

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）

平成19年1月15日

科学技術・学術審議会  
測地学分科会

# 目 次

I. 前書き	1
II. 「地震予知のための新たな観測研究計画（第2次）」の基本的考え方	3
III. 近年発生した地震に関する重要な研究成果	
1. プレート境界の地震	5
2. 内陸の地震	7
IV. 実施状況、成果及び今後の展望	
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	
1.1. 目的	9
1.2. 実施状況	
(1) 日本列島及び周辺域の長期広域地殻活動	10
(2) 地震発生に至る準備・直前過程における地殻活動	11
(3) 地震破壊過程と強震動	15
(4) 地震発生の素過程	15
1.3. 成果	
(1) 日本列島及び周辺域の長期広域地殻活動	16
(2) 地震発生に至る準備・直前過程における地殻活動	17
(3) 地震破壊過程と強震動	19
(4) 地震発生の素過程	20
1.4. 今後の展望	21
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	
2.1. 目的	24
2.2. 実施状況	
(1) 地殻活動予測シミュレーションモデルの構築	24
(2) 地殻活動モニタリングシステムの高度化	26
(3) 地殻活動情報総合データベースの開発	30
2.3. 成果	
(1) 地殻活動予測シミュレーションモデルの構築	31
(2) 地殻活動モニタリングシステムの高度化	33
(3) 地殻活動情報総合データベースの開発	36
2.4. 今後の展望	37

3. 新たな観測・実験技術の開発	
3.1. 目的	40
3.2. 実施状況	
(1) 海底諸観測技術の開発と高度化	40
(2) ボアホールによる地下深部計測技術の開発と高度化	41
(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	41
(4) 宇宙技術等の利用の高度化	42
3.3. 成果	
(1) 海底諸観測技術の開発と高度化	42
(2) ボアホールによる地下深部計測技術の開発と高度化	43
(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	43
(4) 宇宙技術等の利用の高度化	43
3.4. 今後の展望	44
4. 計画推進のための体制の整備	
4.1. 実施状況及び成果	
(1) 計画を一層効果的に推進する体制の整備	45
(2) 地震調査研究推進本部との役割分担	45
(3) 情報交換等の場としての地震予知連絡会の充実	46
(4) 人材の養成と確保	46
(5) 火山噴火予知研究等との連携	46
(6) 国際協力の推進	47
(7) 研究成果の社会への効果的伝達	47
4.2. 今後の展望	
(1) 計画を一層効果的に推進する体制の整備	48
(2) 地震調査研究推進本部との役割分担	48
(3) 情報交換等の場としての地震予知連絡会の充実	48
(4) 人材の養成と確保	49
(5) 火山噴火予知研究等との連携	49
(6) 国際協力の推進	49
(7) 研究成果の社会への効果的伝達	49
V. 総括的評価	
1. 「地震予知のための新たな観測研究計画」(第1次新計画)の開始と 第2次新計画への継続	51
2. 「地震予知のための新たな観測研究計画(第2次)」の総括的評価	53
3. 今後の展望	56

参考資料

1. 観測点（地震予知関係）一覧
2. 地震予知計画の各次における予算及び機構定員整備状況
3. 地震予知のための新たな観測研究計画（第2次）研究課題一覧
4. 国際共同研究一覧
5. 科学技術・学術審議会測地学分科会委員名簿
6. 科学技術・学術審議会測地学分科会地震部会委員名簿
7. 科学技術・学術審議会測地学分科会地震部会観測研究計画推進委員会委員名簿
8. 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係る審議状況

## I. 前書き

我が国は世界有数の地震国であり、これまで多くの地震災害に見舞われてきた。プレート境界域に位置する我が国で大地震が発生することは必然であり、適切な地震防災対策なくしては、これからも地震の被害を免れることは難しい。地震予知は、特に国民の生命を守るという観点からは究極の対策であるが、地震発生直前に警報を出せる精度で地震予知を行うことは、現時点でも、一般的に困難である。1995年（平成7年）兵庫県南部地震による阪神・淡路大震災を契機に、地震防災対策特別措置法に基づき地震調査研究推進本部（以下、「推進本部」という。）が発足し、地震防災に資するために地震調査研究を政府が一元的に行う体制が整備された。推進本部は、平成11年に「地震調査研究の推進について―地震に関する観測、測量、調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的な施策―」を策定し、その中で、地震予知のための観測研究を当面推進すべき施策の一つと位置付けた。

このような状況の中で平成11年度から始まった「地震予知のための新たな観測研究計画」を引き継ぎ、平成15年度に「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。）が建議された。その基本的考え方は、II章で述べるとおりである。この建議された計画に沿って、平成16年度から関係各機関による観測研究が進められ、第2次新計画のそれぞれの項目で多くの成果があがった。III章では、近年発生した地震に関する重要な研究成果を取り上げ、IV章では、研究計画の課題ごとに、これまでの主な成果をまとめる。特にプレート境界域においては、地震時の滑りと地震間の固着の他にゆっくりとした滑りが進行する様子が明らかになり、地震予知の3要素のうち、位置と規模の予測については、一定の見通しが得られた。つまり、固着領域への応力集中過程の具体的な姿が描かれる段階に達し、数値シミュレーションによって、過去のプレート境界地震の発生の特徴を再現できるようになった。こうした成果を踏まえた、個々の課題に関する今後の進展等の展望についてもIV章で述べる。地震予知のもう一つの要素である時期に関しては、過去のデータに基づく長期予測の段階にあり、プレート境界の摩擦構成則に基づいて地震発生を予測する研究は、緒に就いたばかりである。内陸地震については、歪（ひずみ）速度の大きな領域の成因についての研究が進み、個々の断層に応力がどのように集中していくのかを説明する物理モデルが提案されたが、定量的な数値モデルの構築には至っていないなど地震予知研究の課題は多い。V章において、これらを第2次新計画の全体像の中で総括的に評価し、今後の進むべき方向等を展望する。

今回のレビューの目的は、観測研究の更なる進展と次期の地震予知観測研究計画の策定を視野に、総括的自己点検評価を行うことにある。平成16年4月に設置された測地学分科会地震部会観測研究計画推進委員会は、計画全体の進捗状況を把握し、平成16年度、平成17年度の関係各機関における観測研究の成果を年次報告として取りまとめて公表してきた。今回のレビューは、平成14年度以降の地震予知観測研究計画全般についての進捗状況について、同委員会で取りまとめを行った平成16年度と平成17年度の年次報告及び関係各機関に対し提出を求めたレビュー資料等を基礎として、同委員会での審議を経て、地震部会が取りまとめたものである。

地震予知のための観測研究の成果は、広く社会に還元されなければならない。現在、大

地震発生場所と規模の予測及び地震発生時期の長期的予測については、推進本部が国として調査観測結果を公表している。第2次新計画の進展によって、それらの予測の精度向上に関する研究についての成果もあがっており、研究成果を適切に社会に伝える必要がますます高まっている。これらの研究成果は、推進本部が行っている日本列島における地震発生長期評価及び強震動評価の高度化や、政府が行っている地震防災・減災対策にも必要である。この意味でも地震予知のための観測研究計画は社会に貢献しており、今後の計画の更なる推進が望まれる。

## Ⅱ. 「地震予知のための新たな観測研究計画（第2次）」の基本的考え方

昭和40年度から始まった我が国の地震予知計画は、平成10年度まで第1次から7次計画として推進され、平成11年度から平成15年度までは「地震予知のための新たな観測研究計画」（以下、「第1次新計画」という。）として実施してきた。この間、プレート境界地震や内陸地震の発生場所、地震発生の一連の繰り返し時間間隔、規模、断層面上の滑り量分布等の震源過程、地震発生場における地殻構造の不均質性などに関する知見が向上した。これまでの基礎的研究の成果を積極的に評価し、更に発展させることにより、地震予知への展望を開くべく、平成16年度から平成20年度までの5か年計画として、「地震予知のための新たな観測研究計画（第2次）」（以下、「第2次新計画」という。）が策定された。その基本的な考え方は以下のとおりである。

第1次新計画は、地震予知を狭く地震発生直前予測と位置付けるのではなく、「地震発生に至る全過程を理解することにより、その最終段階で発現が予想される現象の理解を通して、信頼性の高い地震発生予測への道筋を開くことを現実的課題とすべきである」との基本認識の基に策定された。第2次新計画では、第1次新計画の考えを引き継ぎ、地震発生に至る全過程の理解のための研究と、それに基づく地殻活動予測シミュレーションモデルとモニタリングシステムの開発を計画の基本とした。つまり、地震の発生を定量的に予測するために、まず、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、特定の断層域に集中していく地震発生準備過程を理解し、それに引き続く直前過程における地震断層域での応力の再配分機構を解明し、次に、観測を通じてこれらの過程を迅速に把握するという戦略がとられている。

この戦略のもと、第2次新計画では、以下の研究を推進することとした。まず、日本列島及び周辺の長期広域地殻活動、地震発生に至る地殻活動、地震破壊過程を明らかにする観測研究とともに、地震発生素過程の理解を深める基礎研究を推進する。こうした観測研究及び基礎研究の成果に基づいて、複数の要素モデルで構成される日本列島及びその周辺域の地殻活動予測シミュレーションモデルを開発する。また、地殻活動の現状をモニターし、そのデータを地殻活動予測シミュレーションモデルに取り込むことで、大地震の発生に向けた地殻活動の推移予測を行う。さらに、シミュレーションによる予測結果と観測データとの比較を通じて、モデルの妥当性の検証を行い、実用化に向けた予測モデルの高度化を推進する。このような地殻活動の理解、モデル化、モニタリングを総合化したものとして、「総合予測システム」を構築し、「地震がいつ（時期）、どこで（場所）、どの程度の大きさ（規模）で発生するか」の定量的な予測を可能とすることが、地震予知研究の究極の目標である。

上記のような基本的な考え方に基づいて、達成可能な具体的目標を掲げ、全体計画との関わりを常に意識しつつも、個々の課題に取り組むこととした。例えば、日本列島全域に展開しているGPS観測網からのデータの解析により、地震発生準備過程で出現することが予想される地殻変動のゆらぎを検出し、そのモデル化を通して地震発生に関わる地殻深部で進行している過程を理解することは重要な具体的目標となる。すなわち、歪が不均質に蓄積して応力が集中している場所を観測によって特定し、その推移を把握することである。

現在の地震予知研究は、上記目標への途上であり、時期の予測に関しては一般に長期予

測の段階にある。この段階においても、地震に至る地殻の状態を常時観測により把握し、地殻活動の推移をシミュレーションすることによって、長期予測の誤差を段階的に小さくし、また、予想される地震により「地表がどの程度揺れるか」を予測し、地震災害軽減への寄与を増大させていくことは可能であると考えられる。このような研究を進めるには、到達度の評価が可能な具体的目標を設定し、その目標に向かって段階的に計画を推進することが必要である。また、地震発生場所と地震規模の予測の高度化及び地震発生時期の長期的予測の精度向上など、具体的成果を社会に伝えることも重要である。これらは、政府が行っている地震防災・減災対策や、地震調査研究推進本部が行っている日本列島における地震発生長期評価及び強震動評価の高度化にも必要であり、この意味でも地震予知研究の成果は社会に貢献できる。

こうした考え方に従い、平成 16 年度から平成 20 年度の期間においては、以下の 4 項目について計画を推進している。(1) 地震発生に至る地殻活動解明のための観測研究。(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。(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。(1) では、特に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、(2) では、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観測研究、(3) では、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を推進する。さらに、これらの観測研究を効果的に推進して地震災害軽減に寄与するために、(4) では、本計画を一層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り、また、成果を社会に効果的に伝えるなど、震災軽減に関する社会的要請に応えるよう努めることとしている。



### Ⅲ. 近年発生した地震に関する重要な研究成果

顕著な地震について緊急の観測研究を実施し、地震発生の仕組みや関連した現象を詳細に明らかにすることは、地震予知研究の進展に大きく寄与する。近年発生した主要な地震についても、最新の地震予知研究の進展に基づいて集中的で総合的な観測研究が実施され、以下に述べるような大きな成果が得られている。

#### 1. プレート境界の地震

プレート境界においては、2003年（平成15年）に十勝沖地震（M8.0）が、2005年（平成17年）には宮城県沖の地震（M7.2）が発生した。両地震ともに、地震記録やGPSによる地殻変動記録を解析することによって、発生した地震とその後の変動が詳細に解明され、その結果アスペリティモデルが適用できることが明らかになった。また、これらはともに地震調査研究推進本部（以下、「推進本部」という。）地震調査委員会が想定していた場所で起きた地震であるが、アスペリティモデルを用いることにより、2003年十勝沖地震については想定された地震であること、2005年の宮城県沖の地震については想定された地震のアスペリティの一部だけが破壊したことが分かり、観測研究の成果は今後の地震発生の評価に活かされ、地震防災対策に貢献した。

2003年9月26日に北海道十勝沖で発生したマグニチュード8.0の地震は、1952年（昭和27年）十勝沖地震（M8.2）の震源とほぼ同じ領域で発生したプレート境界地震であり、地震の規模、震源域の位置、発震機構などから、推進本部地震調査委員会が想定していたM8クラスの十勝沖の地震（想定M8.1前後）であると評価された。地震調査委員会は、平成15年3月24日公表の長期評価で、想定しているM8クラスの十勝沖の地震の発生確率は、2003年1月1日を起点にして、10年以内で10～20%、30年以内で60%程度であるとしていた。つまり、地震発生の長期予測については事前に評価・公表された予測の範囲内で発生したと言える。一方、前駆的滑りは、最寄りの地殻変動観測点で観測されず、少なくともM6を超える滑りは震源近傍では発生しなかったため、直前過程の地殻活動を把握することはできなかった。しかし、地震活動の静穏化・活発化など、地震発生の準備過程の進行を示す可能性のあるデータは得られ、震源過程と地震後の余効過程については、これまでに無い質と量のデータが蓄積され、プレート境界地震に関する理解が大幅に進展した。

この2003年十勝沖地震に関しては、発生直後に海底地震観測が行われ、詳細な余震分布が明らかになった。また、陸上の地震観測データとの比較により本震発生前の地震活動についても正確な震源分布が得られ、震源断層が沈み込む太平洋プレートと陸側プレートの境界面に位置することが明らかにされた。また、本震の滑り分布は、従来からの地殻変動記録、津波記録、遠地の地震波記録、近地の強震動記録のほか、毎秒取得されるようになったGPSデータなども用いて推定され、測地学から地震学までの研究成果を統合して、極めて広い周波数帯域の高精度・高分解能の震源過程とその余効変動が明らかになった。その結果、地震時の主な破壊域は、1952年十勝沖地震の主な破壊域とほぼ一致することが明らかになり、本地震が、調査委員会が想定していた地震であるとする決め手となった。地震発生後の余効滑りの分布は、陸上のGPS観測点のデータや相似地震、震源域近傍に設置されていた海底圧力計のデータ等から明らかになり、地震時に滑りの大きかった領域を取

り巻いて分布していることが分かった。余震も本震の主破壊域を避けるように発生していて、地震後の余効滑りによって余震が発生したことが示唆された。さらに、翌 2004 年（平成 16 年）の 11 月 29 日には十勝沖地震の震源域と隣接する釧路沖のプレート境界でマグニチュード 7.1 の地震が発生した。この地震と 1961 年（昭和 36 年）に同地域で発生した M7.2 の地震は、波形の相似性が高く、ほとんど同じ場所が滑ったと考えられる。2004 年の地震の余震活動も、やはり本震の主破壊域を避けるように生じている。十勝沖と釧路沖の地震に関する観測結果は、プレート境界におけるアスペリティの繰り返し破壊を示しており、アスペリティモデルの正しさを裏付けている。

2003 年十勝沖地震発生後から、ゆっくりとした地殻変動が GPS により観測された。解析の結果、この変動は十勝沖地震及び 2004 年の釧路沖の地震の震源域周辺でのプレート境界におけるゆっくりとした滑りであることが判明した。このゆっくりとした滑りが 2004 年の釧路沖の地震発生を促進したと考えられる。このうち、浅部で発生したゆっくり滑りは、プレート境界面で発生している相似地震を用いてもとらえられた。相似地震はプレート境界の小アスペリティの繰り返し破壊であり、その滑りの積算はその周りのゆっくりとした滑りと一致するはずである。このような考え方のもと、GPS と相似地震の解析結果を比較すると、両者はよく似た時空間分布を示すことが分かった。このように、動的現象を扱う地震学的手法と静的現象を扱う測地学的手法を統合した研究は、非常に重要である。

2005 年 8 月 16 日に宮城県沖で発生した M7.2 の地震についても集中的な観測研究が行われた。宮城県沖では、これまでに M7.5 前後の地震が約 37 年の平均再来間隔で発生していたため、2005 年 1 月 1 日を起点にして今後 30 年以内に次の大地震が発生する確率が 99% になることが推進本部地震調査委員会から公表されていた。この地震の破壊開始点と主破壊域は、1978 年（昭和 53 年）の宮城県沖地震（M7.4）の破壊開始点のごく近傍に位置している。また、今回の地震の余震分布は、1978 年の地震の余震分布の南部と重なることが判明した。震源過程の比較から、1978 年の地震は三つの主破壊域に分けられ、このうち破壊開始点に近い破壊域が 2005 年の地震時にも破壊したことが明らかになった。さらに、1930 年代に発生した 1933 年（昭和 8 年、M7.1）、1936 年（昭和 11 年、M7.4）、1937 年（昭和 12 年、M7.1）の三つの地震の余震の再決定を行ったところ、いずれも 1978 年の地震の余震域の中に含まれてしまうことから、1978 年の地震は 1930 年代の地震を生じさせた三つのアスペリティが同時に破壊した地震であったと考えられた。2005 年の地震はこのうちの一つのアスペリティを破壊したことになり、残りの二つのアスペリティも近い将来破壊する可能性が高まったと考えられるため、今後ともモニタリングの継続と高度化が重要となっている。

宮城県沖地震に関する最初の長期評価が、平成 12 年度に公表されたことを受けて、「宮城県沖地震に関するパイロット的な重点的調査観測」（文部科学省委託事業）等が、平成 14 年度から実施されており、今回の地震の発生前から震源域とその周辺では、海底地震観測網が展開されていた。この観測によって、この周辺の詳細な構造が明らかになるとともに、この地震の本震や余震と構造との関係が高精度で明らかになりつつある。具体的には、沈み込んだ海洋地殻が低速度層として明瞭にとらえられており、海洋地殻上面付近に本震と余震が位置していることが明らかになった。これは、速度構造から推定されたプレート境界に沿って確かに大地震が発生したことをとらえた画期的な成果である。一方、高精度

の震源分布と発震機構解との解析から、余震の中にはプレート内部で発生したと考えられる地震がかなり含まれていることも明らかになった。この震源域直上では海底基準点が設置されており、地震発生に伴って東方へ約 10cm 動いたことが示された。この結果は内陸の GPS 観測から推定された断層モデルから予想される変位とほぼ一致している。このことは海底地殻変動観測のデータの信頼性の高さを示しており、将来の大地震発生時における震源過程の解析や、地震の発生していない時のプレートの固着状況の推定に、このような観測が大きな情報を今後与えてくれるものと期待される。

## 2. 内陸の地震

近年発生した内陸の地震に関しては、地震発生直後からの集中的な観測により、震源断層の詳細な形状、滑り分布、断層周辺の地震波速度構造や比抵抗構造、活断層などの地質構造と震源断層の関係など、地震像の詳細が明らかにされた。

2004 年 10 月 23 日に新潟県で発生した新潟県中越地震 (M6.8) は、M6 以上の余震を 4 個伴うなど、余震活動が活発でかつ余震分布が極めて複雑であった。本震と余震の多くは、北北東-南南西走向の逆断層型の発震機構解を示す。臨時観測データも含めた詳細な震源決定と構造推定により、本震の断層は、西に向かって傾き下がっており、西側浅部低速度域と東側深部高速度域の境界部に位置していることが明らかになった。また、本震の約 40 分後に発生した最大余震 (M6.5) の断層は、本震の断層面と並行に約 5km 下側に位置し、一方、4 日後に発生した M6.1 の余震は、これらとはほぼ直交する東に傾き下がる断層面で生じたことが明らかになった。

本震の震源断層の傾きは、水平圧縮の卓越する応力場から期待される角度より高角度で、本震震源断層の強度が弱いことを示している。さらに、地質学的な考察によると、この地震は、日本海拡大の時期に生成された正断層が、現在は、当時と応力の向きが逆転して、逆断層として再活動することによって発生したと考えることができる。震源域には、大きな余震の震源断層に対応した不均質構造も明らかになり、詳細な構造調査が余震多発の原因を理解する上でも重要であることが示された。

この地震の震源域の周囲には、本震の断層面と同じ走向を持つ複数の活断層が存在している。しかし、今回の地震では、断層での滑りの大きな部分は、地表には到達しなかった。また、この地震に対応する活断層も地震発生前には認定されていなかった。一方、震源域直上では諏訪峠撓曲 (すわとうげとうきょく) を始めとする活構造が認められており、また上記のとおり周辺には本震と同様の走向を持つ活断層が分布している。さらに、地下には地震波速度の分布や、比抵抗の分布に著しい不均質構造が存在している。このことは、活断層に挟まれた活褶曲 (かつしゅうきょく) 地域では、たとえ活断層が認められなくても大地震が発生する可能性があり、M6.8 程度の地震を発生させる可能性が他より高い地域を、地球物理学・変動地形学・地質学的手法を総合的に評価することによって予め指摘できる可能性を示している。

新潟県中越地震と同様に、2003 年 7 月 26 日に宮城県北部で発生した一連の地震 (最大 M6.4) も逆断層による地震であり、地形や地質との関連に関心が持たれた。この地震についても、GPS、SAR や国土地理院による臨時測量結果を用いた断層面の解析、強震動記録による滑り分布の解析、大学を中心とした集中的な臨時地震観測による精密な余震分布や地

下構造の解析が行われた。解析の結果、推定された震源断層面を地表にまで外挿すると、旭山撓曲の東隣の石巻湾断層に一致することが分かった。また、2004年新潟県中越地震と同様に、地下構造の明瞭な境界面が震源断層となったことも明らかになった。

2005年3月20日に福岡県西方沖の地震（M7.0）が発生した。この地震に対しても、海底を含む集中的な臨時地震観測や、強震動、GPS、SARのデータを用いた解析が行われた。本震は、左横ずれの断層運動による地震であり、断層の走向は、福岡市内を走る警固断層の方向とはわずかにずれていたが、震源域南端で発生したM5.8の余震に伴う余震分布が警固断層の延長と一致しているほか、海底調査によって博多湾にも警固断層の延長が存在することも明らかになり、警固断層で発生する地震の長期評価に資するデータが得られた。

## IV. 実施状況、成果及び今後の展望

### 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. 1. 目的

建議で設定された研究目的は以下のとおりである。

地震発生に至る地殻活動の全容を把握し理解するため、(1) プレート相対運動という外的要因と摩擦特性や構造不均質性という内的要因によってどのように歪が蓄積し応力が集中していくのかを明らかにし、(2) その応力集中から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一連の過程として研究し、(3) また地震時の破壊過程や地下構造の影響を的確に評価することによって強震動予測の高度化を図り、(4) さらに地殻活動の予測シミュレーションの信頼度を高めるために、摩擦・破壊現象の物理・化学的素過程の研究や、実際の摩擦・破壊構成則パラメータを推定することを目指した実験的・理論的研究を推進する。それぞれの項目に対して、「日本列島及び周辺域の長期広域地殻活動」、「地震発生に至る準備・直前過程における地殻活動」、「地震破壊過程と強震動」、「地震発生の素過程」という四つの課題を設定し、研究を進める。

このうち「日本列島及び周辺域の長期広域地殻活動」の課題においては、日本列島及びその周辺に発生する大地震の繰り返し間隔の推定等に役立てるために、列島周辺のプレートモデルの検討を行って、これらのプレートの境界の位置とその相対運動速度を高精度で推定する。さらに、プレート境界の摩擦特性やプレートの構造と物性及び内陸活断層の強度等を調べ、これらと歪蓄積や応力集中との関係を明らかにする。

「地震発生に至る準備・直前過程における地殻活動」においては、まず、プレート間結合の空間的・時間的変動に注目して、プレート境界における歪・応力の集中機構を解明する。一方、内陸地震の発生に至る準備過程を理解するために、地殻から上部マントルに至る不均質構造と歪・応力集中機構との関係を明らかにする。また、十分に応力が集中した領域で発生する不可逆的な物理・化学過程（地震発生に至る直前過程）を解明するための観測・実験・理論的研究を実施する。さらに、地震発生時期や規模の予測に役立てるため、地震発生サイクルの多様性とその支配要因を解明する。

「地震破壊過程と強震動」については、震源域における破壊開始点やアスペリティ周辺の応力及び強度に関する特徴を明らかにするために、大地震の破壊過程を詳しく調べ、断層面上のアスペリティやその周辺の不均質な応力分布を得る。また、強震動生成域の分布の把握とともに、地下構造の影響を的確に評価することによって、強震動予測の高度化を図るために、震源過程の複雑さとともに、波動伝播への地下構造の影響を評価する。

「地震発生の素過程」では、アスペリティの実体、アスペリティの相互作用、非地震性滑り、摩擦・破壊現象のスケールリング則などについて理解を深めるため、摩擦・破壊現象の物理・化学的素過程を実験的に明らかにする。また、地殻活動予測シミュレーションモデルに十分な予測能力を持たせるため、摩擦・破壊現象を記述する基礎方程式（構成則）を明らかにするとともに、モデルに含まれる摩擦・破壊構成則パラメータ等の値を、観測可能なP波速度、S波速度、比抵抗などから推定するための実験・理論的研究を実施する。さらに、これらのパラメータの推定に制約を与えるため、地球深部掘削等によって地震発

生域の物質科学的知見を得る。

## 1. 2. 実施状況

### (1) 日本列島及び周辺域の長期広域地殻活動

#### ア. 日本列島及び周辺域のプレート運動

大学は、日本列島周辺のプレート運動の影響を調査するために、ロシアやモンゴルで GPS 観測を実施した。また、国土地理院は、南太平洋で GPS 観測を実施するとともに、VLBI (超長基線電波干渉計) の観測を定期的実施した。さらに、海上保安庁海洋情報部は、地殻変動観測の基準点として下里で SLR (衛星レーザー測距) 観測を実施した。

#### イ. 列島規模のプレート内の構造と変形

防災科学技術研究所と大学は、Hi-net (防災科学技術研究所が全国に展開している高感度地震観測網) や大学の高感度地震観測データを用いたトモグラフィ解析や変換波解析により広域かつ詳細な三次元地震波速度構造や減衰構造の推定を行った

大学は、宮城県沖や十勝沖において構造探査実験を行いプレート境界域の詳細な構造を推定した。

大学と海洋研究開発機構は、平成 13 年度に東海沖から中部地方にかけての測線で行われた大規模な海陸合同構造探査により得られたデータの解析を進め、さらに、平成 14 年度には四国・中国域から鳥取沖までの測線で大規模な屈折・広角反射法地震探査を行った。

防災科学技術研究所と大学及び気象庁は、深部低周波地震と低周波微動の時空間分布を詳細に調査し、また短期的ゆっくり滑りや長期的ゆっくり滑りとの関係についても検討した。

大学は、比抵抗構造探査を行い、西南日本に沈み込む海洋プレートを高比抵抗帯としてイメージングすることに成功した。また、紀伊半島において沈み込むプレート周辺の比抵抗構造を推定した。

大学は、地殻の粘弾性的性質を見積もるために水準測量、三角測量のデータから 1891 年 (明治 24 年) 濃尾地震 (マグニチュード (M) 8.0) の余効変動成分を抽出することを試みた。また、大学は、数値モデルを用いて、島弧内応力の時空間変化と地震発生場における歪エネルギーの蓄積と解放過程についての検討を行った。さらに、大学は、三陸沖北部の領域においてプレート境界地震のモーメント解放量の時空間変化を調査した。

国土地理院は、GEONET (国土地理院が全国に展開している GPS 連続観測網) の整備を行い、全国に 20~25km 間隔の観測点 1,231 点の配置が完了した。また、ほとんどの観測点からのデータ取得をリアルタイム化しサンプリング間隔も 1 秒とした。大学は、この GEONET データに基づき、新しい構成則逆解析の手法を用いて日本列島のポアソン比分布の推定を行った。

海上保安庁海洋情報部は、沿岸域における海底活断層調査のため周防灘、仙台湾、加賀一福井沖、楡形山脈断層帯に平行する海域において表層地層探査を実施した。

## (2) 地震発生に至る準備・直前過程における地殻活動

### ア. プレート境界域における歪・応力集中機構

#### ○地震発生に至る過程の理解のための各種観測の実施

2003年(平成15年)に十勝沖地震(M8.0)が発生したため、大学は、この地震の余震観測を実施し、この地震の余効滑りについてGPSと相似地震による解析を行い、さらに本震前の地震活動の変化について詳細に検討した。また、えりも、道東地域で高精度の重力観測を実施した。

大学は、この十勝沖地震の余効滑りと2004年(平成16年)に釧路沖で発生した地震(M7.1)の関係を検討した。また、大学と気象庁は、この2004年の釧路沖の地震の余震活動を検討するとともに、1961年(昭和36年)に同地域で発生したM7.2の地震との波形の相似性を検討した。大学は、さらに2004年釧路沖の地震前後に高精度絶対重力測定を実施し、その結果とモデル値とを比較した。

2004年紀伊半島南東沖の地震(M7.1、M7.4)の際には、大学は、海底余震観測を実施し、また紀伊半島において臨時GPS観測を実施した。さらに、大学は、紀伊半島西部において超低周波地磁気地電流(ULF-MT)観測を、また紀伊半島南部において通信回線網地磁気地電流観測(ネットワークMT)を実施した。

2005年(平成17年)には、宮城県沖でM7.2の地震が発生した。大学と海洋研究開発機構及び気象庁は、この地震の余震観測を行って詳細な震源分布を求め、また宮城県沖における過去の地震との比較検討を行った。海上保安庁海洋情報部は、宮城県沖の海底基準点のデータの解析を行って定常的な変位速度について検討するとともに、この宮城県沖の地震に伴う変動を明らかにした。

大学は、関東から南海沖及び日向灘から奄美大島域にかけての相似地震活動の特徴を調べ、さらに紀伊半島から豊後水道にかけてのプレート境界近傍で発生する地震の規模別頻度分布を表す $b$ 値の空間分布を調べた。また、日向灘において海底地震観測を行い、その結果を用いて陸上観測点の観測点補正值を求めることにより、過去の地震の震源再決定も行い、得られた結果から日向灘における応力場を求めた。さらに、奄美大島ートカラ列島域で臨時地震観測を行い、既設観測点のデータも合わせて詳細な震源分布と発震機構解を求めた。

大学は、差分干渉合成開口レーダー解析の新技术である定常散乱体干渉合成開口レーダー(PSInSAR)法を用いて、東海地方の1年分の面的な変位を導いた。一方、海上保安庁海洋情報部は、東南海・南海地震の発生が想定される海域において海底基準点における海底地殻変動観測を継続した。また、大学は、紀伊半島を縦断する測線でGPS観測を毎年実施し、プレート境界面上の詳細な滑り欠損分布を推定した。

#### ○大地震・ゆっくり滑りと地下構造との関係の解明に向けた観測研究

大学は、三陸沖と宮城県沖の過去の海底地震観測結果の再解析を行って、広域の速度構造の特徴を抽出し、また、2003年十勝沖地震の震源域周辺の地下構造の調査を行った。

海洋研究開発機構は、東海沖～中部日本に至る海陸統合地殻構造調査観測データを解析して地下構造と長期的ゆっくり滑りとの関係を検討し、また東南海地震震源域の掘削予定海域(紀伊半島沖)において実施した事前調査で、地震予知計画に資する分岐断層周辺域の海底地形情報等を取得した。さらに、「東南海・南海地震の想定震源域におけるプレート

形状等を把握するための構造調査研究」(文部科学省委託事業)により南海トラフ沿いで構造探査と地震観測を実施して、大地震の発生過程を規定すると考えられる構造の特徴を抽出した。また、四万十帯における断層岩の分析も行った。

一方、大学は、「大都市大震災軽減化特別プロジェクト(大大特)」(文部科学省委託事業)と連携して、紀伊半島を横断する地殻構造探査を実施した。また、大学と防災科学技術研究所は、地震波形データを用いて西南日本の中国・四国地域におけるS波速度不連続面の分布を推定した。

#### ○ゆっくり滑り・深部低周波微動と大地震の関係の解明に向けたモデルの構築

大学は、東海地域の長期的ゆっくり滑りの再解析を行い、また1944年(昭和19年)東南海地震(M7.9)の発生前後の水準測量データの再検討を行った。

海洋研究開発機構は、南海トラフ沿いでの構造探査の結果に基づき、南海トラフで発生する大地震の再現を目的として、地球シミュレータを活用した地震発生サイクルのシミュレーションを実施した。

防災科学技術研究所と気象庁は、深部低周波微動と短期的ゆっくり滑りとの関係を検討した。また、大学は、この深部低周波微動域近傍の地震波速度構造と比抵抗構造を調べ、これらの構造と深部低周波微動との関係を検討した。この低周波微動の研究を進めるために、気象庁は、低周波地震及び微動の発生位置と発震機構を推定する新しい手法を開発し、また、大学は深部低周波微動の周波数構造を、平均散逸スペクトル法という新しい解析法を開発・適用して調べた。

### イ. 内陸地震発生域の不均質構造と歪・応力集中機構

#### ○内陸の断層への応力集中機構の理解のための観測研究

大学は、2000年(平成12年)鳥取県西部地震(M7.3)の余震域を中心とした西南日本における合同観測を2002年(平成14年)から2年間かけて実施した。2003年宮城県北部の地震(M6.4)の発生に際して、大学は余震観測を行い、また国土地理院はこの地震に伴う地殻変動データの解析を行った。

大学は、九州の日奈久断層近傍において総合地殻構造探査を合同で行った。さらに、この断層周辺で臨時地震観測とGPS観測を行って、地震波散乱体分布と速度構造を推定し、断層の固着状況について検討を行った。また、活断層の浅層構造の解明のために、日本海東縁の歪集中帯に位置する庄内平野東縁断層帯において反射法地震探査を実施した。

産業技術総合研究所は、跡津川断層で微小地震観測を実施し、得られた震源分布や速度構造、発震機構解等から跡津川断層の強度分布についての検討を行った。大学は、平成16年度から5か年の計画で跡津川断層周辺とそれを取り囲む広域の地域で合同観測を実施している。断層西部領域では、現地収録型記録装置を用いた稠密な自然地震観測と、発破を用いた制御震源地殻構造探査も行った。また、立山カルデラにおいては、現地収録方式の地震観測を実施し、他のデータとも併せて詳細な震源分布を推定した。さらに、防災科学技術研究所は、跡津川断層東部の断層ガウジ(断層帯内の細粒破砕物)を用いて、深さ7km程度に相当する高温・高圧下での摩擦実験を行った。

大学、気象庁、国土地理院等は、2004年新潟県中越地震(M6.8)の余震観測やGPS観測、及び震源域近傍の地震波速度構造探査や比抵抗構造探査等を実施した。



大学は、2005年福岡県西方沖の地震(M7.0)の合同余震観測を実施した。また、国土地理院は、この地震について地殻変動データの解析を行った。

大学は、内陸で発生した大地震の余震観測データの解析や比抵抗構造再解析を行い、また粘弾性要素モデルを用いて、下部地殻の局所的な変形による断層への応力集中という仮説の検証を行った。

#### ○弾性歪と非弾性歪を区別するための応力と歪の測定

大学は、Hi-netの観測点のボーリングコア試料を用いた応力測定に基づき東北地方の応力場の特徴を抽出し、また、応力変化を反映すると考えられている全磁力の観測を伊豆半島北東部で継続した。気象庁は、日本列島全域における応力変化を全磁力からモニターする体制を構築するために、国内6か所において全磁力精密連続観測を継続した。

防災科学技術研究所は、1995年(平成7年)兵庫県南部地震(M7.3)で活動した野島断層について、その近傍で地震直後に測定した応力データと地震時の断層滑りモデルを用いて、地震前の応力状態と断層強度を推定し、またこの状況での地震時の断層滑り過程を再現する数値実験を行った。

国土地理院及び大学は、国内で大地震が発生するたびに、その大地震やその余効変動に伴う地殻変動の観測・解析を行った。

#### ○流体の分布・挙動・役割の推定

大学は、北海道弟子屈地域において重力探査と広帯域地磁気地電流(広帯域MT)観測を行い、得られた重力異常と比抵抗構造及び地質構造を比較した。東北地方中央部で脊梁を東西に横断する長測線の広帯域MT観測から比抵抗構造を求め、この結果を基に岩盤の含水率分布を推定し、また地震波速度構造や震源分布、歪速度分布等と比較した。さらに、1914年(大正3年)秋田仙北地震(M7.1)の震源域周辺や島根県東部でも広帯域MT観測を行って比抵抗構造を求めた。トルコ北アナトリア断層西部域で、ULF-MT観測を行い、浅部から深部までの比抵抗構造を求めた。紀伊半島においてネットワークMT観測を行い、比抵抗構造と低周波微動との関係を検討した。さらに、三次元比抵抗構造解析プログラムを開発し、三宅島で得られたデータの解析を行った。また、糸魚川-静岡構造線断層帯南部において浅部比抵抗構造を推定した。防災科学技術研究所も、跡津川断層における浅部比抵抗構造を推定した。

1995年兵庫県南部地震を発生させた野島断層において断層の強度回復過程を調べるために、大学は注水実験を始めとする各種実験観測を行った。また、大学は、「大都市圏地殻構造調査研究計画」(文部科学省委託事業)によって得られた近畿北部の構造を基に、沈み込むフィリピン海プレートと浅発地震の関係について検討を行った。

### ウ. 地震発生直前の物理・化学過程

#### ○震源核形成・拡大過程の理解を深めるための観測研究

大学は、採掘に伴って生じる小規模な地震の発生前後に生じる現象を近傍でとらえるために、南アフリカ金鉱山において歪・地震等の総合観測を行った。また、この金鉱山で実施されている、地震波解析から地震前の応力変化を推定する手法を日本の群発地震にも適用した。

#### ○地殻内流体の移動と地震発生の関係を探るための観測研究

防災科学技術研究所は、長野県西部で微小地震観測を継続して断層近傍の微細構造を推定し、流体と地震発生との関係を議論した。

大学は、伊豆半島東部において地電位差、比抵抗、全磁力及び重力の観測を行って、群発地震の発生とこれらの変化を調べ、また、2004年（平成16年）9月1日の浅間山の噴火後、地殻内流体の移動をとらえるために絶対重力の連続観測を実施した。

大学は、地震発生前の電磁氣的異常現象の発現の有無を検証するために、2003年十勝沖地震の震源域周辺のえりも地域において広帯域MT観測及びULF-MT観測を行った。また、地震前にVHF波の散乱状況が変化するか否かを検証する観測も行った。

大学と気象庁は、東海地方・伊豆地方においてプロトン磁力計による観測を行って、群発地震活動や東海地域でのゆっくり滑りと磁力変化との関係を検討した。また、気象庁は伊豆半島東部の磁力観測点近傍において自然電位の測定を行い、熱水対流系の存在について検証した。

## エ. 地震発生サイクル

○大地震発生に関する統計学的モデルの高度化を目指した研究

大学は、1973年（昭和48年）根室半島沖地震（M7.4）と1894年（明治27年）根室沖地震（M7.9）の違いを明らかにするために、鮎川検潮所の記録の詳細な解析を行った。また、産業技術総合研究所は、北海道の津波痕跡物の解析から、過去に発生した巨大地震の繰り返しについて検討した。

大学は、別府湾で断層ごとに詳細な地層探査を行い、地震の発生時について検討を行った。また、大分県佐伯市米水津（よのうづ）の間越（はざこ）龍神池において、南海地震履歴解明のためコア試料を採取して解析を行った。さらに、三陸海岸や常磐海岸北部においても、過去の津波痕跡物を調査して巨大地震の繰り返しについて検討を行った。産業技術総合研究所は、チリにおいて、1960年のような巨大地震が過去にどのように繰り返されてきたのかを調査検討した。

産業技術総合研究所は、日本の主要活断層について、その分布と活動履歴に関する既存研究資料を整理し、活断層のセグメント区分を行い、従来の「起震断層」の考え方の妥当性を検討した。また、糸魚川－静岡構造線活断層系の松本市付近において、詳細な地形判読とトレンチ調査を行い、さらにトルコの北アナトリア断層系における1943～1944年の地震断層及び中国の富蘊（Fuyun）断層系における1931年の地震断層において、地震断層の地表変位計測を詳細に実施し、微細なセグメント構造を解明した。

○地震発生サイクルとその揺らぎを作り出す物理学的モデルの構築

大学は、「釜石沖のM4.8±0.1の地震の再来間隔の揺らぎは、周囲のゆっくりとした滑りの擾乱によって生じる」という仮説の検討を行った。また、相似地震の震源位置について、様々な手法で検討を行った。さらに、大学と気象庁は、過去の大地震と最近発生した地震の波形や余震分布の比較を行った。また、海洋研究開発機構は、近接した複数のセグメントが、ときには同時に破壊して大きな地震が発生したり、ときには別々に発生したりする状況について数値シミュレーションで再現することを試みた。

産業技術総合研究所は、複雑な断層帯の破壊伝播を動的破壊シミュレーションで検討した。また、摩擦構成則に基づく応力－地震活動反応特性を用いた地震活動の時空間モデル

の最適化手法を南カリフォルニアの過去の地震活動データに適用して、地震活動の予測可能性について検討した。また、その逆過程解析手法を東海地域の微小地震発生に当てはめ、ゆっくり滑りに伴う応力変化と微小地震活動の関係を検討した。

### (3) 地震破壊過程と強震動

#### ア. 断層面上の不均質性

大学は、精度の高いアスペリティ分布を得るために、地下構造モデル及び断層形状をより現実的なものに改良するとともに、新たなデータとして毎秒取得される GPS データを用いた解析を行った。

大学は、滑りの不均質と断層面周辺の数値構造との関連を調べるために、二重差 (DD) トモグラフィにより速度構造を求めた。また、滑りの不均質と断層面周辺の強度及び応力状態との関係を調べるために、発震機構解の詳細な分布や  $b$  値などの地震活動度の特徴を調べた。産業技術総合研究所は、断層滑りによる発熱を推定するために、ボアホール用温度測定装置の開発を行った。

産業技術総合研究所は、断層の形状を詳細に調べるために、制御震源及び自然地震による構造探査を実施した。

#### イ. 地震波伝播と強震動予測

大学及び産業技術総合研究所は、強震動生成予測の向上のために、計算手法の開発及びモデル化手法の改良を行った。

大学と海洋研究開発機構は、高精度の波動伝播と強震動シミュレーションの実用化のために、ベクトル・並列スーパーコンピュータに適合した大規模高速計算コードを開発した。また、産業技術総合研究所は、精密な平野の地下構造を考慮したシナリオ地震の地震波伝播シミュレーションを実施した。

防災科学技術研究所は、全国を概観する地震動予測地図を高度化するための研究を実施した。

### (4) 地震発生の素過程

#### ア. 摩擦・破壊現象の物理・化学的素過程

摩擦・破壊現象の物理・化学的素過程を解明するために以下の実験的研究を実施した。大学及び産業技術総合研究所は、高温高圧下における摩擦・破壊構成則を求めるための実験を実施した。大学は、大変位及び高速滑りに関する摩擦溶融実験を実施した。また、震源核と地震モーメントのスケージングに関する理論的研究を実施した。大学及び海洋研究開発機構は、弾性波照射による断層面のモニタリングに関する実験的及び理論的研究を実施した。

また、破壊と地殻内流体との相互作用の解明のため次のような研究を実施した。大学は、岩石破壊実験により微小破壊に伴うメタン等の放出を調べるとともに、実際の断層における放出ガスの化学的分析を行った。産業技術総合研究所は、破壊に対する溶存ガスの影響を調べた。また、大学及び産業技術総合研究所は、岩石の微小破壊に伴う電磁放射を調べた。

## 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

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を得るために、次のような実験的研究を実施した。大学は、高温高压下における弾性波速度及び電気伝導度測定法の改良を行うとともに、蛇紋岩等の岩石の弾性波速度及び電気伝導度を測定した。産業技術総合研究所は、流体存在下における弾性波速度と透水係数の同時測定を、高温高压下でかつ間隙水圧を制御した状態で行った。大学は、高压下における亀裂内の水の挙動の実験的研究を実施した。また、震源域の構造を保存していると思われる断層帯の調査を実施した。

### 1. 3. 成果

#### (1) 日本列島及び周辺域の長期広域地殻活動

##### ア. 日本列島及び周辺域のプレート運動

GPS や VLBI、SLR によって、日本列島周辺の詳細なプレート運動が明らかになりつつある。南太平洋地域に設置した GPS 観測点のデータに加えて、その他の国際協力観測点のデータも併せて解析したところ、太平洋プレート内部では有意な変形は認められないことも明らかになった。また、東アジアから南アジアにかけての既存の GPS データを統合し、複数のブロックの動きと変形によってモデル化したところ、アムールプレートはユーラシアプレートとは異なった動きをしていることが確かめられたが、南中国ブロックとの運動の違いは明瞭ではないことが明らかになった。

##### イ. 列島規模のプレート内の構造と変形

Hi-net や大学の地震観測網のデータを用いたトモグラフィや海陸の構造探査実験、及び変換波の解析により、沈み込むプレートの位置・形状が、速度構造境界として高精度で推定された。フィリピン海プレート内の地震は、場所によって海洋地殻内で発生している地域と海洋マントル内で発生している地域があることが確認された。このことは、これまでのように単純に地震の震源分布からプレート境界の形状を推定してはいけないことを示している。

地震波速度・減衰構造の推定結果によれば、浜名湖付近では沈み込むプレート内で発生する地震活動の直上に  $V_p/V_s$  比 (P波速度とS波速度との比) の大きな領域が存在し、その一部と深部低周波微動活動域が一致することが判明した。また、紀伊半島直下の比抵抗構造を推定した結果によれば、低周波微動震源域は低比抵抗となっている。これらのことは、流体と深部低周波微動とに関係があり、低周波微動発生域では、沈み込むプレートから陸のプレートに流体が供給されていることを強く示唆する。

GEONET データに構成則逆解析の手法を適用して解析したところ、歪集中帯の生成原因として、その地域ではポアソン比が高い可能性が示された。一方、下部地殻において局所的に弱い領域があれば、その上部に応力を集中させ、かつ地震発生間隔をプレート境界型地震の再来間隔よりもずっと長くできることが数値モデルから推定された。このモデルはまだ極めて単純であるが、内陸の地震発生域への応力集中過程を説明できる可能性がある。

## (2) 地震発生に至る準備・直前過程における地殻活動

### ア. プレート境界域における歪・応力集中機構

2003年(平成15年)十勝沖地震(M8.0)の発生から14か月遅れて、2004年(平成16年)に釧路沖でM7.1の地震が発生した。このM7.1の地震は1961年(昭和36年)のM7.2の地震と波形がよく似ており、同一のアスペリティの破壊による地震と推定され、2003年十勝沖地震の余効滑りが、釧路沖のM7.1の地震の発生を促進したと考えられる。このことはアスペリティモデルで説明可能であり、余効滑り等のゆっくりとした滑りをモニターすることが、地震予知にとって重要であることも示している。

宮城県沖に設置した海底基準点は、普段は約8cm/年の速度で西北西に移動しているが、2005年(平成17年)の宮城県沖の地震(M7.2)の発生に伴って、東方へ約10cm動いたことが推定された。この観測結果は、陸上のGPS観測データから推定された断層モデルからの計算値とよく一致しており、海底地殻変動観測によって得られたデータの信頼性の高さを示すものとなっている。

三陸沖から宮城県沖にかけて地震波速度構造を推定した結果、沈み込む海洋地殻を低速度層としてとらえることに成功した。さらに、プレート境界型の大地震が発生する領域では、プレート境界直上の地震波速度が大きく、また、宮城県沖ではプレート境界の傾斜角が急変する場所が、プレート境界型地震のセグメント境界となっている可能性が高いことが示されるなど、速度構造と地震活動の関係が明らかになってきた。

紀伊半島沖の構造探査の結果、東南海地震と南海地震の震源域境界において、沈み込んだ海洋地殻が破碎されており、かつ上盤側に高速度・高密度のブロックが存在していることが明らかになった。一方、GPS観測から、この紀伊半島の先端直下ではプレート境界の固着が小さいことが示された。これらの結果は、紀伊半島の先端に異常構造が存在しており、そのためにプレート間の固着の不均質が生じてセグメント境界となっている可能性を示している。また、このような固着の不均質やプレート境界の形状の不均質により、プレート境界の特定の場所に応力が集中しやすくなり、そこが破壊の開始点となりやすいこともシミュレーションによって示された。

深部低周波微動域は、地震性領域と非地震性領域の遷移域に位置しており、東海地域で観測された長期的ゆっくり滑りの滑り域の下端に位置していることが判明した。この深部低周波微動は、一般に短期的ゆっくり滑りを伴っており、かつ微動も短期的ゆっくり滑りも約10km/日程度の速度で移動する場合があることも明らかになった。低周波微動震源域近傍では、 $V_p/V_s$ 比が大きく、また低比抵抗域となっていることが多い。これらのことは、微動の発生に流体が関わっていて、プレート境界における間隙圧が高い可能性を強く示唆する。

### イ. 内陸地震発生域の不均質構造と歪・応力集中機構

跡津川断層の浅部で、地震活動が低調で、ゆっくりと滑っていると考えられていた領域は、実際は固着している可能性が高いことがGPS観測から示された。この地震活動度が低く地震発生域の下限が深い領域の少なくとも東半分は、高比抵抗で、地震波速度も高速度となっているため、この部分は現在は固着していて将来の大地震震源域となる可能性が高

いと考えられる。一方、地震観測の結果、断層の深部延長では強度が小さくかつ低速度となっている可能性が高いことが分かってきた。これまで、大地震震源域の深部延長の下部地殻は、局所的に周りより強度が小さくて変形しやすくなっているとする仮説が提案されていたが、上記の跡津川断層の観測結果はその仮説を支持している。

2004年新潟県中越地震(M6.8)に際しては、その発生直後から臨時観測が行われ、震源分布と地震波速度構造及び比抵抗構造が詳細に調べられた。本震の震源断層は、西北西に傾き下がり、その上盤側が低速度・低比抵抗、下盤側が高速度・高比抵抗となっており、その構造境界で本震が発生したことが明らかになった。本震の震源(破壊開始点)付近を境にして、速度構造は北と南でやや異なっており、余震の発震機構解の最大主圧縮軸方向も破壊の開始点付近で変化している。本震と余震域中央部の大きな余震は破壊が深部から始まっているが、余震域北端と南端付近の大きな余震は浅部から破壊が始まっており、余震域の端付近では発震機構解もばらつきが大きくなっている。さらに、下部地殻の深さ20km付近に見られる地震波反射面は、本震が発生した辺りで浅くなっている。以上の特徴は、「断層中央部の深部延長では特に強度が弱く、そのすぐ上の脆性領域で応力集中がしやすくなっていたために、そこから破壊が始まった」と考えると説明ができる。

余震の発震機構解から推定された応力の主軸方向の分布から、1984年(昭和59年)長野県西部地震(M6.9)の断層深部延長では、非地震性滑りを生じている可能性が高く、また2000年(平成12年)鳥取県西部地震(M7.3)の断層北部では、強度が大きい可能性が高いことが分かった。前者は、前述の震源域深部延長の局所的変形という仮説を支持している。この仮説に基づく粘弾性要素モデルによるシミュレーションを行ったところ、上部地殻の破壊強度が大きい領域ほど下部地殻の断層帯の変形速度が小さくなるという結果が得られた。このシミュレーション結果と、上記の鳥取県西部地震の断層北部の強度と併せて考えると、歪速度の小さな鳥取県西部のような地域で大地震が発生した理由が、上記の仮説でも説明できることになる。近畿北部は、内陸の微小地震活動が活発な領域であり、その地震活動の消長に関しては、地下深部の流体が関与していると考えられていたが、「大都市圏地殻構造調査研究計画」(文部科学省委託事業)によって得られた結果から、流体の供給源となりうるフィリピン海プレートがこの地域の下の方の深さ60km付近にまで達していることが明らかになった。

野島断層に水を繰り返し注入する実験を行った結果、1997年から2004年にかけて、断層近傍岩盤の透水係数が約70%減少し、空隙率も約20%減少した。これは、断層の強度が次第に回復していく過程と密接に関係していると考えられる。

## 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地震・歪観測によって、ゆっくりとした歪ステップの前に前駆的な歪変化が発見された。これらは地震としては検知されていないことから、小さなゆっくり滑りの前駆的な滑りをとらえたことに相当すると考えられる。この前駆的な変化は摩擦構成則に基づく数値シミュレーションから得られる前駆的滑りに伴う挙動に極めてよく似ており、数値シミュレーションで予測されていた前駆的滑りが実際の場合でも生じている可能性が高いことが示されたことになる。また、この金鉱山では、地震波形解析に基づいて岩盤の応力変化を推定して地震発生予測が行われているが、その手法の日本の群発地

震に適用したところ、規模の大きな地震に先立ち応力の低下が示唆される結果も得られている。

地震発生直前に現れる現象については、地震活動の変化に関する研究に進展があった。潮汐による応力変化が地震発生のきっかけとなる可能性は古くから指摘されているが、日本列島全域について潮汐と地震活動との関連を調べた結果、統計的に有意であることが示された。また、余震発生まで扱うことのできる統計モデルを用いて、地震活動の変動を調べた結果、地震活動の変化はクーロン破壊応力の変化で説明できることが明らかになったほか、2003年十勝沖地震などで地震発生に先立つ地震活動の静穏化が見いだされた。さらに、均質な地震カタログを用いた解析でも地震活動の変化が見られ、プレート境界の滑りによる応力変化で説明可能であることが指摘された。一方、地震などによる急激な応力変化による地震活動の変化についても研究が進み、2000年に発生した三宅島神津島間の岩脈貫入による周辺の地震活動変化についても定量的なモデルにより説明された。

## エ. 地震発生サイクル

2003年十勝沖地震と1952年(昭和27年)十勝沖地震(M8.2)の震源過程の比較により、少なくとも1952年の破壊の前半部分と2003年の破壊域はよく一致していることが分かった。このことはアスペリティモデルに基づく地震の再来の考え方が、基本的には正しいことを示している。

一方、1894年(明治27年)に発生した根室沖地震(M7.9)と1973年(昭和48年)根室半島沖地震(M7.4)について、津波波形データから比較解析を行ったところ、1894年の地震の方が、1973年の地震よりも規模が大きく、かつプレート境界深部にまで断層面が存在している可能性が高いことが分かった。宮城県沖についても、1978年(昭和53年)の宮城県沖地震(M7.4)では、三つのアスペリティが同時に破壊されたものの、1930年代には数年の間隔で順繰りに破壊された可能性が高いことが明らかになった。これらのことは、アスペリティの破壊の組み合わせが、必ずしも毎回同一とは限らず、ときには広域にアスペリティが連動破壊し、ときには単独で破壊する可能性があることを示している。南海トラフ沿いの東南海沖・南海沖では、このような連動破壊と単独破壊の両方が発生し得ることがすでに知られていたが、摩擦構成則に基づく数値シミュレーションによっても、このような複雑なパターンが、ある程度は再現できるようになった。

2004年のインドネシア・スマトラ島沖大地震(M9.0:米国地質調査所による)は、アスペリティが非常に広域に連動破壊した巨大地震であったが、このような連動型の巨大地震がチリや北海道、三陸沖でも、数百年~千年程度の間隔で繰り返し生じていたことが明らかになった。さらに、南海トラフでも、大津波を発生させた地震が、500年程度の間隔で過去に発生していたことも明らかになった。

### (3) 地震破壊過程と強震動

#### ア. 断層面上の不均質性

地震時の滑り分布の不均質性をより精密に解析するために、新たなデータの利用や地下構造モデルの精密化など、解析の高度化が進められた。データとしては、地震計のデータや測地データに加え、1秒間隔で取得されるGPSデータを利用した解析が行われた。また、

解析手法においても、二次元や三次元構造を用いた地震波伝達関数（グリーン関数）を用いるとともに、非平面の断層面形状の導入がなされた。その結果、プレート境界の地震だけでなく、内陸の地震に関しても、従来より詳細に地震時の滑り分布が得られるようになった。

一方、2003年十勝沖地震で求められた滑り分布を基に強震動シミュレーションを行うと、実際の強震動記録より小さくなるなど、長周期地震波形のインバージョンから求められた震源モデルを、短周期の強震動評価に用いる場合の新たな課題が提起された。

また、断層面周辺の数値構造不均質及び余震のb値や発震機構解の解析による応力状態が得られ、地震時の滑り分布との比較検討が可能となった。滑りの大きい領域は地震波速度の大きな領域に位置している傾向が高いことが明らかになりつつあり、アスペリティ位置の推定の足がかりが得られようとしている。また、制御震源及び自然地震を用いた構造調査が進められ、活断層の詳細な形状が明らかになりつつある。

## イ. 地震波伝播と強震動予測

地震波伝播計算コードの最適化を行い、地球シミュレータのベクトル化・並列化機能をほぼ極限まで活かした強震動の大規模計算が可能となった。その結果、精密な平野の地下構造を用いた強震動シミュレーションが可能となり、現実の強震動記録の特徴を再現できるようになった。また、広帯域かつ線形・非線形計算を用いた強震動予測計算を実施し、大阪平野の精密な地下構造を考慮したシナリオ地震による強震動予測地図が作られた。

震源における強震動発生予測に関しては、様々な波長の不均質を考慮した震源モデルの改良が進められ、短周期地震動の放射特性を適切に表した現実的な強震動計算が可能となった。このことは、多様なスケールを持つ構造物の被害に対応した広帯域強震動の評価のために、特に重要である。

## (4) 地震発生の素過程

### ア. 摩擦・破壊現象の物理・化学的素過程

地震発生におけるアスペリティの実体を解明するためには、断層の摩擦や破壊現象を理解する必要がある。やや深発地震の発生機構に関連していると考えられる蛇紋岩の変形実験を行い、地震発生領域に対応する高温高压下における脱水反応を伴う変形特性を明らかにした。また、高速・大変位滑りによる岩石の摩擦溶融実験が行われ、溶融開始から全溶融に至る過程を実現し、溶融に伴う摩擦特性の変化を明らかにしつつある。

一方、透過弾性波と摩擦強度との関連に関する研究が進められ、透過弾性波の振幅は摩擦強度を表す断層固着状態を反映していることが明らかになった。地震の直前予知のためには、地震発生に先行するゆっくりとした滑りである前駆的滑りの検出が重要であると考えられているが、前駆的滑りによる断層面の固着状態の変化を、歪だけではなく断層面を透過する弾性波の振幅によって検出できる可能性を示した意義は大きい。

地震直前の地殻活動に伴うガスの放出のメカニズムが実験的に調べられ、岩石の微小破壊により放出されるメタンなどのガスの組成は全岩組成と一致することが確認された。微小地震が多発している跡津川断層帯における測定で、水素が破碎帯から多量に発生していることが明らかになった。地震直前の地殻活動に伴う電磁気現象については、岩石内の微



小破壊に伴う電磁放射の実験が行われ、電磁放射と含水の程度との関係は少ないこと、また石英等の鉱物と電磁放射との関係が解明されつつある。

#### 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

プレート境界の摩擦特性に大きな影響を及ぼしていると考えられている蛇紋岩の弾性波速度に関する研究が行われた。これまでの研究は、常温での測定であり、かつ低温型(クリソタイル、リザーダイト)なのか高温型(アンチゴライト)なのか区別されていない、という問題があった。常温での測定ではあるが、高温型と低温型を区別して、蛇紋岩化の程度の異なる多くの試料について系統的に  $V_p$  と  $V_s$  の測定を行った。また、アンチゴライトに関しては、1 GPa における P 波速度の温度依存性が得られた。蛇紋岩の電気伝導度については、変形度によって磁鉄鉱の連結が変わり、様々な値をとることが分かった。野外における断層物質の調査では、脆性・塑性遷移帯よりも深部で摩擦溶融岩(シュードタキライト)の形成を確認した。

### 1. 4. 今後の展望

#### (日本列島及び周辺域の長期広域地殻活動)

プレート運動については、モンゴルやロシアに設置した観測点のデータがようやく蓄積され始めたところであり、今後十分なデータが蓄積されれば、オホーツク海プレートやアムールプレートの存在の有無や境界位置、運動特性等について重要な情報が得られると期待される。これらのデータを、GEONET やその他の各宇宙技術によるデータとも統合し、日本列島のみならずその周辺の変位速度場を明らかにして、これらの周辺のプレート運動の中で日本列島を理解することにより、日本の地震発生シミュレーションモデルは更に高度化できると考えられる。

列島規模のプレート内の構造と変形については、Hi-net や臨時的・機動的な高密度の地震観測網により、大局的な構造だけでなく、沈み込むプレートや陸のプレート内の詳細な構造も明らかになりつつある。GPS 観測データからプレート境界の固着状況を推定する場合にはプレート境界の位置・形状を仮定しているため、もし、この位置・形状が間違っていれば、推定された滑り欠損分布も信頼できないことになる。さらに、プレート境界の位置・形状は、プレート境界型地震の発生過程に大きな影響をもたらすことが分かってきており、これらの情報は地震の長期予測において極めて重要である。今後はこのような構造推定の研究を推進するとともに、推定された詳細な構造を統合し、列島全体を俯瞰した構造及び変動の不均質性を詳細に調べ、内陸における応力・歪集中と構造の関係について共通点を抽出し、モデル化を推進する必要がある。

一方、深部低周波微動と構造の関係も明瞭になってきており、その結果は深部低周波微動と流体との関係を強く示唆している。また、この低周波微動域が、地震性領域と非地震性領域の遷移域に位置していることは、プレート境界の地震性から非地震性への変化にも流体が関係していることを示唆している。この流体は、沈み込んだ海洋プレート内の岩石の脱水によって放出されたと考えられ、この脱水反応は、海洋プレート内の地震と密接に関わっていると考えられる。つまり、海洋プレート内部の地震活動とプレート境界の地震

活動は、流体を介在して相互に関連している可能性がある。今後、そのような観点から海洋プレート内部の地震も研究対象に含めた研究を推進することが必要と考えられる。

### （地震発生に至る準備・直前過程における地殻活動）

プレート境界においては、アスペリティの周囲のゆっくりとした滑りの進行によりアスペリティに応力が集中し地震に至るというアスペリティモデルの検証が進んだ。このゆっくりとした滑りの加速が大地震の発生を促進する事例も蓄積されてきており、この滑りの加速の検知が中期的・短期的予知にとって重要となってきた。このためには、GPS や相似地震、海底地殻変動観測及びそのデータ解析のより一層の高度化が必要である。

過去の大地震の記録が無ければ、このようなアスペリティの位置を推定することは困難であったが、三陸沖から宮城沖にかけての領域で見られたように、地震波速度構造とプレート境界のアスペリティ及び破壊の停止域との関連が明らかになりつつあり、このような研究を今後も推進する必要がある。また、紀伊半島沖が、固着状況やプレート形状の不均質により応力集中が生じて破壊の開始点になりやすい場所となっていることが示されたことにより、破壊の開始点も構造探査によりある程度推定できる可能性が出てきている。

内陸についても、断層の深部延長では強度が周囲より小さくなっているとするモデルの検証が進みつつある。さらに、その強度の小さい領域中でも最も弱い部分の直上で応力が集中して、そこから地震の破壊が開始する可能性も指摘された。つまり、大地震の発生位置だけでなく、破壊の開始点の位置も断層深部延長の強度に規定されている可能性が出てきた。今後、跡津川断層や新潟県中越地震震源域で行われたような、地震・GPS・比抵抗等についての総合観測を他の地域でも実施し、モデルの高度化を進める必要がある。

岩石実験や摩擦構成則による数値シミュレーションでは、地震の発生直前には震源核と呼ばれるゆっくりとした滑りが生じることが示されており、これが直前予知の可能性の根拠として位置付けられていたものの、この震源核を歪計によって明瞭にとらえた例は無かった。この意味で、南アフリカ金鉱山において、ゆっくり滑りではあるものの、その前駆的变化が歪計でとらえられたことは、地震の直前予知にとって極めて重大な意味を持つ。一方、通常地震の前には、このような前駆的異常は検知されておらず、今後、この前駆的变化の特徴を解明していき、理論的な震源核と比較することによって、どのような条件の場合に前駆的異常が生じるのかを明らかにしていくことが必要である。

前述のとおり、少なくともプレート境界型地震の発生は、アスペリティモデルで説明可能であり、地震の発生位置や規模は決してランダムではないということが示されたのは地震予知研究の上で、大きな進歩である。しかし、地震時に破壊されるアスペリティの組み合わせは必ずしも毎回同一とは限らず、これが地震発生サイクルの揺らぎの原因となっていることも分かってきた。ときには非常に広域に連動破壊することも明らかになってきており、今後、実際の活動履歴を詳細に調べると同時に、どのような条件のときに、どのように連動するのかを、シミュレーション等から解明することも重要となっている。

### （地震破壊過程と強震動）

地震の破壊過程の詳細を明らかにするために、現実的な三次元構造の導入、構造モデルの逆解析などの、地震波伝達関数の精度を高める様々な手法を開発するとともに、1秒間

隔で取得される GPS 変位データ等、新しい種類のデータセットの導入が図られた。これら高精度化された解析手法によりアスペリティの詳細分布を得ることができるようになった。さらに、断層近傍の地震波速度や地震活動と滑り分布との関係が明らかになりつつあり、この関係から将来発生する地震のアスペリティを推定することによって、より高精度な強震動予測を実現する可能性が見いだされつつある。しかし、2003 年（平成 15 年）十勝沖地震（M8.0）のように滑り量の大きなアスペリティと強震動生成域が、必ずしも一致しない場合も認められるため、今後も地下構造の不均質性や断層滑りの不均質性を含めた詳細な研究が必要となる。

強震動シミュレーションコードの改良によって、地震被害に強く結びつく短周期地震波を含むより現実的な強震動シミュレーションが可能になった。その結果、地下構造モデルの改良と相まって、特に堆積平野における強震動の特徴をよく再現することができるようになった。2004 年（平成 16 年）新潟県中越地震（M6.8）などの近地大地震の強震記録が多数得られたことにより、強震動シミュレーションと観測データとの比較から地下構造モデルが改良された。これにより、将来発生が予想される大地震の強震動シミュレーションの高精度化が大きく前進することが期待される。これと平行して、強震動シミュレーションの高度化や震源モデルの高度化を踏まえた強震動予測手法が、2003 年十勝沖地震や 2005 年（平成 17 年）宮城県沖の地震（M7.2）など近年の大地震や様々な想定地震に適用された。その結果、M8 クラスの海溝型地震から M6 クラスの内陸地震まで、幅広い規模の地震に用いることができる強震動予測手法の開発が視野に入ってきた。

### （地震発生の素過程）

「地震発生の素過程」は、地震予知のための新たな観測研究計画（第 2 次）から始まった研究計画であり、現在 3 年目となる。建議で推進すべきとされている地震波速度、減衰、比抵抗など、複数の物理量の同時測定を含め、地震発生条件での力学・物性データが着実に得られてきた。また、個々の素過程のメカニズムが掘り下げられるとともに、規模依存（スケーリング）則を意識した研究も始められた。今後も更に研究を進め、アスペリティやゆっくり滑りの実体の解明を進めることが期待される。また、データを増やしてシミュレーションの精密化に役立たせるとともに、地震発生の素過程に関する新たなモデル構築まで進展していくことが期待される。

一方、断層面の状態を地震波によりモニタリングできる可能性が、この「地震発生の素過程」研究から明らかになったことは重要である。今後は、現実の断層やプレート境界への適応性について検討を進めるとともに、断層面の状態変化の仕組みを解明する必要がある。

## 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

### 2. 1. 目的

建議で設定された研究目的は以下のとおりである。

地殻活動の推移予測を行うために、媒質の変形特性やプレート運動等に関する現実的な条件及び岩石の破壊・摩擦の物理を考慮した数値シミュレーションモデルを開発する。過去から現在までの様々な観測データを利用して、現実的なモデルとなるようモデルパラメータを調整し、観測されているプレート境界や断層の滑りの時空間変動を説明し、さらには予測を可能にするシステムの開発を目指す。また、現在稠密な観測が行われている特定の地域を対象にして、地震発生に至る地殻の準備過程が地震発生サイクルのどの段階にあるかを定量的に示すシミュレーションを試行する。

本計画では、地震調査研究推進本部（以下、「推進本部」という。）が策定した基盤的調査観測としての高感度・広帯域地震観測及び GPS 観測といった日本列島全域を対象とした基盤的調査観測に加え、有用なその他諸観測を整備し、日本列島域の地殻活動モニタリングシステムの高度化を更に推進することを目指している。大地震発生が想定される特定の地域における地殻活動モニタリングの高度化も重要であり、高密度諸観測を一層整備する必要がある。特に、想定東海地震震源域及びその周辺、想定東南海・南海地震震源域及びその周辺は重要であるため、東海地域、東南海・南海地域については、その他特定の地域と区別して計画を実施する。

地殻活動予測シミュレーションモデルの開発の基礎となるデータベースを構築するために、日本列島域を対象として、これまで蓄積されてきた地形、重力、地殻構造、地殻変動、地震活動等の基礎データを整理・統合する。また、地殻活動モニタリングシステムからの大量で多項目のデータを処理して有効な情報を取り出すためには、効率的なデータ解析手法を開発し、ほぼ実時間で更新される日本列島域の地殻活動情報のデータベース構築を図る必要がある。このデータベースに一元化された情報は、データ同化の手法により地殻活動予測シミュレーションに取り込むことが必要である。また、こうしたデータをシミュレーション結果の検証においても活用する。

### 2. 2. 実施状況

#### (1) 地殻活動予測シミュレーションモデルの構築

##### ア. 日本列島域

大学は、新たに作成した日本列島域の三次元プレート境界面形状標準モデルと三次元地殻構造モデルを用いて、粘弾性滑り応答関数の計算を行い、日本列島域の地殻活動シミュレーションモデルの原型（プロトタイプ）を構築した。これを用いて、1968年（昭和43年）十勝沖地震（M7.9）の震源域における、歪蓄積から動的破壊伝播に至る巨大地震発生予測シミュレーションを試みた。また、このモデルを用いて日本列島域の長期地殻変動を計算し、地殻隆起速度やフリーエア重力異常の観測データと比較した。さらに、東北日本弧の地殻応力に関するシミュレーションを行い、第四紀の活断層運動から推定される地殻応力を説明できることを示した。

大学は、GPS データの逆解析により、日本列島周辺域の滑り遅れ分布（固着域の分布）を推定した。直接的及び間接的に得られている既知の情報を利用して地殻変動データを解析する新しい逆解析手法を、関東地域の様々な時間スケールの地殻変動データに適用し、1923 年（大正 12 年）関東地震（M7.9）の滑り分布など、相模トラフ沿いのプレート境界滑りについて調べた。CMT（セントロイド・モーメント・テンソル）データから応力場を推定する逆解析手法を開発し、東北地方の地震発生応力場を推定した。

## イ. 特定の地域

大学は、プレート境界面を少数のセル（要素）で表現する不連続セルモデルを用いて南海トラフ沿いの巨大地震発生サイクルのシミュレーションを行い、ゆっくり滑りを含む多様な滑りの再現に成功した。大学と海洋研究開発機構は、現実的な摩擦構成則とプレート境界面形状を考慮し、南海トラフ沿い巨大地震発生サイクルのシミュレーションを行った。その結果、過去の巨大地震発生系列の特徴を再現するとともに、応力増加率と破壊の開始点の関係について議論した。国土地理院は、東海地域のプレート沈み込みモデルを作成し、有限要素法を拡張した計算手法でシミュレーションを行い、パラメータの適切な設定によりゆっくり滑り発生の再現に成功した。さらに、2000 年（平成 12 年）の神津島・三宅島周辺の地殻活動のような擾乱がゆっくり滑りの発生に及ぼす影響を調べた。気象庁は、三次元モデルによる東海地震発生のシミュレーションを行い、摩擦パラメータの深さ方向の不均一性を導入することにより、長期的ゆっくり滑りを再現した。さらに、東海地震の想定震源域周辺で大地震が発生した場合に、それによる応力変化が東海地震の発生にどのような影響を及ぼすかをシミュレーションにより検討した。大学は、三次元粘弾性構造を考慮して、フィリピン海プレートの沈み込みによる西南日本の変形を有限要素法により計算し、内陸での応力の変動や、それが内陸地震発生に及ぼす影響について議論した。

大学は、1968 年十勝沖地震と 1994 年（平成 6 年）三陸はるか沖地震（M7.6）の震源域を含むプレート境界面での地震発生サイクルシミュレーションを行い、地震発生サイクルや余効滑りの特徴を再現した。大学と海洋研究開発機構は、1952 年（昭和 27 年）と 2003 年（平成 15 年）の十勝沖地震（それぞれ M8.2 と M8.0）の震源域を含む千島海溝南部のプレート境界における地震発生サイクルのシミュレーションを行った。

大学は、岩石実験に基づく摩擦構成則を用いたシミュレーションにより、様々な時定数を持つ滑りを再現し、時定数を支配するパラメータを明らかにした。平面断層面上の複数のアスペリティの相互作用に関する数値シミュレーションを行い、相互作用が地震発生サイクルの不規則性に及ぼす影響等を調べた。二つのアスペリティが連動破壊するときの前駆的滑りの地震規模依存性について調べた結果、地震発生直前（数日）の前駆的滑りの規模は地震規模に依存しない場合があること、中期的（数年）な前駆的滑りについては地震規模依存性が見られることが分かった。

## ウ. 予測シミュレーションモデルの高度化

大学は、二つの亀裂の相互作用や、主破壊の成長に伴う多数の小破壊発生を考慮した動的破壊の数値シミュレーションを行った。また、間隙流体圧変化が震源核の形成過程に及ぼす影響や、動的破壊時の間隙流体圧変化の影響を評価するためのシミュレーションを行

った。

大学は、断層破壊の数値計算によく用いられる境界積分方程式法の高速度計算手法の開発や精度評価、さらに、三角形の断層要素上の滑りに対する変位応答履歴・応力応答履歴の厳密解の導出を行った。破壊進展の数値解析に有効な粒子的変位場の離散化による定式化を用いた有限要素法を開発した。これを利用して、不均質な媒質中での面内せん断破壊の進展と破壊面の形成に関する理論的研究を行った。

大学は、GPS データからプレート境界面上の滑り・応力の時空間変化を推定し、それらの関係からプレート境界面の摩擦パラメータを推定した。

## (2) 地殻活動モニタリングシステムの高度化

### ア. 日本列島域

地震活動に関しては、基盤的調査観測の整備及び観測データの一元化処理によるモニタリングの高度化を推進するために、各機関が次のような観測研究を実施した。

防災科学技術研究所は、基盤的調査観測として、高感度地震観測 (Hi-net)、強震観測 (K-NET、KiK-net)、広帯域地震観測 (F-net) を実施している。この間、新規に 98 か所の高感度地震観測施設と基盤強震観測施設、及び 7 か所の広帯域地震観測施設の整備を行うとともに、地表設置の既存高感度地震観測施設については観測井の新規掘削を含む改修を施し、観測方式の高度化を実現した。基盤強震観測施設については、平成 15 年度から新型 K-NET システム (K-NET02) への更新を進め、より効率的なデータの収集と処理が実現されるようになった。また、防災科学技術研究所は、Hi-net に併設されている高感度加速度計水平動成分データを用いた長周期地震 (超低周波地震) のモニタリングを全国的に行った。

気象庁は、陸域及び海域における一元化震源の精度の向上を目的として、観測点の高度補正及び海底地震計の堆積層補正の検討を行い、これによる震源決定精度の改善効果を評価した。また、P 波及び S 波の三次元速度構造の暫定版を構築するとともに、震源及び発震機構解を決定するプログラムの開発を行った。

震源や発震機構解などの実時間決定システムの開発に関連しては、大学、気象庁及び防災科学技術研究所において開発した高感度地震観測データ流通システムの運用が開始された。これにより、我が国の高感度地震観測データのほぼ全てが、全国どこでもリアルタイムで利用可能になった。気象庁では、初動発震機構解決のため、自動処理を導入し業務の効率化と決定能力の向上を図った。大学では、衛星通信によってリアルタイム配信される広帯域地震波形データを用いて、太平洋プレート沿いの活動域のモニタリングのため長周期波動場の自動検出と発震機構解自動解析システム (GRiD MT) を開発した。

地殻変動に関しては、広域地殻歪の時空間変動を把握するため、国土地理院が基盤的調査観測として GPS 連続観測網 (GEONET) を運用している。平成 17 年度末までに全国 1231 点の電子基準点 (GPS 連続観測点) の整備が進み、全国で点間距離 20~25km の観測点密度が実現した。離島などの一部の観測点を除きほぼ全点のデータ取得間隔を 1 秒とし、実時間データ伝送を実現した。観測データは、広く公開されて多くの研究者に活用されている。実時間解析のシステム整備も行われた。また、VLBI 測量、高精度三次元測量 (水準測量)、高度地域基準点測量 (GPS 測量) 等を実施し GEONET による観測データを補完する詳細な地殻変動情報を取得し公開している。GPS 連続観測データについては、「GPS データクリアリ

ングハウス」を作成し、各機関が公開している連続観測データの所在情報の集約を開始した。

海上保安庁海洋情報部は、同庁が運用している沿岸・離島の DGPS 局を用いた地殻変動監視を実施し、2005 年（平成 17 年）福岡県西方沖の地震（M7.0）に伴う地殻変動を検出するなど地殻変動解析結果の公表、及びデータの公開を行っている。また、銭洲等の伊豆諸島海域の島嶼・岩礁において観測を実施した。

大学では、GEONET データを用いた地殻変動モニタリング手法の高度化として、GEONET データの自動収集処理解析装置を整備し、状態空間モデルに基づく断層滑り速度の推定手法の改良を行った。

海底地殻変動観測については、海上保安庁海洋情報部及び大学が、GPS-音響測位システムを用いた海底地殻変動観測システムを開発し、宮城県沖、東海・東南海地震の想定震源域等での海底地殻変動観測を実施している。

また、海洋研究開発機構では、海底ケーブルで結んだ多数のセンサーからなるリアルタイム長期総合海底観測システムの研究開発を行い、室戸沖、釧路十勝沖の観測点において地震観測と津波観測を実施している。

地殻上下変動のモニタリングについては、国土地理院、気象庁及び海上保安庁海洋情報部が全国 122 か所の潮位観測施設で潮位連続観測を実施し、潮位データは各機関のウェブサイト等で公開されるとともに、海岸昇降検知センターのデータベースにアーカイブされている。

また、GPS 連続観測では十分な精度が得られない地殻の上下変動を監視するために、国土地理院では、全国の約 20,000km の水準路線を対象に約 8 年周期で繰り返し水準測量を実施している。平成 17 年度には、9 回目の全国改測が完了し、10 回目の全国測量が開始された。

重力観測によって、大学は 2003 年十勝沖地震時のえりも・帯広・厚岸地域の重力変動を検出し、国土地理院は 2003 年十勝沖地震時の帯広の上下変動及び 2004 年（平成 16 年）新潟県中越地震（M6.8）時の長岡の上下変動、御前崎の経年的な上下変動などの検出を行った。

その他の日本列島全体を対象とした諸観測として、地磁気の連続観測があり、気象庁、国土地理院、海上保安庁が実施している。

気象庁は、日本列島域における地磁気基準点（柿岡、女満別、鹿屋、父島）の観測を実施し地磁気変化観測装置の精度向上を進めた。また、年報の電子媒体化を行った。国土地理院は、全国 11 点の基準磁気点で地磁気連続観測及び絶対観測を行うとともに、全国の一等地磁気点での絶対観測等を実施し、観測データをホームページ等で公開している。海上保安庁海洋情報部では、伊豆諸島（八丈島）において地磁気全磁力、地磁気三成分の連続観測を行い、観測データを年報として刊行したほか、海洋情報部ホームページに掲載した。また、データは世界地磁気データセンターに送付し、同センターのホームページにおいても公表されている。

## イ. 東海地域

東海地域においては、列島規模のモニタリングに加えて、より詳細な地殻活動モニタリ

ングが実施されている。また、この地域を対象として地殻活動モニタリングの高度化や精度向上の観測研究計画が進められている。

気象庁は、既存の陸上観測点網及びケーブル式海底地震計による定常的観測に加えて、自己浮上式海底地震計観測を繰り返し行った。また、精密制御定常震源システム (ACROSS) の波形記録の解析を進めるとともに、新たな送信装置を整備した。東海地震の発生直前過程の把握のため展開されている歪計のノイズ軽減のため各種補正を新たに施すとともに、他機関から分岐されている地殻変動データについても各種補正パラメータの調整を進めた。さらに、地殻変動量からプレート境界における滑りの位置・規模を即時に推定する手法や、GPS の監視を面的に行う手法を開発した。

国土地理院は、GPS 観測や衛星 SAR を通して、東海地域での地殻変動の面的分布の把握を進めている。特に、2000 年後半頃から 2005 年頃まで続いた浜名湖周辺のプレート境界での長期的なゆっくり滑りの推移の監視が継続して行われた。さらに、高精度三次元測量 (水準測量)・800m 深井戸の歪計・傾斜計・長距離水管傾斜計等の連続観測を実施している。大学と国土地理院は、御前崎において共同で絶対重力の繰り返し観測を継続し、経年的な重力変動を検出した。SAR については、利用可能なデータとして ENVISAT 衛星が地殻変動検出に適していることを確認した。

長期的ゆっくり滑りが継続している時期に、2004 年紀伊半島南東沖の地震 (M7.1、M7.4) が発生したが、国土地理院と気象庁は、ゆっくり滑りの解析に与える影響について検討を行った。この長期的ゆっくり滑りに関しては、大学、防災科学技術研究所及び気象庁でも、国土地理院 GEONET データ、あるいは独自の観測網によるデータを用いた解析や、過去の繰り返しについての検討が進められた。

防災科学技術研究所は、微小地震観測及び地殻変動観測を継続し、東海地震の固着域での状況の変化や長期的ゆっくり滑りのモニタリングを行っている。これらの観測に基づき、長期的ゆっくり滑りと地震活動変化の関係を考察し、東海地震の発生予測を目標とする研究を推進した。

産業技術総合研究所は、地殻変動に伴う地下水位のモニタリングを続けている。地震に伴う地下水位変化メカニズムの考察を深め、前兆的地下水位変化検出システムを構築した。気圧変化に対する水位変化の周波数特性を求め、地下水位観測を用いたプレート境界の滑り検出能力を取りまとめる一方、データ転送のリアルタイム化を進めている。

大学は、水温及び地下水中の化学成分の変化のモニタリングのために、地球化学観測を行った。循環型の地下水溶存ガス測定システムを開発し、地震に関連する地殻内の化学変化を地下水に溶解するラドンだけでなく他のガス成分の変化からも検知することを試みた。その結果、メタンを始めとして酸素や窒素などの地下水溶存ガスに潮汐応答が観測された。

地震予知のための新たな観測研究計画では、東海地方を含む西南日本のフィリピン海プレートの沈み込みに沿って、低周波の地震や微動が発生していることが明らかになっている。本計画では、防災科学技術研究所と気象庁でその原因の解明が進められている。東海地域では、2005 年 7 月及び 2006 年 (平成 18 年) 1 月に愛知県東部において低周波地震や微動を伴う短期的なゆっくり滑りがあったことをほぼリアルタイムで検知し、さらに、過去の同様な現象について調査した。

なお、気象庁は、東海から東南海の海域における地震活動のモニタリングの強化のため、



既存のケーブル式海底地震計の西側に、新たなケーブル式海底地震計の整備を進めている。

## ウ. 東南海・南海地域

大学は、「東南海・南海地震等海溝型地震に関する調査研究」（文部科学省委託事業）により、平成 15 年度より東南海・南海地震の想定震源域において自己浮上式海底地震計による長期繰り返し海底地震観測を実施している。気象庁は、地震活動によるプレートの詳細構造の解明のため、紀伊半島南東沖で実施した海底地震観測のデータについて、定常観測点のデータとの併合処理を行った。防災科学技術研究所は、南海トラフ沿いで発生する超低周波地震について、Hi-net に併設されている高感度加速度計水平動成分（傾斜計）及び F-net 観測波形記録の解析を行った。また、紀伊半島から伊勢湾にかけて発生した深部低周波微動活動と同期した短期的ゆっくり滑り現象についても詳細な解析を行った。さらに、東南海地域のプレート形状に関して、変換波の波形解析結果等、新たに得られた情報の検討を行った。

国土地理院は、東南海・南海地震の震源域周辺における GEONET 観測点の密度を東海地域と同程度までに高めることを目標として、紀伊半島から四国にかけての地域に電子基準点を平成 17 年度までに 31 点増設した。また、紀伊半島の東側と南部、及び室戸岬周辺で高精度三次元測量（水準測量）を実施した。御前崎において、800m 深井戸の歪計・傾斜計・長距離水管傾斜計等の連続観測を実施した。また、GEONET、測地測量、衛星干渉 SAR の観測結果について、統合した解析を実施した。

産業技術総合研究所は、過去の南海地震において、繰り返し湧出量や水位の低下を生じてきた愛媛県道後温泉や和歌山県湯峯温泉で地下水の調査・観測を行った。気象庁や大学は、南海地震の前に太平洋沿岸で観察された潮位の変化や地下水位の低下について調べた。

## エ. その他特定の地域

大地震の発生が想定されているその他特定の地域において、列島規模のモニタリングに加えて、より高度化された地殻活動モニタリングのための研究開発が実施された。

大学及び気象庁は、「宮城県沖地震に関するパイロット的な重点的調査観測」（文部科学省委託事業）と連携し、宮城県沖及びその周辺海域において自己浮上式海底地震計による長期繰り返し海底地震観測を実施した。気象庁は、過去の宮城県沖地震に対する余震の震源の再決定を行った。国土地理院は、有限要素法により宮城県沖のプレート境界域におけるプレート間結合状態の時間的変化をシミュレーションにより再現することを試み、牡鹿地区で水準測量を 107km 実施するとともに、牡鹿半島沖の網地島に GPS 連続観測点を設置し、観測を実施した。大学は、宮城県沖地震の発生機構の解明のために、GPS と相似地震の準リアルタイム処理システムを開発した。

気象庁及び防災科学技術研究所は、「糸魚川－静岡構造線断層帯における重点的な調査観測」（文部科学省委託事業）等の一環として、糸魚川－静岡構造線地域周辺に 11 地震観測点を新設し、大学等は地震活動調査、地震学的・電磁気学的地下構造調査を実施した。国土地理院は、糸魚川－静岡構造線地域において各年度 1 回ずつ GPS 繰り返し観測を実施し、また、衛星干渉 SAR 解析を実施して、地殻変動の検出を試みた。

大学は、「大都市圏地殻構造調査研究計画」（文部科学省委託事業）によって、房総半島

に設置された多数の地震計（地震計アレイ）のデータを活用して、南関東とその周辺域の地震活動をモニタリングする手法を開発した。防災科学技術研究所は、関東平野において深さ 2,000m 級の調査観測ボーリングを実施し、関東平野南部の基盤を構成する地層の P 波・S 波速度構造を計測し、基盤地質構造を解明した。さらに、そのボーリング孔を利用し、高感度地震観測施設 (Hi-net) を整備した。茨城県つくば市南部においては、深さ 1,000m 級の調査ボーリングを実施し、VSP 検層等によって堆積層の物理特性を解明した。

国土地理院は、伊豆半島東部の川奈地区において、精密辺長測量（光波測距儀による測量）、多項目観測を実施した。また、2006 年 1 月～4 月に発生した伊豆半島東方沖の地震活動の地殻変動を把握するため機動 GPS 連続観測点を設置した。大学は、伊豆半島東部の群発地震の活動と多項目観測データとの関連の把握を目的として、電話回線網を用いた面的な地電位変化連続観測、人工制御電流源を用いた比抵抗の連続観測、プロトン磁力計観測網を用いた全磁力連続観測を実施した。気象庁及び防災科学技術研究所は、2002 年 5 月と 2006 年 1 月から 4 月に発生した伊豆半島東方沖の地震活動で、地震活動が活発化する数時間前から地殻変動を観測した。産業技術総合研究所でも、この地震前地殻変動によって生じたと考えられる地下水位変化を一部で観測した。

大学は、「東南海・南海地震等海溝型地震に関する調査研究」（文部科学省委託事業）により、青森沖（三陸沖北部）及び根室半島沖において 1 年弱の長期海底地震観測を実施し、震源決定を行った。国土地理院は、北海道東部に GPS 連続観測点を設置し、観測を行った。

気象庁、大学及び海洋研究開発機構は、房総沖、三陸沖及び釧路・十勝沖において、海底ケーブルを用いた地震、津波等の観測を行った。国土地理院は、地殻変動機動観測として、特定観測地域及び重点地域の高精度三次元測量（水準測量）を、根室地区、松本地区（牛伏寺断層周辺）で実施した。変動地形調査として、活断層等における精密辺長測量や GPS 辺長測量を、切山、跡津川（精密辺長測量）、浦河、牡鹿（GPS 辺長測量）の各地区において実施した。また、大学は、走査型震源決定法を用いて、深部低周波地震の震源分布を推定することを試みた。

### （3）地殻活動情報総合データベースの開発

#### ア．日本列島地殻活動情報データベースの構築

大学は、2000 年までの地震の震源データ及び験測値データを収集して全国大学地震震源データベースを完成し、また古い地震の強震動記録と津波記録のデータベース作成を開始した。気象庁は、古い地震の紙記録のマイクロフィルム化、過去の地震の震源見直しによる全国地震カタログの改訂を進めている。また、一元化処理による全国震源カタログの作成を継続して行っている。防災科学技術研究所は、全国の高感度地震観測施設、広帯域地震観測施設、強震動観測施設から得られるデータを効率的に収集・処理・蓄積し、インターネットを通じて公開している。

大学は、重力データベースの整備を進め、気象庁は地磁気データベースの整備を進めている。産業技術総合研究所は、活断層データベースや地震に伴う地下水変化のデータベースを作成し、インターネットで公開している。国土地理院は、都市圏活断層図を作成し公表している。

## イ. 地殻活動データ解析システムの開発

国土地理院は、地殻活動モニタリングシステムからの GPS や各種測量等の大量の地殻変動データを有効処理するために地殻活動データ解析システムを開発した。

### 2. 3. 成果

#### (1) 地殻活動予測シミュレーションモデルの構築

##### ア. 日本列島域

日本列島域の三次元プレート境界面形状標準モデルを作成し、また、日本列島域の三次元地殻構造モデルに対する粘弾性滑り応答関数の計算を行った。これを動的破壊伝播モデルとシステム結合することにより、地震発生サイクル全過程のシミュレーションが可能になり、日本列島域の地殻活動シミュレーションモデルの原型（プロトタイプ）が完成した。このモデルを用いて、1968 年（昭和 43 年）十勝沖地震（M7.9）の震源域における大地震発生予測シミュレーションを行った結果、小さな破壊が大地震になるか否かは震源域の応力状態によることが示された。また、北米、太平洋、フィリピン海の三つのプレートが相互作用する関東地域の地殻隆起速度の特徴的パターンが説明できること、太平洋プレートの収束運動の約 1 割が地殻内変形で解消されるとすると第四紀の活断層運動から推定される東北日本弧の地殻応力を説明できることが、数値シミュレーションの結果から分かった。

日本列島域のシミュレーションを行うためには、プレート境界面の固着状況の分布、広域応力場等の入力データが必要である。そのため、GPS データの逆解析により、日本列島周辺域の滑り遅れ分布（固着域の分布）、1923 年（大正 12 年）関東地震（M7.9）の震源域及びその周辺域の地震時滑り分布、地震間の滑り速度分布、短期的ゆっくり滑りの滑り分布を求め、領域によって滑り様式が異なることが明らかになった。また、CMT（セントロイド・モーメント・テンソル）データから地震周辺の地震発生応力場を推定する新しい逆解析手法を開発し、太平洋プレートが北米プレートの下に沈み込む東北地方の地震発生応力場を推定した。この手法は、従来の手法に比べて、解析領域の分割方法の任意性が少ない点で優れている。

##### イ. 特定の地域

南海トラフ沿いや三陸沖など、M8 級のプレート境界地震が繰り返し発生し、近年の地震・測地観測からも顕著なプレート境界滑りが推定されている地域については、岩石実験に基づく摩擦構成則を利用したモデルを用いて、地震・測地による観測データの細部まで説明できるようなシミュレーションを行った。

南海トラフ沿いについては、現実的なプレート境界面形状を考慮した三次元弾性体モデルを使って準動的な地震サイクルシミュレーションを行い、東南海地震と南海地震の発生の時間差や二つの地震の連動等、過去の巨大地震発生系列の特徴を再現することに成功した。また、沈み込み角度の違いによる固着域の幅の違いの影響で、紀伊半島沖では応力増加率が高くなり、ここから破壊が開始しやすくなるという結論が得られた。南海トラフ沿いの巨大地震発生については、計算が容易で長期間の地震サイクルのシミュレーションが可能な不連続セルモデルを用いてもシミュレーションを行い、全てのセグメントが同時に破壊

される場合や、東側のセグメントと西側のセグメントが交互に破壊される場合があることなど、長期的に見ると地震サイクルがより複雑である可能性が示された。1944年（昭和19年）の東南海地震（M7.9）の前駆的滑りは地震発生層よりも深部で発生したとの報告があるが、これは従来の前駆的滑りのモデルでは説明できない。摩擦の滑り速度依存性に臨界速度の存在を仮定すれば、地震発生層より深部での前駆的滑りが説明できることがシミュレーションで示された。東海地震想定震源域の深部延長域で発生した長期的ゆっくり滑りについても、摩擦パラメータの適切な設定により、シミュレーションで再現することができた。また、三次元粘弾性構造を考慮して、フィリピン海プレートの沈み込みによる西南日本の変形を有限要素法により計算し、内陸地震の発生を促す応力の変動、歪集中帯の生成メカニズムについて議論した。

三陸沖の地震サイクルのモデルについては、1968年十勝沖地震と1994年（平成6年）三陸はるか沖地震（M7.6）を含むプレート境界面での地震発生サイクルシミュレーションを行い、二つのアスペリティでの摩擦パラメータを変えることにより現実とよく似た地震サイクルを再現することに成功し、1994年三陸はるか沖地震の余効滑りの特徴も再現することができた。また、1952年（昭和27年）と2003年（平成15年）の十勝沖地震（それぞれM8.2とM8.0）及び1973年（昭和48年）根室半島沖地震（M7.4）の震源域を含む千島海溝南部のプレート境界における地震発生サイクルのシミュレーションを行い、複雑な大地震繰り返しに関する理解を得た。

さらに、特定の地域を想定したモデルではないが、近年GPS観測等で検知されているゆっくりとした非地震性滑りに関連して、通常地震から地震波を放射しない滑りまでの様々な時定数を持つ滑りをシミュレーションで再現することができ、時定数を支配する物理量についての理解も得られた。また、余効滑りの発生と余震域の拡大を結びつけるシミュレーションも行われた。

## ウ. 予測シミュレーションモデルの高度化

日本列島域や特定の地域を対象とした大規模シミュレーションでは考慮されていない微視的な物理・化学過程を取り込んだモデルの開発や、シミュレーション結果と観測データを定量的に結びつける手法の開発により、現在の大規模シミュレーションモデルを改良して、次世代のより高度なモデルを構築することを目指している。

既存弱面をもたない物質での破壊発生をモデル化するために、破壊進展の数値解析に有効な粒子的変位場の離散化による定式化を用いた有限要素法を開発した。これを利用して、不均質な媒質中での面内せん断破壊の進展と破壊面の形成に関する理論的研究を行った。二つの亀裂の動的相互作用や主破壊と多数の小破壊の相互作用を考慮することで、より現実的な破壊成長過程のシミュレーションが可能になった。また、断層滑りによる摩擦熱が間隙流体に及ぼす影響を考慮したシミュレーションにより、断層全体の滑り継続時間よりも局所的滑り継続時間が顕著に短いパルス状の断層滑りが生じる場合があることが分かった。間隙流体圧変化が震源核形成過程に及ぼす影響について、断層帯内の間隙の発展方程式を用いた準静的シミュレーションを行い、体積膨張による間隙流体圧の低下が原因で震源核は大きくなることが分かった。

2003年十勝沖地震の余効滑り及び東海地方の長期的ゆっくり滑りについて、GPSデータ

を用いてプレート境界面上の滑り・応力の時空間変化を推定し、応力と滑り、応力と滑り速度の関係を得た。その結果からプレート境界面の摩擦パラメータの推定を試みた。

## (2) 地殻活動モニタリングシステムの高度化

### ア. 日本列島域

地震活動については、Hi-net と K-NET の高度化によりこれらのデータをモニタリングすることで、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。その結果、深部低周波微動と短期的ゆっくり滑りの関連性や、その時空間分布の推移に関する詳細な知見が得られるとともに、海溝近傍で発生する超低周波地震活動の特徴等が明らかになってきた。また、全国の高感度加速度計水平動成分データを用いた長周期地震（超低周波地震）のモニタリングからは、既に微動の存在が確認されている西南日本のプレート境界の固着域より深部側以外では、新たな活動は見出されないことが明らかになった。

定量的地震活動解析としては、地震活動度の変化と応力変化を関連付けるパラメータの見積もり、地震活動の変化からの応力増減の推定、地殻内で発生する地震についての地震発生層の上限と下限の空間分布等に関する一元化震源を用いた調査など、新たに開発された手法による解析が行われ、これによって地殻内地震発生域の地域的な特徴が明らかにされた。

地殻変動に関しては、GEONET 観測データが公開されて多くの研究者に活用されている（東海地域、東南海・南海地域、その他の地域の項目を参照）。GEONET データを用いた地殻変動モニタリング手法の高度化としては、GEONET データの自動収集処理解析装置の整備により、状態空間モデルに基づく断層滑り速度の推定手法の改良が行われ、これにより、プレート間のゆっくり滑りの時空間変化をより詳細に解明することが可能となった。また、広域応力場をモニタリングする手法として、応力の逆解析法と微小地震活動度を併せて広域応力場を推定する手法が開発された。また、DGPS 局や海域の観測により、伊豆諸島域の変動傾向が三宅島噴火活動以前の活動にほぼ戻ったこと、2004 年（平成 16 年）紀伊半島南東沖の地震（M7.1、M7.4）による銭洲の地殻変動方向の変化などが検出された。

海底地殻変動観測では、GPS-音響測距結合方式による海底測位により熊野灘沖において、2004 年の紀伊半島南東沖の地震に伴う地殻変動を検出し、震源断層モデルを推定する上での重要なデータを取得することができた。また、宮城県沖の海底基準点においては、2005 年（平成 17 年）の宮城県沖の地震（M7.2）に伴う地殻変動を検出し、陸上の GPS 観測により推定された断層モデルと整合する変動を検出することができた。

地殻上下変動のモニタリングでは、2004 年新潟県中越地震（M6.8）の直後に行われた水準測量の結果、平成 13 年全国改測時の観測値と比較して断層付近の上下変動が詳細に明らかになった。重力測定については、絶対重力観測により 2003 年十勝沖地震時の帯広の上下変動及び 2004 年新潟県中越地震時の長岡の上下変動、御前崎の経年的な上下変動などの検出が行われた。

### イ. 東海地域

東海地域においては、従来からの観測の継続、高度化や精度向上に加えて、より詳細な地殻活動のモニタリングに向け、新たな観測点の整備や臨時観測が行われ、これらにより

地殻活動の把握が進んだ。

精密制御定常震源システム (ACROSS) からの信号は、送信点からの距離が約 80km 以内であれば P 波、S 波等がとらえられることが分かった。これは、このシステムで東海地域のプレート境界の状態を把握できる可能性を示している。また、循環型の地下水溶存ガス測定システムにより地下水溶存ガスの潮汐応答が観測されたが、これは、歪の蓄積を反映する変化が地下水溶存ガス成分に出る可能性を示している。

地殻変動観測では、2000 年 (平成 12 年) 後半頃から 2005 年頃まで続いた浜名湖周辺のプレート境界での長期的なゆっくり滑りの推移把握が行われ、2002 年 (平成 14 年) には一時的に減速したが 2003 年には再び加速したこと、また、滑りの領域が、当初の浜名湖周辺から北東方向に移動したが、依然として東海地震の想定震源域には及んでいなかったこと、また、2004 年の紀伊半島南東沖の地震以後も継続していたことを明らかにした。また、同様な長期的ゆっくり滑りは、ほぼ 10 年の間隔をおいて繰り返してきたものであることが示された。

東海地方を含む西南日本のフィリピン海プレートの沈み込みに沿って発生している低周波の地震や微動に関して、この低周波微動の活発な時期には短期的なゆっくり滑りも発生していることが分かり、さらに、この現象の過去の繰り返しの推移が明らかになった。これは、プレート境界において応力・歪が集中していく過程を解明するうえで重要である。また、東海地震の発生直前過程の把握のため展開されている歪計でも、低周波地震・微動を伴うゆっくり滑りをほぼリアルタイムで検知したことは、モニタリングの観点から意義がある。

東海地震の発生直前過程の把握のため観測が続けられている地殻変動データのノイズ削減に関して、新たな補正やパラメータの調整が進められた。これらによって歪計の信号／雑音比が向上し、より微小な地殻変動の検知が可能となっている。また、三次元数値モデルによる東海地震発生シミュレーションでは、長期的ゆっくり滑りが再現できている。

## ウ. 東南海・南海地域

東南海・南海地震の想定震源域における海底地震観測によって、海域に発生した地震の震源決定に関しては、陸域の観測網だけでは特に震源の深さ分解能が不足していることが明らかになった。また、気象庁一元化震源で深さ 30~40 km 付近に分布する潮岬沖の地震活動は、海底地震観測の解析により、実際は深さ 20~30 km で発生していることが明らかになった。これらの地震は、沈み込むフィリピン海プレート内で発生していて、プレート上面の地震活動は見られない。また、南海トラフ沿いの微小地震活動は他の地域に比べて活動度が低いことが明らかとなった。2004 年の紀伊半島南東沖の地震については、前震・本震がフィリピン海プレートのマントル内で発生していたこと、及び余震の震源が二群 (フィリピン海プレートの地殻及びマントル内) に分かれていたことが明らかになった。一方、紀伊半島南東沖で実施した海底地震観測により、2004 年の紀伊半島南東沖の地震発生前の観測 (5 月~8 月) では、この地震の発生地域における地震活動は低調であったことが判明した。南海トラフ沿いで発生する超低周波地震については、CMT 解の解析により、震源の深さは非常に浅く、発震機構は高角の傾斜角を持つ逆断層であることが推定された。したがって、これらの地震のほとんどは、トラフ陸側に厚く堆積する付加体内部で発生して

いると考えられるが、このことは反射法探査等から明らかになっている付加体内部の逆断層の発達とも整合する。また、2004年の紀伊半島南東沖の地震の発生後は、同震源域において超低周波地震が活発化したが、通常の地震活動域とは異なっているようにも見える。超低周波地震の発震機構解のほとんどは逆断層型であり、その断層面の走向は大局的には南海トラフに平行であるが、詳細に見ると海底地形の等深線によく一致していることが明らかとなった。陸側に向かって傾き下がる面を逆断層面だとすると、海溝軸より陸に向かって、その傾斜角は次第に高角になるが、このことは、付加体内部の断層や分岐断層の幾何的形狀ともよく合い、付加体内部での応力状態を反映したものと考えられる。また、深部低周波微動活動に伴って発生する短期的ゆっくり滑り現象については、詳細な解析の結果、微動源の移動に伴って、ゆっくり滑り域も移動していることが分かった。一方、東南海地域のプレート形状に対しては、変換波の波形解析等の新情報に基づき、紀伊半島中部におけるプレート上面の傾斜が、従来のモデルよりゆるやかとなる新たなモデルを提示した。

GEONET と測地測量の統合解析により、2003年に豊後水道においてゆっくり滑りが発生し、その発生域が1996(平成8年)～1997年(平成9年)にゆっくり滑りが発生した領域とほぼ同一であることが明らかとなった。

地殻活動に伴う地下水位の観測については、愛媛県道後温泉での調査によって、1946年(昭和21年)南海地震(M8.0)の際の同温泉の水位低下は、地震時の体積歪変化で定量的に説明できることが分かった。また、和歌山県湯峯温泉での調査によって、同温泉における湧出量の激減は、1946年南海地震ではなく、1944年東南海地震によって生じた可能性が高いということが分かった。地震前の地下水位の低下については、昭和の南海地震だけでなく安政の南海地震前にも起きていたことが確認され、地震に先行するゆっくりとした滑りによるわずかな隆起によって大幅な地下水位低下が生ずる可能性が指摘された。また、1946年南海地震直前に和歌山県南部で検出された潮位変化も、地震に先行するプレート境界でのゆっくり滑りが生じたとして説明することが可能である。

## エ. その他特定の地域

宮城県沖及びその周辺海域における自己浮上式海底地震計による長期繰り返し海底地震観測のデータに堆積層補正等を施して、高精度な震源分布を求めた。「宮城県沖地震に関するパイロット的な重点的調査観測」(文部科学省委託事業)で得られた観測データを陸上観測点のデータと併合処理し、三次元地震波トモグラフィ解析を行って、宮城県沖地震の震源域における地震波速度構造を解明した。過去の宮城県沖地震に対する余震の震源の再決定を行った結果、1936年(昭和11年)の宮城県沖地震(M7.4)とその余震について、震源決定法による震源の移動を確認した。1978年(昭和53年)の宮城県沖地震(M7.4)については、気象庁のデータを補完するため国立天文台水沢観測所の地震計の記象紙から験測を行い、これを含めて震源を再計算した結果、震源は気象庁カタログの震源に比べ、概ね西側に求められた。有限要素法によりプレート境界域におけるプレート間結合状態の時間的変化をシミュレーションした結果、1978年宮城県沖地震以降の余効的変動からプレート間の固着状態の復帰によるバックスリップへの移行を再現することができた。2005年に発生した宮城県沖の地震時の地殻変動及びその後の余効変動については、原因となるプレ

ート間滑りの時空間的広がりとその時間変化を地殻変動観測データから解明した。GPS 観測の準リアルタイム処理については、GEONET と東北大学の GPS 連続観測点を用いて半自動的に解析できるシステムが完成し、約 2 週間程度で北緯 36 度以北の全観測点の変位データが得られるようになった。プレート間滑り推定のための相似地震の準リアルタイム処理については、約 3 日後には解析結果が出せるようになった。

糸魚川－静岡構造線地域における新設観測点と既存観測網の統合処理を行った結果、糸魚川－静岡構造線地域周辺の詳細な地震活動が明らかになり、一元化震源に比べて浅い地震活動の存在が明らかになった。GPS 繰り返し観測の結果、糸魚川－静岡構造線地域における地殻変動の詳細な分布を明らかにした。5 年間の観測データを衛星干渉 SAR 解析した結果、糸魚川－静岡構造線地域の地殻変動速度を推定し、その分布から変形の集中する領域の存在等を確認した。糸魚川－静岡構造線地域周辺では、諏訪湖をはさんで北と南で構造が大きく異なることが分かった。また、活動度の高い活断層の周辺でも、大部分の微小地震活動は活断層活動に直接関係づけられないことが分かった。ただし、詳細な三次元速度構造を用いた解析を行うと活断層活動と関連付けられる微小地震活動のあることも示され、活断層の活動をモニタリングするためには、高精度の震源決定が重要であることが確認された。

南関東においては、房総アレイデータを用いた地震活動のモニタリングによって、沈み込む太平洋プレート、フィリピン海プレート、陸側のプレートの相互作用で発生する地震活動の詳細が明らかになった。2004 年から 2005 年に南関東地域で発生した地震の詳細な震源分布と発震機構解の分布の解析、観測された地震波形の後続相の解析、地震波速度構造の解析等から、南関東地域の新しいプレート形状モデルが提唱された。また、地震規模の長期的平均と短期的平均の差から、地震活動の指標となる  $b$  値を用いて、南関東地域の地震確率が評価され、さらに、プレート境界の相似地震の分布が解明された。

伊豆半島東部の伊東市奥野で行っていた直流法を用いた比抵抗連続観測値に、群発地震にやや先行して比抵抗が低下するという興味深い現象がとらえられた。

北海道東部における GPS 連続観測の結果、2005 年以降の北海道太平洋側のゆっくり滑りのパターン変化を追跡し、余効滑りの時間的发展を解明した。

鳥取県西部地域の低周波地震を例に、走査型震源決定法の有効性を検証した結果、従来の震源決定手法により求められた震源位置とほぼ同様の点が震源尤度最大の点として推定されることが判明した。

### (3) 地殻活動情報総合データベースの開発

#### ア. 日本列島地殻活動情報データベースの構築

地殻活動予測シミュレーションモデルの構築及びモデルの検証・改良のためには、日本列島域の地殻・上部マントル構造及び過去から現在までの地殻活動に関するデータは欠かすことができない。特に地震サイクル全体をモデル化するためには近年のデータだけでは不十分なため、過去のデータの活用は重要である。過去に得られたデータの整理では、地震記録、津波記録の整理、大学による地震震源データベースの整備に進展があった。過去の地震の震源の見直しによる全国地震カタログの改訂の進展も重要な成果である。また、活断層データベース、重力データベース、都市圏活断層図、地磁気データベースの整備が



進んだが、これらは地震発生の場合を理解するために有用なデータを提供する重要なものである。一元化処理による全国地震カタログや高感度地震観測、基盤強震動観測、強震観測等のデータベースは、地震に関するモニタリングの結果を準リアルタイムにデータベースに取り込むシステムになっており、地殻活動の監視・現状評価にも有用である。一部のデータベースは、研究者だけではなくインターネット等により一般にも公開されており、研究の社会への還元という点からも重要な成果になっている。

#### イ. 地殻活動データ解析システムの開発

地殻活動に関する観測データを地殻活動予測シミュレーションに取り込むためには、広域観測網からの新たな情報を取り込んで、日本列島域の地殻活動等に関する情報を実時間で更新していく必要がある。そのため、GPS や各種測量等の大規模な地殻変動観測データを、コンピュータネットワークを経由して利用し、データの表示、断層モデルの推定等を含む解析を行うことができる地殻活動総合解析システムを開発した。観測データを最新のものに更新するとともに、より使いやすいシステムになるように、毎年改良を重ねている。

### 2. 4. 今後の展望

地殻活動予測シミュレーションモデルの構築、地殻活動モニタリングシステムの高度化、地殻活動情報総合データベースの開発の三つの小項目で、それぞれ重要な成果があった。とくに、過去の巨大地震発生系列の特徴を再現するシミュレーションが可能になったことや、プレート境界の滑りをほぼリアルタイムでモニタリングできるようになったことは、モニタリングとモデリングに基づく地震発生予測を目指す本観測研究計画の目標に向かって進展していることを示している。しかしながら、シミュレーションモデルの構築と検証のために膨大なデータを有効に利用するための手法が確立しておらず、信頼できる予測シミュレーション実現への課題は多い。今後は、個々の小項目での研究の進展とともに、小項目間連携研究がより重要になるであろう。

#### (地殻活動予測シミュレーションモデルの構築)

日本列島域についても、特定の地域についても、摩擦・破壊構成則を利用した沈み込み域のプレート境界における地震発生サイクルのためのシミュレーションを行うことができるようになった。今後は、三次元粘弾性構造等も考慮して、プレート境界地震と内陸地震の相互作用を取り扱えるようなモデルに発展させることが必要である。現在の基本的なモデルを用いて、南海トラフ沿いの過去の巨大地震発生系列の特徴が説明可能であることなどの成果が得られている。また、シミュレーションと過去の地震サイクル・地殻変動データ等との比較から、プレート境界面上の摩擦パラメータの分布も推定されるようになった。

シミュレーションから地震に先行する中短期の前駆現象に関する知見も得られたが、これらについては観測研究と連携して、実際にそのような現象がとらえられるかを調べる試みが必要である。地震発生予測のためのシミュレーションについては、いくつかの試みはあるものの、十分な信頼度を持つ予測シミュレーションができているとは言い難い。予測

シミュレーション実現のためには、プレート境界面上の摩擦パラメータの正確な分布と、初期条件として与える滑りや滑り速度の分布が不可欠である。GPS データからプレート境界面上の応力と滑り速度等の関係を計算し、これから摩擦パラメータを推定する研究などで進展があったが、プレート境界面上でのパラメータ、物理量推定に関する研究は、モニタリング等と連携して、より重点的に進めていく必要がある。さらに、破壊現象そのものに内在する非線形性に起因する現象の多様性を解明し、上に述べた予測の確からしさについての詳細な検討を進める必要がある。

シミュレーションの高度化研究の結果、流体と破壊の相互作用を含む断層破壊の詳細な過程の理解は進みつつあるが、これを日本列島域や特定の地域などを対象とした大規模なモデルに組み込むための手法については未解決な点が多い。大規模モデルの改良につなげるという意識をより強くもって研究を進める必要がある。

### (地殻活動モニタリングシステムの高度化と地殻活動情報総合データベースの開発)

本観測研究計画期間において、高感度・広帯域・強震観測網 (Hi-net、F-net、K-NET/KiK-net)、及び GPS 観測網 (GEONET) といった、調査観測に必要な基盤的施設の整備と拡充が行われたことに加え、これらの観測網から得られるデータをリアルタイムで研究機関間に流通する体制が確立されたことにより、日本列島全域を対象とする地殻活動モニタリングに関する各種の調査研究が飛躍的に進展した。例えば、大地震後の余効変動や、間欠的な長期的ゆっくり滑りや短期的ゆっくり滑り、さらには、深部低周波微動や超長周期地震などのような、様々な地学現象の時間的・空間的特徴が明らかとなってきた。今後は、こうした現象の発生メカニズムの解明に向けて、より高度な解析を実施していくためにも、本課題の重要性はますます増大していると言えよう。特に、将来にわたって安定した観測を継続し、良質なデータの生産と蓄積を行っていくことは、本観測研究計画全体にとって不可欠なことであり、推進本部によって進められている基盤的調査観測の役割は極めて重要である。

東海地域や、東南海・南海地域を始めとする、特定の地域における地殻活動のモニタリングについても、地殻活動の現状把握の高度化等を目指した、推進本部による各種の重点的調査観測によって、着実な進展がみられている。特に、各海域で実施されている自己浮上式海底地震観測や海底地殻変動観測に加えて、東南海地震の想定震源域に展開される地震・津波観測監視システムの整備事業は、本観測研究計画にとっても、極めて重要な知見をもたらすものとして期待されている。また、従来から行われている地殻歪・潮位変化や地下水変動などの地殻活動観測から得られるデータを解析する手法についても、新たな補正やパラメータの調整等が進められている。その結果、短期的ゆっくり滑りをほぼリアルタイムで把握することも可能となっている。今後は、さらにプレート境界の様々な滑りについて、その位置、分布、変動等をより精度良くとらえられるような研究開発が必要となる。そのためには、従来の地殻活動モニタリングの継続、解析手法の高度化と精度向上、さらには、新たなモニタリング手法の開発が重要である。

モニタリングシステムの高度化に伴い、観測されるデータの量が飛躍的に増加することで、注目すべき現象をその中から検出するための手法の開発・高度化が重要な課題となっている。特に、それらのデータに対する解析・検討が、広範な研究者によって円滑に実施

されるようにするためには、基礎的な観測データだけでなく、モニタリングによって得られた様々な知見が、容易かつ効率的に参照・検索されるような地殻活動情報データベースの充実に向けての取り組みが、いっそう重要性を増していると言えよう。

過去に得られた地殻活動に関するデータは順次整理されてきている。一部は、モニタリングシステムで得られているデータとともに、利用しやすいデータベースとして整備されており、インターネットなどを通じて一般にも公開され、研究成果の社会への還元に貢献している。

地殻活動モニタリングシステムによって得られる情報は、地殻活動情報データベースとしてその利用効率が飛躍的に高まり、地殻活動予測シミュレーションモデルの構築やシミュレーション結果の検証に利用されることで、地殻活動予測の実現に寄与するものである。しかしながら、現状は、モニタリングシステムで得られ、データベースに蓄積されている膨大な情報を、地殻活動予測シミュレーションモデルの構築に十分有効に活用していない。これら膨大な情報の中から、シミュレーションモデル構築に有効なデータを抽出し、モデルに取り込む手法の開発を進める必要がある。シミュレーション、モニタリング及びデータベースの各研究課題間、研究実施者間でのより密接な連携が今後とも不可欠である。

### 3. 新たな観測・実験技術の開発

#### 3. 1. 目的

建議で設定された研究目的は以下のとおりである。

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を次により推進する。(1) 海溝沿いの大地震の準備・直前過程の解明のためには、陸域の観測網と連携して震源域である海底での観測を進めることが必要である。特に海底における地殻変動観測が重要であり、その技術は実用化されつつあるものの、陸域に比べて精度が不足している。このため、海底諸観測技術開発とその高度化、特に海底地殻変動観測技術の一層の高度化を進める。(2) ボアホールを利用した計測は、雑音の多い地表から離れることによって高分解能のデータを得るという点だけでなく、震源核に近づいて地殻応力状態や断層物質を直接測定するための重要な技術であり、更に高度化を進める。(3) 地震波速度構造、散乱体や地下流体の分布の変動などを、従来の技術よりはるかに高い分解能でモニターすることが重要であり、そのための新たな技術開発と一層の高度化を進める。また、(4) 近年の宇宙技術利用の飛躍的発展により、日本列島全域をほぼ均等に覆う GPS 観測網の構築が進み、広域地殻変動の常時モニタリングが十分に可能となりつつある。SAR 等による地殻変動の面的検出手法を高度化するとともに、地殻活動をより詳細に把握するために様々な誤差要因を除去して GPS 観測精度の一層の向上を図る。

#### 3. 2. 実施状況

##### (1) 海底諸観測技術の開発と高度化

大学は、GPS-音響測距結合方式による海底測位の一層の高度化を進めるため、海上局・海底局の高度化、曳航ブイ式海上局を用いた計測手法の高度化、時空間変動する海中音速構造についての実測と海中音速構造の不均質性を考慮した解析手法の開発、及びキネマティック GPS 解析プログラムの峻別による測位精度の向上を進めた。東北沖日本海溝の海側、岩手沖、福島沖及び駿河湾において繰り返し観測を実施した。また、宮城沖及び熊野灘においては、「宮城県沖地震に関するパイロット的重点的調査観測」(文部科学省委託事業)及び「東南海・南海地震等海溝型地震に関する調査研究」(文部科学省委託事業)により年複数回の繰り返し観測を実施し、2004年(平成16年)紀伊半島南東沖の地震(M7.1、M7.4)時には熊野灘の2地点で約18cmと約30cmの水平変動を観測した。海上保安庁海洋情報部は、海底基準点の充実を図るとともに、観測技術の開発・高度化を進めた。

気象庁は、地震に関連する海底下の地殻変動を実時間でとらえるための手法として、海底ケーブルを利用したレーザー計測式距離変化計及びソナー技術を検討した。海洋研究開発機構は、海底ケーブルを利用してプレート境界域における地震等の地殻変動及び深層流・地下水等の深海底環境変動を広域にわたり実時間観測するため、給電・伝送・同期技術、各種センサー及び水中着脱式コネクタの開発を進めた。開発した要素技術を十勝・釧路沖及び相模湾初島沖の観測システムに導入した。

大学は、上下変動検出のための海底圧力観測を高度化するため、海面高観測用衛星軌道交点下の三陸沖の2地点で圧力観測を実施し、海洋変動の潮汐成分と非潮汐成分を評価し

た。宮城沖等において繰り返し圧力観測を実施すると共に、圧力センサーの腐食対策と長期ドリフトの低減を進めた。また、傾斜変動観測の高度化のため、坑内試験等により傾斜センサーの長期安定性の評価を開始した。光干渉計測技術を利用した海底ボアホール設置型傾斜計を開発するため、光源の低消費電力化、半導体レーザーの波長安定化、干渉縞信号のリアルタイム処理による変位への変換等、海底設置時に必要となる要素技術の開発を進めた。また、自己浮上式海底地震計の高度化を進め、広帯域観測及び一年間の長期連続観測を実用化した。また、海底地震観測のダイナミックレンジ拡大のため、加速度センサーを加えた海底地震計を開発し、茨城沖とインドネシア・スマトラ島沖で長期の試験観測を実施した。

## （２）ボアホールによる地下深部計測技術の開発と高度化

大学は、地殻応力測定の高度化のため、新たな水圧破砕法として高剛性水圧破砕法を考案するとともに、乾式破砕法としてボアホールジャッキ式応力測定プローブの開発を進め、従来型水圧破砕法との比較試験を実施した。異なる深度での非破壊の応力測定を進めるため、小口径のインテリジェント型ボアホール歪計を開発して現場実験による測定を行ったほか、充電式ボアホール歪計を開発した。光ファイバー式広帯域地震計及び急激な変動に強いレーザー計測方式歪計を開発したほか、基線長 100m のレーザー伸縮計を開発して地下 1000m にある神岡地下サイトで観測を開始した。

産業技術総合研究所は、東南海・南海地震予測精度向上のため、過去の南海地震前に繰り返し発生したとされる浅部地下水位低下と深部地下水変化・局所的～広域地殻変動との関係解明を目的として、ボアホール歪計・GPS も設置しリアルタイムでデータを取得するという機能集約型の地下水等総合観測施設を新たに設計して、紀伊半島の 2 か所で観測を開始した。また、周囲の浅部地下水位が旧浜岡観測点の比高変化に及ぼす影響を評価した。また、国土地理院は、茨城県つくば市にある GPS 観測点の季節的な比高変化と周辺の地下水位変化との関連性を調べた。

防災科学技術研究所は、広ダイナミックレンジ・広帯域のセンサーを用いて信号対雑音比に優れたボアホールにおいて観測を実施することにより、様々な規模で様々な周波数帯域で出現する地球物理的現象を的確にとらえるため、ボアホール型でかつ長周期成分まで安定して記録可能な超長周期地震計の開発を「東南海・南海地震等海溝型地震に関する調査研究」（文部科学省委託事業）等により進めた。

## （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

大学は、精密制御定常震源システム（ACROSS）によるプレート反射波のモニタリングを実現するため、2001 年（平成 13 年）東海中部地殻構造探査実験において強い波群が検出された地域に、観測点を設置した。東濃（土岐市）の精密制御定常震源からの距離 40～70km の範囲に観測点を設けて約十か月間の連続観測を実施し、約 50km 離れた震源からの P 波及び S 波の直達波とより深部から到来する後続波を検出した。瑞浪地殻変動観測壕に設置した地震計アレイの観測データを解析して、気温や降水が屈折波走時に及ぼす影響を評価した。気象庁は、精密制御定常震源システムの波形記録の解析を進めるとともに、新たな送信装置を整備した。また、大学は、パルス波による精密制御震源を用いた P 波及び S 波走

時計測の一層の高精度化を進め、検証試験を岩手県、神奈川県及びフレンチアルプス観測壕の試験サイトにおいて実施した。マントル起源のヘリウム放出量の時空間変化から地下深部の物質移動を調べるため、火山活動の影響が現れない活断層を対象として四国地方の中央構造線から放出されるマントル起源ヘリウムの調査を行い、連続測定に適した場所の選定を進めた。また、非揚水型多項目地球化学観測システムの開発を進めた。

気象庁は、安定化レーザーの発振周波数を変化させることによるマイケルソン干渉計による絶対長測定法を考察した。

#### (4) 宇宙技術等の利用の高度化

国土地理院は、GPS 観測データについて、各種の誤差源を除去・補正することで、最終的に数 mm 程度の地球物理的信号を検知可能な解析手法の確立に着手した。SAR による地殻変動検出については ENVISAT 衛星によるデータの利用が可能であることを確認した。また、陸域観測衛星 (ALOS/だいち) の観測データ処理に必要なシステムを設計・構築し、打ち上げ以前の試験データによる確認を行った。ALOS は、平成 17 年度に打ち上げられ、平成 18 年度には定常運用期間に移行したため、その観測データを用いて、高頻度観測地域や防災対応が必要な地域を中心に、干渉 SAR 手法による地盤変動解析を実施している。

防災科学技術研究所は、不均一な水蒸気に起因する GPS 測位誤差の低減を目指して、気象数値モデルを用いて大気遅延量を計算するための高速アルゴリズムの開発を進めた。また、気圧加重変動による地球変形を考慮した解析を実施した。また、干渉 SAR 解析システムの処理時間を短縮したほか、大気中の水蒸気による電波伝搬遅延に起因する誤差の軽減手法の開発を進めた。

情報通信研究機構は、航空機等からの先端リモートセンシング技術 (SAR 等) を用いた地表面変動の把握技術の開発を進めた。

大学は、干渉 SAR における水蒸気遅延ノイズの補正手法の開発とその手法の有効性の検証を進めたほか、キネマティック GPS により、1 日より短い時定数をもつ変動を面的に高密度に観測する手法の開発を進めた。

大学は、次世代衛星テレメータシステムの開発を進めて、地球局の消費電力の低減、周波数帯域の効率的な利用法の確立など、テレメータ方式による機動的観測を高度化した。また、世界標準に準拠する低価格の受信装置で利用可能な衛星データ配信システムの開発を進めた。

### 3. 3. 成果

#### (1) 海底諸観測技術の開発と高度化

GPS-音響測距結合方式による海底測位は、繰り返し観測における精度 2~5 cm を達成するとともに、2004 年 (平成 16 年) 紀伊半島南東沖の地震 (M7.1、M7.4) 及び 2005 年 (平成 17 年) 宮城県沖の地震 (M7.2) に伴う水平変動を検出し、海底地殻変動観測手法としての有効性を端的に示した。上下変動観測は、海底設置型圧力計の信頼性が向上して長期間の安定した計測が可能となったほか、十勝・釧路沖の海底圧力計測方式による津波計が 2003 年 (平成 15 年) 十勝沖地震 (M8.0) 時及びその余効変動による上下変動を検出し、海底圧

力計測が地殻変動観測の手法として有効なことを示した。

海底ケーブル利用の実時間観測システムは、センサー設置手法及び水中着脱式コネクタ等の各種要素技術の開発が進み、海底ケーブル敷設後に地殻変動観測を追加するなど観測網の拡張に対応したシステムを技術的に設計することが可能となった。

海底ボアホール利用の歪・傾斜変動観測は、観測装置を海底設置する時に必要となる長寿命レーザー光源などの要素技術が進んだ。

海底地震観測の広ダイナミックレンジ化が図られたほか、1年程度の長期海底観測が実用化した。

## (2) ボアホールによる地下深部計測技術の開発と高度化

ボアホールによる地殻応力測定は、高剛性水圧破碎法の考案と乾式破碎法の装置開発が進み、従来型の水圧破碎法との比較試験が実施されるまで到達した。ボアホール歪計の小口径化が達成されて、異なる深度でのオーバーコアリング法による非破壊応力測定が実施できるようになった。

基線長 100m のレーザー伸縮計が開発され、地下深部において  $10^{-13}$  という超高感度な歪観測が可能となったほか、光計測技術を利用する観測装置の開発が進んだ。

超長周期地震計の開発が進み、ボアホールによる地震・地殻変動観測技術が更に高度化した。

茨城県つくば市の GPS 観測点の季節的な比高変化が周辺の地下水位変化によって説明できることが見いだされたほか、旧浜岡観測点の比高変化に周囲の浅部地下水位が 5～10% 程度寄与している可能性が見いだされた。

## (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

地下構造と状態変化を高精度でモニターするための精密制御定常震源システムは、送信点からの距離が約 80km 以内であれば P 波、S 波の直達波を観測することが可能となった。波形の時間変化を検出したほか、約 50km 離れた観測点ではより深部から到来する後続波を検出した。また、屈折波走時に気温と降水が及ぼす影響の評価が進んだ。パルス波による精密制御震源を用いた P 波及び S 波走時の計測は、検証試験を実施して一層の高精度化が進んだ。非揚水型多項目地球化学観測システムの開発が進んだほか、マントル起源ヘリウムが中央構造線に沿って放出されていること、深部低周波微動が見られる地域でもマントル起源ヘリウムが放出されていることが発見された。

## (4) 宇宙技術等の利用の高度化

GPS による地殻変動は、観測及び解析手法の高度化が図られた結果、各種の誤差源を除去・補正することで最終的に数 mm 程度の地球物理的信号を検知可能となった。また、キネマティック GPS により 1 日より短い時定数をもつ変動を面的に高密度に観測する手法の開発が進んだ。SAR による地殻変動検出は、高頻度観測地域や防災対応が必要な地域を中心に ALOS の観測データを用いた干渉 SAR 手法による地盤変動解析が定常的に実施されるようになったほか、解析の高速化と精度向上が図られた。また、航空機等からの先端リモートセンシング技術 (SAR 等) を用いた地表面変動の把握技術の開発が進んだ。次世代衛星テ

レメータシステムの開発により機動的観測が一層高度化したほか、新たな衛星データ配信システムの開発が進んだ。

### 3. 4. 今後の展望

#### (1) 海底諸観測技術の開発と高度化

プレート境界域における大地震の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には、陸域の観測網と連携して震源域である海底での観測を実施することが必要であり、海底における諸観測技術の開発と一層の高度化が重要である。海底地殻変動観測については、2～5 cmの精度を達成したGPS-音響測距結合方式による海底測位の更なる高精度化に加えて測定・解析の迅速化を進めることが必要である。また、観測の充実を図ることが重要である。上下変動観測のための海底圧力計測は、更に高度化する必要がある。海底ボアホール観測に必要な光計測利用技術が進展したことから、現場観測を視野に入れた傾斜計等の開発を進める必要がある。また、水深6,000mを超える海溝軸近傍における海底地震観測等の実用化を図るほか、実時間による海底諸観測を更に進めるため、海底ケーブルを利用する観測システムの開発と高度化が重要である。

#### (2) ボアホールによる地下深部計測技術の開発と高度化

深いボアホール及び地下深部の横坑等を利用することによって、地下水の影響などの雑音を低減して信号対雑音比に優れる高分解能の計測データを取得することが、あらゆる地球物理的信号を検出するために必要である。このため、地下深部における歪、応力、傾斜及び地震等の計測技術は更に高度化を進める一方で、現場観測をより多く実施していくことが重要である。

#### (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

地震波速度構造、散乱体や地下流体の分布の変動などを高い分解能でモニターすることは重要であり、精密制御震源による測定技術の開発と高度化は更に進める必要がある。また、地球化学的手法の利用も重要である。

#### (4) 宇宙技術等の利用の高度化

GPS観測による広域地殻変動の常時モニター及びSARデータを用いた面的地殻変動検出手法の更なる高度化を進めることが重要である。また、GPS-音響測距結合方式による海底測位、GPS津波計、GPS地震計、また衛星搭載の海面高度計で2004年インドネシア・スマトラ島沖大地震(M9.0:米国地質調査所による)に伴う津波をとらえたことなどに見られるように、宇宙技術の新たな利用を図ることも極めて重要である。



## 4. 計画推進のための体制の整備

### 4. 1. 実施状況及び成果

#### (1) 計画を一層効果的に推進する体制の整備

平成16年度から、測地学分科会地震部会の下に、関係各機関からの委員で構成される観測研究計画推進委員会を設置し、研究上の連携を図っている。同委員会では、関係各機関における各年度の実実施計画及び研究成果を取りまとめ、研究の評価を実施している。各年度の実実施計画及び研究成果は、報告書としてまとめられ、文部科学省のホームページで公開されている。研究成果に係る報告書は、各機関の個別の成果をまとめた機関別報告書に加え、建議の計画に沿った成果を分かりやすくまとめた項目別報告書が作成されており、研究の評価だけでなく、国民に向けた研究成果の広報にも役立っている。また、成果を広く公開して議論をするため、関係各機関による地震予知研究の年次報告シンポジウムを毎年度末に開催している。

一方、国立大学法人では、全国共同利用研究所である東京大学地震研究所に設置した地震予知研究協議会を中心として研究計画や予算を策定し、研究上の連携を強化している。同協議会には企画部が常設され、地震研究所の専任教員のほか、地震研究所に数年の任期で採用した教員及び客員教員を加え、全国的視野からの運営を行っている。さらに、同協議会に設置されている計画推進部会には、大学以外にも独立行政法人等の研究機関に委員を委嘱し、研究者レベルでの交流と研究推進の役割を果たしている。

平成16年度からの国立大学の法人化後、各大学では、成果の積極的な公表を図るなど法人化の良い面が現れている。しかし、独立性の増した各大学法人であっても、連携して建議の研究計画を遂行する必要がある、そのための根拠として関係大学の部局間で協定を締結した。当面、特別教育研究経費として地震予知事業費は確保されているものの、各大学の観測施設経費は、各大学の運営費交付金の内数となり、大学内での予算削減が進みつつある。また、特別設備費が交付されないため、各大学の観測器機の老朽化・陳腐化が進み深刻な事態を迎えつつある。さらに、人員の削減も大きな問題となっている。

#### (2) 地震調査研究推進本部との役割分担

推進本部の役割は、政府として地震調査研究に関する総合的かつ基本的施策の立案、総合的調査観測計画の策定、地震活動の現状や将来に関する総合的な評価、評価結果の広報等を行うことにあり、地震現象の理解という基礎的な要素と被害の軽減を目指す防災的な要素の両面を持ち合わせている。一方、本計画では、ボトムアップ型の検討に基づいて地震発生に至る一連の過程を理解し、それを観測に基づいてモデル化し、定量的な地震発生予測の確度を逐次高めていくことを基本方針として、地震予知のための観測研究を組織的に進めることである。

今期間中に、推進本部の基盤的調査観測計画により高感度地震計、広帯域地震計、GPS、強震計、活断層調査結果などの地震関係データの流通や処理、公開が更に進んだ。これらは、世界に類を見ない充実した観測網や調査結果であり、アクセスが容易になったことで、地震発生に至る一連の過程の理解やそれに基づくモデル化など、本計画の推進に大いに活用されている。この中で、大学の高感度地震観測については、基盤的調査観測との調和を

図りながら、臨時的・機動的な観測へと重点を移しつつあり、これにより、大学における研究の高度化が進んでいる。

また、本計画で得られた、プレート境界でのゆっくり滑りや深部低周波微動・地震などに関する新たな知見、さらに大地震直後の種々の解析結果は、逐次、推進本部に報告され、地震活動を評価する際や、地震調査・研究に関する政策決定の重要な資料となっている。

なお、平成 18 年 7 月に推進本部から出された“「地震調査研究の推進について ―地震に関する観測、測量、調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的な施策―」の評価について”では、本計画と推進本部及び地震予知連絡会に関して、「これらの実態をよく見れば、相互の役割分担及び連携はなされているのであるが、外部からは、そのようなことがわかりにくい状況にある。」とまとめられているが、本計画と推進本部との役割の違いは前述のとおりであり、また、地震予知連絡会との関係は（3）に述べるとおりである。

### （3）情報交換等の場としての地震予知連絡会の充実

本計画にかかわる観測研究機関相互の連携のため、地震予知連絡会は、大学及び関係機関の委員によって地震予知研究に関する観測・研究情報を交換し、学術的に深く掘り下げた意見交換を定期的に行っている。このような学術的な意見交換は、新しい学術成果を地震防災に役立たせるためにも重要な役割を果たしている。特に最近は、その時々注目されている地震予知観測研究に関する課題を選定して、掘り下げた議論をする時間が設けられており、この 5 年間で 20 件近くの話題に関する報告と討論を実施し、その充実が図られている。地震予知連絡会の議事は公開されており、議論のために提出された資料が地震予知連絡会報として刊行され、ホームページ上でも閲覧可能となるなど、情報を社会に発信することにも力が注がれている。

### （4）人材の養成と確保

大学では、大学院学生及び学部学生の教育を行い後継研究者と技術者の育成を行い、関係機関や民間企業等へ人材を供給している。さらに、高校生や学部学生に対し、研究所、関係センター、大学院研究科、学部研究室等の公開や出張授業を行うなど積極的な人材発掘を図っている。各機関は、地震関連の教育を受けた人材の採用や、職員に対する研修を実施するなど、観測研究に従事する人材の養成・確保に努めている。

### （5）火山噴火予知研究等との連携

2000 年（平成 12 年）の三宅島・神津島付近の活動のように、活火山周辺では顕著な地震活動が見られるなど、地震活動と火山活動は相互に密接に関連した地殻現象である。したがって、地殻活動を総合的に把握し予測の確度を高める上で、地震予知研究と火山噴火予知研究の連携が不可欠である。

本計画で得られた火山地域近傍での地震活動、地震波速度や異方性構造、地殻変動の解析とその結果を火山学会や全国共同利用研究所研究集会等で発表し、また火山噴火予知連絡会に提供するなど、火山噴火予知の研究者との連携強化を図っている。また、組織再編などを通して、地震と火山の研究分野の連携の強化が一層図られた。例えば、大学における地震予知研究と火山噴火予知研究の更なる連携を推進するため、地震予知研究協議会と

火山噴火予知研究協議会を統合し、地震・火山噴火予知研究協議会が発足した。これにより、地震分野と火山分野の研究者が研究推進について議論する機会が増えている。

さらに、工学や社会科学など関連学問分野との連携を進め、各地域の地震対策協議会などに参加することにより、防災対策など社会的要請に応じている。

## (6) 国際協力の推進

今期間では、2003年イラン・バム地震(M6.6:米国地質調査所による)、2004年インドネシア・スマトラ島沖大地震(M9.0:米国地質調査所による)、2005年パキスタン北部地震(M7.6:米国地質調査所による)、2006年インドネシア・ジャワ島ジョグジャカルタ付近の地震(M6.3:米国地質調査所による)など、アジアでのプレート境界域周辺の大きな被害を伴う大地震がいくつも発生した。これらの地震に関して、科学研究費補助金(特別研究促進費)や科学技術振興調整費での緊急研究等が行われ、イラン、インド、インドネシア、パキスタン等の関係国との間で、観測データ交換、共同研究、研究交流の動きが活発化した。地球観測サミットの間では国際地球観測計画(GEOSS)の一環としてアジア太平洋地域における地震・地殻活動監視を目的とした観測網整備のために我が国が貢献する意志が示された。国全体としての組織化された国際協力体制が実現するには至っていないが、個別の課題においては、それぞれの大学、観測研究機関において広く共同研究が推進され、シンポジウム等での交流も行われた。

地震観測データの交換については、気象庁により国際地震センター(ISC)、米国地質調査所(USGS)、包括的核実験禁止条約機関(CTBTO)、韓国気象庁(KMA)との協力が行われており、防災科学技術研究所では、韓国気象庁、韓国地質資源研究院(KIGAM)、インドネシア気象庁(BMG)及び台湾の中央研究院地球科学研究所(IES)とのデータ交換も行っている。海洋底掘削調査に関しては、海洋研究開発機構が地殻活動・沈み込み帯のダイナミクス等の解明を目的とした統合国際深海掘削計画(IODP)を推進している。地殻活動監視については、国土地理院が国連アジア太平洋地域地図会議に参加している諸国との協力を進めている。

大学においては、先進諸国との連携強化による地震・火山研究の国際的な展開と、アジア・太平洋地域諸国の研究レベルの向上に資するために、全国共同利用である東京大学地震研究所に、国際地震・火山研究推進室を整備し、地震・火山に関する国際的調査研究が進められている。

人材育成の国際協力については、ODAベースによる地震研究のための研修コース等が実施されている。

## (7) 研究成果の社会への効果的伝達

観測研究計画推進委員会は、各年度の実施計画及び研究成果を報告書としてまとめ、文部科学省のホームページに公開している。また、近年のインターネット環境の劇的な向上に対応し、ほとんどの機関がホームページによる観測結果や成果の公表、地震予知研究成果や科学的な知見に関する情報発信を行なっている。講演会・出前講座などを通じた普及活動も積極的に実施された。また、緊急時のみならず、平常時におけるマスメディアへの情報提供など地震防災の面でも積極的な活動が行われた。大学においてもアウトリーチの

ための組織を設置するなど、組織的な対応がなされている。

このような、直接的な情報発信以外にも、政府の各種委員会等を通じて研究成果が社会に活かされている。例えば、地震予知の最新の成果は、中央防災会議の各専門委員会に取り入れられ、防災対策に生かされている。東海地方の長期的及び短期的ゆっくり滑りについては、地震防災対策強化地域判定会での審議に貢献し、東海地震予測精度の向上に寄与している。また、千島海溝沿いに発生した過去の巨大地震の発見は、北海道の津波対策に取り入れられている。このように研究成果は、直接的・間接的に社会に伝えられている。

## 4. 2. 今後の展望

### (1) 計画を一層効果的に推進する体制の整備

観測研究計画推進委員会は、設置後3年目ではあるが、各機関の密接な協力・連携を図るという機能を十分に果たしている。このような機能は長期継続することにより、次第に綿密な連携がなされていくため、適切な委員の人選に留意しつつ、今後も継続的に運営していく必要がある。

国立大学法人化後も、部局間協定などにより連携は強化されたものの、予算や人員面では厳しい状態が続いている。各大学内での予算や技術職員などの人員の更なる確保が必要であるとともに、急速な老朽化・陳腐化が懸念される観測設備の維持・更新充実が急務である。

### (2) 地震調査研究推進本部との役割分担

今後とも、本計画と推進本部及び地震予知連絡会の相互の役割分担及び連携を進めていく必要がある。推進本部の基盤的調査観測計画によるデータは、これからも本計画を進める上で必要不可欠なものであり、特に今後は海域における充実に期待する。また、本計画の成果が、推進本部が行う施策等の立案に際して積極的に活用されることを期待する。

大学の高感度地震観測については、基盤的調査観測との調和を図りながら、臨時的・機動的な観測へと、目的を絞った観測に重点を移すことを今後更に推進することが重要である。そのなかで、従来、大学が担ってきた最先端の研究・開発の重要性を再確認する必要がある。

本計画と推進本部との役割分担については、外部からも見ても分りやすくしていく努力とともに、更なる役割整理も必要である。

### (3) 情報交換等の場としての地震予知連絡会の充実

本計画に関わる観測研究機関の相互の連携の重要性に鑑み、地震予知連絡会のような定期的な情報交換の場は今後とも必要である。近年の観測研究の進展は速く、新しい学術成果を関係機関によって行われている地震予知研究に適切に反映させるためには、学会等の講演会や学術誌による成果の公表だけでは迅速性に欠ける。観測・解析の担当者がデータを説明し、研究者がそれらについて議論を行う機会が、定期的かつ組織的に設定されている地震予知連絡会の場は重要であり、今後とも継続する必要がある。

地震予知研究に関わる連携体制は、これまでも基盤観測網の整備などの地震防災対策に

係る基本的な施策の立案を推進本部が、研究の学術的な方向性に関わる提言を測地学分科会地震部会が行い、それらに基づいて行われている観測・研究の情報交換については地震予知連絡会が担うといった相互の役割分担が定着してきたところであるが、このような役割分担について、外部から見ても分りやすくしていく努力が更に必要である。

#### (4) 人材の養成と確保

大学においては、大学院生などの人材養成が積極的に行われているものの、十分な数の大学院生を確保できていない大学もある。また、学生が博士号を取得した後、任期制の研究職に就いても、その任期終了後に身分の安定した職を得ることが難しく、優秀な学生が博士課程への進学に躊躇する原因ともなっている。このように人材養成に関しては、大学院教育だけではなく、終了後の進路やキャリアパスの確保にも質と量のバランスを考慮する必要がある。

#### (5) 火山噴火予知研究等との連携

大学における地震予知研究と火山噴火予知研究の更なる連携を推進するため、二つの協議会を統合し、地震・火山噴火予知研究協議会が発足した。この統合された協議会を通して、地殻活動の総合的な把握と予測の精度向上の研究が、今後、更に推進されることが期待される。さらに、地震という自然現象をいろいろな角度から理解し、視野の広い研究を進めるためにも、工学や社会科学の関係者との連携を進めていく必要がある。研究成果を短期的に出すことを求められている現状において、いかに視野を広くする環境を整えるかが課題と言えよう。

災害発生時ばかりでなく、普段からも地域における防災アドバイザーとしての防災対策に参画することが、ますます必要となってくる。個人の研究業績が強く求められている中で、地域の防災活動に積極的に参画していくための体制づくりが課題である。

#### (6) 国際協力の推進

地震予知研究における研究協力は、個別の研究機関間では進んだが、国際視野に立った組織的な連携・協力という観点からは、今後ますます積極的な取り組みが求められる。

総合科学技術会議による「地球観測の推進戦略」では、地震防災に貢献する地球観測として高精細な観測ネットワーク等我が国が有する観測基盤技術をアジア諸国へ移転することを例として挙げ、アジア太平洋地域における地震・津波発生メカニズムの解明等を推進するために、関係府省・機関の緊密な連携・調整の下、地球観測の推進、地球観測体制の整備、国際的な貢献策等を内容とする具体的な実施方針を策定するべきであるとしている。その連携調整のために必要な統合的推進組織を整える必要性が述べられており、観測と研究の一体となった国際的な連携を進めるという意味において、地震予知に向けての国際協力推進も、このような動きと連動していくことが重要である。

#### (7) 研究成果の社会への効果的伝達

ホームページなどを通じた研究成果の社会への伝達は、各機関とも積極的に行われている。しかしながら、地震予知研究に関する認識は、最近の研究の急速な進展を必ずしも反

映しておらず、地震雲など根拠の薄い前兆現象に関する間違った情報が流布しているのが現状である。なお一層、地震予知研究に関する正確で分かりやすい知見や情報の発信が重要である。本計画を通じて、組織的に実施することが必要である。

## V. 総括的評価

### 1. 「地震予知のための新たな観測研究計画」（第1次新計画）の開始と第2次新計画への継続

（地震予知計画と新研究計画の違い）

昭和40年度から平成10年度まで、第1次から第7次にかけて行われた地震予知計画では、基本となる測地、地震等の全国的観測網を整備して、地震の長期的予知を行い、地震の差し迫っていると考えられる地域において直前の現象を捕捉して短期的予知を行うことを目指していた。これに対し、平成11年度より始まった「地震予知のための新たな観測研究計画」（以下、「第1次新計画」という。）では、地震予知を狭く地震発生直前予測と位置付けるのではなく、地震発生に至る全過程を理解することにより、その最終段階で発現が予想される現象の理解を通して、信頼性の高い地震発生予測への道筋を開くことを目指して研究が進められた。平成16年度より、第1次新計画を引き継ぎ「地震予知のための新たな観測研究計画（第2次）」（以下、「第2次新計画」という。）が始まった。

（地震調査研究推進本部の地震調査研究と新研究計画の関係）

平成7年阪神・淡路大震災を契機に、全国にわたる総合的な地震防災対策を推進するための地震調査研究推進本部（以下、「推進本部」という。）が設置され、平成11年4月には、地震に関する観測、測量、調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的な施策を立案し、その中で、当面推進すべき地震調査研究として、

1. 活断層調査、地震の発生可能性の長期評価、強震動予測等を統合した地震動予測地図の作成
2. リアルタイムによる地震情報の伝達の推進
3. 大規模地震対策特別措置法に基づく地震防災対策強化地域及びその周辺における観測等の充実
4. 地震予知のための観測研究の推進

が掲げられた。これらを実現させるために、推進本部は基盤的な調査観測計画を策定した。このように、地震予知のための観測研究は、推進本部が実施する地震防災のための研究の一つと位置付けられた。測地学審議会（現 科学技術・学術審議会測地学分科会、以下、「測地学分科会」という。）は、平成10年、大学の研究者を中心に、関係機関も加わり、広く学界の意見を集め、研究者の自由な発想に基づく議論を経て地震発生予測に関する研究計画として第1次新計画を関係大臣に対して建議した。推進本部は、この建議された計画を当面推進すべき地震調査研究と位置付け、具体的な取り組みにあたっては推進本部としても検討を進め、地震発生に至る地殻活動の全容を把握し、理解することによって、地震発生に至る過程の最終段階にある地域の特定を目指す調査研究を推進することとされた。

昭和40年度に始まった地震予知計画で当初目指した基本となる測地、地震等の全国的観測は、地震災害から国民を守ることを目的とした推進本部の主要事業である基盤的調査観測として、地震予知計画開始から約35年後に、より充実した形で実現した。

(第1次新計画と地震防災のための調査観測研究の推進に関連した組織)

平成14年に実施された第1次新計画の実施状況等に関する外部評価では、測地学分科会と推進本部との役割分担を一層明確にすること等の必要性が提言された。これを受け、測地学分科会(新研究計画の推進)、推進本部地震調査委員会(全国的な地震・地殻活動の現状評価や長期評価)、地震防災対策強化地域判定会(東海地震に関する監視・評価)、地震予知連絡会(全国的な地震予知に関する学術的情報及び意見交換)及び大学の地震予知研究協議会(大学における基礎研究)が、役割分担を明確にしつつ連携して地震防災のための地震調査観測研究を実施した。

(地震予知のための新たな観測研究計画(第1次新計画)の成果)

第1次新計画では、(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)地殻活動モニタリングシステム高度化のための観測研究の推進、(3)地殻活動シミュレーション手法と観測技術の開発、(4)本計画推進のための体制の整備、を計画の四つの柱とした。

○地震発生に至る地殻活動解明のための観測研究

第1次新計画では、地震発生直後から次の地震発生に至る歪蓄積過程を地震発生準備過程と位置付け、その進行状況を把握するための観測研究を基本とした。地震波形データの解析による大地震発生時の断層面上での滑り量分布に関する知見が蓄積され、断層面上での滑り量は一般的に不均一であることが分かった。滑り量の大きい領域は、地震発生前に断層面が固着していたところであり、アスペリティと呼ばれた。三陸沖で発生した幾つかのプレート境界地震では、同一のアスペリティが繰り返し破壊することが分かってきた。これらを総合して、プレート境界では、非地震性滑りの進行によりアスペリティに応力が集中し、やがて地震発生に至るというモデル(アスペリティモデル)が提唱された。

また、プレート間の摩擦特性の違いを反映して、定常的な滑りが進行する場合や固着と地震性滑りを繰り返す場合のほか、非地震性のゆっくり滑りや地震後のゆっくりとした滑りが発生する場合など、歪蓄積・解放形態の多様性が明らかになった。

一方、内陸での地震発生の準備過程については、地殻の不均質構造に関する知見が蓄積し、幾つかの地域については、広域応力が特定の断層域へ集中していく機構の理解が進んだ。

○地殻活動モニタリングシステム高度化

平成7年に設置された推進本部の下で、第1次新計画期間中に、基盤的調査観測として、高感度・広帯域・強震地震観測網とGPS観測網の整備が進んだ。高感度地震観測網については、気象庁、防災科学技術研究所及び大学のデータの一元的処理が行われるようになり、また、データの流通・公開体制も確立した。これらにより、平成12年6月から始まった三宅島-新島・神津島の地殻活動、東海地方での浜名湖付近を中心とした顕著な広域地殻変動が検出され、その時間発展がほぼ即時的に捕捉されるなど、プレート境界域あるいは内陸における地殻活動のモニタリングシステムの高度化が進んだ。このほか、東海地域におけるモニタリングシステムについても、歪計の増設など進展が見られた。

○地殻活動シミュレーション手法と観測技術の開発

モデル化及びシミュレーションにおいても、地震発生サイクルを構成する要素モデルの



構築や、横ずれ型プレート境界での地震発生サイクルのシミュレーションが行われるなど、日本列島及びその周辺域の地殻活動予測のためのシミュレーションモデル構築の準備が進んだ。断層摩擦構成則に基づく地震発生サイクルのシミュレーション等の研究成果は、東海地震の発生前に出現が想定される前駆的滑りによる歪変化を考慮した地殻活動モニタリング能力の向上に貢献した。また、海底地殻変動観測のための技術開発が進み、繰り返し観測が実施されるようになった。

## 2. 「地震予知のための新たな観測研究計画（第2次）」の総括的評価

第2次新計画では、第1次新計画に引き続き、(1)地震発生に至る地殻活動解明のための観測研究、(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、(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を推進した。第2次新計画では、(1)地震発生に至る地殻活動解明のための観測研究として「地震発生の素過程」の研究を加え、「地殻活動予測シミュレーションモデルの構築」の研究計画を「地殻活動モニタリングシステムの高度化」と合わせ一つの柱とした。また、「地殻活動解明のための観測研究」では、準備過程と直前過程の研究を統一的に行い、プレート境界地震と内陸の地震について新しい知見が得られた。

### (成果の概要)

第2次新計画では、アスペリティモデルによって、プレート境界の地震発生に至る地殻活動が説明できるかが検討され、このモデルが妥当であると考えられる事例が蓄積した。2003年（平成15年）十勝沖地震発生から2004年（平成16年）の釧路沖の地震発生に至る過程では、ゆっくり滑りの伝播による応力変化が地震発生に大きな影響を及ぼすことが、GPSや相似地震によるゆっくり滑りのモニタリング等の観測的研究によって明らかにされ、一連の地殻活動がアスペリティモデルによって説明された。ゆっくり滑りの伝播が地震の連鎖を引き起こす可能性については、数値シミュレーションによっても示されており、第2次新計画によって目指した地殻活動の理解を観測的研究と理論的研究によって進める手法の成果があがってきた例といえる。さらに、アスペリティモデルに基づく数値モデルによって過去の巨大地震発生系列の特徴が再現できるようになった。これらの研究を進めるための基礎的な観測的研究の進展によって、沈み込むプレート境界付近の物理的性質や動力学に関する理解が進んだ。特に、プレート境界での固着・滑りの状態には、地震間の固着・地震時の滑りと定常的なゆっくり滑りのほか、地震発生領域よりも深部で発生している非定常的ゆっくり滑りのあることが観測的研究により明らかにされ、プレート境界での滑り全般の定量的な数値モデル化に大きく貢献している。東海から西南日本にかけての沈み込むフィリピン海プレート深部境界で、短期的ゆっくり滑りと低周波微動・地震が同期して発生していることが明らかにされたことは、ゆっくり滑りの時空間的推移を、測地学的手法以外の方法を用いて高分解能で把握することが可能になった点で重要である。

一方、2004年のインドネシア・スマトラ島沖大地震のように、我が国のプレート境界でも複数のアスペリティが非常に広域に連動破壊して巨大地震になる場合があることが明ら

かになり、時間的にも通常の地震発生サイクルを超えた長いサイクルを考慮することの重要性が認識された。

内陸の地震発生に至る地殻活動については、内陸部の歪集中機構の観測的研究に基づき、地殻・マントル内の不均質な粘弾性・塑性変形によって広域の応力が震源断層へ集中するモデルが提案された。内陸の大地震の準備過程に関しても、プレート境界地震のアスペリティモデルに対応する地震発生の準備過程のモデルが提案され、定量的な数値モデルの構築に向けた準備が整いつつあると言える。

予測シミュレーションモデルの研究によって、現実的な摩擦・破壊構成則とプレート境界形状を考慮した巨大地震発生サイクルのシミュレーションが可能になってきた。その結果、巨大地震発生系列の特徴を再現するモデルの他、ゆっくり滑りの原因や地震発生領域よりも深部で発生する前駆的滑りを説明するモデル、及びプレート沈み込みに伴う応力場形成に関するモデルが提案された。

基盤的地震観測網と基盤的 GPS 観測網の整備によって、広域の地殻活動モニタリングシステムが高度化した。高感度地震観測網については、気象庁、防災科学技術研究所及び大学等のデータの一元化やデータ流通体制の確立を受けて、我が国の高感度地震観測データのほぼ全てが、全国どこからでも実時間で利用できるデータベース及びデータ利用システムが整備された。多くの研究者が地震波形データを容易に利用できるようになった意義は大きい。この結果、歪集中帯における合同観測のように、大学等による研究的な機動観測が高度化した。東海地域では、気象庁等の歪等の観測網による非地震性滑りの即時的監視能力が高度化し、短期的ゆっくり滑りが、ほぼ実時間で検出され、その活動の推移が把握できるようになった。これは、東海地震震源域の観測網に前駆的滑りの検知能力があることを示した点で重要である。東海沖のみならず、東北地方南部から近畿地方の太平洋沿岸では、GPS と音響測距を組み合わせた海底測位システムの実用化が進み、海域において地殻変動の検出が可能となりつつある。

(現段階における予知研究の到達度)

地震発生直前に警報を出せるような精度で行う地震の予知(直前予知)は、一定の場合に可能と考えられる想定東海地震を除き、現時点では、プレート境界地震と内陸地震とを問わず、一般には困難である。これは、地震発生の直前過程で出現する大地震の様々な前兆現象は、出現しない場合を含めて、出現形態が複雑多岐であるため、前兆現象を確実に捕捉することによって直前予知を行うという戦略には限界があるからである。第2次新計画では、第1次新計画に引き続き、前兆現象に依拠した経験的な地震予知という手法ではなく、II章で述べたアプローチを採ることによって、防災対策等への社会貢献を行いつつ地震予知の実現に着実に近づけるとした。すなわち、地震発生に至る全過程を理解することにより、その最終段階で発現が予想される現象の理解を通して、来るべき地震の場所と規模の他、対象とする地点の揺れ方などの地震像を総合的に評価し、発生時期の予測精度を徐々に向上させる戦略である。その結果、プレート境界地震の地震像と発生予測のための基本原理についての知見が蓄積され、過去のプレート境界巨大地震の発生系列の特徴を再現できる物理モデルを作り得る段階に到達した。しかし、物理モデルに基づく地殻活動の将来予測については、研究が緒に就いたばかりであり、今後の継続した努力が必要であ

る。内陸地震については、その発生機構のモデル化が始まったところである。

#### (成果の社会への貢献)

第2次新計画の成果は、震災軽減に関する社会的要請に応えた。推進本部地震調査委員会の評価に関して、2003年十勝沖地震が想定されていた地震であるとの評価を行った際や、2005年(平成17年)宮城県沖の地震は、想定されていた地震の震源域の一部だけが破壊した地震であり、地震調査委員会が想定している地震ではないと評価した際に、プレート境界のアスペリティに関する研究成果が活用された。また、2004年新潟県中越地震の余震活動が異常に活発であった原因についての評価でも、第2次新計画によって明らかにされた震源域の不均質構造に関する成果が利用された。

推進本部政策委員会が行った海溝型地震の調査観測計画や、重点的調査観測計画の策定に、第1次及び第2次新計画の成果が寄与した。例えば、プレート境界結合状態の研究計画を立案するために、アスペリティに関する知見が本質的な役割を果たした。

東海地方で検出された長期的ゆっくり滑りや、東海地方から西南日本で発生する短期的ゆっくり滑り及び深部低周波微動・地震が、想定東海地震の発生にどのような影響があるのかをより深く理解するためには、第2次新計画の結果が不可欠である。この意味で、第2次新計画の成果は、地震防災対策強化地域判定会委員打ち合わせ会での審議に貢献し、東海地震予測精度の向上に寄与している。

その他、第1次及び第2次新計画によって得られたプレート境界の結合状態に関する知見は、東海地震、東南海・南海地震、日本海溝・千島海溝における地震、首都直下地震に関する中央防災会議の各専門調査会等の審議や、自治体の防災対策策定に貢献した。

#### (成果の関連学界への貢献)

第2次新計画の成果は、国内外の地震学等の地球科学全体の進展にも大きく貢献した。プレート境界での地震時の滑り分布と、地震間の固着や滑りに関する知見に基づくアスペリティモデルは、プレートの沈み込み等に関する研究に大きな影響を与えた。これらの研究には、古い地震の記録の再解析等に基づくデータベースの整備が不可欠であり、第1次及び第2次新計画によって整備されたデータベースは、地震学の広い分野で利用され、広く関連の地球科学の発展に寄与している。日本全体に整備された基盤的調査観測網と地震予知計画によって整備された地域的な観測網のデータを用いた地殻・マンツルの構造や変形に関する知見は、日本列島の形成過程やプレートの動態に関する研究に基本的な知識を提供した。特に、世界に先駆けて西南日本で発見された低周波微動と非定常的ゆっくり滑りの研究は、カナダの西海岸やアラスカ等の他の沈み込み帯でも類似の現象がみつきり、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した。また、地震発生の素過程の理解を目指した研究の成果は、岩石力学分野の進展に大きく寄与し、さらに、強震動の生成に関する研究は、震源断層での破壊過程と強震動の関係を明らかにして、強震動予測の研究に寄与した。これらの成果は、我が国の学界のみならず、世界的にみても高く評価され、多くの研究成果が、地球惑星科学関連の複数の学会の各種の賞や科学技術分野の文部科学大臣表彰等を受けた。

(計画を推進するための体制)

第2次新計画を推進するための体制については、調査観測研究面で大学及び関係機関がそれぞれの役割を分担しつつ、協力・連携を図ってきた。本計画では、地震予知の実現という目標に向かって、広域で長期にわたって行われる業務的な観測と、多くの基礎研究の積み重ねによる観測研究の緊密な連携が重要であり、そのために新たな観測研究計画を効果的に推進するための体制として、平成16年4月に、地震部会の下に観測研究推進委員会が設置された。この結果、(1) 計画の進捗状況の把握、(2) 計画の達成度の評価、(3) 計画の実施に関する問題点と今後の課題の整理、(4) 各機関の実行計画に関する情報交換及び協力・連携方策の検討が、常時行われることになった。

地震予知連絡会は、大学及び関係機関の委員による地震予知研究に関する情報交換や学術的に深く掘り下げた意見交換を定期的に行っており、第2次新計画の推進に貢献している。定期的かつ組織的に行われる地震予知連絡会での議論は重要であり、今後とも継続する必要がある。学術的な意見交換は、新しい学術成果を地震防災に役立たせるためにも重要な役割を果たしている。

大学においては、全国共同利用研究所と各大学の地域センター等で構成される地震予知研究協議会と火山噴火予知研究協議会が中心となって、国立大学法人の関係部局間で研究協力協定を結び、連携を強化した。平成18年に、地震予知研究協議会は、火山噴火予知研究との連携を強化するために地震・火山噴火予知研究協議会に改組された。同協議会の企画部と計画推進部会が中心となって研究計画の立案、成果の取りまとめなどが行われている。また、同協議会は、外部評価委員会を設置して、平成18年12月に評価を受け、地震・火山噴火予知研究を大学間で組織的に連携して推進していることについて高く評価された。

### 3. 今後の展望

第2次新計画では、前兆現象に依拠した経験的な地震予知の実用化ではなく、第1次新計画に引き続き、地震発生に至る地殻活動の理解、モデル化、モニタリングを総合化したものとして、「総合予測システム」を構築し、「地震がいつ、どこで、どの程度の規模で発生するか」を定量的に予測することを地震予知研究の目標とした。同時に、来るべき地震の場所と規模の他、対象とする地点の揺れ方などの地震像を評価し、発生時期の予測精度を徐々に向上させることで防災対策等への社会貢献を行いつつ地震予知の実現に着実に近づくとした。今後もこうした方針を進めるべきである。

地震発生に至る地殻活動の解明のための研究が進展し、プレート境界地震については、観測的研究によって明らかになった地震発生系列の特徴が、理論モデルによって再現できるようになってきた。モデルを高度化して、将来の活動を予測することのできる数値モデル(予測シミュレーションモデル)の開発を進めるためには、プレート境界で発生する様々な滑りの実体を明らかにして、プレート間の滑りの動力学をモデル化することが重要であるが、さらに、滑りのデータをモデルに同化し、地震発生の可能性を評価することを現実の課題とすべきである。内陸の地震発生の準備過程についても数値モデルの開発を進める必要がある。

このためには、引き続きプレート境界のアスペリティの実体解明に努めるほか、第2次新計画によって発見されたプレート境界の地震発生領域より下部で発生する短期的ゆっくり滑りの性質を解明する必要がある。また、内陸の地震発生準備過程のモデル化のためには、地殻内流体の実体解明に努める必要がある。さらに、プレート境界の動態を理解するためには、沈み込むプレート内で発生する地震（スラブ内地震）の理解が重要である。一方、2004年のインドネシア・スマトラ島沖大地震のような、アスペリティが非常に広域に連動破壊する巨大地震を、我が国のプレート境界でも考慮する必要がある。

#### （プレート境界地震）

プレート境界地震の発生予測には、特に、以下に指摘する問題の解明が急がれる。

##### （1）アスペリティの実体と相互作用

第1次新計画に引き続いて、アスペリティの空間スケールの把握と、プレート間固着を支配する要因（境界面の形状、境界付近の物質、温度、間隙圧、流体分布等）の解明に基づき、アスペリティの実体解明を進める必要がある。アスペリティモデルによると、地震の規模は、幾つかのアスペリティがどのように連動するかによって依存する。その解明には、アスペリティの相互作用に関する実験的な研究や数値シミュレーションによる理論的研究が必要である。

##### （2）非地震性滑りの時間変化

定常的な滑りのほかに明らかになった非定常的なゆっくりとした滑りの規模や発生間隔が、大地震の前にどのように変化するかを観測的・実験的・理論的に解明することが重要である。滑りのモニタリングのために、測地学的な手法のほかに、低周波微動・地震や、相似地震（小繰り返し地震）を用いる手法を更に高度化する必要がある。直前過程の理解と、直前予知のために、震源域の深部延長における非地震性滑りの加速の検出が重要な課題となる。

##### （3）中小の地震活動とプレート間滑りの関係

中小の地震活動は、比較的発生数が多いため応力場の変化を敏感に反映することが知られている。例えば、2003年十勝沖地震では、検知可能な前駆的滑りは発生しなかったが、中期的にみると、やや広域の地震活動には明瞭な変化（静穏化領域と活発化領域）が出現した。プレート間の固着・滑りによる地殻内の応力変化とプレート内の地震活動の関係を解明し、プレート境界と地殻内の応力変化を把握する新たな手法を開発することは、プレート境界地震の中期的発生予測のために重要である。

#### （内陸地震）

我が国の内陸地震は、プレート境界の地震に比べて規模が小さく繰り返し間隔が長い。また、プレート境界のような明瞭な弱面が存在しないため、応力集中過程の理解が難しい。したがって、特に、以下に指摘する問題の解明が急がれる。

##### （1）歪集中帯の成因の解明と定量的なモデル化

内陸地震についても、プレート境界のアスペリティモデルに対応する、応力集中過程のモデル化を進める必要がある。そのために、GPS観測網によって明らかにされた日本列島の広域歪分布から、新潟－神戸歪集中帯のように歪速度の大きな領域を抽出し、集中的観

測によってその実体を明らかにすることが、今後とも重要である。さらに、地殻・マントルの非弾性変形によって広域の応力が震源断層へ集中する機構を定量的な数値モデルに基づいて理解する必要がある。

## (2) 地殻内流体

地殻内の流体は、脆性-延性特性を変化させるので、非弾性歪を集中させる機構を理解するために流体の分布を明らかにすることは重要である。流体の存在を示すと考えられている、地震波速度の小さい領域と電気比抵抗の小さい領域は、概ね一致している。しかし、詳細に見ると両者は異なっていることも多いので、両者の違いがデータ解析上の見かけの違いか、本質的な違いかを明らかにする必要がある。地球物理学的・物質科学的手法を総合して、地殻内流体の実体解明と変形機構のモデル化を早急に行う必要がある。

### (地震発生確率の高い地域での研究)

地震発生の可能性を評価する研究結果の妥当性を検証するためには、地震発生サイクル全体のデータが必要であり、特に、直前過程の観測データが不可欠である。しかし、再来間隔は、比較的短いプレート境界大地震でも 100 年程度、内陸の大地震の場合には 1,000 年程度と考えられているので、特定の地震に注目して地震発生に至る全過程を観測することは、一般に難しい。そこで、地震発生サイクルの種々の段階にあると考えられる多くの地震を、日本列島の代表的地域や、世界の様々な地学的環境にある地域で調査研究することによって、大地震の発生サイクルの一般性を抽出する戦略が必要である。特に、地震発生の準備過程に比べて、直前過程のデータが不足している点に考慮すべきである。したがって、発生確率の高いと評価された地震については、直前過程の解明を目指した研究を強化すべきである。とりわけ、宮城県沖などでは地震発生確率が高いと評価されていることを考えると、こうした地域で地震発生に至る地殻活動を高い精度でモニターすることが直前過程の解明のために重要である。その他、プレート境界地震の発生確率の高い東海・東南海・南海地震の震源域での地殻活動のモニタリングは、重要な課題となる。さらに、大地震の発生直後の応力の再配分・解放過程を理解する研究の準備をする必要がある。

### (前駆的滑りの検知)

直前予知のためには地震発生直前の前駆的滑り（前兆滑り）を検知することが重要である。しかし、例えば 2003 年（平成 15 年）十勝沖地震（M8.0）のように、前駆的滑りが現在の地殻変動観測で検知できない場合もあり、前駆的滑りの把握は一般には難しい。したがって、直前予知のためには、前駆的滑りを含めてプレート境界の固着状態の変化を把握する方法について、技術開発を更に進める必要がある。アスペリティ周辺の非地震性滑りの時空間変化を高精度で検知するためには、陸上での地殻変動観測だけでは限界があり、海域における地殻変動観測の充実と高度化を図る必要がある。さらに、プレート境界の滑りの加速を推定することによって前駆的滑りを検知する試みだけでなく、例えば、制御震源や自然地震を用いて、プレート境界を透過・反射する地震波からプレート間固着の時間変化をモニターする手法等、プレート境界の固着状態を直接推定する方法を野外においても試みることが重要である。

#### (予測シミュレーションの推進)

地震予知のための新たな観測研究の目標である「地震発生に至る過程を把握、理解し、その過程をモニターしつつ、地震発生準備過程のモデル化との連携による総合的地震発生予測システムを構築する」という観点からは、現時点では、観測研究の成果を取り込んだ総合的地震発生予測システムの構築には至っていない。観測で得られる地殻活動データを利用して、プレート境界面の摩擦パラメータやプレート境界の滑り等を推定し、予測シミュレーションのモデルパラメータや初期条件等を精度良く決定する手法、また、シミュレーションによる予測と観測とを比較することによりモデルを逐次的に修正するための手法を開発する必要がある。同時に、このような複雑な総合的な予測シミュレーションは、モデルパラメータの数が非常に多く、安定した予測結果を得ることが難しいという面もあることを考慮して、大局的な地殻活動の推移を概括的に把握するためのより単純なモデルを構築することも今後の課題である。

#### (モニタリングとデータベースの構築)

予測シミュレーションの精度を向上させるには、プレート境界などの断層面における現在の滑りと固着の状態及び地殻やプレート内の応力状態等を広域かつ高密度で把握する必要がある。このためには、プレート境界の摩擦・破壊構成則パラメータや応力に関する研究を一層進め、モニタリングによって得られた地殻活動のデータを予測シミュレーションモデルに同化する手法を開発することが重要である。また、予測シミュレーションを現実のものとするためには、実時間で得られる膨大な量の観測データと、過去に蓄積された基本となる観測データを統合して、予測に利用できるシステムを作る必要がある。このための、技術開発と体制の整備が必要である。

#### (新たな観測・実験技術の開発)

プレート境界域における地震発生に至る過程を高精度で観測するためには、海底諸観測技術の開発と一層の高度化を進める必要がある。特に、プレート境界の固着状態をモニターする技術の開発は、地震発生の直前過程を解明するためにも重要な課題である。

#### (関係機関の連携強化)

本計画の組織的な推進を図るために平成 16 年度に設置された観測研究計画推進委員会は、年次計画と年度毎の成果の取りまとめを実施し、本計画の進展に貢献した。今後とも、観測研究計画推進委員会の活動を発展させて、観測業務機関と研究機関の連携を図りつつ、計画全体を組織的に推進し、達成度を評価する体制を強化していくことが重要である。また、地震予知連絡会では、大学及び関係機関の委員によって地震予知研究に関する観測・研究情報を交換し、学術的に深く掘り下げた意見交換を、今後とも行っていく必要がある。

#### (国立大学法人の連携強化と観測体制整備)

国立大学が法人化したことにより、各大学の独自性が強まり競争的な研究環境となり、ボトムアップ型の基礎研究が活性化する可能性が広がった。一方、地震予知のための観測研究の推進のためには、これまでと同様、各大学及び観測・研究機関の連携・協力は必須

である。各大学の地震予知関連観測研究センターは、各機関における研究の独自性を活かしつつ、地震予知のための新たな観測研究を推進する全国的組織の一部として位置付ける必要がある。さらに、火山噴火予知研究との連携の強化も重要である。その意味で、全国共同利用研究所の役割はこれまで以上に重要なものとなる。このような考えに基づいて、大学の地震予知研究協議会が地震・火山噴火予知研究協議会に改組され、地震予知研究と火山噴火予知研究の一層の連携強化が図られた。今後は、同協議会の機能の継続、発展が期待される。また、同協議会の活動を通じて、大学の観測設備の機能維持・拡充のために、老朽化した設備、例えば、機動的な地震観測に必要な衛星テレメータ装置等の更新を図る必要がある。

#### （人材の育成）

地震予知のための観測研究では、長期間にわたって、観測研究と観測業務を推進して行くことが必要であり、大学及び関係機関は後継研究者と技術者の育成を行いながら計画を推進して行くことが重要である。特に、各大学の地震予知関連観測研究センターは、法人化後に各機関における教育・人材養成という機能を確保しつつ、全国的な地震予知観測研究計画の中での人材育成機関として位置付ける必要がある。

#### （推進本部の施策の中での位置付け）

推進本部の発足により、国として地震防災に必要な地震調査研究は、推進本部の方針の下に一元的に行われている。今後とも、地震予知のための観測研究が地震防災に必要な地震調査研究の中に適切に位置付けられることを期待する。

さらに、地震予知のための観測研究の成果を同本部の政策立案、地震評価に組織的に活用する仕組みや、推進本部による成果を社会に還元する仕組みを活用して、観測研究の成果を広く社会に知らせる方策についても検討することが重要である。大学の高感度地震観測網については、基盤的調査観測計画との調和を図りつつ、大学が本来担うべき研究的な機動観測へ一層重点を移す方策について検討が必要である。

#### （学術研究としての観測研究）

地震予知のための観測研究計画の立案にあたっては、研究者の自由な発想に基づいて議論され、測地学分科会によってまとめられており、今後とも、推進本部が進める地震調査研究と調和を図りつつ、地震予知の実現を目指した学術研究としても組織的かつ継続的に実施していく必要がある。



## 〔用 語 集〕

### アスペリティ

プレート境界や断層面において、普段は強く固着していて、地震時に大きく滑って大振幅の地震波を放出する領域のこと。

### アムールプレート

バイカル湖付近を北西縁、スタノボイ山脈を北縁、中部日本を東縁とするマイクロプレート（小さなプレート）として提唱されている。もとはユーラシアプレートの東端の一部と考えられていた。

### 一元化处理

地震調査研究推進本部の「地震に関する基盤的調査観測計画」（平成9年8月）に基づき、気象庁は、文部科学省と協力して、自らの地震観測データに加え、防災科学技術研究所や大学等のデータをリアルタイムで収集し、震源の決定等の処理を一元的に行っている。この処理は一元化处理と呼ばれ、また、一元化处理により決定された震源は一元化震源と呼ばれる。

### 異方性

一般には方向によって物性が異なることを言うが、ここでは地震波速度の異方性のこと。振動方向や伝播方向によって地震波の伝播速度が異なること。

### インテリジェント型歪計

CPU や記憶メモリーを組み込んだ自動計測型のボアホール歪計。この開発によりボアホール利用の歪計測が高精度化しかつ容易にできるようになった。

### 応 力

物体内部での力のかかり具合を示す。物体内部に考えた仮想的な面を通して及ぼされる単位面積あたりの力。震源域の応力が破壊強度より高くなったときに地震が発生すると考えられている。三次元媒質中の任意の応力状態は互いに直交する三つの軸に平行な圧縮と引っ張りで表すことができるが、この三つの軸を応力の主軸と呼ぶ。

### オーバーコアリング法

最初に開けたボーリング孔の外側を同心円状に削孔して周囲の応力を解放し、そのときの歪変化などから応力を推定する方法。

### オホーツクプレート

アムールプレートを導入した場合に日本海東縁の収束速度を説明するために提唱されたマイクロプレート。東北日本、北海道、オホーツク海が属していると考えられている。

## 海底基準点

GPS－音響測距結合方式の海底地殻変動観測により決められる海底の位置基準点。GPS－音響測距結合方式を参照。

## 活褶曲（かつしゅうきよく）

地質時代でいう第四紀後期（数十万年前～現在）に成長し、現在も活動的であると考えられる褶曲（地層が波状に変形する現象）。

## 活断層

地質時代でいう第四紀後期（数十万年前～現在）に繰り返し地震を発生させ地表近傍まで食い違いを生じてきた断層で、今後も同様の地震を発生させると考えられる断層。

## 間隙流体（水）圧

土や岩石中の空隙を占めている流体（水）の圧力。

## 乾式破砕法

流体を使わずにボアホール孔壁に亀裂を作成し、生成後に亀裂を再開口するのに必要な力をボアホールジャッキ式応力測定プローブ（機械的な圧力測定装置）により計測することで地殻絶対応力を推定する手法。流体の挙動に起因する水圧破砕法の問題点が克服できると期待されている。

## キネマティックGPS

GPSによる相対測位の一種で、搬送波位相を用いて移動体の位置を測定する技術。

## 規模別頻度分布

地震の規模（マグニチュード  $M$ ）ごとの地震の発生度数  $n(M)$  の分布。通常は、グーテンベルグ・リヒターの式  $\log n(M) = a - bM$ （ $a$ 、 $b$  は定数）に従うことが知られている。 $b$  は 0.7～1.0 程度の値。

## 境界積分方程式法

境界面（たとえば断層面）を離散化し、それぞれの境界要素での応力や変位等が物理法則（弾性体力学、摩擦・破壊構成則）を満足する解を数値的に得るための数値解法。

## 強度回復過程

地震が発生したときに低下した断層の摩擦強度が、時間とともに回復していく（高まっていく）過程。

## ケーブル式海底地震計

海底での地震観測を行う一方式で、複数の地震計を海底ケーブルでつなぐ。地震計からのデータは海底ケーブルにより陸上局まで伝送され、リアルタイムのデータ取得ができる。

## 広帯域地磁気地電流（広帯域-MT）観測

数百 Hz～数千秒帯域の自然電磁源を用いた比抵抗探査法。地磁気地電流（MT）観測を参照。

## 固着域

プレート境界上で、注目している期間において、二つのプレートが堅固にくっついている領域のこと。

## 地震発生サイクル

地震発生後、断層面の強度が回復するとともに、プレート運動などによる広域応力により再び歪エネルギーが蓄積され、次の地震が発生するまでの一連の過程。

## 地震波伝達関数

地下の微小な断層で地震が発生した場合に、ある点で観測される地震波。断層面が大きい大地震からの地震波は地震波伝達関数を重ね合わせるにより表現することができる。

## 地震モーメント（モーメント）

地震の破壊域の面積と滑り量の積に比例する量で地震の規模を表す。単にモーメントと呼ぶこともある。また、地震波を放射しないゆっくり滑りの規模を表すときにも用いる。

## シナリオ地震

地震動の評価などのために、断層破壊域の大きさ、滑り量、破壊伝播過程などをもっともらしく仮定した仮想の地震。

## シミュレーション

実際の事象を、その事象を支配している法則に基づいてほぼ同様となるように組み立てた模擬空間で再現試行すること。コンピュータを用いた数値シミュレーションを指すことが多い。本計画では、強震動や地震発生サイクル等のシミュレーションが行われた。

## 蛇紋岩

かんらん岩(上部マントルの主要な岩石)が水を含んで変成した岩石。強度が小さく変形しやすいため、非地震性滑りの原因とも考えられている。低温型（クリソタイル、リザーダイト）と高温型（アンチゴライト）がある。

## 状態空間モデル

過去の履歴を現在の先験情報としてデータとともに用い、値を逐次推定する統計的手法。

## シュードタキライト（摩擦溶融岩）

断層運動などに伴う摩擦熱により断層の周囲の岩石が融解・急冷されて生成したと考えられている断層岩。

## 震源核

地震が発生する前に断層面上で準静的に成長すると考えられている地震の種（たね）。外的な力の増大とともに滑りが進行し応力が低下している領域。ある臨界状態に達すると成長が加速し、動的破壊、すなわち地震発生に至る。「破壊核」とも呼ばれる。

## 水圧破砕法

応力を推定する手法の一つ。ボアホールの任意の深さより浅い部分と深い部分を遮蔽し、水圧をかけて引張亀裂を造成した後、その再開口や閉塞条件から地殻応力を推定する。水圧破砕法では、地表で計測された流量や水圧に基づいて亀裂開口の検出を行うが、これは困難との指摘がある。すべての装置をダウンホールに設置し、加圧系の剛性を高め、亀裂開口時の水圧を精度良く推定できるように改良した手法が高剛性水圧破砕法。

## スケーリング（則）

現象の規模によって、物理量などがどのように変わるかを記述する法則。たとえば、断層の長さや滑り量が地震の規模にどのように依存するかを記述する法則。

## 滑り欠損

プレートの相対的平均速度から期待される相対変位量から実際の相対変位量を引いた値。

## 制御震源

地殻構造等を調べる目的で地震波を人工的に発生させる装置。爆薬や、水中に圧縮空気を放出するエアガンなどがある。

## 精密制御定常震源システム（ACROSS）

精密に制御した地震波や電磁波を連続的に地下に送り、戻ってきた信号の変動によって地下構造の変動をとらえるために開発されたシステム。岩盤中の割れ目の開閉や流体の移動に敏感であると考えられている。

## セグメント

活断層は常にその全長にわたって破壊されるわけではなく、いくつかの区間に分かれて活動するが、それぞれの区間をセグメントという。

## 絶対重力計

絶対重力とは、基準点からの重力差（相対重力）と対をなす概念で、観測点における重力加速度そのものを指す。現在の絶対重力計は、真空中でコーナークューブなどの反射鏡からなる物体を、投げ上げもしくは自由落下により重力場の中で鉛直運動させて、加速度を計測する。測定精度・確度とも1マイクロガル（地上重力値の10億分の1）程度である。

## 全磁力

地球磁場ベクトルの絶対値。磁場の観測量として、その長期的安定性が最も高い。磁気を帯びた鉱物の帯磁は、温度や応力によって変化するので、全磁力の変化は地下の温度、応力状態の変動を示唆する。

## 前駆的滑り

地震の発生に先行する非地震性の滑り。前兆滑りともいう。

## 走査型震源決定法

仮想震源からの理論走時を考慮して地震波を重ね合わせ、観測データを最もよく説明する震源を決める方法。初動の到達時刻を読みにくい深部低周波地震の震源決定などに有効。

## 相似地震

互いに波形がよく似ている地震群のこと。ここでは、波形の相似性が極めて高い地震群のみについて「相似地震」と呼んでいる。このような地震群は、ほぼ同一の震源域で繰り返し発生したと考えられており、「小繰り返し地震」とも呼ばれる。

## ソナー

超音波の発射信号と反射信号との位相差を測定することにより、反射体との間の距離（変化）を精密に測定する機器。水中では光が届きにくいためレーザー計測の代替手段として使われることが多いが、同距離を測定した場合、光に比べて波長が長く水中の屈折率も大きいため光に比べて誤差が大きい。

## 地殻活動

地震のほか、火山活動、断層の滑りや媒質の応力変化などを含めた地殻内での地学現象全般。

## 地磁気地電流 (MT) 観測

自然電磁源を用いた比抵抗探査法の一つ。地表で電場と磁場の測定を行い、電磁場間の周波数応答関数より地下の比抵抗分布を推定する。低周波（長周期）ほど、より深い構造が得られる。観測する周波数帯域によって、広帯域地磁気地電流（広帯域 MT）観測（数百 Hz～数千秒：地殻から最上部マントルを対象）、超低周波地磁気地電流（ULF-MT）観測（数秒～数万秒：中部地殻から上部マントルを対象）などと分類される。また、電場測定において通信回線網を用いて長期長基線観測を行い、広域深部構造を推定する方法として、通信回線網地磁気地電流（ネットワーク MT）観測がある。

## 地球シミュレータ

海洋研究開発機構のベクトル型並列スーパーコンピュータで、平成 14 年の運用開始から 2 年半にわたって世界最速の計算機と認定されていた。現在でも、大気海洋や地震における複雑な問題の数値シミュレーションでの実効性能の高さは、世界のトップクラスである。多数の計算を同時に行うことができるベクトル型プロセッサを 5,120 個内蔵している。

## 注水試験（注水実験）

地下に圧力をかけて水を注入して人工的な擾乱を与えることによる様々な変化を計測する実験。地下の岩石の透水係数や、水の注入によって引き起こされる微小地震、比抵抗変化を計測する。

## 超低周波地磁気地電流 (ULF-MT) 観測

超低周波（数秒～数万秒）自然電磁源を用いた比抵抗探査法。地磁気地電流（MT）観測を参照。

## 超低周波地震

地震の規模の割に低周波の地震波が卓越し、短周期地震波をほとんど放射しない地震。南海トラフ沿いの浅部で発生するものがよく知られている。

## 通信回線網地磁気地電流（ネットワーク MT）観測

自然電磁源を用いた比抵抗探査法の一つ。通信回線網に用いられている金属の通信線を利用して、長期長基線電場観測を行う。地磁気地電流（MT）観測を参照。

## 津波堆積物

津波によって運ばれた砂や礫などが堆積したもの。これを調べることにより、過去の津波の年代や規模を推定することができる。

## 低周波地震

地震波の低周波成分が卓越し、高周波成分の地震波が相対的に少ない地震のこと。ここでは特に陸域の地殻深部やマントル最上部付近で発生する地震を指す。

## 低周波微動

地下深部において、微小地震と同程度の振幅だが通常の微小地震より低周波の地震波が、長い時間にわたって放出される現象のこと。継続時間は数分から長くとも1時間程度であることが多い。低周波微小地震と似た現象だが、波の始まりが不明瞭でかつ長時間継続することが異なる。

## 定常散乱体干渉合成開口レーダー (PSInSAR)

SAR を参照。

## 電子基準点

国土地理院が全国に展開している、GPS 衛星からの電波を受信する観測点のこと。受信アンテナ、受信機、テレメータ装置などが配備されている。GEONET を参照。

## 同化 (データ同化)

複雑な現象の高精度予測のために、数値シミュレーションの結果として得られる物理量が観測データをなるべく再現できるように、適切な初期値や境界値、各種パラメータを推定すること。

## 撓曲 (とうきょく)

地中の断層によるずれが、その上の柔らかな地層をたわませてできた構造。

## 透水係数

岩石などの水の通しやすさを表わす係数。単位断面積を単位時間に通過する流量と水圧勾配の比として定義される。

## トモグラフィー

地下の二次元または三次元構造を求める手法。地震波速度や減衰構造の推定によく用いられる。医学の分野において、X線や超音波で身体の二次元断面を求めるための手法が、地球物理学に応用されたもの。

## トレンチ調査

断層面を横切る方向に細長い溝を掘り、断面を観察して断層のずれ方や地層の年代を測定し、断層の動いた年代や周囲の環境を調べる調査。

## 新潟－神戸構造帯

新潟から神戸にかけての歪速度が大きな領域。GPS 観測によって明らかになった。

## 二重差 (DD) トモグラフィー

近接する地震の走時の差を利用することにより、震源域周辺の地震波速度構造を高精度で推定する手法。

## 粘弾性

物質に加える力と変形量が時間に依存せず一対一に対応する弾性的性質と、力を加えると時間とともに変形が進行する粘性的性質とを併せ持つ性質。地下深部の高温下の岩石は粘弾性的性質をもつと考えられている。

## 発震機構（解）

地震の起こり方を意味するが、地震波の放射パターンなどから求められる震源断層の走向、傾斜角、滑り角を指す場合が多い。断層にはたらいっていた力の方向を知る手がかりになる。

## 非地震性滑り

断層やプレート境界における、地震波を放出しないゆっくりとした滑り。

## 比抵抗

単位断面積、単位長さあたりの電気抵抗値。電気伝導度の逆数。

## 付加体

海溝で海洋プレートが沈み込む際に、沈み込むことができなかつたプレート上の堆積物等が、上盤プレートの先端に押し付けられてできた地層。

## 不均質構造

地球内部の物性定数が、空間的に均質ではない状態（構造）。例えば、組成の違いや空隙の分布状態、流体の含有などによって、物性定数が変化する。応力場も不均一になり、特定の場所に応力集中が生じる可能性がある。

## フリーエア重力異常

任意の高さの観測点で測定した重力をジオイド（平均海水面と一致する重力の等ポテンシャル面）での値に換算した補正值と標準値との差。

## プレート

地球表面は、地殻と十分に冷却して固くなっている最上部マントルとを合わせた、厚さ 100km 程度の固い岩石の層で覆われている。この固い岩石の層は、いくつかのブロックに分割されている。それぞれの板状（球殻状）のブロックをプレートという。

## プロトン磁力計

プロトン（水素原子核）の振動の磁場に対する応答を利用して全磁力を測定するための装置。



## 平均散逸スペクトル法

複雑な挙動を示す時系列データも定常状態では、その時間発展を記述する運動方程式は、ランダムな動の部分（揺動項）と力学的な静の部分（散逸項）に分けられる。この手法は、時系列の定常性を検定し、ある一定区間の平均的な散逸項を求めることで、その時系列データの周波数構造を推定するものである。

## 変換波

地震波速度の境界面でP波からS波またはS波からP波に変換された波。変換波を解析することにより境界面の位置を推定することができる。

## ポアソン比

弾性体のある方向に圧縮すると、圧縮方向に縮むとともに、圧縮軸と直交する方向に伸びる。このときの伸びと縮みの変形量の比をポアソン比という。

## ボアホール

地下深部の情報を取得するために掘削される円筒状の穴。直径は10～20cm程度のものが多いが、深いほど大きくするのが普通である。ボアホールは地下深部の岩石のサンプル（コアサンプル）を取得する目的の他、地下深部での地震計や歪計、傾斜計などの計測機器の設置、地下水・応力測定などに利用される。

## 放射特性

震源から放射される地震波の強さは、断層面や滑りの方向と地震波が伝播する方向との関係で決まるが、地震波の強さの方向依存性を放射特性という。

## マイケルソン干渉計

異なる光路を通ってきた光を重ね合わせた干渉縞を調べることにより、微小な距離変化を計測する装置。

## 摩擦・破壊構成則

岩石の破壊強度や断層面上の摩擦を滑り変位や滑り速度などの関数として記述したもの。

## 面内せん断

二次元媒質中のせん断（ずれ）破壊の問題で、滑りの方向と破壊伝播の方向が一致するようなせん断。滑りの方向と破壊伝播の方向が直交する場合は面外せん断という。

## ゆっくり滑り

地震波を放射しない、断層面やプレート境界面でのゆっくりとした滑り。ここでは、継続時間が数か月以上のものを長期的ゆっくり滑り、それ以下のものを短期的ゆっくり滑りと呼ぶ。

## 余効滑り

地震のあとに震源域あるいはその周囲で発生するゆっくり滑り。

## 陸域観測技術衛星 (ALOS/だいち)

地図作成、災害状況把握、資源探査等を主目的とし、2006年1月に打ち上げられた国産衛星。地殻変動検出に適するLバンド(波長23.6cm)のSARセンサー及び2種の光学系センサーを搭載する。

## リモートセンシング

遠隔観測手法の総称。様々な波長の電波や光を用いて、対象物の地形、温度、物質などを測定する。人工衛星や航空機から測定することによって広い範囲を速く測定できる。

## レーザー計測式距離変化計

レーザー光の照射光と反射光との干渉縞を計測することにより反射体との間の距離変化を精密に測定する測器。可視光の波の干渉を使うため波の波長程度までの微小な距離変化を検出できる。しかし、水中では透過率は低く長距離の計測は難しい。

## b 値

規模別頻度分布を参照。

## CMT (セントロイドモーメントテンソル)

CMT (Centroid Moment Tensor) の略。地震波形データを用いて、震源過程全体を時空間の1点で代表させた場合のその位置、発震機構などを求めること。

## DGPS局

GPSのコードを用いた相対測位方式であるDGPS (Differential GPS) を実施するために設けられた基地局のこと。DGPS局から発信される補正信号によって、観測局ではリアルタイムに1~2mの測位精度が得られる。日本では海上保安庁やFM局による日本全国のDGPS局網がある。

## ENVISAT衛星

ヨーロッパ宇宙機関 (ESA) によって2002年に打ち上げられた地球観測衛星。地殻変動や地形を観測できる合成開口レーダー (ASAR) を始めとして、大気・海洋・陸域を観測する複数のセンサーが搭載されている。

## F-net

防災科学技術研究所が日本全国約70か所に整備した広帯域地震観測網。奥行き50m程度の横坑の最奥部に、固有周期約120秒または360秒の3成分広帯域速度型地震計、及び3成分速度型強震計が設置されており、連続データのリアルタイム収集が行われている。

## GEONET

国土地理院が全国に展開している GPS 連続観測網。平成 18 年時点での観測点（電子基準点）数は 1,231 点。1 秒毎の GPS 観測データがほぼ全ての観測点からリアルタイムでつくば市にある中央局に送信されている。定常的に 3 時間毎及び 24 時間毎の各点の座標値を計算している。電子基準点を参照。

## GPS

汎地球測位システム（Global Positioning System）の略。地上高約 20,000km の高度を航行する GPS 衛星からの電波を地上で受信し、三次元的位置と時刻を正確に計測するシステム。地殻変動計測には干渉測位と呼ばれる搬送波位相を用いた相対測位法が用いられる。

## GPS－音響測距結合方式

海底の地殻変動を観測するための手法の一つ。海上の船舶やブイの位置を GPS によって精密に決定し、それらと海底に設置された基準点との間の距離を海中音波を用いて測定することにより、間接的に基準点の変動を推定する。

## Hi-net

防災科学技術研究所が日本全国約 800 か所に整備した高感度地震観測網。深さ 100m 程度の縦孔の底部に、固有周期約 1 秒の 3 成分高感度速度型地震計が設置され、連続データのリアルタイム収集が行われている。

## K-NET

防災科学技術研究所が日本全国約 1,000 か所に整備した強震観測網。地表に設置された 3 成分加速度型強震計は、計測震度計としての機能も有しており、地震発生時の波形データの収集が行われている。

## KiK-net

防災科学技術研究所が日本全国約 700 か所に整備した強震観測網。Hi-net に併設される形で、深さ 100m 程度の縦孔の底部と地表の両方に、3 成分加速度型強震計が設置され、地震発生時の波形データの収集が行われている。

## SAR

合成開口レーダー（Synthetic Aperture Radar）の略。人工衛星や航空機などに搭載されたレーダーの移動により大型アンテナと同等の高い分解能を実現したレーダーシステム。干渉 SAR（Interferometry SAR、InSAR）は、2 時期の観測データの差をとる（干渉させる）ことにより地表面の変動を詳細にとらえる手法である。PSInSAR（Permanent Scatterer InSAR）は、常に強いレーダー波反射を示す建造物などが複数の時期の観測データに存在する場合、それらを比較に用いることで変動を詳細に追跡する手法。

## **SLR**

人工衛星レーザー測距(Satellite Laser Ranging)の略。人工衛星に搭載した逆反射プリズム(コーナークューブ)に対して、地上基地局からレーザー・パルスを発射し、そのパルスの往復時間から衛星までの距離を1 cm 程度もしくはそれより良い精度で求める技術。

## **VLBI**

超長基線電波干渉計(Very Long Baseline Interferometer)の略。クエーサー(準恒星状天体)から放射される宇宙電波を数千 km 離れた複数の観測点で同時に受信し、その到達時間差から観測点間の距離や位置関係を測定する。

## **$V_p/V_s$**

P波とS波の伝播速度の比のこと。通常の岩石は、1.7~1.8 程度の値をとることが多い。岩石の鉱物組成、割れ目の量・形状、割れ目内の流体の性質等によってこの値が変化するため、地下の岩石や流体の状態・性質を調べるための有用な情報となる。

## **VSP 検層**

VSPはvertical seismic profileの略。掘削孔の様々な深さに地震計を置いて、地震波速度を計測することにより、地震波速度の深さ変化を調べる方法。

# 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）

## 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。

## 成果のポイント

### ① 研究成果

- ・ 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。
- ・ 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。
- ・ 東海から西南日本にかけての沈み込む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。
- ・ 内陸の地震発生機構について、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。

### ② 現段階における予知研究の到達度

- ・ 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。
- ・ 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。
- ・ 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。

# 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）【要旨】

（科学技術・学術審議会 測地学分科会）

平成19年1月15日

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）の推進について」（以下、「第2次新計画」という。）により、平成16～20年度までの5か年計画として推進されている。

世界有数の地震国である日本では、これまで多くの地震災害に見舞われており、昭和39年に当時の測地学審議会（現科学技術・学術審議会測地学分科会）が第1次地震予知計画として建議して以来、平成7年阪神・淡路大震災を契機とした計画当初からの全体的な見直しなども含め、5年ごとに計画の更新が行われている。

本分科会では、次期計画の策定に向けて、第2次新計画に係る観測研究の実施状況、成果を把握するとともに、今後の課題について以下のとおり取りまとめた。

## I 前書き

- 地震予知は国民の生命を守るという観点からは究極の対策であり、地震予知のための研究は地震調査研究推進本部（以下、「推進本部」という。）の総合的かつ基本的な施策にも当面推進すべき施策の一つとして位置付けられた。
- 第2次新計画では、プレート境界域における地震時の滑りと地震間の固着の他にゆっくりとした滑りが進行する様子を解明。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。
- 地震発生時期に関しては、過去のデータに基づく長期予測の段階にあり、プレート境界の摩擦構成則に基づいて地震発生を予測する研究は緒に就いたばかり。内陸地震については、定量的な数値モデルの構築には至っていないなど地震予知研究の課題は多い。
- 地震予知のための観測研究の成果は、推進本部の実施している地震発生長期評価、強震動評価の高度化を通じ、現時点においても社会の地震防災対策に貢献。

## II 基本的考え方

- 第2次新計画は、昭和40年度から実施された「地震予知計画」及び平成11年度から実施された「地震予知のための新たな観測研究計画」（第1次新計画）における基礎的研究の成果を積極的に評価し、新たな地震予知への展望を開くべく、平成16年度からの5か年計画として策定。
- 第1次新計画を引き継ぎ、「地震発生に至る全過程を理解することにより、その最終段階で発現が予想される現象の理解を通して、信頼性の高い地震発生予測への道筋を開くことを現実の課題とすべきである」ことを基本。地震発生に至る全過程の理解のための研究と、それに基づく地殻活動予測シミュレーションモデルとモニタリングシステムの開発研究を推進。

### Ⅲ 近年発生した地震に関する重要な研究成果

#### (プレート境界の地震)

- 2003年十勝沖地震、2005年宮城県沖の地震について、地震記録やGPSによる地殻変動記録の解析により、発生した地震とその後の変動を詳細に解明。プレート境界におけるアスペリティの繰り返し破壊を示すなど、アスペリティモデルの有効性を検証。
- これらとともに、推進本部地震調査委員会の評価において、発生確率が高いと想定していた場所で起きた地震。アスペリティモデルは、この2003年十勝沖地震については想定された地震であること、2005年の宮城県沖の地震については、震源域の一部だけが破壊した地震であり、想定された地震ではないことを裏付ける重要な根拠を提供。

#### (内陸の地震)

- 2004年新潟県中越地震を始めとする近年発生した内陸地殻内の地震に関して、地震発生直後からの集中的な観測により、震源断層の形状、滑り分布、断層周辺の地震波速度構造や比抵抗構造、活断層などの地質構造と震源断層の関係など、地震像の詳細を解明。

### Ⅳ 実施状況と成果

#### 1. 研究成果の概要

##### (地震発生に至る地殻活動解明のための観測研究の推進)

- 2003年十勝沖地震発生から2004年の釧路沖の地震発生に至る過程で、ゆっくり滑りの伝播による応力変化の地震発生への影響を確認。アスペリティモデルを用いた数値シミュレーションによる理論的な予想と調和的。GPSや相似地震による、ゆっくり滑りのモニタリングでは、基盤的地震観測網と基盤的GPS観測網の整備が大きく貢献。
- アスペリティモデルに基づく数値モデルにより、過去の巨大地震発生系列の特徴の再現に成功。地震間の固着・地震時の滑りと定常的なゆっくり滑りに加え、地震発生領域よりも深部のプレート境界での非定常的ゆっくり滑りの発見。これらの成果を利用した、プレート境界での滑り全般の定量的な数値モデル化への進展。
- 基盤的地震観測網の整備による、東海から西南日本にかけての沈み込む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・地震が同期して発生することを発見。これにより、測地学的手法以外の方法による、ゆっくり滑りの時空間的推移の高分解能把握を達成。
- 2004年のインドネシア・スマトラ島沖大地震のような、複数のアスペリティの広域連動破壊による巨大地震が、我が国のプレート境界でも過去に発生したことを発見。時間的に通常の地震発生サイクルを超えた長いサイクルを考慮することの重要性を確認。
- 内陸の地震発生に至る地殻活動については、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という地震発生モデルを提案。内陸の大地震発生に関する定量的数値モデル構築に向けて進展。

##### (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)

- 予測シミュレーションモデルの研究では、現実に近い摩擦・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シミュレーションが実現。他に、ゆっくり滑りの原因や地震発生領域よりも深部で発生する前駆的滑りを説明するモデル、及びプレート沈み込みに伴う応力場形成に関するモデル等で成果。

- 高感度地震観測網について、気象庁、防災科学技術研究所及び大学等のデータの一元化やデータ流通体制が確立。これにより、観測データのほぼ全てが全国どこからでも実時間で利用できるデータベース及びデータ利用システムを整備。歪集中帯における合同観測のような、大学等による研究的な機動観測の高度化。
- 東海地域では、気象庁等の歪等の観測網による非地震性滑りの即時的監視能力が高度化。短期的ゆっくり滑りを、ほぼ実時間で検出するなど、その活動推移の把握が実現。

#### (新たな観測・実験技術の開発)

- GPSと音響測距を組み合わせた海底測位により地殻変動検出を実現。

## 2. 現段階における予知研究の到達度

- 地震発生直前に警報を出せるような精度で行う地震の予知（直前予知）は、一定の場合に可能と考えられる想定東海地震を除き、現時点では、プレート境界地震と内陸地震とを問わず、一般には困難。
- 第2次新計画では、プレート境界地震の地震像と発生予測のための基本原理についての知見が蓄積され、過去のプレート境界巨大地震の発生系列の特徴を再現できる物理モデルを作り得る段階に到達。しかし、物理モデルに基づく地殻活動の将来予測では、研究が緒に就いたばかりであり、また、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。

## 3. 研究成果の社会への貢献

- プレート境界での地震時の滑り分布と地震間の固着や滑りに関する知見に基づくアスペリティモデルなどの本計画の研究成果は、推進本部における地震発生可能性の長期評価や調査観測計画の立案に活用されているほか、自治体での防災対策策定などに貢献。

## 4. 研究成果の関連学界への貢献

- アスペリティモデルは、プレートの沈み込み等に関する地球科学関連分野の研究に大きく貢献。
- 低周波地震・微動と非定常ゆっくり滑りの研究は、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。

## 5. 計画を推進するための体制

- 地震部会の下に本計画の実施機関によって構成される観測研究計画推進委員会を設け、計画の進捗状況の把握、達成度の評価等が行われ、関係機関の間の協力・連携が促進。
- 大学においては、地震予知研究協議会と火山噴火予知研究協議会が統合され、大学間の協力・連携が強化。地震予知研究と火山噴火予知研究との連携が強化。

## V 今後の展望

### (プレート境界地震)

- プレート境界地震の発生予測には、(1)アスペリティの実体と相互作用（アスペリティの空間スケールとプレート間固着を支配する要因、幾つかのアスペリティの連動性等）、(2)非地震性滑りの時間変化（規模や発生間隔が大地震の前にもどのように変化するか等）、(3)中小の地震活動とプレート間滑りの関係（プレート間の固着・滑りによる地殻内の応力変化とプレート内の地震活動の関係等）の解明が急務。



#### (内陸地震)

- 我が国の内陸地震は、プレート境界の地震に比べて小規模、繰り返し間隔が長く、明瞭な弱面が存在しないため、応力集中過程の理解が困難。(1)歪集中帯の成因の解明と定量的なモデル化(歪速度の大きな領域の実体解明、広域応力の数値モデル化等)、(2)地殻内流体(地殻内流体の実体解明と変形機構のモデル化等)の解明が急務。

#### (地震発生確率の高い地域での研究)

- 地震発生の可能性の評価を検証するためには、地震発生サイクル全体のデータが必要であり、特に、直前過程の観測データが不可欠。したがって、地震発生確率の高いと評価された地震(特に宮城県沖地震)については、直前過程の解明を目指した研究の強化が必要。

#### (前駆的滑りの検知)

- 直前予知のためには、前駆的滑りを含めてプレート境界の固着状態の変化を検知する方法について、技術開発を更に進めることが必要。また、同時に陸上における地殻変動観測のみならず、海域における地殻変動観測の充実と高度化を図ることが必要。

#### (予測シミュレーションの推進)

- 総合的地震発生予測システムの構築に向けて、予測シミュレーションのモデルパラメータや初期条件等を精度良く決定する手法、また、シミュレーションによる予測と観測とを比較することによりモデルを逐次的に修正するための手法を開発することが必要。

#### (モニタリングとデータベースの構築)

- モニタリングによって得られた地殻活動のデータを予測シミュレーションモデルに同化する手法の開発や、実時間で得られる膨大な量の観測データと過去に蓄積された観測データを統合して予測に利用できるシステムを開発することが必要。

#### (国立大学法人の連携強化と観測体制整備)

- 国立大学は法人化されたが、これまでと同様、各大学及び観測・研究機関の連携・協力は必須。したがって、関係大学で組織する地震・火山噴火予知研究協議会の機能の継続、発展に期待。また、大学の観測設備の機能維持・拡充のために老朽化した設備の更新を図ることが必要。

#### (推進本部の施策の中での位置づけ)

- 今後とも、地震予知のための研究が、地震防災に必要な地震調査研究の中に適切に位置付けられることを期待。

### IV まとめ

- 第2次新計画では、「地震予知研究」を前兆現象に依拠した経験的な地震予知の実用化ではなく、地震発生に至る地殻活動の理解、モデル化、モニタリングを総合化したものとして、「総合予測システム」を構築し、「地震がいつ、どこで、どの程度の規模で発生するか」を定量的に予測することを目標。
- さらに、来るべき地震の場所と規模の他、対象とする地点の揺れ方などの地震像を評価し、発生時期の予測精度を徐々に向上させることで防災対策等への社会貢献を行いつつ地震予知の実現に着実に近付くとした。
- 今回のレビューからも成果は着実に上がっており、今後もこうした方針で進めるべきである。

# 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

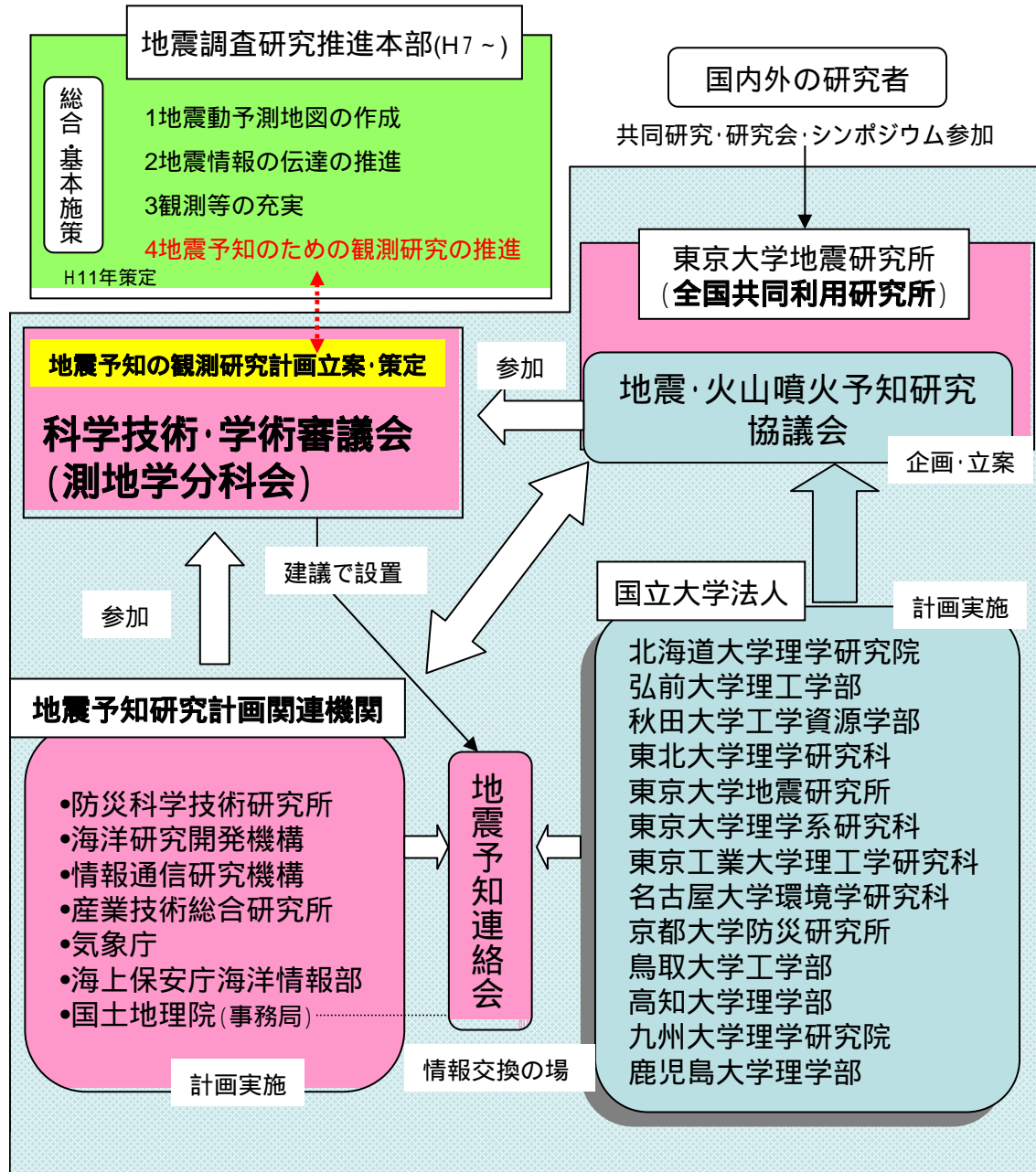
#### 3. 新たな観測・実験技術の開発

- (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

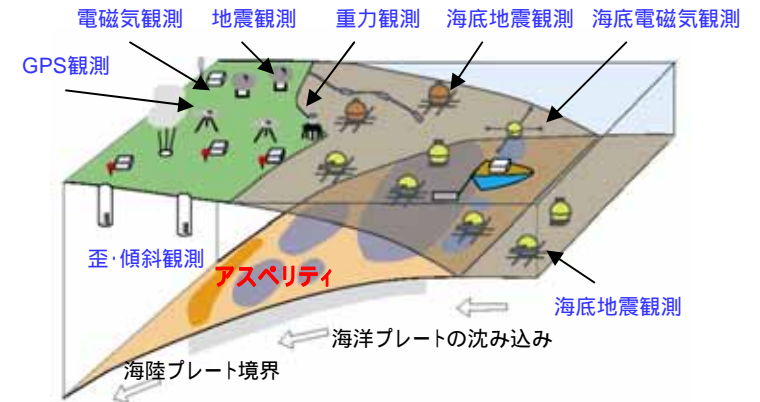
- (1) 計画を一層効果的に推進する体制の整備(全国共同利用研究所の機能充実等)
- (2) 地震調査研究推進本部との役割分担
- (3) 情報交換等の場としての地震予知連絡会の充実
- (4) 人材の養成と確保
- (5) 火山噴火予知研究等との連携
- (6) 国際協力の推進
- (7) 研究成果の社会への効果的伝達

# 地震予知のための新たな観測研究計画(第2次)実施の体制

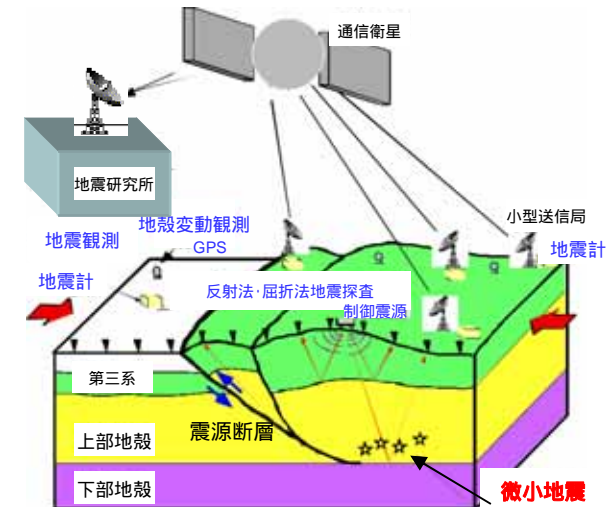


## 主な研究例

(1)プレート境界域における歪・応力集中機構の観測研究

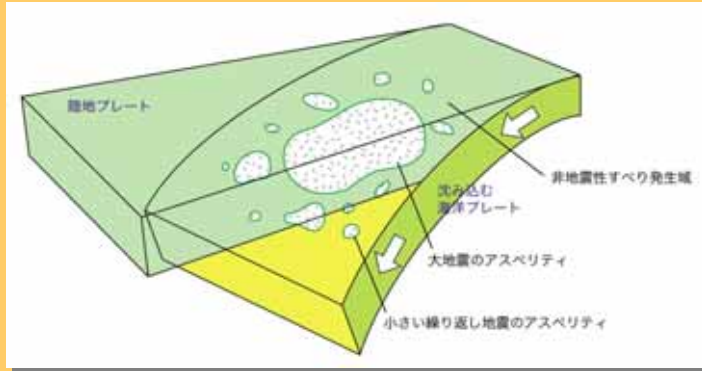


(2)内陸地震発生域の不均質構造と歪・応力集中機構の研究



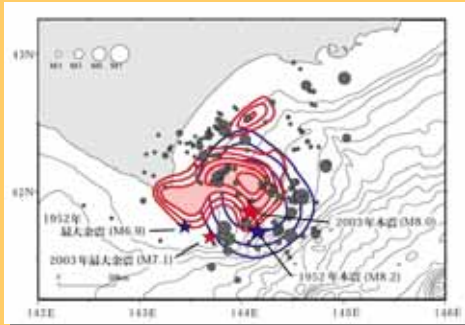
# 地震予知のための新たな観測研究計画(第2次) 主要な成果(1 - 1)

## 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

## 十勝沖地震の破壊過程

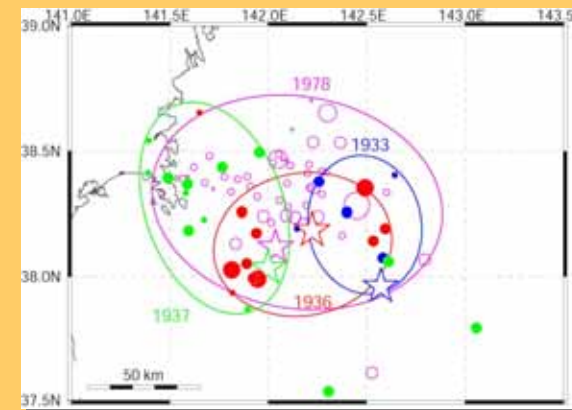
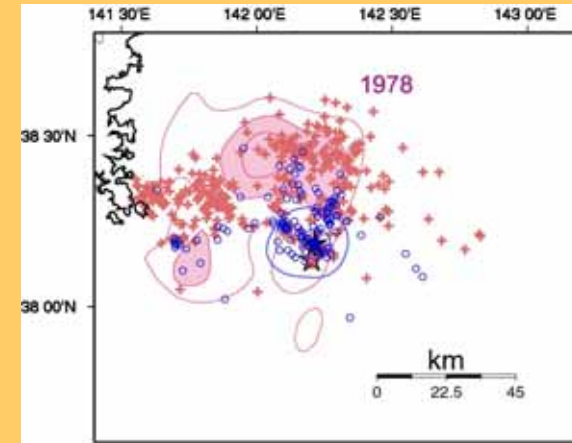


2003年と1952年の十勝沖地震の滑り量分布の比較

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。

## 宮城県沖地震の破壊過程



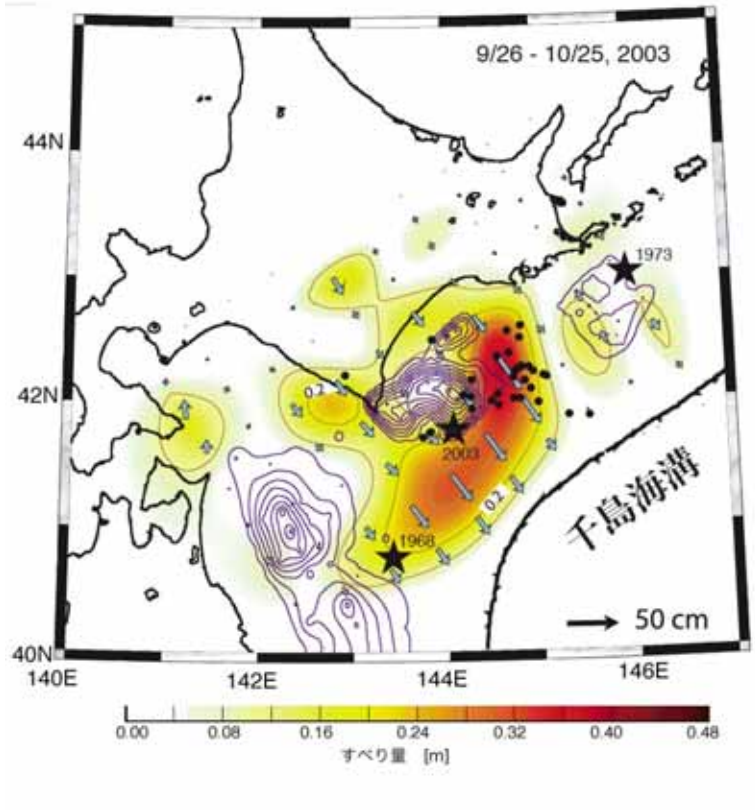
(上) 1978年宮城県沖地震(M7.4)と2005年8月の地震(M7.2)の震源域

(下) 1978年宮城県沖地震と1930年代の地震の余震分布の比較

宮城県沖地震の震源域は3つのアスペリティから成り立っていると考えられ、1978年はその3つが同時に破壊したが、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。

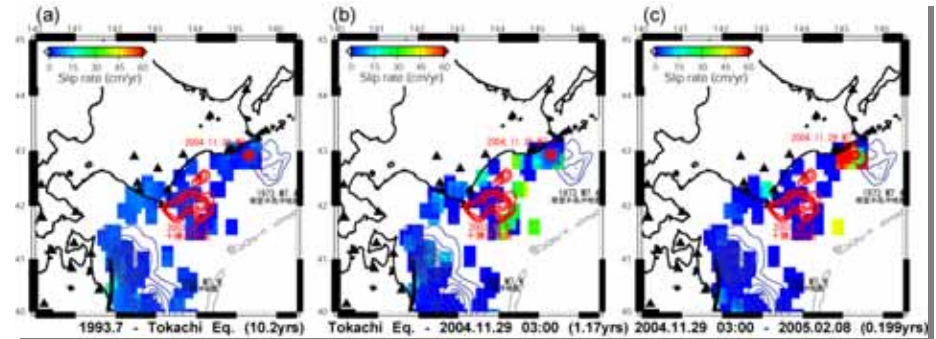
# 地震予知のための新たな観測研究計画(第2次) 主要な成果 (1 - 2)

## 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。



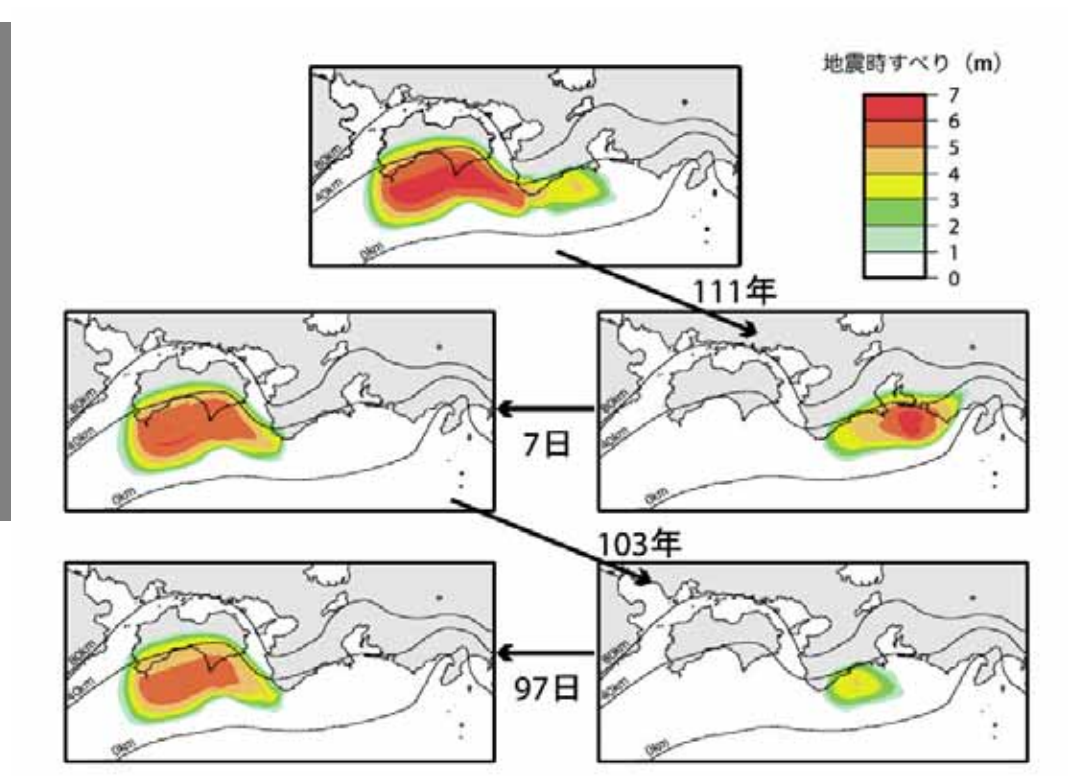
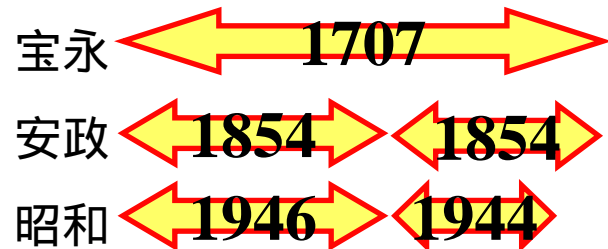
### 相似地震によるプレート間滑りのモニタリング

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。

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

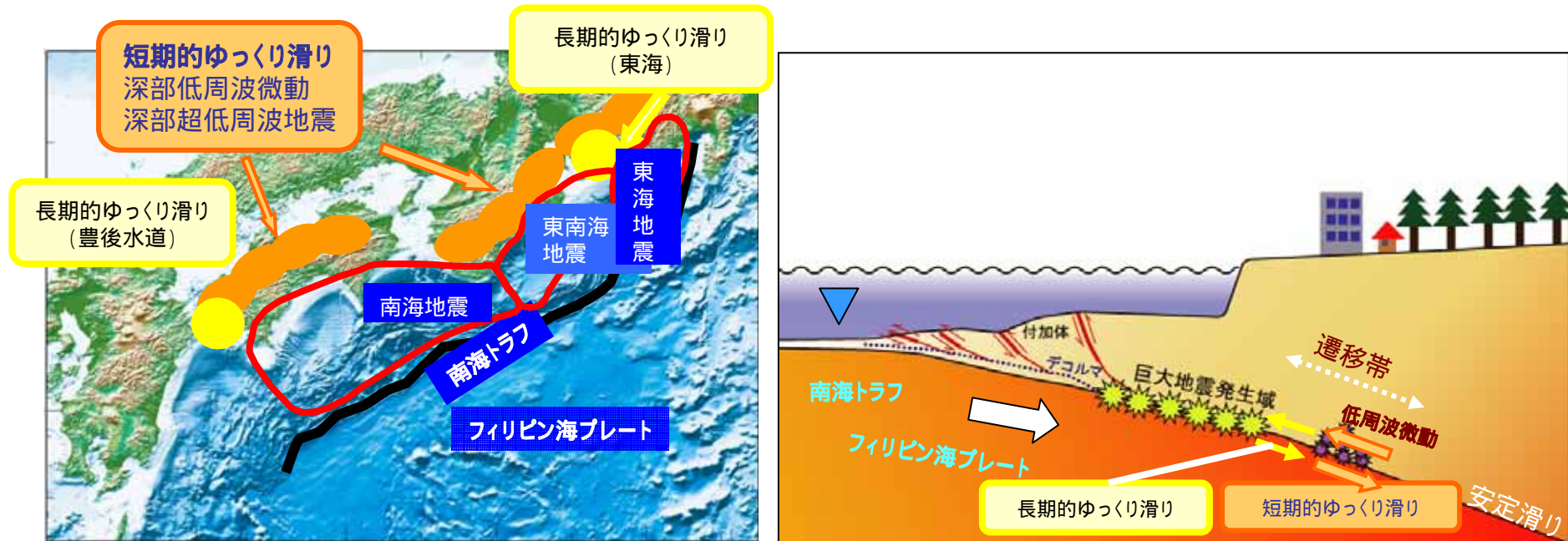


### 数値シミュレーションによる地震発生サイクルの特徴の再現

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。

## 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)。非定常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。

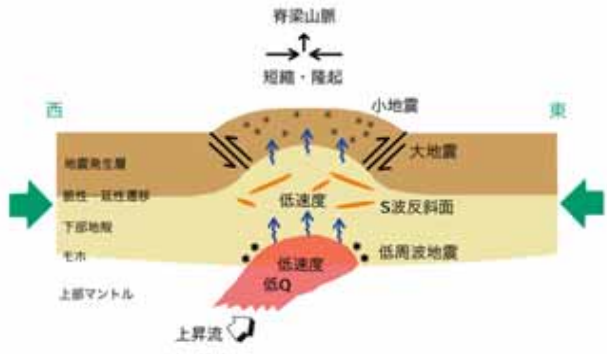
#### 地震発生域と低周波地震・微動およびゆっくり滑りの位置関係

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

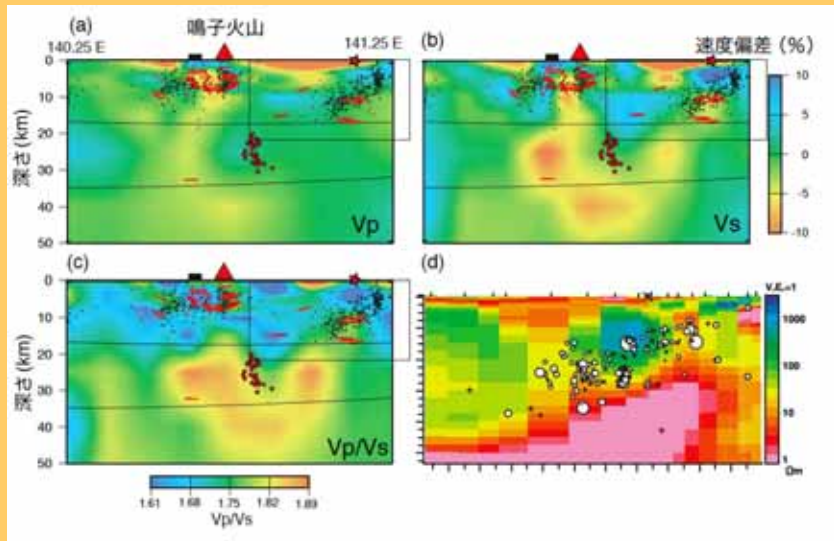
# 地震予知のための新たな観測研究計画(第2次) 主要な成果(4)

## 内陸における地震発生モデル



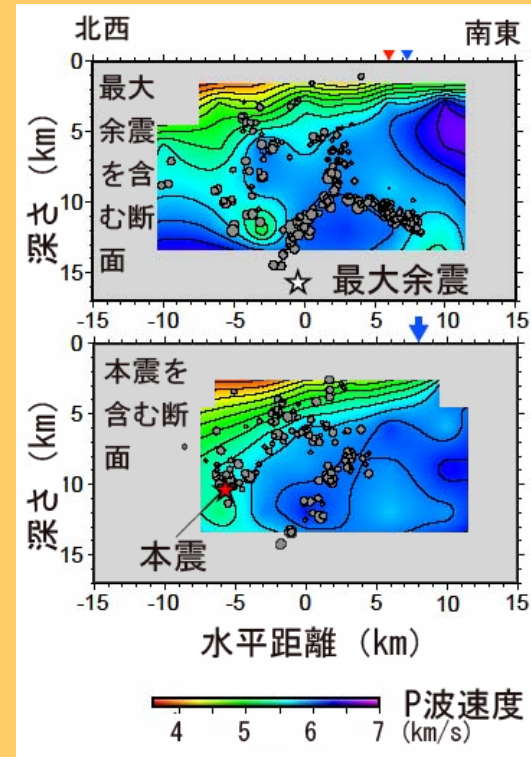
### 内陸地震発生機構モデルと地殻の変形様式

地下深部から高温の流体が上が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。



### 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。



## 参 考 资 料

1. 観測点(地震予知関係)一覧

観測項目	関係機関名	40年度	41年度	42年度	43年度	44年度	45年度	46年度	47年度	48年度	49年度	50年度	51年度	52年度	53年度	54年度	55年度	56年度	57年度	58年度	59年度	60年度	61年度	62年度	63年度	
		(第1次計画)					(第2次計画)					(第3次計画)					(第4次計画)					(第5次計画)				
大・中・小地震	気象庁	109	109	107	107	109	109	109	109	110	110	112	115	115	115	129	140	140	142	145	147	148	148	150	156	
微小地震	防災科学技術研究所							3	3	4	4	5	8	9	18	26	35	44	53	64	64	64	64	64		
	工業技術院地質調査所 国立大学等 (海底)	15	28	35	41	46	53	61	61	64	80	85	82	86	98	100	117	130	148	163	174	183	188	202	201	
	計	15	28	35	41	46	53	64	64	68	84	90	90	95	116	126	152	174	201	227	238	247	252	266	265	
地殻変動	文部科学省 防災科学技術研究所 (GPS)								2	2	3	3	3	5	7	10	12	15	18	21	25	25	25	26	26	
	工業技術院地質調査所 (GPS)																							10	10	
	海上保安庁水路部(GPS) (SLR)																									
	気象庁 国土地理院 (GPS) (VLBI)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	7	14	14	14	27	33	33	33	33	33	33	33	33	33	
	通信総合研究所(VLBI) (SLR)																					1	1	1	4	4
	国立大学等 (GPS)	10	13	16	20	22	25	25	27	29	29	30	34	34	35	38	43	53	60	65	76	80	80	83	85	
計	11	14	17	21	23	26	29	31	34	35	41	54	56	60	80	94	107	117	126	138	142	143	163	177		
地下水	防災科学技術研究所																	1	1	3	5	6	7	8	9	
	工業技術院地質調査所												3	39	27	29	41	50	49	40	32	43	46	46	29	
	国立大学等										2	2	4	7	10	17	22	23	26	33	37	37	39	42	44	
計										2	5	43	34	39	58	72	73	67	68	85	89	92	97	82		
地球電磁気	防災科学技術研究所																									
	海上保安庁水路部		1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	気象庁		1	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
	国土地理院 国立大学等	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
	計	1	3	4	6	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	8	9	29	31	35	37	38	40	40	40	
重力	国土地理院 国立大学等															1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	計															1	1	1	3	4	4	6	6	7		
験潮	防災科学技術研究所																									
	海上保安庁水路部	2	7	9	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	
	気象庁	54	54	54	54	54	54	54	54	54	56	56	56	56	56	56	56	54	57	56	59	56	56	60	62	
	国土地理院 国立大学等	10	11	13	13	13	15	15	17	20	20	20	20	22	22	23	24	25	25	25	25	25	25	25	25	
	計	66	72	76	83	83	85	85	87	90	92	92	92	94	94	95	96	95	98	97	100	101	104	108	110	

観測項目	関係機関名	元年度	2年度	3年度	4年度	5年度	6年度	7年度	8年度	9年度	10年度	観測項目	関係機関名	11年度	12年度	13年度	14年度	15年度	16年度	17年度	18年度
		(第6次計画)					(第7次計画)							(第1次新計画)					(第2次新計画)		
														日高(平成11~13年度)					西南日本(平成14~15年度)		
大・中・小地震	気象庁	158	162	168	170	178	189	189	189	189	189	地震(高感度)	防災科学技術研究所	530	626	666	751	761	763	770	770
微小地震	防災科学技術研究所	66	67	68	69	73	76	104	140	145	368	(広帯域)	海洋研究開発機構						5	5	5
	工業技術院地質調査所								10	11	16		産業技術総合研究所	12	12	13	14	14	14	14	16
	国立大学等(海底)	209	220	222	233	241	257	276	282	268	276		気象庁	191	191	191	193	194	196	196	191
地殻変動	気象庁	33	33	33	33	33	33	33	33	34	35	(機動)	国立大学等	285	282	281	281	281	279	244	244
													防災科学技術研究所	19	64	66	71	73	73	73	73
													産業技術総合研究所	8	4	4	4	4	1	1	1
地下水	国土地理院	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	国立大学等	19	36	36	36	36	32	46	46	
												海上保安庁水路部	46	46	46	40	40	73	73	73	
												計	1110	1261	1303	1390	1403	1436	1422	1419	
地球電磁気	海上保安庁水路部	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	計	41	41	41	41	41	7	7	7	
												気象庁	35	36	36	36	36	36	36	36	36
												国土地理院	5	5	5	5	5	5	5	5	5
重力	国立大学等	6	6	6	6	7	7	7	7	5	5	海上保安庁海洋情報部	30	30	30	30	30	30	30	30	
												気象庁	1	1	1	1	1	1	1	1	1
												計	1,351	1,361	1,357	1,647	1,674	1,644	1,671	1,683	
験潮	海上保安庁水路部	16	16	16	16	16	16	16	27	27	28	国土地理院	983	992	992	1284	1314	1320	1328	1336	
												気象庁	4	4	4	4	4	4	4	4	4
												計	73	97	99	97	97	75	61	61	
験潮	国土地理院	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	情報通信研究機構(VLBI)	4	4	4	4	4	4	4	4	
												国立大学等	4	4	3	-	-	-	-	-	
												計	109	108	105	105	104	99	101	101	
験潮	国立大学等	7	7	7	7	7	7	7	7	8	9	情報通信研究機構(SLR)	4	4	3	-	-	-	-	-	
												国立大学等	109	108	105	105	104	99	101	101	
												計	59	57	57	59	59	59	75	75	
験潮	海上保安庁水路部	16	16	16	16	16	16	16	27	27	28	国立大学等	59	57	57	59	59	59	59	75	75
												海洋研究開発機構	28	28	28	28	28	28	28	28	
												計	152	152	146	146	149	149	149	149	
験潮	気象庁	62	62	62	62	62	66	77	77	77	77	海上保安庁海洋情報部	28	28	28	28	28	28	28	28	
												国土地理院	31	31	30	30	30	27	27	27	
												計	110	110	111	111	116	121	134	147	148
験潮	国立大学等	7	7	7	7	7	7	7	7	8	9	国立大学等	11	11	5	5	5	5	5	5	
												計	6	4	4	4	4	4	4	4	
												計	6	4	4	4	4	4	4	4	

※ 平成13年度より、文部省・科学技術庁 ⇒ 文部科学省、工業技術院地質調査所 ⇒ 産業技術総合研究所、海上保安庁水路部 ⇒ 海上保安庁海洋情報部へ組織変更  
平成16年度より、通信総合研究所 ⇒ 情報通信研究機構へ組織変更 また、国立大学は国立大学法人へ  
国立大学等の広帯域地震計については、高感度地震計の内数、また海上保安庁海洋情報部のGPSについては、地殻変動観測以外の目的で設置されたDGPS局を含む

## 2. 地震予知計画の各次における予算及び機構定員整備状況

〔単位：百万円〕

	科学技術庁		文 部 省	通商産業省		運 輸 省		建 設 省	郵政省
	研究開発局	防災科学技術研究所	国立大学等	工業技術院 地質調査所	工業技術院 計量研究所	海上保安庁	気象庁	国土地理院	通信総合研究所
第1次地震予知計画 (40～43)	予算	-	444	4	-	49	268	307	-
	機構定員	[整備] 第2研究部地震防災研究室	[新設] 北海道・浦河地震観測所 東北・秋田地殻変動観測所 本荘地震観測所 三陸地殻変動観測所 東京・弥彦地殻変動観測所 地震活動研究部門 地震予知観測センター 柏崎微小地震観測所 白木微小地震観測所 強震計観測センター 地盤動力学研究部門 名古屋・犬山微小地震観測所 犬山地殻変動観測所 京都・上宝地殻変動観測所 地震予知計測研究部門 逢坂山地震観測所 耐震基礎研究部門 屯鶴峰地殻変動観測所 高知・高知地震観測所 [整備] 東北・青葉山地震観測所 東京・筑波地震観測所 津波高潮研究部門 堂平微小地震観測所 岩石学研究部門 地震予知観測センター 名古屋・犬山地震観測所 京都・阿武山地震観測所				[整備] 地震観測(大阪)	[新設] 水沢測地観測所	
第2次地震予知計画 (44～48)	予算	572	867	84	-	61	957	937	-
	機構定員		[新設] 北海道・襟裳岬地殻変動観測所 札幌地震観測所 東北・北上地震観測所 東京・富士川地殻変動観測所 東京・八ヶ岳地磁気観測所 名古屋・高山地震観測所 三河地殻変動観測所 京都・逢坂山地殻変動観測所 北陸微小地震観測所 徳島地震観測所 防災科学資料センター 地震予知観測地域センター 微小地震研究部門 [整備] 北海道・浦河極微小地震移動観測班 東北・青葉山地震観測所 東京・地球物理研究施設極微小地震移動班 名古屋・犬山地震観測所 京都・鳥取微小地震観測所 高知・高知地震観測所				[整備] 地震観測施設(札幌, 仙台, 父島, 福岡, 沖縄)	[新設] 地殻活動調査室 [整備] 計算係 解析係 計測係	

		科学技術庁			文 部 省	通商産業省		運 輸 省		建 設 省	郵政省
		研究開発局	防災技術研究所	海洋科学技術	国立大学等	工業技術院	工業計量研究所	海上保安庁	気象庁	国土地理院	通信総合研究所
第3次地震予知計画 (49～53)	予算	9	1,882	—	3,023	288	46	55	4,255	3,274	—
	構成員		〔新設〕 第2研究部 首都圏地震予知研究室 地震地下水研究室 地震活動研究室 地殻変動研究室 〔改組〕 第2研究部 総合地震予知研究室		〔新設〕 北海道・地震予知観測地域センター 東北・地震予知観測センター 東京・地殻化学実験施設 名古屋・地震予知観測地域センター 京都・宮崎地殻変動観測所〔整備〕 北海道・札幌地震観測所 東北・地震予知観測センター 名古屋・地震予知観測地域センター	〔新設〕 地震地質課 地震物性課 地震化学課			〔新設〕 地震予知情報室〔整備〕 地震活動検測センター 地殻岩石歪観測網 地震常時監視 地震防災業務	〔新設〕 地殻調査部 地殻変動解析室 〔整備〕 特定観測係 機器開発係	
第4次地震予知計画 (54～58)	予算	29	6,258	130	8,574	840	20	379	5,328	8,443	1,098
	構成員		〔新設〕 第2研究部 地殻力学研究室 〔整備〕 第2研究部 地殻変動研究室 地震活動研究室 地表力学研究室		〔新設〕 北海道・海底地震観測施設 弘前・地震火山観測所 東京・地震予知観測情報センター 地球テクトニクス研究部門 〔整備〕 北海道・地震予知観測地域センター 東北・地震予知観測センター 東京・地殻化学実験施設 地震予知観測情報センター 京都・地震予知観測センター 上室地殻変動観測所 鳥取微小地震観測所 高知・高知地震観測所				〔新設〕 地震予知情報課 〔整備〕 地殻岩石歪観測網 海底地震常時監視(本庁, 御前崎, 気象研) 地震予知研究(気象研) 地震防災業務(津, 甲府, 長野, 熊谷, 水戸, 岐阜) 東海地震予知のための常時監視 群列地震観測 地震津波監視(仙台, 札幌, 大阪) 地震業務全国中枢強化 直下型地震予知研究(気象研) 府県地震業務(室蘭, 福島, 長野)		

		科学技術庁		文 部 省	通商産業省	運 輸 省		建 設 省	郵政省
		研究開発局	防災技術研究所	国立大学等	工業技術院	海上保安庁	気象庁	国土地理院	通信総合研究所
第5次地震予知計画 (59～63)	予算	25	4,503	8,540	732	126	4,960	8,071	3,072
	機構定員		[新設] 第2研究部 地震前兆解析研究室  [整備] 第2研究部 地震活動研究室	[新設] 東京・信越地震観測所  [改組] 東北・地震予知・噴火予知観測センター 九州・島原地震火山観測所  [整備] 北海道・海底地震観測施設 東京・地殻化学実験施設 名古屋・地震予知観測地域センター			[新設] 地震火山部 [整備] 地震業務 直下型地震予知研究(気象研) 地震津波監視(札幌, 仙台, 大阪, 福岡, 沖縄) 地震常時監視 海底地震観測(勝浦) 全国地震津波業務 地震火山管理業務 国際地震津波業務 地震総合監視 地震測器機能標準化 地震機動観測 府県地震業務(釧路, 盛岡, 秋田, 山形, 新潟, 彦根, 奈良, 京都, 神戸, 松江, 下関, 松山, 大分, 宮崎)	[整備] 海岸昇降情報係	
第6次地震予知計画 (元～5)	予算	25	9,177	9,502	620	129	6,688	8,115	2,063
	機構定員		[新設] 地震予知研究センター 直下型地震予知研究室 海溝型地震予知研究室 [改組] 地圏地球科学技術研究部 地震・噴火予知研究調査官 地球化学研究室 [整備] 第2研究部 地殻変動研究室	[新設] 東京・地球ゲイテックス研究部門 [改組] 東北・日本海地域地震火山観測所 三陸地域地震火山観測所 名古屋・地震火山観測地域センター 京都・地震予知研究センター 鹿児島・南西島弧地震火山観測所  [整備] 北海道・地震予知観測地域センター 東京・地殻化学実験施設 地震予知観測情報センター 名古屋・地震火山観測地域センター 九州・島原地震火山観測所			[新設] 地震火山課(福岡)  [整備] 強震計データ解析 地震予知資料解析 震度計計測 地震予知技術 地震津波業務 発震機構解析 地殻活動調査 地震津波監視(札幌, 大阪, 福岡, 沖縄) 府県地震業務(旭川, 函館, 青森, 富山, 金沢, 福井, 鳥取, 佐賀, 長崎, 熊本, 石垣島)	[整備] 連続監視係	
第7次地震予知計画 (6～10)	予算	22,884	13,868	11,983	1,725	502	10,746	9,186	7,756
	機構定員	[新設] 地震調査研究課	[新設] 地震調査研究センター 第2地震前兆解析研究室 [改組] 地震調査研究センター 直下型地震調査研究室 海溝型地震調査研究室 第1地震前兆解析研究室	[改組] 東北・地震・噴火予知研究観測センター 東京・地震研究所 共同利用研究所への改組 京都・防災研究所 共同利用研究所への改組 北海道・地震火山研究観測センター  [整備] 弘前・地震火山観測所 東京・地殻化学実験施設	[新設] 活断層・地震予知特別研究室 地震地質部 活断層研究室 地震物性研究室 変動解析研究室	[整備] 海洋調査研究 地殻変動監視 精密海底反射強度観測・解析	[新設] 地震情報企画官 地震情報官(札幌, 仙台, 大阪, 福岡) 地震火山課(札幌, 仙台, 大阪, 沖縄) [整備] 津波波高予測 地震機動観測 全国地震活動情報 関係機関データ集中・監視(本庁, 札幌, 仙台, 大阪, 福岡) 府県地震業務(網走, 稚内, 徳島) 管区地震防災(札幌) 震度情報提供(本庁, 札幌, 仙台, 大阪, 福岡, 沖縄) 量的津波予報提供(本庁, 札幌, 仙台, 大阪, 福岡, 沖縄) 東海地震予知業務	[新設] 測地観測センター 地理地殻活動研究センター 地殻情報管理官(東北, 中部, 近畿) [整備] 地震調査官 情報管理係	[新設] 時空技術研究室 第六研究チーム [改組] 時空計測研究室 時空技術研究室

	科学技術庁		文 部 省	通商産業省	運 輸 省		建 設 省	郵政省	
	研究開発局	防災科学技術研究所	国立大学等	工業技術院	海上保安庁	気象庁	国土地理院	通信総合研究所	
地震予知のための新たな観測研究計画(第1次)  (11~15)	予算	29,217 注3	5,607	9,517	1,051 注3	1,470	12,201	14,283	304 注3
	機 構 定 員		[新設] 防災研究データセンター 基盤的地震観測データ室	[改組] 名古屋・地震火山観測研究センター 九州・地震火山観測研究センター	[新設] 活断層研究センター 地球科学情報研究部門 海洋資源環境研究部門 成果普及部門 地質調査情報部	[新設] 地震調査官	[新設] 評価解析官 [整備] 量的津波予報提供 (札幌、仙台、大阪、福岡、沖縄) 関係機関データ集中・監視(札幌、仙台、大阪、福岡) 東海地震予知業務 府県地震業務(鹿児島)	[新設] 地殻情報管理官 (北海道)	
	注2	文 部 科 学 省			経 済 産 業 省	国 土 交 通 省			総務省
		研究開発局	防災科学技術研究所※	国立大学等	産業技術総合研究所※	海上保安庁	気象庁	国土地理院	通信総合研究所※
機 構 定 員	[改組] 地震・防災研究課	[新設] 防災研究情報センター 固体地球研究部門 防災基盤科学技術研究部門 特定プロジェクトセンター 地震防災フロンティア研究センター	[改組] 名古屋・地震火山・防災研究センター		[改組] 海洋情報部 [整備] 海底地殻変動観測担当	[整備] 関係機関データ集中・監視(本庁) 府県地震業務(高知) 地震発生に関する長期評価情報の管理 面的震度分布情報提供体制の強化 東南海・南海地震観測体制の整備	[新設] 地殻情報管理官 (九州、四国)	[新設] 精密測位技術グループ 宇宙電波応用グループ [改組] 第六研究チーム 宇宙電波応用研究室	

	文 部 科 学 省				経 済 産 業 省	国 土 交 通 省			総務省
	研究開発局	防災科学技術研究所	国立大学 法人等 注4	海洋研究開発機構 注5	産業総合研究所	海上保安庁	気象庁	国土地理院	情報通信 注4
地震予知のための新たな観測研究計画（第2次）（16～20）注1	予算	12,488	運営費交付金の内数	運営費交付金の内数	運営費交付金の内数	267	9,515	7,317	運営費交付金の内数
機構 定員	〔新設〕 防災科学技術推進室	〔改組〕 地震研究部 地震観測データセンター			〔改組〕 地質情報研究部門 地質調査情報センター		〔新設〕 即時地震情報調整官 国際地震津波情報調整官 〔整備〕 危機管理に即応した地震情報提供体制の強化 北西太平洋津波情報センター機能に係る体制の整備 東南海・南海地震対策のための津波予報高度化 東海地震に係る危機管理体制の強化（名古屋・静岡） 緊急地震速報提供体制の強化 管区地震津波防災業務体制の強化（仙台、大阪、福岡、沖縄） 日本海溝・千島海溝地震対策に係る地震防災対策の強化 震源破壊過程解析の高度化 東海地震予知体制強化 首都圏における大規模地震に対する防災体制強化	〔新設〕 火山活動監視係 地殻情報管理官（中国） 防災管理官（北陸） 〔整備〕 地殻活動調査係、地殻活動監視係、海岸昇降監視係	〔新設〕 電磁波計測研究センター 電波計測グループ

- 注1 地震予知のための新たな観測研究計画（第2次）では、平成16年度～平成18年度までの予算及び機構定員をまとめた。  
注2 平成13年1月6日に省庁再編が行われ、また、同年4月1日には一部機関（※）が独立行政法人化した。  
注3 独立行政法人については、「運営交付金の一部」となったため、平成12年度までの額。  
注4 平成16年度より、国立大学については法人化し、通信総合研究所については情報通信研究機構へ組織変更。  
注5 海洋研究開発機構については、平成16年度より参加。



### 3. 地震予知のための新たな観測研究計画(第2次) 研究課題一覧

建議項目	情報通信 01	北海道大	弘前大	東北大	秋田大	東大地震研	東大理	東京工業大	名古屋大	京大防災研	鳥取大	高知大	九州大	鹿児島大	防災科研	海洋機構	産業総合研	国土地理院	気象庁	海上保安庁	備 考
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	30	40	50	60	70	80	
1-(1)	ア	01				01												01 02		01	10機関 15課題
	イ	02	01	09		02			01	01	01				01			04		02	
1-(2)	ア	03 04		01		03			02	02		01	01	01	02	01 02					17機関 42課題
	イ	05	02	02	01	04 22		01 02 03	03	03 04	02		02		03		01	28	01 18		
	ウ	06				05				05					04				02		
	エ	07		03		06											02 03				
1-(3)	ア			04		07				06 07					05		04 05				6機関 12課題
	イ	08				08				08					06		06				
1-(4)	ア					09	01										07				5機関 7課題
	イ			05		10										03	08				
2-(1)	ア						02								16						5機関 7課題
	イ					11			04									05			
	ウ					12												24			
2-(2)	ア	09				13									07			03 06 07 08 09 26	03 04 05 06 20 17	04 05 06	11機関 48課題
	イ					14	03 04		05						08		09	10 11 12 13	07 08		
	ウ					15				10					09			14 15 25			
	エ			06		16				09					10			16 17 18 23 19	09 10 11 19		
2-(3)	ア	10				17									11		10	19 29	12 13 14 15		6機関 12課題
	イ														12			20			
3-(1)				07		18			06							04			16		5機関 5課題
3-(2)						19			07						13						3機関 3課題
3-(3)				08		20	05		08												4機関 4課題
3-(4)	01					21				11					14 15			21 22 30 27			5機関 9課題
研究課題 計	1	10	2	9	1	22	5	3	8	11	2	1	2	1	16	4	10	30	20	6	20機関 164課題

注1 研究課題は、最も関連の深い建議項目で整理している。

注2 研究課題番号は、機関番号に建議項目の順に続けた番号となる。(例: 1001 北海道大学 建議項目1-(1)ア)

機関名	研究課題	研究課題名
(独)情報通信研究機構	0101	航空機等からの先端リモートセンシング技術(SAR等)を用いた地表面変動の把握技術の開発
北海道大学	1001	日本列島周辺域のプレート運動の解明
	1002	北海道北部沖の海底地下構造探査および自然地震活動調査
	1003	十勝沖地震震源域の強度回復過程と根室沖地震の発生予測に向けた準備直前過程の総合観測研究
	1004	十勝沖・根室半島沖地震におけるカップリングの時空間分布
	1005	北海道内陸活断層での歪・応力集中メカニズムの解明
	1006	地震に関連した電磁気シグナルの発生・伝播メカニズムの解明
	1007	北海道・南千島での巨大地震発生サイクルの解明
	1008	強震動予測に関する研究
	1009	広域応力場モニタリング法の開発
	1010	日本列島地殻活動データベース
弘前大学	1101	日本列島の短波長不均質構造と応力分布
	1102	十和田における地殻流体の分布と挙動の解明
東北大学	1201	プレート境界型地震の発生機構の解明
	1202	内陸地震の発生過程の解明
	1203	相似地震(小繰り返し地震)の発生ゆらぎをもたらす原因の解明
	1204	中規模地震の震源過程・震源特性とそれに基づくアスベリティ像の確立
	1205	地殻活動データに基づく断層の力学的特性・状態の推定
	1206	宮城県沖地震の発生過程の解明
	1207	海底地殻変動観測システムの高度化
	1208	深層地下水変動観測による宮城県沖地震の前兆を捉える基礎研究
	1209	スラブ内地震の発生機構の解明
秋田大学	1301	震源域周辺の比抵抗構造精密調査
東京大学地震研究所	1401	GPSを用いた日本列島周辺のプレート運動の精密決定
	1402	日本列島内陸の歪・応力の不均質性の生成原因の解明
	1403	総合観測による沈み込み帯プレート境界におけるアスベリティの実態解明
	1404	歪集中帯及び内陸地震発生域における応力蓄積・集中メカニズムの解明
	1405	電磁気・重力の同期観測による、地震発生に果たす地殻内流体の役割の解明
	1406	地震発生サイクルの普遍性とゆらぎの検証
	1407	断層面上の不均一応力変化と強度分布の把握
	1408	広帯域シミュレーションによる強震動予測
	1409	摩擦・破壊現象の素過程に関する実験的・理論的研究
	1410	高温高圧下における水-岩石系の物性と破壊・摩擦特性
	1411	三陸沖および南海トラフのプレート境界型地震発生サイクルシミュレーションモデルの構築
	1412	予測シミュレーションモデル高度化のための手法開発
	1413	日本列島域の地殻活動モニタリングシステムの高度化
	1414	東海地方における総合機動観測
	1415	東南海・南海地域および日本海溝・千島海溝周辺の地殻活動モニタリングシステムの高度化
	1416	特定地域の地殻活動モニタリングシステムの高度化
	1417	古い地震記象の整理およびフィリピン海北縁部資料データベースの構築
	1418	海底諸観測技術開発と高度化
	1419	ボアホールによる深部計測技術開発と高度化
	1420	精密に制御された震源を用いた地下構造精密モニタリング技術の高度化
	1421	宇宙技術の応用の高度化
	1422	新潟県中越地震の本震・余震活動と地殻不均質構造
東京大学大学院理学系研究科	1501	岩石破壊に伴うクラック発生とガス放出の解明
	1502	日本列島域の地殻活動予測シミュレーションモデルの開発
	1503	非揚水型多項目地球化学観測システムの高度化
	1504	地殻変動に伴う化学物質の伝搬機構の3次元モニタリング法による解析
	1505	マントルヘリウムフラックスの時空変化の観測
東京工業大学	1601	地殻比抵抗構造調査
	1602	活断層深部地殻比抵抗構造調査
	1603	全磁力経年変化からみた地殻応力蓄積過程

機関名	研究課題	研究課題名
名古屋大学	1701	列島内部のレオロジー構造推定
	1702	東海・東南海地震の震源域のプレート間カップリング解明とプレート間巨大地震の発生予測
	1703	群発地震域や活断層域のローディング機構と地下流体の挙動
	1704	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モデルの構築
	1705	東海地域でのプレート収束速度・カップリングのモニタリング
	1706	海底地殻変動測定器の高度化
	1707	ボアホール型地殻歪連続観測と間欠応力測定法の開発
	1708	精密制御震源(アクロス)の実用化と地下の常時モニター手法
京都大学防災研究所	1801	西南日本内陸における歪・応力蓄積様式の解明
	1802	次の南海地震の発生予測の高度化
	1803	内陸歪み集中帯の構造とダイナミクス
	1804	断層における注水実験および応力状態の時間変化
	1805	半制御実験による震源核形成過程の解明
	1806	断層面上の不均一な応力・強度分布の解明
	1807	スロー・スリップ・イベントのマッピング
	1808	強震動予測に関する研究
	1809	西南日本の低周波イベントの発生環境と特性の研究
	1810	次の南海地震に向けた応力蓄積過程の解明
	1811	キネマティックGPSによる時間～日周期の変動の検出方法の開発
鳥取大学	1901	沈み込む海洋プレートの形状と脱水反応による流体分布の解明
	1902	内陸地震の発生機構の解明 一特に、西南日本の地震特性と深部構造の関連に着目して一
高知大学	2001	南海地震震源域のセグメント構造と長中期的発生予測
九州大学	2101	九州地域(日向灘)におけるプレート間カップリングの時空間変動
	2102	大・小規模アレイによる内陸地震発生域における不均質構造と歪・応力集中メカニズムに関する研究
鹿児島大学	2201	日向灘南部から奄美大島にかけての領域のカップリング状況の把握
(独)防災科学技術研究所	3001	日本列島における上部マントル・地殻構造の解明
	3002	深部低周波微動とスロースリップの解明
	3003	地震発生機構に関する研究
	3004	地震発生機構に関する研究
	3005	地震観測網(強震)・予測地図
	3006	地震動予測地図作成手法の研究
	3007	地震観測網の運用
	3008	関東・東海地域における地震活動に関する研究
	3009	長周期地震モニタリング
	3010	大都市大震災軽減化特別プロジェクト
	3011	地震観測網の運用
	3012	関東・東海地域における地震活動に関する研究
	3013	超長周期地震計の開発
	3014	GPS解析手法の高度化
	3015	衛星搭載レーダ等による災害・地球環境変動の観測研究
	3016	地震発生と波動伝播の連成シミュレーション
(独)海洋研究開発機構	4001	固体地球統合研究
	4002	海洋底ダイナミクス研究
	4003	深海地球ドリリング計画
	4004	深海底ネットワーク総合観測システムの開発・整備
(独)産業技術総合研究所	5001	内陸活断層の微細構造、応力場の解明
	5002	活断層系のセグメンテーションの研究
	5003	海溝型地震及び海域活断層の履歴解明
	5004	断層面上の強度分布と不均一、応力変化の把握に関する研究
	5005	地表兆候の少ない断層の連続性・活動性・不均質性の解明に関する研究
	5006	地震被害予測の高度化の研究
	5007	地震発生メカニズムに関する実験的研究
	5008	高温高圧環境下における地殻物質の物性と破壊・摩擦構成則に関する研究
	5009	地下水総合観測による地殻活動モニタリングシステムの高度化
	5010	活断層データベース・活構造図等の研究

機 関 名	研究課題	研究課題名
国土地理院	6001	VLBI測量
	6002	東アジア・太平洋地域のプレート運動及びプレート内部変形の様式に関する研究
	6003	地磁気測量
	6004	GPS連続観測 (GEONET)
	6005	地震火山活動に関連した地殻変動数値モデル最適化に関する研究
	6006	リアルタイム災害情報システムの開発(リアルタイム地殻変動監視)
	6007	駿潮観測
	6008	高精度三次元測量(水準測量)
	6009	高度地域基準点測量(GPS測量)
	6010	東海地域の地殻変動の把握手法の高度化に関する研究
	6011	観測強化地域高精度三次元測量(水準測量)
	6012	地殻変動連続観測
	6013	絶対重力観測
	6014	特定観測地域/重点地域 高精度三次元測量(水準測量)
	6015	東南海・南海地震域における地殻変動特性に関する研究
	6016	糸魚川-静岡構造線断層帯に関する重点的調査観測
	6017	変動地形調査(GPS、EDM)
	6018	機動観測
	6019	変動地形調査(H16都市圏活断層調査)(H17主要活断層調査)
	6020	地殻活動総合解析システム
	6021	GPS時系列データに含まれる誤差に関する研究
	6022	高精度地盤変動測量(干渉SAR)
	6023	日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震域の地殻変動特性に関する研究
	6024	有限要素法およびその拡張によるプレート境界域周辺の地殻変動シミュレーション
	6025	東海・東南海・南海プレート境界域における地殻変動モデルに関する研究
	6026	GPSを用いた高速地殻変動のモニタリングに関する研究(リアルタイム地殻変動監視)
	6027	GPS時系列データに含まれる季節的変動誤差の補正モデル構築に関する研究
	6028	内陸活断層の被害に関する観測・調査・研究
	6029	GPS連続観測データクリアリングハウスの整備
	6030	衛星リモートセンシングデータ解析による海外巨大地震に関する調査・研究
気象庁	7001	地震発生機構と地殻構造に関する基礎的研究
	7002	伊豆半島東部における地磁気全磁力観測
	7003	日本域における地磁気基準点での観測
	7004	不均質な場を考慮に入れた震源パラメータ及び地震活動パラメータの推定手法に関する研究
	7005	震源決定精度の向上
	7006	発震機構の自動処理
	7007	地殻変動データ監視の高精度化
	7008	東海地震の予測精度向上及び東南海・南海地震の発生準備過程の研究
	7009	糸魚川-静岡構造線における地震活動
	7010	自己浮上式海底地震計観測による宮城県沖の地震活動
	7011	過去の宮城県沖地震の余震の震源再決定
	7012	過去の地震記象のマイクロフィルム化
	7013	地磁気永年変化のデータベースの構築
	7014	全国地震カタログの作成
	7015	過去にさかのぼった震源計算と、総合的な地震カタログの作成
	7016	地震サイクルの中で様々な時空間的特徴を持つ地殻変動に関する研究
	7017	検潮観測
	7018	全磁力精密連続観測
	7019	ケーブル式海底地震計システムを用いる地震・津波観測
	7020	定量的地震活動解析手法の開発
海上保安庁	8001	海洋測地の推進
	8002	沿岸海域海底活断層調査
	8003	海底地殻変動観測
	8004	駿潮
	8005	地殻変動監視観測
	8006	地磁気観測

## 4. 国際共同研究一覧

日本側機関	相手側機関 (相手国)	協定・覚書名	時期・期間	概要
北海道大学	アラスカ大学 University of Alaska	学術協力協定	平成13年～ 23年	学術交流協定
東京大学地震研究所	中国地震局地質研究所 Institute of Geology, Seismological Bureau of China	学術協力協定	平成15年～ 20年	学術交流協定
	ウッズホール海洋研究所 Wood Hole Oceanographic Institution	学術協力協定	平成16年～ 21年	学術交流協定
	中国地震局国際合作司	学術協力協定	平成17年～ 22年	学術交流協定
	中国科学院研究生院地球科学学院 College of Earth Science, Graduate University of Chinese Academy of Sciences	学術協力協定	平成17年～ 22年	覚書き交換による研究・学術交流
	ロシア科学アカデミー 応用数学研究所 Institute of Applied Mathematics, Russian Academy of Science.	学術協力協定	平成17年～ 22年	覚書き交換による宇宙測地 (GPSなど)に関する共同 研究
	モンゴル科学アカデミー 天文地球物理研究 センター Research Center for Astronomy and Geophysics, Mongolian Academy of Sciences	学術協力協定	平成17年～ 22年	覚書き交換による宇宙測地 (GPSなど)に関する共同 研究
	南カリフォルニア地震 センター Southern California Earthquake Center	学術協力協定	平成18年～ 23年	学術交流協定
	リオデジャネイロ州立 大学科学技術センター Universidade do Estado do Rio de Janeiro Centro de Tecnologia e Ciencias	学術協力協定	平成18年～ 23年	学術交流協定
名古屋大学環境学研究 科	バンドン工科大学土木 工学部 Faculty of Civil Engineering and Planning, Institut Teknologi Bandung	学術協力協定	平成15年～ 20年	学術交流協定
	アラスカ大学地球物理 学研究所 Geophysical Institute, University fo Alaska	学術協力協定	平成14年～ 19年	学術交流協定
	シアクラ大学理学部 Faculty of Basic Science, Syiah Kuala University	学術協力協定	平成17年～ 22年	学術交流協定

日本側機関	相手側機関 (相手国)	協定・覚書名	時期・期間	概要
名古屋大学環境学研究所	フィリピン大学ディリマン校 University of the Philippines, Diliman	学術協力協定	平成18年～23年	学術交流協定
京都大学防災研究所	南カリフォルニア地震センター Southern California Earthquake Center	学術協力協定	平成18年～23年	覚書交換による包括的研究協力
	インドネシア共和国エネルギー・鉱物資源省地質学院(前鉱物資源総局)	学術協力協定	平成5年～	ジャワ島の活火山の噴火気候に関する共同観測研究、研究者の交流、留学生・研究生の受け入れ
防災科学技術研究所	アメリカ地震学連合 Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS)	地震観測データ交換 Collaboration in seismology and geoscience	平成16年～23年	覚書交換による研究協力
	カナダ地質調査所 Pacific Geoscience Centre, Geological Survey of Canada	沈み込み帯に発生する深部低周波微動及びスロースリップに関する比較研究 Research for deep low-frequency tremor and slow slip in subduction zones	平成16年～	日加科技協定に基づく「環境パネル」における研究協力
	米国スクリpps海洋研究所 Scripps Inst. of Oceanography, University of California San Diego	地殻活動・プレート運動の研究 Study on crustal deformation and plate motion	平成10年～	日米科技協定に基づく「地球環境リエゾン会合」における研究協力
	米国地質調査所 U. S. Geological Survey	掘削による活断層の水力学的調査研究 Hydro-Mechanical Investigation of Active Faults through Drilling	平成10年～	日米科技協定に基づく「地球環境リエゾン会合」における研究協力
	イタリア国立地球物理学火山学研究所 Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia	地震危険度評価手法と南イタリア シシリーへの適用 Methods for seismic hazard estimates and applications to Sicily, South Italy	平成17年～	日伊科技協定に基づく「エグゼクティブプログラム」における研究協力
	イタリア国立地球物理学研究所 National Inst. of Geophysics(Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia)	経験則に基づく地震予知手法の開発研究 Earthquake Warning Algorithms based on Empirical Formulas	平成10年～	日伊科技協定に基づく研究協力
	ドイツ、ポツダム地球科学研究センター GeoForschungs Zentrum Potsdam	深層ボーリングを利用した地殻の研究 Study on the Earth's Crust using Deep Boreholes	平成10年～	日独科技協定に基づく研究協力
	韓国地質資源研究院 Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources	韓国地質資源研究院と防災科学技術研究所とのMOU Memorandum of Understanding between Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources and National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention	平成18年～	覚書交換による研究協力
	韓国気象庁 Korea Meteorological Administration	地震観測データ交換 Arrangement on Seismological Data Exchange Between KMA and NIED	平成15年～	覚書交換による研究協力

日本側機関	相手側機関 (相手国)	協定・覚書名	時期・期間	概要
防災科学技術研究所	ニウエ気象サービス The Niue Meteorological Service	地震観測協力 Cooperation in Seismic Observation in NIUE	平成14年～ 23年	覚書交換による研究協力
	オーストラリア電波宇宙予報サービス Australia Ionospheric Prediction Service	ノーフォーク島における広帯域地震観測 運 Operation of Broadband Seismic Station in Norfolk Island, Australia	平成13年～ 23年	覚書交換による研究協力
	トンガ国土調査天然資源省 The Ministry of Lands, Survey and Natural Resources of Tonga (MLSNR)	地震観測協力 Cooperation in Seismic Observation in TONGA	平成13年～ 23年	覚書交換による研究協力
	フィジー鉱山資源局 Mineral Resources Department of Fiji (MRD)	地震観測協力 Cooperation in Seismic Observation in FIJI	平成13年～ 23年	覚書交換による研究協力
	インドネシア気象地球物理庁 Bureau of Meteorology and Geophysics, Indonesia	地震観測網の運用とデータ交換 Joint Seismic Network Operation and Data Exchange	平成13年～	覚書交換による研究協力
海洋研究開発機構	カリフォルニア大学 惑星科学科 (アメリカ) CGPS/CALTECH Division of Geological and Planetary Sciences, the California Institute of Technology	JAMSTEC/IFREEとCGPS/CALTECHとの間の 研究協力に関する覚書 Memorandum of Understanding between JAMSTEC/IFREE and CGPS/CALTECH	平成17年度 ～22年度	地震発生に関わる物理、地震波動伝播のモデリング等のテーマについて共同研究を行う。 主たる分野 ・沈み込み帯での地震発生に関わる物理 ・地球内部構造の地震学的マッピング ・地震波動伝播のモデリングと震源トモグラフィ ・衛星を利用した地殻変動研究 他
	カナダ地質調査所(カナダ) PGC Pacific Geoscience Centre, Geological Survey of Canada	JAMSTEC/IFREEとPGCとの間の研究協力に関する実施取り決め Implementing of Agreement between JAMSTEC/IFREE and PGC (本IAの締結時にはJAMSTEC旧深海研究部も参加)	平成15年度 ～20年度	地震探査研究に関する共同研究を行う。 主たる分野 ・地震研究全般 ・地震データの解析 他
	パリ地球物理研究所 (フランス) IPGP Istitut de Physique du Globe de Paris	JAMSTEC/IFREEとIPGPとの間の研究協力に関する実施取り決め Implementing of Agreement between JAMSTEC/IFREE and IPG P	平成16年度 ～19年度	地球の進化とダイナミクスを理解するために以下の項目を含む幅広い分野において共同研究を行う。 ・地震波伝播のモデリング ・衛星を利用した地殻変動研究 他
産業技術総合研究所	国立成功大学防災研究センター (台湾) Disaster Prevention Research Center, National Cheng Kung University	研究協力覚書「台湾における水文学的・地球化学的手法による地震予知研究」	平成13年度 ～21年度	第1期：平成13年度～16年度 第2期：平成17年度～平成21年12月
	重慶市地震局 (中国) Seismological Bureau of Chongqing	地震学分野における協力に関する覚書	平成15年度 ～20年度	覚書交換による包括的研究協力
国土地理院	米国、キリバス、トンガ、クック諸島、仏領ポリネシア	東アジア・太平洋地域のプレート運動及びプレート内部変形の様式に関する国際共同研究	平成16年～	太平洋プレートの運動検出のためのGPS観測点運用に関する現地機関との協定

日本側機関	相手側機関 (相手国)	協定・覚書名	時期・期間	概要
国土地理院	IGS(International GNSS Service/国際GNSS事業)	国際GNSS事業設立規約 International GNSS Service (IGS) Terms of Reference	平成6年～	地球科学全般及び実用的な応用を目的とした本事業の趣旨に添ってGPSをはじめとする衛星測位システムに関する観測情報の共有、軌道情報の決定等のため国内観測局運用と地域データセンター・準解析センターの業務を行う
	IVS(International VLBI Service for Geodesy and Astrometry/国際VLBI事業)	国際VLBI事業設立規約 International VLBI Service for Geodesy and Astrometry (IVS) Terms of Reference	平成10年～	地球回転監視、地球基準座標系(ITRF)、プレート運動決定等を目的とした本事業の趣旨に添って国際観測のため、観測局および相関処理局として参加し業務を行う
	アジア太平洋地域56カ国	PCGIAP (Permanent Committee on GIS Infrastructure for Asia and Pacific /アジア太平洋GIS基盤常置委員会)	平成7年～	アジア太平洋地域の地図測量機関との間の地理情報に関する協力関係を協議する場で、Working Group 1がGeodesy(測地)に関する話題を取り扱っており、年ごとの共同キャンペーン観測(GPS等)を行って、地域の測地網の結合、プレート運動等の監視のための基礎的情報を交換している。
気象庁	韓国気象庁 Korea Meteorological Administration	地震災害軽減に関する中国地震局、気象庁、韓国気象庁による第1回長官会合覚書 Minutes of the First Tripartite Meeting on Earthquake Disaster Mitigation among China Earthquake Administration of People's Republic of China, Japan Meteorological Agency of Japan and Korea Meteorological Administration of the Republic of Korea	平成16年度～	韓国気象庁との地震波形データの交換
	(外務省を介して) 包括的核実験禁止条約 機構 CTBTO	(外務書との文書) CTBT国内運用体制の立ち上げに際する協力依頼	平成14年度～	CTBTにかかる協力
	米国地質調査所とIRIS 連合 USGS、IRIS	米国地質調査所とIRISとの権利証明 Department of the Interior, Geological Survey and The IRIS Consortium: Certificate of Title	平成2年度～	IRISの観測点としての運用
	国際地震センター ISC	気象庁長官からISC評議会議長への参加表明	昭和47年度～	ISCへの検測値の送付と、分担金の支払い
海上保安庁海洋情報部	国際レーザー測距事業 International Laser Ranging Service	国際レーザー測距事業設立規約 International Laser Ranging Service (ILRS) Terms of Reference	平成10年度～	地球回転パラメータの決定、地球基準座標系(ITRF)特に地球重心の決定、ALOS等種々の衛星の精密軌道決定、重力場モデル構築に係るデータを得るため、世界各国のレーザー局と共同で人工衛星によるレーザー測距観測を行う。



## 5. 科学技術・学術審議会測地学分科会 委員名簿

### 〔委員〕

- |         |                                  |          |
|---------|----------------------------------|----------|
| 石 田 瑞 穂 | (独)海洋研究開発機構地球内部変動研究センター<br>特任研究員 | (分科会長代理) |
| 石 原 和 弘 | 京都大学防災研究所教授                      |          |
| 平 啓 介   | 琉球大学監事                           |          |
| 長谷川 昭   | 東北大学大学院理学研究科教授                   |          |
| 深 尾 昌一郎 | 京都大学生存圏研究所教授                     | (分科会長)   |

## 6. 科学技術・学術審議会測地学分科会地震部会 委員名簿

### 〔委員〕

石原和弘	京都大学防災研究所教授	(部会長代理)
長谷川昭	東北大学大学院理学研究科教授	(部会長)

### 〔臨時委員〕

入倉孝次郎	愛知工業大学客員教授	
大竹政和	東北大学名誉教授	
笠原稔	北海道大学大学院理学研究院教授	
久家慶子	京都大学大学院理学研究科助教授	
清水洋	九州大学大学院理学研究院教授	
長谷見晶子	山形大学理学部教授	
濱野洋三	東京大学大学院理学系研究科教授	
松浦律子	(財)地震予知総合研究振興会地震調査研究センター主任研究員	
山下輝夫	東京大学地震研究所教授	
浦塚清峰	(独)情報通信研究機構電磁波計測研究センター 電波計測グループリーダー	
堀貞喜	(独)防災科学技術研究所地震研究部長	
富樫茂子	(独)産業技術総合研究所地質情報研究部門長	
村上亮	国土地理院地理地殻活動研究センター 地理地殻活動総括研究官	
濱田信生	気象庁地震火山部長	
加藤茂	海上保安庁海洋情報部技術・国際課長	

### 〔専門委員〕

伊藤谷生	千葉大学理学部教授	
梅田康弘	京都大学防災研究所教授	
大久保修平	東京大学地震研究所長	
小川康雄	東京工業大学火山流体研究センター教授	
金沢敏彦	東京大学地震研究所教授	
金田義行	(独)海洋研究開発機構海洋工学センター 海底地震・津波ネットワーク開発部長	
西澤あずさ	海上保安庁海洋情報部技術・国際課海洋研究室上席研究官	
野津憲治	東京大学大学院理学系研究科教授	
平田直直	東京大学地震研究所教授	
藤井直之	名古屋大学名誉教授	

7. 科学技術・学術審議会測地学分科会地震部会  
観測研究計画推進委員会 委員名簿

〔委員〕

長谷川 昭 東北大学大学院理学研究科教授

〔臨時委員〕

浦 塚 清 峰 (独)情報通信研究機構電磁波計測研究センター  
電波計測グループリーダー

堀 貞 喜 (独)防災科学技術研究所地震研究部長

〔専門委員〕

金 沢 敏 彦 東京大学地震研究所教授 (主査代理)

平 田 直 東京大学地震研究所教授 (主 査)

松 澤 暢 東北大学大学院理学研究科助教授

山 岡 耕 春 東京大学地震研究所教授

金 田 義 行 (独)海洋研究開発機構海洋工学センター  
海底地震・津波ネットワーク開発部長

小 泉 尚 嗣 (独)産業技術総合研究所地質情報研究部門  
地震地下水研究グループ長

今給黎 哲 郎 国土地理院測地部計画課長

干 場 充 之 気象庁地震火山部地震予知情報課評価解析官

渡 辺 一 樹 海上保安庁海洋情報部技術・国際課地震調査官

## 8. 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係る審議状況

平成18年

6月 6日	地震部会（第14回）
8月 2日	観測研究計画推進委員会（第9回）
8月25日	測地学分科会（第12回）
10月 3日	観測研究計画推進委員会（第11回）
10月23日	観測研究計画推進委員会（第12回）
11月16日	地震部会（第15回）
12月 4日	観測研究計画推進委員会（第13回）
12月18日	観測研究計画推進委員会（第14回）

平成19年

1月 9日	地震部会（第16回）
1月15日	測地学分科会（第13回）