

令和元年度研究開発課題外部評価（中間評価）の結果について

令和2年3月26日

研究推進課

1. はじめに

当研究所が第4期中長期計画（平成28～34年度）に基づき推進している研究開発課題を対象として、「防災科学技術研究所における業務の実績に関する評価実施要領」に基づく評価項目について、「国の研究開発評価に関する大綱的指針（平成28年12月21日、内閣総理大臣決定）」、「文部科学省における研究及び開発に関する評価指針（平成29年4月1日、文部科学大臣決定）」に沿った外部評価を行った。

評価結果は下記の通り。

2. 評価対象課題

- ①地震・津波予測技術の戦略的高度化研究
 - ①-1 地震・津波予測技術の戦略的高度化研究
 - ①-2 巨大地震発生メカニズム研究
- ②火山災害の観測予測研究
 - 多角的火山活動に関する研究
- ③社会基盤の強靱性の向上を目指した研究開発
 - 社会基盤の強靱性の向上を目指した研究開発
- ④気象災害の軽減に関する研究
 - ④-1 マルチセンシングに基づく水災害予測技術の開発
 - ④-2 変容する雪氷災害の危険度把握と面的予測の融合研究
- ⑤自然災害ハザード・リスク評価と情報の利活用に関する研究
 - ⑤-1 自然災害ハザード・リスク評価に関する研究
 - ⑤-2 自然災害情報の利活用に基づく災害対策に関する研究

3. 評価項目

- ・ 研究開発節目における目的の達成度
- ・ 研究開発の目的・目標等の妥当性
- ・ 研究開発の進め方及び研究資金・人材等の研究開発資金の妥当性

4. 評価方法

5つの研究領域ごとに研究開発課題外部評価委員会を開催し、研究責任者から研究内容の説明を行い、質疑応答・議論をふまえ、委員長が全体を取りまとめ、評価報告書（①～⑤参照）を作成し、理事長に提出した。

5. 研究開発課題外部評価（中間評価）の結果

* 評価内容については報告書参照

報告書①地震・津波予測技術の戦略的高度化研究

①-1 地震・津波予測技術の戦略的高度化研究 【総合評価：A】

①-2 巨大地震発生メカニズム研究 【総合評価：A】

報告書②火山災害の観測予測研究

多角的火山活動に関する研究 【総合評価：A】

報告書③社会基盤の強靱性の向上を目指した研究開発

社会基盤の強靱性の向上を目指した研究開発 【総合評価：B】

報告書④気象災害の軽減に関する研究

④-1 マルチセンシングに基づく水災害予測技術の開発 【総合評価：A】

④-2 変容する雪氷災害の危険度把握と面的予測の融合研究
【総合評価：A】

報告書⑤自然災害ハザード・リスク評価と情報の利活用に関する研究

⑤-1 自然災害ハザード・リスク評価に関する研究 【総合評価：A】

⑤-2 自然災害情報の利活用に基づく災害対策に関する研究
【総合評価：S】

研究開発課題外部評価(中間評価)

報告書

プロジェクト名:地震・津波予測技術の戦略的高度化研究

サブテーマ1:即時地震動予測技術及び地震被害推定技術の開発

サブテーマ2:海底観測網データを用いた津波予測技術の開発

サブテーマ3:地震発生 of 長期評価 of 高度化技術の開発

評価委員会開催日:2019 年 10 月 23 日(水)

評価委員一覧(◎:委員長)

加藤 研一	株式会社小堀鐸二研究所 常務取締役執行役員
久家 慶子	京都大学大学院 理学研究科 地球惑星科学専攻 教授
越村 俊一	東北大学災害科学国際研究所 教授
◎谷岡 勇市郎	北海道大学大学院理学研究院 附属地震火山研究観測センター 教授
橋本 徹夫	気象庁気象研究所 地震津波研究部長
古村 孝志	東京大学地震研究所 災害科学系研究部門 教授
水村 一明	東京消防庁防災部 震災対策課長

1. 研究開発節目における目的の達成度の把握

○全体の進捗度

本プロジェクトは全般的に計画に沿って着実に進捗しており、一部には計画以上の進捗もあった。

各サブテーマ毎に各要素技術のプロトタイプ構築が進められ、最終的な実用システムの運用と社会実装に向けた実証実験が、気象庁や自治体等との連携研究の下で着実に進行している。地震・津波における様々な予測技術を開発することで、災害防止、減災に向けた顕著な成果の創出が認められる。

一方、サブテーマ3で開発している地殻活動総合モニタリングシステムについては、計画よりも少し遅れが見られるが、計画に沿った進捗へのリカバリーの見込みがあることから、全体的な進捗には支障がないと考える。本システムは南海トラフ沿いの巨大地震発生予測に向けた地震活動評価とプレート間の状態把握に欠かせない重要な解析結果を提供するも

のであり、更なる進展が期待できる。

日本における地震や津波観測データを集約・公開・解析する中核的期間の役割を十分に果たしており、今後も様々な社会的要請への対応、産学官による研究開発を一体的に進める基盤の構築に向けて継続的な取組みに期待する。

○各サブテーマの進捗度

サブテーマ1：即時地震動予測技術及び地震被害推定技術の開発

本サブテーマでは、個々の研究において計画以上に進捗し、特に顕著な成果の創出が見られた。

高密度リアルタイム強震観測と高速度データ通信・解析技術に基づく、揺れから揺れの予測は、日本が世界をリードする高度な技術であり、災害直後の減災活動に貢献できる特に顕著な成果の創出があることは極めて高く評価できる。この分野での一層の研究の進展が期待できる。

強震動リアルタイム補間システムの構築を完了し、オンラインで日本全国 1km メッシュでの予測が可能となったことは高く評価できる。即時地震動予測については、オフラインでのシステム構築にいたっており、計画通りに進めることが出来る見込みである。

長周期地震動予測については、気象庁・民間企業等と共同して実証事業を進め、官民研究開発投資拡大プログラム資金(PRISM)によりプロトタイプシステムが完成しており、計画以上の進捗である。

一方、複雑な地震として挙げられている、「異常震域等の予測」については、今後の進展に期待する。

余震による地震等の迅速予測については、大地震直後の余震は大きな被害をもたらす可能性が高いことから余震活動を把握することは地震対策において大変重要であり、地震波形から余震による地震動の最大振幅を予測するアルゴリズムを開発し、余震の地震動迅速予測を高度化したことは高く評価できる。

地震直後の地震動分布把握要素技術開発では、地震動ビッグデータを機械学習に適応し、従来の距離減衰式とのハイブリッド型の手法開発に取り組んでおり、今後の進展が期待される。

地震被害推定技術開発においては、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)と連携して、全国を概観するリアルタイム被害推定・状況把握システムを構築し、2016年熊本地震では地震発生から10分程度で建物被害を推定しており、大きな成果が実証されている。また、準リアルタイム強震動指標配信システムを構築し、配信データが多くの研究機関やJR東日本で活用されること計画以上の進展である。

さらに、現行の基盤的観測を着実に進めるとともに、これと並行して観測の誤り訂正機能の実現する4軸強震度計測システムの開発を進めるなど、将来に向けた次世代観測技術開発も並行して進められている。

サブテーマ2：海底観測網データを用いた津波予測技術の開発

計画に沿って順調に進捗している。

津波即時予測技術の開発については S-net 海底観測網を有効活用し、水圧観測データから津波波源を自動的に計算・推定し、沿岸の津波を予測する基盤技術の開発が着実に進行・既に稼動している。同時に、水圧観測データと津波データベース（津波シナリオバンク）をマッチングさせた迅速津波予測技術を確立、浸水予測システムとして、自治体やライフライン企業等で実際の防災対応に使用されている。今後、この2つの技術を組み合わせてさらに精度の良いシステムの構築を目指して欲しい。

津波の成長・収束予測技術の開発については、線形長波理論に基づくデータ同化手法を、海底水圧観測で不可避となる海底地殻変動の影響を低減する新たな技術によって高度化・システム化しており、一定の評価ができる。一方、津波の収束は、基本的に沿岸の浅い部分での非線形効果（摩擦）により起こるため、沿岸での非線形効果を上手く取り入れた技術開発を期待する。

当サブテーマでは、津波からの安全な避難や救援活動に欠かせない津波の収束時間を含めた総合的な予測に向けた研究展開が進められている。これらの津波解析結果をプラットフォーム上に可視化する統合的可視化 Web インターフェースの構築も進んでおり、計画より早いペースで進捗している。

また、本プロジェクトで活用している S-net（日本海溝海底地震津波観測網）及び DONET（地震・津波観測監視システム）を含む陸海統合地震津波火山観測網を MOWLAS（モウラス）と命名し、本格的な統合運用と周知啓発活動を開始したことは高く評価できる。防災科研のお家芸として引き続き戦略的な取り組みを続けてほしい。

サブテーマ3：地震発生の長期評価の高度化技術の開発

研究開発面では計画以上の進捗がある一方、成果の統合に向けた取組みに一部遅れが見られるが、挽回可能であり全体の進捗には支障がないと判断する。

本サブテーマでは、南海トラフ巨大地震の発生可能性の評価に不可欠な3次元不均質地殻構造を考慮した CMT 解析手法を開発し、浅部超低周波地震活動のメカニズム解析を進めただけでなく、微小地震からスロー地震・低周波微動・低周波地震の地殻活動をモニタリングする手法開発にも取り組み、プレート境界のモニタリングと巨大地震発生につながる異常の検出に向けた研究が戦略的に進められている。海域で発生するスロー地震活動等、計画を上回る速度で進展している。地震活動のモニタリングについては、「南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応のあり方について（報告）」（2017年中央防災会議）に対応する形で追加的に行われており、また、その成果が地震調査委員会や南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会等の各種政府系委員会へ現状評価資料として提供され、重要な基礎資料として活用されており、社会的要請の高い研究として高く評価できる。

スロー地震のモニタリング対象領域を日本海溝、房総半島沖、南海トラフに拡大して、スロースリップの分布と規模を逐次的に求め、また、コンピュータシミュレーションによ

りこれを再現することで地殻活動を総合的に評価する高度な地殻活動評価研究も行われている。

一方、研究開発成果を統合的に活用するための地殻活動総合モニタリングシステムと多機能地震情報基盤データベースのプロトタイプ構築には遅れが見られる。既存技術を活用した情報統合・可視化のシステムを既に構築しており、その拡充を進めることで、遅れの挽回は可能と評価する。

本サブテーマ「地震発生の長期評価の高度化技術の開発」は、一朝一夕に出来るものではなく、長期間のデータと解析結果の蓄積を基に、地殻活動を総合的にモニタリングするシステムの構築が必要であり、防災科研にしか取り組めない課題である。

2. 研究開発の目的・目標等の妥当性

<必要性>

評価項目：

- 科学的・技術的意義
- 社会的・経済的意義

科学的・技術的意義

本プロジェクトは、国際的にも独自性が極めて高い MOWLAS を中心としたリアルタイム観測データを活用し、地震動・津波予測技術を戦略的に研究開発するものである。これまでに実施されてきた内容は、多数の科学論文として出版されており、科学コミュニティにおいて国際競争力を備えた革新的な成果をもたらすものである。

強震動予測や被害推定は、防災科研が長年取り組んできた研究をさらに進歩させ、リアルタイム性の向上、高精度化に成功しており、新しい技術の開発も進められていて、高い意義を持つ。特に、大地震直後に公表される震源過程解析は、民間機関でも頻繁に活用されている。

津波の即時予測については、S-NET の新設、DONET の移管に伴い、取り組み始めた課題であるが、水圧データの微分波形を用いる新たな津波波源推定手法を新たに開発するなど今後の進展が非常に期待され、技術的意義が高く評価できる。

地震発生の長期評価の高度化にむけた、3次元地不均質下構造モデルを用いた CMT 解析手法は今後主流となると思われ技術的意義は高い。また、十勝沖・三陸沖の日本海溝近傍で捕らえた低周波微動活動は、巨大地震震源域浅部側に帯状に分布することや、低周波微動活動が途切れる場所では巨大地震の破壊開始域と関連するなどの観測事実の発見は科学的に高い意義がある。地殻活動総合モニタリングシステムの開発は、科学的・技術的意義は高いが、目標が少し高いと思われる。多くのモニタリング手法を有効に組み合わせることを期待する。

社会的・経済的意義

海陸地震・津波のリアルタイム観測データ解析に基づく強震動と津波の即時予測、これに基づく被害の早期推定は重要な科学技術の応用であり、我が国全体の喫緊の課題である。災害防止・減災に有効な研究が行われていると高く評価できる。今後も精力的に研究及び実証化を進めてほしい。

<有効性>**評価項目：**

- 見込まれる成果・効果
- その他の波及効果の内容等

見込まれる成果・効果

海陸に展開した観測網 MOWLAS を維持し、そのデータを活用できていること自体高く評価できる。地震被害推定技術は 2016 年熊本地震で、津波即時浸水予測手法は千葉県や三重県で、成果が実際に活用されている。また、土木学会との連携により津波防災研究に関する共通基盤データベースとして「津波防災研究ポータルサイト」を構築・公開している。

本プロジェクトのこれまでの実績は、多数の論文出版を通じて、新しい知の創出に対する大きな貢献が認められる。多数の若手研究者の参加が認められ、関連した表彰を受けたものも含まれており、優秀な人材の育成面での貢献が認められる。

その他の波及効果の内容等

本研究開発により得られる成果は、大地震による強震動と津波の即時予測・警報あるいは事前評価に利用されることで災害軽減に確実に結びつくものであり、研究計画段階から、地震・津波災害の軽減に向けてステークホルダーとの協働を掲げ、実際に、気象庁、地方自治体、鉄道事業者等との協働を実施している。その中で、地震動即時予測技術の一環として開発した、リアルタイム震度演算法は気象庁の緊急地震速報の処理手法の一部として採用され、既に運用に供されている点は高く評価できる。

また、環太平洋で発生した地震に対する震源メカニズム解に基づく津波影響評価は、当該地域の大きな減災効果だけでなく、各種の国際連携に結びつく要因となりうる。

3. 研究開発の進め方及び研究資金・人材等の研究開発資源の妥当性**<効率性>****評価項目：**

- 計画・実施体制の妥当性・効率性

(他機関との連携・役割分担の明確化の取り組み、研究開発資源の再配分等)

3つのサブテーマについて、十分な実施体制が組まれていると評価できる。特に津波予測技術の開発については、過去の防災科研で実施していなかったことを考えると、人材を確保し体制を整えたことは高く評価できる。

気象庁や、産総研、大学等の研究機関と協力した研究や、自治体、民間企業との連携した観測データの活用と予測技術の社会展開を進めるなど、研究成果の社会実装、社会での活用を念頭に研究開発を行っているところを高く評価する。

得られた成果が、各種政府系委員会で基礎資料として活用されるなど、上手く研究を推進できている。また、PRISM等と連携していることも評価できる。今後、「巨大地震発生メカニズム研究」の成果も活用した研究開発を期待する。

MOWLASを管理運営する防災科研が、ここから得られるリアルタイム観測データとこれまでの研究開発の蓄積を活用した本プロジェクトを戦略的かつ重点的に実施することは、防災科研の独自性・優位性を打ち出し続けるために、極めて適切であると判断する。

4. その他

MOWLASのデータ公開について、常日頃感謝している。民間企業の立場では、費用・人材面から同様の取り組みは不可能である。強震観測を20年以上の長きにわたって継続し、国民にデータを無償で公開していることは、高く評価されるべきである。また、本研究成果が、自治体や防災機関等が効果的に活用できるよう、積極的かつ柔軟な対応方を期待する。

5. 総合評価

A

MOWLASのリアルタイムの観測データを機軸として、防災科研にしかできない高度で唯一の研究開発を、地震・津波による災害の軽減するために社会に大きく貢献するよう計画・実施している。すでに実装段階に入った技術も多くあり、進捗状況も順調であり、国際的なジャーナルへの数多く投稿され、科学的・技術的にも高い成果が得られている。本プロジェクトに関連した多数の表彰には、若手研究者に対する表彰も含まれ、次世代を担う優秀な若手研究者の育成への貢献も認められる。

以上を踏まえ、本プロジェクトの進捗は良好であると判断される。その実績は、国の観測研究基盤の向上を確実に担うものとなっている。今後も、様々な社会的要請への対応、産学官による研究開発を一体的に進める基盤の構築に向けて継続的な取り組みを期待する。

今後、特に取り組むべき項目は以下の通り。

- 津波の成長・収束予測技術の開発について、非線形効果を効果的に取り入れたデータ同化システム開発を検討すること。
- 地殻活動総合モニタリングシステムについて、多くのモニタリング手法を有効に組み合わせたシステムとすること。
- 地殻活動総合モニタリングシステム及び多機能地震情報基盤データベースのプロトタイプ構築を加速化するため、既存技術を活用した情報統合・可視化システムの拡充を進めること。
- 防災科研で別途行っているプロジェクト「巨大地震発生メカニズム研究」の成果を有効に活用すること。

＜参考：SABCD＞	
S	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、適正、効果的かつ効率的な業務運営の下で「研究開発成果の最大化」に向けて <u>特に顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出</u> の期待等が認められる。
A	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、適正、効果的かつ効率的な業務運営の下で「研究開発成果の最大化」に向けて <u>顕著な成果の創出や将来的な成果の創出</u> の期待等が認められる。
B	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」に向けて成果の創出や将来的な成果の創出の期待等が認められ、 <u>着実な業務運営</u> がなされている。
C	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」又は「適正、効果的かつ効率的な業務運営」に向けて <u>より一層の工夫、改善等</u> が期待される。
D	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」又は「適正、効果的かつ効率的な業務運営」に向けて <u>抜本的な見直しを含め特段の工夫、改善等</u> が求められる。

研究開発課題外部評価(中間評価)

報告書

プロジェクト名:巨大地震発生メカニズム研究

サブテーマ①:地震素過程に関する基礎研究

サブテーマ②:巨大地震の実態解明のための統合研究

評価委員会開催日:2019年10月23日(水)

評価委員一覧(◎:委員長)

加藤 研一	株式会社小堀鐸二研究所 常務取締役執行役員
久家 慶子	京都大学大学院 理学研究科 地球惑星科学専攻 教授
越村 俊一	東北大学災害科学国際研究所 教授
◎谷岡 勇市郎	北海道大学大学院理学院 附属地震火山研究観測センター 教授
橋本 徹夫	気象庁気象研究所 地震津波研究部長
古村 孝志	東京大学地震研究所 災害科学系研究部門 教授
水村 一明	東京消防庁防災部 震災対策課長

1. 研究開発節目における目的の達成度の把握

○全体の進捗度

比較的小規模の研究グループでありながら、大岩石試料を用いた室内実験や大規模シミュレーション等を活用し、巨大地震の発生機構・実態解明に向けた基礎的研究が全般的に計画に沿って進捗していることが認められる。

顕著な成果の創出としてサブテーマ①の「地震発生場に関する研究」では、南海トラフを対象としたすべり遅れ分布とプレート境界の応力蓄積速度を推定し、そこで得られた結果をサブテーマ②の中での大規模シミュレーションの境界条件として用いることで南海トラフ地震の基本シナリオモデル等、多くの巨大地震発生シナリオを作成している点は計画以上の進展と言える。

また、著名な国際ジャーナルに多数の論文が掲載されるとともに、熊本地震の動的破壊モデルから摩擦パラメータと広域応力場の関係を明らかにしたことから日本地震学会論文賞を授与されるなど、固体地球科学の国際的コミュニティにおいて高く評価されているこ

とは、当初の目的を十分に達成していると言える。

サブテーマ②において、断層摩擦と歪エネルギーの基本モデルに修正を加え、地震発生メカニズムの解明の発展に資する研究が実施できている点は評価できる。また、SWIFT-TSUNAMI システムを活用した研究で国際貢献として重要な成果を挙げている点も高く評価できる。

○各サブテーマの進捗度

サブテーマ①:地震素過程に関する基礎研究

総合的に計画以上の成果を出している。

近年の海域地殻変動観測データの取り込みや、アセノスフェア（粘弾性体）の弾性緩和による影響を考慮した解析に基づいてすべり遅れ分布を推定することで、高度なプレート間固着モデルを構築し、プレート境界での応力蓄積速度の推定値が求められた。さらに、この推定値は、南海トラフ巨大地震の動的破壊シミュレーションを行うための初期条件としてサブテーマ2「巨大地震の実態解明のための総合研究」に活用されていることは、特に顕著な成果として認められる。

プレート間の固着変化による内陸部の応力変化を求め、歪みエネルギーの増加域で地震活動の活発化が起きていることを示し、また、南海トラフ地震発生後の内陸地震活発化の可能性の高い地域を予測するなど、今後の南海トラフ地震の発生前後に想定される内陸地震活動モデルが提示され顕著な成果を上げていると見受けられる。

2016年熊本地震について動的破壊伝播の数値シミュレーションを用いた破壊過程解析を行い、広域応力場と断層の摩擦パラメータを推定することに成功したことにより日本地震学会論文賞を受賞したことは、南海トラフ巨大地震発生前に現実的な地震シナリオを想定する観点から極めて重要な成果として高く評価できる。

断層の破壊過程に関する実験研究では、防災科研が所有する大型振動台を活用し、世界最長となる4m長の岩石試料を使用可能な長大摩擦試験機を新規に作成し、岩石摩擦実験から大地震の初期破壊過程とこれを支配する断層面上の性質について重要な知見が得られたことは画期的成果であると評価できる。今後、得られた成果を大規模シミュレーションに導入する道筋を示すことが期待される。

しかしながら「地殻比抵抗構造変化の研究」については、MT法連続観測データを用いた比抵抗の時空間変化に起因するパラメータの変化をとらえる研究が進んでいるが、構造変化モデルの構築にはまだ遠いと思われるため、今後構築の促進を期待する。

サブテーマ②:巨大地震の実態解明のための統合研究

総合的に計画以上の成果を出している。大規模シミュレーション開発については、サブテーマ①で得られた成果を動力的破壊シミュレーションに活用し様々な巨大地震の

基本シナリオ作成を完成させたことは高く評価できる。さらに、それらのシナリオから津波計算・津波遡上計算を実施するだけでなく、海洋音響波・地震波・津波を組み合わせたシミュレーション手法を開発することで、津波遡上予測手法の開発まで完成させた点は、計画以上の成果である。

また、断層摩擦と歪みエネルギーの基本モデルに修正を加え、地震発生メカニズム解明の発展に資する研究開発も行われたことは高く評価できる。

アジア・太平洋地域の国際地震観測網である SWIFT を運用し、SWIFT-TSUNAMI システムの国際展開を通じて海外の巨大地震に関する研究を順調に進めている。特に、地震メカニズムの自動解析システム (SWIFT-AUTO) の精度向上が図られたことで、M7 以下の地震に適用が可能となり、同地域で発生するより多くの大地震の解析が進められたことは特に顕著な成果であると言える。

なお、世界で発生する巨大地震のカタログ整備対象地域に、中南米地域を追加するなど、研究対象地域が拡大され、巨大地震と津波の発生過程に関する知見獲得のための重要な基礎データが着実に整備されつつあることから、今後これらの成果を「大規模シミュレーション」に統合するために、要素研究の位置づけを検討し、それらの成果をどのように統合するのか等、統合研究としての道筋を明確にすることを期待する。

2. 研究開発の目的・目標等の妥当性

<必要性>

評価項目：

- 科学的・技術的意義
- 社会的・経済的意義

科学的・技術的意義

本プロジェクトでは、今後発生が予測される南海トラフ巨大地震を焦点にして、巨大地震の実態解明を進めている。

地震・地震動に関する理学・工学分野の課題は、南海トラフ巨大地震のようなプレート境界巨大地震による長周期地震動と活断層の震源近傍の強震動の2点が挙げられるが、発生頻度が低く観測記録に基づく知見は限られている。そのため、本プロジェクトのように、理論に基づく基礎研究を元に将来の南海トラフの巨大地震の特性を推測することには大きな意義がある。既に、南海トラフのプレート境界の応力分布モデルを公表しそのモデルから予想される地震動・津波の波形データを供給することに成功しており、将来発生しうる大規模地震の特性と強震動・津波を事前に予測したことは災害軽減に向けた重要な研究課題として科学的・技術的に大変重要である。

大型岩石試料を用いた室内実験は、世界的にも極めて独創性が高く、挑戦的研究であり、その結果は科学コミュニティに影響を及ぼすものとなっている。特に防災科研が所

有する大型振動台を活用する室内実験は、防災科研の独自性をさらに推進するものとして、特に優れた取り組みであると言える。

また、SWIFT-TSUNAMI システム開発については、東南アジアや中南米のような、高度な観測設備が整っていない国にとっては、津波早期予測手法の重要な技術開発として特に重要な意義がある。

社会的・経済的意義

今後サブテーマ①の成果を活用した大規模シミュレーションにより、南海トラフ巨大地震の現実的で高精度なシナリオが完成すれば、それらの模擬データを利用した様々な災害軽減手法の開発が可能となり非常に大きな社会的意義があると期待する。

政策的観点からは、地震調査本部の地震長期評価の高度化に本研究が反映されてきただけでなく、科学技術・学術審議会の地震火山観測研究計画（2019 年）や地震調査研究推進本部の第 3 期総合基本政策（2019 年）で示された方針である、シミュレーションに基づく大地震の発生予測手法の構築に沿うもので、中長期計画策定時から 4 年を経た現時点においても社会的意義は非常に大きいといえる。

また、巨大地震の発生シナリオの提供は、行政機関の地震被害想定・民間企業の BCP 策定においてベースとして活用されており、このことは南海トラフ巨大地震等における被害を最小限に食い止めるための減災対策という国全体の喫緊の課題への、非常に大きな貢献である。

国際貢献という面では、着実な成果を蓄積し、国際的な成果の発信・貢献に取り組んおり、特に SWIFT-TUNANI システム開発については、東南アジアや中南米のような観測設備の少ない国にとっては経済的ですがすぐにでも実装可能なシステムであり、特に優れた取り組みである。

<有効性>

評価項目：

- 見込まれる成果・効果
- その他の波及効果の内容等

見込まれる成果・効果

サブテーマ①では、粘弾性を考慮したすべり遅れ分布からせん断歪みエネルギーやプレート境界の応力蓄積速度を既に推定している。それらの成果を利用して、サブテーマ②では、大規模シミュレーションを実施し現実的なシナリオを作成したことは国際的にも最先端の成果であり、今後もサブテーマ①から提供される成果を取り込むことで大きな成果が見込まれる。

また、津波励起メカニズムの解明に向け、海底水圧記録・海面変位記録を用いた研究に取り組んでいる点は高く評価できる。同時に、本プロジェクトでもたらされている南海トラ

プレート境界の応力分布モデル、南海トラフ地震の基本シナリオ及びそれらの模擬記録については、モデルの検証及びその成果を広く社会に還元・活用するために、積極的に公開することが期待される。

大型岩石試料を用いた画期的な室内摩擦実験を、防災科研が所有する大規模実験装置を利用して行い、破壊過程の基本法則の理解に向けた要素的・基礎的研究が着実に進んでいる。

SWIFT-TSUNAMI システムも、アジア・太平洋地域において世界の巨大地震の特性調査を推進しており、日本の国際的な地位向上に貢献しているとともに、津波地震のスケージング等の成果が創出されている。しかし、その成果を大規模シミュレーションにどのように取り入れるかを示すことが課題である。

本プロジェクトでは、成果を国際的な一流科学雑誌の論文として出版するだけでなく、国際科学雑誌特別号の刊行や、国際会議の開催など、国際的枠組みのなかで研究開発の質の向上を実現しながら研究計画を進展させていることが認められる。またこれらの活動を通じて、国際社会で先導性を示している。

成果を挙げる中で、若手研究者の参加が認められ、日本地震学会若手学術奨励賞を受賞するなど優秀な人材の育成に対する貢献が認められる。今後、これらの若手研究者が、更なる成果を挙げるための環境を整える必要がある。

地震メカニズムの解明を目的とする基礎研究ではあるが、成果の他機関での活用や基盤観測網のデータへの適用など、研究開発にとどまらない発展の可能性を含んでおり、今後の展開を意識している点は大いに評価できる。今後も陸海統合地震津波火山観測網からの膨大なデータを解析できるという防災科研の強みを活かし、将来の地震・津波予測技術の発展に繋がる基礎研究の成果を創出することを期待する。

その他の波及効果の内容等

プレート間の精緻な応力分布モデルは、大規模シミュレーションによる南海トラフ巨大地震のシナリオ作成だけでなく、それ以外の大地震発生の長期評価や地震活動評価など周辺分野の研究者や国の地震調査研究の重要な基礎的データとして活用されるなど、地震防災とこれに向けた研究展開への波及効果が非常に大きいと評価される。具体的には、地震調査研究推進本部の総合基本政策や地震火山観測計画における地震発生の予測手法の高度化、長期評価の高度化等への貢献、国や自治体の巨大地震津波被害想定の高高度化が上げられる。

また、工学的観点では、超高層オフィス・マンションや免震構造物にとって重要な地震荷重となる、プレート境界巨大地震による長周期地震動を計算する上で、その前提条件となる巨大地震のシナリオが必須である。プレート境界巨大地震について断層破壊シミュレーションによってシナリオを提示することで、弾性波動論に基づいて長周期地震動の計算が可能となるだけでなく、活断層の内陸地殻内地震についても、同様の手法から破壊シナリオの提示により震源近傍の地震動の計算が可能となり、高い有効性が認められる。

同時に、海洋音響波・地震波・津波の練成シミュレーションの成果は、即時津波予測ア

ルゴリズムの性能評価に利用できるなど他の研究課題と連携発展できる要素を持ち、有意義な研究として評価できる。

3. 研究開発の進め方及び研究資金・人材等の研究開発資源の妥当性

<効率性>

評価項目：

○ 計画・実施体制の妥当性・効率性

(他機関との連携・役割分担の明確化の取り組み、研究開発資源の再配分等)

本プロジェクトは比較的小規模の研究グループで構成されているが、多くの重要な成果を挙げていることは高く評価できる。今後、基礎研究の重要性を考慮し、研究チームの拡大を行うなどより強固な体制の強化を目指すために、大学や関連研究機関と連携を図ることを期待する。既にユトレヒト大学（オランダ）と共同してガウジ摩擦実験を行い、速度-状態依存摩擦構成則に関する新たな知見を得たことは評価できる。さらに、国際研究集会（ACES）を主導的に進め、国際的にも他機関や大学との連携を図っている点は優れた取り組みであると言える。

サブテーマ①「地震素過程に関する基礎研究」の成果がサブテーマ②「巨大地震の実態解明のための統合研究」に反映されるよう上手く計画設計がなされたことは評価できる。しかしながら両テーマの担当研究者がほぼ同じでテーマ同士の連携がうまく行っている反面、一体的な取り組みとなっていることから、テーマを分割している利点が分かりにくくなってしまうことが課題である。

粘弾性モデルの弾性緩和効果を取り入れた南海トラフの応力分布モデルの構築は重要かつ大きく評価できる成果である。本プロジェクトでは、1次元粘弾性モデルを用いているが、3次元粘弾性モデルの重要性も検討に値する。

また、地殻比抵抗構造変化の研究に関しても、どのような繋がりを想定しているのかが明確ではない点も課題である。

SWIFT-TSUNAMI システムの研究については、統合的な研究との関連が明瞭でないが、国際貢献上重要な課題であり一定の成果も見られることから、津波地震のスケーリン則等を大規模シミュレーションに活用することを期待する。

個々の取り組みは極めて独自性が高い成果をもたらしている一方で、プロジェクト全体としてそれらの成果を南海トラフ地震のシナリオモデルへ統合していく道筋については明確化が必要であると言える。

4. その他

実施上の課題として、年々予算が減額されてしまうことにより、毎年、新たな予算獲得のためのプロポーザル作成に多くの時間が割かれることが挙げられている。当該チームが取り組んでいる基礎研究は巨大地震のシナリオ設定など、工学的にも幅広い活用が期待されるものであり、ひいては地震防災に繋がるテーマと思われる。研究者の負担にならないような予算確保の仕組みが必要である。

本研究成果を自治体や防災機関等が効果的に活用できるように積極的かつ柔軟な対応方を検討してもらいたい。

5. 総合評価

A

巨大地震発生場の理解や断層破壊の基本的法則理解のための解析・実験・大規模シミュレーションだけでなく、SWIFT を活用した巨大地震の事例調査など、個々の要素研究が着実に進められていると認められる。

地震火山観測計画や総合基本政策などの国の施策方針に沿った研究であると同時に、建築・土木分野で地震防災への成果展開、自治体の被害想定等に反映されることで減災に活用されるなど、社会ニーズへの適合性は極めて高く将来的な成果の創出の期待が認められる。

本プロジェクトの進捗は概ね極めて良好と判断され、比較的小規模のグループでありながら、重要な研究成果を挙げるとともに国際的な貢献も認められる。

今後は、巨大地震の発生予測と地震津波ハザード予測に向け個々の研究成果を統合し、成果の見える化を図って欲しい。同時にユーザーにとって使用しやすいシステムが実現し、事前対策や発災時の対応に資するものとして活用できるよう、実用を最重視した研究開発を期待したい。

今後、特に取り組むべき項目は以下の通り。

- 南海トラフプレート境界の応力分布モデル、南海トラフ地震の基本シナリオ及びそれらの模擬記録について、モデルの検証及びその成果を広く社会に還元・活用するため、積極的に公開すること。
- 粘弾性モデルの弾性緩和効果を取り入れた応力分布モデルにおいては、3次元粘弾性モデルの重要性も検討すること。
- 地殻比抵抗構造変化の研究については、プロジェクト全体の中での位置づけ、繋がりを明確にした上で、構造変化モデルの構築を目指すこと。
- SWIFT を活用した研究等を大規模シミュレーションに効果的に統合するために、要素

研究の位置づけを検討し、研究成果をどのように統合するのか等、統合研究としての道筋を明確にすること。

○優秀な人材育成に対する貢献を維持し、若手研究者が更なる成果を挙げるための環境を整えること。

○安定的な人材確保・体制の強化を図るだけでなく、大学や関連研究機関との人事交流等を活用しながら、連携して研究を進めること。

○本研究成果が自治体の被害想定等に早期に活用されるように努めること。

＜参考：SABCD＞	
S	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、適正、効果的かつ効率的な業務運営の下で「研究開発成果の最大化」に向けて <u>特に顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出</u> の期待等が認められる。
A	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、適正、効果的かつ効率的な業務運営の下で「研究開発成果の最大化」に向けて <u>顕著な成果の創出や将来的な成果の創出</u> の期待等が認められる。
B	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」に向けて成果の創出や将来的な成果の創出の期待等が認められ、 <u>着実な業務運営</u> がなされている。
C	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」又は「適正、効果的かつ効率的な業務運営」に向けて <u>より一層の工夫、改善等</u> が期待される。
D	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」又は「適正、効果的かつ効率的な業務運営」に向けて <u>抜本的な見直しを含め特段の工夫、改善等</u> が求められる。

研究開発課題外部評価(中間評価)

報告書

プロジェクト名: 多角的火山活動評価に関する研究

サブテーマ①: 多項目観測データによる火山現象・災害過程の把握のための研究

サブテーマ②: 火山リモートセンシング技術の開発研究

サブテーマ③: 噴火・災害ポテンシャル評価のためのモデリング研究

サブテーマ④: 火山災害軽減のためのリスクコミュニケーションに関する研究

評価委員会開催日: 2019 年 11 月 12 日(火)

評価委員一覧(◎: 委員長)

伊藤 順一	産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門 研究部門長
大湊 隆雄	東京大学地震研究所 火山噴火予知研究センター センター長 教授
関谷 直也	東京大学大学院情報学環 総合防災情報研究センター 准教授
高橋 正樹	日本大学文理学部 地球科学科教授
◎橋本 武志	北海道大学大学院理学研究院 附属地震火山研究観測センター 教授
南沢 修	長野県木曽建設事務所 次長

1. 研究開発節目における目的の達成度の把握

○全体の進捗度

全体として、当初の目標はほぼ達成されており、順調に進捗していると判断する。

火山現象の観測、噴火発生メカニズムのモデル化、観測データの利活用促進などの研究成果が、多角的な方向から今後実用化されることにより、火山災害の軽減に繋がっていくことが大いに期待される。

「状態遷移図」など新たな取組や、先行的に実施している項目もあり、一部には計画を上回る進捗が認められる。計画期間前半の実施実績から考えて、最終年度までには十分な科学的成果が見込まれるとともに、将来的に顕著な成果の創出や波及効果が期待される。

○各サブテーマの進捗度

サブテーマ①：多項目観測データによる火山現象・災害過程の把握のための研究

本サブテーマでは、全体として計画を上回る進捗があり、最終年度までに顕著な成果が見込まれる。

本サブテーマの中核的インフラである基盤的火山観測網(V-net)は着実に運用・活用されている。また、次世代火山研究推進事業に基づき構築されつつある、火山観測データ一元化共有システム(JVDN システム)の充実と機能拡張に向けて、本サブテーマが大きく貢献している。このように、多項目観測データを広汎に活用する研究基盤の整備が進みつつある現状において、本サブテーマはこれらのデータ基盤の構築維持にあたって中心的役割を担う防災科研の強みを生かした研究である。

火山性微動等のモニタリング技術の高精度化については、阿蘇山を対象に 19 の臨時観測点を整備、「孤立型微動自動震源決定システム」や空振波形に基づく「噴煙規模即時把握技術」を開発したことは着実な成果として評価できる。

本サブテーマで提案された状態遷移図は、観測データに現れる異常と、噴火等のハザードを伴う表面現象を、いずれも「状態」(ないしは、それが変化しつつあるという「状態」)という視点で整理したもので、関係者間の認識を共有するために有効な新たなコミュニケーションツールとなり得るものである。現状は、その作成イメージが提示された段階であり、今後さらに改良されていくものと期待する。噴火活動中に研究者と防災担当者がリアルタイムでこれを共有できるようになれば、防災対策を考える上での、「意識共有のベースマップ」になると期待できる。ただし、現段階では、従来の噴火シナリオや噴火事象系統樹等との違いがそれほど明確ではない。概念モデルを単にチャート化したものにとどまることなく、中長期計画の後半で、「予測研究」、「比較研究」、「データの利活用」にも役立てられるよう、その方法や道筋を具体化して取り組んで欲しい。

本サブテーマでは、阿蘇山・伊豆大島・硫黄島を対象とした噴火メカニズムの解明を掲げ、顕著な成果を上げている。また、新燃岳については、実践的かつ即応的な研究が時宜を得て進められた。V-net の地震データと地殻変動データを活用した解析の好事例であり、活動評価に資する情報提供が迅速に行われたことはもちろん、噴火メカニズムの解明が進められたことも高く評価できる。一方、個々の火山に対する知見の深化もさることながら、事例研究を通じて多くの火山に共通する汎用性の高い知見を得ることが重要である。事例研究の成果を火山ごとに列挙するだけでなく、科学的なターゲットを軸とした成果の提示方法も検討して欲しい。

サブテーマ②：火山リモートセンシング技術の開発研究

順調に進行しており、着実な進捗が認められる。

「レーダー技術を用いた火山観測技術に関する研究」では、地上設置型レーダー干渉計を浅間山に設置、実験観測を開始、データの蓄積を進めるとともに、大気遅延誤差に対応するための数値気象モデルと時系列解析を併用した手法を検討している。目的・目標の設定は明確であり戦略性が認められ、今後の進展に期待が持てると評価する。

また、衛星搭載型合成開口レーダーについては、新燃岳の火口内を詳細に繰り返して観測し、噴出したマグマの状態に関する新たな知見を得るとともに、熊本地震に伴う地殻変動の阿蘇山におけるマグマ溜りへの影響評価も進めている。どちらも先進的な取組であり、将来性が感じられる。

「光学的リモートセンシング技術に関する研究」では、ART-SE カメラ型センサー (STIC) のデータ処理手法を開発し、STIC で観測した可視画像・赤外画像のみから、オルソ画像や地形図作成が可能となったことから、地形変化解析への適用可能性が広がった点が評価できる。

ポータブルな画像分光装置 (G-STIC) の開発では、機器の小型化とマルチバンド化を進めるとともに、運用上不可欠な様々な要素技術開発も進んでおり、火山ガス観測への展開も期待できる。屋外利用やヘリコプター搭載が可能なポータブルな装置の開発が将来的に見込まれる。ただし、実際の火山活動の評価における有効性、または目標とする仕様を意識しつつ、今後の展開を示して欲しい。

サブテーマ③：噴火・災害ポテンシャル評価のためのモデリング研究

実施項目が多岐にわたっているが、順調に進捗している。

本サブテーマでは、噴火事象の分岐判断や被害発生に関連する物理量及びその閾値の解明にフォーカスしている点は、的確な課題設定であると評価できる。

「火山現象の数値シミュレーション」では、熊本地震が阿蘇山のマグマ溜りに与えた影響を考察するための地震・噴火連動性評価を行った。また、霧島新燃岳噴火については、溶岩ドーム形成シミュレーションを実施した。これらは、進行中の現象に対して行われた災害ポテンシャル評価としてタイムリーな研究成果といえる。また、「マグマシステム内進化過程シミュレーション」では、マグマの結晶成長率等を調べる室内実験と火道流数値計算を通じて、火道内のマグマの挙動と噴火様式の急変・分岐の鍵を握るパラメータを、噴出物の解析から把握しようとする先進的取組も進められている。

「火山現象の物質科学モデル構築」では、阿蘇山、新燃岳、草津白根山を対象に、火砕物の現地調査と試料観察を通じて、噴火時の火道内過程を推定している。また、流動モデル開発では実験的アプローチとして、マグマから泥流までを含むレオロジーに関する実験を実施している。汎用性の高い研究テーマであり、基礎研究としての今後の発展が期待される。

「火山噴出物モニタリング技術の開発」については、噴火活動推移のモデル化に向けて、火山灰自動採取・可搬型分析装置 (VOLCAT) のプロトタイプを作成、試験観測を実施している。加えて、深層学習を取り入れた火山灰解析技術の開発を進めている。両者の組み合わせにより良好な結果が出つつあると評価する。

本サブテーマが目的とする噴火・災害ポテンシャル評価のためには、火山現象を支配する物理現象の理解が不可欠であり、現象の分岐判断と閾値の設定が最も重要である。本サブテーマでは、マグマの挙動の物理学的理解に繋がる重要かつ顕著な成果が得られつつあると判断する。また、着実な基礎研究を通じて、査読付き国際誌などでの成果公表も進ん

でいる点も評価できる。一方、これらの基礎研究的要素の強い研究成果は、大学等で行われる研究との差異が曖昧になりがちである。防災科研の研究成果は、「噴火・災害ポテンシャル評価」に実際に繋がることを明確に示すことが期待されている。このことを念頭に置き、それぞれの研究について、最終的な目標到達へ向かう段階と道筋を常に意識して欲しい。なお、研究成果の活用が期待される事象系統樹については、サブテーマ①の状態遷移図との連携の必要性が感じられ、社会科学的な考え方を踏まえた課題の整理も期待したい。

サブテーマ④：火山災害軽減のためのリスクコミュニケーションに関する研究

本サブテーマは、科学技術系の研究組織ではやや取り組みにくい研究テーマと思われるが、ここまでは順調に進捗している。防災に資することを目的として開発した科学技術は、防災対応現場に実装することでこそ意味をもつものである。その観点から、本サブテーマは防災科研の研究の実践的価値が問われる重要な課題でもある。

本サブテーマでは、火山専門家と火山防災に係わる様々な関係者とのリスクコミュニケーションのあり方を検討している。ここまでに実施したアンケート・ヒアリング調査などを通じて、研究期間の後半で実施すべき項目の洗い出しと有効性の評価が適切に行われている。また、自治体防災担当者を対象とする研修プログラムを作成・実施しただけでなく、実フィールドとして那須岳における噴火を想定した対応訓練を企画し、来年度実施する予定となっていることは評価できる。多くの自治体では、人事異動の都合上、防災を担当する専門的な職員が育ちにくいことに加え、火山災害は比較的低頻度であるため、多くの場合、職員は初めて経験する火山現象への災害対応を行わなくてはならない。このような状況にあって、火山を抱える自治体職員への専門的研修や訓練の支援に取り組むことは、火山防災上、特に顕著な成果の創出が将来期待できる。ただし、現段階でのまとめが直ちに顕著な成果であるとまでは判断できない。中期計画後半の取組が本質的である。

本サブテーマは社会科学研究の側面が強いことから、その分野の専門家の協力により、さらに有効な成果が期待される。同時に、実際に火山災害を経験した自治体職員の知見や、火山災害以外の地震津波災害・気象災害等の様々な災害科学分野で得られている知見を取り込むことも重要である。他分野の専門家の協力と防災科研が蓄積した様々な自然災害に関する知見を取り込むことで、防災科研の強みを活かした体制に強化できると考えられる。

2. 研究開発の目的・目標等の妥当性

＜必要性＞

評価項目：

- 科学的・技術的意義
- 社会的・経済的意義

科学的・技術的意義

本プロジェクトでは、防災科研が有する全国規模の観測網をはじめとした研究基盤を活用しつつ、新たな観測解析手法の開発や観測データの利活用の拡大、基礎研究の推進から社会実装に至る幅広い取り組みがなされている。火山の状況を把握し理解する上で不可欠な新知見や、観測・データ解析技術が得られつつあり、科学的・技術的に有意義なものである。また、国際的レベルの研究発表がなされている点も評価できる。

具体的には、サブテーマ①は、観測データ共有システム（JVDN）に収集された各種観測データを使いやすい形に解析・加工・可視化することで、わが国の火山研究をさらに活性化させるといふ、重要な使命も帯びており、その必要性は高い。こうしたデータベース整備は、研究開発法人としての目的適合性が高い課題として評価できる。また、硫黄島の研究を通じて水蒸気噴火のメカニズムの理解が進んでいることは科学的意義が高い。サブテーマ②では、リモートセンシング技術による火山の状態把握は、先端的で質の高い研究であり、技術開発は確実に進捗している。一方、開発した技術を噴火の先行現象や災害過程の把握・予測にどのように活用していくのかを、明確に示すことが望まれる。サブテーマ③では、実験を通じたレオロジーを中心に物質科学モデルを数値シミュレーションに組み込み、火山現象のモデル化によって成果を上げている。この成果は、事象系統樹の分岐条件に理論的裏付けを与えるものであり、大きな科学的意義がある。

社会的・経済的意義

2014年の御嶽山噴火、2018年の草津本白根噴火では、犠牲者が相次いだ。加えて、首都圏に近い箱根山での2015年の噴火などを背景に、火山防災・減災対策に繋がる技術開発は喫緊の課題となっており、社会的期待も高まっている。本プロジェクトでは、「観測」・「予測」・「対策」のそれぞれに対して有効性の高い技術開発に目的を絞り込んだ上で集中的に投資するという戦略を取っており、限られた資源の中での効果的展開は高く評価できる。また、火山防災・減災対策に繋がるリスクコミュニケーションのあり方に関する研究も実施しており、社会実装へ向けた実践的取組として社会的意義が大きい。

特に、サブテーマ①で作成が進められている「状態遷移図」は社会的意義が大きい。火山専門家ではない防災担当者が、観測データなどから火山の状態を的確に判断することは難しい現状にあって、「状態遷移図」は火山防災を実効性のあるものにするために関係者の認識共有を促進するものであり、防災上の意義は大きい。同時に、サブテーマ④では、火山災害軽減のためのリスクコミュニケーションに関する研究を行っており、火山を抱える自治体の高いニーズに応える研究の道筋の一端を切り開くものと考えられる。今後、様々なステークホルダーに情報を届ける仕組みの構築が進めば、火山防災・減災に更なる貢献が期待され、社会的意義・ひいては経済的意義があると判断する。

<有効性>

評価項目：

- 見込まれる成果・効果
- その他の波及効果の内容等

見込まれる成果・効果

本プロジェクトでは、すでに有効性の高い成果が上がりつつある。

火山観測データの自動処理システムや、火山性微動自動震源決定システムや空振を用いた噴煙規模推定手法、微弱な歪変化に伴う速度構造変化の検出技術を開発している。これらは、監視業務等の現場にもほぼ適用可能な技術として評価できる。リアルタイムデータへこれらの手法を適用することで、火山活動をより迅速に把握・評価できるようになる。また、硫黄島での観測研究で得られた水蒸気噴火のメカニズムやその予測手法は、今後、他の火山との比較研究を通じて、類似の火山における火山活動の評価・予測の高度化に貢献できる。

火山リモートセンシング技術の開発研究では、地上設置型レーダー干渉計やポータブルな画像分光装置など、新たな観測機器・解析システムの構築が着実に進んでいる。既存の観測手法の不得意な部分をカバーした、迅速でありながら安全な観測を実現する技術として高く評価するとともに、防災科研としての独自性を示しつつ、大きな成果が期待される。一方で、本プロジェクトで開発に取り組んでいる装置と文部科学省による委託事業「次世代火山研究推進事業」で開発中の次世代装置の関係については不明瞭さが残るので、今後は両者の相補性や連携性についても分かりやすく示して欲しい。

噴火・災害ポテンシャル評価のためのモデリング研究では、噴火事象系統樹の各分岐点における分岐条件を支配する要因を理解するため、素過程の物理を数値シミュレーションや試料分析・実験を通じて明らかにすることを目的として研究が進められている。今日の火山活動の推移予測は事象系統樹を念頭に置いて検討されることが多く、本研究の成果は、事象系統樹による推移予測技術の高度化に直接的に寄与するものとして高く評価する。また、本プロジェクトで実施している「状態遷移図の作成」にも役立つと考えられる。

火山災害軽減のためのリスクコミュニケーションに関する研究では、火山防災に携わる様々な立場の人々の間に生じたギャップを埋めるために必要な知見の蓄積、自治体の防災担当者が活用できる情報一元化システムの開発、避難計画の策定や避難訓練・研修支援を実施しており、十分な成果が今後期待できる。

その他の波及効果の内容等

多項目観測データによる火山現象・災害過程の把握のための研究については、これまでに得られた阿蘇山・伊豆大島・硫黄島の3火山での研究成果を、他の火山にも適用できるよう一般化を図ったり、JVDN システム上の処理ツール開発に繋げることを意識しながら今後も研究を進めることで、わが国の火山研究だけでなく周辺分野を含めた大きな波及効果をもたらすと期待される。また、「状態遷移図」は、火山の専門家でなくとも火山活動

の現状と想定されるバリエーションを直観的に把握できることを目指して作成が進められており、防災関係者が共通認識を得るための効果的なツールとして大いに期待できる。多くの火山について作成が進むことで、迅速かつ効果的な防災対応の実現に繋がる。

本プロジェクトで実施する技術開発や研究が今後順調に推移し、様々なステークホルダーに情報を届ける仕組みの構築が進むことで、客観的な火山活動の推移予測に基づく実効性の高い避難計画の立案、ハザードマップの作成、噴火警戒レベルの見直し等が見込まれ、火山災害軽減に繋がっていくことが期待できる。このような取り組みによって、火山防災協議会等で今以上に具体的な火山災害対応を検討することができるようになる。同時に、噴火に繋がるような火山活動の早期把握によって、住民や登山者等の避難行動を促し、被災者が減少することを大いに期待する。

3. 研究開発の進め方及び研究資金・人材等の研究開発資源の妥当性

<効率性>

評価項目：

○ 計画・実施体制の妥当性・効率性

(他機関との連携・役割分担の明確化の取り組み、研究開発資源の再配分等)

少ない研究者数で実施しているプロジェクトでありながら、重要かつ顕著な成果が上がりつつあり、高い効率性として評価できる。ただし、実施項目は多岐にわたっており、中期計画後半では、ここまでに洗い出された問題点を解決しながら成果としてまとめていくフェーズに入ることを見ると、現状の人的資源のみでは、研究目標の達成にやや不安もある。研究従事者の増員、または研究従事者をサポートする体制の拡充が望まれる。

本プロジェクトでは、基盤的火山観測網（V-net）の運用を着実に進めるとともに、次世代火山研究推進事業で構築された観測データ共有システム（JVDN）の充実・機能拡張にも貢献している。これらは、全国規模での地震・火山研究者・研究機関との利活用推進に向けた取組として評価する。また、九州大学を始めとする複数の国立大学との共同研究など、他機関との連携研究を積極的に推進している実績を評価する。加えて、各サブテーマは外部資金プロジェクト（文部省の次世代火山研究・人材育成総合プロジェクト 次世代火山研究推進事業）とも密接に連携しつつ実施されており、効率的かつ妥当な実施体制と評価する。それぞれのプロジェクトにおける設定目標や実施内容の相補性も常に意識しつつ、中期計画後半に臨んでいただきたい。

状態遷移図の作成については、火山防災上のベースとなる火山活動の推移予測に関わるツールとして期待が高いため、引き続きしっかりと取り組んで欲しい。

噴火・災害ポテンシャル評価のためのモデリング研究は、実施内容が多岐にわたるものの、効率的に進められている。一方で、その一部として計画後半で予定されている水蒸気噴火の噴出物解析やシミュレーションについては、これまで研究対象としてきたマグマ噴

火とは異なるアプローチが必要となることも想像される。そうである場合、研究資金の措置や他機関との共同研究等による研究環境の整備が必要と考える。

火山災害軽減のためのリスクコミュニケーションに関する研究については、防災科研の独自性・優位性を最も活かしやすいテーマである。防災科研には火山災害分野以外にも、地震・津波、気象、土砂など様々な災害に関する研究者が所属し、多様な自然災害に関する研究とその成果の社会還元に関して大きな蓄積がある。この点は、他の研究機関に比べ独自性・優位性が最も高い点の一つである。本サブテーマを進めるにあたって、防災研究に関する総合研究所としての人的資源や経験を活かす体制を強化することが重要である。例えば、火山噴火にともなう現象として冬期に懸念される融雪型火山泥流について、水・土砂防災研究部門との連携研究なども、今後検討して欲しい。一方で、マンパワーを考えると、実施項目の優先順位付けや絞込みも場合によっては必要である。高いニーズはあるものの、研究の枠組みで実施しているものであり、現時点で大規模な社会実装を目指すよりも、モデルケースの拡張・充実といった目標設定で十分意義は感じられる。

111の活火山を有するわが国において、火山防災対策は観光面からも求められており、防災科研が火山に関する研究を行うことは非常に重要なことである。特に、自治体関係者からのニーズとしては、小規模であっても災害をもたらす可能性がある水蒸気噴火のメカニズム解明や、噴火に繋がる早い段階での情報把握、救助・救急時に必要な火山の現状把握、火口付近のテフラ・火山ガスの状況を火口に近づかずに把握すること、ラハールの発生可能性の把握等が挙げられる。

4. その他

評価調書において、誤字や補足資料との不整合が散見された。資料作成等において、研究従事者に過度に業務が集中しないよう、事務部門が資料の全体に目を通して適宜修正するなどのサポートを期待したい。

5. 総合評価

A

本プロジェクトでは、各サブテーマの進捗度はいずれも高く、目標を超えた達成度を示すテーマもあった。計画は順調に進んでおり、全体として目標達成度は高いと判断する。

活動火山対策特別措置法の改正により、火山防災協議会の設置が火山災害警戒地域の自治体に義務付けられるなどの社会的情勢の変化に鑑みて、研究開発の目的・目標は妥当であり、火山の防災・減災に資するという社会的期待によく応えている。

また、近年の噴火事例をテストケースとして捉えた火山の観測手法の高度化や、数値シ

ミュレーションや室内実験による火山現象の理解といった項目では、着実に科学的・技術的成果が上がりつつある。加えて、観測データの利活用を促進する仕組みの整備を通じて、火山研究者・防災関係者コミュニティの活性化を目指す取組も行っており、基盤的観測・データ基盤の中核機関として本プロジェクトを通じた防災科研の貢献は大きい。これらの成果から、17編の国際査読論文等を公表し、日本火山学会論文賞や日本火山学会賞なども受賞していることは、顕著な学術的成果として評価する。本プロジェクトではまた、火山防災に係わる研究者や自治体の防災担当者、あるいは火山周辺の住民、企業、登山客などとのリスクコミュニケーションのあり方を検討するサブテーマにも取り組んでいる。こうした試験的取組による知見や技術が、将来、実社会で広く活用されることも十分想定される。その意味で社会的意義や経済的意義も小さくない。

これらの成果は、火山現象の理解や迅速かつ安全な火山活動把握への道を開くと同時に、火山防災に係わる様々なステークホルダーの共通理解に基づく有機的な防災対策の実現に繋がるものである。

実施体制に関しては、文部科学省 次世代火山研究推進事業や戦略的イノベーションプログラム（SIP）、国内の複数の大学との共同研究の実施など、研究連携も積極的に実施し、効率性が高い体制となっている。今後は、各サブテーマ間の繋がりも意識しつつ、研究成果の有機的活用を図ることや、防災科研の独自性・有効性を発揮できるよう所内の他分野との連携も期待したい。

今後、特に取り組むべき項目は以下の通り。

- 「状態遷移図の作成」については、重要な成果目標として今後の改良や適用火山の拡充を検討。概念モデルの提示にとどまらず、従来の噴火シナリオ、噴火事象系統樹等との違いの明確化や、「推移予測」「比較研究」「データ利活用」にどのように活用するのか、その道筋の提示にも取り組むこと。
- 「噴火メカニズムの解明」においては、各火山をターゲットにした成果の提示だけでなく、科学的目標に軸足に置いた提示方法も検討すること。
- 「火山リモートセンシング技術の開発研究」については、開発した技術の噴火の先行現象や災害過程の把握・予測への活用方法を明確にすること。
- 「光学的リモートセンシング技術に関する研究」については、文部科学省委託事業「次世代火山研究推進事業」で開発する装置との関係をわかりやすく示すこと。加えて、実際の火山活動の評価における有効性、または目標とする仕様を意識して、今後の展開を示すこと。
- 「噴火・災害ポテンシャル評価のためのモデリング研究」については、それぞれの研究が最終的目標に向かう段階と道筋を意識して取り組むこと。
- 「事象系統樹による推移予測技術の開発」については、状態遷移図と連携しつつ、社会科学的な考え方を踏まえた課題の整理を検討すること。
- 「火山災害軽減のためのリスクコミュニケーションに関する研究」については、マン

パワーに応じて実施項目の優先順位付け・絞込みを行い、モデルケースや枠組みの構築といった目標設定を検討すること。

- 「火山災害軽減のためのリスクコミュニケーションに関する研究」では、社会科学的研究の側面を意識し、防災科研内外の他分野の専門家の知見を取り込むことで、防災科研の強みを活かした取り組みを検討すること。

＜参考：SABCD＞	
S	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、適正、効果的かつ効率的な業務運営の下で「研究開発成果の最大化」に向けて <u>特に顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出</u> の期待等が認められる。
A	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、適正、効果的かつ効率的な業務運営の下で「研究開発成果の最大化」に向けて <u>顕著な成果の創出や将来的な成果の創出</u> の期待等が認められる。
B	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」に向けて成果の創出や将来的な成果の創出の期待等が認められ、 <u>着実な業務運営</u> がなされている。
C	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」又は「適正、効果的かつ効率的な業務運営」に向けて <u>より一層の工夫、改善等</u> が期待される。
D	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」又は「適正、効果的かつ効率的な業務運営」に向けて <u>抜本的な見直しを含め特段の工夫、改善等</u> が求められる。

研究開発課題外部評価(中間評価)

報告書

プロジェクト名: 社会基盤の強靱性の向上を目指した研究開発

サブテーマ(a): 地震減災研究施設の運用・共用

サブテーマ(b): 地震減災技術の高度化と社会基盤の強靱化に関する研究

サブテーマ(c): シミュレーション技術を活用した耐震性評価に関する研究

評価委員会開催日: 2019 年 10 月 31 日(木)

評価委員一覧(◎: 委員長)

池田 芳樹	京都大学防災研究所 地震防災研究部門／耐震機構研究分野 教授
石川 哲也	理化学研究所 放射光科学研究センター センター長
入江 さやか	NHK放送文化研究所 メディア研究部 上級研究員
越海 興一	一般社団法人 日本木造住宅産業協会 専務理事
◎中埜 良昭	東京大学生産技術研究所 教授
村田 昌彦	関西国際大学 学長補佐 セーフティーマネジメント教育研究センター センター長

1. 研究開発節目における目的の達成度の把握

○全体の進捗度

本プロジェクトは、全体的に中期目標・計画に沿って順調に進捗している。

E-ディフェンス、大型耐震実験施設の運用・共用は計画通り進められており、今後の計画を遂行するために必要なそれぞれの施設における現場管理、安全な運用、老朽化対策の適切な実施及び人員・体制と予算確保に向けた取組みも開始されている。

研究開発においては、建築・土木・機械分野の最近の重要課題に取り組み、国際的な施設利用を模索している点も認められる。

また研究開発成果については、査読付きを含む論文等の所外発表に加え、講演・イベント・シンポジウム等の機会を設け公表・公開に努めており、地震工学分野での継続的な情報提供の役割を果たしている。

○各サブテーマの進捗度

サブテーマ(a)：地震減災研究施設の運用・共用

計画通り、E-ディフェンスおよび大型耐震実験施設を安全かつ着実に稼働させている。

これは各装置・設備の適切かつ着実な保守・点検・整備など極めて地道な運営がなされて初めて実現するものであり、このことによって長期間の無事故・無災害を達成していることは評価できる。大型振動台を用いた実験では、想定外の作業に備えて余裕をもったスケジュール作成が必要である点を考慮すると、当施設は効率的に運営されていると判断できる。共用開始から15年を経て、施設・設備の更新、老朽化対策の着実な実施を通じて、世界に例を見ない実験施設の維持を推進してほしい。

また、実験データの公開、映像・画像提供が数多く行われ、3年間で7回の公開実験を行い、1,700人以上が見学していることから、高い関心が寄せられていると判断する。

今後も、地震工学分野を世界的にリードする実験的研究を可能とするためにも、運用・共用の基盤を継続的かつ確実に維持するとともに、国際共同研究による補完的連携も期待する。

施設の利用機関は民間企業が最も多く、公的な社会実装が期待できる自治体、研究機関の利用は1割程度と少ないことから、今後の巨大災害において甚大な被害が想定される自治体との共同実験等の増加を期待する。

サブテーマ(b)：地震減災技術の高度化と社会基盤の強靱化に関する研究

計画に沿って順調に進捗している。

「次世代高耐震構法に関する研究」では、大規模地震時の共同住宅を対象として、継続使用の可否判断に係る評価技術の向上を目指している点は、社会的関心が高い研究として評価できる。しかし、検証の対象とした基礎すべり構法、柱梁接合部の破壊抑制法そのものは、必ずしも学術的に新しい提案とは言えず、既存の研究との比較の中で本研究成果の重要性と一般性を明確に伝えることが望まれる。E-ディフェンスのような大型実験は限られた試験体による技術検証であるため、提案の普遍性や一般性を数値解析なども活用して十分に主張されることが望まれる。研究目的である「継続使用の可否判断技術」と研究成果である「継続使用できる技術の実証」の関係を明確にした上で、両者を整合させることが必要である。

「次世代振動低減技術に関する研究」では、建物や街区といった重量物を三次元で振動低減するという挑戦的研究に取り組んでいる意欲は評価できるが、技術面での課題は多い。研究期間内に実社会に成果を供給できるか懸念が残り、研究終了時の成果の提示の仕方を議論することを望む。

「遮水シートを用いたため池堤体の耐震性に関する研究」では、新しい素材を活用したため池補修方法について実証を行っている。ため池を多く抱える自治体における防災対策上の重要課題でもある、ため池の耐震性向上に貢献する成果であり、兵庫県のため池では

既に実装が進んでいることは評価できる。頻発・激甚化する降雨災害への対策として、同工法のニーズは高いと考えられ、全国的にも積極的に展開すべきであり、地震と降雨による複合災害予防の見地からもこのような先駆的研究テーマの発掘にも取り組みを期待する。

「石造組積造のノンエンジニアド住宅の耐震性向上技術の開発研究」では、ネパール等で実績の多い耐震化工法である蛇かご金網によるジャケッティング工法を、大型耐震実験施設を活用して検証し、その耐震性に科学的評価を与えた点は、今後の国際防災協力に多大な貢献が期待でき高く評価できる。また、防災科研として初めてクラウドファンディングに挑戦した試みであり、サイエンスコミュニケーションやアウトリーチの側面からも有効であったと評価する。

本サブテーマでは、話題性と学術的意義のある重要な実験を数多く実施しているが、やや直近に解決すべき課題に重点が置かれている傾向にある。しかし、研究分野の成熟に伴って、実験の話題性と学術的意義を維持していく研究を設定すること自体が徐々に困難になってくるため、より長期的展望で解決すべきテーマの選定についても一層積極的に取り組むことを期待する。

サブテーマ(c)：シミュレーション技術を活用した耐震性評価に関する研究

一部先行着手課題も含め、計画に即した研究が着実に進められている。

今日、計算機的能力が飛躍的に向上し、解析手法も高度化しており、振動台実験と数値計算は研究を推進させる車の両輪と言える。大型振動台実験では、限られた試験体に限られた入力しか与えられないため、実現象の予測という観点から数値解析は重要である。今日では数多くの汎用性の高い数値解析ソフトも入手可能であるが、特定の汎用解析コードでは扱えない研究分野ごとの固有の問題があり、そこに、防災科研が数値振動台を高度化していくことの一定の意義があると思われる。一方でこの両輪の最終形として、補完、統合など、いかなる形態、イメージを指向するかについては慎重に議論を始められたい。

本サブテーマでは、構造材料の繰り返し載荷時の損傷モデル、重要機器や家具の挙動シミュレーションの高度化、室内連成解析シミュレーションのためのインターフェース開発及び地震被害仮想体験のためのVR技術の開発など、重要な要素技術が開発されているが、それぞれの成果はややバラバラな印象を受ける。評価できる成果として、耐震シミュレーションソフト「E-FrontISTR」の発売開始や2件の特許出願が挙げられる一方、研究開発の目標である耐震性評価に係るどういった問題点が解決されたのかが不明瞭な課題もある。将来、目指す最終的な技術は何か、また開発した技術はどのようにインテグレートされて目標とする技術に結びつくのか、具体的にイメージできる戦略を明確にすることを期待する。

2. 研究開発の目的・目標等の妥当性

<必要性>**評価項目：**

- 科学的・技術的意義
- 社会的・経済的意義

科学的・技術的意義

従来、建築物の材料や構造部材の部分的な検証試験しかできなかったが、E-ディフェンスにより建築物全体の動的実験が可能になったことから、施設の必要性は極めて高い。一方、サブテーマ(b)における施設を活用した研究テーマは、性能向上、設計基準の改定及び代替工法・規定の提案などが多く、既存研究の延長線上にあり、その独創性は必ずしも高くない。しかし、公開データはたくさんのアクセスを集め関心が高いと思われ、当該研究分野の先導研究として、分野全体の発展に貢献する可能性を潜在的に有していると考えられる。いずれの研究も関心が高いものであり、その目的・目標は概ね妥当であり、これらの研究が実装までの成果が得られれば社会的役割を果たせると思われる。

サブテーマ(c)におけるシミュレーションを活用した研究では、重要施設の耐震シミュレータを共同開発し、数値解析に関する建築・土木分野の過去の膨大な遺産を統合し、次世代に受け継ぐことに貢献するだけでなく、建設会社・設計事務所・電力関係研究機関・ソフトウェア開発会社などと共同研究することで、当該産業の活性化、高度化を誘導していると評価できる。

ただし、本プロジェクトの成果である、「大規模実験による構造物の地震時挙動の解明」と「高精度シミュレーション技術の開発」が、現在危惧されているような大規模地震災害を対象とした防災・減災に資するリアリティをもつものとなるよう、大型実験施設と高精度シミュレーションの将来のあるべき姿についての議論を深めてもらいたい。

社会的・経済的意義

地震災害が不可避の我が国において、建築物や土木構造物、産業施設の耐震性向上に資する研究成果を着実に上げている。また、科学技術基本計画、科学技術イノベーション戦略2015、国土強靱化基本計画などの公的計画に即しており、巨大地震災害に対する我が国の強靱性向上に貢献すると評価する。

<有効性>**評価項目：**

- 見込まれる成果・効果
- その他の波及効果の内容等

見込まれる成果・効果

実施している研究開発の多くで中間評価時点に相応しい成果を挙げている。

大地震後も継続利用できる柱梁接合部の損傷抑制法を E-ディフェンスを活用して検証し、その成果が日本建築学会の設計指針に掲載されることが決定していることは、将来の共同住宅の耐震性向上だけでなく、大規模地震による経済的損失の低減に資するものとして評価できる。

基礎すべり工法及び遮水シートを用いたため池改修工法については、技術紹介を既に行っており、社会実装に向けた成果の展開が見られている。

クラウドファンディングを活用した蛇かご金網によるジャケッティング工法の検証は、防災科研の技術力を海外協力にも活用し得るとの PR になっており、国際貢献の新しい試みとして評価できる。

また、重要施設の耐震シミュレーション「E-FrontISTR」を産官学で共同開発し、数値解析ソフトウェアの販売に至ったことも評価できる。

これらの研究成果に関しては、実際の現場施工時や販売開始時など適切なタイミングでプレスリリースや現場公開を行い、防災科研のプレゼンス向上に活用されることを期待する。自然災害が頻発する現代においては、そのような情報発信そのものも防災力向上に繋がる取り組みである。

その他の波及効果の内容等

施設貸与を活用した、エネルギー関連企業やハウスメーカーによる構造物や設備機器の地震対応能力評価への活用とそれらの成果の実装は、国民の安全・安心に直結するものであり、防災科研のあるべき貢献といえる。

また、専門家による高度な研究とともに、防災・減災意識の啓発にも尽力している。特に室内の地震被害の様相を仮想現実（VR）で体感できるシステムを、防災訓練等のイベントに提供することで、一般社会の防災意識の向上に大きく貢献しているとともに、研究成果やその有効性を一般社会に広める取り組みとしても高く評価できる。

3. 研究開発の進め方及び研究資金・人材等の研究開発資源の妥当性

<効率性>**評価項目：**

- 計画・実施体制の妥当性・効率性

(他機関との連携・役割分担の明確化の取り組み、研究開発資源の再配分等)

必ずしも大きくない人員体制で、多くの仕事を着実に進めていることは評価に値する。

E-ディフェンスは、世界に例をみない大型実験施設であり、将来に向かっての更新計画等、ロードマップをしっかりと作っておくことが望まれる。また、数値解析により大型実験を回避する流れは、工学や産業界全体における方向性の一つでもあり、長期的視点で考えるとサブテーマ(c)の構成員が少ない。同サブテーマは、所外の共同研究者に大きく依存した研究とならないよう、防災科研の自立性と効率性のバランスを検討していくべきである。なお、数値解析が高度化し建築・土木分野に精通しながら数値解析や今後活用が期待されるAIを含む情報分野の知識を自由に扱う技量のある人材はほとんどいないのが現状であり、防災科研で数値解析を推進するのであれば、そのための人材の育成は急務であると同時に、他研究機関との連携も模索する必要がある。

本プロジェクトでは、「大規模実験による構造物の地震時挙動の解明」と「高精度シミュレーション技術の開発」を両輪として実施しており、その重要性は地震工学分野においては容易に理解されるものである。一方で、一般社会を含む他分野にもその重要性が直接的にアピールできる長期ビジョンと戦略を明確化することは、今後の当該分野における活動の持続的発展に極めて重要であり、具体性を持った提示を期待したい。そのためには、職員間で将来ビジョンを議論し課題や将来像を共有するメカニズムも重要であり、そのための取り組みに期待する。

4. その他

マスメディア等を通じた研究成果のより積極的な広報の実践を期待したい。そのための資金としてクラウドファンディングを活用することは一つの有効なアイデアであると思われる。

5. 総合評価

B

本プロジェクト全体を通じて、着実な運営と着実な成果の創出が認められる。

当該分野において関心の高い研究テーマを選択しており、研究開発の科学的・社会的意義は高い。その目的・目標等は概ね妥当である。既に社会実装まで達成しているものもあ

り、成果の公表にも積極的に取り組み、最終目標の実用化まで方向性は適切であると判断される。一部、実現性がかなり低いと推測される研究課題や、近い将来人材不足が懸念されるテーマもあり、中長期計画後半に向け、その対策を十分に議論する必要がある。同時に、長期的ビジョンの設定についても議論を深めることを期待する。

今後、特に取り組むべき項目は以下の通り。

- 「地震減災研究施設の運用・共用」については、国際共同研究による補完的連携、将来の巨大災害において甚大な被害が想定される自治体との共同実験を検討すること。
- E-ディフェンスおよび大型耐震実験施設の将来に向けた更新計画等、ロードマップを策定すること。
- 「地震減災技術の高度化と社会基盤の強靱化に関する研究」においては、より長期的展望で解決すべきテーマの選定を検討すること。
- 「次世代高耐震構法に関する研究」では、研究目的と成果の関係を明確にすること。
- 「次世代振動低減技術に関する研究」では、技術面での課題を整理し、研究終了時の成果の提示の仕方を議論すること。
- 地震と降雨の組み合わせなど、複合災害予防の見地から先駆的研究テーマの発掘に取り組むこと。
- 数値解析を推進するのであれば、そのための人材の育成や他機関との連携を早期に検討すること。
- 大型実験施設と高精度シミュレーションの具体性を持った将来のあるべき姿についての議論を深め、共有を図ること。

<参考:SABCD>

S	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、適正、効果的かつ効率的な業務運営の下で「研究開発成果の最大化」に向けて <u>特に顕著な成果の創出</u> や <u>将来的な特別な成果の創出</u> の期待等が認められる。
A	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、適正、効果的かつ効率的な業務運営の下で「研究開発成果の最大化」に向けて <u>顕著な成果の創出</u> や <u>将来的な成果の創出</u> の期待等が認められる。
B	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大

	化」に向けて成果の創出や将来的な成果の創出の期待等が認められ、 <u>着実な業務運営</u> がなされている。
C	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」又は「適正、効果的かつ効率的な業務運営」に向けて <u>より一層の工夫、改善等</u> が期待される。
D	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」又は「適正、効果的かつ効率的な業務運営」に向けて <u>抜本的な見直しを含め特段の工夫、改善等</u> が求められる。

研究開発課題外部評価(中間評価)

報告書

プロジェクト名: マルチセンシングに基づく水災害予測技術の開発

サブテーマ①: 気象観測・予測技術の高度化

サブテーマ②: 浸水・土石流予測技術の高度化

サブテーマ③: 斜面崩壊危険度予測技術の高度化

サブテーマ④: 沿岸災害予測技術の高度化

サブテーマ⑤: 成果の社会実装

評価委員会開催日: 2019 年 11 月 15 日(金)

評価委員一覧(◎: 委員長)

神田 和也	鶴岡工業高等専門学校 教授 副校長
小林 文明	防衛大学校 地球海洋学科 教授
高橋 徹	千葉大学大学院 工学研究院 教授
田中 充	法政大学 社会学部 教授
◎新野 宏	東京大学 名誉教授
西村 出	株式会社セブン-イレブン・ジャパン システム本部システム企画 総括マネージャー
深川 良一	立命館大学理工学部 特命教授
元村 有希子	毎日新聞社 論説委員
涌井 正之	新潟県防災局 次長

1. 研究開発節目における目的の達成度の把握

○全体の進捗度

本プロジェクトでは、非常に多岐に亘る課題について、適確に、かつ漏れ無くサブテーマが設定されており、ほぼ計画通りの進捗状況であると判断する。

サブテーマ①では、雲レーダの自動ノイズ除去アルゴリズムが開発され、リアルタイムでのデータ活用を可能としたこと、ドップラーライダー、マイクロ波放射計等のデータを「1 km メッシュ・10 分間隔のデータ同化システム」に活用し、1 時間先までのゲリラ豪雨の予測や市町村単位の竜巻警戒情報の作成技術の開発が進められたこと、また、X バンド MP レーダに基づく雹および融解層検知技術が試作され、雷については首都圏に 3 次元

雷マッピングシステムが整備されて放電位置のデータを取得できるようになったことは評価できる。

サブテーマ②では、再現確率の低い豪雨の発生場所をリアルタイムで抽出し、流出・氾濫計算を行うシステムの開発に向けて、5km メッシュ確率降水量データと降雨流出・氾濫解析モデルが整備されただけでなく、流域面積・起伏比・雨量・地質にもとづく土石流の危険度の評価手法が確立されたことは評価できる。

サブテーマ③では、斜面の変位速度が単調でない場合でも崩壊時刻を予測できる手法が開発されたことは評価できる。また、斜面崩壊発生時刻と土壤雨量指数のピークが多くの場合一致することが明らかとなった。

サブテーマ④では、沿岸災害予測モデルの高度化を図るため、風速 50m/s の強風下の西表島で観測を行い、波浪・流速データを取得したことや、台風災害データベースを活用し、台風上陸前に類似した経路をもつ台風の被害を Web で公表し災害啓発を行っていることは評価できる。

サブテーマ⑤では、東京消防庁・世田谷区・南足柄市で防災担当職員にデータを活用してもらうなど、成果の社会実装を進めているだけでなく、既に民間企業とも雷予測技術の実用化を目指した共同研究を行っていることは評価できる。

○各サブテーマの進捗度

サブテーマ①：気象観測・予測技術の高度化

本サブテーマは、計画に沿って順調に進捗している。

積乱雲等大気擾乱の早期検知技術の開発については、Ka バンド雲レーダの自動ノイズ除去アルゴリズムを開発し、雲分布のリアルタイム表示が可能になった点は高く評価できる。東京スカイツリーを活用した実証観測から、東京周辺の雲レーダ反射因子と雲水量の関係式の検証が進んでおり、今後、雲内部の物理量把握に進展が期待される。

また、Ka バンド雲レーダの活用により検出可能となった降水形成前の段階の積乱雲が、ゲリラ豪雨を引き起こす積乱雲に発達するかどうかを見極める手法の検討を行い、その結果、Ka バンド雲レーダで検出されたエコーのうち、エコー面積が大きいものほど大きな積乱雲へ発達することが示されている。加えて、竜巻を引き起こした積乱雲について X バンド MP レーダネットワークの観測データを解析し、竜巻を引き起こすスーパーセルの検出指標として、 Z_{DR} アークを見出した点も高く評価できる。

今後の課題として、Ka バンド雲レーダが検出する最初期の積雲と、肉眼でみた積雲発生とのタイムラグの検証、W バンド雲レーダと Ka バンド雲レーダを用いた場合の比較についても基礎研究として取り組んでほしい。

X バンド MP レーダを活用した雹及び融解層の検知技術の高度化については、X バンド MP レーダから得られる偏波間相関係数(ρ_{HV})を用いた融解層検出手法の検討を行い、南岸低気圧による関東での降雪事例に適用して、雨雪判別の指標となりうることを示唆したことは、着実な

成果として評価する。今後、提案された手法の妥当性を実証していく必要がある。

雷の早期検知の可能性の検討については、首都圏に3次元雷マッピングシステムを整備し、落雷だけでなく雲内や雲間の放電観測を実現した点は評価できる。

データ同化手法等を活用した1時間先までのゲリラ豪雨の予測技術については、その降水予測手法の改良を実施したことは評価できる。特に、鉛直積算雨水量(VIL)の観測データを用いた降水ナウキャストシステムを確立し、降水開始直後の予測精度が高いことが示されており、リアルタイムでの試験運用も実施している。数値予測については、熱力学リトリバル手法により得た温位偏差をモデル初期値に用いることにより、1時間先の降水予測精度が向上することを示していること、また、観測データから予測を行う降水ナウキャストと計算によって求める数値予測の最適な組み合わせを検討し、予測時間が40分を超えると、数値予測の方が予測精度が良くなることを示したことは高く評価する。

同時に、雲解像モデル CReSS(Cloud Resolving Storm Simulator)に、XバンドMPレーダ、ドップラーライダー、マイクロ波放射計、アメダス地上風等を10分間隔、1kmメッシュで同化するデータ同化システムを構築し、数値予測としてリアルタイムで運用している点も評価できる。既に実施されている地上稠密観測により1kmメッシュでの地上観測が実現すれば、同化データのさらなる精度向上が期待できることから、上空のリモートセンシングと併せて、今後地上観測にも注力すると共に、気象庁による降水ナウキャスト・降水短時間予報の取り組みとの差異を明確にしていこうことに期待する。

市町村単位で竜巻警戒情報を作成する技術の開発では、本サブテーマの成果である1kmメッシュデータ同化システムを活用し、現状都道府県を数区分した単位で出されている竜巻注意情報を、市町村単位に絞り込む指標の導入手法を試作したことは評価できる。

本サブテーマでは、民間企業等との共同研究や、建築現場等の実フィールドでの検証など、社会実装に向けた具体的な取り組みも見られる。「見える化技術」に配慮した開発も行われており、新しい観測データを用いた「ナウキャスト」と、データ同化手法による「数値計算(数値予測)」という2つのアプローチがとられている。今後、両者の成果を分かりやすく提示することにも期待したい。

サブテーマ②: 浸水・土石流予測技術の高度化

本サブテーマは、計画に沿って順調に進捗している。

豪雨による浸水の確率論的予測モデルの開発とその実証実験については、豪雨の際に各地域にとってどの程度稀な豪雨かをリアルタイムで計算し、非常に稀な豪雨であれば降雨流出・氾濫計算を行うシステムの開発を目指した開発を実施している。本中長期計画前半では、予測モデルの開発に注力しており、過去27年間の気象庁解析雨量データを極値統計理論に基づき計算して、全国5kmメッシュの確率降水量データを整備し、「現在、何年に一度の雨が降っているのか」を表示し、災害リスクが高まっている場所を、リアルタイムに全国で抽出できるようにした点は非常に高く評価できる。また、抽出した場所に適用可能な降雨流出・氾濫解析モデルの開発も進んでおり、国土交通省が運用するマルチパラメータレーダ(XRAIN)のデータを活用し、従来よりも高い水平解像度のデータを用いることにより、局地的大雨の予測精度が向上することを明らか

にしたことは評価できる。さらに、宇宙航空研究開発機構地球観測研究センター(JAXA/EORC)が公表している全球衛星降水マッピング(GSMaP)について、日本の様々雨量データと比較・検証し、誤差の要因について考察していることも評価できる。

土石流危険度評価手法の開発については、2014年の広島市豪雨災害を対象に土砂移動分布図の作成及び履歴解析を行い、土石流流下の有無が溪流の起伏比、流域面積、6時間雨量、地質の4つのパラメータによって評価できることを明らかにした点は評価できる。これに基づきリアルタイムの土石流危険度予測手法を考案し、土石流危険度評価マップの試作も行われるなど、着実に成果が上がっており、今後の本成果の社会実装に期待する。

また、年代測定による履歴解析を通じた土石流の機構解明に向けた研究として、赤石山地のドンドコ沢から採取された倒木化石の枯死年代を、酸素同位体比年輪年代法により推定し、887年の巨大海溝型地震(仁和地震)からその数年後の間で岩石なだれが発生したことを示唆する結果が得られており、航空機によるレーザ測量データを用いた詳細な地形解析からその実態の推定も行われている。今後、検証事例の蓄積により研究成果の一般化へ向けた検討が進むことを期待する。

サブテーマ③: 斜面崩壊危険度予測技術の高度化

本サブテーマは、計画に沿って順調に進捗している。

大型降雨実験施設を利用した斜面崩壊の危険域を絞り込む手法の開発では、土壤雨量指数が最大値に達したときに土砂災害が発生する事例が多いことを見出したことは評価できる。しかし、危険域を予測する観点からは、土壤雨量指数が最大値に達したかどうかは事後にしか分からないことから、気象庁で行っているような、地域ごとの過去10年の土壤雨量指数の最大値を基準として数値モデルの予測も考慮した新たな指標作りにも期待する。その際、サブテーマ①、②との連携が有益であろう。

斜面変動監視手法の高度化とリアルタイムで斜面崩壊危険度を評価するシステムの開発では、監視センサーのプロトタイプとして、地盤内の任意かつ複数の深さで変位、水分、地下水位を計測できる「ジョイント型マルチセンサー」を作成・改良を行ったことは評価できる。さらに、このジョイント型マルチセンサーを用いて斜面崩壊実験を実施し、斜面崩壊時刻の予測手法の改良に取り組むだけでなく、斜面崩壊時には斜面の表面移動速度が大きく変化するタイミングが、斜面の複数の地点で揃ってくると斜面崩壊の発生が近づいていることが明らかにしたことは評価できる。「ジョイント型マルチセンサー」は、斜面安定性評価のために有効なセンサーであり、社会実装に向け、コスト低減を強く期待したい。

また、テンシオメータ(土中水分を測定する機器)の観測データから、降水強度と斜面内の地下水位上昇速度の線形関係を見出し、降水強度から地下水位上昇率を評価することの可能性を示したことは評価できる。今後、各地の多様な斜面における崩壊との関係にどう結びつくのか、その検証を含めて注目したい。

サブテーマ④: 沿岸災害予測技術の高度化

本サブテーマは、順調に進捗している。

台風時等における波、流れ、土粒子輸送等の観測の性能向上については、これまで、東海大学と共同で、西表島湾内に設置した音波式流速プロファイラー(ADCP)の観測データから、台風時には海面付近から底面に向かって流速が大きくなるなど、平常時には見られない強風時の特徴が得られ、このような強風下の波浪・流速データの取得に成功したことは評価できる。この観測結果が、モデルの改良や高度化にどう活用されるのか明確にすると共に、他地域における事例を増やしつつ顕著な高潮被害等の今後検証実験への取り組みを期待する。

また、西表島崎山湾・網取湾を対象に、湾の奥部の川から流れてくる土粒子の観測データを基に数値シミュレーションを実施し、 $15\mu\text{m}$ よりも大きな土粒子は、夏季には河口から移動せず、冬季には沖に輸送されること、小さな土粒子は大きな土粒子とは異なる振る舞いをするを明らかにしたことで、海岸浸食のプロセスの一つが解明されたことは高く評価できる。

台風による潮位変動や浸水情報等の予測システムの性能向上については、伊勢湾を対象として、地球温暖化時に想定される可能最大級の台風に伴う高潮浸水シミュレーションを行い、防潮堤などの構造物が破壊された場合、浸水域が広域に広がっていくことを明らかにした点は評価できる。今後は、実測データとの比較を通して予測モデルの予測精度の向上を期待したい。その際、モデルの精度向上のための観測方法、観測結果の活用方法等について、明確なビジョンを分かりやすく提示することが必要である。

台風災害を含む気象データベースの高度化については、台風上陸前に、類似した経路を持つ台風及びそれに伴う降水量分布、災害状況をホームページで公表し、注意喚起に取り組んだことは高く評価できる。今後他機関でも同様の試みを開始した際には独自性を打ち出すとともに、ユーザーの混乱を生まないための配慮を備えたインターフェースの改良を期待する。

海面水温の変動等が激しい気象の発生に及ぼす影響の解明については、海面水温が豪雨に及ぼす影響を取りあげ、2013年8月の秋田県の豪雨を様々な海面水温データセットを用いて数値シミュレーションによって再現し、その結果、海面水温が高いほど降水量が増加するとともに、豪雨域が沿岸側にずれることを見出したことは着実な進捗として評価できる。

サブテーマ⑤: 成果の社会実装

本サブテーマは順調に進行しており、着実な進捗が認められる。

ステークホルダーと協働した取り組みを通じて成果の社会実装を目標に掲げ、科学技術振興機構「イノベーションハブ構築支援事業」の採択課題「「攻め」の防災に向けた気象災害の能動的軽減を実現するイノベーションハブ」による支援を活用しつつ様々な取り組みが積極的に行われたことは評価できる。

地方公共団体と共同した取り組みについては、主に、東京消防庁、足柄市、世田谷区、熊本県等の防災担当職員が、防災科研が提供する観測データを実際に活用するなど、密接な連携を行っており、研究開発によって生み出された成果を育てていく試みとしては高く評価できるため、今後は他の自治体等への展開が期待される。

民間企業との取り組みについては、主に、(株)中電CTI、東日本旅客鉄道(株)、(一財)日本気象協会、明星電気(株)との共同研究により、雷危険度予測システムの開発、安全は運行規制のための地上風の推定手法開発、突風予報の研究等を実施している

点は、着実な成果と言える。今後はより一層、研究開発成果を直接的に産業化して社会還元する方策に注力する必要がある。

また、今後はより具体的な社会実装の事例を期待すると同時に、他地域へ展開する上での課題の洗い出し等も意識して実施してほしい。地方自治体や企業だけでなく、一般市民を対象とした実装実験や、その定量的な評価手法の検討にも期待したい。

人材育成については、筑波大学大学院の連携大学院制度を活用した、博士前期・後期課程の大学院生の受入・指導や、SSH 認定校である都立戸山高校での防災と環境のコラボレーション教育を通じて、積極的な取り組みが行われていることは評価できる。

2. 研究開発の目的・目標等の妥当性

<必要性>

評価項目：

- 科学的・技術的意義
- 社会的・経済的意義

科学的・技術的意義

本プロジェクトでは、最先端の観測機器と観測データの同化手法、数値予測モデルを駆使して、様々な水災害の早期予測と予測精度向上を目指した研究開発が行われている。

局地的豪雨による都市の浸水や突風・降雹・落雷等の激しい現象を引き起こす積乱雲及び集中豪雨を引き起こす組織化された積乱雲の予測は気象学に残された大きな挑戦的課題の一つである。また、近年台風による豪雨や強風の被害も目立つが、台風強度の予測や豪雨に伴う浸水・土石流・斜面崩壊の予測にも多くの課題が残されている。本プロジェクトは、これらの課題に日本全体を総合的に俯瞰しつつ挑むものであり、具体的目標設定も妥当で、その科学的・技術的意義は大きい。

社会的・経済的意義

発達した積乱雲は、毎年のように豪雨・突風・降雹・落雷等の激しい気象を生じ、大きな人的・物的被害を引き起こしている。積乱雲等の発生・発達を少しでも早く検知し、根拠をもった適切な情報を発信することは防災・減災にとって非常に重要である。また、近年、豪雨による広範囲にわたる土砂災害や浸水害、台風による強風害や高潮害が生じており、浸水・土石流・斜面崩壊・高潮などの予測技術の高度化と最先端の予測情報の有効な利活用も強く求められている。広域的かつ激甚災害が増えている現在、本プロジェクトの研究はいずれも、自然災害による計り知れない社会的・経済的損失を抑止する一助となるものであり、社会的・経済的意義は非常に大きいと判断する。

「防災に関する研究開発の推進方策について」（2006年7月科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会）や、「科学技術基本計画」（2016年1月22日閣議決定）では

先端技術の災害軽減への積極的利活用や、早期検知・予測技術等の研究開発推進が謳われており、政策的な観点からも、本プロジェクトの必要性は高いと言える。

自治体による住民の命を守るための判断の根拠を、科学技術が提供することは大切な使命であり、本研究の成果として、早期・迅速な避難につながる活用方法が開発されることで、災害時の人的被害の減少に大きく貢献できると期待される。

＜有効性＞

評価項目：

- 見込まれる成果・効果
- その他の波及効果の内容等

見込まれる成果・効果

本プロジェクトでは、災害現象自体のメカニズム解明や将来予測に力点が置かれており、精緻な降雨予測、土石流や斜面崩壊の予測、高潮の予測など多くの成果を上げている。1km メッシュ・10 分間隔のデータ同化システムにより得られる気象情報の工事現場等での利用や、5km メッシュ・全国でのリアルタイムの確率降水量データの活用による豪雨災害リスク評価の高度化、浸水予測技術の道路管理会社での活用、土石流リアルタイム予測技術開発による住民の早期避難実現と災害の軽減、60 分先までの雷予測システムの実用化、斜面崩壊予測監視システムの地方自治体への展開など、様々な用途での利用が期待できる。ただし、防災に係わる情報でもあり、今後、本格的に利用してもらうためには、気象庁等が発表する情報との違いについて、有用性や改善点等、統計的検証も求められる。また、全国展開を見据えた場合の現実的な観測機器の配置など、具体的な戦略の提示も検討してほしい。

その他の波及効果の内容等

防災対策の確立に必要な有効な提案は災害メカニズムの解明なしには難しい。本プロジェクトの成果は、住民の迅速・早期避難につながる避難誘導システムの構築に役立つ可能性が高く、人的被害の減少に大きく貢献できる可能性のあるものとして、評価できる。また、国際協力による気象業務での利用や衛星観測の検証研究にも活用されており、気象コミュニティへの波及効果が認められる。さらに、超巨大台風来襲時の高潮浸水シミュレーションをバーチャルリアリティ技術で疑似体験できるシステムを構築、浸水への啓発活動に利用されているなど、多様な利用がすすめられており、防災、教育、社会生活などあらゆる場面で、応用可能であり様々な波及効果が期待できる。

災害先進国である我が国における技術開発は、同様の自然災害に見舞われる可能性が高い他国、特に発展途上国の防災対策の確立に向けて重要な貢献を果たす可能性も高いと評価する。

3. 研究開発の進め方及び研究資金・人材等の研究開発資源の妥当性

<効率性>

評価項目：

- 計画・実施体制の妥当性・効率性

(他機関との連携・役割分担の明確化の取り組み、研究開発資源の再配分等)

本プロジェクトでは、気象、浸水・土石流、斜面崩壊、沿岸気象災害のサブテーマごとに、適切な計画、実施体制が組まれている。

数値予測の精度向上を図りつつ、さらに観測データに基づく確率的予測の高度化を推進すべきであり、一部ではAIの利用可能性も考えられる。人命を守るという観点では、より具体的な災害リスクの低減につながる、浸水・土石流予測技術、斜面崩壊危険度予測技術などは、その進捗が前倒しになることを期待したい。さらに、台風による高潮等浸水被害の避難方策に関しては、東京都のような人口密集地の低地で確率的な予測情報も考慮した上で、社会科学の専門家も含めた研究も検討が望まれる。

社会実装に向けた他機関との連携については、地方自治体や鉄道事業者等との協働、SIP4D（基盤的防災情報流通ネットワーク）への貢献が認められる。今後は使いやすく信頼できるサービスの実現に向けた民間企業との協業や共同研究も望まれる。なお、本プロジェクトでは、保有する多数のレーダ、ドップラーライダー、マイクロ波放射計、雷3次元マッピングシステムだけでなく、大型降雨実験施設等の管理・運用に研究者の多くの時間が割かれているように見受けられ、研究者が本来の研究に専念できるよう、高い技術力の技術スタッフを引き続き雇用すると同時に、観測・解析ができる若手研究者の計画的育成の取り組みを期待する。

防災科研は、自然災害や防災について国全体を俯瞰して総合的に取り扱う数少ない総合的な研究所として、国全体の自然災害や防災に関する研究のマネジメント機能を持つ必要があり、現状でも一定の機能を果たしているが、さらに強化が期待される。また、大規模な観測実験は個々の研究室では実施が困難であり、防災科研が中核となって、観測の集合体を構築すべきである。フェーズドアレイデータ、ドップラーライダー、地上気象観測網なども、他機関との連携を図り、データの集約を行うとともに、今後の開発、検証を行ってほしい。

4. その他

気象観測・予測技術の高度化については、豪雨（雨量）、降雪、強風・突風はすべて地上における実測値（Truth data）が重要であり、ナウキャスト、数値予測の精度向上、結果検証のためにも、より一層地上観測への注力を期待する。

災害の実態を明らかにする上で、局所的な降雨量の時間変化をリアルタイムで知ること

の研究的な重要性は高く、山地など災害につながる地域でのデータ改善を期待したい。

予測が比較的良好な精度で可能な事例（台風接近時の地形性降雨や前線など総観スケールの現象など）と精度良好な予測が難しい事例（孤立積乱雲や線状降水帯など）を区別し、ナウキャストと数値予測の有効な利用を検討することが必要である。

実装実験戦略を描くにあたっては、結果のアウトプット（社会的インパクト）に関して、1つの成功事例を示すことも大きく、東京オリンピックは絶好のアピール機会としてほしい。

5. 総合評価

A

本プロジェクトでは、いずれのサブテーマともほぼ計画通りの進捗状況であり、有用な研究成果の創出が認められ、また将来的に優れた研究結果が期待できると判断する。

雲レーダのノイズ除去アルゴリズム開発により、リアルタイムでのデータ利用を実現した。この雲レーダは、寿命が短く、短時間に急激に発達して局所的豪雨・突風・降雹・落雷などの災害をもたらす積乱雲の発達の早期探知に有用であり、特にそのデータ同化技術の開発により、これらの災害による被害の緩和が期待される。

また、土石流予測モデルの構築や確率的浸水予測技術の開発、斜面崩壊予測技術の確立、高潮浸水シミュレーション結果に基づいた広域避難のあり方の検討、そしてこれらの成果の社会実装も着実な成果が期待され、多様な水災害予測技術の開発を通じた防災への貢献が期待できる。

防災科研のミッションである「生きる、を支える科学技術」を実践するべく、来るべき災害の時代に備えつつ、先手を打っていく研究プロジェクトであり、社会的要請が高く、喫緊の課題を、着実に進めていることは評価できる。実装に向けた作業の加速が期待され、計画を前倒ししてでも、目標の達成、成果の発揮を期待する。

今後、特に取り組むべき項目は以下の通り。

- 「気象観測・予測技術の高度化」については、リモートセンシングと併せた地上観測への積極的な取り組みや、山地など災害につながる地域でのリアルタイムデータの改善を検討すること。
- 「積乱雲等大気擾乱の早期検知技術の開発」については、Ka バンド雲レーダが検出できる最初期の積雲と、肉眼でみた積雲発生とのタイムラグを明らかにし、W バンド雲レーダとKa バンド雲レーダでの違いも基礎研究として取り組むこと。また、新しい観測データを用いた「ナウキャスト」と、データ同化手法による「数値計算(数値予測)」、両者の成果を分かりやすく提示すること。

- 「データ同化手法等を活用した1時間先までのゲリラ豪雨予測技術」については、データ同化を用いることによりリアルタイムで行った40分以降の1kmメッシュの降水の予報精度を、気象庁の降水ナウキャストと統計的に比較する努力が期待される。
- 「斜面崩壊の危険域を絞り込む手法の開発」については、土壌雨量指数が最大に達したかどうかは事後でしかわからないので、気象庁が行っているように地域ごとの過去10年の土壌雨量指数の最大値を基準とし、数値モデルの予測も考慮するなど、予測が行える新しい指標の確立に取り組むことが望ましい。
- 「斜面の変動を監視する手法の高度化」については、地盤内の任意の深さで変位、水分、地下水位を計測するジョイント型マルチセンサーの開発は有用であるが、社会実装にむけては、コスト低減を目指すことが必要と思われる。
- 「リアルタイムで斜面崩壊危険度を評価するシステムの開発」については、土中水分を測定するテンシオメータの観測から得られた降水強度と地下水位上昇速度の線形関係に関して、多様な斜面の崩壊との関連付けに期待したい。
- 「沿岸災害予測技術の高度化」については、沿岸災害予測モデル向上のために必要な観測手法、観測結果の活用等に関して、明確なビジョンを分かりやすく提示することが必要と思われる。
- 防災科研は個々の機関では実施困難な、大規模な観測集合体を構築するための中核的役割を目指すと共に、防災科学の推進のために他機関との連携やデータ集約等の取組を進めることが望ましい。

＜参考：SABCD＞	
S	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、適正、効果的かつ効率的な業務運営の下で「研究開発成果の最大化」に向けて <u>特に顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出</u> の期待等が認められる。
A	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、適正、効果的かつ効率的な業務運営の下で「研究開発成果の最大化」に向けて <u>顕著な成果の創出や将来的な成果の創出</u> の期待等が認められる。
B	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」に向けて成果の創出や将来的な成果の創出の期待等が認められ、 <u>着実な業務運営</u> がなされている。
C	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」又は「適正、効果的かつ効率的な業務運営」に向けて <u>より一層の工夫、改善等</u> が期待される。
D	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」又は「適正、効果的かつ効率的な業務運営」に向けて <u>抜本的な見直しを含め特段の工夫、改善等</u> が求められる。

研究開発課題外部評価(中間評価)

報告書

プロジェクト名: 変容する雪氷災害の危険度把握と面的予測の融合研究

サブテーマ①: 雪氷災害危険度の現状把握技術の開発

サブテーマ②: 雪氷災害の面的予測研究

サブテーマ③: 現状災害危険度と予測情報の活用方法に関する研究

評価委員会開催日: 2019 年 11 月 15 日(金)

評価委員一覧(◎: 委員長)

神田 和也	鶴岡工業高等専門学校 教授 副校長
小林 文明	防衛大学校 地球海洋学科 教授
高橋 徹	千葉大学大学院 工学研究院 教授
田中 充	法政大学 社会学部 教授
◎新野 宏	東京大学 名誉教授
西村 出	株式会社セブン-イレブン・ジャパン システム本部システム企画 総括マネージャー
深川 良一	立命館大学理工学部 特命教授
元村 有希子	毎日新聞社 論説委員
涌井 正之	新潟県防災局 次長

1. 研究開発節目における目的の達成度の把握

○全体の進捗度

いずれのサブテーマとも、ほぼ計画通りの進捗状況であると判断する。

サブテーマ①では、降雪量の観測精度向上のために、レーダと地上の観測を組み合わせた新しいアルゴリズムの開発を進めるとともに、降雪種類や降雪量分布などの降雪・積雪に関する現況を詳細に測定・検知するマルチセンシング技術の開発を行い、その内のいくつかは特許出願に至ったことは評価できる。雪氷災害のマルチセンシング技術の広域展開及びリアルタイム観測網の構築が首都圏を含め着実に進捗していると判断する。

サブテーマ②では、雪氷災害の予測精度向上に向けた積雪・雪崩・吹雪および着雪に関する数値シミュレーションや面的予測の技術開発が進められるとともに、それらの適用範囲の広域化の研究が進展しており、特に吹雪の広域予測に関しては、研究成果と防災への

取り組みが科学技術分野の文部科学大臣表彰を受けているなど、実社会の防災への大きな貢献に至っていると評価できる。研究期間中に発生した那須の雪崩災害等の調査研究結果を反映することにより、災害の数値シミュレーションや面的予測手法の研究開発の加速につなげている点も評価できる。

サブテーマ③では、地震による雪崩のハザードマップや雪氷災害発生予測システムの研究が進むとともに、被災地や試験運用地域においてそれらが防災に役立てられていると判断する。また、道路・滑走路雪氷予測手法の高精度化の研究が進み、実用化に向けた取り組みがなされているだけではなく、総合的雪氷災害シナリオの作成及び防災への活用方法の検討にも着手した点は高く評価する。

○各サブテーマの進捗度

サブテーマ①: 雪氷災害危険度の現状把握技術の開発

本サブテーマは、計画に沿って順調に進捗していると判断する。

精度の高い降雪量及び降雪種の面的推定手法の確立にむけ、多岐にわたる技術開発を実現している点は高く評価できる。

地上降雪センサーと気象レーダ観測を組み合わせ、降雪粒子の違いを考慮した独自の降雪強度推定手法の構築と「豪雪アラート情報」の作成アルゴリズムを開発したことは評価できる。この降雪強度推定手法は、必ずしも二重偏波機能を有していない MP レーダでも適用可能な手法とした点も高く評価する。

防災科研が多相降水レーダの視野内に展開している、地上から降雪粒子観測を複数の場所で行うための施設である降雪粒子観測線(SPline)を活用した、降雪粒子特性の面的把握に向けた多点降雪粒子観測は着実に進捗していると判断する。

稠密な降雪観測網構築の試みとしては、詳細降雪・気象情報提供システムの開発が行われた。このシステムは、道路散水消雪のための消雪パイプの降雪検知センサーに通信機能を付加して、降雪状況の面的に観測するもので、地元 CATV を通じて取得データを一般に公開する社会実装実験も実施した点は評価できる。また、消雪パイプという既存の施設を活用したコスト面でも優れたアイディアは高く評価できる。

さらに広域の積雪深を把握する手法として、合成開口レーダ(SAR)衛星の後方散乱強度データから積雪深分布を求めるアルゴリズムを早稲田大学と共同で開発し、撮影頻度の低い SAR 衛星の弱点を補うため、撮影頻度が高い気象衛星「ひまわり」の雲画像データから、AI を活用した広域の地上降雪量を推定する挑戦的な研究にも着手した点は評価できる。

雪氷災害危険度の検知技術の開発としては、積雪内部の状態や雪崩の危険度を把握するセンサーや屋根雪荷重による建物倒壊危険度を把握するシステムの開発、GNSS 受信機を用いた積雪深・積雪水量・積雪含水量の同時推定手法の開発、方位毎の着雪有無の判別と着雪重量を計測可能な装置の試作等を行った点は評価できる。様々なセンシング技術の開発では、特許出願に結び付ける等の研究成果を創出していることは高く評価する。

豪雪地帯以外での正確な降雪量推定技術の開発については、国土交通省が運用する高性能レーダ雨量計ネットワーク XRAIN のレーダ視野内に、降雪粒子を測定できる地上降雪粒子観測点を新たに整備しており、これまで開発してきた降雪粒子の違いを考慮した独自の降雪強度推定手法と組み合わせることで、今後、首都圏においても正確な降雪量の面的把握が期待できるものと評価する。

また、低気圧性降雪に起因する表層雪崩や着雪被害監視のため、低気圧の移動経路に沿った雪崩監視・気象観測網の構築を行っており、この観測網によって表層雪崩の発生・運動形態、発生前の気象条件、降雪特性などの情報が得られたことは評価できる。今後、これらの観測データを雪崩発生危険度の把握や雪崩シミュレーションの高精度化に利用を進めていく点は評価する。

サブテーマ②：雪氷災害の面的予測研究

本サブテーマは、計画に沿って順調に進捗している。

数 km メッシュの面的予測技術の開発に向け、積雪変質モデルや雪崩・吹雪・着雪モデルの高度化を着実に進めており、積雪変質モデルの高度化において、雪崩の発生源となる弱層の構造解明に成功した点は、日本で数少ない雪氷用 X 線 CT や世界的にも希少な雪氷用 MRI といった独自の設備を活用した研究であると評価できる。

サブテーマ①で得られた雪崩の運動情報を適用して、雪崩運動モデルの検証と改良にも取り組んでおり、さらなるモデルの発展を期待する。

リアルタイムハザードマップ作成技術の確立に向けては、雪氷リアルタイムハザードマップの広域化に取り組んでおり、サブテーマ①で構築した雪崩監視・気象観測網を活用し、南岸低気圧の移動に伴う気象条件の変化から、雪崩発生危険度を時空間的に予測するシステムが開発され、すでに山岳関係者等への試験的な情報配信もなされている点は評価できる。

吹雪予測システムについても、北海道中標津町で試験運用したものを一般化し、適用範囲を拡大したことで、その汎用性が確認されている点は高く評価する。加えて、吹雪予測・視界情報を役場の防災担当者へ提供し、道路の安全管理やスクールバスの運行情報等に活用されたことで、2019年4月に文部科学大臣表彰を受けたことも、実用化に向けた成果として評価する。

着雪モデルの応用範囲の拡大と広域化については、都市域や非雪国への適用、高層建築物への適用も考慮した上空の着雪量予測を試みている点などを高く評価する。

サブテーマ③：現状災害危険度と予測情報の活用方法に関する研究

本サブテーマは、計画に沿って順調に進捗している。

サブテーマ①、②で得られた知見を災害予測につなげ、さらに関係者と共有するシステムの開発を目指していることや、得られた知見を分かりやすく役に立つよう活用している点は高く評価できる。

雪氷災害の発生機構の解明については、JAXA 等との協力のもと北海道新千歳空港を実フィールドとして、防災科研で独自開発した道路雪氷予測モデルの推定値と実測値のズレを調査し、放射収支計算スキームの改良により滑走路雪氷予測モデルへ応用が進んだだけでなく、実

用化への取り組みとして、首都高速道路における路面状況予測への取り組まれている点は高く評価する。

また、雪氷災害と他の自然現象との複合災害に関する発生機構の解明については、地震・雪崩複合災害を取り上げ、2015年ネパールで発生したゴルカ地震での現地調査を実施し、その結果を雪崩運動モデルの改良に活用やハザードマップ作成につながった点は評価できる。

予測情報の試験的提供を通じた社会実装試験については、雪氷災害予測システムをリアルタイムで運用し、予測情報を国、自治体、鉄道事業者や雪崩管理事業者を含む民間企業等に実際に配信することで改良を継続しており、極めて挑戦的な課題への取り組みとして社会的意義も大きく、今後のさらなる高度化・精度向上を期待する。さらに、スキー場の安全な管理に雪氷防災コンテンツ等を生かす研究にも着手している点も評価する。

ユーザーフレンドリーな情報提供にむけ、雪氷災害発生予測システムの予測データだけでなく、実測の積雪重量分布、降雪量分布などを集約し、Web ベースの地理情報システム(GIS)上で可視化、情報発信できるユーザーフレンドリーなシステムを構築したことは評価する。本システムは災害発生時に災害対応支援を目的として、防災科研が災害に関する様々情報を公開する「防災科研クライシスレスポンスサイト(NIED-CRS)」との連携が考慮されており、雪氷災害発生時には、迅速に必要とされる情報を NIED-CRS で公開できるようになっていることも評価する。一方、本研究の最終的な姿である「総合的雪氷災害シナリオ」は、現状ではイメージが伝わりにくく、今後わかりやすいイメージの提示を期待する。

防災への活用方法の検討として、住民らが屋根の積雪重量を知ることによって適切な雪下ろし時期を判断できるよう、情報提供するシステム「雪おろシグナル」の開発やその適用地域の拡大を実現したことは高く評価する。本システムは、物理シミュレーションにより積雪重量を推定し、面的分布を発信する挑戦的取り組みとしても評価できる。また、サブテーマ①の成果であるリアルタイム詳細降雪分布に基づく堆雪量を活用した大雪時の最適な道路除雪経路を算出する試験的除雪シミュレーションシステムの開発、雪氷防災実験等を用いた着氷対策の性能評価手法の標準化に向けた外部有識者を含む検討会での検討にも取り組んでおり今後の成果が期待される。

2. 研究開発の目的・目標等の妥当性

<必要性>

評価項目：

- 科学的・技術的意義
- 社会的・経済的意義

科学的・技術的意義

本プロジェクトでは、雪氷災害による人的・物的損失を抑制するため必要な災害メカニズムの把握に向け、降雪粒子のタイプや積雪中の空隙、雪崩の発生機構及び吹雪等に係る基礎的過程や気象条件の観測に基づく実態把握と理解、広域にわたる観測手法の開発、数

値シミュレーションに至るまで様々なアプローチを総合した取り組みは科学的・技術的意義として非常に大きい。

社会的・経済的意義

本プロジェクトでは、高精度降雪量推定手法の開発や降雪情報提供システムの開発など豪雪対策への活用できる大きな研究成果が得られており、安全・安心な社会の創出という面からも意義が大きい。加えて、雪が原因の交通渋滞、除雪渋滞などの社会的影響についても目配りした研究開発も行われており、経済的意義も高いと判断する。

また、豪雪地域対策特別措置法に基づく「豪雪地帯対策基本計画」（平成24年改訂、閣議決定）において、防災科研をはじめとする研究機関・大学が協力して基礎的研究から応用的研究まで積極的推進を図るとされていることから、社会的意義は非常に高い。

＜有効性＞

評価項目：

- 見込まれる成果・効果
- その他の波及効果の内容等

見込まれる成果・効果

気象レーダと地上降雪センサーを用いた高精度降雪量推定手法は、XRAIN等のレーダ観測に適用することで、広域の豪雪対応・防災への活用可能であると評価する。また消雪パイプの降雪検知センサーを用いた降雪状況の面的観測システムでは、社会実装段階にあり、他地域での利用を期待する。また、衛星合成開口レーダデータを活用した積雪深のより高域な面的把握やAIを活用した降雪量分布の推定にも着手しており、今後の技術の進展に伴って有用なツールとなることが期待できる。

積雪変質モデルのさらなる高度化により雪崩の発生予測精度が向上することで、雪崩事故防止に大きく貢献するものとして評価する。

地震が引き金となって発生する雪崩のハザードマップ作成手法は他地域のみならず、斜面が地滑りや人為的改変で植生を失った場合にも応用可能な技術として評価する。

さらに、雪氷災害に関する予測データを地理情報システム（GIS）に統合し可視化したことにより、時々刻々と変化する雪氷災害の種類や規模等をリアルタイムで把握できるようになることを今後期待する。

その他の波及効果の内容等

雪氷災害で被害を受けやすいのは、多数の人々が集う可能性のある大スパン緩勾配屋根を持つ構造物であることが多く、ひとたび崩壊が始まれば、ほぼすべての場合で全面倒壊に至る。本研究開発の技術を活用することで、適切な対策をとることにより建物と倒壊を防ぐことができれば、非常に大きな経済的価値があり、人的被害を防ぐことができればそ

の効果は計り知れないものである。雪崩災害においては適切な予測と対策により道路封鎖を回避できれば、物流確保による経済効果は多大である一方、社会的・経済的影響については単に降雪量、積雪量、雪質等のみならず、雪に対するそのエリアの脆弱性が深くかわる問題であり、地域の雪に対する脆弱性評価を踏まえた検討が必要である。

さらに本プロジェクトの成果は、防災、教育、社会生活、流通などあらゆる場面に直結しており多大な波及効果が期待できるとともに、豪雨時の土砂災害、河川災害などの研究開発とつながっていく可能性も期待できる。

3. 研究開発の進め方及び研究資金・人材等の研究開発資源の妥当性

＜効率性＞

評価項目：

- 計画・実施体制の妥当性・効率性

(他機関との連携・役割分担の明確化の取り組み、研究開発資源の再配分等)

本プロジェクトの計画・実施体制は妥当であり、予算・人材とも限られている中、高い効率性をもって進捗していると判断する。

地上降雪センサーと気象レーダ観測を組み合わせ、降雪粒子の違いを考慮した独自のリアルタイム降雪強度推定手法を構築した点は評価できる。一方、気象庁では、気象レーダ・全国の雨量計のデータと局地数値予報モデルの結果を活用し、解析積雪深・解析降雪量の提供を行っている。この取り組みは、本プロジェクトで開発した降雪強度推定手法と似たものであり、両者の取り組みの違いを明確にしつつ、相互に協力していくことを期待する。防災科研が得意とする雪崩・吹雪・着氷などの多用な雪氷災害の予測モデルと組みあわせて、気象庁等がいまだに取り組んでいない雪氷災害予測を目指すことは、本研究開発課題の独自性・優位性につながるため、吹雪による雪崩危険度の変化など、異なる現象のモデル間の連携を活かした予測への取り組みや、雪崩・吹雪・着雪のリアルタイムハザードマップの高解像度化にも期待したい。同時に、雪氷災害と豪雨災害をまたぐような研究も今後重要度が増すと想定され、水土砂研究部門と連携した総合的対応も防災科研の強みを生かした取り組みとして実施を期待する。

本研究は、多層降水レーダや雪氷防災実験等の人工降雪施設等を有効に活用しているが、その維持管理だけでなく、データ処理系についても高度な専門知識を持った人材が必要であり、適切なメンテナンスと運用体制の確保のため、予算、人材面での配慮を期待したい。

4. その他

今後、マルチセンシングに基づく水災害予測技術の開発プロジェクトとの連携を期待する。特に、強風と突風は共通するテーマであり、降雪情報に加えてリアルタイムの風情報

も同時に配信できることを目指してほしい。また首都圏の観測では、共同観測、データの共有など効率化と相乗効果も期待される。

各種雪氷災害予測モデルは防災科研の独自性・優位性を発揮できるものであり、その基礎となる積雪深・積雪量の正確な評価は気象庁との連携等を通じ、高度化を期待する。

研究成果については、諸外国の動向も踏まえた国際的な位置づけを意識した説明を期待する。

5. 総合評価

A

本プロジェクトでは、いずれのサブテーマとも、ほぼ計画通りの進捗状況であり、将来的にすぐれた研究成果が期待できると判断する。

雪氷災害危険度の現状把握技術の開発では、レーダと地上の観測を組み合わせた高精度の降雪量分布推定手法が開発されるとともに、降雪種類や降雪量分布などの降雪・積雪に関する現況を詳細に測定・検知する雪氷災害のマルチセンシング技術の広域展開及びリアルタイム観測網の構築が首都圏を含め着実に進捗していると判断する。

雪氷災害の予測精度向上に向けた積雪・雪崩・吹雪および着雪に関する数値シミュレーションや面的予測の技術開発が進められるとともに、それらの適用範囲の広域化の研究が進展している点は評価する。特に吹雪の広域予測に関しては、研究成果と防災への取り組みが科学技術分野の文部科学大臣表彰の受賞で示されたように実社会の防災への大きな貢献に至っていると判断する。また、研究期間中に発生した那須の雪崩災害等の調査研究結果を反映することにより、災害の数値シミュレーションや面的予測手法の研究開発の加速につなげた点は高く評価する。

研究結果の社会実装にむけては、地震による雪崩のハザードマップや雪氷災害発生予測システムの研究が進むとともに、被災地や試験運用地域においてそれらが防災に役立てられており、道路・滑走路雪氷予測手法の高精度化の研究が進み、実用化に向けた取り組みがなされている点は高く評価する。さらに、総合的雪氷災害シナリオの作成及び防災への活用方法の検討にも着手されているため、今後は、実用化に向けてより一層の精度向上やユーザーフレンドリーな可視化システムの構築を進め、当初研究計画で想定された雪氷災害の軽減に貢献する技術開発の発展を期待する。

本プロジェクトでは、予測精度を高めるだけでなく、社会実装まで計画的に進めている点は高く評価する。また、近年の雪害にみられるように、首都圏にまでエリアを広げた研究への取り組みは、産業・経済活動、安全・安心な社会創出にも貢献するものとして意義があり、特許などにもつながっている点も評価できる。今後、さらなる社会実装の実現にむけ、高校や大学・大学院等も視野にいたした人材育成、他機関との連携、新たなテーマへの積極的挑戦も期待したい。

今後、特に取り組むべき項目は以下の通り。

- 「気象レーダの降雪強度推定手法の改良」については、気象庁での取り組みの違いを明確にしつつ相互の協力を検討していくこと。
- 「総合的雪氷災害シナリオ」の具体的なイメージを分かりやすく提示すること。
- 多様な雪氷現象のモデル間の連携を活かした予測への取り組みや、雪崩・吹雪・着雪のリアルタイムハザードマップの高解像度化を検討すること。
- 水・土砂研究部門と連携した総合的な研究開発への取り組みを検討すること。

＜参考：SABCD＞	
S	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、適正、効果的かつ効率的な業務運営の下で「研究開発成果の最大化」に向けて <u>特に顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出</u> の期待等が認められる。
A	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、適正、効果的かつ効率的な業務運営の下で「研究開発成果の最大化」に向けて <u>顕著な成果の創出や将来的な成果の創出</u> の期待等が認められる。
B	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」に向けて成果の創出や将来的な成果の創出の期待等が認められ、 <u>着実な業務運営</u> がなされている。
C	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」又は「適正、効果的かつ効率的な業務運営」に向けて <u>より一層の工夫、改善等</u> が期待される。
D	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」又は「適正、効果的かつ効率的な業務運営」に向けて <u>抜本的な見直しを含め特段の工夫、改善等</u> が求められる。

研究開発課題外部評価(中間評価)

報告書

プロジェクト名: 自然災害ハザード・リスク評価に関する研究

サブテーマ①: 地震及び津波のハザード・リスク情報ステーションの開発

サブテーマ②: 各種自然災害のハザード・リスク評価研究

サブテーマ③: リアルタイム被害推定・状況把握技術開発

サブテーマ④: 研究成果の地域展開・国際展開

評価委員会開催日: 2019 年 11 月 28 日(木)

評価委員一覧(◎: 委員長)

かぎや	はじめ	
鍵屋	一	跡見学園女子大学 観光コミュニティ学部 教授
きっかわ	としこ	
吉川	肇子	慶応義塾大学商学部 教授
さがら	としひろ	
相楽	俊洋	千葉市 総務局 危機管理監
たかだ	つよし	
◎高田	毅士	東京大学大学院工学系研究科 建築学専攻 教授
たなか	しげよし	
田中	重好	尚絅学院大学 社会部門 特任教授
のじま	のぶおと	
能島	暢 呂	岐阜大学 工学部 社会基盤工学科 教授
やまざき	のぼる	
山崎	登	国土舘大学 防災・救急救助総合研究所 教授
よしかわ	ただひろ	
吉川	忠 寛	株式会社防災都市計画研究所 代表取締役所長

1. 研究開発節目における目的の達成度の把握

○全体の進捗度

本プロジェクトは、全般的に計画に沿って順調に進捗している。

地震及び津波のハザード・リスク情報ステーションの開発については、従来からの研究蓄積、観測体制を生かした着実な進展がある。各種自然災害のハザード・リスク研究については、各種自然災害の評価を集約したマルチハザード・リスク評価手法の開発に取り組み、リスクマネジメントに資する共通リスク指標、自然災害事例のデータベース構築・マップとしての公開にも取り組んでいる点は評価できる。

リアルタイム被害推定・状況把握技術開発については、2016年熊本地震等での実践

的活用、マルチハザード・リスク評価のためのシミュレーションプラットフォームの構築に向けた取り組みが着実に進められている。

研究成果の地域展開・国際展開では、自治体・産業界等との連携による地域防災の実施・展開を目指した活動が行われたことは評価する。

一方、策定された第4期のロードマップにおいて、各実施項目のマイルストーンが明確に示されていることが重要と考える。

○各サブテーマの進捗度

サブテーマ①：地震及び津波のハザード・リスク情報ステーションの開発

本サブテーマは、全般的には計画に沿って順調に進捗している一方、一部には遅れも見られるが挽回可能であり全体の進捗には支障がないと判断する。

地震、津波のハザード・リスク情報では、研究の長い歴史があり、その歴史の上にたって着実な研究の進展がみられると判断する。熊本地震や本プロジェクト実施期間内に発した複数の地震災害による新たな研究課題への対応、地震調査研究推進本部 津波評価部会との連携の都合により、地震ハザード手法の高度化、全国を概観した津波ハザード評価の一部についての遅れが見られるものの、それらの研究課題への対応により得られた新たな知見を取り込む意義は大きく、遅れを取り戻すための取り組みがなされているため、立て直しが図れていると判断する。

地震ハザード・リスク評価については、防災科研が作成に大きく貢献した全国地震動予測地図や、地震動予測地図の公開システムである地震ハザードステーション J-SHIS などの情報提供が長年行われており、それぞれ自治体等においても活用されている点は高く評価する。本サブテーマでは、J-SHISを高度化した地震ハザード・リスク情報ステーションを開発、2019年度中の公開を予定しており有意義なものとして評価できる。

一方、津波ハザード・リスク評価に関しては、確率論的津波ハザード評価手法を開発しているものの、地震動ハザード評価とは異なる成果の出し方があると思われるため、結果の活用方法についての見通しを明確にすることを期待する。現状、地域防災計画への津波ハザード評価に関する記述は自治体ごとに異なり、全国的な基準ともなる津波ハザード評価の公表の必要性がある。ただし、公表にあたっては住民の不安やそれに対応する自治体職員等、ステークホルダーごとに適切な時期に適切な情報の提供を期待する。

サブテーマ②：各種自然災害のハザード・リスク評価研究

本サブテーマは、適切に進捗している。

マルチハザード・リスク評価手法の開発については、地すべり、風水害、土砂災害等の多様な自然災害のハザード・リスク評価手法を開発しており、複数のリスク量を定量化することで、レーダーチャートに指標化し表示する試みは評価できる。また、電力・通信・道路・水道などの社会インフラの脆弱性をリスク指標とすることは、自治体等からの二

ズも高く引き続き取り組んでほしい。

多様な自然災害の中から対象とするハザードの種類については、計画上明記することが必要であると同時にマルチハザード・リスク評価の結果をどう社会に生かすのかという実践的な問題においても、研究開発に並行して検討することを期待する。

災害事例マップの高度化については、市町村誌当の郷土資料からの事例抽出などにも取り組んでおり着実な成果として評価する。

サブテーマ③：リアルタイム被害推定・状況把握技術開発

計画に沿って順調に進捗している。

リアルタイム被害推定・状況把握技術開発については、災害対応の意思決定を支援するために、地震動を対象としたリアルタイム被害推定・状況把握システムを完成させただけでなく、2016年熊本地震を始めと実践的な場面での利活用実績を積んでいることも評価できる。さらに、災害発生時の早期被害状況把握は自治体からのニーズも高く、被害推定情報から実被害状況把握における実際のオペレーション上の連携への期待も大きい。本システムをマルチハザードに対応したシステムにするための課題は残っているものの、課題の明確化が行われている点は評価でき、今後の進捗には影響ないと判断する。また、クラウド型地震観測システムの開発も今後の防災にとって重要なテーマであり、今後の成果に期待する。

シミュレーションプラットフォーム構築については、マルチハザード・リスク評価手法の開発等、様々な成果を集約するもので遅れ気味が見受けられるものの、高潮ハザード評価や民間有識者へのヒアリング等に着手していることから、遅れを回復することは可能であり、全体の進捗には影響はないと判断する。

サブテーマ④：研究成果の地域展開・国際展開

本サブテーマは、適切に進捗している。

ハザード・リスク情報の実践的活用を官民共同で検討するコンソーシアムの設置、災害対応訓練への訓練データの提供を通じた成果の地域展開等を積極的に実施している点は、社会実装へ向けた取り組みとして高く評価する。こうした取り組みを安定化されるためには、社会全体との連携や社会の側の受け入れ態勢作りが必要であり、地域特性に応じた情報提供や人材育成など今後の検討を期待する。

国際展開については、地震ハザード・リスク評価の推進・活用を目的とする国際 NP0 組織である GEM (Global Earthquake Model) への参画や微動計測システムによる地盤特性評価に関する国際標準化活動へ取り組みなどが行われている点は評価できる。今後、戦略的な国際展開を目指すとともに、政府や民間企業と協働した一層の国際的な防災対策の実装化や国際協力に取り組んでほしい。

2. 研究開発の目的・目標等の妥当性

<必要性>**評価項目：**

- 科学的・技術的意義
- 社会的・経済的意義

科学的・技術的意義

本プロジェクトは、社会全体のリスク低減策の推進に資するため、最新の科学技術的知見に基づいてハザード・リスク評価に関する基礎情報を提供するものであり、その科学的・技術的意義は高い。浅部・深部統合地盤モデルの構築による工学分野への貢献、応答スペクトルの地震動ハザード評価は建築分野での活用の期待など、異分野への貢献も認められる点は評価できる。今後マルチハザード化していくためには、単一のハザード評価に加えて、複数のハザード間の相関、随伴性、因果関係も考慮に入れた検討を期待する。

いずれのサブテーマも理学的研究をベースとしているが、リスク情報が生み出す社会的効果を考慮し、研究開発の過程でフィードバックすることが必要であると同時に R&D 的な新規分野の開拓にも挑戦することを期待する。

社会的・経済的意義

ハザード評価を踏まえたリスク評価、リスクマネジメント手法の研究開発及びリアルタイム被害推定技術は、地域特性に応じた防災対策を実現し社会全体の防災力を高めることにもつながり高い社会的・経済的意義がある。また、様々なテクノロジーの発展により災害対策に必要な技術も多様化しており、地域展開を通じた研究成果の提供による各企業や自治体等への貢献も評価できる。ただし、十分な効果を発揮するためには、展開の対象となる社会的条件をしっかりと捉える専門家の関与が必要である。

<有効性>**評価項目：**

- 見込まれる成果・効果
- その他の波及効果の内容等

見込まれる成果・効果

地震ハザードステーションを始めとする情報プラットフォームの取り組みが、津波を含めたハザード・リスク情報ステーションやリアルタイム地震被害推定情報に発展されつつあることは高く評価できる。災害対策における本研究の成果や効果については、熊本地震を始めとする複数の災害でもすでに確かめられている点は評価できる。

今後は、社会的ニーズと防災科研の考えるシーズの明確化しつつ人材育成等、新しい挑戦を期待する。

その他の波及効果の内容等

定期的に更新している確率論的地震動予測地図は、既に地震保険料率の見直し等に活用されている点は評価できる。津波ハザード評価が公表されることで、国・自治体を始めとする防災関係機関の各種対策に活用されることも社会実装につながるものとして評価できる。また、リアルタイム地震被害想定情報は、基盤的防災情報流通ネットワーク(SIP4D)及び防災科研クライシスレスポンスサイト(NIED-CRS)等を通じて府省庁・民間企業等へ提供され、実践的な活用もすでに行われている点は高く評価する。

今後の課題としては、社会的ニーズと防災科研の考えるシーズの明確化が挙げられると共に、本研究の成果である様々なリスク情報が提供されたときに、社会・地域・個人・事業所などの様々な社会的主体ごとに、リスク情報をどのように受け取り、どのように防災対策へ活用するのかを検討することも期待する。

3. 研究開発の進め方及び研究資金・人材等の研究開発資源の妥当性

<効率性>

評価項目：

- 計画・実施体制の妥当性・効率性

(他機関との連携・役割分担の明確化の取り組み、研究開発資源の再配分等)

最新の科学技術的知見に基づく、全国規模かつ幅広いタイムスケールの情報プラットフォームの構築は、わが国の各種自然災害ハザード・リスクに関する基盤的研究をリードする防災科研ならではの取り組みとして評価する。特に、マルチハザードを対象とした各種システムは一般ユーザーからリスクマネジメント主体まで、受益者が広範かつ多数に及ぶため、極めて効率的な技術開発であると判断する。

また、統一的なデータベース構築(統一基準による震源モデルや強震動データベースの構築等)は、国内研究機関の学術的基盤としてわが国全体の研究開発に大きく貢献するものであるため、今後より一層の強化を期待する。

リアルタイム被害推定・状況把握システムの社会実装に向けては、必要な基盤データ整備に関する労務負担も大きく、安定的・持続的な運用体制の構築が重要課題であり、防災システムの社会実装を担う中核的機関のプロジェクトとして、今後、大学等との連携、重点的人員・予算の配置を期待する。

4. その他

本研究はサブテーマ相互の関連性が深いために、サブテーマ間の関連性分かりやく提示することを期待する。

5. 総合評価

A

本プロジェクトでは、津波・地震を始めとする自然災害のハザード・リスク評価及びリアルタイム被害推定・状況把握技術開発が行われ、それらの地域展開・国際展開を通じた社会実装に向けた取り組みも実施されており、顕著な成果の創出への期待が認められる。また、それらの学術的基盤をなす科学技術論文も多数公表されている点は、卓越した研究業績として評価する。

自然災害によるハザード・リスク評価は、災害対応全般において有用かつ必須であり、現在の防災上の課題を踏まえて社会に役立つ研究を進めようとする姿勢は高く評価できる。リスクをマネジメントするという姿勢を基本に、今後は、科学を防災へ生かすという社会的要請に答えるためにも、社会の科学への正しい理解を促進するような情報提供を期待するとともに、社会全体からの検討も期待する。

最後に、研究には「人、モノ、資金」が必須であるが、様々な制約条件の下で研究の効率化についても何らかの検討を期待する。

今後、特に取り組むべき項目は以下の通り。

- 「津波ハザード・リスク評価」については、確率論的津波ハザード評価手法の開発成果の活用方法の見通しを明確にすること。
- 「各種自然災害のハザード・リスク評価研究」については、マルチハザード・リスク評価の結果をどう社会に生かすのかという実践的な問題を検討すると共に、ハザード間の相関・随伴性及び因果関係も考慮に入れた検討を行うこと。
- 「研究成果の地域展開・国際展開」については、我が国の防災科学技術の国際標準化を推進すると共に、諸外国における防災科学技術のうち日本においても有用なものを取り入れ、国内の関係機関への情報提供を検討すること。また、一方的な技術中心主義的な展開に陥らないよう、それぞれの社会に置かれている状況やニーズを的確に把握する専門家と連携し、地域的、国際的な展開を期待する。
- 「リアルタイム被害推定・状況把握技術開発」については、プラットフォーム概念に対する取り組みを検討すること。
- リスク情報が生み出す社会的効果を考慮し、研究開発の過程でフィードバックするとともに、引き続き様々な民間企業や自治体等とリスク評価の在り方を検討すること。
- 社会的ニーズと防災科研の考えるシーズの明確化に取り組むこと。

＜参考：SABCD＞	
S	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取り組み等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、適正、効果的かつ効率的な業務運営の下で「研究開発成果の最大化」に向けて <u>特に顕著な成果の創出</u> や <u>将来的な特別な成果の創出</u> の期待等が認められる。
A	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取り組み等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、適正、効果的かつ効率的な業務運営の下で「研究開発成果の最大化」に向けて <u>顕著な成果の創出</u> や <u>将来的な成果の創出</u> の期待等が認められる。
B	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取り組み等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」に向けて成果の創出や将来的な成果の創出の期待等が認められ、 <u>着実な業務運営</u> がなされている。
C	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取り組み等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」又は「適正、効果的かつ効率的な業務運営」に向けて <u>より一層の工夫、改善等</u> が期待される。
D	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取り組み等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」又は「適正、効果的かつ効率的な業務運営」に向けて <u>抜本的な見直しを含め特段の工夫、改善等</u> が求められる。

研究開発課題外部評価(中間評価)

報告書

プロジェクト名: 自然災害情報の利活用に基づく災害対策に関する研究

サブテーマ①: 防災情報プロダクツ生成技術の研究開発

サブテーマ②: 情報を利活用した防災ソリューションの研究開発

評価委員会開催日: 2019 年 11 月 28 日(木)

評価委員一覧(◎: 委員長)

かぎや	はじめ	
鍵屋	一	跡見学園女子大学 観光コミュニティ学部 教授
きっかわ	としこ	
吉川	肇子	慶応義塾大学商学部 教授
さがら	としひろ	
相楽	俊洋	千葉市 総務局 危機管理監
たかだ	つよし	
◎高田	毅士	東京大学大学院工学系研究科 建築学専攻 教授
たなか	しげよし	
田中	重好	尚絅学院大学 社会部門 特任教授
のじま	のぶおと	
能島	暢 呂	岐阜大学 工学部 社会基盤工学科 教授
やまざき	のぼる	
山崎	登	国土舘大学 防災・救急救助総合研究所 教授
よしかわ	ただひろ	
吉川	忠 寛	株式会社防災都市計画研究所 代表取締役所長

1. 研究開発節目における目的の達成度の把握

○全体の進捗度

本プロジェクトは、全般的に計画に沿って順調に進捗しており、一部には計画以上の進展も認められた。

災害対応時の情報共有のための情報プラットフォームの研究開発に取り組み、実災害での成果を反映しながら、自治体や地域コミュニティなど地域防災の主体が災害予防から、応急・復旧・復興対策を実施するうえで、活用可能な災害情報プラットフォームや防災ソリューションの社会実装を進めている。

一方、策定されたロードマップにおいて、各実施項目のマイルストーンが明確に示されることを期待する。

○各サブテーマの進捗度

サブテーマ①：防災情報プロダクツ生成技術の研究開発

本サブテーマは、全般的に計画に沿って順調に進捗しており、一部には、計画以上の進展も認められた。

総合科学技術・イノベーション会議が推進するSIP(戦略的イノベーション創造プログラム)の下で構築されてきた SIP4D(基盤的防災情報流通ネットワーク)を基盤としながら、多くの成果を上げている点は高く評価できる。災害発生後の災害対応情報発信のための情報プラットフォーム「防災科研クライシスレスポンスサイト(NIED-CRS)」を開発し、公開対象に応じて異なった2つの活用形態(完全公開・限定公開)で公開している点も評価する。

内閣府防災との連携により構築した災害時情報集約支援チーム(ISUT)が本格運用され、中核メンバーとして活動し、災害時の情報共有・利活用の体制が確立されつつあることは、自治体等からの評価も高い。SIP4D で収集した観測・予測情報と災害対応情報との2つの情報コンテンツを統合処理し可視化するシステムを開発した点も、防災科研の社会的評価を高めていると判断される。また、発災後に発信される災害関連情報を網羅的に収集するための自動巡回システムを開発し、情報収集の自動化を推進した点は、各種コンテンツから情報プロダクツを迅速かつ効率的に可視化できるように社会実装したものとして高く評価する。

さらに、これらの成果を、2016年熊本地震を始めとした5つの地震・気象災害の被災地に適用、実フィールドでのシステムの評価検証、課題抽出を進めただけでなく、被災地での災害対応の支援に貢献したことも高く評価する。

同時に、平時(予防期)のデジタル防災情報ライブラリの構築も進めており、各種研究開発は順調に進んでいると判断できる。

一方、実フィールドでの評価検証・課題抽出の結果が、どのように研究開発へフィードバックされたのかが不明確であり、今後の取り組みへの反映を期待したい。その際、防災情報プロダクツの定義、具体的マイルストーンの分かりやすい提示も期待したい。

サブテーマ②：情報を利活用した防災ソリューションの研究開発

本サブテーマは、計画に沿って順調に進捗している。

災害対策の現場との協働的アプローチのもと、地域防災上の課題発見を可能にし、情報の利活用に基づくことで、地域防災上の課題解決対策技術を開発しようとする「新しい試み」は高く評価できる。

市町村を対象とした取り組みとして、全国の基礎自治体ごとに自然・社会・災害種類の3つの特性を基準にしたレジリエンスの独自評価と相対評価を実施、自治体防災対策チェックリストを活用した防災対策状況のモニタリング、モニタリング結果を「地域防災 Web」上で試験公開した点は、地域特性に応じた防災対策の推進に大きく寄与するものであり高く評価する。

また、地域コミュニティを対象とした「参加型防災対策実践手法」の研究開発では、地

域コミュニティの自発的な防災活動として地区防災計画が、自治体等が定める地域防災計画の中に定められているかを調査・課題を抽出し、地域協働型の地区防災計画作成支援に向けた数々の取り組みを実施したことは、内閣府のモデル事業への貢献もあり高く評価する。災害時のガバナンス構築や評価手法の確立に対する基礎自治体からのニーズは高く、地域防災計画作成支援の方法論の充実など本プロジェクトの成果への期待は高い。また、地域防災力向上に活用可能な情報を地域防災計画、教訓集、記録集等から抽出する自然言語処理の研究開発にも取り組んでいることも評価できる。

一方、本サブテーマでは行政機関やコミュニティなど広義の社会を対象としており、対象の絞り込みや分かりやすい成果の提示についても検討を期待したい。

2. 研究開発の目的・目標等の妥当性

<必要性>

評価項目：

- 科学的・技術的意義
- 社会的・経済的意義

科学的・技術的意義

急速に開発が進む情報科学技術を防災対策へ活用することは、科学技術の重要な活用方法であり、そうした技術の進歩をどう防災対策に生かしていくかを検討することは急務の課題である。本プロジェクトは、防災科学と情報科学の融合的アプローチにより、自然災害に関する予防期・対応期における情報共有・利活用のための情報プラットフォーム構築を目指すものであり、レジリエントな社会実現のために、その必要性は極めて高く評価される。今後、実際の情報プラットフォームが災害対応の現場でどのように・何が役立ったのかを検証し、本研究開発に反映していくことを期待する。

本プロジェクトの災害対応の現場との協働的アプローチによる防災対策状況チェックシート、地区防災計画作成支援当は、大規模災害における自助・共助の観点からも重要な手法であると評価する。一方、研究としての位置づけに関して分かりにくい点が多く、新規性や方法論・目標を分かりやすく提示していく必要がある。

社会的・経済的意義

SIP 4Dの開発、NIED-CRSの開発運用、ISUTの本格運用などの科学的技術的優位性をいかして、実災害の適用に災害時の社会的経済的被害の減少に大きく貢献している点は、社会的・経済的意義は高い。さらに災害対応におけるガバナンス、標準的手法の確立とそれに基づき運用する組織や人材の育成は、災害対応における社会的ニーズとも合致していると高く評価する。

<有効性>**評価項目：**

- 見込まれる成果・効果
- その他の波及効果の内容等

見込まれる成果・効果

情報統合の段階では、情報発信者間でフォーマットが不揃いであることが障壁となり、個別機関での対応は非効率的かつほぼ不可能であるが、NIED-CRS が各種の情報の再編・統合機能を有し障壁を克服している点は高く評価できる。

地域防災 Web、防災対策状況チェックリスト及び地区防災計画作成支援など防災実務支援に関する取り組みが、実際の災害現場での活用及び社会実装へ顕著な成果の創出として高く評価する。

また自然災害情報の利活用に基づく災害対策では、予防から減災、復旧・復興までを支援する技術として社会実装するとともに、併せて災害対策におけるガバナンスの構築や標準的手法の確立などによりその成果が大いに期待できるものと評価する。

今後、防災に係わる様々な社会的主体のどの主体に対してどういう情報が、こういった災害の時に有効なのかを実証的に検証することを期待する。加えて、共同研究の成果と本プロジェクトの成果の明確化も期待する。

その他の波及効果の内容等

自然災害情報の活用により、災害時の被害予測・予防・軽減が図られることで、本当に公助（行政による救助や支援）が必要な緊急・応急対応に限られた人的資源を集中投入できるなど、公助における効率的な災害支援が期待できる点は、高く評価できる。

3. 研究開発の進め方及び研究資金・人材等の研究開発資源の妥当性**<効率性>****評価項目：**

- 計画・実施体制の妥当性・効率性
（他機関との連携・役割分担の明確化の取り組み、研究開発資源の再配分等）

少人数の研究グループながら多くの成果を上げていることは高く評価できる。

防災科研クライシスレスポンスサイト（NIED-CRS）は、今後の情報コンテンツの充実とリアルタイム性の向上によって、これまでどこにも実現できなかったリアルタイムな災害ポータルとしての役割を果たすことが期待でき、防災科研ならではの取り組みとして評価する。災害対応機関の災害対応の迅速化・効率化に貢献するだけでなく、一般への公開を通

じた市民への情報提供も行っており、知名度向上・社会全体への利活用の拡大を促進しつつ、情報プラットフォームに関する技術開発を一層強化すべき重点課題と高く判断する。また、地域特性に応じた行政と市民の連携強化の実現に向けた災害情報の利活用の必要性は今後ますます高まることから、自治体等防災関係機関のみならず自主防災組織などの人材育成も視野に入れた研究開発を期待する。

複数の外部資金プロジェクトが継続的に運用されている点は高く評価する。今後、それらの研究成果を統合化・高度化することで得られる効果は極めて大きく、そのための安定的・持続的な運用体制を構築することが重要課題であると判断する。さらに、本プロジェクトの研究者は理系・工学系に偏っていることから、今後は文系研究者・職員の関与も研究テーマの遂行上必要であるため、関係機関との連携を保ちながら防災システムの社会実装を担う中核的機関のプロジェクトとして、人員・予算に重点的配置を期待する。

4. その他

研究成果として、各自治体等からのフィードバックも非常に重要な要素であり、明示することを期待する。

5. 総合評価

S

本プロジェクトでは、社会全体の災害予防力・対応力・回復力の向上に資する「統合化防災科学情報プラットフォーム」の構築に向けて様々なシステムを立ち上げ、多岐にわたる研究開発が行われるとともに社会実装に向けた取り組みが行われており、特に顕著な成果の創出への期待が認められる。外部資金プロジェクトとの連携により、各成果が一層効果を発揮し災害対策推進と社会全体のレジリエンス強化につながることを期待できる。同時に、研究開発の成果の受け手に対する影響や効果を十分に検討し、ユーザからのフィードバックを今後の研究に反映させることが必要である。

災害時の基盤的防災流通ネットワーク SIP4D、災害情報プラットフォーム NIED-CRS、I 災害時情報集約支援チーム ISUT への貢献等、本プロジェクトの成果は、多くの災害対応で活用され、その有効性は高く評価されている。また、災害対応におけるガバナンス構築、標準的手法（SOP: Standard Operating Procedure）の普及、連携強化による地域防災力強化に対する自治体からのニーズは高く、今後の取り組みへの期待も大きいと判断する。

最後に、研究には「人、モノ、資金」が必須であるが、様々な制約条件の下で研究の効率化についても何らかの検討を期待する。

今後、特に取り組むべき項目は以下の通り。

- 「防災情報プロダクツ生成技術の研究開発」については、実フィールドでの評価検証、課題抽出の結果の研究開発へのフィードバックを明確にすること。
- 「防災情報プロダクツ生成技術の研究開発」防災情報プロダクツの定義、具体的マイルストーンの分かりやすい提示すること。
- 「情報を利活用した防災ソリューションの研究開発」では、対象の絞り込みや分かりやすい成果の提示について検討すること。
- 研究としての位置づけについて、新規性や方法論・目標について分かりやすく提示するとともに、共同研究との住み分けを明確にすること。
- 防災に係わる様々な社会的主体のどの主体に対して、どのような情報がどういった災害の時に有効なのかを実証的検証を検討すること。
- 自主防災組織などの人材育成も視野に入れた研究開発を期待したい。
- 研究テーマの遂行に鑑み、文系研究者・職員のさらなる関与も検討すること。

＜参考：SABCD＞	
S	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、適正、効果的かつ効率的な業務運営の下で「研究開発成果の最大化」に向けて <u>特に顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出</u> の期待等が認められる。
A	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、適正、効果的かつ効率的な業務運営の下で「研究開発成果の最大化」に向けて <u>顕著な成果の創出や将来的な成果の創出</u> の期待等が認められる。
B	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」に向けて成果の創出や将来的な成果の創出の期待等が認められ、 <u>着実な業務運営</u> がなされている。
C	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」又は「適正、効果的かつ効率的な業務運営」に向けて <u>より一層の工夫、改善等</u> が期待される。
D	研究所の目的・業務、中長期目標等に照らし、研究所の活動による成果、取組等について諸事情を踏まえて総合的に勘案した結果、「研究開発成果の最大化」又は「適正、効果的かつ効率的な業務運営」に向けて <u>抜本的な見直しを含め特段の工夫、改善等</u> が求められる。