

令和4年度

戦略的イノベーション創造プログラム（S I P）第2期
プログラムディレクター（P D）の自己点検結果報告書
（S I P第2期 最終成果報告書）

課題名：国家レジリエンス（防災・減災）の強化

2023年 3月 29日

目次

1 課題全体の概要と課題目標の達成度	5
(1) 課題全体の概要・目標	5
(2) 課題目標の達成度	6
① 国際競争力	6
② 研究成果で期待される波及効果	8
③ 達成度 (1)	13
④ 達成度 (2)	17
⑤ 知財戦略, 国際標準化戦略, 規制改革等の制度面の出口戦略	19
⑥ 成果の対外的発信	21
⑦ 国際的な取組・情報発信	21
2 各研究テーマの概要と課題目標の達成度	22
(1) テーマⅠ: 避難・緊急活動支援統合システムの研究開発	22
1) 研究内容	22
2) 技術的目標	23
3) 課題目標の達成度	24
① 国際競争力	24
② 研究成果で期待される波及効果	25
③ 達成度 (1)	26
④ 達成度 (2)	31
⑤ 知財戦略, 国際標準化戦略, 規制改革等の制度面の出口戦略	36
⑥ 成果の対外的発信	37
⑦ 国際的な取組・情報発信	38
(2) テーマⅡ: 衛星データ等即時共有システムと被災状況解析・予測技術の開発	40
1) 研究内容	40
2) 技術的目標	40
3) 課題目標の達成度	41
① 国際競争力	41
② 研究成果で期待される波及効果	42
③ 達成度 (1)	43
④ 達成度 (2)	48
⑤ 知財戦略, 国際標準化戦略, 規制改革等の制度面の出口戦略	52
⑥ 成果の対外的発信	52

⑦ 国際的な取組・情報発信	53
(3) テーマⅣ：災害時や危機的渇水時における非常時地下水利用システムの開発	54
1) 研究内容	54
2) 技術的目標	54
3) 課題目標の達成度	55
① 国際競争力	55
② 研究成果で期待される波及効果	56
③ 達成度（1）	57
④ 達成度（2）	61
⑤ 知財戦略，国際標準化戦略，規制改革等の制度面の出口戦略	64
⑥ 成果の対外的発信	64
⑦ 国際的な取組・情報発信	65
(4) テーマⅤ：線状降水帯の早期発生及び発達予測情報の高度化と利活用に関する研究	66
1) 研究内容	66
2) 技術的目標	66
3) 課題目標の達成度	68
① 国際競争力	68
② 研究成果で期待される波及効果	69
③ 達成度（1）	69
④ 達成度（2）	76
⑤ 知財戦略，国際標準化戦略，規制改革等の制度面の出口戦略	78
⑥ 成果の対外的発信	79
⑦ 国際的な取組・情報発信	79
(5) テーマⅥ：スーパー台風被害予測システムの開発	81
1) 研究内容	81
2) 技術的目標	81
3) 課題目標の達成度	83
① 国際競争力	83
② 研究成果で期待される波及効果	84
③ 達成度（1）	85
④ 達成度（2）	93
⑤ 知財戦略，国際標準化戦略，規制改革等の制度面の出口戦略	97
⑥ 成果の対外的発信	98
⑦ 国際的な取組・情報発信	99

(6) テーマⅦ：避難判断・訓練支援等市町村災害対応統合システムの開発.....	101
1) 研究内容.....	101
2) 技術的目標.....	101
3) 課題目標の達成度.....	102
① 国際競争力.....	102
② 研究成果で期待される波及効果.....	102
③ 達成度（1）.....	103
④ 達成度（2）.....	114
⑤ 知財戦略，国際標準化戦略，規制改革等の制度面の出口戦略.....	114
⑥ 成果の対外的発信.....	114
⑦ 国際的な取組・情報発信.....	115
3 課題マネジメント.....	116
① Society5.0の実現を目指すもの.....	116
② 社会実装を実現するためのマネジメント体制が構築されていたか.....	116
③ 研究テーマに対する評価，マネジメントが適切に実施されていたか.....	117
④ 民間から適切な負担を求めていたか，官民の役割分担が適切になされていたか.....	117
⑤ マッチング額が十分に計上されていたか.....	117
⑥ 府省連携が不可欠な分野横断的な取り組みとして実施されていたか.....	118
⑦ S I P第2期で実施する他の課題との連携が適切に図られていたか.....	119
⑧ その他.....	120

1 課題全体の概要と課題目標の達成度

(1) 課題全体の概要・目標

大規模地震災害は国家的危機とも位置付けられ、また火山噴火災害も同様である。さらに気候変動により風水害は激甚化する傾向にあることも指摘されている。このような大規模災害と風水害に対するため、政府と市町村の対応力の強化が望まれている。そのためには近年の災害で露見した防災・減災に関わる課題（発災後の初動の重要性と低い避難率）を解決するとともに、国土強靱化の推進の他、南海トラフ地震の防災対策（南海トラフ地震で想定される死者 33 万人超の被害を、8 割以上削減）等に関する政府計画を確実に実施することが必要である。これは最先端 ICT を活用した、災害時に最善の対応が自律的にできる社会（災害時の Society 5.0）の構築につながる。

上記を背景に、本課題では、防災に関する政府計画（国土強靱化基本計画、南海トラフ地震防災対策推進基本計画、首都直下地震緊急対策推進基本計画、気候変動適応計画、水循環基本計画など）の実施に必要な主要な研究開発項目の全てに対し、実用に供し得るレベルでの最先端 ICT を利用する防災・減災技術を研究開発し、社会実装の目処を付けることにより、国家レジリエンス（防災・減災）を強化することを目標とした。

具体的な事業終了時のアウトプット目標としては、災害・被害の予測情報を生成・共有する国向けの「避難・緊急活動支援統合システム」と、地域特性を踏まえて国のシステムとリンクする「市町村向けの災害対応統合システム」の構築としている。それぞれのシステムの詳細は下記の通りである。

○避難・緊急活動支援統合システム

- ・大規模災害を念頭に、災害時の社会動態把握や、衛星等を活用した被害状況の観測・分析・解析を、政府の防災活動に資するよう発災後 2 時間以内に迅速に行える技術
- ・激甚化する風水害を念頭に、スーパー台風と線状降水帯について、広域応急対応や避難行動等に活用できるよう、必要なリードタイムや確からしさを確保して予測する技術

○市町村災害対応統合システム

- ・短時間で災害・被害のデータを解析し、避難対象エリアの指定や避難勧告・指示のタイミングを判断するために必要な情報を自動抽出する情報処理技術

なお、政府の避難・緊急活動支援統合システムは、その要素となる 5 つのシステムを有する。各システムは単独でも利用できるものとし、システムを利用する関係府省庁への個別の実装も進める。さらに、市町村の統合システムは国の統合システムと連動する。

■ 大規模災害時のSociety 5.0の実現のための、国家レジリエンス強化

- 災害の予測情報を生成・共有する国向けの避難・緊急活動支援統合システム
- 国のシステムと連動し地域特性を入れた市町村向けの災害対応統合システム

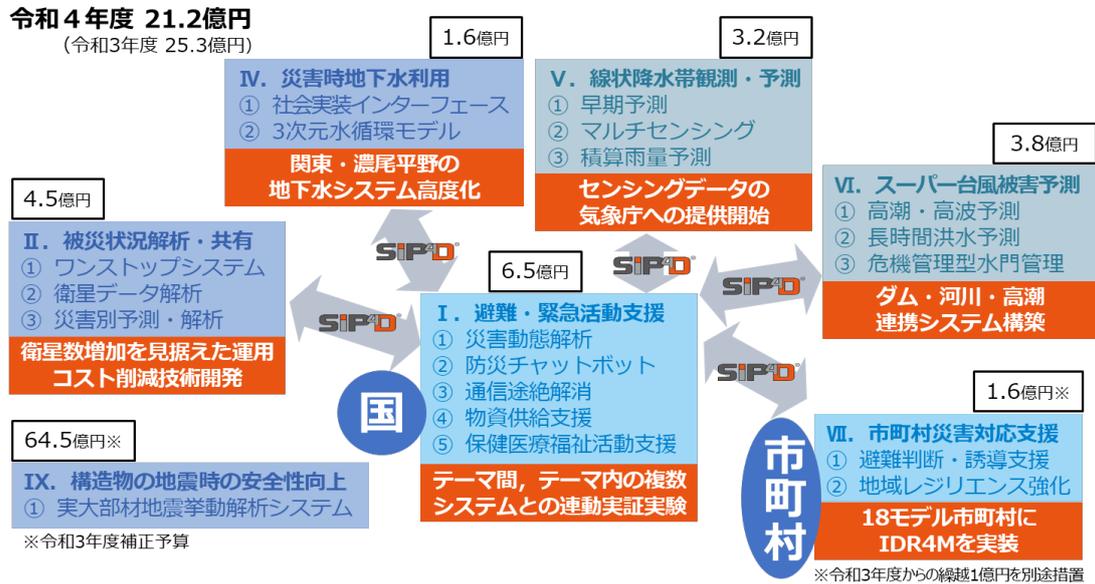


図1 研究開発の全体像

事業終了時点のアウトカム目標は、将来の大規模災害に対し、国民の安全・安心と、我が国の国際プレゼンス・産業力を確保することに貢献することである。具体的には、一人ひとりの避難を確実にし、逃げ遅れによる死者ゼロを目指す研究開発を行うとともに、広域経済を早期に復旧することで、被災者がいち早く通常の生活に戻ることができる社会を実現する。また南海トラフ地震や首都直下地震の基本計画、気候変動の影響への適応計画等、防災に関する政府計画を着実に実施することにより、国家レジリエンス（防災・減災）を強化することで、諸外国からの信頼を維持する。さらに広域経済の早期復旧支援に関する技術の開発により、いかなる事態が発生しても機能不全に陥らない経済社会システムの確保を目標とし、各企業と所属する地域社会が協働して取り組むことによって投資を効率化しつつ大規模災害時における我が国産業の事業継続（人材確保、サプライチェーン確保等）を達成することに貢献する。上記の他、本SIPで開発する研究開発成果は、大規模自然災害の脅威にさらされている他の国々の防災戦略のモデルとして参考となるもので、とりわけ経済発展が著しい一方で多種多様な災害に見まわれるアジア圏諸国への技術移転に貢献する。また、防災を取り巻く産業発展のため、技術開発を進めるに当たっては、「協調領域」を設定し「競争領域」と峻別するオープン・クローズ戦略を立案する。

(2) 課題目標の達成度

① 国際競争力

各テーマにおいて社会実装に当たって主要となる要素技術に関して、令和2年

度から令和3年度にかけてグローバルベンチマーク調査を行い、国際的な位置づけを明確にした。その結果、いずれのテーマも、具体的な機能において『他国のシステムよりも優位』、もしくは『世界で唯一』であることを再確認した(表1)。

	対象技術	比較数 (国・地域)	概要
I	SIP4D/CPS4D	3 (US, KR, TW)	日本の防災の現状や体制等に適合し、動態に基づく早期活動異常検知・組織間連動という 他国に無い機能を社会実装 している。
II	ワンストップシステム	2 (US, EUR)	予測情報に基づくピンポイント観測の実施、解析結果の迅速提供、予測シミュレーション参照の一連の機能がEnd-to-Endで流れるシステムは、 世界で唯一 。
IV	水循環モデル+地盤沈下計算	4 (US, EUR, CA, UK)	モデルによる計算精度は高精度を有し、機能性能の水準は 既存のモデルよりも優位 。
V	水蒸気観測+線上降水帯予測システム	1 (気象庁)	気象庁の点における水蒸気観測に比べて空間代表性が高い水蒸気観測と予測モデルの組み合わせによる高頻度リアルタイム予測の技術は SIP独自 。
VI	長時間/広域洪水予測システム	4 (US, EUR, 全球, AUS)	予測時間、アンサンプル数、時空間分解能に関して、 他国のシステムより優位 。
	統合ダム防災支援システム	8 (US, EUR, CA, 他)	予測時間、アンサンプル数、時空間分解能に関しては、 他国のシステムより優位 。複数ダムの統合操作システムは 世界で唯一 。
VII	IDR4M	11 (US, EUR, CA, 他)	AIを活用しハザードと脆弱性を統合することで避難のリスクを評価し、避難判断の意思決定をサポートするシステムは 世界で唯一 。

表1 グローバルベンチマーク調査結果概要

さらに、作成したグローバルベンチマークの結果を基に、独自性・革新性に焦点を絞り国際基準視点からの技術評価を行うために、海外の専門家6名(表2)によるオンラインの国際評価会を2021年12月1日、8日の二日間開催した。

氏名	国	所属
Gordon A. McBean	カナダ	Professor. Emeritus, Geography and Environment, Western University, London, Ontario
Herndon, Roy L	カナダ	Chief. Hydrogeologist at the Orange County Water District
YU Zhongbo	中国	Director. State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Hohai University
CHEN Liang-Chun	台湾	Adjunct Professor. National Taiwan University, Institute of Architecture, Urban and Rural Studies
Gordon Well	アメリカ	Program manager for the Mid -American Geospatial Information Center (MAGIC) , A member of the Texas Governor's Emergency Management.
LEE, GyuWon	韓国	Professor. College of Earth System Sciences, Kyungpook National University (KNU), Center for Atmospheric REmote sensing(CARE), KNU

表 2 国際評価会における専門評価委員

表 3 に国際評価会の結果を示す。評価結果は全てのテーマの技術に関して S 並びに A となり、我々が実施したグローバルベンチマークを支持する結果となった。

	対象技術	評価	概要
I	SIP4D/CPS4D	A	災害リスク管理のためのデータ収集と効果的な情報活用のための知的アプローチは 独自性 がある。
II	ワンストップシステム	A	本システムは、非常に ユニークで革新的 なもので、ベストプラクティスの主要な例となる可能性がある。
IV	水循環モデル+地盤沈下計算	A	地表と地下の流体の流れを完全に結合して扱う 世界初の実用的なシミュレータ であるため、 独自性 を有する。
V	水蒸気観測 + 線上降水帯予測システム	S	地上デジタル放送波による水蒸気観測技術は ユニークかつ安価 であり、水蒸気観測の予測モデルへの統合は ユニーク な取り組みである。
VI	長時間/広域洪水予測システム	S	非常に細かい解像度で全国規模の水理・水文モデル予測を迅速に行うために必要な高性能計算は、 世界最高レベル 。
	統合ダム防災支援システム	A	洪水モデリングとダム容量の最適化、複数ダムの最適支援に先端解析を利用するというアプローチは 革新的 。
VII	IDR4M	A	将来のベストプラクティスシステムとして 国際的に注目 される。

表 3 国際評価会の評価結果

② 研究成果で期待される波及効果

災害時には災害対応組織が同時並行で活動する。その際、組織間で状況認識が統一されていなければ、災害対応全体は最適化しない。そこで必要となるのが組織間での情報共有である。SIP 第 1 期から研究開発・高度化を進めてきた基盤的

防災情報流通ネットワーク（SIP4D）は、実装した二つの技術と災害対応現場への直接的適用により、効率的な情報共有と効果的な災害対応を実現した（図 2）。SIP4D の自動変換技術により、各種情報システム間のデータ形式変換を自動化・仲介するとともに、論理統合技術により、同種データを論理的に統合し、最大限現実に近い情報を共有することで、組織間情報共有におけるシステム接続を効率化した。これを災害対応現場に直接的に適用することにより、組織間情報共有及び SIP4D の有効性を実証するとともに、これを活用するための支援組織の必要性が生まれ、2019 年の災害時情報集約支援チーム（ISUT）の本格運用に結実した。SIP4D で共有される複数の情報は重畳することで様々な組織の活動や意思決定で効果を発揮した。更に、SIP4D で流通する情報の増加と安定化により、情報共有から動的処理による新たな情報生成へと発展している。

SIP 第 2 期では、SIP4D と都道府県防災情報システムの接続を進めてきた。2023 年 1 月時点で、22 府県のシステムと接続が実現し、さらに 8 都道県と接続に向けた調整を行っている。防災基本計画修正において、SIP4D が位置づけられた結果、都道府県の防災情報システムと SIP4D との接続がますます加速することが期待される（図 3）。

府省庁等の防災関連組織間での、仲介型の「情報共有」を実現



SIP4Dが可能とする情報共有の手間の削減量

情報伝達共有に必要な作業時間

平成30年7月豪雨での試算：1000人の防災担当職員，共通状況図の作成と共有

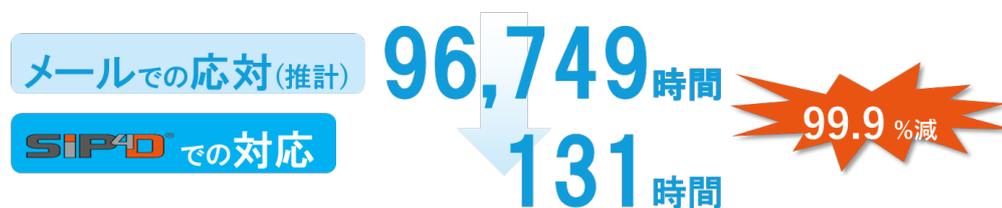


図 2 SIP4D の概要

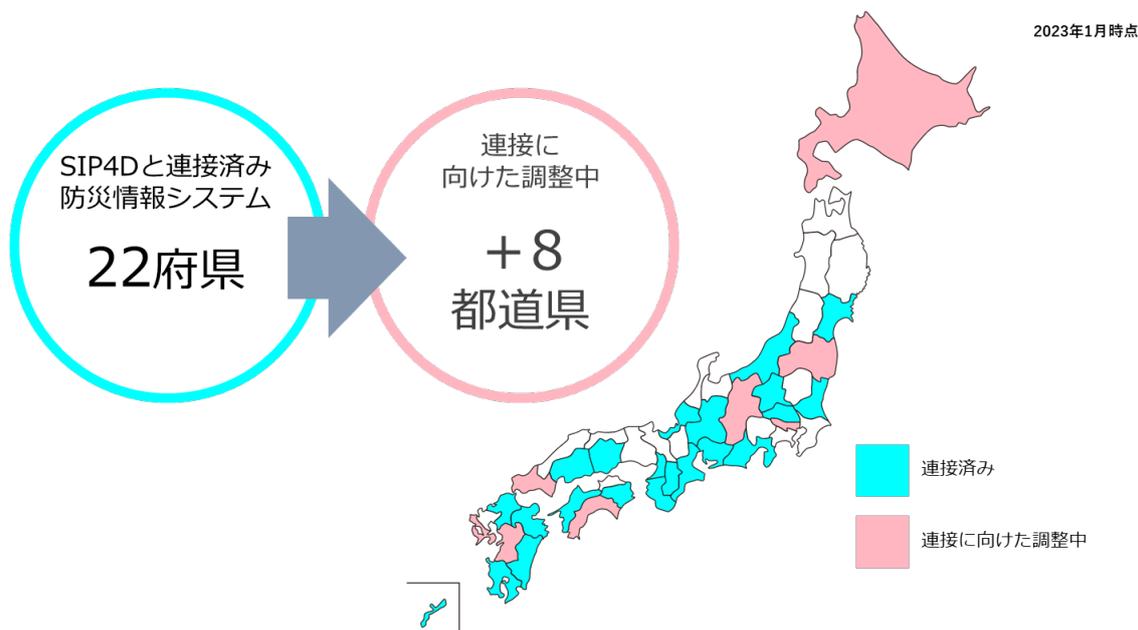


図3 SIP4D と都道府県防災情報システムの接続状況

SIP4D を支える情報システムの一つに、衛星リモートセンシングを利用した、広域被災状況を把握するシステム、衛星ワンストップシステムがある。大規模災害発災後、リモートセンシングのデータを取得し、被災状況を解析し、その結果を共有できるようにすることを目的としている。極めて挑戦的・野心的な研究開発であり、適切な条件が満たされれば、災害対策本部が設置された直後に広域被災状況を把握できることを最終目標としている。

衛星リモートセンシングの防災利用は今に始まったことではない。しかし、実利用は容易ではなかった。これは、衛星の数が限られていることが最大の理由である。国・民間での多数の衛星が打ち上げられ、この問題が解決されつつある現在、衛星の選択から分析結果の共有までを自動化するシステムに対して、防災分野からは高い期待が寄せられている。

衛星リモートセンシングデータの量の増加は、防災利用のための解析研究も加速すると考えられる。新しい解析手法の開発や解析に使われる数値計算の高速化が、解析研究の例である。また、物理過程である災害の数値シミュレーションと組み合わせることで、衛星リモートセンシングのデータを使って、被災現況をより確実に把握することや、災害や被害の推移を予測することも期待できる。

衛星リモートセンシングを使って広域被災状況を短時間で把握し、関係機関で共有することは決して簡単ではない。しかし、災害対応の在り方を一変するインパクトがあることも確かである(図4)。さらに、宇宙関連技術の民間進出が活発になり、将来的な連携により宇宙ビジネス関連への発展への寄与が見込まれる。



*1 0時前後または12時前後については、日によってそれぞれ22時半～1時半、10時半～13時半など観測時刻は変動。*2 地震・津波災害は事前予測が困難であるため、発災とほぼ同時に緊急観測依頼する前提。*3 自動解析：観測データから被災エリアを機械学習で自動抽出した結果のこと(1次プロダクト)

衛星観測時刻に依存しない迅速な広域被災状況把握の実現

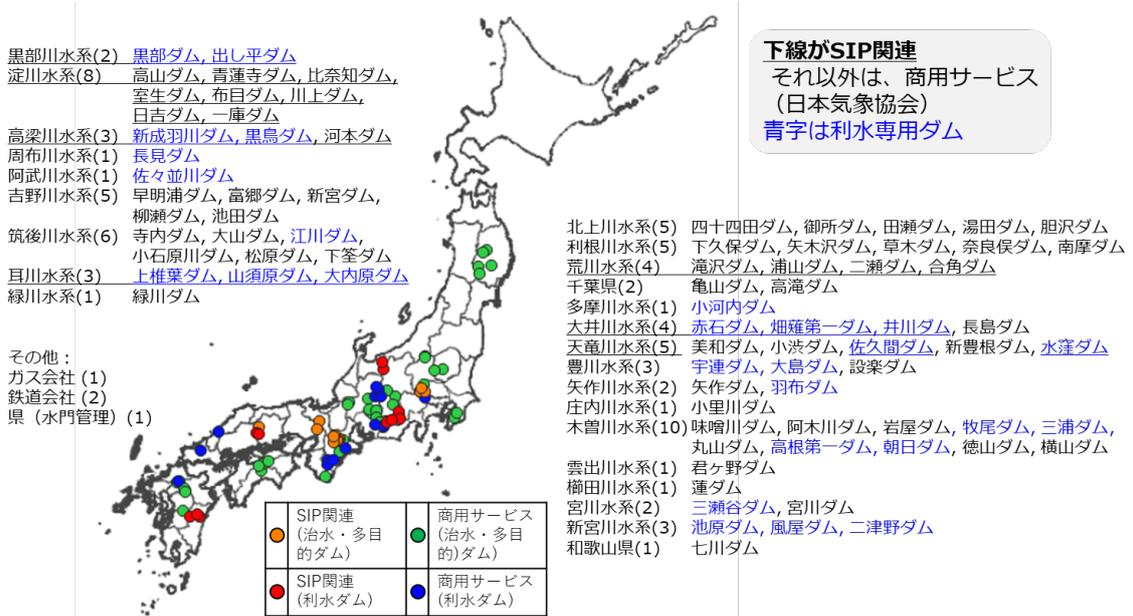
図4 衛星ワンストップシステムの発展

テーマVI. スーパー台風被害予測システム開発で取り組んできた「長時間アンサンブル降雨予測を用いた発電ダムの利水高度運用と治水機能強化のシームレスな結合」は、最新の予測技術を用いて、激化する気候変動に備えたダムの治水機能の強化と水力発電の増強を実現するものであり、地球温暖化対策計画の目標であるカーボンニュートラルに貢献するものである。

長時間アンサンブル降雨予測により、平常時はダムの有効貯水量を最大限生かした高水位運用を行うことで発電量を増強するとともに、台風接近時は1週間程度前から事前放流を開始し徐々に水位を下げていくことで発電効果のない無効放流を減らすことが可能となる。これにより、平常時は、年間発電電力量の15～20%相当の増電が見込まれ、洪水時には、洪水調節容量を約2倍に拡大することが見込まれる。例えば黒部ダムを例に試算をすると、1週間前からの事前放流を行った場合、1回あたり約3200万kWh(約6.5億円相当)の増電が見込まれる。

日本国内には、治水と利水の高度運用の可能性を持つダムが約1000基あることから、安全とエネルギーの確保、そしてCO2削減効果のポテンシャルが極めて高い(図5)。

さらに、統合ダム防災支援システムの国際展開として、日ASEAN科学技術イノベーション共同研究拠点(JASTIP)の連携課題で、フィリピンやベトナムのダムを含む流域管理課題に着手した。



多目的ダム (水機構全ダムに導入済) 国, 都道府県ダム, 電力ダムなど, 全国50ダム以上に情報配信

図5 統合ダム防災支援システムを利用した発電ダムの利水と治水のシームレスな結合

さらに、テーマⅦ. 避難判断・訓練支援等市町村災害対応統合システムの開発において、防災グランドチャレンジを実施し、地方大学と連携して、市町村災害対応統合システム (IDR4M) を自治体の防災の取り組みに導入し、自治体との協議や訓練等を通じて、人文・社会科学的観点も加えた IDR4M の課題の抽出と改良を実施している (図6)。これにより自治体における IDR4M の導入が加速されることが期待される。

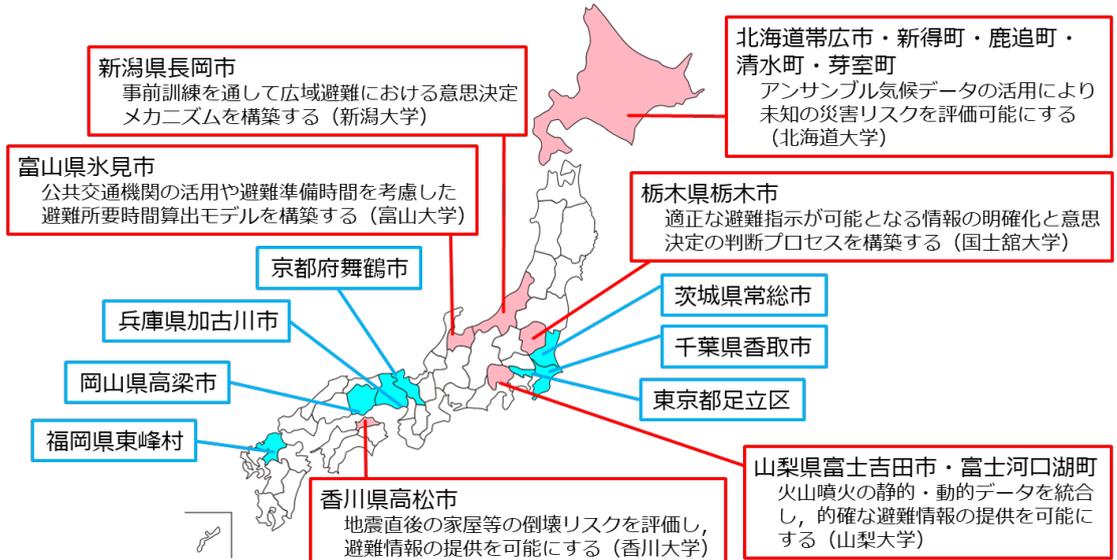


図6 防災グランドチャレンジに参加している大学・自治体 (赤枠)

③ 達成度 (1)

SIP 第 2 期 5 年間の設定目標に対する達成度は、総じてクリアできたものと評価している。

テーマ I. 避難・緊急活動支援統合システムの研究開発では、国難級災害に対し政府が常に先手を打つ災害対応を実現することを目標とし、多種多量のデータから災害動態を自動解析し、各災害対応機関のシステムを自動連動させる技術を開発した。災害時の状況把握にかかる人手を大幅に削減する情報システム間の自動連動は、技術的価値が高いと自己評価している。また、先進シミュレーションを用いた次世代型災害訓練環境の開発にも取り組んだ。これは、災害時利用に加え、社会保障・経済・都市計画などにも利用可能であり、1億2千万人が動く仮想日本シミュレータであり、特筆すべきである(図7)。

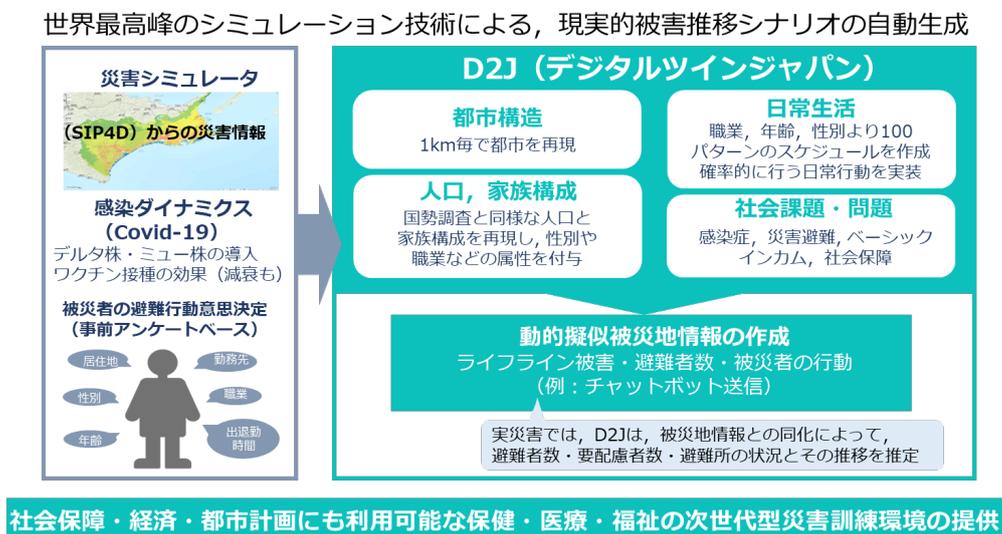


図7 D2J (デジタルツインジャパン) の概要

テーマ II. 衛星データ等即時共有システムと被災状況解析・予測技術の開発では、広域的な国難災害に対して初動対応の的確化・迅速化を実現するために、一定条件下で、多様な衛星を一元把握し、広域被災状況に関する情報を発災後最短2時間程度で提供可能な情報システムを構築することが目標である。このテーマは目覚ましい研究成果を上げたとして自己評価している。すなわち、各種衛星を用いた広域災害の即時状況把握という難題に対し、自動化・高速化・最適化等を進めたシステムの開発により、実用レベルまで解決した。広域災害の即時状況把握、これには、衛星観測のトリガリング、衛星選択のセレクター、そして高速な衛星データ解析が必要である。各種要素技術を作成することで、多様な衛星に対応した高速で実用的なシステムとなった。この技術的価値は高いと自己評価している(図8)。

衛星数増加へ対応するための推奨観測計算の高速化

課題

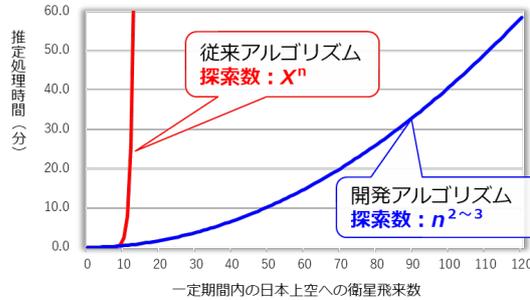
従来アルゴリズムでは衛星数増大に応じて計算時間が爆発的に増加。計算時間の短縮化が課題。

解決

全探索から局所探索にアルゴリズムを改良

50衛星の
処理が15分

大幅な高速化



X: 高危険度エリア数
n: 衛星数

利用できる小型衛星を増やしなが、年間約2,700万円の運用コスト削減

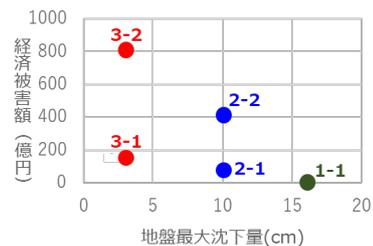
図8 衛星数増加へ対応するための推奨観測計算の高速化

テーマⅣ. 災害時や危機的渇水時における非常時地下水利用システムの開発では、関東平野の首都圏直下地震と濃尾平野の南海トラフ巨大地震に対し、3次元水循環モデルを用いて、地盤沈下リスクの影響を評価しながら、効率的な水供給計画の立案を可能とすることが目標である。最終年度は、関東平野と濃尾平野を対象に、地下水位低下量と地盤沈下量を試算した。関東・濃尾平野における地下水利用の取組を支援することは、政策的価値が高いと自己評価している(図9)。

濃尾平野で夏に地震が発生した場合の非常時地下水利用システムのシミュレーション

シナリオで設定された揚水規制量

シナリオ	規制なし		4割規制		8割規制	
	1-1	2-1	2-2	3-1	3-2	
工業用			41%		82%	
家庭用			21%		41%	
農業用		42%	41%	84%	82%	
消火用						
都市活動用			21%		41%	



各シナリオの地盤最大沈下量と経済被害額

自治体が災害時の地下水利用を具体的に想定できるシステムを提供

図9 濃尾平野を対象としたシミュレーション

テーマⅤ. 線状降水帯の早期発生及び発達予測情報の高度化と利活用に関する

研究では、水蒸気マルチセンシング観測と大規模数値解析を使う気象モデルを組み合わせることで、半日前の災害事前対応と2時間前の避難方法の指示を可能にするレベルにまで、線状降水帯の予測情報を高度化することが目標である。研究成果は、避難判断のタイムラインに沿った線状降水帯の半日前予測情報と、線状降水帯の自動検知情報と2時間先予測情報、の創出である。図に示すように、自治体に対し、線状降水帯の発生に関する半日前情報並びに2時間先予測情報を提供することで、自治体の避難所準備のための参考情報として活用されている。また、SIPで開発した線状降水帯の自動検出技術を気象庁が採用したことで、警戒レベル4以降のタイミングで発表される「顕著な大雨に関する気象情報」の運用が開始されたことは特筆すべきである（図10）。

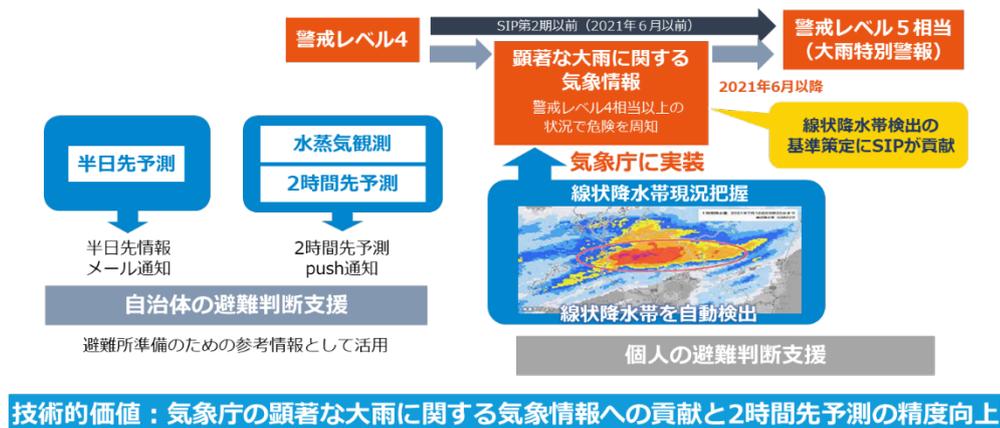


図10 線状降水帯自動検出技術の気象庁への実装

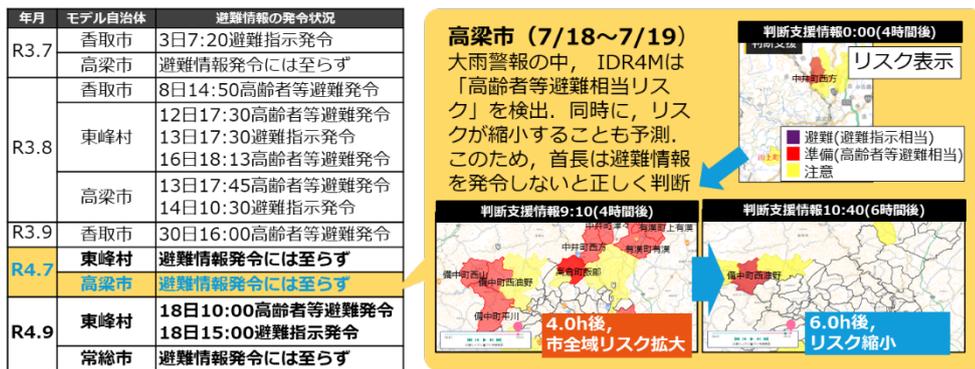
テーマVI. スーパー台風被害予測システムの開発では、発生が懸念されるスーパー台風に対して、新たなハザード予測手法の研究開発により、長いリードタイムを持つ高精度の予測を実現し、高潮・高波の備えや治水施設の最大利用を図るとともに、より適切な事前対応をより早期に開始することの実現が目標である。このテーマの研究成果は膨大であり、まず、ハザード予測手法では、三つの予測システムが完成した。さらに、治水施設利用として、統合ダム防災支援システムが完成した。特に技術的価値が高い研究成果は、新たなハザード予測であるアンサンブル降雨予測によって、利水ダムの治水能力と発電量を向上させたことである。また、ダム群連携最適操作シミュレータを開発し、統合ダム防災支援システムに、長時間洪水予測・広域洪水予測・高潮予測を取り込んだダム群連携最適操作シミュレータを備え、荒川流域を対象として試行運用を行った。3つのハザード予測システムを、統合ダム防災支援システムに組み込むことで、大規模洪水時に、複数の下流地点水位を抑えられる最適操作を短時間で探索して提示することができるようになった。ダム単体の最適操作から、流域全体の治水・利水のためのダム群の最適操作に発展したことは特筆に値すると自己評価している。（図11）



ダム単体の最適操作から、流域全体の治水・利水のためのダム群の最適操作

図 11 ダム群連携最適操作シミュレータの開発

テーマⅦ. 避難判断・訓練支援等市町村災害対応統合システムの開発では、市町村の首長が行う避難判断の意思決定支援のため、地域特有のハザード予測情報と脆弱性評価から災害リスクを定量的に評価し、避難の意思決定を支援するシステム IDR4M の開発が目標である。IDR4M は、災害リスク情報を、250m メッシュ単位、10 分更新間隔、12 時間先、で提供するシステムであり、高分解能、高頻度更新、長いリードタイムが評価に値する。また、全国 18 モデル市区町村で実証運用を継続し、SIP 終了直後 50 自治体への導入に目途が立った。全国 18 モデル市区町村自治体において訓練・実災害で自律的運用を開始したことは、高い技術的価値があると自己評価している。(図 12)



技術的価値：全国18モデル市区町村自治体において訓練・実災害で自律的運用を開始

図 12 IDR4M のモデル自治体での利用

④ 達成度 (2)

表 4 に達成度 (2) のまとめを示す。社会実装の実現可能性は、一部の要素技術については遅れが見られるものの、すでに実装が実現している技術もあり、全体的には高いと言える。各テーマで関係府省庁をはじめとした関係機関との連携を強めており、一部で具体的な実用化に向けた予算要求がなされるなど、社会実装の実現に向けて取組が前進した。

テーマⅠ. 避難・緊急活動支援統合システムの研究開発では、SIP4D が国の防災基本計画に明記されたほか、内閣府防災担当、デジタル庁、防災科学技術研究所が継続的に協議を行い、内閣府防災が更改を予定している総合防災情報システムに、SIP4D の機能・仕組みを活用する方向で調整が進んでいる。また、前述のとおり、SIP4D と都道府県防災情報システムの接続も拡大している。防災チャットボット (SOCDA) は、ウェザーニューズが事業化し、すでに 4 都県 3 市に実装され、来年度、50 以上の基礎自治体でトライアル利用が開始される予定である。災害時保健医療福祉活動支援システム (D24H) は、厚生労働省が令和 5 年度の事業化に向けて検討中である。

テーマⅡ. 衛星データ等即時共有システムと被災状況解析・予測技術の開発では、国土交通省が衛星ワンストップシステムを使用して、緊急観測を依頼するなど開発しているシステムが実際に使われ始めている。災害対応等を通じた利用実証の継続実施により、衛星ワンストップシステムの技術及び運用方法の有効性を実証することができた。その上で、世界的にも小型衛星開発の進展が想像以上に加速化していることから、衛星ワンストップシステムの社会実装に向けての課題点の整理、実施事項、ロードマップを具体化するとともに、実装を加速化する助走期間の設定を提言した。現在、文部科学省が主体となって関係府省庁と調整し、BRIDGE にて社会実装の加速・強化を検討中である。

テーマⅣ. 災害時や危機的渇水時における非常時地下水利用システムの開発では、令和 4 年度は、水循環基本計画の一部見直しにおいて、「国が災害時地下水利用システムの研究開発を進める」と「災害時地下水利用システムの研究開発で得られた知見等を活用」することが記載された。令和 2 年度の基本計画の改定、令和 3 年度の水循環基本法の改正に続いて、着実に SIP の技術の利用の下地を整えてきた。来年度以降、内閣官房水循環政策本部事務局が設立予定の地下水マネジメント推進プラットフォーム等の場で、地下水の解析などに取り組もうとする全国の地方自治体にシステム活用を提案し、研究開発実施者が中心となり、地方自治体の取組を支援していく計画である。

テーマⅤ. 線状降水帯の早期発生及び発達予測情報の高度化と利活用に関する研究では、令和 3 年度に「線状降水帯を自動的に検出する技術」が気象庁に実装され、「顕著な大雨に関する気象情報」発令での利用が開始された。また、当課題の取組が一つの契機となり、気象庁が令和 3 年度補正予算で 250 億円を超える予

算を獲得し、線状降水帯の観測・予測体制の強化を開始した。

テーマⅥ. スーパー台風被害予測システムの開発では、すでに全国 50 以上のダムで長時間アンサンブル降雨予測技術に基づくダム管理手法が実装された。また、令和 5 年度から、国土交通省や都道府県、市町村のユーザーと、洪水・高潮予測システムの利用に関する共同社会実験を行い、これまで実務での適用実績のないリスク予測情報の有用性(活用場面)の検証や使いこなし方・留意点の把握を行い、リスク予測情報を実装するための法制度の検討及び情報提供体制の整備を加速させる。

テーマⅦ. 避難判断・訓練支援等市町村災害対応統合システムの開発では、市町村災害対応統合システム(IDR4M)の運用を河川情報センターが行い、システムのAI技術等の高度化は、九州大学(マス・フォア・インダストリ研究所、数理・データサイエンス教育研究センターを含む)が研究課題として継続して推進する予定である。また、IDR4Mによる避難判断支援情報は、市区町村長の避難判断の意思決定に資する情報として、水防法に基づき市区町村に提供されている「洪水予報等」や「水害リスクライン」「浸水想定区域図」と一体となった情報として位置付けることを目指している。

テーマⅠ. 避難・緊急活動支援統合システムの研究開発			
システム	運用者／開発者	財源	備考
SIP4D (基盤的防災情報流通ネットワーク)	内閣府防災／防災科研	内閣府防災／防災科研	内閣府防災が更改予定である総合防災情報システムに、SIP4Dの機能・仕組みを活用する予定。防災科研が交付金で開発を継続
SOCDA (防災チャットボット)	自治体等／ウェザーニューズ	商用サービスとして自治体等に販売	4都県(三重県、広島県、鳥取県、東京都) 3市(南相馬市、伊丹市、久留米市)に 実装済み
Q-ANPI+スマホdeリレー	自治体等／構造計画研究所	内閣府宇宙による実証事業等での継続	Q-ANPI+スマホdeリレーは30自治体、7団体に 実装済み
物資供給支援 ①DSSP(物資供給支援) ②道路交通解析技術 ③海上交通解析技術	関係省庁／日立製作所、沖電気、構造計画研究所	関係省庁	実証実験の結果等を踏まえ、関係省庁にて実装について協議・調整中
D24H (災害時保健医療福祉活動支援システム)	厚労省／芝浦工大	厚労省	厚労省 が令和5年度事業化に向けて検討中

テーマⅡ. 衛星データ等即時共有システムと被災状況解析・予測技術の開発			
システム	運用者／開発者	財源	備考
衛星ワンストップシステム	防災科研	文科省	文科省 がBRIDGEによる社会実装の加速・強化を検討中

テーマⅣ. 災害時や危機的渇水時における非常時地下水利用システムの開発			
システム	運用者／開発者	財源	備考
非常時地下水利用システム	リバーフロント研究所, 地圏環境テクノロジー, 応用地質	リバーフロント研究所, 地圏環境テクノロジー, 応用地質	将来的に商用サービスとして自治体等に実装

テーマⅤ. 線状降水帯の早期発生及び発達予測情報の高度化と利活用			
システム	運用者／開発者	財源	備考
線状降水帯自動検出技術	気象庁／防災科研ほか	気象庁	令和3年度に気象庁に実装済み
2時間先予測	日本気象協会	商用サービスとして自治体等に販売予定	令和5年度より九州地方から順にサービス化

テーマⅥ. スーパー台風被害予測システムの開発			
システム	運用者／開発者	財源	備考
統合ダム防災支援システム	ダム管理者／京都大学等	BRIDGE	国交省がBRIDGEによる社会実装の加速・強化を検討中
高潮・高波ハザード予測システム	国土技術研究センター	国土技術研究センター, 国交省	令和5年度から国交省と社会実験プロジェクトを実施 国交省へ成果を移転し, 全国を対象にへ水平展開
長時間・広域洪水予測システム	国交省, 自治体／京都大学等	国交省, 自治体	京都府と兵庫県の水位・氾濫予測システムに実装済み
危機管理型水門管理システム	水門管理者／土木研究所等	土木研究所, 民間企業	土木研究所と民間企業が共同研究により開発を継続

テーマⅦ. 避難判断・訓練支援等市町村災害対応統合システムの開発			
システム	運用者／開発者	財源	備考
IDR4M (市町村災害対応統合システム)	河川情報センター／九州大学	BRIDGE	国交省がBRIDGEによる社会実装の加速・強化を検討中

表4 達成度(2)のまとめ

⑤ 知財戦略, 国際標準化戦略, 規制改革等の制度面の出口戦略

課題全体として知財戦略をマネジメントするために, 研究推進法人に, プログラムディレクター(PD), 研究責任者, 外部専門家(弁護士, 弁理士, 民間企業のライセンス担当部長)等で構成される知財委員会を, 各研究テーマの研究責任者所属機関に研究開発項目知財委員会をそれぞれ設置・運営し, 発明者や産業化を進める者のインセンティブを確保し, かつ, 国民の利益の増大を図るべく, 適切な知財管理を行っている。

国標準化に関しては, 経済産業省・東北大学が進める規格開発事業と連携し, 仙

台防災枠組みに基づくレジリエンス概念を規格化し、ついで個別技術の規格化を目指す、という戦略を取っている。今年度は、テクニカルレポート（TR）が7月に発行され（図13）、SIPの14の個別技術が掲載された。今後、レジリエンス概念の規格化に向けて、標準化に取り組む体制を維持し、活動を継続する予定である。

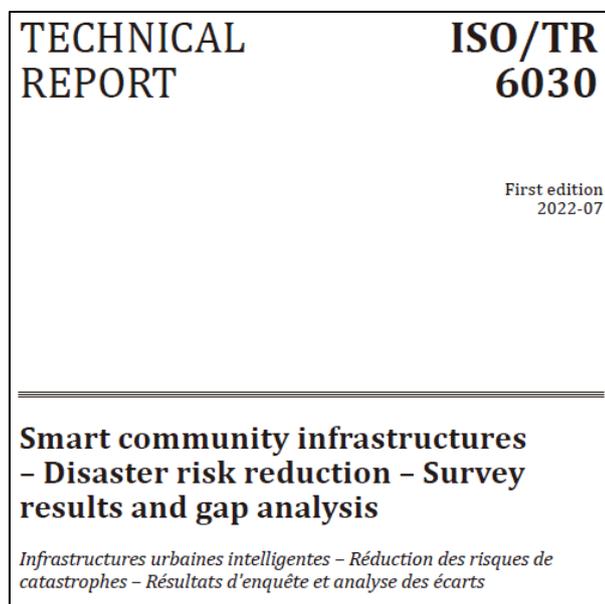


図13 防災 ISO に関するテクニカルレポート

また、国際標準化に先立ち、今年度は国内規格化に取り組み、3つの技術について、国内規格化（JSA規格）を達成した（表5）。

テーマ	開発項目	発行時期
I	災害情報共有のためのデータフレームワーク（SIP4D-ZIP）	2023年1月
I	可搬型ローカル通信システム（LACS）	2023年1月
VI	水門開閉状況一元監視システム（LPWA伝送）	2022年12月

表5 国内規格化された技術

規制改革等の制度面に関しては、政府の計画等にSIPの取組を位置づけることを主な戦略としている。例えば、テーマIに関しては、国の防災基本計画にSIP4Dを利用して情報集約・整理・提供することが明記された（図14）。テーマIVに関しては、「水循環基本法」や「水循環基本計画」に「地下水の適正な保全及び利用」に関する規定が追加され、非常時地下水利用システム利用の下地が整った。テーマVIに関しては、内閣府規制改革推進会議のTF（再生可能エネルギー等に関する規制等の総点検タスクフォース）資料に、アンサンブル降雨予測技術の実装につ

いて明記されるなど、着実に政府の計画等に SIP の取り組みが位置づけられてきている。

○国〔内閣府等〕、公共機関及び地方公共団体は、情報の共有化を図るため、各機関が横断的に共有すべき防災情報を、共通のシステム（総合防災情報システム及びSIP4D（基盤的防災情報流通ネットワーク：Shared Information Platform for Disaster Management））に集約できるよう努めるものとする。

図 14 防災基本計画における SIP4D に関する記述

⑥ 成果の対外的発信

コロナ禍から日常を取り戻しつつあり、4月に熊本市で開かれたアジア・太平洋水サミット、10月に危機管理産業展において出展を行った。

また、6月にはシンポジウム「防災研究の施策立案における効果最大化を目指して」を開催し、各省庁の防災関係者に集まっていただき、実行性の高い防災研究の実現について議論した。

7月19日テーマⅥの取り組みが「NHK 首都圏情報 ネットドリ！」に、10月30日にテーマⅠの取り組みが「NHK 明日をまもるナビ」で放送されるなど、研究紹介にとどまらず研究の社会実装の姿まで取材されるようになった。

⑦ 国際的な取組・情報発信

PD 自ら海外へ出向き国際学会で SIP の成果について講演を行ったほか、各テーマにおいても、研究成果を海外学会・海外科学誌で発表するなど着実に情報発信を実施している。それに加え、テーマⅠで実施したフィリピンでの可搬型ローカルクラウドシステム実証事例が国際電気通信連合報告書に掲載されたほか、国際電気通信連合発行の災害系国際誌に SOCDA が掲載された。また UNESCO ナイロビ支部と東アフリカ5ヶ国を対象とした、SOCDA 活用実証実験を実施した。テーマⅡにおいては、社会実装及び海外展開に向けた取り組みの一環として、ワンストップシステム国際版を試行的に開発し、マレーシア及びインドネシアに海外版を示し、開発技術の適用可能性について意見交換するイベントを開催する方向で現在調整を進めている。また、前述のとおり、統合ダム防災支援システムに関しては、東南アジアへの展開に向けた連携を開始している。

2 各研究テーマの概要と課題目標の達成度

(1) テーマⅠ：避難・緊急活動支援統合システムの研究開発

1) 研究内容

大規模災害や気候変動により激甚化する災害に対する広域避難・緊急活動を政府として確実に実施し、国民一人ひとりに対する避難に必要な災害情報提供を実現する避難・緊急活動支援統合システムを開発する。本システムは、避難・緊急活動支援に必要な各種災害関連情報について、テーマⅡ～Ⅶで開発する各種システムを有機的・統合的にシステム化することにより、効果の最大化を図る。また、全国の市町村が適切な避難勧告・指示を行えるよう、特にテーマⅦで開発する市町村災害対応統合システムとの密接な連携を図る。

本テーマは、以下に示す5つのサブテーマにより構成される。

1. 災害動態解析と統合化システム連動技術の研究開発
2. 対話型災害情報流通基盤の研究開発
3. 通信途絶領域解消技術の研究開発
4. 道路・海上交通解析技術と連携した物資供給支援技術の研究開発
5. 保健医療福祉活動支援の需要算出・最適供給技術の研究開発

さらに、上記のサブテーマの有機的な連動を目指す研究開発の戦略を明確にするため、以下に示す4つの具体的なユースケースを設定して取り組む。

- ・「国民一人ひとり」へのインタラクティブ避難支援
 - ▷一人ひとりとの伝達・集約を自動化する「対話型災害情報流通基盤」(サブテーマ2)
 - ▷通信途絶時も避難支援する「準天頂衛星とスマートフォンによる情報集約と配信技術」(サブテーマ3)
- ・「オール保健医療福祉」の緊急活動支援
 - ▷保健＋医療＋福祉がすべて連動する「保健医療福祉活動支援の需要算出・最適供給技術」(サブテーマ5)
- ・「官民協働」による物資供給緊急活動支援
 - ▷官＋物流業者・物資業者による「需要予測と配送計画立案に基づく物資供給支援技術」(サブテーマ4)
 - ▷物資供給を支援する「災害時における車両動態の収集・解析及び活用技術」(サブテーマ4)
 - ▷物資供給を支援する「海上交通の現状・動向解析技術」(サブテーマ4)
- ・「政府現地対策本部」を支援する統合システム
 - ▷政府現地対策本部に意思決定支援情報を提供する「災害動態解析技術」(サブテーマ1)
 - ▷公衆回線を介さず情報共有可能な「接近時高速無線接続による通信途絶領域解消技術」(サブテーマ3)

- ▷孤立解消活動を支援する「飛行体による移動体通信システム(MCFV)による通信途絶領域解消技術」(サブテーマ3)
- ▷各種分散システムを連動させる「統合化システム連動技術」(サブテーマ1)

2) 技術的目標

大規模災害に対する広域避難・緊急活動の確実な実施を阻む最大の要因は、災害時における社会動態の把握ができていないことである。このため従来の自然災害観測網に加えて、災害時の社会動態を観測することで災害の時空間的な動態（以下、災害動態）を把握し、緊急対応や避難誘導等に有益な情報を抽出する社会動態把握技術を開発する。併せて通信途絶領域においても即時に情報を伝達する技術を開発する。

3年次までに構築したプロトタイプシステムの有効性評価結果を踏まえ、想定運用者・想定利用者が実務に即して活用できる試験運用環境を構築し、研究開発成果の具体的な実装先を見定めるための実証試験等を実施する。そこから最終年次までに解決が求められる技術・運用・制度に関する課題を抽出し、最終年次終了後の本格運用に向けてさらなる開発及び関係機関との調整を推進する。また防災分野のデータプラットフォームの在り方の検討・整理に着手する。さらに各サブテーマにて開発したプロトタイプシステムについて本格運用に向けた完成度の向上を図るとともに、非同期型連動機構(HSLM)による府省庁・都道府県等の災害対応機関のシステム間連動を利用した実証試験等を実施し、避難・緊急活動支援統合システムが目指す多組織間連動による災害対応の具体的利活用形態を提示する。そして3年次に着手したCOVID-19の防疫対策を考慮した災害対応における意思決定支援技術、防災分野と感染症対策分野を横断的に情報共有する技術、感染シミュレータと避難動態予測技術を高度化することで、分散避難等のニューノーマルにおける住民の安全な避難行動を支援するとともに、逃げ遅れ防止と避難所の過密化防止を両立させる避難計画の立案・実施を可能にする。

最終年次は、第2四半期終了時点で、本研究開発により最終的に達成するアウトプットである実運用レベルの避難・緊急活動支援統合システム(実運用システム)を構築する。これを想定運用者・想定利用者が実務の中で運用・利用し、本システムの実運用における可能性を評価(実運用性評価)する。開発される実運用システムは、そのまま実運用に耐えうるシステムであることを前提とするが、運用システムのスケールが実運用の水準に満たない場合は、実運用に要する予算規模を定量的に明らかにする。実運用性評価は、避難・緊急活動に係る府省庁・関係機関・自治体等が実施する実務に実運用システムを導入し、開発者・想定運用者・想定利用者3者による評価を行うとともに、実務に係る全体のスループットを明らかにし、これに即した実務対応手順、実務体制を提案する。さらに研究

開発では解決できない社会実装のための制度的課題等を明らかにし、その改善策を提案する。またポスト COVID-19 の新しい社会常態に対応した脱三密型災害対応モデルを提示する。これらを踏まえ、最終年次終了時点で、想定運用者への実装に向けた運用調整、体制整備等を行い、社会実装を実現する。

3) 課題目標の達成度

① 国際競争力

サブテーマ 1「災害動態解析と統合化システム連動技術の研究開発」について、国家レベルで構築されている各国の防災情報システムの多くは関係諸機関に準拠を強いる固有の仕様に基づくトップダウン型の仕組みとなっている。一方日本では、府省庁・関係機関が同時並行に活動する分担型の災害対応のため、各機関に個別システムがあるという前提で、その仕様の違いを吸収することで相互に接続する仲介型システムを構築した。これにより、各機関は自らの業務を最適化する個別システムの開発に特化できること、新たなシステムの参入が容易であること、また、個別システムや共有データの状況を常時監視することで対応状況を機械的に把握し、全体としての意思決定に活用できることなど、国際的な優位性は十分に確保されている。

サブテーマ 2「対話型災害情報流通基盤の研究開発」について、SNS を活用して情報を収集する取り組みは存在するが Twitter などのオープン SNS が対象であり、LINE のようなクローズド SNS を活用して情報を収集する例は調査の限り存在しない。クローズド SNS を利用することで、自治体職員の業務でも利用が可能になる点が社会実装において大きな役割を果たしている。本システムは本文を解析し災害情報を分析しており、日本語解析が必要な点では海外技術との直接的な比較は困難である。なお、本システムは国際標準化活動寄書：ITU-T「Focus Group on AI for Natural Disaster Management (FG-AI4NDM)」に記載された。

サブテーマ 3「通信途絶領域解消技術の研究開発」について、災害危険通報フォーマットについては欧州の全球測位衛星システム (Galileo) 側と連携した活動を継続中であり、海外への展開が期待できる。フィリピンセブ地域の離島、レイテ島で実証実験を実施し、認知度が向上した。アジアパシフィック地域でインターネット管理を担う APNIC (Asia-Pacific Network Information Centre) から評価され、APNIC 主催フォーラム (APrIGF2022) にて LACS Showcase セッションを設けるなど途上国向けネット環境促進ツールとして評価が広がっている。

サブテーマ 4「道路・海上交通解析技術と連携した物資供給支援技術の研究開発」について、オーストラリアにおける災害時物資支援の取組、スイスの民間業者への備蓄義務付、米 Zipline 社のドローン輸送等の事例があるものの物資供給支援に関するシステム化には至っておらず、システム化 (実装技術) の観点では日本の物資供給支援技術が先行している。

サブテーマ 5「保健医療福祉活動支援の需要算出・最適供給技術の研究開発」について、災害時の健康危機管理（保健・医療・福祉）における組織体制は、各国によって特徴が異なり、組織としてトップダウンに近い形で指揮命令系統が確立されるアメリカと比較し、日本は厚生労働省の管轄内ではあるが、医療・保健・福祉は縦割りの中で意思決定が行われる。また、危機管理については別組織である。そのような中、縦割り部署をシステムで横につなごうと試みているのは、日本だけであり、組織体制のあり方、情報の連携の仕方を加味した比較を行っている。

② 研究成果で期待される波及効果

サブテーマ 1「災害動態解析と統合化システム連動技術の研究開発」について、災害動態意思決定支援フレームワークにより、分散していた防災科学技術の学術研究を国の意思決定につなげるための出口を構築できた。DDS4D、HSLM、STeP を SIP4D に機能として組み込むことで、これらを活用して防災研究者と防災実務者などが協働し、国の災害対応に直結する学術研究の発展、新技術の確立、防災分野における DX の実現に貢献する基盤としての活用が期待できる。また JSA 規格化により、自治体向け防災情報システムに SIP4D 接続機能が標準実装され接続加速が期待できる。

サブテーマ 2「対話型災害情報流通基盤の研究開発」について、開発された技術は公的機関だけでなく民間企業の BCP でも活用可能であり複数企業で活用を検討中である。災害情報の履歴を気象情報などと照らして分析をすることで、次の災害時の防災に役立てる技術の開発を新規で進めており、収集した情報に新たな価値を産む取り組みにつながっている。UNESCO ナイロビ支部と共同で東アフリカ 5 ヶ国を対象としたワークショップを実施し、国際展開の可能性を示した。この成果を受け複数の国から実証実験等の依頼がきている。

サブテーマ 3「通信途絶領域解消技術の研究開発」について、通信途絶地域の解消技術の確立とその技術を活かし要救助者の救難救助活動に貢献できる。通信途絶領域内においても、Q-ANPI 設置避難所及び同周辺の被災者数や被災状況に関する情報を集約し、災害対応機関の活動に反映できる。海外における実証実験を通じて、海外からも注目を集めており、今後の海外展開が期待できる。また、2021 年 12 月フィリピンを襲った巨大台風 Rai の被災地への LACS 導入を目指し、総務省、フィリピン政府、アジア・太平洋電気通信共同体（APT）、国際電気通信連合（ITU）等へ支援を打診したところ、APNIC からの支援申し出があり、被災地の復興に合わせ導入の計画が進捗している。

サブテーマ 4「道路・海上交通解析技術と連携した物資供給支援技術の研究開発」について、物資供給支援は、被災地に必要な物資量推計に基づく省庁一事業

者間の調達調整を早期に開始できると共に、調達先となる事業者候補や事業者毎の要請依頼の自動分配等により、物資供給における作業の効率化・迅速化に寄与。道路交通解析は、警察庁の広域交通管制システムが災害時に収集している各種車両プローブデータの活用を高度化し、情報可読性の向上に寄与。海上交通解析は、船舶位置予測による海上交通管制の円滑化及び港湾利用可否推定による災害時物資輸送の迅速化に繋がる。

サブテーマ5「保健医療福祉活動支援の需要算出・最適供給技術の研究開発」について、これまで災害時に人の経験に頼りがちであった意思決定を、データに基づく論理的な情報を示すことによって、迅速化できる可能性があることを示してきた。合わせて、システムを活用することによって、過去の災害で数日かかっていた作業を自動化することで日数の削減、人的資源の削減に効果があることを示してきた。また、ハザードマップや予測値を参考に災害発生前に体制を整える動きへと繋がっている。

③ 達成度 (1)

サブテーマ1：災害動態解析と統合化システム連動技術の研究開発

4年次までに、時々刻々変化する災害動態データをリアルタイムで処理する災害動態時空間データベース「DDS-DB」の試験運用を開始し、多種大量の災害データを共通の時間軸・空間軸で扱うことができるスケーラブルなデータ基盤を拡充した。また、DDS-DBに格納される観測データや実際の災害データを低遅延で分析し災害状況の勃発・異状・急変を自動的に検出する災害動態シンセサイザ「DDS-SY」のプロトタイプにより避難・緊急活動に係る意思決定支援に資する情報プロダクツのリアルタイム生成の試験運用を開始した。さらに、災害動態ビジュアライザ「DDS-VI」の機能を用いて、DDS-SYにより生成された意思決定支援情報プロダクツをリアルタイムで可視化する災害対策本部支援ダッシュボード「DDS-View」プロトタイプを構築し、実際の動態データを用いた試験運用を開始した。ヘテロジニアスなシステム間の連動を実現するための非同期型連動機構 HSLM(Hyper-Synchronous Linkage Mechanism)のプロトタイプについて、データ変化の複合条件からタスク生成できるように機能強化を実施した。また、令和3年8月豪雨災害時の必要物資量推計タスク生成及び物資供給支援システムとの連動等により、本プロトタイプシステムを活用したプロアクティブな災害対応現場支援の有効性を検証した。他機関の災害対応システムと本システムとの新規連動を、柔軟かつ低コストで実現するために、普及技術(Apache Kafka)により構築された接続インタフェースを開発し、物資供給支援システムや DDS-View との連動テストを通じて、SDK(Software Development Kit)のパイロット版を開発、REST API化を推進して SDK の汎用性を高め、各システム間の連動が容易になるようアップデートを行った。国・都道府県災害対策本部の感染症防疫体制下における避難に係る

意思決定を支援するため避難所収容状況のオンデマンド・シミュレーション機能を拡充した。防災の国際標準化（防災 ISO）に向け、上位概念の規格化支援として TR 及び国際規格（IS）のドキュメントを確認し、修正点を検討・整理すると共に SIP 技術との関係整理を行い SIP 技術要素の組み込みを支援した。複数レイヤに渡るデータセットを対象に、自然時間軸上の同一時点からの複数分岐する並行世界時間軸（多重一階層分岐）、自然時間軸上から直接分岐した並行世界時間軸上の同一地点から複数分岐する多重仮想時間軸（多重二階層分岐）をデータベース上で管理する機能を実装した。

最終年度は、DDS4D を試験運用し、1 日あたり約 1TB のデータを処理し、20 種類以上の災害動態解析情報プロダクツを生成し、意思決定者にあわせた形式でリアルタイム可視化する性能を実現した。また、DDS4D の各サブシステムの機能の安定化・高速化をはかるためのチューニングを出水期が終了する前に完了し、実データに基づいて情報プロダクツをリアルタイムで生成する試験運用を開始した。さらに、各災害対応機関の個別システムが自律的かつ非同期に稼働しながら、有機的に連動することを実現する非同期型連動機構 HSLM を開発し、各組織・機関の専門的な対応活動（医療、物資等）の連動が可能であることを実際の災害データを用いた連動実験により実証した。

サブテーマ 2：対話型災害情報流通基盤の研究開発

4 年次までに、避難支援機能を分散避難向けに強化し、分散避難の支援、分散避難生活状況の把握、分散避難に必要な情報提供の機能を開発した。また、分散避難を含めた災害動態把握を活用するため、分散避難について得られた情報を外部連携する機構を開発した。さらに、共助による地域避難を支援のための、グループチャットを活用した共助型安否確認システムを開発した。

最終年度は、チャットボットサーバーサイド API を構築し、LINE 以外からのチャットアプリケーションから基盤のコア技術を利用可能とした。Google Chat 上での実装を実施した。また、SIP4D から取得した通行止め情報などを避難支援機能上で表示し、被災者の避難行動に活用できるようにした。さらに、避難所からの避難者数報告と、避難支援機能での避難者との対話ログから、避難所の混雑予測機能を開発した。

サブテーマ 3：通信途絶領域解消技術の研究開発

4 年次までに、飛行体による移動体通信システム（MCFV）による通信途絶領域解消技術の研究開発に関しては、ヘリコプターの機内に MCFV を搭載することに関する使用機材に求められる仕様検討、電波を発することに関する電磁干渉試験を民間のヘリコプターにおいて実施した。MCFV のプロトタイプで開発した機能のうち、携帯電話端末の位置を捕捉する機能を用い、電波の受信限界を実証する実

験を民間ヘリ会社と実施した。得られた結果については、防災機関とも共有し、本システムの有用性を確認した。

準天頂衛星とスマートフォンによる情報集約と配信技術の研究開発に関しては、内閣府が実施する、「衛星安否確認サービス(Q-ANPI)の防災機能拡張に伴う実証・調査」事業として開発したプロトタイプシステムの機能・性能改善(セキュリティ機能強化、密集環境の性能向上、巡回時の利便性向上)を実施した。災危通報の共通メッセージ仕様について国内外での実証実験を実施した。安否情報の効率的な集約を実現するための、端末の適正配置手法の汎用化と検証を行うとともに、検証結果を確認できるプロトタイプツールの改善を行った。

接近時高速無線接続による通信途絶領域解消技術の研究開発に関しては、接近時高速無線接続のコア技術を搭載した移動ノード(製品版)に、SIP4Dの主要機能であるカタログサーバ(CKAN)とファイル共有サーバ(FTP)が同装置内で動作するように組み込み、同装置があたかもクラウド上のSIP4D本体であるかのように動作できるようにすること、SIP4D本体と移動ノードとの間でデータの同期が取れるようにすることにも成功した。また、ポータブルSIP4Dのユーザインタフェースとなる機能を果たすため、可搬型ローカルクラウドシステム(LACS)にSIP4D利活用システムを実装し、基本動作を確認した。また、LACSと接近時高速無線接続機能の間を接続し、LACSから見て接近時高速無線接続機能がSIP4Dの役割を果たすように連携機能を実装し、基本動作を確認した。また、より汎用的な連携機能の実現に向けLACSとインターネット上のクラウドとのデータ同期機能を一部拡張し、複数のLACSとの同期を可能にした。

最終年度は、飛行体による移動体通信システム(MCFV)による通信途絶領域解消技術の研究開発に関しては、要救助者に関する情報を収集する技術において、対応する通信事業者がKDDIのみであったところ、国内主要通信事業者のスマホの情報が収集できるようシステムの改修を行った。また、防災機関等関係機関と連携し、社会実装に向けた法体制や運用フローの整理を推進した。さらに、社会実装に向け、電源設備の最適化を実施するとともに、操作性を考慮し既存システムの収容箱の改良等を行った。加えて、SIP4Dとの連携をすべく、収集した情報を第三者に提供できるよう、匿名加工化を行うプロセスやロジックを設計した。新潟県警等と連携した実証実験を通じて技術的な検証を実施した。

準天頂衛星とスマートフォンによる情報集約と配信技術の研究開発に関しては、開発した内閣府実証事業で運用中のシステムに対して、実証実験の際に上がった課題として、移動体(車、バイク、自転車等)による情報配布、収集の性能を上げるためのスマートフォン同士の接続性向上、都市部での運用を想定した、密集環境下での情報配信・収集性能の向上を行った。更に、スマートフォン同士の通信のユーザに対する使いやすさ、分かりやすさの改善を行いスマホアプリの操作性向上を行った。また、自治体等の防災訓練を通じて、開発したプロトタイ

プシステムの性能・セキュリティ・可用性について検証した。そして、開発した
災危通報システムに対し、実証実験成果を反映させた。

接近時高速無線接続による通信途絶領域解消技術の研究開発に関しては、通信
途絶領域内でも SIP4D 本体を介さずに情報共有もできるようにする、ポータブル
SIP4D の機能拡張の開発を行い、その動作を確認した。

サブテーマ 4：道路・海上交通解析技術と連携した物資供給支援技術の研究開 発

4 年次までに、物資供給支援技術の研究開発に関しては、2019 年度に立ち上げ
た官民ステークホルダーによる WG の活動の一環として、プロトタイプシステム
を利用した経済産業省及び関係する民間の団体・事業者による実証実験を実施し、
システムの入出力項目に関する確認や、物資必要量の推定、物資調達調整支援、
物資輸送支援の各技術のユースケースに基づく具体的な運用を想定した課題を
抽出し、プロトタイプの改善のための要件を導出した。また、物資必要量推定に
おいては、3 年次までに明らかにしたプッシュ型支援の追加品目の推定量算出口
ジックを特定するとともに、プロトタイプを作成し、実際の風水害での被災者数
推計を基に推定量を算出し評価を実施した。さらに、プッシュ型支援における必
要量推定の利用シーン・位置づけを再考し、物資調達省庁の供給可能量調査を迅
速化する目的としての位置づけを明確にした。

道路交通解析技術の研究開発に関しては、2020 年までに開発した車両動態情
報を用いた道路損壊箇所の推定技術のプロトタイプを検証稼働させる中で、技術
上の課題を抽出し改善を行った。加えて、交通規制が周辺交通に与える影響のシ
ミュレーション機能を開発し、プロトタイプに対して機能の追加を行った。

海上交通解析技術の研究開発に関しては、船舶位置・移動状況把握システムに
ついては、手法の改良を行うとともに、運用先として想定している海上保安庁の
ニーズを踏まえ、船舶位置予測結果のヒートマップ表示やメッシュ表示等の可視
化機能を強化した。また、港湾利用可否推定システムについては、AIS（船舶自動
識別）データを元データとして活用する等の改良を行い、港湾利用可否推定の多
地域展開を見越した汎化性の向上等を行った。

最終年度は、物資供給支援技術の研究開発に関しては、4 年次の実証実験等
を通じて得られた課題を踏まえプロトタイプシステムの改善を図ると共に、物資調
達省庁（経済産業省、農林水産省、厚生労働省）、民間の団体・事業者に参画いた
だき、実運用に近い形での実証により実運用性の評価を実施した。実証における
課題や改善点及びこれまでの研究成果に基づく開発内容を社会実装に向けたシ
ステム要件として整理し、プロトタイプにフィードバックした。また、4 年次ま
でに推定技術を開発した品目に追加して、経済産業省が過去の災害で実施した調

達実績等を踏まえ、災害発生直後に特に優先して調達が推奨される品目のうち被害推定を用いて算出が可能な 12 品目を抽出し、必要物資量の推定アルゴリズムを設定した。

道路交通解析技術の研究開発に関しては、2021 年度までの研究開発活動の検証評価を通じ、発災後の道路損壊箇所推定処理における交通量比較処理において、通行止め発生箇所に対する検出漏れや、通行止めの発生していない箇所に対する誤検知が課題となった。そのため、通行実績値比較時の判定方法を改善した。また、警察庁に設置した評価装置を既設システムのネットワークに接続するための必要な措置を講じ、既設システムのデータベースと接続した。既設システムが常時受信している車両動態情報を評価装置において実際に処理を行い、処理結果について検証を実施した。

海上交通解析技術の研究開発に関しては、社会実装先として想定している海上保安庁による試用等から得られた改善点に基づき、ユーザインタフェースの改善に向けた改修を行った。また、システムの処理高速化や、対象港湾の多地域展開に向けた汎化性向上のための改修を行った。また、社会実装後の運用に向けて、海上保安庁との調整をはかりながら、提供されたサンプルデータでの検証を行った上で、リアルタイム AIS（船舶自動識別）データの取得機能を実装するとともに、SIP4D とのデータ連携機能を追加し、SIP4D へとアップロードする仕組みを構築した。これらにより、本システムのインプット及びアウトプットが自動化された。さらに、実運用を見越して、社会実装先での運用環境を想定したサーバでの動作検証を実施した。

サブテーマ 5：保健医療福祉活動支援の需要算出・最適供給技術の研究開発

4 年次までに、災害時の保健・医療・福祉の支援活動に合わせ、各領域の情報が一元的に集められたダッシュボードと各領域の情報に特化したダッシュボードを構築した。また、災害時に D24H の各サブシステムを連動させるための仕組みを整えた。さらに、社会シミュレーション技術のエージェントベースのアプローチを用いた仮想日本シミュレーションプラットフォーム D2J の設計を行い、実装を開始するとともに、D2J を用いて地震発生時の避難者行動シミュレーションモデルを構築した。

最終年度は、保健医療福祉の災害時の各支援チームに開発した災害時保健医療福祉活動支援システムを研修や実証実験の中で活用してもらい、災害時の各保健医療福祉支援チームの運用の中心にシステムを位置付け、システム活用を軸とした災害時対応体制を検証した。また、マルチハザード災害シミュレータを用いて各支援チームの訓練計画（被害想定）を作成した。さらに、D2J を用いた社会課題解決のためのシミュレーションプラットフォームを構築し、複数の社会課題を実装することで、プラットフォームの有用性を示した。

④ 達成度 (2)

サブテーマ1：災害動態解析と統合化システム連動技術の研究開発

4年次までに、災害動態意思決定支援システム「DDS4D」プロトタイプに関して、実証実験や訓練において、災害動態分析に基づく意思決定支援情報プロダクツの具体的なイメージを内閣府防災、自衛隊、医療機関、地方自治体等の災害対応実務担当者へ提示することにより、利活用における課題を抽出した。また、多種多様な災害関連情報や動態情報に対応し、システム間連動による状況に応じた柔軟な災害対応を実現するために、非同期型連動機構「HSLM」のプロト対応システムに対して、多様な動態データを分類・一般化し、さまざまな災害事象に対応できるよう、変化検知の仕組みを共通化する機能高度化やステータス変化の複合条件に対応し、それらを組み合わせたタスク生成を実現する機能高度化を実施した。さらに、災害動態情報の可視化機能を備えた DDS-View を開発し、内閣府防災、県災害対応関係者等との意見交換を行い、意思決定支援に関する課題を抽出した。そして、内閣府防災との協議にもとづき、DDS4D の意思決定支援情報プロダクツを ISUT ポータルに掲載し、試験運用を開始した。

最終年度は、災害動態解析技術を実装した災害動態意思決定支援システム DDS4D へのリンクを ISUT ポータルサイトに設置し、国・都道府県・指定公共機関が利用できるようにした。SIP 終了後は、防災科研が運営・運用を継続し、メンテナンスを除き通年無停止で情報プロダクツを提供する。そして、災害対応機関からの要望に応じて、随時解析シナリオの改訂・追加を行う予定である。また、内閣府が 2023 年度に構築する次期総合防災情報システム（次期総防システム）の設計業務に協力し、SIP で開発した機能の一部を実装することを目標に内閣府防災と調整を実施した。さらに、SIP4D による組織間の情報共有を促進するために、「災害情報共有のための共通データフレームワーク—SIP4D-ZIP」を日本規格協会より JSA 規格として発行した。この規格により、災害対応機関が SIP4D との接続機能を設計する際の仕様が公知のものとなり、SIP4D との接続が促進されるものと期待される。

サブテーマ2：対話型災害情報流通基盤の研究開発

4年次までに、防災チャットボットからの情報に基づいた物資支援の有用性を電気自動車による給電の実証実験を通して確認した。防災チャットボットを実社会で活用するにあたっての法制面の課題を AI 防災協議会として検討するとともに、実証実験を通して具体事例についての課題を明らかにし、対応策を検討した。実災害においてより効果的に防災チャットボットを活用するための自治体等の運用体制を検討するとともに実災害時における実効性を向上させるために防災訓練の実施などを促進した。出水期の豪雨や 2022 年 3 月 16 日の福島県沖地震に

において実災害で活用され、防災チャットボットにおける情報収集機能の有効性を示した。

最終年度は、実運用に向けた災害情報収集機能の整備や、実災害での活用事例の共有によって、自治体等での導入に向けた議論が進んだ。また、すでに複数自治体では予算化、導入が行われ、各自治体での運用に向けて、株式会社ウェザーニューズがサービスとして提供することが決定している。また、より安価に導入可能な SaaS 型のサービスを開発中であり、複数の自治体でトライアル利用を実施し、一部は実災害でも活用されている。開発した技術は民間企業等の BCP 等に転用可能なものであり、民間企業での活用は費用対効果を明示しやすく、有償でのサービス導入へと繋がりやすい。民間企業からのサービス利用料によって基盤の機能改修を実施することで、自治体等での利用者にとっても、継続的な運営基盤の確保へと繋がる。一部、民間企業の BCP サービス、利用者向けの情報提供サービスとして、本基盤の技術を転用したサービスが運用開始されている。そして、これまで AI 防災協議会として、防災 DX についての情報発信等を行ってきた。新たにデジタル庁主導で防災 DX 官民共創協議会が設立されたが、AI 防災協議会は幹事団体として参画した。従来の AI 防災協議会だけの活動に比べて、より広く災害時の避難者に提供すべき情報のデジタル化、標準化等について発信を行える状況となった。

SIP 第 2 期終了後は、株式会社ウェザーニューズがサービス化し、自治体だけでなく民間企業向けに商用展開を計画している。災害情報収集機能は既に実災害での利活用が始まっているが、基礎自治体の運用に合わせて、災害情報の分析/管理機能を強化する予定である。避難支援機能は、避難支援アルゴリズムに必要な情報が全国的に整備されていないという課題がある。また避難動態を共有する際の個人情報取り扱いについても検討が必要である。今後は防災 DX 官民共創協議会での活動を通じて、上記の問題について取り組む。また、その際には本研究の成果を議論に反映させていく。

サブテーマ 3：通信途絶領域解消技術の研究開発

4 年次までに、飛行体による移動体通信システム (MCFV) による通信途絶領域解消技術の研究開発に関しては、MCFV が取得した端末位置情報を蓄積し、未発見者と既発見者を振り分ける機能、対象者個別の情報により抽出する機能等を利用し、新潟県佐渡市において実証実験を実施した。また、MCFV を山岳救助に利用すべく、防災機関と連携し事態対処連絡窓口を開設するなど実運用に向けた体制の準備を実施した。さらに、社会実装上必要となる上空から携帯電話の電波を発することに関する電波法等の整備に向けて、総務省等の関係機関と調整を実施した。

準天頂衛星とスマートフォンによる情報集約と配信技術の研究開発に関しては、内閣府（宇宙）が実施する、Q-ANPI 防災機能拡張事業の一環として、安否情

報に加えて被災状況をスマホ de リレー経由で Q-ANPI 端末（避難所管理 PC）に入力できるスマホアプリを開発し、同事業に参加している千葉県南房総市及び長野県御代田町の防災訓練において実証実験を実施し、参加者からヒアリングを実施した。同事業は令和 8 年度末まで継続される予定であり、同事業に参画している自治体と令和 4 年度の防災訓練における実証実験に向けた調整を実施するとともに、Q-ANPI とスマホ de リレーに関心を有する自治体に対し、遠隔説明を実施し、新たな実証事業参加自治体を得た。

接近時高速無線接続による通信途絶領域解消技術の研究開発に関しては、本研究開発課題の開発技術を含むシステムを、高知県香南市が同自治体の費用で導入した。また、ポータブル SIP4D に関しては 2021 年度より開発を開始したばかりにも関わらず、展示会等で動態展示ができるところまで達成した。さらに、開発した複数 LACS とインターネットクラウドとの同期連携機能を実装したシステムを構築し、COVID-19 下のフィリピン、ビサヤ州立大学のマルチキャンパス環境において不安定な通信環境下での災害対応、遠隔教育等に適用するトライアル実験を行い、基本動作の確認を行った。

最終年度は、飛行体による移動体通信システム(MCFV)による通信途絶領域解消技術の研究開発に関しては、社会実装に向け、警察庁、自衛隊、海上保安庁等の防災機関に対し、本技術の有用性をアピールするとともに、運用性を強化するため、KDDI 関連会社との連携強化を推進した。なお、本システムの有用性を継続して積み重ねていく必要があり、引き続き関係機関と連携し社会実装に向けた、法令面、体制面等の整備・整理を推進していく必要がある。

準天頂衛星とスマートフォンによる情報集約と配信技術の研究開発に関しては、北海道留萌市、千葉県南房総市大井区、長野県御代田町、高知県高知市、兵庫県小野市の防災訓練に参加し、スマホ de リレー×Q-ANPI の操作要領、安否情報の入力体験等を実施し、社会実装基板の充実を図った。本研究開発の成果を活用した内閣府（宇宙）が実施する、Q-ANPI 防災機能拡張事業に係る実証事業に参画する自治体は 2023 年 3 月時点で約 30 自治体に上っており、感染症の終息と相まって、住民参加型訓練における活用を通じ、実災害への備えが進むことが期待される。災危通報システムについては、欧州との共通性を狙い、共通 EWS (Emergency Warning Satellite Service) 用メッセージを日欧共同で開発した。このメッセージフォーマットは、2023 年 4 月以降に世界リリースする。またこのメッセージフォーマットを利用した受信機開発を促進するためのインタフェース仕様を 2025 年に全世界向けに発行する。実証実験に加えアジアの複数国において、早期警報の実態を踏まえつつ実証検証を実施し、アジア展開の基盤を確立する。

接近時高速無線接続による通信途絶領域解消技術の研究開発に関しては、ポータブル SIP4D の社会実装を見据え、陸上自衛隊教育訓練研究本部、及び防衛装備庁に対してポータブル SIP4D を動態でデモンストレーションを交えて紹介する

とともに、意見交換を行った。また、本研究開発成果の一部が搭載された、高知県香南市が整備する「防災情報通信・管理システム」の実装が年度内に完了する見込みである。LACSについては、社会実装も見据えたトライアル利用を国内外で進めた。まず、国内においては、UR都市機構と連携して奈良市内のUR団地内にLACSを設置し、平時利用、イベント時利用の可能性について検証を行った。2022年11月のイベントで行ったトライアルでは約200名の参加者にLACSを試用していただき、災害時平時における有用性について前向きな評価が得られた。国外では、2021年12月の台風RAIによって壊滅的被害を受けたフィリピンセブ島郊外のコルドバ市ギルトンガン島において、APNICなどが主導する復興プロジェクトでLACSが採用され導入利用が始まりつつある。そして、今後の社会実装を優位に進めていくためLACSの標準化活動を行った。その結果、LACSのコンセプト、基本機能をまとめた文書が国内標準であるJSA規格において2023年1月JSA規格（JSA:日本規格協会、民間の国内標準化機関）JSA-S1017:2023として発行された。

SIP第2期終了後は、飛行体による移動体通信システム(MCFV)による通信途絶領域解消技術の研究開発に関しては、実際の災害現場等における有用性については引き続き関係機関と連携し検証、救助機関のニーズを踏まえたシステム改善を実施していく必要がある。特に各通信事業者の情報収集についてはニーズが高く、引き続き関係省庁、各通信事業者と整理を行っていく。また、社会実装、全国配備にあたっては製造、保守コストも課題になるため、システムのパッケージ化を踏まえた技術開発の検討を行っていく。

準天頂衛星とスマートフォンによる情報集約と配信技術の研究開発に関しては、内閣府の実証事業の枠組みで令和9年1月末まで社会実装が継続される。このため、Sub3-2 参画機関の構造計画研究所は、同時期までスマホアプリのサポートを継続する。また、令和5年度においては、令和4年度に新たに実証事業に参加した自治体に対する支援を実施する予定である。

接近時高速無線接続による通信途絶領域解消技術の研究開発のうち、ポータブルSIP4Dの技術開発に関しては、基本的な機能の開発と実証には成功しているが、災害時における実動部隊のニーズに沿った技術開発や、専門知識を必要としない運用が可能なパッケージ化を行うことで、災害対応関連機関のみで自ら運用可能な製品としての製品化へ向けた取り組みを行う必要がある。そのため、引き続き製品化を担う技術の移転先企業の開拓とパッケージ化、ニーズに基づく技術開発を継続して行う。

サブテーマ4：道路・海上交通解析技術と連携した物資供給支援技術の研究開発

4年次までに、物資供給支援技術の研究開発に関しては、内閣府「物資調達・

輸送調整等支援システム」との棲み分けや入出力項目等の連携方法の調整を内閣府と実施した。また、本技術の社会実装に向けて、各調達省庁（経済産業省、農林水産省、厚生労働省）、民間の団体・事業者にて構成される官民ステークホルダーのWGの活動の一環として、プロトタイプシステムを利用して経済産業省及び関係する民間の団体・事業者による実証実験を実施し、各技術におけるアウトプットイメージや情報共有項目を評価した。また、社会実装に向けた実現イメージを具現化し、運用面での課題を抽出した。

道路交通解析技術の研究開発に関しては、社会実装に向けて既設システムとの接続を目指すべく、評価用の装置を警察庁に設置し、稼働のための準備を開始した。

海上交通解析技術の研究開発に関しては、海上保安庁等をはじめとする関係機関において運用されることを想定してことから、社会実装先として想定している海上保安庁とユーザインタフェースやシステム利用方法等の擦り合わせを行った。

最終年度は、物資供給支援技術の研究開発に関しては、実証実験を通じて、物資所管省庁や物資事業者にとって有効な技術であることを官民ステークホルダーによるWGを通じて訴求し、物資供給支援技術の社会実装に向けて経済産業省、内閣府（防災）との協議を実施した。実装主体に関しては経済産業省、内閣府（防災）との省庁間で協議を進めると共に、内閣府「物資調達・輸送調整等支援システム」と物資供給支援技術との機能差分に関する調整を推進した。

道路交通解析技術の研究開発に関しては、警察庁に設置した評価装置に関するネットワーク設定の確認やセキュリティ対策ソフトのインストール等、既設システムのネットワークに接続するための調整を行った。既設システムのデータベースと接続し、既設システムが常時受信・蓄積している車両動態情報を評価装置において実際に処理を行って、処理結果について検証を実施した。

海上交通解析技術の研究開発に関しては、海上保安庁に対して、本研究開発の内容や仕様、進捗状況等について随時報告を行い、システム導入に向けて、リアルタイムAIS（船舶自動識別）データの取得等に係わる仕様の調整を行った。そして、SIP4Dとのデータ連携機能を追加し、SIP4Dへとアップロードする仕組みを構築するとともに、システム連携活用の方法等を他システム関係者と協議しつつ、システム連携の実証実験を実施し、システム活用の実効性を確認した。その結果、海上保安庁へシステムを導入し、今後試験的に運用を開始することとなった。

SIP第2期終了後は、物資供給支援技術に関しては、社会実装に向けて引き続き経済産業省、内閣府（防災）との協議を進める。

道路交通解析技術の研究開発に関しては、道路損壊箇所推定技術は、未だ既存の手段では認識できていない車両が通行できない可能性のある道路区間を推定

しようと試みるものであり、道路交通解析技術の社会実装に向けては、技術的な課題が残存している。効果的な評価方法や、検証を踏まえた課題に対する対策等、技術的課題の解決策の検討と同時に、既設システムを補助する役割としての装置活用の方向性の検討が考えられる。

海上交通解析技術の研究開発に関しては、海上保安庁へ社会実装された海上交通解析システムは、災害時の安全航行のための管制の事前検証や、訓練における災害シナリオの模擬等で活用することが想定されている他、リアルタイムでデータ解析を行うことから混雑予測等通常時における活用も検討されている。このような活用による実証・評価を経て、順次実用性を高めていくことを想定する。

サブテーマ5：保健医療福祉活動支援の需要算出・最適供給技術の研究開発

4年次までに、保健・医療・福祉の各支援チームにおいてD24Hの仕組みを説明するとともに、各訓練へシステムの提供を行なったほか、保健・医療・福祉の各支援チームが関連する学会において講演を通じた情報共有を行なった。また、令和4年3月の福島県沖地震において、保健所の状況把握のためD24H調査ツールを提供した。さらに、COVID-19については、D24Hのカスタマイズ版を用いて、千葉県と熊本県を支援した。

最終年度は、災害時保健医療福祉活動支援システム（D24H）の1つの機能である簡易調査ツールについて、災害時保健所状況報告システムとして事業化され社会実装を達成した。また、D24Hの社会実装を目指し、厚生労働省と新たなマイルストーンを定義し、協議を開始した。さらに、社会科学における大規模社会シミュレーションプラットフォームD2J（デジタルツインジャパン）を発表した。今後、高度化が期待される。

SIP第2期終了後は、D24Hの社会実装に向けて、不足する機能や新たな機能を盛り込みつつ、新しいマイルストーンの中で、D24Hが災害時に果たす役割を事業化と合わせて検討する協議を厚生労働省と行う。

⑤ 知財戦略，国際標準化戦略，規制改革等の制度面の出口戦略

サブテーマ1：災害動態解析と統合化システム連動技術の研究開発

知財戦略については、防災科学技術研究所が設置している知財委員会のもとで研究成果の特許を申請済である。標準化戦略についてはSIP4DのISO国際標準化に向けたTFに参加して検討をすすめるとともに、SIP4Dの共通データフレームワークである「SIP4D-ZIP」について日本規格協会が認定するJSA規格として発行された。

サブテーマ2：対話型災害情報流通基盤の研究開発

AI 防災協議会内で、自治体から挙げられた導入への課題の一つである、“SNS を活用した際の「通報」の概念”について法制面での検討を行い、適切な利用規約を定めることで、自治体の通報への対応義務の問題を解決した。

サブテーマ 3：通信途絶領域解消技術の研究開発

法制度について、関係省庁に本システムの有用性をご理解いただき、有事に向けた運用条件の整理を進めている。

災危通報システムのデータフォーマットについては Galileo との共通化検討を実施しており、国標準化戦略の成果が出つつある。

LACS コンセプトについて日本規格協会が認定する JSA 規格として発行された。

サブテーマ 4：道路・海上交通解析技術と連携した物資供給支援技術の研究開発

＜物資供給支援技術＞

必要物資量推計等に関する特許を出願済み、権利化を推進中。

＜道路交通解析技術＞

道路交通情報に関する情報の一部を台風 14 号などの災害活動に可能な範囲で活用可能なように取り組んだ。

＜海上交通解析技術＞

港湾利用可否に関する推定情報を、港湾関係者に対して一元的・俯瞰的に共有できるように取り組んだ。

サブテーマ 5：保健医療福祉活動支援の需要算出・最適供給技術の研究開発

情報共有システム自体は関係しないが、被災地の擬似的被害状況を作り出すシミュレータ及びそのライブラリについては、公開をおこなった

⑥ 成果の対外的発信

サブテーマ 1：災害動態解析と統合化システム連動技術の研究開発

実災害への適用を継続していることが極めて効果的な対外発信となっている。特に防災基本計画に SIP4D が位置づけられたことの影響が大きく、地方公共団体からの照会が増え、都道府県の過半数を超える団体と SIP4D とのシステム接続が実現した。また複数のメディアに取り上げられたことから、講演会・シンポジウム等における講演や寄稿の要請が増え、これらを活用して研究成果の周知を図っている。

サブテーマ 2：対話型災害情報流通基盤の研究開発

論文投稿や雑誌記事の投稿、シンポジウム等での発表を実施している。また、

実証実験においては適切にプレスリリースを行いメディアの取材を受ける、などの活動に取り組んでいる。

サブテーマ3：通信途絶領域解消技術の研究開発

関係機関に対する講演等を通じ、本システムの有用性を発信している。

論文発表の他、RISCON 2022におけるセミナー、ぼうさいこくたい、各自治体の防災訓練等で成果を発信しており、適切に実施されている。

高知県総合防災訓練での出展を実施したほか、危機管理産業展、ぼうさいこくたいでも出展を行った。

サブテーマ4：道路・海上交通解析技術と連携した物資供給支援技術の研究開発

＜物資供給支援技術＞

物資供給支援に関わるWG会議や自治体も含めた関係機関に対して本技術の成果を発信している。

＜道路交通解析技術＞

道路交通に関する官民の組織に対しSIP防災での道路交通情報の取組等を今後共有する。

＜海上交通解析技術＞

日本航海学会にて、災害時における船舶輻輳状況の予測技術の成果について、査読付き論文を発表済み。

サブテーマ5：保健医療福祉活動支援の需要算出・最適供給技術の研究開発

国内の医療・保健・福祉及び関連学会で基調講演、教育講演、パネリストなどを精力的に行い、研究開発しているシステムの浸透させた。

⑦ 国際的な取組・情報発信

サブテーマ1：災害動態解析と統合化システム連動技術の研究開発

イノベーションのアカデミー賞呼ばれ、イノベティブな技術に対して与えられる国際的なプライズである「R&D100」（米国R&D Magazine主催）をSIP4Dが受賞し、本プロジェクトの革新性を国際社会へアピールした。

サブテーマ2：対話型災害情報流通基盤の研究開発

昨年実施したUNESCOナイロビ支部と東アフリカ5ヶ国でのワークショップの結果についてHPや国際会議等で継続的に発信している。その結果、複数の国から実証実験等の依頼がある。

サブテーマ 3：通信途絶領域解消技術の研究開発

災害危険通報フォーマットについては Galileo と連携した国際標準化に向けた活動を継続中である。

アジアパシフィック地域でインターネット管理を担う APNIC が評価し、APNIC 主催フォーラム (APr IGF2022) にて LACS Showcase セッションを設けるなど途上国向けネット環境促進ツールとして評価が広がっている。

サブテーマ 4：道路・海上交通解析技術と連携した物資供給支援技術の研究開発

まずは国内における物資供給、道路交通解析、海上交通解析の核技術を開発し、国際展開にあたっては収集可能なデータや組織体系に基づいて取組を検討する。

サブテーマ 5：保健医療福祉活動支援の需要算出・最適供給技術の研究開発

過去にシンポジウムを開催したインドネシアの関係者と意見交換・情報共有をおこなった。

(2) テーマⅡ：衛星データ等即時共有システムと被災状況解析・予測技術の開発

1) 研究内容

迅速かつ確実な判断とこれに基づく災害対応の確実な実施のため、衛星データや、ビッグデータを、AI等を活用して解析することで被災状況を把握するとともに、ニーズに応じて被災状況を共有する、被災状況解析・共有システムを開発する。本システムは、データに基づく被災状況解析を補完することで、リアルタイムで広域の被災状況を予測する機能を備える。また、本システムは、テーマⅠで開発する「避難・緊急活動支援統合システム」と有機的・統合的にシステム化することを前提として開発する。

2) 技術的目標

関係機関と連携しつつ、国が被災状況解析・共有システムを運用し、衛星データの情報を一元化・共有することで、発災直後の被災状況を把握する。さらには、災害対応主体が被災状況を基にリアルタイムの広域の被災予測を行うことで、政府の大規模災害等に対する緊急対応の充実に図るとともに、確実な避難を実現する。

4年次は、衛星データの「即時一元化・共有システム」は、プロトタイプシステムとして開発した水・土砂災害版をベースに他の災害へ拡張する。システムの継続運用を行い、災害対応機関やモデル自治体と連携した訓練や実災害対応を通じて、社会実装に耐え得るシステムとして高度化を行い、社会実装に向けた調整を継続する。サブテーマ2やサブテーマ3の解析結果及び予測結果について、利活用シナリオを明確化し、必要なデータを一元化する。衛星データ解析技術開発は、災害未満を含む大量の衛星画像データによる機械学習に基づく災害検知能力の高度化を行うとともに、開発技術の精度評価を行い、誤判定の要因を抽出する。加えて、解析技術の標準化を進める。災害別予測・解析技術開発は、プロトタイプシステムをベースに社会実装に向けて技術の高度化を行うとともに、予測・解析技術の精度評価を行い、誤判定の要因を抽出する。また、「即時一元化・共有システム」との接続を行うとともに、社会実装に向けて関係省庁との調整を行う。

最終年次は、各プロトタイプシステムを拡張・高度化して接続を実現する。衛星データ解析技術及び災害別予測・解析技術開発については、プロトタイプシステムをベースに実運用レベルのシステムとして拡張・高度化を行う。その上で本テーマ内の各サブテーマ、モデル自治体、他テーマを担当する機関、実務機関等と連携した総合的な訓練や実証実験、災害対応等を実施し、評価・検証を経て確立する。衛星データ解析技術を活用し、一定条件下における発災後2時間以内に観測・解析を実現するシステム技術として確立する。社会実装としては、内閣府や総務省、文部科学省、国土交通省等と連携し、開発した各システムの実運用・実稼働のための運用先の道筋をつける。内閣府防災担当「国と地方・民間の『災害情報ハブ』推進チーム」をはじめとした関係機関との連携により本システムの利用を前提としたリモートセンシングデータの利活用ルール等

を確立する。AI 等を活用した衛星データ解析技術の標準化を進め、協調領域・競争領域を明確化する。これらの研究成果及び社会実装に基づき、政府の大規模災害等に対する緊急対応の充実を図るとともに、確実な避難に貢献する。また、本研究開発の成果は防災分野以外の民間における利用についても想定しており、平時における利用方法を明らかにし、商用サービス化を目指す。

3) 課題目標の達成度

① 国際競争力

本テーマのコアシステムであるサブ1の衛星ワンストップシステムは、災害予測情報と衛星軌道及びセンサー情報に基づく観測自動推奨、レーダ衛星による緊急観測、解析処理の実行迅速実行と提供、予測シミュレーション活用、という一連の機能が End-to-End で流れ、広域被災状況把握を迅速化する統合システムである。海外の類似システム及びサービスとして、EU の Rapid Mapping Service、米国の Hazards Data Distribution System との比較・分析を実施したが、本システムの目指す統合システムではないことを確認しており、「ワンストップシステム」の国際的な優位性は明らかである。

サブテーマ1：衛星データ等即時一元化・共有システム開発

サブテーマ1のコア技術である衛星ワンストップシステムは、予測情報と各種衛星軌道及びセンサー情報に基づく観測エリア自動推奨、レーダ衛星による緊急観測実施、解析結果の迅速提供、予測シミュレーション活用、という一連の機能が End-to-End で流れ、広域被災状況把握を迅速化する統合システムである。海外の類似システム及びサービスとして、EU の Rapid Mapping Service、米国の Hazards Data Distribution System との比較・分析を実施したが、本システムの目指す統合システムではないことを確認しており、衛星ワンストップシステムの国際的な優位性は明らかである。

サブテーマ2：衛星データ解析技術開発

衛星データ解析における自動化（AI 等による機械学習ベースの解析処理技術）は、発災後の衛星データ取得から2時間程度で解析プロダクトを政府や地方自治体の災害対策関係者に提供するシステムであり、これらのデータ提供によって洪水、土砂災害等の被災状況を迅速に把握するものである。本自動解析システム及びプロダクト成果を「ワンストップシステム」によって End-to-End で流す統合システムは、海外に類似システムはあるが、迅速性、正確性、機能性から見て国際的な優位性は明らかである。

サブテーマ3：災害別予測・解析技術開発

【洪水】洪水災害について、衛星データ解析結果と、地上観測や統計データ等の緻密なデータを融合して、Cyber・Physicalの整合するシミュレーションを災害対応で行っている事例は、世界でも他に見当たらない。

【火山】火山については衛星の観測データを用いた効果火砕物や火砕流等の分布をシミュレートする技術は他にないオリジナルな技術である。また、これらを連携させて土石流の被害域予測を実施する技術は他に事例がない。

【地震火災】市街地火災を対象として衛星データによる火災検出とシミュレーションによるその後の延焼範囲予測を行って災害対応を行うシステムは他に例がない。

② 研究成果で期待される波及効果

衛星ワンストップシステムは国内外の各種衛星をコントロールし、被災状況の早期・広域把握を行い、政府の的確な応急対策に資するための研究開発を実施したことから、国民の安全安心に対して社会的貢献を行ったといえる。また、早期被害把握のコスト軽減の観点から、生産性向上に寄与したといえる。さらに、宇宙関連技術の民間進出が活発に行われており、将来的な連携により本成果は宇宙ビジネス分野の発展への寄与が見込まれる。

サブテーマ1：衛星データ等即時一元化・共有システム開発

衛星ワンストップシステムは、被災エリアの復旧復興に資する早期被害把握技術を開発するものであり、国民の安全安心に大いに貢献する技術である。早期被害把握に必要なコストを軽減する観点から生産性向上へ貢献している。宇宙技術の民間進出が活発となっており、宇宙ビジネス関連の発展に貢献できる可能性がある。また、衛星は地球を周回していることから衛星ワンストップシステムは海外展開が可能な技術である。

サブテーマ2：衛星データ解析技術開発

「衛星データ自動解析処理技術」は、被災エリアの被害状況を迅速に把握する技術であり、その研究成果は科学技術の進展に寄与することはもとより、生産性の向上に大いに資するものである。また、解析技術の応用展開によって新たな市場創出の可能性を秘めており、海外展開の可能性も含めた国際的、社会的貢献などが期待できる。

サブテーマ3：災害別予測・解析技術開発

【洪水】本事業での研究内容も参考にされた上で、国土交通省・気象庁によって民間による洪水予報が許可される方向に展開しつつある。

【火山】迅速な降下火砕物や火砕流等の分布の把握・推定が可能となり、火山

噴火後の土石流の被害域予測等の高度化に活用が期待される。また、基礎技術は火山活動が活発なアジア太平洋地域などでも展開できる可能性はある。

【地震火災】広域火災の観測・予測を前提とした消防戦術、避難誘導等の高度化への展開が期待できる。

③ 達成度 (1)

サブテーマ1：衛星データ等即時一元化・共有システム開発

4年次までに、衛星データの「一元化・共有システム」として、風水害版として開発したプロトタイプに対して、災害種別を拡張し、社会実装に耐え得るシステムとして高度化の開発を行った。各種衛星データの一元化及び自動解析環境を構築し、実災害へ適用する利用実証を通じて、評価・検証を継続した。特に、衛星観測計画自動推奨機能のプロトタイプを開発し、「一元化・共有システム」へ適用して継続的な試験稼働を開始した。

トリガリングシステム開発に関しては、3年目までに構築したプロトタイプシステムに水害と地震災害以外に、津波、土砂、火山、風害と高潮を対象災害として拡張し、マルチハザードに対応した高度化を行った。テーマ間の連携としてテーマⅥの洪水予測情報（浸水深、河川流量、河川水深）を受信し、トリガリング情報生成する機能を追加した。またトリガリング情報生成アルゴリズムの精度検証を行うため本システムと別の実験環境を構築し過去の災害においてトリガリング情報を生成できる機能を開発した。トリガリングシステムより生成されたトリガリング情報を自動的に地図サービスとして配信する機能を開発しリアルタイムで外部へ提供可能となった。

セレクトーマネジメントシステム開発に関しては、トリガリング情報もしくは防災ユーザが衛星撮像の関心領域を選定するにあたっての源泉情報、及び衛星セレクトーマシステムから関心領域に基づく衛星の観測機会情報を収集し、関係機関において情報共有を可能とするシステムをプロトタイプとして実装した。海外版について設計・検討を行い、試作版を実装した。

被災地航空管理システムの開発に関しては、災害時に被災県等に設置される航空運用調整班及びヘリ運用省庁において本システムを使用することを想定し、ワンストップシステムと連携して「推定浸水範囲抽出結果」、「推定浸水包絡線抽出結果」等を表示可能なシステムを開発した。

衛星セレクトーマシステム高度化開発に関しては、ワンストップ被災状況情報提供システムとの連携機能を強化した。

モデル地域における実証実験に関しては、国内の大規模災害において、発災直後に衛星データ解析（国際災害チャータのプロジェクトマネージャを担当）を実施し、山口県における衛星データ利用と、その有効性を検証した。また、地方自治体が保有するデータの調査・収集及び更新し、地方自治体の災害情報システム

との連携を踏まえた災害時の利用を検討した。さらに、リモートセンシングデータ等即時一元化・共有システムの海外展開を検討し、インドネシアにおける過去の災害事例の解析と評価を行った。

最終年度は、主要衛星の観測計画を一元的に把握し、発災域を着実に観測してデータ解析処理を行い、初動の被災状況把握を可能とするための自動化技術を開発し衛星ワンストップシステムを構築した。予測情報を活用した観測トリガー情報の生成技術を開発し、衛星の最適な観測計画を自動立案・推奨する技術を開発した。サブテーマ2と連携し速度重視の自動解析技術、信頼性重視の手動解析技術を衛星ワンストップシステムに融合し、プロダクト提供まで一貫して実施可能となった。以上から発災2時間で衛星データに基づく被災状況把握に資する情報プロダクト提供に必要な技術を開発することができた。

トリガリングシステム開発に関しては、地震・津波、洪水、土砂、暴風、高潮、火山を対象に、災害がいつどこで起きたかを推定し、セレクターマネジメントシステムや他の情報システムへ共有するシステムを構築した。過去の災害の発生個所に基づき、トリガリング情報を生成するアルゴリズム（生成ルール）を開発した。様々な防災関係機関や研究機関等から受信している観測情報・予測情報は、更新間隔やフォーマットが異なるデータの処理の順番や、サーバリソースについて最適化を行い、処理アルゴリズムが指定の時間内にトリガリング情報を生成できるようになった。また、システムメンテナンスやデータ受送信障害場合を想定しシステムの監視機能を開発し早くも検知することで、運用者による早期復旧が可能となった。トリガリング情報はメッシュ型（約250m）、矩形型（ポリゴン）、市区町村別に災害発災危険度を示したテキスト型を災害発生の推定情報として提供するシステムとして確立した。

セレクターマネジメントシステム開発に関しては、トリガリングシステムからのトリガリング情報及び各防災対応機関からの要望を踏まえた撮影リソースの配分を実施するセレクターマネジメントシステムのプロトタイプを実装し、出水期における実際の災害時においてシステムを稼働させ、機能及び運用上の課題の抽出をもとに、災害種別追加等の機能拡張、更には将来的な小型衛星数増加を見越し推奨観測計算機能の高速化を実施した。

被災地航空管理システムの開発に関しては、災害対応機関で航空運用に従事している職員等へのヒアリング等を通して、現在運用されているD-NET技術を活用したシステム上での要件を確認しながら、マン・マシン・インターフェース機能の改良を行った。その結果、情報入手から表示までの時間の短縮が実運用に向けたポイントであることが判明したため、データ取得及び取得から表示までに至る時間の短縮を図るプログラム改良を行った。その結果昨年度と比較して10倍程度の速度向上が認められた。

衛星セレクターシステム高度化開発に関しては、実システムの開発に向けて、

セレクターマネジメントシステム等の他システムとのインターフェースや機能の連携の確認を目的にシステム間として、観測計画ステータスの提供内容の改善や、災害前観測データの情報の提供内容の充実化などを実装した。また、関係する海外宇宙機関にて新たな人工衛星がシリーズに加わったため、対象衛星の観測機会を確認できるよう、機会検索機能の拡張を行った。

モデル地域における実証実験に関しては、即時一元化・共有システム（衛星ワンストップシステム）を利用した山口県における災害時の衛星データ利用とその有効性を検証した。また、地方自治体が保有するデータの収集・更新及びリスク情報の構築を行い、災害時の利用を検討した。さらに、ワンストップシステムの海外展開を検討し、2022年11月のインドネシアジャワ島西部地震を対象にデータ解析とデモの構築を行った。

サブテーマ2：衛星データ解析技術開発

4年次までに、AI等による被災状況把握技術開発に関して、ALOS-2の発災前後及び非発災1時期によるSARコヒーレンス画像差分を機械学習（AI的手法）解析によって、発災及び非発災エリアを抽出する手法を一連の処理フローに組み込むためのシステム開発を行った。また、災害発生未満も含む大量の衛星画像を用いて被害エリアの検知・抽出手法の開発を行った。

建築物被害状況解析システム開発に関しては、社会実装に向けて、試験運用と実用性をさらに高めるための検討を実施した。

衛星画像データリアルタイム判読技術開発に関しては、SAR及び光学センサの水害による浸水域・浸水深・河道閉塞・崩壊・土砂洪水氾濫等のリアルタイム判読アルゴリズム開発と高度化を図るとともに、クラウド上へのプロトタイプシステムとしての実装と、実災害による実証を行った。また、SAR及び光学センサからの土砂災害抽出に係る誤抽出低減を図るため、災害未満画像から日本全国の既存の伐採地及び崩壊地データを作成した。

最終年度は、AI等による被災状況把握技術開発に関して、ワンストップシステムへの組み込みを意図したシステム化の見通しが立った時点で、困難性の高い土砂災害検知を進めるため、コヒーレンスを用いた手法の高度化を行い、衛星SARデータから機械学習を用いて、崩壊地を自動検出する技術を確立した。Palsar-2及びSentinel-1のSAR画像データを用いて機械学習による検出システムの実装と性能の把握を行った。問題点としては、初期の崩壊地抽出システムの汎用性に問題があり、アルゴリズム改善のためセグメンテーション（Super Pixel化）の活用によるシステムの性能向上を目指し、一応の成果を得た。また、検出処理対象地域と他地域のデータでクロスバリデーションにより汎化性能の確認も行った。

建築物被害状況解析システム開発に関しては、衛星SARと可視光衛星画像を基

軸とし、市街地の建築物被害区域を高速かつ効率的に解析する改良版として、衛星 SAR については出力機能の高度化と計算機構の多重化を図り、実運用に必要な最終調整として運用マニュアルの策定と実運用環境の最終構築を実施した。また、構築した衛星測位特化小型センサやドローン等より災害拠点等になり得る重要拠点的建築物の災害後の損傷性状を迅速に判定するためのプログラム等の実用性の検証等を引き続き実施し、実用性の確認と実運用に必要な環境の整備並びに各種の関連するドキュメント類の整備を行った。

衛星画像データリアルタイム判読技術開発に関しては、SAR 及び光学センサにより、水害による浸水域・浸水深・河道閉塞・崩壊・土砂洪水氾濫等のリアルタイム判読アルゴリズム開発と高度化を行った。また、リアルタイム判読アルゴリズムのクラウドシステムへの実装と、衛星画像入力をトリガーとした自動判読、判読データのアウトプットまでを行うシステムのプロトタイプングを行った。具体的には、SAR 衛星画像 (ALOS-2) において、電波照射方向、斜面の向き、土砂移動面積に配慮して教師データを作成するとともに、主に平成 29 年 7 月九州北部豪雨、平成 30 年 7 月豪雨 (西日本豪雨) を対象として、判読精度の向上を図った。その結果、従来のモデルでは抽出困難であった土石流が抽出できるようになった。SAR 衛星画像 (ALOS-2) 緊急観測データ入手後の解析時間は、当初は目視判読で数日を要したが、最短 1 時間での情報解析が可能となった。また、光学衛星画像 (SPOT) において、紅葉時期の誤判読を低減させるため、主要な土砂崩壊地を対象として、災害後の紅葉時期の教師データを追加するとともに、複数の土砂災害事例への適用及び判読精度の向上を図った。その結果、従来のモデルよりも汎化性能が向上したことを確認した。光学衛星画像 (SPOT) 衛星データ入手後の解析時間は、当初は目視判読で数日を要したが、最短 1 時間での情報解析が可能となった。さらに、災害未満画像を活用した洪水災害及び土砂災害抽出技術のさらなる高度化を行い、SAR 及び光学センサからの土砂災害抽出に係る誤抽出低減を図るため、災害未満画像から日本全国の既存の伐採地及び崩壊地データを作成した。光学衛星による浸水域解析技術の高度化に関しては、昨年度までに開発した深層学習モデル (MobileNetV2) に加えて、より大きなネットワークモデルである U-Net を採用し、災害未満画像 (災害前後二時期) を活用した浸水域推定技術の改良を実施した。SAR 衛星による浸水域解析技術の高度化に関しては、昨年度までに構築した SAR 処理システムについて災害発生時に迅速性ととも確実性を重視して運用が可能となるよう、災害対応を通じた取組を継続的に実施した。浸水範囲推定においてはクラウド上での処理の高速化を実装検討し、本年度も継続的に運用を行った。

実災害への適用事例 (土砂災害) として、昨年度は、令和 3 年 7 月 1 日からの大雨 (1 回)、令和 3 年 8 月前線による大雨 (7 回) について、計 8 回の緊急観測、判読及びワンストップシステムへの登録を実施した。今年度は、令和 4 年 8 月 3

日からの大雨，台風第 14 号，台風第 15 号について，計 5 回の緊急観測，判読及びワンストップシステムへの登録を実施した。

サブテーマ 3：災害別予測・解析技術開発

4 年次までに，洪水氾濫シミュレーション広域被災予測技術開発に関して，基盤となる個別技術要素の改良と，全体でのシステム連携の構築，動作と必要追加機能の検証を進めた。精度や性能の向上，対象河川の拡充，ワンストップシステムとの連携等の開発を実施した。

火山降灰等シミュレーション広域被災予測技術開発に関しては，降灰分布シミュレーションシステム等を開発し，衛星観測時において噴火が継続している場合も降灰分布を予測することが概ね可能となった。

火災シミュレーション広域被災予測技術開発に関しては，火災画像解析システム，リアルタイム火災延焼シミュレーション及び火災延焼リスク評価システムのプロトタイプを改良・発展させ，衛星観測データを用いた火災検出，検出結果に基づく数日後までの延焼予測，火災リスク評価の各機能について精度検証・精度向上や機能拡張等を実施した。

最終年度は，洪水氾濫シミュレーション広域被災予測技術開発に関して，日本全域をカバーする洪水予測の精度向上・検証を行い，衛星撮像オーダーのトリガリング情報として活用できるシステムを構築した。衛星データにより補正するリアルタイムな氾濫予測の代表河川を拡充し，精度向上・検証を行った。具体的には，衛星画像判読による浸水解析結果と画像認識技術を活用した浸水区域予測及び破堤危険個所の推定に資する技術開発として，2019 年台風 19 号・千曲川を対象に河川水位予測（国土交通省）を活用した予測精度の高度化手法を検討しシステム構築した。また，衛星画像判読による浸水解析結果と画像認識技術を活用した浸水区域予測及び破堤個所推定に関する技術開発として，2019 年台風 19 号・千曲川に加えて阿武隈川を対象に水害リスクラインデータ（国土交通省）を活用した予測精度の高度化手法を検討しシステム構築した。さらに，国土交通省「水害リスクライン」との連携のためのデータ取得システムを構築したほか，リアルタイム洪水予測シミュレーション結果を用いたリスク表示システムの構築と実装を行った。

火山降灰等シミュレーション広域被災予測技術開発に関しては，これまで開発を進めてきた降灰分布，土石流発生リスク評価結果等の解析結果をワンストップシステム等関連するシステム等へ受け渡し可能な形式で出力できるようにした。

火災シミュレーション広域被災予測技術開発に関しては，火災画像解析システム，リアルタイム火災延焼シミュレーション及び火災延焼リスク評価システムのプロトタイプをさらに改良・機能向上し，衛星データの取得・火災検出，72 時間後までの延焼状況の予測，結果の共有等を行う広域火災観測・予測システムプロ

トタイプを構築した。

④ 達成度 (2)

サブテーマ1：衛星データ等即時一元化・共有システム開発

4年次までに、衛星データの「一元化・共有システム」を用いて、関係省庁の実災害対応と連携した継続的な利用実証を通じ、社会実装に向けた具体的な調整を進めた。さらに、「一元化・共有システム」とサブテーマ2の解析技術と連携した社会実装を担う組織体構築に向けて、参画機関等と戦略検討を進めた。引き続き災害時の国際枠組みと連携し、衛星データを積極的にコントロールした。

トリガリングシステム開発に関しては、社会実装に向けて、トリガリングシステムにより受信した各種災害情報及び予測情報、生成されたトリガリング情報を「即時一元化・共有システム（衛星ワンストップシステム）」へ提供し、実証実験を継続した。災害時には、民間衛星会社は「衛星ワンストップシステム」を經由し災害情報とトリガリング情報を参照し、どこでいつ撮影するかを判断可能になった。また、これらの情報を防災科研クロスビューや災害時情報集約支援チーム（ISUT）への情報提供を継続的に行った。

セレクトーマネジメントシステム開発に関しては、防災関係機関との情報共有を行うためのプロトタイプを提供し、防災訓練又は出水期における実際の災害時においてシステムを稼働させ、機能及び運用上の課題を抽出した。加えて関係省庁及びニーズ省庁との社会実装に必要な機能の高度化に関する検討を行った。

被災地航空管理システムの開発に関しては、令和3年7月集中豪雨において災害対応機関の航空運用活動を支援し課題を抽出した。

衛星セレクトーシステム高度化開発に関しては、プロトタイプシステムを用いて、令和3年8月豪雨災害など実災害で対応した。

モデル地域における実証実験に関しては、山口県の総合情報防災システムへの衛星画像や解析データの取込を実施し、山口県下の市町の災害時の活動を踏まえて衛星データ利用マニュアルの構築と既存システムとの連携における課題解決の方法をマニュアル化した。また、市町や消防に対して衛星データ利用の人材育成も実施した。

最終年度は、開発技術及びシステムを活用した関係省庁と連携した実証実験や実災害対応を通じて、評価検証や改善を実施すると共に、実運用に向けての課題点を抽出した。その結果、関係省庁等と連携した実証実験や実災害対応を通じて、課題発見及び改善を継続的に実施し、開発技術及びシステムの有効性を示した。衛星ワンストップシステムは、TRLとBRLは共に7に到達した。SIP終了後即の実用化ではなく、「助走期間」を経る必要性を明確化し、具体的な実施事項やロードマップを検討・提示することができた。また、内閣府防災やデジタル庁等が検

討している防災プラットフォームの検討において、災害時基本共有情報（日本版 EEI）の一つとして、被災状況画像等が位置づけられ、衛星データが基本情報として位置づけられる見込みとなった。

トリガリングシステム開発に関しては、自然災害トリガリングシステムを防災科学技術研究所のクラウドサーバ内に構築し、衛星データの「即時一元化・共有システム（衛星ワンストップシステム）」を構成する一機能として、災害種別のトリガリング情報を安定的に提供することが可能となった。民間衛星会社へトリガリング情報等を提供し、発災直後の衛星観測の調整を行うことが可能となった。トリガリング情報を地図サービスとしてホストし、SIP4D 等への提供のほか、防災科研が運用する防災クロスビューや ISUT-SITE への共有が可能となった。運用マニュアルやトリガリング情報生成基準に関するドキュメントを作成した。次年度以降の研究開発を行う予算の獲得の目途が立った。

セクターマネジメントシステム開発に関しては、実証実験向けプロトタイプとして、GIS をベースとした状況共有システムのプロタイプシステムの整備を行い、トリガリング情報に基づく衛星の関心領域の選定、衛星セクターシステムの衛星機会検索の結果を受け、防災関係機関との情報共有を行うためのシステムの整備を実施し、将来発生する衛星追加などに備え、衛星を多数連携する場面で想定する推奨観測計算の効率化・最適化（高速化）の仕組みを実装した。

被災地航空管理システムの開発に関しては、愛媛県原子力防災訓練において、現地災害対策本部を模擬した環境下で内閣府職員及び愛媛県職員に本システムの有効性を評価していただき、実災害において本機能により迅速に情報共有が実現できれば、災害対応を行うヘリやドローンの運用に有効であるとのコメントを得た。

衛星セクターシステム高度化開発に関しては、プロトタイプシステムを用いて、令和3年8月豪雨災害など実災害で対応した。

モデル地域における実証実験に関しては、山口県の総合情報防災システムへの衛星画像や解析データの提供を実施し、ワンストップシステムの解析プロダクトとの連携を行った。また、市町や消防に対して衛星データ利用の人材育成も実施した。また、2022年11月のインドネシアジャワ島西部地震に対し、解析結果の提供を行った。

SIP 以後の社会実装の実現性に関しては、「衛星ワンストップシステム」は多数の衛星観測リソースをインプットとして、4つのステップ（Trigger, Select, Process, Deliver & Share）を順番に実施することで、ユーザが要望するサービス（プロダクト）を提供することを目指しており、「パイプラインサービス」と捉えることができる。そのうえで、官民が連携・参加ができるような体制及びサービス主体の構築が必要であるという認識に基づき、協調領域と競争領域を設定の上で、社会実装に向けて必要な要素を具体化し、要素ごとに課題や解決方法等を

具体的に検討した。その結果、SIP 終了後即の実用化ではなく、「助走期間」を経る必要があることを明確化し、実施事項やロードマップを検討し、技術高度化（小型レーダ衛星の統合利用技術開発、商用タスキングサービスとの接続）、平時利用や民間展開、実運用体制構築に向けた課題解決等を SIP や BRIDGE 等を活用しながら進めることで、衛星ワンストップシステムの社会実装につながると考えられる。

サブテーマ 2：衛星データ解析技術開発

4 年次までに、AI 等による被災状況把握技術開発に関して、定常観測についてはクラウドベースのワンストップシステムへの一本化を行った。また、緊急観測対応の強化策と人員配置も含めた処理フローの明確化を行い、これまでの代表的災害を対象に模擬対応を行い、システム実装上の課題を抽出し、それへの対応策や改善策を検討した。

建築物被害状況解析システム開発に関しては、解析結果の外部システムとの連携試験を実施するとともに、開発したシステムの実用性の検証のために自治体等と連携した実証実験を実施した。

衛星画像データリアルタイム判読技術開発に関しては、実際の洪水災害発生時に、機械学習等を利用した提供時間重視の 1 次プロダクトに加え、衛星画像や地形情報等を考慮して確実性を重視した 2 次プロダクト（包絡線）を、国土交通省等の実際の災害対応機関と調整しながら提供・共有を行った。また、判読技術に係る標準化について、解析プロダクト、精度検証方法、災害 AI 学習用教師データの共通化及び標準化に取り組み、「衛星画像による災害自動判読標準化ガイドライン」の一次案を作成した。

最終年度は、AI 等による被災状況把握技術開発に関して、衛星 SAR データから機械学習を用いて、土砂災害による崩壊地を自動検出する技術をサブグループ 1 で開発した実装化システムに統合し、定常観測の社会実装を完了した。

建築物被害状況解析システム開発に関しては、市街地の「トリアージ」を実現するためのシステム開発及びセンシング技術による重要拠点の建築物の健全性評価システム開発とともに、実運用に必要な最終調整として運用マニュアルの策定と実運用環境の最終構築を実施した。

衛星画像データリアルタイム判読技術開発に関しては、洪水氾濫水害直後の効率的で条件（夜間・荒天・作業者の通常就労時間外を含む）に影響されにくい被災概況のリアルタイム判読手法として、衛星画像データと地形地質などの地理情報データを活用した水害による浸水域・浸水深・河道閉塞・崩壊・土砂洪水等のリアルタイム判読手法を確立した。また、判読技術に係る標準化について、解析プロダクト、精度検証方法、災害 AI 学習用教師データの共通化及び標準化に取り組み、「衛星画像による災害自動判読標準化ガイドライン」を作成した。これら

を府省庁の災害時衛星データ利活用に向けたパイプラインづくりとしてワーキンググループを立ち上げて検討を実施した。実際の洪水災害発生時に、機械学習等を利用した提供時間重視の1次プロダクトに加え、衛星画像や地形情報等を考慮して確実性を重視した2次プロダクト（包絡線）について、昨年度までに構築した処理フローに基づき、国土交通省等の実際の災害対応機関と調整しながら継続的に提供・共有を行った。

建築物被害状況解析システムのSIP以後の社会実装の実現性に関しては、当面建築研究所において実運用体制をとり、災害時における情報提供に努める。それと並行して、中長期的には地方拠点大学等や企業等との連携により技術移転を行っていくための取り組みを行い、3年～5年以内には2～3地方分の運用体制の主体を構築し、10年以内には技術移転を完了したいと考えている。そのために、令和4年度より建築研究所運営交付金での研究課題を立ち上げ、実運用に必要な最低限の必要を捻出しつつ、特に平常時における応用的な活用を図るための研究課題等にも取り組む予定である。

サブテーマ3：災害別予測・解析技術開発

4年次までに、洪水氾濫シミュレーション広域被災予測技術開発に関して、最終的な実装の形のイメージとして、予測シミュレーション、リアルタイムシミュレーションの両方をワンストップシステムに統合するプロトタイピングを実施した。一部の要素技術について、実際の洪水災害発生時に災害対応機関に提供し、活用された。2023年度には、国土交通省千曲川河川事務所、福島河川国道事務所のリスクラインと連携した被災予測システムが実装される予定である。

火山降灰等シミュレーション広域被災予測技術開発に関しては、土石流被害発生リスク評価システム等のユーザの候補である国土交通省と調整し、実装の道筋をある程度明確化をした。

火災シミュレーション広域被災予測技術開発に関しては、火災画像解析システム、リアルタイム火災延焼シミュレーション及び火災延焼リスク評価システムに関して、各システムのプロトタイプを稼働させ、システム間及び外部システムとの連携に関する実証を実施した。

最終年度は、洪水氾濫シミュレーション広域被災予測技術開発に関して、日本全域洪水予測について、自治体との実証実験を進め、50を超える自治体への予測情報の提供を実施している。リアルタイム氾濫シミュレーションについて主たる社会実装の主体として想定している国土交通省と、2023年度の具体的な実装について、一定の合意を得た。

火山降灰等シミュレーション広域被災予測技術開発に関しては、土石流被害発生リスク評価システム等のユーザの候補である国土交通省と同省における実装と運用に向け、予算要求に係る具体的な調整を図った。

火山降灰等シミュレーション広域被災予測技術開発に関しては、火災画像解析システム、リアルタイム火災延焼シミュレーション及び火災延焼リスク評価システムのプロトタイプについて、仮運用を継続して利用実証を行うとともに、操作や表示方法や出力方法等のインターフェイス調整、及び運用に向けた調整・実証を実施した。

⑤ 知財戦略，国際標準化戦略，規制改革等の制度面の出口戦略

サブテーマ1：衛星データ等即時一元化・共有システム開発

衛星ワンストップシステムにおける発災直後の観測を実現するためのコア技術として、衛星観測計画自動推奨機能とトリガリング情報生成技術は、社会実装時における民間活用も想定し、3件の特許を取得見込みである。このように、社会実装を見据えた知財化に関する成果は着実に創出された。

サブテーマ2：衛星データ解析技術開発

「衛星画像データ自動解析処理技術」に関わるコア技術は、さらなる技術の応用展開として民間における事業領域の拡大や新事業の創生にも関与しており、特許出願に向けて準備を進めている。また、標準化ガイドラインの作成は将来的な国際標準化への端緒となるもとして作成した。

サブテーマ3：災害別予測・解析技術開発

【洪水】制度面戦略に資する成果として、本事業での研究内容も参考にされた上で、国土交通省・気象庁により「洪水及び土砂災害の予報のあり方に関する検討会」が実施され、気象予測業務の研究機関・民間企業への許可の方向性が検討されるようになった。

⑥ 成果の対外的発信

サブテーマ1：衛星データ等即時一元化・共有システム開発

研究成果は、防災科研国家レジリエンス研究推進センターのHPに随時公表している。また、経団連の月刊誌における宇宙産業関連の特集号において研究成果を執筆したのをはじめ、リモートセンシング関連2学会の出版物に対して研究成果について執筆し掲載された。政府の宇宙政策委員会基本政策部会において、衛星ワンストップシステムの研究成果を発信し、高い評価を得た。さらに、読売新聞に本システムの研究開発成果が掲載された。

サブテーマ2：衛星データ解析技術開発

「衛星画像データ自動解析処理技術」に関わる研究成果は、本サブテーマに関

与する民間企業によって、関係学会への発表や関係機関誌等への投稿執筆により、多くの技術情報を発信した。

サブテーマ3：災害別予測・解析技術開発

【洪水】論文や学会発表等により、情報発信を行っている他、メディア等への発表・露出も積極的に行っている。

【火山】国内学会誌への投稿および国内学会での発表を中心に情報発信を行った。一部成果は国際学会誌に投稿した。

【地震火災】国内学会発表等により情報発信を行っている。

⑦ 国際的な取組・情報発信

サブテーマ1：衛星データ等即時一元化・共有システム開発

米国テキサス大学オースティン校と防災科研は連携協定を締結しており、年1回のワークショップを継続実施している。衛星ワンストップシステムの海外展開に向けたケーススタディとして、海外評価版の開発を行っており、インドネシアに訪問して意見交換を行う予定である。さらにマレーシアは現地でワークショップを開催予定である。また、大規模災害時は国際災害チャータとの連携による海外衛星のコントロールも実施した。

サブテーマ2：衛星データ解析技術開発

これまで防災科研が実施したテキサス大学とのワークショップにおいて研究成果を発表するなど、海外への成果発信は随時実施した。

サブテーマ3：災害別予測・解析技術開発

【洪水】全国洪水概況予測システムについては、全球版も並行して構築し、国際ワークショップを開催する等、国際展開・連携の取組が進捗している。

【火山】まずは国内を対象とした運用を想定して技術開発に注力している。今後の展望として、衛星による溶火山噴火のリアルタイム観測システム・シミュレーションシステムの利用について、トンガ・フィジー・バヌアツの3国と利用に向けた協議を進めている。