

(1) 実施機関名：

東北大学

(2) 研究課題(または観測項目)名：

ゆっくり滑りの発生機構とアスペリティとの相互作用の解明

(3) 最も関連の深い建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(2) 地震・火山噴火に至る準備過程

(2-1) 地震準備過程

イ. 非地震性滑りの時空間変化とアスペリティの相互作用

(4) その他関連する建議の項目：

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

「流体の移動」と「断層のゆっくりとした変位」を明確に示した観測例はこれまでにない。本研究では 5 か年の到達目標として、(1)「流体が関与した断層運動によるゆっくり滑りの発生」を観測に基づき検証し、ゆっくり滑りのモデル化を目指す。特に、海溝陸側斜面において海底広帯域地震観測、海底圧力観測、GPS-音響測距結合方式による海底測地観測によりゆっくり滑りを検出する、またゆっくり滑りに伴う、ゆう水量の変化を観測することを目指す。また、(2) 海底地殻変動観測、小繰り返し地震活動及び陸上の GPS 観測網で得られた観測データに基づき、ゆっくり滑りの時空間分布を高精度で推定する手法を確立する。さらに、(3) 観測に基づいたシミュレーションにより、アスペリティの挙動も考慮したゆっくり滑りのモデル化を図る。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

1. 日本海溝及び南海トラフの海底地震・測地総合観測(平成 21 年-平成 25 年)

平成 21 年から平成 25 年にかけて、東北日本の日本海溝及び西南日本の南海トラフの陸側斜面下においてゆっくり滑りを観測するための海底地震・測地総合観測網を構築する。地震計としては短周期地震計と広帯域地震計の両方を用いる。また、海底圧力計及び GPS-音響測距結合方式による海底地殻変動観測を地震計と併せて用いることにより広帯域の総合観測を実施する。海底地震計(広帯域、短周期)と海底圧力計による観測を複数年間、同一地点で実施する目的で、これらの機器を海底ベンチマークの上に潜水艇を用いて設置する。さらに、海底ゆう水量計を冷ゆう水地点に設置して、ゆっくり滑りに伴う間隙流水の時間変化を観測する。

2. ゆっくり滑りによる小繰り返し地震活動のゆらぎ(平成 21 年-平成 25 年)

東北日本で小繰り返し地震クラスターの活動と周囲のゆっくり滑りの時空間分布を陸上の地震観測及び GPS 観測網を用いて詳細に調べる。特に、ゆっくり滑りの時空間変化と小繰り返し地震活動のゆらぎに着目し、アスペリティ周囲のゆっくり滑りがアスペリティに及ぼす影響を評価する。

3. 数値シミュレーションによるゆっくり滑りのモデル化(平成 24 年-平成 25 年)

平成 21 年から平成 23 年までに観測された様々なデータに基づき、観測されたゆっくり滑りを数値シミュレーションによりモデル化を行う。ここでは、特に本研究の海底ゆう水量観測の時間変動を考慮したゆっくり滑り過程のシミュレーションを実施し、ゆっくり滑りと間隙流体の関係をモデル化する。

(7) 計画期間中(平成 21 年度～ 25 年度)の成果の概要：

本計画 5 か年において、宮城沖の海溝陸側斜面で海底地震計および圧力計を用いた海底地震・地殻変動観測を実施した。結果、回収した地震計および圧力計の記録から、2011 年東北地方太平洋沖地震に先行するゆっくり滑りおよびゆっくり滑りに伴う微動活動を検出した。また、ゆっくり滑りの海底観測の高精度化を目指して、長期の海底地震観測用のデータロガーの開発、海底地震計・圧力計を用いた簡易測距方法の開発および位置推定法の高精度化も併せて行った。さらに、ゆっくり滑りや巨大地震の発生に伴う湧水観測を目的とした海底水温のモニタリングシステムの開発を行った。

また、2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震の最大前震および本震による地殻変動が、本計画で設置された海底圧力計で観測された。海底圧力計による上下変動と簡易測距法による地震前後の相対水平変動から、海溝軸近傍における本震時の滑り量を推定したところ、80m に到達することが分かった。さらに、本震時の滑り領域と 2011 年のゆっくり滑りの領域の比較に基づき、巨大地震のアスペリティにゆっくり滑りがおよぼす影響を評価した。また、関連して地震時滑りによる応力擾乱と余震の発生に関する考察も行った。

さらに、本計画 5 か年において、ゆっくり地震発生機構の解明を目的とした付加体内部の応力場に関する数値シミュレーションを行った。特に、2011 年東北地方太平洋沖地震の本震時に滑り量の大きかった海溝軸付近の大滑り域と、地震前に知られていた過去の M 7 クラスの地震の滑り域をモデルに取り込んだ地震発生シミュレーションを行い、東北地方太平洋沖地震の発生前の M 7 クラスの地震活動と本震の発生を再現するモデルの構築に成功した。

上記 5 か年のうち、特に H25 年度においては、海底地震計記録中のゆっくり滑りに伴う微動活動の検出、海底水温モニタリングシステムの開発を行った。

H 25 年度は、海底地震計記録を精査し東北地方太平洋沖地震発生前のゆっくり滑りに伴う微動活動を海底地震計記録より確認した。2011 年東北地方太平洋沖地震の発生前の 2011 年 1 月下旬から、直上に設置された海底水圧計及び陸上沿岸部の体積ひずみ計では非地震性の地殻変動が観測されている。この地殻変動は、M 7 相当のスローリップによることを、昨年度までの報告書で述べた。これらのスローリップに伴い 4 - 8 Hz にピークを持つ連続した地震動(微動)が発生していたことを海底地震計記録から見いだした。海底地震計の固有周期が 4.5Hz であることを考慮すると、微動のスペクトルの特徴は、西南日本等で観測されている深部低周波微動の特徴とおおよそ一致する。すなわち、地震計で観測された地震動は、スローリップに伴う微動活動によるシグナルである可能性が高い。2011 年 1 月末頃から観測されはじめた微動の振幅は、3 月 6 日頃から特に増加し、3 月 9 日の最大前震発生直前で最大となった。

観測された波形から微動源のおおよその位置を推定した。ここでは、海溝軸から 30km 離れた観測点でノイズレベルに比べて最大 5 - 6 倍のシグナルが観測されていること、さらに 40km 陸側の観測点では、ノイズレベルを 2 倍以上上回るシグナルが観測されていないことを観測値として震源の推定を行った。ここでは、幾何減衰のみを仮定し、さらに微動源がプレート境界に分布するとして微動源の推定を行った。結果、微動源は海溝軸付近から陸側 30km 程度の範囲に微動源が分布する可能性が高いことが分かった。これらの分布域は、本震時に 50m 以上(最大 80m)の滑りが観測された領域と一致する。すなわち、本震発生前に海溝軸近傍で、すでにスローリップが発生していたことを示唆する。

平成 25 年度においては、巨大地震やゆっくり滑りに伴う海底の湧水活動の観測を目的として、海底水温のモニタリングシステムの開発を行った。本システムでは、従来の自己浮上式海底圧力計の底部と頂部に高精度温度計を取り付けて海底水温と海中水温を同時に測定し、観測される水温変化の原因が海底からの湧水によるか、水塊の水平方向の移動によるかを調べる。本年度は試験機を作成し、宮城沖において 6 ヶ月間の試験観測を行い、海底圧力と海底・海水温度の同時計測に成功した。

(8) 平成 25 年度の成果に関連の深いもので、平成 25 年度に公表された主な成果物(論文・報告書等)：

Ito, Y., R. Hino, S. Suzuki, Y. Kaneda, 2013, Shallow episodic tremor and slip near the Japan Trench before

the 2011 Tohoku-Oki earthquake, JpGU 2013 Meeting, SSS01-16.

伊藤喜宏, 2013, 冷湧水域下で発生した日本海溝スロースリップと 2011 年東北地方太平洋沖地震, 日本地質学会第 120 年学術大会, T4-O-10.

伊藤喜宏, 2013, スロー地震: 高間隙水圧下にある断層のゆっくり破壊, R4-O-19.

Ito, Y., R. Hino, M. J. Ikari, 2013, Comparison of two shallow episodic tremor and slip events within the coseismic slip area of the 2011 Tohoku-Oki earthquake, AGU 2013 Fall meeting, S41B-2432

Suzuki, S., Y. Ito, R. Hino, D. Inazu, Y. osada, 2013, The development of the self pop-up ocean bottom pressure gauge (OBP) with precision thermometers attached, AGU 2013 Fall meeting, G11B-0919.

Ito, Y. R. Hino, M. Kido, H. Fujimoto, Y. Osada, D. Inazu, Y. Ohta, T. Inuma, M. Ohzono, S. Miura, M. Mishina, K. Suzuki, T. Tsuji, J. Ashi, 2013, Episodic slow slip events in the Japan subduction zone before the 2011 Tohoku-Oki earthquake, Tectonophysics, 600, 14-26.

(9) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :

伊藤喜宏・日野亮太・岡田知己・太田雄策・松澤 暢・海野徳仁・他 5 名程度 (大学院生含)

他機関との共同研究の有無 : 有

芦 寿一郎 (東京大学大学院新領域創成科学研究科)

(10) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名 : 東北大学大学院理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター

電話 : 022-225-1950

e-mail : zisin-yoti@aob.gp.tohoku.ac.jp

URL : <http://www.aob.gp.tohoku.ac.jp/>

(11) この研究課題 (または観測項目) の連絡担当者

氏名 : 伊藤喜宏

所属 : 東北大学大学院理学研究科