

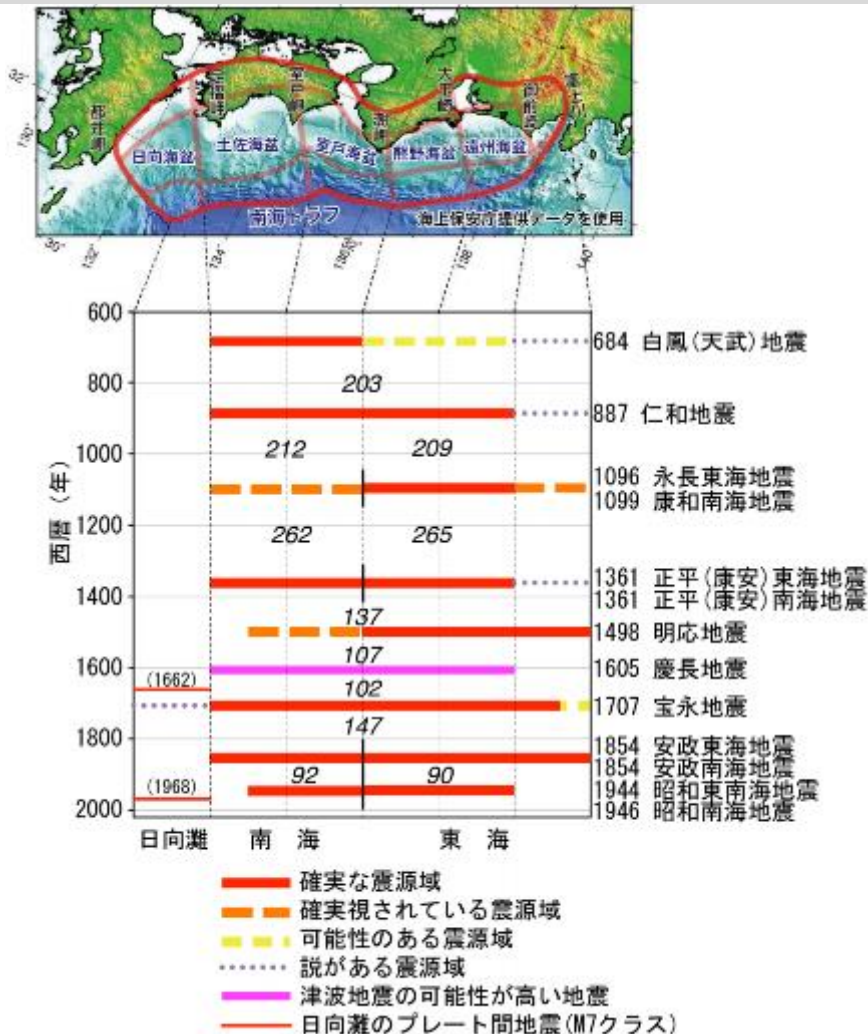
南海トラフ沿いの巨大地震発生に 対応するための 高精度な地殻活動把握手法の研究開発

国土地理院 地理地殻活動研究センター
地殻変動研究室 矢来博司
平成30年7月

①研究開発の背景・必要性

南海トラフ

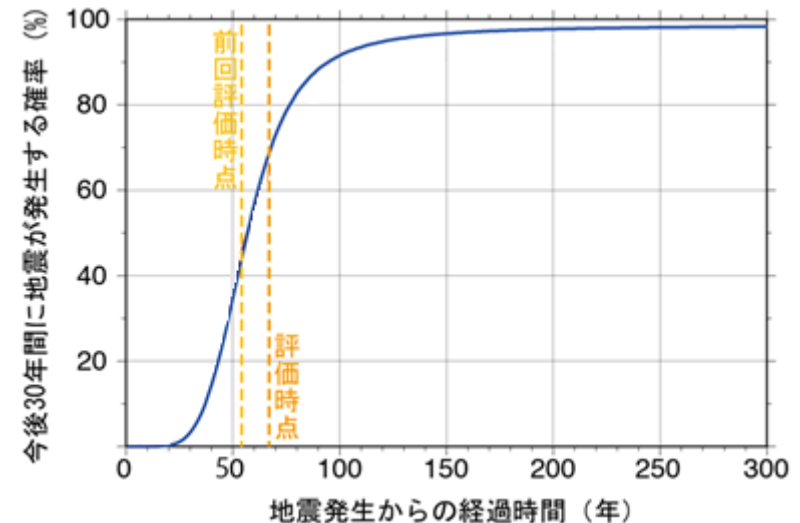
海溝型巨大地震が
100～150年程度の間隔で繰り返し発生



「南海トラフの地震活動の長期評価(第2版)」より

昭和東南海地震、昭和南海地震から
既に70年以上が経過

今後30年以内に南海トラフで大地震が
発生する確率の時間推移



今年2月に、今後30年以内の発生確率が
70%程度から70～80%程度へ引き上げ

南海トラフでの海溝型巨大地震の
発生が切迫してきている。

①研究開発の背景・必要性

「南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性について」

(内閣府, 平成29年8月公表)

予測可能性について

- 現時点においては、地震の発生時期や場所・規模を確度高く予測する科学的に確立した手法はなく、大規模地震対策特別措置法に基づく警戒宣言後に実施される**現行の地震防災応急対策が前提としている確度の高い地震の予測はできない**のが実情
- 南海トラフの震源断層域で何らかの現象の変化が見られた場合、現時点において、確度の高い地震の発生予測は行えないが、**プレート間の固着状態の変化を示唆する現象と評価できれば、地震発生の可能性が相対的に高まっているとの評価は可能**

モニタリングについて

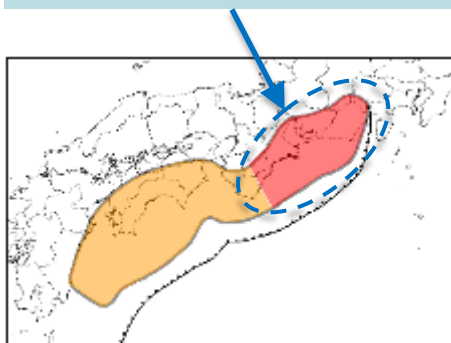
- 迅速に現象を評価するためには、**プレート間の固着状態の変化**を示唆していると評価される現象について、**常時モニタリングしておくことが重要**
- 特に、プレート間の固着が強い南海トラフ沿いでは、プレート間に限らず、大規模地震の発生前に地殻変動や地震活動等に何らかの変化が生じる可能性があるため、**地殻変動と地震活動の重点的なモニタリングが重要**

①研究開発の背景・必要性

南海トラフ沿いで発生する典型的な異常現象

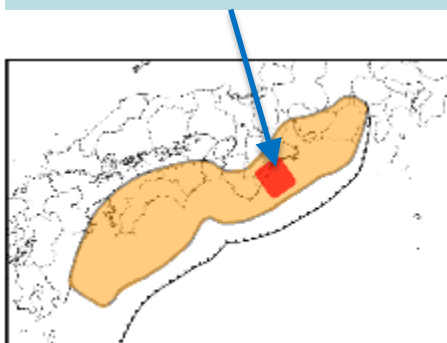
ケース1

東側だけで大規模地震が発生



ケース2

一回り小さい規模(M7クラス)の地震が発生



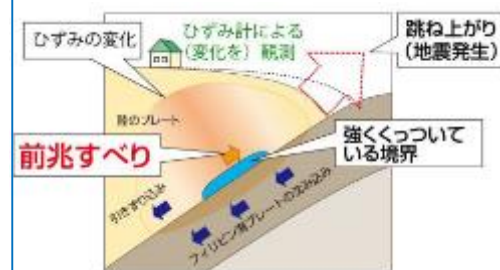
ケース3

多種目の現象を先行観測

- ・地震活動
- ・地殻変動
- ・地球電磁気
- ・地下水……

ケース4

プレート境界面でのすべりが発生



ケース1, 2

大規模地震の発生につながるのか？

→ 地震直後の**余効すべり**の正確な把握が必要

ケース3

短期的、長期的に詳細な地殻変動の正確な把握が必要

ケース4

前兆すべりが加速するのか？

→ **前兆すべり**の正確な推移把握が必要

南海トラフ沿いの広域で、地殻変動、プレート間すべりの正確な把握が必要

②研究開発の目的・目標

目的

南海トラフ周辺の地殻活動をより正確に把握し、今後の推移を予測するための**プレート間の固着状態の変化**に関する正確な情報を提供することによって、南海トラフの巨大地震等の発生に備える。

目標

以下の3つの小課題を通して、南海トラフにおける地震発生の可能性の高まりの評価に資する。

- A. 南海トラフでの海溝型地震発生後の**粘性緩和による変形を高い確度で予測できる地下構造モデル**を構築し、地震後の**余効すべりを正確に推定**できるようにする
- B. **短い時間スケール**の現象を含めて**プレート間固着変化を把握**できるよう手法の高度化を行い、**短期的ゆっくりすべり等のモニタリング**に貢献する
- C. 内陸の活断層帯周辺等の**プレート内部変形を高精度に把握し、広域・長期的なプレート間固着変化**を高精度に推定できるようにする

ケース1、2

ケース4

ケース3

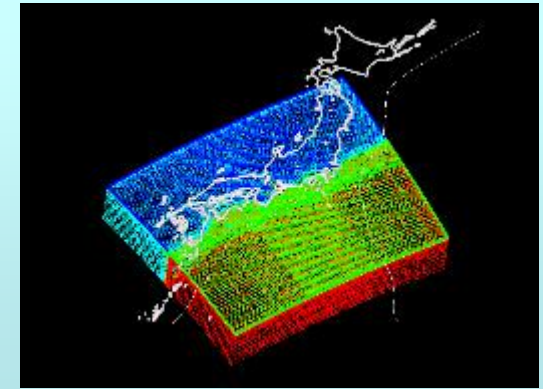
③研究開発の内容

A. 南海トラフ周辺の地下構造モデルの構築

- 大地震の余効変動に基づき、地下の粘性構造及び粘性率を推定し、地下構造モデルを構築
- 粘性緩和を考慮した余効すべり推定 等

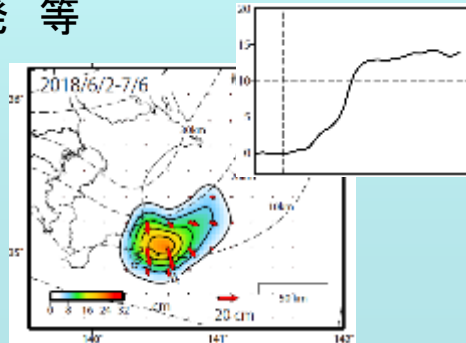
地下構造モデル: 地殻及びマントル上部の粘性構造をモデル化

地下構造
モデル



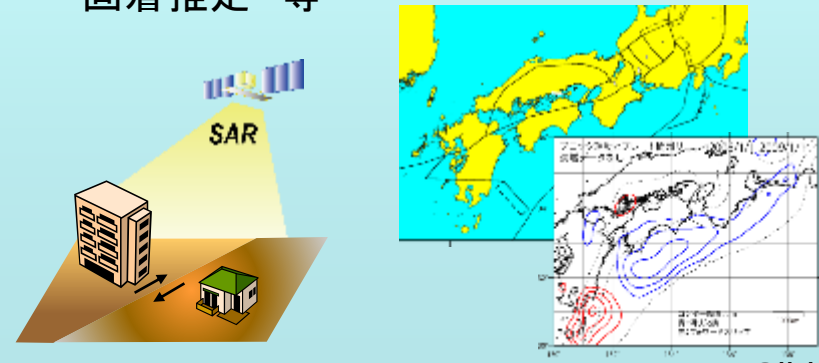
B. 短期間のプレート間すべり現象の把握手法の開発

- GNSSによる短期間のすべり現象把握手法の開発
- ひずみ計、傾斜計等とGNSSのデータを統合的に用いたプレート間すべりの推定手法の開発 等



C. プレート内部変形の詳細な把握

- 干渉SAR時系列解析による主要な活断層帯周辺の地殻変動把握
- プレート内部変形を考慮したプレート間固着推定 等



③研究開発の内容:A. 地下構造モデルの構築

巨大地震（東北地方太平洋沖地震）を経験して見えてきた課題

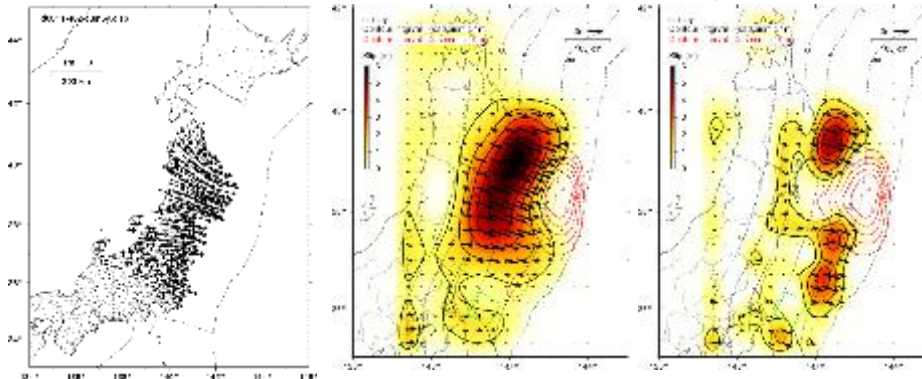
余効すべりを得るためには、粘性緩和の影響を除去することが必要

$$\text{※余効変動} = \text{余効すべり} + \text{粘性緩和}$$

観測された余効変動

粘性緩和の影響を無視した場合

粘性緩和除去後の余効すべり



粘性緩和の影響を無視すると、過大な余効すべりが推定される

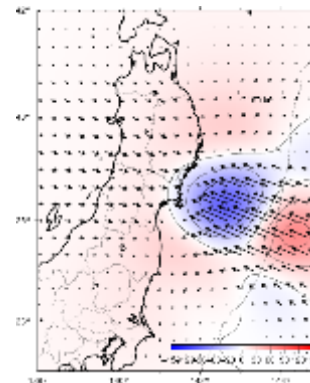
粘性緩和の見積もりには、

- ・地下構造、粘性率が大きく影響する
- ・長時間・広範囲に影響が及ぶ

モデルから計算される地震後5年間の変動

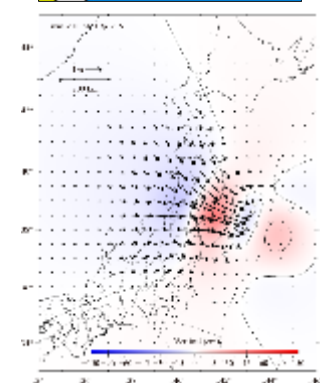
水平二層モデル

粘性率: $1 \times 10^{18} \text{Pa} \cdot \text{s}$



異なる粘性率

$2 \times 10^{18} \text{Pa} \cdot \text{s}$
 $1 \times 10^{19} \text{Pa} \cdot \text{s}$



構造や粘性率が異なると、計算される変動は大きく異なる

余効すべりを正確に推定するためには、**正確な地下構造モデルの構築**が必要

→ 東北地方太平洋沖地震など大地震の余効変動に基づき、測地観測データを最もよく説明できる粘性率、地下構造を推定

③研究開発の内容:B. 短期間のプレート間すべり現象の把握

ケース4(前兆すべりの発生)への対応の課題

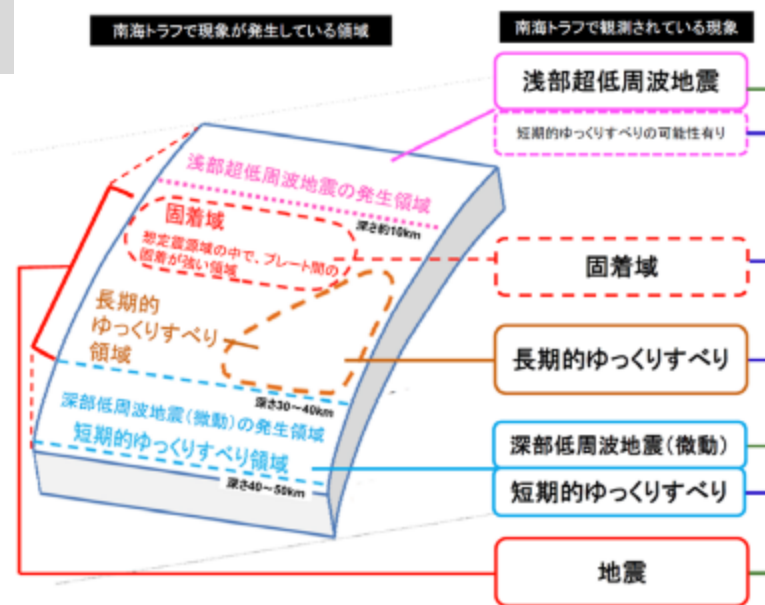
前兆すべりは**短期間で急激に変化**すると予想される

→ 南海トラフ全域を対象として短期間のプレート間すべり現象を把握できることが必要

【現状】 南海トラフ全域でのプレート間すべりの推定

→ GNSSでの半年～年単位の時間スケールの現象(長期的ゆっくりすべり等)の把握に留まる

短期間の現象をGNSSで把握するためには、GNSS時系列データのノイズを低減する必要



「南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性について(別添資料)」を一部編集

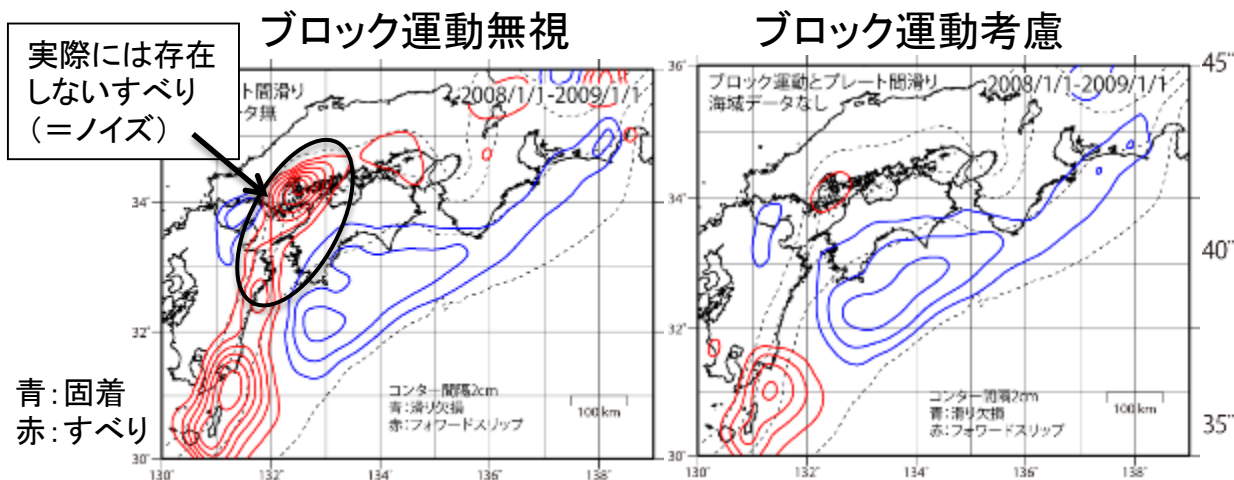
● GNSSによる短期間のプレート間すべり現象把握手法の開発

- GNSS時系列データのノイズ低減手法の検討
- 時間分解能の向上のために、特別研究「迅速・高精度なGNSS定常解析システムの構築に関する研究」(H29～31)の成果の活用も検討
- 頻繁に発生する短期的ゆっくりすべりの把握にも適用できる

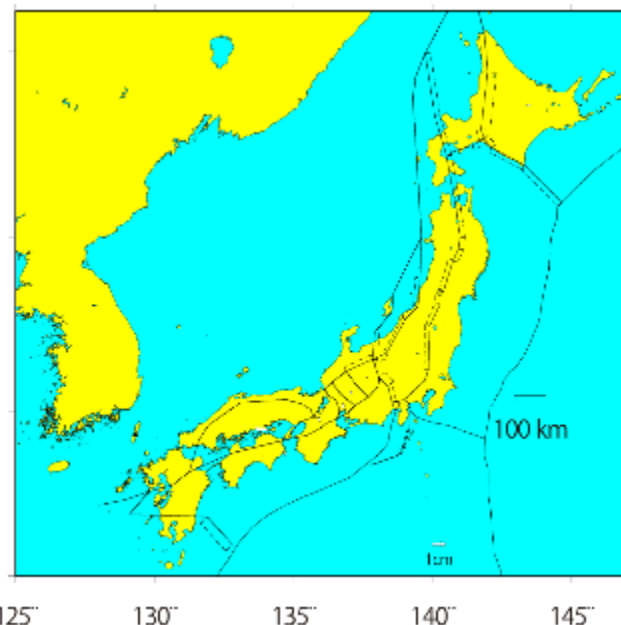
● ひずみ計、傾斜計等のデータを含めたプレート間すべりの推定手法の開発

③研究開発の内容:C. プレート内部変形の詳細把握

プレート境界の固着状況の把握の課題



日本列島のブロック構造の例



広域のプレート間固着の推定では、内陸のプレート内部変形がノイズ要因となる

特別研究「広域地殻変動データに基づくプレート境界の30°固着とすべりのモニタリングシステムの開発」(H26~28)



- 干渉SAR時系列解析によりプレート内部変形を詳細に把握
- プレート内部変形を考慮したプレート境界固着の推定

最近の環境の変化

データ環境

ALOS-2 → **ALOS-4** (2020年度打ち上げ予定)

・観測頻度の向上: 年3,4回 → 2週間ごと

解析技術

干渉SAR時系列解析環境の整備

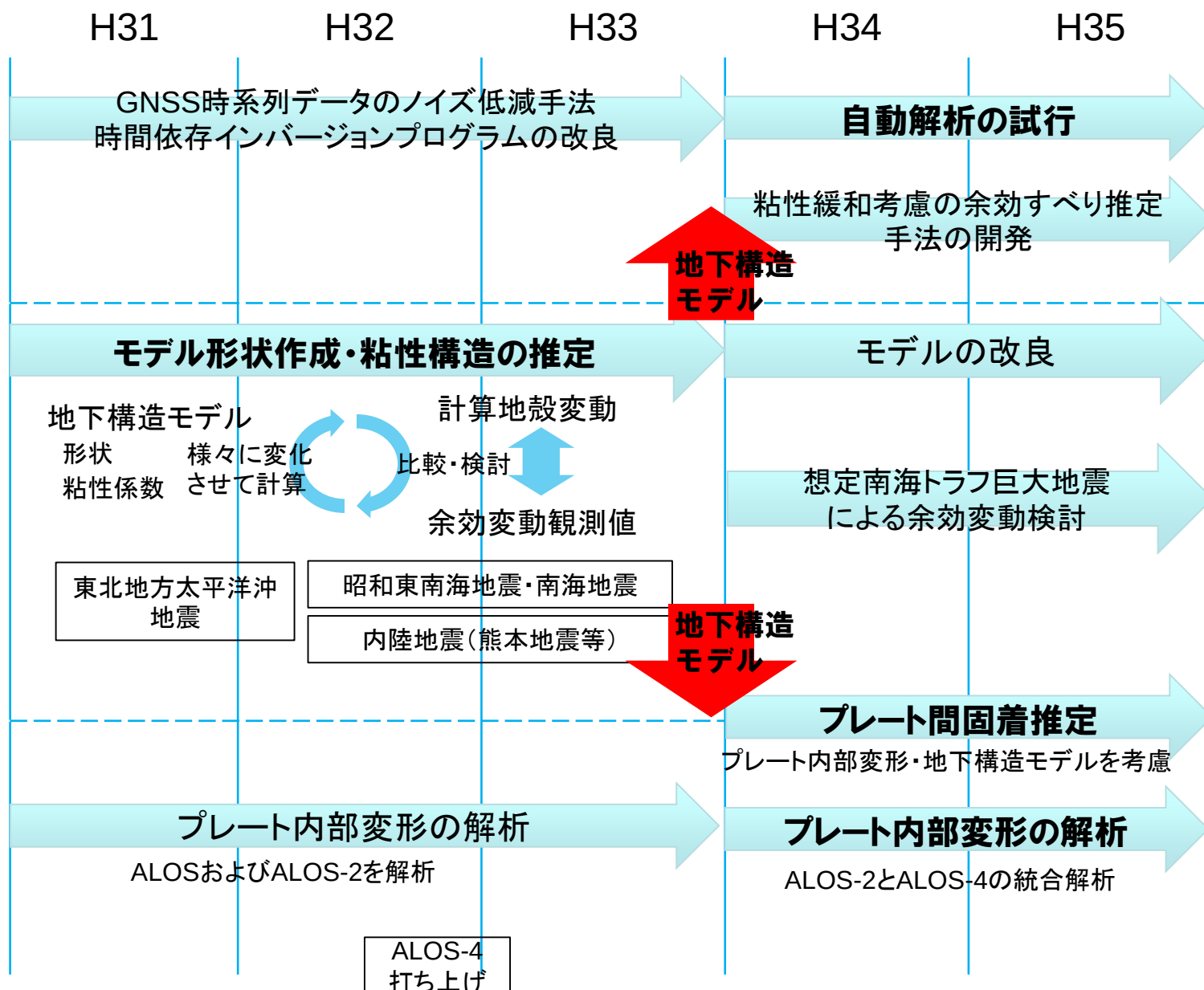
特別研究「干渉SAR時系列解析による国土の地盤変動の時間的推移の面的検出に関する研究(H26-30)」

③研究開発の内容:全体の流れ

B.短期間のプレート境界すべり現象把握手法の開発

A.地下構造モデルの構築

C.プレート内部変形の詳細把握



④研究開発の実施体制等

実施方法

- 実施期間：5年間（平成31～35年度）
- 高度な専門性が必要な部分は直営で実施
 - 地下構造モデルの構築や、ひずみ計、傾斜計等のデータを含めたプレート間すべりの推定手法の開発等
- 解析プログラムのユーザインターフェース部分等は外注
- 関連する特別研究の成果も活用し、効率的に実施
 - 「迅速・高精度なGNSS定常解析システムの構築に関する研究」（H29～31）
 - 「干渉SAR時系列解析による国土の地盤変動の時間的推移の面的検出に関する研究」（H26-30）等

実施体制

- 3つの小課題に対し、それぞれの分野を専門とする研究官を1名ずつ主担当とし、室長が全体を統括して研究を実施
- 各項目間で関連する内容については、相互に連携して推進

⑤想定される成果と活用方針

想定される成果

- 海溝型地震発生後の余効すべりの推移を正確に把握
 - ケース1の連動可能性、ケース2の前震の可能性の検討に対応
- 短期的ゆっくりすべり等の短時間の現象まで含めたプレート間すべりのモニタリング
 - ケース4の前兆すべりの可能性の検討に対応
- プレート間固着分布の正確な推定
 - ケース3のプレート間固着の中長期的な変化の検討に対応

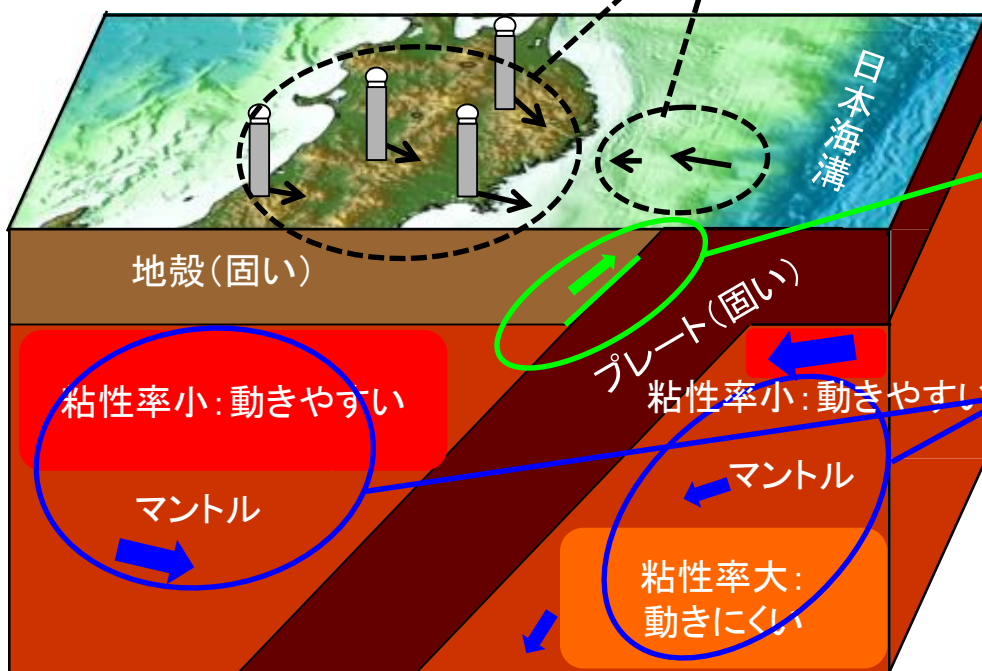
活用方針

- 南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会、地震調査委員会等での評価に活用
- 正確な地殻変動とその推移の把握を行い、高精度な測地基準座標系の構築と維持にも活用

参考資料

余効変動と発生原因

東北地方の断面図



余効変動・・・地震後に引き続いて観測される

ゆっくりとした地表の変動

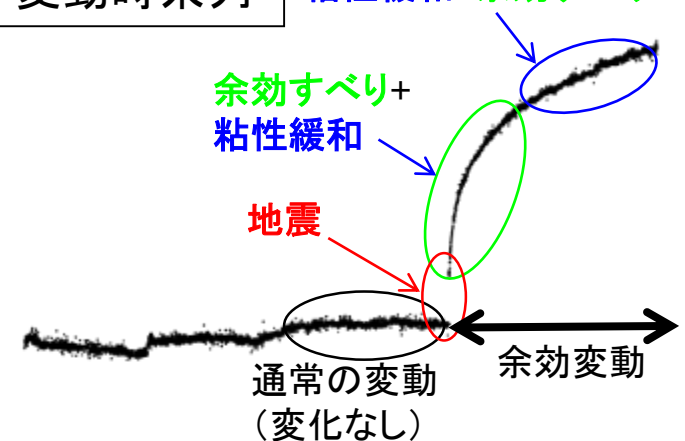
発生原因には、余効すべり、粘性緩和等がある

・余効すべり: 地震後に引き続いて発生する**地下**の断層面上でのゆっくりとした**すべり**

・粘性緩和: 粘弾性媒質中での応力緩和に伴う変動

変動時系列

粘性緩和+余効すべり?

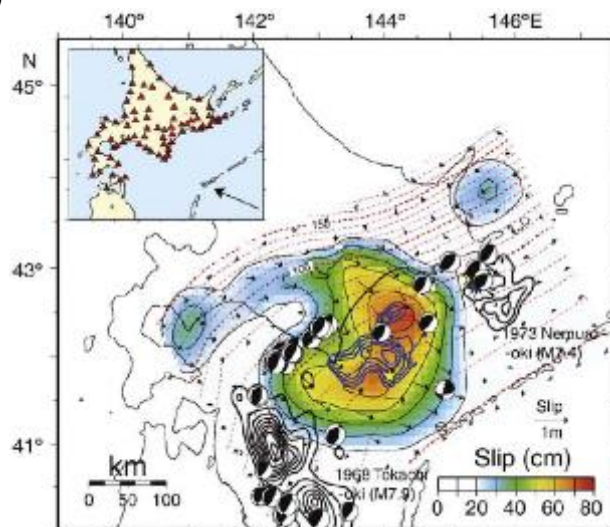


- 余効すべりの把握がなぜ必要か？

【2003年十勝沖地震】

2003年十勝沖地震の余効すべり域が東深部に拡大し、2004年11月の釧路沖の地震(M7.1)の発生を促進した。

(Murakami et al., 2006, Uchida et al., 2009等)

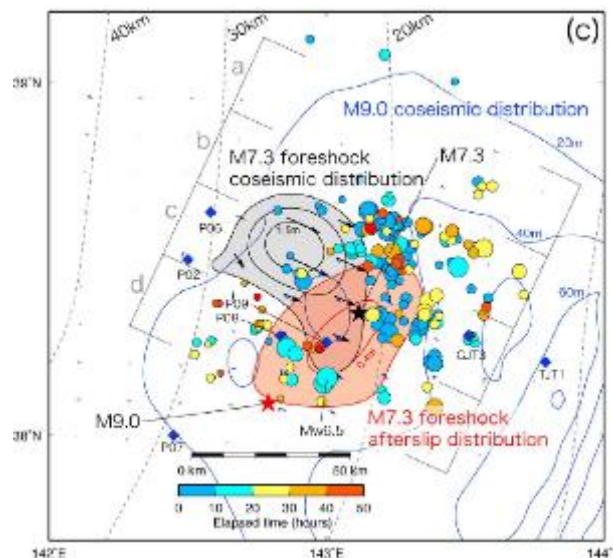


Uchida et al.(2009)

【2011年東北地方太平洋沖地震】

3月9日の最大前震の後に、余効すべりが発生。余効すべりが南東側に拡大し、本震の破壊開始点付近に至った。

(Ohta et al., 2012等)



Ohta et al.(2012)

大地震発生後に、余効すべりが周辺に進展したり、加速したりしていないかどうかを迅速に把握することが必要

内陸地震・歪集中観測の高度化の必要性

【背景】

南海トラフ沿いの地震前後に内陸で地震活動が活発化する傾向 (Hori & Oike, 1996など)

活断層周辺の歪蓄積・開放過程の詳細な把握が重要

歪の面的分布の獲得

GNSSによる点で見る歪分布から面で見える歪分布へ

長期評価への貢献

活断層周辺の歪蓄積・開放過程の理解

- 西日本の内陸活断層や山陰歪集中帯における歪蓄積/解放に伴う地殻変動の抽出
- 発生機構の推定 (余効変動モデル (粘弾性緩和+余効すべり等))

データ環境

ALOS-2 → **ALOS-4** (2020年度打ち上げ予定)

・観測頻度の向上: 年3,4回 → 2週間ごと

解析技術

干渉SAR時系列解析環境の整備

特別研究「干渉SAR時系列解析による国土の地盤変動の時間的推移の面的検出に関する研究 (H26-30)」