

地震・火山噴火予知研究計画(仮称)の推進について  
(審議経過報告)

平成20年1月

科学技術・学術審議会  
測地学分科会



# 目 次

## I. これまでの成果と今後の展望

1. 地震予知と火山噴火予知に関する現状への基本的認識 . . . . . 1
2. 地震予知のための新たな観測研究計画の成果
  2. (1) 第1次地震予知計画から、第1次新計画までの概要 . . . . . 2
  2. (2) 第2次新計画の主な成果 . . . . . 3
3. 火山噴火予知計画の成果
  3. (1) 第6次計画までの概要 . . . . . 4
  3. (2) 第7次計画の主な成果 . . . . . 4
4. 今後の展望 . . . . . 5

## II. 本計画策定の方針

1. 計画推進の基本的考え . . . . . 9
2. 本計画の基本的方針
  2. (1) 地震・火山現象予測のための観測研究の推進 . . . . . 10
  2. (2) 地震・火山現象解明のための観測研究の推進 . . . . . 11
  2. (3) 新たな観測技術の開発 . . . . . 13
  2. (4) 計画推進のための体制の強化 . . . . . 14

## III. 計画の実施内容

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進
  1. (1) 地震・火山現象のモニタリングシステムの高度化 . . . . . 16
    - ア. 日本列島域 . . . . . 16
    - イ. 地震発生・火山噴火の可能性の高い地域 . . . . . 17
    - ウ. 東海・東南海・南海地域 . . . . . 18
  1. (2) 地震・火山現象に関する予測システムの構築
    - (2-1) 地震発生予測システム . . . . . 18
      - ア. 地殻活動予測シミュレーションとデータ同化 . . . . . 19
      - イ. 地殻活動予測シミュレーションの高度化 . . . . . 19
      - ウ. 地震活動評価に基づく地震発生予測 . . . . . 20
    - (2-2) 火山噴火予測システム . . . . . 20
      - ア. 噴火シナリオの作成 . . . . . 20
      - イ. 噴火シナリオに基づく噴火予測 . . . . . 21
  1. (3) 地震・火山現象に関するデータベースの構築 . . . . . 21
    - ア. 地震・火山現象の基礎データベース . . . . . 21
    - イ. 地震・火山現象に関する情報の統合化 . . . . . 22
2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進
  2. (1) 日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象 . . . . . 22
    - ア. 列島及び周辺域のプレート運動、広域応力場 . . . . . 22
    - イ. 上部マントルとマグマの発生場 . . . . . 23
    - ウ. 広域の地殻構造と地殻流体の分布 . . . . . 23
    - エ. 地震活動と火山活動の相互作用 . . . . . 23
    - オ. 地震発生サイクルと長期地殻歪 . . . . . 24

2. (2) 地震・火山噴火に至る準備過程	
(2-1) 地震準備過程	24
ア. アスペリティの実体	24
イ. 非地震性滑りの時空間変化とアスペリティの相互作用	24
ウ. 歪集中帯の成因と内陸地震発生の準備過程	25
エ. スラブ内地震の発生機構	25
(2-2) 火山噴火準備過程	25
ア. マグマ上昇・蓄積過程	26
イ. 噴火履歴とマグマの発達過程	26
2. (3) 地震発生先行・破壊過程と火山噴火過程	
(3-1) 地震発生先行過程	27
ア. 観測データによる先行現象の評価	27
イ. 先行現象の発生機構の解明	27
(3-2) 地震破壊過程と強震動	28
ア. 断層面の不均質性と動的破壊特性	28
イ. 強震動・津波の生成過程	29
(3-3) 火山噴火過程	29
ア. 噴火機構の解明とモデル化	29
イ. 噴火の推移と多様性の把握	30
2. (4) 地震発生・火山噴火素過程	30
ア. 岩石の変形・破壊の物理的・化学的素過程	30
イ. 地殻・上部マントルの物性の環境依存性	31
ウ. 摩擦・破壊現象の規模依存性	31
エ. マグマの分化・発泡・脱ガス過程	31
3. 新たな観測技術の開発	
3. (1) 海底における観測技術の開発と高度化	31
ア. 海底地殻変動観測技術	32
イ. 海底地震観測技術	32
ウ. 海底実時間観測システム	32
3. (2) 宇宙技術等の利用の高度化	33
ア. 宇宙測地技術	33
イ. リモートセンシング技術	33
3. (3) 観測技術の継続的高度化	34
ア. 地下状態モニタリング技術	34
イ. 地震活動や噴火活動の活発な地域における観測技術	34
ウ. 大深度ボアホールにおける計測技術	35
4. 計画推進のための体制の強化	
4. (1) 計画を推進する体制の整備	35
4. (2) 基礎的な観測研究体制の強化	37
4. (3) 計画を実施するための予算的措置への配慮	37
4. (4) 人材の確保、特に若手研究者の養成	37
4. (5) 国際共同研究・国際協力の推進	38
4. (6) 研究成果の社会への還元	39

[ 用語解説 ] . . . . . 41

[ 参考資料 ] . . . . . 53

- 科学技術・学術審議会測地学分科会委員名簿
- 科学技術・学術審議会測地学分科会地震部会委員名簿
- 科学技術・学術審議会測地学分科会火山部会委員名簿
- 地震及び火山噴火予知観測研究に関する次期計画検討委員会委員名簿
- 地震・火山噴火予知研究計画(仮称)に係る審議状況



## I. これまでの成果と今後の展望

### 1. 地震予知と火山噴火予知に関する現状への基本的認識

---

我が国は、世界有数の地震・火山国であり、有史以来、数多くの地震災害や火山噴火災害に見舞われてきた。これらの災害から国民の生命・財産を守り、安全で安心な社会を実現し、世界一安全な国日本とすることは、国の基本的な責務であり、地震や火山噴火を理解し、適切な防災・減災対策につなげていくための研究に対する社会的な要請も極めて高い。

地震予知に関する研究は、昭和 40 年から地震予知計画の下で第 1 次から第 7 次まで推進され、平成 11 年からは「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、平成 16 年からは「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。)として実施され、地震の発生場所・規模や繰り返し時間間隔に関する新たな知見が得られるなど、数多くの成果を上げてきた。

火山噴火予知に関する研究は、昭和 49 年から火山噴火予知計画の下で推進され、第 7 次までの間に観測体制は順次整備され、特定の火山では前兆現象をほぼ確実に検出可能となるなど、多大な成果を上げてきた。これらの研究成果を踏まえて、気象庁は、平成 19 年 12 月より噴火警報・噴火予報を業務として開始した。

このように独自に進められてきた両計画であるが、地震予知研究と火山噴火予知研究では、例えば、以下に述べるような共通の地球科学的背景のある課題がある。日本列島周辺で海洋プレートが沈み込むことによって、プレート境界の浅部では巨大地震が発生し、列島下の上部マントルではマグマが生成する。近年の地震予知研究と火山噴火予知研究の進展により、プレート境界地震の発生、沈み込む海洋プレート内の地震活動、マグマの生成、内陸地震の発生を統一的・定量的に理解する実証的な研究が現実的な課題となってきた。

火山活動の推移を予測するためにはマグマ供給系の解明が必要であり、そのためには火山体の深部構造の研究が重要である。また、内陸の地震発生を解明するためには地殻の不均質構造の理解が不可欠であり、その目的でも火山深部の地殻不均質構造を解明する研究が重要な課題となってきた。今後は、マグマ供給系と内陸地震の発生機構を統合的に理解する研究が必要である。

プレート境界では、地震予知のための新たな観測研究計画により、短期的なゆっくり滑りと低周波微動が連動して発生することが発見された。この現象は、プレート境界の結合状態について、固着と地震時の急激な滑りのほかに多様な状態があることを示している点で、そのモデル化は今後の研究において重要である。低周波微動は、従来火山地域でよく知られた現象であり、マグマ等の地殻流体の移動との関連でその発生機構が研究されている。これまで、プレート境界の微動は、非火山性の現象であるため、火山噴火予知の研究とは独立して地震予知研究として実施されてきたが、今後は、両者の類似点と相違点を精査するために、地震予知研究と火山噴火予知研究とが連携して解明する必要がある。

以上のように、これまでの研究の進展により、地震と火山とが密接に関連する地殻及びマントルの諸過程を統一的に理解するための研究の道が開かれてきた。したがって、従来の二つの計画に基づく研究を継続させるだけでなく、両者を統合した観点から研究を連携して進める必要がある。

既に大学においては、このような必要性に基づき、全国共同利用の附置研究所（以下、「全国共同利用研究所」という。）と各大学の地域センター等で構成される新しい地震・火山噴火予知研究協議会が平成 18 年 5 月 1 日から発足し、地震予知研究と火山噴火予知研究の一層の連携が図られている。

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、地震予知研究と火山噴火予知研究の実施状況、成果及び今後の課題についてレビューを実施し、平成 19 年 1 月に報告書をまとめた。さらに、このレビュー報告書に基づき、外部評価（第三者評価）が実施され、「地震及び火山噴火予知研究計画に関する外部評価（平成 19 年 6 月 28 日）」が取りまとめられた。この中でも、地震予知と火山噴火予知の計画の全般的な評価が行われ、両計画を連携して実施していく必要性が指摘された。また、若手研究者の確保も含めた人材養成への対応、国際共同研究の推進、研究の現状を社会へ説明することの重要性についても、地震予知研究と火山噴火予知研究の共通の課題として指摘された。

## 2. 地震予知のための新たな観測研究計画の成果

---

### 2. (1) 第 1 次地震予知計画から、第 1 次新計画までの概要

---

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 次から第 7 次計画として推進され、地域ごとに観測網が段階的に整備され、地震活動の諸特性、地震が発生する場及び地震発生 of 仕組みなどに関する多くの知見が蓄積された。

一方、「いつ（時期）」、「どこで（場所）」、「どの程度の大きさ（規模）」の地震が起こるかを地震発生前に予測するという地震予知の目標の達成は、地震発生現象の複雑性のために、地震の前兆現象の観測に基づく手法だけでは、一般に極めて難しいことも分かってきた。

そこで、平成 11 年度から 5 か年計画として始まった第 1 次新計画では、地震の発生に関する基礎的研究を更に進めるとともに、これまでの知見に基づいて地震発生に至る地殻活動をモデル化し、モニタリングとモデルに基づいて地殻活動の推移予測を行うことを新たな目標として掲げた。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エネルギーの蓄積と応力集中の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手法を取り入れた。これは、地震発生に至る全過程を理解することにより、その最終段階で予想される現象の把握を目指して、信頼性の高い地震発生予測への道筋を開くことを課題とすべきであるとの基本的認識に基づいている。

その結果、地震発生に至る地殻やマンツルの活動に関する理解が進み、プレート境界では、非地震性滑りの進行により固着領域（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ふモデル（アスペリティモデル）が提唱された。この過程では、政府の地震調査研究推進本部（以下、「地震本部」という。）の下で進められた、日本全国を対象とする均質で高密度な基盤的調査観測網（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 Hi-net 等）の整備が大きな役割を果たした。

## 2. (2) 第2次新計画の主な成果

第2次新計画では、第1次新計画に引き続き、地震発生の際準備過程の解明を進め、地殻活動予測シミュレーションモデル（地殻活動の推移予測を目的とした現実的な物理モデルに基づいた数値シミュレーションモデル）を開発することを目指した。

第2次新計画によって、地震発生に至る地殻活動に関する理解が進んだ。2003年（平成15年）十勝沖地震や2005年（平成17年）宮城県沖の地震等に関して、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み、地震本部が実施している地震発生の際長期評価に貢献した。また、東海から西南日本にかけての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が同時に発生することが発見され、2000年（平成12年）から2005年にかけて発生した東海地域の長期的ゆっくり滑りとの関係が明らかになり、プレート境界の結合形態の理解が進んだ。一方、内陸での地震発生の際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、地殻・マンツルの不均質な粘弾性・塑性変形<sup>そせい</sup>によって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。

この間、観測体制についても進歩があった。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した。これにより、観測データのほぼすべ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。また、国土地理院の全国に展開されたGPS連続観測網について、観測データを実時間で収集する体制が確立した。これにより、GPSの1秒サンプリングデータを用いた地殻変動解析が可能になったことから、震源近傍で強震動データが取得され、震源過程の理解が進んだ。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が実現した。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した。

実験に基づく摩擦・破壊構成則と現実的なプレート境界面形状、プレート運動を取り入れた日本列島域の地殻活動予測シミュレーションモデルの原型が完成した。歪エネルギーの蓄積から破壊核形成を経て、地震発生に至る、過去の巨大地震発生サイクルの特徴が再現された。また、GPSと音響測距を組み合わせた海底測位によりこれまで観測空白域であった海底の地殻変動が検出され、海域を含めたモニタリングの実現に一步を踏み出した。

第2次新計画に基づき、大学及び関係機関がそれぞれの役割を分担しつつ、観測研究における協力・連携を図ってきた。測地学分科会においては、大学及び関係機関

の研究者等で構成される地震部会が設置され、その下に観測研究計画推進委員会が設けられ、毎年の実施計画、計画の進捗<sup>しんちよく</sup>状況の把握、年次報告の取りまとめが行われた。また、昭和44年に建議に基づき発足し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を定期的に行い、第2次新計画の推進に貢献した。

平成19年6月の外部評価においては、地震予知研究に関して、一部の場合を除いて、実用的な地震予知が可能となるまでには至っていないものの、プレート境界地震の発生場所と規模の予測については一定の見通しが得られたことについて、学術的に研究成果が上がっていると評価された。一方、地震に関する研究の成果を社会に正しく伝えることや、若手研究者の養成・確保等の必要性が提言された。

### 3. 火山噴火予知計画の成果

---

#### 3. (1) 第6次計画までの概要

---

火山噴火予知計画は、火山噴火予知の実用化を目標に、個々の火山の活動度の把握と、火山現象の理解の基礎となる火山噴火の仕組み及び火山の構造の総合的解明を目指して進められてきた。

第1次計画以来、年次計画により観測網の整備と実験観測の推進が図られ、活動的火山における観測点の高密度化、観測内容の多項目化、観測データの高精度化が進んだ。その結果、幾つかの火山については噴火の前駆現象の検知とそれに基づく噴火開始前の情報発信が可能になった。また、全国の関係大学合同による集中総合観測が主要活火山において年次的に実施され、火山活動評価や噴火予知手法の開発に役立ってきた。これらに併せて、火山噴火予知の実用化に欠かすことのできない火山地質図や火山地形図などの火山活動基礎資料が整備され、活用されてきた。

第5次計画からは、制御震源等を用いた火山体構造探査が重点的な研究項目に加えられ、国内の主要な活火山において年次的に順次実施された。その結果、多くの火山において数km以浅の火山体構造が明らかにされ、火山性地震の震源決定精度が向上するなどの成果が得られたが、当初の目的であるマグマ溜まりや火道などのマグマ供給系を把握するには、探査深度と分解能が不足することが判明した。噴火機構に関する研究では、広帯域地震観測や地殻変動観測により、火山性地震や微動の発生機構の解明が進み、火山流体の運動と関連させて議論できるようになった。

噴火予知体制については、気象庁に火山監視・情報センターが設置されるなど、監視、情報発信のための組織整備が進展した。

#### 3. (2) 第7次計画の主な成果

---

適切な観測体制が取られた火山では噴火時期をある程度予測できるまでになったが、噴火の様式や規模等の噴火推移予測については、経験則に基づく予測が成立する場合以外は依然として困難な状況にある。このため、第7次計画においても火山観測研究の一層の強化を図りつつ、火山体内部構造、噴火発生機構、火山流体の挙動な

どに関する基礎研究を推進した。また、こうした研究の成果を防災に役立てるため、大学及び関係機関は地方公共団体等との連携を進めた。

機動的な連続観測や関係機関からの観測データを気象庁に集約することにより火山監視の強化が図られた。また、全国に展開された GPS 連続観測網のデータを実時間解析する目途も立ちつつある。これらに加えて、広帯域地震計、傾斜計、GPS、重力、火山ガスなどの多項目観測により、2004 年（平成 16 年）浅間山噴火の際には、火山体へのマグマ貫入など、噴火の前駆的な変動把握に成功し、実用的な噴火予知の実現に更に近づいた。

地震や地殻変動の定常的観測データ等に基づいたマグマ供給系・熱水系のモデル化が行われた火山では、観測データから噴火に先立つ流体移動をとらえることも可能になった。掘削試料や噴出物の解析及び火山ガス組成測定により、マグマの上昇・脱ガスなどの噴火過程に関する理解が進展した。

火山体構造探査と集中総合観測を同一火山で実施し、制御震源探査と自然地震観測の併用によって探査深度が増大した。また、一部の火山では、地震波速度構造と比抵抗構造から火山直下の熱水等の流体分布を把握した。組織的な地質調査、系統的な岩石の化学分析や年代測定が実施された火山では、長期予測と噴火ポテンシャル評価の基礎となる情報を得た。人工衛星や航空機によるリモートセンシング技術が、地殻変動観測、地磁気観測及び熱やガス測定に有効であることが実証された。

火山活動度レベルの導入によって火山情報が分かりやすくなり、登山規制等の防災対応を円滑にする上で効果があることが、「2004 年浅間山噴火」で実証された。

「日本の火山ハザードマップ集」が刊行・配布され、また、噴出物の年代や化学分析値のデータベースが整備されつつあるなど、火山防災のための基礎資料の充実が図られた。

大学の地震予知研究のための地震観測網や基盤的調査観測網などの広域地震観測データを用いた地震波速度構造の研究により、島弧火山直下マントルでのマグマの移動・集積について重要な知見を得るなど、地震予知研究との連携が図られた。

平成 19 年 6 月の外部評価においては、火山噴火予知の成果の社会的貢献度が高いこと、また、特定の火山では噴火前兆現象の検出が可能になるなど、予知に関して多大な成果を上げてきたことなどが評価された。一方、観測研究の縮小が危惧されることから火山観測・監視体制の維持への対応については具体的な対策の検討が必要であることが指摘された。

## 4. 今後の展望

### （地震予知・火山噴火予知の統合的研究）

我が国で多くの地震が発生し、火山が噴火する原因は、海洋プレートが日本列島下に沈み込み、そのために生じる地殻・上部マントルの構造不均質と力学的・化学的不安定にあり、地震予知と火山噴火予知を目指す研究では、これら地震と火山噴火現象に共通な場の理解を進める必要がある。したがって、地震予知研究と火山噴火予知研

究のこれまでの成果に基づいて、新たに両研究が連携して実施できるように、二つの研究計画を統合した「地震・火山噴火予知研究計画（仮称）」として実施することが重要である。さらに、地震予知研究・火山噴火予知研究の成果を、適切な防災・減災対策につなげていくための方策の検討が必要である。

### （地震予知研究）

---

地震予知研究の目標は、地震の発生とその準備過程を理解し、モデル化に基づいた予測シミュレーションと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」の定量的な予測を可能とした上で、防災・減災に役立つ精度を高めていくことである。

現在の地震予知研究はこの目標への途上にある。第2次新計画では、プレート境界地震について、地震発生とその準備過程の理解とモデル化が進み、予測シミュレーションモデルの原型が完成し、過去の巨大地震発生サイクルの特徴が再現された。その結果、地震発生場所と地震の規模の予測に一定の見通しが得られたが、モニタリングに基づく実時間データを用いて地殻活動を予測するシステムの構築には至っていない。このため、発生時期の予測に関しては、統計的モデルに基づく長期予測の段階にある。一方、内陸の地震や沈み込む海洋プレート（スラブ）内地震については、発生機構のモデル化が始まった段階である。今後は、プレート境界で発生する巨大地震に対しては、地震に至る地殻やマンツルの状態を種々の観測により把握し、現実の地殻活動を予測シミュレーションモデルで予測することによって、地震発生サイクルにおける現時点の位置を推定し、物理的モデルに基づいて予測の誤差を段階的に小さくすることが重要である。

本計画では、これまでの地震予知研究計画の成果に基づき、「地震発生に至る地殻とマンツルの活動の理解に基づいて地震発生を予測する」という方針に沿って推進する。プレート境界地震については、予測シミュレーションモデルに観測データを取り込む（データ同化）研究を進めることが重要であり、地殻とマンツルの状態の推移予測を試行する必要がある。内陸地震については、予測シミュレーションモデル開発のために、物理モデルの構築を目指す。これまで、主としてプレート境界で発生する地震と内陸の地震を研究計画の対象としてきたが、スラブ内で発生する地震とプレート境界の地震の活動との関連性が明らかになってきたことから、プレートの沈み込みに伴って発生する諸過程を統一的に理解するために、スラブ内地震について新たな研究を開始する。地震発生に至る地殻やマンツルの活動を系統的に調べることにより、地震発生に先行して現れる現象の発生機構を明らかにする研究が必要である。

### （火山噴火予知研究）

---

火山噴火予知研究の目標は、噴火の時期、場所、規模、様式及び推移を予測することである。噴火予知の発展段階は大きく三つに分けられる。

段階 1：観測により、火山活動の異常が検出できる。

段階 2：観測と経験則により、異常の原因が推定できる。

段階 3：現象を支配する物理法則が明らかにされており、観測結果を当てはめて、将来の予測ができる。

現在、観測がなされている火山の多くは段階 1 にあり、活動的で数多くの噴火履歴があり、多項目観測や各種調査が実施されている幾つかの火山でも段階 2 に止まっていると考えられる。各火山の噴火予知の段階を段階 3 にまで向上するために、更なる観測網の整備、噴火事例の積み重ね、基礎研究の推進が求められている。そのため、火山噴火予知研究は、火山観測研究の強化と火山噴火予知高度化のための基礎研究の推進を軸にこれまで実施されてきており、本計画においてもこの方針に沿った研究を推進する。

火山監視の強化はこれまで着実に進んでいるが、気象庁が連続観測を実施している火山が我が国の 108 活火山のうちまだ 30 余の火山にとどまっていることなどから、今後も火山監視観測網の強化に取り組む必要がある。大学や研究機関等による観測研究についても、火山噴火の可能性の高い地域におけるモニタリングの重点的な強化や更に研究のための共通基盤的な観測網の整備についての検討も望まれる。また、これらの観測から火山活動の現状を評価し、防災上極めて重要な噴火推移予測を試行するため、予測される噴火の前兆現象や活動推移を網羅した噴火シナリオの作成が必要である。

噴火準備過程に関しては、マグマ供給系を含む地下の構造や状態の時間変化の把握によりマグマ上昇・蓄積過程を解明するとともに、噴火履歴の高精度解読とマグマ発達過程の把握により、中長期噴火予測の高度化を目指す必要がある。また、噴火過程に関しては、爆発的噴火の物理モデルの作成に加え、噴火の推移と多様性を把握するための観測研究の実施が重要である。

このような基礎研究の推進によって得られるモデルや噴火シナリオと、モニタリングによって得られた結果を統合し、火山活動の定量的評価を行う予測システムの構築を目指す必要がある。

### (計画推進のための体制)

---

地震・火山現象を理解し、発生を予測するためには、長期に亘る継続的な観測データが不可欠であるとともに、今後発生する事象については、可能な限り高精度のデータを取得することが重要であることから、継続的な観測とそれらを実現する体制の更なる整備が必要である。地震予知・火山噴火予知のための総合的な観測研究を実施するには、大学及び関係機関がそれぞれの機能に応じて適切に役割を分担し、連携を強化することが重要である。現在も地震予知研究については、測地学分科会の中に観測研究計画推進委員会を設け、毎年の実施計画の立案、計画の進捗状況の把握、年次報告の取りまとめなどを行っているが、今後は火山噴火予知研究も含めた計画全体を組織的に推進する体制や評価する体制を一層整備する必要がある。また、地震予知連絡会の役割を、地殻活動に関するモニタリング結果を中心とした情報交換を行う場として明確化することも重要である。

国として一元的に地震調査研究を推進している地震本部の「総合的かつ基本的な施策」との整合性を図りながら、本計画に盛り込まれる実施内容が、「新しい総合的かつ基本的な施策」に適切に位置付けられるように努力する必要がある。また、本計画によって得られる基礎的な観測研究の知見が、国の地震調査観測研究の推進に寄与できるように努める必要がある。

火山噴火予知連絡会は、火山噴火予知に関する研究成果及び情報の交換、全国の火山の活動評価と火山情報の質の向上、火山噴火予知に関する研究・観測体制整備の施策の検討を任務としており、火山噴火予知研究推進の上でその役割は極めて重要である。今後もその機能の強化が必要である。また、第7次火山噴火予知計画のレビューや外部評価報告書で抜本的な対策の必要性が指摘されているように、火山噴火予知研究を効果的に進めるための体制に関しては、計画の方針・総予算・実行内容を統括する地震本部と同等程度の機能を有する組織を設けることを検討すべきである。そのためには、まず、火山噴火予知連絡会において、基盤的観測網整備も含めた今後の観測体制やデータ流通体制及び研究体制の在り方について検討を始めることが適切である。

平成16年度からの国立大学の法人化により、各大学独自の判断で大学運営が行われるようになったが、地震予知・火山噴火予知のための観測研究においては、これまでと同様、各大学の協力・連携は必須の条件である。各大学の地震・火山噴火関連の研究施設においても、教育や人材養成の機能を確保しつつ、地震予知・火山噴火予知研究のための全国的な連携を維持、発展させる必要がある。こうした連携を図る上で、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。同時に、大学の地震・火山噴火予知研究協議会が果たしてきた機能の継続、発展が期待される。地震・火山現象を理解し発生を予測するためには、長期にわたる継続的な観測と研究が不可欠である。そのためには、観測網の継続的な整備とともに、若手研究者の養成・確保が重要である。大学は教育研究環境の向上を図るなど、長期的な視野に立って大学院生の確保に努めるとともに、観測研究を生かした教育活動を継続する必要がある。

なお、大学の高感度地震観測網については、地震本部の基盤的調査観測計画との調和を図りながら、大学が担うべき観測研究へ一層重点を移していく必要がある。また、大学の火山観測網については、必要に応じて再編を検討しながら更なる強化を図り、大学が担うべき、噴火準備過程や噴火過程を理解するための観測研究へ一層重点を移していく必要がある。しかしながら、火山については地震調査研究のような基盤的観測網が整備されていないことや上記のように監視観測が不十分な火山が多いことから、当面は火山活動度評価のための監視観測を支援しながら、観測技術・解析手法の開発を継続してモニタリングの高度化に貢献する。

## II. 本計画策定の方針

### 1. 計画推進の基本的考え

地震及び火山噴火は、同じ地球科学的背景を持った自然現象であり、これらによってもたらされる災害にはしばしば甚大なものがある。それらの災害から人命を守るなど、その被害を最小限にして、安全で安心な社会を実現するという観点から、地震・火山噴火を予知することが極めて重要である。

地震予知研究と火山噴火予知研究では、対象とする現象が一方は岩石の脆性的な破壊であり、他方はマグマの流出と爆発的の破砕であることから、その発生予測の戦略にも違いが出てくる。また、予知の実現への研究の到達度でも両予知研究計画には違いがある。地震予知に関しては、プレート境界の大地震の場所と規模の予測について一定の見通しが得られた段階で、時期の予測については長期予測の段階にあり、内陸の地震については発生機構の解明を進めている段階である。一方、火山噴火予知では、適切な観測体制の取られた火山では、噴火時期をある程度予測できる段階になっているが、噴火の推移を予測することはまだ難しい段階である。両者においてこのような違いがあることから、これまでの地震予知研究と火山噴火予知研究の成果を十分に生かし、それぞれの特徴を踏まえた計画とする必要がある。

近年の研究の進展によって、海洋プレートの沈み込みと巨大地震の発生、マグマの発生と蓄積・移動、内陸の大地震の発生を、一連の現象として実証的に研究することがより現実的な課題となってきた。地震予知研究と火山噴火予知研究で共通の課題を設定して、共同で観測研究を実施することは、同じ地球科学的背景を持った現象の理解には有効である。また、両者には、共通の測地学的・地震学的手法で観測して研究することのできる対象が多い。我が国には、世界に類を見ない稠密な地震・地殻変動の観測網が国の基盤的調査観測網として整備されており、これらの研究資源は地震現象と火山現象のいずれの観測研究にも有効に活用しうる。

また、地震発生や火山噴火に関連して、両者とも、地殻の状態が突然変化したり、微小な擾乱によって大きく状態が変化したりする現象が発生する。このような突発的・非線形的な現象は地震・火山噴火以外にも自然界に数多く存在する。その予測は一般に極めて難しいが、予測科学の分野では、突発的で偶然の発生とみなされてきた現象を物理・化学的に必然の結果として理解し、予測問題に新しい切り口を見いだす努力が始められている。地震予知と火山噴火予知の研究においては、今後は、予測科学的視点を重視していく必要があり、同じ地球科学的背景を持つ地震と火山噴火を予測する研究を統合して実施していくことは、ますます重要となってくる。

これらの状況を踏まえ、現計画の成果を引き継ぎ、予知の実用化を目指した地震予知研究及び火山噴火予知研究を着実に推進するため、二つの計画を発展的に統合した計画を立案し、平成 21 年度から 5 年間を見据えた計画と位置付けて一層の推進を図る。その際、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。さらに、予知の実現という最終目標に至る研究

の過程で得られる知見も、地震や火山噴火に対する防災・減災に有益であることから、研究の成果は積極的に社会に発信していく必要がある。

本計画では、「予測システムの開発」をより明瞭に志向した研究に重点を置くこととし、以下の4項目を柱として推進する。

- (1) モニタリングシステムを更に発展させ、そのデータを用いて地震・火山現象の推移予測を行うための予測システムを開発する「地震・火山現象予測のための観測研究」
- (2) 予測システムの基礎となる「地震・火山現象解明のための観測研究」
- (3) 地震・火山噴火予知に資する「新たな観測技術の開発」
- (4) 計画を一層効果的に推進できる体制の整備及び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提供するなど、「計画推進のための体制の強化」により、地震・火山噴火災害軽減に関する社会的要請にこたえるよう努める。

## 2. 本計画の基本的方針

---

前記の基本的考え方に基づいて、次により本計画を推進するものとする。

### 2. (1) 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

---

地震・火山噴火予知のためには、観測を通じて地殻やマントルで進行している諸過程を迅速に把握し、地殻活動を予測する数値シミュレーションへのデータ同化、又は噴火シナリオに基づく火山活動の予測を行う必要がある。このために、地震・火山現象のモニタリングシステムを整備し、高度化する。同時に、地震・火山現象を予測するシステムをそれぞれ構築し、さらに、地震・火山現象のデータベースを構築して、情報の統合化を図る。

#### 《地震・火山現象のモニタリングシステムの高度化》

---

日本列島全域に整備された稠密な地震・地殻変動等の観測網及び全国の火山に配備された地震・地殻変動・熱・全磁力等の火山活動観測網から得られるデータを活用し、地震活動・地殻変動及び火山活動を的確にモニターするとともに、活動の予測に有用な情報の収集に努める。このために必要な観測網の維持・強化や常時観測体制の整備を行うとともに、活動の的確な把握と評価に役立つ新たな観測手法等の導入を進めて、モニタリングシステムの性能向上を図る。さらに、大地震の発生や火山噴火の可能性の高い地域では、活動の予測に有用な情報を数多く収集することが必要であり、地震現象・火山現象モニタリングの観測項目の多項目化、観測点の高密度化や観測データの実時間処理システムの一層の整備に努める。本計画では、地殻活動予測シミュレーションへのデータ同化とシミュレーション結果の検証及び噴火シナリオに基づく火山現象の予測を行うために、地震・火山現象の組織的なモニタリングを行う。

## 《地震・火山現象に関する予測システムの構築》

---

### (地震発生予測システム)

---

地震発生に至る物理・化学過程の理解に基づいて、プレート境界の応力・歪<sup>ひずみ</sup>等の推移を予測するシミュレーションモデルを構築する。常時モニタリングシステムによって得られる観測データを予測シミュレーションモデルに取り込む手法を開発して、データ同化実験を行い、予測を試行する。同時に、これらのシミュレーションを継続的に高度化していくために、地震発生の物理・化学過程に関する基礎的なシミュレーション研究を推進する。統計モデルや物理モデルに基づいて地震活動を評価し、時空間的に高分解能な地震活動評価を行う手法を確立するために、地震活動予測アルゴリズムの妥当性を評価・検証する枠組みを構築する。

### (火山噴火予測システム)

---

これまでの火山噴火予知研究の成果に加え、地質調査・解析による噴火履歴の解明等に基づき、噴火シナリオを我が国の主要な活火山について順次作成する。モニタリングシステムによって得られた観測データから火山活動の評価を行い、噴火シナリオに基づいた火山活動の推移予測を試行する。さらに、過去の噴火活動時の観測データの詳細な検討や研究成果に基づいて噴火シナリオの高度化を図る。

## 《地震・火山現象に関するデータベースの構築》

---

地震・火山活動を明らかにするために、日本列島及びその周辺域の地震・火山現象の基礎データベースを構築するとともにデータの流通を図る。また、それらの情報を統合化し、地殻活動予測シミュレーションに活用するとともに、噴火シナリオの高度化及び火山活動評価に基づく噴火予測に活用することを目指す。

## 2. (2) 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

---

地震・火山現象の予測システムの構築のためには、地殻やマントルで進行している諸過程の正しい理解とそのモデル化が不可欠である。このために、日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象、地震・火山噴火に至る準備過程、地震発生先行・破壊過程と火山噴火過程、地震発生・火山噴火素過程の解明のための観測研究を推進する。

## 《日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象》

---

日本列島及びその周辺域の地震・火山現象は、列島とその周辺に位置する複数のプレートの相互作用に起因する応力・歪場やマグマの挙動に支配されている。したがって、長期的あるいは広域の地震・火山現象を解明するために、日本列島及びその周辺域で、長期的なプレート運動とそれに伴う応力場を明らかにし、上部マントルにおける水の供給・輸送過程とマグマの生成・上昇機構を明らかにする研究を推進する。

これらの研究に加え、マグマ等の地殻流体の分布を含む広域の地殻・上部マントル構造を明らかにすることや、地震現象と火山現象に共通する原因であるプレート運動の影響を正確に評価するために、地震活動と火山活動の相互作用に関する研究を推進する。また、地震現象の予測精度向上に不可欠な地震発生サイクルに関する理解を深めるために、アスペリティやセグメントの破壊様式についての過去の活動履歴を明らかにする。同時に、長期的な内陸の地殻歪の時空間分布を解明する。

## 《地震・火山噴火に至る準備過程》

---

### （地震準備過程）

---

地震発生の準備過程を解明するために、地殻とマントルで応力が特定の領域に集中し地震発生に至る過程を明らかにする観測研究を実施する。プレート境界地震に関しては、アスペリティ分布の推定精度を向上させるとともに、アスペリティ域に固有な地殻やマントルの性質の研究を進めることにより、アスペリティモデルの高度化を図る。さらに、プレート境界面上で進行する非地震性滑りの時空間変化を高精度に把握するとともに、アスペリティ間の相互作用について理解を進める。内陸地震に関しては、地震発生層である上部地殻と下部地殻・最上部マントルの不均質とその変形の空間分布を把握し、歪集中帯の形成・発達と地震発生に至る過程に関する定量的なモデルの構築を目指す。また、スラブ内地震の発生機構を解明するため、スラブ内の震源分布や地震波速度構造を詳細に明らかにすることにより、スラブ内に取り込まれた流体の地下深部における分布と挙動の解明を図る。

### （火山噴火準備過程）

---

火山下の地殻内における多様なマグマの上昇・蓄積過程を解明するために、複数の火山において多項目の観測や探査を実施して、火山体構造とマグマ供給系及び火山体浅部における火山流体の状態と変動を把握する。噴火履歴とマグマの発達過程を解明するために、地質調査や岩石学的研究により、高精度の噴火履歴を復元し、噴火の推移及びマグマ供給系の変遷の把握を行う。

## 《地震発生先行・破壊過程と火山噴火過程》

---

### （地震発生先行過程）

---

地震発生予測の時間精度を高め、短期予測を可能にするためには、地震発生の直前に発生する不可逆的な物理・化学過程（直前過程）を理解して、予測シミュレーションモデルにそれらの知見を反映させ、直前過程に伴う現象を的確に捕捉して活動の推移を予測する必要がある。このために、地震に先行する地殻やマントルの諸過程を地震発生先行過程と位置付けて研究し、その発生機構を明らかにして、特定の先行過程が地震準備過程や直前過程のどの段階にあるかを評価する研究を行う。

## （地震破壊過程と強震動）

---

大地震の断層面の不均質性と動的破壊特性及び強震動・津波の生成過程を理解するために、震源解析及び震源物理に基づく破壊過程の研究を一層推進し、震源モデルや地下構造モデルの高度化を図る。

## （火山噴火過程）

---

噴火機構の解明のためには、火道浅部におけるマグマの移動・発泡や物性変化などの噴火過程の詳細を高時空間分解能で明らかにして、爆発的噴火のモデル化を行う。また、噴火現象の総合的な観測に基づき、噴火推移の多様性を支配する要因を理解することを目指す。

## 《地震発生・火山噴火素過程》

---

地殻・上部マントル構成物質の変形・破壊について、実験・理論的手法により従来よりも広い条件範囲にわたって物理的・化学的素過程を明らかにする。地下深部の岩石の物性及び環境をリモートセンシングにより推定することができるようにするため、可観測量との関係を様々な条件の下で定量的に求める。さらに、室内実験で得られた知見を実際の自然現象に適用できるようにするため規模依存性を明らかにする。また、火山噴火のモデル化のために、マグマの分化・発泡・脱ガス過程を明らかにするとともに、それらのパラメータを取り込んだマグマ上昇の数値モデルを作成することを目指す。

## 2. (3) 新たな観測技術の開発

---

新たな観測技術の開発や既存技術の高度化により、従来にない質・量の観測データが得られると、地震・火山現象に関する理解が飛躍的に進む。そのため、海底における観測技術の開発を始めとして、地下の状態のモニタリングや噴火活動域における観測技術の高度化、宇宙技術等の利用の高度化を進める。

## 《海底における観測技術の開発と高度化》

---

日本列島周辺の海域では、多くのプレート境界地震が発生しており、さらに、活動的な火山島も存在する。このため、海底における地殻変動を始めとした各種観測データを安定に取得するための技術開発が、地震及び火山噴火予知に有用な観測データを取得するために必要である。海底における地殻変動観測技術及び地震観測技術の高度化と海底における各種データを実時間で利用できるシステムの開発を図る。

## 《宇宙技術等の利用の高度化》

---

GPS や衛星搭載合成開口レーダー（SAR）等の宇宙測地技術を利用した解析技術の高度化を図る。地震や火山活動をより高い精度で面的に把握する人工衛星や航空機を用いたリモートセンシング手法の実現を目指す。

## 《観測技術の継続的高度化》

---

地震発生場や火山などにおいて、地下の状態をモニタリングする技術や、センサー技術や観測ネットワーク技術など、データを量・質的に増大させる技術開発を進める。断層面の固着状態、マグマなどの地殻流体の移動、またそれらに付随する現象のモニタリングのために、精密に制御された弾性波震源・電流源、宇宙線等を用いた技術の高度化を図る。地震活動の高い地域や噴火活動域近傍でのデータは非常に貴重な情報をもたらす。このために、山間地・離島・火山近傍など電源・通信事情の不十分な場所における効率的データ取得のためのセンサー技術やネットワーク技術の高度化を図る。また、気象変化による擾乱や人工的なノイズから離れ、高品質のデータを取得するため、大深度ボアホールにおける計測技術の開発が必要である。

## 2. (4) 計画推進のための体制の強化

---

### 《計画を推進する体制の整備》

---

地震及び火山噴火予知研究計画（仮称）に基づいた計画遂行を担う各大学や関係機関が、それぞれの機能に応じた役割分担と密接な協力・連携の下に、計画全体を組織的に推進する体制の確立及び評価体制の充実を図る。このために、観測研究計画推進委員会を充実し、地震予知連絡会の役割を明確化する。さらに、地震本部が策定する「新しい総合的かつ基本的な施策」に、本計画に盛り込まれる実施内容が反映されることを期待する。また、火山監視観測網の整備と火山観測研究の充実を図るために、火山噴火予知連絡会の機能強化を行う。

### 《基礎的な観測研究体制の強化》

---

長期にわたる継続的かつ基礎的な観測研究の主な担い手である国立大学法人が、地震・火山噴火予知研究計画を推進するために、個々の法人の枠を超え全国の国公立大学の研究者が連携して拠点を形成して観測研究を実施していく必要がある。関係する全国の国公立大学間及び研究機関間の継続的連携・協力の一層の強化が不可欠であり、同時に工学・人文社会科学等の他の研究分野との共同研究を促進する必要がある。このため、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とから、例えば、地震・火山噴火予知研究協議会が置かれている東京大学地震研究所を中核的な研究拠点として、各大学の地震・噴火予知関連研究センターとの連携を一層強化することが必要である。

### 《計画を実施するための予算的措置》

---

国、各大学及び関係機関においては、地震予知研究及び火山噴火予知研究が本計画に沿って着実に推進されるよう、予算・人材面での適切な措置を講じるべきである。特に国立大学法人については、全国共同利用による人的・物的資源の効率化を図りつつ、必要な経費を運営費交付金等により支援されることが望まれる。

また、本計画は長期間を見通しつつ、段階的に予知の実現を目指すものであるため、特に萌芽<sup>ほうが</sup>的な研究や基礎基盤的な研究等に対しての予算的配慮が期待される。

### 《人材の確保、特に若手研究者の養成》

---

地震・火山噴火の予知の実現という最終目標を達成するためには、長期的な観測研究が不可欠である。このため、大学は、教育研究環境の向上を図るなど、長期的な視野に立って大学院生の確保に努めるとともに、観測研究を生かした教育活動を継続して若手研究者の育成に努力する。研究者のキャリアパスの確保と若手研究者支援の方策を検討し、大学院生等の確保に努める。

### 《国際共同研究・国際協力の推進》

---

地震や火山噴火に関する事例を効率的に集積し、地震予知及び火山噴火予知の研究を推進するためには、国内外を問わず多様な地震・火山活動の比較研究及び緊急時の国際共同調査研究による研究成果・知識の交換が必要である。このため、国際共同研究の推進、研究者の交流等による研究成果の普及・発信、緊急調査体制の整備、観測データの継続的な交換と技術支援等に取り組む。

### 《研究成果の社会への還元》

---

本計画を進めることによって得られる知見は地震や火山噴火に対する防災・減災に有益であるため、積極的に研究成果を社会に伝える必要がある。研究成果の普及は、防災意識の向上のためにも重要であり、本計画推進への理解を得るためにも積極的に進める必要がある。このため、地震火山に関する普及活動を組織的に推進する。また、地震、火山噴火による被害軽減に資するため、情報や報道発表内容の質的向上を図り、的確かつ迅速に提供するように努める。

### Ⅲ. 計画の実施内容

#### 1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

##### 1. (1) 地震・火山現象のモニタリングシステムの高度化

- 地震現象と火山現象の予測精度を向上させるためには、日本列島域を対象としたモニタリングシステムに加え、大地震の発生が予想される特定の地域や火山噴火の可能性の高い地域における地震・火山現象モニタリングが重要であり、高密度かつ多項目の諸観測を一層整備するとともに、既存の観測網の着実な維持・更新を行う必要がある。こうした地域では、活動の予測に有用な情報を数多く収集することが必要であり、より詳細かつ定量的な活動の把握と評価を行うことができるよう、モニタリングシステムの高度化を推し進める。地震発生の可能性が高い地域の中でも、東海・東南海・南海地域は、その切迫性が極めて高く、この地域における地震予知への取組は、社会的要請にこたえるという観点からも大きな意味を持っており、以下ではこれらを分けて記述する。

#### ア. 日本列島域

- 国土地理院は、全国の GPS 連続観測網による地殻変動連続観測、水準測量や高度地域基準点測量、絶対重力観測及び地磁気連続観測を実施する。さらに、GPS のデータを用いて、断層モデルを即時的に推定するシステムを構築する。海上保安庁は、DGPS 局のデータを利用して地殻変動を検出する。気象庁、国土地理院及び海上保安庁は、潮位連続観測を継続すると同時に、観測システムの更新やデータの一元化を進める。防災科学技術研究所は、傾斜計と GPS データを統合処理する地殻変動総合モニタリングシステムの構築と運用を行う。大学は、歪計ひずみのデータを用いて、超低周波な地震のような特異な地震の震源特性を明らかにする。
- 防災科学技術研究所は、日本列島周辺とうしよの島嶼部などの基盤的地震観測網（Hi-net等）の配備計画未達成域での整備を進める。また、次世代地震総合観測システムの開発を進め、地震波速度構造等の標準モデルを構築するとともに、低周波地震と深部すべりに関する情報収集を行う。気象庁は、一元的な震源決定処理のほか、低周波地震のモニタリングを継続する。また、地震活動の異常を定量的に評価・診断するシステムを構築する。大学、防災科学技術研究所、気象研究所及び気象庁は、高精度な震源及び発震機構解・CMT解の決定や震源過程解析を行う。大学は、短期間に地震が集中して発生する場において、効率的な地震活動のモニタリングを試行する。さらに、常時微動記録を用いて地下構造の時間変化の検出を行う。
- 気象庁は、全国の30余の火山について連続的な監視観測を行う。その他の火山については、基盤的地震調査観測網等の活用と関係機関の協力の下、監視を行う。熱観測、火口近傍での地殻変動観測、ガス観測、地震・空振の長期観測

などモニタリングの高度化を図る。全国主要火山に地磁気基準網を整備し、全国の全磁力分布を求める。また、地磁気基準値を迅速に提供する。国土地理院は、全国に展開するGPSによる連続地殻変動観測から火山性地殻変動を把握する。海上保安庁は、南方諸島及び南西諸島の海域火山において、航空機による熱画像撮影や磁気測量等による定期巡回監視を実施し、火山内部の磁氣的・熱的構造の異常や時間変化を求める。また、測量船を使用して、海底地形や海上重力測量などの総合的調査を行う。

- 気象庁、海上保安庁、国土地理院、防災科学技術研究所、産業技術総合研究所及び大学は、火山活動が活発化した場合には、火山周辺での機動的観測、航空機や無人測量船等による観測、衛星搭載SAR（合成開口レーダー）などの人工衛星によるリモートセンシング技術を活用し、陸域、海域での火山観測体制の強化を図る。

#### イ. 地震発生・火山噴火の可能性の高い地域

- 大学及び気象庁は、宮城県沖及び周辺地域等において海底地震観測を実施する。また、大学及び海上保安庁は、ゆっくり滑りのモニタリング等の海底地殻変動等の観測を強化する。
- 大学及び防災科学技術研究所は、歪集中帯、群発地震活動域、活断層周辺地域及び南関東において稠密地震観測網により地震活動をモニターする。防災科学技術研究所は、大深度地殻活動観測井の整備及び比抵抗の連続観測を実施する。産業技術総合研究所は、地下水連続観測を実施し、透水係数等の変化をモニターする。国土地理院は、水準測量を実施するとともに、稠密なGPS・光波測距による変動地形調査を実施する。
- 国土地理院は、地震発生の可能性の高い地域において、水準測量・GPS・光波測距による測量を高頻度を実施する。また、日本海溝・千島海溝沿いの地域や糸魚川-静岡構造線北部において、GPS及びSARによる観測を実施し、地殻変動分布を明らかにする。海上保安庁は、伊豆諸島海域において、GPS連続観測を行う。
- 気象庁は、火山噴火の可能性の高い地域において多項目観測を実施し、活動的な火山のモニタリングを強化する。大学は、マグマ活動の検知やマグマ上昇機構の解明及び火山性流体・熱水の分布や時間変化を把握するため、樽前山、有珠山、北海道駒ヶ岳、岩手山、吾妻山、草津白根山、浅間山、富士山、伊豆大島、御嶽山、阿蘇山、雲仙岳、桜島等の全国の活動的な火山で、地震、地殻変動、電磁気観測を総合的に行い、活動的な火山のモニタリング機能を高度化する。防災科学技術研究所は、富士山等で地震・地殻変動等の多項目連続観測を実施する。また、活動が活発化した際には、人工衛星や航空機によるリモートセンシング技術を利用した観測を実施する。国土地理院は、GPSやレーザー測量、水準測量、地磁気測量、重力観測による機動観測を実施するとともに、

活動的な火山を優先して地球観測衛星、航空機によるSAR等を利用して高精度な地殻変動の測量を実施する。産業技術総合研究所は、富士山などで地殻変動観測を実施する。

## ウ. 東海・東南海・南海地域

- 気象庁は、ケーブル式海底地震計による海域の震源決定精度の向上を目指す。また、地殻変動監視と潮位データ利用の高度化を図る。国土地理院は、GPS連続観測点の増強、水準測量、絶対重力観測、地殻変動連続観測に加え、GPS、光波測距、水準測量等の機動観測を実施する。海上保安庁は、GPS-音響測距結合方式による海底地殻変動観測を実施する。産業技術総合研究所は、地下水等総合観測施設を用い、プレート間のゆっくり滑りを観測し、深部低周波微動を精査する。気象研究所は、歪計データ等の異常検出手法の改良を行い、過去の測地データの再調査や長基線レーザー伸縮計による観測の高度化を行う。防災科学技術研究所は、各種観測網を強化し、高精度地下構造決定及び相似地震活動のモニタリングを実施する。海洋研究開発機構は、実時間地殻活動モニタリングシステムの構築・拡充を行う。大学は、臨時地震観測、歪・傾斜・比抵抗等の連続計測、高密度GPS観測、全磁力、絶対重力と相対重力の繰り返し計測を行う。また、SARデータ及びGPSデータを用いて、定常的な地殻変動とその揺らぎを面的にモニターする。さらに、紀伊半島下のフィリピン海プレートの形状とその周辺のマントルウェッジの三次元構造を推定する。

### 1. (2) 地震・火山現象に関する予測システムの構築

#### 1. (2) (2-1) 地震発生予測システム

- 地震発生予測システムを構築するために、これまで、地震発生に至る物理・化学過程の理解に基づいて、プレート境界の応力・歪等の推移を予測するシミュレーションモデルを開発してきた。この開発した予測シミュレーションモデルに実際の観測データを取り入れることにより、定量的な地殻活動予測を行うことを目指す。予測シミュレーションモデルとモニタリングを総合化したものとしての予測システムの構築を目指す。
- 「地殻活動」とは、歪エネルギーの蓄積・応力の集中から大地震の発生に至る一連の過程及びそれに付随する諸現象のことを指す。大地震発生に至る一連の物理過程を理解・再現する延長上で大地震を予測する「地殻活動予測」が目標である。こうした目的のために、地殻活動予測シミュレーションの改良、シミュレーションに観測情報を取り込むためのデータ同化手法の開発を進め、実データと予測シミュレーションを結合させたデータ同化実験を実施する。また、モデルパラメータや観測情報の不確定さによる予測シミュレーションの誤差を適切に評価するための手法を開発する。さらに、現在の大規模予測シミュレーションでは考慮されていない物理過程や、破壊の非線形性、規模依存性等を考慮した地震発生の数値モデルを構築することにより、大規模シミュレーショ

ンモデル高度化のための研究を進める。内陸の活断層についても、予測シミュレーションに向けての研究を行う。

- 地震活動のデータに基づく確率論的な予測を行うために、地震発生の準備過程や素過程を考慮した新しい地震発生予測アルゴリズムを開発し、これを用いて地震活動の予測実験を行う。また、地震・火山現象に関するデータベースの構築のための研究課題と連携して、予測の性能を評価するために必要な地震活動データを整備する。その際、同種の研究を行っているアメリカ、ヨーロッパ等の研究グループとの国際連携を図る。

#### ア. 地殻活動予測シミュレーションとデータ同化

- 大学、海洋研究開発機構、気象研究所及び防災科学研究所は、駿河トラフ・南海トラフ等を対象とした巨大地震発生シミュレーションやゆっくり滑りのシミュレーションを行い、プレート境界における摩擦パラメータ等を最適化して、過去の地震発生履歴の再現を目指す。また、粘弾性媒質を考慮したモデルでの地殻変動の計算により、観測データとの比較とその再現性向上を目指す。
- 防災科学技術研究所及び大学は、準静的な歪エネルギー蓄積から動的破壊、強震動の発生に至る過程の大規模シミュレーションを行い、実際の観測データとの比較を通してアスペリティ領域の設定の最適化を行う。
- 大学及び海洋研究開発機構は、地殻活動予測シミュレーションと地震・火山現象データベースの結合を強め、各種データをシミュレーションに取り込むために、データ流通システムの確立を目指す。地殻変動観測データを予測シミュレーションに取り込むためのデータ同化手法を開発し、沈み込み帯で発生した大地震の余効滑り<sup>よこウ</sup>等を対象としたデータ同化実験を行い、プレート境界面上の応力や滑り速度の時間発展や摩擦パラメータを推定する。また、プレート境界型大地震を発生させるアスペリティを対象にして、アスペリティでの応力の増加と強度の時間変化のシミュレーションに基づき、アスペリティ破壊の予測を試行する。さらに、地震活動等の観測データを予測シミュレーションに取り込むための手法開発を進める。

#### イ. 地殻活動予測シミュレーションの高度化

- 大学は、プレート境界地震に関する地殻活動予測シミュレーションモデルを継続的に高度化するとともに内陸活断層への応力集中過程の数値モデルを構築するために、<sup>かんげき</sup>間隙流体圧の変動を考慮した断層滑り過程及び余効変動のシミュレーション、断層破壊過程の規模依存性を考慮したシミュレーション、媒質の塑性変形や非線形クリープを考慮したシミュレーションを行う。また、これら現象を含め、不均質媒質中の破壊現象を精度良く再現するための数値計算手法の開発を行う。

- 大学及び海洋研究開発機構は、モデルパラメータの分布やプレート境界面上の滑り速度や応力などの初期値の不確定さが予測精度に及ぼす影響を調べることにより、観測の精度と予測の精度の関係について知見を得る。この結果を用いて、予測精度向上に必要な情報は何かを明らかにする。
- 大学は、地殻の不均質性に着目し、地震の規模別頻度分布などの統計法則やそのパラメータを支配する物理を解明するためのシミュレーション研究を行い、統計法則のパラメータの時空間的な変動と大地震発生の関係を明らかにする。
- 産業技術総合研究所は、内陸の活断層を対象として、地質構造と応力場に関する観測に基づいて物理モデルを構築し、シミュレーションとアンサンブル予測手法により内陸地震の予測モデル構築を目指す。

#### ウ. 地震活動評価に基づく地震発生予測

- 大学は、統計モデルや物理モデルに基づいて地震活動を評価し、時空間的に高分解能な地震活動評価を行う手法を確立するために、地震活動予測アルゴリズムの妥当性を評価・検証する枠組みを構築する。必要なデータの品質管理を行い、地震活動予測のアルゴリズムを整理してデータに適用可能なソフトウェアを整備し、地震活動予測の実験を行って予測手法の妥当性を検証する。
- 防災科学技術研究所は、地震活動観測結果などを地震活動評価に利用できるようにする。また、これまで開発された地震活動評価手法を観測データに適用し、妥当性を検証する。
- 気象研究所は、地殻活動評価解析手法の高度化を行い、地震活動予測アルゴリズムの開発を目指した地震活動の時空間的な特徴の抽出を行う。

### 1. (2) (2-2) 火山噴火予測システム

- より高度な火山噴火予知を目指して、噴火規模、様式、推移の予測を行うためには、噴火シナリオ（予想される噴火前駆現象や噴火活動推移を網羅した噴火事象系統樹）を作成することが有用である。そのため、地震・火山現象に関するデータベースを活用するとともに、地質調査・解析によって明らかにされた噴火履歴を参照して、噴火シナリオを我が国の主要な活火山について順次作成する。また、過去の噴火時の観測データの再検証や研究成果を取り入れて噴火シナリオを高度化する。活動的な火山について、観測データと噴火シナリオに基づき、火山活動の現状を評価し推移予測を試行する。

#### ア. 噴火シナリオの作成

- 火山噴火予知連絡会を構成するすべての機関が協力し、我が国の主要な活火山について噴火シナリオを作成する。このため、大学及び産業技術総合研究所は、個々の火山の噴火履歴、過去の噴火様式、マグマ組成の時間変化などの

知見を噴火シナリオにまとめる。また、大学、防災科学技術研究所、産業技術総合研究所、気象庁、気象研究所、国土地理院及び海上保安庁などは、過去の噴火事象について調査観測成果の系統的な整理を行うとともに、火山噴火に関する研究成果を取り入れて、シナリオ内の事象の分岐の判断材料を順次付加し、噴火シナリオの高度化を図る。

#### イ. 噴火シナリオに基づく噴火予測

- 活動的な火山について、観測データとその解析結果を、これまでの火山噴火に関する研究成果と総合して評価し、現在の活動状況が噴火シナリオのどの段階にあるかを判断する。さらに、噴火の近づいた火山や噴火活動中の火山については、各種観測データと噴火に関する研究成果及び噴火シナリオに基づき、現在の状態から火山噴火や噴火終息に至るまでの過程を様々な観点から想定し、噴火推移の予測を試みる。
- 防災科学技術研究所は、地殻変動等の観測データから火山活動に伴う異常現象を自動的に抽出するシステムを構築する。

#### 1. (3) 地震・火山現象に関するデータベースの構築

- 地震現象や火山現象に関する予測のために必要な基礎データベースを構築するとともに、それらに関する情報の統合化を図る。すなわち、関係機関が長期にわたって蓄積してきた素材的データや、モニタリングシステム及び観測研究で新たに得られるデータを集積・流通させ、利用しやすい基礎データベースを構築する。さらに、これらの基礎データと研究成果の統合化により、プレート構造データベース・地震破壊過程データベース、火山地質図などを作成する。

#### ア. 地震・火山現象の基礎データベース

- 地震に関して、気象庁は全国地震カタログの作成を継続し、成果物の研究者等への早期還元を引き続き行う。また、過去にさかのぼった震源再決定や大学の検測値の取り込みなどを行い、総合的な地震カタログの作成を行う。防災科学技術研究所は、基盤的地震観測として運用している高感度・広帯域・強震観測網のデータを整理保存するとともに、地震波形の特徴を抽出し、生波形データと併せて総合的な波形データベースを構築する。大学は、過去の地震・津波・測地記録等の収集整理と電子的保存による利用の容易化に努めるとともに、貴重資料の保存管理を行う。
- 地殻変動等に関して、国土地理院は、インターネット上で全国の GPS データの所在情報を検索するシステムを構築し、各機関の潮位データを海岸昇降検知センターで収集整理する。大学は、大学等の歪データ集積システムを構築する。気象庁は全国の高精度連続地磁気観測のデータベース化を引き続き行い、全磁力精密観測データの集約整理を行う。

- 火山活動に関して，大学及び産業技術総合研究所は，ボーリングやトレンチ調査を含む地質情報を収集し，定量的な噴出物量，岩石学的分析，年代決定等の基礎データの充実を図る。国土地理院は，活動的な 49 火山について火山基本図及び火山土地条件図を作成するとともに，それらの数値データ化を進める。海上保安庁は，引き続き海域火山基礎情報図を作成するほか，既存の海域火山データベース等の高度化を図る。気象庁は，過去の噴火やその前兆・異常現象等の各種データを整備する。防災科学技術研究所は，航空機による火山体表面状態の基本情報を整備する。気象庁及び防災科学技術研究所は，国際火山観測所機構（WOVO）のデータベース構築に寄与する。

## イ. 地震・火山現象に関する情報の統合化

- 大学及び防災科学技術研究所は，様々な手法による地震波速度構造，減衰構造，熱・温度構造，比抵抗構造などを統合したプレート構造データベースを作成する。さらに，アスペリティや地震破壊過程データベースを作成する。国土地理院は，地殻活動総合解析システムのデータベースを維持・更新する。
- 産業技術総合研究所は主要活断層の諸データや地震に伴う地下水変化について，また，国土地理院は都市域周辺部の主要な活断層について，位置・地形等のデータベースの充実を図る。さらに，産業技術総合研究所は，活動的火山について形成史・噴火履歴も記載した火山地質図を整備する。
- 産業技術総合研究所は，地質情報データベースの検索・比較等が可能な統合システムを構築する。防災科学技術研究所は，多項目のデータを容易に検索・活用可能にするシステムを構築する。大学は，過去の地震記録，津波記録等の所在情報のデータベースを構築するとともに，地殻の状態を表す新しい指標を考案し，日本列島における地殻活動の評価を総合的に行うシステムを開発する。

## 2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

### 2. (1) 日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象

- 日本列島の周辺で発生する地震現象や火山現象の予測にとって基本的に重要である長期的なプレート運動とそれに伴う広域の応力場を明らかにする。また，上部マントルにおけるマグマの生成・上昇機構を解明する。これらの研究に加えて，マグマ等の地殻流体の分布を含む，広域の地殻・上部マントル構造を明らかにし，地震活動と火山活動の相互作用に関する研究を推進する。さらに，過去の海溝型巨大地震の履歴を精査することや内陸地震発生にかかわる長期的な地殻歪の時空間分布を明らかにする。

### ア. 列島及び周辺域のプレート運動，広域応力場

- 大学は，ロシアを含む我が国北部周辺において高精度連続 GPS 観測及び広帯域地震観測を実施して，日本列島の北端部周辺域の地殻活動の解明を進め，

プレート運動モデルの高度化を図る。また、モンゴルに既設の GPS 点での観測を継続し、日本及びアジア・西太平洋の観測点等のデータとの統合解析を実施して、日本列島周囲のプレートの相対運動について、時間変化の可能性を検討し、日本列島の地殻変動との関連を考察する。

- 国土地理院は、超長基線電波干渉法 (VLBI) の国際・国内観測及びアジア・太平洋地域での GPS 連続観測を実施し、周辺のプレートの広域的相対運動を把握する。海上保安庁は、和歌山県下里において人工衛星レーザー測距 (SLR) 観測を実施し、広域のプレート相対運動決定に資するデータを得る。

#### イ. 上部マントルとマグマの発生場

- 大学及び防災科学技術研究所は、日本列島域の地殻・上部マントルの地震波速度構造、反射地震断面、減衰構造、散乱構造、比抵抗構造を高分解能で求める。これらの構造から、温度構造、流動・変形場、地殻流体の分布を定量的に推定し、深部低周波地震や上部マントルにおける水の輸送過程、島弧マグマの生成・上昇機構の解明を目指す。
- 海洋研究開発機構は、日本とインドネシアで発達段階の異なる島弧の岩石学的・地球化学的比較研究により、島弧地殻・マントルの進化過程を解明する。また、伊豆・小笠原・マリアナ弧において、地殻上部マントルの詳細な地震学的構造探査を実施する。

#### ウ. 広域の地殻構造と地殻流体の分布

- 大学は、地震発生と地殻流体及び火山分布の関連を明らかにするため、稠密自然地震観測、制御震源地震探査及び比抵抗探査を実施する、反射波や変換波などを用いて日本列島域全体のモホ面の形状や地殻内の不連続面の形状を推定する。散乱波解析に基づいて日本列島における短波長不均質構造を明らかにする。
- 防災科学技術研究所は、三次元地震波速度構造・減衰構造と深部マグマ溜り及び深部低周波地震との関連を明らかにする。また、地殻熱流量データが十分でない地域で精密な測定を行い、地殻熱流量分布を求め、地震波速度構造、減衰構造も利用して、日本列島の地下熱構造モデルを構築する。

#### エ. 地震活動と火山活動の相互作用

- 大学は、伊豆、中部日本や九州等で、海底地震観測を含む地震、地殻変動、地球電磁気等の観測を行い、火山流体の移動と地震活動との関連を明らかにする。また、大地震発生に伴う応力変化が、火山活動に与える影響を解明する。
- 防災科学技術研究所は富士山から伊豆半島に至る地域で、大学は九州で、フィリピン海プレートの沈み込みに伴う地震活動と火山活動の関連性の研究を進める。

## オ. 地震発生サイクルと長期地殻歪

- 大学等は、海溝型地震について地質・地形学・歴史地震など長期間にわたるデータを基に、地震発生サイクルや規模を推定し、連動型巨大地震についての知見を得る。内陸地震については、地殻の塑性歪速度を明らかにし、塑性歪の蓄積過程を解明する。地質情報・変動地形・重力異常などの地殻構造データに基づき、潜在震源断層の分布を推定する。

### 2. (2) 地震・火山噴火に至る準備過程

#### 2. (2) (2-1) 地震準備過程

- プレート境界における地震発生準備過程の解明のために、アスペリティの空間規模及び分布を把握するとともに、プレート間固着を支配する物理・化学的過程の理解を進めることにより、アスペリティの実体を明らかにする。プレート境界地震の発生時期を予測するためには、境界での滑りと固着の状態の推移を把握する必要があるが、特に、短期的及び長期的なゆっくり滑りの大地震発生前における変化は、プレート境界地震の最も重要な発生準備過程の一つであるため、その解明を進める。また、地震の規模は、複数のアスペリティがどのように連動して破壊するか依存するため、観測的研究に加え、実験的及び理論的研究によって、アスペリティの相互作用を解明する。内陸地震については、広域の応力によって非弾性的な変形が進行して、特定の震源断層に応力が集中する過程を定量的にモデル化する。そのために、歪集中帯の観測を強化し、地殻・マントルの不均質構造と変形様式を詳細に明らかにすることで、歪の集中機構を解明する。また、スラブ内地震の発生機構を理解するために、スラブ内に取り込まれた流体の分布と挙動を明らかにする。

## ア. アスペリティの実体

- 大学、海洋研究開発機構、防災科学技術研究所、産業技術総合研究所及び海上保安庁は、地震、SAR、GPS、海底地殻変動、重力等の観測を充実させてプレート境界の滑りと固着の状態の把握に努める。また、プレート境界近傍で発生する地震の震源と発震機構解を高精度で推定することにより、アスペリティ周辺のプレート内応力状態の空間変化を明らかにする。
- 大学、海洋研究開発機構及び防災科学技術研究所は、制御震源探査、地震波トモグラフィー、変換波解析等により、プレート境界面の形状や海陸プレート内の三次元地震波速度構造を推定し、アスペリティと非アスペリティ領域の構造・状態の違いを明らかにする。海洋研究開発機構は、地震学的構造モデルと深海掘削による成果とを統合して、地震発生帯の媒質モデルを構築する。

## イ. 非地震性滑りの時空間変化とアスペリティの相互作用

- 国土地理院、防災科学技術研究所、海上保安庁、海洋研究開発機構及び大学は、測地学的な手法のほか、低周波微動・地震や、相似地震（小繰り返し地

震)を用いる手法を高度化し、プレート境界上の滑り速度分布の推定精度及び分解能の向上を図り、プレート境界におけるゆっくり滑りの時空間的推移を解明する。さらに、大学、防災科学技術研究所及び産業技術総合研究所は、プレート境界近傍で発生する地震を観測し、地震発生場における応力状態の時間変化を抽出する。また、大学は、電磁気学的観測や海底ゆう水量観測により、ゆっくり地震の発生と流体移動との関連を明確にする。

- 大学及び防災科学技術研究所は、アスペリティの繰り返し破壊の時空間的な揺らぎの解明を進める。特に、アスペリティ周囲のゆっくり滑りが、アスペリティの破壊の繰り返し間隔や滑り規模に与える影響を明らかにする。アスペリティ分布とプレート内不均質構造並びにプレート内応力場との関連を明らかにして、プレート境界上のアスペリティ間の相互作用を解明する。

#### ウ. 歪集中帯の成因と内陸地震発生の準備過程

- 国土地理院は、歪集中帯等において、GPS・光波測距・水準測量等の観測を行い、地殻変動の時空間分布を明らかにする。大学等は、新潟―神戸歪集中帯及び近年発生した内陸大地震発生域などにおいて、稠密自然地震観測・電磁気学的観測・GPS観測・制御震源探査等を実施する。その結果から、上部地殻、下部地殻及び上部マントルまでの地震波速度・減衰・電気比抵抗構造、散乱体・流体分布、媒質の異方性、微小地震の詳細な震源分布、発震機構解等を明らかにする。
- 大学及び防災科学技術研究所は、歪集中帯において、ボーリングコア試料や発震機構解等から応力の推定を試み、GPSなどの歪観測と比較して、地殻の弾性変形と非弾性変形を分離する。これらの知見を考慮して、定量的な数値モデルを構築する。同様の研究を歪速度が小さい地域等でも行い、内陸の地震発生モデルの一般化を目指す。また、断層の両端部の非弾性変形と断層への応力集中過程の関係、震源断層の強度回復過程などに関する研究を推進する。

#### エ. スラブ内地震の発生機構

- 大学は、海溝付近から島弧下までの海洋プレート内の不均質構造や震源分布・発震機構解を詳細に調べることにより、スラブ内の強度分布並びに流体の供給・輸送過程を明らかにし、スラブ内地震の発生に至る過程を解明する。
- 大学は、プレート境界のアスペリティ分布、プレート内不均質構造並びにプレート内応力場の関連を明らかにして、プレート境界地震とスラブ内地震との相互作用を解明する。

### 2. (2) (2-2) 火山噴火準備過程

- 観測に基づき火山活動の現状を評価し、噴火の時期と規模を予測するために、複数の火山において多項目の地球物理学的観測や探査及び地質調査を実施

して、マグマ上昇・蓄積過程の多様性の理解とモデル化を目指した研究を推進する。また、これらのマグマ上昇・蓄積を支配する火山体構造や、水蒸気爆発の準備過程の理解に必要な火山体浅部における火山流体の状態と変動についても解明を進める。

- 噴火間隔、規模、様式についての規則性や時間的変化を理解するため、全国の活火山の地質調査・岩石学的研究を実施して精度の高い噴火履歴を解読するとともに、マグマ溜まりにおけるマグマの分化や混合などのマグマ発達過程を解明することを目指す。

#### ア. マグマ上昇・蓄積過程

- 大学、防災科学技術研究所、産業技術総合研究所、気象研究所及び国土地理院は、GPS、水準測量、光波測距、干渉 SAR、航空レーザー測量等の地殻変動解析や地震、電磁気等の解析から、マグマ供給系を含む火山体の構造や状態及びそれらの時間的変化を明らかにし、マグマの上昇や蓄積を把握する。防災科学技術研究所は、これらに加え、温度変化や火山流体の観測データも考慮して総合的なマグマの動態モデルを構築し、噴火に至る過程を解明する。また、大学は関係機関と連携して、桜島や伊豆大島などのマグマ蓄積過程にあることが確実な 2～3 の火山において、多項目観測・探査を 5 年間集中的に実施し、マグマ蓄積の物理過程を明らかにする。さらに、複数の火山において GPS の稠密連続観測を実施して、マグマ蓄積過程の多様性とその要因の解明を試みる。
- 大学は、火山体掘削により噴火発生場の理解を進めるとともに、地球電磁気、火山ガス、放出熱などの繰り返し観測により、噴火発生場における火山流体の分布や状態、及びそれらの変動を明らかにする。産業技術総合研究所は、熱水系発達過程のシミュレーションを実施し、熱水系の変動原因と観測される現象の関係を明らかにする。また、シミュレーション精度の向上のため、主に伊豆大島で熱観測、電磁気構造探査及び自然電位連続観測を実施する。

#### イ. 噴火履歴とマグマの発達過程

- 大学及び産業技術総合研究所は、活動的な火山について、積算噴出量と噴火時間を示した階段図を作成し、噴火の規則性を理解する。また、典型的な噴火について、集中的な地質調査、浅部のボーリング・トレンチ調査、噴出物の化学分析及び年代測定を実施して、噴火様式の時間的変化を明らかにする。
- 噴火履歴が明らかになった火山について、噴出物の同位体比を含む化学分析、微小部分分析、含水量などの揮発性成分の分析を行い、マグマ溜りの数や位置及びマグマ混合や分化過程などを明らかにするとともに、噴火履歴とマグマの発達過程との関係を理解する。

## 2. (3) 地震発生先行・破壊過程と火山噴火過程

### 2. (3) (3-1) 地震発生先行過程

- 地震発生の予測の時間精度を高め、短期予測を可能にするためには、地震発生の直前に発生する非可逆的な物理・化学過程（直前過程）を理解して、予測シミュレーションモデルにそれらの知見を反映させ、直前過程に伴う現象を的確に捕捉して活動の推移を予測する必要がある。これまでの研究によって、地震に先行して発生する現象は多種・多様であり、地震発生準備過程から直前過程にまたがって発生する現象の理解を進める必要性が認識されてきた。このために、(1)地震に先行する地殻等の諸過程を地震発生先行過程と位置付けて研究し、(2)そのメカニズムを明らかにして、特定の先行過程が地震準備過程や直前過程のどの段階にあるかを評価し、(3)数値モデルを作成し、(4)モデルを予測シミュレーションシステムに組み込む必要がある。地震発生予測システムの研究で行う(3)と(4)の研究に資するために、地震発生先行過程に関する研究では、上記のうち(1)と(2)を実施する。

#### ア. 観測データによる先行現象の評価

- 大学及び防災科学技術研究所は、均質化された地震カタログを用いて、静穏化・活発化・四次元相関等に着目し、地震サイクルの中での地震活動変化を再評価する。大学及び産業技術総合研究所は、地殻変動・水温・水位・ラドン濃度・間隙水圧等のデータを解析し、観測点ごとの特性を理解するとともに地震発生に関連する異常抽出手法を開発する。また、大学は鉦山において、震源域の至近距離で地震・地殻変動を観測し、鉦山の地震やゆっくり滑りの先行過程を明らかにする。
- 大学及び防災科学技術研究所は、断層面での弾性波透過率・反射率の時間変化から地震先行現象の検出を目指す。また、波形記録の相関解析から地下構造を推定する地震波干渉法により、地震活動に関連する構造変化の検出とその原因の解明を目指す。
- 大学及び気象庁は、地磁気・地電流等の電磁気学的変動を連続観測し、局所的な全磁力変化と応力変化との関連を明らかにする。大学は、地震に先行する電磁場の変動を調べ、地震発生との関連を解明する。

#### イ. 先行現象の発生機構の解明

- 大学は、地震発生サイクルの様々な段階での地震とゆっくり滑りの相互作用を、観測データと数値シミュレーションの結果をあわせて定量的に評価することにより、大地震発生の切迫度評価のための指標を得る。
- 大学は、地球潮汐等による応力変動が震源核形成に及ぼす影響を理論的に明らかにする。さらに、地震活動や地殻変動の非線形潮汐応答から、応力が破

壊臨界値に近づいている地域の検出を目指す。また、余震や誘発地震を含めた種々の微小地震活動の発震機構から応力変化を推定し、先行現象の発生機構や規模について考察する。

- 大学は、地震発生域近傍の比抵抗や地電位の変動と地震発生との関連を明らかにするとともに、変動機構の理論的解明を目指す。
- 大学は、近畿地方中北部において、地震学的・測地学的観測に基づいて、地殻構造や広域及び断層近傍の応力場の時間的変化の検出を試みる。また、兵庫県南部地震前後の地殻変動や地震活動の変化の原因を理解するために、地震活動やGPS, SAR等の測地データを新たな手法により再解析する。
- 海洋研究開発機構は、様々なスケールの不連続面を含む媒質中の大規模破壊に先行する現象を数値シミュレーションや室内実験により調べ、これまでに得られている先行現象に関する観測データを物理的に解釈する。

## 2. (3) (3-2) 地震破壊過程と強震動

- 大地震の断層面の不均質性と動的破壊特性及び強震動・津波の生成過程を理解するために、震源解析及び震源物理に基づく破壊過程の研究を推進する。プレート境界のアスペリティ分布及び内陸活断層やスラブ内地震の強震動生成域を事前に推定するために、強震動生成域と地震活動や地殻不均質構造等との関連性を調査する。短周期強震動の生成に関わる、断層滑りの動的特性とアスペリティ内の微細構造との関連を重点的に調査する。不均質な地下構造や詳細な海底地形及び断層破壊の動的特性を正しく評価した震源モデルを用いて、強震動及び津波の大規模数値シミュレーションを行い、マグニチュード(M)8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・津波の予測手法の開発を目指す。

### ア. 断層面の不均質性と動的破壊特性

- 大学は、プレート境界のアスペリティ及び内陸活断層やスラブ内地震の強震動生成域の事前推定を目指し、過去の大地震の解析事例を増やすことにより、断層面上の強震動生成域と地殻不均質構造及び微小地震活動との関係を解明する。大学は、動的断層運動パラメータを推定し、震源断層の微視的または階層構造や、破壊伝播の確率論的な揺らぎを取り入れた破壊過程のモデルを構築する。これら震源解析の高度化のために、新たな観測データと解析手法を導入した、高分解能・広帯域震源逆解析法を開発する。
- 大学及び気象研究所は、強震観測網等による強震波形に加え、海底津波観測網により得られる津波波形を用いて震源断層パラメータを高精度に推定する手法を開発する。また、ゆっくり滑りや低周波地震を含む、震源破壊過程の多様性と大地震への発展可能性についての理解も深める。

- 産業技術総合研究所は、制御震源及び自然地震を用いて、断層面における反射強度の分布と強震動生成域及び破壊過程との関係を調査する。防災科学技術研究所及び気象研究所は、実時間観測データを用いた震源逆解析の高度化と即時化のための研究を進める。

#### イ. 強震動・津波の生成過程

- 大学及び気象研究所は、強震動・津波の生成に大きく寄与する、地下構造と震源のシミュレーションモデルを整備する。地下構造モデルでは、陸域から海域にまたがる統合化を進めるほか、短周期波動伝播に寄与する不均質ゆらぎを考慮した地殻・マントル構造をモデル化する。震源モデルには、アスペリティの階層構造など、巨視的及び微視的な構造を取り入れる。それらを踏まえ、大規模並列計算機を用いた地震波動伝播と広帯域強震動生成に関するシミュレーションを実施して、強震動・津波の生成過程の解明を図る。
- 大学は、平野部及び伝播経路において広帯域強震観測を実施して、長周期地震動の生成機構を解明し、シミュレーションモデルの妥当性を検証する。

### 2. (3) (3-3) 火山噴火過程

- 火山噴火の規模や爆発性を支配する要因を理解するために、火山浅部でのマグマの上昇と火山爆発現象のモデル化を行うことを目標とする。そのために、繰り返し発生する噴火を対象として集中的な地球物理学・物質科学的観測を行い、火道浅部におけるマグマの移動、発泡、脱ガス等に伴う諸過程やマグマの物性変化を高時空間分解能で明らかにする。
- また、噴火の推移を支配する物理・化学的要因を理解するために、新たに噴火が発生した火山において地球物理学・地球化学・物質科学的観測を実施する。さらに、これらの観測結果や地質学的情報に基づいて、噴火推移に関する定量的な噴火シナリオの開発研究を行う。

#### ア. 噴火機構の解明とモデル化

- 大学は、地震学、測地学、電磁気学及び火山化学的な観測をブルカノ式やストロンボリ式噴火が頻繁に繰り返し起こる桜島、諏訪之瀬島、阿蘇山、浅間山、十勝岳、インドネシア・スメル火山などを対象に実施し、爆発に伴うマグマ溜りや火道のマグマ圧の変化などの測定を試みる。その際、爆発噴出物の物質科学的解析により火道内のマグマ状態を推定するとともに、ボーリング・物理探査等による地下情報を取得する。これらの結果に基づき、マグマ上昇と火山爆発現象のモデルを構築する。さらに、構築されたモデルについて、観測データを用いてその有効性を検証する。産業技術総合研究所は、国外の活動的火山において火山ガス観測を実施して、脱ガス過程のモデル化を行う。

- 防災科学技術研究所は、噴火活動に関する多項目観測データから地下のマグマの動態を推定し、マグマの移動やマグマの発泡・上昇など噴火に至るまでの噴火過程をシミュレーションすることを目指す。

#### イ. 噴火の推移と多様性の把握

- 大学、防災科学技術研究所、産業技術総合研究所及び気象研究所は、噴火の推移に関する物理・化学的要因をとらえるために、噴火現象の地震学、測地学、電磁気学、火山化学及び地質学的観測研究を合同で実施する。また、噴火後の火山流体の移動を把握するために、有珠山や三宅島において、繰り返し空中磁気観測を含む総合観測を行う。
- 産業技術総合研究所及び大学は、噴火の進行に伴うマグマの脱ガス過程の変化を明らかにするために火山ガスと噴出物の観測を実施する。
- 防災科学技術研究所は、米国・イタリア等と噴火現象の解明に関する共同研究を進める。産業技術総合研究所は、インドネシアやイタリア等の火山で地質・温度構造を調査し、噴火過程及び噴火様式に関する共同研究を進める。
- 大学、防災科学技術研究所、産業技術総合研究所及び気象庁は、研究の進んだ火山において、噴火の推移や多様性に関する観測研究結果や過去の噴火履歴などの地質学的情報を統合し、進行中の噴火について、今後想定される噴火推移や事象の発生確率を算出する手法を開発する。

## 2. (4) 地震発生・火山噴火素過程

- 地球構成物質の変形・破壊の特性を、広い条件範囲にわたって実験的に明らかにする。地下深部の岩石の変形・破壊特性を推定するために、地震波速度や比抵抗等の地球物理学的観測による推定が可能な物理量と変形・破壊特性との定量的関係を室内実験により解明する。地震発生モデルで利用するために、変形・破壊の物理・化学的素過程を理解して、実験結果の実験条件範囲外での適用可能性について検討する。様々な規模の地震破壊を至近距離で観察できる鉦山の誘発地震等を用いて、変形・破壊現象の規模依存性を明らかにするための実験・観測研究を行う。さらに、火山噴火においては、変形・破壊以外に、マグマの性質と挙動を理解することが不可欠であるので、噴出物の分析・解析や室内実験を行うとともに、それらの結果を考慮した噴火のシミュレーションを行う。

#### ア. 岩石の変形・破壊の物理的・化学的素過程

- 大学、防災科学技術研究所及び産業技術総合研究所は、室内実験により、地殻から上部マントルでの温度・圧力等の環境下で幅広い変形速度等の条件における岩石及びマグマの破壊・変形特性を明らかにする。その物理・化学的素過程を物性理論により理解するために、摩擦溶融や流体・粉体等の挙動も考慮

して、数値実験、試料の分析を行う。

- 大学及び産業技術総合研究所は、岩石の変形に伴う微小破壊活動や化学反応、物性、岩石組織の変化等についての室内実験及び試験観測をおこなう。また、種々の物理・化学過程の地学的現象に対する寄与を理論的に評価する。

#### イ. 地殻・上部マントルの物性の環境依存性

- 大学、防災科学技術研究所、海洋研究開発機構及び産業技術総合研究所は、南海トラフ地震発生帯コア試料などを用いた室内実験等により、弾性波速度・減衰、電気伝導度、透水性などの物性の温度・圧力・構成鉱物・内部構造・含有流体などへの依存性を定量的に明らかにするとともに、物性変化を支配する素過程を理論的に解明する。
- 大学及び産業技術総合研究所は、地表に露出した変成岩の観察から変形時の応力を推定する手法の高度化を図る。大学及び防災科学技術研究所は、微小地震の活動から断層の摩擦特性を推定するために、室内実験の微小破壊及び微小地震の解析を行う。

#### ウ. 摩擦・破壊現象の規模依存性

- 大学及び防災科学技術研究所は、室内実験等により、摩擦滑りの弱化特性距離を支配する微視的要因を明らかにする。また、大地震発生時の摩擦特性の理解を目指し、高速・大変位滑り条件下での摩擦実験を行う。大学は、鉱山の採掘で誘発される地震に伴う地震波や歪を至近距離で観測し、岩石の巨視的破壊に伴う応力変化や微小破壊活動についての室内実験結果と比較することにより、岩石破壊過程の規模依存性について理解を得る。

#### エ. マグマの分化・発泡・脱ガス過程

- 大学及び産業技術総合研究所は、室内実験によりマグマの脱ガス・発泡過程を明らかにする。また、噴出物や液体包有物等の分析や数値実験等により、マグマ移動に伴う揮発性成分の挙動をモデル化する。海洋研究開発機構は、島弧及びプレート内マグマの含水量と分化過程の関連を解析する。また、大学は、噴出物の物性測定と組織解析、及び室内実験を行い、その発泡・結晶化・脱ガスの履歴を解読する。さらに、大学は、物質科学的観測量と地球物理学的観測量から、火道内のマグマ・火山灰・火山ガスの流体力学シミュレーションを行う。

### 3. 新たな観測技術の開発

#### 3. (1) 海底における観測技術の開発と高度化

- 日本列島は海に囲まれており、巨大地震のほとんどは海域にあるほか、伊豆諸島を始め多くの活動的な火山島が海域に存在する。そのため、海域におい

ても、陸域の観測網と同等のデータを取得する必要がある。地殻変動帯域から地震帯域までの広い周波数帯域で、高ダイナミックレンジの観測を実施する必要がある。しかし、現在の観測技術では、海域で陸域と同じ観測を行うことは難しい。そこで、海底における諸観測技術、特に地殻変動と地震観測技術の開発と一層の高度化を行う。

- 日本周辺のプレート境界における地震活動及び固着状態を高精度でモニターするためには、海域における地殻変動及び地震活動の実時間観測が不可欠である。海底での実時間観測と実時間データ伝送に関する技術の開発を行う。

#### ア. 海底地殻変動観測技術

- 海上保安庁及び大学は、GPS－音響測距結合方式による海底地殻変動観測の一層の高度化を進め、海水温分布の時空間的不均質によらず、また従来よりも短時間で2～3cmの繰り返し精度が得られるよう、効率的で安定した計測技術の開発を行う。
- 大学及び海洋研究開発機構は、圧力計を用いた海底上下変動観測について観測測器の高度化及び高精度な上下変動値を推定する解析手法の開発を進める。
- 大学は、海底における傾斜観測を行う技術の開発及び高度化を進め、0.1マイクロラジアンの精度を目指す。さらに、海洋研究開発機構及び大学は、海底掘削孔を用いた傾斜及び歪観測のための技術開発を行う。

#### イ. 海底地震観測技術

- 大学は、観測の空白域となっている日本海溝軸及びその周辺など水深6000mを超える海底での地震観測の技術開発を進める。
- 大学は、海底における1G程度までの加速度観測技術及び潮汐変動までの広域帯にわたる地震観測技術の高度化を進める。また、複数のセンサーを同時に用いて観測する複合海底観測システムについても高度化を行う。

#### ウ. 海底実時間観測システム

- 大学、海洋研究開発機構及び海上保安庁は、海底ケーブルを用いて、深海底における地震、地殻変動及び津波の実時間観測システムを構築するための技術開発を進める。できるだけ多点高密度での観測を行うことができ、障害に強く、機動的な観測も実施できるシステムを目指す。
- 海洋研究開発機構は、地球深部探査船「ちきゅう」によって開削された観測孔を用いて、地震、歪、温度、傾斜などの実時間観測システムを構築する。また、孔内観測と海底観測網を合わせた実時間観測に向けた技術開発を行う。

### 3. (2) 宇宙技術等の利用の高度化

- GPS や衛星搭載 SAR 等の宇宙技術は、地震及び火山活動を深く理解するとともにそれらの活動を的確に把握するための観測手段として重要な役割を果たしている。それらのデータを利用した解析技術の高度化を図ることにより、より高精度な測地手法の実現や様々な地震や火山活動をより高い精度で把握するリモートセンシング手法の実現を目指す。特に、「だいち」などによる衛星観測は、国内国外の地震・火山現象の解明に有用なデータを提供しており、地球観測衛星が継続して打ち上げられることが極めて重要である。

#### ア. 宇宙測地技術

- 国土地理院及び大学は、GPS の 1 秒間隔データを用い、地震前後や火山噴火過程等、高速に進行する地殻変動について、その時間推移を準実時間で把握する技術の高度化を図る。
- 国土地理院及び防災科学技術研究所は、GPS による地殻変動観測の高精度化のため、季節依存成分の定量的補正手法、電離層及び大気による遅延誤差の補正手法、及び非潮汐海洋質量による荷重変形補正手法について、それぞれ高度化を図る。気象研究所では、GPS 観測等の火山監視において、障害となる気象の影響による雑音の除去手法の開発等による火山監視手法やデータ処理手法の改良を行う。
- 国土地理院は、GPS、水準測量、潮位観測、衛星海面高度計等の各種測地的データを統合し、上下変動情報抽出の高精度化を目指す。また、他機関の GPS データを国土地理院の運用する GPS 連続観測網 (GEONET) と共通の基盤で取り扱えるように統合解析の技術を開発する。
- 大学、防災科学技術研究所、産業技術総合研究所、国土地理院及び気象研究所は、「だいち」等による衛星 SAR 干渉解析による地殻変動把握技術の高度化のため、永続散乱体干渉手法、GPS 等との統合解析手法、大気伝播誤差補正手法及び干渉データの位相連続化手法の拡張や改良を進める。

#### イ. リモートセンシング技術

- 産業技術総合研究所、大学及び防災科学技術研究所は、人工衛星リモートセンシング技術を用いて、活動的火山の熱的活動・火山ガス・変色海水・地表面状況等を観測する手法を開発する。
- 情報通信研究機構及び大学は、航空機等による SAR やレーザーを用いた地形変化等の計測手法の開発を進める。また、産業技術総合研究所及び大学は、活動的火山の内部で進行する熱的状态の変化をとらえるために、航空機等による磁気探査技術の高度化を図る。さらに、防災科学技術研究所は、航空機リモートセンシング技術を用いて、熱的活動、火山ガス等の火山体表面状態の計測を実施し、火山活動を評価する技術を開発する。

- 産業技術総合研究所及び大学は、火山ガス SO<sub>2</sub> 放出量の観測精度の向上及び高時間分解能化を進めるとともに、携帯型マルチガスセンサーシステムによる火山ガス組成の連続観測の実用化を図る。また、防災科学技術研究所及び気象研究所は、噴煙監視のためにレーダー等を用いた計測技術を開発する。

### 3. (3) 観測技術の継続的高度化

- 地震・火山噴火予知研究では、従来の観測手法の高度化により、地震活動・地殻変動や火山活動に関する質・量的に新たな情報を得ることが可能となり、飛躍的な進歩を遂げてきた。そのため、新たな観測技術の開発と同時に継続的な高度化が必要である。特にプレート境界面あるいは断層面の結合状態、マグマや流体の移動、また、それらに付随する地殻現象のモニタリング技術の高度化が必須である。そのために、自然の信号源である地震波や宇宙線を用いた方法に加え、人工的に精密に制御された弾性波震源や電流源等を用いる技術の開発と高度化を推進する。
- また、地震活動の活発な地域や噴火活動域において地震・測地・地球電磁気観測等の多項目観測データを広域かつ稠密に取得するために、山間地・離島・火口近傍等の電源や通信事情が不十分な場所でデータを効率よく取得する技術を開発する。さらに、首都圏を始めとする人工的雑音の多い地域や堆積層が厚い地域での観測、降雨等の気象の影響を避けた高精度の地震活動・地殻変動の観測を行うために大深度ボアホール内観測の高度化を図る。

#### ア. 地下状態モニタリング技術

- 大学は、能動的信号源を用いる技術開発として、精密に制御された弾性波震源・電流源等を用い、岩盤内の構造や比抵抗変化、さらに、摩擦や応力などの状態変化を計測する技術の確立を目指す。また、大学及び気象研究所は、プレート境界等の地震発生場及び火山において、精密に制御された弾性波を用い、信号伝播特性の時間変化を高安定度・高分解能で計測する手法の確立と高度化を目的とし、実用レベルの監視システムの構築を目指す。
- 防災科学技術研究所は、Hi-net 等の稠密地震観測網で得られたデータを用い、自然地震の反射波・透過波・散乱波などを用いた地震波速度トモグラフィ、散乱トモグラフィ、変換波波形の時間変化の解析等に基づいて、プレート境界の物性的特徴を抽出するとともに、その時間変化をモニターするための解析技術の開発を目指す。また、大学は、宇宙線（ミューオン）透過像撮影による密度分布を高空間分解能で可視化する技術を高度化し、火山、活断層など浅部地殻の密度構造モニタリングシステムの開発を目指す。

#### イ. 地震活動や噴火活動の活発な地域における観測技術

- 大学は、地震活動や噴火活動の活発な地域にも展開可能な 400～500 点規模の高密度地震計群列システムの技術開発を行う。また、電力・通信事情の悪い

山間地や離島での多項目観測を効率的に行うため、省電力な地震・GPS観測システム等、多項目観測データを同時に収集し、効率的・安定的に伝送する衛星テレメタリングシステムや地上無線テレメタリングシステムを開発する。さらにマグマなど火山流体の移動を地表の重力変化によって検知するため、野外でも使用可能な省電力・堅牢・高精度な小型絶対重力計の開発を進める。

- 国土地理院は、実用化されているGPS火山変動リモート観測装置(REGMOS)に、地磁気センサーや監視カメラを搭載し、多項目観測により浅部マグマの挙動を監視する多機能な機動観測装置を開発する。

#### ウ. 大深度ボアホールにおける計測技術

- 大学は、改良された水圧破碎法、ボアホールジャッキ法等を用いて、3000mを超える大深度ボアホール内で利用可能な応力の計測技術の開発を進めるとともに、レーザー技術を利用した大深度ボアホール内における広帯域地震計測、傾斜計測法の開発を進める。
- 防災科学技術研究所では、地下温度の高い火山地域に設置することも視野に入れ、3000m級ボアホールで安定に計測可能な、広帯域地震計、傾斜計及び強震計の開発を進める。

### 4. 計画推進のための体制の強化

#### 4. (1) 計画を推進する体制の整備

##### (観測研究計画推進委員会の充実及び関係機関の役割の明確化)

- 地震・火山現象を理解し、予測するためには、長期にわたる継続的な観測データの取得が不可欠であると共に、今後発生する事象については、可能な限りの高精度のデータを取得することが重要であることから、国として、継続的な観測とそれを実現する体制の更なる整備が必要である。
- 現在、測地学分科会地震部会の下に設置された観測研究計画推進委員会は、地震予知研究に関する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・連携体制の検討を目的としている。この観測研究計画推進委員会を、火山噴火予知研究も含めた計画全体を推進するための組織に改組し、本計画の目的達成に向けて関係各機関が協力して、定期的な進捗状況の把握、実施計画及び研究成果の取りまとめ、研究の評価を実施する。
- 一方、地震予知連絡会については、設立当初からこれまでの活動を積極的に評価し、今後は、観測研究計画推進委員会と適切に連携・協力しつつ、「1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進」を図るために、地震活動・地殻変動等に関するモニタリング結果を中心とした情報交換を行い、モニタリング手法の高度化を検討する場として、その役割を明確化した上で充実する。

- 大学は、引き続き地震・火山噴火予知研究協議会の機能を強化して、関係機関の協力の下、主として、基礎的な観測研究の推進を図り、観測研究計画推進委員会の活動に貢献する。

**(地震調査研究推進本部が策定する新しい総合的かつ基本的な施策への反映)**

- 地震・火山噴火予知研究計画（仮称）は、予知の実用化を目指し、研究者の自由な発想に基づいた議論の上で策定され、地震予知研究、火山噴火予知研究を大学や関係機関が役割分担をしながら推進するための計画であるのに対して、地震本部が策定作業を進めている「新しい総合的かつ基本的な施策」は、国として今後 10 年間に推進すべき地震調査研究の基本を定めるトップダウン型の計画である。
- これまでの地震予知研究の推進により、特に海溝型地震の理解が進み、物理モデルに基づく中期予測も視野に入りつつある。また、南海トラフにおける巨大地震の連動性などの理解も進んでおり、さらに、歪集中帯、糸魚川－静岡構造線断層帯、首都直下地震、海溝型地震を対象とした地震本部の重点調査観測において、基礎研究面を中心として連携を図ってきた。今後も引き続き、本計画に盛り込まれる実施内容が、「新しい総合的かつ基本的な施策」の策定に際して、十分に反映されることを期待する。

**(火山監視観測網の整備と火山観測研究の充実、火山噴火予知連絡会の機能強化)**

- 国民の安全・安心を確保することは国の基本的な責務であり、気象庁は我が国の 30 余の火山において連続監視を実施しているが、今後も、火山噴火予知連絡会の検討結果・提言を踏まえて、監視観測網の強化に努める。その上で、各大学、研究機関は、火山研究予算の厳しい状況等も直視しつつ、火山噴火予知の高度化を目指して、観測機器等の研究資源を特定の火山に集中するなど、観測研究の効率化・重点化を図ることを検討する。
- さらに、このような重点化を受け、例えば防災科学技術研究所等の研究機関において、大学の観測研究の支援を目的とした共通基盤的な観測体制を整備すること等についても検討する。その際、観測点数や観測項目等を含む整備計画の立案に関しては、火山噴火予知連絡会が積極的な役割を果たしていくことを期待する。
- また、火山噴火発生時に的確な予測を行い、火山災害を軽減するための情報を発表するために、火山噴火予知連絡会の機能の更なる充実を図る。具体的には、火山の監視・観測データに基づく火山活動の総合的評価、成果・情報の交換及び発信、ハザードマップや噴火シナリオ作成、緊急時の観測研究体制の整備等がよりの的確に行われるよう努める。

#### 4. (2) 基礎的な観測研究体制の強化

- 地震・火山現象を理解し、予測するためには、長期にわたる継続的かつ基礎的な観測研究が不可欠である。これまでの継続的な観測研究によって多くの新事実が発見され、新しい概念と新モデルの創出が図られた。その主な担い手は国立大学であり、これまで全国共同利用研究所や附属研究センター等を中心に整備が図られてきたところであるが、平成 16 年の法人化により各大学の自主的・自律的判断の下、大学全体の運営方針の中で位置付けられることとなり、より競争的な研究環境となった。
- 一方、地震・火山噴火予知研究計画（仮称）の推進には、継続的かつ基礎的な観測研究を個々の法人の枠を超え全国の国公立大学及び研究機関の研究者が連携して拠点を形成して実施して行く必要性がますます高まっている。そのための制度的な位置付けを明確化する必要がある。
- また、災害及び防災に関する総合研究に資するため、工学・人文社会科学等の他の研究分野との共同研究を促進する。
- このような状況においては、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とから、例えば、地震・火山噴火予知研究協議会が置かれている東京大学地震研究所を中核的な研究拠点として、各大学の地震・噴火予知関連研究センターとの連携を一層強化することが必要である。

#### 4. (3) 計画を実施するための予算的措置

- 国、各大学及び関係機関においては、地震予知研究及び火山噴火予知研究が本計画に則って着実に推進されるよう、予算・人材面での適切な措置を講じるべきである。特に国立大学法人については、全国共同利用による人的・物的資源の効率化を図りつつ、必要な経費を運営費交付金等により支援されることや、関係機関における共通基盤的な観測網の整備及び維持について、国による予算的な配慮が必要である。
- また、本研究は、短期間で目標を達成できるようなものではないことに留意する必要がある。研究者の自由な発想に基づく個々の基礎的研究の果たす役割が大きく、それらの着実な積み重ねにより、より長期間を見通しつつ、段階的に予知の実現を目指すものである。このため、本計画のうち、特に萌芽的な研究や基礎基盤的な研究等に対して、国として支援を行うための研究資金制度等の充実を期待する。

#### 4. (4) 人材の確保、特に若手研究者の養成

- 大学は、教育研究環境の向上を図るなど、長期的な視野に立って大学院生の確保に努めるとともに、観測研究を生かした教育活動を継続して若手研究者の育成に努力する。また、地震予知研究及び火山噴火予知研究に携わる次世代

の人材を確保するため、国、大学及び研究機関、さらには研究者自身が、関連する他分野との連携を図り、高等学校や大学等での地学等関連する教育の充実・強化に努める。

- 大学や研究機関等においては、地震予知研究及び火山噴火予知研究に携わる研究者のキャリアパスを確保するため、若手の准教授、助教等のポストの確保や、ポストドクターの年齢制限等採用要件の柔軟な運用、民間企業等との共同研究を通じた就職先支援等の具体策を講じるよう努力する。また、若手研究者の研究資金を確保するため、国において、特に若手研究者を対象とした競争的研究資金制度等の充実を期待する。

#### 4. (5) 国際共同研究・国際協力の推進

- 地震・火山現象に関する理解を深め、地震予知及び火山噴火予知の研究を推進し、災害軽減に資するためには、国内外の地震・火山活動に関する国際共同観測・比較研究、多国間の観測データの持続的交換、知識・経験の交換・共有、技術の交換・支援や人材の交流・育成が有効かつ不可欠である。そこで、関係機関は、それぞれの実績や機能を踏まえ、かつ、相互に連携を図りながら、これらの実施に当たる。相互に連携して国際共同研究・国際協力を推進するため、当面は地震・火山噴火予知研究協議会、自然災害研究協議会、防災研究フォーラム等の既存の組織を活用しつつ、新たな連携の仕組みの構築を目指す。
- 大学は、全国共同利用の地震研究所の国際地震・火山研究推進室の機能を活用して継続的に研究者の招聘・派遣を行い、地震・火山噴火予知研究に関する国際共同研究を推進する。諸外国で発生する大規模な地震・津波・火山活動に対する緊急調査のために必要な体制の整備を図りつつ、機動的に調査を実施する。また、地震・火山噴火予知研究に関する我が国での国際シンポジウムの開催、及び諸外国で開催される国際会議のセッションの企画や研究者の派遣を行う。さらに、留学生や研修生の受け入れ等により国際的な人材の育成に努め、国際共同研究推進の基礎を作る。
- 防災科学技術研究所は、アジア・太平洋・中南米の開発途上国において、地震・火山噴火に関わる災害軽減のための国際共同研究や観測網整備・運用に対する技術支援を行う。
- 海洋研究開発機構は、環太平洋及びインド洋における地震発生帯研究推進のため、米国、カナダ並びにインドネシア等の大学研究機関との共同研究・連携研究を実施する。また、米国、カナダ及び欧州の国際的な海底観測ネットワークの研究グループと連携を図り、海底観測の技術開発並びにデータ活用を推進する。
- 産業技術総合研究所は、アジア太平洋地域を中心に東・東南アジア地球科学計画調整委員会（CCOP）などを通じて、地震・火山情報の共有化のためのワ

ークショップなどを行う。

- 気象庁は、国際地震センター、米国地質調査所、包括的核実験禁止条約機構、米国大学間地震学研究連合（IRIS）及び近隣国との地震観測データの交換を継続するとともに、組織的な連携・協力を行う。また、航空路火山灰情報センター、北西太平洋津波情報センター及びインド洋津波監視情報関連の業務を引き続き行う。さらに、開発途上国における地震・火山の観測体制や、津波の警報体制の整備に対して技術的な支援を行う。
- 国土地理院は、国際 GNSS 事業（IGS）に参加し、IGS 観測局の運用・データの IGS データセンターへの提供を継続することにより、プレート運動や地殻変動の高精度な監視に必要な GPS 衛星の精密軌道の決定に貢献するとともに、国際 VLBI 事業に参加し VLBI 国際共同観測を定常的に実施することで、地殻変動やプレート運動監視の基準となる ITRF 座標系の構築等に貢献する。また、アジア太平洋地域の広域地殻変動を把握するため、アジア太平洋 GIS 基盤常置委員会を通じて、当該地域の国家測量機関と連携した測地観測データの交換・収集を行う。
- 海上保安庁は、国際レーザー測距事業（ILRS）に参加し、レーザー測距データの提供を継続することにより、日本周辺のプレート運動を把握する。
- 建築研究所は、開発途上国の地震災害軽減に資するために、これらの国の研究者・技術者に対して地震学及び地震工学に関する研修（国際地震工学研修）を行い、地震学、地震工学、地震防災対策、津波防災の専門家の育成に努める。

#### 4. (6) 研究成果の社会への還元

- 国民に対して、地震予知・火山噴火予知研究の成果を分かりやすく継続的に伝えることは、地震及び火山噴火に関する防災意識の向上に貢献し、防災・減災対策に有益である。同時に、研究成果の発信は、地震・火山噴火予知研究の重要性と本計画を推進することへの理解を得るためにも重要である。このため、本計画によって得られた研究成果を社会に分かりやすく伝えることに一層努力して取り組む。
- 地震に関しては、最新の科学的な知見や情報を基に、地震本部地震調査委員会が地震活動評価や地震発生可能性の長期評価及び強震動評価を行い、その結果を公表している。本計画の成果を、地震調査委員会の評価に適切に活用されるように努める。東海地震予知について、気象庁は、関係機関の協力を得て観測された地殻活動の状況に応じて情報を発表している。本計画で得られた知見を地震防災対策強化地域判定会での議論に随時反映させる。
- 火山噴火に関しては、気象庁は、火山防災に関する情報を公表している。気象庁は、情報の質的向上を図るため、火山噴火予知連絡会及び関係機関の協力の下、防災対応を分かり易く表現した噴火警戒レベルを導入する火山を順次

増やす。また、海上保安庁は、引き続き、船舶の安全航行確保のため、航行警報による情報提供を行う。本研究計画の成果が、これらの防災情報の改善に寄与できるように努める。

- 研究成果の普及のためには、関係機関が連携して、計画全体として組織的な情報の発信に努める必要がある。例えば、ホームページ等の充実、講演会の開催、講師の派遣、パンフレットや解説書の発行、防災関係者との研究会や勉強会、さらに、マスメディアへの解説を積極的に行うなど、固体地球科学の分野についてアウトリーチ活動を幅広く強化し、研究成果に基づく正確な科学的な知見の普及活動を進めていくことが必要である。
- その際、より効果的な普及活動として、防災に関する各種説明会等と連携することにより、より大きな効果が得られることが期待される。また、このような直接的な普及活動以外にも、国や地方自治体の各種委員会等を通して研究成果が社会に活かされることも重要である。

## 用語解説 及び 参考資料



## [用語解説]

### アスペリティ

プレート境界や断層面において固着の強さが特に大きい領域のこと。この領域が地震時に滑ると、滑り量がまわりよりも大きくなり、大振幅の地震波を放出する。

### アンサンブル予測

数値予測で初期条件等に不確定さがある場合、異なる初期条件を仮定した多くの数値予測を行い、それらの結果から統計的な予測を行う手法。

### 異方性

一般には方向によって物性が異なることをいうが、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<sup>でんぱ</sup>によって地震波の伝播速度が異なること。

### 宇宙線（ミュオン）

宇宙線が大気中の原子核と反応して生成される二次宇宙線のひとつで、地上に絶え間なく降り注いでいる素粒子。透過する物質の密度差によってミュオンの減衰が異なることを利用して、X線の透視撮影のように地殻内部の密度分布を調べる試みがなされている。

### 衛星海面高度計

人工衛星を用いて三次元的な海面の形状を決定する手法である。まず、地表を均等に周回する軌道上の衛星に搭載したレーザーやレーダーなどを用いて衛星と海面の間の距離を正確に測定する。一方、軌道追跡によって衛星の三次元的な飛行経路を精密に決定して、両者を総合的に解析して海面の三次元的な形状を求める。現在では2～3cmの精度が達成されていると言われている。

### 永続散乱体干渉手法

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。PSInSAR(Permanent Scatterer InSAR)ともいう。

### 液体包有物

火山岩の鉱物中に閉じ込められたガラス状の物質で、地下で成長中の鉱物にマグマが取り込まれたものと考えられる。液体包有物の性質からそれが取り込まれた当時の地下マグマの状態を読み取ることができる。

### 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。三次元の物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。

### 海域火山基礎情報図

海域にある火山の地形、地質、地磁気などの地球物理情報を盛り込んだ基本的な図面。

## 階段図

ひとつの火山や地域内を対象に、噴出時期と積算した噴出物量を両軸にとって作成される階段状の図面。その規則性から将来の噴出時期や噴出量を予想するのに用いる。

## 火山活動度レベル

火山活動の程度と防災対応の必要性を0～5の6段階の数値で表した気象庁の指標。平成19年度の噴火警戒レベル導入に伴い廃止された。

## 火山基本図

縮尺が5,000分の1か10,000分の1で作成された地形図のことで、活動中の火山や将来活動が予測される火山を対象としている。

## 火山地形図

火山地域を対象にした地形図。火山基本図を含む。

## 火山地質図

活火山の噴火履歴、噴出物や火口の分布、構造などを表した地質図。火山の形成史や噴火活動に関する解説が付けられている。

## 火山流体

マグマ、火山ガス、熱水など、火山の活動に伴っている流体相全体を指す。火山性微動などの現象の一部はこのような流体の移動に伴って発生するものであると考えられている。

## 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。

## 火道

地下のマグマ溜まりから地表へ至るまでのマグマの上昇経路のこと。火道でのマグマの脱ガスや上昇の仕方が噴火の様式を左右する。

## かんげき間隙流体（水）圧

土や岩石中の空隙を占めている流体（水）の圧力。

## 基盤的調査観測網

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）に基づく、高感度地震計（防災科学技術研究所のHi-net、気象庁の観測網）、広帯域地震計（防災科学技術研究所のF-net）、強震計（防災科学技術研究所のK-NETとKiK-net）、GPSの観測網（国土地理院のGEONET）等。

## 規模依存性

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。例えば、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。

## 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。

## 逆解析

観測データから、それを生じさせる原因となる現象や物質の性質等を推定する解析手法。

## 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。

## 空振

噴火に伴って火山ガス等が火口から大気中に放出されるために発生する空気振動のこと。桜島や浅間山などで発生するブルカノ式噴火では、空振によって火口から 10km 以上も離れた家屋の窓ガラスが破壊されることがある。

## 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。

## コア試料

掘削により採取した岩石試料。

## 光波測距

レーザー光が 2 点間を往復する時間を計測することにより、距離を推定する手法。

## 散乱波・散乱体

不均質な媒質に地震波が入射したときに散乱される地震波を散乱波、散乱波を生じさせる物質を散乱体という。

## 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<sup>ひずみ</sup>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。

## 実験観測

課題を設定し、その解明のために、能動的な手法も含めて一定期間行う観測。

## 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。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る。

## 震源核

地震が発生する前に断層面上でゆっくりと成長すると考えられている地震の種。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。

## 震源断層パラメータ

地震が発生した断層の長さ、幅、滑り量、応力の変化など、震源断層を特徴づけるパラメータ。

## 人工衛星レーザー測距

人工衛星に搭載したプリズムに対して、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程度若しくはそれより良い精度で求める技術。SLR(Satellite Laser Ranging)ともいう。

## 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、水圧をかけて破壊面を造成した後、その破壊面を再び開いたり閉じたりする条件から地殻内の応力を推定する。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破壊面の開閉の検出を行うが、これは困難との指摘がある。すべての装置をボアホール内に設置し、装置の剛性を高め、破壊が開く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。

## 水蒸気爆発

水が加熱されて起こる爆発的な噴火のことで、水蒸気と粉々になった岩石が火口から激しく放出される。水蒸気爆発では噴出物にマグマは含まれないが、引き続いてマグマを含む噴火に移行することがある。

## ストロンボリ式噴火

比較的粘性の低いマグマの間欠的爆発による噴火であり、火口からマグマのしぶきや赤熱した火山弾が爆発とともに空中に放出される。噴火に伴い火口の周囲に円錐形の火砕丘すいを生じる。諏訪之瀬島などでよく見られる噴火である。

## スラブ内地震

沈み込む海洋プレート内で発生する地震で、海溝の近くや、プレート境界地震が起こらないような深部で大地震が起こる場合がある。

## 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。

## 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、幾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／絶対重力計

絶対重力とは、基準となる点からの重力差（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、真空中でプリズム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

地球磁場の大きさ。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。

## 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。

## 塑性

応力がほぼ一定のまま非弾性変形が進行し、急激で激しい破壊が起こらないような物質の性質。

## 大気伝播誤差

GPS や SAR は電波の到達時刻を測定し、それに光速度を乗じて求めた距離から、最終的に位置の計測を行う技術である。電波は真空では光速度で進行するが、物質中では伝播速度が変化する。高高度の人工衛星から発射された電波は、大気中を通過する際に光速より遅い速度で伝わるため、電波は真空の場合より遅れて地表に伝わる。この遅れを大気伝播誤差と呼ぶ。正確な位置の決定には、この誤差を補正することが必要である。特に、地表 250～400km 上空付近にある電離層を通過する場合に生ずる誤差を電離層遅延誤差と呼ぶ。

## 「だいち」

陸域観測技術衛星 (ALOS)。地図作成、地域観測、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。

## 脱ガス過程

マグマが地表に近づいた際に、圧力の低下のために、マグマ中に溶解していた水や炭酸ガスなどの成分（揮発性成分）がマグマから火山ガスなどとして分離する過程。揮発成分の分離する割合や仕組みは噴火機構などを左右する重要な要素である。

## 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。

## 地殻熱流量

地球内部から単位面積・時間あたりに地表に向けて流れてくる熱量。

## 超長基線電波干渉法

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。VLBI (Very Long Baseline Interferometer) ともいう。

## 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。活火山ではしばしば低周波地震が観測され、マグマなどの火山流体の地下での移動や地表への噴出活動と密接に関連していると考えられている。

## 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。

## 同位体

例えば酸素には質量数が 16, 17, 18 のものがあるように、同じ原子番号で質量数の異なる元素を指す。一般に起源の異なる物質の同位体比は大きく異なるため、マグマの起源や異物質の混入などを把握するために有力な指標となる。

## 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。

## 透過率・反射率

地震波速度や密度が異なる物質が接している面に地震波が入射すると、そのまま透過する地震波と反射される地震波が生じる。透過地震波と入射波の振幅比を透過率、反射地震波と入射波の振幅比を反射率という。

## 透水係数

岩石などの水の通しやすさを表す係数。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

地下の二次元又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。

## 熱水系

マグマから分離上昇した火山ガスが地下で凝縮したり、地下水と接触したりして生じる熱水の生成過程、移動経路などを含むシステム全体のことを指す。

## 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持つと考えられている。

## ハザードマップ

ある災害に対する危険な区域を示した地図。火山のハザードマップでは、火山岩塊、火山灰、火砕流、溶岩、泥石流などの災害を引き起こす現象が波及すると予想される範囲などが図示される。

## 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。断層に働いていた力の方向を知る手掛かりになる。

## 反射地震断面

地下の物質境界での反射波を地表で観測し、地下構造を可視化した断面図。

## 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。

## 微小部分分析

結晶に含まれる包有物など、微小部分の化学組成をX線マイクロアナライザー(EPMA)や2次質量分析計(SIMS)などを用いて分析すること。

## 歪エネルギー

弾性体を変形させた時に弾性体中に蓄えられるエネルギー。

## 歪集中帯

測地観測や地形から推定される地殻歪が大きい領域。新潟-神戸歪集中帯など。

## 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。

## 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。

## ブルカノ式噴火

やや粘性の高いマグマによる爆発的な噴火であり，噴煙高度が 10 km 近くに達することもある。爆発によって 1 m 径のものが数 km も飛ばされることがある。火山弾はパン皮状のものが多く，火口庭にあった古い岩塊も放出される。桜島や浅間山などでしばしば発生する。

## 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，幾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。

## 噴火事象系統樹

火山ごとに，複数の可能性のある噴火現象の時間的推移を分岐させて作成した，噴火の推移を示す系統樹。

## 噴火シナリオ

火山ごとに，噴火で想定される現象の発生推移を時系列的に整理したもの。規模や現象発生パターンなどの分岐判断について示した系統樹を指すこともある。

## 噴火ポテンシャル

中長期的観点から噴火の可能性（切迫性，規模など）を定量的に表現する指標。

## 変換波

地震波速度の境界面で P 波から S 波又は 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。

## 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  
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  
(コア試料) を取得する目的のほか、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。

## ボアホールジャッキ法

地殻応力を推定する手法の 1 つ。水圧破砕法では、ボアホール内に水圧により亀裂をつ  
くり、亀裂の再開口に必要な水圧等から応力を推定する。ボアホールジャッキ法では、亀  
裂の再開口に必要なジャッキの力から応力を推定する。

## ボーリング

地表からの掘削により柱状試料を採取する手法で、トレンチ調査に比べはるかに長い活  
動時期の地質試料を入手することができる。ただし、掘削に当たっては櫓やぐらを組んだり、大  
量の水を必要とするなど大掛かりな作業が必要となる。

## マグマ

岩石物質の高温溶融体で地表付近にあるものを溶岩ともいう。マグマが地下で結晶化し  
たり、地殻物質を溶かしこんで多様な組成のマグマができる(分化という)。マグマが上昇  
すると、マグマの中に溶解していた揮発性成分が気泡となり発泡する。火道での気泡の離  
脱(脱ガス)の仕方により噴火の激しさが変化する。

## マグマ供給系

地下深部から火口までマグマが供給されるマグマ溜まりや火道を含むシステム全体のこ  
とを指す。

## マグマ溜まり

火山活動の源であるマグマが蓄積されているところで、火山やカルデラの直下にあると  
考えられているが、その正確な形状や内部構造は分かっていない。

## 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。

## 摩擦溶融

断層で滑りが発生したときに、摩擦熱により岩石が溶融する現象。

## マルチガスセンサーシステム

噴煙中火山ガス成分濃度を測定するために開発された、 $H_2O$ 、 $CO_2$ 、 $SO_2$ 、 $H_2S$  など複数の  
ガスセンサーを組み合わせた装置。

## 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。

## ラドン濃度

放射性元素ラドンの濃度。地震発生に先行して地下水中のラドン濃度の変化が報告されている。

## 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。

## CMT（セントロイドモーメントテンソル）

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の信号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。

## 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秒ごとのGPS観測データがほぼすべ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時間ごと及び24時間ごとの各点の座標値を計算している。電子基準点を参照。

## GIS

地理情報システム（Geographical Information System）の略。コンピュータを利用して、位置や空間に関する情報をもったデータ（空間データ）を総合的に管理・加工し、目的に最適な視覚的表示や、それに基づいて高度な分析や迅速な判断を可能にする技術。

## **G N S S**

全地球衛星航法支援システム (Global Navigation Satellite System) の頭文字をとった略称。位置や時刻同期を目的とした電波を発射する衛星群及び地上の支援システム，並びに比較的簡単な受信機で電波を受信して自分の三次元的な地球上の位置を知る目的で使用する利用者群を総称して用いられる。アメリカ合衆国が構築した GPS は現在最も実用的な GNSS であるが，他にもロシアが運用中の GLONASS や，ヨーロッパ連合 (EU) が構築中の Galileo などのシステムがあり，これらを統合して利用することで精度や信頼性の向上が期待される。

## **G P S**

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，三次元的な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電波の位相を用いた相対測位法が用いられる。

## **G P S 火山変動リモート観測装置 (REGMOS)**

電力や通信手段のない火口周辺などにおいても地殻変動連続監視ができるように，GPS 受信機，太陽電池，衛星携帯電話などを合体した観測装置。必要に応じてヘリコプターなどでも運搬できる。

## **G P S - 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。

## **H i - n e t**

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。

## **I T R F**

国際地球基準座標系 (International Terrestrial Reference Frame) は，GPS，VLBI，SLR などの宇宙測地観測データに基づき国際協力によって決定・維持されている 3 次元直交座標系であり，地球の重心を座標の原点としている。これに準拠して位置を定義しておけば，地球上のどの場所であっても他の場所との幾何学的な相対位置関係を直ちに知ることができる。プレート運動による影響に対応するため，座標系は基準とするある瞬間の位置と移動速度の両方が定義される。

## **S A R**

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。

## **S L R**

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(コーナーキューブ)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程度若しくはそれより良い精度で求める技術。

## **V L B I**

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。

第4期科学技術・学術審議会 測地学分科会 委員名簿

平成20年1月18日現在

〔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 特任上席研究員	(分科会長代理)
石 原 和 弘	京都大学防災研究所長	
今 脇 資 郎	九州大学応用力学研究所長	
長谷川 昭	東北大学大学院理学研究科教授	
深 尾 昌一郎	東海大学総合科学技術研究所教授	(分科会長)

〔臨時委員〕

鎌 田 桂 子	神戸大学理学部准教授	
清 水 洋	九州大学大学院理学研究院教授	
田 島 文 子	広島大学大学院理学研究科教授	
平 田 直	東京大学地震研究所教授	
藤 井 敏 嗣	東京大学地震研究所教授	
村 上 亮	国土地理院地理地殻活動研究センター長	
濱 田 信 生	気象庁地震火山部長	

第4期科学技術・学術審議会測地学分科会地震部会 委員等名簿

〔委員〕

石原和弘	京都大学防災研究所長	(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准教授
清水洋	九州大学大学院理学研究院教授
田島文子	広島大学大学院理学研究科教授
濱野洋三	(独)海洋研究開発機構 地球内部変動研究センタープログラムディレクター
平田直子	東京大学地震研究所教授
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解析部長
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長
濱田信生	気象庁地震火山部長
春日茂	海上保安庁海洋情報部技術・国際課長

〔専門委員〕

梅田康弘	京都大学名誉教授
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・国際課地震調査官
野津憲治	東京大学大学院理学系研究科教授
松澤暢	東北大学大学院理学研究科准教授
山岡耕春	名古屋大学環境学研究科教授

第4期科学技術・学術審議会測地学分科会地震部会 委員等名簿

〔委員〕

石原和弘	京都大学防災研究所長	(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准教授
清水洋	九州大学大学院理学研究院教授
田島文子	広島大学大学院理学研究科教授
濱野洋三	(独)海洋研究開発機構 地球内部変動研究センタープログラムディレクター
平田直子	東京大学地震研究所教授
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解析部長
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長
濱田信生	気象庁地震火山部長
春日茂	海上保安庁海洋情報部技術・国際課長

〔専門委員〕

梅田康弘	京都大学名誉教授
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・国際課地震調査官
野津憲治	東京大学大学院理学系研究科教授
松澤暢	東北大学大学院理学研究科准教授
山岡耕春	名古屋大学環境学研究科教授

第4期科学技術・学術審議会測地学分科会火山部会 委員等名簿

〔委員〕

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

〔臨時委員〕

鍵山恒臣	京都大学大学院理学研究科教授
鎌田桂子	神戸大学理学部准教授
清水洋	九州大学大学院理学研究院教授
平林順一	東京工業大学火山流体研究センター教授
藤井敏嗣	東京大学地震研究所教授
藤林紀枝	新潟大学人文社会・教育科学系准教授
渡辺秀文	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
鵜川元雄	(独)防災科学技術研究所火山防災研究部長
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長
濱田信生	気象庁地震火山部長
春日茂	海上保安庁海洋情報部技術・国際課長

〔専門委員〕

大島弘光	北海道大学大学院理学研究院准教授
武井康子	東京大学地震研究所准教授
巽好幸	(独)海洋研究開発機構地球内部変動研究センター 地球内部物質循環研究プログラムディレクター
中田節也	東京大学地震研究所教授
西村太志	東北大学大学院理学研究科准教授
山岡耕春	名古屋大学環境学研究科教授

第4期科学技術・学術審議会測地学分科会地震部会／火山部会  
地震及び火山噴火予知観測研究に関する次期計画検討委員会 委員等名簿

◎：主査、○：主査代理

〔委員〕

石原 和 弘 京都大学防災研究所所長  
長谷川 昭 東北大学大学院理学研究科教授

〔臨時委員〕

鵜川 元 雄 (独)防災科学技術研究所火山防災研究部長  
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  
○ 清水 洋 九州大学大学院理学研究院教授  
富樫 茂 子 (独)産業技術総合研究所地質情報研究部門長  
濱田 信 生 気象庁地震火山部長  
◎ 平田 直 東京大学地震研究所教授  
藤井 敏 嗣 東京大学地震研究所教授  
堀 貞 喜 (独)防災科学技術研究所地震研究部長  
村上 亮 国土地理院地理地殻活動研究センター長

〔専門委員〕

大島 弘 光 北海道大学大学院理学研究院准教授  
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  
中田 節 也 東京大学地震研究所教授  
西澤 あずさ 海上保安庁海洋情報部技術・国際課地震調査官  
日野 亮 太 東北大学大学院理学研究科准教授  
山岡 耕 春 名古屋大学環境学研究科教授  
吉田 真 吾 東京大学地震研究所教授

第4期科学技術・学術審議会測地学分科会地震部会／火山部会  
地震及び火山噴火予知観測研究に関する次期計画検討委員会 委員等名簿

◎：主査、○：主査代理

〔委員〕

石原和弘 京都大学防災研究所所長  
長谷川昭 東北大学大学院理学研究科教授

〔臨時委員〕

鵜川元雄 (独)防災科学技術研究所火山防災研究部長  
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  
○ 清水洋 九州大学大学院理学研究院教授  
富樫茂子 (独)産業技術総合研究所地質情報研究部門長  
濱田信生 気象庁地震火山部長  
◎ 平田直 東京大学地震研究所教授  
藤井敏嗣 東京大学地震研究所教授  
堀貞喜 (独)防災科学技術研究所地震研究部長  
村上亮 国土地理院地理地殻活動研究センター長

〔専門委員〕

大島弘光 北海道大学大学院理学研究院准教授  
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  
中田節也 東京大学地震研究所教授  
西澤あずさ 海上保安庁海洋情報部技術・国際課地震調査官  
日野亮太 東北大学大学院理学研究科准教授  
山岡耕春 名古屋大学環境学研究科教授  
吉田真吾 東京大学地震研究所教授

## 地震・火山噴火予知研究計画(仮称)に係る審議状況

平成19年6月28日(木) 10:00-12:00

○ 測地学分科会

- ・ 地震及び火山噴火予知研究計画に関する外部評価委員会による外部評価結果について報告。(平成19年6月28日付け, 主査: 木村孟(大学評価・学位授与機構長))
- ・ 「地震予知のための新たな観測研究計画(第2次)」及び「第7次火山噴火予知計画」の次期計画策定について審議し, 建議案を策定することを決定。

平成19年7月3日(火) 10:00-12:00

○ 地震部会

- ・ 外部評価結果報告。
- ・ 次期計画(地震)策定の基本的考え方について自由討議。

平成19年7月3日(火) 14:00-16:00

○ 火山部会

- ・ 外部評価結果報告。
- ・ 次期計画(火山)策定の基本的考え方について自由討議。

平成19年8月9日(木) 10:00-12:00

○ 地震部会 / 火山部会 合同会議

- ・ 地震・火山噴火予知研究協議会企画部を中心に検討された, 地震及び火山噴火予知の研究計画を一本化した場合の骨子案が提出され, 発表の後に質疑応答。
- ・ 次期計画策定の基本的考え方について討議。検討の結果, 提出された「地震・火山噴火予知研究計画(仮称)」実施内容骨子(案)を基に, 現在の二つの計画を統合する方向で検討することが決定。
- ・ 次期計画検討の進め方について討議し, 次期計画検討委員会の設置が決定。
- ・ 各実施機関及び地震/火山部会委員に対し, 次期計画検討に係るアンケート調査を実施することを決定。

平成19年8月16日(木)

- ・ 各実施機関, 地震/火山部会委員にアンケート調査を依頼。

平成 19 年 9 月 13 日（木） 10:00－12:00

- 地震及び火山噴火予知観測研究に関する次期計画検討委員会
  - ・ 各実施機関からアンケート調査結果についてヒアリング後，質疑応答。
  - ・ 骨子案，検討の進め方等について自由討議。アンケート調査結果を踏まえた原案作成にあたっては，地震作業部会及び火山作業部会を設置して検討することが決定。
  - ・ 外部評価の指摘を踏まえ，日本地震学会，日本火山学会及び日本測地学会に対し，地震/火山部会委員と同様のアンケート調査を実施することを決定。

平成 19 年 9 月 14 日（金）

- ・ 日本地震学会，日本火山学会及び日本測地学会にアンケート調査を依頼。

平成 19 年 9 月 26 日（水） 13:00－18:00

- 地震及び火山噴火予知観測研究に関する次期計画検討委員会 火山作業部会
  - ・ 原案を基に，骨子案及び各論について討議。

平成 19 年 9 月 28 日（金） 13:00－18:10

- 地震及び火山噴火予知観測研究に関する次期計画検討委員会 地震作業部会
  - ・ 原案を基に，骨子案及び各論について討議。

平成 19 年 10 月 9 日（火） 13:00－18:00

- 地震及び火山噴火予知観測研究に関する次期計画検討委員会 火山作業部会
  - ・ 原案を基に，骨子案及び各論について討議。

平成 19 年 10 月 12 日（金） 13:00－18:00

- 地震及び火山噴火予知観測研究に関する次期計画検討委員会 地震作業部会
  - ・ 原案を基に，骨子案及び各論について討議。

平成 19 年 10 月 22 日（月） 10:00－17:40

- 地震及び火山噴火予知観測研究に関する次期計画検討委員会
  - ・ 原案を基に，骨子案及び各論について討議。

平成 19 年 11 月 6 日（火） 10:00－12:00

- 測地学分科会 / 地震部会 / 火山部会 合同会議
  - ・ 骨子案及び次期計画（たたき台）について討議。
  - ・ 測地学分科会/地震部会/火山部会委員に，たたき台に対する意見照会。

平成 19 年 11 月 8 日（木）

- ・ 各実施機関にアンケート追加調査を依頼。

平成 19 年 12 月 3 日（月） 10:00－12:00

- 地震及び火山噴火予知観測研究に関する次期計画検討委員会
  - ・ 測地学分科会/地震部会/火山部会委員からの意見を踏まえ、次期計画（素案）について討議。

平成 19 年 12 月 17 日（月） 10:00－12:00

- 地震及び火山噴火予知観測研究に関する次期計画検討委員会
  - ・ 次期計画（素案）について討議。

平成 19 年 12 月 26 日（水） 10:00－12:00

- 地震部会 / 火山部会 合同会議
  - ・ 次期計画（素案）について討議。

平成 20 年 1 月 18 日（金） 13:00－15:20

- 測地学分科会
  - ・ 次期計画（審議経過報告）（案）について討議し、了承。

平成 20 年 2 月 7 日（木） 15:00－17:30

- 科学技術・学術審議会総会
  - ・ 次期計画（審議経過報告）について報告。