

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2007～2010

課題番号：19253003

研究課題名(和文)

スマトラ北部におけるスマトラ地震の歪み回復過程とスマトラ断層の歪み蓄積過程の研究
 研究課題名(英文) Research on reintegration process of 2004 Sumatra Earthquake and strain accumulation process in the Sumatran Fault in North Sumatra

研究代表者：

木股 文昭 (KIMATA FUMIAKI)

名古屋大学・環境学研究科・教授

研究者番号：10089849

研究成果の概要(和文)：

2007年から頻繁に、インドネシアのスマトラ北部のアチェ州において、GPS観測とMT観測を実施し、2004年スマトラ超巨大地震の地震時の地殻変動と地震後の地殻変動、およびスマトラ断層周辺における地殻変動と比抵抗構造を検出・推定した。

地震時の変動としてインド洋沿岸部で3mの南西方向への水平変動を、地震後の変動として同様に南西方向へ最大80cmに及ぶ水平変動と50cmに達する隆起を観測した。

これらの変動から、2004年スマトラ地震の滑り分布を推定すると、主たる滑りが浅部ではプレート境界から上部に分岐した上部スラスト断層で発生していると推定された。これはニアス島において観測された1mに達する大きな隆起運動とよく一致する。

また、地震後に観測された余効変動、とりわけアチェ州のインド洋沿岸で観測される隆起から、沿岸近くのプレート境界深部でafter slipが地震後に進行していると推定される。

年間10cmを超える地殻変動のなかに、スマトラ断層の滑りに起因すると考える変動が見つかった。余効変動を簡単にモデル化で除去し断層での滑りを推定すると、アチェ州北部で深さ13kmあたりが固着し、浅部でクリープ運動が推定された。また断層周辺では低非抵抗域がMT観測から推定され、断層周辺で破壊が進行していることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：

GPS measurements have been observed two times every year at the in north Sumatra since 2007, and MT observations closing the fault. Through the surveys, co-seismic deformation over 3 m and post-seismic deformation over 80 cm horizontally and 50 cm vertically are observed.

We discuss the fault slip model of the 2004 Sumatra Earthquake, largest slip over 20 m is estimated in upper thrust fault extending to ocean bottom from the plate boundary. This estimation shows a good consistent with 1 m uplift in Nias Island.

From a post-seismic deformation especially uplift of 50 cm in the west coast of Banda Aceh, it is suggested large after slip would be occurred in the deeper plate boundary.

We also discuss the fault slip model of the Sumatra fault based on the horizontal deformation deduced the post-seismic deformation from the observed deformation by mode. The creep dislocation of 3 cm/yr in the shallow part of the fault in north Aceh is suggested. Low risibility zones around the fault are detected by MT survey. It also suggested that earthquake occurrence potential is enhanced high in north Sumatra.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	11,100,000	3,330,000	14,430,000
2008年度	5,300,000	1,590,000	6,890,000
2009年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
2010年度	2,900,000	870,000	3,770,000
総計	22,700,000	6,810,000	29,510,000

研究分野：地震学

科研費の分科・細目：固体地球惑星物理学

キーワード：2004年スマトラ地震、スマトラ断層、地殻変動、断層モデル、地震時の地殻変動、余効変動、ひずみ蓄積、クリープ運動、GPS観測、MT観測

1. 研究開始当初の背景

2004年スマトラ地震発生後、その断層運動を地殻変動から明らかにするために、スマトラ北部のアチェ州でGPS観測を開始した。

そして、超巨大地震だけに地震後に大きな余効変動も予測されることから、GPS観測網を構築して観測を継続していた。とりわけ、プレート境界近傍での地殻変動はほかにはまだなされておらず、詳細な余効変動モデルを考察する上で重要な情報と考えられた。

また、観測網の中にはスマトラを南北に1400 kmにわたり縦断するスマトラ断層も存在し、しかも地形学的な考察から年間4 cmもの断層滑りが推定され、しかもアチェ州北部では最近の地震活動も報告されないことから、同域でのスマトラ断層の断層滑りを明確にすることは、アチェの防災上も重要な情報だった。

2004年スマトラ地震発生以前から、名古屋大学ではバンドン工科大学、そして地震後はアチェのシアクラ大学と学術交流を深め、国際共同研究として、本課題に取り組むことが可能な状況にあった。

2. 研究の目的

2004年スマトラ超巨大地震の震源域に近接するインドネシアのスマトラ北部においてGPS観測とMT観測を日本とインドネシアの国際共同研究として頻繁に実施することから、次の3つの課題を目的とする。

1) 2004年スマトラ超巨大地震の地震時の地殻変動の検出と滑りモデルの考察
本研究の開始時にすでに多くの2004年スマトラ地震の断層モデルが考察されていた。しかし、本研究ではとりわけスマトラのインド洋沿岸、断層近傍で多くの水平変動を検出しており、推定された三つのセグメントのうち、スマトラセグメントについて詳細に議論できる背景があった。また、その後、海底構造探査も実施され、プレート境界上部にいくつかの分岐断層も示唆されていた。このような情報に基づき、スマトラセグメントにおける断層滑り分布を詳細に解明する。

2) 2004年スマトラ地震の余効変動の検出

と余効変動モデルの考察

2004年スマトラ地震はM9.3というチュ巨大地震だけに地震時の地殻変動も大きければ、地震後の変動も最も迅速に観測システムを立ち上げたバンドアチェでは2010年までに80cmに達する。このような大きな余効変動から地震後の滑りを考察すると、単に地震時の大きな滑りを示めす領域での滑りだけでは説明が困難である。これらの観測事実から、地震後に地震時に大きく滑った領域以外に大きな滑りがプレート境界の深部で進行したと考えられる。

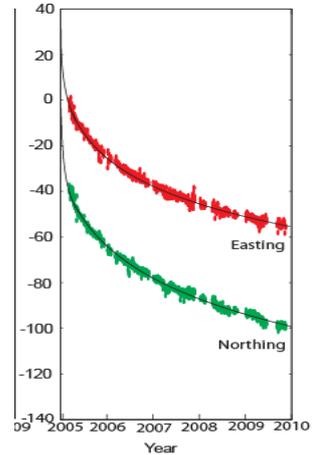


図3 バンダアチェのGPS観測点で観測された地震後の地殻水平変動

3) スマトラ断層周辺における地殻変動の検出と断層滑りモデルと断層周辺の比抵抗構造モデルの考察

2004年スマトラ地震が発生する前から、スマトラ島を縦断する巨大なスマトラ断層では頻繁に大地震が発生する等、関心がもたれていた。そこで、スマトラ断層周辺域でGPS観測を継続し、同断層周辺における歪み蓄積分布の解明に取り組んだ。これはプレート沈み込み帯に存在する活断層の振る舞いを理解するうえで、重要な情報をもたらすものである。

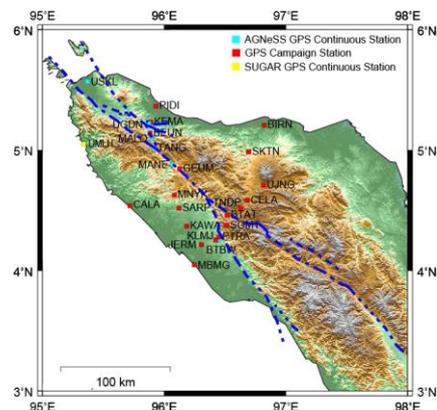


図1 スマトラ北部に設置したAGNeSS (Acheh GPS Network for Sumatra fault System) のGPS観測点の位置

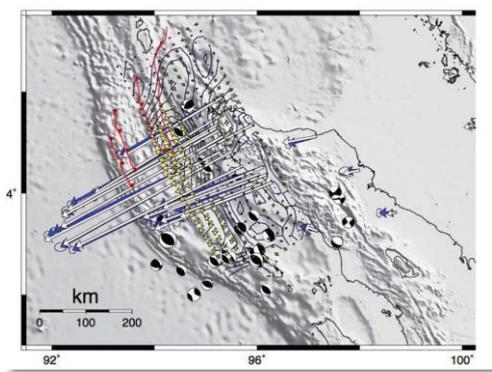


図2 上部スラスト断層モデルから計算される水平変動と観測された水平変動

3. 研究の方法

本課題は、まず観測を実施し、地殻変動や地殻の比抵抗を検出ところから始まる。次に得た観測データから、そのソースメカニズムを推定するという二つのステップがある。勿論、観測がすべて完了してからメカニズムの議論に移るのでなく、1年ごとの観測結果から、その段階でのモデルの考察を行い、より適切なモデルを構築する。

まず、観測として取り組むのはアチェ州全体に6点の連続観測点を含む23のGPS観測点を設置した(AGNeSS、図1)。このGPS観測点で約半年ごとにGPS観測を繰り返し実施し、地殻変動を検出する。MT観測はスマトラ断層を横断する2測線で実施する。

そして、得た2004年スマトラ地震時と地震後の地殻変動を求め、そこから地震時と地震後の断層滑りを推測する。滑り量だけでなく、断層の位置と形状についても検討を加える。求める断層モデルでの変動を考慮し、スマトラ断層周辺での地殻変動を抽出し、その結果に基づきスマトラ断層での滑り様式を検討する。

4. 研究成果

1) 2004年スマトラ地震の断層モデル

すでに多くの断層モデルが提唱されている。そこで、本課題では海底下の構造探査から考察されているプレート境界での滑りだけの場合と、浅部で上部スラスト断層に滑りが転移する二つの断層について比較検討を行った。

その結果、浅部ではプレート境界でなく、上部スラストに大きな滑りを仮定した方が観測された地殻変動をより効果的に説明できることが明らかになった。これは2011年東日本地震の発生メカニズムを考察する場合に貴重な情報と考えられる。

2) 地震後の余効変動モデル

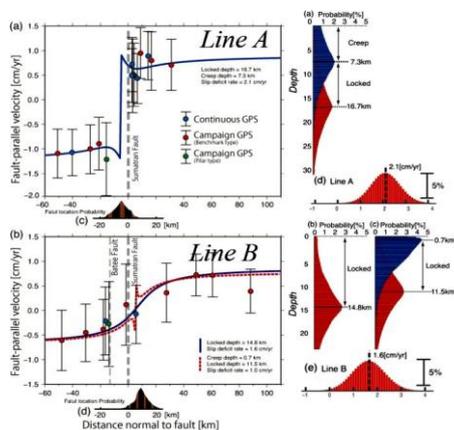


図4 GPS観測網の二本の測線における断層からの距離に対応する水平変動と推定した断層のクリープ運動と固着の深さと断層滑り量

この課題についてもすでに多くの研究が取り組まれている。しかし、すべてが震源域から数100kmも離れた点のデータしか利用していない。これについて詳細な検討まで至っていない。とりわけアチェの西海岸で顕著な隆起が現在も継続して進行しており(図3)、少なくとも遠地の観測データから得られた粘弾性モデルでは、アチェで観測されている余効変動を説明できないことは確かである。

3) スマトラ断層北部における断層滑りモデル

スマトラ断層では地形学的に北部に行くほど大きな断層滑り速度が推定され、アチェ州付近では3 cm/yrほどと考えられている。しかし、内紛等があり、実際に最近の断層滑り速度を求めてはいない。一方、この地域では2004年スマトラ地震の余効変動も最大10 cm/yrほどが観測される。

そこで、この余効変動を短縮な減衰曲線で近似し除去してえた断層運動による地殻変動から、スマトラ断層における断層滑りを検討した。その結果、アチェ州の北側のところでは、深さ17 kmよりも浅部で断層は固着することなく、3 cm/yrのクリープ運動が推定された(図4)。

フィリピンのフィリピン断層などでも同様な大きなクリープ運動が報告されている。大きな活断層における地震発生過程を考察する重要な情報である。

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11件)

- 1) Endra G., T.Ito, F.Kimata, T.Sagiya, T.Tabei, Didik, Irwandi, M. Irwan, Ground deformation detected by AGNeSS in North Sumatra after the 2004 Sumatra-Andaman earthquake, no review, The 6th Investigation Report of the 2004 Northern Sumatra Earthquake, Nagoya Univ., 112-121, 2010.
- 2) 伊藤武男, Gunawan, 木股文昭, 田部井隆雄, Irwandi, Agstan, Irwan Meilano, Mark Simons, スマトラ島北西部のスマトラ断層に

- おける地震発生ポテンシャル, 査読なし, 名古屋大学環境学研究科 2004 年北部スマトラ地震調査報告VI,107-111,2010.
- 3) 木股文昭, 伊藤武男, E. Gunawan, Agustan, 田部井隆雄, Irwandi, M. Irwan,2004 年スマトラ地震津波から 4 年間の GPS 観測で見えてきた地震余効変動とスマトラ断層での歪み場, 査読なし, 名古屋大学環境学研究科 2004 年北部スマトラ地震調査報告 V,103-108,2009.
 - 4) 木股文昭, 2004 年スマトラ・アンダマン地震津波から 3 年: 地震学としての課題と展望, 査読なし, 2004 年北部スマトラ地震調査報告 IV,名古屋大学環境学研究科, 3-6,2008
 - 5) Ito T., Agustan, I.Meirano, T.Tabei and F. Kimata, The construction of new dense GPS observation network: AGNeSS (Aceh GPS Network for Sumatran Fault System, no review, The 4 th Investigation Report of 2004 Northern Sumatra Earthquake, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 83-88, 2008.
 - 6) 木股文昭,アチェ山中における 2004 年スマトラ地震津波後の変化, 査読なし, 2004 年北部スマトラ地震調査報告 IV,名古屋大学環境学研究科,89-92T.
 - 7) 木股文昭, 伊藤武男, 太田雄策, I. Meilano, 田部井隆雄, インドネシア国スマトラにおける GPS 観測のための予備調査—スマトラの GPS 観測による 2004 年アチェ・アンダマン地震の滑り分布の推定—, 査読なし, 防災科学技術研究所資料, 304, 57-68, 2007.
 - 8) T. Ito, Agustan, I. Meilano, T. Tabei and F. Kimata, The construction of new dense GPS observation network: AGNeSS (Aceh GPS Network for Sumatran Fault System), no review, no review, The 4th Investigation Report of 2004 Northern Sumatra Earthquakes, Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, 83-88, 2007.
 - 9) 伊藤 武男, 太田 雄策, I. Meilano, 木股 文昭,スマトラアンダマン地震の地震測地学的な側面からの知見, 地震余効変動とスマトラ断層での歪み場, 査読なし, 名古屋大学環境学研究科 2004 年北部スマトラ地震調査報告 3 号,名古屋大学, 11-14, 2007.
 - 10) Meilano,I., Y. Ohta, F. Kimata, T. Ito, T. Tabei, et al., Two Years GPS Observation in Aceh, no review, The 3rd Investigation Report of 2004 Northern Sumatra Earthquakes, Graduate School of Environmental Studies, no review, Nagoya University, 7-10, 2007.
 - 11) 木股文昭・伊藤武男・太田雄策・メイラノイルワン・田部井隆雄, インドネシア国スマトラにおける GPS 観測のための予備調査—スマトラの GPS 観測による 2004 年アチェ・アンダマン地震の滑り分布の推定—, 査読なし, 防災科学技術研究所研究資料, 304, 57-67, 2007

[学会発表] (計 6 件)

- 1) Gunawan E., T. Sagiya, T. Ito, F. Kimata, et al., Viscoelastic Model of 2004 Sumatra-Andaman Earthquake observed from near (AGNeSS) and far field GPS measurements, 2011 JpGU meeting, SSS029-08
- 2) Ito, T., Gunuwan, E., Kimata, F., et al., Seismic potential on the Sumatran fault using GPS observation, AGU 2010 Meeting, G43A-0822
- 3) Gunawan E., T.Ito, Agustan, F. Kimata, T.Tabei, M. Irwan, Ground Deformation Along the Sumatran Fault in Aceh, Sumatra, detect by AGNeSS GPS Network (Preliminary result), 2009 JpGU Meeting, D108-P018
- 4) Gunawan,e., T. Ito, Agustan, F.Kimata, T.Tabei, H.Z.Abidin, I.Meilano, et al., Ground deformation along the Sumatra Fault by AGNeSS in Sumatra, Indonesia 7th General Assembly of Asian Seismological Commission and Seismological Society of Japan, 2008 Fall meeting
- 5) 木股文昭・田中重好・高橋 誠, 錦におけるオンライン型津波避難システムとその歴史・科学的背景,第 25 回歴史地震研究会発表会, 2008
- 6) 木股文昭・M. Irwan ・伊藤武男 ・Agustan ・太田雄策 ・田部井隆雄 ・D. Sugiyanto, スマトラの GPS 観測から推定する 2004 年スマトラ・アンダマン地震スマトラセグメントの滑り分布, 2008 年地球惑星科学合同大会, T228-002

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

木股 文昭 (KIMATA FUMIAKI)

名古屋大学・大学院環境学研究科・教授

研究者番号: 10089849

(2) 研究分担者

伊藤 武男 (ITO TAKEO)

名古屋大学・大学院環境学研究科・助教

研究者番号: 40377982

田部井 隆雄 (TABELI TAKEO)

高知大学・理学部・教授

研究者番号: 40207220

小川 康雄 (OGAWA YASUO)

東京工業大学・火山流体研究センター・教授

研究者番号: 10334525