

令和 2 年 7 月 4 日現在

機関番号：82706

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K14387

研究課題名（和文）変位速度場の空間勾配解析に基づく東北日本下のプレート固着域下限の時空間変化の解明

研究課題名（英文）Detection of the temporal change in the interplate locking beneath NE Japan based on spatial gradients of displacement rate field

研究代表者

飯沼 卓史（IINUMA, Takeshi）

国立研究開発法人海洋研究開発機構・海域地震火山部門(地震津波予測研究開発センター)・研究員

研究者番号：10436074

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、東北日本下に沈み込む太平洋プレートと陸側のプレートとの固着域に関して、その下限（深い側の端）の深度及びその時間変化を、GNSS観測から得られる変位速度場の空間勾配解析に基づいて推定するため、数値計算テスト及びデータ解析を行った。その結果、東北地方南部においては、周期的なスロースリップイベントに対応すると考えられる周期的な固着深度の変化が検出された。また、東北地方中部から北部にかけては、東北地方太平洋沖地震が近づくにつれて、固着下限深度が浅くなる傾向が見て取れ、長期的な固着の剥がれが進行していった様子を捉えることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

2011年東北地方太平洋沖地震のような超巨大地震が発生するプレート境界における、プレート間の歪の蓄積および解放の過程についての重要な知見を得ることができた。本研究は一つのケーススタディではあるが、開発し、用いた手法は他の沈み込み帯に適用可能であり、それぞれの沈み込み帯におけるプレート間の歪の蓄積・解放過程を把握し、巨大地震の発生ポテンシャルを評価するためのツールの一つとなり得るものである。

研究成果の概要（英文）：I estimated the spatio-temporal change in the interplate locking along the plate boundary in northeast Japan based on the spatial gradient in each swath configured along the direction normal to the Japan Trench. I examined whether the depth of the down-dip limit of the interplate locking zone in the northeast Japan temporally changes or not by analyzing the spatial gradients of the vertical displacement rates. The results show that the depth of the down-dip limit of the interplate locking zone is not time-invariant. In the areas north and south to the rupture area of the 2011 Tohoku-oki earthquake, it seems to change semi-periodically.

研究分野：固体地球物理学

キーワード：プレート間固着 変位速度場 時空間変化 周期的変化 東北日本

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

東北及び北海道地方の下には日本海溝から太平洋プレートが沈み込んできており、陸側のプレートとの境界面上で規模の大きな地震がしばしば発生している。このようなプレート境界型の地震の震源域は、沈み込んでいる海洋プレートと陸側の大陸プレートとが地震発生以前には固着している領域であって、プレート間の固着域の広がりや固着の強さの推定結果は、発生しうる地震の規模を見積もるうえで基盤的な情報といえる。

これまで、プレート間の固着によって生じる陸上の地殻変動を観測し、それをもとに固着域の分布を推定(逆解析)する試みが数多く行われてきた[e.g., Ito et al., 2000; Nishimura et al., 2004; Suwa et al., 2006; Hashimoto et al., 2009]。しかしながら、それらの研究によって推定された固着域は一致しているとは言いがたく、特に海岸線付近の下に存在するプレート境界深部(深さ 50~80km 程度)が固着しているか否かには大きな隔りがある(図1参照)。この差異が、解析手法の詳細が異なるために生じているのか、それとも使用したデータの取得期間が異なることを反映しているのかは明らかではなく、

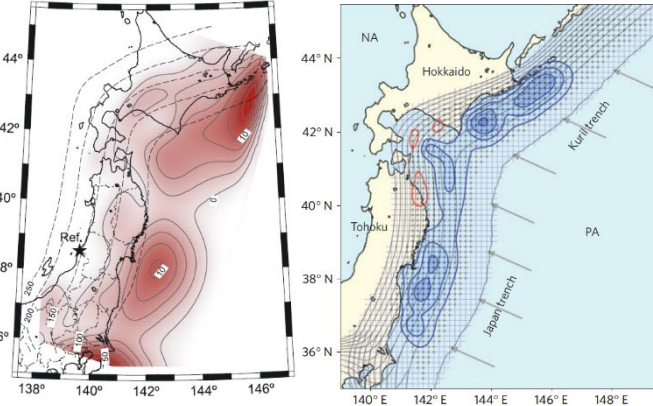


図1: プレート間の固着域の分布の推定例。左は Suwa et al. [2006]、右は Hashimoto et al. [2009]のもの。

後者であればプレート間の固着域の下限深度が時間的に変化していることとなる。

一方、2011年東北地方太平洋沖地震(以下、東北沖地震)はプレート境界を広範囲に破壊したものの、陸域下のプレート境界深部にまでその破壊が及んだ形跡はない[e.g., Ide et al., 2011; Koketsu et al., 2011; Iinuma et al., 2012]。そのため、地震以前に陸域下のプレート境界深部にプレート間固着が及んでおり、歪エネルギーが蓄積されていたとするならば、今後、陸域下のプレート境界をも破壊するようなさらに規模の大きな地震が発生するか、もしくは、余効すべり(非地震性のすべり)が発生するなどして、蓄積された歪エネルギーを解放する現象が生じることが予想される。地震性のすべりによって解放されるとするならば、その際にどれくらいの歪エネルギーが解放されるのかは、起こりうる地震の規模の評価に直結するし、余効すべりによって解放されるのであれば、今後東北地方の沿岸部(東北沖地震以前は沈降傾向にあり、地震発生時にさらに沈降した)はゆっくりと隆起し続けることになる。そこで、プレート間の固着域の下限がどの程度の深度に達していたのか、またそれが時間的及び空間的に変化していたのかを明らかにすることが重要となる。

最近、Uchida et al. [2016]は、プレート境界面において発生する相似地震(東北沖地震以前のものの)の解析をもとに、周期的な非地震性すべりがプレート境界面で発生していたこと、すなわち固着強度が時間的に変化していたことを明らかにした(図2参照)。研究代表者は同論文の第二著者として、GPS観測から求まる水平変位速度場の空間勾配の推定を行い、変位速度場の空間勾配の時間変化が、相似地震に関する解析から推定されるプレート間の固着状態の時間変化を反映した周期的な変化をしていることを見出した。また、水平変位速度場の空間勾配は、プレート境界の浅い側(概ね40km以浅)の固着強度の変化を大きく反映しており、深部に関しては上下変位速度場の空間勾配が敏感に振る舞うことを確認した。相似地震が発生する深度には限界があるため[Igarashi et al., 2001]、プレート境界深部におけるプレート間の固着の時空間変化は相似地震の解析からは推定できないが、上下変位速度場の空間勾配の時間変化からは推定できるものと考えられる。

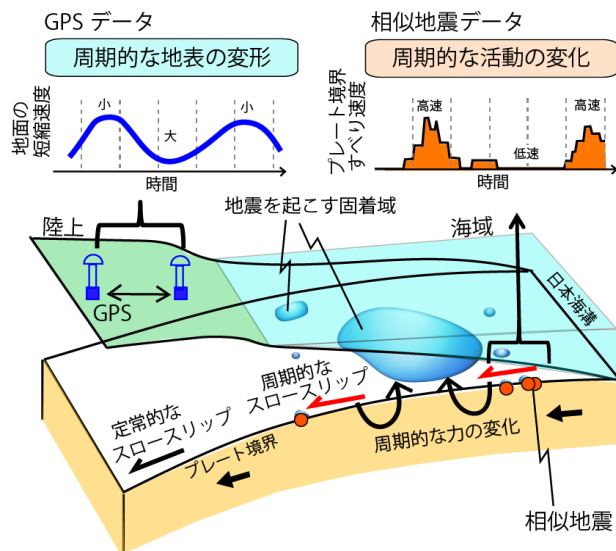


図2: Uchida et al. [2016]が用いたプレート間の固着の時間変化を推定するための二つのデータ。陸上のGPS観測に関しては水平成分のみを用いていた。本研究では上下成分に着目することでプレート境界深部(自拔き矢印部分。相似地震が発生しない深さ)を狙う。内田・日野・飯沼[2016, なみふる]より抜粋。

2. 研究の目的

東北日本下に沈み込む太平洋プレートと陸側のプレートとの固着域に関して、その下限(深い側の端)の深度及びその時空間変化を、GPS 観測から得られる上下変位速度場の空間勾配解析に基づいて推定する。推定手法を確立したうえで実データに適用して時空間変化の有無を調べる。また、地震性すべり(脆性的な破壊)が生じる領域の下限よりも深い側にプレート間の固着が及んでいる地域があるかどうかを明らかにするとともに、固着がある場合に生じるすべり欠損の収支に関して定量的な見積りを行う。それによって、2011年東北地方太平洋沖地震のようなM9クラスの超巨大地震のサイクルと、東北日本太平洋岸の隆起・沈降との間の関係についての知見を増し加え、今後の同地域の隆起・沈降の動向についての評価を試行する。

3. 研究の方法

変位速度場の空間変化の特徴を抽出するため、日本・千島海溝に直交する方向に設定した帯状の領域内に含まれるGPS観測点に対して、上下変位速度の海溝軸からの距離に対する勾配値を計算する。まず、この空間勾配が、プレート間固着域の下限位置の変化に応じてどのような値を取るかを数値計算で確認する。次いで、実際のデータから得られる、ある期間における変位速度場の持つ空間勾配値を比較し、その期間のプレート間固着域の下限位置を求める。変位速度場を推定するのに用いる時系列を時間方向に遷移させ、時間変化を追跡する。各帯状領域下での固着域の下限位置の時系列が求まるので、時間変化の周期性及び振幅を調べ、2011年東北地方太平洋沖地震以前の固着域下端付近での歪エネルギーの蓄積過程を議論する。

4. 研究成果

東北日本下に沈み込む太平洋プレートと陸側のプレートとの固着域に関して、その下限(深い側の端)の深度及びその時空間変化を、GNSS観測から得られる変位速度場の空間勾配解析に基づいて推定するため、数値計算テスト及びデータ解析を行った。プレート境界面上に設定する固着域の深度を変えて、既存のGNSS観測点で観測されるべき変位速度を計算し、海溝軸に直交する方向に帯状の領域を設定したうえで、その範囲に含まれる観測点での変位速度を用いて水平及び上下の変位速度の空間勾配値を求めた。ここまではInuma [2018, GJI]で行った数値計算テストと同じだが、本研究では、変位速度の空間勾配値を求める際に使用するGNSS観測点を、それぞれの点の海溝軸からの距離に基づいて取捨選択することとした。具体的には海溝軸からの距離 D [km]までの範囲の観測点を用いて変位速度の空間勾配を計算するとし、この D を、プレート境界面の深度ごとと、そこでのプレート間固着率の変化によって生じる、変位速度の空間勾配値の変化が最も大きくなるように決定した。すなわち、各帯状領域下で、プレート間固着が変動する深度と、変位速度の空間勾配の変化によってその深度での変動をもっともよく捉えられる観測範囲との、対応関係を導出した。上記の数値計算テストによって得られた対応関係が意義あるものとなっているかどうかを確認するため、実データを用いた解析を実施した。各帯状領域において、プレート境界面の各深度に対して求められた D の値を適用して変位速度の空間勾配値を求め、その時間変化の卓越周期と、Uchida et al. [2016]で求められた、小繰り返し地震の解析に基づくプレート間固着の変動の卓越周期との比較を行い、概ね整合的であるとの結果を得た。

2011年東北地方太平洋沖地震以前の実データすべてを用いての解析を実施した結果、東北地方南部においては、Uchida et al. [2016]が小繰り返し地震の解析に基づいて推定した、周期的なスロースリップイベントに対応すると考えられる周期的変化が検出された。また、東北地方中部から北部にかけては、東北地方太平洋沖地震が近づくとつれて、固着下限深度が浅くなる傾向が見て取れ、長期的な固着の剥がれ(例えば、Mavrommatis et al., 2014やYokota and Koketsu, 2015など)が進行していった様子を捉えることができた。

一方で、北海道においては、2003年十勝沖地震の影響が大きく、上下変位速度の空間勾配の時空間変化によって固着深度の下限の時空間変化を捉えられていないと考えざるを得ない結果となったため、2011年東北地方太平洋沖地震後のデータに解析期間を広げることによって、固着深度の下限の時空間変化について、その変動周期の検出精度の改善を試みた。しかしながら、上下変位速度場の推定誤差が想定していたよりも小さくならず、残念ながら、大きく精度を改善することはできなかった。

また、国土地理院が公表している、電子基準点の日々の座標値データを用い、週ごとに更新される新たなデータを随時取り込んで自動的に解析を実行するとともに、解析結果に基づく作図ならびにWeb上での公開を行うシステムの構築を実施し、同システムの試験的な運用を開始した。得られた成果について、新学術領域研究「スロー地震学」が2019年10月末に開催するチリ大学における国際ワークショップにおける発表を予定していたが、サンチアゴ市内における暴動の発生による同ワークショップは中止となってしまった。さらに、2020年に入って以降、新型コロナウイルスの感染拡大による学会・ワークショップ等が相次いで中止となったため、補助事業期間中に発表の機会を得ることができなかった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 飯沼卓史
2. 発表標題 変位速度場の空間勾配解析に基づく東北日本下のプレート固着域下限の時空間変化の検出
3. 学会等名 日本測地学会第130回講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 飯沼卓史
2. 発表標題 東北地方太平洋沖地震前の周期的変動を伴うプレート間カップリングの強度低下
3. 学会等名 日本地震学会2017年度秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Iinuma, T., and N. Uchida
2. 発表標題 Periodic Occurrence of the Slow Slip Events Off Kyushu Island, Southwest Japan, Based on Spatial Gradients of Displacement Rate Field and Activities of Small Repeating Earthquakes
3. 学会等名 Seismological Society of America 2019 Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----