

海底地殻変動観測における鉛直変動の精度について

Uncertainty of vertical positioning of seafloor geodetic observation

*石川 直史¹、渡邊 俊一¹、横田 裕輔¹、田代 俊治¹

*Tadashi Ishikawa¹, Shun-ichi Watanabe¹, Yusuke Yokota¹, Toshiharu Tashiro¹

1.海上保安庁海洋情報部

1.Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard

海上保安庁海洋情報部では、GPS-音響測距結合方式による海底地殻変動観測の技術開発及び定常観測を行っている。主に日本海溝及び南海トラフ沿いに設置した観測点における繰り返し観測から、海洋プレートの沈み込みに伴う定常的な地殻変動や地震に伴う地殻変動を検出してきた。

本方式による測位では、海上の測量船と海底局（音響トランスポンダー）の間の距離を音波で測定することで、海底局の位置を求めている。この際、海中音速度の変動が最大の誤差要因であるため、センチメートルレベルの精度の高い測位のためには、海中音速度を正確に与える必要がある。しかしながら、海中の音速度（水温と塩分）は、時間・空間で複雑な変化をみせるため、音波を発射した時間及び音線の経路上における正確な音速度を測定することは、事実上不可能である。そこで、データ解析では、音速度の補正パラメータを導入し、海底局の位置座標とともに、音速度自体も同時に推定することで誤差の軽減に努めている。

現在、海底局位置の水平成分に関しては、 1σ で2-3cm程度の不確かさで推定できるようになっている。一方で、鉛直線分に関しては、水平成分に比べてばらつきが大きくなる傾向がある。これは、水平方向に関しては海底局に対して点对称となる位置で音響測距を行うことによって、音速度の誤差がある程度相殺されるが、鉛直方向に関しては、海底局の上方からのデータしかないため、音速度の誤差の相殺が起きないためである。これは、陸上のGNSS測位においても一般的に見られる傾向である。

本発表では、現在の解析手法における音速度の鉛直座標の関係について、検証するとともに、より正確な鉛直座標の推定を行うための解析アルゴリズムについて検討を行った結果について報告する。

キーワード：海底地殻変動観測、GPS-音響測距結合方式

Keywords: Seafloor geodetic observation, GPS-Acoustic combination technique

シミュレーションを用いたGPS-A海底地殻変動観測の精度の検証

Accuracy of GPS-Acoustic seafloor geodetic observation evaluated by numerical simulation

*田代 俊治¹、石川 直史¹、横田 裕輔¹、渡邊 俊一¹

*Toshiharu Tashiro¹, Tadashi Ishikawa¹, Yusuke Yokota¹, Shun-ichi Watanabe¹

1.海上保安庁

1.Japan Coast Guard

海上保安庁海洋情報部では、プレート境界型地震の震源域の想定に資するために、GPS-音響測距結合方式（GPS-A）による海底地殻変動観測を実施している。これまでに、大きなcoseismic 変位や、数年間スケールのinterseismic 及びpostseismic 変位を捉えることに成功してきた [例：Sato et al., 2011]。

一方、スロースリップや地震直後のpostseismic変位など、数年以下の時間スケールを持つ地殻変動現象も多く知られている。今後、そうした現象を捉えるためには、観測精度を保持したまま、限られたシフトタイムの中でより高頻度に観測を実施しなければならない。これを実現するにあたり、必要な精度を確保しつつ、現在より観測効率の良い測線を設定できるか、海底地殻変動観測シミュレータ [横田ほか, 2016]を用いて検討した。このシミュレータでは、任意の誤差を与えた擬似観測データセットを作成し、それを実観測データのように解析することができる。

本発表では、データ配置が観測精度へ与える影響について調査した結果を報告し、新規測線の設定可能性を議論する。また、実際の観測結果と比較し、評価の妥当性を検証した結果について、合わせて報告する。

キーワード：海底地殻変動観測、GPS-音響測距結合方式

Keywords: seafloor geodetic observation, GPS-Acoustic combination technique

大規模海流域における海底地殻変動の解析法

Analytical method of seafloor crustal deformation corresponding to the large-scale ocean current region

*安田 健二¹、田所 敬一¹、松廣 健二郎¹、谷口 颯太¹*Kenji Yasuda¹, Keiichi Tadokoro¹, Kenjiro Matsuhira¹, Sota Taniguchi¹

1.名古屋大学大学院環境学研究科

1.Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

名古屋大学では、南海トラフ軸近傍（熊野灘の南）にトラフ軸を挟むように海底地殻変動の観測点2点

(TOA・TCA)を2013年から設置している。この観測点直上では、しばしば黒潮が流れている。黒潮は、流れに直交する方向に温度差が存在し、水深1000m程度まで温度差が続いている。海中音速はDel Grosso [1974]の経験式によって変化しており、温度変化に大きく依存する。現海底局位置決定の際に海中音速構造は、水平成層構造と仮定している。そのため、実際の海中音速構造が水平不均質となっている場合、局位置決定はバイアスを含んで決定してしまう[Muto et al. 2008]。そこで本研究では、黒潮のような軸に直交する方向に温度差が存在する（傾斜構造のような）場合に対応した海底地殻変動の解析法を提案する。

本研究では、Ikuta et al. [2007]の海底地殻変動の解析法に水平不均質を考慮した音速構造モデルを適用する。本研究で用いる音速モデルは以下の式によって表される：

$$S(X, x, z) = S_0(z) + dS(A(z) \times \tan(q(X, x)) - R(X)).$$

$S(X, x, z)$ はスローネスの時空間変化、 $S_0(z)$ はCTDによって推定された音速の鉛直方向のプロファイル、 dS は水平方向のスローネスの変化率、 $A(z)$ は海底局から深さ z までの鉛直距離、 $R(X)$ は傾斜軸から観測船までの距離、 $q(X, x)$ は海底局と船の入射角、 $R(X)$ は傾斜軸から海底局までの水平距離、 X は海底局位置、 x は船の位置、 z は水平不均質が存在する深さ。傾斜（水平不均質）の大きさや軸の方向は、数値実験[Yasuda et al., 2015 in SSJ fall meeting]より推定可能であることが示された。この数値実験では、傾斜構造を含んだ音速構造の海域での海底地殻変動解析において、走時残差に周回1周の半分の周期が残る3局の海底局とも位相がずれることがわかっている（図1）。この走時残差の振幅と3局の初期位相から傾斜の大きさや軸の方向が推定可能である。本研究では、推定された傾斜の大きさや軸をもとに誤差の範囲内でグリッドサーチを行うことにより、走時残差の残差二乗和が細小になる時の傾斜の大きさや軸を最良の音速モデルとして解析に取り入れた。

新しい解析に使用したデータは、TOA、TCAの全観測である。どちらの観測点も4回の観測が行われており、すべての観測で観測点直上を黒潮が流れていることが確認されている（三重県水産研究所のNOAA海面水温データより）。新しい解析を適用した結果、すべての観測で南-南東方向に最大の音速差が存在することが示された。これは、観測日当日に観測された海面水温データ（三重県水産研究所）と調和的である。走時残差のRMSはTCA観測点の2015年5月の観測において最大の低減である0.27 msほど低減した。また4回の観測の海底局位置のRMSは元の解析と比較すると、TCAの南北成分で0.46 mから0.06 mと0.40 m低減し、東西成分で0.10mから0.11mと0.01m増加した。また、TOAの南北成分で0.46mから0.08mと0.38m低減し、東西成分0.22mから0.05mと0.17m低減した。本研究の解析法を適用した結果、黒潮の影響による系統誤差は大幅に低減することができた。

キーワード：海底地殻変動、海中音速構造、黒潮

Keywords: Seafloor crustal deformation, Kuroshio, Nankai Trough

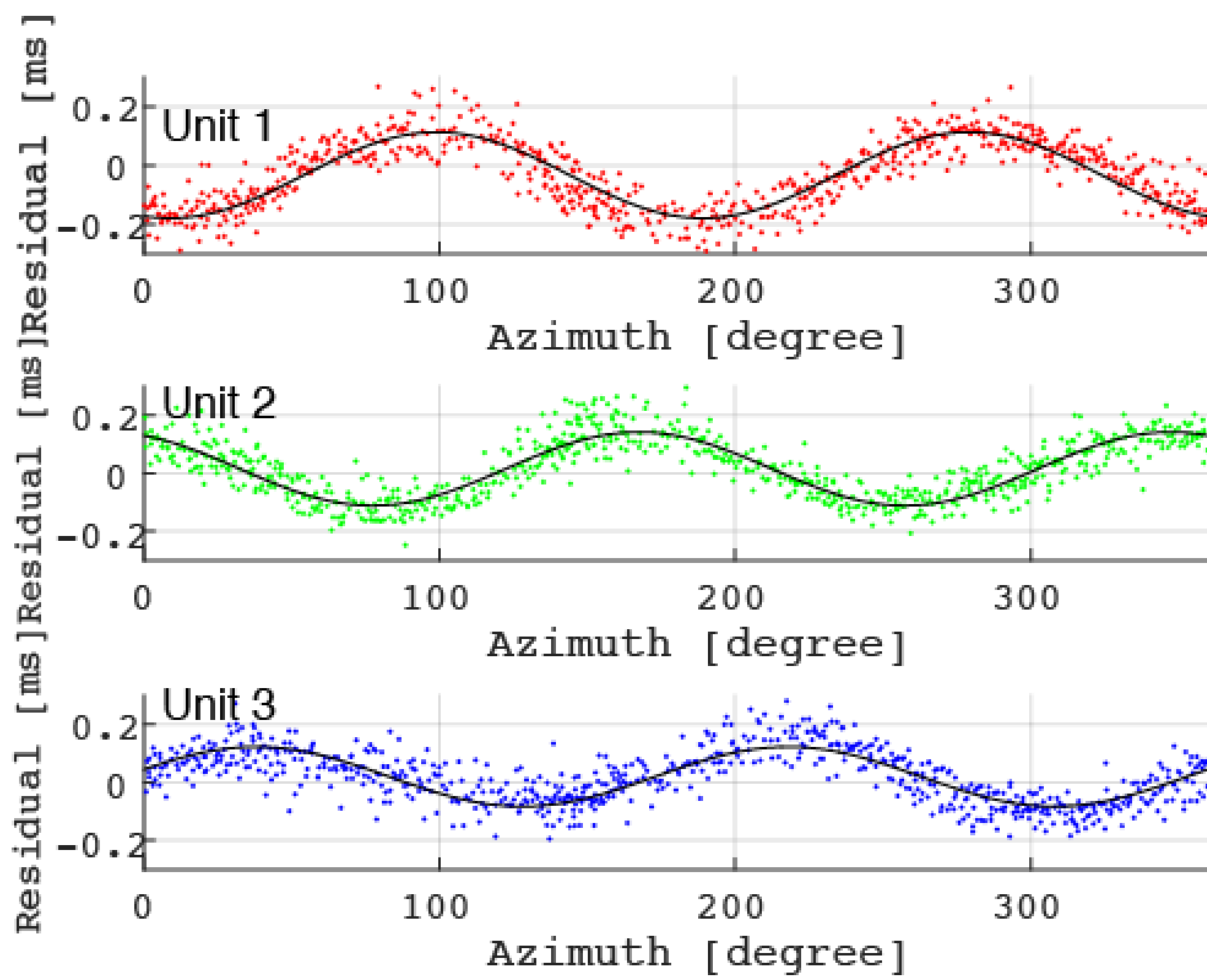


Figure 1. Travel time residual of TCA observation at May 1 2015. Solid line is the curve fitting by Yasuda et al. (2015) in SSJ fall meeting.

南西諸島海溝における海底地殻変動観測

Seafloor Crustal Deformation Measurement at the Nanseisyoto Trench

川島 廉¹、*田所 敬一²、中村 衛³、松廣 健二郎⁴、松本 剛³、小野 朋典³Ren Kawashima¹, *Keiichi Tadokoro², Mamoru Nakamura³, Kenjiro Matsuhira⁴, Takeshi Matsumoto³, Tomonori Ono³

1.名古屋大学理学部（現・静岡県庁）、2.名古屋大学地震火山研究センター、3.琉球大学理学部、4.名古屋大学全学技術センター

1.Faculty of Science, Nagoya University (Now at Shizuoka Prefecture), 2.Research Center for Seismology, Volcanology and Earthquake and Volcano Research Center, Nagoya University, 3.Faculty of Science, University of the Ryukyus, 4.Technical Center, Nagoya University

南西諸島海溝沿いでは、地震発生の特性が十分に解明されていないため、地震調査研究推進本部による海溝型地震の長期評価が行われていない。また、1771年八重山津波は石垣島南方沖での海溝型地震によるとの指摘もあり [Nakamura, 2009]、南西諸島海溝沿いにおけるプレート間の固着状態を把握する必要がある。プレート間の固着状態の把握には地殻変動データが有用であるが、沖縄トラフでの背弧拡大の影響による琉球弧の海溝側へのせり出し（固着に伴う変位とはほぼ逆方向の変位）もあり、陸上（島嶼部）に設置された1列のGPS観測網のみで南西諸島海溝沿いにおけるプレート間の固着状態を把握することは困難である。そこで、Nakamura [2011] では、沖縄本島南東沖の南西諸島海溝近傍に設置したRKA観測点でのGNSS/音響結合方式による海底地殻変動観測結果から、カップリング率がほぼ100%、幅約50kmの固着域が存在することが報告されている。しかし、1カ所での観測であったため、固着域の長さを限定することはできなかった。本研究では、RKA観測点に隣接した海域でのプレート間の固着状態を明らかにするため、RKA観測点の北東約70kmの海底にRKB観測点を設置してGNSS/音響結合方式による海底地殻変動観測を実施した。

RKB観測点は、2011年11月に南西諸島海溝軸から53km、水深約2200mの海底に設置した。観測は2011年11月、2012年11月、2014年9月、2015年9月の計4回にわたって、沖縄県水産海洋技術センターの調査船「凶南丸」（176トン）を借用して実施した。観測期間はいずれも一日半程度であった。海底局位置決定に使用した音響測距データ数は、各エポックで8257個、8992個、7286個、6424個であり、調査船に設置したGPSアンテナの座標は0.2秒でサンプリングしたGPSデータを用いてPPP解析によって求めた。このほか、観測船の姿勢は0.5秒間隔で収録したジャイロコンパス（OCTANSIII）によって計測し、平均的な海中音速構造のプロファイルを求めるためにCTD測定を行った。

海底局位置決定の結果、RKB観測点はアムールプレート上のGEONET上対馬基準点に対して、南北成分が -6 ± 22 mm/yr、東西成分が 2 ± 26 mm/yrで移動していることが明らかになった。この結果は、Nakamura [2011] によるRKA観測点での観測結果（南北成分： 35 ± 23 mm/yr、東西成分： -30 ± 19 mm/yr）と有意に異なり、両観測点直下でのプレート間の固着状態が明らかに異なることを反映していると考えられる。

琉球弧の変位速度場は、沖縄トラフでの背弧拡大、スロースリップイベント（SSE）、そしてプレート間固着による変位速度によって記述される。RKB観測点における変位速度の観測値から、Nishimura et al. [2004] による琉球弧の剛体ブロック運動モデルから計算した背弧拡大による寄与分と、Nishimura [2014] に報告されている観測期間中に発生したSSEによる寄与分（年間あたり）を差し引くことによってプレート間の固着による変位速度を求めたところ、アムールプレートに対して北北西方向に 24 ± 25 mm/yrであった。RKB観測点と沖縄本島でのプレート間の固着による変位速度（ほぼ0mm/yr）をともに満たすRKB直下のプレート間カップリング率をフォワードモデリングによって求めると、約0~20%程度となった。この小さいカップリング率は、RKA観測点付近と比べてRKB観測点付近ではSSEや逆断層型の超低周波地震 [Tu et al., 2010]、逆断層型地震等のひずみ解放イベントの発生数が多いことと調和的である。したがって、RKB直下ではプレートの沈み込みに伴うひずみが上盤側プレートに蓄積している可能性は低いと考えられる。南西諸島海溝沿いのさらに広範囲の固着状態を把握するために、2016年にRKA観測点の南西約90kmの地点に新たな海底局を設置する予定である。

謝辞：本研究の一部は、総合科学技術・イノベーション会議のSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）「レジリエントな防災・減災機能の強化」（管理法人：JST）によって実施されました。

キーワード：南西諸島海溝、海底地殻変動、プレート間カップリング

Keywords: Nanseisyoto Trench, Seafloor Crustal Deformation, Interplate Coupling

1771年八重山津波“波源域”における海底地殻変動の観測

– 巨大プレート境界型地震は準備されているか？ –

GNSS/Acoustic measurement conducted on “Source region” of the 1771 Yaeyama Tsunami

-Is huge inter-plate earthquake being prepared there?-

*生田 領野^{1,2}、安藤 雅孝²、中村 衛³

*Ryoya Ikuta^{1,2}, Masataka Ando², Mamoru Nakamura³

1.静岡大学理学部、2.静岡大学防災総合センター、3.琉球大学理学部

1.Faculty of Science, Shizuoka University, 2.Center for Integrated Research and Education of Natural Hazards, Shizuoka University, 3.Faculty of Science, University of Ryukyus

本発表では、2014年から2015年、八重山諸島、波照間島の南60km沖にて海底地殻変動を観測した結果を報告する。

波照間島の南方100kmにある琉球海溝では、フィリピン海プレートがユーラシアプレートの下に8cm/yrで沈み込んでいる。琉球海溝の沈み込みは南西諸島の背後、沖縄トラフにおいて背弧拡大を引き起こしており

(4-5cm/yr)、海溝軸での収束速度は約12cm/yrと見込まれている。プレート間の固着は弱く、大きなプレート境界地震は発生しないと考えられてきた(Scholz and Campos 2012)。しかし、1771年4月24日、地震動を伴う巨大な津波が西琉球海溝沿いの石垣島、宮古島を始め周辺の島々を襲ったことが知られている(Nakata and Kawana 1995; Nakamura 2009a; Goto *et al.* 2010など)。この津波の最大遡上高は石垣島南東部で観測された約30mである。津波による死亡率は石垣島が最も高く、津波前の人口の約3分の1が死亡したとされる。一方で地震による深刻な被害は発生していない。震度に基づくマグニチュードMk=7.5は津波に基づくマグニチュードMt=8.5よりもかなり小さく、八重山地震が地震動と比較して不釣り合いに大きな津波を発生させる津波地震であることを示唆している。また、石垣島や周辺の島々では、1771年の大津波やそれ以前の古津波によって運ばれてきたと思われる巨大な津波石が多数発見されている。この事実もプレート境界地震のように特定の再来周期を持った事象の発生を示唆している。

Nakamura(2009b)は、1771八重山津波の原因を、琉球海溝西部で発生したプレート境界地震としてモデル化した。本研究では、想定震源域上で海底の地殻変動を計測し、プレートの固着状態を推定することとした。2014年10月に波照間島の60km南方、波照間海盆の南端(外縁隆起帯の内側)に海底局を設置し、設置時と、2015年7月の2回、海底局の位置を決定し、移動速度を見積もった。その結果、海底局は波照間島のGEONET点(国土地理院:コード960751)に対して南東に12±8cm/yrの速度で移動し、海溝に向かってせり出しているという結果となった。2度だけの計測であるため結果には大きな不確定性があるものの、結果を正しいとして解釈すれば、この場所の直下のプレート境界には固着が無く、更に海溝軸の高速な後退によって八重山諸島が南方に引っ張り出されていると考えられる。

ベクトルの精度を向上させるため、引き続き数年間の観測が必要である。また本サイトは八重山津波の想定波源域の西端にあたるため、東側の海域に観測を広げることで、本研究地域での前弧海盆の形成や背弧拡大のメカニズム、巨大プレート境界地震の有無の全貌解明に近づきたい。

Goto, K., Kawana, T. and Imamura, F., 2010, *Earth-Science Reviews.*, 102, 77-99

Nakamura, M. 2009a, *Geophysical Research Letter.*, 36, L19307

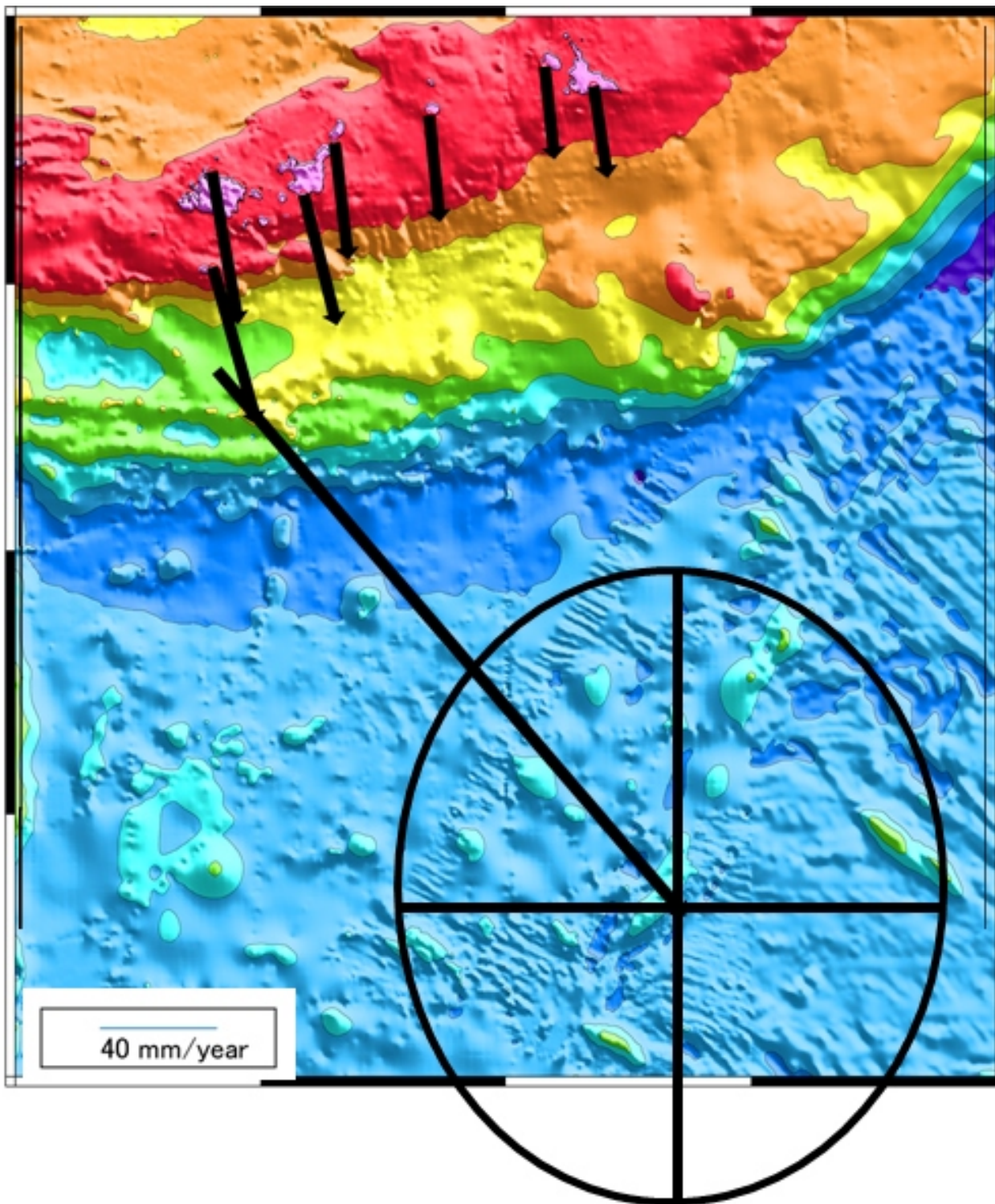
Nakamura, M. 2009b, *Geophysical Research Letter*, 36, L20312,

Nakata, T. and Kawana, T., 1995, In: Tsuchiya, Y. and Shuto, N. (Eds.), *Tsunami: Progress in Prediction, Disaster Prevention and Warning*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands

Scholz, H. C. and Campos, J., 2012, *Journal of Geophysical Research*, 107

キーワード：八重山津波、GPS/音響結合方式、海底地殻変動

Keywords: Yaeyama Tsunami, GPS/Acoustic geodesy, Ocean bottom crustal deformation



南西諸島弧における胴切り断層の地震学的構造

Seismic characteristics around the Kerama Gap in the Nansei-Shoto (Ryukyu) Island arc

*西澤 あずさ¹、及川 光弘¹、堀内 大嗣¹、岡田 千明¹

*Azusa Nishizawa¹, Mitsuhiro Oikawa¹, Daishi Horiuchi¹, Chiaki Okada¹

1.海上保安庁海洋情報部

1.Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard

The Nansei-Shoto (Ryukyu) Island arc is generally divided into three parts based on topography, geology, biology and other characteristics. The most significant boundaries are the Tokara Gap between the Tokara and Amami Islands in the northern arc, and the Kerama Gap between the Okinawa and Miyako Islands in the southern arc. Other than the two gaps, some large topographical saddles along the island arc characterize the Nansei-Shoto Island arc. We carried out seismic refraction and reflection surveys to investigate seismic structure around the Kerama Gap, which gives us key information to consider the tectonic evolution of the Nansei-Shoto Island arc-backarc system. Two seismic profiles, ECr25 and ECr31, are designed to cross the Kerama Gap and Miyako Saddle in the southern arc and forearc regions.

Line ECr25 along the forearc has a length of 415 km from the Nansei-Shoto (Ryukyu) Trench at the southwestern end, through the Miyako Saddle, to the Kerama Gap at the northeastern end. Multi-channel seismic (MCS) profile reveals many normal faults in the shallow sedimentary layer below the Kerama Gap and some faults reach to the seafloor, which suggests the deformation is in progress at the present time. The MCS record also shows clear reflection signals from the top of the subducting Philippine Sea plate. The depth of the plate boundary was estimated to be around 15 km below the forearc region from the reflection and refraction measurements. The ECr25 P-wave velocity (V_p) model reveals the top of 4-5 km/s layer is much shallower in the forearc regions to the southwest of the Kerama Gap, where higher free-air gravity anomaly and lower seismicity are different from other region.

Another line ECr31 with a length of 228 km was planned to be located along the Nansei-Shoto Island arc and cross the Miyako Saddle at the southwestern end and the Kerama Gap at the northeastern end. The MCS record for ECr31 show many normal faults beneath the Miyako Saddle and Kerama Gap, which indicates extensional regime along the island arc. Several conspicuous and almost continuous reflectors with small normal faults are detected at 1-2 s below the seafloor of the Miyako Saddle. On the other hand, some reflectors beneath the Kerama Gap are rather discontinuous due to large offsets of the normal faults, which indicates larger deformation in this region.

V_p model of ECr31 reveals a typical island arc structure. Although the thickness of the middle crust with V_p of 6.1-6.5 km/s varies along the seismic line, the variation seems to be independent of the positions of the Kerama Gap and Miyako Saddle. Therefore, the topographical deformation may not reach to the depth of the middle crust. We estimated the Moho depth of around 30 km from PmP arrivals. Some reflection signals from deeper than the Moho are also observed and they may reflect at the top of the subducting Philippine Sea plate or at its oceanic Moho. Traveltime mapping of these signals results in many scattering reflectors and it is difficult to determine the depths of deeper reflectors precisely.

キーワード：南西諸島弧、慶良間海裂、地震学的構造

Keywords: Nansei-Shoto (Ryukyu) Island arc, Kerama Gap, marine seismics

海底間音響測距を用いたトルコ・マルマラ海下北アナトリア断層のすべりレート検出及び断層モデルの推定

Creep rate measurement and fault modeling at the North Anatolian Fault, beneath the Sea of Marmara, Turkey, by means of acoustic ranging

*山本 龍典¹、木戸 元之²、太田 雄策¹、高橋 成実³、山本 揚二郎³、Dogan Kalafat⁴、Ali Pinar⁴、Sinan Ozeren⁵、金田 義行⁶

*Ryusuke Yamamoto¹, Motoyuki Kido², Yusaku Ohta¹, Narumi Takahashi³, Yojiro Yamamoto³, Dogan Kalafat⁴, Ali Pinar⁴, Sinan Ozeren⁵, Yoshiyuki Kaneda⁶

1.東北大学大学院理学研究科、2.東北大学災害科学国際研究所、3.海洋研究開発機構、4.ボアズィチ大学、5.イスタンブール工科大学、6.名古屋大学減災連携研究センター

1.Graduate School of Science, Tohoku University, 2.International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 3.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 4.Bogazici University, 5.Istanbul Technical University, 6.Disaster Mitigation Research Center, Nagoya University

北アナトリア断層 (NAF) は、トルコ北部を東西約1200 kmに走る右横ずれ断層で、大局的な相対速度は約20 mm/yrである。最近100年では、断層破壊が東から西へ進み、直近では、1999年にIzmitとDuzce (それぞれイスタンブールの東100 km, 200 km) でそれぞれM7.4, M7.2の地震が発生した。NAFはイスタンブールの南に位置するマルマラ海下で地震の空白域となっている。しかし、海底であることからGNSS等の衛星を利用した測地観測が困難で、断層のひずみ速度や断層構造の推定がされていない。そこで我々は、マルマラ海下のNAFで、海底測地観測の一つである海底間音響測距を実施し、ひずみの蓄積状況を推定した。

海底間音響測距は、断層間の相対速度を検出する手段として用いられており、約1 kmの基線長変化をミリメートルオーダーの精度で検出できる。本観測では2014年9月に、海底間音響測距装置5台を断層を挟むように設置した。各装置は6時間毎に機器間で音波の送受信を行い、往復走時を記録した。また、測距と同時に、音速補正に必要な温度と圧力、及び機器の傾きを補正するための姿勢も計測している。収録した測距データ等は随時船上から音響通信で吸い上げられる。

本講演では、2014年9月の観測開始から、2015年7月までの約10ヶ月のデータを紹介する。音速補正に用いる温度データは全機器で分解能の限界 (0.001°C) に近い僅かな変動 (~0.007°C) が見られただけなので、これを多項式近似した滑らかな変化を適用した。圧力データは観測期間途中より欠測となったので、データが存在する期間のみ使用し、それ以降は圧力補正をしていない。このことにより、見かけ基線長にばらつきは残るものの、ひずみレートそのものの推定には影響しなかった。音速補正を適用した見かけ基線長変化に姿勢補正を施し、さらに断層と基線のなす角から横ずれ成分を計算すると、4-8 mm/yrとなった。1 kmに満たない短基線でそれだけのひずみレートが維持できるとは考え難いため、この領域では約20 mm/yrのブロックの相対運動のうち、4-8 mm/yrを地殻浅部のクリープで解消していると解釈した。本講演では更に、陸域のGNSS観測データも加えて考察した断層固着深度推定モデルも紹介する予定である。

謝辞：本観測は、JICA/JST支援のもとSATREPSで実施されているMarDiMプロジェクトで行われました。

キーワード：海底間音響測距、北アナトリア断層、GNSS、断層モデル、海底測地

Keywords: direct path acoustic ranging, the North Anatolian Fault, GNSS, fault modeling, seafloor geodesy

長期海底地震観測によるトルコ・マルマラ海における精密震源分布

Detailed spatial distribution of microearthquakes beneath the Sea of Marmara, Turkey, deduced from long-term ocean bottom observation

*山本 揚二郎¹、高橋 成実¹、Pinar Ali²、Kalafat Dogan²、Citak Seckin¹、Çomoglu Mustafa²、Polat Remzi²、Çok Özkan²、Ogutcu Zafer²、Suvarikli Murat²、Tunc Suleyman²、Gurbuz Cemil²、Turhan Fatih²、Ozel Nurcan³、金田 義行⁴

*Yojiro Yamamoto¹, Narumi Takahashi¹, Ali Pinar², Dogan Kalafat², Seckin Citak¹, Mustafa Çomoglu², Remzi Polat², Özkan Çok², Zafer Ogutcu², Murat Suvarikli², Suleyman Tunc², Cemil Gurbuz², Fatih Turhan², Nurcan Ozel³, Yoshiyuki Kaneda⁴

1.海洋研究開発機構、2.ボガジチ大学、3.包括的核実験禁止条約機構、4.名古屋大学

1.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2.Bogazici University, 3.Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty Organization, 4.Nagoya University

The North Anatolian Fault (NAF) crosses the Sea of Marmara in E-W direction, accommodating about 25 mm/yr of right-lateral motion between Anatolia and the Eurasian plate. There are many large earthquakes along the 1500 km long NAF repeatedly occurred and interacted each other. The recent large northern Aegean earthquake with Mw=6.9 filled one of the last two seismic gaps along NAF that experienced extraordinary seismic moment release cycle during the last century and confirmed a remained blank zone in the Sea of Marmara. However, this segment keeps its mystery due to its underwater location. Earthquake hazard and disaster mitigation studies in Marmara region are sensitive to detailed information on fault geometry and its stick-slip behavior beneath the western Sea of Marmara. We have started ocean bottom seismographic observations to obtain the detailed information about fault geometry and its stick-slip behavior beneath the western Sea of Marmara, as a part of the SATREPS collaborative project between Japan and Turkey namely MarDiM project "Earthquake and Tsunami Disaster Mitigation in the Marmara Region and Disaster Education in Turkey". The target area spans from western Sea of Marmara to offshore Istanbul along the NAF. In the beginning of the project, we deployed ten short period Ocean Bottom Seismographs (OBSs) between the Tekirdag Basin and the Central Basin (CB) in September 2014. Then, we added five short period OBSs and deployed them in the western end of the Sea of Marmara and in the eastern CB to extend the observed area in March 2015. We retrieved all 15 OBSs in July 2015 and deployed them again in the same locations after data retrieve and battery maintenance.

From continuous OBS records, we could detect more than 700 events near the seafloor trace of NAF during 10 months observation period whereas land-seismic network could detect less than 200 events. We estimated the micro-earthquake locations using manual-picking arrival times incorporating station corrections. The tentative results show heterogeneous seismicity. The Western High (WH) and CB have relative high seismicity and the seismogenic zone was found to be thicker than the previous estimations done by other researchers. Our result clearly shows that the maximum depth of seismogenic zone is about 24 km beneath the WH and the western half of CB, and this depth suddenly decreases to about 15 km in the eastern half of CB. Our results also suggested that the dip angle of NAF is almost vertical or northward beneath WH, whereas it is about 80 degrees southward beneath the eastern CB and perhaps further decreases to 60 degrees towards the Kumburgaz Basin. These results suggest that some structural or frictional segment boundary is located around 28°E in the middle of CB.

キーワード：海底地震観測、マルマラ海、震源分布

Keywords: Ocean bottom seismographic observation, Sea of Marmara, Seismicity distribution

南海トラフに沿って沈み込むフィリピン海プレートの浅部構造変化とその特徴

Along-trench variations and characteristics in the shallow crustal structure of the incoming Philippine Sea Plate at the Nankai Trough

*山下 幹也¹、仲西 理子¹、中村 恭之¹、三浦 誠一¹、小平 秀一¹、金田 義行^{1,2}

*Mikiya Yamashita¹, Ayako Nakanishi¹, Yasuyuki Nakamura¹, Seiichi Miura¹, Shuichi Kodaira¹, Yoshiyuki Kaneda^{1,2}

1.海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター、2.名古屋大学

1.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2.Nagoya University

南海トラフでは約30-15Maに拡大したと考えられている背弧海盆である四国海盆が沈み込んでおり、東海・東南海・南海地震など巨大地震が繰り返し発生することが知られている。このような海溝型巨大地震の発生機構を理解するためには、巨大地震断層の構造や物性を知るだけでなく沈み込む前のプレートの特徴を知ることによって沈み込んだ後の断層構造形成と物性挙動の把握に重要な知見を得ることが必要である。深部低周波微動（地震）の発生メカニズムや連動する巨大地震のセグメント化に関しても沈み込むフィリピン海プレートの構造や性質が大きく関わっていると推測されている。日本海溝では2011年に発生した東北地方太平洋沖地震によって海溝軸付近まで深部からの破壊が伝播したことが明らかになった[Kodaira et al., 2012]。また南海トラフにおいても掘削研究の成果から紀伊半島沖のトラフ軸周辺にも大きなすべりが起きる可能性が示唆されるなど[Sakaguchi et al., 2011]、トラフ軸周辺においても巨大津波発生の要因である可能性が近年指摘されている。そのため南海トラフに沿った沈み込む四国海盆の構造変化や特徴を把握することはプレート境界断層内における非地震性すべり面（デコルマ）の広域的な形成メカニズムを理解する上で重要である。

海洋研究開発機構では2011年以降、高分解能反射法地震探査を南海トラフ軸周辺域で実施してきた。得られた反射断面からは反射波の振幅変化や微小断層群など従来の探査ではイメージしきれなかった結果が得られている。さらに既存データを用いることで四国海盆全体では20kmスケールの変化の特徴を得ることが可能となった。そこで本研究では南海トラフ全域における沈み込むフィリピン海プレートの堆積構造から上部地殻までの特徴をマッピングし、空間的な不均質性を明らかにすることを目的とする。高分解能地震探査によって四国海盆では上部地殻、下部堆積層、上部堆積層、トラフ充填堆積層の抽出が可能となり、九州パラオ海嶺から銭洲海嶺にかけてのマッピングを行った。また紀伊半島沖では上部地殻と下部堆積層の間にタービダイト層に相当する成層構造の分布が明らかになった。講演では堆積層の特徴を西部・中部・東部に分けて紹介し、前縁断層やプロトスラスト帯との関係について議論する。

キーワード：反射法地震探査、四国海盆、フィリピン海プレート

Keywords: MCS Survey, Shikoku Basin, Philippine Sea Plate

北太平洋、応神ライズ海山群の地殻構造

The crustal structure of the Ojin-Rise Seamounts, North Pacific.

*清水 祥伽¹、中西 正男¹、佐野 貴司²*Shoka Shimizu¹, Masao Nakanishi¹, Takashi Sano²

1.千葉大学大学院理学研究科 地球生命圏科学専攻、2.国立科学博物館地学研究部

1.Chiba University, 2.National Museum of Nature and Science

応神ライズ海山群はシャツキーライズと天皇海山列の間に位置する海山群である。シャツキーライズはブルームヘッドによる多量の噴火によって148 Ma以降に形成されたと考えられている (Nakanishi et al., 1999)。シャツキーライズには3つの高まり (海台)、南からタム山塊、オリ山塊、シルシヨフ山塊が存在する。深海掘削試料の放射性年代から、タム山塊は144 Ma頃、オリ山塊は 134 Ma頃、シルシヨフ山塊は128 Ma頃に形成されたとされている (Geldmacher et al., 2014; Heaton and Koppers, 2014)。応神ライズ海山群周辺のプレートの年代は134 -125 Maである (Nakanishi et al., 1999) が、その地形的特徴や形成時期についてはわかっていない。応神ライズ海山群は、シャツキーライズの主活動期の後しばらくしてから起こった火成活動で形成されたという仮説が提案されている (Sano, 2014)。応神ライズ海山群とシャツキーライズの形成の関係性が明らかになれば、マンタルブルーム活動の変遷、特に主活動期の後の火成活動を理解することにつながる。2014年7月に研究船「かいれい」による海底地形、重力、地磁気の地球物理学観測およびドレッジによる岩石採集が応神ライズ海山群において行われた (KR14-07航海)。本発表では、重力および海底地形の解析から明らかになった、応神ライズ海山群周辺の海洋地殻構造について報告する。

使用したデータは、KR14-07航海で得られたマルチビームデータとSager et al. (1999)で作成された海底地形グリッドデータ、Sandwell and Smith (2009)で作成された衛星高度計観測から作成されたフリーエア重力異常データである。これらを用いて、地殻の厚さ及びアイソスタシーの状態、弾性層厚を求めた。海洋地殻の厚さはKuo and Forsyth (1988)の方法を用いてもとめた。また、アイソスタシー及び弾性層厚は海底地形とフリーエア重力異常に関するadmittance解析 (McKenzie and Bowin, 1976) から求めた。

解析結果から応神ライズ海山群の平均的地殻の厚さは12km程度であることが判明した。これは平均的な海洋地殻の6kmと比べ2倍も厚い。また、弾性層厚は2.6 kmであり、エアリータイプのアイソスタシーが成り立っていることが分かった。これらの解析結果から、応神ライズ海山群の形成年代は、周辺の海洋プレートの年代とほぼ同じであることが明らかになった。すなわち、応神ライズ海山群の形成時期は134 -125 Maであると推定される。このことから、シルシヨフ海台形成と同年代にオージンライズ海山群が形成されたと考えられる。

キーワード：オージンライズ海山群、シャツキーライズ、アドミッタンス解析、重力、海底地形

Keywords: Ojin-Rise Seamounts, Shatsky Rise, admittance analysis, gravity, bathymetry feature

オントンジャワ海台の厚い地殻の広がり推定

Estimation of thick crustal distribution of the Ontong Java Plateau

*三浦 誠¹、藤江 剛¹、白井 太郎¹、野口 直人¹、荒木 英一郎¹、コフィン ミラード²、カワグル サイモン³、ヴェラヴ ロナルド⁴

*Seiichi Miura¹, Gou Fujie¹, Taro Shirai¹, Naoto Noguchi¹, Eiichiro Araki¹, Millard F. Coffin², Simon A. Kawagle³, Ronald T. Verave⁴

1.海洋研究開発機構、2.タスマニア大学、3.パプアニューギニア大学、4.パプアニューギニア鉱物資源庁

1.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2.University of Tasmania, Australia,

3.University of Papua New Guinea, Papua New Guinea, 4.Mineral Resource Authority, Papua New Guinea

地球上で最大級の海台であるオントンジャワ海台 (OJP) は西太平洋に位置し、その面積は 1.86×10^6 乗平方キロメートル (Coffin and Eldholm (1994)) であり、日本の約5倍の範囲である。この巨大なオントンジャワ海台で行われた深海掘削の結果 (例えばShipboard Scientific Party, 2001) によると基盤岩である玄武岩の年代は概ね120Maであり、広大な範囲が地質学的に短期間に形成されたことがわかっている。このような巨大な海台は通常のプレートテクトニクス理論では説明できないが、既存の観測結果をすべて説明する形成モデルはまだ存在しない。その形成モデルを考えるうえで重要な情報の一つとして地殻構造があり、1960年代から地殻構造探査が行われてきている。しかし地殻全体の厚さやモホ面に言及したものは数が限られている (例えば Furumoto et al., 1976, Gladchenko et al., 1997)。OJPがソロモン島弧と衝突している南端部ではモホ面深度が35km程度とされている (Miura et al., 2004) が中央部の厚さは観測手法による差があって決着していなかった。そのため2010年に、OJP中央部の南北測線において、大容量エアガンアレイと100台の海底地震計 (OBS) および6km長のストリーマケーブルによるマルチチャンネル反射法 (MCS) システムを用いた地震学的構造探査が行われた (Miura et al., 2011)。フォーワードモデリングによる解析 (Miura et al., 2013) だけでなく、初動走時トモグラフィとモホ面からの反射波 (PmP) を用いた走時インバージョン解析、および反射波に着目した有限差分法による波形計算 (Larsen and Grieger, 1998) を実行した (Miura et al., 2014, 2015)。その結果モホ面深度はOJP中央部で40km 以上と最も厚くなっていることがわかった。しかし、その地殻の厚さが2010年の調査域以外でどのようになっているのか、よくわかっていない。そのため1998年に白鳳丸にて取得した地震探査データ (Araki et al., 1998) や過去の研究結果 (例えばFurumoto et al., 1976, Gladchenko et al., 1997) を用いて、2010年の調査域の横方向への広がりについて把握する予定である。この結果OJP全体の地殻の厚さ分布が推定でき、体積や地殻形成率の見積ができるだろう。これらはOJP形成における周辺環境への影響や形成モデル推定に重要な示唆を与えると考えられる。

キーワード：大規模火成岩区域、オントンジャワ海台、MCS、OBS、地殻、モホ面

Keywords: LIPs, OJP, MCS, OBS, crust, Moho

南大西洋トリスタン・ダ・クーニャホットスポットの下にはプルームがない：電気伝導度構造からの示唆

Electrical conductivity structure suggests no plume beneath the Tristan da Cunha hotspot in the southern Atlantic Ocean

*馬場 聖至¹、Chen Jin²、歌田 久司¹、Jegen Marion²

*Kiyoshi Baba¹, Jin Chen², Hisashi Utada¹, Marion Jegen²

1.東京大学地震研究所、2.GEOMAR, Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel

1.Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2.GEOMAR, Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel

南大西洋のトリスタン・ダ・クーニャ諸島は、ナミビア北西部のエテンデカ洪水玄武岩域からのびるウォルビス海嶺の終端にあたるホットスポットと考えられている。しかしながら、火山活動の起源がマントル深部からの上昇流であるのか、それとも上部マントル浅部のアセノスフェアなのかについては、詳細な物理観測の欠如のため、議論に決着がついていない。我々、ドイツ・日本の共同研究グループは、トリスタン・ダ・クーニャ周辺海域下のマントル構造を詳細にイメージングするために、海底地震・電磁気（マグネトテルリック；MT）観測を2012年から2013年にかけて実施した。本講演は電磁気観測の成果を紹介する。電磁気観測では、26の海底観測点に測器を設置し、このうち24観測点から解析に有用なデータを取得した。回収したデータは、地形効果を考慮した上で、まずマントルの平均的1次元構造モデルを求め、更にそれを初期モデルとして3次元構造モデルを推定した。現在までの解析では、深さ約100kmに高電気伝導度層が認められるものの、マントル遷移層からの上昇流を示唆するような電気伝導度構造はみとめられず、少なくとも現在のホットスポットマグマの起源はむしろアセノスフェア・マントルにあることを示唆している。トリスタン・ダ・クーニャ島およびウォルビス海嶺の岩石サンプルの地球化学的特徴は、マントル深部起源を示唆しており、我々の電気伝導度構造モデルとは一件矛盾する。したがって、トリスタン・ダ・クーニャ島下の上昇流はほとんど死にかけているか、または、上昇流は観測アレイの外、たとえばトリスタン・ダ・クーニャ島の南島にあるゴフ島（ウォルビス海嶺は途中から枝分かかれし、ゴフ島はもう一方の終端に位置する）にあり、中央海嶺との相互作用などによってアセノスフェアを横方向に流れてきた、と考えるのが妥当かもしれない。ところで深さ約100kmの高電気伝導度層は、トリスタン・ダ・クーニャ島の南を東西に走る断裂帯に沿って盛り上がっている。これは断裂帯がメルトを海底（断裂帯近傍の火山島）へ輸送する経路となっている可能性を示唆する。

キーワード：海底MT、電気伝導度、上部マントル、ホットスポット、断裂帯、大西洋

Keywords: marine magnetotellurics, electrical conductivity, upper mantle, hotspot, fracture zone, Atlantic Ocean

赤色立体地図による日本海の海底地形のイメージング

Red relief image map and integration of topographic data in and around the Japan Sea

*平松 孝晋¹、野 徹雄²、佐藤 壮²、三浦 誠一²、千葉 達朗¹、上山 沙恵子¹、吉岐 信二¹、小平 秀一²

*Takahiro Hiramatsu¹, Tetsuo No², Takeshi Sato², Seiichi Miura², Tatsuro Chiba¹, Saeko Kamiyama¹, Iki Shinji¹, Shuichi Kodaira²

1. アジア航測株式会社、2. 海洋研究開発機構

1. Asia Air Survey Co., Ltd., 2. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

近年、日本沿岸の日本海では多くの調査航海にてマルチビームによる海底地形データが取得されている。これらのデータを活用して、より高品質な海底地形データを作成することは、日本海におけるテクトニクスや活断層などの研究を進展させる上で重要である。本発表では、マルチビームによる測深データと周辺の陸・海域のDEM (Digital elevation Model) データの統合手法、ならびにそのDEMデータから作成した赤色立体地図によるイメージングの結果について述べる。

マルチビーム測深データには、各種の動揺補正やノイズ除去が施されているが、航跡の直下やビームの縁辺部にノイズが残存したり、航行毎のデータの測深値のずれが生じている場合がある。また、収集したデータの一部には、ノイズを含んだままの状態の間引きやグリッド化されている箇所が含まれており、元の航行毎のデータに戻って再処理をできないものもある。これらのマルチビーム測深データに対して、赤色立体地図(千葉・鈴木, 2004)などの地形表現手法を適用すると、微地形とともにノイズが強調表現され、かえって地形を認識しづらい。そこで、ノイズ確認用の赤色立体地図を作成してノイズ分布やパターンを把握したうえで、高密度・大容量点群データのノイズ除去に航空レーザ測定の処理手法を適用した。航空レーザ測定の分野では、全計測点群の中から樹木等を除去して地盤を抽出するフィルタリング手法が確立されており、様々な地形種に対するパラメータ設定のノウハウも蓄積されている。上記の測深データは航空レーザ処理システムに取り込み、スケール調整や投影を行ったのち、ノイズ点群を樹木などの不要点に見立てて除去処理を行った。

データ統合において、各データの重複部分は、データ密度、断面形状、グリッド差分などを確認したのち、最良の品質のものを選択した。データ間の接合に際しては、境界の水深差に応じて空白(バッファ)域を設定し、なだらかに接合されるようにした。点群データからグリッドデータへの空間補間には、疎密差のある点群に対しても滑らかな面を発生でき、かつ大容量点群のデータ処理にも耐えうる、マルチレベルBスプライン法を使用して、0.0005°(約50m)グリッド間隔の統合DEMデータを作成した。

ノイズ除去後の統合DEMデータを用いて、判読用の赤色立体地図を作成した。赤色立体地図は、傾斜の急な部分を赤く、尾根を明るく、谷を暗く表現した疑似カラー画像である。開度(横山ほか, 1999)の概念を拡張して地形の立体感を表しているため、陰影図のような光源による方向依存性は生じない。また、ステレオペア画像による立体視とは異なり単画像であるため、震源分布や断層トレースや等深線図などとも、GIS上で容易に重ね合わせて表示でき、印刷物としても扱いやすい。

作成した赤色立体地図からは、佐渡海嶺から奥尻海嶺に続く海嶺・海盆列などの大地形から、久六島の山体崩壊による堆積面などの微地形まで、様々な海底地形が表現されていることが見て取れる。

キーワード：日本海、海底地形、データ統合、赤色立体地図、数値標高モデル

Keywords: Japan Sea, Bathymetric data, Data integration, Red relief image map, DEM

南部マリアナ海溝で発見された巨大海底地滑り：6K-1429潜航調査速報

Huge deep-sea landslide in the Southern Mariana Trench: a preliminary report of 6K-1429 dive

*石井 輝秋¹、小原 泰彦^{2,3}、大家 翔馬⁴、マルチネス フェルナンド⁵

*Teruaki Ishii¹, Yasuhiko Ohara^{2,3}, Shoma Oya⁴, Fernando Martinez⁵

1.公益財団法人 深田地質研究所、2.海上保安庁、3.海洋研究開発機構、4.静岡大学、5.ハワイ大学

1.Fukada Geological Institute, 2.Hydrographic and Oceanographic Department of Japan, 3.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 4.Shizuoka University, 5.University of Hawaii

しんかい湧水域 (Shinkai Seep Field) を含む南部マリアナ海溝陸側斜面の生物学・地質学的調査を目的として、2015年初夏に「しんかい6500」による潜航調査を主とする「よこすか」YK15-11航海が実施された。本講演では、南部マリアナ海溝西部のカロリン海嶺に相対する陸側斜面に発達する小海嶺において発見された、巨大海底地滑り地形の6K-1429潜航調査（乗船者：石井輝秋）の結果を速報する。

同海底地滑り地形は、前年度のYK14-13航海において、「よこすか」のマルチビーム測深機EM122でマッピングされた。カロリン海嶺のフィリピン海プレートへの衝突により、南部マリアナ海溝西部は水深が浅く幅が極端に狭い海溝の形状を示している。南部マリアナ海溝西部の東西に延びる海溝陸側斜面は単傾斜ではなく、海溝のすぐ陸側（北側）には最浅部の水深約2300 m、全長約100 kmの小海嶺が東西に伸長し、その更に陸側（北側）に最深部の水深約5750 m、全長約70 kmの東西に伸長する小海盆が存在する。小海盆の更に陸側（北側）は、西マリアナ海嶺の第三紀火山から形成されていると思われる浅所へと続いている。EM122による海底地形図からは、小海嶺の水深2300 mの山頂北側直下、水深2700 m付近を上端、水深4500 m付近を下端とし、東西約5 km弱、南北約6 km強の楕円形の凹地形が読み取れる。その下流部の水深4500 mから5650 mにかけて、北北西方向に扇状地状に広がる5 km強の幅を持つ凸地形が確認できる。EM122の海底音響反射強度によると、凹地形域はほぼ円形の均質な黒色域を呈し、反射強度が大きな岩石が全域に渡り露出していることを示唆している。凸地形域は周囲より黒色部の分布密度が高く、東側の境界は明瞭であるが、西側の境界は不明瞭で、地形分布とは一致しないようである。以上のことから、凹地形域は、北側に傾斜する斜面上で、最大深度600 mにも及ぶ深層崩壊が発生し、内部の構成岩石が岩盤状に露出した崩壊地域であり、凸地形域は、深層崩壊により発生した岩屑流が扇状地状に広がり堆積した標高300 m程度の崩壊堆積物マウンドであると考えられる。海底地形図と地形断面図から、崩落し堆積した岩屑量はおよそ5 km³-10 km³程度と見積もられ、小規模な津波が発生した可能性も示唆される。

6K-1429潜航は、小海盆の南端から小海嶺の北側斜面を調査し、上部（浅部）の凹地形（大崩壊地形）及び下部（深部）の凸地形（崩壊堆積物マウンド）の観察を行った。その結果、複数のマントルかんらん岩と、一つの玄武岩が採取された。マントルかんらん岩は、小海嶺の基盤であると考えられ、火山岩は、南部マリアナ前弧に広く分布している中新世の火山岩であると考えられる。

マントルかんらん岩を産する小海嶺の水深が浅い理由は、小笠原前弧域の水深約1000 mの母島海山 (Ishii, 1985, Terra Pub) と類似の成因による考えられる。すなわち、母島海山の場合は沈み込む太平洋プレート上の小笠原海台の衝突により陸側が下から押し上げられているためと考えられる。一方、カロリン海嶺の中軸には東西に軸をもち南北に拡大中のソロトラフ (Altis, 1999, Tectonophysics) があり、この拡大によるカロリン海嶺の北方への衝突により、陸側が下から押し上げられ、前弧マントルがスリバーとして露出していると考えられる。深層崩壊の要因としては、下からの押し上げによる斜面の傾斜角の増加に加え、浸透水の流入、大量の蛇紋石泥による潤滑剤効果により滑り易くなっていることなど、複数の要因の相乗効果が考えられる。この海域の調査は、ヤップ海溝付近の岩石学的な記載など（例えば、Ohara et al, 2002, Chemical Geology）を含めても非常に少なく、今後の調査が待たれる。

キーワード：南部マリアナ海溝、海底地滑り、蛇紋岩化したマントルかんらん岩

Keywords: Southern Mariana Trench, deep-sea landslide, serpentinized mantle peridotite

ターミナル海盆における泥質タービダイトの堆積構造の理解

Sedimentary structure of muddy turbidites recorded in a terminal basin

*奥津 なつみ¹、芦 寿一郎¹、大村 亜希子¹、山口 飛鳥¹、菅沼 悠介²、村山 雅史³

*Natsumi Okutsu¹, Juichiro Ashi¹, Akiko Omura¹, Asuka Yamaguchi¹, Yusuke Suganuma², Masafumi MURAYAMA³

1.東京大学大気海洋研究所、2.国立極地研究所、3.高知大学海洋コア総合研究センター

1.Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2.National institute of Polar Research, 3.Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University

沈み込み帯における地震履歴の解明は、将来の地震・津波に伴う災害を軽減するうえで非常に重要である。陸域や海域の堆積物記録の分析からは、古文書や遺跡の調査に比べ、より古い地震履歴を得ることができる。特に、海域の堆積物は海溝型巨大地震の発生域に位置するため、古地震の高精度な位置情報を含むと言える。海域の堆積物を用いた地震履歴の推定には、タービダイトの分布と年代が一般的に用いられている。ただし、混濁流は洪水などによっても発生するため、タービダイトを用いた地震履歴の解明には、陸からの直接的な土砂供給のない地点で試料の採取を行うなど注意を要する。陸からの直接的な土砂供給のない地点で採取されたタービダイトは非常に細粒であるため、半遠洋性泥との判別が困難である。そこで本研究では、先行研究により地震性であることが明らかである泥質タービダイトに着目し、その堆積構造の特徴を理解することを第一の目的とした。また、形態および定量的データより求められた堆積構造の特徴を、同地点で得られたピストンコア試料に適用し、その試料における地震性タービダイトの分布に関する考察を試みた。

本研究では学術研究船「新青丸」KS-14-8航海において、紀伊半島南東沖の小海盆より採取された長さ46cmのマルチプルコアと長さ6.7 mのピストンコアを用いた。試料採取地点は、熊野沖の付加プリズムと前弧海盆の間に位置し、陸からの土砂供給を受けない、東北東-西南西方向に伸びた小海盆である。小海盆は流入した土砂が再び流れ出すことのないターミナル海盆でもある。採取されたマルチプルコアのセシウム137と過剰鉛-210濃度の分析から、上部17 cmの泥質層は2004年紀伊半島南東沖地震の際に堆積したものと報告されている。分析は両方のコアに対し、肉眼観察やX線CTスキャンに加え、帯磁率異方性、岩石磁気、古地磁気、電気比抵抗、粒度分析を行った。

2004年紀伊半島南東沖地震時に溜まった泥質タービダイトは、シルト質の葉理部と、それを覆う無構造の厚い泥層からなる。シルト質の葉理部では粒度に大きな変化は認められないが、帯磁率は上方への減少がみられ上位のシルト層で最も低い値を示す。これらの結果から、葉理部は地震動によって発生した低密度の堆積物重力流によって形成されたと考えられる。また、この一連のタービダイトの直下の堆積層は、もともとの葉理が現在の海底面に対して著しく斜交する複雑な形状を示しており、地震時、おそらく2004年の地震による震動変形を示す。古流向解析の結果は、ターミナル海盆を囲む斜面の方向と良い対応を示す。

ピストンコア試料には、マルチプルコア試料と類似の堆積構造を確認した。火山灰の同定や有孔虫による年代決定の結果、個々のタービダイト層の間隔が南海トラフにおいてこれまでに知られている地震の発生間隔と概ね一致することが分かった。本研究の対象海域であるターミナル海盆では、紀伊半島沖における地震イベントの全てを記録している可能性があげられる。今後、各層の年代を決定し、地震の発生時期の解明を目指す。

キーワード：混濁流、帯磁率異方性、X線CT、イベント性堆積物

Keywords: turbidity current, anisotropy of magnetic susceptibility, X-ray CT, event deposit

日本海掘削試料から見た日本海盆底の細粒タービダイトの産出とテクトニクス

Late Neogene to Quaternary turbidite deposition in the northern Japan Basin and its relation to regional tectonics

*池原 研¹、入野 智久²、板木 拓也¹

*Ken Ikehara¹, Tomohisa Irino², Takuya Itaki¹

1.産業技術総合研究所地質情報研究部門、2.北海道大学

1.Institute of Geology and Geoinformation, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2.Hokkaido University

IODP Expedition 346 Site U1422の下部には細粒タービダイトの産出が認められる。タービダイト部分では、長石が卓越し、日本側からの粒子供給が示唆される。タービダイトはコアの最下部である約4Maから約1.7Maまで確認でき、その後はみられない。サイトU1422の堆積速度はタービダイトの消滅後も段階的に減少する。これらは、日本海東縁の圧縮場への転換による奥尻海嶺の上昇とそのモード転換が関係している可能性がある。

キーワード：タービダイト、日本海東縁、テクトニクス

Keywords: turbidite, Eastern margin of Japan Sea, tectonics

薩摩硫黄島長浜湾における鉄沈澱物の堆積作用：コロイドの沈殿挙動

Sedimentation of iron deposits in Nagahama Bay, Satsuma Iwo-jima Island: Precipitation behavior of colloid

*原田 拓人¹、清川 昌一²、池原 実³

*Takuto Harada¹, Shoichi Kiyokawa², Minoru Ikehara³

1.九州大学 大学院理学府 地球惑星科学専攻、2.九州大学 大学院理学研究院 地球惑星部門、3.高知大学海洋コア総合研究センター

1.Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Sciences, 33 Kyushu University, 2.Department of Earth and Planetary Sciences Faculty of sciences, Kyuushu University, 3.Center for Advanced Marine Core Research, Kochi University

Satsuma Iwo-Jima Island, with volcanic activities, is located about 40km south of Kyushu Island, Japan. This island is one of the best places to observe a shallow water hydrothermal system. Nagahama Bay, in the south of Satsuma Iwo-Jima Island, is partly separated from open sea. The seawater appears dark reddish brown color due to colloidal iron hydroxide by the mixing of volcanic fluids (pH=5.5, 50-60 degree Celsius) and oceanic water (Ninomiya & kiyokawa, 2009; Kiyokawa et al., 2012; Ueshiba & kiyokawa, 2012). Very high deposition rate (33 cm per year) of iron-rich sediments was observed in the bay (Kiyokawa et al., 2012). However, precipitation behavior of colloidal iron hydroxide has not been clarified. In this study, I report the results of analysis of deposition experiments of the colloidal particles at the Nagahama bay.

Since the size of the colloidal particles is 1nm-1 μ m, single particle cannot be precipitated. This arise from precipitation of the particles in the viscous fluid is according to the Stokes' law. Colloidal iron hydroxide has the property of having the electric charges on the surface. The charge on the colloids is affected by pH of its surrounding seawater and can become more positively or negatively charged due to the gain or loss, respectively, of protons (H⁺) in the seawater. This property affects the stability of the colloidal dispersion.

FE-SEM observation shows that the suspended particles consist of colloidal iron hydroxide (about 0.2 μ m), on the other hand, the iron-rich sediments are composed of bigger one (>1 μ m). This indicates the colloidal iron hydroxide is precipitated by flocculation. We examined the precipitation amount of colloidal iron hydroxide under the various pH environments. The precipitation amount of pH=7.8 seawater 10% higher than that of pH=7.2. This result is roughly follows the theoretical value.

キーワード：鬼界カルデラ、コロイド、水酸化鉄

Keywords: Kikai Caldera, Colloid, iron hydroxide

CK16-01航海速報：コアリング、現場温度計および地熱検層ツールを用いた伊平屋北海丘および野甫サイトにおける科学掘削

Preliminary results of the CK16-01 Cruise: Scientific drilling operations of coring, in-situ thermometer and geothermal logging tool

*野崎 達生¹、石橋 純一郎²、熊谷 英憲¹、前田 玲奈³、CK16-01航海 乗船者一同

*Tatsuo Nozaki¹, Jun-ichiro Ishibashi², Hidenori Kumagai¹, Lena Maeda³, CK16-01 Cruise members

1.海洋研究開発機構・海底資源研究開発センター、2.九州大学・理学部、3.海洋研究開発機構・地球深部探査センター

1.Research and Development (R&D) Center for Submarine Resources, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), 2.Faculty of Science, Kyushu University, 3.The Center for Deep Earth Exploration, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)

The CK16-01 Cruise by D/V Chikyu was performed at the Iheya-North Knoll and Noho Site, middle Okinawa Trough from 11th, February to 17th, March 2016 in order to investigate the seafloor hydraulic structure and geology, aiming to construct the genetic model of seafloor hydrothermal deposits. In the first half of the CK16-01 Cruise, logging while drilling (LWD) was mainly done to obtain physical parameter beneath the Iheya-North Knoll and Noho Site, as well as install of the "Kuroko-ore cultivation apparatus" equipped with sensor loggers to monitor the secular changes of pressure, temperature, flow rate and precipitation weight within the Kuroko-ore cultivation apparatus on artificial hydrothermal vents. This Kuroko-ore cultivation apparatus will be recovered after one year by ROV Kaiko Mk-IV. In the latter half of the CK16-01 Cruise, the main operation was coring to obtain drilled core sample together with temperature measurement by in-situ thermometer and borehole logging after coring operation using a geothermal tool bearing pressure, temperature, flow rate and gamma-ray sensors. In this presentation, we report the preliminary results of operations during the latter half of the CK16-01 Cruise.

キーワード：沖縄トラフ、伊平屋北海丘、野甫サイト、海底熱水鉱床、黒鉱鉱床、CK16-01航海

Keywords: Okinawa Trough, Iheya-North Knoll, Noho Site, seafloor hydrothermal deposit, Kuroko deposit, CK16-01 Cruise

CK16-01航海速報：伊平屋北海丘および伊平屋小海嶺における科学掘削－掘削同時検層とモニタリング装置の設置

Preliminary results of the CK16-01 Cruise: Scientific drilling in Okinawa Trough using Logging While Drilling tools and installation of long-term monitoring apparatus

*熊谷 英憲¹、野崎 達生¹、石橋 純一郎²、前田 玲奈¹、CK16-01航海 乗船者一同¹

*Hidenori Kumagai¹, Tatsuo Nozaki¹, Jun-ichiro Ishibashi², Lena Maeda¹, CK16-01 Cruise Member¹

1.国立研究開発法人海洋研究開発機構、2.九州大学

1.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2.Kyushu Univ.

In the period of February to March of 2016, the CK16-01 Cruise by D/V Chikyu was performed at the Iheya-North Knoll and Iheya Minor Ridge in middle Okinawa Trough, in order to investigate the subseafloor hydraulic structure and geology, aiming to construct the genetic model of seafloor hydrothermal deposits under an umbrella of Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program (SIP). In the former half of the cruise, logging while drilling (LWD) operation was mainly performed to obtain physical parameters beneath both the area, as well as to install of the Long-term monitoring apparatus, "Kuroko-ore cultivation apparatus", equipped with sensors to monitor the secular variation of pressure, temperature, flow rate and precipitation weight within the apparatus on hydrothermal vents artificially made. The precipitation volume of the apparatus will be recovered later to by ROV. In the latter half of the cruise, the main operation was coring to obtain drilled core sample together with temperature measurement by in-situ thermometer and borehole logging after coring operation using a geothermal tool bearing pressure, temperature, flow rate and gamma-ray sensors. In this presentation, we report the preliminary results of operations during the former half of the CK16-01 Cruise.

キーワード：沖縄トラフ、伊平屋北海丘、伊平屋小海嶺、海底熱水鉱床、CK16-01航海、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)

Keywords: Okinawa Trough, Iheya-North Knoll, Iheya Minor Ridge, Seafloor hydrothermal Deposit, CK16-01 Cruise, Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program (SIP)

中部沖繩トラフクメ島沖熱水活動域におけるAUV「うらしま」潜航調査

Acoustic and magnetic surveys using AUV Urashima around the hydrothermal sites off Kumejima island in the Mid-Okinawa Trough

*北田 数也¹、中村 謙太郎²、高橋 亜夕³、川口 慎介⁴、熊谷 英憲¹

*Kazuya Kitada¹, Kentaro Nakamura², Ayu Takahashi³, Shinsuke Kawagucci⁴, Hidenori Kumagai¹

1.海洋研究開発機構海底資源研究開発センター、2.東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻、3.海洋研究開発機構次世代海洋資源調査技術研究開発プロジェクトチーム、4.海洋研究開発機構深海・地殻内生物圏研究分野

1.Research and Development Center for Submarine Resources, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2.Department of Systems Innovation, School of Engineering, University of Tokyo, 3.Project Team for Development of New-generation Research Protocol for Submarine Resources, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 4.Department of Subsurface Geobiological Analysis and Research, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Recently, polymetallic sulfides deposited in seafloor hydrothermal vents have attracted interest as a potential mineral resources for e.g., Cu, Zn, Pb, In, Ga, Ge, Au, and Ag (Schrope, 2007).

Development of effective methods for exploring seafloor hydrothermal activity is an important key for future exploitation of this type of deep-sea mineral resource and thus, more efficient methods for exploration of seafloor hydrothermal vents are expected.

Recent progress in near-bottom geophysical and geochemical surveys using autonomous underwater vehicles (AUV) allows us to perform high-resolution surveys in which the signatures of seafloor hydrothermal activity can be detected (German et al., 2008; Kumagai et al., 2010; Nakamura et al., 2013). Moreover, in the last decade, water column observations using multi-beam echo sounder (MBES) systems equipped on a surface ship have also become successfully applied to exploration of seafloor hydrothermal vents (Tanahashi et al., 2014; Kasaya et al., 2015; Nakamura et al., 2015).

During the YK15-14 cruise in 2015, we conducted the shipboard MBES survey by R/V "Yokosuka" and the near-bottom acoustic and magnetic surveys using AUV "Urashima" around the hydrothermal sites in order to reveal the distribution and characteristics of seafloor hydrothermal vent sites off Kumejima island in the mid-Okinawa Trough. The presence and amplitude of hydrothermal plume signals were first detected by acoustic water column imaging with a shipboard MBES system. A total of four AUV "Urashima" dives (Dives #217-220) were completed around the sites. During these dives, we have successfully obtained high-resolution bathymetric data, side scan sonar image, sub-bottom profile, vector magnetic field and chemical sensor data (ORP, turbidity and temperature). The vector magnetic field were measured by three fluxgate magnetometers mounted in the payload space of AUV "Urashima" to investigate the seafloor magnetic features related to hydrothermal alteration processes. The distribution of crustal magnetization are estimated using the magnetic anomalies by the inversion method. Here we report the overview of the YK15-14 cruise and show new results from AUV "Urashima" dives. Then, the characteristics of the hydrothermal sites in the mid-Okinawa Trough will be discussed by comparing with the results from the ROV surveys during the KR15-16 cruise.

キーワード：海底熱水探査、中部沖繩トラフ、AUV、詳細海底地形、磁気異常

Keywords: seafloor hydrothermal exploration, mid-Okinawa Trough, AUV, detailed bathymetry, magnetic anomaly

沖繩トラフに発達した伊良部海底熱水系の磁気的特徴

High-resolution Magnetic Signatures of Irabu Hydrothermal Fields, Okinawa Trough

*藤井 昌和¹、沖野 郷子¹*Masakazu Fujii¹, Kyoko Okino¹

1. 東京大学大気海洋研究所

1.AORI, UTokyo

Near-seafloor magnetic fields near the active Irabu Hydrothermal fields (IHF) were obtained by using the AUV *URASHIMA* during the R/V *Yokosuka* cruise YK14-16. The Irabu knolls are located on the axial area of a back-arc rift of the Okinawa Trough and consist of basalt to andesite. The seafloor rock samples from the same region were used for rock magnetic measurements and petrological observations. The integrated analysis of the magnetic anomaly and rock magnetic properties led to the following conclusions:

(i) The IHFs are associated with reduced magnetization reflecting the hydrothermal alteration of magnetic minerals present in the extrusive lavas and the deposits of non-magnetic hydrothermal material.

(ii) The basaltic rocks show high natural remanent magnetization (NRM) intensity ranging from 7 A/m to 214 A/m. The extremely strong NRM was caused by less oxidation, abundant single-domain-titanomagnetite grains formed under proper crystal growth rates, and low Ti content for titanomagnetites. These strongly magnetized host rocks produce large variations of magnetic anomalies in the Irabu knoll, resulting in a clear magnetic contrast between the IHFs and their surroundings areas.

(iii) The low magnetization zones (LMZs) related to the IHFs are located at the rim of the caldera floor in an elongated direction parallel to the local strike of the caldera, and extend into the caldera wall. These observations suggest that the hydrothermal fluids ascended through the caldera fault and caused accumulation of hydrothermal deposits and the occurrence of hydrothermally altered zones in both the caldera floor rim and wall.

(iv) The LMZ extends across several hundred meters along the caldera rim. Compared with similar hydrothermal fields of the Hakurei and Brothers situated in other arc-back-arc volcanoes with summit calderas, it is clarified that hydrothermal systems controlled by caldera faults have horizontal spatial scale equal to or larger than those of detachment-controlled large hydrothermal fields at slow-spreading ridges such as the TAG. It is implied that the permeability structure and style of hydrothermal circulation may play important roles in the formation of the larger demagnetized hydrothermal fluid pathways at caldera-controlled systems.

キーワード：海底熱水循環系、海洋磁気異常、岩石磁気、沖繩トラフ

Keywords: Seafloor hydrothermal system, Marine magnetic anomaly, Rock magnetism, Okinawa Trough

海底熱水循環系の時空間スケールに対する考察：沖縄トラフ熱水域の孔内・海底熱流量からの推定
Spatio-temporal scale of seafloor hydrothermal systems: Constraints from borehole and seafloor observations in the Mid-Okinawa Trough

*木下 正高¹、正木 裕香²、濱田 洋平²、谷川 亘²、熊谷 英憲²、野崎 達生²

*Masataka Kinoshita¹, Yuka Masaki², Yohei Hamada², Wataru Tanikawa², Hidenori Kumagai², Tatsuo Nozaki²

1.東京大学地震研究所、2.海洋研究開発機構

1.Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 2.JAMSTEC

熱水循環は、300°Cを超える激しい熱水噴出・数°Cから数十°C程度の緩やかな湧出、熱伝導、そして海水の吸い込みという成分からなる。その時空スケールや、海水が流入して熱水溜まりにはいり、熱せられて再び海底から流出するまでの熱水の「年齢」(residence time)や温度履歴を知ることが、熱水の成熟度や、ひいては熱水鉱床の成因推定に重要な役割を果たす。熱水の年齢や温度履歴を推定するためには、海底屋孔内の熱流量や温度空間分布の計測や、噴出した熱水の科学組成・同位体比、鉱物組成や鉱物(地質)温度計などが活用される。

中部沖縄トラフ伊平屋北熱水域では、噴出する熱水の大部分が熱水域外の堆積層を起源をすることが、Kawagucciにより推定されている。またIODP331航海や海底熱流量測定から、1.5km東の、堆積物で埋積された谷部からの海水供給が推定されている。

一方で、潜水船による活動域での高密度熱流量観測から、伊平屋北熱水噴出域の中でも海水の吸い込みが起こっていることが超低熱流量から推定されている。また数値計算からも、難透水層がない状態では噴出域のごく近傍で海水が最も活発に吸い込まれることが示されている。おそらく、寿命の短いサイクルは近距離で、そして熱水溜まりを形成するような長寿命の流体は内部に加えて外部からの海水が入っているのではないかと推測される。

中央海嶺系では、Kadkoら(1985;2007)により、UやRn同位体比計測から、岩石-水相互作用が起きてから噴出するまでの時間(residence time)は数年程度であるとしている。堆積物に富んだ背弧系では、透水率が低いためにもっと長い可能性がある。

そこで数値計算により、伊平屋北の熱水循環において、流体の粒子の挙動を追跡してみた。計算では、簡単のために熱的準平衡状態におけるダルシー流に限定したため、断熱的な噴出は再現されず短時間の循環は再現されない。熱源がセットされてから300年程度の計算を行ったが、噴出する熱水のほとんどは、そのごく近傍から吸い込まれる海水が、そのまま循環しているようである。そのresidence timeは100-1000年のオーダーであるが、一方で「外部」(1.5km離れた場所)から供給される海水は30,000年経過してもまだ熱水域に到達しない。計算は予察的ではあるが、長寿命の流体を存在させるのはかなり困難である。

キーワード：熱流量、沖縄トラフ、IODP、熱水循環

Keywords: heat flow, Okinawa Trough, IODP, hydrothermal circulation

AUVを用いた明神海丘カルデラの深海音響・地磁気調査

Post-caldera volcanism and hydrothermal activity revealed by AUV surveys in Myojin Knoll caldera, Izu-Ogasawara Arc, Japan

*本庄 千枝¹、浦 環²、金 岡秀³、浅田 昭⁴

*Chie Honsho¹, Tamaki Ura², Kangsoo Kim³, Akira Asada⁴

1.東北大学災害科学国際研究所、2.九州工業大学社会ロボット具現化センター、3.海上技術安全研究所、4.東京大学生産技術研究所

1.International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, 2.Center for Socio-Robotic Synthesis, Kyushu Institute of Technology, 3.National Maritime Research Institute, 4.Institute of Industrial Science, University of Tokyo

明神海丘カルデラは、伊豆小笠原弧北緯32度付近に位置する珪長質の海底カルデラであり、大規模な熱水性硫化物鉱床「サンライズ鉱床」を胚胎することで知られる。これまでに行われた「しんかい2000」による明神海丘カルデラの潜航調査は20を超え、極めて詳細に調査されている海底火山の一つである。しかし、有人潜水艇で調査できる範囲は広くはなく、多くの潜水調査を以てしてもカルデラの全体像の把握は困難である。我々は、カルデラ全体を俯瞰する、潜水艇調査の結果と照合可能な高い解像度のデータを取得することを目的とし、昨年度より深海巡航探査機「うらしま」を用いた明神海丘の深海音響・地磁気観測を実施してきた。昨年度の2潜航に続き、今年度は3潜航（YK15-08航海、第204～206潜航）を実現し、カルデラのおよそ7割をカバーする測深データ、サイドスキャンソナーによる海底画像、深海地磁気データを取得した。本講演では、以下のような各カルデラ構成要素の特徴を述べるとともに、明神海丘カルデラの後カルデラ火山活動と鉱床胚胎の要因について議論する。

中央火口丘では、溶岩しわと小突起に覆われた複数の溶岩流が頂上から麓へ伸びている様子が確認できる。山麓部の溶岩流の表面は小突起が少なく比較的滑らかで、一様で弱い反射強度の部分もあり、薄い堆積物の被覆があることを覗かせる。このような山頂付近と山麓部との違いは、時期の異なる複数回の噴火を経て現在の中央火口丘が形成されたことを示唆する。中央火口丘の磁化強度は、山頂に局所的な高まりがあるほか、北西-南東方向へ伸びる高磁化帯が特徴的で、海底下でのマグマ貫入の方向を表していると考えられる。カルデラ壁の南東部（サンライズ鉱床）と北西部（北西鉱床）において熱水活動が確認されていることと考え合わせると興味深い。

カルデラ壁には、溶岩の噴出によると思われる、斜面方向に伸びるリッジ状の高まりが多く存在し、後カルデラ火山活動において、中央火口丘の形成だけでなく、カルデラ壁におけるマグマ噴出も起きていたことが判った。カルデラ壁内の断層の直下から噴出し流れ下ったように見えるものもあれば、断層を伴わないものもある。磁化強度は北部から西部にかけて大きく、南東部や東部では小さい。しんかい2000の潜航調査から、カルデラ壁の上部は軽石、下部は流紋岩質の溶岩や火砕岩からなることが判っているが、我々の調査範囲はいずれもほぼ後者の部分にあたり、磁化強度の違いは地質では説明されない。北～西部の高磁化のソースは今のところ不明であるが、音波探査で存在が示唆されている外輪山内の貫入岩体の可能性もある。

カルデラ底は主に北西部と東部に広がる水深約1400 mの平坦面であるが、一様な弱反射の中に、規則的または不規則に並ぶ強反射のまだら模様が随所に見られた。そのうち北西部のものは、若干の地形の凹凸も伴い、また潜水艇調査により海底にマンガン晶出が確認された場所と一致する。また北部のものは強反射内に複数の小突起を伴う。

サンライズ鉱床は、南東カルデラ壁の麓に約400 m四方の範囲に広がり、主に斜面方向に伸びる3本のリッジからなる。鉱床域における磁化減少は僅かで、鉱床から深部への熱水変質帯の分布が鉛直ではなく斜めであることを示唆している。これは、サンライズ鉱床の熱水が、カルデラ底縁部に存在する環状陥没断層を流路として供給されているという考えと相容れない結果である。

太平洋プレートの沈み込みの影響を受けた南部マリアナ背弧拡大海嶺下の豊富で非対称な部分溶融
Enhanced and asymmetric melting beneath the southern Mariana back-arc spreading ridge,
influenced by the subduction of the Pacific plate

*松野 哲男¹、島 伸和²、新藤 悠²、野木 義史³、沖野 郷子⁴

*Tetsuo Matsuno¹, Nobukazu Seama², Haruka Shindo², Yoshifumi Nogi³, Kyoko Okino⁴

1.東京大学地震研究所、2.神戸大学、3.国立極地研究所、4.東京大学大気海洋研究所

1.Earthquake Research Institute, The University of Tokyo, 2.Kobe University, 3.National Institute of Polar Research, 4.Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo

南部マリアナトラフは、マリアナトラフの他の部分とは異なる特徴を持つ。例えば、低速拡大だが海嶺軸地形の高まりがある、低重力異常値を示し重力でみて地殻が厚い、海嶺軸付近の地殻の地震波速度構造にスラブ起源の水の影響が認められる、現在活動的な島弧火山は海面上にないが、海嶺軸上や軸外で採取された岩石からはスラブ起源や島弧の成分が認められる、という特徴である。これらの観測結果は、海嶺軸下での豊富な部分溶融と、海嶺軸直下に存在する沈み込んだ太平洋スラブ起源の水が背弧拡大過程に影響を与えている可能性を示唆する。南部マリアナトラフの上部マントル中の部分溶融や水の分布とマントルダイナミクスを比抵抗構造から明らかにするため、海底電磁気観測を13°N付近の海嶺を横断するおよそ120 km長の測線に沿って行った。9観測点で得られた電磁場時系列データを解析し、電磁気応答関数にみられる地形効果を補正したあと、インバージョンにより2次元比抵抗構造を推定した。得られた2次元モデルは次のような特徴を示す。1)海嶺軸下だがわずかに海溝側にずれた深さおよそ10-20 kmにある低比抵抗域、2)1)の低比抵抗域の下に非対称に広がる(古島弧側により広がる)低比抵抗域、3)海溝側の海底下にある厚さがおよそ150 km一定の高比抵抗域、4)海嶺軸から古島弧側に向かい厚くなる(最大およそ50 km)海底下の高比抵抗域、である。これらの特徴は、1)沈み込んだスラブ起源の水を含む可能性のある、海嶺軸下の部分溶融域、2)スラブの沈み込みに伴って生じる、背弧マントルの非対称で受動的な減圧融解によってできる部分溶融域、3)低温で枯渇したマントルウェッジと沈み込んだ太平洋スラブ、4)海嶺軸外に存在する温度の低下した溶け残りリソスフェアマントル、を示唆する。南部マリアナトラフの比抵抗構造は、中部マリアナトラフ18°N付近の比抵抗構造と比べて海嶺軸下に明瞭に低比抵抗域の存在を示しており、南部マリアナトラフのマントルダイナミクスや、そのテクトニクス・種々の観測結果との関係について示唆を与える。

フラクチャーゾーン、トランスフォーム断層を横切る深海地磁気調査

Deep-sea geomagnetic surveys across fracture zones and transform faults

*島 伸和¹、北川 高行¹、沖野 郷子²、藤井 昌和²、中東 和夫¹、岡本 理¹、古川 優和³、小林 拓史³、野木 義史⁴

*Nobukazu Seama¹, Takayuki Kitagawa¹, Kyoko Okino², Masakazu Fujii², Kazuo Nakahigashi¹, Osamu Okamoto¹, Yuka Furukawa³, Takumi Kobayashi³, Yoshifumi Nogi⁴

1.神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻、2.東京大学大気海洋研究所、3.神戸大学理学部惑星学科、4.国立極地研究所

1.Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University, 2.Atmosphere and Ocean Research Institute, University of Tokyo, 3.Department of Planetology, Faculty of Science, Kobe University, 4.National Institute of Polar Research

Water exists in the solid earth and affects solid earth dynamics through its circulation. Oceanic lithosphere would work as a carrier of water into the deep mantle. Our approach is the first attempt to understand the role for fracture zone and transform faults through where the water could be transported from the ocean into the oceanic lithosphere. Our targets are Nosappu fracture zone, Marie Celeste transform fault, and Argo transform fault. Nosappu fracture zone locates in the old Pacific lithosphere just before subducting into the deep mantle at the Kuril trench. Marie Celeste transform fault and Argo transform fault are boundaries of two oceanic lithospheres in Indian ocean with a large age offset. We conducted deep-sea geomagnetic field measurements together with surface geophysical surveys across the fracture zone and the transform faults during YK14-09 Yokosuka and KH-15-5 Hakuho-maru cruises. During YK14-09 cruise, we successfully conducted AUV Urashima geomagnetic surveys and surface geophysical surveys at the Nosappu fracture zone between 38°40'N and 40°40'N. We had four AUV Urashima dives across the fracture zone to obtain geomagnetic data. The length of each survey line is about 17 miles, which contain about 13 miles at the AUV depth of 3300m. The exception is one dive, which was forced to end at the middle of the survey line due to an emergency uplift of the AUV. The surface geophysical surveys allow us to collect multi-narrow beam bathymetry and geomagnetic field data, which cover total 1,200 miles in the AUV Urashima dive area. The surface geophysical surveys contain 17 survey lines across the fracture zone with their length of 40 miles for most, and survey lines along the fracture zone cover 110 miles at each side of the fracture zone. During KH-15-5 cruise, we successfully conducted two deep-tow magnetic surveys together with surface geophysical surveys across Marie Celeste transform fault at 65°15'E and Argo transform fault at 66°07'E. We used our deep-sea geomagnetic field measurement system which consists of a depth meter, a proton precession magnetometer, and flux-gate type magnetometers. The length of each survey line is about 25 miles. The intensity of the geomagnetic field at sea surface and at deep-sea with even height from the seafloor (2500 - 4000 m depth) were obtained. The geomagnetic anomaly field at deep-sea shows 2 - 3 times bigger amplitude and also has shorter wave length anomaly than those at sea surface. Our results from Nosappu fracture zone provide magnetization signature beneath the fracture zone. The magnetic boundary in the fracture zone is not a single boundary as predicted by a simple plate boundary model, but two magnetic boundaries parallel to Nosappu fracture zone are identified by the deep-sea vector geomagnetic anomaly field and by seafloor magnetization solution calculated from the surface geomagnetic anomaly field. We will discuss on magnetic property beneath fracture zones and transform faults as a result of reaction with water.

キーワード：フラクチャーゾーン、トランスフォーム断層、深海地磁気調査
Keywords: fracture zone, transform fault, Deep-sea geomagnetic survey

モホ付近における高温熱水活動：北部オマンオフィオライトWadi FizhにおけるDiopsideとAnorthosite

High-temperature hydrothermal activities around Moho: diopsidites and anorthosites in Wadi Fizh, northern Oman ophiolite

*秋澤 紀克¹、田村 明弘¹、山本 順司²、水上 知行¹、福士 圭介³、Python Marie⁴、荒井 章司¹

*Norikatsu Akizawa¹, Akihiro Tamura¹, Junji Yamamoto², Tomoyuki Mizukami¹, Keisuke Fukushi³, Marie Python⁴, Shoji Arai¹

1.金沢大学 理工研究域、2.北海道大学 総合博物館、3.金沢大学 環日本海域環境研究センター、4.北海道大学 地球惑星科学部門

1.College of Science and Engineering, Kanazawa University, 2.Museum Slavic-Eurasian Research Center, Hokkaido University, 3.Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa University, 4.Department of Natural History Science, Hokkaido University

Reaction products between hydrothermal fluids and uppermost mantle harzburgite-lowermost crustal gabbro have been reported along Wadi Fizh, northern Oman ophiolite. They are named mantle diopside or crustal diopside. They construct network-like dike crosscutting structures of surrounding harzburgite or gabbro. The mantle diopside is mainly composed of diopside clinopyroxene, whereas the crustal diopside is of diopside clinopyroxene and anorthitic plagioclase. Here, we report new reaction product, crustal anorthosite, collected in the lowermost crustal section. It is always placed in the center of the crustal diopside network. It mainly consists of anorthitic plagioclase with minor titanite and chromian minerals as chromite and uvarovitic garnet.

Aqueous fluid inclusions trapped in negative crystal are evenly distributed in the crustal anorthosite. Some of them include angular-shaped or rounded daughter minerals as calcite or calcite-anhydrite composite, which were identified by Raman spectroscopic analyses. We estimated their captured temperature at 530°C at least by conducting microthermometric analyses of the fluid inclusions by Heating-cooling stage. Furthermore, we examined their chemical characteristics by direct laser-shot sampling method operated by laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometer (LA-ICP-MS). The results indicate that the trapped aqueous fluids contain an appreciable amount of Na, but no K.

Hydrothermal fluids involved in the crustal anorthosite formation transported hydrothermally immobile Cr, which was probably provided from chromite seam in the uppermost mantle section to precipitate chromites and uvarovitic garnet in the lowermost crustal section. Cr got soluble by forming complexes with anions as SO_4^{2-} , CO_3^{2-} and Cl^- . In addition, these hydrothermal fluids transported Fe, Mg, Ti and rare-earth elements. Our temperature estimation for the crustal anorthosite formation requires rather lower temperatures (530-600°C) with considering microthermometric results and mineral equilibria, thus later circumstance than the mantle diopside and crustal diopside formation. Therefore, a series of high-temperature hydrothermal events had been significantly contributing to the chemical flux occurring around the boundary between the mantle and crustal sections.

キーワード：熱水循環、中央海嶺、化学フラックス

Keywords: Hydrothermal circulation, Mid-ocean ridge, Chemical flux

伊豆-小笠原弧，アクティブリフトの玄武岩マグマとマントル不均質-スミスリフトから採取された玄武岩の岩石学的研究-

Two types of basalts erupted in Active rift, Izu-Bonin arc, Japan

*平井 康裕¹、岡村 聡¹、坂本 泉²、新城 竜一³、和田 恵治⁴、吉田 尊智⁵

*Yasuhiro Hirai¹, Satoshi Okamura¹, Izumi Sakamoto², Ryuichi Shinjo³, Keiji Wada⁴, Takanori Yoshida⁵

1.北海道教育大学大学札幌校、2.東海大学、3.琉球大学、4.北海道教育大学旭川校、5.北海道仁木町立仁木中学校

1.Hokkaido Education University, Sapporo, 2.Tokai University, 3.University of the Ryukyus, 4.Hokkaido Education University, Asahikawa, 5.Niki Junior High School, Hokkaido

1. はじめに

伊豆-小笠原弧の第四紀火成活動は、火山フロントとその背弧に存在するアクティブリフトに集中する。アクティブリフトの玄武岩は、背弧海盆玄武岩の特徴を示し、火山フロントとは明瞭に異なる（例えば Hochstaedter et al., 1990）。アクティブリフトは背弧海盆形成の初期段階を示しており、その火成活動の特徴を明らかにすることは、背弧海盆形成の原因と進化過程を解明する上で重要である。筆者らは、アクティブリフト玄武岩の例として、スミスリフトのドレッジ調査によって得られた玄武岩には、2つのタイプが存在することを明らかにした（平井ほか, 2015）。すなわち、 K_2O , Na_2O , Y, Zr, Niに富むHigh-Zrタイプ玄武岩と、それらに乏しいLow-Zrタイプ玄武岩である。さらに、同地域のODP掘削で採取された基盤玄武岩類（Gill et al., 1992）と、ドレッジ・潜水艇で採取された表層玄武岩（Ikeda and Yuasa, 1989; Fryer et al., 1990; Hochstaedter et al., 1990）と比較し、同様な両タイプ玄武岩が存在することを明らかにした。本発表では、両タイプ玄武岩について、希土類元素を含む微量元素組成, Sr, Nd, Hf同位体組成などから、初生マグマの見積もりや起源物質の推定を試みた。

2. 結果と考察

N-MORBで規格化したスパイダー図において、High-ZrタイプはLow-Zrタイプに比べて、LILE元素に富む左上がりのパターンを示し、ZrとHfの負異常はLow-Zrタイプにのみ見られる。High-Zrタイプは、高Nb/Yb, Ce/Yb, Zr/Ybを示すが、Ba/Thは低い。Nd同位体組成は、両タイプに違いはないが、Sr同位体組成は、High-ZrタイプからLow-Zrタイプにむかって高くなる傾向がある。Hf同位体組成（ $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ ）は、High-ZrタイプはLow-Zrタイプより低い傾向がある。火山フロントに位置するスミスカルデラ玄武岩は、高いHf同位体組成を示しLow-Zrタイプに類似する。

両タイプ玄武岩のかんらん石斑晶は、いずれも類似の最大Foを有するが（Fo 83-85）、High-Zrタイプの方が高いNiO含有量を有し、全岩化学組成が示すNiO含有量の違いと対応している。Tamura et al. (2000, 2007)の手法を用い、マントルかんらん岩と平衡可能なかんらん石および初生マグマ組成を計算すると、High-ZrタイプはFo = 89.6, Low-ZrタイプはFo = 92.3と推定された。初生マグマ組成を、Walker et al. (1979)のPl -Qtz図にプロットして推定したマグマ分離深度は、High-Zrタイプの方がLow-Zrタイプよりも低圧となった（High-Zr: 1 -2 GPa; Low-Zr: 2 -3 GPa）。同様な方法で表層玄武岩と基盤玄武岩類の両タイプ初生マグマを計算しプロットすると、High-Zrタイプがより低圧であり、筆者らの試料から得られた結果と一致した。

以上の岩石学的特徴を総合すると、両タイプの玄武岩は、同一起源マントルからの部分溶融の違いでは説明が困難である。さらに、スラブ由来成分（例えば堆積物メルト）の付加の違いでも説明することはできない。したがって、これらは異なる起源マントルに起因し、両タイプマグマの発生深度の違いから、アクティブリフトにおいてはより深部にLow-Zrタイプ、浅部にHigh-Zrタイプマグマをもたらすマントル不均質が存在する可能性がある。両タイプ玄武岩を他の伊豆-小笠原弧の背弧海盆玄武岩と比較すると、Low-Zrタイプは西フィリピン海盆玄武岩（51-34 Ma; Ishizuka et al., 2013）に、High-Zrタイプは四国海盆玄武岩（27-15 Ma; Okino et al., 1999）に類似することから、起源マントルの不均質は、伊豆-小笠原弧の進化過程と密接に関わっていた可能性がある。

本発表では、スミスリフトの近隣に位置する青ヶ島及び明神リフト玄武岩についても比較検討する。

キーワード：伊豆-小笠原弧、アクティブリフト、背弧海盆玄武岩、マントル不均質

Keywords: Izu-Bonin arc, Active rift, Back-arc basin basalts, Mantle heterogeneity

SEM-EDSを用いたマッピング分析で解析する四国海盆北部IODP EXP333 C0012基盤岩のアルカリ元素濃集作用

Researching of alkali-element enrichment using the SEM-EDS mapping analyses of BABB at the site C0012, IODP EXP 333 in the northern Shikoku Basin

*原口 悟¹、藤永 公一郎^{2,3}、中村 謙太郎³、山口 飛鳥⁴、石井 輝秋⁵

*Satoru Haraguchi¹, Koichiro Fujinaga^{2,3}, Kentaro Nakamura³, Asuka Yamaguchi⁴, Teruaki Ishii⁵

1.海洋研究開発機構、2.千葉工業大学、3.東京大学大学院工学系研究科、4.東京大学大気海洋研究所、5.深田地質研究所

1.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2.Chiba Institute of Technology, 3.Faculty of Engineering, University of Tokyo, 4.Atmosphere and Ocean Research Institute, 5.Fukada Geological Institute

四国海盆は現伊豆小笠原弧の背後に位置する背弧海盆で、25Ma頃より拡大を開始し、15Ma頃に拡大が終了したと考えられている(e.g. Okino et al., 1994, 1999)。同地域の背弧海盆玄武岩(BABB)は国際海洋掘削計画(Deep Sea Drilling Project: DSDP)第58節Site 442~444等で採取されているが、これらのうち、IODP Exp333 C0012点で採取されたBABBはアルカリ元素の特異な濃集を示す。原口他(2015年火山学会秋季大会)等で、XRDを用いた二次鉱物相の同定を行い、アルカリ元素のホスト相を同定、変質作用を考察したが、本研究では、さらにSEM-EDSを用いて薄片のマッピング分析を行い、アルカリ元素の分布からさらに二次鉱物相の同定を行った。C0012点のBABBは、全岩SiO₂量が47~55 wt%、MgO量が5~8 wt%の範囲、アルカリ元素はNa₂Oが2.3~7.5 wt%、K₂Oが0.4~4.2 wt%と他の四国海盆BABBより高濃度に広い組成範囲を示し、Na₂O+K₂Oは他のBABBと比べ、SiO₂量に対して一様に2%程度高濃度のトレンドを示すのが特徴である。XRDにより、Na₂Oが4wt%を超える岩石に方沸石が認められ、また、多くのサンプルにトムソン沸石が認められた。一方、Kに富む岩石にはカリ長石が認められた。XRDによる鉱物同定の弱点として、長石はパターンが類似しているため、K, Na, Caの端成分の同定が困難なことが挙げられる。特にアルバイトと斜長石は固溶体をなしており、X線回折パターンも類似している。このため、長石の組成を解析するため、薄片のマッピング分析を行い、元素の濃集領域を観察して、個々の鉱物単位での鉱物相の同定を試みた。

マッピング分析の結果、長石はNaおよびKの強度が高く、Caの強度がきわめて低くなっていることが確認された。このため、斜長石はアルバイトおよびカリ長石に置換していると考えられる。Naの高いサンプルでは、置換鉱物はほとんどがアルバイトであるが、Kの高いサンプルは結晶の縁および割れ目に沿ったと考えられるKの高い領域が認められた。この部分はカリ長石と考えられ、XRDによるカリ長石の同定と調和する。この観察結果から、アルカリ元素の主要な濃集作用はアルバイト化作用と解釈される。アルバイト化作用は100°C以上の高温で起こり(e.g. Alt et al., 1986)、より高温ではアルバイト、低温ではカリ長石化が起こるとされている。この温度は、沸石の組み合わせとも調和する(e.g. Miyashiro and Shido 1970)。

また、Naの濃集が顕著な領域は、基盤の破碎が卓越することと、沸石の沈殿が顕著なことから、変質時の水/岩石比が高く、熱水の流路になっていたと考えられる。そして、熱水の流路となった領域では高温となり、流路から離れた領域が低温になって、アルバイト化作用の変化を起こしたと考えられる。

C0012点での変質作用は、全体としてアルバイト-カリ長石化の遷移域の温度下で起こり、熱水の流路となった所ではより高温、流路から離れたところでは低温だったと考えられる。この環境下で、C0012点基盤岩は沸石相の変質作用を受けるとともに、熱水活動により斜長石がアルカリ長石に置換し、アルカリ元素の濃集を起こしたと解釈される。

キーワード：背弧海盆玄武岩、熱水活動、アルバイト化作用、マッピング分析

Keywords: backarc basin basalts, hydrothermal activity, albitization, mapping analyses

ナタルバレー及びモザンビークリッジ周辺海域での Gondwana 初期分裂過程

Initial break-up process of Gondwana around the Natal Valley and the Mozambique Ridge, off South Africa.

*羽入 朋子¹、野木 義史²、Jokat Wilfried³

*Tomoko Hanyu¹, Yoshifumi Nogi², Wilfried Jokat³

1.総合研究大学院大学、2.国立極地研究所、3.アルフレッド・ウェゲナー極地海洋研究所

1.Graduate University for Advanced Studies, 2.National Institute of Polar Research, 3.Alfred Wegener Institute

The Natal Valley and the Mozambique Ridge are considered to be formed during the initial break-up stage of Gondwana, however the detailed opening process is not well defined because of the poor geophysical survey data set in this region. To understand the crustal nature and history of the Natal Valley and the Mozambique Ridge, vector magnetic data are obtained during R/V Pelagia cruise 2009. Vector magnetic anomalies and magnetic boundary strikes are calculated from vector magnetic data. The total magnetic anomalies around this region are compiled by using those calculated by vector magnetic anomalies and marine magnetic anomalies from National Geophysical Data Center (NGDC) as well as the EMAG2 digital magnetic anomaly data set. Intensity of the crustal magnetization is deduced from the total magnetic anomalies incorporated with ETOPO1 topography data and offshore global sedimentation model. 2D magnetic block models are also estimated along some of the magnetic anomaly profiles. Moreover, crustal thickness is estimated from satellite derived gravity anomalies using with ETOPO1 topography and offshore global sedimentation model.

It is unlikely that the total magnetic anomalies in the northern Natal Valley (NNV) indicate the magnetic lineations proposed by previous studies. Low intensity of crustal magnetization similar to that of adjacent African continental area is observed on the area of the thick crust (about 14km) that is predominant in the NNV. The thick crust (about 14km) with the low intensity of magnetization most likely shows stretched continental crust. Areas of high intensity of crustal magnetization (more than +3A/m) with thin crust (about 12km) would represent the basaltic crust, and account for about 30% in the NNV. Magnetic boundary strikes obtained in the NNV most likely indicate the boundaries between basaltic intrusion and the stretched continental crust. The basaltic intrusion might be related to Karoo volcanism. In the southern part of the southern Natal Valley (S-SNV), NW-SE magnetic boundary strikes along the total magnetic anomaly profiles show the magnetic isochrones M10-M0 proposed by previous studies. Several fracture zones are suggested from the magnetic boundary strikes and intensity of crustal magnetization along observation lines. In the northern part of the southern Natal Valley (N-SNV), low intensity of crustal magnetization with the 9-11km crustal thickness are observed and these imply the stretched continental crust similar to the stretched continental crust area of the NNV. The N-SNV most likely shows the edge of the stretched continental crust, and seafloor spreading in the S-SNV started at the time of M10. In the northern part of the Mozambique Ridge (N-MOZR), features of intensity of crustal magnetization and crustal thickness are also similar to those in the NNV, suggesting the same formation process of the NNV. In contrast, high intensity of crustal magnetization is dominated in the southern part of the Mozambique Ridge (S-MOZR). The magnetic boundary strikes show the clear NW-SE trend however the magnetic anomaly pattern is not clear and crustal thickness is thicker more than 11km. High intensity of crustal magnetization and thick crust probably indicates that the S-MOZR was formed with excessive volcanism such as hotspot. NW-SE trend of magnetic boundary strikes may represent the trend of the spreading ridge. These results suggest that there is continental ocean boundary between the N-MOZR and the S-MOZR.

We will present the crustal features deduced from magnetic anomalies and gravity anomalies in the Natal Valley and the Mozambique Ridge, and discuss about the initial break-up process of Gondwana in this region.

キーワード：地磁気3成分、ゴンドワナ分裂、ナタルバレー、モザンビークリッジ

Keywords: vector magnetic anomalies, break-up of Gondwana, Natal Valley, Mozambique Ridge

インド洋口ドリゲス三重会合点かいいい熱水域における地震活動: その2

Seismicity at the Kairei Hydrothermal Vent Field Near the Rodriguez Triple Junction in the Indian Ocean: Part 2

*森 大湧¹、佐藤 利典¹、高田 裕能¹、今井 裕輝²、野口 ゆい¹、河野 昭博¹、山田 知朗³、篠原 雅尚³

*Taiyu Mori¹, Toshinori Sato¹, Hiroyoshi Takata¹, Yuki Imai², Yui Noguchi¹, Akihiro Kono¹, Tomoaki Yamada³, Masanao Shinohara³

1.千葉大学大学院理学研究科、2.千葉大学理学部、3.東京大学地震研究所

1.Graduate School of Science, Chiba University, 2.Faculty of Science, Chiba University,

3.Earthquake Research Institute, University of Tokyo

1. はじめに

インド洋口ドリゲス三重会合点の北側、中央インド洋海嶺の第1セグメント東側には、かいいい熱水域があり、水素を多量に含む熱水が噴出している。この熱水域周辺の海底面で、蛇紋岩や斑レイ岩、かんらん岩などの岩石が採取されている。本来深部にあるはずのこれらの岩石が浅いところにあるので、熱水に水素が豊富に含まれると考えられている。また、この熱水域には、水素を活動源にする生物が生息している。「海底下の大河」プロジェクト（海底下での熱水循環に関わる生物・地学的現象の解明研究）では、この地域を「水素の大河」と呼んでいる。かいいい熱水域において、深部岩石がどう分布しているのか、また、熱水循環がどうなっているのかを調べるために、海底地震計の用いた地震活動と地殻構造の調査を行った。

2015年連合大会では、約50日間の観測で5000個以上の微小地震を求め、かいいい熱水域の北西1-3kmのところに群発地震があり、深さ約8kmまでのところで起きていて、そのメカニズムは正断層型であったことや、海嶺軸での群発地震の分布は、熱水域のものとは深いことなどを報告した。

今回は、より詳しく震源分布を見るために、震源の相対位置がよく求まるHypoDDプログラム (Waldhauser, 2001) 用いて震源再決定を行った。

2. 観測・解析概要

2013年1月27日から3月19日にかけて海洋研究開発機構、観測調査船「よこすか」を用いて自然地震観測を行った (YK13-01航海、YK13-03航海)。使用した海底地震計は全部で21台である。

震源決定は、HypoDDプログラム (Waldhauser, 2001) 用いて行った。使用した構造は、高田 他 (2015) の3次元速度構造から、地震が集中している地域の代表的な速度を1次元速度構造にして用いた。

3. 結果

かいいい熱水域の群発地震は、深さ約4-7kmまでのところに集中していて、そのメカニズムは正断層型であった。海嶺軸部の群発地震は、深さ約6-8kmのところに集中している。その分布は上下に2つに分かれていて、両者ともに西に60°~70°傾斜している。そのメカニズムは正断層型である。

現在、より詳細な3次元的速度構造を求めるために、TomoDD (Zhang and Thurber, 2003) を用いて震源分布と速度構造の同時決定を試みている。

謝辞

観測に関して、海洋研究開発機構の観測調査船「よこすか」の船長と乗組員の方々の協力を頂きました。本研究は科研費新学術領域20109002の助成を受けて行われました。

キーワード：海底下の大河、熱水地域、地震活動

Keywords: TAIGA Project, hydrothermal area, seismicity

KH-15-5 白鳳丸研究航海速報：長大トランスフォーム断層と海嶺活動 CIR13°-18°S

Preliminary report of KH-15-5 R/V Hakuho-maru cruise: Long-offset transform and ridge processes along the Central Indian Ridge 13-18°S

*沖野 郷子¹、島 伸和²、砂村 倫成³、町田 嗣樹⁴、KH-15-5 研究者

*Kyoko Okino¹, Nobukazu Seama², Michinari Sunamura³, Shiki Machida⁴, KH-15-5 scientific team

1.東京大学大気海洋研究所、2.神戸大学、3.東京大学、4.海洋研究開発機構

1.Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2.Kobe University, 3.The University of Tokyo, 4.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC)

KH-15-5 R/V Hakuho-maru cruise was conducted from 17th to 26th, January, 2016 along the Central Indian Ridge 13°-18°S. The objective of this cruise is to elucidate the contribution of long oceanic transform faults to global water flux and to explore the magmatic and hydrothermal activities along the ridge north of 18°45'S. During the cruise, we conducted geophysical mapping, deep-tow magnetic survey, rock samplings and CTD hydrocasts along the Marie Celeste transform fault, Argo transform fault and northern part of Seg-18 of the Central Indian Ridge under the collaboration with Mauritius Oceanographic Institute and Korean Institute of Ocean Science and Technology. The principal results of the cruise are summarized as follows.

1. Two deep-tow magnetic profiles across two active transform faults are done. A proton magnetometer and two three-component magnetometers were attached to the system. We succeeded to recover the variation of total magnetic field intensity along ~45km profiles.
2. Along the Marie Celeste transform fault, we conducted 3 dredge hauls and 3 CTD hydrocasts. We recovered various kinds of rocks constituting oceanic crust, gabbroic lower crust to basaltic lava. CTD profiles and water sampling were successfully done from 5000m water depth, mainly for deep-sea microbiological studies. A turbidity meter attached to the dredge wire detected anomaly near the bottom on the median ridge.
3. Along the northern part of the CIR-Seg18, we conducted 6 dredge hauls. Two sites are located at the neo-volcanic zone within ridge axial valley, where we recovered very fresh lava. Three sites are designed to collect samples from off-axis area and slightly altered basalt samples are recovered. Last dredge haul was done at the lower part of an oceanic core complex, where an altered gabbro was recovered.
4. Four CTD hydrocasts were done along the ridge axis of Seg-18. We detected turbidity and transmissometer anomalies, indicating the hydrothermal activity.

キーワード：中央海嶺プロセス、トランスフォーム断層、熱水活動、海洋性地殻

Keywords: mid-ocean ridge process, transform fault, hydrothermal activity, oceanic crust

西フィリピン海盆の拡大史に関する再考察

Re-estimation of the evolution history of the West Philippine Basin

*松本 剛¹*Takeshi Matsumoto¹

1. 琉球大学理学部

1. Faculty of Science, University of the Ryukyus

西フィリピン海盆 (WPB) はフィリピン海プレートの西端部に位置し、その拡大はCentral Basin Spreading Centre (CBSC) から始まり、33Ma頃停止したとされている (Karig, 1975, Seno and Maruyama, 1984, Hilde and Lee, 1984など)。最近報告されたIshizuka et al. (2013)では、ODPサイトの岩石試料をもとにした年代からも、この拡大史が検証されている。一方、WPBの北西部にはガグア海嶺 (Gagua Ridge, GR)、ルソン・沖縄断裂帯 (Luzon-Okinawa Fracture Zone, LOFZ) が位置する。この周辺の拡大史が不詳であったが、Doo et al. (2015)により、この海域での近年の海洋地球物理学調査に基づく地磁気異常値をもとにした海底の年代がまとめられ、GRとLOFZとの間の海盆が53-41Maの間拡大し、その後GRの西側の海盆、すなわちHuatung Basin(HB)と台湾の間の海域が拡大を開始して、33Ma頃まで拡大していたと云う結果が得られている。すなわち、後者は前者を挟んで、CBSCでの拡大とほぼ同時期に拡大していたことになる。しかしながら、CBSCの北端の位置から見て、CBSCでの拡大は、ホットスポット性の火山活動により形成された (Ishizuka et al. 2013) とされるBenham Rise(BR)及びUrdaneta Plateau(UP)の南側の海域は明らかではあるものの、WPBの北縁に当たる南西諸島海域との間、LOFZの東側の領域での拡大に時期については明らかにされておらず、CBSCの拡大が停止した時期以降も拡大していた可能性もある。そこで本研究では、これまでのこの海域での近年の地球物理探査航海のデータを見直し、この海域を含むWPB全体の拡大史の再考察を試みた。使用したデータは、海洋研究開発機構 (JAMSTEC) のによる、「かいいい」KR03-04、KR04-14航海、「みらい」MR11-01航海、海上保安庁海洋情報部による水路測量HT97航海による地磁気データ (全磁力異常、一部、三成分磁力計による測定をもとにした全磁力異常計算値を含む) である。結果として、この海域の海底は北東に向かう程年代が古くなり、その年代は23~30Maと見積もることができた。このことは、海底での採取試料の年代決定値 (新城, 私信) とほぼ一致している。すなわち、CBSCでの拡大が停止して、新たに東側に隣接する四国海盆・パレスベラ海盆の拡大が開始した当時、WPBの北端部でも新たなマグマ活動が生起し、拡大軸が転移したものと推定できる。しかしながら、この海域で拡大が停止した時期については、隣接するマニラ海溝への沈み込みもあり、推定することは難しい。

キーワード：西フィリピン海盆、地磁気異常

Keywords: West Philippine Basin, Geomagnetic anomaly

Seismic structure of continental rift and off-axis volcanism in the Okinawa trough back-arc basin

Seismic structure of continental rift and off-axis volcanism in the Okinawa trough back-arc basin

*新井 隆太¹、高橋 努¹、小平 秀一¹、海宝 由佳¹、三浦 誠一¹、金田 義行²

*Ryuta Arai¹, Tsutomu Takahashi¹, Shuichi Kodaira¹, Yuka Kaiho¹, Seiichi Miura¹, Yoshiyuki Kaneda²

1.海洋研究開発機構、2.名古屋大学

1.Japan Agency Marine-Earth Science and Technology, 2.Nagoya University

Back-arc basins are a primary target to understand lithospheric evolution in extension associated with plate subduction. Most of the currently active back-arc basins host well-developed spreading centers where active seafloor spreading and creation of the oceanic crust have already occurred. However, rift structure at its initial stage, a key to understand how the continental lithosphere starts to break in a back-arc setting, is poorly documented. The Nansei-Shoto subduction zone forms a trench-arc-back-arc system from Kyushu, SW Japan, to Taiwan and provides a superb site for studying the interaction between the plate subduction and the rifting process in a continental back-arc basin. Behind this ~1,200-km-long subduction zone, the Okinawa trough forms an active continental rift zone along the southeastern end of the Eurasian plate. Although the total length of extension is estimated no more than 80 km (Sibuet et al., 1995), its rifting style is significantly variable along the trough: The northern and middle Okinawa trough is characterized by shallow bathymetry (< 1000 m) and has a wide (up to 230 km) basin structure. In the southern Okinawa trough, on the other hand, the maximum seafloor depth exceeds 2,000 m and a relatively narrow (60-100 km wide) topographic depression is formed along left-stepping en echelon rift axes. Early seismic studies suggest that crustal separation and active seafloor spreading has occurred in the central and southern Okinawa trough, whereas recent studies reveal that there exists over-15-km-thick crust beneath the rift axes even in the southern part where the deepest seafloor occurs, indicating that the whole part of the Okinawa trough is still at a stage of continental rifting (Hirata et al., 1990; Sibuet et al., 1998). Yet the fault system accommodating the crustal extension and its along-trough variation are little documented. The Okinawa trough is also known for active hydrothermal system discharging high temperature fluids, implying that the crustal rifting enhances the transfer of high-temperature magmatic bodies from the deep mantle up to near the seafloor. However, the relative roles of magmatic input and tectonic stretching in controlling the whole rifting system remain poorly understood.

Toward understanding the tectonic and volcanic processes associated with the continental back-arc rifting, JAMSTEC has been carrying out active-source seismic experiments in the Okinawa Trough. Multichannel seismic (MCS) reflection data and OBS refraction data were collected in the southern Okinawa trough (24-26°N) in 2013 and in the northern Okinawa trough (29-30°N) in 2015. Based on the data set, we present structural models of the Okinawa trough. The MCS reflection data in the southern part show an almost symmetric rift system across the rift axis: Within the basin the sedimentary layers are highly cut by inward-dipping normal faults. Just beneath the rift axis a narrow intrusive structure is imaged, but a stable magma chamber is not observed on axis. Instead, a possible melt lens is found ~10 km horizontally away from the rift axis towards the arc. The rift structure over the possible magmatic body is disturbed, suggesting the off-axis volcanism is young or probably still active. Associated with the rifting process, the crust thins significantly from the original thickness of ~25 km and the thinnest crust of ~10 km occurs just beneath the rift axis. We interpret that the southern part of the Okinawa trough is at a transitional stage from

continental rifting to seafloor spreading. The northern part of the Okinawa Trough, on the other hand, exhibits much wider deformed zone. This structural variation may be influenced by the southward increase in rifting rate along the Okinawa trough from ~2 cm/yr to ~5 cm/yr (Argus et al., 2011).

キーワード : Continental rift, back-arc, active-source study

Keywords: Continental rift, back-arc, active-source study

南部沖縄トラフ大正堆付近の海底地形と地殻構造

Bathymetry and crustal structure of Taisho Bank and its vicinity in the southern Okinawa Trough

*橋本 崇史¹、堀内 大嗣¹、及川 光弘¹、小原 泰彦¹、西澤 あずさ¹

*Takafumi Hashimoto¹, Daishi Horiuchi¹, Mitsuhiro Oikawa¹, Yasuhiko OHARA¹, Azusa Nishizawa¹

1. 海上保安庁海洋情報部

1. Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard

沖縄トラフでは、大陸地殻におけるリフティングが進行中であると考えられており、地磁気異常や地震探査の結果からリフティングの開始時期やテクトニクスについてこれまで複数の研究が行われている。海底地形や海底地殻構造の情報は、沖縄トラフのテクトニクスを考察する上で重要な情報となる。海上保安庁では、2010年に、南部沖縄トラフ、特に大正堆付近の海域においてマルチビーム音響測深機による詳細な海底地形調査及びマルチチャンネル反射法探査を実施した。本研究では、大正堆およびその周辺の海底地形と反射法地震探査記録を解析し、大正堆の成因について考察を行った。

海底地形調査からは以下のことがわかった。大正堆の頂部は水深250 mであり、底部の水深は1800 mである。南部に向かって頂点を持つ二等辺三角形のような形状を示し、大陸棚に接している長辺は約55 km、短辺は約40 kmである。大正堆の頂部は、沖縄トラフのリフト軸と平行する走向の正断層がみられる。また、大正堆の南東側にもリフト軸に平行な走向の正断層が複数みられる。また、大正堆と東海陸棚の間は、西側ほど狭く浅く、東側ほど広く深くなる。大正堆の西側には、幅約65 kmの大正海底扇状地が形成されている。大正海底扇状地には、南北方向に伸びる二本の堆積物供給流路がみられる。現在、主な堆積物の供給流路としては、東海陸棚から延びる海底谷に接続する西側の供給流路と考えられる。東側の堆積物供給流路は、比高100 m程の堤防が発達している。

海底地殻構造調査は、東海陸棚から沖縄トラフ底までの地震探査測線 (ECr16) の解析および海底地殻構造の解釈を行った。過去の研究では、南部沖縄トラフにおいては、東海陸棚から陸棚斜面にかけて鮮新世堆積物である島尻層群 (木村, 1990, 地質学論集) や前期更新性堆積物 (Park et al., 1998, Tectonophysics) が堆積しているとされてきた。本研究では、大正堆上から石灰岩がサンプリングされていること (大島ほか, 1989, 水路部技報) と地層の連続性から、東海陸棚から陸棚斜面にかけて厚く堆積している層は琉球層群直下の前期更新世堆積物解釈した。また、大正堆と東海陸棚の間の落ち込んだ地形は、層厚が大陸棚に向かって薄くなるハーフグラベンであり、大正堆は東海陸棚端で局所的なリフトが発生し、それが西方へ伝播することで形成されたものであると解釈した。反射法地震探査記録の解析から、層厚の側方変化が大きな層であると考えられるため、大正堆はこの層が堆積し始めたとされる1.6Ma以降に形成されたと推察される。

キーワード：沖縄トラフ、リフティング、海底地形調査、反射法地震探査

Keywords: Okinawa Trough, Rifting, Bathymetric survey, Multi-channel seismic reflection survey

奄美大島西方沖の中部沖縄トラフにおける断層地形の分布と特徴

Spatial distribution of faults and their features in the middle Okinawa Trough on the western offshore region of Amami Oshima island.

*堀内 大嗣¹、西澤 あずさ¹、小原 泰彦¹、及川 光弘¹、橋本 崇史¹、岡田 千明¹

*Daishi Horiuchi¹, Azusa Nishizawa¹, Yasuhiko OHARA¹, Mitsuhiro Oikawa¹, Takafumi Hashimoto¹, Chiaki Okada¹

1.海上保安庁海洋情報部

1.Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard

南西諸島海溝の沈み込みに伴い形成された沖縄トラフは、現在も伸長を続けている活動的な背弧海盆である。沖縄トラフには伸長に伴い形成されたとみられる正断層が分布している。木村ほか1999は沖縄トラフ海域におけるマルチチャンネル反射法地震探査(MCS)の結果から、北部・中部の沖縄トラフ内では北東—南西方向の走向の断層が顕著であることを示したが、MCSの測線の間隔および測線方向の制約上、発見・追跡ができていない断層が多数ある可能性があるとも述べている。

海上保安庁は沖縄トラフを含む東シナ海において、海洋の基盤情報整備のため海底地形調査および地殻構造調査を実施している。平成20年以降はKongsberg社製EMシリーズのマルチビーム音響測深機を導入し、より詳細な海底地形調査を得られるようになった。これまでに奄美大島西方沖、北緯29°付近の中部沖縄トラフ海域において、トラフ内をほぼフルカバーする詳細な海底地形データを得た。同海域において平成22年に実施した、トラフを横断する構造調査測線ECr9のマルチチャンネル反射法地震探査(MCS)の結果と海底地形データに基づき、奄美大島西方沖の中部沖縄トラフにおける断層地形の読み取りを行った。

研究対象海域の海底には多数の正断層とみられる線状構造があり、それらの走向は約N60°Eが卓越する。これらの断層の海底面における垂直変位量は、小さいもので数メートル、大きいものでは約60メートルにおよぶ。トラフの北西側斜面では南東落ちの階段状断層が卓越し、南東側のトラフ内部では北西落ちの階段状断層が卓越する。この階段状断層の中心軸はトラフ中央の凹地よりも北西側にずれた位置にあり、雁行状に配列している。

本海域よりも南側の沖縄トラフでは、トラフの中央に階段状断層の中心軸として明確な地溝が存在しており、それがリフトの中心軸でもあるとされている。しかし本海域以北の沖縄トラフでは海底地形には明確な地溝は確認できず、リフトの中心軸は特定されていない。本海域は明確な中心軸が存在しないdiffuseなリフト構造をしており、今回明らかになった階段状断層の中心軸は複数存在するリフト軸の一つである可能性が挙げられる。

キーワード：沖縄トラフ、断層地形、正断層

Keywords: Okinawa Trough, fault topography, normal fault

沖縄トラフ海底熱水域における熱水性カオリン鉱物の産状と形成

Occurrence and formation process of kaolin minerals in seafloor hydrothermal fields in the Okinawa Trough

堤 彩紀¹、*石橋 純一郎¹、野崎 達生²、高谷 雄太郎³

Saki Tsutsumi¹, *Jun-ichiro Ishibashi¹, Tatsuo Nozaki², Yutaro Takaya³

1.九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻、2.海洋研究開発機構海底資源研究開発センター、3.早稲田大学創造理工学部環境資源工学科

1.Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Kyushu University, 2.Research and Development (R&D) Center for Submarine Resources, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), 3.Department of Resources and Environmental Engineering School of Creative Science and Engineering, Waseda University

<はじめに>

沖縄トラフの熱水域は海底が厚い堆積物に覆われており、熱水や海水との反応によって形成された粘土鉱物がしばしば観察される。粘土鉱物を対象にした過去の研究に、酸性変質鉱物であるカオリン鉱物が存在する深度での重金属元素の濃集が報告されている。本研究では、海底掘削で得られた堆積物に見られたカオリン鉱物を対象として、産状観察を詳細に行い、そこで起こっている化学反応についての考察を行った。

<試料と分析>

研究に使用した試料は、沖縄トラフ伊平屋北海丘の海底熱水域で掘削により採取された堆積物試料である。アキサイトのSite C9016B (27°46.6' N, 126°54.6' E, depth = 1124 m)で海底面から海底下140mまでの堆積物試料、オリジナルサイトのSite BMS I-4 (27°47.4' N, 126°53.9' E, depth = 1048 m)で海底下4 mまでの堆積物試料を用いた。粉末にした試料およびそこから水ひにより粘土鉱物を集めた試料についてX線回折法(XRD)による鉱物同定を行い、また乾燥させた堆積物について電界放出形走査型電子顕微鏡(FE-SEM)による産状観察を行った。

<結果:Site C9016B>

海底下8.5-11.0 mの堆積物中に多様なカオリン鉱物 (ハロイサイト・カオリナイト・ディッカイト) が含まれていた。カオリン鉱物は形状に多様性を持ち、9.2 mでは細粒な(~1 μm)管状のハロイサイト、9.64 mでは管状のハロイサイトとブロック状のカオリナイト、10.8 mではブロック状の(~15 μm)ディッカイトなどが観察された。9.2 mでは火山性砕屑物の表面が変質を受け、カオリン鉱物が形成されている様子が観察された。またこの深度で、閃亜鉛鉱・方鉛鉱・重晶石が共存し、粒径は数十μmのものが多かった。10.8 mでは、細粒の黄鉄鉱のみが見られた。これらの硫化鉱物・硫酸塩鉱物はいずれも粘土鉱物に囲まれていた。11.0 mでカオリン鉱物の他にイライトが観察され、11.5 mの堆積物では、カオリン鉱物は全く見つからずイライトのみが観察された。

<結果:Site BMS I-4>

海底下0.1 - 3.6 mの堆積物にカオリン鉱物が含まれていた。カオリン鉱物は全て細粒な(~1 μm) 六角板状のカオリナイトである。0 -2.0 mまでスメクタイトが含まれていた。堆積物中に含まれる粘土鉱物はこの2種類のみで、深さ方向に対し、粘土鉱物の量比がスメクタイト>カオリナイトからカオリナイト>スメクタイトとなっていた。0.1 - 0.3 mに重晶石、閃亜鉛鉱、方鉛鉱、黄鉄鉱が見られた。2.5 - 3.6 mでは閃亜鉛鉱と黄鉄鉱が含まれていた。これらの硫化鉱物や硫酸塩鉱物はSite C9016Bと同様に粘土鉱物に囲まれていた。3.6 mの試料には、カオリナイトのほかにドロマイトが産出しており、この深度で鉱物の組合せが大きく変わっている。

<考察>

Site C9016Bで採取された140 m長のコア試料中でカオリン鉱物が産出するのは約2.5 mだけであった。しかも、この狭い範囲で深さ方向にハロイサイト・カオリナイト・ディッカイトと異なるカオリン鉱物が見られた。この多様性が鉱物形成温度を反映しているとする、50°C以上の温度勾配を持つと考えられる。12.0mでは、高温環境下で形成されると考えられているイライト・Mgクロライトが産出していることから、カオリン鉱物が産出深度の数m深い場所では、200°C近い高温環境であることが推察される。つまり、これを熱源とし

て、それぞれの産出した深度に対応したカオリン鉱物が形成されたと考えられる。

Site BMS I-4でカオリナイトが産出するのは約3.5 mである。観察の結果、スメクタイトからカオリナイトが形成されたと考えられる。このサイトのカオリナイトの形成温度は、酸素同位体比のからおよそ100℃であった。つまり、沖縄トラフ海底下で形成されるスメクタイトの形成温度と差が見られないことから、間隙水のpHの低下に伴ってカオリナイトの形成が起こったと考えられる。

さらに、金属元素の硫化鉱物や硫酸塩鉱物が粘土鉱物に包まれて産出している様子が観察できた。これらの鉱物はカオリン鉱物を形成した流体から沈殿した可能性が高い。カオリン鉱物を形成した酸性の流体が金属元素を運び、堆積物中での物理化学的環境の変化によってその場で硫化鉱物・硫酸塩鉱物の沈殿が起こったと考えられる。

キーワード：酸性熱水変質反応、科学海底掘削、海底熱水循環系、カオリナイト、沖縄トラフ

Keywords: acid hydrothermal alteration, scientific ocean floor drilling, seafloor hydrothermal system, kaolinite, Okinawa Trough

AUVを用いた奄美カルデラ群における海底地形調査と熱水活動の兆候

Bathymetric survey and indicators of hydrothermal activity in the Amami Calderas using autonomous underwater vehicle

*南 宏樹¹、小原 泰彦¹*Hiroki Minami¹, Yasuhiko OHARA¹

1. 海上保安庁海洋情報部

1. Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard

1. 背景

奄美カルデラ群は琉球弧中部の火山フロント上に位置する3つのカルデラ状地形を指す。この奄美カルデラ群においては熱水性起源の特徴を有するマンガンクラスト（横瀬他2010、月刊地球）やアンチモンや銀に富む黒鉱タイプの鉱石が採取されており（熊本大学2012、広報資料）、過去もしくは現在における熱水活動の存在が示唆されているが、その証拠は得られていない。海上保安庁による測量船及び自律型潜水調査機器（AUV）を用いた調査の結果、奄美カルデラ群において熱水活動の兆候を複数の海域において確認したので報告する。

2. 手法

調査は2013年から2015年にかけて海上保安庁の測量船「拓洋」及びAUV「ごんどう」を用いて実施した。測量船「拓洋」のマルチビーム音響測深機（EM710及びEM122）を用いて概査を実施、その後AUV「ごんどう」搭載のマルチビーム音響測深機（Sonic2022）、サイドスキャンソナー（EdgeTech2200M）、CTDセンサー（SBE49 FastCAT）を用いて地形、水中音響異常、水温偏差等の詳細な調査を実施した。調査高度は50～70mである。

3. 結果

測量船「拓洋」で取得したウォーターカラムデータにブルーム状の水中音響異常がカルデラ群内の4海域（水深350～700 m）で確認された。これらの4海域周辺の地形的特徴としてはE-W又はENE-WSWの走向を持つ表層断層が卓越しており、これらの表層断層は4海域を挟むように南落ちから北落ちに変化してグラーベン構造を形成している。

4海域のうち3海域においてAUVによる調査を行った結果、測量船の調査では低い分解能のため見えなかった直径数m～数十mの小さな凹地が多数確認された。これらの凹地ではサイドスキャンソナー画像にブルーム状の水中音響異常が確認された。ブルームの形状は海底から直線的に立ち上がるものや、海底から上昇するにつれて、ゆらぎながら煙状に広がるものまで様々であった。これらのブルームが確認された地点の一部ではCTDセンサーで周囲より高い水温が観測された。

4. 結果の解釈及び議論

測量船で捉えたブルーム状の水中音響異常の多くは火山活動や熱水活動に付随するバブルブルームであると考えられるが、AUVが捉えたブルームの一部は、AUVがブルーム直上を通過時に高い水温も観測されたことを併せて考えるとガスバブルではなく熱水ブルームであると解釈できる。またE-W又はENE-WSWの表層断層及びグラーベン構造は琉球弧中部のリフト活動によって形成されたと考えられることから、奄美カルデラ群の熱水活動域がリフト活動による断層構造に影響を受けている可能性がある。

キーワード：詳細海底地形、熱水活動、AUV、奄美カルデラ群、中部琉球弧

Keywords: high-resolution bathymetry, hydrothermal activity, autonomous underwater vehicle, Amami Calderas, central Ryukyu Arc

琉球弧硫黄島周辺海域における火成活動の地球物理学的特徴

Magmatic activity around Iotori-shima Island in the Central Ryukyu, based on geophysical characteristics

*佐藤 太一¹、井上 卓彦¹、石塚 治¹、針金 由美子¹、荒井 晃作¹、下田 玄¹

*Taichi Sato¹, Takahiko Inoue¹, Osamu Ishizuka¹, Yumiko Harigane¹, Kohsaku Arai¹, Gen Shimoda¹

1. 国立研究開発法人産業技術総合研究所

1. National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

The Ryukyu Arc extends approximately 1,200 km between the islands of Kyushu and Taiwan, where the Philippine Sea Plate subducts northwestward under the Eurasian Plate. From east to west, the arc consists of the Ryukyu Trench, the Ryukyu Islands, the volcanic front (Tokara Islands), and the Okinawa Trough. Volcanic front and the Okinawa Trough are the main volcanic active area in the Ryukyu arc. It is widely considered that these two magmatic activities are separated in the North Ryukyu, but toward to the Central Ryukyu, these convergent with Okinawa Trough [e.g., Geshi and Ishizuka, 2007]. We conducted marine geophysical surveys around Iotori-shima Bank in the Central Ryukyu. The Iotori-shima Bank is a huge volcanic construction located west of Iotori-shima Island [Ishizuka et al., 2014], but the detail is still unclear. Based on the seafloor morphology, magnetic anomaly, and gravity anomaly, we will describe magmatic and tectonic activities of the Central Ryukyu around Iotori-shima Bank.

Many submarine volcanoes are identified in the southwest of Iotori-shima Island. The extension of volcanic front southwest of Iotori-shima Island is already pointed out [Sato et al., 2014] and this implies that the two kinds of magmatic activities in the volcanic front and Okinawa Trough do not necessarily converge at the Central Okinawa Trough. In addition, submarine volcanoes which would belong to the ancient volcanic front [Sato et al., 2014] are also observed just north of Igyo-Sone Bank. This suggests that the ancient volcanic front is limited in the southern part of Central Ryukyu.

West of the volcanic front, many submarine volcanoes including Iotori-shima Bank are identified. Southwest of Iotori-shima Bank, ENE-SSW trending many seafloor lineaments are observed. These would be normal faults caused by back arc tectonic activity, but are not observed in the Iotori-shima Bank. Higher Bouguer anomaly is observed at where lineaments are observed; therefore, this gravity anomaly would imply crustal thinning caused by back arc rifting, although the main back-arc rifting is centered far west of the survey area. Iotori-shima Bank is characterized by a caldera structure and many submarine volcanic knolls. Dipole magnetic anomalies are observed on relatively-small submarine knolls, on the other hand, the largest submarine knoll located southwestern part of the caldera is not accompanied by dipole magnetic anomaly. The relatively low magnetization intensity inside the caldera suggests that collapse of volcanic knoll, destruction of magnetic minerals, and/or originally low magnetization. Upward-continued Bouguer anomaly shows NE facing transition over the Iotori-shima Bank. This suggests that the Bank is under the influence of back-arc rifting, however, seafloor lineaments are not observed on its surface.

キーワード：海底地形、地磁気異常、重力異常、琉球弧

Keywords: Seafloor morphology, Magnetic anomaly, Gravity anomaly, Ryukyu arc

2015年11月14日薩摩半島西方沖地震 (M7.1)と北部沖縄トラフ域における浅部地質構造の検討

Discussion on the relationship between the shallow geological condition around the northern Okinawa trough area and a magnitude (M) 7.1 earthquake offshore west of Satsuma peninsula on November 14 2015

*及川 光弘¹、西澤 あずさ¹、堀内 大嗣¹、岡田 千明¹、金田 謙太郎¹

*Mitsuhiro Oikawa¹, Azusa Nishizawa¹, Daishi Horiuchi¹, Chiaki Okada¹, Kentaro Kaneda¹

1.海上保安庁海洋情報部

1.Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard

2015年11月14日薩摩半島西方沖でM7.1の地震(最大震度4)が発生した。気象庁によると、この地震の発震機構が北西-南東方向に張力軸を持つ横ずれ断層型で、陸のプレートの地殻内で発生したということであるが、これまでにこの領域でM7を超えるような地震の発生記録はない。しかしながら、比較的小規模な地震はこの領域においてその地震の前後を含めて継続的に観測されている。

今回地震が発生した北部沖縄トラフは、トラフ底と東シナ海陸棚との境界をなす斜面が比較的なだらかであり、またトラフのリフト軸と推定される地溝状の地形は確認できない。対照的に、南部沖縄トラフでは、東シナ海陸棚とトラフ域を分ける明瞭な崖が形成されており、トラフ底においては八重山海底地溝、宮古海底地溝といった沖縄トラフのリフティング活動のリフト軸とみられる地形が明瞭に確認されている。そのため、北部沖縄トラフでは、リフティング活動が現在何処で、どのような規模で生じているのか、十分に把握されているとは言い難い。

海上保安庁は、北部沖縄トラフを横断し、2015年11月14日薩摩半島西方沖地震の震央付近を横断する測線において地殻構造調査を実施している。調査は海底地震計と6,000 inch³のエアガンアレイを用いた屈折法調査、および3,000 m, 240 chのストリーマーカーケーブルおよび1,050 inch³のトリクスターエアガンアレイを用いたマルチチャンネル反射法探査によるものである。

海上保安庁の調査の結果、今回地震が発生した海域において、最上位の堆積層にまで変位を及ぼす断層が複数確認された。断層の走向は北東-南西方向で、それらはMCS断面から正断層と思われる。2015年11月14日薩摩半島西方沖地震の発震機構が北西-南東方向の張力軸である点と調和的である。北部沖縄トラフの大まかな形状は北北東-南南西方向の凹みとなっているが、北部沖縄トラフ内に点在する海丘・堆などのローカルな地形は北東-南西方向の構造を呈している。今回の断層群の走向はそれらローカルな地形の構造と整合するようにも見える。これらの結果は、北部沖縄トラフの現在のリフティング活動を把握する一助となるとと思われる。

キーワード：地殻構造、MCS

Keywords: crustal structure, MCS

日向沖南海トラフ前弧域の浅部活構造

Active shallow structures of the Nankai forearc region off Hyuga

*芦 寿一郎¹、山口 飛鳥¹、福地 里菜¹、大出 晃弘¹、奥津 なつみ¹、田淵 優²、池原 研³

*Juichiro Ashi¹, Asuka Yamaguchi¹, Rina Fukuchi¹, Akihiro Ohde¹, Natsumi Okutsu¹, Yu Tabuchi², Ken Ikehara³

1.東京大学大気海洋研究所、2.高知大学、3.産業技術総合研究所

1.Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, 2.Kochi University, 3.AIST

Active deformation structures have been well investigated by swath bathymetry survey, submersible dive, MCS survey and deepsea drilling in the Nankai subduction zone. However, few studies have focused on the structure off Hyuga, the western tip of the Nankai Trough, due to limited research activity. The general trend of the Nankai accretionary prism is NE-SW to ENE-WSW from off Tokai to off Ashizuri. In contrast, the trend of the forearc basin and the prism slope off Hyuga is NNE-SSW, which is the same trend as the Ryukyu trench. The Hyuga basin located between the Ashizuri spur and the Kyushu-Palau Ridge apparently shows no distinct trenchward limit such as the outer ridges observed at the other regions of the Nankai margin. Our objective of this study is to obtain high resolution subsurface structures of the Hyuga forearc region and to evaluate recent tectonic activity.

We carried out deep-towed subbottom profiler (SBP) survey by ROV NSS (Navigable Sampling System) during R/V Hakuho-maru KH-15-2 cruise. High resolution profiling was successfully conducted by a chirp system of EdgeTech DW-106. The first target is the NNE-SSW trending Oyodo Knoll developed eastward of the Hyuga basin. The SBP shows the almost symmetrical ridge morphology cut by active flexures on both sides suggesting compressional deformation. Although faults are not detected at the surface sequence at least down to 60 meter except for two minor reverse faults, sediment thickness changes across the flexures indicate continuous deformation to the present. The second target is the western margin of the Hyuga basin where steep slopes suggestive of fault control are distributed from north to south. Two transects of SBP surveys are conducted at the southern and central regions of the western margin. SBP records of both transects show active flexures with relative landward uplift. The southern site is characterized by a V-shaped depression landward of the flexure and its sediment fill indicative of transtensional deformation. The central site also shows undulation of basin sedimentary layers landward of the flexure suggesting strike slip deformation. Our high-resolution subbottom profiles of the Hyuga forearc region revealed that the topographic framework have been formed by ongoing active deformations under high sedimentation rate.

キーワード：サブボトムプロファイラー、活撓曲、活断層

Keywords: subbottom profiler, active flexure, active fault

地震探査による若狭湾周辺～大和海盆西部の地殻構造

Crustal structure from the Wakasa Bay to the western Yamato Basin, Japan Sea, deduced from marine seismic survey

*野 徹雄¹、佐藤 壮¹、小平 秀一¹、新井 隆太¹、三浦 誠一¹、石山 達也²、佐藤 比呂志²

*Tetsuo No¹, Takeshi Sato¹, Shuichi Kodaira¹, Ryuta Arai¹, Seiichi Miura¹, Tatsuya Ishiyama², Hiroshi Sato²

1.海洋研究開発機構、2.東京大学地震研究所

1.JAMSTEC, 2.ERI

文部科学省の地震防災研究戦略プロジェクトの一環としてスタートした「日本海地震・津波調査プロジェクト」において、海洋研究開発機構（JAMSTEC）は2014年から西南日本側の日本海における地殻構造探査を実施しており、2015年8月に若狭湾周辺から大和海盆西部にかけての海域で深海調査研究船「かいらい」を用いた地震探査を実施した。この調査海域では震源メカニズムが逆断層型から横ずれ断層型へ推移している領域に位置し（e.g., 三雲, 1990; Terakawa and Matsuura, 2010）、過去100年間に1952年大聖寺沖地震（ M_j [気象庁マグニチュード] 6.5）、1963年越前岬沖地震（ M_j 6.9）といった M_j 6.5以上の地震が発生している。さらに、若狭湾から大和海盆に至る海域の中には、隠岐堆と呼ばれる高まりがあり、その南側に位置する縁辺台地、若狭海盆や隠岐トラフの縁辺部には連続した活断層が推定されている（e.g., 岡村(2013)・日本海における大規模地震に関する調査検討会（2014））。

一方、日本海は、日本海拡大時に形成された正断層が逆断層に転換するテクトニクス（インバージョンテクトニクス）による断層（e.g., Okamura et al., 1995）や地殻構造の境界域に発達している逆断層（e.g., No et al., 2014）が作用することによる地震断層の形成が多い。そのため、日本海における地震断層の研究において、日本海の構造発達史と地殻構造の関係をより進展させることが重要な鍵の1つである。特に、排他的経済水域の問題により、大和海盆が日本海で形成されている大きな海盆の中で唯一全域を調査することが可能な領域なので、「日本海地震・津波調査プロジェクト」によって大和海盆の地殻構造に関する研究を進展できれば、大和海盆の陸側縁辺部に発達する地震断層の議論に貢献できる。

本発表における地震探査では、マルチチャンネル反射法地震（MCS）探査を9測線、海底地震計（OBS）を用いた地震探査を1測線行った。MCS探査の主なデータ取得仕様は、発震間隔50 m、エアガン総容量最大7800 cu.in.（約128リットル）、エアガン動作圧力2000 psi（約14 MPa）、エアガン曳航深度10m、受振点間隔12.5 m、ストリーマケーブル曳航深度12 m、ストリーマケーブルのチャンネル数444、サンプリング間隔2 ms、記録長は16秒である。MCS測線のうちの1測線にOBS54台を設置し、エアガンを深度10mで曳航して、200m毎に発震した。日本海に設置したOBSは第五開洋丸（海洋エンジニアリング株式会社）で回収した。また、調査海域の南延長上は、同じプロジェクトにおいて東京大学地震研究所が行った地震探査測線（東京大学地震研究所, 2016）と接続し、さらに2004年に南海トラフと近畿地方で実施された地震探査測線（Ito et al., 2006; Nakanishi et al., 2008）が位置している。将来、南海トラフから西南日本を縦断し、日本海に至る地殻構造イメージが得られ、南海トラフで生じることが予想される巨大地震と背弧側で生じる地震活動との関係を研究する上での基礎データとしても重要である。

今回の地震探査の暫定的な解析結果から、地殻構造における全体的な特徴や活構造が推定されている領域における基盤構造や堆積層のイメージングの結果を報告する。

キーワード：日本海、大和海盆、地殻構造、反射法地震探査、海底地震計

Keywords: Japan Sea, Yamato Basin, Crustal structure, MCS, OBS

相模湾初島沖海底ケーブル型観測システムによる13年間の深海底冷湧水域環境ガンマ線連続観測
13 year continuous observation of ambient gamma ray at cold seepage site on deep seafloor
with a multidisciplinary cabled observatory off Hatsushima Island in Sagami Bay

*岩瀬 良一¹

*Ryoichi Iwase¹

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構

1. National Research and Development Agency, Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

相模湾初島沖水深1175mの海底冷湧水域において、1993年以降、多種類のセンサを搭載した海底ケーブル型観測システムによる深海環境の多目的観測が実施されている。3インチNaI(Tl)シンチレーション検出器を使用したガンマ線センサを搭載した現在の観測システムは2000年に現在の位置より約40m北に設置された後、2002年3月の回収を経て、2002年11月に現在の地点に再設置され、それ以降現在に至るまで13年以上に渡って連続観測を実施している。ガンマ線センサを含む観測システムの仕様及び2011年東北地方太平洋沖地震（以下、「2011年東北沖地震」と呼ぶ）以前の観測結果の概要は、文献1, 2に示されている。本発表では、現在までの観測結果について報告する。観測された主なイベントとしては以下の通り。

2011年東北沖地震発生後、核種Bi-214及びK-40の信号強度の増加が観測された。これは当該地震自体によるものではなく、その4日後の3月15日に発生した静岡県東部地震(M6.4)に伴って発生した泥流に起因するものと考えられる。

このイベントの後、無人探査機(ROV)による観測システム近傍における海底作業に起因する変動以外にあまり顕著な変動は見られない。

2014年12月以降Bi-214の信号強度の継続的な漸減が観測されている。一方、K-40の信号強度の漸減は、2011年東北沖地震以降の比較的早い時期、2011年10月頃から発生しているように見える。但し、本ガンマ線センサの分解能の制約から、Bi-214の信号強度には、福島第一原発事故に伴うCs-137の影響が含まれている可能性がある。

全観測期間を通じたもっとも顕著な変動は、2006年10月に発生したBi-214の大きな信号強度増加である。その変動パターンは、泥流に伴う堆積やROVによる海底作業等、海底表層の擾乱に起因する他の変動パターンとは異なっており、海底下のイベント、即ち地殻変動等を反映したものである可能性が高い。

引用文献

- 1) Kumagai, et al., *Gamma Radiation* (Intech, Croatia, 2012), DOI:10.5772/36392, p.64.
- 2) 岩瀬・高橋, 2011年地球惑星科学連合大会, SCG059-P19 (2011).

キーワード: NaI(Tl) シンチレーション検出器、泥流、海底ケーブル型多目的観測システム

Keywords: NaI(Tl) scintillation detector, mudflow, multidisciplinary cabled observatory

房総沖スロースリップ域での海底圧力計を用いた海底上下変動観測

Observation of sea floor vertical motion at the Boso slow slip region

長谷川 晟也¹、*佐藤 利典²、河野 昭博²、寺田 麻美²、森 大湧²、塩原 肇³、八木 健夫³、山田 知朗³、篠原 雅尚³

Seiya Hasegawa¹, *Toshinori Sato², Akihiro Kono², Asami Terada², Taiyu Mori², Hajime Shiobara³, Takeo Yagi³, Tomoaki Yamada³, Masanao Shinohara³

1.千葉大学理学部、2.千葉大学大学院理学研究科、3.東京大学地震研究所

1.Faculty of Science, Chiba University, 2.Graduate School of Science, Chiba University,

3.Earthquake Research Institute, University of Tokyo

1. はじめに

地震による災害を軽減するためには、地震発生過程を解明し、地殻活動のシミュレーションを通じて地震発生予測を行うことが不可欠である。地震発生モデルを構築するためには、実際の地震にモデルを適用、予測し、実際とのずれからモデルを修正するという作業を繰り返す必要があるが、普通の地震に適用すると数百年以上の時間がかかってしまう。この作業を数年に1回発生する房総沖スロースリップ地震（SSE）を用いて行えば、モデルの検証、修正、確立が15年程度で出来ることになり、地震予測の実現に大きく近づく。本観測は、この研究を行う第1歩として、房総沖SSEのすべり領域を調べるために海底圧力計を用いて海底上下変動を捉えるものである。

2. 観測と解析方法

観測は東大地震研所有の海底圧力計（OBP）を用いて行った。圧力計はParoscientific社の8B2000-2, 8B7000-2、レコーダには原子時計（Microsemi社SA.45 s CSAC）を用いている。2013年9月観測船「白鳳丸」によって設置したOBP3台を、2015年7月観測船「なつしま」によって回収した。観測期間中、2013年12月から2014年1月にかけて房総沖SSEが発生している。

解析では、観測した圧力を水深に変換したのち、リサンプリング、潮汐変動除去、平滑化、観測点間の差分を取ることに伴う海洋変動除去、機器トレンド除去を行い、海底の上下変動成分を抽出することを試みた。また、水温データとの相関部分の除去も試みた。

3. 結果

現在解析の途中であるが、房総沖SSEに一番近い観測点KAP3で海底の上下変動を2013年12月から2014年1月にかけての房総沖SSEの前後で比較すると、変動は観測値の標準偏差の範囲内で、有意な変動は見られないようである。

謝辞

本研究の遂行にあたり、白鳳丸、なつしまを使用させていただきました。両船長以下、乗組員の方々に感謝します。本研究は科研費（25287109）の補助を受けました。

キーワード：房総スロースリップ、圧力計、海底観測、上下変動

Keywords: Boso slow slip, pressure gauge, ocean bottom observation, vertical motion

オンデマンド地殻変動観測ブイシステムの開発

Development of on-demand buoy observation system for crustal displacement

*高橋 成実¹、石原 靖久¹、福田 達也¹、越智 寛¹、出口 充康¹、坪根 聡¹、今井 健太郎¹、木戸 元之²、太田 雄策²、今野 美芽²、久野 晃太郎³、久本 泰義³、小平 秀一¹

*Narumi Takahashi¹, Yasuhisa Ishihara¹, Tatsuya Fukuda¹, Hiroshi Ochi¹, Mitsuyasu Deguchi¹, Satoshi Tsubone¹, Kentaro Imai¹, Motoyuki Kido², Yusaku Ohta², Misae Imano², Kotaro Hisano³, Yasuyoshi Hisamoto³, Shuichi Kodaira¹

1.海洋研究開発機構、2.東北大学、3.宇宙航空研究開発機構

1.Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2.Tohoku University, 3.Japan Aerospace Exploration Agency

We have developed an on-demand buoy observation system for crustal displacement and tsunami since 2012 in collaboration with Japan Agency for Marine Earth Science and Technology, Tohoku University and Japan Aerospace Exploration Agency. This system has some characteristics, which are use of pressure sensor on the sea bottom and precise point positioning system on the buoy to detect vertical crustal displacement, acoustic measurement between the buoy and seafloor transponders, slack mooring for realtime observation in high speed sea current with the velocity of over five knots. In addition, we adopted double pulse for acoustic data transmission of the pressure sensor data from sea bottom. Collected data from the sea bottom and through the acoustic measurement is sent to the land station using iridium satellite. We succeeded observation of micro tsunami propagated from the Iquique tsunami, Chile, in the Nankai Trough area. We collect pressure sensor data on the seafloor pressure unit with a sampling of 15 seconds in tsunami mode via a wire-end station below 1000 meters from the sea surface, and carry out above acoustic measurement with the sampling of one week. A buoy station on the buoy controls all actions related to the collection of the data for the observation and navigation, saving data, and data transmission to the land station. However, we need to revise to realize long term observation of one or two years and improvement of the reliability for the observation. We have issues on a rate of the data recovery, due to inhomogeneous of the acoustic characteristic of the seafloor pressure unit, contamination of reflection signals from the sea surface into the data transmission signals from the seafloor pressure unit to the wire-end station, troubles on the wire line between the wire-end station and the buoy by buoy rotation, and so on. Therefore, we revised the observation buoy system, which includes change of the flame of the seafloor pressure unit to improve acoustic characteristic, installation of the precise point positioning systems using MADOCA system and MB-ONE to derive vertical crustal displacement from seafloor pressure data, improvement of the control system on the buoy station to enable to start observation according to orders from the land station, and attachment of a fin to control the buoy rotation. And we tuned action flow to decrease electrical consumption and adopted solar panels as the batteries of the entire of the system. To improve accuracy of the acoustic measurement, we need to decrease the slack ratio. We succeeded it from 1.6 to 1.58 at this moment. We try to decrease the slack ratio more to realize accurate acoustic measurement. In this presentation, we report the current sea trials, which started in January, 2016.

キーワード：地殻変動、リアルタイム観測、ブイ

Keywords: crustal displacement, real-time observation, buoy

海底地下モデリング及び波動場シミュレーションによる地震波応答の評価

4-D active monitoring of time-variant ocean bottom structure including a gas chimney type deposit methane hydrate by using seismic wave simulations

*茂木 雅志¹、鶴我 佳代子²

*Masashi Mogi¹, Kayoko Tsuruga²

1.東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科海洋管理政策専攻、2.東京海洋大学

1.Graduate School of Tokyo University of Marine Science and Technology, 2.Tokyo University of Marine Science and Technology

研究背景

近年に日本近海に濃集している海底資源であるメタンハイドレートに注目が集まっており、国内の企業や研究機関により研究開発が進められている。メタンハイドレートには、地球内部から湧き上がる熱分解起源メタンガスによる表層型と、生物分解起源メタンガスが砂層孔隙中に充填した砂層型がある（松本ほか、2009）。表層型メタンハイドレート賦存海域での3次元地震探査は2008年に実施されている（佐伯ほか、2009）が、開発に伴うメタンハイドレートの崩壊や漏洩のリスク管理として、時間密度の高く、海底に接近した形の新しい探査方法の研究が進められている（鶴我ほか、2013）。

研究目的・手法

本研究の目的は、表層型メタンハイドレートが賦存する海底地下構造のモデル構築及び波動場シミュレーションにより、海底地下モニタリングに有効な波相同定と定量的評価である。新潟県上越沖海域における、基礎物理探査「佐渡沖南西」の探査解析結果（佐伯ら、2009）を参考に、以下3パターンの海底地下モデルを作成した：（（モデル1）MH層を含まない水平多層構造モデル、（モデル2）MHを含む水平多層構造モデル（モデル3）砂層中にMH層を部分的に含むモデル）。

結果

上記のモデルは、4層構造のモデルになっており、海水-MH層（砂層）-泥層-火成岩層（音響基盤）である。このモデルにおいて、弾性波有限差分法(Larsen, 2000)を用いて波動場計算を行い、地震波形記録を得た。各層からの反射波を同定し有効な波相を同定した。また（モデル1）と（モデル2）の比較からメタンハイドレートが存在する場合に特有な波相が観測可能か検証し、適正な観測アレイデザインの検討も行った。

その結果、（モデル1）は水平多層構造であるため特質した波相は確認されなかった。（モデル2）ではMH層が周辺に比べて高速度層になっており、第2層反射波が第1層メタンハイドレート層反射波より先に伝わる地点があることが確認された。（モデル3）ではメタンハイドレート層が砂層中の鉛直方向の境界を作るため、地層境界以外からの反射波が確認された。

また、（モデル1）と（モデル2）の地震波形記録の比較から、高速度層による逆転層からの反射波が確認されやすい観測アレイデザインは、海面発振時では海面での水平方向アレイとMH層を通る鉛直方向アレイであり、海底発振時には海底面での水平方向アレイと、MH層を挟む2つの鉛直方向アレイであった。

考察・結論・今後の課題

表層型メタンハイドレート層に特有な波相は、速度逆転層による波線及び走時曲線の逆転また、不均質構造による地層境界以外の反射波の発生であると考えられる。また、そのモニタリングの際に海面発振の場合では水平方向及び鉛直方向アレイの「T型複合観測アレイ」、海底発振の場合では1つの水平方向アレイと2つの鉛直方向アレイによる「H型複合観測アレイ」が適正であると結論付けた。今後の課題としては、震源波形と観測値波形のデコンボリューションによる伝達関数の計算から表層型メタンハイドレート層の周波数特性の評価のための解析を行うと同時にでの反射波以外の観測波の同定も行う必要があると考えられる。

キーワード：メタンハイドレート、モニタリング、タイムラプス

Keywords: Methane hydrate, Monitoring, Time-lapse

次世代型海洋観測技術による高精度4次元モニタリングー海底接近型地下構造モニタリング手法の確立ー

High quality 4-D active monitoring of an ocean bottom structure by innovative active seismic systems

*鶴我 佳代子¹、近藤 逸人¹、神田 穰太¹、関野 善広¹、牧野 大樹¹、茂木 雅志¹、船戸 遥子¹、長谷川 紘香¹、新井 諒¹、古川 和彦²

*Kayoko Tsuruga¹, Hayato Kondo¹, Jota Kanda¹, Yoshihiro Sekino¹, Daiki Makino¹, Masashi Mogi¹, Yoko Funato¹, Hiroka Hasegawa¹, Ryou Arai¹, Kazuhiko Furukawa²

1.東京海洋大学、2.インターテクノ(株)

1.Tokyo University of Marine Science and Technology, 2.Intertechno Co., Ltd.

本研究は、海中ロボットなどの次世代型海洋観測技術を用い、海底に接近して海底下構造の時間変化をモニタリングするための手法の確立を目指している。本発表では、東京海洋大学における弾性波を用いた地下モニタリング手法の確立に関わる研究と観測システムを紹介する。

海洋は、物理・化学・生物・地球科学のプロセスが密接に連関して機能する一つのシステムである。東京海洋大学では、環境評価に役立つ海洋観測技術の開発・研究の向上と、海洋開発における環境アセスメントへの貢献、新たな時代の海洋開発や環境調査に貢献できる人材の育成を目的とした教育・研究がなされている。海中ロボットや練習船等のリソースを活用し、海洋開発による環境擾乱による海洋および海底下の環境変動について、種々の高密度の時空間分布データのリアルタイムモニタリング手法の確立を目標としている。

本研究では、海洋開発を念頭に、数100m~数km四方の比較的狭い範囲で生じる海底の擾乱に伴う海洋環境の地球科学的な変化をいくつかの研究ステップを通して実現したいと考えている。具体的には、自律型海中ロボット(AUV)を活用し、①海底設置自律式観測や海中曳航式観測が可能なシステムを開発し、②水域試験による機動的観測および海底設置型観測の同時展開を実現し、③試験データによる地下伝播特性および変化検出のための評価を行うことで、海域での地下モニタリングのための基礎技術を確認し、将来の深海観測に向けた課題抽出を行う。現在、我々は、観システムの研究開発(例えば鶴我ほか、2013)だけでなく、メタンハイドレートや海底熱水鉱床などの海底資源貯留層をターゲットとした波動場シミュレーションから地震学的特徴を定量的に理解する理論的研究(例えば、Tsuruga *et al.*, 2010; 立花・鶴我, 2015; 茂木・鶴我、本学会)や、陸上での精密制御観測システムACROSSを用いた地下モニタリングの実証研究(例えばKasahara *et al.*, 2012; Tsuruga *et al.*, 2012)などを実施している。発表では、現在開発中の自律式観測と海中曳航式観測の両方で利用できる小型海中震源システムなどを主に紹介する。これは、AUVによる機動的観測を水深2000m程度までを当面の目標とし、AUVに搭載したソナーや小型音源アレイなどによる詳細な海底地形および地下構造の音波探査などによる機動的観測と、海底設置型の人工震源装置および海底地震計を用いた定常観測を組み合わせた、高い時空間分解能の高精度リアルタイム海底下モニタリングを実現するためのものである。将来的には、海底~海面までの海中の水温や塩分等の各種化学成分などの詳細な3次元空間分布のリアルタイムモニタリングの実現も視野に入れ、AUVおよび観測機器格納システムに装備する脱着機構は汎用性を考慮した設計としている。また、小型原子時計を発震および受振システムの各々に搭載したシステムとし、従来の海中観測における大きな課題の1つであった正確な時刻取得についてクリアした。観測システムが完成後は、ACROSS技術を導入した高精度な位相制御震源アレイと自律型受振アレイを用いた波の海底下・海中での伝播特性評価のための海域試験を予定しており、実海域での試験観測の実施を経て、観測ストラテジー確立のための統合観測運用の検討を行う計画である。

キーワード：海底、4D地下モニタリング、海底資源開発、AUV

Keywords: ocean bottom, 4D monitoring of understructure, development of ocean bottom resources, AUV

Development of database system for integrating various models of seismic velocity structure and geometry of the subducting plate around Japan

Development of database system for integrating various models of seismic velocity structure and geometry of the subducting plate around Japan

*山岸 保子¹、仲西 理子²、三浦 誠一²、小平 秀一²、阪口 秀¹

*Yasuko Yamagishi¹, Ayako Nakanishi², Seiichi Miura², Shuichi Kodaira², Hide Sakaguchi¹

1.国立研究開発法人海洋研究開発機構 数理科学・先端技術研究分野、2.国立研究開発法人海洋研究開発機構 地震津波海域観測研究開発センター

1.MAT, JAMSTEC, 2.CEAT, JAMSTEC

To estimate strong motions caused by earthquakes that could occur in Japan in future and predict seismic hazards, it is necessary to create an accurate model of geometry of the subducting plate and seismic velocity structure, particularly obtained by offshore seismic survey and observations. Most of various kinds of seismic velocity structure models including plate boundary around Japan are presented. However, they are managed individually by each organization constructing the model. To create a new and accurate model of geometry of the subducting plate and seismic velocity structure model, first we need to integrate existing models and clarify the spatial distribution of models regardless of their kinds. Here we have developed database system to store the data of various kinds of velocity structure and plate geometry around Japan. In this database system, various seismic structure models are stored as data, which are three-dimensional (3D) seismic velocity models obtained by seismic tomography, plate geometry, 2D seismic velocity structure models, 2D plate geometry obtained by offshore seismic survey, and hypocenter distribution determined by offshore observation and JMA. Using this database system, users can obtain several structure models at once. This database system can provide not only original data of models but also equal interval grid data, and KML data. The equal interval grid data is output as the text file and have the same scale for all kinds of models, which are produced by bicubic-interpolation of original data. On GUI of the database system, users can know what kind of models and hypocenter distribution exist around the Japanese Islands graphically, and obtain the data of different kinds of models existing in the rectangle region specified by users. The region is specified by setting a profile and the distance from the profile in the map on GUI. The equal interval grid data of 3D seismic velocity model is prepared for the vertical cross section cut by the profile specified by user, which show the distribution of seismic velocity or velocity perturbation. The equal interval grid data of plate geometry are created for the region specified by user. The equal interval grid data of 2D seismic velocity structure model and 2D plate geometry model are created from all data of the models crossing the region and selected by user. Using KML files provided by the database, the data of different kinds of models are visualized in Google Earth at once. Therefore this database system with Google Earth will enable us to create a new accurate model of geometry of the subducting plate and seismic velocity structure around Japan. Acknowledgement: This study is carried out as 'Research project for Development of seismological information database for modeling seismic velocity structure offshore around Japan' funded by MEXT, Japan. We are grateful to all who have kindly agreed to the incorporation of their model and data into our system. The earthquake catalog used in this study is produced by the Japan Meteorological Agency, in cooperation with the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology. The catalog is based on seismic data provided by the National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, the Japan Meteorological Agency, Hokkaido University, Hirosaki University, Tohoku University, the University of Tokyo, Nagoya University, Kyoto University, Kochi University, Kyushu University,

Kagoshima University, the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, the Geographical Survey Institute, Tokyo Metropolis, Shizuoka Prefecture, Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture, Yokohama City, and Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology. We are grateful to Zhu Riming, Co. Ltd. VisCore, for his skill to develop this database system and data conversion system from the original data to KML.