

新規研究課題提案書

1. 研究課題名

広域地殻変動データに基づくプレート境界の固着とすべりのモニタリングシステムの開発

2. 研究制度名

特別研究

3. 研究期間

平成26年 4月 ～ 平成29年 3月 (3年間)

4. 予算規模(想定)

特別研究 50,619千円

(平成26年度 16,723千円、平成27年度 16,948千円、平成28年度 16,948千円)

5. 課題分類

(3) 防災に関する研究開発

(4) 地球と国土を科学的に把握するための研究

6. 研究開発の背景・必要性

4つのプレートが収束する沈み込み帯に位置する日本列島では、東北地方太平洋沖地震をはじめとする巨大な海溝型地震がしばしば発生し、大きな被害を被ってきた。また、東北地方太平洋沖地震の発生を受けて内閣府において行われた、南海トラフ沿いの超巨大地震の発生に伴う被害の想定においても、莫大な人的・経済的被害が推計されている。今後発生する地震の規模や発生確率については、地震調査委員会において長期評価が行われているが、課題も多く、今後のプレート境界の固着状態のモニタリングやシミュレーションを通じた改良が期待されている。プレート境界の固着状態のモニタリングについては、国土地理院において、プレート境界の固着状態を効率よく推定する時間依存インバージョン手法と解析システムの開発を行ってきたが、東北地方太平洋沖地震の地殻変動のような広域的な影響を考慮できない、マイクロプレートの運動の影響が無視されている、陸域の観測データのみでは海溝付近の固着状態の推定の分解能が極めて低いなど、長期評価に用いるためには精度が不十分であり、これら幾つかの問題の解決が必要である。地震予知連絡会等の議論においてもこれらの点を改善した精度の高い解析結果への要望がある。

また、東海地方のプレート境界の固着状態のモニタリング結果は、地震防災対策強化地域判定会においても現状把握のために重要なデータであるが、東北地方太平洋沖地震後の余効変動がその精密なモニタリングの妨げとなっており、モニタリングにおいてその影響を除去または軽減するなどの対処が求められている。

7. 研究開発の目的・目標

本研究は、海溝型地震の長期評価の改善への貢献及び巨大地震の余効変動発生下におけるプレート境界の固着状態のモニタリングの解析システムの構築を目的とする。そのために、以下の機能をもつシステム構築に取り組む。

- ・海溝付近のような陸から離れた地域での固着状態の推定結果を、長期的な地震発生確率の予測に使用できるレベルにまで分解能を改善すること。数値的には、分解能が海溝付近で1に近くなる程度で、推定される固着状態のシグナルが3標準偏差以上になるように改善する。
- ・広域のプレート境界の固着状態推定結果に混入する、マイクロプレートの運動の影響を無視できるレベルに改善すること。
- ・遠隔地で発生した巨大地震による広域的地殻変動の影響等を考慮することにより、プレート境界の固着状態をシグナルとして抽出できるようにすること。

8. 研究開発の内容

- (1) プレート境界の固着状態の時・空間変化の推定精度を上げるために、時間依存インバージョン手法について以下の改良を行う。
 - (1-1) マイクロプレートの運動の影響を（ブロック断層モデリング）取り入れる。
 - (1-2) 効率的に日本の主要なプレート境界全体の解析を行えるようにする。
 - (1-3) 海域の地殻変動データを取り入れて解析できるようにする。
- (2) 以上の効果を考慮して固着状態を半自動的に監視するために、監視用のシステムを開発する。
- (3) 主要な固着域の場所・歪みの蓄積率を明らかにするために、開発された時間依存インバージョン手法を用いて主要なプレート境界を対象とした固着状態の推定を行う。
- (4) プレート境界の固着状態の推定結果の不確定さを評価するために、大地震の発生により励起される粘弾性緩和による変動が及ぼす影響を見積もる。

9. 研究開発の方法、実施体制

時間依存のインバージョンプログラムの改良は主任研究官1名が行う。主要なプレート境界を対象とした固着状態の推定及びそのために使用する入力データの作成は主任研究官1名、研究官1名が分担する。解析の自動化及び結果の可視化を行うシステムの開発は外注によって行う。粘弾性緩和がプレート境界の固着・すべりに及ぼす影響の評価は主任研究官1名が分担する。

10. 研究開発の種類

- (3) 技術開発

11. 現在までの開発段階

- (1) 研究段階

12. 想定される成果と活用方針

成果の活用：

改良された時間依存インバージョン手法が組み込まれたプレート境界の固着状態の監視システムができ、国土地理院における地殻活動のモニタリングに活用される。プレート境界の固着状態、マイクロプレートの運動の解析結果、および、これらの時・空間変化について本研究で得られた知見は、プレート境界や内陸活断層の長期的な地震発生予測の評価の基礎資料として活用されることが期待される。また、これらの推定結果は、地震調査委員会、地震防災対策地域判定会における地震活動の評価の判断材料として活用されるほか、地震予知連絡会における地殻活動のモニタリングとその結果に関する議論のための基礎資料とし

て活用される。

波及効果：

地震発生予測シミュレーションを行う地震研究者が、本研究で開発されたシステムの結果を観測量として活用し、スロースリップのシミュレーションのモデルを絞りこむことに使用する。プレート・ブロック間の相対運動に関するモデルについては、固体地球科学関連の研究者が幅広く利用することが期待される。

13. 研究に協力が見込まれる機関名

海上保安庁

14. 関係部局等との調整

特になし。

15. 備考

特になし。

16. 提案課・室名、問合せ先

国土地理院 地理地殻活動研究センター地殻変動研究室
茨城県つくば市北郷1番

新規研究課題事前評価表

1. 研究課題名

広域地殻変動データに基づくプレート境界の固着とすべりのモニタリングシステムの開発

2. 研究制度名

特別研究

3. 研究期間

平成26年 4月 ～ 平成29年 3月 (3年間)

4. 予算規模(想定)

特別研究 50, 585千円

(平成26年度 16,723千円、平成27年度 16,948千円、平成28年度 16,948千円)

5. 研究開発の方向の妥当性

国土地理院研究開発基本計画における基本的課題4. 地球と国土を科学的に把握するための研究開発のうち「地殻活動の解明に関する研究」および、基本的課題3. 防災に関する研究開発のうち「自然災害の予測のための研究開発」に該当し、研究開発の方向は妥当である

6. 国内・国際的研究状況を踏まえての実施の妥当性

GEONETを用いた固着状態の時空間変化の推定については、個別のプレート境界を対象とした先行研究が幾つかあり、国土地理院でも特別研究「プレート境界の固着状態及びその変化の推定に関する研究」により、時間依存インバージョンを用いた西南日本の固着状態の推定を効率的に行なうシステムの開発が行われつつある。また、マイクロプレートのモデリングも行われてきた。しかしながら、より精度の高い議論に必要な、時間依存インバージョン手法に海底地殻変動観測のような低頻度の観測データやマイクロプレートを取り入れて、日本全域をモデル化した研究は今のところないので、これに取り組むことは妥当である。

7. 背景・必要性の妥当性

「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画の見直しについて」(建議)では、「地震・火山現象のモニタリングシステムの高度化」があげられており、地震発生地域では、地震活動の予測に有用な情報を数多く収集することが必要であり、より詳細かつ定量的な活動の把握と評価を行うことができるよう、モニタリングシステムの高度化を推し進める必要があると指摘されている。また、地震発生の可能性が高い地域の中でも、東海・東南海・南海地域は、その切迫性が極めて高く、この地域における地震発生の短期予測への取組は、社会的要請に応えるという観点からも大きな意味を持っていると述べられている。また建議では、地震に至る準備過程での固着域の把握の必要性が掲げられている。本研究は、その目的が以上の背景に合致しており、十分に必要性のある研究と考えられる。

さらに、東北地方太平洋沖地震の広範囲かつ大きな余効変動が、他地域のプレート境界における固着状態のモニタリングの障害となっており、これを考慮しないと日本の地殻活動に関して詳細な議論ができない状況になっている。この問題を解決するためには、日本全域を

対象とする解析が必要である。また、東北地方太平洋沖地震の余効変動には、粘弾性の効果が含まれておりその影響評価は、各種防災関連の会議で求められている。以上の事から本研究の背景・必要性は妥当である。

8. 目標設定の妥当性

海溝付近の固着状態は、東北地方太平洋沖地震のような超巨大地震や巨大津波の発生の可能性を考える上で極めて重要である。これを精度よく推定するために必要な海底地殻変動の観測は、海上保安庁をはじめとする機関により行われており、国土地理院においてもそのデータを取り入れて、時間変化を考慮しない解析手法を用いてプレート境界の固着状態の推定を行なった実績がある。

マイクロプレート間の相対運動は東海地方においても年間1cm程度あると考えられており、プレート境界の固着状態を広域的にモデル化するために無視できない誤差源である。時間変化を考慮しない推定手法におけるマイクロプレートの考慮については既に先行研究でも行われており、時間依存インバージョンへの適用も原理的に可能と考えられる。

東北地方太平洋沖地震の余効変動の影響が東海地方のプレート境界の固着状態を精度よく把握するための障害となっている事例があり、遠隔地で発生した巨大地震による広域的な地殻変動の影響への対処は強く求められている。そのために必要な、広域を解析対象とするためのインバージョン手法の改良は、既存の要素技術を組み合わせることで概ね実現が可能である。

以上のことから、本研究の目標設定は妥当である。

9. 国土地理院が実施すべき妥当性

地殻変動監視とそれに基づく地殻活動の評価は、防災指定機関である国土地理院の重要な役割である。本研究はそのために必要な技術を開発するものであり、プレート境界の固着状態に関する研究実績とその推定技術を有し、本研究を実施するうえで必要な専門知識と経験の蓄積がある国土地理院で行うことは妥当である。

10. 内容、方法、実施体制の妥当性

プレート境界を含むマイクロプレートの考慮による広域地殻変動モデリングの精度向上や、海底地殻変動の観測データの使用による海溝付近の固着状態の推定精度の改善は、先行研究によっても示されており、これらの手法を時間依存インバージョン手法に取り入れることは、プレート境界における固着状態のモニタリングの精度向上のために有効と考えられる。地下の物質の粘性率を与えれば、粘弾性緩和により地表にどのような変動が起きるかを推定できる。このため観測される地表変動から粘弾性緩和分を取り除くことによって、固着状態の推定に粘弾性緩和が及ぼす影響の範囲を絞り込むことは可能と考えられる。

本研究は、既存の時間依存のインバージョンプログラムを土台として、この手法について経験豊富な主任研究官が中心となり、解析に必要なデータ処理は、その内容を熟知する主任研究官および研究官が分担して実施し、効率よく行うことができる。また、上記解析の自動化及びその可視化は、特別研究「プレート境界の固着状態及びその変化の推定に関する研究」によって蓄積された要素技術に基づいて外注によって行うため効率的である。

11. 省内他部局等との調整の状況

海域の地殻変動に関しては、海上保安庁との連携の実績があるため今後、連携していくことが期待できる。

12. 他省庁、異分野等との連携方針等

特になし。

13. 成果活用方針の妥当性

本研究で改良された解析手法により、東北地方太平洋沖地震によって困難になっている他地域のプレート境界の固着状態の把握を行うことができるようになり、これによるモニタリング結果を各種委員会等に提供し活用されることにより、例えば、地震予知連絡会における地殻活動のモニタリングに関する議論、地震調査委員会における地震活動の評価、地震防災対策地域判定会における東海地方の地殻活動の把握や東海地震発生の予知を、より確かな地殻活動情報に基づいて行うことができるようになるものと期待される。

また、プレート境界の固着状態やその時空間変化について得られた知見は、プレート境界で発生する地震の長期評価のための基礎資料として活用され、それを通して、防災・減災に寄与することが期待されるとともに、地震発生シミュレーション研究をはじめとする様々な地震額的研究にも幅広く活用されるものと考えられる。

14. その他、課題内容に応じ必要な事項


特になし。

15. 提案課・室名、問合せ先

国土地理院 地理地殻活動研究センター地殻変動研究室
茨城県つくば市北郷1番


広域地殻変動データに基づく プレート境界の固着とすべりのモニタリング システムの開発

国土地理院 地理地殻活動研究センター
地殻変動研究室

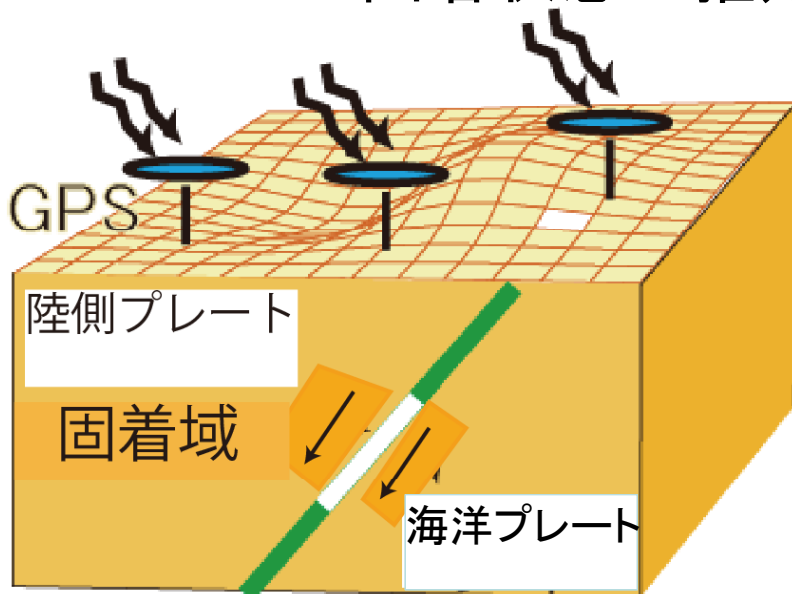
 国土地理院

Geospatial Information Authority of Japan

固着域の重要性

 国土地理院

固着状態の推定



GNSS観測点



海洋プレートと陸域プレート間にプレート同士がくっついた固着域が存在している。固着域は地震の発生領域となるため、固着状態の高精度な推定が求められている。

プレート境界の固着状態の推定には地殻変動データが不可欠。地殻変動データは国土地理院により常時解析されている。
→

国土地理院：地殻変動の監視

背景

- ・東北地方太平洋沖地震後の余効変動の影響
⇒東海地方のプレート境界の固着状態の推定が難しい
- ・海溝型地震の長期的な地震発生予測の現状:限られたデータに基づいている
⇒シミュレーション, 固着状態のモニタリングを通じた改良が求められている
- ・国土地理院ではプレート境界の固着状態とその変化を効率よく推定する手法と解析システムの開発を実施.

現在の固着状態推定における問題点

- (1) 広域的な影響を考慮した解析が困難(東北地方太平洋沖地震)
- (2) マイクロプレートの影響が考慮できていない
- (3) 陸域から離れた海溝付近の固着状態の推定精度が極めて低い

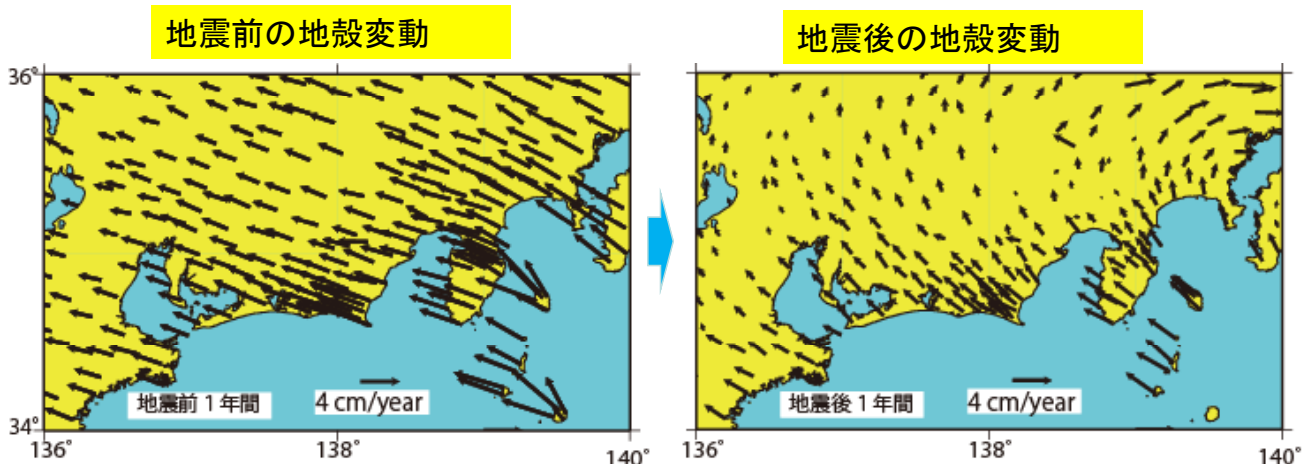
固着状態の精密な監視や海溝型地震の長期的な地震発生予測には精度が不十分

➡ **固着状態推定手法の改良**

Slide 3

問題点(1) 広域的な影響を考慮した解析が困難

東北地方太平洋沖地震前後の東海地方の地殻変動:



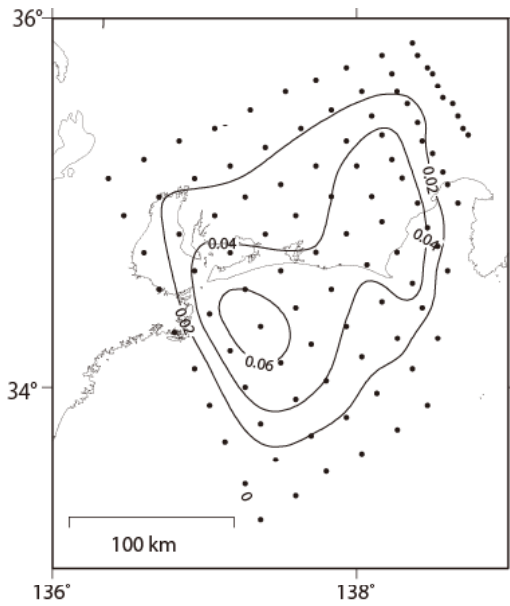
東北地方太平洋沖地震の余効変動のため東海地域の地殻変動の様子が大きく変化

➡ **東海地方のプレート境界の固着状態の推定が難しい**

Slide 4

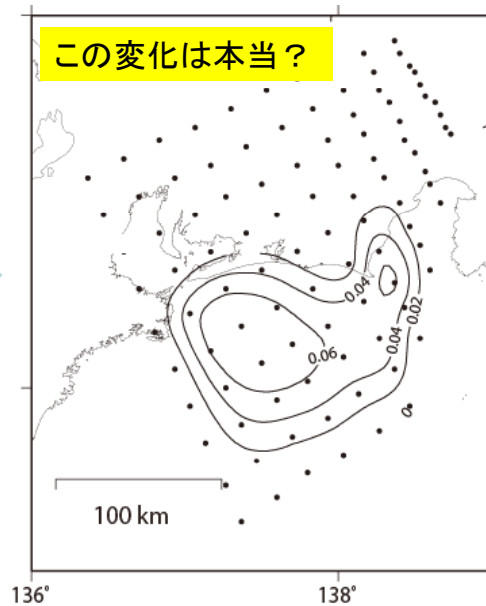
東海地方の固着状態の推定結果

東北地方太平洋沖地震前



コンター間隔2cm/year

東北地方太平洋沖地震後



コンター間隔2cm/year

Slide 5

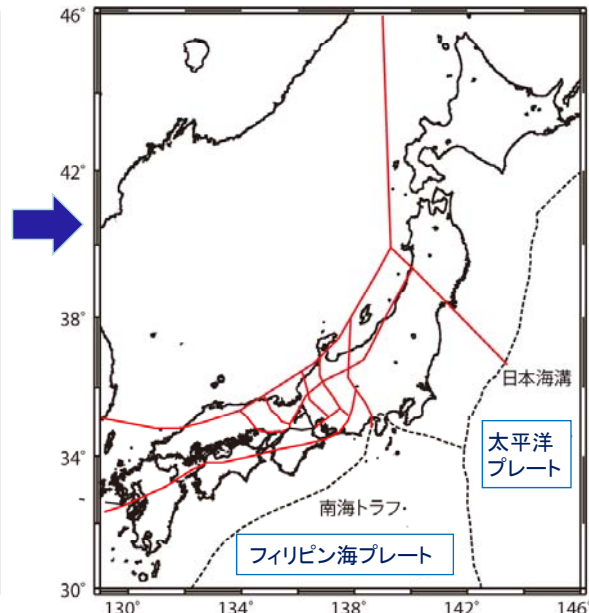
本研究の背景・必要性

問題点(2) マイクロプレートの運動を考慮していない
⇒ プレート間の固着状態の推定に悪影響

従来のモデル



マイクロプレートを取り入れたモデル例



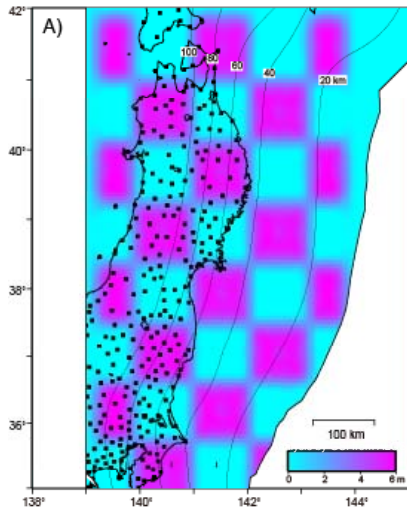
Slide 6

問題点3 海溝付近の固着状態の推定精度が悪い ⇒ 海底地殻変動のデータを取り入れる必要

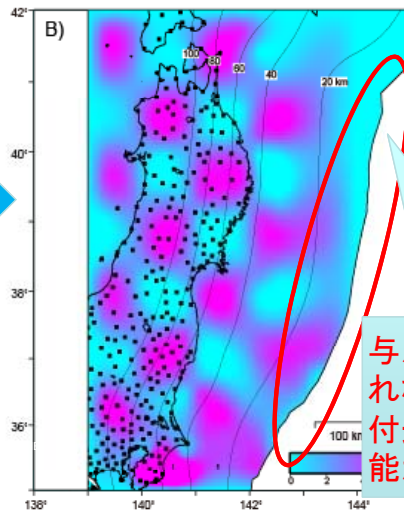
固着推定の解像度の評価

テストのために与えた仮想的な
すべり分布(プレート境界上)

解析で推定されたすべり分布



黒丸はGEONET観測点



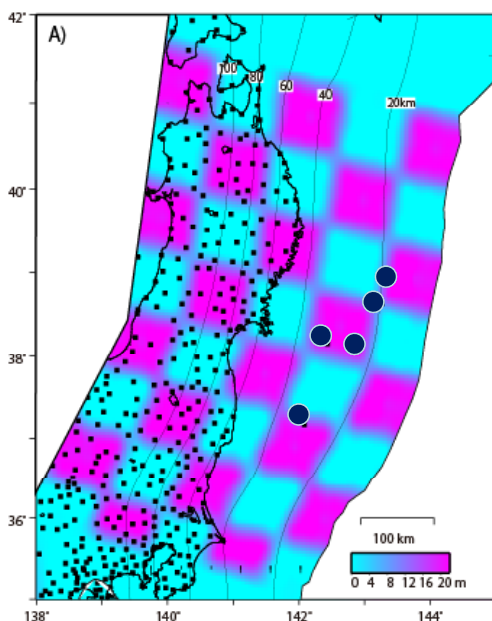
与えたすべり分布が再現され
ない⇒陸地から遠い海溝
付近の固着・すべりの分解
能が非常に悪い

Slide 7

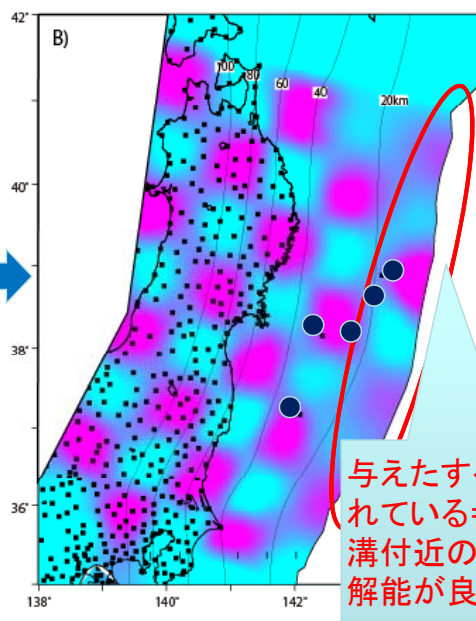
海底地殻変動データを取り入れた場合

テストのために与えた仮想的な
すべり分布(プレート境界上)

解析で推定されたすべり分布



小さい黒丸は陸域観測点、大きい黒丸は海域の観測点



与えたすべり分布が再現さ
れている⇒陸地から遠い海
溝付近の固着・すべりの分
解能が良い

Slide 8

目的

- (1) 海溝型地震の長期評価の改善への貢献
- (2) 巨大地震の余効変動発生下における固着状態のモニタリング

目標

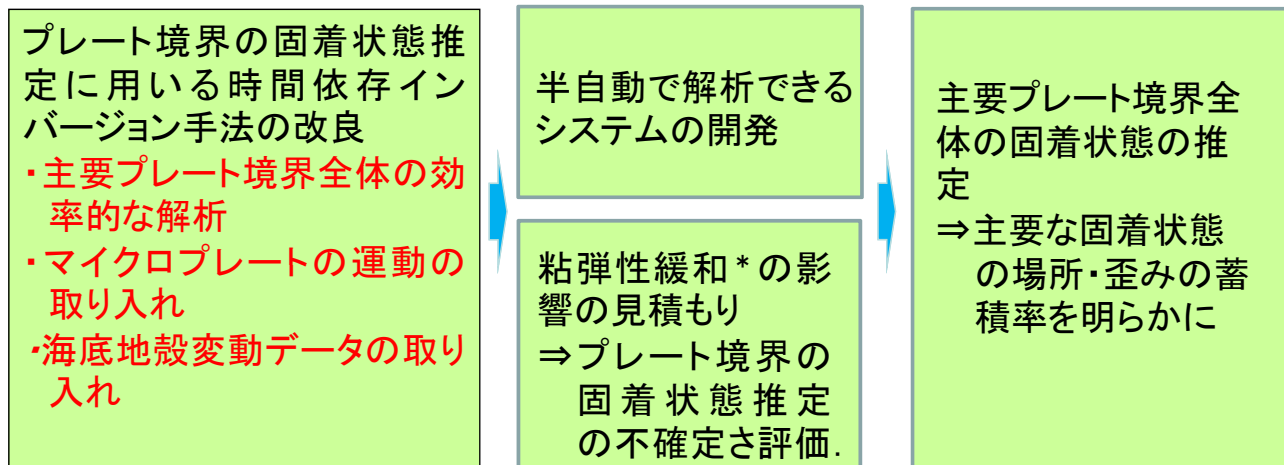
- 巨大地震の余効変動の影響を考慮してプレート境界の固着状態をより正確に把握できるようにする
- プレート境界の固着状態の推定にマイクロプレートの影響を考慮した推定ができるようにする
- 海溝付近の固着状態を評価できるレベルに分解能を改善



固着状態推定手法の改良

Slide 9

研究内容

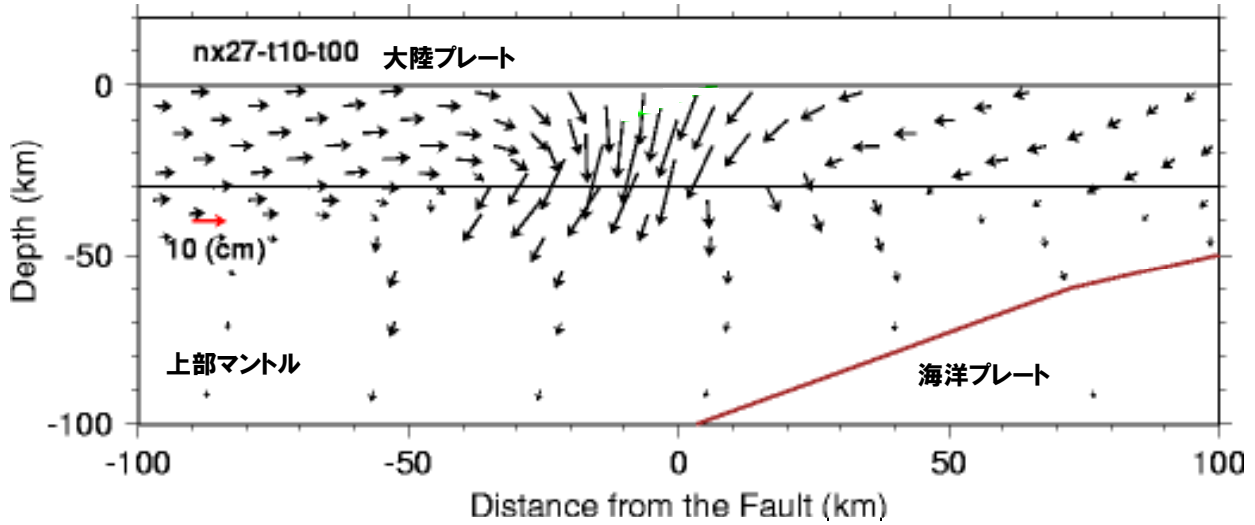


実施期間(H26-28年)

* 粘弾性緩和の説明はこの後のスライドで行う

Slide 10

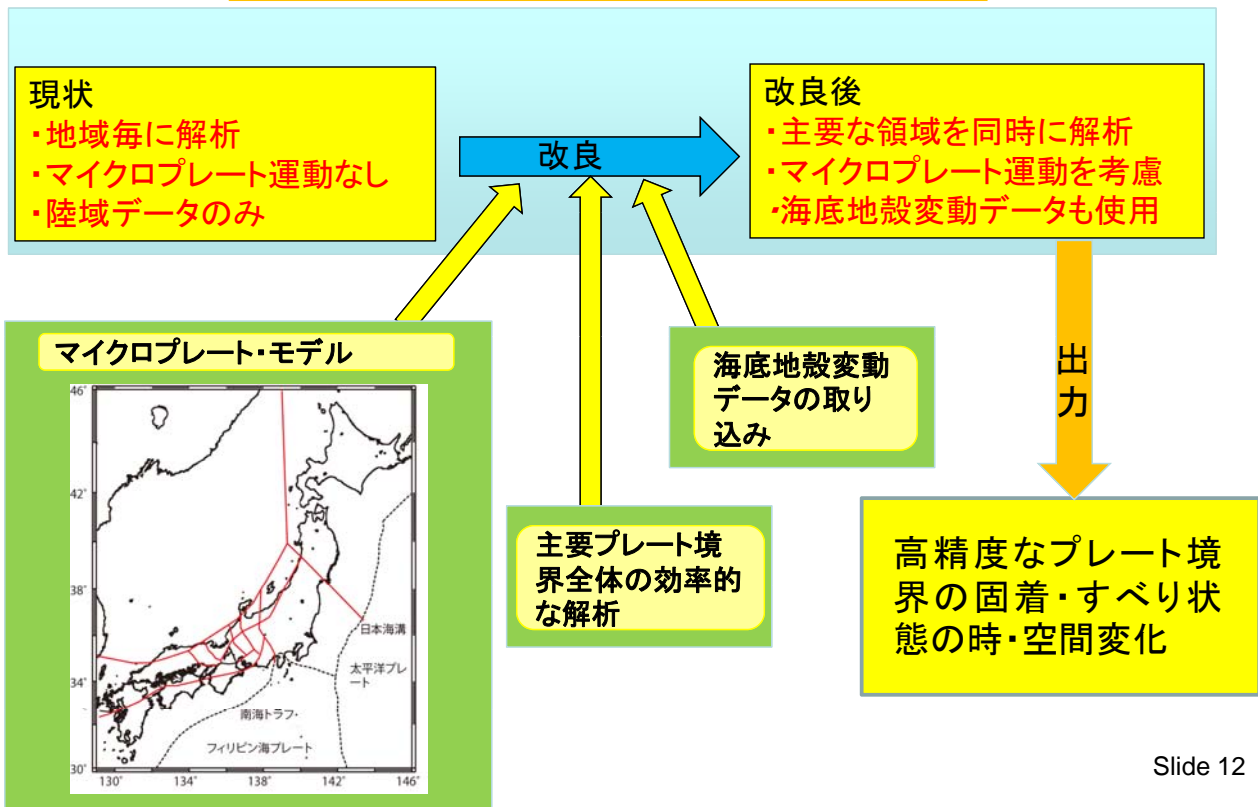
粘弾性の影響の見積り



マントル物質は粘性と弾性の性質(粘弾性)を持っており、地震によって崩れたバランスを回復しようとして地震後に流動し地表が変動する。この粘弾性変形を推定し、プレート境界の固着状態の推定に及ぼす不確定さを見積もる。

Slide 11

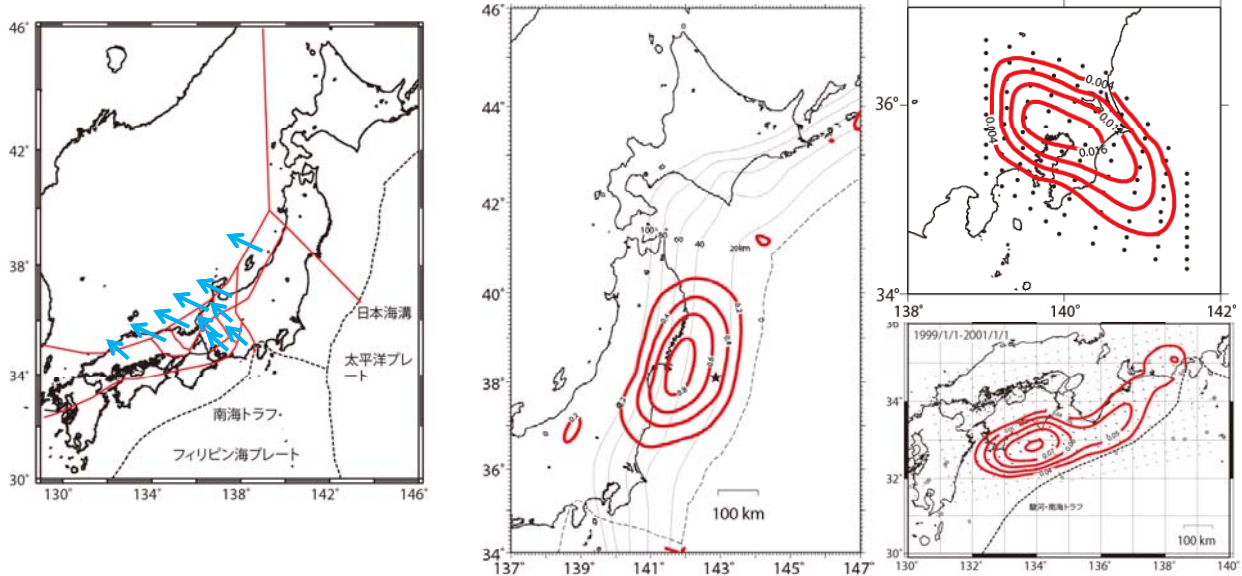
時間依存のインバージョン手法の改良



Slide 12

開発システムの出カイメージ

マイクロプレートの運動(模式図) 主要なプレート境界の固着とすべりの状態(模式図)



粘弾性変形を取り除いた地殻変動データを使用し、開発システムで処理すると、マイクロプレートの運動及び主要なプレート境界の固着とすべりの状態の時間変化が出力される。

Slide 13

研究成果とその活用

(1)改良された時間依存のインバージョンを組み込んだ固着とすべりの状態のモニタリングシステム

⇒ 国土地理院における地殻活動モニタリングに活用

(2)プレート境界の固着状態

⇒ 長期的な地震発生の評価に貢献

- ・固着状態の場所、歪蓄積率⇒地震発生領域や規模
- ・実際の固着状態の把握⇒地震発生シミュレーションの信頼性向上

⇒ 地殻活動評価の判断材料

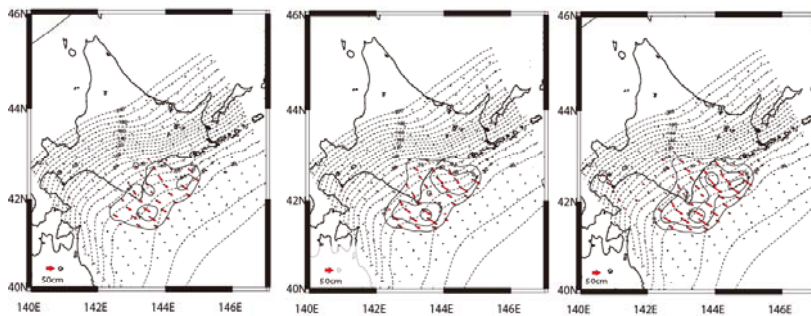
- ・地震調査委員会
- ・地震防災対策地域判定会
- ・地震予知連絡会
- 大地震の発生場所, 歪の蓄積レート
- 東海地域の固着状態の推定
- 現在の地殻活動の評価

Slide 14

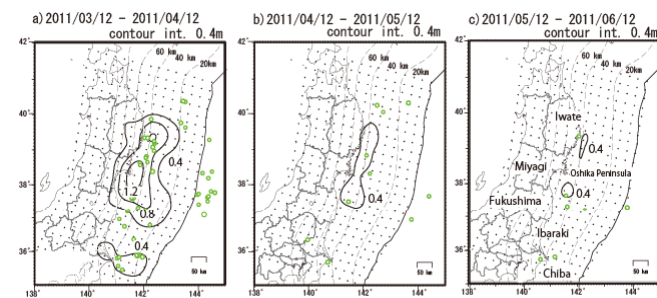
以下、参考

Slide 15

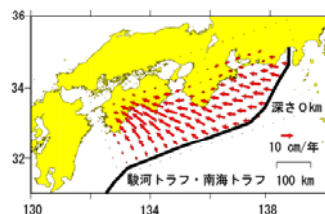
参考



2003年十勝沖地震



2011年東北地方太平洋沖地震



駿河・南海トラフ

Slide 16

固着状態:

プレート境界でプレート同士がくっついている強さの程度

時間依存のインバージョン:

地下のプレート境界のどこで、どのくらいの規模の固着域が存在すると、地表の変形がどのように起きるかわかっている。このため、逆に地表面の変動を詳細に調べることによって、地下のプレート境界の固着状態が推定できる。また地表変動のデータは、準連続的にあるので、空間だけでなく時間的な変化まで含めて固着状態を推定できる。

ブロック断層モデリング:

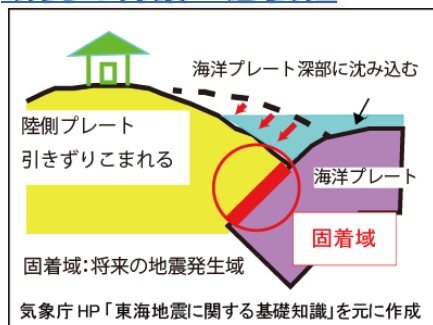
日本は主要プレート以外にもマイクロプレートから成り立っているので、このマイクロプレートをブロックと考えその移動や回転、マイクロプレート同士の相互作用を取り入れて地殻変動から上記の要素を推定するモデリング

粘弾性緩和:

マントル物質は粘性と弾性の性質(粘弾性)を持っており、地震によって崩れたバランスを回復しようとして地震後に流動し地表が変動する。これを粘弾性変形あるいは粘弾性緩和という。

広域地殻変動データに基づく プレート境界の固着とすべりのモニタリングシステムの開発

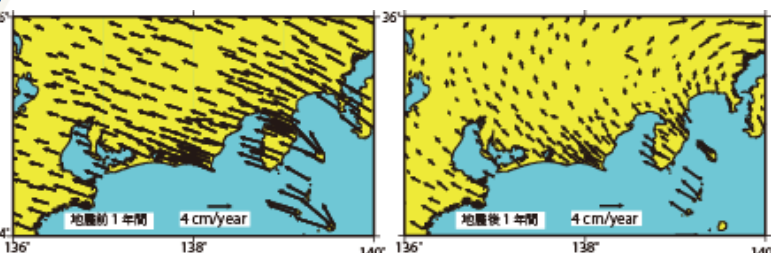
研究の背景・必要性



地震の長期評価にはプレート境界の固着状態の推定手法の改良が必要

推定手法の3つの課題

- 広域的な影響を考慮した解析が困難 (東北地方太平洋沖地震)
- マイクロプレートの影響が考慮できていない
- 陸域から離れた海溝付近の固着状態の推定精度が極めて低い



例) 東北地方太平洋沖地震後の余効変動により、プレート境界の固着状態の推定に支障。

本研究

プレート境界の固着とすべりを高精度に推定するための技術開発

課題解決のための固着状態推定に用いる時間依存インバージョン手法の改良
平成26年

半自動解析システムの構築 平成27-28年

粘弾性緩和の影響の見積もり⇒固着状態推定の不確定さ評価
平成26-28年

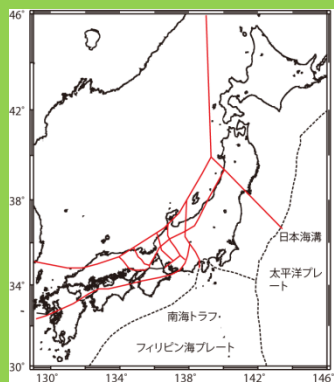
主要プレート境界全体の固着状態の推定
⇒主要な固着状態の場所・歪みの蓄積率を解明
平成28年

時間依存のインバージョン改良

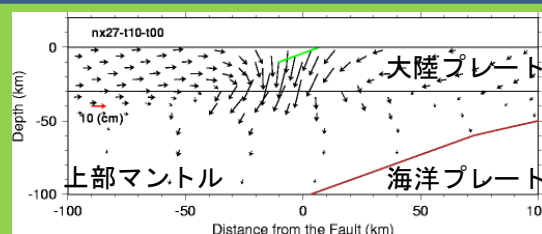
粘弾性緩和の影響の見積もり

マイクロプレート・モデル

海底地殻変動データ



主要プレート境界全体の効率的な解析



マントル物質は粘弾性体であり、地震時の応力変化を緩和するために地震後に流動し地表を変形させる。この変動が固着状態推定に与える不確定さを評価する。

高精度なプレート間の固着とすべりの時・空間変化

研究効果

地震の長期予測改善及び固着状態の現状把握への効果

- プレート境界の固着状態推定の高精度化
 - 大地震の発生場所、歪の蓄積レート→長期予測の改善
- 大地震の余効変動下でのプレート境界の固着状態の推定
 - 東海等地震発生確率の高い領域の固着状態の推定→現在の地殻活動の評価