

機関番号：82706

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2009 ～ 2010

課題番号：21710189

研究課題名 (和文) 十勝沖地震の事前検知能力の検証と対策：観測データとシミュレーションとのデータ同化

研究課題名 (英文) Validating detectability of Tokachi earthquake by assimilating earthquake cycle simulation into observational data

研究代表者

有吉 慶介 (ARIYOSHI KEISUKE)

独立行政法人海洋研究開発機構・地震津波・防災研究プロジェクト・技術研究副主任

研究者番号：20436075

研究成果の概要 (和文)：

本研究では、海溝型巨大地震に対する事前検知能力を検証すべく、2003年十勝沖地震の発生前後の期間において、海底孔内観測による傾斜計データの解析を行った。その結果、海溝沿いでは2日間で200kmほど余効すべりが伝播していることが明らかとなった。この現象を3次元数値シミュレーションでも概ね再現することができ、プレスリップについても、海溝付近での変化量が大きいことが示された。このことは、海溝付近での海底観測の有効性を示すものである。また、低周波イベントについても、東南海地震をはじめとする巨大地震震源域に近い場合、地震発生前に移動速度・再来間隔・解放モーメント率が高まることが示された。

研究成果の概要 (英文)：

I analyzed tilt meters on seafloor borehole far off Sanriku, northeastern Japan, before and after the 2003 Tokachi-oki earthquake. The analyzed data suggested that after-slip traveled 200 km far from the source region along trench for only two days. I succeeded in reproducing this phenomenon by 3-D numerical simulation, which suggested that pre-slip may be detected by installing borehole observation on a seafloor near the source region. Another simulation result also suggests that migration of low-frequency event may significantly change before a megathrust earthquake such as Tonankai.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,100,000	630,000	2,730,000

研究分野：地殻物理学

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学 自然災害科学

キーワード：自然災害, 予測・分析・対策, 海溝型巨大地震

1. 研究開始当初の背景

東海地震の想定震源域付近における水準測量データに基づいて、数値シミュレーションから再現できるモデルを構築し、その結果から地震の発生時刻を予測したが、解が収束

しなかった。

その要因は必ずしも単純なものではないが、以下に挙げる点が複合しているものと考えられる。

(1) 数値モデルが2次元であったため、東海

沖の複雑なプレート構造の影響が反映されなかった。

(2) 観測データが陸域の水準測量に限られており、震源域付近の地殻変動に対しては距離が離れているため、感度が低かった。

(3) そもそも、東海地震がいつ起こるのか不明なため、検証が難しく、対象とする地震として不適切であった。

そこで、以下のような対策を講じることで、海溝型巨大地震の事前検知能力の再検討を行うことにした。

(1) 数値モデルを2次元から3次元へと拡張すると共に、大規模計算の高速化を図る。

(2) 観測データとして、海底傾斜計などの観測データを加えることで多角的な検証を行う。

(3) 既に発生した2003年十勝沖地震を対象とし、変動量が大きいと期待される地震発生後に捉えられた観測データに基づいて地震発生前の変化を推定する。

2. 研究の目的

(1) 海溝型巨大地震を引き起こす沈み込みプレート運動の数値シミュレーションが、観測データをどこまで説明できるのかを検証する。

(2) 数値シミュレーションに基づいて、プレスリップに伴う地殻変動がどのような場所で顕著になるのかなどを見積もり、今後の観測計画に対して指針を与えることを目指す。

(3) 海溝からの距離が三陸沖よりも近い東南海沖についてもデータを活用し、同じ海溝型巨大地震という観点から共通した特徴を見出すことで、プレスリップが与える周囲の小アスペリティへの応力擾乱の過程を理解し、近い将来発生する可能性の高い東海・東南海・南海地震の予測に役立てる。

3. 研究の方法

(1) 三陸はるか沖の海底孔内で観測された傾斜計の活用（主に2009年度）

荒木・小寺・有吉らによって十勝沖地震発生前から2009年まで観測が続けられていた観測点（図1のJT1, JT2）について、十勝沖地震に伴う地殻変動の解析を試みる。

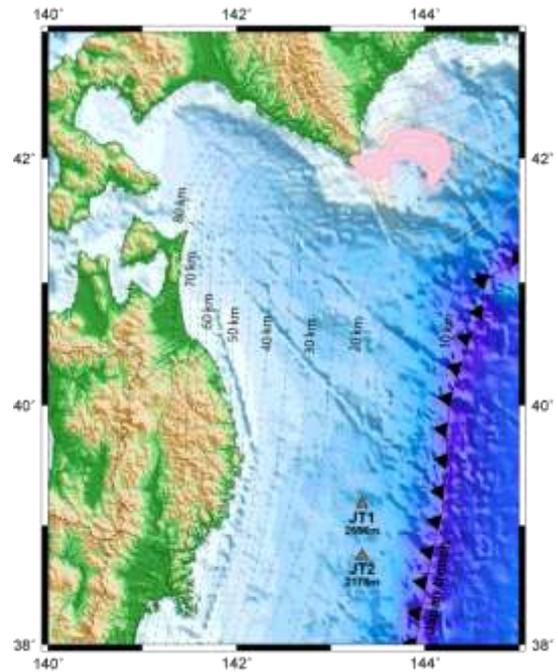


図1. 三陸はるか沖における海底孔内観測点（JT1 左中図、JT2 左下図）と2003年（桃色）・1952年（黄色）十勝沖地震のすべり分布。破線は沈み込みプレート境界面の等深線を示す。

十勝沖発生前後の生データ（図2）を見ると、JT1では200km以上離れているにも関わらず、変化が見られた一方で、JT2ではトレンドに変化がないことが分かった。

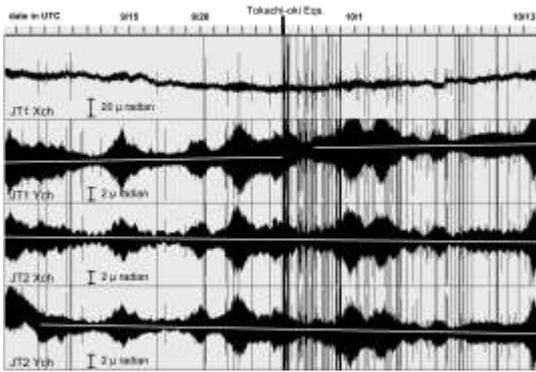


図2. 2003年十勝沖地震発生前後における傾斜計の変化。

そこで, Sato & Hamaguchi (2006) の手法を用いてフィルタ処理を施した上で, 上記の観測結果を説明できる3次元沈み込みプレートモデルを構築し, 摩擦特性やプレスリップの特性について調べる。

(2) 低周波イベントのモデル化と事前検知ツールに向けての適用 (主に2010年度)

2003年十勝沖地震の発生直後から, 海溝付近で低周波性のイベントが活発化した。これは, 十勝沖地震に励起したものと考えられる。また, 低周波性のイベントは, 西南日本でも観測されており, 東海・東南海・南海地震の深部縁に沿って分布している。

本研究では, 陸上観測から精密に捉えられている, 西南日本の深部低周波イベントのモデル化を行い, 数値シミュレーション結果からプレスリップに伴う挙動の変化を調べる。

低周波性イベントのモデル化に当たっては, その発生要因として, 小アスペリティの連鎖破壊を仮定し, 図3に示す実験的なモデルを想定した。

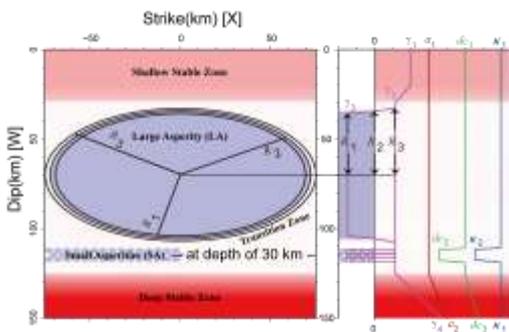


図3. 深部低周波性イベントのモデル化. 寒色系が固着と地震性すべりを交互に繰り返すアスペリティに相当する。

この解析および考察については, 堀・中田・Ampuero氏と共著の論文としてまとめる際に議論を行った。

4. 研究成果

(1) 三陸はるか沖の海底孔内で観測された傾斜計の活用 (主に2009年度)

東北沖のプレート境界面をモデル化し, 十勝沖地震とほぼ同程度となる再来間隔120年, Mw8.0となる地震サイクルシミュレーションを行った。図4に示すように, 余効すべりがJT1-JT2付近で終息する挙動を再現することができた。

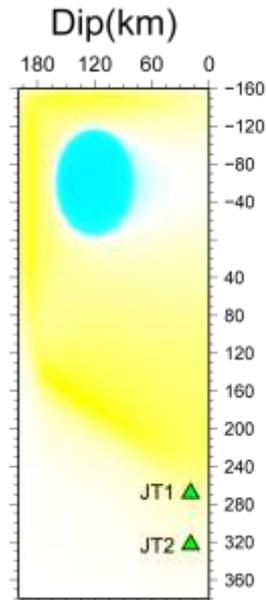


図4. 十勝沖地震に相当するイベントが発生してから半年後のすべり速度分布図. 寒色系が固着, 暖色系が非地震性すべりを表わす。

変化量については数値シミュレーションと観測値で概ね一致したが, 2日後に急激に変化するという結果は, この期間内では定量的に説明出来なかった。

この要因としては, プレートの形状の影響および有効法線応力の分布が実際の結果と合致していないためだと考えられる。

結論としては, 図2で示された2003年十勝沖地震前後の傾斜計の変化が, 十勝沖地震の余効すべりに伴う地殻変動によるものだという可能性が高いことが数値シミュレーションから示された。このことは, わずか2日間程度で海溝軸に沿って200kmも伝播していることを示唆するものであり, 1854年の東南海地震から32時間後に南海地震が連動した際の時間差・距離とほぼ同じである。

従って, 今後はさらにモデル化を進める必要があるが, 図4に示すように, 特に海溝付近での伝播速度が速いため, プレート境界面の低角沈み込みの影響を考慮することが課題となる。

この研究結果については, 2011年の海底地殻変動と津波に関するシンポジウムにて, 講演を依頼されたため, 発表した。

(2) 低周波イベントのモデル化と事前検知ツールに向けての適用（主に 2010 年度）

図 3 のシミュレーション結果を図 5 に示す。深部低周波性イベントの移動現象がみられるが、小アスペリティがないところでは安定すべりが維持されていることが分かる。

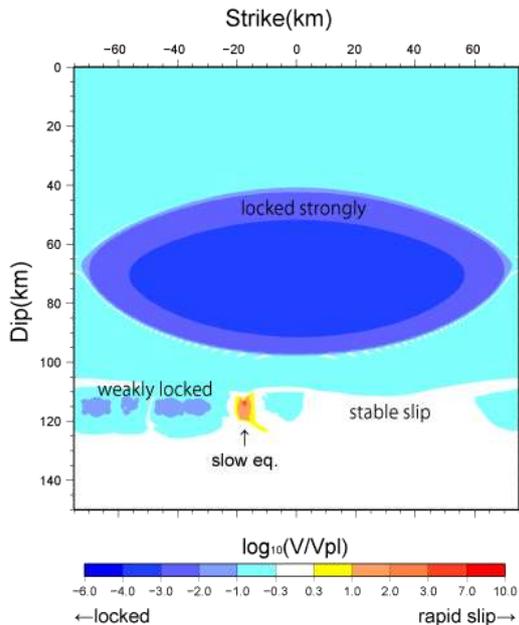


図 5. 巨大地震サイクルが固着期間の際におけるすべり速度のスナップショット。

このことは、アスペリティの連鎖破壊が、移動現象を発生させる要因となっている可能性を示唆するものである。また、この移動現象について、海溝型巨大地震発生前の変化を調べると、伝播速度が速く、再来間隔が短く、解放モーメント率が增大することが示された。

以上の結果を、査読付き国際学術雑誌を含む論文、学会発表にて紹介した。

(3) 今後の海底観測計画と東北地方太平洋沖地震に関する議論と考察

(1) の結果より、海底観測をさらに発展させる際には、有効法線応力が小さい海溝に近いところで観測することにより、応力擾乱により敏感に反応し、陸域では捉えられない地殻変動を感知できる可能性があることを、海底地殻変動と津波に関するシンポジウムの依頼講演で指摘した。この研究を進めるに当たって、兵藤・堀氏らと議論した。

2011 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震の発生直後から、その後の動向について、これまでの成果を踏まえた見解として、東北地方

太平洋沖地震は、複数のアスペリティが断層サイズ比例モデルとして短時間のうちに連鎖破壊が生じたことによって、プレスリップが M9 の割には小さかった可能性を指摘した。このことは、従来のアスペリティモデルが破綻したとは必ずしも決定付けられないことを意味するものである。

この内容を 4 月 5 日付で所内機関紙 (JAMSTEC-R) に緊急的に原稿を取りまとめ、速報的な公開情報として発信した。

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 5 件)

① 有吉 慶介, 松澤 暢, 矢部 康男, 加藤 尚之, 日野 亮太, 長谷川 昭, 金田 義行, 2011, 東北地方太平洋沖地震・スマトラ島沖地震における連動型地震の考察, JAMSTEC Report of Research and Development, vol. 13, in press. (査読有)

② Ariyoshi, K., T. Hori, J.-P. Ampuero, Y. Kaneda, T. Matsuzawa, R. Nakata, A. Hasegawa, 2011, Effect of Small Asperities on Tremor Migration at the Edge of Large Asperities Investigated by 3-D Numerical Simulation of a Subduction Plate Boundary, Advances in Geosciences, vol. 26, in press. (査読有)

③ 有吉 慶介, 様々なイベント間の相互作用と大地震前後の周囲の活動変化, 2010, 地震予知連絡会会報, vol. 84, 556-559. (査読無)

④ 有吉 慶介, 堀 高峰, 金田 義行, Jean-Paul Ampuero, 松澤 暢, 日野 亮太, 長谷川 昭, 2010, 海溝型巨大地震の発生前に期待される、ゆっくり地震の活動変化, SENAC, vol. 43(1), 19-24. (査読無)

⑤ 有吉 慶介, 堀 高峰, 金田 義行, Jean-Paul Ampuero, 松澤 暢, 日野 亮太, 長谷川 昭, 2009, 連鎖反応モデルから想定される深部低周波微動の特徴, SENAC, vol. 42(2), 19-25. (査読無)

[学会発表] (計 6 件)

① 有吉 慶介, 海溝型地震の解析から示される海底観測の重要性, 海底地殻変動と津波に関するシンポジウム —海底の先端技術で測る海底地殻変動・津波—, 2011 年 1 月 19 日, 東京大学 山上会館。

② 有吉 慶介, 様々なイベント間の相互作用と大地震前後の周囲の活動変化, 第

186 回地震予知連絡会, 2010 年 5 月 21 日, 国土地理院 関東地方測量部 地震予知連絡会小会議室.

- ③ Ariyoshi, K., Activity change of deep slow earthquakes before megathrust earthquakes: A new tool for detecting preseismic slip, American Geophysical Union Fall Meeting, 2009 年 12 月 18 日, Moscone Center, San Francisco, USA.
- ④ 有吉 慶介, 沈み込みプレート境界型巨大地震に先行する深部での微動活動変化の特徴, 日本地震学会 2009 年度 秋季大会, 2009 年 10 月 21 日, 京都大学吉田キャンパス.
- ⑤ Ariyoshi, K., Effect of small asperities on tremor migration at the edge of large asperities investigated by 3-D numerical simulation of a subduction plate boundary, Asia Oceania Geosciences Society 2009 Annual General Meeting, 2009 年 8 月 13 日, Suntec, Singapore.
- ⑥ 有吉 慶介, 海底孔内観測データに基づく余効すべり過程の推定, 日本地震学会 2009 年度 秋季大会, 2009 年 5 月 17 日, 日本地球惑星科学連合 2009 年大会, 千葉, 幕張メッセ.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

有吉 慶介 (ARIYOSHI KEISUKE)

独立行政法人海洋研究開発機構・地震津波・防災研究プロジェクト・技術研究副主任

研究者番号: 20436075

(2) 研究分担者

該当なし

(3) 連携研究者

該当なし

(4) 研究協力者

荒木 英一郎 (ARAKI EIICHIROU)

独立行政法人海洋研究開発機構・地震津波・防災研究プロジェクト・技術研究主任

研究者番号: 60359130

堀 高峰 (HORI TAKANE)

独立行政法人海洋研究開発機構・地震津波・防災研究プロジェクト・研究員

研究者番号: 00359176

中田 令子 (NAKATA RYOKO)

独立行政法人海洋研究開発機構・地震津

波・防災研究プロジェクト・特任技術研究副主任

兵藤 守 (HYODO MAMORU)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部ダイナミクス領域・研究員

Jean-Paul Ampuero (JEAN-PAUL AMPUERO)

カリフォルニア工科大学パサディナ校・准教授

小寺 透 (KODERA TORU)

日本海洋事業株式会社