されていないと考えられていた海溝軸付近で大きなすべりが発生したことが分かった。海溝軸付近でのひずみの蓄積、すなわちプレートの固着状態は陸上のGPS観測網では解像することができないため海域での直接観測が必要であり、特に海溝軸での海底地殻変動観測が可能になれば、非常に高い分解能で海溝付近でのプレート固着状態を把握できるようになる。海底で地殻変動を検出する方法としてGPS音響方式、海底間音響測距、海底圧力観測があるが、本研究では海底間音響測距を用いて海溝軸近傍の地殻変動の検出を目的として装置の開発を行った。海底間音響測距は、海底の局所的な地殻変動を観測する方法であり、断層などの両側に1~2 km程度離し、装置を設置しその間の相対距離を計測することで変位を捉えるものである(Osada et al., 2008; Osada et al., 2012)。この手法を海溝軸近傍で適応するためには幾つかの改良が必要と考え、現状のシステムでどの程度の基線長で観測できるか、また音響信号(5次M系列(2波)、ステップスイープ、チャープ、7次M系列)の中でどれが最適かを調べるに海域実験を行った。その結果、現システムでは、基線長3.5kmでは、データを計測する主局から従局への音波は計測できたが、従局から主局への音響信号が受信できないこと。また使用する信号にたいしては、基線長が短い(1km以下)場合にはどの信号を用いても問題がなかったが、この基線においてはステップスイープが最適であることが確認された。これらを踏まえ海溝軸付近の大水深に対応できるようにガラス球を9000m耐圧に変更、受信感度と返信信号の増幅率変更、データ収録方法の変更等の改良を行った。試験航海を2012年2月にかいれい航海で行う予定である。本発表では、この結果について議論を行う予定である。

キーワード: 海底測地, 音響測距, 日本海溝

Keywords: seafloor geodesy, acoustic ranging, Japan Trench

## 2011年東北地方太平洋沖地震後の海底地殻変動

### Postseismic seafloor movements associated with the 2011 Tohoku Earthquake detected by GPS/acoustic geodetic observation

渡邊 俊一<sup>1\*</sup>, 佐藤 まりこ<sup>1</sup>, 石川 直史<sup>2</sup>, 氏原 直人<sup>1</sup>, 望月 将志<sup>3</sup>, 浅田 昭<sup>3</sup>

Shun-ichi Watanabe<sup>1\*</sup>, Mariko Sato<sup>1</sup>, Tadashi Ishikawa<sup>2</sup>, Naoto Ujihara<sup>1</sup>, Masashi Mochizuki<sup>3</sup>, Akira Asada<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 海上保安庁海洋情報部, <sup>2</sup> 海上保安大学校, <sup>3</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>Japan Coast Guard Academy, <sup>3</sup>Institute of Industrial Science, University of Tokyo

海上保安庁では、GPS/音響測距結合方式による海底地殻変動観測を実施している。2011年3月に発生した東北地方太平洋沖地震(M9.0)では、宮城沖の海底基準点で15~24m、福島沖で約5m、銚子沖で約1.3mの東南東方向の動きが検出された。以後も、東北地方太平洋沖地震の余効変動を把握するため、日本海溝沿いの6点の海底基準点において、繰り返し観測を実施している。

2012年12月までの観測の結果、東北地方太平洋沖地震の震源域の南部にあたる「銚子沖」及び「福島沖」の海底基準点については、余効変動とみられる東南東向きの変動が捉えられており、その変動は時間とともに減衰している様子が見られる。累計変動量は「銚子沖」で36cm(期間は2011年4月から2012年11月)、「福島沖」で65cm(期間は2011年3月から2012年12月)となっている。これらの結果は、国土地理院による陸上のGNSS観測結果と整合的である。

一方、東北地方太平洋沖地震の震央周辺に位置する「宮城沖1」及び「釜石沖1」、「釜石沖2」では西北西方向の地殻変動が、「宮城沖2」では南方向の地殻変動が、それぞれ検出されている。特に、本震時に24mの変動が観測された「宮城沖1」では、余震の影響を受けていないと考えられる2011年8月から2012年12月までの約1年3ヶ月の期間で22cmの変動量が観測されている。また、本震時に23mの変動が観測された「釜石沖1」でも、観測データのばらつきは大きいものの、2011年4月から2012年12月の観測までで、約20cmの変動が観測されている。

さらに、本観測で得られた海底地殻変動データと陸上の地殻変動データを用いて、Yabuki and Matsu'ura (1992)に基づく半無限弾性体のインバージョンを行い、地震後の断層すべり分布モデルを推定した。その結果、観測データを説明するには海溝軸側と陸側で逆センスのすべりが必要であることがわかった。

本発表では、日本海溝沿いの海底基準点で得られた最新の観測結果を報告するとともに、最新の海陸の地殻変動データから得られた断層すべり分布モデルについても報告する予定である。

キーワード: 海底地殻変動観測, 東北地方太平洋沖地震

Keywords: seafloor geodetic observation, the 2011 Tohoku Earthquake

## 日本海溝沿いの海底地殻変動観測点の強化と観測の開始について

### Development of GPS/acoustic survey sites along Japan Trench and getting started on their first measurement

木戸 元之<sup>1\*</sup>, 長田 幸仁<sup>1</sup>, 山本 淳平<sup>1</sup>, 藤本 博己<sup>1</sup>, 太田 雄策<sup>2</sup>, 中山 貴史<sup>2</sup>, 海田 俊輝<sup>2</sup>, 田所 敬一<sup>3</sup>, 渡部 豪<sup>3</sup>, 永井 悟<sup>3</sup>, 奥田 隆<sup>3</sup>, 安田 健二<sup>3</sup>

Motoyuki Kido<sup>1\*</sup>, Yukihito Osada<sup>1</sup>, Jumpei Yamamoto<sup>1</sup>, Hiromi Fujimoto<sup>1</sup>, Yusaku Ohta<sup>2</sup>, Takashi NAKAYAMA<sup>2</sup>, Toshiki Kaida<sup>2</sup>, Keiichi Tadokoro<sup>3</sup>, Tsuyoshi Watanabe<sup>3</sup>, Satoru Nagai<sup>3</sup>, Takashi OKUDA<sup>3</sup>, Kenji Yasuda<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 東北大学 災害科学国際研究所, <sup>2</sup> 東北大学 地震・噴火予知研究観測センター, <sup>3</sup> 名古屋大学大学院 環境学研究科  
<sup>1</sup>IRIDeS, Tohoku Univ., <sup>2</sup>RCPEV, Tohoku Univ., <sup>3</sup>Graduate School of Environmental Studies, Nagoya Univ.

After the occurrence of the devastating M9.0 earthquake, MEXT, Japan promoted the development of seafloor geodetic stations, such as cabled pressure gauge and seafloor transponders for GPS/acoustic survey in order to monitor the crustal movement associated with the earthquake. Our group of Tohoku University and Nagoya University have constructed up 20 GPS/acoustic stations. Each station consists of at least three and at most six transponders, which results in 86 transponders in total. Most of them were installed near trench over 4000m depth, where is found to play an important role on the occurrence of low-frequency giant earthquake.

Transponders were installed on September 2012, using chartered vessel, Shinkai-maru, Shin-Nihon-Kaiji and the first observation including initial positioning has started this and subsequent cruises, using Tubasa, Dokai-Marine on November. We employ shipboard transducer system rather than towing buoy system. For the noise-level, S/N ratio of replied acoustic signal from seafloor over the ship-noise is still in good condition even in thrusting mode for shallow survey sites (<3000m), but S/N ratio getting worse for deeper sites, in where we have to declutch and keep drifting. Improving the software algorithm to handle acoustic waveform will reduce this problem. For the survey style, these cruises were good opportunity to compare the stationary and moving survey styles, because we sufficiently took both types of data. We consider new analytical algorithm to integrate or involve any kind data is needed to efficiently use all the data taken in various opportunity of ship-time. In this talk, as well as technical report addressed above, the result of these initial observation and expectation of precision are presented by introducing an example data.

キーワード: 東北沖地震, 日本海溝, 海底測地

Keywords: Tohoku-oki Eq., Japan Trench, seafloor geodesy

## 海上保安庁による海底地殻変動観測の現状と今後の展望

### Current status and future prospect of GPS/acoustic seafloor geodetic observation by Japan Coast Guard

佐藤 まりこ<sup>1\*</sup>, 氏原 直人<sup>1</sup>, 渡邊 俊一<sup>1</sup>, 石川 直史<sup>2</sup>, 藤田 雅之<sup>1</sup>, 望月 将志<sup>3</sup>, 浅田 昭<sup>3</sup>

Mariko Sato<sup>1\*</sup>, Naoto Ujihara<sup>1</sup>, Shun-ichi Watanabe<sup>1</sup>, Tadashi Ishikawa<sup>2</sup>, Masayuki Fujita<sup>1</sup>, Masashi Mochizuki<sup>3</sup>, Akira Asada<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 海上保安庁海洋情報部, <sup>2</sup> 海上保安大学校, <sup>3</sup> 東大生産研

<sup>1</sup>Hydrogr. and Oceanogr. Dept. of Japan, <sup>2</sup>Japan Coast Guard Academy, <sup>3</sup>IIS, Univ. of Tokyo

海上保安庁海洋情報部では、東京大学生産技術研究所の技術協力の下、GPS/音響測距結合方式による海底地殻変動観測を実施している。我々の海底基準点は、主に日本海溝及び南海トラフ沿い陸側に設置しており、測量船による繰り返し観測を行っている。

2008年からは、観測効率の向上と観測データの空間バランスの改善による安定性の向上を目指して、測量船「明洋」(550トン)の船底に音響トランスデューサ(送受波器)を常設し、航走観測を開始した。航走観測の実現により、従来の漂流観測よりも安定した観測結果が得られるようになった。また2009年からは、既設の海底局の更新作業を開始し、長期間の観測を行う体制を確保している。

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震(M9.0)では、震源のほぼ真上の海底基準点が東南東方向に24m移動し、3m隆起したことを捉え、海溝付近での大きなすべりを観測で実証した。東北地方太平洋沖地震後は、同地震後の震源域における地殻変動を監視するため、宮城県沖の海底基準点を中心に観測を継続している。

さらに、2012年1月には、東海・東南海・南海地震の想定震源域における観測を強化するため、既に設置されている御前崎沖から室戸岬沖までの6点の海底基準点に加え、新たに9点の海底基準点を西側及び陸側に設置し、面的に海底地殻変動観測を行う体制を整備した。これまでに各点3回程度の観測を実施しており、今後2年程度の観測により、移動速度の暫定値を得たいと考えている。

また、ハード面では、2012年12月に大型測量船「昭洋」に海底地殻変動観測用の観測機器を搭載した。これにより、海洋情報部所有の測量船5隻中4隻に海底地殻変動観測装置が搭載されたことになる。

今後は、日本海溝沿いの海底基準点においては、引き続き、東北地方太平洋沖地震後の海底地殻変動を監視するための観測を行う。さらに、東北大学が設置した観測点についても可能な範囲で観測を行い、宮城県沖の地殻変動の空間的な把握に努める。また、南海トラフ沿いの海底基準点については、増設点を中心に年3回程度の観測を継続していく予定である。

本発表では、海上保安庁が実施している海底地殻変動観測の現状と今後の展望について報告する。

キーワード: 海底地殻変動観測, 宮城県沖, 南海トラフ

Keywords: seafloor geodetic observation, off Miyagi Prefecture, Nankai Trough



## 高潮流域下で観測可能な新しい津波・地殻変動観測ブイシステムの開発 New buoy observation system for tsunami and crustal deformation for strong ocean current

高橋 成実<sup>1\*</sup>, 石原 靖久<sup>1</sup>, 越智 寛<sup>1</sup>, 福田 達也<sup>1</sup>, 田原 淳一郎<sup>1</sup>, 前田 洋作<sup>1</sup>, 杉山 智彦<sup>1</sup>, 木戸 元之<sup>2</sup>, 太田 雄策<sup>2</sup>, 武藤 勝彦<sup>3</sup>, 橋本 剛正<sup>3</sup>, 小暮 聡<sup>3</sup>, 金田 義行<sup>1</sup>

Narumi Takahashi<sup>1\*</sup>, ISHIHARA, Yasuhisa<sup>1</sup>, OCHI, Hiroshi<sup>1</sup>, FUKUDA, Tatsuya<sup>1</sup>, TAHARA, Jun'ichiro<sup>1</sup>, MAEDA, Yosaku<sup>1</sup>, SUGIYAMA, Tomohiko<sup>1</sup>, Motoyuki Kido<sup>2</sup>, Yusaku Ohta<sup>2</sup>, MUTOH, Katsuhiko<sup>3</sup>, HASHIMOTO, Gousei<sup>3</sup>, KOGURE, Satoshi<sup>3</sup>, Yoshiyuki Kaneda<sup>1</sup>

<sup>1</sup> (独) 海洋研究開発機構, <sup>2</sup> 東北大学, <sup>3</sup> (独) 宇宙航空研究開発機構

<sup>1</sup>Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, <sup>2</sup>Tohoku University, <sup>3</sup>Japan Aerospace Exploration Agency

The off Tohoku earthquake did severe tsunami damage to coastal residents around the Tohoku region. In particular, Japan surrounded by subduction zones has high risk of the tsunami. The tsunami early warning system using a buoy has developed by many countries, which are US, German, Indonesia and Malaysia. These are similar system of the buoys named by DART system, which was developed by NOAA, and it is working in several seas. However, it is not useful under a condition of the strong ocean current. There are many ocean currents around Japan, and the most famous one is the Kuroshio with the maximum speed of over 5 knots. To realize the earliest report of tsunami, we have to observe them near trench axis with deep sea water and the strong ocean current. The most convenient tool is ocean bottom cables with pressure sensors like dense ocean floor network system for earthquake and tsunami (DONET). However, the cost is very expensive and it takes long time to complete the installation. Therefore, we developed new buoy system for the tsunami observation and detection of crustal deformation under the strong ocean current and adopted the TRITON buoy system developed by Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC) using slack mooring. Pressure data collected on the seafloor is sent to the buoy using acoustic transmission. Tuning of directivity and sound pressure level of transponders used for the transmission is needed for the observation point due to the slack mooring. In addition, we decided to use time difference of the double pulses to express the observed pressure value to save battery, and the transducer to hear the acoustic signals from the seafloor was set on the end of 1000 m-wire rope to minimize error of the data transmission brought by strong heterogeneity of the shallow water structure. We observe water pressure with a sampling interval of 15 seconds and the collected data is sent to the buoy with an interval of one minute in normal mode or 15 seconds in tsunami mode. At the seafloor, not only pressure sensor but six transponders to detect crustal deformation were deployed. We installed four antennas on the buoy to determine attitude of the buoy precisely and estimates the position of transducer on the buoy to communicate with seafloor transponders. The distance between the buoy and six transponders is measured with an interval of one week. The collected data of tsunami and distance between buoy and the transponders are transmitted to our land station via iridium satellite transmission. And a test satellite 'KIKU No.8' is also used for the data transmission to it in realtime to keep the redundancy. In addition, we have a plan to observe of sea surface height in realtime using a quasi-zenith satellite 'Michibiki'. The observation using a technique of a precise point positioning (PPP) estimates the position with an accuracy of approximately 10 cm. Now we are in a stage of sea trial in the rupture area of the Tonankai earthquake with a magnitude of 8. Because we selected a location near the trough axis with a depth of approximately 3000 m and it is expected future large crustal deformation. We introduce the specification of the new buoy system, report a preliminary result of the sea trial and future issues to be fixed and resolved.

キーワード: 津波, 地殻変動, 観測ブイ, リアルタイム伝送

Keywords: tsunami, crustal deformation, observation buoy, realtime data transmission

## 自律型無人潜水機を用いた新規開発海中重力計の海域実証試験観測

### The first observation of a newly developed underwater gravimeter by using autonomous underwater vehicle

篠原 雅尚<sup>1\*</sup>, 山田 知朗<sup>1</sup>, 金沢 敏彦<sup>2</sup>, 藤本 博己<sup>3</sup>, 石原 丈実<sup>4</sup>, 新谷 昌人<sup>1</sup>, 飯笹 幸吉<sup>5</sup>, 月岡 哲<sup>6</sup>, 植平 賢司<sup>2</sup>

Masanao Shinohara<sup>1\*</sup>, Tomoaki Yamada<sup>1</sup>, Toshihiko Kanazawa<sup>2</sup>, Hiromi Fujimoto<sup>3</sup>, Takemi Ishihara<sup>4</sup>, Akito Araya<sup>1</sup>, Kokichi Iizasa<sup>5</sup>, Satoshi Tsukioka<sup>6</sup>, Kenji Uehira<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京大学地震研究所, <sup>2</sup> 防災科学技術研究所, <sup>3</sup> 東北大学災害科学国際研究所, <sup>4</sup> 産業技術総合研究所, <sup>5</sup> 東京大学新領域創成科学研究科, <sup>6</sup> 海洋研究開発機構

<sup>1</sup>Earthquake Research Institute, University of Tokyo, <sup>2</sup>National Research Institute for Earth Science and disaster Prevention, <sup>3</sup>International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, <sup>4</sup>National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, <sup>5</sup>Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo, <sup>6</sup>Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

We developed an underwater gravimeter for exploration of a seafloor hydrothermal deposit. Our hybrid gravimeter system consists of an underwater gravimeter and an underwater gravity gradiometer, and we present the system of the underwater gravimeter and first observation by using autonomous underwater vehicle. Gravity survey is one of powerful method to obtain density structure in crust. In marine area, surface ship gravimeter and ocean bottom gravimeters are often used. For survey of a seafloor hydrothermal deposit, they are required to survey a wide area quickly and to have a higher resolution than that obtained by the surface survey. On the other hand, because technology of autonomous underwater vehicle (AUV) is been developing, there is a possibility to measure the gravity by using AUV's.

To obtain a position and amount of seafloor hydrothermal deposit that has a diamond shape with a diameter of 400m, 20m thick at the center and density difference of 1 g/cm<sup>3</sup>, a resolution of gravity measurement should be less than 0.1 mgal. In addition, measurement must be carried out 50m above a seafloor. AUV is suitable for such measurement near seafloor.

We adopted Micro-g LaCoste S-174 as a gravity sensor. The sensor is mounted on a gimbal mechanism with a fiber gyroscope (IXSEA PHINS). A titanium sphere contains the sensor system. For acquisition of high resolution gravity data, the gravity sensor must keep a constant temperature (60.4C) and avoid effect of magnetism. The sensor is heated and is totally covered with thermal insulation and sheet of permalloy. Maximum depth rating is 4,200 m. The data are sent to a recording system housed in another cylinder-shape capsule. The whole system is controlled and monitored via acoustic link of the AUV. During test measurement on land, the resolution was estimated to be 0.02 mgal after compensation of tilt, acceleration and low-pass filtering.

In September 2012, the first practical measurement in marine area was carried out by using JAMSTEC's AUV Urashima to evaluate performance of the system. The gravimeter and gravity gradiometer were simultaneously mounted on the Urashima. The first measurement was performed in Sagami-Bay. One profile was laid on smooth seafloor and another has rough seafloor topography. From these surveys, we obtained the gravity data and supplemental data for compensation of the gravity data with good quality. From preliminary analyses, the resolution of the gravity data from the first practical measurement is estimated to reach 0.1 mgal.