

研究種目：基盤研究(B)  
 研究期間：2007～2009  
 課題番号：19340126  
 研究課題名(和文) 南西諸島の沈み込みに伴い巨大地震が発生するのか？－海底地殻変動観測からの検証  
 研究課題名(英文) Is the Ryukyu Subduction Zone in Japan coupled or decoupled? -The necessity of seafloor crustal deformation observation  
 研究代表者  
 中村 衛 (NAKAMURA MAMORU)  
 琉球大学・理学部・准教授  
 研究者番号：60295293

## 研究成果の概要(和文)：

琉球海溝に固着域が存在するか否かを明らかにするため、中部琉球海溝で海底地殻変動観測を開始し、琉球海溝付近前孤側でのプレート間カップリングを検出する試みをおこなった。

2年間の観測から、海底局群が沖縄本島に対して北西方向に7cm/yrで移動したことが明らかになった。予想される固着域の幅は約30-50kmである。このように琉球海溝の海溝軸付近には固着域が存在しプレート間カップリング領域が形成されていることが明らかになった。

## 研究成果の概要(英文)：

We have started the observation of sea floor crustal deformation to detect the inter-plate coupling in the central Ryukyu trench. Five campaign observations were carried out for the period from January 2008 to November 2009. The result shows that the benchmark moved to northwest direction for two years at a rate of 7 cm/yr. The estimated width of interplate coupling area is 30-50 km from the Ryukyu trench. The interplate coupling in the central Ryukyu Trench and tsunami earthquake (which occurred 300 km southwest of our site near the Ryukyu Trench) suggests that interplate coupling occurred up-dip of the seismogenic zone in the Ryukyu subduction zone.

## 交付決定額

(金額単位：円)

|        | 直接経費       | 間接経費      | 合計         |
|--------|------------|-----------|------------|
| 2007年度 | 10,400,000 | 3,120,000 | 13,520,000 |
| 2008年度 | 1,800,000  | 540,000   | 2,340,000  |
| 2009年度 | 2,200,000  | 660,000   | 2,860,000  |
|        |            |           |            |
| 総計     | 14,400,000 | 4,320,000 | 18,720,000 |

研究分野：地震学

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：地殻変動・海底変動

### 1. 研究開始当初の背景

琉球海溝では過去において海溝型巨大地震が発生した形跡が無く、海溝型巨大地震の起こらない沈みこみとされている。しかし2004年スマトラ地震の発生は、過去百年程度巨大地震が起こった形跡が無くともさらに長い期間では巨大地震が発生しうることを私たちに知らしめた。琉球海溝でも海溝型巨大地震のおこる可能性は無いのだろうか？

これを調べるには海溝に固着域が分布するか否かを明らかにすればよい。一般にはGPS観測網で固着域は検出できる。しかし南西諸島は島嶼地域であり、GPS観測網の配置が不良であり、GPS観測網で固着域を検出するのは困難である。そこで、海底地殻変動観測を実施し、海溝付近の地殻変動を直接測定することとなった。

### 2. 研究の目的

琉球海溝でも海溝型巨大地震が発生しうるか否かを検証するため、沖縄本島付近の琉球海溝にてキネマチックGPSと音響測距システムを結合させた海底地殻変動観測(図1)を実施し、プレート間カップリングによる地殻変動を検出する。また、過去琉球海溝で発生した地震の再検討をおこない、これらの地震がプレート間地震であった可能性を検討する。

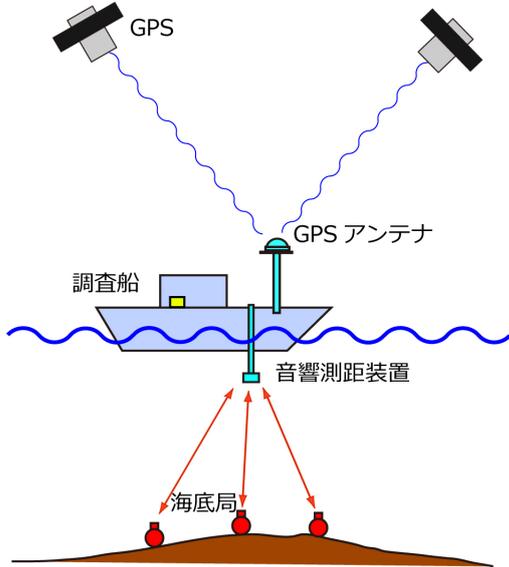


図1 観測概要

### 3. 研究の方法

キネマチックGPSと音響測距システムを結合させた海底地殻変動観測(図1)を採用した。観測では沖縄県水産海洋研究センター

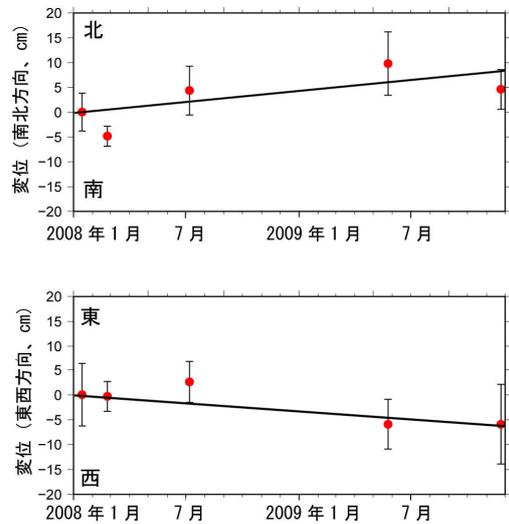


図2 観測結果

の図南丸を使用し、計5回の観測に成功した。観測では船をキネマチックGPS測位しながら海底に設置した海底局の周囲を低速で航行または流して音響信号を送受信する。送受信波形を使って海底までの距離を測定する。3日間の連続観測を行い、それらを統合処理して海底局の位置変化を追跡した。

### 4. 研究成果

観測結果から、沖縄本島南東の琉球海溝付近では上盤側のユーラシアプレートが北西方向に年間7cm移動している結果が得られた(図2)。これはユーラシアプレートが下盤側のフィリピン海プレートと固着して居るために起こる地殻変動である。この結果を基にプレート間の固着域の幅を推定したところ、約50kmの幅の固着域を仮定した場合に最も観測結果と理論計算とが一致した(図3)。琉球海溝でも海溝軸付近には固着域がある可能性があることが明らかになった。

また、1771年八重山地震の波源域を推定したところ、南部琉球海溝で発生したM8クラスの海溝型地震であったことが判明した。ここは付加帯が発達しており、この付加体堆積物と沈み込んだフィリピン海プレートとの間で低角逆断層型地震が発生したと推定している。

さらに、2002年以降、琉球海溝南西部で巨大アフタースリップが発生していたこともGPS解析から明らかになった。2002年花蓮地震(M7.1)の直後から、八重山諸島のGPSデータに異常な地殻変動が記録された2002年から2008年の間の水平変動量は最大

5cm に達する。この変位を解析したところ、与那国島直下の深さ 35km で M7.4 のスロースリップが発生していた。このスロースリップは 2002 年花蓮地震の直後にスタートしていることから、花蓮地震のアフタースリップと解釈した。

このように、一見固着域のないように見える琉球海溝であるが、この研究開始によって、海溝軸付近および地震発生領域深部の両方に固着域が存在している成果をえることができた (図 4)。

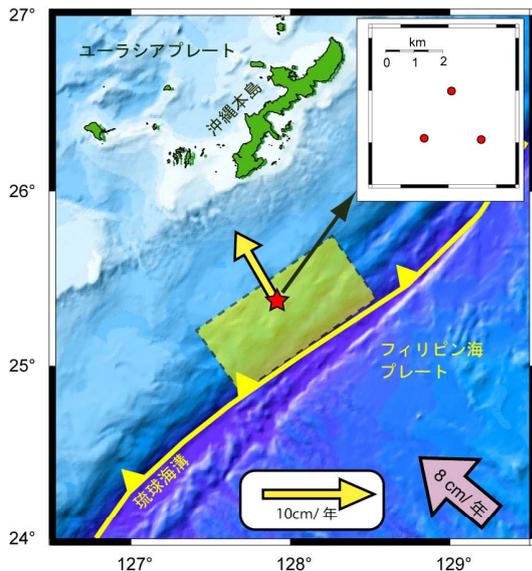


図 3 推定される固着域

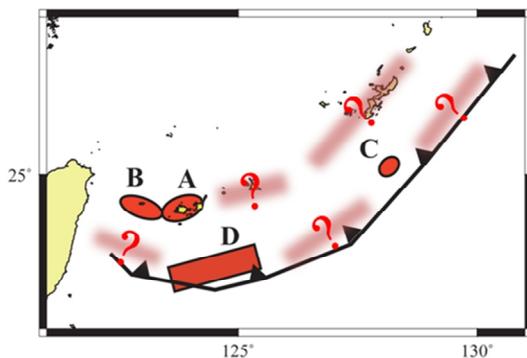


図 4 琉球弧の固着域分布。A: スロースリップ (Heki and Kataoka, 2008)。B: アフタースリップ (Nakamura, 2009)。C: 固着域。D: 津波地震 (Nakamura, 2009)。

#### 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 19 件)

- ① M. Nakamura, Aseismic crustal movement in southern Ryukyu Trench, southwest Japan, *Geophysical Res. Lett.*, 36, doi:10.1029/2009GL040357, 2009, (査読有)。
- ② M. Nakamura, Fault model of the 1771 Yaeyama earthquake along the Ryukyu Trench estimated from the devastating tsunami, *Geophysical Res. Lett.*, 36, doi:10.1029/2009GL037930, 2009, (査読有)。
- ③ Ando, M., Nakamura, M., Matsumoto, T., Furukawa, M., Tadokoro, K., Furumoto, M., Is the Ryukyu Subduction Zone in Japan coupled or decoupled? -The necessity of seafloor crustal deformation observation, *Earth Planet Space*, 61, 1-9, 2009, (査読有)。
- ④ M. Ando, M. Nakamura, Y. Hayashi, M. Ishida, D. Sugiyanto, Observed high amplitude tsunami 0.5-20 km away from the northern Sumatra coast during the 2004 Sumatra earthquake, *Journal of Asian Earth Sciences* 36, 98-109, 2009, (査読有)。
- ⑤ M. Nakamura, N. Umezu, Crustal thickness beneath the Ryukyu arc from travel-time inversion, *Earth Planet Space*, 61, 1191-1195, 2009, (査読有)。
- ⑥ M. Nakamura, A. Yamamoto, Shear wave anisotropy beneath the Ryukyu arc, *Earth Planet Space*, 61, 1197-1202, 2009, (査読有)。
- ⑦ Y.-M. Wu, J. Bruce H. Shyu, C.-H. Chang, L. Zhao, M. Nakamura, S.-K. Hsu, Improved seismic tomography offshore northeastern Taiwan: implications for subduction and collision processes between Taiwan and the southernmost Ryukyu, *Geophys. J. Int.*, 178, 1042-1054, 2009 (査読有)。
- ⑧ T. Matsumoto, R. Shinjo, M. Nakamura, A. Doi, M. Kimura, T. Ono, A. Kubo, 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. of Environ. Stud.* Vol. 18, No. 1, 123-129, 2009 (査読有)。
- ⑨ 渡部 豪・田所敬一・杉本慎吾・奥田隆・生田領野・安藤雅孝・武藤大介・木元章典・久野正博, 熊野灘での海底地殻変動観測によるプレート固着状態推定: 現状と展望, *測地学会誌*, 55, 39-51, 2009, (査読有)。
- ⑩ 杉本慎吾・田所敬一・生田領野・渡部豪・奥田 隆・佐柳敬造・武藤大介・木元章典・安藤雅孝, 制約音速による海底

- 測位手法の改良とその評価, 測地学会誌, 55, 53-61, 2009, (査読有).
- ⑪ 杉本慎吾・長田幸仁・石川直史・浅倉宜矢・田所敬一・渡部 豪・奥田 隆・高谷和典・生田領野・安藤雅孝, 基線長別移動体測位実験によるキネマティック GPS ソフトウェアの評価, 測地学会誌, 55, 65-85, 2009, (査読有).
- ⑫ Ikuta, R., K. Tadokoro, M. Ando, T. Okuda, S. Sugimoto, K. Takatani, K. Yada, and G. M. Besana, A new GPS-acoustic method for measuring ocean floor crustal deformation: Application to the Nankai Trough, *J. Geophys. Res.*, 113, doi:10.1029/2006JB004875, 2008, (査読有).
- ⑬ 田所敬一・杉本慎吾・武藤大介・渡部豪・生田領野・安藤雅孝・奥田 隆・木元章典・佐柳敬造・久野正博, 駿河-南海トラフにおける海底地殻変動繰り返し観測, 測地学会誌, 54, 127-139, 2008, (査読有).
- ⑭ 佐藤まりこ・木戸元之・田所敬一, GPS/音響測距結合方式による海底地殻変動観測: 観測成果と新たな取り組み, 測地学会誌, 54, 113-125, 2008, (査読有).
- ⑮ 武藤大介・田所敬一・杉本慎吾・奥田隆・渡部 豪・木元章典・生田領野・安藤雅孝, 海底ベンチマーク位置決定精度における海中音速構造の時空間変化の影響に関する数値実験, 測地学会誌, 54, 153-162, 2008 (査読有).
- ⑯ Lin, C.H., Y.H. Yeh, M. Ando, K.J. Chen, T.M. Chang and H.C. Pu, Earthquake doublet sequences: Evidence of static triggering in the strong convergent zones of Taiwan, *Terr. Atm. Ocean.*, 19, 589-594, 2008 (査読有).
- ⑰ T. Matsumoto, R. Shinjo, M. Nakamura, M. Kimura, T. Ono, Submarine active normal faults completely crossing the southwest Ryukyu Arc, *Tectonophysics*, (doi: 10.1016/j.tecto.2007.11.032), 2008 (査読有).
- ⑱ Wu, Y.M., C.H. Chang, L. Zhao, T.L. Teng, M. Nakamura, A Comprehensive Relocation of Earthquakes in Taiwan from 1991 to 2005, *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol. 98 (3), 2008 (査読有).
- ⑲ 中村衛, 琉球弧-台湾結合部における沈み込んだフィリピン海プレート内部の応力場とテクトニクス, *月刊地球*, 査読無, Vol. 29 (5), 323-328, 2007, (査読無).
- movement detected through seafloor geodetic observation at accretionary wedge in the central Ryukyu Trench, Americal Geophysical Union fall meeting, Dec. 14, 2009, San Francisco.
- ⑳ 中村衛, 1771年八重山地震津波の断層モデル, 日本地震学会秋季大会 2009年10月23日, 京都市京都大学.
- ㉑ 宮田皓司, 中村衛, 田所敬一, 奥田隆, 安藤雅孝, 渡部豪, 杉本慎吾, 松本剛, 古川雅英, 熊野灘と琉球海溝における海底地殻変動観測, 日本地震学会秋季大会 2009年10月22日, 京都市京都大学.
- ㉒ 中村衛, 海底地殻変動観測で明らかになった中部琉球海溝軸付近での地殻変動, 日本地震学会秋季大会, 2009年10月22日, 京都市京都大学.
- ㉓ M. Nakamura, Interplate coupling and slow slip events along the Ryukyu trench, 8th Taiwan - Japan International Workshop on Hydrological and Geochemical Research for Earthquake Prediction, Workshop, 2009年9月29日, 国立成功大学, 台南, 台湾.
- ㉔ 中村衛, 与那国島直下で発生したスロースリップイベント, 日本地球惑星科学連合 2009年大会, 2009年5月19日, 千葉市幕張メッセ.
- ㉕ 宮田皓司, 田所敬一, 杉本慎吾, 渡部豪, 中村衛, 安藤雅孝, 奥田隆, 武藤大介, 木元章典, ジャイロとサテライトコンパスによる海底地殻変動解析結果の違い, 日本地球惑星科学連合 2009年大会, 2009年5月17日, 千葉市幕張メッセ.
- ㉖ Y. Tu, M. Ando, H. Kumagai, Y. Yamanaka, Low frequency earthquakes near western margin of the Ryukyu trench axis, 日本地球惑星科学連合 2009年大会, 2009年5月17日, 千葉市幕張メッセ.
- ㉗ 中村衛, 田所敬一, 奥田隆, 安藤雅孝, 渡部豪, 杉本慎吾, 宮田皓司, 松本剛, 古川雅英, 尾藤原野, 中部琉球海溝での海底地殻変動観測, 日本地球惑星科学連合 2009年大会, 2009年5月17日, 千葉市幕張メッセ.
- ㉘ Nakamura, Interplate coupling and slow slip events along the Ryukyu Trench, The 3rd Taiwan-Japan Earth Science Symposium, Mar. 1, 2009, Naha, Okinawa.
- ㉙ M. Nakamura, T. Matsumoto, M. Furukawa, K. Tadokoro, T. Okuda, T. Watanabe, S. Sugimoto, M. Ando, Observation of Ocean Bottom Crustal Deformation in Ryukyu trench, 第7回アジア国際地震学連合・2008年日本地震学会秋季大会合同大会, Nov. 26, 2008, Tsukuba.
- ㉚ M. Nakamura, Observation of Ocean Bottom Crustal Deformation in Ryukyu trench, 7th

[学会発表] (計 15 件)

- ① Nakamura, M., Anomalous crustal

Taiwan - Japan International Workshop on Hydrological and Geochemical Research for Earthquake Prediction, Workshop, Oct. 7. 2008, Tsukuba.

- ⑬ Y. Tu, M. Ando, Y. Yamanaka, Long-period Micro-tremors Observed in the Okinawa Trough, 日本地球惑星科学連合 2008 年大会、2008 年 5 月 26 日、千葉市幕張メッセ。
- ⑭ 中村衛, 田所敬一, 奥田隆, 安藤雅孝, 渡部豪, 杉本慎吾, 宮田皓司, 松本剛, 古川雅英, 尾藤原野, 琉球海溝における海底地殻変動観測, 地球惑星科学関連学会合同大会, 日本地球惑星科学連合 2008 年大会、2008 年 5 月 25 日、千葉市幕張メッセ。
- ⑮ M. Nakamura, Numerical simulation of the 1771 Yaeyama tsunami in the southwestern Ryukyu arc, Americal Geophysical Union Fall meeting, Dec. 12, 2007, San Fransisco.

[図書] (計 1 件)

中村衛、2009、GPS で見た琉球弧のプレート運動 - 沖縄はどっちに向かっているか? - (やわらかい南の学と思想 2: 融解する境界)、沖縄タイムス社、158-169, 2009.

[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]

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

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

### (2) 研究分担者

### (3) 連携研究者

田所 敬一 (TADOKORO KEIICHI)  
名古屋大学・環境学研究科・准教授  
研究者番号: 70324390

安藤 雅孝 (ANDO MASATAKA)  
琉球大学・理学部・客員教授  
研究者番号: 80027292

古川 雅英 (FURUKAWA MASAHIDE)  
琉球大学・理学部・教授  
研究者番号: 40238671

松本 剛 (MATSUMOTO TAKESHI)  
琉球大学・理学部・教授  
研究者番号: 30344287

古本 宗充 (FURUMOTO MUNEYOSHI)  
名古屋大学・環境学研究科・教授  
研究者番号: 80109264