

南西諸島海溝周辺の 3D 海底地形[†]

泉 紀明^{*1}, 西澤あずさ^{*2}, 堀内大嗣^{*3}, 木戸ゆかり^{*4},
後藤秀昭^{*5}, 中田 高^{*6}

3D bathymetric image of Nansei-Shoto Trench and its vicinity[†]

Noriaki IZUMI^{*1}, Azusa NISHIZAWA^{*2}, Daishi HORIUCHI^{*3}, Yukari KIDO^{*4},
Hideaki GOTO^{*5} and Takashi NAKATA^{*6}

Abstract

We interpreted seafloor topography using anaglyph images based on 150 m DEM processed from multi-beam bathymetric data collected by Japan Coast Guard and JAMSTEC in the area around Nansei-Shoto Trench, and made more precise submarine active faults map than that mapped by previous workers. In the southern part of the trench, trench-parallel northwest-dipping thrusts form extensive fault scarps on the lower part of landward trench, indicating that repeated large earthquakes and tsunamis have been generated along the trench. Some of the scarps extend over several hundred km and the longest one is about 700 km. They are candidates for gigantic earthquake and tsunami generators. In the northern part, such scarps were scarcely recognized close to the trench axis due to collision of several bathymetric highs, while active reverse faults form distinctive fault scarps on the upper slope of the landward trench. They locate close to the island shelf, and are probably responsible to the uplift of islands forming Pleistocene and Holocene coastal terraces.

1 はじめに

海上保安庁と海洋研究開発機構（以下、JAMSTEC）が取得したマルチビーム測深データから作成したアナグリフ画像（余色立体画像）は、等深線図や陰影図以上に海底地形をより詳細かつリアルに観察することが可能である。これまで、筆者らはこのような特徴を用いて、南海トラフ

（泉・他，2011），日本海溝（泉・他，2012），相模トラフから三重会合点（泉・他，2013），日本海東縁（泉・他，2014）及び伊豆・小笠原海溝（泉・他，2015）の海底地形の特徴を検討した。本報告では、南西諸島海溝沿い海域の海底地形、特に海底活断層について詳細な判読を行った。

[†] Received September 28, 2015; Accepted November 13, 2015

*1 第五管区海上保安本部 海洋情報部 Hydrographic and Oceanographic Department, 5th R.C.G.Hqs.

*2 技術・国際課 海洋研究室 Ocean Research Laboratory, Technology Planning and International Affairs Division

*3 海洋調査課 大陸棚調査室 Continental Shelf Surveys Office, Hydrographic Surveys Division

*4 海洋研究開発機構 Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

*5 広島大学 Hiroshima University

*6 広島大学名誉教授 Professor Emeritus of Hiroshima University

2 マルチビーム測深データについて

2.1 海上保安庁海洋情報部の調査概要

海上保安庁海洋情報部は日本周辺海域で、主に海図の作成を目的として海底地形データを収集してきた。1980年代からは、それに加え大陸棚の限界を申請するために必要なデータ収集のため、あるいは各種海洋調査の項目の一つとして、広く日本周辺海域で海底地形の調査を行ってきている(楠, 2011など)。

本報告の海域においてはそれらの調査に加え、測量船「拓洋」に搭載された自律型潜水調査機器(AUV)による精密な海底地形調査も行われている。2013年9月にはAUV「ごんどう」により、奄美大島北西域にある第1奄美海丘が火山状の複雑な凹地を持っていること(http://www.kaiho.mlit.go.jp/info/kouhou/h25/k20131008/k_131008-1.pdf)や2014年6月には沖縄県久米島沖において国内最大規模のチムニー群を発見(http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KIKAKU/press/2014/H260919_kume.pdf)するなど、極めて詳細な地形データも得られつつある海域である。

2.2 JAMSTEC の調査概要

本海域においてJAMSTECでは、研究船「なつしま」「かいよう」「よこすか」「かいいい」及び「みらい」で測深データを取得し、「みらい」以外の船舶にて地殻構造探査を行い、潜水調査船による深海調査や採取等の事前調査を行うなど集中的に調査を進めてきた。本海域では、熱水極限微生物群集や熱水鉱床が発見されており、例えば、2010年7月には地球深部探査船「ちきゅう」による沖縄熱水海底下生命圏掘削航海が行われた。その掘削航海の事前調査や「海底下の大河」プロジェクトで熱水域の資源や微生物群集の実態を明らかにするといった期間限定の調査でも測深調査が行われている。調査海域周辺の概要把握のため、ピンポイントでの海底地形調査が行われているが、沖縄本島の北西沖では海溝周辺の地殻構造探査、モニタリング調査など数十km四方のグリッド調査が数多く実施されている。そのた

め、本報告内の測深データは取得場所に偏りがある(Fig.1)。Fig.1の航海リストの数をTable 1に示した。

調査データについては、JAMSTECのサイトから検索が可能である(<http://www.godac.jamstec.go.jp/dataportal/viewer.htm>)。航跡図、クルーズレポート、調査項目一覧については、航海後速やかに公開され、測深データは2年の公開猶予期間が経過して準備が整ったデータから公開されている(JAMSTEC 航海・潜航データ探索システム DARWIN: <http://www.godac.jamstec.go.jp/darwin/j>)。

Table 1. Number of JAMSTEC research cruises that cover the area of Nansei-Shoto region.

表1. 南西諸島海域でのJAMSTEC調査航海数。

船舶名	調査年度	航海数
かいいい	2001~2012	13
かいよう	2007~2012	9
よこすか	2003~2012	15
みらい	1999~2011	11
なつしま	2005~2012	23

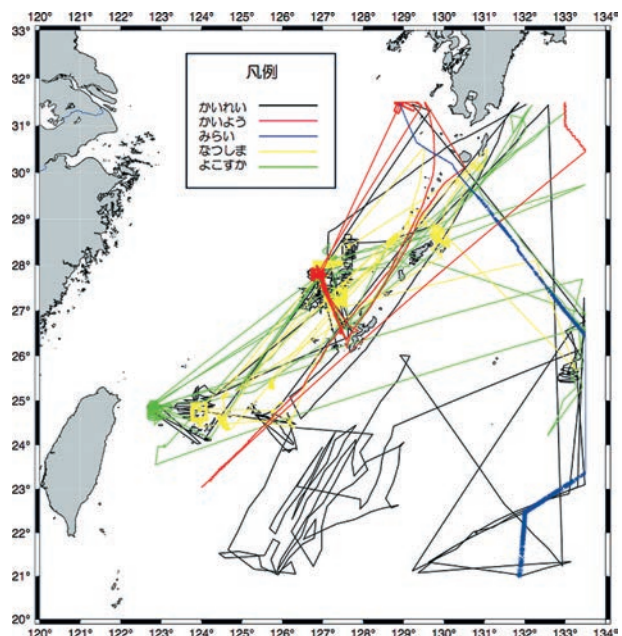


Fig.1. Track chart of JAMSTEC vessels around Nansei-Shoto Trench region. Ship's track lines of five research vessels are distinguished by different colors.

図1. JAMSTEC船舶による南西諸島海溝周辺の調査航跡図。5隻の船舶を色分け表示する。

3 詳細 DEM 画像の作成

海底地形を効率的に判読するために、海上保安庁と JAMSTEC が取得したマルチビーム測深データなどの 150 m DEM から複数の画像処理ソフトを利用して南西諸島海溝周辺のアナグリフ画像を作成（泉・他，2011）した。その際、150 m グリッド DEM の無い海域では 250 m グリッド及び ETOPO 1 を用いてデータを補間した。これらの画像を用いて陸域の空中写真と同じように判読し効率的に地形判読を行った。具体的には、海上保安庁および JAMSTEC のマルチビーム測深データから作成した 150 m グリッド DEM と 250 m グリッドの海底地形 DEM（岸本，2000）及び NOAA が提供する ETOPO 1 に、陸上の DEM である SRTM-3 を重ね合わせ、MacOS で作動する DEM 解析ソフト Simple DEM Viewer[®]を用いてアナグリフ画像を作成した。

この海域では南海トラフ（泉・他，2011）など、これまで報告した海域に比較して、マルチビーム測深データが欠落するエリアが多く、狭長な測深データしかなく、詳細な地形を表現するには精度の足りない DEM 画像しか作成できない場所もあった。

4 南西諸島海溝及び沖縄トラフの地形に関するこれまでの研究

南西諸島海溝周辺海域では、1975 年の地質調査所による広域調査（本座，1977）、海上保安庁による 1973 年-76 年および 1984-87 年の詳細な大陸棚調査（加藤・他，1982；大島・他，1988 など）によって、海底地形や地質構造および地球物理学的特徴の本格的な解明が始まった。また、産業総合研究所も 2008 年度から沖縄・東シナ海海域の海洋地質・地球物理調査を実施、この中でマルチビーム測深も実施している（https://unit.aist.go.jp/igg/mgl-rg/ja/project/proj_offshore.html#okinawa）。

本報告に用いたマルチビーム測深データを用いた研究や報告は既に行われており、大島・他（1988）による沖縄トラフ及び南西諸島周辺の検

討、池田・他（1989）による南西諸島海溝東部での検討、春日・他（1992）による本邦南方海域での検討、松本・他（1993）による南西諸島海溝南西端部の研究、松本・木村（1993）による 1771 年八重山地震津波発生域の研究、加藤（1996）による南西諸島海溝北部付加体の地形、堀迫・他（2010）による沖縄島北西海域の報告などがある。また、Lallemant et al.（1999）は、南西諸島海溝の南西部において、マルチビーム測深データと反射法地震探査データを用いて、前弧海盆の断層について論じている。これらの研究の多くは、加藤・他（1997）による奄美海台衝突域の 3D 画像の解説などを除けば、詳細な海底地形図あるいは地形断面図をもとに地形を検討したものや、カラーあるいはグレースケールの 2D 画像を利用したものが多く。

本報告で用いた 150 m グリッド DEM によって作成されたアナグリフ画像では、海底の起伏を直感的かつ詳細にとらえることが可能であり、従来の手法に比較して地形解析は断然容易である。しかしながら、アナグリフ画像は起伏を誇張しており、判読には注意が必要である。そのため、崖の高さや海底面の傾斜を量的に知るために本報告では Windows 用 DEM 解析ソフト Global Mapper[®]を用いて地形断面図や 3D 画像を作成し、地形判読の資料として活用した。

5 アナグリフ画像による海底地形の観察

Fig. 2 は、今回の報告対象地域全域のアナグリフ画像であり、Appendix に南西諸島海溝を拡大した画像を示した。Fig. 3 は、Fig. 2 の範囲の島名と主な海底地名を 200 m 等深線図に示している。マルチビーム測深データが全域にわたって均質ではなく、詳細な測深データの存在する部分と欠落した部分があり、あるいはノイズ等が除去しきれておらず、地形判読が困難な範囲も存在する。

フィリピン海プレートの北西縁は九州・パラオ海嶺がユーラシアプレートに衝突する場所を境に大きく屈曲し、東部が南海トラフ、南西部が南西

諸島海溝となる。南西諸島海溝の東のフィリピン海プレートの海底地形は、南海トラフ南部の平坦な四国海盆とは異なり、海台、海山、海盆、地塁・地溝地形区など、起伏に富んだ表面形態を示す。

南西諸島海溝とその西に位置する海溝陸側斜面は、沖永良部島の南東沖の境にその表面形態が大きく異なる。すなわち、北半部は、奄美海台や大東海嶺および喜界海山列や百ノ台海山などの高ま

りが南西諸島弧に衝突・沈み込んでいるために、海溝陸側斜面には変形した地層が皺状の地形を形成し、海溝底も平坦でないところが多い。これに対して南半部は、沖縄・ルソン断裂帯（沖縄海底崖）が海溝を横切る沖縄島の南方沖より南では、海溝陸側斜面は深海平坦面や丸みを帯びた直線状の急崖に縁取られ、海溝底も連続性が良い。また、島々を載せる島弧の高まりから西では、マルチビームによる測深がなされた範囲は限られてい

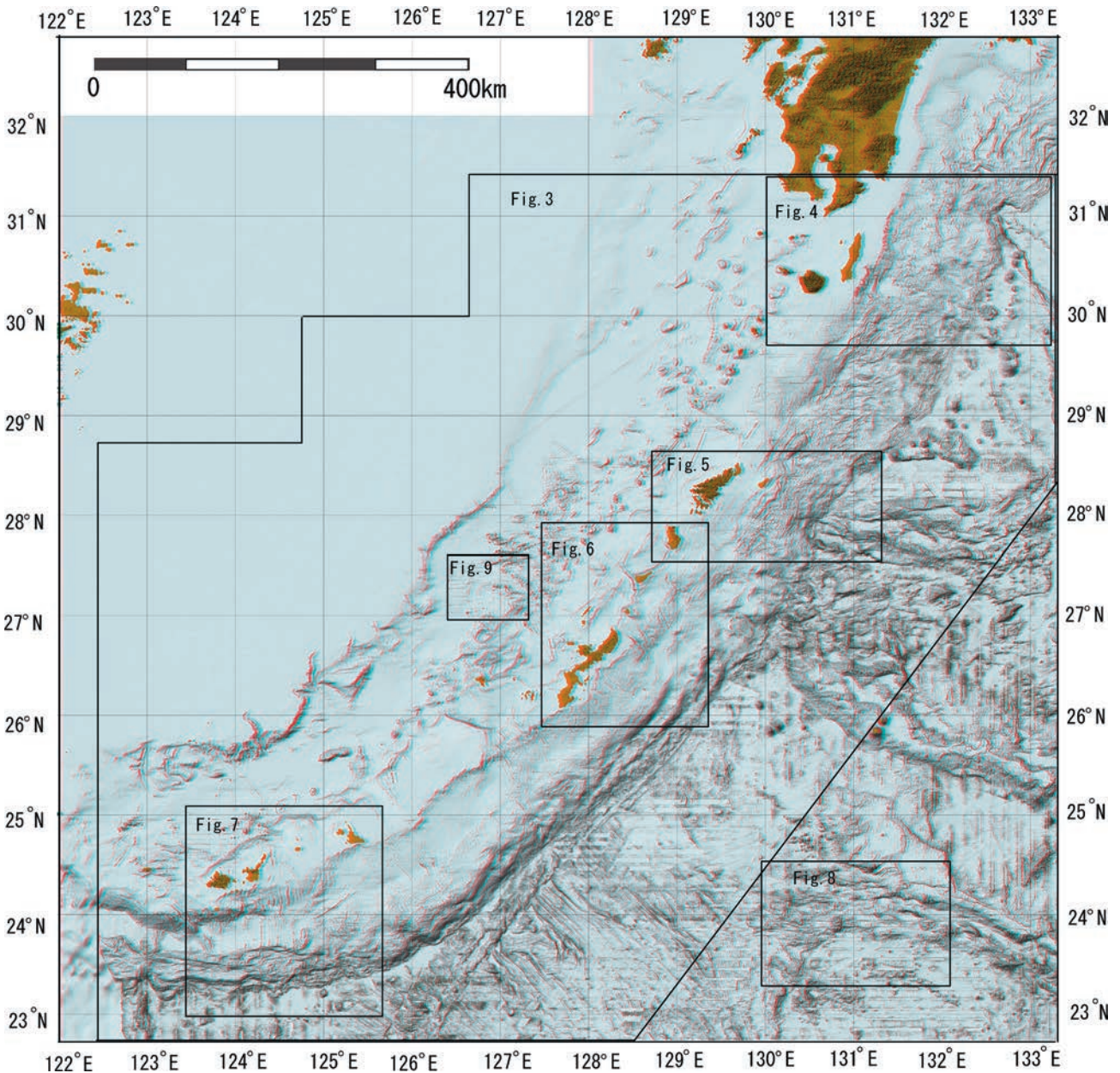


Fig. 2. Anaglyph image of the Nansei-Shoto Trench and its surrounding area. Black frame shows location of Figs. 3-9.

図2. 南西諸島海溝及び周辺のアナグリフ図。黒枠は Fig. 3 から Fig. 9 までを表す。

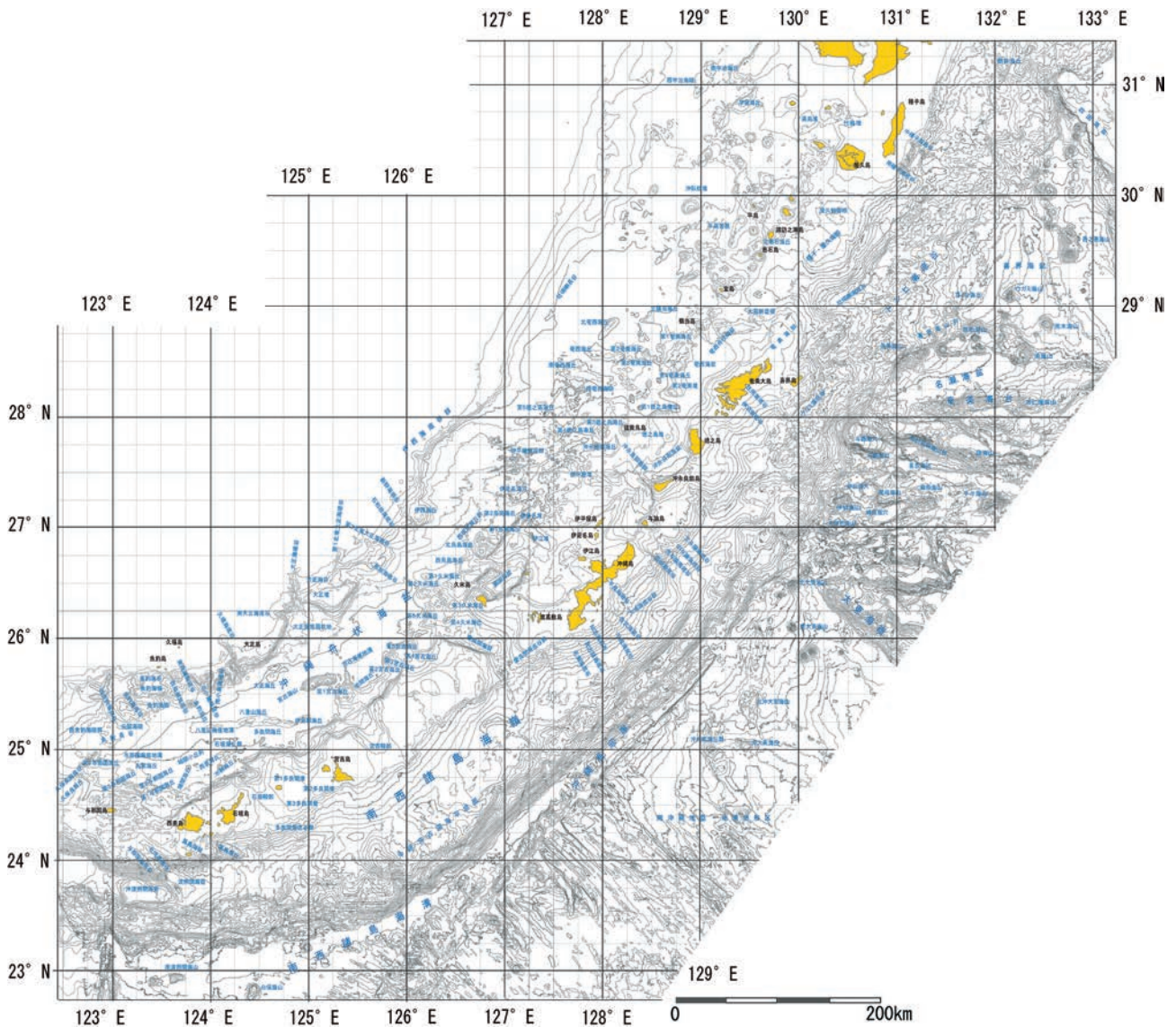


Fig. 3. Bathymetry of the Nansei-Shoto Trench and its surrounding area. Contour interval is 200 m.
 図3. 南西諸島海溝及び周辺の海底地形図. 等深線間隔は 200 m.

るが、西北西—南南東に横切る慶良間海裂などの
 胴切り断層が作る直線的な断層崖は明瞭である。
 沖縄島北西の海域は、マルチビーム測深がなされ、
 沖縄トラフのリフティングに伴う正断層や火山岩の貫入が知られている（堀迫・他，2010 など）が、アナグリフ画像を拡大することでその状況を容易にうかがい知ることができる。

以下、南西諸島海溝および周辺海域に認められる特徴的な地形について、アナグリフ画像をもとに記述する。

5.1 種子島周辺の海底地形

Fig. 4 は、南西諸島海溝北端部・種子島の東方沖及びその周辺のアナグリフ画像である。本海域では、フィリピン海プレートの最西縁から海溝、陸側海溝斜面に至るまで、広い範囲で詳細な測深が行われているために、鮮明なアナグリフ画像を用いて地形を観察することが可能である。

種子島・屋久島を載せる平坦な大陸棚の東縁は、北東—南西方向に延びる比高約 1500 m の直線的な急崖によって限られ、深さ 1500–1700 m に深海平坦面が広がっている。急崖の基部や平坦面上には、比高 100–150 m の丸みを帯びた 3 列

の NNE-SSW 方向の崖が宮崎沖から屈曲しながら連なるのが認められ、その形態から北西に傾斜する低角逆断層の運動によって形成されたものと推定される。この深海平坦面には小規模な泥火山が散在している。

これに対して、フィリピン海プレート表面には大小の海山が衝突しているために、海溝西縁は屈曲しており、水深 2000-4000 m に広がる海溝陸側斜面の下部には地層が変形し、ひだ状の模様にした地形が発達し、それが地すべりによって変形する複雑な地形が認められる。南西諸島海溝東縁の陸側斜面基部に比高約 100 m の断層崖が発達し、この最北端で反射断面に認められる北西傾斜の明瞭な断層構造 (Nishizawa et al., 2009) の新期の活動を示すものと考えられる。また、北緯 30 度 20 分以南の陸側斜面基部には、新期の付加体に共通して発達する逆断層が稠密に発達しており、加藤 (1996) の反射断面にその構造が示されている。

種子島に北西—南東走向の活断層 (活断層研究会) が認められているが、その南東延長部を海域で認めることはできない。種子島の西、馬毛島の

西方沖や屋久島南岸沖にも活断層あるいは推定活断層が認められるが、後者は陸域の正断層である活断層と類似するものであろう。

5.2 喜界島周辺の海底地形

本海域は、加藤 (1996) によって、地形・地質が詳細に検討された海域の南半部にあたり、海溝陸側斜面を中心に断層についても詳しい記載がなされている (Fig. 5)。一方、喜界島は離水サンゴ礁地形が発達し、中田・他 (1978) などにより完新世の地震性地殻変動による 4 回の間欠的隆起が認められており、周辺海域にはその地震を引き起こした海底活断層の存在が推定される。

南西諸島海溝に沈み込むフィリピン海プレートには、日本海溝や伊豆・小笠原海溝で太平洋プレートの縁辺部に共通して認められるアウターライズの正断層はほとんど発達しないが、名瀬海盆の西縁部には例外的に海溝軸に平行するこの種の正断層が認められる。海溝西縁では奄美海台が海溝陸側斜面基部に衝突し、喜界海山や与路海穴が食い込むように分布する場所では北西に最大 10 km 程度湾入している (加藤・他, 1997)。一方、

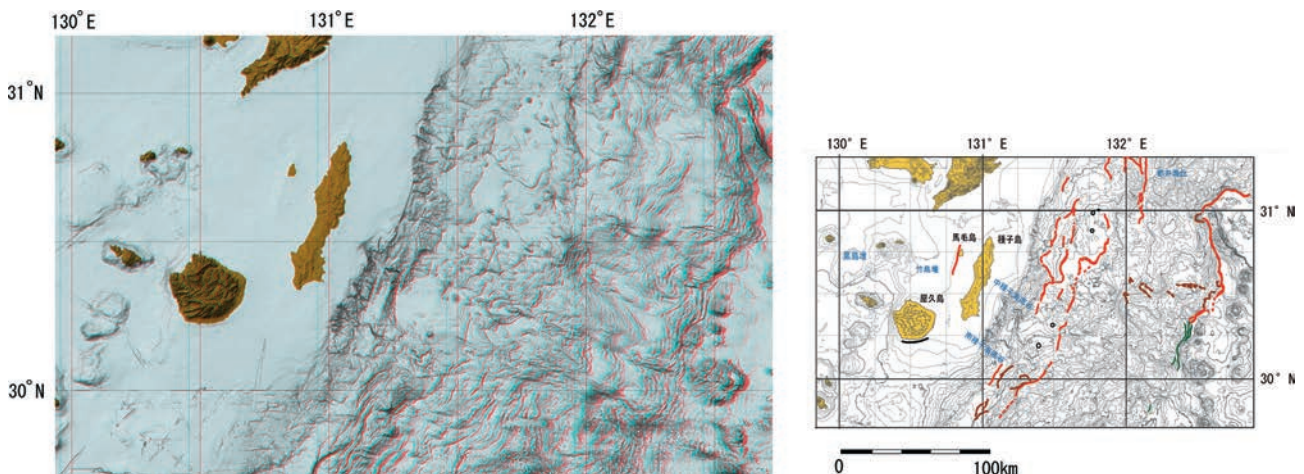


Fig. 4. Anaglyph image and the map showing active faults (thick red line: active fault, thick black line: presumed active fault, thin green line: active fault in young accretional prism), landslide (dashed brown line) and mud volcano (black circle) superimposed on bathymetry (contours in 100 m) in the vicinity of Tanega-shima Island.

図 4. 種子島周辺の海底地形アナグリフ画像と活断層・海底地すべり・泥火山の分布図 (コンター間隔 100 m) (太赤線: 活断層, 太黒線: 推定活断層, 細緑線: 付加体中の新期断層, 茶破線: 海底地すべり, 黒丸: 泥火山)。

喜界海山と与路海穴との間の海溝陸側斜面の基部に比較的連続性の良い比高 500 m 程度の断層崖が認定される。全体として膨らみを持った崖の表面には組紐状 (braided pattern) の亀裂が発達しているが、その原因は不明である。

海溝陸側斜面の上半部は、種子島東方沖と同じように地層の変形構造が認められるのに対して下半部は丸みを帯びた緩斜面が分布し、大規模な地すべりによって浸食されている。加藤 (1996) は、陸側斜面上に多くの短い断層を認定しているが、地形的にこれらの断層を特定することは困難である。

喜界島の南東沖約 20 km には、比高 500 m 前後の急崖が屈曲しながら北東—南西方向に約 100 km にわたって連なり、数 km 沖にも活断層と推定される同方向の急崖が発達しているが、海溝陸側斜面基部の活断層も含め、どの断層が喜界島の地震性隆起に関連するか判断できない。

さらに、奄美大島北西岸沖から徳之島西岸沖にかけて、断層起源と推定される比高約 500 m の急崖が連なっているが、詳細な測深データが得られておらずその成因を検討することは困難である。

5.3 沖縄島周辺の海底地形

沖縄島以南の南西諸島海溝の南半部は、フィリピン海プレートの表面は北半部に比較して平坦であり、海溝底から陸側斜面に至る地形は、日本海溝に沿った地形に類似している (Fig. 6)。沖縄島の東方沖では、深さ約 3000 m の深海緩斜面から約 7000 m の海溝底に至る相対的に平滑な陸側斜面には、海溝軸にほぼ平行する丸みを帯びた三列の撓曲崖が発達している。このうち、最も西よりの崖は比高 2500 m に達する大規模なもので、南西諸島海溝の西端部まで連続する長大な断層の北東端部にあたる。本報告で提示したアナグリフ画像の範囲では大規模な海底地すべり地形は顕著ではないが、少し南の海域では藤岡・他 (1994) の潜航調査によって、水深 2000 m から 7000 m の海溝底に至る斜面は、巨大な崩壊地形が確認されている。

徳之島から沖縄島に至る高まりの西縁は比高 500 m 程度の急崖に限られており、崖下に海盆を埋める堆積物がアバットしており断層の存在が推定されている (加藤・他, 1982)。この周辺では高密度の DEM は得られておらずアナグリフ画像の分解能が不十分であるために、新期の断層活動を示す地形を確認できないが、徳之島、沖永良

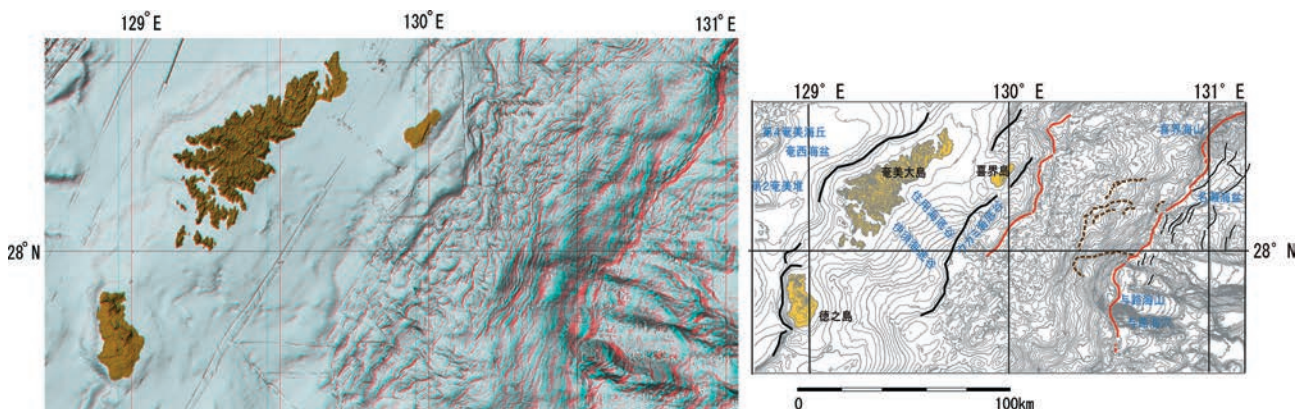


Fig. 5. Anaglyph image and the map showing active faults (thick red line: active fault, thick black line: presumed active fault, thin black line: normal fault on outer rise) and landslide (dashed brown line) superimposed on bathymetry (contours in 100 m) in the vicinity of Kikai-jima Island.

図 5. 喜界島周辺の海底地形アナグリフ画像と活断層・海底地すべり・泥火山の分布図 (コンター間隔 100 m) (太赤線: 活断層, 太黒線: 推定活断層, 細黒線: アウターライズの正断層, 茶破線: 海底地すべり).

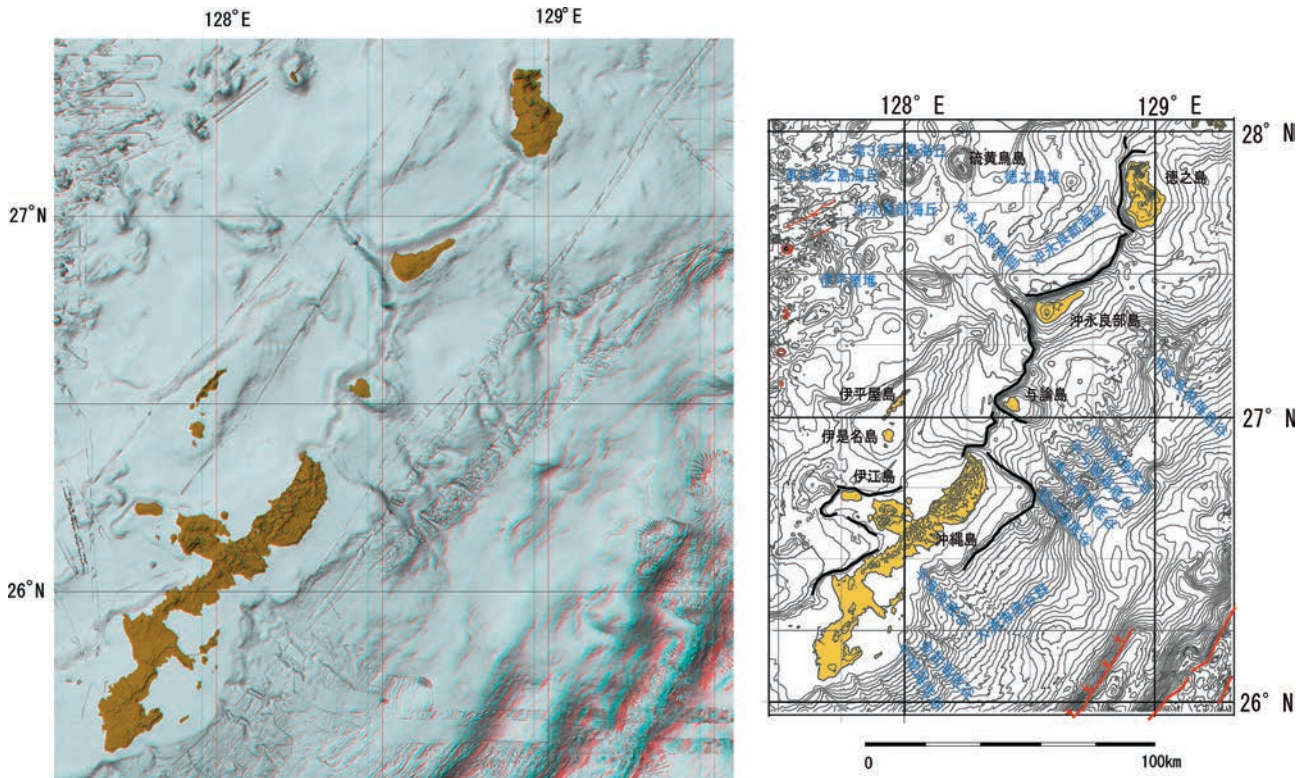


Fig. 6. Anaglyph image and the map showing active faults (thick red line: active fault, red arrow: warping, thick black line: presumed active fault, thin red line: active fault in Okinawa Trough) and submarine volcano (red circle) superimposed on bathymetry (contours in 100 m) in the vicinity of Okinawa Island.

図 6. 沖縄島周辺の海底地形アナグリフ画像と活断層・海底地すべり・泥火山の分布図（コンター間隔 100 m）（太赤線：活断層，赤矢印：撓曲，太黒線：推定活断層，細赤線：沖縄トラフの正断層，赤丸：海底火山）。

部島，与論島，沖縄島辺戸岬に更新世海成段丘が存在することを考慮すれば，この断層が逆断層性の活断層である可能性は低くない。また，沖縄北部沖の国頭海底谷の直線的な南西縁には，島弧の高まりを横切る胴切り断層の存在が推定される。

本図の北西端部の沖縄トラフ底には，正断層が密に分布しているが，これについては第 5.6 節で触れる。

5.4 先島諸島周辺の海底地形

本海域は，松本・他（1993）が精密地形調査研究を行った南西諸島海溝の西端部の海域に一致する（Fig. 7）。宮古・八重山群島の南方海域では，東西に延びる海溝軸にほぼ平行して，海溝底—海溝陸側斜面—深海平坦面—島棚斜面が配列する。藤岡・他（1994）は，潜航調査によって，深さ約 2000 m の深海平坦面から約 7000 m の海溝底ま

で，高さ 500 m 規模の 7-8 段の斜面が崩壊し，崩壊物質が土石流となって海溝に小扇状地を発達させているとした。アナグリフ画像からも，海溝陸側斜面を中心に大規模な地すべり・崩壊が発達する様子がうかがえる。東西方向の連続性の良い崖の中には，地すべり・崩壊の影響を大きく受けない丸みを帯びた高さの揃った複数の急崖が認められる。これらの急崖は，その基部に存在する北傾斜の逆断層の活動によって形成された断層崖と判断され，比高が 1500 m に達するものもある。海溝底から宮古鞍部を横切る反射断面には，海溝陸側斜面に認められる階段状のテラス前面の断層崖にそれぞれ対応する北傾斜の逆断層が明瞭に認められている（堀内，2011）。

一方，八重山諸島南方の海溝陸側斜面基部では，ガリーや小規模な地すべり・崩壊地形が顕著であるため明瞭な断層変位地形は認めがたいが，

詳細に観察すると頂部に高まりを伴う比高 100 m 以下の断層崖と思われる地形が散見される。本海域の特徴の一つは、波照間海盆に見られる深海海底面の平坦さである。この平坦面の北縁は、ほぼ東西に延びる比高約 3000 m の急崖によって限られる。この基部には急崖を開析するガリーや斜面崩壊によって供給された堆積物を作る扇状地が広がる。急崖と扇状地の境界は直線的であり、一部に断層変位によると思われる東西性の低い崖が存在する。石垣島東沖を南北に横切る反射断面には、これらの断層崖に対応すると考えられる北傾斜の逆断層がそれぞれ認められる（堀内，2011）。

波照間海盆の南の OUTER RIDGE の南縁は直線的な急崖で限られ、その基部には東西方向に延びる横ずれ断層と推定される活断層が発達する。この断層は、Lallemant et al. (1999) が指摘するフィリピン海プレートの斜め沈みに伴う歪みのパーティションで生じた右横ずれ断層の東半部に

一致する。しかし、横ずれのセンスを示す明確な断層変位地形を認めることはできない。

波照間海盆の西部、多良間海底谷群の南方にも海盆の平坦面を変位させる北東—南西走向の直線的な活断層が認められ、横ずれ断層と推定される。

宮古・八重山諸島は、1771 年明和津波をはじめ過去に大津波に繰り返し襲われたことが知られている（河名・中田，1994；Nakata and Kawana，1995 など）。1771 年の津波については、八重山諸島の南の黒島海丘の南の急崖で発生した地すべりが原因であるとの説（松本・木村，1993；松本・他，1997）が提示されているが、アナグリフ画像では大津波の発生に関連するような大規模な崩壊地形は見当たらない。

宮古鞍部や石垣鞍部の縁辺は、宮古島に認められる正断層群と同じ北北西—南南東方向の崖があり、断層起源と推定される。さらに、宮古・八重

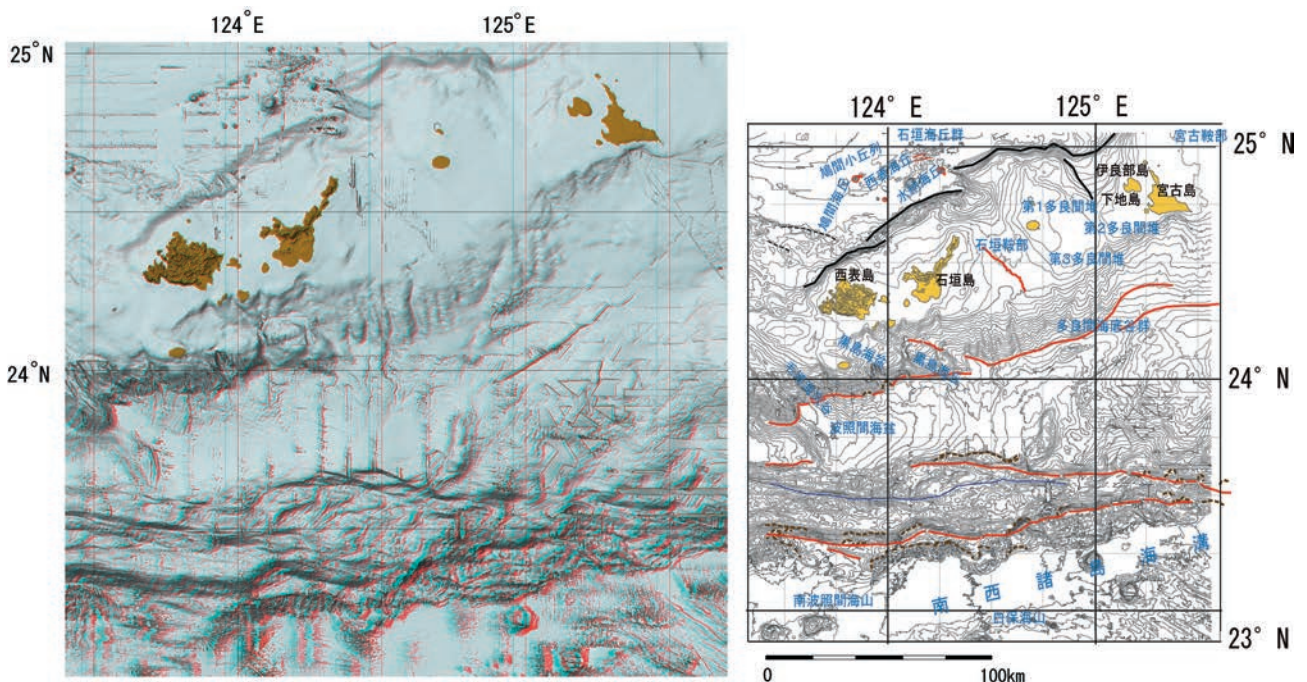


Fig. 7. Anaglyph image and the map showing active faults (thick red line: active fault, thick black line: presumed active fault, thin red line: active fault in Okinawa Trough, thin blue line: presumed strike-slip fault), land-slide (dashed brown line) and submarine volcano (red circle) superimposed on bathymetry (contours in 100 m) in the vicinity of Sakishima Islands.

図 7. 先島諸島周辺の海底地形アナグリフ画像と活断層・海底地すべり・海底火山の分布図（コンター間隔 100 m）（太赤線：活断層，太黒線：推定活断層，細赤線：沖縄トラフの正断層，細青線：推定横ずれ断層，茶破線：海底地すべり，赤丸：海底火山）。

山諸島の乗る高まりの北縁は、奄美大島北西沖から沖縄島北沖に認められるものと同じ成因と思われる最大比高 1500 m に達する急崖が発達している。この急崖は、沖縄トラフのリフティングにより形成された可能性が高いが、伊良部島や下地島の北岸に分布する津波石を考慮すると、明和津波

とは異なるタイプの津波の起源となる断層運動に関連するものかも知れない。

5.5 沖大東海嶺周辺の火山地形

沖大東海嶺周辺のおよそ北緯 23.5–24.5 度，東経 130–132 度，水深約 2500–3500 m の海底に

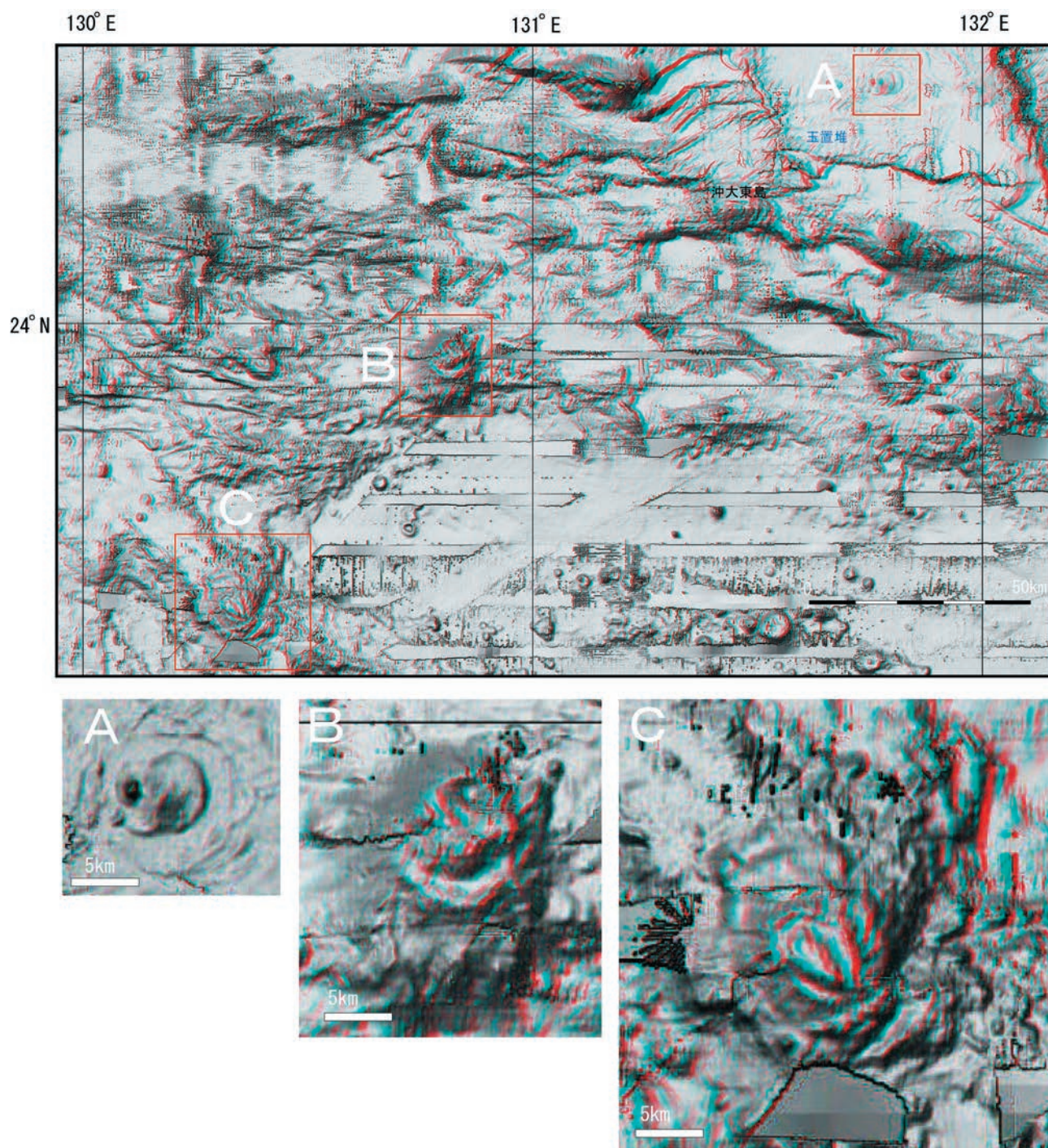


Fig. 8. Anaglyph image of old submarine volcanoes in the vicinity of Oki-Daito-jima Island.

図 8. 沖大東島周辺海域の古い海底火山地形アナグリフ画像。

は、比較的新鮮な火山地形が観察される (Fig. 8). 例示した A-C 火山地形を始め、火口を持つ小規模なものが多数分布している。火山 A は平坦な海台の上に認められる直径約 6 km, 深さ数十 m のカルデラ状の凹地の中に比高 200 m 程度の中央火山らしき高まりが形成されているのがわかる。火山 B は、より複雑な複合火山の形態を持つ火山体で、山体基底の直径は約 15 km, 比高約 1500 m, カルデラの直径が約 8 km であり、複数の中央火口丘が認められる。火山 C も複数のカルデラや溶岩流が認められる複式火山であるが、山体の南西部は地すべりによる浸食が及んでいる。

これらの火山は、伊豆・小笠原弧の火山性内弧に発達する新期火山に近い地形を保持しており、周辺のプレートよりも新しいと推定していたが、Ishizuka et al. (2013) は火山 B から岩石を採取し、その形成年代が約 42 Ma であることを明らかにしている。これは、深海底の火山ではほとんど浸食が進まず、極めて長時間にわたり形成当初の形態をほぼそのまま維持していることを示して

いる。

5.6 沖縄北西部の沖縄トラフの海底地形

Fig. 9 は、沖縄島の北西・沖縄トラフ中部の伊是名海穴周辺のアナグリフ画像である。この海域においては、大島・他 (1988) および堀迫・他 (2010) が海底地形について報告している。このうち、アナグリフ画像に認められる正断層群は、堀迫・他 (2010) が推定した断層に一致するものであるが、アナグリフ画像ではその状況をより鮮明に観察することが可能である。ほぼ 1 km 間隔で発達するこれらの正断層は長さ 10 km 未満のものが多く、20 km を超えるものは少ない。断層崖の比高は最大でも 100 m 程度であり、南落ちのものと北落ちのものがセットとなって小地溝帯を形成している。正断層の走向 (N 75-80 E) は、伊西海底谷群が開析するトラフの北西縁を限る比高 1000 m に達する N 55 E 走向の直線的な急崖とは斜交しており、沖縄トラフの拡大方向に若干の変化があったことを示唆している。

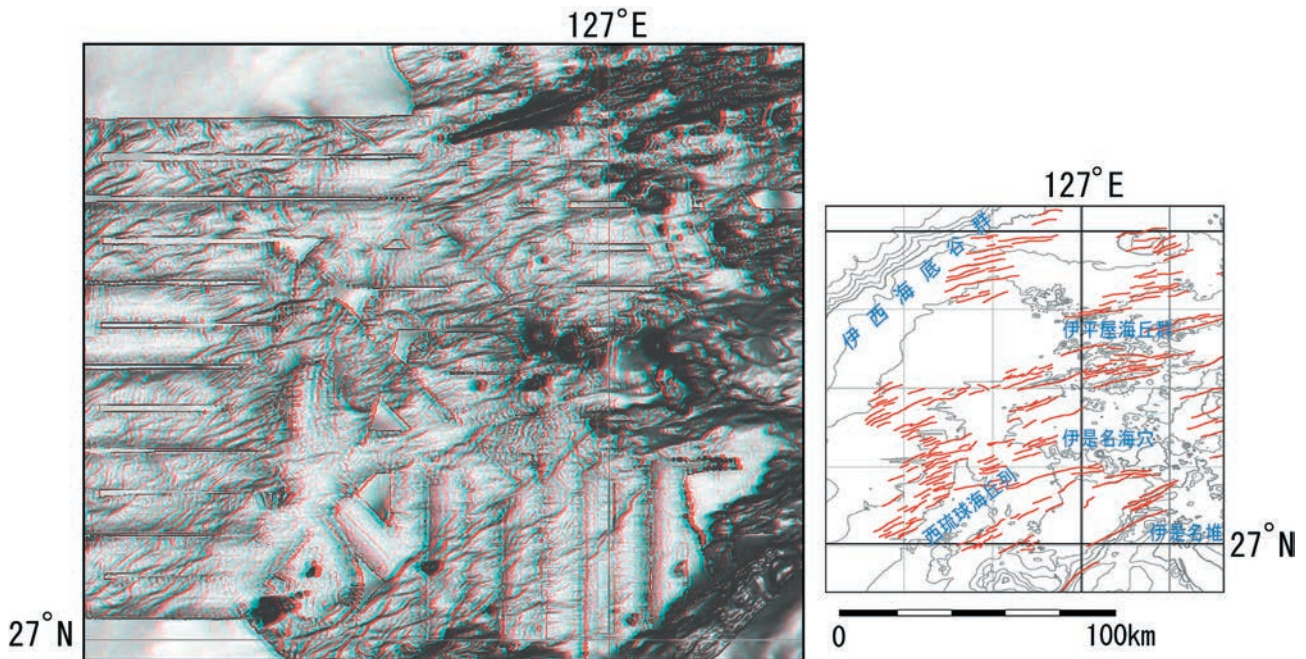


Fig. 9. Anaglyph image and the map showing active faults (red line: active fault), superimposed on bathymetry (contours in 100 m) of northwest area of Okinawa Island.

図 9. 沖縄北西部の海底地形アナグリフ画像と活断層 (コンター間隔 100 m) (赤線: 活断層).

6 南西諸島海溝周辺の海底活断層と地震

6.1 活断層分布の特徴

Fig. 10 は、南西諸島海溝及びその周辺の海底活断層の分布を示したものである。図の縮尺が小さいのと、煩雑さを避けるために活断層位置が確かなものと不確かなものの区別は行っていない。

本報告の対象海域に海底活断層については、

「日本の活断層」(活断層研究会, 1991) の 100 万分の 1 付図に示されたものがある。海底地形と反射断面を使って作成されたものであるが、大きな崖地形と反射断面をもとに認定された活断層は、詳細アナグリフ画像の判読結果と一致していると言えるが、多くは断片的で連続性に欠け詳細な分布位置は不確かである。一方、沖縄トラフや島々

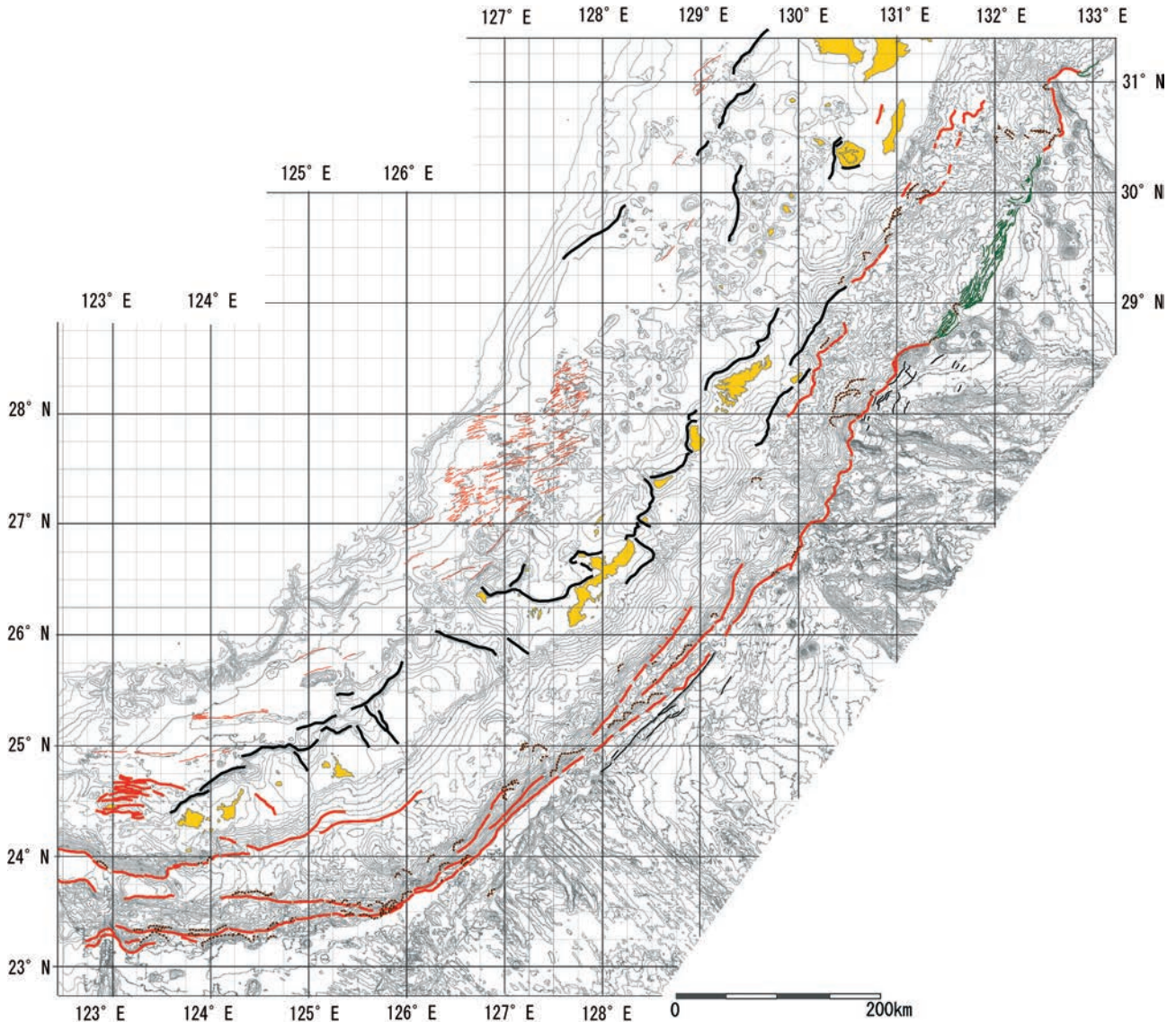


Fig. 10. Map showing active faults, volcanoes, landslides along Nansei-Shoto Trench (thick red line: active fault, red arrow: warping, thick black line: presumed active fault, thin blue line: presumed strike-slip fault, thin green line: active fault in young accretion prism, thin red line: active fault in Okinawa Trough, thin blue line: presumed strike-slip fault, thin black line: normal fault on outer rise), landslide (dashed brown line) superimposed on bathymetry (contours in 200 m).

図 10. 南西諸島海溝周辺の海底地形アナグリフ画像と活断層・海底地すべりの分布図 (コンター間隔 200 m) (太赤線: 活断層, 赤矢印: 撓曲, 太黒線: 推定活断層, 細赤線: 沖縄トラフの正断層, 細青線: 推定横ずれ断層, 細黒線: アウターライズの正断層, 茶破線: 海底地すべり)。

を載せる高まりについては、マルチビーム測深データが取得された海域に限られ、オリジナルデータが250 mグリッドDEMであるため地形分解能が低い。この海域では、多くの断層を推定活断層として表示する結果となった。このような海域では、活断層研究会(1992)の沖縄トラフ南西部の例のように、反射断面の構造解析による活断層判読が効果的である。

南西諸島海溝周辺の高まりの海底活断層の特徴は、以下のようによまとめられる。

1) フィリピン海プレートの正断層

太平洋プレートのアウターライズに見られる正断層と同じような活断層が発達する海域は、名瀬海盆などの極めて限られた海域のみである。海溝南部の東縁を限る沖縄・ルソン断裂帯(沖縄海底崖)は古い構造であるが、沖縄島南東沖で海溝陸側斜面基部に衝突する付近の海域では直線的急崖の高さは1500 mにも達し、数条の平行する正断層が発達する。しかし、太平洋プレート上のアウターライズに見られるような海溝軸に近づくほど正断層のズレが累積的に増加するという傾向は認められない。

2) 海溝陸側斜面の逆断層

南西諸島海溝北部の奄美海台や海山が南西諸島弧に沈み込む海域は、平坦な海溝底がほとんど認められず、海溝陸側斜面基部との境界も屈曲している。また、基部には比高が1000 mを超えるような断層崖は発達していない。陸側斜面上部には、種子島沖や喜界島沖のように、陸域に近い海底で典型的な断層崖を伴う長さ100 km程度の活断層が認められ、その変位が島々の海成段丘の発達に寄与しているものと思われる。

これに対し、海溝南部の南西諸島海嶺と海溝軸の間に発達する海溝陸側斜面には、日本海陸側斜面と類似性が高い断層地形が発達し、北西に傾斜する逆断層起源の丸みを帯びた断層崖(撓曲崖)と階段状のテラスの組合わさった変位地形が普遍的に認められる。断層崖は連続的で長さ数100 kmのものも多く、長いものは沖縄島東方沖から八重山諸島南方沖まで約700 kmに及ぶものもある。

大きな急崖の基部に相対的に低い断層崖が認められ、断層変位の累積性(大地震の繰り返し)が認められる。また、八重山諸島の南方の波照間海盆の北縁にも長さ100 km程度の逆断層が発達しており、津波発生源として注目される。

このような断層崖には大規模な地すべりによって破壊されたものも多く、これも断層の活動性の高さの左証と言えよう。しかしながら、日本海溝陸側斜面の大規模な逆断層の上盤に発達する正断層群(泉・他, 2012)はほとんど認められない。

3) 海溝陸側斜面の横ずれ断層

南西諸島海溝の南西端部に近い海域では、海溝陸側斜面中部にLallemant et al. (1999)が指摘する東西方向の直線的な活断層が認められる。また、波照間海盆の西部、多良間海底谷群の南方にも北東-南西方向の直線的な活断層が海盆の平坦面を変位させている。これら右横ずれ断層はフィリピン海プレートの沈み込みに伴う歪みのパーティション(Lallemant et al., 1999)で生じた右横ずれ断層と推定されるが、横ずれを示す明確な断層変位地形を認めることはできない。今後、より詳細なDEMデータを用いて変位地形を確認する必要がある。

4) 島々を載せる高まりを切る推定活断層

奄美大島の北西沖から沖縄島の北方沖、宮古・八重山諸島の北方の島棚と沖縄トラフの南東縁の境界は比高500 mから1500 mの屈曲した急崖が発達している。これらの急崖が活断層起源のものであるとする確実な証拠はないが、この急崖に近い島嶼には更新世の海成段丘が発達していることから、新期の活動性を推定することができる。また、宮古島周辺では、北から運ばれて来たと推定される津波石もあり、その活動性を否定することはできない。

また、島々を載せる高まりの南部には北西-南東走向の胴切り断層の存在が推定されるが、その活動性を検討できるほどの地形的な証拠は得られていない。

5) 沖縄トラフの正断層

沖縄トラフの海底については、詳細な測深デー

タが備わった海域では、長さ 20 km 以下の正断層が 1 km 以下の間隔で稠密に分布していることが知られており、トラフ底のほぼ全域にこの種の正断層が発達していると推測できる。

6.2 海底活断層と地震

地震調査委員会（2004）は日向灘および南西諸島海溝周辺の地震活動の長期評価において、特定の場所で M 7.5 以上の地震が繰り返し発生することを示す資料はなく、また、陸域の GPS 観測結果（中村・川嶋，2000 など）からもフィリピン海プレートの沈み込みによる歪みが見られないことを理由に、「将来巨大なプレート間地震が発生するとは考えにくい」としている。これは、海底活断層から推定される南西諸島海溝周辺の地震評価とは明らかに異なる。喜界島などでは、完新世の地震性隆起が繰り返し起こり、宮古・八重山諸島では大津波が繰り返し来襲している事実がある。これらはいずれも海底活断層の活動に伴う現象であり、「巨大なプレート間地震が発生するとは考えにくい」と切り捨てることは、将来、想定外の地震・津波災害を招くことになる。

一方、海底活断層の位置・形状から、プレート境界における地震発生には地域差があることが考えられる。南西諸島海溝北半部では、活断層の分布の特徴から海溝陸側斜面下部浅所で発生する巨大地震を想定することは困難である。海溝陸側斜面上部の島棚に近い場所では、日向灘で発生する地震と同質の地震が発生する可能性が高い。なお、1911 年に奄美大島近海でプレート間地震と推定される M 8.0 のやや深い地震が発生し、喜界島などに大きな被害をもたらした。当然のことであるが、変動地形学的手法ではこのような地震を発生させる伏在活断層を特定することはできない。

これに対して南西諸島海溝南西部では、海溝陸側斜面下部に連続性の良い長大な海底活断層が発達する。この様子は、2011 年東北地方太平洋沖地震の震源域の海底地形と酷似しており、長さ 700 km にも及ぶ海底活断層も存在する。もし、

この断層が一括して活動すれば、M 9 クラスの大地震・津波が発生する可能性が高い。

一方で、南西諸島海溝の全域のプレート境界が一括して活動する可能性は、海底活断層の分布や連続性から極めて考えにくい。ましてや、南海トラフと南西諸島海溝のプレート境界が一括して破壊するという地形学的証拠もない。

地震調査委員会（2011）は、東北地方太平洋沖地震を受けて、「海域における活断層調査等の成果をより積極的に活用する。」としているが、海底活断層情報活用の具体的な取り組みは未だ見えてきている状況ではない。

7 おわりに

本海域では、マルチビーム測深データを用いた数多くの先行研究があり、数多くの成果を上げている。本報告に掲載したアナグリフ画像によって、海底地形を面的かつ立体的に把握することが容易となった。関連研究者にこの画像が活用されることを期待したい。

謝 辞

産業技術総合研究所・石塚治博士には、沖大東島南方の海底地形とその年代について、示唆に富む助言をいただいた。記して感謝したい。

文 献

- 藤岡換太郎・松本剛・加藤幸弘・鳥井真之・新城竜一・小野朋典（1994）琉球海溝の海側・陸側斜面の地形と地質—琉球海溝横断潜航—，JAMSTEC 深海研究，10，261-280。
- 本座栄一（1977）琉球島弧周辺広域海底地質図（海洋地質図シリーズ no.7）。
- 堀内大嗣（2011）南西諸島弧南部前弧の地質構造，<http://www1.kaiho.mlit.go.jp/GIJUT-SUKOKUSAI/KENKYU/happyo/2011/h23p07.pdf>。
- 堀迫順一・道順茂・田中喜年・音成陽二郎・橋本崇史（2010）沖縄島北西海域における海底地形調査速報，海洋情報部研究報告，46，87-

91.
池田耕作・金子康江・加藤幸弘・瀬田英憲・加藤茂・岡崎勇・岩淵洋・河合晃司 (1989) 「南西諸島海溝東部」の大陸棚調査, 水路部技報, 8, 105-116.
- Ishizuka, O., R. N. Taylor, Y. Ohara, and M. Yuasa (2013) Upwelling, rifting, and age-progressive magmatism from the Oki-Daito mantle plume, *Geology*, 41, 1011-1014.
- 泉紀明・加藤幸弘・西澤あずさ・伊藤弘志・渡邊奈保子・中田高・後藤秀昭・植木敏明・梶塚 (2011) 3秒グリッドDEMから作成したフィリピン海プレート北縁部の3D画像, 海洋情報部研究報告, 47, 83-89.
- 泉紀明・堀内大嗣・西澤あずさ・木戸ゆかり・中田高・後藤秀昭・渡辺満久・鈴木康弘 (2012) 150 m DEMから作成した日本海溝付近の3D海底地形, 海洋情報部研究報告, 48, 148-157.
- 泉紀明・堀内大嗣・西澤あずさ・木戸ゆかり・中田高・後藤秀昭・渡辺満久・鈴木康弘 (2013) 150 m グリッドDEMから作成した相模トラフから三重会合点周辺の3D海底地形, 海洋情報部研究報告, 50, 126-142.
- 泉紀明・堀内大嗣・西澤あずさ・木戸ゆかり・中田高・後藤秀昭・渡辺満久・鈴木康弘 (2014) 3秒グリッドDEMから作成した日本海東縁部の3D海底地形, 海洋情報部研究報告, 51, 127-139.
- 泉紀明・西澤あずさ・及川光弘・木戸ゆかり・後藤秀昭・渡辺満久・鈴木康弘・中田高 (2015) 150 m グリッドDEMから作成した伊豆・小笠原海溝周辺の3D海底地形, 海洋情報部研究報告, 52, 140-155.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2004) 日向灘および南西諸島海溝周辺の地震活動の長期評価, http://jishin.go.jp/main/chousa/04_feb_hyuganada/index.html.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2011) 東北地方太平洋沖地震に伴う長期評価に関する対応, http://www.jishin.go.jp/resource/column/2011_1106_02/.
- 春日茂・加藤幸弘・木村信介・沖野郷子・大陸棚調査室員 (1992) 本邦南方海域の島弧海溝系及び背弧海盆の特徴—水路部による地球物理的調査の概要—, 水路部研究報告, 28, 19-45.
- 加藤茂・桂忠彦・平野賢治 (1982) 沖縄本島周辺の海底地質, 水路部研究報告, 17, 31-70.
- 加藤幸弘 (1996) 南西諸島海溝北部付加体の地形・地質, 水路部研究報告, 32, 59-74.
- 加藤幸弘・泉紀明・沖野郷子 (1997) 奄美海台衝突域の海底地形鳥瞰図, 地学雑誌, 106, 表紙.
- 活断層研究会 (1991) 新編 [日本の活断層] 東京大学出版会, 437 p.
- 活断層研究会 (1992) 日本の活断層図 [地図と解説], 73 p.
- 河名俊男・中田高 (1994) サング質津波堆積物の年代からみた琉球南部周辺海域における後期完新世の津波発生時期, 地学雑誌, 103, 352-376.
- 岸本清行 (2000) 海陸を合わせた日本周辺のメッシュ地形データの作成: japan 250 m. grd, 地質調査所研究資料集 353, 地質調査所, つくば.
- 楠勝浩 (2011) 大陸棚調査を巡る動き <<後編>>—大陸棚調査の歴史 その3—, 季刊水路, 156, 日本水路協会, 12-19.
- Lallemant, S., C. Liu, S. Dominguez, P. Schurle, J. Malavielle, and ACT Scientific Crew (1999) Trench-parallel stretching and folding of fore-arc basins and lateral migration of the accretionary wedge in the southern Ryukyus: A case of strain partition caused by oblique convergence, *Tectonics*, 18-2, 231-246.
- 中村衛・川嶋綾佳 (2000) GPSデータを用いた南西諸島の水平移動, 琉球大学理学部紀要, 70, 63-72.
- 松本剛・木村政昭 (1993) 1771年八重山地震津

波発生域における精密地形調査と津波発生
のメカニズムに関する一考察, 地震 2, 45, 417
-426.

松本剛・藤岡換太郎・木村政昭・加藤幸弘・青木
美澄 (1993) 南西諸島海域南西端部の海底精
密地形, 海洋科学技術センター試験報告,
30, 17-36.

松本剛・上地千春・木村政昭 (1997) 南西諸島宮
古・八重山沖海域精密調査より求められた
1771 八重山地震津波波源での変動現象,
JAMSTEC 深海研究, 13, 535-561.

中田高・高橋達郎・木庭元晴 (1978) 琉球列島の
完新世離水サンゴ礁地形と海水準変動, 地理
学評論, 51, 87-108.

Nakata, T. and T. Kawana (1995) Historical and
prehistorical large tsunamis in the southwest-
ern Ryukyus, Japan, Tsuchiya, Y. and N. Shuto
eds. Tsunami: Progress in prediction, Disas-
ter Prevention and Warning, Kluwer Academic

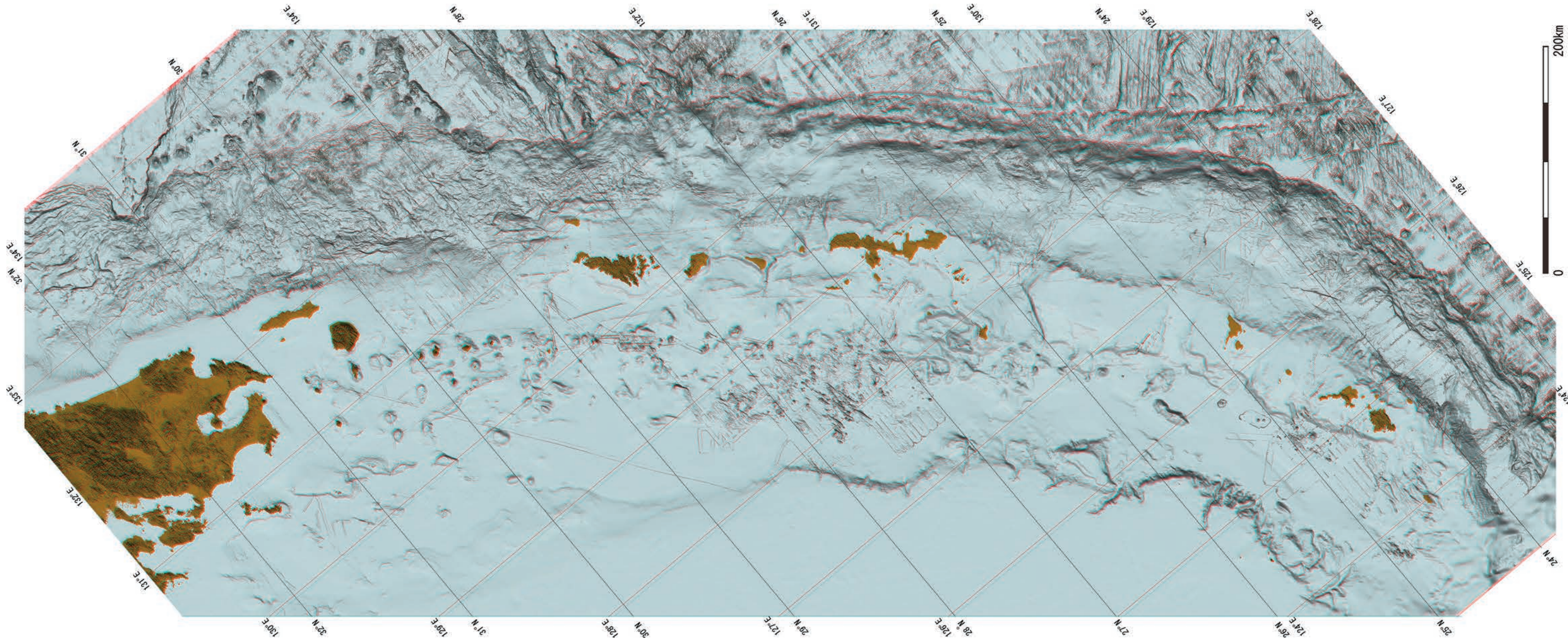
Press, 211-221.

Nishizawa A, K. Kaneda, and M. Oikawa (2009)
Seismic structure of the northern end of the
Ryukyu Trench subduction zone, southeast of
Kyushu, Japan, Earth Planets Space, 61, e 37-
e 40.

大島章一・高梨政雄・加藤茂・内田摩利夫・岡崎
勇・春日茂・川尻智敏・金子康江・小川正
泰・河合晃司・瀬田英憲・加藤幸弘 (1988)
沖縄トラフ及び南西諸島周辺海域の地質・地
球物理学的調査結果, 水路部研究報告, 24, 19
-43.

要 旨

海上保安庁と JAMSTEC ほかの海底地形デー
タをもとに, 南西諸島海溝周辺の DEM を作成
し, この DEM からアナグリフ画像を作成し, 海
底地形の解釈を行った.



Appendix Anaglyph image along Nansai-Shoto Trench.
 付図. 南西諸島海溝沿いのアナグリフ画像.