

平成19年度の成果の概要

1. はじめに

平成15年7月に科学技術・学術審議会において建議された「地震予知のための新たな観測研究計画（第2次）の推進について」（以下、「第2次新計画」という。）のもと、平成16年度より地震予知に関する研究計画が実施されている。第2次新計画では、計画を推進するために、科学技術・学術審議会測地学分科会地震部会の下に、計画実施機関からの委員で構成する観測研究計画推進委員会を平成16年4月に設置し、年度ごとに観測研究実施計画及び観測研究成果報告の取りまとめを行うこととした。

本報告は、第2次新計画における平成19年度の主な研究成果を取りまとめたものである。

なお、計画の実施機関は以下の通りである。

- ・国立大学法人： 北海道大学、弘前大学、東北大学、秋田大学、東京大学、東京工業大学、名古屋大学、京都大学、鳥取大学、高知大学、九州大学、鹿児島大学
- ・独立行政法人： 情報通信研究機構、防災科学技術研究所、海洋研究開発機構、産業技術総合研究所
- ・政府機関： 国土地理院、気象庁、海上保安庁

地震の発生を定量的に予測するためには、広域の地殻応力が特定の断層域に集中していく地震発生の準備過程を理解し、地震断層域で応力が再配分されるしくみを理解する必要がある。さらに、観測を通じてこれらの過程を迅速に把握するとともに、地殻活動の推移予測を目的とした物理モデルに基づいた数値シミュレーションモデルによる予測を行うことが必要である。この考えに基づき平成16年度から実施されている第2次新計画では、次のような項目に沿って研究を実施している。

- (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
- (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
- (3) 新たな観測・実験技術の開発
- (4) 計画推進のための体制の整備

上記項目のうち「(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」は、地震発生に至る地殻活動の全過程と、その過程に伴って現れる種々の地殻現象の発生機構を解明するための総合的観測研究であり、次のような小項目に分けられている。

- 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

また、「(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」は、地殻活動の推移予測を行うための地殻活動予測シミュレーションモデルの開発研究及び地殻の状態を実時間で把握する地殻活動モニタリングシステムの高度化のための研究であり、次のような小項目に分けられている。

- 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」は、地震発生に至る一連の過程に伴う地殻現象を高精度

で検出するための、新たな観測・実験技術の開発研究である。

「(4)計画推進のための体制の整備」については、計画全体を効果的に推進できる体制の整備、観測研究プロジェクトを立案・推進するための広く開かれた仕組みの整備を図るものであり、平成16年度から科学技術・学術審議会測地学分科会地震部会に設置された観測研究計画推進委員会が重要な役割を担っている。観測研究計画推進委員会は、国立大学法人、独立行政法人、政府機関等の組織がそれぞれの機能に応じた役割分担と密接な協力連携の下に計画を推進するための委員会であり、本報告書も同委員会により編集されている。

2. 重要な成果

2-1. 研究計画の特筆すべき成果

1) プレート境界の短期的ゆっくり滑り

西南日本に見られる深部低周波微動や低周波地震、及び間欠的ゆっくり滑りは、フィリピン海プレートと陸のプレートの間の固着域(地震性領域)と定期的にゆっくりと滑っている領域との遷移域で発生していることが分かっていた。さらに、昨年度までの解析により、深部低周波微動と短期的ゆっくり滑りは同期して発生していることが明らかとなった。そして、今年度は新しい解析手法を適用することにより、深部低周波微動の輻射エネルギーと短期的ゆっくり滑りの滑り量の1日毎の時空間分布が得られた(図1)。その結果、微動のエネルギーを多く放射している領域は、ゆっくり滑りの滑り速度の大きな領域と良く一致することが分かった。

2) 内陸地震発生域の歪・応力集中機構

昨年度は、奥羽脊梁山地及び出羽山地付近で高温のためにリソスフェアが薄くなり、上部地殻の下部に応力が集中する様子がシミュレーションにより再現された。今年度は、非線形粘弾性有限要素法を用いてシミュレーションを行い、活断層への応力蓄積過程を詳しく調べた(図2)。上部地殻の活断層を3000年間固着させると、下部地殻は低粘性のため塑性変形し、その変形により上部地殻の三つの断層帯(北由利断層、横手盆地東縁断層、北上低地西縁断層)に沿って浅部まで応力が蓄積されることが分かった。3000年間に蓄積される応力量は5MPa程度であり、定常的な絶対応力場(200-300MPa)に比べて非常に小さいことも明らかとなった。

3) プレート内地震の発生機構

沈み込む海洋プレート内では、1993年(平成5年)釧路沖地震(M7.8)や1994年(平成6年)北海道東方沖地震(M8.2)など大地震がしばしば発生しているが、発生機構や発生原因に関しては未解明の部分が多い。今年度は、プレート内地震の詳細な震源分布とプレート内の速度構造を求め、両者を比較した(図3)。そして、プレート内の含水鉱物の脱水反応により生じた水が、プレート内地震の発生原因であるとする「脱水脆性化説」を裏付ける結果が得られた。

2-2. 大地震の緊急的研究とその成果

大地震の発生に伴う極めて活発な地殻活動を研究すると、通常では得られない知見が得られるため、従来から大地震の直後には、余震観測をはじめとした集中的な観測が行われてきた。平成19年度には、緊急に観測すべき地震として次の地震に関する観測研究を実施した。

1) 2007年(平成19年)能登半島地震(M6.9)

2007年3月25日に発生した能登半島地震について、緊急に観測研究を実施した。地球観測衛星「だいち」のSAR(合成開口レーダー)を使用した干渉解析により、地震時の地殻変動が検出された(図4)。陸域及び海域での余震観測や構造探査により、詳細な余震分布が明らかになった。余震域中央の深さ約12kmで破壊が開始したこと、余震が速度構造境界に分布していること等が分かった。海底調査を実施し、震源断層に関連する活断層を見出した。

コメント [m1]: 24 .

削除: SAR及びGPS(汎地球測位システム)により観測された地殻変動を説明するためには、断層が余震分布よりも浅い領域まで達していなければならないことが判明した。

2) 2007年(平成19年)新潟県中越沖地震(M6.8)

2007年7月16日に発生した新潟県中越沖地震について、海陸で合同余震観測を行った結果、余震は主に南東傾斜の面状に分布しているが、破壊開始点(震源域北部)では北西傾斜の分布も見られ、複雑な震源断層を示している(図5)。また、2004年(平成16年)新潟県中越地震(M6.8)の震源域と合わせた中越地域全体のトモグラフィ解析によれば、これらの震源域直下の最上部マントルに顕著な低速度域が存在していることが明らかとなった。これは局所的な流体の上昇の存在を示していて、それが内陸地震の発生に関与している可能性を示唆している。海底調査により、震源断層に関連すると考えられる活背斜構造を見出した。SAR及びGPS(汎地球測位システム)により観測された地殻変動を説明するためには、断層が余震分布よりも浅い領域まで達していなければならないことが判明した。

コメント [m2]: 24 .

3. 成果の概要

ここでは、(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、(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、(3)新たな観測・実験技術の開発の3項目について、平成19年度に達成された成果の概要を示すことにする。

3.1. 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

日本列島の地殻活動を理解し予測するためには日本列島から東アジア規模の観測研究が必要である。これは、日本列島周辺でのプレート運動によりもたらされる力が日本列島における活発な地殻活動の原因であり、さらにその力が日本列島内で再配分され地震発生域に作用しているからである。そのため、日本列島周辺のプレート運動の詳細および日本列島規模の構造と変形を知る必要がある。

ア. 日本列島及び周辺域のプレート運動

日本列島周辺のプレート運動を解明するため、さまざまな地域で繰り返しGPS観測が行われた。それらの解析結果からアムールプレート等の速度場をより高精度に推定することができた。その一方で、サハリンで得られたSAR干渉解析によって、地震波で見積もられたマグニチュードから推定される地殻変動よりも大きな変動があることを明らかにした。

コメント [m3]: 1 .

削除: 干渉

イ. 列島規模のプレート内の構造と変形

日本全国を対象としたトモグラフィ解析によって得られた速度構造の不均質と活断層との位置を比較し、断層直下の浅部地殻は速く、深部地殻は遅いことを明らかにした。断層直下の地殻の不

均質により生ずる変形が上部地殻に歪を蓄積させ、それが地震発生と関係あることを示した。山陰地方の地震帯においては、下部地殻における局所的な非弾性変形による応力集中モデルのシミュレーションにより、様々な観測結果が統一的に説明された。東日本における DD(二重時間差) トモグラフィ解析によれば、プレート内地震が海洋性地殻の脱水反応により発生しているという「脱水脆性化説」を支持する結果が得られた。

2) 地震発生に至る準備・直前過程における地殻活動

応力の集中と地震の発生の関係を解明するには、地震発生に至る準備過程から直前過程までの地殻活動を相互に関連する一連の過程として研究する必要がある。近年、急速に理解の進んだプレート境界における歪・応力集中機構、内陸地震の準備過程、地震発生直前の物理・化学過程及び地震発生サイクルについて、それぞれの成果を概観する。

ア．プレート境界における歪・応力集中機構

地震波速度トモグラフィの解析によると、日向灘北部の海岸線下のプレート境界付近に高ポアソン比の領域が見える。この領域と非地震性滑り域が一致しているので、ポアソン比分布を調査することで非地震性滑り域とアスペリティ域を区別できる可能性がある。また、プレート境界の形状とアスペリティ域の関係を、異なる震源域において調査しているが、その関係は単純ではないようだ。例えば、1944年(昭和19年)東南海地震(M7.9)のアスペリティ域のプレート境界は上に凸状になっているが、1973年(昭和48年)根室半島沖地震(M7.4)の震源域周辺では、プレート形状がなめらかで凸構造は見られない。

プレート境界のゆっくり滑りと深部低周波微動との強い関連性は以前から指摘されていたが、新たな観測事実の蓄積により、その可能性がさらに高まった。例えば、四国東部の深部低周波地震は同程度の規模の地震と比べると滑り継続時間や滑りの伝播速度が1桁以上遅い。また、紀伊半島南部で発生する深部低周波微動に伴う歪変化は、微動発生域で逆断層滑りが発生したと仮定すると説明可能である。

西南日本の下に沈み込むフィリピン海プレートの形状を自然地震の波形データを使って可視化する研究や熊野沖の海底掘削が実施された。

イ．内陸地震発生域の不均質構造と歪・応力集中機構

新潟 - 神戸歪集中帯の中でも跡津川断層周辺にせん断歪がさらに集中していることが、GPS観測から明らかとなった。このような変形の空間パターンは、大地震発生からの経過時間によって変化する可能性があり、活断層が現在地震発生サイクルのどの時点にあるのか推定できる可能性がある。

比抵抗構造と地震発生域との関連を調査することは、流体分布を推定する上で重要であるが、その関連は複雑なようだ。例えば、屈斜路湖付近で1938年(昭和13年)にM6.1の地震が発生したが、震源断層付近は高比抵抗体である。一方、秋田県中部で1914年(大正3年)に発生した地震の震源域では、高比抵抗体と低比抵抗体が東西に並んでいる。

ウ．地震発生直前の物理・化学過程

南アフリカ金鉱山における震源核形成の半制御実験では、ゆっくりとした歪ステップの継続時間と地震モーメントとの関係を詳しく調べた。その結果、プレート境界で発生しているゆっくり地震で成り立っている関係と同じであることが分かった。これは、以前の研究で提唱されていた仮説と

は異なる結果である。

エ．地震発生サイクル

岩手県北部下のプレート境界で発生する小繰り返し地震を詳細に調査した結果、発生時間間隔と滑り量との間に強い相関があり、規模予測モデルでうまく説明できることが分かった。シミュレーションによると、プレート境界で余効滑りが発生し、それが小アスペリティに到達した場合、小アスペリティが破壊して地震を起こすかどうかは、小アスペリティに作用している有効法線応力の大小によって決まるらしい。すなわち、有効法線応力が小さい場合は、大きな余効滑りが到達した時だけ地震を起こすが、有効法線応力が大きい場合は、余効滑りの大小にかかわらず常に地震を起こす。

3) 地震破壊過程と強震動

大地震の破壊過程を詳しく調べることにより、地震の破壊開始点やアスペリティの分布及びその周辺の応力や強度に関する情報が蓄積されていく。このような研究を通じアスペリティの分布やその活動の再来性の理解が進めば、地震規模の予測だけでなく大地震時の強震動生成域についても定量的評価が可能となる。

ア．断層面上の不均質性

2008年(平成20年)1月11日に発生した岩手県釜石沖の地震(M4.7)の滑り分布を、近地広帯域地震波形逆解析により推定し、前回(2001年)・前々回(1995年)の地震の滑り域とほぼ重なること、一連の釜石沖の繰り返し地震が同じアスペリティの繰り返し滑りであることを確認した。また、2007年能登半島地震と2007年新潟県中越沖地震などの震源過程の解析を実施した。

イ．地震波伝播速度と強震動予測

強震動予測の面では特に、長周期地震動の予測に必要な、各地の堆積平野の地下構造モデルが構築されつつあるとともに、2007年能登半島地震や2007年新潟県中越沖地震の観測記録を用いた実証的な研究が行われた。

4) 地震発生の素過程

地震発生や準備過程の解明及びそれに伴って発生する現象の解明のためには、室内実験による研究が不可欠である。本計画では、これらを「地震発生の素過程」研究計画として推進している。

ア．摩擦・破壊現象の物理・化学的素過程

断層面の状態を透過弾性波によってリモートセンシングする研究は、ガウジ層(断層帯内の細粒破砕物)をはさむ模擬断層を使った研究に発展し、ガウジ層の応力鎖に関する理解が深まった。また、沈み込み帯の条件での岩石の変形メカニズムや物性についても実験データが蓄積した。

イ．地殻・上部マントルの物質・物性と摩擦・破壊構成則パラメータ

西南日本のような温かい沈み込み帯のマントルウェッジに期待される高温型蛇紋岩のS波速度測定法をほぼ確立し、その温度依存性を示唆するデータが得られた。

3・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

本計画の重点の一つは、地殻活動予測シミュレーションの研究である。現実的な物理モデルに基づいた数値シミュレーションモデルによる地殻活動シミュレーションモデルの開発が行われれば、時々刻々と変化する地殻活動の情報と照らし合わせながら行う地殻活動予測が現実味を帯びてくる。

ア．日本列島域

地震破壊は震源域周辺の応力場を反映するという考えに基づき、地震の CMT (セントロイド・モーメント・テンソル：地震波形から求められた地震の位置・規模・発震機構) データから地震発生応力場を推定する逆解析手法を開発した。この新しい応力逆解析手法を防災科学技術研究所の 15,000 個の地震の CMT データ (防災科学技術研究所 CMT カタログ) に適用し、日本列島域の三次元地殻応力パターンを求めた。

イ．特定の地域

短周期地震波がどのようにして発生するのか未解明の部分が多い。アスペリティの動的破壊シミュレーションによると、アスペリティの周囲を反対方向に進んだ破壊が、互いに衝突することで短周期地震波が発生する。南海トラフ沿い巨大地震発生サイクル・シミュレーションでは、破壊エネルギーの分布に不均質を与えると、過去の地震発生サイクルの特徴を再現できることが分かった。

コメント [m4]: 25 .

削除: プレートの三次元形状を導入しても

ウ．予測シミュレーションモデルの高度化

陸域では地震断層が地表に現れる場合と現れない場合があるが、地表堆積物が大きく影響している可能性がある。破壊伝播のシミュレーションによると、堆積層の剛性率と初期せん断応力を深部の 1/10 にすると、破壊は地表まで到達せずに、堆積層の中で停止してしまうことが分かった。

2) 地殻活動モニタリングシステムの高度化

地殻活動のモニタリングは、地震活動予測シミュレーションに必要な観測データを提供するものである。現在、GEONET (国土地理院の全国 GPS 連続観測網) や Hi-net (防災科学技術研究所の高感度地震観測網) をはじめ多くのデータが広く公開され、それらのデータを地殻活動モニタリングに活用するための多くの研究が行われている。これらに加えて地殻活動モニタリングに有用な諸観測を整備し、日本列島域およびいくつかの特定の地域のモニタリングの高度化を推進している。

ア．日本列島域

地殻活動シミュレーションと定量的な比較が可能な地殻変動データを提供する GPS、干渉 SAR や VLBI (超長基線電波干渉法) 解析の精度向上の研究が継続して実施されている。たとえば、2007 年能登半島地震や新潟県中越沖地震においては高精度な地殻変動を求め、地震断層に関する重要な情報を提供した。

地震観測については、Hi-net 等を利用したモニタリングシステムの高度化により極めて効率的なデータの収集と処理が実現され、日常的な地殻活動に対する監視能力が飛躍的に高まった。さらに、震源分布だけでなく発震機構解も F-net (防災科学技術研究所の広帯域地震観測網) などの波形を用

いることで高精度な自動検出が可能になった。

イ．東海地域

大地震の発生が予測されている東海地域では、地震観測だけでなく、歪計、傾斜計、地下水位観測等の観測網による検知能力の検証と向上のための研究が継続的に行われている。平成 20 年度に敷設する新しいケーブル式海底地震計の準備が進められた。繰り返し稠密GPS 観測によって得られた面積歪分布は、地震活動から推定されるプレート境界の固着域から見積もられる歪分布と調和的な結果であり、短期的ゆっくり滑りによる歪変動を見出すことができた。↓

ウ．東南海・南海地域

将来の発生が予測されている東南海地震と南海地震の震源域の境界が位置する潮岬沖において、海溝軸を越えた領域まで広範囲の長期地震観測を継続している。過去の南海地震時の松山道後温泉における温泉水位低下について検討した。同温泉は、地震動によって一般に水位上昇するが、南海地震の時は、地震時の大きな歪増加によって水位低下を起こすことが明らかになった。

エ．その他特定の地域

近い将来の地震発生が予測されている宮城県沖においては、プレート境界の固着および滑りのリアルタイムモニタリングに向けた研究が実施されている。臨時 GPS 観測点を加えた解析によって、1994 年（平成 6 年）三陸はるか沖地震（M7.5）の震源域における固着の回復、深部における弱い固着域の存在、およびその固着が 2005 年（平成 17 年）の宮城県沖地震（M7.2）により解消されたことが明らかになった。

内陸で最も地震発生確率の高いとされる糸魚川 静岡構造線においては、稠密地震観測網で得られたデータに自然地震波干渉法を適用して詳細な地下構造を明らかにするなど、地殻活動のモニタリングに必要な情報を提供する研究が進められた。

地下水観測設備の高度化を進め、2004 年新潟県中越地震や 2007 年能登半島地震、2007 年新潟県中越沖地震時の地下水位変動の主な原因が、地震動であることを示した。

コメント [m5]: 2 6 .

削除: 地下水観測設備の高度化を進め、2004 年新潟県中越地震や 2007 年新潟県中越沖地震時の地下水位変動の原因が地殻変動や応力変化ではなく、地震波到達による揺れによりもたらされたことを示した。

削除: 変動

削除: る

コメント [m6]: 2 7 .

削除: のほかに歪変化

削除: も

コメント [m7]: 2 6 .

3) 地殻活動情報総合データベースの開発

地殻活動情報総合データベースは、過去のデータやモニタリングのデータを効率的に利用する上で重要である。

ア．日本列島地殻活動情報データベースの構築

北海道・道北地域の重力データ空白域において、データの収集・整備を行った。WSSN（世界標準地震観測網）の古いマイクロフィルムの整理については、全体の約 2/3 の作業が終了した。気象庁で保管されている 1960 年代のマイクロフィルムについても、劣化が進んでいるため新たに複製した。ウェブサイト上で情報を検索・表示するシステムの整備が着実に進んでいる。例えば、活断層の位置情報と地質図を重ねて表示するシステムや断層位置と調査地点の位置情報を重ねて表示するシステム等である。

イ．地殻活動データ解析システム

GEONET におけるデータベース項目の追加、潮位データの修正、水準測量の原データの保守等を行

った。

3・3．新たな観測・実験技術の開発

新たな観測・実験技術の開発によって従来取得できなかった観測データが得られ、研究が飛躍的に進展することが期待される。本計画では、以下の項目に重点を置き、継続的に観測・実験技術の開発を進めている。

1) 海底諸観測技術の開発と高度化

日本列島周辺のプレート境界の地震のほとんどが海域で発生する。陸上の観測データだけでは分解能が不足するため、海域観測技術の開発は必要不可欠である。海域における観測技術として、GPS - 音響結合方式による海底地殻変動観測、海底圧力・傾斜観測、海底ケーブルを利用した地震観測システム、海底ボアホール式歪・傾斜変動観測などが進められている。新しく開発した光ケーブル式海底地震計システムは、2リットルペットボトルサイズと小型であるため、低コストで設置でき、伝送経路や観測機器の二重化により信頼性を高めている。このシステムにより、同じ費用で数倍の密度での海底地震観測が行えるようになった。

2) ボアホールによる地下深部計測技術の開発と高度化

ボアホールジャッキ式応力測定において、応力測定プローブの接触領域を小さくすることで感度の不安定さを排除し、精度良い測定が可能になった。地殻歪を高精度で計測するためのレーザー変位計の開発も継続して行われていて、2007年能登半島地震や2007年新潟県中越沖地震による微小な歪ステップを計測することができた。

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

複数のアクロス震源の位相を制御することにより放出する振動を制御する発信技術開発を進めた。一方、アクロス震源からの振動を連続的に観測したデータを重ね合わせて伝達関数を求めた。その相関値や振幅は、初動の波群では安定しているが、プレート境界からの反射波と考えられる波群の場合は、大きく季節変化していて、プレート境界付近の状態の変化をモニターするのに有効であることが確認された。

4) 宇宙技術等の利用の高度化

GPS連続観測データだけでなく、1秒～10秒サンプリングによる観測データを用いた解析が進められ、時間分解能の高い面的な地殻変動観測の高度化が進められた。~~SAR干渉解析~~によって、2007年能登半島地震や新潟県中越沖地震時の高精度の地殻変動が面的に得られ、地震断層面を特定するのに役立てられた。

コメント [m8]: 1 .

削除: 干渉

4．課題と展望

現計画では、長期にわたる地殻活動によってもたらされる広域応力が特定の断層に集中していく地震発生の準備過程と、それに続く直前過程における応力の再配分機構を理解し、観測によるそれらの過程の迅速な把握と、物理モデルに基づいた地殻活動予測シミュレーションモデルを開発することが重要とされている。

プレート境界域に関しては、アスペリティの位置を正しく把握することが極めて重要である。過去に大地震が発生した場所は、地震記録の解析等によりアスペリティ分布が推定できるが、そうした記録がない場所については、構造的な特徴や現在の地殻変動から推定する以外にない。しかし、構造的な特徴とアスペリティの普遍的な関係が明らかになったとは言えず、観測事例を増やすとともに、アスペリティの実体解明が今後の課題である。また、地殻活動予測シミュレーションモデル、モニタリング、地殻活動情報総合データベースの連携をより強めて研究を進めていく必要がある。

内陸地震発生域に関しては、比抵抗と速度構造の両方の分解能が向上し、また震源決定精度も向上したことにより、三者の相関が認められる事例が増えてきた。これに GPS 観測から推定される歪速度と、発震機構解や異方性構造から推定される応力分布と併せて、深部モデルを構築するための情報が揃いつつある。今後はデータ解析とモデル構築を同時に進めて、モデルから期待される現象が実際に観測されているかどうか、常に検証しながら研究を進めていくことが効果的であると考えられる。そうすることにより、ある活断層が地震発生サイクルのどの段階にあるのか推定することが可能になるかも知れない。また、多種のデータを併せることにより、地下に存在すると想定される流体の種類や存在形態、量について、推定の幅を狭めることができるようになると期待される。この意味で、跡津川断層や能登半島地震震源域、中越地域における各種データの総合的解析が極めて重要である。

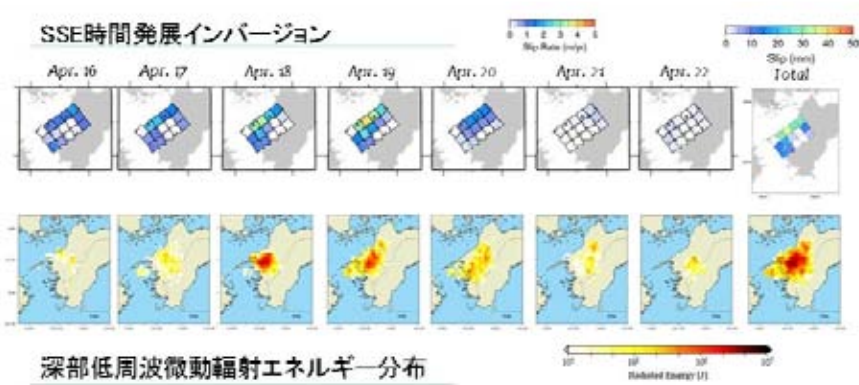


図1：(上) 高感度加速度計データにより推定された短期的ゆっくり滑りの時間変化と全滑り量。
 (下) 推定された深部低周波微動の輻射エネルギーの時空間分布。微動の輻射エネルギーの高い領域は、滑り量の大きな領域と良く一致している（防災科学技術研究所 [課題番号：3002]）。

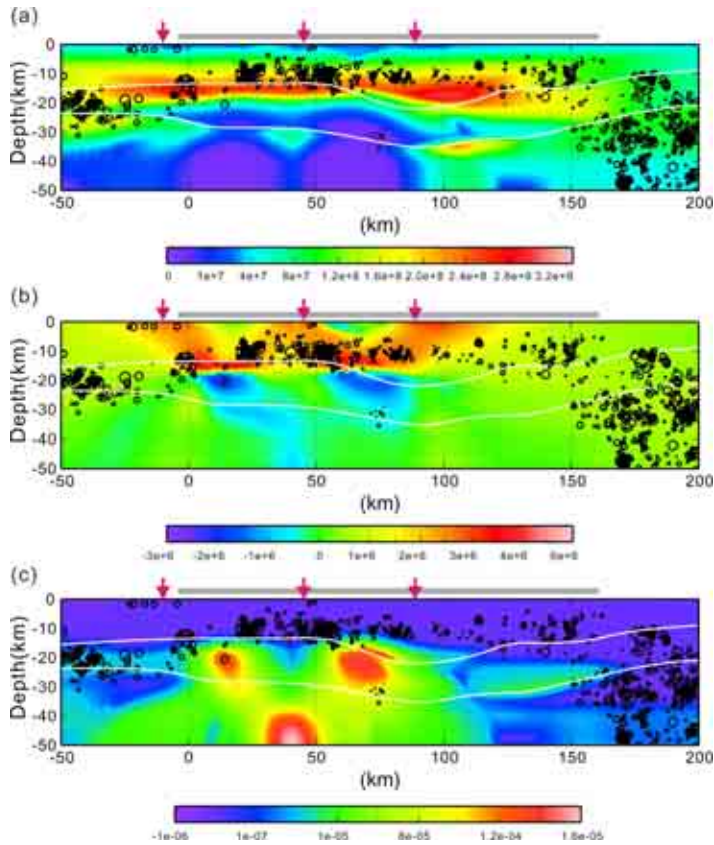


図 2 : (a) 定常状態での相当応力(Pa)の分布。(b)断層運動(塑性変形)を 3000 年間止めた場合における相当応力の変化(Pa)。(c)3000 年間における粘性歪の変化。灰色の線は、陸域を示す。三つの矢印は左から北由利断層、横手盆地東縁断層、北上低地西縁断層の位置を示す。白線は、上部地殻と下部地殻の境界とモホ面を示す。地震の震源は気象庁のデータ(2003 年 1 月から 2005 年 12 月)を用いた。(東京大学地震研究所 [課題番号: 1412])

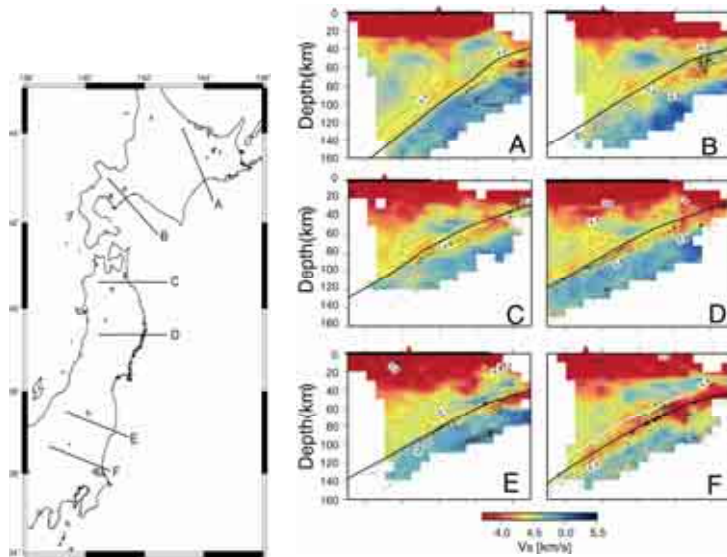


図3：挿入図の測線A～FにおけるS波速度構造の鉛直断面。黒線は沈み込む太平洋プレートの上境界面、黒点は解析に用いた地震（再決定後）である。測線Fの白線はフィリピン海プレートの上境界面を表す。地表の黒バー、赤三角はそれぞれ陸域、活火山を表す（東北大学[課題番号：1209]）。

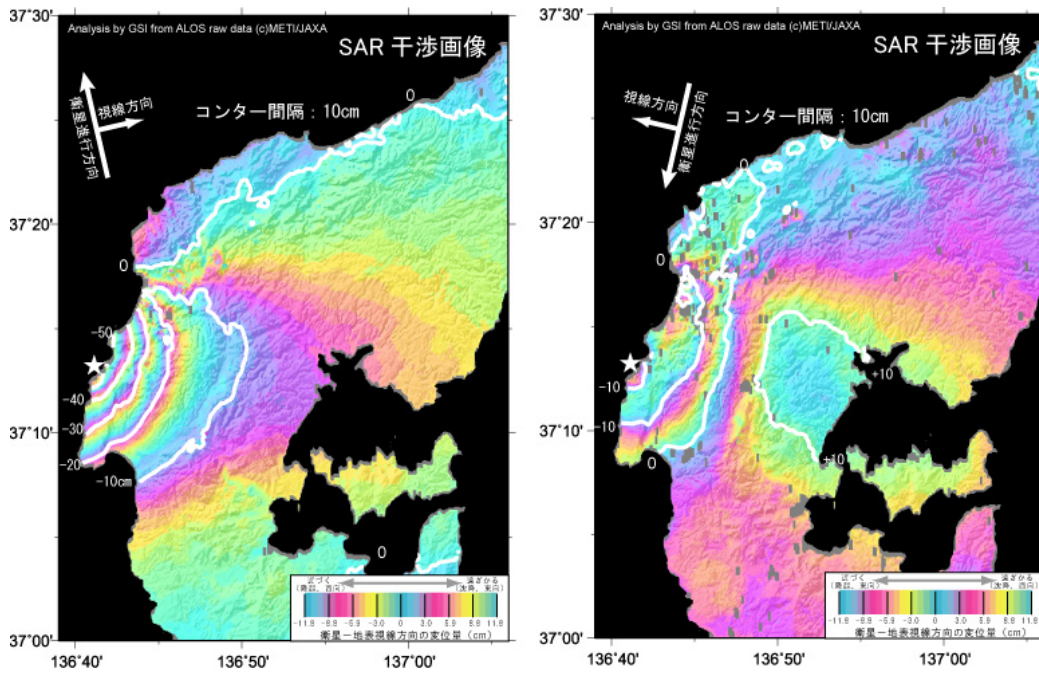


図4：2007年能登半島地震の干渉SARによる地殻変動分布。国産の地球観測衛星「だいち」に登載されたSARによる干渉画像。（左）西南西上空の衛星と地表の間の距離の変化。（右）東南東上空の衛星と地表の間の距離の変化（国土地理院[課題番号：6022]）。

コメント [m9]: 28 .

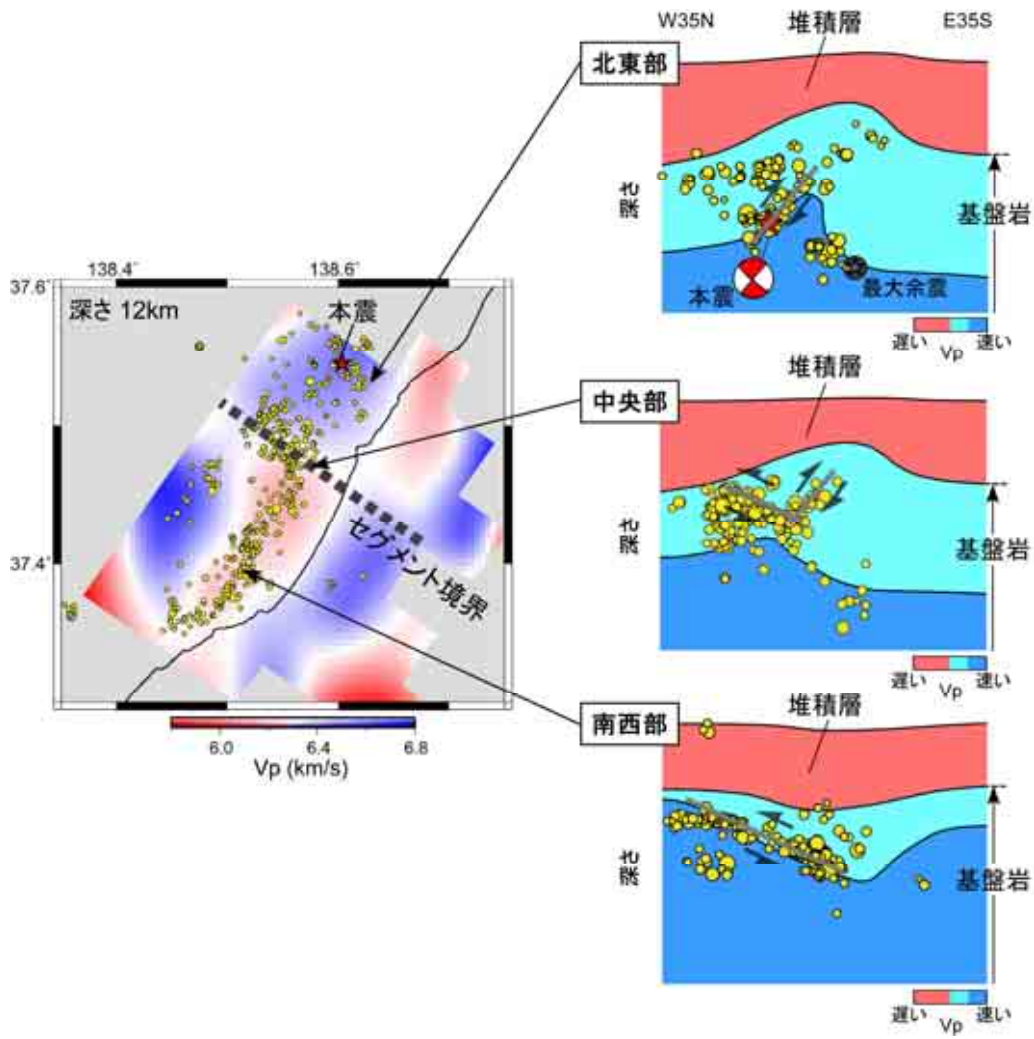


図5：2007年新潟県中越沖地震の余震分布とP波速度構造。海域及び陸域で実施された合同余震観測の結果。