

# 地震予知のための新たな観測研究計画(第2次)の 実施状況等のレビューについて(報告)【概要】 (科学技術・学術審議会 測地学分科会)

(平成19年1月15日)

## レビューの背景

- ★ 我が国の地震予知に関する観測研究は、平成15年7月に科学技術・学術審議会が建議した「地震予知のための新たな観測研究計画(第2次)」(平成16～20年度)により推進。
- ★ 20年度に終了することから、次期計画策定に向けて現計画の実施状況、成果及び今後の課題についてレビューを実施。

## 地震予知のための新たな観測研究計画(第2次)の概要

- 地震予知計画(第1～7次)(昭和40年度～平成10年度)  
基本観測網の整備により地震の長期予知を行い、地震の差し迫っている地域において直前予知を捉える
- 「地震予知のための新たな観測研究計画」(平成11～15年度)  
地震発生に至る全過程の理解により、その最終段階で発現する現象を理解し、信頼性の高い地震発生予測を目指す

### 地震予知のための新たな観測研究計画(第2次)の基本的方針

1. 地震発生に至る地殻活動を解明するための総合的観測研究
2. 地殻活動予測シミュレーションモデルの構築及び地殻活動モニタリングシステムの高度化
3. 地殻現象を高精度で検出するための新たな観測・実験技術の開発研究
4. 各大学や関係機関が、密接な協力・連携の下に計画全体を組織的に推進する体制の整備



海底地震観測



2004年新潟県中越地震の余震観測

### 実施内容(平成16～20年度)

#### 1. 地震発生に至る地殻活動解明のための観測研究の推進

- (1) 日本列島及び周辺域の長期広域地殻活動
- (2) 地震発生に至る準備・直前過程における地殻活動
- (3) 地震破壊過程と強震動
- (4) 地震発生の素過程

#### 2. 地殻活動の予測シミュレーションとモニタリングのための観測研究の推進

- (1) 地殻活動予測シミュレーションモデルの構築
- (2) 地殻活動モニタリングシステムの高度化
- (3) 地殻活動情報総合データベースの開発

#### 3. 新たな観測・実験技術の開発

- (1) 海底諸観測技術の開発と高度化
- (2) ボアホールによる地下深部計測技術の開発と高度化
- (3) 地下構造と状態変化をモニターするための技術の開発と高度化
- (4) 宇宙技術等の利用の高度化

#### 4. 計画推進のための体制の整備

- (1) 計画を一層効果的に推進する体制の整備(全国共同利用研究所の機能充実等)
- (2) 地震調査研究推進本部との役割分担
- (3) 情報交換等の場としての地震予知連絡会の充実
- (4) 人材の養成と確保
- (5) 火山噴火予知研究等との連携
- (6) 国際協力の推進
- (7) 研究成果の社会への効果的伝達

# 地震予知のための新たな観測研究計画(第2次)の概要

- 地震予知計画(第1~7次)(昭和40年度~平成10年度)  
基本観測網の整備により地震の長期予知を行い、地震の差し迫っている地域において直前予知を捉える
- 「地震予知のための新たな観測研究計画」(平成11~15年度)  
地震発生に至る全過程の理解により、その最終段階で発現する現象を理解し、信頼性の高い地震発生予測を目指す



海底地震観測

## 地震予知のための新たな観測研究計画(第2次)の基本的方針

1. 地震発生に至る地殻活動を解明するための総合的観測研究
2. 地殻活動予測シミュレーションモデルの構築及び地殻活動モニタリングシステムの高度化
3. 地殻現象を高精度で検出するための新たな観測・実験技術の開発研究
4. 各大学や関係機関が、密接な協力・連携の下に計画全体を組織的に推進する体制の整備



2004年新潟県中越地震の余震観測

## 実施内容(平成16~20年度)

1. 地震発生に至る地殻活動解明の推進  
2. 地殻活動予測シミュレーションモデルの構築及び地殻活動モニタリングシステムの開発  
3. 地殻現象を高精度で検出するための新たな観測・実験技術の開発  
4. 各大学や関係機関が、密接な協力・連携の下に計画全体を組織的に推進する体制の整備

### 地震発生の仕組みを理解する

### シミュレーションとモニタリング

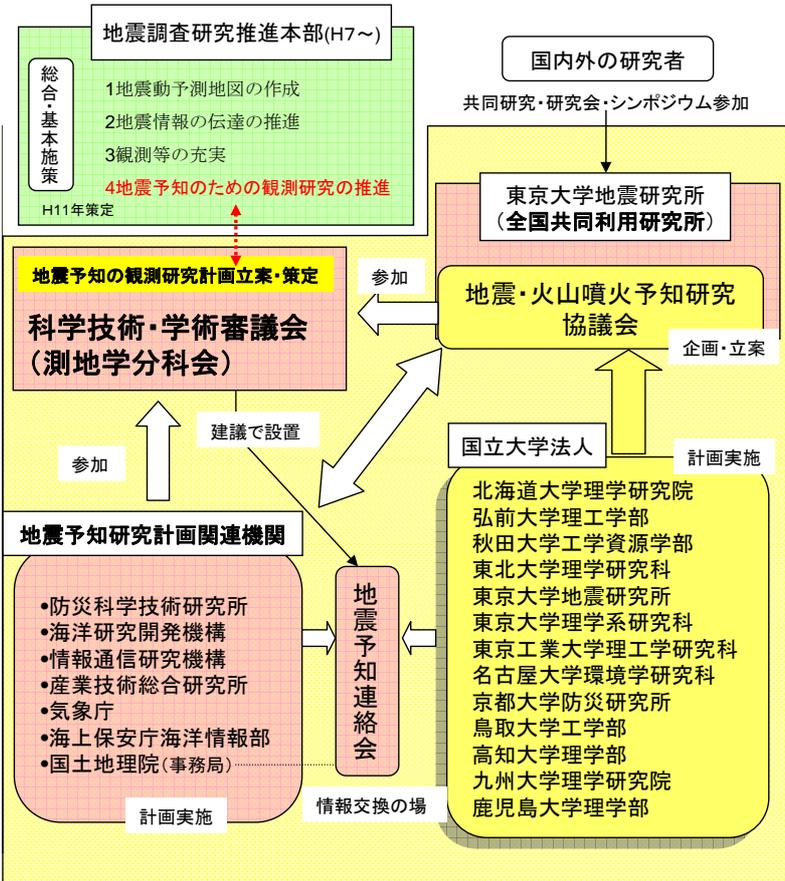
### 道具を作る

高度化  
(4) 宇宙技術等の利

### 体制を整備

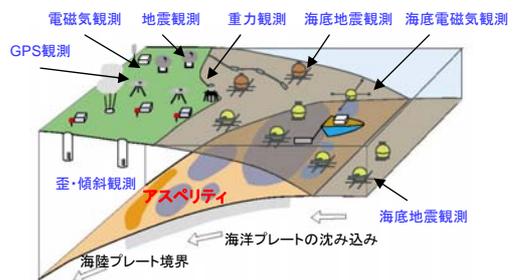
知連絡会  
(4) 人材の養成  
(5) 火山噴火予知研  
(6) 国際協力の推進  
(7) 研究成果の社会への効果的伝達

# 地震予知のための新たな観測研究計画(第2次)実施の体制

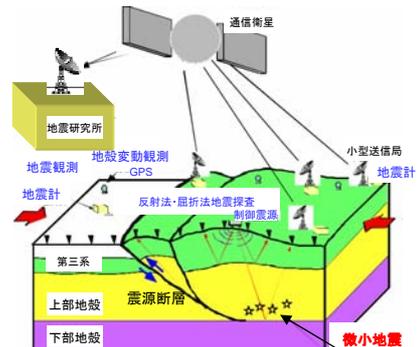


### 主な研究例

(1)プレート境界域における歪・応力集中機構の観測研究



(2)内陸地震発生域の不均質構造と歪・応力集中機構の研究



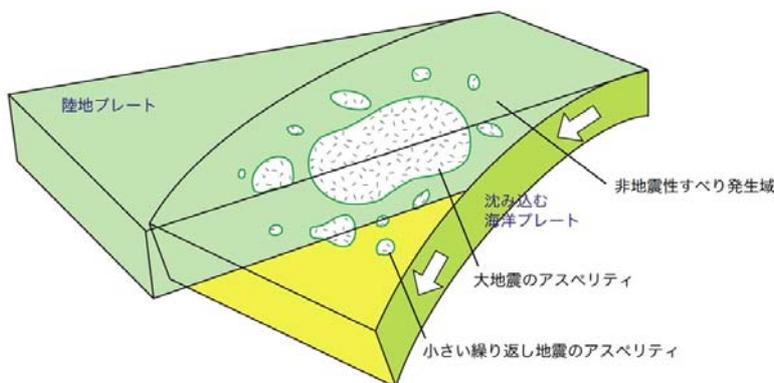
# 成果のポイント

## ① 研究成果

- (1) 2003年十勝沖地震や2005年宮城県沖の地震等に関して、GPSやゆっくり滑りのモニタリングにより、第1次新計画で提唱されたアスペリティモデルの有効性の検証が進展。地震発生 の長期評価に貢献。
- (2) 現実的な摩擦・破壊構成則とプレート境界面形状を考慮した巨大地震発生サイクルの特徴を再現するシミュレーションモデルが実現。
- (3) 東海から西南日本にかけての沈み込みフィリピン海プレート深部境界での短期的ゆっくり滑りと低周波微動・地震の同時発生を発見。
- (4) 地殻・マントル内の不均質な粘弾性・塑性変形により広域応力が震源断層へ集中する地震発生モデルを構築。

地震予知のための新たな観測研究計画(第2次) 主要な成果(1-1)

アスペリティモデルの検証と  
地震発生 の長期評価への貢献



アスペリティモデル  
沈み込む海洋プレートと陸側プレート  
の境界面の模式図

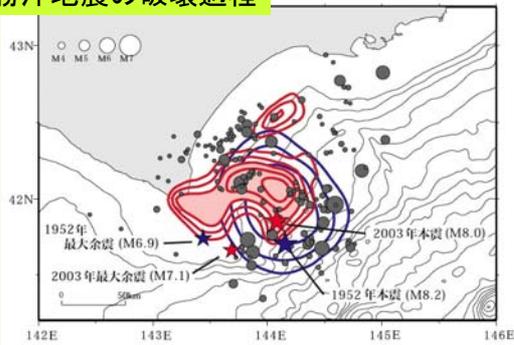
### プレート境界地震

- 発生機構が理解された
- プレート境界では、通常は「アスペリティー」で固着し、その他の部分では、定常的に滑っている。
- 定常滑りによって、アスペリティーに応力が集中し、
- 地震時には、アスペリティーが破壊することによって、地震が発生する

第1次新計画によって提唱され、本計画で検証された

アスペリティモデルの検証と  
地震発生の長期評価への貢献

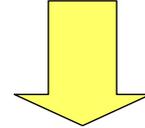
十勝沖地震の破壊過程



- 2003年と1952年の十勝沖地震の滑り量分布の比較
- 1952年十勝沖地震(M8.2:青のコンター)と2003年十勝沖地震(M8.0:赤のコンター)の滑り量分布
- 同じ場所が滑った地震であり、地震の長期評価で想定された地震であった。

プレート境界地震

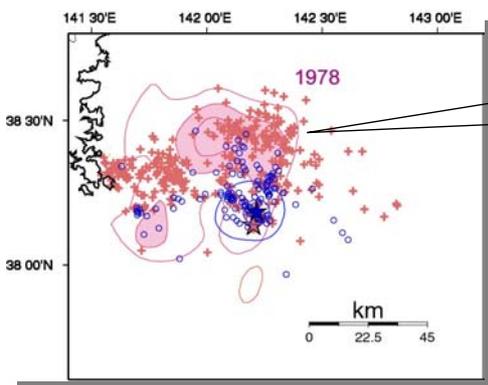
- 地震発生の場所は、アスペリティーのあるところ
- 地震の大きさは、アスペリティーの大きさ



地震発生の位置と規模の予測

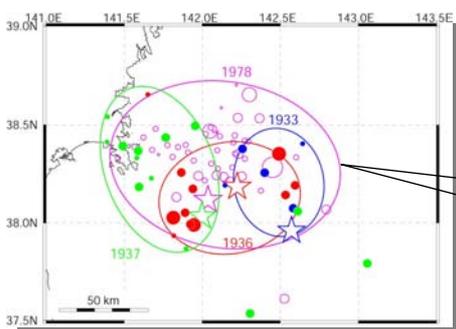
宮城県沖の地震の破壊過程

アスペリティーの連動性



1978宮城県沖地震(M7.4)と2005年8月の地震(M7.2)の震源域

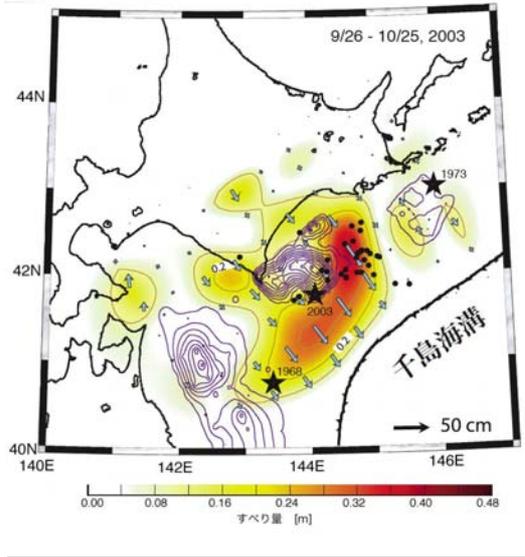
- 宮城県沖地震の震源域は3つのアスペリティーから成り立っている
- 1978年はその3つが同時に破壊
- 1930年代は1つずつ破壊した。2005年の地震は3つのうち1つが破壊したものであることが分かる。



1978年宮城県沖地震と1930年代の地震の余震分布の比較

地震予知のための新たな観測研究計画(第2次) 主要な成果 (1-2)

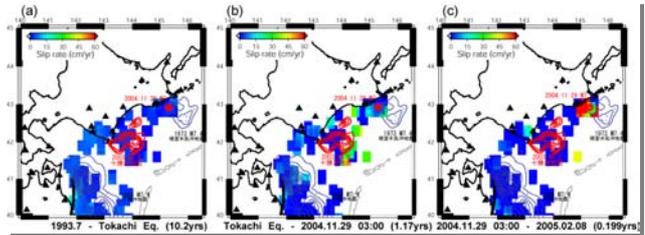
ゆっくり滑りの検出



地震時の滑りと余効滑りの相補性

2003年十勝沖地震(M8.0)の滑り量(紫線)と余効滑り(カラー). 1968年十勝沖地震(M7.9)と1973根室沖地震(M7.4)の滑り量分布も示す。地震時の滑りと余効滑りの領域は重ならない。

「固着と滑り」以外の「非定常的すべり」



相似地震によるプレート間滑りのモニタリング

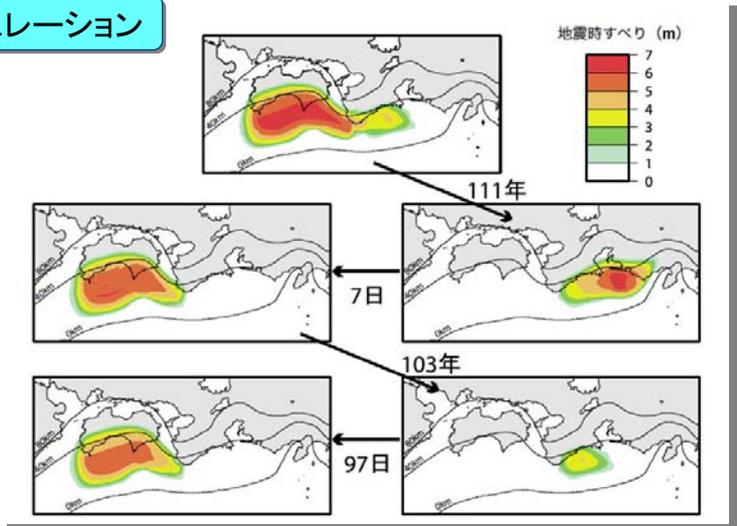
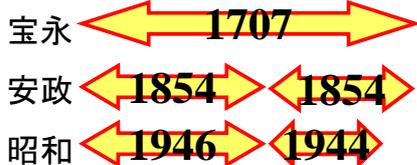
プレート境界で発生する相似地震を利用すると、プレート境界でのゆっくりとした滑りをモニターできる。図は(a)2003年十勝沖地震以前、(b)2003年十勝沖地震以後から2004年釧路沖地震まで、(c)釧路沖以降の滑り分布を表す。暖色系の場所は滑り速度の大きい場所。

GPS(測地観測)と地震活動の観測による「ゆっくり滑り」の検出

地震発生確率の高い地域における観測強化

地震予知のための新たな観測研究計画(第2次) 主要な成果 (2)

巨大地震発生サイクルの数値シミュレーション



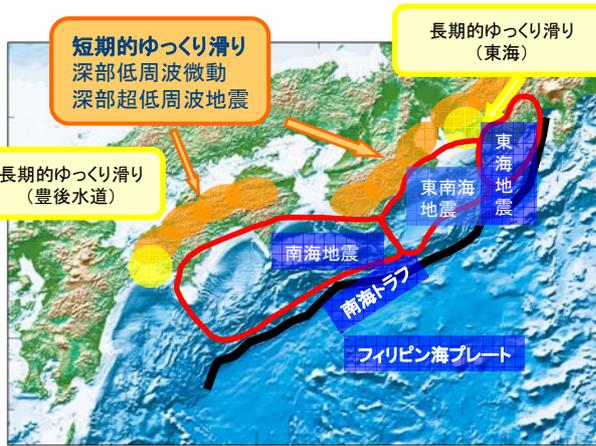
数値シミュレーションによる地震発生サイクルの特徴の再現

西南日本のプレート境界地震発生サイクルシミュレーション結果。連続する5つの大地震の滑り領域や滑り量は毎回異なり、東南海地震の数日から数十日後に南海地震が発生する場合が多い。

(物理モデルに基づく)数値モデルによって、アスペリティーの連動破壊を再現: 予測は将来の課題

地震予知のための新たな観測研究計画(第2次) 主要な成果 (3)

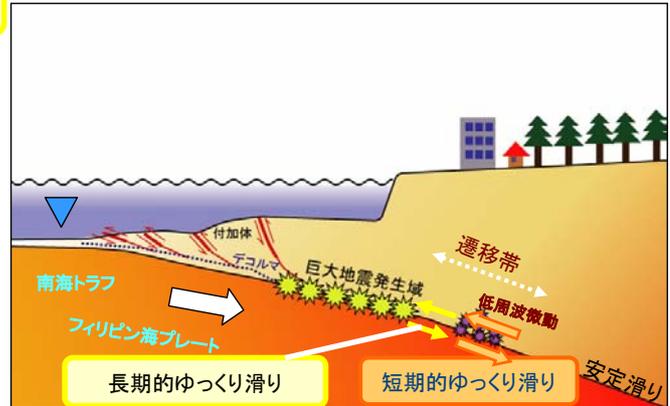
低周波微動・地震とゆっくり滑り



長期的ゆっくり滑り、短期的ゆっくり滑りと低周波地震・微動の分布

長期的ゆっくり滑り発生域(黄色)と短期的ゆっくり滑り及び低周波微動・地震の発生域(オレンジ色)。非定期的ゆっくり滑りが地震発生域よりも深部で発生している。

滑りの多様性：  
モニタリングの可能性



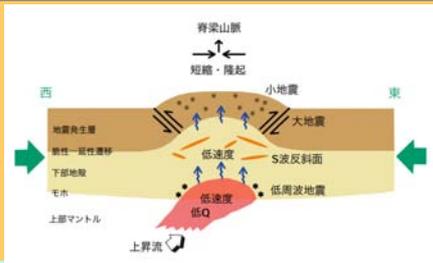
地震発生域と低周波地震・微動およびゆっくり滑りの位置関係

低周波地震・微動やゆっくり滑りの発生域はプレート境界面上で発生していると考えられる。普段固着している地震発生域と、定常的なゆっくり滑り(安定滑り)が発生している領域との間の遷移帯で発生している。

カナダの西海岸やアラスカでも類似の現象が見つかり、沈み込み帯のプレート間固着と滑りに関する世界の研究を先導

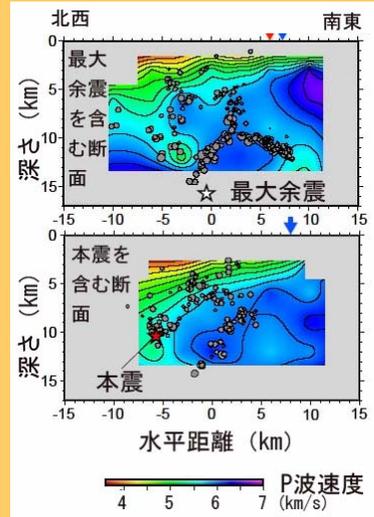
地震予知のための新たな観測研究計画(第2次) 主要な成果(4)

内陸における地震発生モデル



内陸地震発生機構モデルと地殻の変形様式

地下深部から高温の流体が上ってきている領域では、地殻上部の固い部分が薄くなり、ここに力が集中して地震が発生しやすくなる。



新潟県中越地震の震源分布と地下構造との関係

断面図(下)から、本震の断層面が、P波速度が5kmから6kmに変わる(緑～空色)面上にあることが分かる。

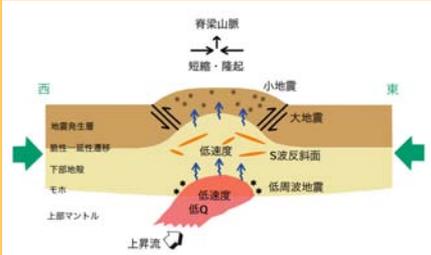
断面図(上)から、最大余震の断層面は、P波速度が6kmから6.5kmに変わる(空色～青色)面上にあることがわかる。

活発な余震活動は構造の不均質が原因である可能性がある。

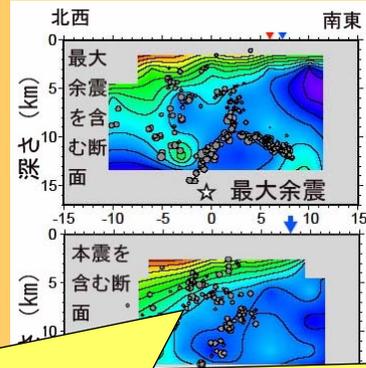
内陸地震発生領域の地下構造

(a)(b)(c)は地震波速度構造。(a)はP波速度構造偏差、(b)はS波速度構造偏差、(c)はP波とS波速度の比で、暖色系は値の大きい領域。(d)は比抵抗構造で、暖色系は比抵抗の小さな領域。

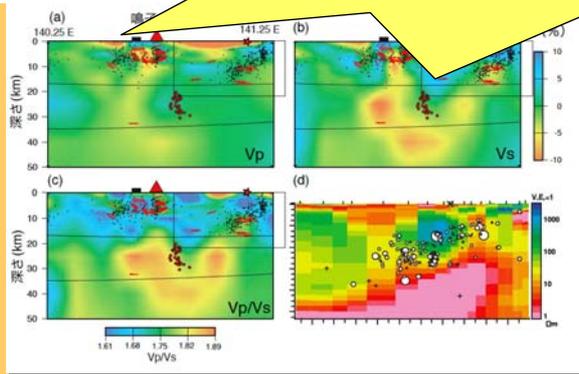
内陸における地震発生モデル



内陸地震発生機構モデルと地殻の断面様式



不均質な構造が、応力を集中させる



内陸地震発生領域の地下構造

(a)(b)(c)は地震波速度構造。(a)はP波速度構造偏差、(b)はS波速度構造偏差、(c)はP波とS波速度の比で、暖色系は値の大きい領域。(d)は比抵抗構造で、暖色系は比抵抗の小さな領域。

新潟県中越地震の震源分布と地下構造との関係  
断面図(下)から、本震の断層面が、P波速度が5kmから6kmに変わる(緑～空色)面上にあることが分かる。  
断面図(上)から、最大余震の断層面は、P波速度が6kmから6.5kmに変わる(空色～青色)面上にあることがわかる。  
活発な余震活動は構造の不均質が原因である可能性がある。

② 現段階における予知研究の到達度

- (1) プレート境界で発生する大地震の地震像と発生予測のための知見が蓄積。
- (2) 地震予知の3要素のうち、位置と規模の予測について一定の見通しが得られた。
- (3) 内陸地震については、その発生機構のモデル化を開始した段階。

## 今後の課題

- ★地震発生直前過程の解明のため、地震発生確率の高い地域における観測の充実・強化及びゆっくり滑りのモニタリング技術の開発が急務。
- ★総合的地震発生予測システム構築のため、予測シミュレーションの開発や、実時間観測データと過去の蓄積データの統合システムの開発が必要。