

リアルタイム津波・地殻変動観測ブイシステムを用いた海底地殻変動観測 GPS/acoustic measurement using a multi-purpose moored buoy system

今野 美冴^{1*}; 木戸 元之²; 太田 雄策¹; 福田 達也³; 越智 寛³; 高橋 成実³

IMANO, Misae^{1*}; KIDO, Motoyuki²; OHTA, Yusaku¹; FUKUDA, Tatsuya³; OCHI, Hiroshi³; TAKAHASHI, Narumi³

¹ 東北大学理学研究科, ² 東北大学災害科学国際研究所, ³ (独) 海洋研究開発機構

¹ Graduate School of Science, Tohoku University, ² IRiDeS, Tohoku University, ³ Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

現在、南海トラフの震源域直上における地殻変動のモニタリングと津波の早期検出へ向けて、JAMSTEC・JAXA・東北大学による、係留ブイを用いたリアルタイム津波・地殻変動連続観測システムの開発および試験観測が行われている。これは、海底に設置した圧力計で津波と鉛直地殻変動を、精密単独測位により海面高および係留ブイの位置をそれぞれモニターし、さらにブイ-海底局間の音響測距と合わせた GPS / 音響結合方式で水平地殻変動を検出するというものである。得られるデータは衛星通信を用いて陸上基地局へ送信されるため、リアルタイムで連続的に津波・地殻変動を観測することが可能となる。2013年には初回の試験観測が熊野灘で実施され、システムの改良後、2014年に2度目の試験観測を実施中である。本発表では、このうち GPS / 音響結合方式の音響測距に特有の問題について取り上げ、2013年の観測時に得られた音響測距データの解析から今後の音響測距部分のシステムの改良内容を提案し、2014年の観測で取得されつつあるデータについても報告する。

音響測距に使用される音響波形をそのまま陸上に伝送することは、容量の面で現実的ではなく、ブイ上で処理された結果のみを送ることが要求される。ブイ上の低消費電力機器で必要な処理を行うため、(1) 収録波形から必要最小限の部分を切り出し、波形処理後に (2) 必要最小限の情報のみを陸上に伝送する必要がある。(1) に関して現行システムでは、音響測距で得られた受信波形を、ブイの暫定位置と各海底局位置から算出した理論走時の $\pm 20\text{ms}$ の測距信号切り出し窓によって切り出す。その後、精密な観測往復走時を得るため切り出した受信波と送信波の相互相関波形を計算する。音響ノイズの状況によっては、必ずしも最大相関位置が正しい走時であるとは限らないので、最大相関ピークを中心とした 1ms の窓幅で切り出し、相関波形そのものを陸へ送信する (2)。相関波形は $8\text{bit} \cdot 100\text{kHz}$ であるので、1 波形あたり 101byte の容量となる。

理論走時推定精度に影響を及ぼす GPS の NMEA 出力で得られる暫定位置精度および平均海中音速の不確定性についてその振れ幅を勘案した結果、(1) の切り出し幅 $\pm 20\text{ms}$ は必要最低限であり、すべての測距について確実に切り出すためには、 $\pm 30\text{ms}$ 程度が望ましいことがわかった。一方、陸上に送信する相関波形については、相関ピークの包絡線は 1ms に収まっており、 1ms の切り出し幅は妥当であると考えられる。しかし、海面反射などにより、見かけの相関ピークが現れることが確認されており、その場合、切り出し幅の調整だけでは対応できず、別途正しい相関ピークを検出するアルゴリズムの開発が必要である。海面反射が発生する条件に付いて実データにもとづく検証を行い、音波の入射角とトランスデューサの指向性で説明できることが判明し、現在この仮説に基づく、相関ピーク自動検出アルゴリズムを検討している。

キーワード: 海底地殻変動, 係留ブイ

Keywords: crustal deformation, moored buoy

陸域および海域の地殻変動速度を用いた南海トラフ沿いのすべり欠損速度のインバージョン解析 Inversion analysis for slip deficit rate along the Nankai Trough using on- and offshore crustal velocities

渡部 豪^{1*}; 田所 敬一¹; 安田 健二¹; 藤井 越百¹; 生田 領野²; 奥田 隆¹; 久野 正博³
WATANABE, Tsuyoshi^{1*}; TADOKORO, Keiichi¹; YASUDA, Kenji¹; FUJII, Cosumo¹; IKUTA, Ryoya²; OKUDA, Takashi¹; KUNO, Masahiro³

¹名古屋大学大学院環境学研究科, ²静岡大学理学部, ³三重県水産研究所

¹Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, ²Department of Geosciences, Shizuoka University, ³Mie Prefecture Fisheries Research Institute

南海トラフでは、プレート境界型巨大地震が 100-150 年の繰り返し周期を持って発生していることがよく知られている。最近では、GEONET 等により、精密かつ詳細な地殻変動が捉えられるようになったが、依然として海域で起こる地殻変動に関しては、それらの検知能力やすべりの解像度は低いままである。このような背景のもと、2000 年頃より実用化に向けて開発が進められてきた、GPS と音響測距技術を組み合わせた海底地殻変動観測が、現在では、海域で起こる地殻変動の推定に対して、有効かつ必要不可欠なツールとして認識されるようになる。

本研究では、2004 年から 2012 年に行われた海底地殻変動観測結果を示すとともに、それらの地殻変動速度と陸域の GEONET の地殻変動速度を用いて、先験情報付きのインバージョン解析より、南海トラフ沿いのすべり欠損速度の推定を行った。この結果、四国沖合では、50 mm/yr を超えるすべり欠損速度の大きい領域が存在し、これらは、紀伊半島沖合で、およそ 30-50 mm/yr に減少することが示された。さらに、伊勢湾以東から駿河湾にかけての領域では、およそ 10-30 mm/yr になることが明らかとなった。ただし、駿河湾内部にすべり欠損速度が ~40 mm/yr となる領域も存在した。続いて、南海トラフ沿いの海底観測点が将来的に増設されることが明らかであるので、それらの位置情報を用いて、すべりの解像度について調べた。海域観測点の増加に伴い、全体的に海域のすべりの解像度が向上することが示された。しかし、それでも、足摺岬沖合、室戸岬沖合、紀伊半島沖合の海溝付近の解像度は依然として低いままで、地震間の歪蓄積状況のさらなる把握には海溝付近の観測が必要であると言える。

キーワード: GPS/音響, 南海トラフ, 地殻変動, すべり欠損速度, すべりの解像度

Keywords: GPS/Acoustic, Nankai Trough, crustal deformation, slip deficit rate, slip resolution

海底地殻変動データ解析の高精度化・自動化に向けた測距信号走時読み取り手法の検討 Development and examination of new methods for traveltime detection in GPS/A geodetic data to high-precise and automatic

東 龍介^{1*}; 富田 史章²; 飯沼 卓史¹; 日野 亮太¹; 木戸 元之¹; 藤本 博己¹; 長田 幸仁¹; 太田 雄策³; 和田 育子¹
AZUMA, Ryosuke^{1*}; TOMITA, Fumiaki²; IINUMA, Takeshi¹; HINO, Ryota¹; KIDO, Motoyuki¹; FUJIMOTO, Hiromi¹; OSADA, Yukihito¹; OHTA, Yusaku³; WADA, Ikuko¹

¹ 東北大学災害科学国際研究所, ² 東北大学大学院理学研究科, ³ 東北大学地震・噴火予知研究観測センター
¹IRDeS, Tohoku Univ., ²Graduate School of Science, Tohoku Univ., ³RCPEVE, Tohoku Univ.

近年培われてきた GPS - 音響結合方式による海底地殻変動観測技術の向上の恩恵もあり、我々は 2011 年東北地方太平洋沖地震のメカニズムの真相解明に大きく近づいている。しかしながら、現状では陸上 GPS 観測に比べ精度が 2 桁ほど劣るために、より高精度な変位の検出に向けた様々な誤差要因の洗い出しが必要である。本研究では、その一つとして測距信号の走時読み取りに関する問題に注目した。

従来の海底地殻変動解析手法では、船上局から送信する音響測距信号と海底局からの返信信号との相関が最大となる時刻を観測走時として読み取り、これをもとに海底局位置の推定およびアレイ重心位置の推定を行ってきた。ところが、船体-海底局の位置関係(斜め距離、波線の入射角)に応じてマルチパスの現れ方が変化するために後続波の相関係数の方が最大となる場合もあり、処理後に視認で再読み取りしてデータの品質向上をはかっていた。東北沖地震後に日本海溝周辺に増設した観測網の膨大なデータを一括処理するには、こうした低効率な方法では限界があり、別のコンセプトによって高精度かつ機械的な処理アルゴリズムを構築する必要がある。我々の研究グループでは、従来の相関波形解析手法をもとに次の 2 つのコンセプトに沿ってそれぞれ新しい手法の開発・検討を進めてきた。

1) 相関係数が最大となる走時を読み取り、理論波形によりデコンボリューションする。そののち、残った相関波形に対し同様の処理を行う。この処理をピーク値が任意の閾値を下回るまで繰り返し、全イタレーションで得た走時のうち最短の走時を観測走時とする。

2) ショット毎に得られる相関波形同士の相関を元にクラスター分析を行い、分類された各クラスター内からモデル波形を選出する。モデル波形から相関係数の最大となる走時、および手動検出で与える真の走時との差を見積り、それを補正量としてクラスター内の波形に適用することで観測走時を得る。

また、構造探査で用いる解析ツールを利用して相関波形の読み違いの有無を視覚的に容易に確認できるようにした。上記 2 つの自動処理手法を導入することで、従来法にみられる数百マイクロ秒程度の読み違いを回避できることを確認できた。この走時差は斜め距離にして約 0.3 m にもおよぶことから、海底局位置の精密推定精度の向上が期待できる。一方で、どちらの手法においても相関係数に対する閾値の設定に任意性があり、最適なパラメータ設定をどのように行うかが今後の課題となる。

キーワード: 海底地殻変動観測

Keywords: ocean bottom geodetic observation

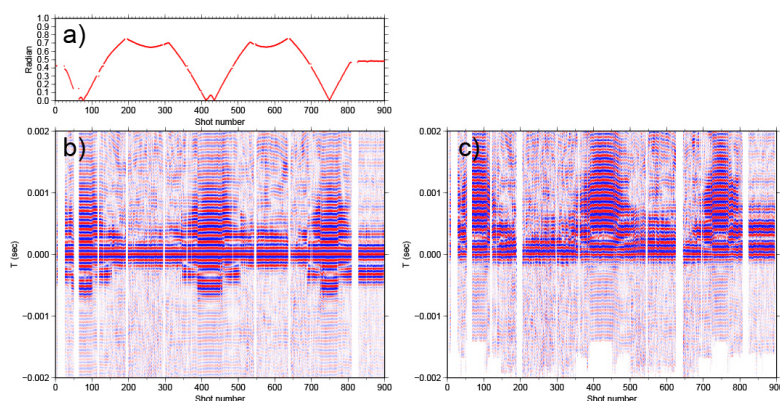


Fig. Incident angle of transmitted signals (a). Pasted correlation waveforms analyzed by reading maximum peak (b) and reading iteratively-deconvolved peak (c). Each trace was moved out by the observed traveltime.

長期海底ラドン濃度連続計測のための NaI ガンマ線分光装置の開発 A NaI spectrometer for long-term radon measurement at the sea floor

蜷川 清隆^{1*}; 豊田 新¹; 藤原 泰誠¹; 中川 益生¹; 山本 勲¹; 熊谷 英憲²; 木下 正高²; 久保 信³
NINAGAWA, Kiyotaka^{1*}; TOYODA, Shin¹; FUJIWARA, Taisei¹; NAKAGAWA, Masuo¹; YAMAMOTO, Isao¹; KUMAGAI, Hidenori²; KINOSHITA, Masataka²; KUBO, Shin³

¹ 岡山理科大学理学部応用物理学科, ² 海洋研究開発機構, ³ クリアパルス株式会社

¹Okayama University of Science, ²Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ³CLEAR-PULSE

日本列島においては数十年以内に東海・東南海・南海における巨大地震が予想されており、人命及び社会的基盤の被害軽減のためにも、海溝型地震の機構と地震発生帯において起きている物理的・化学的プロセスを理解することは極めて重要な科学的課題である。1995年の兵庫県南部地震において、地震の前に空气中及び地下水中ラドン濃度が増加したという観測結果を踏まえ、この研究では、予想される東南海地震の震源域である熊野灘沖海底において、ガンマ線計測によって連続的に水中のラドン濃度の測定を行い、微小地震との相関を調べて、地殻の変動に対する地殻内の流体の応答についての基礎的な研究に資することを目的としている。

これまでの海底ガンマ線計測は潜水船でその場所に赴き、到着時点の線量を測定するのみであった。しかし、地震との相関を調べるために、ガンマ線の時間的変動を調査することを目的とする。このために、平成24年度から、電池駆動式でデータを自動的に内部に記録できる海底設置型 NaI ガンマ線分光装置の検討を重ね、設計し、この1月にほぼ完成した。2月に予備測定をおこない、ソフト、ハード面の改良をおこなって、4月から9月にわたる期間、熊野灘沖の海底の湧水域に設置し、ガンマ線の時間変動を約4.6カ月間以上計測する計画である。

長期海底ラドン濃度連続計測のための NaI ガンマ線分光装置の仕様は以下のようにした。

名称 深海用低消費電力型 γ 線記録装置

PMT 用高圧電源 +1000V MAX プログラムで電圧を制御できる

増幅器 電荷増幅器、記憶容量 1Gbit (NOR Flash)

通信 RS-232C 921,600bps、消費電流 on 110mA, off 10mA

動作 初期設定を PC との通信で行った後通信を切断し、電源電圧が低下するまで自動的にスペクトル、温度、電源電圧データを収集し保存する。電力削減のために間欠運転モードを備えている。電源電圧が低下あるいは記憶装置容量の限界に達した場合は自動的に測定を停止し電源を切断する。データ収集後 PC と接続し保存したデータを読み出せる。

電源 単三アルカリ電池 30本 6段 9V

キーワード: ラドン, 海底, 長期連続計測, NaI

Keywords: Radon, sea floor, long-term measurement, NaI

複数ブイを用いた海底地殻変動観測のためのMEMS-gyroのタイムスタンプ実験 Time stamp experiment of MEMS-gyro for the observation of seafloor crustal deformation using multi-buoy system

向山 遼^{1*}; 生田 領野¹; 田所 敬一²; 永井 悟²; 渡部 豪²

MUKAIYAMA, Haruka^{1*}; IKUTA, Ryoya¹; TADOKORO, Keiichi²; NAGAI, Satoru²; WATANABE, Tsuyoshi²

¹ 静岡大学理学研究科, ² 名古屋大学大学院環境学研究科地震火山センター

¹ Graduate school of science, Shizuoka University, ² Earthquake research center, Graduate school of environmental study, Nagoya University

現在、名古屋大学と静岡大学の研究グループはGPS/音響方式の海底地殻変動観測のさらなる精度向上のため、複数のブイによる新たな観測手法の開発を行っている。この手法では、現行の観測で船が担っている役割を全て係留したブイに任せている。ブイの位置をGPSで決定し、ブイの底部にあるトランスデューサから音波を海底局に向かって送り、音波が海底局から戻ってくるまでの往復走時を計測する。往復走時の半分の片道走時に海中の音速を掛けて、海底局までの距離を推定している。2012年11月に静岡県駿河湾で初めて複数ブイの観測を行った。観測結果を解析すると、走時残差のばらつきが約0.2msと大きくなった(向山ほか2013JPGU)。近似計算から、この誤差は波に揺られて変化するブイの姿勢を測定していなかったため生じたものだと考えられる。そこで、2013年11月の駿河湾で行われた複数ブイの観測では、ブイの姿勢を測定するMEMS-gyroの導入を行った。使用したMEMS-gyroはCrossbow社のNAV-440CAである。海底地殻変動観測における姿勢測定には、いつその姿勢だったのかという時刻の情報が重要である。MEMS-gyroの時刻情報は付属しているGPSから得ているものであるが、その精度がどの程度正確なのかは不明である。そこで、GPSアンテナとMEMS-gyroを同じ回転台の上に乗せて回転運動させ、GPSアンテナの座標から計算した中心角とMEMS-gyroで測定された中心角の相互相関をとり、GPSの時刻とMEMS-gyroの時刻の差を求める実験を行った。具体的には1時間間隔で回転台を手動で3分間回転させる実験を3セット行った。この結果、GPSの時刻よりもMEMS-gyroの時刻の方が速いことが分かった。3セットのうち初めの2回はGPSとMEMS-gyroの時刻の差が約38msと安定していたが、最後の3セット目では、58msと初めの2回よりも時刻の差が大きくなった。また、GPSアンテナとMEMS-gyroの角度の差を求めると、初めの2回は90度と安定していたが、最後のセットでは85度と異なる値となった。前2回と最後のセットとの違いは、回転台を動かした速度である。回転運動の速度が大きくなるとMEMS-gyroがうまく反応できない可能性があることが分かった。回転速度が大きくなった時に時刻の差に違いが生じた原因を探るため、①MEMS-gyroの角速度のカットオフ周波数と重力補正のための角速度閾値を変化させた時に、GPSとMEMS-gyroの時刻の差がどう変化するか、②回転運動の速度を制御した時にどの程度の速度でGPSとMEMS-gyroの時刻の差に違いが生じるのかの2点について追実験を行ったのでその結果も報告する。

キーワード: 海底地殻変動観測, ブイ, GPS, MEMS-gyro, タイムスタンプ, 回転実験

Keywords: Seafloor crustal deformation, buoy, GPS, MEMS-gyro, Time stamp, Rotation experiment

DONET データを用いた海洋重力波の 3 年にわたる観測 Three year observations of ocean infragravity waves by broadband seismometers and pressure gauges of Japanese seafloor n

東野 陽子^{1*}; 西田 究²; 深尾 良夫¹; 藤 亜希子¹; 高橋 成実¹
TONO, Yoko^{1*}; NISHIDA, Kiwamu²; FUKAO, Yoshio¹; TO, Akiko¹; TAKAHASHI, Narumi¹

¹ 海洋研究開発機構, ² 東京大学地震研究所
¹JAMSTEC, ²ERI

海洋重力波 (IG 波) は、数分の周期と 10 数 km の波長を持つ長周期の波である。本研究では、南海トラフに設置されている DONET のデータのうち、広帯域地震計上下動記録と圧力計記録を用いて、IG 波の検出を試みた。アレー解析の一つであるスラントスタックの手法を用いて 1 日ごとの卓越する IG 波を検出し、3 年間の変化を見た。IG 波のシグナルは海底変動と圧力変動が非常に良く一致しており、伝播速度は観測点の設置している海底の深さ 2000m で予測される理論速度に一致している。シグナルの強さは方位によって大きく異なる。台風のような嵐のような天候の日を除くと、IG 波は東南方向から伝播してくる波、つまり、南海トラフの東南側の深い海を伝播し、トラフを横切る波が最も卓越する。最大振幅をもつ IG 波の到来方向は日によって南南東と東南東に別れる。南南東の到来方向を持つ波は東南東から伝播してくる波に比べ、より深い海を伝播するため長周期成分が卓越している。IG 波の振幅は季節変化を示し、冬に高く夏に低い値をとる。台風の影響を見ると、台風の進路方向から入って来る波と、その波が海岸線で反射し海岸線と南海トラフを通る北東?東北東方向から来る波が生じているのが分かる。このような場合、北東?東北東方向からくる波の方が強い振幅を示すことが多く見られた。

キーワード: 海洋重力波, 南海トラフ, DONET
Keywords: Infragravity wave, Nankai Trough, DONET

AUV 観測による海底地形データを用いた船観測による海底地形変動推定の空間分解能・誤差評価 Evaluation of resolution and estimation error of vessel-based seafloor displacement observation using AUV bathymetry

富士原 敏也^{1*}; 正木 裕香¹; 山本 富士夫¹
FUJIWARA, Toshiya^{1*}; MASAKI, Yuka¹; YAMAMOTO, Fujio¹

¹ 海洋研究開発機構
¹JAMSTEC

調査船によるマルチナロービーム音響測深の海底地形調査は、あらゆる海底調査の基本情報として行われており、近年では地球科学的に重要な海域には既存データが存在する機会が多い。それゆえに、海底火山噴火、海底地すべりや海溝型巨大地震が起こった後に海底地形調査が行われ、以前の地形との差を調べることで、海底地形のダイナミックな変動が報告されるようになった [e.g. Fujiwara et al., Science 2011]。これらの研究において、地形変動解値の不確かさを確認しておくことは重要であるが、しかし、それは必ずしもよくわかっていない。なぜなら、空間分解能、測深精度に制限のある海底地形データ同士を比較するためである。船（海面）からの計測では、水深（海底と測深機との距離）が音響測深の空間分解能と精度を決める大きな要因であり、水深に応じて空間分解能と測深精度が低下する。自律型無人探査機（AUV）による海底地形調査では、AUV が海底に近づいて計測することにより、高空間分解能、高測深精度の地形データが得られる。そこで本研究では、船と AUV 調査が行われている沖繩トラフ伊平屋北海丘海域の海底地形データを用いて、船観測による海底地形変動推定に関する空間分解能・誤差評価を行った。

AUV「うらしま」による海底地形調査は、2007年5月の「よこすか」YK07-07 航海で行われた [山本ほか, 海洋調査技術学会・第21回研究成果発表会 2009]。マルチナロービーム音響測深機は SEABAT 7125 である。調査船「よこすか」による調査は、2006年7月18日から24日にかけて YK06-09 航海で行われ、音響測深機 SeaBeam 2112 により計測した [Masaki et al., JAMSTEC R&D 2011]。「よこすか」は調査域を各々の一定速度で6回通過して海底地形データを取得した。本研究では各測線をそれぞれ1回の調査データとして用いる。ビーム方角（鉛直線と音波ビームの成す角）は調査域内で40°以内である。

「うらしま」計測による海底地形を見ると、調査域の地形は西側が山地（最浅約870m）、東側は盆地（最深約1070m）になっており、水深の平均・中央値は1010mである。山腹付近に直径約30m、比高約10-20mの熱水チムニーマウンド群が確認でき、その形状と詳細な分布が明らかになった。水深が増すと音波ビームが海底面に投影された範囲（フットプリント）が大きくなり、測深値はフットプリント内の地形に影響され平滑化されるため、大きなフットプリントでは海底地形の空間分解能が低下する。水深1000mでの「よこすか」の計測では、35×35m~43×55mのフットプリントの大きさになる。船の海底地形データでは、フットプリント以下の規模の地形、例えば熱水チムニーマウンド群の存在は捉えることができない。また地形の形状は測深点分布と測深値のばらつきに影響されており、各測線の調査で少しずつ差がある。「うらしま」データを「真」の地形と見立てて「うらしま」と「よこすか」の測深差を調べると、測深差は平均値の周りに正規分布に近いばらつきを示し、その標準偏差は2.67-3.08mであった。したがって、「よこすか」データの測深精度は水深の約0.2-0.3%とみなせる。

AUV 海底地形データを用いて船の海底地形データを模造し、よって測深値の確度の場所による違いがない、測深点に位置誤差がない条件で、変動“前後”の比較による海底地形変動の推定試験を行った。船計測のフットプリントを考慮して平滑化した「うらしま」地形を、「よこすか」調査の測深点位置で抽出した。その抽出値に正規分布 ($\sigma=3$ m) に従う乱数を足し合わせ、変動“前”海底地形データを作成した。次に「うらしま」データの緯度・経度位置を一様に動かして、水平地形変動を模擬する。その「うらしま」データを平滑化し、別の「よこすか」調査の測深点位置で抽出し、正規乱数を足して、変動“後”データを作成した。水平地形変動の推定には、Fujiwara et al. [2011] の方法を用いた。その結果、水平地形変動推定値の精度は、与えた測深値のばらつき (σ) 程度であることがわかった。実際の観測に引きなおすと、水平地形変動推定値の精度は、測深精度（水深の約0.2-0.3%）程度と考えられる。上下地形変動の模擬には、海底地すべりを模したような地形の凸凹を「うらしま」データに加えた。結果、地形変動が約150m以上の水平規模あるとき、与えた測深値のばらつき以上の高低差があれば、識別できることがわかった。実際の観測に引きなおすと、フットプリントの数倍程度の水平規模、測深精度以上の高低差があれば、上下地形変動が識別できると考えられる。

キーワード: マルチナロービーム音響測深, 海底地形変動, 伊平屋北海丘, AUV うらしま, 調査船よこすか
Keywords: Multi-narrow beam bathymetry, seafloor displacement, Iheya-North knoll, AUV Urashima, R/V Yokosuka

第一奄美海丘における AUV を用いた海底地形調査と熱水性プルームの発見 Bathymetric survey and discovery of hydrothermal plume in the Daiichi-Amami Knoll using autonomous underwater vehicle

南宏樹^{1*}; 小原 泰彦²
MINAMI, Hiroki^{1*}; OHARA, Yasuhiko²

¹ 海上保安庁海洋情報部海洋調査課, ² 海上保安庁海洋情報部海洋研究室

¹Hydrographic Surveys Division, Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard, ²Ocean Research Office, Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard

琉球弧の火山フロント上には多数の火山地形が海底に存在する。奄美大島の北西沖 70km の海底の第一奄美海丘もその一つである。同海丘においてこれまで詳細な海底地形調査は行われておらず、その形状や大きさの詳細は不明であった。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、詳細な海底地形が明らかになるとともに、同海丘の海底から熱水噴出が存在する可能性が高いことを発見した。

1. 調査手法

調査は 2013 年 8 月から 9 月にかけて、海上保安庁の測量船「拓洋」及び同船搭載の 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で概査を実施し、その後、AUV「ごんどう」搭載のマルチビーム音響測深機及びサイドスキャンソナーで詳細な調査を実施した。

2. 海底地形

拓洋の調査により、第一奄美海丘は火山性の高まりであることが明らかになった。頂部には平坦な面と直径約 1.6 km のカルデラや複数の中央火口丘が存在する。また中央火口丘の近くには周囲から 40 m 程度深くなっている火口状の凹地が存在する。海丘の比高はおよそ 500-700 m であり、頂部の最浅所の水深は 245 m であった。

3. 熱水性プルーム

拓洋が取得したマルチビーム音響測深機のウォーターカラムデータを解析した結果、頂部の火口状の凹地に非常に明瞭な熱水性プルームが音響的に確認された。熱水性プルームは凹地の縁で特に明瞭であった。一部の熱水性プルームは水深約 350 m の海底から海面近くまで明瞭に表れていた (目視では海面に変色水等の異常は確認されなかった)。また凹地だけでなく付近の火口丘の斜面からも熱水性プルームは確認された。凹地に AUV「ごんどう」を潜航させ、海底からの高度 40-50 m で詳細な調査を行った結果、プルームの湧出地点付近の海底には小さな凹地が多数分布していることが判明した。更にサイドスキャンソナーの音響画像も AUV 直下の熱水性プルームの存在を音響的に明瞭に捉えた。

4. 水温

凹地において AUV「ごんどう」が海底からの高度 40-50 m で水温を観測したところ、明瞭な温度上昇は見られなかったが、測量船「拓洋」の XBT による観測では、海底付近において温度差 2℃を超える水温の上昇が見られた。熱水性プルームが音響的に確認されたことを併せて考えると、第一奄美海丘において熱水が噴出している可能性が高い。

5. 調査の意義

本調査では、測量船による概査、AUV による精査と段階を追って、沖縄トラフの火山フロント上にある海丘の地形の詳細及び熱水性プルームの存在を明らかにした。熱水性プルームの発見は、海底熱水鉱床や化学合成生態系が存在する可能性を示しており、海底資源確保の観点からも重要である。また得られた詳細な海底地形は科学的調査や資源探査等の基盤となる情報であり、本調査は、海丘の活動史・成因の理解、海底資源確保に向けた今後の海底調査の第一歩といえる。

キーワード: 第一奄美海丘, 海底火山, プルーム, AUV, 海底地形

Keywords: Daiichi-Amami Knoll, submarine volcano, plume, AUV, bathymetry

伊豆小笠原弧ベヨネース海丘の地形・地質およびテクトニクスと黒鉱型鉱床胚胎の要因 Topography, geology, tectonics and ore deposit of the Bayonnaise knoll caldera, Izu-Ogasawara arc

本荘 千枝^{1*}; 浦 環¹; 浅田 昭³; 金岡 秀³; 永橋 賢司³

HONSHO, Chie^{1*}; URA, Tamaki¹; ASADA, Akira³; KIM, Kangsoo³; NAGAHASHI, Kenji³

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 九州工業大学社会ロボット具現化センター, ³ 東京大学生産技術研究所海中工学国際研究センター

¹ Atmosphere and Ocean Research Institute, The University of Tokyo, ² Center for Socio-Robotic Synthesis, Kyushu Institute of Technology, ³ Underwater Technology Research Center, Institute of Industrial Science, The University of Tokyo

伊豆小笠原弧の火山フロントではこれまでに、明神海丘カルデラ、明神礁カルデラ、スミスカルデラ、水曜海山、海形海山などの複数の火山で海底熱水活動が確認されている。これらに対し、背弧リフト帯において唯一確認されている熱水域が、ベヨネース海丘カルデラの白嶺サイトである。我々は、白嶺熱水域周辺で行われた深海巡航探査機「うらしま」による深海マルチビームおよびサイドスキャン観測の結果から、ベヨネース海丘カルデラの地形・地質およびテクトニクスと白嶺鉱床胚胎の要因について考察した。

調査域であるカルデラの南側半円部分（東西×南北幅＝約 3km × 2km）の主な地形要素は、外側から、山体斜面および急峻なカルデラ壁、平坦なカルデラ底、3つのピークを持つ中央火口丘とそれらが取り囲む中央凹地である。精密海底地形図からは、カルデラ壁南東部ではすでに大規模な斜面崩壊が発生し、その崩壊斜面上に白嶺鉱床が分布していること、また、対するカルデラ壁南西部では現在斜面崩壊が進行中で、今後南東部と同程度の崩壊が予想されることなどが窺える。また中央火口丘の本体である東部の山体は、頂部に小さい平坦面を持つドーム状の形状を持ち、熔岩円頂丘と推測される。ドームの上部は凹凸に富む凸形斜面、下部は滑らかで等齊～凹形斜面からなるが、北東斜面は上部から下部まで比較的単調な平板状であり、大規模な崩壊のあったことが窺われる。また、カルデラ底の西部には大小7つの円形の凹地が北西～南東方向に連なっており、これら凹地の周囲には火山性碎屑物の飛散・堆積によると思われる緩斜面があることなどから火口列と推測され、北東～南西方向の伸張場であることを示唆している。

カルデラ全体の地形観測に加え、白嶺熱水サイトの特徴を数値化し抽出するため3つの解析を行った。サイドスキャン画像については、GLCM (Gray-Level Co-Occurrence Matrix) を用いてテクスチャを数値化し、クラスタ分析により底質分類を行った。白嶺サイトは、高いエントロピーと低い同質性 (homogeneity) を特徴とする1グループに明瞭に分類され、中央火口丘本体（東山体）の上部および東～北東斜面の広い部分も同グループに分類された。同グループは他に、中央火口丘南山体の上部、白嶺サイト北東のカルデラ壁斜面、崩壊微候のあるカルデラ壁南西部、火口列凹地周辺などにも分布している。マルチビーム測深データについては、白嶺サイトに見られるチムニー・マウンド様の微地形を抽出するため、波数フィルターを用いて短波長地形が卓越するエリアを調べた。また、白嶺サイトのマルチビーム反射強度画像には、チムニーからの反射と思われる特徴的な斑状模様が確認され、同じく波数フィルターを用いて斑状模様の分布を求めた。これらの解析で得られた白嶺サイトと似た特徴を持つエリアは主に、白嶺サイト～中央火口丘～火口列というカルデラを南東～北西方向に横断するゾーンに分布する。

伊豆小笠原弧リフト帯はセグメント化した凹地が南北に連なって構成されており、ベヨネース海丘が位置するのは、北明神リフトと呼ばれる、南北にやや長い長径約 20km の楕円型凹地の北東縁部である。本研究で示されたカルデラ内の火口列の走向、熱水又は火山性微地形の分布、顕著な斜面崩壊域の分布は、カルデラを南東～北西方向に横切る北明神リフトの円周上にあり、同リフトが環状の断層構造を持つ可能性を窺わせる。北明神リフトの周囲には、ベヨネース海丘を含め7つの海丘が凹地を取り囲むように分布しており、現在熱水活動が確認されているのはベヨネース海丘のみであるが、陥没地形の環状断層上に酸性岩からなる火山体があり、火山体の中に鉱床が存在するという構造は、秋田県北鹿地域における地質構造と黒鉱鉱床分布との関係とよく似ている。ベヨネース海丘白嶺サイトは同地域の鉱床生成当時の姿であるかもしれない。

キーワード: 海底熱水鉱床, 伊豆小笠原リフト帯, マルチビーム, サイドスキャン, GLCM, 黒鉱鉱床

Keywords: hydrothermal deposit, Izu-Ogasawara rift, multibeam sonar, side scan sonar, GLCM, Kuroko deposit

南部マリアトラフ内スネイル熱水サイトの比抵抗構造 Electrical resistivity structure of the Snail site at the Southern Mariana Trough spreading center

松野 哲男^{1*}; 木村 真穂²; 島 伸和²
MATSUNO, Tetsuo^{1*}; KIMURA, Maho²; SEAMA, Nobukazu²

¹ 国立極地研究所, ² 神戸大学

¹National Institute of Polar Research, ²Kobe University

The electrical resistivity of the oceanic crust is sensitive to the porosity of the crust and the fluid temperature within crustal fractures and pores. The spatial variation of the crustal porosity and the fluid temperature that is related to a hydrothermal circulation can be deduced by revealing an electrical resistivity structure of the oceanic crust involving a hydrothermal site. We carried out a magnetometric resistivity experiment using an active source to reveal an electrical resistivity structure of the oceanic crust at the Snail site on the ridge crest of the Southern Mariana Trough. Active source electric currents were transmitted along and across the ridge axis in a 4000 m² area including the Snail site. Five ocean bottom magnetometers were deployed around the Snail site as receivers to measure the magnetic field induced by the transmission of the active source electric currents. The amplitude of the induced magnetic field was calculated by maximizing data density and the signal to error ratio in the data, and locations of the transmissions were determined using several types of calibration data. An optimal 1-D resistivity structure of the oceanic crust, averaged over the experimental area, was deduced by least squares from the data of the amplitude of the magnetic field and the location of the transmission. After calculating magnetic field anomalies, which are deviations of the observed amplitude from the prediction of the optimal 1-D resistivity model, an optimal 3-D resistivity structure was deduced from the magnetic field anomalies through trial and error 3-D forward modeling. The optimal 1-D resistivity structure is a two-layer model, which consists of a 5.6 Ω-m upper layer having a 1500 m thickness and a 0.1 Ω-m underlying half-space. Using Archie's law and porosity profiles of the oceanic crust, the resistivity of 5.6 Ω-m at depths ranging from 800 to 1500 m suggests the presence of high-temperature fluid related to the hydrothermal circulation. The resistivity of 0.1 Ω-m below 1500 m depth may represent a magma mush that is a heat source for the hydrothermal circulation. The optimal 3-D resistivity structure includes a conductive anomaly (0.56 Ω-m in approximately 300 m² area down to 400 m depth) just below the Snail site, two resistive anomalies (56 Ω-m with slightly larger volumes than the conductive anomaly) adjacent to the conductive anomaly on the across-ridge side, and three conductive anomalies away from the Snail site. The conductive anomaly just below the Snail site suggests hydrothermal fluid, and the adjacent resistive anomalies suggest areas of low porosity. The size and distribution of the conductive and resistive anomalies near the Snail site constrains the size and style of the hydrothermal circulation.

Keywords: electrical resistivity structure, temperature and porosity, oceanic crust, hydrothermal circulation, magnetometric resistivity method

反射法地震探査による伊豆小笠原島弧前弧域の形成初期構造イメージング Crustal Imaging of initial structure in Izu-Ogasawara forearc region obtained by seismic reflection survey

山下 幹也^{1*}; 野 徹雄¹; 佐藤 壮¹; 小平 秀一¹; 高橋 成実¹; 三浦 誠一¹; 石塚 治¹
YAMASHITA, Mikiya^{1*}; NO, Tetsuo¹; SATO, Takeshi¹; KODAIRA, Shuichi¹; TAKAHASHI, Narumi¹; MIURA, Seiichi¹; ISHIZUKA, Osamu¹

¹ 海洋研究開発機構

¹JAMSTEC

島弧進化を理解する上で地殻改変過程を知ることは重要である。その地殻改変を理解するためには初期の島弧地殻の状態を明らかにする必要がある。伊豆小笠原島弧は島弧進化過程を知る最も適した場所であるとされ数多くの岩石学的・地球物理学的研究が行われてきた。これまでの岩石学的研究により伊豆小笠原島弧の最も海溝に近い場所に形成初期の岩石が分布していると言われており、海洋底掘削により gabblo から forearc basalt, boninite に至る地質情報を得ることで、伊豆小笠原島弧における地殻改変過程を知ることが可能になる。そこで本研究ではこの掘削を実現するためにこれまで潜航調査で boninite や forearc basalt が得られている地点周辺で地震探査を行い、島弧の初期構造における 3 次元的速度構造と浅部反射構造を得ることが目的である。海洋研究開発機構では深海調査研究船「かいらい」を用いた 2011 年 1 月～3 月の KR11-01 および KR11-05 航海において反射法地震探査を実施し、南北方向の基盤の凹凸や薄い堆積層が確認できた。しかし東北地方太平洋沖地震で中断となったため、2014 年に予定されている掘削に向けた掘削点の審査に必要な東西測線の取得ができなかった。そのため、2013 年 4 月の KR13-07 航海において IBr11 および IBr11n の 2 つの東西測線を設定し、データ取得を行った。IBr11 測線は四国海盆から西之島トラフ、金曜海山、小笠原トラフ、智島北方の小笠原海嶺を横断する測線である。IBr11n 測線は IBr11 測線の北側に平行する形で掘削点候補点を横断するように設定した。調査仕様は従来と共通である。得られた結果から掘削候補点周辺の空間的な火山性堆積物の分布や基盤の拡がりが見ら became clear. 掘削点直下では基盤を含めた 4 つのユニットに分類することができ、海底調査との比較からユニット I・II は火山碎屑堆積物、ユニット III が basalt, ユニット IV が gabblo/peridotite と推測される。また金曜海山北側では堆積層全体が西に傾動した構造や、小笠原海嶺では隆起によると思われるブロック状に変形した構造が確認された。本講演では掘削点近傍の空間的構造を示すとともに、本調査域における背弧～前弧までの特徴について南北との比較を議論する。

キーワード: 反射法地震探査, 伊豆小笠原前弧, 島弧初期構造

Keywords: MCS survey, IBM forearc, initial arc structure

中部伊豆弧, 第四紀玄武岩の島弧横断方向変化 - 明神火山及び明神リフト, 青ヶ島リフトの例 -
Across-arc geochemical variation of Quaternary Basalts dredged from central part of Izu-arc

吉田 尊智^{1*}; 岡村 聡¹; 坂本 泉²; 足立 佳子³; 池田 保夫⁴; 新城 竜一⁵; 菅原 誠⁶
YOSHIDA, Takanori^{1*}; OKAMURA, Satoshi¹; SAKAMOTO, Izumi²; ADACHI, Yoshiko³; IKEDA, Yasuo⁴; SHINJO, Ryuichi⁵; SUGAWARA, Makoto⁶

¹北海道教育大学札幌校, ²東海大学海洋学部, ³新潟大学研究推進機構超域学術院, ⁴北海道教育大学釧路校, ⁵琉球大学理学部, ⁶三菱マテリアルテクノ株式会社

¹Hokkaido University of Education Sapporo, ²Tokai University, ³Niigata University, ⁴Hokkaido University of Education Kushiro, ⁵Ryukyuu University, ⁶Mitsubishi Materials Techno Corporation

伊豆・小笠原弧は、フィリピン海プレートの東縁に位置し、本州中部域から南方に約 1200km、幅 400km の広がりを持つ東北日本弧に匹敵する大きさを持った島弧である(西村・湯浅 1991)。島弧は全体として海面下に顔を隠しており、北部では伊豆大島や三宅島に代表される火山フロント(VF: volcanic front)の火山島が海面上に見られるが、南にいくにつれ VF 火山も海面下に没する。VF のすぐ西側には、VF にほぼ平行に伸び、急崖で囲われた幅 20-30km の凹地状地形を示す活動的背弧リフト帯(AR: active rift)が存在する。Ishizuka et al. (2003b) による火成岩の Ar-Ar 年代データから 1Ma 以降の新しい火成活動は、VF と AR にのみ限定される。本研究では、伊豆弧の第四紀 VF の明神火山、同火山の西方に存在する AR の明神リフト及び青ヶ島リフトからドレッジによって採取された玄武岩の地球化学的データを報告する。本研究の玄武岩は、海溝からの距離とともに Ba/La 比, Sr, Nd, Hf 同位体比が減少する一方で、(La/Sm) N 比の増加する明瞭な島弧横断方向の化学組成変化を示す。微量元素比, Sr, Nd, Hf 同位体比の特徴から VF 玄武岩は、沈み込むスラブからマントルウェッジへ aqueous fluid が付加した結果 flux melting が引き起こされ発生したと考えられる。一方で、AR 玄武岩は、含水スラブの部分溶融による supercritical melt (e.g. Kessel et al. 2005) がマントルウェッジへ付加したことによる flux melting の結果もたらされたと結論付けられる。VF 玄武岩に含まれるカンラン石中のクロムスピネルの化学組成(Cr#=0.75 程度でマントルと平衡)から VF 玄武岩と共存した融け残りマントルは、ダナイトと推定される。同様にクロムスピネルの組成から、AR 玄武岩では、海溝からの距離とともに部分溶融度は低下することが示唆される。Tollstrup et al. (2010) は四国海盆拡大後の島弧火成活動のうち背弧雁行海山列(WS: western seamount chain)、及び背弧海丘群(BAK: back-arc knolls)の玄武岩の成因には supercritical melt, AR および VF の玄武岩の成因には aqueous fluid の寄与があったと結論付けており本研究と結論を異にする。彼らの議論において活動年代と火成活動範囲は考慮されておらず、WS および BAK の活動の際に玄武岩の発生に寄与したと考えられる supercritical melt は現在の活動には関与しないことになる。Bryant et al. (2003) によって、15Ma 以降 VF の玄武岩の活動が続いていることが明らかになっており、Ishizuka et al. (2003b) が示した WS, BAK の活動範囲が活動年代と共に東進することは、現在に向かって島弧火成活動の幅が狭くなっていったことを意味する。本研究での VF と AR の玄武岩の発生に関与するスラブ流体の違いは、15Ma から 3Ma の間にスラブ沈み込み角度が 30 度から 45 度に変化した(Honda et al., 2007) ことによって supercritical melt の発生位置が東進し、かつて WS, BAK の活動に関与したとされる supercritical melt が現在では AR の玄武岩発生に寄与しているとする考えと調和的である。

キーワード: 玄武岩, 伊豆・小笠原弧, 島弧横断方向変化, 明神礁, 明神リフト, 青ヶ島リフト

Keywords: basalt, Izu-Bonin arc, geochemical across-arc variation, Myojin seamount, Aogasima rift, Myojin rift

明神火山周辺から採取された酸性岩の多様性 - 伊豆弧の島弧地殻の不均質 - The variety of silicic rocks around the Myojin volcano, central Izu-Bonin arc

吉田 尊智^{1*}; 岡村 聡¹; 坂本 泉²; 足立 佳子³; 池田 保夫⁴; 新城 竜一⁵; 菅原 誠⁶

YOSHIDA, Takanori^{1*}; OKAMURA, Satoshi¹; SAKAMOTO, Izumi²; ADACHI, Yoshiko³; IKEDA, Yasuo⁴; SHINJO, Ryuichi⁵; SUGAWARA, Makoto⁶

¹北海道教育大学札幌校, ²東海大学海洋学部, ³新潟大学研究推進機構超域学術院, ⁴北海道教育大学釧路校, ⁵琉球大学理学部, ⁶三菱マテリアルテクノ株式会社

¹Hokkaido University of Education Sapporo, ²Tokai University, ³Niigata University, ⁴Hokkaido University of Education Kushiro, ⁵Ryukyuu University, ⁶Mitsubishi Materials Techno Corporation

伊豆・小笠原弧は、フィリピン海プレートの東縁に位置し、本州中部域から南方に約1200km、幅400kmの広がりを持つ東北日本弧に匹敵する大きさを持った島弧である(西村・湯浅1991)。火山フロント(VF)のすぐ西側には、VFほぼ平行に伸び、急崖で囲われた幅20-30kmの凹地状地形を示す活動的背弧リフト帯(AR)が存在する。VFの大島や三宅島は主に玄武岩を噴出してきたことがよく知られている一方で、伊豆・小笠原弧には、神津島や新島、明神礁に代表され、噴出相の大部分が珪長質岩石から成る火山が存在する(Tamura et al., 2009)。近年、伊豆・小笠原弧中部域では、島弧地殻の物理探査が行われ、VF下の地震波構造によるモホ面の深さは20kmで、本島弧の下にはP波速度が6.0-7.0km/sの層が広がっていることが明らかとなった(e.g. Suyehiro et al., 1996)。P波速度が6.0-7.0km/sに対応する岩石種は、神縄断層で本州弧に衝突している丹沢コンプレックスやVFの火山岩中に捕獲岩として含まれるトータル岩の地震波伝播速度が最も類似することから6.0-7.0km/s層はトータル岩質の深成岩から構成されていると推定されている(Suyehiro et al., 1996)。本研究では、大陸地殻形成との関連性が示唆される伊豆弧の酸性火成活動について検討することを目的として、中部伊豆弧のVF火山である明神山及び活動的背弧リフトの明神リフトから採取された酸性岩の岩石学的考察を行う。本調査地域に産する酸性岩は、横軸にZr、縦軸にZr/Y比をとった図によって大きく3つのグループに大別される。本研究では、Zr/Y比の低いtype 1、Zr/Y比が中程度のtype 2、Zr/Y比の高いtype 3に分類した。同一の採取地点から種々の組み合わせで複数種の酸性岩が産することがあり複雑なマグマ発生条件が示唆される。type 1は主としてVFに産出し、一部ARのVF寄りの2地点においても採取された。type 2はVFからARにかけて広く産出しtype 3はARにのみ産出する。

type 1は、低いZr/Y比、高Ba含有量で特徴づけられ、Sr, Nd同位体比においてVF玄武岩と同様の特徴を示すが、Hf同位体比において同地域のVF玄武岩と異なり、むしろVF火成岩中の苦鉄質岩ゼノリスと同様の同位体比を持つ。type 2は、東経139度47分を境に性質が変化する。VF及びVF寄りのARから産するtype 2は、中程度のZr/Y比、低Ba含有量で特徴づけられ、四国海盆拡大後の火成岩と異なった同位体比特徴を持つ。一方、より背弧域のtype 2は、軽希土類に富み、VFのtype 2に比べ低いSr同位体比、高いNd, Hf同位体比を持つ。type 3は、高いZr/Y比、低いBa含有量で特徴づけられ、Sr, Nd同位体比においてAR玄武岩と同様の特徴を示すが、Hf同位体比において同地域のVF玄武岩と性質が異なる。さらに四国海盆拡大後の火成岩、AR玄武岩及び前弧域のODPボーリングコアの火成岩(Straub et al., 2010)とも同位体比特徴を異にする。

3タイプの酸性岩は、Na₂O vs ASIの図において玄武岩質起源物質の部分溶融実験のデータ(e.g. Sisson et al., 2005)との整合性が高く、玄武岩質の下部地殻の溶融物であることが示唆される。しかし、本研究の流紋岩と同じ地点から採取された玄武岩とは全てHf同位体比組成が異なり、起源物質として考えることができない。そのため、現伊豆弧で活動する全てのタイプの酸性岩は、過去の活動によって形成された島弧地殻物質の再溶融によって形成されていると考えられる。type 1は、VF火成岩中に含まれる苦鉄質岩ゼノリスと同様のSr, Nd, Hf同位体比を示すことから15Ma以降続くVF玄武岩の活動(Bryant et al., 2003)によって形成された古い下部地殻の部分溶融によってもたらされたと考えられる。type 2は漸新世のタービダイトと性質が類似するが、type 2のうち背弧域のARに産するものは、Hf同位体比が明瞭に高く、Hf同位体比が高いことで特徴づけられるフィリピン海プレートの影響を受けていると考えられる。type 3と同様の同位体比特徴を持つ地球化学的データは、前弧域のODPのボーリングコアの研究においてこれまで報告されておらず、背弧域特有の起源物質の存在を示唆する。type 3の起源物質の検討には、今年の3月から始まるIODPのプロジェクトによる伊豆弧背弧域における掘削での地球化学的データの蓄積が期待される。本研究では、同一地点において多様な酸性岩が再溶融によって産出することに加え、一部フィリピン海プレートの影響を受けたものが存在することが明らかになった。そのため現伊豆弧下の島弧地殻は、フィリピン海プレートを基盤として約50Ma続く島弧火成活動に起因するマグマのアンダープレATINGによってパッチ状に地殻物質の不均質が存在する可能性が高い。

キーワード: 酸性岩, 伊豆・小笠原弧, 明神火山, 明神リフト, 青ヶ島リフト
Keywords: acidic rock, Izu-Bonin arc, Myojin volcano, Myojin rift, Aogashima rift

大陸棚調査で判明した小笠原海台の速度構造的特徴 General remarks of velocity structures of the Ogasawara Plateau, revealed by the Continental Shelf Survey of Japan

金田 謙太郎¹; 西澤 あずさ^{1*}; 及川 光弘¹; 森下 泰成¹

KANEDA, Kentaro¹; NISHIZAWA, Azusa^{1*}; OIKAWA, Mitsuhiro¹; MORISHITA, Taisei¹

¹ 海上保安庁海洋情報部

¹JHOD

大陸棚調査の一環として、2004-2008 年の間、海上保安庁は日本の南方海域において地殻構造探査を実施してきた。この間に調査した総探査測線数は約 100 本におよび、これらの解析結果からは、日本周辺海域の多様性に富んだ地殻・マン托ルの速度構造が明らかになり、国連大陸棚委員会への延長大陸棚申請の貴重な資料となったばかりでなく、地球科学的にも貴重なデータとなった。これらのデータを基に作成した我が国の延長大陸棚申請は 2008 年 11 月に提出され、2012 年 4 月には、国連が日本の延長大陸棚を認める勧告を發出している。本大会では、我が国の延長大陸棚として認められた海域の一つである小笠原海台海域に焦点を当て、これまでに海上保安庁が地殻構造探査で取得した当海域の速度構造をまとめ、判明した小笠原海台の構造的特徴について言及する。

大陸棚調査による大規模な地殻構造探査が開始される前までは、小笠原海台の構造はほとんど解明されていなかったが、10 を超える測線において海底地震計を使用した屈折法地震探査及びマルチチャンネル反射法地震探査を実施した結果、1) 太平洋プレート上に位置する小笠原海台はマリアナ海溝、伊豆・小笠原海溝を越え、フィリピン海プレートに衝突している、2) 小笠原海台の地殻の最大厚は約 25 km 程で、伊豆・小笠原弧とほぼ同等の地殻の厚さを持つ、3) 小笠原海台南東方に広がる平坦な大洋底では、広範囲に渡り、下部地殻内に低速度構造が存在している、といった小笠原海台の特徴的な地殻構造が明らかになった。

その後、構築した速度構造モデルが MCS プロファイルの記録と整合的になるよう両者を重ね合わせて構造を検討し、地殻やマン托ル内からの様々な反射波・後続波を用い、より詳細な速度構造モデルを取得できるよう再解析を実施したところ、1') 小笠原海台とフィリピン海プレート (母島海山) との境界面の構造、2') 小笠原海台形成時のアンダープレートティングに起因していると考えられる、海台直下に認められるマン托ル内反射面の構造、3') 海台南東部に広がる低速度構造のより詳細な分布を確認することができた。

キーワード: 地殻構造, 小笠原海台, 大陸棚調査, 地震探査

Keywords: velocity structure, Ogasawara Plateau, seismic experiment

北西太平洋の深海底における音響特性評価 Acoustic characterization of abyssal plain, northwestern Pacific region

沖野 郷子^{1*}; 本荘 千枝¹; 町田 嗣樹²; 及川 光弘³; 中村 謙太郎⁴
OKINO, Kyoko^{1*}; HONSHO, Chie¹; MACHIDA, Shiki²; OIKAWA, Mitsuhiro³; NAKAMURA, Kentaro⁴

¹ 東京大学大気海洋研究所, ² 早稲田大学創造理工学部, ³ 海上保安庁海洋情報部, ⁴ 東京大学工学系研究科
¹AORI, The University of Tokyo, ²School of Creative Science and Engineering, Waseda University, ³Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard, ⁴School of Engineering, The University of Tokyo

The old seafloor covered by pelagic sediment has not attracted large scientific attention and remained untouched for many years, however, the recent studies on intra-plate volcanism as well as the increasing interest in deep-sea natural resources focus spotlight on the abyssal plains. We analyzed the multi-beam bathymetry, beam intensity, and side-scan images of abyssal plain in the northwestern Pacific, around the Minami-Torishima (Marcus) Island. The data were collected by Japan Coast Guard as part of Japanese EEZ survey and by R/V Yokosuka for decades. The beam intensity data from multi-beam echo sounder were processed to create a backscatter mosaic without geometric distortion. The mosaic shows a large variation of acoustic characteristics in whole study area. The high backscattering areas at the foot of large seamounts likely reflect the distribution of volcanoclastic sediments and debris. We can also recognize another type of high backscattering areas in flat seafloor, where neither remarkable seamounts nor knolls exist. The latter type partly corresponds to the area where the high concentration of rare-earth elements were reported and may suggest a thin cover of uppermost soft sediment layer. We try to integrate the backscattering mosaics and the statistic analysis of bathymetry and to establish a new method of acoustic characterization of abyssal plain. We also plan to compare our results with piston core samples as ground references and to discuss the sedimentation process and the relationship with intra-plate volcanism on old seafloor.

Keywords: marine acoustics, muti-beam echo sounder, backscattering intensity, abyssal plain

地磁気三成分測定に基づく中央海嶺での海底拡大の安定性の検証 Spreading stability at the mid-ocean ridges derived from 3D magnetic survey

松本 剛^{1*}; 佐藤 幸隆¹; 野木 義史²
MATSUMOTO, Takeshi^{1*}; SATOH, Yukitaka¹; NOGI, Yoshifumi²

¹ 琉球大学理学部, ² 国立極地研究所

¹University of the Ryukyus, ²National Institute of Polar Research

船上地磁気 3 成分磁力計 (Shipboard Three Component Magnetometer: STCM) は地磁気を 3 成分のベクトル量で測定するので、全磁力測定よりも多くの情報を得る事が可能である。過去の研究では、中速拡大海嶺に分類される南東インド洋海嶺での STCM データの解析の結果、海底地形と拡大の安定性について関係がある事を示した。そこで本研究では他の中央海嶺でも同様の事が言えるのか、東太平洋海嶺, Explorer 海嶺, 南東インド洋海嶺, 大西洋中央海嶺で得られた STCM データの解析を行い、地磁気異常値から片側拡大速度と磁気境界走向を求めることで海底地形と海底拡大の安定性に関係が見られるかの検証を行った。その結果、海嶺軸に高まりがある東太平洋海嶺では西側では拡大速度と磁気走向の値はほぼ一定の値であるのに対し、東側では拡大速度の変化と、磁気走向のばらつきが顕著に見られた。また、中軸谷が発達している大西洋中央海嶺では両側に安定して拡大しており、磁気走向のばらつきもあまり見られず、海底地形と拡大の安定性については特に関係は見られなかった。さらに Explorer 海嶺においては拡大速度の変化は見られたが、磁気走向のばらつきが小さかった。よって拡大速度と安定性についても特に関係は見られない。次に南東インド洋海嶺での磁気境界走向を求めると同じ場所で異なる走向の値を示した。この結果から、磁気境界走向のばらつきが大きくなるのは拡大方向のばらつきというよりも地磁気異常を正確に捉えられていないと考えられる。さらに海底拡大を支配する要因として周囲のプレート配置や運動についてもシミュレーションを行ったが、明確な関係は見られなかった。したがって、海底拡大の安定性はプレートの配置や運動とプレートの引っ張り、そしてマントルからのマグマの供給のバランスによって成り立っていると考えられる。

キーワード: 大洋中央海嶺, 拡大速度, 地磁気 3 成分測定

Keywords: mid-ocean ridge, spreading rate, 3D magnetometry

海底地形および地磁気異常から推測される, 中琉球における火山フロントの西方移動

Detailed bathymetry and magnetic anomaly in Central Ryukyu: Implications on westward shift of volcanic front after 2.1Ma

佐藤 太一^{1*}; 小田 啓邦¹; 石塚 治¹; 荒井 晃作¹
SATO, Taichi^{1*}; ODA, Hirokuni¹; ISHIZUKA, Osamu¹; ARAI, Kohsaku¹

¹ 産業技術総合研究所

¹Institute of Geology and Geoinformation, Geological Survey of Japan, AIST

Detailed bathymetry and magnetic anomaly were obtained by GH12 cruise in 2012 using R/V Hakurei, in the southern part of Central Ryukyu. Volcanic structures such as caldera were observed on the southwestward extension of the present-day volcanic front, implying recent volcanic front of the Ryukyu arc. Furthermore, bathymetric highs which are sub-parallel to the recent volcanic front were observed and is located ~20 km east. These are accompanied by spotted magnetic anomalies, which continue to Kume-jima via Aguni-jima Islands to the south, suggesting an existence of an ancient volcanic front. The ages of volcanic rocks from these Islands suggest that the magmatic activity along the ancient volcanic front had been active at least until ~2.1 Ma. The magmatic anomalies connecting two volcanic fronts suggest that a volcanic front have moved gradually westward. This shift would be explained by the termination of asthenospheric upwelling and/or rapid retreat of Ryukyu Trench.

キーワード: 琉球弧, 火山フロント, 沖縄トラフ, 地磁気異常, 海底地形

Keywords: Ryukyu arc, Volcanic front, Okinawa Trough, magnetic anomaly, seafloor bathymetry

九州南方沖鬼界カルデラにおける,カルデラの陥没に伴う堆積盆の進化 Evolution of depositional basin accompanied by recurring caldera collapses in Kikai caldera, southern-off Kyushu, Japan

池上 郁彦^{1*}; 蓑和 雄人¹; 倉富 隆¹; 清川 昌一²; 大岩根 尚³; 中村 恭之⁴; 亀尾 桂⁵
IKEGAMI, Fumihiko^{1*}; MINOWA, Yuto¹; KURATOMI, Takashi¹; KIYOKAWA, Shoichi²; OIWANE, Hisashi³; NAKA-MURA, Yasuyuki⁴; KAMEO, Katsura⁵

¹九州大学理学府地球惑星科学専攻, ²九州大学理学研究院地球惑星科学部門, ³三島村, ⁴海洋研究開発機構, ⁵東京大学大気海洋研究所

¹Department of Earth and Planetary Sciences, Kyushu University, ²Faculty of Sciences, Kyushu University, ³Mishima-mura, ⁴JAMSTEC, ⁵Atmosphere and Ocean Research Institute, Tokyo University

Kikai caldera (Matsumoto, 1943) is a mostly submerged highly active caldera volcano located in 40 km off Kyushu Island. The caldera is recognized as the product of 7300 cal. BP super-colossal eruption with Akahoya tephra (Machida and Arai, 1978; Fukuzawa, 1995) which is widely distributed along the western part of Japan. Previous studies for near-vent onshore geology strongly suggests such a large eruption was not occurred only once, but multiple times in the Kikai caldera (Ono et al., 1982).

In Kikai caldera, 24 lines of multi-channeled seismic reflection surveys were held in two survey cruises (KT-10-18 and KT-11-11) in 2010 and 2011 using R/V Tansei-maru of JAMSTEC (Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology). The acquired seismic data for subseafloor structures spotted thick sedimentary basin at the eastern margin of the caldera. The basin covers 70 square km of the 20 km-wide caldera and is next to caldera rim fault. The infill of the basin is characterized by the group of onlapping stratified deposits named B which maximum thickness is more than 600 m. The B-sequence has two major depositional discontinuities in the middle and the top. The lower one is paraconformity and the upper one is disconformity though, the both of them are associated with similar deformation of the basin itself. The deformation is characterized by 1. Dragged-up reflectors along the caldera rim fault, and 2. Slight outward rotation of the deposits. Both characteristics intensify along the depth, which means lower deposits were experienced much more deformation.

The both two types of the deformation suggest the basin was experienced at least two major subsidence event. The former dragged-up structure is interpreted as the incomplete slip of the caldera rim fault for the relief of the subsidence, while the latter rotation shows the slippages were slightly listric. The displacements of the subsidence events could be estimated from the top and bottom of the dragged-up structures, as more than 100 m in the lower-older event and more than 50 m in the upper-newer event. The subsidence would be an abrupt event, as the paraconformity was formed in the lower-older event. The most likely candidate for such a significant subsidence is caldera collapse. As therefore, the basin might be the one of the pre-caldera structure, and it has been experienced multiple caldera collapse events in the past.

キーワード: カルデラ, 反射法探査, 鬼界カルデラ, アカホヤ
Keywords: caldera, seismic reflection survey, Kikai caldera, Akahoya

海底泥火山の地形から推定される海底下物質移動 Estimates on fluid migration and material recycling via offshore mud volcanoes

喜岡 新^{1*}; 芦 寿一郎¹
KIOKA, Arata^{1*}; ASHI, Juichiro¹

¹ 東京大学大気海洋研究所

¹ Atmos. Ocean Res. Inst., U. Tokyo

現在、海底泥火山は世界中で 300~400 程度確認されており、この数の 2 倍以上の存在が推測されている。泥火山は、地下深部の圧力上昇がトリガーとなって、深部起源の含礫泥が海底下まで運ばれて噴出・形成される。そのため泥火山は、深部掘削することなく地下深部の情報を得ることができる有用なツールである。本研究では、現在確認されている海底泥火山のカタログを作成し、海底泥火山が流体移動や物質循環にどの程度貢献しているのか評価することを目指す。

キーワード: 海底泥火山, 流体移動, 物質循環, 過剰間隙水圧

Keywords: Submarine mud volcanoes, fluid migration, material recycling, overpressure

新しい海洋堆積物コアデータベース “COEDO” New Marine Sediment Core Database ”COEDO”

中野 幸彦^{1*}; 市山 祐司¹; 堀川 博紀¹; 富山 隆将¹; 佐藤 悠介²; 兼次 藤子²; 荻堂 絵利子²; 高江洲 佑樹²; 長山 杏梨²; 大城 達²

NAKANO, Yukihiko^{1*}; ICHIYAMA, Yuji¹; HORIKAWA, Hiroki¹; TOMIYAMA, Takayuki¹; SATO, Yusuke²; KANESHI, Toko²; OGIDO, Eriko²; TAKAESU, Yuki²; NAGAYAMA, Anri²; OSHIRO, Satoshi²

¹ 海洋研究開発機構, ² (株) マリン・ワーク・ジャパン

¹Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ²Marine Works Japan Ltd.

海洋研究開発機構(JAMSTEC)はデータ・サンプルの取り扱い方針を定め、(http://www.jamstec.go.jp/j/database/data_policy.html)保有するデータ・サンプルの保管、管理、公開及び利用の促進を行っている。堆積物コアに関する情報は2008年から”JAMSTEC コアデータサイト”(旧サイト)で公開を行ってきた。これまで、利便性やデータ・サンプルの付加価値を高めるために、様々な改良を行ってきたが、サイトの内部構造がHTML ベースページの集合体であるなど、機能強化を行う上で仕様上の限界に達した。そのため、新たにデータベースを構築しデータ移行を行い、2014年1月に公開した。

新しいデータベースの主な特徴を紹介する。

<名称>

JAMSTEC 堆積物コアデータベース (COre Electronic Database of Ocean floor; COEDO)

<URL >

<http://www.godac.jamstec.go.jp/coedo/j/>

<検索方法>

地図検索とその他条件(航海番号、日付、公開データ種など)の複合検索

旧サイトの検索方法は、地図検索(一般ユーザー向け)または、航海番号から検索(乗船研究者向け)のどちらかを択する必要があり、欲しいデータにたどり着くまで手間がかかった。COEDOでは1画面の中に地図検索とその他の条件による複合検索を行えるようにまとめた。また、地図検索にGoogle maps APIを利用する事により、幅広いユーザーが視覚的にかつ簡単に利用できるようになった。さらに、データを利用したいユーザーは、各種データによる絞り込みをすることにより、早く簡単にデータにアクセスできるようになった。JAMSTECの航海に乗船した研究者や内部ユーザー向けの機能として、航海番号や首席研究者、船舶名などからの検索機能も搭載した。

<公開しているデータ種>

メタデータ(航海番号、採取日、首席研究者、船舶名、採取位置、水深など)

コア写真、スキャンイメージ、コア柱状記載、ソフトX線写真、X線スキャンイメージ、物性データ(ガンマ線透過率から求めた密度、P波伝播速度、帯磁率、測色値、せん断応力、コーン貫入抵抗など)、関連論文・文献情報、化学分析データへのリンク

今後、利便性向上へ向けて機能強化を行う検討をすすめている。

- ・コア年代情報の収集・整理を行い、見やすい形での表示・検索機能追加。
- ・高知コア研究所のサンプル情報ページとの統合。
- ・旧サイトで取り扱ってなかった新しいデータの公開。

また、既存ユーザーへの利便性向上のみならず、新しいユーザーの獲得を目指した活動を始めている。JpGUは横浜市と共催で、横浜市の中高生を対象に、次世代を担う研究者輩出を目的とした、特別実習(データベース実習+コア観察実習)を慶応義塾高等学校で開催する。JAMSTECは講義(講師派遣)とサンプルを提供するという形で協力する。実習では、COEDOを利用して従来よりもスムーズに堆積物コアの情報を得て、検索したコアを実際に観察し、深海と地球に関する最先端の研究にアプローチすることによって、生徒の興味・好奇心向上につなげる。なお、JAMSTECのデータベース検索を利用したコア観察実習は初の試みである。データベースは、JAMSTECの一般公開などで随時紹介しているが、この実習に協力する事によって、教育目的のユーザーの増加が期待できる。

キーワード: 堆積物, コア, サンプル, データベース, 海洋, 地質学

Keywords: JAMSTEC, marine sediment core, database, ocean floor, piston corer, geology

深海映像・画像に対する地質学的アノテーション Geological Annotation for the Deep-Sea Images

伊禮 一宏^{1*}; 荻堂 盛誉¹; 嘉陽 牧乃¹; 仲村 亮¹; 田中 克彦²; 北山 智暁²; 齋藤 秀亮²; 華房 康憲²
IREI, Kazuhiro^{1*}; OGIDO, Moritaka¹; KAYO, Makino¹; NAKAMURA, Makoto¹; TANAKA, Katsuhiko²; KITAYAMA,
Tomoaki²; SAITO, Hideaki²; HANAFUSA, Yasunori²

¹ (株) マリン・ワーク・ジャパン, ² 独立行政法人海洋研究開発機構

¹Marine Works Japan LTD., ²JAMSTEC

独立行政法人海洋研究開発機構 (JAMSTEC) 国際海洋環境情報センター (GODAC) では、JAMSTEC が保有する潜水調査船や無人探査機を用いた深海調査によって撮影された映像や画像を収集・保管・公開するとともに、膨大な情報の中から利用者が容易に目的の映像や画像を探し出せるように、地質環境や生物名を示すアノテーション (キーワード) を付与してデータベースに登録している。これらの映像や画像とアノテーションは、JAMSTEC の潜航調査により撮影された映像や画像を公開するデータサイトである「深海映像・画像アーカイブス (J-EDI) *1」からインターネットに配信されている。

深海調査に関わる研究者らは J-EDI で配信している深海調査の映像や画像を研究や講演の素材、航海・調査潜航の計画策定などに利用することができる。また、深海生物の映像や画像はその生態等を知る上で貴重なデータであるだけでなく、撮影地点における生物の存在根拠となるため、生物種名のアノテーションが付与された映像や画像は海洋生物の多様性・分布情報を扱う統合データサイトである「Biological Information System for Marine Life (BISMAL) *2」を介して生物分布の可視化や生物観察記録に利用されている。

登録しているアノテーションの内容は映像や画像から被写体を同定できる範囲としており、アノテーションの登録操作は、データベースに予め用意した語彙の中からアイコンや分類名の階層ツリーを用いて適する語を選択する方式としている。深海底の地質環境を示すアノテーションは、全映像約 120,000 件のうち、約 41,000 件の映像と、95 種類の用語が登録されている。

我々は特に固体地球科学分野での深海映像や画像の利用範囲を広げるために、潜航調査に関する文献などを活用することで、より詳細な内容のアノテーションの登録を試みたが、その登録には多くの時間を費やすことが判明した。効果的に作業を進めるには、付与するアノテーションを利用拡大につながるものに絞り込む必要があると考えている。

本発表では、深海調査により撮影された映像や画像に付与した深海底の地質環境を示すアノテーションの現状と深海映像や画像の利用範囲拡大に向けた取組みについて報告する。

*1 <http://www.godac.jamstec.go.jp/jedi/>

*2 <http://www.godac.jamstec.go.jp/bismal/>

キーワード: 深海映像画像, 地質環境, アノテーション

Keywords: deep-sea video and photo, geological environments, annotation