

平成 29 年 11 月 27 日

戦略室活動報告

● 次期建議骨子案作成

1) 次期計画検討シンポジウムの開催

日時 5月1日—2日

場所 東京大学武田先端知ビル・武田ホール

<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/YOTIKYO/H26-30/H29/symposium20170501.html>

参加総数 185名

次期研究検討WGでの議論の中間報告を受けるとともに、協議会内外からの様々な意見をいただき、WGでの議論に反映する。

2) 次期計画検討シンポジウムを受けて、現在中間報告を行った次期建議に対する意見(yoti-tanto)を実施(5月12日締切)。

担当者からの多くの意見が寄せられた。意見をWGでの議論に反映させるとともに、戦略室・WG主査会議(6月28日)・次期計画検討WG合同会議(7月21日)により骨子案をまとめる。その後8月8日に「現研究計画に対する外部評価報告書」がまとめられる。外部評価報告書を反映した形で次期建議骨子案をWG・戦略室において作成。

3) 次期建議骨子(案)に対する意見募集を実施(8月25日締切)

4件の意見が寄せられ、それらの意見を踏まえて戦略室・WG主査会議(9月7日)で議論し骨子(案)の修正議論を実施し、WG主査に修正の検討を依頼する。メール審議で議論を継続し、戦略室・WG主査会議(10月20日)で最終案の確定を行う。

10月31日 第1回次期観測研究計画検討委員会にて「次期計画たたき台」として報告

● 火山データ流通の検討

1) 次期研究計画火山WGの中での検討中間とりまとめについて意見募集

(8月31日締切)(協議会委員・推進部会長・副部会長・総合グループ)

意見を受けて、上記戦略室・WG主査会議(9月7日、10月20日)で議論を継続することとし、「中間とりまとめ」の内容を発展的・積極的な案として大きく修正した。メール審議も継続し、戦略室案を審議中である。

11月24日 第2回次期観測研究計画検討委員会にて検討内容を紹介予定。

● 部会（連携）国際シンポジウムの企画募集

戦略室では、本研究計画により得られた研究成果を積極的に海外に普及させるとともに、海外の優れた手法や成果の取り込みを促進し、効率的な研究推進を図るため、単独あるいは複数の計画推進部会を母体として、我が国内外の研究者を会した国際シンポジウムの開催を支援することを考えています。そのため、計画推進部会の皆さんから国際シンポジウムの企画申請を募集いたします。

- ・開催期間 平成30年度
- ・開催形式 我が国内外の研究者を会する国際シンポジウム
計画推進部会が単独、あるいは、複数共同で行うもの
- ・企画の規模 1件あたりの予算額200万円程度
(申請書類審査により、数件の採択を予定)
- ・申請方法 別紙「国際シンポジウム企画申請書」の様式に必要事項を記入
の上、yotikikaku@eri.u-tokyo.ac.jpまで、提出
- ・提出期限 平成29年11月30日（木）

注) 平成30年度の予算が不透明のため、企画部全体予算の縮小の場合には、減額 または採択件数の縮小がありうる。

● 今後の予定

1) 次期計画の推進に向けて

総合研究グループの強化策等、研究計画書提案段階からの方針等について戦略室で議論し進めて行く。

2) 国内での部会連携シンポジウム開催を計画中

3) 来年度公募研究申請の評価

計画推進部会長・副部会長に評価を依頼中。戦略室にて総合評価を行う。

次期観測研究計画のたたき台（案）

地震・火山噴火予知研究協議会 企画部戦略室

現行の観測研究計画を実施している研究者の多くが参加している地震・火山噴火予知研究協議会では、中堅・若手研究者を中心とする次期計画検討ワーキンググループと企画部戦略室を中心に、次期観測研究計画の実施内容について自主的に検討を行ってきました。その結果を、次期観測研究計画のたたき台（案）として提出します。

基本的な考え方

現行計画では、地震発生・火山噴火の予測を目指す研究を継続しつつも、研究対象分野を広げ、地震・火山噴火による災害誘因の予測の研究も組織的・体系的に進められている。実際、地震学や火山学を中核とし、災害や防災に関連する理学、工学、人文・社会科学などの分野の研究者が計画に参加し、協働して計画が推進され、災害科学の一部として機能している。地震発生・火山噴火の予測のみを目標としていた以前の計画に比べ、災害の軽減に貢献するための研究計画であるという意識が、研究参加者間でもはるかに明瞭になった。そのため、地震学や火山学の研究者と関連研究分野の研究者間の連携も活発になり、地震学・火山学の成果を災害軽減に活用するための本格的な研究の機運が高まっている。一方で、地震学・火山学と新たに計画に加わった関連研究分野による共同研究は萌芽的なものが多いのが現状である。次期計画では、上記の新しい研究方針の更なる定着を図るとともに、地震学・火山学と関連研究分野間の連携研究を通して一層の研究成果を挙げて、災害科学の発展に貢献する。本計画で得られる成果および技術は、防災行政機関等において実際に利活用されてこそ災害の軽減につながる。そのような利活用を促進するために、関係各機関との緊密な連携を図る。

自然現象である地震・火山噴火現象の根本的な理解無くして、それらの発生予測や災害誘因予測の高度化は不可能である。そこで、史料・考古・地質等の長期間データの収集・分析と近年の観測に基づく発生事象の記載を通して地震・火山現象の多様性の把握をさらに進め、それらを生み出す仕組みや発生場を理解する研究が次期計画の基盤的研究となる。また、地震・火山活動のモニタリングを長期的に継続することは、未知の地震・火山現象の発見や発生過程の理解の進展に多大な貢献をもたらしている。そのような経緯を考えれば、モニタリングの継続は地震・火山噴火現象の根本的理解を深める上で必要不可欠な要素である。また、現計画で得られた成果を受けて、具体的な活動・推移予測を行うためには、地震・火山噴火現象の実験的な予測研究を行うことが次期計画で重要なステップとなる。さらに、地震動や津波、斜面崩壊、降灰、火砕流や溶岩噴出などの災害誘因を事前に評価する手法の開発は、現計画で明らかになってきた地震・火山現象の多様性を取り込むことでより一層の成果が期待される。また、それらの原因となる地震・火山噴火現象を迅速に把握して災害誘因を即時的に予測する手法の開発研究も、現計画の成果を活用することで精度が格段に上がることが見込まれる。一方で、予測情報を災害軽減に結びつけ

るためには、「いのちを守る」ための避難情報へ繋げることが必要であると共に、安心安全な社会の実現に向けて国民全体で取り組むための前提条件となる地震火山に関する基本的な理解の枠組の醸成が欠かせない。後者に関しては長期的な取り組みが大切であり、新たに「地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究」を章立てし、共通理解醸成のための研究に着手する。

現計画において大地震の長期評価手法の構築に向けて知見が蓄積されつつあり、新たな長期評価手法を提案し実験的に試行する段階に入ったと考えられる。地殻活動データも概ねリアルタイムで処理され地震活動やプレート境界すべりの現況の把握や、地震活動に基づく地震発生確率評価の時空間把握などの成果が得られつつある。また、噴火事象系統樹の高度化による火山噴火予測を中心的課題に据え、いくつかの火山について作成された事象系統樹は火山防災計画策定の一助となっている。一方、系統樹の減災への活用をさらに進めるためには、系統樹における事象分岐の条件を決定するための分岐論理が不可欠であることが明らかになってきた。また、現計画にて優先度の高い火山である桜島を対象として総合的な研究を推進した結果、他の火山においても応用できる様々な成果が得られている。

以上の方針や研究背景に基づき、以下の項目に分けて、次期研究計画を推進する。

1. 「地震・火山現象の解明と予測のための基盤的研究」
2. 「地震発生・火山噴火の予測に向けた実験的研究」
3. 「地震・火山噴火による災害誘因予測のための研究」
4. 「地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究」

また、次期研究計画における新たな重点研究課題として、地震発生の長期評価手法の刷新、地震活動やプレート境界すべりの現況のリアルタイム把握、地震発生予測の試行とその活用、火山噴火事象系統樹の分岐論理の構築、桜島の総合研究で得られた成果の他火山への波及、を実施する。さらに、本計画の実施に当たり、優先度の高い地震・火山噴火に関連して、複数の項目を横断した実施計画を立てて主要な柱として推進する必要がある。例えば、東北地方太平洋沖地震後の島弧システムとしての応答（千島海溝沿いの巨大地震も含む）、南海トラフ沿いの巨大地震（西南日本弧の内陸地震も含む）、首都直下地震、桜島火山噴火については、本計画実施期間に災害科学の発展に着実に貢献できることや、発生した場合の社会への影響の甚大さを考慮して、上記1.～4. の項目を横断する総合的な研究として推進する。

次期研究計画骨子案

1. 地震・火山現象の解明と予測のための基盤的研究
 - (1) 地震・火山噴火現象に関する史料，考古データ，地質データ等の収集と解析
 - (2) 地震発生過程の理解
 - (3) 火山活動の理解
 - (4) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化

2. 地震発生・火山噴火の予測に向けた実験的研究
 - (1) 地震発生の新たな長期評価手法
 - (2) 噴火ポテンシャルによる火山活動の中長期評価手法
 - (3) リアルタイムデータに基づく地殻活動・地震活動予測
 - (4) 先行現象に基づく大地震発生確率の評価
 - (5) 火山活動推移モデルの構築による火山噴火予測

3. 地震・火山噴火による災害誘因予測のための研究
 - (1) 地震・火山噴火の災害誘因の事前評価手法の高度化
 - (2) 地震・火山噴火の災害誘因の即時予測手法の高度化
 - (3) 地震・火山噴火の災害誘因を災害情報につなげる研究

4. 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究
 - (1) 地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の解明
 - (2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究

5. 研究を推進するための体制の整備
 - (1) 推進体制の整備
 - (2) 研究基盤の整備
 - (3) 関連研究分野との連携強化
 - (4) 社会との共通理解の醸成と災害教育
 - (5) 次世代を担う研究者，技術者，防災業務・防災対応に携わる人材育成
 - (6) 国際共同研究・協力の推進

実施内容概要

1. 地震・火山現象の解明と予測のための基盤的研究

(1) 地震・火山噴火現象に関する史料、考古データ、地質データ等の収集と解析

今後起こりうる地震や火山噴火について長期的な予測を行うには、史料や考古遺跡、地形や地質に記録された過去の地震や火山噴火に関する調査、解析を行い、既存データも併せて出来る限り多くのデータを収集、整理して長期間にわたる履歴を解明していく必要がある。まず現存する膨大な史料の中から地震・火山に関連する史料を収集し、歴史的に信頼できる史料のみを抽出する。また考古遺跡にみられる遺物や災害痕跡などの資料を収集し、それらを比較・検討する。これらの史料、考古遺跡の資料について、それぞれデータベースを構築して研究基盤の整備を進め、地震・火山噴火とそれに伴う災害の実態を明らかにする。

地震に関しては、活断層の位置、形状に関する情報の取得とその過去の活動履歴・地震規模を解明し、データベースの整備を進めるとともに、規模・発生間隔の多様性を考慮した地震発生モデルの確立を目指す。また、地震に伴う強震動、地殻変動、津波など諸現象の地形、地質学的な痕跡について調査し、データの収集、整理を行うとともに、津波堆積物等の識別手法の高度化と年代決定精度の向上を目指す。

火山噴火に関しては、地形・地質調査により活動的火山の噴火堆積物および噴出物の基礎データを蓄積するとともに、画像・映像データ、史料・考古データおよび観測データも含む、統合的データベースの構築を進める。また、海底火山や海洋底の調査を行い、地質・岩石学的データの収集・整理を行い、データベース化を進める。また、活動的火山の噴火履歴を高い精度で明らかにするために、地質学に基づく噴出物調査を詳細に行う。さらに、マグマの発達過程を明らかにするために、噴出物の物質科学的解析に基づいてマグマ溜まりの温度圧力条件、マグマの化学組成・揮発性成分組成の進化、マグマプロセスの時間スケールを解明する。そして、これらを強力かつ効率よく推進するため、噴火堆積物の地質学的解析手法の高度化、岩石鉱物の微細組織解析および年代学的手法の開発・改良を進める。比較的低頻度のVEI 4-5クラスの大規模噴火も対象とし、噴火推移や履歴を明らかにするための地質・物質科学的データ、画像・映像データ、史料・考古的データの収集および分析を、海外の事例も含めて行う。

(2) 地震発生過程の理解

過去の地震災害事例に基づけば、超巨大地震のような大規模地震の発生は人間の一生に比べると決して頻度が高いとは言えないが、一度発生すると極めて甚大な災害をもたらす。このような低頻度大規模地震について、1-(1)による歴史・考古・地質データや近代的観測記録を基にその地震像と発生履歴とを明らかにする。

超巨大地震も含めた地震発生過程を理解するために、地震が発生する断層への応力載荷過程を静的・動的な応力変化を通じた断層間の相互作用や、非地震性すべりや下部地殻・マントルの粘性変形などの非正常な変形過程を通して理解する。また、地震発生に至る物理や地震の繰り返し発生様式について調べることで、大地震発生前の断層面の固着の剥がれや弾性

波速度の変化など、地震発生予測の高度化に繋がる新たな指標の抽出を試みる。

2016年熊本地震や2016年ニュージーランド・カイクウラ地震等でも明瞭に示されたように、断層すべりは単純な一枚の断層面に留まらず、複数の断層面が連鎖的に破壊することで大地震や巨大地震まで成長することがある。このような断層の連鎖的な破壊過程を理解するためにも、断層間の相互作用に焦点を当てた研究を進めることが重要である。さらに、このような複雑な断層系における地震活動の推移予測に関する知見を深めることも欠かせない。

これらの研究を進展させるためにも、地球物理・地球化学観測や野外観察、室内実験や数値シミュレーションなどを通して、地震を起こす断層帯を含む地殻の変形特性や、断層面の摩擦特性、断層帯の微細構造、地殻流体の挙動に関する理解を深め、地震断層すべりの物理モデルの構築を進める。1の基盤的研究においては、地震発生過程の理解の段階から数理モデルを用いた現象の再現をできるだけ定量的に行う段階まで進み、次のステップである2の地震発生予測に向けた実験的研究において、これらの知見の統合を促進する。

(3) 火山活動の理解

噴火過程の理解においては、1) 噴火の発生切迫性と噴火規模や噴火様式の予測を行うためのマグマの蓄積、熱水系の発展から噴火発生に至る機構の解明とモデル化、2) 噴火発生後の推移の予測および発生や推移の多様性の理解、および、3) 噴火発生や噴火推移の多様性をもたらす火山噴火現象の素過程の理解の3点が重要である。

火山噴火の発生可能性及びその噴火規模・様式を事前に予測するため、活火山周辺や火口近傍において地震、地殻変動、重力、電磁気などの地球物理学的観測やガス等の地球化学的観測、火山噴出物の採取及び物質科学的・岩石学的解析からなる多項目同時観測・採取・解析を行い、火山体内部で発生する噴火先行現象や噴火現象の時空間変化を高精度に把握し、マグマの蓄積、熱水系の発展機構の解明とモデル化を行う。噴火に直結しない場合も含めた噴火前の様々なデータ取得が重要である。

複数の火山における定量的な観測解析結果や国内外の複数の火山における観測・解析結果や文献調査から現象の共通性の抽出・支配因子の解明を行い、更に、室内実験や数理モデルとの比較を通じて、より一般化された噴火機構のモデル化を進める。特に、発生機構の理解の更なる進展が望まれる水蒸気噴火については、火口近傍での多項目観測に基づく発生過程の把握と発生機構のモデル化を行う。

噴火推移や多様性を支配する過程の物理・化学的な理解を目指し、多項目同時観測網を整備して火山活動推移の把握に努める。また、噴出堆積物の高時間分解能解析を行うことで噴火推移に伴う噴出物及び火道内状態の時間変化を推定し、火山活動に伴う事象の発現・推移と各種観測データの相関の精査を行い事象の分岐過程の評価を行う。推移予測における観測やサンプリングは、噴火発生や様式の予測に比べてより広域的かつ継続的に実施できる手法・体制で行う。

噴火の発生と噴火様式の予測及び火山噴火の推移・多様性を理解するためには、これらを規定するマグマの流動・破碎・脱ガス・結晶化などの各素過程の物理化学的な理解が不可欠である。特に、火道内での脱ガス現象は噴火様式を左右する主要過程と考えられているため、

噴出物に含まれる揮発性成分の分析およびマグマ脱ガス実験を行い、その詳細を解明する。さらに、数理モデルによる理論解析を組み合わせ、噴火様式の分岐条件や噴煙形成の支配因子の定量化を図る。一方、観測結果に基づいて素過程を把握し、現象の実態を定量的にモデル化するためには地下で進行する物理現象と地表での様々な観測量との関係を詳細に知ることが重要である。そのために、発泡や気泡成長等の各素過程において発生する音波・地震動などの励起・生成・伝播過程や熱水分布・流動による電気伝導度変化等の電磁気現象の実験および理論解析を行ない、素過程と観測量の関係に関する基礎データを蓄積することにより、多項目観測による火山活動状態把握に資する。

(4) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化

地震・火山活動の中長期的な振る舞いを理解し予測につなげるためには、海溝付近から背弧域までを含めた沈み込み帯システムにおけるプレート間相互作用の系として、地震発生及び火山活動を支配する場のモデル化を進めることが欠かせない。地震については、広域変形から断層への応力载荷、断層応答に至る一連のプロセスを包括的に理解すること、火山については、マグマ発生場を含む火山体の広域深部構造の把握が必要である。さらに、場のモデル化を通して、地震と火山活動との相互作用に関する知見を深めることも重要である。

・プレート境界地震と内陸・プレート内地震の包括的理解

地震発生の予測にとって重要なテクトニック応力の蓄積過程は時空間的に不均質に進行する。観測された変形場と応力場に基づいてブロック運動モデルを構築すると共に、内陸活断層の弾性・非弾性応答解析により得られる応力場形成モデルの作成を試みる。これら2つのモデルを実現できる数値シミュレーションの進展を通して、プレート間や上盤側プレート内の活断層との相互作用を考慮したテクトニックな応力蓄積過程のモデル化を発展させる。数値シミュレーションの実施においては、これまでよく知られていないレオロジー特性の理解が不可欠である。特に、東北地方太平洋地震発生後の東北日本および千島弧においては、定常的な活動下では知りえない上部マントルまでのレオロジー特性を知ることのできる重要な機会であることから、継続的な観測を実施するとともに、海域プレート内の温度、流体分布などのモデル化、プレート境界においては多様な地震発生様式を説明する摩擦特性を明らかにする。

地震発生予測へ向けた重要なアプローチの一つとして、地震発生ポテンシャル評価が考えられる。これを評価するには日本列島の長期的な変形履歴と応力場の成因を広域に知ることが必須である。定常的、機動的観測に基づいた地球物理学的なアプローチによる場の状態・構造の把握に加えて、地形・地質学的・物質科学的な研究に基づいて様々な時空間スケールにおける地殻変動を捉えることで構造の成因を解明し、より長期的なプレート間相互作用に関する理解を深める。

・構造共通モデルの構築

数値シミュレーションにより場の時間発展を理解・予測するためには、地震発生場を含めた広域構造モデルが必要不可欠である。海域から陸域までを包括した地震波速度構造・減衰構造の精緻化を進めるとともに、比抵抗などの他の物性情報を含めた構造共通モデルの構築

を行う。種々の物性情報を詳細に対比することにより、地震発生場の統合的な理解を深め、シミュレーションの高度化につなげる。また、日本列島内陸の応力場、定常変形場などとのコンパイルを進め、シミュレーションモデルによる地震発生ポテンシャル等の検証・解釈に寄与する。

- ・火山噴火を支配するマグマ供給系・熱水系の構造の解明

深部マグマ溜りの位置と形状、そこから浅部へのマグマ上昇経路を把握するため、マグマ発生場を含む広域深部構造の解明を進める。また、マグマの浅部への上昇・蓄積過程を把握するための浅部構造の解明を進める。これらの構造解明には、地震学・電磁気学・測地学等の手法を活用するとともに、噴出物の物質科学的解析によって推定されるマグマ溜まりの圧力・温度条件の制約を用いる。さらに、マグマ供給系最上部に位置する浅部熱水系を水蒸気噴火の発生場として捉え、その構造と時間変化の把握を進める。得られたマグマ供給系や熱水系の構造と、地殻変動源の位置や形状、火山性地震の分布やメカニズム、熱消磁源の位置、火山ガス成分等との時空間的関連から火山噴火を支配する要因を明らかにする。

- ・地震発生と火山活動の相互作用の理解

東北地方太平洋沖地震以来、大地震による火山噴火の誘発の可能性について解明する必要性が高まっている。また一方では、火山地域における流体の貫入・移動等によって周辺域の応力場が変化し、群発地震活動の発生をはじめとするテクトニックな地震活動への影響が及ぶと考えられている。さらに、火山性流体の分布によって、断層の高速すべり破壊が抑制される傾向が見られている。これらの地震・火山相互作用の解明のため、上記で得られる知見を最大限に活用しながら、火山周辺地域における地震活動、地殻変動、地下構造探査等の解析を進め、火山性流体・間隙流体と地震活動との関係を明らかにする。また、室内実験や理論計算により、火山性流体と周辺応力場の相互作用メカニズムを検討する。さらに、過去の相互作用の事例を明らかにするため、火山噴火履歴、および活断層の活動履歴を高精度に復元するための調査を実施する。

2. 地震発生・火山噴火の予測に向けた実験的研究

(1) 地震発生の新たな長期評価手法

大地震の長期予測は、地震本部における長期評価として、これまで20年以上にわたって行われ、国民にとって地震防災を考える基礎資料として定着しつつある。しかしながら、現在の長期評価のベースである活断層データは量的・質的にも限界があるとともに、地震発生の多様性を考慮した予測モデルの創出が急務な状況である。そのために、新たなデータと予測手法の刷新により、さらなる予測精度の向上に向けた研究を実施することは極めて重要である。長期予測には、地震発生間隔や規模などの地震の過去履歴に関するデータが必要不可欠であるため、地震火山関連史料や考古資料のデータベースを整備するとともに、古地震・史料と考古データを組み合わせた分析を実施する。さらに、史料にある数百年間の有感地震の記録を活用して、大地震や大規模噴火の前後に発生する中・小規模の地震や火山の活動を解明する。また、陸域および海域の活断層の位置情報をまとめるとともに、津波堆積物をはじめとした地震、津波痕跡の識別手法や年代決定の精度向上を目指すことで、長期予測に資す

るデータを蓄積する。

海溝型巨大地震の長期評価に関しては、海溝型巨大地震をプレート境界でのすべりの時空間変化として数理的に表現し、過去の巨大地震の履歴や地殻変動データ（GNSS データだけでなく明治以来の測地測量データ等を含む）に基づいてすべり遅れの蓄積量を推定するとともに、海底活断層の位置・形状も考慮しつつ破壊開始位置や強度分布を仮定することで、起こり得るプレート境界地震の震源域の広がりや破壊様式を網羅的に調べる手法を確立する。その際、すべり遅れの推定誤差を定量的に評価するため、構造モデルの推定段階からモデル誤差を評価するとともに、観測誤差の大きさの異なる海陸のデータを適切に統合する解析手法を確立する。内陸地震の長期評価に関しては、GNSS データに代表される地殻変動データや近代観測開始以降の地震活動データの解析から得られる定常的地震活動度に基づく新たな予測手法を開発し、内陸地震発生ポテンシャル評価を行う。これらの新予測手法と現行の活断層の活動履歴に基づく長期地震発生予測手法を組み合わせた評価手法について検討を行う。なお、内陸及び過去の海溝型巨大地震の履歴、破壊開始位置や強度分布、内陸域の地震発生層や応力場の仮定にあたっては、1の基盤的研究で得られる知見を最大限活用する。

(2) 噴火ポテンシャルによる火山活動の中長期評価手法

火山活動の長期予測の基礎情報となる、火山地質図と階段ダイアグラムを作成する。そのために、詳細な地形・地質調査を行い、数万年スケールまでの長期にわたる噴火履歴を明らかにする。また、各噴火の様式、規模、噴出したマグマの種類を詳細に明らかにし、火山ごとの噴火の特徴を把握する。さらに、地球物理観測と物質科学的解析を組み合わせることで活火山下のマントルにおけるマグマの生成率の推定を目指し、長期的な噴火活動のポテンシャル評価に活かす。

火山性地震活動、地殻変動、地震波速度、地磁気、熱活動、火山ガス等のモニタリングを通じて、数年から数10年の火山活動の特性を明らかにし、噴火ポテンシャルの中期的な定量的評価手法の研究を行う。その際、GNSS や合成開口レーダー等の宇宙測地技術も積極的に活用する。また、次世代火山研究推進事業とも連携し、噴火発生場の地下構造や数値計算を組み合わせることにより、規模の目安となる噴火ポテンシャル評価を目指す。

(3) リアルタイムデータに基づく地殻活動・地震活動予測

地殻変動や相似地震・微小地震・スロー地震等の地震活動のモニタリングにより、プレート間の固着・すべり状況の現況評価を実施する。地震活動のモニタリングにおいては、陸上定常観測点を維持し継続的な観測記録を得るとともに、近年急速に整備が進む海域の観測網と統合して解析することにより、プレート沈み込みに伴う地震およびスロー地震の活動状況の詳細な解析が可能となる。これにより地殻活動モニタリング、特に海域での地震発生位置の詳細説明による震源断層の把握、これまでよりも小規模の繰り返し地震抽出による高精度すべりモニタリング等を行う。地殻変動モニタリングにおいては、固着と滑りの空間的変化の詳細を捉えるために、南海トラフや日本海溝における海域測地観測網の高密度化および、千島海溝、南西諸島海溝、沈み込む海洋プレート等の観測の空白域への展開を目指す。GPS-A

方式の海底地殻変動観測の時間分解能の向上や他の海底観測技術の発展を促進し、総合的な海底測地観測の高度化によるすべりの把握の精緻化を目指す。また、詳細な地形や3次元不均質構造を取り入れた構造モデルを用いてデータ解析を実施し、半無限弾性体のフレームワークからの脱却を図る。

さらにこれらの現況把握をもとに、固着・すべりの時空間変化に基づく地震発生確率や発生可能性の相対的な高まりを評価する手法の開発を行うほか、様々な地殻活動を幅広く説明可能な数値シミュレーションモデルを構築する。このモデルに対し、観測データのモニタリングから得られる地殻活動の現況を比較・反映することで、活動予測に資する数値シミュレーションを実施する。また地震の活動度、b値、潮汐等による応力擾乱に対する応答などによる地殻状態の変化のモニタリングや、その即時把握に基づく地震後の余震活動の異常性検出等により、地震活動の推移予測も試みる。

・地震活動評価に基づく地震発生予測・検証実験

これまで蓄積された高精度・長期間の地震活動データを用い、その統計的性質などを用いて地震活動の予測を試行する。これは事前に厳密な予測のルールを定め、将来の地震の予測実験を行い、その予測性能を統計的手法に基づいて評価するものである、Collaboratory for the Study of Earthquake Predictability (CSEP)の枠組みの中で国際連携のもとに進める。また、メカニズム解や地殻変動の解析により、地殻内の応力・歪速度をモニタリングすることにより、地震発生ポテンシャルの時間変化の評価や余震の確率評価の精度向上に資する研究を実施する。

・事象系統樹による地殻活動の推移予測

わが国には1000年を超える歴史地震の記録や100年を超える観測記録が存在する。過去の多様な活動履歴の情報は、帰納的な予測を試みる上で最も基本的な資産である。これまで、前震や群発地震が発生しやすい地域の存在や、南海トラフでの巨大地震の前に西日本で内陸地震活動が活発化する可能性など、地殻活動の特性がある程度明らかになっているものの、網羅的な整理は充分とは言えない。史料、考古データ、地質調査、地球物理観測、地球化学分析データに基づき、過去の多様な活動実績を多角的・俯瞰的に整理し、可能性のある地殻活動を網羅して、可能な場合には様々なスケールでの特徴や分岐頻度も考慮した地殻活動事象系統樹の作成を試みる。事象系統樹と観測データの比較から、現在の地殻活動の状態を理解し、定性的な活動予測を行うことを試行する。数値シミュレーションからは、初期値や境界条件の違いが地殻活動の多様性をもたらすことが明らかにされている。数値シミュレーションの結果や観測データを事象系統樹と比較することで、地殻活動の現況の理解や、分岐を支配する物理化学パラメータの検討を試みることで活動推移の予測を目指す。

(4) 先行現象に基づく大地震発生確率の評価

地震先行現象については、地震活動の変化や電離圏の状態などデータの豊富なものを中心に、統計的な評価がなされるようになり、先行時間が1時間程度の短期的なものから5年程度の中期的なものまで、いくつかの現象について統計的な有意性が示された。それらは経験則として大地震の発生確率計算に用いることができる段階に到達しており、3-(3)との

連携を開始する。これら以外に、有望視されていながらも未だ統計的評価がなされていない現象（b 値、潮汐応答、ゆっくり地震、地殻変動等）について統計的評価の対象を拡充する。また、既に有意性の示された現象についても、解析手法等の改善を行う。さらに、先行現象は地震発生に至る一連の準備過程に関する非常に有力な拘束情報でもあるから、このような統計的なアプローチに加えて、先行現象の発現メカニズムを解明することを目指す研究も行う。これらの取り組みを踏まえ、統計的に得られる先行現象と地震発生との関連性を、因果関係の理解へと昇華させ、予測能力の向上を目指す研究も行う。

（5）火山活動推移モデルの構築による火山噴火予測

噴火事象系統樹は、対象とする火山で起こり得る火山現象を網羅し、その時系列を整理したものであり、火山活動の推移を俯瞰的に理解し予測するために不可欠である。これまでの研究計画においていくつかの火山を対象に史料・考古データ、地質調査、噴出物調査、観測研究成果を取り入れつつ作成が進められてきた。噴火事象系統樹を高度化し汎用性を高めるためには、噴火推移実績のカタログ化・類型化を進め、噴火推移・事象分岐パターンの比較研究を行い、噴火規模、発生場や観測データに基づく先行現象等を反映させる必要があり、先行現象の発現、噴火の発生、噴火規模の拡大・様式の変化などの推移、終息までを一連の火山活動推移とするモデルを構築する。過去の噴火事例とそれに先行する現象の再解析をもとに、事象分岐を含む経験的火山活動推移モデルを構築したうえで、物質科学的解析および数理モデルにより、事象の分岐条件を理論的に明らかにする。これによって、経験則に基づいて構築されてきた火山事象分岐の判定方法に理論的背景を与え、近代観測が始まってから噴火が発生していない、あるいは観測データの蓄積が不十分である火山においても判定できるようになる。また、火山活動推移モデルを複数の火山に応用するために標準化を進める。

次期研究計画においては噴火事象系統樹の作成を継続することに加えて、事象分岐の論理を構築するための研究に重点を置く。複数の火山について、噴火前マグマの温度、圧力、化学組成、揮発性成分組成など物質科学からわかる項目、および火山性地震の規模・発生頻度・様式、火山ガス組成など観測からわかる項目を比較検討し、噴火の前駆現象について相違点・共通点を整理する。観測量から事象分岐の論理基準を構成し、基準の妥当性を過去データで検証する。噴火が発生した場合には実時間データに対して論理基準の適用を試行する。噴火未遂およびやや広域の地殻活動変化にも着目し比較研究を行う。また噴火地点の予測を目指して火山性地震発生域および地殻変動源と噴火地点との関係を系統的に調べる。地震エネルギーや地殻変動量などの事前変化と噴火様式・規模の比較を行う。

過去の観測記録をコンパイル・再検討し、文献調査等による国内外の事例収集も加えて、事象の分岐過程の再評価を行う。さらに、噴火ダイナミクスの支配要因であるマグマの脱ガス過程、結晶化過程を物質科学的解析および数理モデルの構築・高度化によって解明し、噴火の多様性及び分岐条件の理解を深める。

事象系統樹による火山噴火予測の高度化は本研究計画における火山研究の集約的な位置づけにあるので、他の項目と協力して進める必要がある。

3. 地震・火山噴火による災害誘因予測のための研究

(1) 地震・火山噴火の災害誘因の事前評価手法の高度化

強震動の事前評価手法の高度化は、リアルな震源モデルと、詳細な地下構造モデルの追求により実現を目指す。地震時の断層すべりは時空間的に不均質な現象であり、観測網の稠密化と解析された震源モデルの蓄積により、その様相に関する知見は確実に高まっている。しかし、被害に関わる地震波の周期帯の中でも短周期帯の地震波の発生様式については、その解明には未だ観測点密度や地下構造モデルの精度が十分とは言えず、研究が十分には進んでいない。また、断層すべりの時空間的不均質と、その背景にあると考えられる断層面の物質的、形状的不均質や応力場不均質との関係については多くの指摘はなされているものの、解像度の低さと事例蓄積の不足により、未だ予測モデルに用いるのは難しい状況にある。将来の地震のシナリオを絞り込み、リスク対応に十分な予測地震動を提供するには、これらの点を追求していく必要がある。

地下構造のモデル化に関しては、災害誘因予測の観点では、盆地や平野などの堆積層構造のモデル化が最も重要である。平成 10-16 年度に文科省により全国の平野・盆地で実施された地下構造調査に加え、微動の観測システムと解析手法の発展などもあり、盆地や平野の堆積層構造のモデル化が大幅に進んだ。これにより、大局的には、また比較的長周期帯においては、卓越周期を再現するモデルが得られている。しかし、短いスケールでの大きな地盤変形や、益城町の 2016 年熊本地震での被害集中域のような小規模でやや特殊な地盤のモデル化はまだ不十分である。また、被害に関わる地震波の周期帯の中でも短周期帯の地震波の再現では、比較的良くモデル化された地域のモデルも十分とは言えず、山地など岩盤の地域でも不十分な場合がある。この短周期帯の地下構造モデルの精度を高めることは、震源像の解析の精度を高めることにも繋がる。このように、より詳細な地下構造のモデル化が必要な状況にある。物理探査によるデータの追加には限りがあるため、全国の地震観測網で大量に蓄積されつつある地震波形データを一括して解析することで、大規模な堆積層構造のモデル化に新たな展開が期待される。

津波の評価は、1 - (1) により津波堆積物や液状化痕跡から明らかになった古津波データに基づき未知の波源域の推定やその津波波高や浸水の事前予測手法の高度化を進める。津波堆積物の調査は日本中で精力的に実施されており、データが蓄積されている。津波リスクの把握度合いを高めるためには、このような津波堆積物の波源をモデル化し、堆積物が残らなかった地域も含めた津波の全体像を推定しておく必要がある。また、2011 年東北地方太平洋沖地震を契機に、津波による構造物の破壊に関心が高まっており、今後の事前予測においては、津波高さや浸水域のみならず、津波被害に関するその他の物理量（流速等）も対象としたリアルな事前予測手法の開発を検討することが欠かせない。

地震性斜面崩壊の予測については、現計画で、地質学・物質科学的見地からの斜面崩壊発生箇所の調査と発生箇所の事前予測、これらに加え、地震動応答の観点に基づいた発生メカニズムの解明を進め、新たな成果が得られている。今後、斜面崩壊発生前の降雨量の影響も考慮した事前予測手法の開発やその広域展開方法などの課題を進める必要がある。

震源・深部地下構造・浅部地盤構造・強震動予測・構造物被害・リスク評価・情報伝達まで

を一貫して扱うことで、南海トラフ沿いの巨大地震などを対象とした災害リスク評価手法の高度化を進める。同時に、大地震時の揺れ、津波、地滑りなどに起因する災害リスク評価の不確実性の程度およびその不確実性をもたらす原因を明らかにし、不確実性を減らすために必要な研究課題を洗い出す。一方で、災害リスク評価結果に基づき効率的に災害に対する対策を講じる方法についても検討する。さらに、災害の軽減に活かす観点から、災害に影響を与える強震動の周期特性に着目した災害誘因現象の研究を推進し、事前予測成果の社会活用の促進に関し社会科学分野の研究者との連携を図る。

火山地域における斜面崩壊現象には山体崩壊のような大規模な現象から、溶岩ドーム崩落のような中規模の現象、斜面の小崩壊など様々なスケールの事象が存在する。また、崩壊をトリガーする要因についても噴火そのものや、地震動、降雨など多様である。例えば、2013年に伊豆大島で発生し多くの被害をもたらした土石流あるいはラハールは、未固結な火山堆積物が豪雨により火山体の急斜面を流れ落ちたものであり、同様な災害は日本各地で起こり得る。また、2016年熊本地震の際には、軽石層の上に火山灰が堆積している斜面に強震動が入力すると軽石層近傍が流動化し、斜角15度という緩斜面であっても斜面崩壊が発生し大きな災害を引き起こされることが明らかになった。斜面崩壊の発生条件、規模、トリガー機構など明らかにすべき課題は多い。地質野外調査、ボーリング調査、電磁気探査等を駆使し、火山地域における斜面崩壊ポテンシャルの評価手法の開発を進める。

火山砕屑物の飛散・流動を事前に予測する手法について、国内外の過去の調査結果についてまとめるとともに、局所気象場や複雑な火山地形を考慮した数値モデル開発とシミュレーションを行い、比較検証を行う。また、泥流・土石流（ラハール）の発生ポテンシャルを評価する手法を開発する。実験および数値シミュレーションを用いて火砕物によるインフラへの影響を評価する手法の開発を進める。

(2) 地震・火山噴火の災害誘因の即時予測手法の高度化

地震に関しては、大地震による強震動や津波といった災害誘因を、地震波・地殻変動・津波等、海陸における単独もしくは複数の観測量に基づいて、即時かつ高精度に推定する手法開発と、その高度化を実施する。特に震源断層面上におけるすべりの時空間的不均質性の即時把握は、地震にともなう様々な災害誘因推定のために重要である。これまでに、例えば地殻変動データを用いたすべりの不均質性の推定を含めた手法開発が行われているが、より高い確度での推定を目指し、異種観測量の統合的な活用やリアルタイム観測データの逐次的な同化等の方策によって、推定精度および確度、ならびにその即時性の向上を目指す。具体的には、海陸の地震・測地・津波観測データ等を用いて、すべりの時空間発展などの地震の震源特性を即時推定する手法の高度化を進める。そして、複雑な断層運動や媒質の不均質性を考慮したうえで、多様な強震動の生成メカニズムの理解を深めることが欠かせない。さらに、近年の研究で震源位置の推定を必ずしも必要としない、地震動の実況把握から予測を行う時間発展型予測手法の開発が進められているが、それら技術の高度化等を実施することで、強震動および長周期地震動即時予測の精度向上を目指す。また、地震・測地・津波等の多様な観測データおよび新しい計算手法に基づき、津波とその浸水の即時予測手法の開発および

高度化を進める。さらに、1の予測のための基盤的研究で得られる過去の巨大地震に関する情報と、2の予測に向けた実験的研究で得られる将来発生する地震像を取り入れた即時予測手法の開発を進める。

火山に関しては、降灰や火砕流・溶岩流などの災害誘因予測に不可欠であるマグマ・火砕物・火山ガス等の噴出量と噴出率を迅速に把握する手法の開発を行う。噴火直後に行う噴出物の現地調査については、迅速かつ簡便な調査方法の開発を進める。また、GNSS、レーダー、地上・衛星搭載ライダーなど遠隔観測技術を用いた火山灰拡散の即時把握手法の高度化を進め、ディストロメーター等を用いた地上観測技術を用いて、火山灰の粒径分布の時空間変化や放出火山灰量の即時把握の技術を開発する。また、火山レキの遠隔観測および地上直接測定技術の開発をする。また、溶岩流・泥流・土石流についても、従来の観測機器を活用して即時把握する技術を開発する。

地震・火山噴火に起因する斜面崩壊や山体崩壊によって津波等が励起され、周辺地域では甚大な被害が起きる場合がある。そのため、斜面崩壊や山体崩壊にともなう津波の即時予測手法の開発に向けた研究に着手する。

本項目で得られる成果および技術は災害の軽減に特に直結しうるものであり、防災行政機関等において実際に利活用されてこそ価値がある。成果および技術の利活用を促進するために、関係各機関との緊密な連携を図る。

(3) 地震・火山噴火の災害誘因を災害情報につなげる研究

地震・火山活動が絶え間なく起きている日本列島において、地震活動やプレート境界すべり、マグマの移動などの現況をリアルタイムで把握し、地下で起きている地震・火山現象に関する情報を継続的に発信することが地震・火山の研究成果を被害軽減に直結させる第一歩として重要である。大きな地震動や噴火を体感していない状況でも、ひずみの蓄積や解放、マグマの蓄積などの地殻活動が地下で常に進行していることを社会に対して日頃から分かりやすく伝えることは、地震・火山現象の理解の促進に繋がる。

地震に関しては、広く一般に公開が可能な地震活動度や断層面の固着・すべりのモニタリングシステムに関する研究を進める。その際、誤差やバラツキを定量的に示すことが大事であり、そのための手法を確立する必要がある。また、現状の地殻活動の評価に加えて、地震活動の今後の見通しや、その時点でのプレート境界面上の滑り遅れの分布から推定される地震動や津波の予測（短期的）までを含めた災害誘因情報が表示される機能をシステムに組み込むことを目指す。当研究を遂行するにあたっては、災害の軽減に役立つ情報発信の在り方について、情報を利用する側の視点を含めて多角的に検討することが欠かせないため、災害情報を専門とする研究者と密な連携を取りながら進める。

また、普段よりも大きな地震が発生しやすい状況（プレート境界近傍での地震活動の活発化やプレート境界面の固着の剥がれなどの地殻変動）にあるなど、地震発生の確率や可能性が普段よりも相対的に高まっていることを示唆する情報が得られる場合がある。しかしながら、現時点の科学的知見に基づいて計算、もしくは推定される短期的な大地震の発生の確率値や相対的な発生の高まりは、市民感覚では低いと見なされる程度または具体性が必ずしも

十分ではないものであり、且つ、大きな不確実性を伴うため、地震発生前の災害対応への準備行動や避難行動等に直接結びつけることが困難である。このような（短期的な）予測情報を災害軽減に活用する方法を考えることは極めて重要である。この課題を解決するために、不確実で絶対値の低い大地震の発生確率や発生可能性の相対的な高まりに対する社会の受けとめ方を調査することで、災害の軽減に繋がる地震情報の在り方を探求する。過去のデータを用いて、地震の発生確率から導かれる揺れの（短期的な）予測確率を机上で計算するなどし、その確率値や地震発生の可能性の相対的な高まりを所与の条件として受容し、地域が避難行動や避難のための事前対策について具体的にどのように取り組むべきかの提案を実施するための研究を実施する。

火山噴火に関しては、降灰・ラハール・溶岩流等の災害誘因の事前・即時評価手法を高度化することに加え、災害誘因予測を災害予測情報につなげる手法を開発する。そのためには、火山専門家以外の他分野の専門家や行政職員などが、自ら災害誘因が災害素因へ与える影響を評価し、防災対策の策定に利用できるツールの開発が必要である。具体的には、降灰分布や溶岩流などの予測値が画面上に表示され、防災関係者がその画面を見ながら複数の避難計画の優劣を比較し、最も効果的な避難計画を立てることを支援するツールを想定している。火山噴火が切迫した段階、あるいは噴火中には、刻々と変化する現象を的確に把握し、火山専門家と防災関係機関とが情報を共有できるよう、火山性地震や火山性微動の震源、マグマの移動に伴う地盤変動の力源等を即時的に把握する手法の開発や、火山灰飛散や溶岩流等を予測するための数値計算手法の活用を進める。また、地元自治体が、災害情報に基づいて避難行動や災害復旧に関する意思決定することを支援するシステムの試作や、自治体等の防災担当者、地域住民、観光客等に対する効果的な情報伝達の方法を模索するための実験的な研究を、いくつかの特定火山を対象に進める。自治体等の災害発生前及び災害時の状況判断や防災対策等の意思決定能力の向上に資するため、自治体等の防災担当者を対象とする研修ツールの開発も段階的に進める。

4. 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究

(1) 地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の解明

強震動、津波、火山灰や溶岩の噴出などの災害誘因が、地形・地盤など災害の自然素因と建造物などの脆弱性などの社会素因とどう結び付いて災害を出現させたかを、近代的な観測や調査データ、近代的観測開始以前の史料を含めて、長期的視点から明らかにする。

近代的観測開始以前においては、文献史料や考古資料などに基づく地震・火山災害について、当時の社会情勢や周辺環境との関係を検討して被害実態を明らかにし、先史時代や歴史時代における災害事例のデータベース化を図る。データベース化にあたっては、住民や防災関係者に対する解説や普及啓発に利活用しやすいものとすることに留意する。また、過去の地震・火山災害の事例について、時代性や地域性を考慮して特徴を明らかにし、現代の地域社会に応用できる災害経験を抽出する。

近年生じた地震災害においては、地震や火山災害による被害発生の連鎖的要因が必ずしも明確でない。例えば、地震断層と建物被害との関連については様々な見解が存在する。災害

誘因のひとつである強震動の発生要因についても、断層深部における地震波の生成と浅部の地盤効果の複合だけでは説明しきれない事例が多い。地震や火山災害による社会への被害の連鎖の構造解明を進めるため、熊本地震を始めとする近年の地震や火山災害における事例を研究対象とする。

(2) 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究

かつては、「リテラシー」は、「識字（読んだり書いたりできる能力）」という意味に限定して使われていたが、昨今では、個人や社会が「理解の枠組みを持っているか」「理解に基づいて適切に使いこなせるか・活動ができるか」という意味で使われる。本計画においては、これらの考え方にに基づき、防災リテラシーを「災害軽減のために人間・社会が持つべき能力の集合知」と位置付ける。

防災リテラシーにおいては、共通理解醸成のための基礎としての地球物理学、災害発生機構としての「災害素因である地震・火山の観測・モデル化・シミュレーション研究」「災害誘因である自然・社会への影響の整理」それらに基づく「災害シナリオ・被害シナリオ」から、人や社会が災害の軽減に資する知恵や知見へと展開する際に、活用可能な要素を整理し、人類の英知として学ぶべき事項として、リテラシーに格納すべき知識体系を明らかにする。また、社会科学を中心とした研究分野と連携し、知識体系を理解しやすい形に変換し「避難行動に影響を与える」「日々の暮らしを防災に資する目的で変化させる」という、直接的な影響力を持つものとするために貢献する。本研究項目は、全く新しい試みであり、社会のニーズを知るための基礎的研究からはじめ、対象や分野を絞って応用的研究に基づく実装を目指すことが求められる。

5. 研究を推進するための体制の整備

(1) 推進体制の整備

前計画は、地震発生・火山噴火の予測に加えて災害誘因の理解・予測を進め、災害科学の一部として機能することで地震・火山災害の軽減に貢献することを目指す最初の5カ年としてスタートした。本計画は、これをさらに進展させる次の5カ年として前計画に引き続き実施する。本計画で得られる成果や技術は、社会実装されることで、はじめて災害の軽減に貢献することが出来る。災害関連情報は社会合意のもとで利活用されるべきものであり、防災施策を行う内閣府、警報を社会に発表する気象庁、地震現象の評価を行う地震調査研究推進本部や関係機関、地殻活動のモニタリングについて検討を行う地震予知連絡会、火山現象についての総合的判断を行う火山噴火予知連絡会、災害対応の最前線である地方自治体や火山防災協議会等と高度な技術的・制度的な連携が求められる。災害情報の社会ニーズを的確に把握し、本計画で得られる成果や技術の防災行政機関における利活用・実用化を進めるために、地震・火山噴火予知研究協議会の調整機能の強化を図ることが重要である。また、総合的な研究の実施にあたって、地震・火山噴火予知研究協議会では人的・予算的資源の優先的配分を通して推進する。

観測研究体制については、地震・火山活動を把握するために長い年月をかけて継続的に観

測することが求められるが、国立大学法人では設備や人材の確保及び施設の維持更新が難しく、今後十分な観測データが得られなくなる恐れが高い。特に、火山地域における国立大学法人の観測網の維持・整備に関しては、研究者の労力の多くが恒常的なルーチンワークに割かれており、火山学の学術的進歩に対して非常に危機的な状況である。本計画が安定した実施体制を継続できるように、火山観測においても、国が責任もって基盤観測体制の整備を進めるべきである。例えば、地震調査研究推進本部と同様な仕組みを火山分野へ導入する案などを早急に検討することが肝要である。

地震学・火山学の成果を災害軽減に活用するために、防災に関連する工学、人文・社会科学を含む総合的な学際研究として本計画を推進することが重要である。「地震・火山科学の共同利用・共同研究拠点」である東京大学地震研究所と「自然災害に関する総合防災学の共同利用・共同研究拠点」である京都大学防災研究所による拠点間連携共同研究を、火山を対象とした研究の追加などにより、今後さらに発展させる必要がある。

(2) 研究基盤の整備

迅速な災害関連情報の発表や、地震火山活動の評価、地震火山現象の理解と予測を目指すには、リアルタイムで観測を着実に行うとともに、長期的にもれなく蓄積された高品質な多項目データが必要である。行政機関、研究開発法人や全国の大学等関係機関は協力して、日本全土の陸域や海域、火山地域に展開されている基盤的・機動的な地殻活動を把握するための多項目観測を維持・拡充・強化するとともに、新たな観測技術の開発・導入を積極的に進める。また、リアルタイムで共有可能なデータは、データ取得者のインセンティブ確保に留意しつつ、コミュニティ内においてリアルタイムでの共有を促進することが必要不可欠である。

これらの観測網で得られる大量のデータを効率的に流通させるシステムを維持・拡充・強化するとともに、観測システムやデータ処理の一層の高精度化・効率化・標準化等に必要解析技術やシステムの開発を進める。調査・観測データ、史料・考古・地質のデータベースの充実や、多項目データの可視化技術の高度化を進めて、データ利活用の推進や、災害関連情報の拡充に向けた基礎技術の開発を進める。本計画で得られるシステムやソフトウェア、標準構造モデル等は、広く研究や24時間監視や被害推定のための災害予測の基盤を支える共通の資産であり、更なる開発・拡充を図るとともに研究者間や関係機関間での共有を進める。被害地震や火山活動活発化への速やかな対応や、基盤的観測網で検出できない詳細な現象の把握のため、全国の研究者や関係機関が連携して効果的に機動観測を行うための体制を整えることが重要である。

また、地震・火山噴火現象の長期的な振る舞いを明らかにすることは、低頻度大規模な地震・火山噴火現象の根本的な理解の深化につながる貴重な研究である。将来、長期的なデータを一括して解析する機会が訪れることや、解析手法・解析環境の進歩も期待できる。ゆえに、観測で得られたデータを確実にアーカイブして将来にわたって容易にアクセスできる環境を構築し、且つ、長期的に維持することが欠かせない。

観測基盤の整備

日本全国に展開される地震観測網や地殻変動観測網などの観測基盤を維持するとともに、中長期的な視野に立った観測基盤の整備や更新を行っていく。さらに、南海トラフ沿いの観測網や、近年新たな研究成果が得られている海域や火口近傍などにおける観測体制を強化する。また、関連機関が連携して効率的に機動的な観測を行う体制を整える。なお、基盤的な地震観測や地殻変動観測網による長期のデータ蓄積は現在の地殻活動の理解・評価を試みる上で必須であり、今後も安定した蓄積が不可欠である。これに加え、GNSS や衛星 SAR といった宇宙技術は地殻活動や地下状態のモニタリングに不可欠な防災インフラとなっており、宇宙技術が地震火山観測研究に着実に活用できるよう衛星システム等の宇宙技術インフラ側との連携の強化を図る必要がある。これらが、安定的・継続的に運用されるよう観測網や衛星システム名のようなデータ取得源を明示した観測成果の発信に努める。

火山における多項目観測データは、火山研究だけでなく、適切な噴火警戒レベル運用にも不可欠である。また、長期的な火山活動の把握のためには継続的な観測が必須であり、人的、予算的資源の確保を含めた中長期的視点に立った火山の基盤的観測体制の整備が必要である。

今後、大地震発生後の機動的な観測等においても携帯電話ネットワーク等を用いたオンライン化が進むことが考えられ、収集する地震・火山観測データの容量は増加することが予想される。そのために、これらの観測網による大量の地震・火山観測データを効率的に流通させるためのシステムを構築することが重要である。

観測機器の維持管理に関しては、現状ではそれぞれの研究機関に一任されている。観測機器の維持管理に必要な人的・予算的なコストを軽減するためにも、長期的には国全体での管理体制が必要と考えられる。観測機器の一元的な管理を通して、本観測研究計画の効率的な推進が図られることが期待される。

観測・解析技術の開発

地震に関しては、GPS-A 方式の海底地殻変動観測の時間分解能向上を目指した技術開発や海底間音響測距や圧力計、坑内観測技術等の他の海底観測技術と相互に補うことで、総合的な海底測地観測の高度化により、プレート境界におけるすべりを高精度に把握することを目指す。また、海底測地観測における水温・水圧変動等の海洋学的な影響の最小化など解析技術の高度化も行う。陸域観測においては、大地震発生後の余震観測等において地震活動を迅速に把握するために、オンライン型の超稠密多点観測装置の開発や、超低消費電力型地震計の開発、観測機器の軽量化・低消費電力化を進める。さらに、海陸統合の観測データをより現実的なモデルで解析するためには、詳細な地形と地下の3次元不均質構造を取り込んだ構造モデルの構築、それらを用いた地震波・地殻変動データ解析のための解析技術・計算コードの開発、ならびに大規模高速・高品質計算環境の構築が必須である。同時に、解析結果の誤差を定量的に評価することも欠かせない。これらを実現するため、計算科学・計算機科学の研究グループを加えた解析技術ならびに計算コード開発体制の構築・拡充、GPGPU クラスタ等の計算機環境の整備を進める。

火山に関しては、既存の観測量の観測精度や観測頻度の向上と、新たな観測量の観測手法

開発を並行して進める。火山噴火時に地震記録が振り切れることを避けるため、既存観測点に加速度計を併設しダイナミックレンジの拡大を図る。GNSS 観測においては、複数の衛星系に対応した受信機の導入により、位置精度向上と衛星可視性の向上を図る。観測機器の軽量化・低消費電力化を進め、無線 LAN、携帯電話通信網や衛星通信網、ドローンなどの新たな手段も活用し、観測点維持のコストを下げるとともに、観測可能な場所・機会を増やす。ミュールオンによる火山体内部を直接透視する手法については、空間解像度や時間分解能の更なる向上を図る。可搬型絶対重力計と小型軽量のガス観測装置・ガス同位体分析装置等の開発を進めるとともに、航空機 SAR や可搬型レーダー干渉計、分光スペクトル画像計測装置などのリモートセンシング技術の高度化も推進する。機動観測による活動把握やデータベース化、即時解析ツールの開発も進める。

海域や火口近傍などの観測困難域において安定的・継続的に使用可能な観測機器開発を行うとともに、宇宙技術による地殻活動や地下状態のモニタリング技術の高度化を図る。さらに、平常時及び災害時における災害情報発信技術についても検討を進めていく。

地震・火山噴火現象のデータベースの構築と利活用・公開

これまで実施されてきた地震・火山に関する観測研究計画の成果を集約し共有することは、今後の研究計画において重複を避け効率的に計画を推進するためや、研究分野間の連携研究を促して地震・火山研究をより活性化させる役割があり、重要である。そのために、観測データ等の基礎的資料、構造モデルや解析ソフトウェアを含む研究成果、観測データの自動解析結果をデータベース化し、これらを共有することにより効率的に研究を進める。特に、これらのデータを構造モデル構築や地殻活動データ解析で合理的に活用するために、他機関同士でのデータ参照や目的に応じたフォーマット変換等が可能となる仕組みを開発・導入する。そして、地震・火山観測データ・研究成果等を迅速に共有し相互利用できる仕組みを構築する。また、データベースはコミュニティ内での利用にとどまらず、社会で広く利活用されるようなインターフェースの整備が必要であり、公開内容や効果的な公開方法について今後の検討が欠かせない状況である。

(3) 関連研究分野との連携強化

地震・火山研究の成果を災害軽減に役立てるために、地震・火山噴火現象の理解・予測研究や災害誘因予測研究を実施する理学にとどまらず、工学、人文・社会科学などの関連研究分野との相互理解に努め、連携をより一層強化する。特に、災害素因に関する理解を進め、地震・火山噴火による災害発生機構の解明を総合的かつ学際的に進めることが重要である。地震・火山噴火による災害発生機構は、気象災害など他の自然災害と共通する部分もあるため、災害の発生過程、復旧、復興過程も含め、他の災害分野との連携も強化する。

(4) 社会との共通理解の醸成と災害教育

現計画の必要性に対する国民の理解を深めるために、組織的なアウトリーチ活動を今後も積極的に展開することが重要である。地震・火山噴火の予測研究の等身大の現状や、最新の

研究成果、地震火山災害に関する基本的な知識、などを国民に効果的に伝えるための情報伝達方法について検討を重ねることが望まれる。特に、防災対策に直結できる地震学・火山学の知見の表現方法を研究していくことも必要である。また、研究成果の情報発信にあたっては、一定の成果がまとまってから発信するだけでなく、研究途上においても、研究の進捗や今後の見通しについて繰り返し説明を行うことで共通理解の醸成に貢献する。

情報の受け手である国民の科学リテラシーの向上へ向けて、最も有効な手段である、初等・中等・高等教育における継続的な地震・火山に関する学びの場を効果的に提供する方法を研究することも肝要である。地震・火山教育に関する研究を教育者と研究者が教育現場において協働して進める。

一方、社会との共通理解醸成のために、研究対象となる地域や火山については、いざ地震や火山噴火が発生した場合の社会的影響も考慮して選定する。

(5) 次世代を担う研究者、技術者、防災業務・防災対応に携わる人材育成

多様性に富み、且つ、複雑な履歴を示す地震活動や火山噴火現象を理解し、それらの発生予測手法の高度化や検証をおこなうためには、世代を超えた長期にわたる継続的な観測研究の推進を支える人材育成が極めて重要である。その際、地震学、火山学、地質学、地形学、歴史学、災害科学、数理科学などの分野に加えて、それらの進歩を加速させる計算機科学、観測技術開発・地質調査技術開発などの幅広い分野の進展が必要であり、若手研究者や技術者の育成が欠かせない。さらに、地震・火山災害の軽減に向けてより効果的に寄与するために、地震・火山の専門教育を受けた人材が防災・科学技術に係る行政・企業・教育機関に携わることも非常に大切な点である。このような観点から、複数の教育・防災業務機関が連携し、観測研究を生かした教育活動を継続して、若手研究者・技術者や、防災業務・防災対応に携わる人材を育てる。さらに、防災業務・防災対応に携わる人材のスキル向上の促進に対して貢献する。

火山分野においては、平成 28 年度から次世代火山研究・人材育成総合プロジェクトが始まった。このプロジェクトと連携し、火山学の広範な知識と専門性に加えて研究成果を社会に還元する能力と社会防災的な知識を有する次世代火山研究者を育成する。

(6) 国際共同研究・協力の推進

地震・火山噴発生後に観測および調査を迅速に実施することは、地震発生過程と噴火過程の理解、地震活動や噴火の推移予測、災害誘因の把握と予測の実現にとって極めて重要な要素である。しかしながら、国内で発生する地震・火山現象だけでは経験を積み重ねることはできない。より多くの事例を蓄積するために国内だけでなく海外での観測研究が必要不可欠である。海外における観測および調査を迅速に行う体制を構築するとともに、地震・火山噴火の頻度が高い諸外国との国際共同研究を推進する。