

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 21 日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26287104

研究課題名(和文) 1771年八重山大津波域でのプレート固着状態の観測調査

研究課題名(英文) An observational investigation of plate coupling in the 1771 Yaeyama earthquake source area

研究代表者

安藤 雅孝 (Ando, Masataka)

静岡大学・防災総合センター・客員教授

研究者番号：80027292

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、琉球海溝の西域での海底地殻変動観測により、海陸両プレートの固着状態を明らかにし、巨大地震発生の可能性について考察することにある。26年度に、沖縄県波照間沖に海底地殻変動装置3台を設置し、3年に亘り位置変化を観測した。26-28年度の解析から、海底ベンチマークの位置の変化は、台湾蘇澳に対し、南北方向が -5.7 ± 9.8 cm/y、東西方向が 2.1 ± 5.5 cmであった。初年度の位置に対する、海底ベンチマークの変化は、ほぼ南に移動するもので、この地域が伸張の場であると示唆する。ただし、誤差が大きく、伸張の場か圧縮の場か結論することはできない。さらなる観測調査が必要である。

研究成果の概要(英文)：This research purposes to clarify the plate coupling of the two plates along the western Ryukyu Trench to consider the possibility of large subduction earthquakes. In 2014, three seafloor-crustal-deformation transponders were installed off Hateruma Island, Okinawa Prefecture, and the position of these seafloor units was monitored every year. The analysis of the data obtained from 2014 to 2016, the seafloor position was found to change with a velocity -5.7 ± 9.8 cm/y northing and 2.1 ± 5.5 cm/y easting. This implies that the seafloor site moved southward relative to Hateruma Island, north of the seafloor site, indicating that the area extensional. However, it is difficult to conclude the area is extensional or compressional because of the large errors. Further observation is necessary to obtain reliable results of crustal deformation in the tectonic area.

研究分野：地震学

キーワード：琉球海溝 海底地殻変動 プレートカップリング キネマティックGPS 音響測距 XCTD 1771年八重山地震 先島諸島

1. 研究開始当初の背景

(1)「琉球海溝には巨大地震が起きない」と長らく考えられていた。その理由は、過去300年巨大地震が起きていない、背弧海盆が拡大している、ユーラシア(アムール)プレートが海溝側にせり出し南進している(図1)、などがあげられる。しかし、最新の研究から、海陸プレートは固着しているとの証拠がいくつも示されている。特に琉球海溝西域においては、下記のような指摘が注目される。GPSデータの解析より、深さ40-60km 附近に、スロースリップが発生している(Heki and Kataoka, 2008)、1771年八重山津波は、海溝附近に発生した“津波地震”である(Nakamura, 2009)、超低周波地震が海溝軸に沿って発生する(Ando et al. 2012)、石垣島と宮古島の津波堆積物の調査より大規模津波が過去2000年間に4回発生した(Ando et al. submitted)、琉球海溝では、プレート間が固着しているか否かは、陸上のGPS観測のみからでは判断できず、固着の可能性も高い(Ando et al., 2009)。

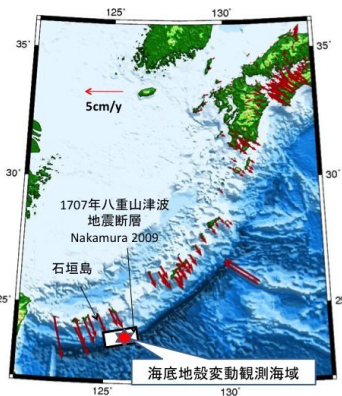


図1. 琉球海溝に沿うGPS速度ベクトと本研究の海底地殻変動観測海域

(2)上記より、琉球海溝西域では、巨大地震発生の可能性が示唆される。この問題の解明のためには、巨大地震発生の可能性およびプレート間カップリング状態を明らかにする必要がある。カップリング状態を直接的に明らかにする方法として、KGPS/Acoustic 海底地殻変動観測が挙げられる。

KGPS/Acoustic (KGPS/A) 海底地殻変動観測を精力的に行っているのは世界でも日本だけである。中でも、2011年東北沖地震前後の海上保安庁(以下、海保)の観測結果(Sato et al., 2011)は注目される。海保は、調査船の船底にトランスデューサーを装着させ、航走しながら測定するなど、優れた観測システムを有している。ただし、乗員数十名の調査船や解析支援チームなど、大掛かりな施設、経費、人員が必要とし、日本列島周辺をくまなく観測するのは難しい。しかも、現在、海保には

琉球海溝調査の計画はない。上記のような背景から、本研究を提案された。

2. 研究の目的

(1) 琉球海溝の西域のプレートの相対沈み込み速度は、背弧海盆拡大が加わり、12.5cm/yと世界でも最大である。本研究の目的は、この大きな沈み込み速度を生かして、海底地殻変動観測に基づき、海陸両プレートの固着状態を明らかにすることにある。海陸両プレートが固着しているならば、上盤側のベンチマークは、陸側に向かって押され移動する。図2には、スラブの引きずり込み(slip deficit)を100とした場合の、陸側に向かう水平速度(固着面の走向に直交する方向)を示している。この水平変動は、固着域の幅Wにより変化する。Wがゼロであれば変動はいたるところでゼロであるが、Wが増大するにつれ影響は遠方におよぶ。

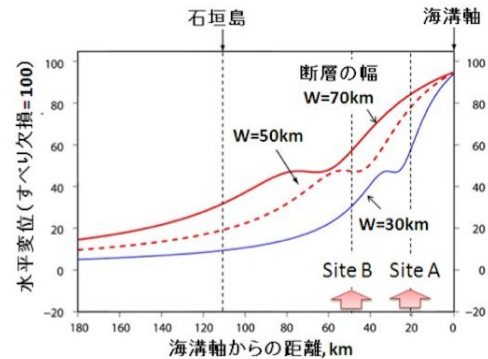


図2. 沈み込み帯におけるスベリ欠損による上盤側の水平変動。ここでは、固着面を長方形として、上辺は海溝に置き、傾斜角は20度、上盤と下盤の固着率を100%とした場合の水平変動(固着面の走向に直交方向)である。固着面の幅(W)が増すにしたがい、変動は遠方までおよぶ。海底地殻変動装置は、当初はSite A および Site B に設置の予定であったが、経費の都合から、海溝から95kmの位置に設置した。

3. 研究の方法

(1) 海底広域地殻変動観測手法

本研究では、キネマティックGPSと音響測距を組み合わせる方法(KGPS/A)を用いた。図3に示すように、本手法では調査船を用いて、陸上のGPS観測点に対して、海底ベンチマークの相対位置を決める。船の位置は、キネマティックGPS(KGPS)手法を用いる。船が縦揺れ、横揺れ、および向きの変更を起こすため、GPSアンテナに対するトランスデューサーの相対位置(NS, EW, UD)が変化する。この変化はジャイロコンパスを用いて決定する。位置決定の主要誤差要因は、KGPSの誤差、

海水の音速の時間変化による誤差、船上GPSの位置に対する音響トランスデューサーの相対位置の誤差、に大別される。これらの誤差の低減が本研究の目標を達成するための最大の課題である。

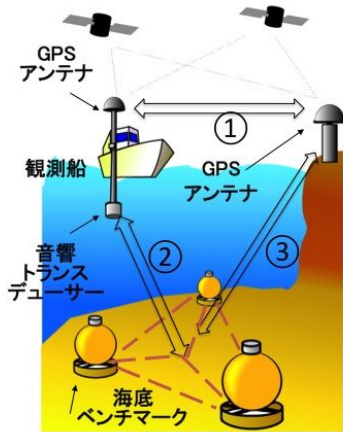


図3. 海底地殻変動観測システム。本研究では、陸上GPS観測点に対する、海底ベンチマークの重心の位置の変化を海底観測点の変動とした。

(2)観測の概要

水中音速決定法: 海底の位置を正確に求めるには、海水中の音速構造が必要がある。しかし、この研究で用いる小型船には、ウインチが装備されてないため、CTDは使えない。このため、簡易測定装置XCTDを用いて各深度での塩分濃度と海水温度を測定し、音速を推定する。XCTDの測定可能深度は1000mであるが、音速の時間変化は主に1000m以浅で起こるため、それ以深は既存の周辺のデータに基づき補正する。この手法を用いることにより、十分な精度が得られ、かつ観測経費も削減できる。音速構造の時間変化は、位置と音速を同時に決めるソフトウェアOCDASAN (Ikuta et al., 2009) を用いた。

調査船位置決定法: NASA/GSFCで開発された長基線解析用ソフトウェア Interferometry Trajectory (IT) (Columbo et al., 2000) を用いた。ITは基準局と移動局の距離が長いケースの解析に開発されたもので、長基線に伴う誤差を取り除く技法が組み込まれている。参照点は台湾北東部にある蘇澳(スワオ)である。蘇澳までの距離は210kmと長基線のため、本研究には向いている。また、参照点を波照間島や石垣島に置かなかったのは、GPSアンテナと受信機の設置と維持にかなりの時間が取られ、少人数で短期間に観測を行うには負担が大き過ぎるためである。初年度は、石垣島にも参照点を置いたが、蘇澳を参照点とした場合と比較して、海底位置はほぼ同じ場所に決まった。

海底ベンチマーク位置決定法: ベンチマーク(トランスポンダーまたは海底局)は船上から自由落下させて設置した。この手法は、すでに潜水船でチェックされ実証済みで、信頼性は高い。ベンチマークは、ほぼ正三角形(1辺の長さは深さの70%程度、図4)になるように配置する。1回の航海で、観測点までの往復にかかる時間を除くと、測定にほぼ40時間使える。観測中はスクリーノイズを避けるため、船を流して(drift)測定する。測線が海底局三角形から外れたら、船を上流に移動させ測定を繰り返す。本観測海域では、海流の関係から、船は1-2km/hの速度でドリフトする。ドリフトは風速や風向により若干異なる。1回の航海で3日間観測を行い、約1万点での測定ができる。GPSおよび音響測距データの解析を基にした、海底ベンチマークの位置決定を行った。

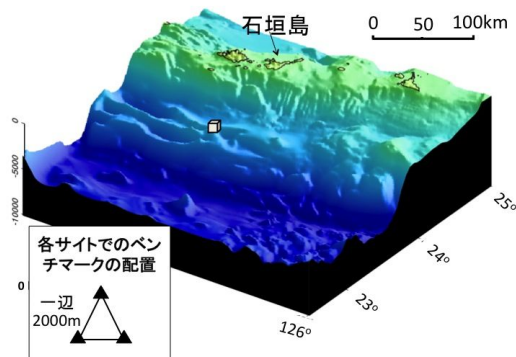


図4. 海底観測点の位置(白立方体)。手前が琉球海溝。ベンチマーク3点の配置も示した。

4. 研究成果

(1) 26-28年度における地殻変動

3年間に得られた観測結果の解析を総合的に行った結果、海底観測点の位置の変化は、南北方向が $-5.7 \pm 9.8 \text{ cm/y}$ 、東西方向が $2.1 \pm 5.5 \text{ cm}$ であった(図5)。ここでは、参照点を日本列島に置かず、台湾北部KYIN点とした。理由は、2011年東北沖地震による地殻変動が九州南部までおよんでいることと、KYIN点は比較的安定しているためである。

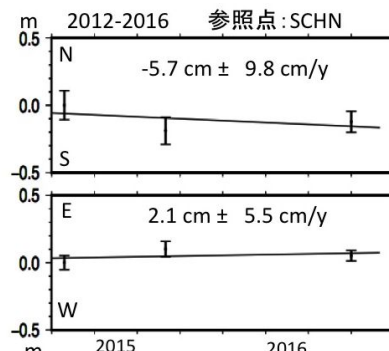


図5. 2014-2016年における海底観測点の変位。

(2) 周辺観測点との比較

海底観測点の周辺には、波照間島、西表島、石垣に2点、国土地理院のGEONET観測点があり、観測期間における、これらの速度ベクトルも比較のために図6に示した。これらの観測値も、ほぼ同様な変動パターンを示す。海底観測点においても、南に変動する様子は変わらない。海底ベンチマークと波照間では、わずかに南北の縮みを示す。ただし、観測誤差が大きく、この地域が伸張場にあるか、圧縮場にあるかは、本研究の結果からでは結論できない。プレート間カップリング状態を明らかにするために、さらに長期間海底観測を実施する必要がある。

なお、図7には、台湾の陸上GPS観測点および海底観測点における速度ベクトル図も示した(静岡大と台湾地球科学研究所の共同研究)。この地域の地殻変動を総合的に見ると、テクトニクスが理解しやすい。琉球海溝が後退し、それに伴い琉球弧が南進する。沖縄トラフは拡大するため、周辺に変動をおよぼす。台湾宜蘭沖での海底観測点が南に移動するのは、沖縄トラフの影響と思われる。本研究で得られた知見は、琉球海溝に沿うテクトニクスを考える上で重要である。

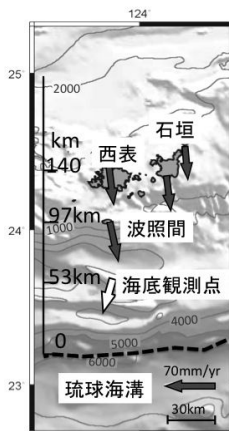


図6. 海底観測点周辺の速度ベクトル。

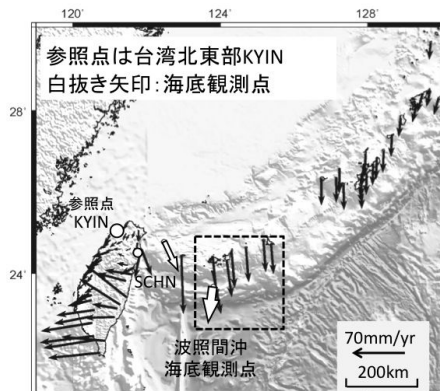


図7. 本研究海底地殻変動観測点および周辺域でのGPS速度ベクトル。台湾宜蘭沖の海底地殻変動観測点の速度ベクトルも示した。参照点はKYIN観測点(台湾桃園市)。

5. 主な発表論文等

[学会発表](計 2件)

安藤雅孝・生田領野 琉球海溝南西域および台湾東海岸の巨大地震発生のメカニズム 2017年05月25日 日本地球惑星科学連合大会(千葉県千葉市幕張メッセ)

安藤雅孝 巨大地震を発生させる弱いプレートカップリングの琉球海溝西端部 2015年5月27日 日本地球惑星科学連合大会(千葉県千葉市幕張メッセ)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

安藤 雅孝 (ANDO, Masataka)

静岡大学・防災総合センター・客員教授

研究者番号: 80027292

(2) 研究分担者

生田 領野 (IKUTA, Ryoya)

静岡大学・理学部・准教授

研究者番号: 60377984

宗林 留美 (SOHRIN, Rumi)

静岡大学・理学部・准教授

研究者番号: 00343195

中村 衛 (NAKAMURA, Mamoru)

琉球大学・理学部・教授

研究者番号: 60295293