

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年3月31日現在

機関番号：18001

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21540439

研究課題名（和文）台湾の造山運動に対する南西琉球弧の役割

研究課題名（英文）Role of the Ryukyu Arc towards the Taiwan orogeny

研究代表者

松本 剛（MATSUMOTO TAKESHI）

琉球大学・理学部・教授

研究者番号：30344287

研究成果の概要（和文）：台湾はフィリピン海プレートの運動に伴い、ルソン弧が東方より衝突することによって、現在の造山運動が引き起こされている。このような、台湾の造山運動・衝突テクトニクスを考察する上で、南西琉球弧がこれに果たす役割を検証することは重要である。そのため、台湾の衝突テクトニクスを解明するための米・台共同研究TAIGER Project (2004-2009)に参加し、2009年に実施されたR/V Marcus G. Langseth で実施された地下構造探査に加えて、EM-122測深機による精密測深データを取得した。また、これまでJAMSTEC 船等で1990年以降に実施されて来た精密海底地形調査の結果を集大成し、沖縄トラフから琉球島弧・前弧域・海溝域・西フィリピン海盆北部に至る最新の海底地形図を作成し、それをもとに、当該域のテクトニクスを考察した。

南西琉球弧から琉球海溝に至る海域は、次に示す東西方向の4領域に分類することが可能である。

(1) 最北端の領域は、南岸沖の南落ち斜面に沿って南北方向に発達した海底谷の分布によって特徴付けられる。

(2) その南側では、スランプ性地辻り痕が発達し、平坦な前弧海盆へと続いている。

(3) 更にその南側では、複雑な起伏、急斜面、東西向きのhalf graben などの、不規則な地形によって特徴付けられる。

(4) 海溝域は、幅約40kmにも達する6500-6600mの深さの平坦面である。海溝軸の位置を特定することは難しい。海溝域の平坦面上には4個の海山が見られる。しかし、このような海溝の地形的特徴は、Gagua 海嶺の衝突の起こっている123° E の西側では不明瞭となっている。

宮古～八重山域に掛けては、「島弧胴切り」型の正断層が多く発達しており、これらは活断層と認定されている。そのうち、石垣島東方沖の断層については、沖縄トラフの伸張に伴って北方に伝播している（すなわち、活断層の長さが長くなっている）ことが明らかとなった。これらの地形的特徴は、沖縄トラフ西部の伸張と呼応して、123° E の東側で、海溝が南方のフィリピン海プレート側へ後退していることを示唆している。

Gagua 海嶺のある123° E の西側の花東海盆は、その東側の西フィリピン海盆の特徴とは大きく異なる。後者が、拡大痕に相当する地塁・地溝地形とそれを直角に横切る断裂帯が多く発達するのに対して、前者は地形の起伏に乏しい。また、花東海盆の沈み込みが起こっているか否かは明瞭ではない。花東海盆の西端に当たるルソン弧と併せて、同海盆が前弧・背弧域と一体化し、これらの3 海域全体が台湾ブロックに衝突している可能性が示唆される。花東海盆の北側前弧域では、明瞭な深発地震面が観察される。しかし、これはユーラシアプレートに対して北西方向に西フィリピン海盆が斜め沈み込みを起こしていることによる深発地震面であると見られる。

研究成果の概要（英文）：The southwestern Ryukyu area is the key to understanding the role of the arcuate-shaped trench-arc-backarc system towards the orogeny of Taiwan; with the viewpoint of the northwestern termination of subduction of the Philippine Sea Plate against the Eurasian Plate and the consequent collision of the Luzon Arc against Taiwan from the northeastern side. We joined the TAIGER programme and collected the new topographic data in this area by EM-122 swath bathymetric echo sounder on board R/V Marcus G. Langseth during the TAIGER-2009 Leg2 cruise. We also compiled all the available multibeam bathymetric survey data in this area from JAMSTEC fleet cruises and

NOAA/NGDC multibeam database.

The Ryukyu Trench area south of Miyako and Yaeyama Islands is classified into zonal topographic domains. The northernmost zone is characterised by the distribution of well-developed submarine canyons along the southern coasts. The next is by amphitheatres, slump sediment blocks and their large-scale subsidence. The southern zone is by quite complicated topography, such as several escarpments, ridges and troughs and an E-W trending half graben. The southernmost zone is the trench axis area with depth of about 6500–6600 m, which is characterised by a flat plane. The width of the axial plain is about 40 km of Yaeyama Islands which shows maximum and decreases towards both east and west. However, the topographic features of the trench is unclear on the western side of the Gagua Ridge collision (123°E).

One of the across-arc normal faults located off the eastern coast of Ishigaki Island was already studied by multibeam sounding and ROV reconnaissance. Precise analyses of the data revealed an episodic northwestward propagation of the fault, probably due to the arc-parallel extension caused by the rifting of the Okinawa Trough.

The observed topographic features suggest that the roll back of the subducting Philippine Sea Plate and the southward retreat of the trench axis is taking place on the eastern side of 123°E due to the oblique subduction, which corresponds to the extension of the western Okinawa Trough. However, on the western side of 123°E, it is unclear whether subduction of Huatung Basin is taking place. It may be possible that Huatung Basin couples with the fore-arc and back-arc areas and that these three areas altogether collides against the Taiwan block. Clear Benioff zone is observed below the fore-arc area on the north of Huatung Basin. However, this might be derived from the West Philippine Basin subducting northwestward obliquely against the Eurasia Plate.

#### 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・固体地球惑星物理学

キーワード：

#### 1. 研究開始当初の背景

台湾の造山運動、衝突テクトニクスについては、ニュージーランドなど、他の造山帯の形成やテクトニクスに関するモデリングなどにも参考となることから、世界的に注目されている。過去のTAICRUST 計画による地殻構造探査、サイズシシティ、陸上GPS 観測などの成果により、台湾における島弧・大陸地殻衝突テクトニクスとそれによる造山運動の発達は、以下の2個のエンドメンバーモデルに集約されていた。

(1)ユーラシアプレートの沈み込みによるモデル。主としてプレート運動から提唱されたモデル。ユーラシア側の大陸地殻が衝突帯に到達した後に剥離し、リソスフェアの

沈み込みは継続して起こる。

(2)Luzon 弧の衝突によって、沈み込みを伴わないプレート収斂を起こし、台湾島の山岳地帯の直下ではマントルが厚くなり続けるとするモデル。

本研究を通じて、これらのモデルのいずれが支持・或いは棄却されるべきかに決着をつける必要があった。

#### 2. 研究の目的

台湾の造山運動は、フィリピンのルソン島弧地殻とユーラシアプレートの大陸地殻との衝突によって生じていると考えられており、そのメカニズムを調べるため、地殻構造調査など、これまでに多くの調査が行われ、幾つ

かのモデルが提案されている（上述）が、最終的にどのモデルが最適であるかについての結論は出ておらず、また、衝突の課程（時系列）にまで踏み込んだ研究は遅れている。一方、台湾の北東側に位置する琉球弧南西端部については、その構造発達史、テクトニクスは調べられているものの、台湾の造山運動に果たす役割と云う観点からの考察については、これまでにあまり行われていなかった。本研究では、精密地震探査に基づく台湾の造山運動のメカニズムの解明を目指す国際プロジェクト「TAIGER」(Taiwan Integrated Geodynamics Research)に参加し、特に琉球弧南西端部の沖縄トラフからフィリピン海に亘る地域の精密地形、及び地殻・上部マントル構造の解析の部分を分担して、台湾の造山運動に対する南西琉球弧の役割、島弧・大陸地殻衝突テクトニクスへの影響を明らかにすることを目的とする。

### 3. 研究の方法

台湾の造山運動のメカニズムを解明するための米国・台湾を中心としたTAIGER計画の一環として2009年5月に実施された米国ラモン研究所の研究船「Marcus G. Langseth」によるTAIGER Leg2航海（調査海域：台湾島周辺）に参加し、屈折法・反射法地震探査、精密測深調査（EM-122 測深機による）、地磁気探査（G-882 セシウム振動磁力計による）を行う。本調査航海は、台湾・米国共同により計画されたものである。この中で、本研究代表者は、主として海洋地球物理データの解析を分担する。

研究の進捗に応じて、本調査海域に当たる西部沖縄トラフについて、将来の掘削調査も視野に入れたテクトニクスの研究提案を行うため、日韓を基軸とした研究チームと連携し、これに台湾の研究者も加わることを前提として、新規研究プロジェクトの検討を行う。

また、同じく海嶺が海溝と衝突を起こしている南米沖チリ三重点の地球物理調査結果の解析も進め、その結果の対比を行う。

### 4. 研究成果

平成21年度は、国立台湾大学の大学院生を招いて、本調査航海で得られた地形・地磁気データの処理を行い、また地形データについては、これまでに本研究代表者が中心として取得した南西琉球域の観測データと併せて、台湾北東方～東方に掛けての地形の特徴を明らかとした。

結果として、南西琉球弧から琉球海溝に至る海域は、次に示す東西方向の4領域に分類することが可能であることが明らかとなった。

(1) 最北端の領域は、南岸沖の南落ち斜面に沿って南北方向に発達した海底谷が多数分布する。

(2) その南側では、スランプ性地り痕が発達し、平坦な前弧海盆へと続いている。

(3) 更にその南側では、複雑な起伏、急斜面、東西向きのhalf grabenなどの、不規則な地形。

(4) 海溝域は、幅約40kmにも達する6500-6600mの深さの平坦面である。しかし、このような海溝の地形的特徴は、Gagua海嶺の衝突の起こっている123°Eの西側では不明瞭となっている。

これらの地形的特徴は、沖縄トラフ西部の伸張と呼応して、123°Eの東側で、海溝が南方のフィリピン海プレート側へ後退していることを示唆している。

Gagua海嶺のある123°Eの西側の花東海盆は、その東側の西フィリピン海盆の特徴とは大きく異なる。後者が、拡大痕に相当する地塁・地溝地形とそれを直角に横切る断裂帯が多く発達するのに対して、前者は地形の起伏に乏しい。また、花東海盆の沈み込みが起こっているか否かは明瞭ではない。花東海盆が前弧・背弧域と一体化し、これらの3海域全体が台湾ブロックに衝突している可能性もある。

平成22年度は、台湾の造山運動について、前年度に実施された航海による地形・地殻表層構造をもとに、琉球海溝西端部の斜め沈み込み、Gagua海嶺の同海溝への衝突、Gagua海嶺の東側の海溝軸の南側への後退による東側からの「圧迫」が重要な要因となることを明らかにした。

沖縄トラフの掘削により、その拡張開始時期を明らかにするため、日・韓の合同チームに加えて、台湾の国立中山大学の研究者も参加し、合同シンポジウムを沖縄で開催した。その結果、トラフ西端部の堆積層の掘削によりその堆積年代を明らかにする計画が提示され、IODP（統合国際深海掘削計画）の新フェーズが始まる2013年以降なるべく早い時期にプレ・プロポーザルを提出することとなった。

これまでの調査結果を受け、琉球域でも巨大地震・津波が予想されることから、現実に琉球域で起こっているテクトニクス、海底活断層の活動度などに基づく防災対策について、普及を行うべく、防災環境シンポジウムで講演を行なった。

琉球弧に加え、海嶺が沈みこみ帯に位置する同様のテクトニクス場にあるチリ三重点の調査結果も併せた発表をAGUで行なった。

日・韓・台でこれまでに行なって来た共同研究の成果を主として国内研究者に紹介するため、東京大学大気海洋研究所共同利用シンポジウムを計画した。しかし、当初2011年3月の開催が計画されていたが、東日本大震災の影響で開催が延期されたことから、年度計画の繰越を申請し、約30名の研究者の参加者を集めて、2011年10月に実施した。

平成23年度は、初年度に作成した精密海底地形図に、NOAA/NGDCのサイトのマルチビーム水深データベースから本対象海域のデータを抽出し、新たに海底地形図を作り直した。またその結果をもとに、沖縄トラフ南西部の拡大開始時期と台湾の造山運動開始時期との関連性について、考察を行なった。

沖縄トラフ南西部の拡大開始時期とその際の拡大の形態については、次の3通りの考え方が提唱されている。

①後期中新世(6Ma頃)、ルソン弧の琉球弧への衝突による琉球弧の時計回り回転により、背弧側が拡張した(Miki, et al., 1995; Sibuet and Hsu, 1997など)。

②後期鮮新世～第四紀初頭(3-2Ma頃)琉球弧の火山リフトの伝播により拡張した(Letouzey and Kimura, 1986など)。

③第四紀初頭(2Ma頃)フィリピン海プレートの運動がNNWからWNW方向に変わり、それに伴って島弧胴切り型の右横ずれ断層運動に伴う背弧側のpull-apart運動が起こった(Kong et al, 2000)。

しかし、これらの3説については、競合するものではなく、沖縄トラフ南西部はこれら3段階に亘って拡張を開始したと考えることが出来る。とりわけ③の事象によってフィリピン海プレートの運動方向が変化したことについては、ルソン弧の台湾への衝突の原因となることに加えて、琉球海溝南西部での斜交沈み込みによる海溝軸の南方への後退、沖縄トラフの拡張の加速、島弧胴切り断層の成長の加速を引き起こしたものと見られる。石垣島東方沖の海底活断層が成長・伝播していることが本研究に先立つ研究により明らかにされたが、この断層がこの時期に発生したとすると、1万年当たり200mの割合で長くなっており、また1万年当たり1mの割合で垂直変位が増加していることになる。また、台湾の造山運動は1万年当たり20mずつの隆起を起こしていることになる。

以上の結果については、現在のところ整理の上、論文を執筆中である。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計18件)

①原田尚美・川上 創・福田美保・宮下 航・松本 剛, 230Thを用いたチリ沖中緯度域における第四紀後期生物起源粒子フラックス変動, 地学雑誌, 印刷中, 査読有。

②松本 剛, 沖縄トラフ西部のテクトニクスを解く鍵—中軸の構造・海底扇状地・海底活断層, 月刊地球, 印刷中。

③松本 剛, 2011, 地震・津波にどのように向き合うか?—東日本大震災から学ぶこと—,

季刊沖縄, 41, 20-27, 査読無

④中村 衛, 2010, 2010年2月27日沖縄本島近海地震の断層モデルとアンケート調査による震度分布, しまたてい, 54, 38-41,

⑤中村 衛, 2010, 琉球海溝に「固着域」, 海底観測で判明, なみふる, 78, 2-3.

⑥中村 衛, 2010, 琉球海溝の巨大地震発生予測調査, しまたてい, 55, 40-43.

⑦Meshesha, D., and Shinjo, R., 2010, Hafnium isotope variations in Bure volcanic rocks from the northwestern Ethiopian volcanic province: a new insight for mantle source diversity, J. Mineralogical and Petrological Sci., 105, 101-111.

⑧Shinjo, R., Ginoza, Y., and Meshesha, D., 2010, Improved method for Hf separation from silicate rocks for isotope analysis using Ln-spec resin column, J. Mineralogical and Petrological Sci., 105, 297-302.

⑨Islam, M.S., and Shinjo, R., 2010, Neotectonic stress field and deformation pattern within the Zagros and its adjoining area: an approach from finite element modeling, J. Geol. Mining Res., 2, 170-182.

⑩Matsumoto, T., Shinjo, R., Nakamura, M., Doi, A., Kimura, M., Ono, T., and Kubo, A., 2009, Submarine across-arc normal fault system in the southwest Ryukyu arc triggered the 1771 tsunami hazard? Field evidences from multibeam survey and in-situ observation by ROV, Polish J. Environ. Stud., 18, 123-129.

⑪Nakamura, M., 2009, Aseismic crustal movement in southern Ryukyu Trench, southwest Japan, Geophys. Res. Lett., 36, doi:10.1029/2009GL040357.

⑫Nakamura, M., 2009, Fault model of the 1771 Yaeyama earthquake along the Ryukyu Trench estimated from the devastating tsunami, Geophys. Res. Lett., 36, doi:10.1029/2009GL037930.

⑬Nakamura, M., and Yamamoto, A., 2009, Shear wave anisotropy beneath the Ryukyu arc, Earth Planet Space, 61, 1197-1202. Nakamura, m., and Umedu, N., 2009, Crustal thickness beneath the Ryukyu arc from travel-time, Earth Planet Space, 61, 1191-1195.

⑭Ando, M., Nakamura, M., Hayashi, Y., Ishida, M, Sugiyanto, D., 2009, Observed high amplitude tsunami 0.5-20km away from the northern Sumatra coast during the 2004 Sumatra earthquake, J. Asian Earth Sci., 36, 98-109.

⑮Ando, M., Nakamura, M., Matsumoto, T.,

Furukawa, M., Tadokoro, K., Furumoto, M., 2009, Is the Ryukyu subduction zone in Japan coupled or decoupled? -The necessity of seafloor crustal deformation observation, Earth Planet Space, 61, 1-9.

⑯Islam, M. R., and Shinjo, R., 2009, Numerical simulation of stress distributions and displacements around the entry roadway with igneous intrusion and potential sources of seam gas emission of the Barapukuria coal mine, NW Bangladesh, Int. J. Coal Geol., 78, 249-262.

⑰Islam, M. R., and Shinjo, R., 2009, Mining-induced fault reactivation associated with the main Conveyor Belt Roadway and safety of the Barapukuria coal mine in Bangladesh: constraints from BEM simulations, Int. J. Coal Geol., 79, 115-130.

⑱宮城直樹・馬場壮太郎・新城童一, 2009, 沖縄島に分布する基盤岩類の風化に伴う全岩化学組成変化, 琉球大学教育学部紀要, 75, 査読無

〔学会発表〕(計 15 件)

①Matsumoto, T., et al., A 'Propagating' Active Across-Arc Normal Fault Shows Rupture Process of the Basement: the Case of the Southwestern Ryukyu Arc, 2011 AGU Fall Meeting, 2011年12月5日 (サンフランシスコ)

②松本 剛, 東シナ海・琉球列島を取り巻く諸問題: テクトニクス・陸橋・海底扇状地・熱水鉱床・海流, 東京大学大気海洋研究所共同利用研究会「東シナ海および琉球弧の地史と古環境」, 2011年10月3日, 東京大学大気海洋研究所

③Matsumoto, T. et al. Underwater landslides and slumps observed along active submarine faults? A possible source of a devastating tsunami?, Japan Geoscience Union Meeting 2011 (英文発表), 2011年5月25日, 幕張メッセ

④松本 剛・他, 拡大海嶺軸の沈み込みのメカニズム: チリ海嶺による検証, ブルーアース 2011シンポジウム, 2011年3月7日, 東京海洋大学

⑤Matsumoto, T., Tsunami preparedness at the resort facilities along the coast of the Ryukyu Islands - their actions against the 27 February 2010 Okinawan and Chilean tsunami warning, 2010 AGU Fall Meeting, 2010年12月15日 (サンフランシスコ)

⑥Matsumoto, T., et al., Tectonics and mechanism of a spreading ridge subduction at the Chile Triple Junction based on new marine geophysical data, 2010 AGU Fall Meeting, 2010年12月14日 (サンフランシスコ)

コ)

⑦松本 剛・他, 沖縄県の地域防災力の向上に向けて, 防災環境シンポジウム, 2010年11月25日, 琉球大学

⑧松本 剛・他, これまでの精密測深調査に基づく台湾東方の南西琉球域・西フィリピン海盆の精密海底地形, 日本地球惑星科学連合 2010 年大会, 2010年5月26日, 幕張メッセ

⑨土井明日加・松本 剛・他, 地球物理データに基づくチリ沖三重会合点の重力異常とテクトニクス, 日本地球惑星科学連合2010年大会, 2010年5月26日, 幕張メッセ

⑩松本 剛・他, JAMSTEC 船等による測深調査に基づく沖縄トラフ～西フィリピン海盆の精密海底地形, ブルーアース2010 シンポジウム, 2010年3月2-3日, 東京海洋大学

⑪土井明日加・松本 剛・他, 地球物理データに基づくチリ沖三重会合点の構造とテクトニクス, ブルーアース2010 シンポジウム, 2010年3月2-3日, 東京海洋大学

⑫喜瀬慎一郎・松本 剛・他, 海洋地球研究船『みらい』で得られた太平洋完全横断地磁気三成分データの解析, ブルーアース2010シンポジウム, 2010年3月2-3日, 東京海洋大学

⑬Matsumoto, T., et al., New topographic and geophysical maps in the southwesternmost Ryukyu area give the key to understanding the role of the Ryukyu trench-arc-backarc system towards the Taiwan orogeny, American Geophysical Union 2009 Fall Meeting, 2009年12月17日 (サンフランシスコ)

⑭Matsumoto, T., Crustal movement and plate motion as observed by GPS baseline ranging - trial to make teaching materials for middle- and high-school earth science education by teachers, American Geophysical Union 2009 Fall Meeting, 2009年12月14日 (サンフランシスコ)

⑮松本 剛・他, 琉球島弧・石垣島東方沖海底活断層の発達・伝播過程, 日本地球惑星科学連合2009 年大会, 2009年5月21日, 幕張メッセ

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

○取得状況（計0件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

なし

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

松本 剛 (MATSUMOTO TAKESHI)  
琉球大学・理学部・教授  
研究者番号：

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

中村 衛 (NAKAMURA MAMORU)  
琉球大学・理学部・准教授  
研究者番号：60295293

新城 竜一 (SHINJO RYUICHI)  
琉球大学・理学部・教授  
研究者番号：30244289