

3.5 次世代海洋資源調査技術

(1)意義の重要性、 SIP の制度の目的と の整合性	- 府省連携、官民連携、出口（社会実装）の明確化、一貫通貫の研究開発という SIP の特徴を活かし成果につながった。 - 特に、科学・研究側の JAMSTEC と資源開発側の JOGMEC の連携は、ユーザー視点の開発となり、民間への技術移転も行われた。 - 従来にはなかった海洋資源調査産業の基盤を形成した。
(2)目標・計画・戦略 の妥当性	3 年目に体制・マネジメント見直し及び実施項目の絞り込みを行ったことで、当初予定以上の成果を上げることができた。 - 一方、海洋・資源分野において 5 年間で出口までを評価されることは無理があるとの研究実施者の意見があった。
(3)課題における マネジメント (適切なマネジメント がなされているか。)	- PD の裁量で課題全体の責任を負う体制は有効であった。 - 数千億円の大規模プロジェクトのマネジメント経験を持つ民間資源会社出身者（PD 代行）の途中参加は、本課題の管理に貢献した。 - 課題内のガバナンス構造をもっと明確にすることが重要であった。
(4)直接的な 研究成果 (アウトプット)	- SIP で開発された世界初の海洋資源調査システム⁶¹を用いた民間企業による実証実験、民間への技術移転を容易にする「調査技術プロトコル⁶²」の取りまとめ、調査時間短縮・コストダウンに貢献する自律型無人潜水機（AUV）複数機運用、熱水鉱床等の調査技術、NICT による海上通信技術の確立、環境影響評価手法の ISO 新規登録等を実現した。 - 査読あり論文（134 件）、特許出願件数（30 件）。
(5)現在・将来の 波及効果 (アウトカム)	- 海底下に鉱体の存在が確認されている海域において、統合海洋資源調査システムの有用性を実証した。このことにより、未調査海域における、海底熱水鉱床の絞り込みへの適用可能性が示された。 - 調査技術プロトコルを利用して民間へ技術移転が進み、事業化及び新しい海洋調査産業の創出が期待される。海洋開発（資源調査）が研究だけでなく、民間での事業化可能性があることが示された。また、SIP に参加した学生の資源業界への輩出等、人材育成効果もあった。 - 国研間ネットワーク⁶³構築、次世代海洋資源調査技術研究組合（J-MARES）⁶⁴設立、高知大学発ベンチャー「株式会社海洋計測」設立等今後の事業につながる連携強化が図られた。 - 国際的コンペティションである Shell Ocean Discovery Xprize

⁶¹ 海洋鉱物資源成因研究に基づく調査海域絞り込み手法、海洋鉱物資源調査技術、環境影響評価手法からなる。

⁶² 海底熱水鉱床の有望海域を効率的に絞り込む手順（概査・準精査・精査）をまとめたもの。

⁶³ JAMSTEC、海上・港湾・航空技術研究所、水産研究・教育機構と海洋都市横浜うみ協議会（横浜市）の間で「海洋技術開発のプラットフォーム作り」に向けた基本合意書（MOU：Memorandum of Understanding）を締結予定。

⁶⁴ 「次世代海洋資源調査技術研究組合（J-MARES）」の構成企業は、石油資源開発株式会社、株式会社地球科学総合研究所、新日鉄住金エンジニアリング株式会社、三菱マテリアルテクノ株式会社である。

	に我が国から参加している Team Kuroshio⁶⁵でも自律無人潜水機（AUV）の複数機運用技術が使われている。 Ⅰ 環境影響評価・生態影響試験ガイドラインの国際標準化に向け、ISO（国際標準化機構）/TC8/SC13 に新規登録（NP）した。
(6)改善すべきであった点と今後取り組むべき点	Ⅰ SIP の趣旨を踏まえた目標及び計画を設定するには、エンドユーザー（JOGMEC）を含めた体制の整備や研究者の社会実装・出口志向の意識浸透等の準備を早期から十分に行うことが必要であった。 Ⅰ 民需による海洋鉱物資源調査市場が未成熟であるため、依然として JOGMEC 等の国側の関与が必要。SIP で海洋鉱物資源を扱うに当たっては、産学官一丸となったオールジャパンの体制構築が不可欠。 Ⅰ 今後も JOGMEC 及び民間を包含した体制を引き続き維持し、国内外での海洋鉱物資源調査の市場開拓について戦略的に取り組むことが必要（例：海外展開に向けた政府間のトップセールス等）。

⁶⁵ JAMSTEC、東京大学、九州工業大学、海上・港湾・航空技術研究所、三井 E&S 造船株式会社、日本海洋事業株式会社、株式会社 KDDI 総研、ヤマハ発動機株式会社を中心に構成。

3.5.1 概要

(1) 背景と目的

我が国は国土面積の12倍に及ぶ広大な領海並びに排他的経済水域(EEZ)を有している。これまでの調査で、当該海域には海洋鉱物資源の存在が確認されている。しかし、深海は電波や太陽光が届かない高圧環境であるため、陸上の鉱物や石油・天然ガス資源の調査に用いられるボーリング等とは異なる技術が必要である。そのため、海洋鉱物資源について広大な面積を効率良く調査する技術は開発途上にある。また、海洋鉱物資源の技術開発には巨額の費用が必要となることから、世界的にも海洋鉱物資源開発は本格化していない。

このような背景のもと、我が国が高効率の海洋資源調査技術を世界に先駆けて確立し調査を加速することは、海洋資源開発、環境保全及び資源安全保障の観点から重要である。本課題では未開拓の部分が多い海洋について、国が主導する府省連携のもと、我が国の海洋に関する科学技術を担う研究機関等が一丸となって、民間企業とともに効率的な調査技術を確立することで、海洋資源調査産業を創出することを目的とした。

(2) 実施体制

平成30年度開始時点で、サブPDは4名（うち1名はPD代行、1名はPD代理）、研究責任者は18名である。管理法人は海洋研究開発機構（JAMSTEC）となっている。

研究課題を「統合海洋資源調査システムの実証」、「海洋資源の成因の科学研究に基づく調査海域の絞込み手法の開発」、「海洋資源調査技術の開発」、「生態系の実態調査と長期監視技術の開発」の4つのテーマに分け、それぞれにテーマリーダーを置いて実施する体制とした。各テーマの実施体制を図3-57に示す。

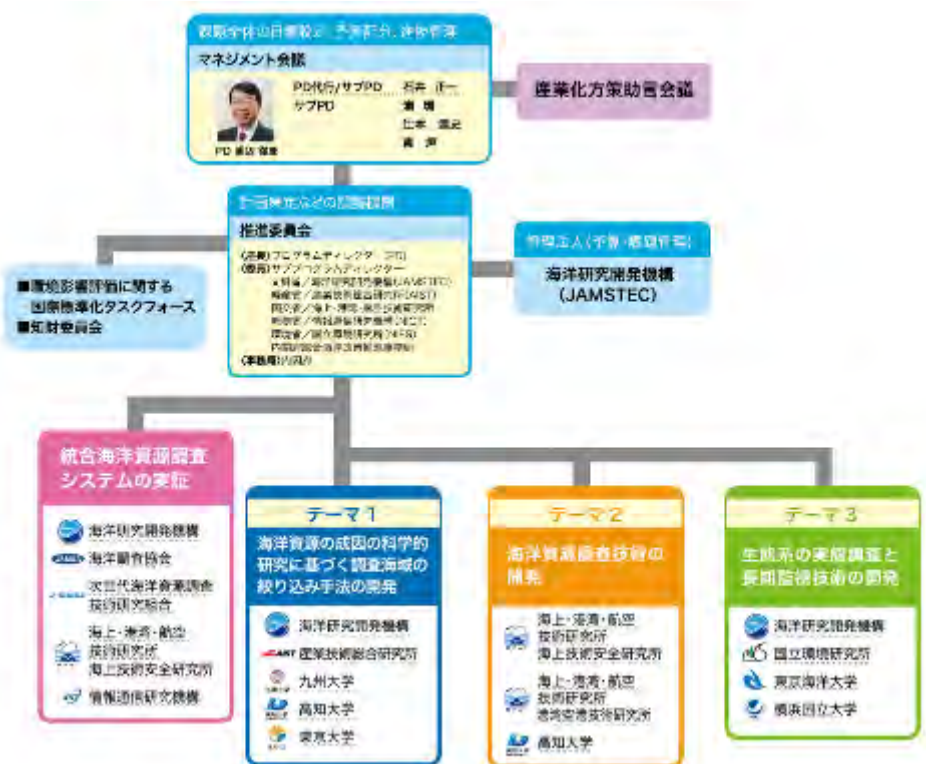


図 3-57 次世代海洋資源調査技術の研究体制

表 3-55 次世代海洋資源調査技術の PD 等

区分	所属	氏名
PD	東京大学名誉教授／一般財団法人国際資源開発研究センター顧問	浦辺 徹郎
PD 代行／サブ PD （平成 28 年度から）	石油資源開発株式会社顧問	石井 正一
PD 代理／サブ PD／テーマリーダー	九州工業大学社会ロボット具現化センターセンター長、特別教授	浦 環
サブ PD （平成 28 年度から）	石油天然ガス・金属鉱物資源機構特命参与	辻本 崇史
サブ PD	海洋研究開発機構理事	東 垣
サブ PD（平成 28 年度まで）／テーマリーダー	海洋研究開発機構特任参事	堀田 平
テーマリーダー	海洋研究開発機構海洋資源研究開発センターセンター長、次世代海洋調査技術研究開発プロジェクト長	木川 栄一
テーマリーダー／研究責任者	海洋研究開発機構海底資源研究開発センター調査役、上席技術研究員、生態系観測手法開発ユニットリーダー、海底資源研究開発センター環境影響評価研究グループリーダー	山本 啓之

平成 31 年 1 月 1 日現在

表 3-56 次世代海洋資源調査技術の主要会議体

名称	構成員	概要
推進委員会	PD、サブ PD、研究機関、関係省庁、事務局（内閣府）、管理法人（JAMSTEC） （表 3-57 参照）	PD が議長、内閣府が事務局を務め、内閣府に置く。課題の研究開発計画の作成や実施等に必要な調整等を行う。 平成 30 年度末までに 14 回開催。
知財委員会	PD、サブ PD、文部科学省、経済産業省、国土交通省、総務省、環境省、内閣府、総合海洋政策本部、各研究機関	JAMSTEC 及び研究機関に置く。
環境影響評価に関する国際標準化 TF※	PD、研究機関（大学、国研）、関係省庁（オブザーバー）、事務局、管理法人	環境影響評価のプロトコル及びそれを構成する技術開発を、世界市場を視野に入れ、将来の海底鉱物資源開発に必要な技術・ノウハウとして位置付けるための方策を練る。少数精鋭とし、TF メンバーの他に、ゲスト講師、オブザーバー及び事務局によって構成。 平成 30 年 11 月までに計 25 回開催。
戦略策定 TF※	PD、サブ PD、研究機関、外部講師、管理省庁（事務局として内閣府のみ）、管理法人	ビジネスモデル、出口に向けた研究開発戦略の策定。TF メンバーの他に、オブザーバー及び事務局によって構成。
マネジメント会議※	PD、PD 代行、PD 代理、サブ PD、テーマリーダー	全体の目標設定、予算配分、進捗管理。
調査検討ワーキンググループ※ （H26、H27）	PD、サブ PD、PD 代理、研究責任者（一部）、他の関連研究機関	推進委員会の下に設置され、以下の調査・検討を行う。 ①研究開発の進捗状況の取りまとめに関すること。 ②研究開発を円滑に実施するための実務に関すること。 ③その他、推進委員会が指示する事項。

※本課題に特徴的な会議体。

表 3-57 次世代海洋資源調査技術推進委員会 構成員一覧表

区分	所属	氏名
PD	東京大学名誉教授／一般財団法人国際資源開発研修センター顧問	浦辺 徹郎
PD 代行／サブ PD	石油資源開発株式会社顧問	石井 正一
PD 代理／サブ PD	九州工業大学社会ロボット具現化センターセンター長、特別教授	浦 環
サブ PD	石油天然ガス・金属鉱物資源機構金属資源開発本部特命参与	辻本 崇史
	海洋研究開発機構理事	東 垣
研究機関	産業技術総合研究所地質調査総合センター地質情報研究部門首席研究員	池原 研
	海上・港湾・航空技術研究所海上技術安全研究所特別研究主幹	井上 俊司
	海上・港湾・航空技術研究所港湾空港技術研究所特別研究主幹	吉江 宗生
	国立環境研究所企画部次長	岩崎 一弘
	海洋研究開発機構次世代海洋資源調査技術研究開発 PT プロジェクト長	木川 栄一
	海洋研究開発機構海洋工学センターセンター長	川口 勝義
	情報通信研究機構ワイヤレスネットワーク総合研究センター総合研究センター長	浜口 清
関係省庁	内閣府総合海洋政策推進事務局内閣府参事官	佐々木 亨
	総務省国際戦略局宇宙通信政策課課長	村上 聡
	文部科学省研究開発局海洋地球課課長	阿蘇 隆之
	経済産業省資源エネルギー庁資源・燃料部鉱物資源課課長	大東 道郎
	国土交通省海事局海洋・環境政策課技術企画室室長	田村 顕洋
	国土交通省港湾局海洋・環境課課長	中崎 剛
	環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室室長	上田 健二
事務局	内閣府大臣官房審議官（科学技術・イノベーション担当）	黒田 亮
	内閣府政策統括官（科学技術・イノベーション担当）付企画官（SIP 担当）	古田 裕志
管理法人	海洋研究開発機構次世代海洋資源調査技術研究開発 PT 企画調整ユニットユニットリーダー	菊田 宏之

平成 30 年 11 月 27 日（開催日）現在

(3) 予算

表 3-58 次世代海洋資源調査技術の予算

年度	予算（億円）
平成 26（2014）年度	61.6
平成 27（2015）年度	57.0
平成 28（2016）年度	46.6
平成 29（2017）年度	46.3
平成 30（2018）年度	40.0
合計	251.5

(4) 研究開発テーマ

SIP 次世代海洋資源調査技術の開発技術の関係性を図 3-58 に示す。実施項目①～③による効率的な調査技術を民間利用可能な形で国際標準化を進め、それらを統合した統合海洋資源調査システムを構築することを目指して実施した。



図 3-58 SIP 次世代海洋資源調査技術の開発技術

（出典）JAMSTEC「統合海洋資源調査システムの実証 次世代海洋資源調査技術」（平成 31 年 2 月閲覧）<<https://www.jamstec.go.jp/sip/demonstration/demonstration.html>>

1) 統合海洋資源調査システムの実証

民間企業が主体となって、海底鉱物資源の成因論も踏まえて、広大な海域から有望海域を概査・準精査・精査・掘削調査により高効率・低コストで絞り込む調査技術を開発。国内外

から海洋資源調査を受注できる体制を構築する。また、調査プロトコルを作成し研究機関から民間企業へ技術移転も実施、統合解析システムとしては鉱体分布を 3D 可視化できるシステムを構築する（図 3-58 ④に対応）。

表 3-59 統合海洋資源調査システムの実証体制

研究責任者	I 久保田 隆二 一般社団法人海洋調査協会 SIP プロジェクト推進室／川崎地質株式会社室長顧問 I 浅川 栄一 次世代海洋資源調査技術研究組合技術部長／株式会社地球科学創造研究所新技術開発部部长
研究開発実施機関 (計 5 機関)	海洋研究開発機構、一般社団法人海洋調査協会、次世代海洋資源調査技術研究組合、海上・港湾・航空技術研究所、情報通信研究機構

2) 海洋資源の成因の科学研究に基づく調査海域の絞り込み手法の開発

海底熱水鉱床を中心に、コバルトリッチクラスト及びレアアース泥も含め、海底資源の形成過程や濃集メカニズムの解明等の地球科学的根拠に基づいた調査手法の構築及び最適なデータ取得を実施した（図 3-58 ①に対応）。

目的として、海洋資源調査システム・運用手法の開発（平成 29 年度以降は「統合海洋資源調査システムの実証」で活用）、民間企業で活用が見込まれる AUV の複数運用手法である高効率小型システム・高性能システム（平成 28 年度末に実施内容見直しにつき研究開発終了、成果は成因テーマで活用）、ROV による高効率海中システム（コアリングシステム）の開発（平成 28 年度末に実施内容見直しにつき研究開発終了、成果は成因テーマで活用）、音響ビデオカメラの高度化、衛星を活用した高速通信技術の開発（平成 28 年度末に実施内容見直しにつき研究開発終了、成果を「統合海洋資源調査システムの実証」で活用）等の新たな技術開発を実施した（図 3-58 ②に対応）。

表 3-61 海洋資源調査技術の開発体制

研究責任者	Ⅰ 吉田 弘	海洋研究開発機構次世代海洋資源調査技術研究開発プロジェクトチーム AUV 複数機システム開発ユニットユニットリーダー、海洋工学センター海洋基幹技術研究部部長
	Ⅰ 村島 崇	海洋研究開発機構次世代海洋資源調査技術研究開発プロジェクトチーム ROV システム開発ユニットユニットリーダー、海洋工学センター海洋戦略技術研究開発部次長
	Ⅰ 井上 俊司	海上・港湾・航空技術研究所海上技術安全研究所海洋利用水中技術系系長
	Ⅰ 松本 さゆり	海上・港湾・航空技術研究所港湾航空技術研究所海洋インフラ・洋上風力技術センター副センター長
	Ⅰ 豊嶋 守生	情報通信研究機構宇宙通信研究室長
	Ⅰ 岡村 慶	高知大学教育研究部総合科学系准教授
研究開発実施機関 (計 4 機関)	海洋研究開発機構、海上・港湾・航空技術研究所（海上技術安全研究所・港湾空港技術研究所）、情報通信研究機構、高知大学	

4) 生態系の実態調査と長期監視技術の開発

従来の海洋環境調査の評価指標であった大型生物に加え、微生物を含めた海洋生態系の調査観測手法と変動予測手法を開発した（なお、ケーブル式観測システムの開発については平成 28 年度末に実施内容見直しにつき研究開発は縮小、平成 29 年度以降は無人探査機江戸っ子 1 号による観測手法を実証）。海底鉱物資源開発での環境影響評価の実用プロトコルを作成・発表、UNESCO-IOC のウェブサイトに掲載されたほか、国際ワークショップや政府間会議等での成果発信、ISO 技術規格の提案を実施した（ISO/TC8/SC13 への新規登録（NP）まで完了）（図 3-58 ③に対応）。

表 3-62 生態系の実態調査と長期監視技術の開発体制

研究責任者	Ⅰ 山本 啓之 海洋研究開発機構海底資源研究開発センター調査役、上席技術研究員、生態系観測手法開発ユニットリーダー、環境影響評価研究グループリーダー Ⅰ 川口 勝義 海洋研究開発機構次世代海洋資源調査技術研究開発プロジェクトチーム長期観測システム開発ユニットユニットリーダー、プロジェクト長代理、海洋工学センターセンター長 Ⅰ 河地 正伸 国立環境研究所生物・生態系環境研究センター室長 Ⅰ 川辺 みどり 東京海洋大学大学院海洋科学技術研究科海洋管理政策学専攻教授 Ⅰ 中村 由行 横浜国立大学統合的海洋教育・研究センターセンター長
研究開発実施機関 (計 4 機関)	海洋研究開発機構、国立環境研究所、東京海洋大学、横浜国立大学

(5) 研究開発テーマと各省庁施策との連関図

研究開発テーマと各省庁施策との連関図を図 3-60 に示す。

第3期海洋基本計画に基づく工程表（平成30年10月作成）より抜粋

	施策群(担当府省)	2017(H29)年度	2018(H30)年度	2019(H31)年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度以降
	<施策群8> 海洋鉱物資源（経産省、内閣府） ① 海底熱水鉱床	海底熱水鉱床 資源量調査(新鉱床発見・資源量評価) 生産技術開発(採鉱・揚鉱パイロット試験、選鉱連続試験の実施等) 環境影響調査(モデル海域での環境影響の評価手法の作成等)	経済性評価を含む総合評価	資源量調査(事業者が参入の判断ができるレベルとして5000万トンレベルの資源量把握) 生産技術開発(将来の商業化システムをイメージしながら、生産技術の各課題解決(①採鉱・揚鉱システム再構築、②粒度・濃度調整、③安定操業のための耐久性、④高効率化・最適化、 環境影響調査(他海域への適用など、環境影響の評価手法の高度化を進めつつ、国際ルールの策定作業に貢献) 経済性の評価・法制度の検討(需給動向、市況見通し、国際ルールとの整合性確保等、外的要因の課題整理を含めた検討)				国際情勢をにらみつつ、平成三十年代後半以降に民間企業が参画する商業化を目指したプロジェクトの開発開始
	② コバルトリッチクラスト及びマンガン団塊並びにレアアース泥	コバルトリッチクラスト及びマンガン団塊並びにレアアース泥 コバルトリッチクラスト及びマンガン団塊の国際海底機構(ISA)の規則に従った調査、採鉱及び揚鉱等の要素技術の検討等 SIP「革新的深海資源調査技術」(水深2000m以深の同技術の確立・実証に向けた取組)						

当面の重点的取組(実施手法の見直し等を含む)と
その達成目標

<施策群8> 海洋鉱物資源
・経産省は、「海洋エネルギー・鉱物資源開発計画」を改定する。併せて、海底熱水鉱床については、今年度中に経済性評価を含む総合評価を実施する。加えて、来年度からはコバルトリッチクラストについて、海底熱水鉱床で培った技術を応用しつつ、実海域での掘削性能確認試験を含む採鉱技術の開発等を実施する。
・内閣府(科技)は、SIP「次世代海洋資源調査技術」の成果を踏まえ、発展・応用させ、深海資源調査技術、回収技術の確立・実証を推進する。

図 3-60 次世代海洋資源調査技術の研究開発テーマ及び各省庁施策との連関図（第3期海洋基本計画における位置付け）

(6) 出口戦略

1) 海洋資源調査産業の創出

競争力のある海洋資源調査技術（①成因論に基づいたデータの的確な解釈技術、②低コスト、高効率、迅速、安定な調査技術、③環境監視技術）を開発しつつ、産学官一体でSIPを推進することにより、海洋資源調査産業をけん引する主体となる民間企業等を効率的に育成する。また、SIPにより得られた新たな調査技術・ノウハウを、探査サービス会社、探査機器製造会社、海洋エンジニアリング会社等、幅広く民間企業に移転し、自治体や公的機関での活用や公共事業での利用も念頭に置き、海洋資源調査産業を活性化しつつ産業基盤を確立する。

2) グローバルスタンダードの確立

世界に先駆けて他国より先行している効率的な調査技術及び環境監視技術を確立することにより、我が国の調査技術及び環境監視技術を国際標準化するとともに、我が国の調査システムの輸出や海外での調査案件の受注を目指す体制を確立する。また、海底資源開発を行う上で最大の社会的課題となりうる、予防的アプローチ（科学的に証明されていない環境負荷の可能性がある場合、開発等の行動をとるべきではないとする立場。国連持続可能な開発会議（リオ＋20）で強調されている）に対して答えうる、正確な科学的知識のスタンダードを作る。

(7) 分析フレーム（ロジックツリー）

評価に際して、研究開発活動がもたらす直接的な研究成果と、現在・将来の波及効果について、平成30年度研究開発計画からロジックツリーにより整理を行った結果を図3-61に示す。

本課題の技術開発には、基本的には技術の確立に続いて民間企業を中心とした事業主体への技術移転が期待されており、ひいては出口戦略「民間への技術移転を完了し、SIP終了後に民間企業がJOGMEC、新規事業参入者、海外案件等の資源探査を受託できる体制を構築する」ことの達成が目標として設定されている。中長期的には、開発技術が産業化し、グローバルスタンダードを確立、そして商業化を実現することが期待されている。

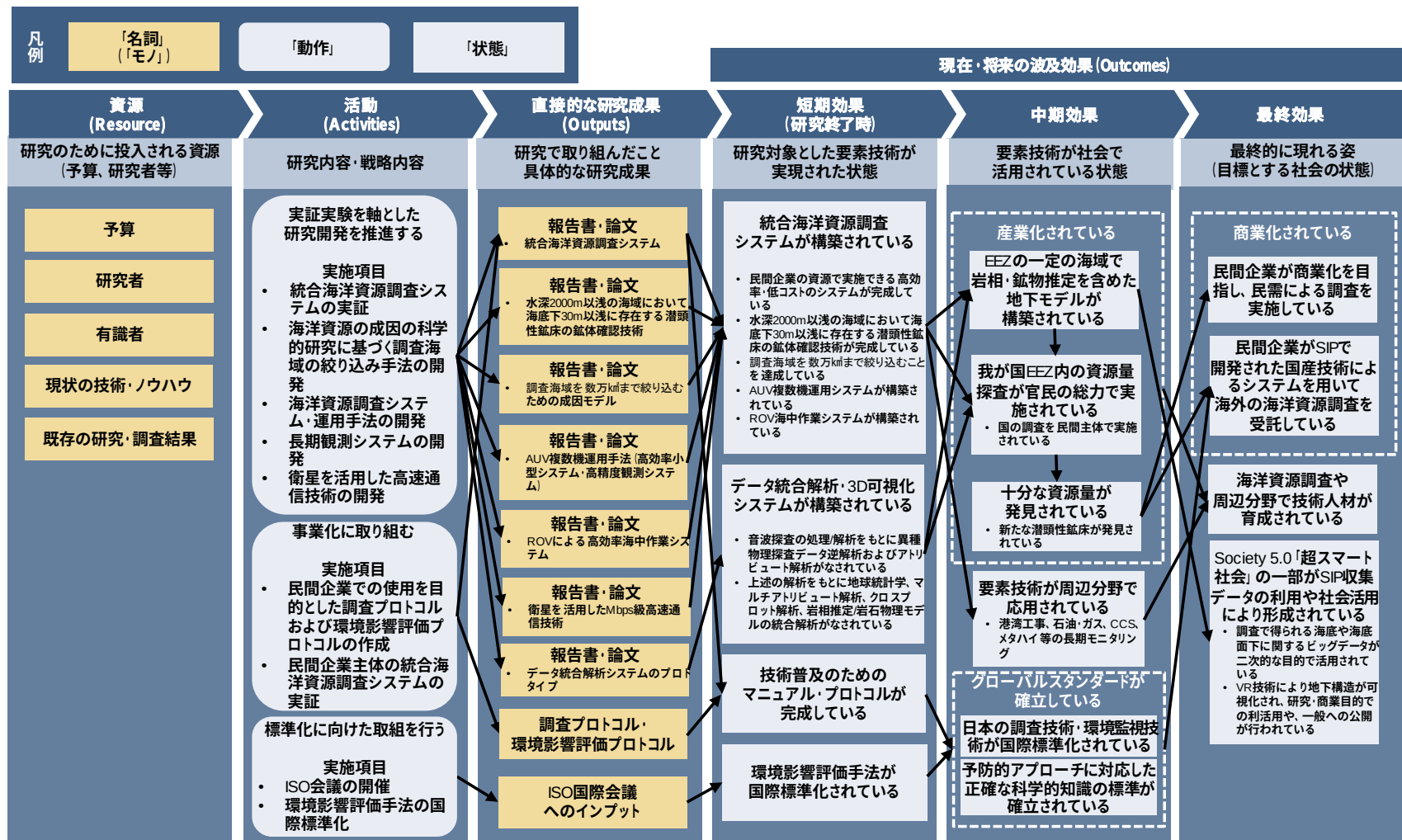


図 3-61 次世代海洋資源調査技術のロジックツリー

(出典) 平成 30 年度研究開発計画を基に作成

3.5.2 評価

(1) 意義の重要性、SIP の制度の目的との整合性

1) 国研や民間企業等全ステークホルダーの連携

SIP の特徴である府省連携の推進によって、各国研や民間企業等全ステークホルダーが連携して成果を創出した。

SIP を主導する JAMSTEC と JOGMEC の両者が連携したことで、それぞれ強み⁶⁶を持つ知見・技術・設備・データ等の融合によるシナジー効果が確認できた (図 3-62)。例えば、資源調査に必要な視点で JAMSTEC が保有する「ちきゅう」による掘削オペレーション等を実現できた。また、環境や生物への知見を持つ JAMSTEC と他機関の連携によって、持続可能な開発手法に取り組み、網羅性の高いシステム（資源調査だけでなく環境影響評価・モニタリングまでカバー可能なもの）の構築を可能とした。

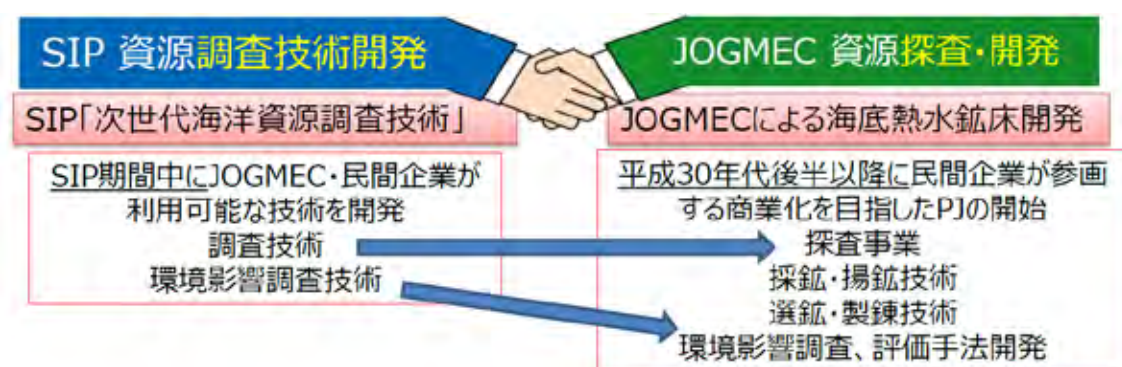


図 3-62 SIP (JAMSTEC 主導) と JOGMEC の連携

SIP で開発した調査技術の当面のエンドユーザーとなる立場の JOGMEC が途中から体制に参加した（サブ PD として参加）意義は大きかった。一方で、JOGMEC 以外の調査技術の引き受け手がないことは、調査市場の拡大を進めるに当たっては課題といえる。また、研究の実施主体そのものではない JOGMEC が研究成果の意義等の詳細を十分に把握することには限界があるとの指摘があり、体制やプロセスへの組み込み方には課題があったと考えられる。

府省連携を特徴とする SIP の取り組みにより、環境影響評価に係る国際標準 (ISO) の提案が短期間で可能となった。本件に関しては、経済産業省の標準化に係る部署、環境省、外務省による協力もあった。この ISO 提案は SIP ならではの成果といえる⁶⁷。

個別の民間企業の参画によって、パッケージでの技術移転が実現した（小規模ながら JOGMEC から受注済の案件もある）。「地球深部探査船「ちきゅう」」の掘削によって、民が独自に実施してきた調査成果の有効性を立証できた事例等、官民が同じ目標に向けて連

⁶⁶ 科学・研究視点の JAMSTEC（文部科学省所管）と資源開発の JOGMEC（経済産業省所管）はこれまで海底資源（熱水鉱床）について別々の活動をしてきた。

⁶⁷ 文部科学省の研究開発事業では特許等知財の取得は実施するが、国際標準の取得までは必ずしも行われていない。

携した固有の成果が認められる。また、民同士でも J-MARES 設立等の連携強化が図られ、強みが異なる各社（石油資源開発株式会社、株式会社地球科学総合研究所、新日鉄住金エンジニアリング株式会社、三菱マテリアルテクノ株式会社）が総合力を発揮できる体制を構築した。

ほかにも、技術シーズを有する情報通信研究機構（NICT）が参加し、海上通信技術（小型アンテナ）の利用普及を図った。その結果として、従来は関心がなかったユーザーにも高速衛星通信の有用性が理解され、活用につながるというユーザーマインドの変化があり、当該技術は調査船にて大いに活用された。一方で、JAXA 通信衛星 WINDS は研究目的に使用が限定されており、運用終了後や商用利用の面では懸念が示されている。

2) 我が国における海洋資源調査産業の基盤の形成

本課題は他の一般的な研究開発プログラムでは類を見ない多額の予算により、産学官が共通の目標を持ち総力を集結しながら大規模な調査を行うことが可能となった。その結果、これまで存在しなかった我が国における海洋資源調査産業の基盤が形成できた。海洋の研究開発は、特に調査航海の際に多額の備船費用がかかる特徴があり、通常の研究開発では本 SIP のような成果を出すには至らなかったと考えられる。他機関や民間が使うことが難しい「ちきゅう」を活用した実績は、設備と人を結集できた SIP の成果といえる。

民間参加者の貢献もあり、社会実装・事業化を出口に据えた研究開発計画となり、マネジメント方法も厳格となった。その結果、海の世界の研究者のマインドや取り組み姿勢が変わった点は成果である。海洋の分野では、基礎から応用に時間がかかるため、基礎にのみ集中する傾向にあり、通常はアウトカムをあまり意識されていない。しかし、例えば機器設計も民間における実用化（小型船舶での利用等）を前提としたものとなったことにより、通常の研究開発事業ではなし得なかったと思われるスピードで民間移転・事業化につながる成果が得られた。

ただし、他の SIP の課題と同じ土俵で 5 年間という短期間で事業化に至る成果を求められ、かつ評価されることには無理があるとの意見もあった。海洋や資源の世界では、工学的基礎の確立には長時間を要し、開発はもっと長期間で進む特性を持ち、また、航海による実海域実証が必要である。特に資源開発は数十年単位で行われるものであるため、海洋資源という特殊性を考慮した出口設計や評価面での考慮も必要だったのではないかと考えられる。課題評価アンケート調査（研究責任者向け）でも、本課題の社会的意義については 81%が「とてもそう思う」、19%が「ややそう思う」と回答しているが、経済的意義については 25%が「とてもそう思う」、56%が「ややそう思う」と回答しているものの、19%は「あまりそう思わない」と回答している点は、実用化・事業化といった産業に向かう出口を求める SIP の方針に懐疑的な参画者がいたことを示している。こうした目標共有の在り方といった点に鑑み、第 2 期では、SIP の理念である「府省連携」「出口志向」「一気通貫」を GB 及び PD がより一層参画する研究実施者に浸透させていくよう努めていかなければならない。

(2) 目標・計画・戦略の妥当性

開始当初は SIP の特徴が十分に機能しにくい計画や体制になっていた。SIP は新しい取り組みであったため、当初は従来の個々の研究開発を束ねたにとどまり、府省連携や社会実装・出口志向といった SIP の特徴が十分浸透していなかった面がある。一部の研究実施者

は、従来の科研費で実施する研究と同様にとらえ、民間からの参画者は 2 年目まではどう関与して良いか分からない状況にあった。このことから、取り組みの趣旨を汲んだ計画並びに目標を設定するための相応の準備期間が必要であったと考えられる。「アウトカム目標達成に至る、各種の出口戦略については、適切・妥当な形で設定されていたか」については、31%が「あまりそう思わない」と他課題に比べてやや多く回答している。

平成 27 年度課題年度末評価で JOGMEC との連携強化や、成因論モデル・探査技術開発・環境評価の 3 テーマの統合、出口戦略の強化が求められた。3 年目からは、特に JOGMEC との連携や、民間からのサブ PD 参加等に代表されるように、大幅な体制、マネジメント並びに実施内容の見直しを実行した。さらに、民間への技術移転を明確な目標として定めたため、開発中の機器が民間での調査に活用できるか（民が保有する小型船舶への搭載可能性等）、民間が国研側にアドバイスをする立場が明確になるといった成果があった。民間への技術移転を企図したワークショップ等も開催することで、民間からの意見・要望をフィードバックする場として機能し、結果として出口戦略が明確化する効果があった。

そうした出口設計・事業化を見据えた見直し後の計画は、最終的には当初の予定以上の成果を上げることができ、機能したと評価できる。一方で、先に述べたように、海洋は基礎からアウトカム発生までに要する時間が長いこと、特に我が国の海洋産業は欧米に比べて規模が小さく（海底石油資源が少ないことが大きな要因）、海外に比べて基礎・コア技術を十分に有していないのが実情である。そのため、海洋分野ではこうした特性や前提条件の違いに留意することも必要であろう。現に、5 年で基礎から出口までを求めるのは厳しいところもあり、SIP の 5 年間の実施期間の中で成果が出るよう、研究開発計画を綿密に策定することが海洋においては特に重要であるといえる。

また、本課題の研究開発開始後に新たに目標に加わった Society 5.0 については、対応が難しいのではないかと意見があった。理由としては、当初の目標への集中が困難になること、Society 5.0 のコンセプトそのものが人の住まない海洋には適用しにくいことにある。この点でも、課題の根源的な意義と後付けの目標や方針との間で軋轢を生じる可能性があり、今後の CSTI による司令塔機能の在り方にも再考の余地があることを示している。

(3) 課題のマネジメント（適切なマネジメントがなされているか。）

1) 3 年目からのマネジメント体制の見直し

平成 27 年度課題年度末評価が低評価となり、適切な目標設定と進捗管理、民間企業ならではの視点も含めたマネジメント体制の改善を求められた。これを受け、3 年目から民間（石油資源開発株式会社）出身の PD 代行が参画し、進捗管理を徹底して実施した。それにより、企業経営の視点を加えたコスト意識の高いマネジメント及び大規模プロジェクト運営（数千億円規模の資源開発）の経験に基づく適切な工程管理⁶⁸が行われるようになった。例えば、各テーマリーダーを集めて、研究開発計画のマネジメント会議を定期的を開催するようになり、各テーマでのゴールの設定やマイルストーンについて厳しいコメントを与えたり、現場からも成果に基づく計画の振り返り（フィードバック）及び変更が行われたりするようになった。

⁶⁸ 民間海洋資源開発会社の参加なしには実現できなかったものと考えられる。

2) 課題内の役割分担の課題

構想・計画と、実際の管理（マネジメント）について、本課題では前者を PD、後者を途中から参加した PD 代行が担うことができていた⁶⁹。また、成果を出すために柔軟な計画見直し、意思決定が可能であった等、制度として PD の裁量が大きい点については有効であったとの評価がされている。

その一方で、計画立案、実施、管理、意思決定、予算執行といった各要素について、その主体と責任の所在、役割分担の難しさが認められる。予算が大きいからこそ、決裁・承認プロセス、承認基準、責任の所在といったガバナンス構造を明確にし、企業ベースのマネジメントシステムを大胆に入れることが必要であるとの指摘もあった。

(4) 直接的な研究成果（アウトプット）

研究開発活動で得られた直接的な研究成果（アウトプット）は以下である。

1) 目標の全般的な達成状況

技術面の目標は、海底熱水鉱床等の海洋鉱物資源を低コストかつ高効率（従来の数倍以上のスピード）で調査する技術を、世界に先駆けて実現することである。特に熱水鉱床にエフォートを集中し、今まで発見するのが困難であった潜頭性鉱床の調査に有効な技術を開発することとした。具体的には、有望海域を一万分の一に絞り込む手法と技術、水深 2,000m までの高効率・低コストの調査が可能な調査機器の開発、海底下 30m 以浅の潜頭性鉱床を発見する調査手法の構築である。

テーマ毎の全般的な達成状況を表 3-63 に示す。

表 3-63 各研究開発テーマの達成状況

	テーマ名	テーマ概要	達成状況
1	統合海洋鉱物資源調査システムの実証	海洋鉱物資源を高効率かつ低コストで調査するシステムを構築し、民間主体での調査を実施し、システムの有用性実証を行う	<u>達成</u> 世界初となる統合海洋資源調査システムを構築、有用性実証済み
2	海洋鉱物資源の成因の科学研究に基づく調査海域の絞り込み手法の開発	海洋鉱物資源の成因に関する科学研究に基づく調査海域の絞り込み手法を開発	<u>達成</u> 開発手法を「調査技術プロトコル」として文書化。民間への技術移転を実施

⁶⁹ 構想・計画立案能力とマネジメント能力とは求められるものが異なり、戦略的に人材登用を図ることが重要であると考えられる。結果としてこのような管理体制を組むことが出来たが、海洋分野ではこうした能力と経験を有する人材に限られる。

3	海洋資源調査技術の開発	海洋鉱物資源を高効率に調査するための AUV 複数機同時運用システム等の開発	達成 世界初となる AUV 複数機同時運用システム実証実験を実施
4	生態系の実態調査と長期監視技術の開発	海洋鉱物資源開発において不可欠な環境影響評価技術の開発と国際標準化	達成 環境影響評価・生態影響試験ガイドラインに係る 4 つの技術を ISO（国際標準化機構）/TC8/SC13 に新規提案の登録（NP）

2) 海洋資源調査システム

海底鉱物資源探査から環境調査まで利用可能な「統合海洋資源調査システム」は、海外からも注目を集めている。調査航海に民間技術者が乗船することによって実践による技術移転が可能となり、今後の事業化が期待されている。具体的な応用成果として、これまでデータのなかった海域に海洋資源調査システムを適用し、海底下 40m の堆積物中に硫化鉱物の存在を確認している。

3) 調査技術プロトコル

これまで各機関や個人に付随していた技術、ノウハウをまとめた手順について、「調査技術プロトコル」が作成され、民間企業への技術移転を容易に行うことが可能となった。



図 3-63 調査技術プロトコル

4) 海洋鉱物資源調査の手法

海底鉱物資源調査の手法として様々な技術が開発された。

AUV 複数機運用技術は、短時間で効率的な調査が実現でき、イノベーション創出につながった。これにより、適した海象・気象時に集中して効率的に調査を実施することが可能になり、荒天等による調査の中断があっても機会損失を防ぐことが可能となった。なお、本技

術にはこれまでの研究開発も活かされており、SIP 固有の成果とまでは必ずしもいえないという見解もあった⁷⁰。



図 3-64 複数運用を実施した AUV

基盤ツールで石油資源探査を目的に開発された「Vertical Cable Seismic (VCS)」⁷¹装置を基盤として開発した音波探査技術（石油資源より浅い海底下の熱水鉱床調査に適用）については、この方法に JOGMEC が興味を示した点も成果といえるほか、電気探査（自然電位）による熱水鉱床調査についても、陸上の鉱床探査や地質構造把握で用いられてきた伝統的な手法でありながらこれまで困難と考えられていた海底熱水鉱床への応用可能性を改めて確認したことは成果といえる。

粉塵や汚濁等により視界不明瞭な水中において音響画像取得により視覚を確保する音響ビデオカメラについては、海底鉱物資源調査のみならず、港湾工事の広い場面で使用が可能な技術である。今後コスト削減で新事業・市場創出効果が期待できる。

また、本調査では、民間製品である無人探査機「江戸っ子 1 号」を活用し、微生物群集を指標にした生態系変動の観測から環境調査を行う環境影響評価手法も実現でき、今後当該手法が国際標準となれば、将来的な市場展開も期待できる。

海底熱水活動域の海底下に広がるいわゆる“潜頭性熱水鉱床”の成因・品位・規模の調査に向けては、潜頭性熱水鉱床の品位・規模推定のため海底下の熱水循環動態を観測する海底下流体観測装置「PileBunker⁷²」「SpearHead⁷³」シリーズや、熱水噴出孔から噴出する熱水及び沈積物（熱水鉱石）の化学組成を直接的かつ長期間連続観測する熱水噴出孔観測装置が開発されている。同装置は、ホログラフィック顕微鏡・原子間力顕微鏡・アデノシン三リン酸（ATP）、高温環境で使用可能な pH 計測装置から構成され噴出熱水の時空間変動を計

⁷⁰ 実現した AUV 複数機運用は、元々過去の文部科学省の基盤ツール開発事業がベースにあり、それが SIP で昇華したものとも考えられる。

⁷¹ パーティカルケーブル方式反射法地震探査。海底面から鉛直上方に受振器（ハイドロフォン）を配置し、水中震源により音波（地震波）を発生させ、この音波が地下に伝搬し、地層境界からの反射波を記録して、海底下構造を調査する手法。（浅川ほか「パーティカルケーブル方式反射法地震探査(VCS)の開発」物理探査第 64 巻第 4 号（2011）267-277 頁より）

⁷² 現場間隙水採取装置。ROV や有人潜水艇のマニピレータ等により間隙水抽出装置をアレイ状に配置した物理化学センサーと共に海底に突き刺し、タイマーもしくは物理スイッチによりポンプを駆動させ採水、その前後にセンサー計測する。

⁷³ 海底下観測プラットフォーム。海底表層の地質試料採取に用いられるグラビディ（もしくはピストン）コアラーのような方式により、温度・圧力・pH 等のセンサーや間隙水採取器のアレイを海底下へ打ち込み、計測と試料採取を行う。

測するシステムである。海底下流体観測装置については、高知大学発ベンチャー「株式会社海洋計測」が販売元として機器の販売を行っており、市販化が実現している。

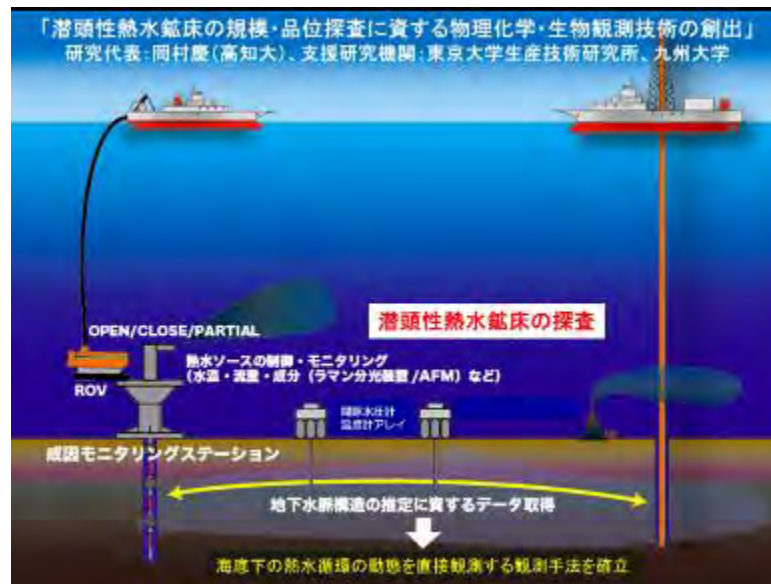


図 3-65 海底下流体観測装置と熱水噴出孔観測装置の開発

(出典) JAMSTEC「海洋資源調査システム・運用手法の開発 次世代海洋資源調査技術」(平成 31 年 2 月閲覧) <<https://www.jamstec.go.jp/sip/enforcement-2/development2-1.html>>

5) その他の関連技術

海洋ブロードバンド通信技術の確立は大きな成果として挙げられる。技術シーズを持つ NICT が参加することで、衛星追尾システムの利用普及が図られた⁷⁴。同システムにより、船側からの通信速度 5Mbps 以上の回線構築に成功しており、この技術の成果として、特に調査の効率化といった効果が生まれている。従来、船上での解析による次の調査意思決定には通信帯域等に制限があり、短時間での大容量データ送受信が厳しかったが、そうした制約が解消された点は大きな成果である。詳細な気象海象情報をリアルタイムで受け取ることが可能になり、オペレーション最適化のメリットもあって、この海上通信技術(小型アンテナ)は調査船にて大いに活用された。

6) 国際標準

IMO (国際海事機構) 所属の経験ある研究者⁷⁵を交えた取組を実施し、それらの取組を通じ、ガイドライン⁷⁶の国際標準化に向け、4つの技術を ISO (国際標準化機構) /TC8/SC13 に新規登録 (NP) した。現在、発行に向け、審議が進められている。

民間製品である無人探査機「江戸っ子 1 号」を活用した環境影響評価も進めており、世界から注目されている。

⁷⁴ 従来は興味を持っていなかったユーザーが結果として、高速衛星通信の有用性を理解し、利用するようになった。

⁷⁵ 船舶関連の数々の国際標準化を手がけた研究者である。

⁷⁶ 微生物も含む生態系への影響を評価する環境影響評価・生態影響試験ガイドライン。

7) 情報発信

本課題の情報発信活動として、平成 30 年度に開催したシンポジウムを表 3-64 に示す。

表 3-64 次世代海洋資源調査技術に関する情報発信（平成 30 年度のシンポジウム）

年月日	名称	主催等	概要
平成 30 年 11 月 19 日	戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）次世代海洋資源調査技術シンポジウム 最終年度報告会	内閣府/JAMSTEC	最終年度までの集大成となる調査技術の成果と各テーマの最新トピックを講演やポスター・展示等で紹介するほか、「次世代海洋資源調査技術のオリジナリティと世界展開」をテーマとするパネルディスカッションを実施した。

8) 論文・知的財産

当該課題の過去 5 年分の論文数は全 151 件（うち査読あり 134 件）となっている。

表 3-65 次世代海洋資源調査技術に関する論文数

	発表年					
	5 年合計	2014	2015	2016	2017	2018
合計	151	2	17	49	53	30
査読あり合計	134	2	17	38	48	29
英文	109	2	13	35	37	22
和文	24	0	4	3	10	7
その他	1	0	0	0	1	0
査読なし合計	17	0	0	11	5	1
英文	0	0	0	0	0	0
和文	17	0	0	11	5	1
その他	0	0	0	0	0	0

（注 1）平成 30 年 12 月末実績。発表年は年度ではなく暦年である。

（注 2）「査読あり」「査読なし」のいずれについても、学術誌での発表論文以外（学会発表・予稿集等）は原則として含まれていない。（他課題とは集計範囲が異なる点に注意が必要である）

みなし取下げを除いた出願年度別の特許出願件数及び登録件数（ファミリー単位で集計）は表 3-66 のとおりである。件数は多くないものの、国内特許に加え海外への出願も行っている。特許出願が始まったのが 2015 年度であることもあり、登録に至った特許も現段階では国内特許 1 件にとどまっている。

表 3-66 次世代海洋資源調査技術に関する特許数

		出願年度					
		5 年合計					
			2014	2015	2016	2017	2018
出願	合計	30	0	8	12	10	0
	国内のみ	18	0	4	7	7	0
	海外含む	12	0	4	5	3	0
	PCT	9	0	4	3	2	0
	米国	7	0	1	3	3	0
	欧州	4	0	2	2	0	0
	中国	7	0	2	3	2	0
	韓国	6	0	1	3	2	0
登録	日本	1	0	1	0	0	0
	米国	0	0	0	0	0	0
	英国	0	0	0	0	0	0
	ドイツ	0	0	0	0	0	0
	フランス	0	0	0	0	0	0
	中国	0	0	0	0	0	0
	韓国	0	0	0	0	0	0

(注) 平成 30 年 12 月末実績。みなし取下げを除いた出願年度別の特許出願件数及び登録件数をファミリー単位で集計。

海底資源調査、環境影響評価、インフラ機器の計 3 種でオープン・アンド・クローズ戦略を構築できる知財パッケージを作成し、SIP 終了後は民間企業により競争優位性を持ったサービスが実現できることを目指した。あわせて、SIP 終了後の知財、データ・サンプルの取扱方法を定めたガイドラインを策定している。知財パッケージごとにサービス窓口を設定し、SIP 終了後に各サービスの窓口の機関が対応するように体制を整備している（図 3-66）。

■ 知財パッケージ（「資源調査技術プロトコル」のうち一部を抜粋）				
名称	ノウハウ	調査航海取得データ	オープン＆クローズ戦略	サービス窓口
音波による地形・地形評価ソフト調査	・有望海域絞り込み手法	・船舶MBES等のデータ ・AUV-MBES/SSS等によるデータ	・データ公開、ソフト秘匿によるデータ精度の有意差を構築	JAMSA J-MARES
音波による探査技術	・ZVCS/ACS/3DVCSのデータ解析処理技術 ・3DVCSのデータ取得法	・ZVCS/ACS/3DVCSによる反射法地震探査データ ・AUV/曳航体/ROVによる自然電位異常調査データ ・AUV/曳航体/ROVによる電気探査データ	・パテントライセンスによるオープン＆クローズの構築	J-MARES
電気探査技術	・自然電位および電気探査（比抵抗）解析ソフト		・パテントライセンスと、解析ソフトの組み合わせ提供によるデファクトの構築	JAMSA
■ 知財パッケージ（「インフラ機器」のうち一部を抜粋）				
名称	ノウハウ	取得データ	オープン＆クローズ戦略	サービス窓口
音響カメラ	設計 高解像度化 近距離化 リアルタイム化 レンジ延長	・リアルタイム3D映像 ・音響測量（点群、CAD）	・パテントライセンスによるオープン＆クローズの構築 ・データ公開、非公開によるオープン＆クローズの構築	港湾空港技術研究所/ JAMSA
AUV	設計 保守・管理 複数機運用マニュアル	・地形・地層・自然電位 ・地磁気・静止画・動画 ・海水の温度・化学特性等	・パテントライセンスによるオープン＆クローズの構築 ・データ公開、非公開によるオープン＆クローズの構築	海上技術安全研究所/ JAMSA

図 3-66 各知財パッケージ内容概要

(5) 現在・将来の波及効果（アウトカム）

研究終了時である現時点の目標の達成状況と波及効果、将来（短期・中期・最終）に期待できる波及効果については次のとおりである。

世界初となる「統合海洋資源調査システム」の有用性を実証できたことにより、今後、我が国近海の未調査海域における海底熱水鉱床調査という市場創造のポテンシャルが示された。また、「調査技術プロトコル」を用いた民間への技術移転が進んだため、事業化及び新たな海洋調査産業の創出につながると期待される（水産や石油ガス関連分野への技術応用も検討されている）。環境影響評価・生態影響試験ガイドラインに係る4つの技術をISO（国際標準化機構）/TC8/SC13に新規登録（NP）するなど、本分野の国際標準を主導できている。体制面では、国研間ネットワークの構築、J-MARES設立等、今後の事業につながる連携強化も図られた。ほかにもSIPに参加した学生の資源業界への輩出等、人材育成効果も認められた。

1) 目標の全般的な達成状況

本課題の社会的な目標である「グローバルスタンダードの確立により、我が国の調査システムの輸出及び海外での調査案件の受注を目指す。」については、世界初のシステムを実証し、環境影響評価は国際標準化を進めていることから、グローバルスタンダードを確立しつつあると評価できる。輸出及び海外調査案件の受注はまだ達成できていないが、今後の課題としてその実現が期待される。

産業面の目標である「本課題により得られた新たな調査技術・ノウハウを、探査サービス会社、探査機器製造会社、海洋エンジニアリング会社等、幅広く民間企業に移転することにより、2018年度までに、世界に打って出ることのできる海洋資源調査産業を創出する。」については、民間企業への移転は実現したと評価できる。ただし、産業として定着するには市場が十分とはいえず、今後も継続的な取り組みが求められる。

2) 海洋資源調査の市場ポテンシャル

我が国近海の熱水鉱床の内 700 万トンが調査済みであるが、商業化に不可欠とされる鉱物量は 5,000 万トン以上といわれている。熱水鉱床調査として、残り 4,300 万トンを超える量を発見する海洋資源調査そのものが直近の市場ポテンシャルとして期待できる。

3) 民間移転された要素技術による調査活動の実施

国研から民間企業へ「調査技術プロトコル」を用いた技術移転が成功したといえる。例えば、技術移転先の一つである J-MARES 等は、自身の目的に即した新しい音響探査及び電気探査の仕組みを用いて調査を実施した。小規模ながら JOGMEC からの案件も受注している。

このように、官民が同じ目標に向けて連携したことは固有の成果であり、技術研究組合結成で強みが異なる企業の総合力を発揮できる体制ができたといえる。

また、海洋調査事業の業界団体である一般社団法人海洋調査協会⁷⁷の所属企業は、これまでは水深の浅い港湾工事関係を実施していたが、深海の調査のキャパシティビルディングが達成され、海外展開も含めて検討できるようになった。このように所属企業のビジョンの変化がもたらされた点も成果といえる。

4) ベンチャー企業創出

平成 28 年 11 月には高知大学発のベンチャー企業「株式会社海洋計測」が設立され、センサー開発・販売を開始している。同社は、水中観測装置・分析技術及び観測システムの運用に貢献している。

5) 要素技術の周辺分野での応用

NICT の海洋ブロードバンド通信技術による衛星追尾システムは洋上通信の可能性を大きく広げ、ユーザーマインドの変化を引き起こした。今後、レジャーボート、漁船、大型クルーズ船等の通信環境改善に向けた多くの適用が期待できる。JAXA 通信衛星 WINDS 運用終了後は、民間通信衛星事業者への技術移転が検討されている。

研究実施者によれば、本課題の成果である VCS 技術の今後の応用先として、海外（メキシコ湾等）の石油ガス開発プラットフォーム建設のための地質調査が考えられている。また、AUV 複数機同時運用については、海底ケーブル敷設に係るルート調査等での利用可能性が考えられている。

6) 組織間・分野間のネットワーク形成

国研間のネットワークについては、今後の連携による更なる成果が期待できる。

既に、国研（JAMSTEC、海上・港湾・航空技術研究所、水産研究・教育機構）と横浜市の海洋企業による協議会（海洋都市横浜うみ協議会）の間に「海洋技術開発のプラットフォーム作り」に向けた MOU を締結予定であり、SIP 成果活用等による地方の海洋産業振興が

⁷⁷ JAMSA。正会員民間 85 社、賛助会員 40 社以上（平成 31 年 1 月現在）から構成される。海洋調査事業の健全な発展を期して、昭和 59 年 5 月 31 日に業界の任意団体としてスタートし、平成 24 年 4 月 1 日に新しい公益法人制度の基に一般社団法人として認可された。

計画されている。

また、本課題は、従来の理工学の立場ばかりでなく、国際法学、国際関係論、法執行等の社会科学の立場からの解析が必要であった。そのため、本課題ではこれらの幅広い文理にまたがる人材の研究開発チームを結成し、文理融合を果たすことができた。これは、新たな研究領域の創出につながる成果といえる。

7) 人材育成

民間企業からのべ43名が技術移転を目的とした航海に参加し、調査オペレーション等を実施した。本課題の実施機関の大学生・大学院生がのべ108名乗船し、船上でのサンプリング・分析を実施した。研究に関わった大学院生は、陸上も含め資源探査・開発関連の業界に輩出されている。特に、海洋開発を研究ではなく民間事業として担える⁷⁸というメッセージが学生にも伝わった効果が認められた。高知大学、九州大学、東京海洋大学のSIP参加大学に海底資源に関する新たな講座が開設されており、新たな学生の継続的育成につながっている。

8) 国際的な立ち位置

海洋鉱物資源成因研究に基づく調査海域絞り込み手法、海洋鉱物資源調査技術、環境影響評価手法からなる「統合海洋資源調査システム」を世界で初めて構築し、海外から注目されている。また、本手法については民技術移転もなされたため、我が国として本調査システムの輸出や海外での調査案件の受注を目指す体制が確立できている。

特に環境影響評価手法については、環境影響評価・生態影響試験ガイドラインに係る4つの技術のISO新規提案の登録が実現した。また、作成したプロトコルが国連機関であるUNESCO-IOCのウェブサイトに掲載され、本分野が市場化した際は標準を握る我が国がリードしていくことが期待できる。

その他、AUVの複数機運用技術は、Shell Ocean Discovery Xprizeに参加している日本チームであるTeam Kuroshioにも利用されているものであり、SIPが国際的に高いレベルの技術開発を成しえていることを示す事例の一つといえる。

(6) 改善すべきであった点と今後取り組むべき点

1) 改善すべきであった点

SIPの趣旨を踏まえた目標及び計画を設定するには、エンドユーザー（JOGMEC）を含めた体制の整備や研究者の社会実装・出口志向の意識浸透等の準備を早期から十分に行うことが必要であった。SIP開始当初は府省連携や社会実装・出口志向といったSIPの特徴が課題内に十分に浸透しておらず、その特徴を発揮しづらい計画や体制になっていた。途中から当面のエンドユーザーとなるJOGMECが体制に加わった意義は大きかったものの、研究の実施主体ではなかったため、成果に至る経緯等が十分に伝達されないこともあり、研究成果の意義や内容を十分に把握することには限界があるのではないかとの意見もあった。JOGMECを研究の実施体制やプロセスにより深く組み込む（例えば、JAMSTECと

⁷⁸ SIPシンポジウムに参加した学生が海洋業界に就職した事例もある（アウトリーチ効果）。

JOGMEC の担当範囲を切り分け過ぎず、両者の強みを生かした研究の共同実施等) ことで、更に円滑に活動が進んだ可能性は否定できない。

研究開発と実際の企業による資源開発事業的要素(工程管理)のバランスの取り方の改善、イノベーションを起こす視点のマネジメント導入も検討に値するものであった。

2) 今後取り組むべき点

民需による海洋鉱物資源調査市場が未成熟であるため、依然として JOGMEC 等の国側の関与が必要であり、SIP で海洋鉱物資源を扱うに当たっては、産学官一丸となったオールジャパンの体制構築が引き続き不可欠である。特に、SIP 第 1 期終了後、JOGMEC 及び民間を包含した体制を引き続き維持し、国内外での海洋鉱物資源調査の市場開拓について戦略的に取り組む必要がある。海外展開においては、管轄海域内に海洋鉱物資源が賦存し展開先として有望と考えられる大洋州等との連携を深め、政府開発援助 (ODA) 等の外部資金の活用可能性も含め引き続き具体的方策の検討が必要である。

また、熱水鉱床等の海洋鉱物資源は、陸上で開発される資源価格との競争もあり、海洋鉱物資源調査市場の商業化を実現するには何らかのブレークスルーも必要と考えられる。既に大きな市場として成立している海洋の石油・天然ガス分野での成果活用等を図ることで実績を積み重ねるなど、SIP 成果が継続利用される方策も広く検討すべきである。一方、海洋鉱物資源調査は我が国にとって重要な資源確保という観点もあり、我が国として関与を続けることも重要と考えられる。

このように海洋は府省連携や産学官一丸となった取り組みが求められ、また技術開発やその後の商業化に時間を要する性質がある。SIP において海洋の課題に取り組む際は、5 年間という実施期間の中で達成可能な研究開発内容の設計、実施体制の構築、及び終了後の展開も見据えた戦略策定が肝要である。

3.6 自動走行システム

(1)意義の重要性、SIP の制度の目的との整合性	- 自動運転や安全支援に寄与する技術開発・実証・標準化等は、範囲が多岐に亘り、個社対応では限界がある中、SIP では競争関係にある企業（自動車メーカー等）や府省等を含め、一体感のある連携体制を構築できた。 - このプログラムは、府省連携が極めて良好に進んだ事例であり、まさしく SIP において進めるべき課題(プログラム)であった。
(2)目標・計画・戦略の妥当性	- 自動車専用道等におけるダイナミックマップ等の重点 5 分野における大規模実証実験、地方部におけるバス、少人数輸送車等の自動走行実証実験等、掲げられた目標は概ね達成している。 - 第 10 次交通安全基本計画での「2020 年までに交通事故死者数を 2,500 人以下とし、世界一安全な道路交通を実現する」という国家目標を実現するとの出口戦略は、自動運転システムの普及を見据えた達成時期を適切に設定すべきであった。
(3)課題におけるマネジメント (適切なマネジメントがなされているか。)	- 開始当初は相当に試行錯誤があったが、関係者間の密なコミュニケーション、PD・研究責任者等の役割分担の明確化、本課題(プログラム)内の各 WG 間の連携等により、効果的に研究開発を推進できた。 - コンセプトの設定や標準化は欧州(特にドイツ)が得意であるため、本課題(プログラム)では具体的な「モノ」(ダイナミックマップ等)を作る方針を重視した点も目標達成に寄与した戦略と考えられる。 - 現場視点では、課題(プログラム)内において、実証実験等により得られた情報が個別の研究開発等の実施者にもより共有されるべきとの指摘もあった。
(4)直接的な研究成果 (アウトプット)	- 高精度 3D 地図(静的情報)に渋滞・事故、信号・歩行者情報といった動的情報等を紐づけたダイナミックマップの統一仕様を関係業界横断的に策定、高精度 3D 地図を供給するダイナミックマップ基盤株式会社の設立等、具体的なデータ供給体制の整備を進めた。 - 実際の高速道路等の高精度 3D 地図による大規模実証実験により、道路形状、走路環境や構造物等に関するダイナミックマップの有効性の検証等を実施した。 - 自動運転に関する国際会議(SIP-adus WS⁷⁹)を我が国で開催するとともに AVS⁸⁰、CAD/TRA⁸¹等の国際会議において定期的に成果の発信を行うことで、日・米・欧の三極連携を推進させることができた。 - 査読あり論文 (30 件)、特許出願数 (76 件)。
(5)現在・将来の波及効果 (アウトカム)	規制関連では、平成 30 年 4 月に決定した「自動運転に係る制度整備大綱⁸²」により、自動運転に係る制度見直しに向けた進め方等が明確に示されたことにより、今後大きな進展が期待され

⁷⁹ Innovation of Automated Driving for Universal Services Workshop (国内)

⁸⁰ Automated Vehicles Symposium (米国)

⁸¹ European Conference on Connected Automated Driving/Transport Research Arena (欧州)

⁸² 図 3-85 参照。

	る。 Ⅰ 標準化については、ISO(国際標準化機関)において、ダイナミックマップ3件、HMI3件の提案を行った。
(6)改善すべきであった点と今後取り組むべき点	Ⅰ 国際的な連携や協調を進めつつ、最大限のスピード感をもって取り組んでいく必要がある。 Ⅰ 自動運転に関する社会的な受容性の醸成に向け、メディア等を通じてより広範に活動を訴求し、技術者だけでなく社会学者等も巻き込みつつ、具体的な(数値ではない)目標を設定した上で、デメリットも示しながら進めることが必要である。 Ⅰ 全国で行われている実証実験については、成果をとりまとめて自動運転技術の導入指針等を作成し、関係者等で情報共有するなど、効率的に取り組むことが必要である。 Ⅰ 自動走行システムの実用化に向けて、自動運転技術を活用して物流サービス、移動サービス等を提供しようとしている事業者等に対して、可能な範囲で、技術以外に必要な環境やコスト等を提示することが必要である。 Ⅰ 海外展開に向けて、ダイナミックマップについては、グローバルに協調を進め、海外とも調和して利用されるように、デジュール標準のみならず、デファクト標準に係る取り組みを進めることが必要である。 Ⅰ 我が国が欧米と伍して標準化(互換性等)をリードしていくために、アジア諸国との連携を図ることが必要である。 Ⅰ 情報セキュリティについては、ガイドラインを継続的に更新できる仕組みを検討すること及び自動運転の安全性の観点、自動運転とは直接関連しない外部要因も踏まえた対策を進めることが必要である。

3.6.1 概要

(1) 背景と目的

SIPにおいて平成26年6月から取り組んできた自動走行システムについては、交通事故死者の低減や交通渋滞の緩和による環境負荷低減、また、高齢者を始め、交通制約者の移動支援や地方の活性化等の課題の抜本的な解決といった社会的意義と、自動車産業の競争力向上や関連市場の拡大等の産業的意義の両面から、国内外での期待は高まる一方であり、グローバル競争が激化している。

我が国における交通事故の現状は、平成28年3月に決定された「第10次交通安全基本計画」では、「2020年までに交通事故死者数を2,500人以下とし、世界一安全な道路交通を実現する」との国家目標が掲げられているが、現状では、平成29年の死者数が3,694人と2年連続で減少したものの、同国家目標への到達にはまだ相当の努力が必要な状況である。

「官民 ITS 構想・ロードマップ」を踏まえ、関係省庁と民間企業が一体となって、安全運転支援・自動走行システムの開発・実用化や交通データ利活用等を推進してきている。特に自動走行システムに関しては2020年までに高速道路での自動走行や限定地域での無人自動走行による移動サービスが可能となることを目指し、必要な研究開発、実証実験等に取り組んできた。

また、海外においては欧州では、Horizon2020において各種プロジェクトが進められているほか、ドイツやイギリス等、各国でも戦略の策定、技術開発が進められている。米国においても、連邦運輸省が、自動走行システム・ITSに関する戦略を策定し、産学が連携した研究開発や実証実験が実施されている。

欧米諸国が国策として自動走行システムの研究開発を加速する中、我が国は世界のトップランナーとしての地位を確立すべく、世界に先駆けて開発・実用化及び普及を進めていくことが求められている。ITS及び自動走行システムの分野は関係する省庁も多く、技術面のみならず社会的な受容性や制度面を含めた多面的な検討が必要であり、府省庁及び官民が連携して開発を進めていかねばならない。グローバル商品である自動車にとって国際標準化も重要であり、現場主義に基づく実証実験により効果を最大化し、国際連携及び市民理解・賛同を得ていく取り組みを進めていく。

(2) 実施体制

平成31年1月1日時点において、内閣府のPDの下、3名のサブPD、学識経験者、内閣官房、警察庁、総務省、経済産業省、国土交通省等の関係省庁、自動車、電子機器、電子地図、通信、移動サービス等に係る産業界等が連携するとともに、大規模実証実験については、管理法人として新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）を活用して課題（プログラム）を実施する体制となっている。なおPDは平成28年に渡邊浩之氏の逝去に伴い、葛巻清吾氏に交代している。

また、本課題（プログラム）では、産学官で構成された推進委員会の他、3つのWGを設置し、各WGにおいてはテーマごとに年3～4回の報告を求め、実施内容・進捗のチェックを行う等、密なコミュニケーションに配慮した実施体制となっている（図3-67、図3-68）。

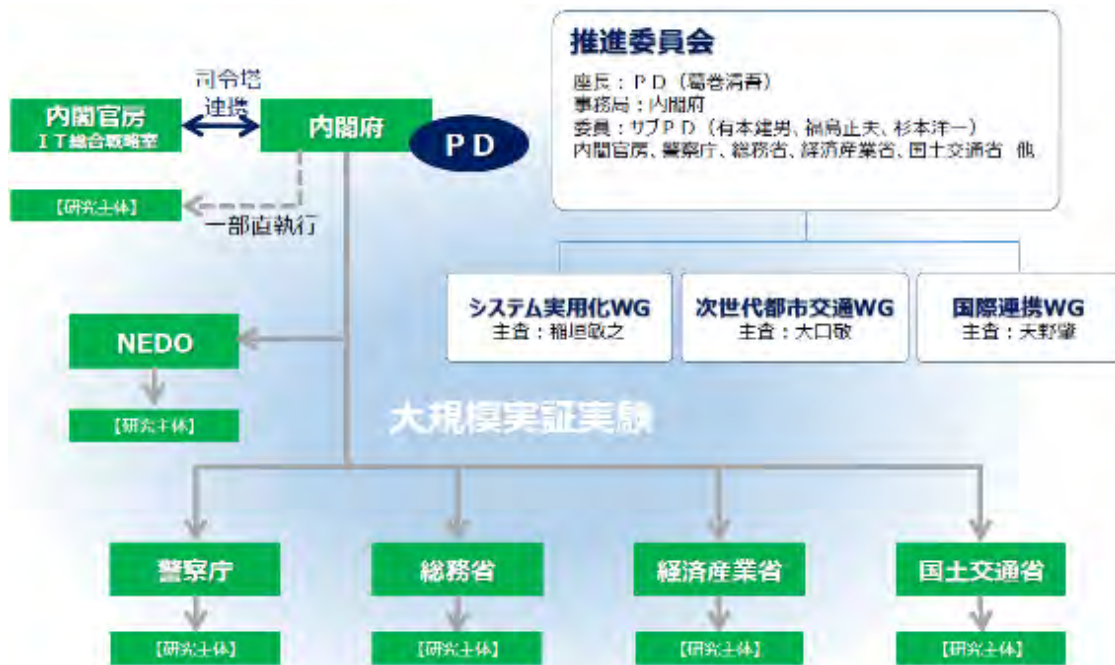


図 3-67 自動走行システムの研究体制

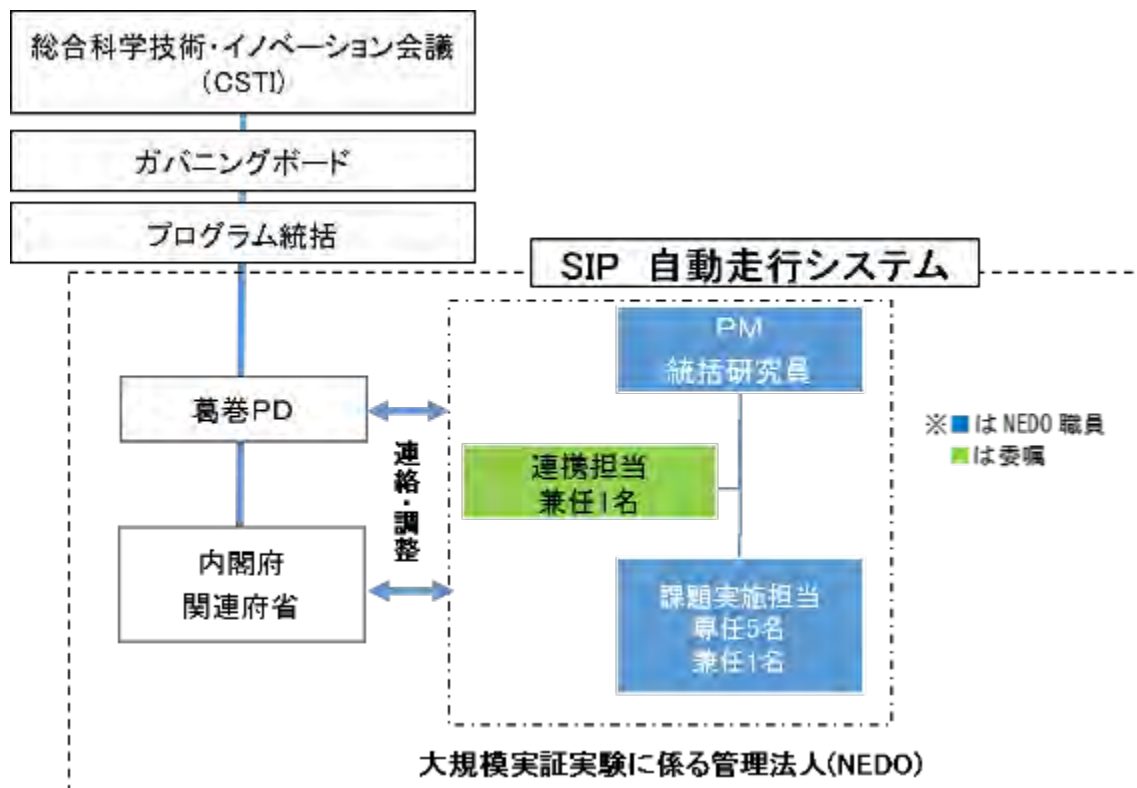


図 3-68 自動走行システムの管理法人（NEDO）の体制

表 3-67 自動走行システムの PD 等

区分	所属	氏名
PD	トヨタ自動車株式会社先進技術開発カンパニーフェロー	葛巻 清吾
サブ PD	政策研究大学院大学教授／科学技術振興機構研究開発戦略センター上席フェロー	有本 建男
	株式会社日産オートモーティブテクノロジーエンジニアリングサービス部技術顧問	福島 正夫
	株式会社本田技術研究所四輪 R & D センター上席研究員	杉本 洋一

表 3-68 自動走行システムの主要会議体

名称	構成員	概要
推進委員会	PD、サブ PD、東京工業大学、特定非営利活動法人 ITS Japan、筑波大学、自動車ジャーナリスト、東京大学、電気通信大学、産業技術総合研究所、自動運転基準化研究所、一般社団法人日本自動車部品工業会、第 5 世代モバイル推進フォーラム、スズキ株式会社、一般社団法人電子情報技術産業協会、株式会社本田技術研究所、内閣官房、警察庁、総務省、経済産業省、国土交通省、事務局（内閣府）、管理法人(NEDO)等	原則、3 か月に 1 回開催（平成 30 年 12 月に第 37 回推進委員会をもって終了）。 ①研究開発の内容、目標に関すること ②研究開発の体制に関すること ③研究開発の進捗管理、成果の管理・活用に関すること ④実用化・事業化に向けた戦略に関すること ⑤その他、課題の進捗に際し必要な事項
知財委員会	PD、サブ PD、株式会社本田技術研究所、株式会社トヨタ IT 開発センター、トヨタ自動車株式会社、筑波大学、弁護士法人内田・鮫島法律事務所、内閣官房、内閣府、警察庁、総務省、経済産業省、国土交通省、管理法人(NEDO)等	①研究開発成果に関する知的財産の取扱い方針 ②知的財産権の実施許諾に関する調整 ③その他、課題の推進に際し必要な事項

名称	構成員	概要
システム実用化 WG※	筑波大学、株式会社トヨタ IT 開発センター、株式会社本田技術研究所、トヨタ自動車株式会社、三菱自動車工業株式会社、特定非営利活動法人 ITS Japan、マツダ株式会社、株式会社 SUBARU、筑波大学、名古屋大学、一般社団法人電子情報技術産業協会、一般社団法人日本自動車部品工業会、ダイハツ工業株式会社、内閣官房、警察庁、総務省、経済産業省、国土交通省、事務局（内閣府）等	以下の項目におけるシステム実用化の推進・出口戦略に関する調査・検討等を行う。 ①交通事故削減 ②高齢者移動支援 ③渋滞の解消・緩和 ④環境負荷低減 ⑤産業国際競争力強化 ⑥自動走行システム実現（ドライバーとクルマの責任分担などの課題解決） ⑦前各号に掲げる事項に附帯する事項
次世代都市交通 WG※	東京大学、筑波大学、日野自動車株式会社、株式会社電通パブリックリレーションズ、トヨタ自動車株式会社、一般社団法人全国ハイヤー・タクシー連合会、いすゞ自動車株式会社、金沢大学、スズキ株式会社、一般社団法人電子情報技術産業協会、横浜国立大学、一般社団法人日本自動車部品工業会、ヤマハ発動機株式会社、本田技研工業株式会社、東京都、警視庁、内閣官房、警察庁、総務省、経済産業省、国土交通省、事務局（内閣府）等	2020 年東京オリンピック・パラリンピックに向け、東京の発展と高齢化社会を見据えた以下の項目に関する調査・検討等を行う。 ①日本の次の世代に資する次世代公共交通システム/交通弱者・歩行支援システムの実用化 ②地域マネジメントの高度化自動走行システムの実現 ③前各号に掲げる事項に附帯する事項

名称	構成員	概要
国際連携 WG※	特定非営利活動法人 ITS Japan、公益社団法人自動車技術会、自動車ジャーナリスト、電気通信大学、一般財団法人日本自動車研究所、自動運転基準化研究所、株式会社本田技術研究所、一般社団法人日本自動車部品工業会、日産自動車株式会社、一般社団法人電子情報技術産業協会、一般社団法人電波産業会、トヨタ自動車株式会社、内閣官房、警察庁、総務省、経済産業省、国土交通省、事務局（内閣府） ※準構成員として国際連携テーマ別窓口を置いている	自動走行システムの実現に向けた国際連携に資する項目のうち、以下の調査・検討等を行う。 ①先読み情報・国際標準化 ②オープン型国際研究所 ③運転支援 ITS 国際会議 ④関係者・市民の理解・賛同促進 ⑤前各号に掲げる事項に附帯する事項

※本課題に特徴的な会議体。

表 3-69 自動走行システム推進委員会 構成員一覧表

区分	所属	氏名
PD	トヨタ自動車株式会社先進技術開発カンパニーフェロー	葛巻 清吾
サブ PD	政策研究大学院大学教授／科学技術振興機構研究開発戦略センター上席フェロー	有本 建男
	株式会社日産オートモーティブテクノロジーエンジニアリングサービス部技術顧問	福島 正夫
	株式会社本田技術研究所四輪 R & D センター上席研究員	杉本 洋一
構成員	東京工業大学環境・社会理工学院教授	朝倉 康夫
	特定非営利活動法人 ITS Japan 専務理事／国際連携 WG 主査	天野 肇
	筑波大学副学長・理事／システム実用化 WG 主査	稲垣 敏之
	自動車ジャーナリスト	岩貞 るみこ
	東京大学生産技術研究所次世代モビリティ研究センター教授／次世代都市交通 WG 主査	大口 敬
	電気通信大学大学院情報理工学研究科教授	小花 貞夫
	産業技術総合研究所首席研究員	加藤 晋
	自動運転基準化研究所所長（自動車技術総合機構交通安全環境研究所自動車安全研究部長）	河合 英直

	一般社団法人日本自動車部品工業会／住友電気工業株式会社新製品企画部技術企画部主幹	教野 秀樹
	第5世代モバイル推進フォーラム参与(標準化総括)	佐藤 孝平
	自動車ジャーナリスト	清水 和夫
	スズキ株式会社開発本部本部長	高柴 久則
	一般社団法人電子情報技術産業協会／三菱電機株式会社開発本部役員技監	田中 健一
	一般財団法人日本自動車研究所代表理事研究所長	永井 正夫
	一般社団法人電子情報技術産業協会／富士通株式会社 Mobility IoT 事業本部事業企画統括部マネージャー	畑瀬 勉
	株式会社本田技術研究所四輪 R&D センター上席研究員(特任)	横山 利夫
	内閣官房情報通信技術総合戦略室参事官	八山 幸司
	警察庁長官官房参事官(高度道路交通政策担当)	堀内 尚
	総務省総合通信基盤局移動通信課新世代移動通信システム推進室室長	中里 学
	経済産業省製造産業局自動車課 ITS・自動走行推進室長	垣見 直彦
	国土交通省道路局道路交通管理課 ITS 推進室室長	安部 勝也
	国土交通省自動車局技術政策課自動運転戦略室室長	平澤 崇裕
オブザーバー	東京都青少年・治安対策本部治安対策担当部長	高野 豪
	日本自動車工業会技術統括部長	三井 宏紀
事務局	内閣府大臣官房審議官(科学技術・イノベーション担当)	黒田 亮
	内閣府政策統括官(科学技術・イノベーション担当)付企画官	古賀 康之
	内閣府 政策統括官(科学技術・イノベーション担当)付政策調査員	竹馬 真樹
管理法人	新エネルギー・産業技術総合開発機構ロボット・AI 部長	弓取 修二

平成 31 年 1 月 1 日現在

表 3-70 システム実用化 WG 主査及び副主査

区分	所属	氏名
主査	筑波大学副学長・理事(総務・人事担当)	稲垣 敏之
副主査	株式会社トヨタ IT 開発センター代表取締役社長	今井 孝志
	株式会社本田技術研究所 R&D センター X 主任研究員	鶴浦 清純
	トヨタ自動車株式会社 ITS・コネクティッド統括部主査	金光 寛幸

平成 31 年 1 月 1 日現在

表 3-71 自動走行システム 次世代都市交通 WG 主査及び副主査

区分	所属	氏名
主査	東京大学生産技術研究所次世代モビリティ研究センター教授	大口 敬
副主査	筑波大学国際産学連携本部教授	川本 雅之
	東京大学空間情報科学研究センター客員研究員	中條 覚

平成 31 年 1 月 1 日現在

表 3-72 自動走行システム 国際連携 WG 主査及び副主査

区分	所属	氏名
主査	特定非営利活動法人ITS Japan専務理事	天野 肇
副主査	特定非営利活動法人ITS Japan常務理事自動運転プロジェクトリーダー	内村 孝彦

平成 31 年 1 月 1 日現在

表 3-73 地図構造化タスクフォース 主査

区分	所属	氏名
主査	名古屋大学未来社会創造機構教授	高田 広章

平成 31 年 1 月 1 日現在

表 3-74 大規模実証実験タスクフォース 主査

区分	所属	氏名
主査	トヨタ自動車株式会社先進技術開発カンパニーフェロー	葛巻 清吾

平成 31 年 1 月 1 日現在

(3) 予算

表 3-75 自動走行システムの予算

年度	予算（億円）
平成 26（2014）年度	25.4
平成 27（2015）年度	23.6
平成 28（2016）年度	27.1
平成 29（2017）年度	33.7
平成 30（2018）年度	28.0
合計	137.8

(4) 研究開発テーマ

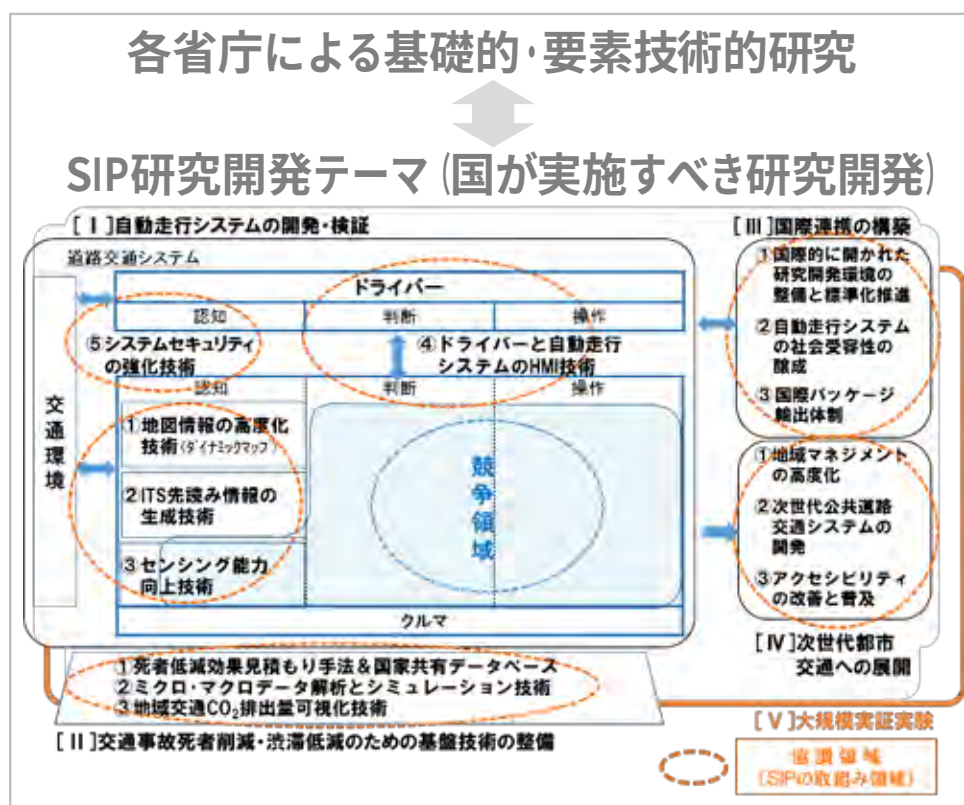


図 3-69 研究開発テーマの分類

表 3-76 各分野におけるテーマと実施者等

分野	テーマ名	実施者
(1) 大規模実証実験を軸とした研究開発の推進	①ダイナミックマップ	ダイナミックマップ大規模実証実験コンソーシアム (三菱電機株式会社、アイサンテクノロジー株式会社、株式会社ゼンリン、株式会社トヨタマップマスター、インクリメント・ピー株式会社、株式会社パスコ)
	地図情報の差分更新・自動図化	三菱電機株式会社
	自動運転の実現に向けた信号情報提供技術の確立	一般社団法人 UTMS 協会
	実証環境構築のためのインフラ整備	オムロンソーシアルソリューションズ株式会社
	ITS 無線路側機の面的な整備に向けた調査研究	福井：株式会社ジー・アイ・システム 福岡：アトミクス株式会社 茨城：日本電気株式会社 長野：株式会社ドーン 神奈川：株式会社ワンビシアーカ

			イブズ
		課題別実証実験の参加者募集・実施・管理	ダイナミックマップ大規模実証実験コンソーシアム
		ダイナミックマップ車両プローブ情報の活用策整理	パイオニア株式会社
		ダイナミックマップ車線毎の交通情報提供等の仕様に 関する調査	株式会社三菱総合研究所
	②HMI	HMI 等のヒューマンファクタに関するデータ収集によるガイドライン策定	HMI コンソーシアム (産業技術総合研究所、株式会社デンソー、東京都ビジネスサービス株式会社)
		課題別実証実験の参加者募集・実施・管理	HMI コンソーシアム
	③情報セキュリティ	車両への通信を用いた攻撃に対する評価手法の確立	PwC コンサルティング合同会社
		課題別実証実験の参加者募集・実施・管理	PwC コンサルティング合同会社
	④歩行者事故低減	実証実験に向けた歩行者端末と車載器の改良と実用化検討	パナソニック株式会社
		課題別実証実験の参加者募集・実施・管理	日本工営株式会社
	⑤次世代都市交通	次世代都市交通システム正着制御に係るセンシング技術や制御技術の実用化	株式会社ジェイテクト
		ART 情報センターへのデータ集約・蓄積と(バス分野中心に)公共交通分野への情報提供の仕組み構築	株式会社日立製作所、パシフィックコンサルタンツ株式会社、一般財団法人計量計画研究所
		次世代都市交通システムの正着制御に関する調査研究	一般財団法人計量計画研究所
		交通制約者等の移動支援システムの開発(PICSの高度化) a. ナビアプリとの連携	日本信号株式会社
		交通制約者等の移動支援システムの開発(PICSの高度化) b. 既存システムとの整理・統合	一般社団法人 UTMS 協会
		課題別実証実験の参加者募集・実施・管理	株式会社日立製作所、パシフィックコンサルタンツ株式会社、一般財団法人計量計画研究所
	(2)事業化・ビジネスモデル構築	ダイナミックマップサービスプラットフォームの試作・検証及びビジネスモデルの策定	ダイナミックマップサービスプラットフォームコンソーシアム (富士通株式会社、株式会社エヌ・ティ・ティ・データ、沖電気工業株式会社、日本電気株式会社、パイオニア株式会社、株式会社日立製作所、三菱電機株式会

		社)
	基盤地図情報を活用したダイナミックマップの精度向上手法及び補完手法の検討に係る調査	株式会社パスコ
(3)地方展開	沖縄における自動走行実証に向けた研究開発	株式会社ジェイテクト
	中山間地域における道の駅等を拠点とした自動運転サービスの実現に向けた路車連携技術に係る調査	(株式会社 DeNA、ヤマハ株式会社、先進モビリティ株式会社、アイサンテクノロジー株式会社)
(4)国際連携・標準化活動	ダイナミックマップの国際標準化と海外動向等調査	株式会社昭文社、株式会社三菱総合研究所
	ダイナミックマップに係る国際標準化活動	公益社団法人自動車技術会(DRM協会)
	自動走行システムにおける情報発信の推進に係る調査(英文報告書)	公益社団法人自動車技術会
(5)重要5課題に係るその他のテーマ	自動運転の実現に向けた車両・歩行者等検知情報提供技術の確立	一般社団法人 UTMS 協会
	インフラレーダーシステムのコスト/性能を踏まえた実用化開発	パナソニック株式会社
	自動走行向け無線通信の通信要件の策定	沖電気工業株式会社
	交通事故死者低減効果見積もり解析手法に係る調査	公益社団法人交通事故総合分析センター(ITARDA)
	交通事故低減効果詳細効果見積もりのためのシミュレーション技術の開発に係る調査	一般財団法人日本自動車研究所
	地域交通 CO ₂ 排出量の可視化技術の開発に係る調査	パシフィックコンサルタンツ株式会社

1) 大規模実証実験を軸とした研究開発推進

平成 29 年 10 月から平成 30 年末まで、常磐道～首都高速～東名高速～新東名高速と東京臨海地域周辺の一般道路で大規模実証実験を行った。

a ダイナミックマップ

「2020 年自動車専用道路での高度な自動走行システム」のためのダイナミックマップデータ紐づけ・配信機能の実現と、「一般道路での自動走行システム」を実現する上で必要となるダイナミックマップの仕様整合と整備体制の構築を目指し、大規模実証実験による検証及び事業化に向けた自動図化・差分更新技術の検討やサービスプラットフォームにおいて試作したサービスモデルの実証を行った。

b HMI (Human Machine Interface)

自動運転レベル 3 実現に向けた HMI のガイドライン策定及び国際標準化提案に向け、評価法を確立し、テストコース及び公道においてドライバーのシステムへの理解、Readiness 状態把握、歩行者・自動走行車以外の車とのインタラクション等のデータを収集・蓄積した。

c 情報セキュリティ

車両レベル・コンポレベルでの評価手法・プロトコルの確立と国際標準化に向け、参加各社の車両を用いて、対ハッキング性能検証のためのブラックボックステスト等を行った。また、インフラ側（ダイナミックマップ）のセキュリティ対策を確保に向け、SIP「重要インフラ等におけるサイバーセキュリティの確保」と連携した。

d 歩行者事故低減

交通死亡事故の半数を占める歩行者・自転車事故低減に向けた、歩車間通信端末の開発及び歩行者位置の高精度測位とその行動推定技術の開発を行った。平成 29 年度に行った基本動作検証結果を踏まえ、通信端末の改良を行った。また、歩行者事故低減に向けた歩車間通信技術の有効性を公道で検証した。

e 次世代都市交通

正着制御技術等の 2020 年東京オリンピック・パラリンピック競技大会を契機とした実用化及び将来を見据えたさらなる Next step ART（Advanced Rapid Transit）の提案に向け正着制御技術を中心とした ART 車両の制御技術開発とダイナミックマップと連携した ART 情報センター構想の実現に向け、公道での実証を推進した。

2) 事業化・ビジネスモデル構築

Society 5.0 の実現には、多種多様な地理空間情報をストレスなく安全にやり取りできるマーケット(市場)が必要であり、このマーケットの実現に向けて課金方式・セキュリティ・管理方法・体制等を検討した。平成 29 年度に試作したデータ収集からサービス提供まで一貫したサービスモデルの実証を行い、サービスプラットフォーム化のメリットを示すとともに、ビジネスモデルの構築を推進した。また、「Society 5.0」の実現に向けた分野間データ連携を推進した。

3) 地方展開

SIP 終了後を見据えた産学官連携体制の構築と地方等の社会課題に即した実装の推進に向け、沖縄において正着制御技術等の自動運転技術の有効性を検証しつつ、具体的に次世代バスとしての社会的な受容性を醸成するため実証実験を推進した。高齢化等が進行する中山間地域において人流・物流を確保するため、「道の駅」等を拠点とした自動運転サービスの実証実験を実施し、地域生活を維持し、地方創生を果たしていくための路車連携の移動システムの構築を図った。

4) 国際連携・標準化活動

日欧米の 3 極会議を核に、国際連携重点 6 テーマ（Dynamic Map、Connected Vehicles、Human Factors、Security、Impact Assessment、Next Generation Transport）について、国内外の国際会議に積極的に参加し、研究開発の成果に基づき、世界の専門家間の連携を継

続的に強化してきた。また、SIP-adus の取りまとめとして、大規模実証実験も含めた研究開発の成果を国際的に共有し、国際的に調和した技術や仕組み作りに貢献した。また、自動運転に関する国際会議(SIP-adus Workshop)を毎年継続して東京において主催し、欧米と並ぶ我が国の自動運転に関する国際的な情報交流の拠点の一つとしての役割を果たしてきた。ダイナミックマップ、HMI 等に関しては、関係機関と連携して国際標準化を促進してきた。国際的な成果発信を図るとともに、SIP 自動走行システムの終了後も研究開発成果の利用を可能とするよう、SIP 自動走行システムにおける 5 年間の取り組みをとりまとめた英文報告書を作成した。

(5) 研究開発テーマと各省庁施策との連関図

研究開発テーマと各省庁施策との連関図を図 3-70 に示す。

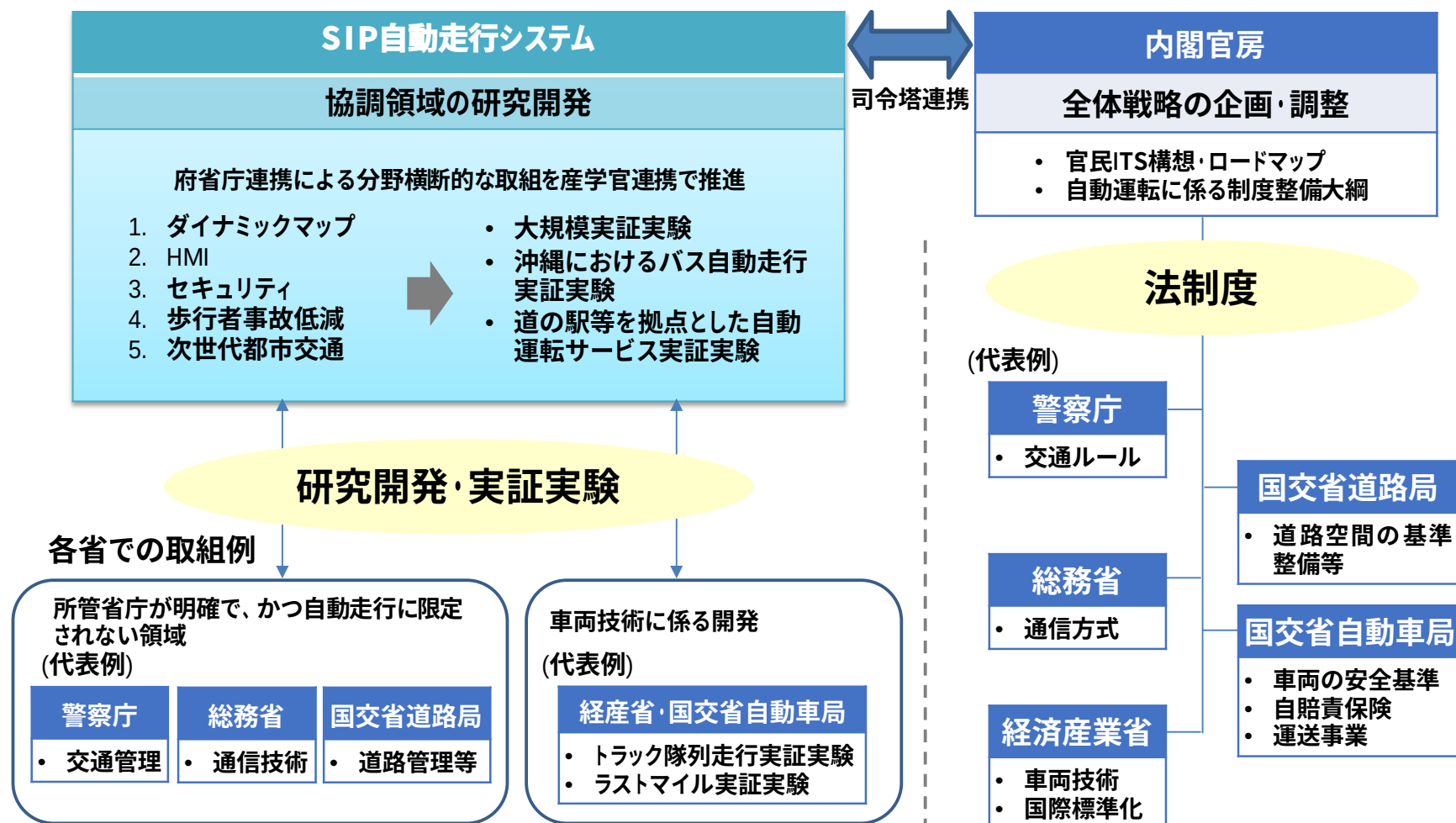


図 3-70 自動走行システムの研究開発テーマ及び各省庁施策との連関図

(6) 出口戦略

①交通事故死者低減等の国家目標の達成

車・人・インフラ三位一体での交通事故対策を実行する技術基盤と実行体制を構築し、「第10次交通安全基本計画」に記載された国家目標を達成する。

運転支援システム及び自動走行システムの開発並びに実用化・普及促進を行うとともに、交通事故死者のデータ解析とシミュレーション技術を進化させ、安全施策の効果予測と検証を可能とする技術を開発する。また、複数の関係者を統合する実行体制の検討を行い、その上で、国家目標の達成に向け進捗・管理する仕組みを構築する。

②自動走行システムの実現と普及

市場化期待時期として、2017年までに信号情報や渋滞情報等のインフラ情報を活用するシステム(SAEレベル2)、また、2020年までにSAEレベル3に向けたステップとなるハイエンドなシステム(SAEレベル2)を実現するため、所要の技術の確立を図る。さらに2020年を目途にSAEレベル3、2025年を目途にSAEレベル4のシステムの市場化がそれぞれ可能となるよう、協調領域に係る研究開発を進める。特にダイナミックマップにおいては、2017年6月にダイナミックマップ基盤株式会社が設立され、2018年度末までに全国の高速度道路及び自動車専用道路の高精度地図を整備することが計画されており、実用化に向け大きく前進している。

③2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会を一里塚として東京都と連携し開発

2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会では一里塚として、東京の発展と高齢化社会を見据えた、我が国の次の世代に資する次世代交通システムの実運用とアクセシビリティ(交通制約者対策)の改善、またそれらの社会実装に向けた社会的な受容性や制度面の課題解決にも取り組む。特に、東京都が検討を進めている臨海部BRTへのART技術の織り込みに向けて、内閣府、東京都と関係者で覚書を締結し、技術開発、実証実験等で緊密な協力して取組を推進している。

(7) 分析フレーム(ロジックツリー)

評価に際して、平成30年度研究開発計画に基づき図3-71のようなロジックツリーを構築した。最終的な目標の実現に向けて、適切な取り組みが実施されているか、またアウトプットが成果として達成されているかどうか等の点に着目し、評価を行った。

開発された技術により高度な自動運転が実現すること等で、交通事故死者数の低減、渋滞緩和の効果を見込んでいる。また、地方での自動運転の普及や我が国の自動走行技術が国際市場で活用されること等で、新産業の創出を見込んでいる。

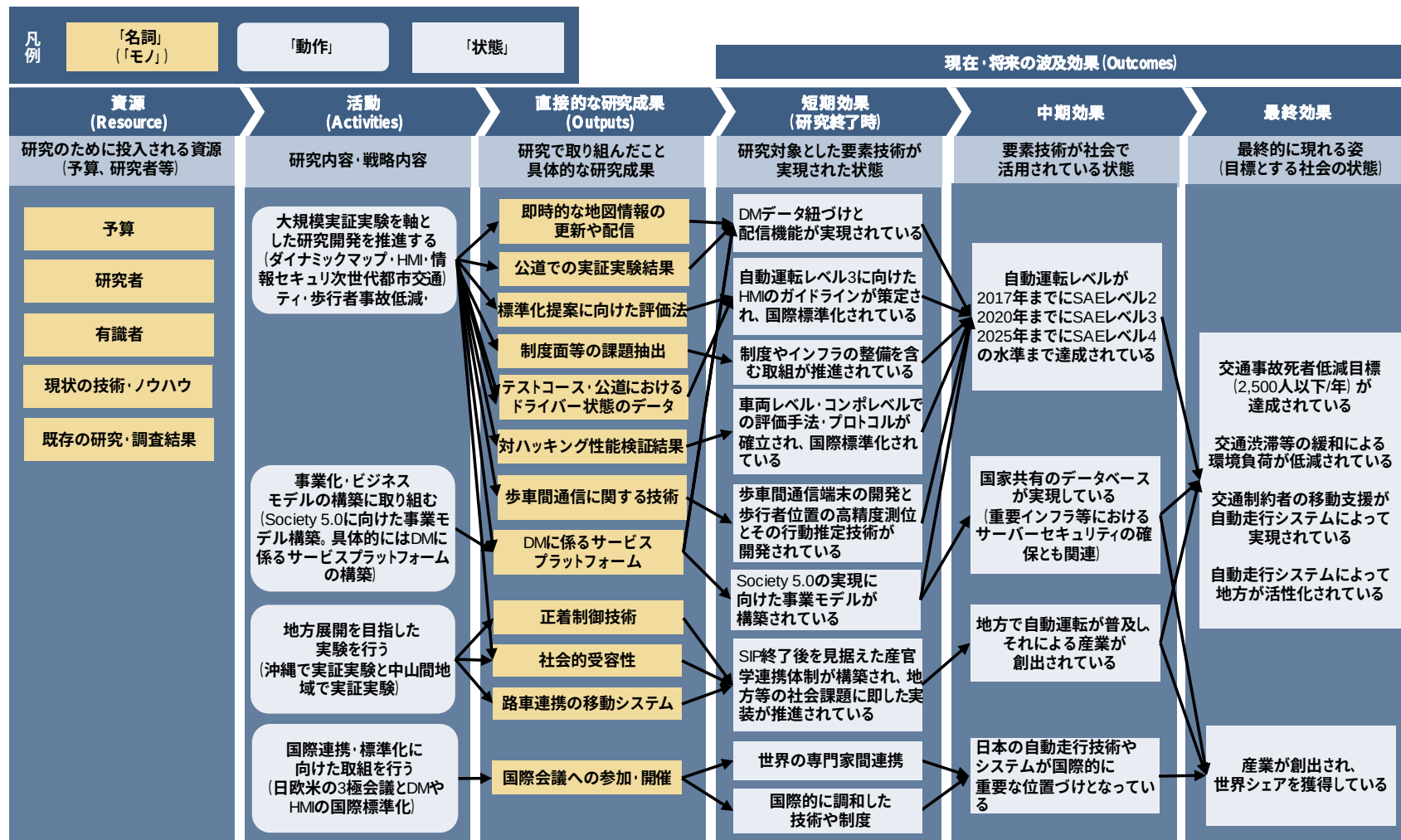


図 3-71 自動走行システムのロジックツリー

(出典) 平成 30 年度研究開発計画を基に作成

3.6.2 評価

(1) 意義の重要性、SIP の制度の目的との整合性

1) 自動運転に関係する企業や業界団体等のマインドの変化と連携

自動運転や安全支援に寄与する技術開発・実証・標準化等については、社会的な意義が大きい一方で技術や実証の範囲も多岐にわたるため、個社では十分な対応ができない状況であった。

CSTI の司令塔機能に基づくトップダウン方式の意思決定、府省連携、産学官連携による社会実装の実現といった特徴を有する SIP 制度において、産学連携での「競争領域」と「協調領域」という考え方を導入し、これを推し進めてきた。企業や大学等が個々に行う研究活動を国が単純に支援するのではなく、産学が連携・協調することによって生み出される新たな技術的基盤(プラットフォーム)の研究開発に対して重点的に支援するという SIP 制度の下でのプロジェクト・メイキングにおいて、通常では競争関係にある複数企業（自動車会社等）を連携させ、業界団体、関係府省等とともに一体感をもって自動運転技術の研究開発や実証実験等を実施する体制を構築することを可能とした。このことは、自動運転技術の国際標準化や社会実装に向けた取り組みを大きく加速させることとなったと考えられる。特に SIP のための大規模で安定的な財源が確保されていたことから、自動運転に関係する企業や業界団体、関係府省等の経営層や幹部クラスの説得に功を奏したとの指摘が多数あり、業界全体のマインドセットを変えることにも大きく寄与したと考えられる。

SIP「自動走行システム」の下、業界全体が協調領域として、推進すべき 5 つの研究開発テーマとして、①ダイナミックマップ、②HMI、③情報セキュリティ、④歩行者事故低減、⑤次世代都市交通を特定して、基盤技術の研究開発、実証実験等を進めていく中で、ダイナミックマップや HMI については、標準化の重要性について関係者間で共通認識が生まれたとの指摘がある。

また、SIP 自動走行システム推進委員会と高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部（IT 総合戦略本部）新戦略推進専門調査会の道路交通ワーキングチームの合同会議を開催するなど、内閣官房との連携も強化しつつ、官民 ITS 構想・ロードマップの策定に貢献してきている。なお、課題評価アンケート調査（研究責任者向け）において、「当該課題が、社会的に重要な意義を持っていたか」という問いに対して、回答者の 96%が「とてもそう思う」と答えており、本課題の社会的意義の大きさについては共通認識として定着していたと考えられる。

以上のことから、本課題(プログラム)は、SIP 制度の中で、府省連携、産学官連携により社会実装を進めるという観点で、極めて良好に進んだ事例であると考えられる。SIP 制度により研究開発、実証実験等を実施することで、業界が一体となって自動運転の社会実装に向けた取り組みを大きく前進させることができ、自動運転の実現に必要な大きな基盤を確立することができたと考えられる。

2) 実証実験の円滑な実施に係る制度整備

公道における自動運転の実証実験の円滑な実施を可能にするため、「自動走行システムに

関する公道実証実験のためのガイドライン」(平成 28 年 5 月、警察庁)⁸³、「道路運送車両の保安基準に基づく関係告示の改正」(平成 29 年 2 月、国土交通省)⁸⁴、「遠隔型自動運転システムの公道実証実験に係る道路使用許可の申請に対する取扱いの基準」(平成 29 年 6 月、警察庁)⁸⁵等、様々な制度整備等が行われてきた。自動運転技術の社会実装に当たっては、技術面だけでなく、制度面の検討が必要であるところ、IT 総合戦略本部において、平成 30 年 4 月、「自動運転に係る制度整備大綱」が決定された。同大綱に基づき、関係省庁において制度整備が進められている。SIP として、府省連携を掲げて研究開発、実証実験等を推進してきた中で実現できてきたものと考えられる。

また、サブ WG 等を通じて実証実験検討の初期段階から、技術開発側と交通事業者、自治体等がコミュニケーションする場を設けたことは、実証実験の実施に際して交通事業者、自治体等の協力を得ることができ、実証実験の円滑な実施につながったと考えられる。

3) 継続的な事業実施による研究開発の効率的な実施

一般的に、政府が主導する研究開発を伴う単年度の委託事業において、受託者が仕様の検討からシステム構築、実証までを実施し成果を上げることは困難である。SIP のための大規模で安定的な財源が確保された 5 年間という期間の中で継続して研究開発、実証実験等を実施できたことが、成果を効率的に生み出すことにつながったと考えられる。

(2) 目標・計画・戦略の妥当性

SIP 自動走行システムの研究開発計画に掲げられた目標、研究開発の内容で設定した最終成果目標は概ね達成又は達成見込みである。

SIP 自動走行システムは、平成 26 年度に開始された後、様々な研究開発テーマに取り組み試行錯誤を繰り返しながら、関係省庁及び関係企業等が集中的に公式/非公式な会合を開催して議論しつつ、研究開発等を進めてきた。開始後、中間となる 3 年目となる平成 28 年度に PD のイニシアティブにより、研究開発テーマを重要 5 課題の下で整理、統合し、研究開発リソースの集中化を行った。また、方針として、欧米が得意とするコンセプトやフレームワークといったものではなく、具体的な「モノ」(高精度 3D 地図やドライバーモニター等)を作り、成果をいち早くオープンにして、国際的な影響力を強化することを重視して進めてきた。

また、研究開発テーマを、大規模実証実験を軸とした研究開発、事業化・ビジネスモデル構築、地方展開、国際連携・標準化活動等と体系的に整理し、2020 年に向けた意義・目標等、出口戦略といった大枠を決めた上でコンセンサスを醸成し、研究開発の最終評価目標や年度ごとに実施する取り組みを明確にしながら研究開発を推進してきた。最終年度となる平成 30 年度においては、目標達成に向け、大規模実証実験を通して課題を着実に解決し、実用化に結びつく成果を上げてきた。

⁸³ 運転者が実験車両の運転者席に乗車し、緊急時に必要な操作を行うことができることなどを条件に、特段の許可や届出なしに実施可能な公道実証実験の対象を明確化した

⁸⁴ ハンドルやアクセル・ブレーキペダル等を備えない車両でも、速度制限、走行ルートの限定、緊急停止ボタンの設置等の安全確保措置を講じれば、公道実証実験を可能とした

⁸⁵ 実験車両の運転者席に乗車しない者が監視・操作を行う遠隔型自動運転の公道実証実験を、道路交通法第 77 条の道路使用許可を受けることにより実施可能とし、その取扱いの基準を示した

さらに、研究開発等の実施過程では、推進委員会、各 WG 等において、受託者が適時に報告を行い、PD、サブ PD をはじめとする構成員は、研究開発計画に定めた目標や戦略に従って、実施内容や方向性について助言するなど、綿密なフォローを行ったことにより、重要 5 課題として重点化した、①ダイナミックマップ、②HMI、③情報セキュリティ、④歩行者事故低減、⑤次世代都市交通の各研究開発テーマにおいて、期待された成果を得ることができた。

アウトプット、アウトカム の達成状況について、高い評価を得ていることから、研究開発計画に設定された目標、計画、戦略は妥当性が高いものであったと考えられる。このことは、課題評価アンケート調査（研究責任者向け）において、「アウトプット目標の設定が適切だったか」という問いに対して回答者の約 96% が「とてもそう思う」あるいは「ややそう思う」と回答したこと、また「研究開発テーマは体系的に整理されていた」という問いに対して回答者の約 88% が「とてもそう思う」あるいは「ややそう思う」と回答したことから強く支持される。

なお、第 10 次交通安全基本計画での「2020 年までに交通事故死者数を 2,500 人以下とし、世界一安全な道路交通を実現する」という国家目標を実現するとの出口戦略は、自動運転システムの普及を見据えた達成時期を適切に設定すべきであったと考えられる。

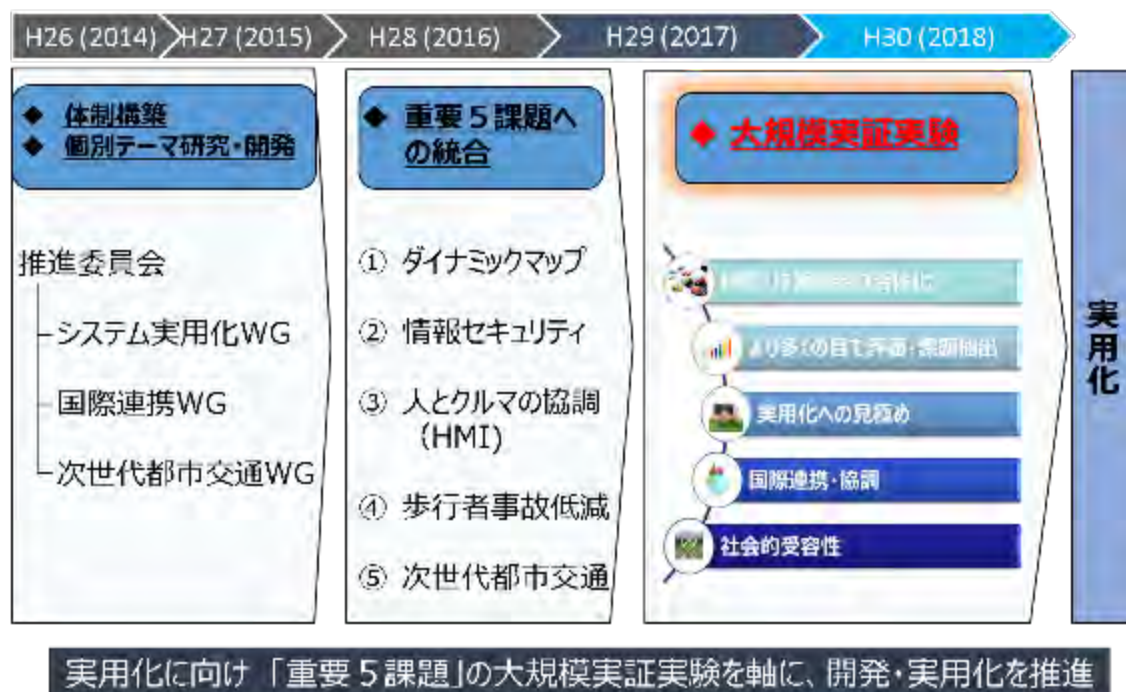


図 3-72 実用化に向けた戦略と実施スケジュール



図 3-73 大規模実証実験の実施エリア

(3) 課題のマネジメント（適切なマネジメントがなされているか。）

SIP 自動走行システムの実施体制（図 3-74）における PD、推進委員会、研究責任者、管理法人等の役割は適切に分担され、課題(プログラム)のマネジメントは適正に行われたと考えられる。

具体的には、課題(プログラム)のマネジメント体制として、PD を委員長として、産学官で構成された推進委員会の下、システム実用化 WG、次世代都市交通 WG、国際連携 WG という目的に応じた有識者で構成される 3WG 等を設置し、各 WG 等においては担当する研究開発テーマについて、受託者に年 3～4 回の報告を求め、実施内容、進捗状況の確認等を行うとともに、必要な助言等を行った。このような課題(プログラム)の推進責任者(ディレクター)と研究責任者(プレイヤー)間の密度の高いコミュニケーションを実施したことが、研究開発方針等の早期の明確化、関係者の合意形成の迅速化、有識者からの知見の集約等を可能にしたと考えられる。

平成 28 年度からは、日産自動車株式会社及び本田技研工業株式会社からも新たにサブ PD を迎え、業界における協調的な実施体制を強化した。PD、サブ PD は研究開発テーマの公募に当たって行われる提案の採択審査会において自ら審査を実施し、課題(プログラム)の実施に当たって、高いコミットメントを実現していたと考えられる。

SIP 自動走行システムでは、実施の効率性、得られる効果を最大化することを重視して、関係府省庁が最も得意とする研究開発テーマを直接担当することにより、迅速な施策推進、効率的な予算執行を実施してきた。PD が関係府省庁に対する研究開発予算の配分権限を有することで、関係府省庁の連携の強化、効率的な予算執行が実現できたと考えられる。なお、当該予算は、自動運転車両の開発等を行う自動車会社ではなく、重点 5 課題の協調領域の技術開発や実証実験等を行う企業や研究機関、実証実験等に係る調整、技術的・社会的な調査、分析等を行うシンクタンク、コンサルタント等に投資してきた。

課題(プログラム)開始 3 年後における大規模実証実験の検討開始を契機に、管理法人 (NEDO) を導入した (図 3-75)。企画開始から実施まで長期間を必要とする大規模実証実験には、複数年度に渡る予算執行が比較的容易に可能であり、プロジェクトマネジメントのノウハウも有している管理法人(NEDO)を活用することは適切であったと考えられる。関係府省庁による直接執行は、当該府省庁から個別に単年度公募が行われ、予算執行、体制管理は適切に行われているものの、受託者が決定するまでに時間を要することで、受託者の実質

的な活動期間が短くなるなどの課題があった。管理法人を活用することとした効果として、複数年度にまたがる研究開発計画を企画することが比較的容易になり、長期の研究開発や実証実験等が円滑かつ柔軟に実施できるようになった。大規模実証実験において管理法人(NEDO)の有する委託業務に関するマネジメント(計画検討、進捗管理、予算管理、自己点検事務の支援、関連する調査・分析等)に関するノウハウを活用したことは、適切なマネジメントの推進に貢献したと考えられる。大規模実証実験の実施においては、実験内容の事前協議、安全管理体制の構築、実験状況の確認等必要な体制を整え、安全かつ成果のある実験の実施が可能となった。



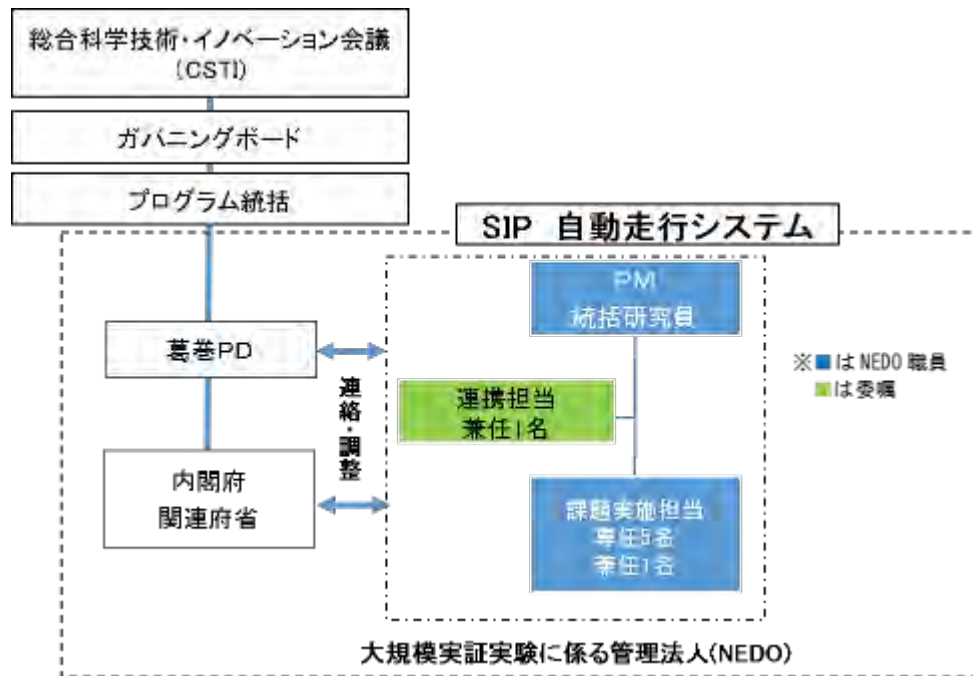


図 3-75 自動走行システムの管理法人（NEDO）の体制（再掲）

(4) 直接的な研究成果（アウトプット）

研究開発活動で得られた直接的な研究成果（アウトプット）は以下である。

1) 目標の全般的な達成状況

SIP 自動走行システムにおいて、掲げられた研究成果(アウトプット)目標は概ね計画どおり達成されたと考えられる。

具体的には、大規模実証実験を軸とした研究開発を進め、重要 5 課題（ダイナミックマップ、HMI、情報セキュリティ、歩行者事故低減、次世代都市交通）を中心に実用化に向けた課題抽出及び解決を加速するとともに、事業化・ビジネスモデル構築、地方展開、国際連携・標準化活動にも注力し、着実に成果に結びつけてきた。

ダイナミックマップについては、測量・地図業界が横断的に自動運転用のダイナミックマップ(静的情報としての高精度 3D 地図等)の仕様を策定、高速道路及び一般道路の高精度 3D 地図(約 300km)を整備し、海外自動車メーカーやサプライヤーも参加する大規模実証実験により、実用的な精度や更新頻度等について検証した。高精度 3D 地図の供給体制として、平成 29 年 6 月に事業会社のダイナミックマップ基盤株式会社設立につなげ、平成 30 年度には自動車専用道路約 3 万 km の配信を行う目途がついたこと等から、目標は達成されたと考えられる。その他の 4 課題も、以下に記載したとおり、目標は概ね達成されたと考えられる。

事業化・ビジネスモデル構築については、ダイナミックマップに係るサービスプラットフォームの構築検討を行った。Society 5.0 の実現には、多種多様な地理空間情報をストレスなく安全にやり取りできるマーケット（市場）が必要であるため、このマーケットの実現に向けて課金方式・セキュリティ・管理方法・体制等を検討した。さらに、これらの検討を踏まえ、サービスモデルを試作し、データ収集からサービス提供まで一貫した実証を行うこと

で、Society 5.0 の実現に向け、分野間のデータ連携を推進し、事業モデルの構築につながる基盤を構築できたこと等から、目標は概ね達成されたと考える。

地方展開については、中山間地域における道の駅等を拠点とした自動運転サービスに関する実証実験を全国各地において実施し、技術的課題の抽出、検討等を行った。また、沖縄県における道路渋滞の解消を図るため検討を進めている沖縄次世代都市交通システムとも連携して、公共バスでの自動運転技術の活用を目指した自動運転バスの実証実験を実施し、実用化に向けた技術実証、社会実証ができたこと等から、目標は概ね達成されたと考えられる。

国際連携・標準化活動については、SIP 自動走行システムの成果の国際的発信、世界をリードする自動運転の専門家を結集した国際会議(SIP-adus Workshop)を我が国で定期的を開催することにより、欧米と並ぶ国際的な地位を確立するとともに、ダイナミックマップ、HMI 等の研究成果の国際標準化に向けた国際的な連携・協調体制を構築し、我が国の国際的なプレゼンスを高めることができたと考える。

課題評価アンケート調査（研究責任者向け）からは、「自身が担当している研究開発テーマについて、設定されていたアウトプット目標（技術達成目標等）が、今年度終了までに達成されるかどうか」という問いに対して、回答者の 95%が「とてもそう思う」あるいは「ややそう思う」と回答しており、研究責任者の視点から見てアウトプット達成度の高さが認められる。

2) ダイナミックマップの研究成果

静的情報である高精度 3D 地図に準静的情報⁸⁶、準動的情報⁸⁷、動的情報⁸⁸が紐つけられたダイナミックマップについては、自動車メーカー、地図ベンダー等業界を超えたこれまでにない体制を構築して検討、開発、実証、国際標準化等を進めた。準静的情報～動的情報の定義を明確化し、これらの情報の供給主体である高速道路会社、日本道路交通情報センター、警察庁等とも調整し、平成 30 年度においては、準静的情報～動的情報の生成・更新・配信システムの検証及び静的情報への紐づけ、車線毎の交通規制情報、交通流情報、信号情報等の静的情報への紐付けに必要となる仕様を関係機関等と検討・策定した。並行して、海外の自動車メーカー、サプライヤー 6 社を含む 22 者が参加した大規模実証実験を通じて、情報配信機能の実現、静的情報への紐づけの機能等の検証等を実施し、実用化への道筋をつけた。

ダイナミックマップの整備、供給体制については、官民ファンドである株式会社産業革新機構、我が国の自動車メーカー 10 社、地図ベンダー等 6 社（三菱電機株式会社、株式会社ゼンリン、株式会社パスコ等）が共同出資し、ダイナミック基盤株式会社を設立し、平成 30 年度中に全国の自動車専用道路約 3 万 km の高精度 3D 地図データの整備を完了する見込みである。自動車メーカー、地図ベンダー等の業界関係者を集め、これまでにない業界横断的な体制を構築して、検討、開発、実証等を行うとともに、標準化動向の情報共有や我が国の対処方針等を検討したことは、有効に機能したと考えられる。

標準化については、ISO(国際標準化機関)において、車線レベルでの位置参照手法に関す

⁸⁶ 計画又は予測されるもの：工事による車線規制情報等

⁸⁷ 事象の発生、範囲が一定でなく、変化していくもの：事故情報、渋滞情報等

⁸⁸ 属性情報が短サイクルで変化するもの：交差点の対向車/横断歩行者、交通信号の階梯サイクル等

る国際標準案を1件、データモデル(静的情報、準静的～動的)に関して2件の提案を行っているところ。

ダイナミックマップ実証実験



図 3-76 ダイナミックマップ実証実験の概要

このように、ダイナミックマップの協調領域における実用化に向けた取り組みが進められる一方で（図 3-77 参照）、競争領域に属する情報の収集や配信等に係る仕組みを含むビジネスモデルの検討に関しては、新たな取り組みが求められているとの指摘もある。

転引き継ぎに係る技術報告書 2 件の提案を行い、1 件が発行される見込みである(1 件はドラフト版の段階)。

同時にドライバーの準備状態を回復・維持する HMI のコンセプト・デバイスを開発し、同 HMI の有効性を示唆する結果を得た。

C. 歩行者や自動走行車以外の車とのインタラクションに関する課題

ドライバー間コミュニケーションのため車両挙動と外向け HMI の要件について、主として自動運転車の減速挙動によって、自動運転車から進路譲りの意図を伝達できること、また、減速挙動等が十分にできない状況では、自動運転車からの譲り意図を早いタイミングでドライバーや歩行者に認識させ、行動判断を確信するために外向け HMI の活用が有効である可能性を示した。研究成果を踏まえ、ISO において、外向け HMI に関する技術報告書 1 件の提案を行い、発行される見込みである。

一方、譲り等自動運転車の意図が明確に予想できないような伝達方法（例えば「自動走行中」）では、他のドライバーや歩行者の認識を阻害する場合は観測されたことは、灯火点滅等を伴う外向け HMI を活用するには、標準化を行うとともにドライバーや歩行者への教育学習が必要であることを示唆している。また外向き HMI が現在の交通環境に及ぼす効果や影響を具体的に示すことができなかったため、基礎的な知見の集約にとどまり、具体的な装置開発につなげるまでには至っていない。(図 3-79)。



図 3-78 ドライバーの Readiness 状態

ヒューマン・マシン・インターフェース（HMI）の出口と取り組み

◆ 自動運転レベル3 実現に向けたHMIのガイドライン策定及び国際標準化

【課題A】

自動運転車からの運転引継ぎを正しく
行う為に必要な情報教示方法



【課題B】

自動運転モードからの運転引継ぎ準備
状態の計測方法および、準備状態の
指標定義



【課題C】

自動走行中のクルマと
周囲の交通参加者間の
コミュニケーション方法



（成果）

- ✓ 業界ガイドライン「自動運転HMI配慮事項」（日本自動車工業会）に折込
- ✓ 国際標準への日本提案実施(ISO/TC22/SC39/WG8*)

*TR21959 Human Performance and State in the Context of AD

TR23049 Ergonomic aspects of external visual communication from automated vehicles to other road users

図 3-79 HMI の出口と取り組み

4) 情報セキュリティの研究成果

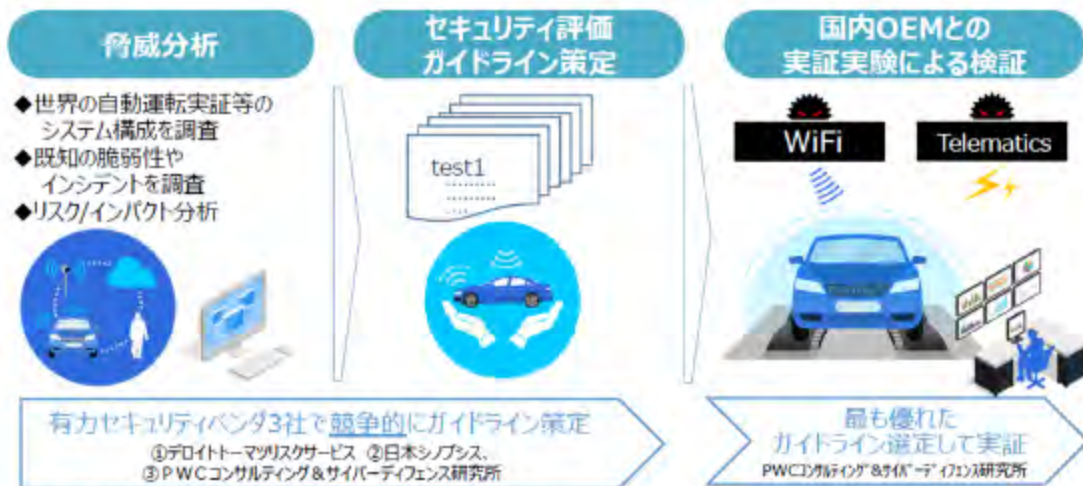
複数のサイバーセキュリティ・ベンダーのコンペ⁸⁹を実施し、最も良い成果が見込まれるベンダーを中心に、過去に起こった既知のインシデントの攻撃手法を分析するとともに、開発者側とは異なる攻撃者側からのアプローチで車両に対する脆弱性を抽出することができた。これまでの開発プロセスに沿った評価法ではない攻撃者視点での車両セキュリティ防御能力評価（侵入テスト/Penetration test）手法の開発に取り組み、通常開発側には開示されないノウハウを含め、業界ガイドライン⁹⁰に反映することができた。（図 3-80）。

⁸⁹ 有力セキュリティベンダ3社（デロイトトーマツリスクサービス株式会社、日本シノプシス合同会社、株式会社サイバーディフェンス研究所（PwC コンサルティング合同会社の再委託））で競争的にガイドラインを策定した。

⁹⁰ JASPAR (Japan Automotive Software Platform and Architecture) との連携により検討

情報セキュリティの出口と取り組み

◆ 車両レベル・コンポレベルでの評価手法・プロトコルの確立と国際標準化



(成果)

- ✓ 国際基準/国際標準共に具体的な評価手法の定義が不明瞭な中、いち早く具体的なガイドラインを策定。
- ✓ 業界ガイドラインへの折込 (JASPAR*)

*(一社) Japan Automotive Software platform and Architecture

図 3-80 情報セキュリティの出口と取り組み

一方で、継続的なサイバーセキュリティに対応していくための人材、組織等が十分でないことから、今後、人材育成や対応組織等を強化していく必要がある、また、自動車の自動運転、安全確保機能等に影響を与えるようなセキュリティ上の外部要因について考慮しておくことも必要との指摘がある。

5) 歩行者事故低減の研究成果

歩行者事故低減は、以下の研究開発テーマを連携させて実施してきた。交通事故実態のデータベースや自動運転車と交通参加者としての歩行者・自転車等の関係性を用いた事故低減効果を評価するアプローチは、国内のみならず国際的にも価値が高いとの評価を得ている。

①日本の交通事故実態のデータベース化

平成24年～平成29年の5年間の事故を事故の形態や当事者等の特徴に基づいて分類した。事故件数、件数の推移や特徴等から、200を超える分類パターンを同定し、データベースとして構築し、公開した。

②歩車間通信技術を用いた歩車注意喚起システムの研究と構築

単に自動運転技術を適用するだけでは減少させることが困難な歩行者と車両の事故を対象とし、歩車注意喚起システムを成立させるための要素技術となる760MHz帯を利用した歩車間通信技術、衛星電波マルチパス除去技術による歩行者位置高精度測位技術を確立した。さらに、地図データ等を用いた歩行者状態推定技術により歩行者と車

両の相対的な危険状況の把握手法を開発し、高信頼かつ高性能な歩車注意喚起システムを構築した。

③歩車注意喚起システムを用いた場合の歩行者及びドライバーの行動変容の研究

大規模実証実験を通じて、歩車注意喚起システムの実環境下での性能評価を実施した後、テストコースにて歩車注意喚起システムが歩行者やドライバーに与える行動変容の背景等について検証し、関連するパラメータを導出した。

④事故低減効果を算出するマルチエージェント型シミュレーションの研究と構築

コンピュータ空間上で、交通参加者としてのエージェントを発生させ、それぞれが独立に認知・判断・操作を行い、現実の交通環境を模擬するマルチエージェント型シミュレーション技術を開発し、自動運転技術を適用した際の事故低減効果を定量的に評価・解析するシミュレータを構築した。また、このシミュレータに③で導出したパラメータを適用し、歩車注意喚起システムによる潜在的な事故低減効果を定量的に導出した。

このような取り組みにより、歩車注意喚起システムの有効性を確認し、実用化に向けた基盤技術を確立したと考えられる(図 3-81)。今後は、コストの低減やユーザーの利便性等の観点からの検討をしていく必要がある。

また、交通事故データベースについては、従来の事故に係るパターンのデータベースが、レベル 3 以上で走行する自動運転車との関係でも妥当するのかについての検証、シミュレータによる定量的な事故低減効果が現実にとどの程度妥当するのかについての検証等が必要である。

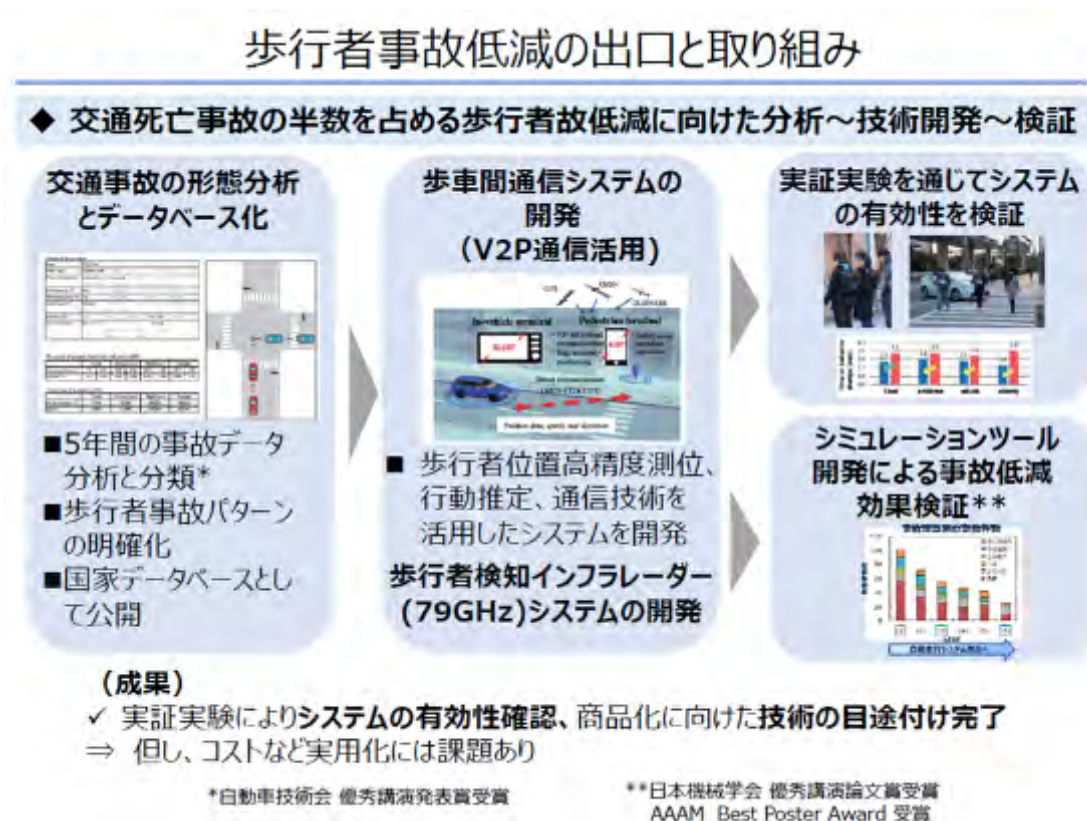


図 3-81 歩行者事故減の出口と取り組み

6) 次世代都市交通の研究成果

次世代都市交通システムとして ART(Advanced Rapid Transit：ART)に関する車両制御技術開発（自動正着、スムーズ加減速等）、連携サービス（混雑予測、動的乗り継ぎ支援、歩行支援）、インフラ協調（公共車両優先システム〔Public Transportation Priority Systems：PTPS〕や歩行者等支援情報通信システム〔Pedestrian Information and Communication Systems：PICS〕の高度化）等、公共交通システムへの自動運転技術を適用して、高齢者、障害者等を含む交通参加者が、安全かつ円滑に移動できる道路交通環境の構築を目指して、世界に先駆けて統合的な研究開発、実証実験を実施してきた。

過疎地における物流・移動サービスの確保、ドライバー不足への対応等の社会的なニーズを踏まえ、中山間地域における道の駅等を拠点とした自動運転サービスに関する実証実験を全国各地において実施し、技術的課題の抽出、検討等を行った。

一方で、都市部における交通需要への対応や交通渋滞の解消等に自動運転技術を活用する観点から、東京都において推進している東京 BRT に自動運転技術を適用して、新幹線レベルのスムーズな加減速、乗客転倒防止（自動走行制御等）、速達性、定時運行性の向上（PTPS の高度化等）、乗降時間短縮、乗降安全性向上（正着制御等）、事故低減、運転負荷軽減（高度運転支援等）を目指して、自動運転技術の適用に当たって必要な実証等について官民で検討を進めているところ。また、沖縄県における道路渋滞の解消を図るため検討を進めている沖縄次世代都市交通システムとも連携して、公共バスでの自動運転技術の活用を目指した自動運転バスの実証実験を実施し、実用化に向けた技術実証、社会実証を実施してきた。特に正着制御については、バス停のプラットフォームとバスのステップの間隔について、車椅子やベビーカーを利用する乗客が安全かつ円滑に乗降するために必要な目標数値（ $4\text{cm} \pm 2\text{cm}$ ）を達成した。なお、自動運転バスに関しては、様々な技術を適用することが可能であるが、多様な社会的ニーズに応えるためにどの程度の技術水準を達成すれば良いか明確化することが難しいとの指摘があった。

高齢者や障害者等の交通制約者が円滑に公共交通システムを利用することができるようにする観点から、バス停等までの道程におけるバリアフリー情報の収集アプリを開発し、一般に公開した。バリアフリー情報は、将来的にオープンデータ化される予定である。情報提供サービスの実用化に向けて、ナビ事業者がβ版としてのサービス提供を実施しているところ。

地方部等における実証実験は、様々な地域のニーズを踏まえて実施されており、我が国では自動運転の実証実験を行う環境が整っていることから、SIP の中での関係府省庁によるものの他、経済産業省・国土交通省が実施するもの、地方公共団体や民間企業等が自ら実施するものなどがあるが、把握可能な実証実験については、官民 ITS 構想/ロードマップ 2018 にとりまとめられている。地方公共団体や民間企業等が自らのニーズに基づき実施する実証実験を除き、国が主体となって実施する実証実験については、重複等が生じないように実施するとともに、可能な範囲で実証実験の成果を共有することや指針等を策定することで、効率的に社会実装に向けた取り組みを促すことが重要である。

次世代都市交通の出口と取り組み

- ◆ 2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会及び、将来を見据えた Next step ART(Advanced Rapid Transit)の提案と実用化



図 3-82 次世代都市交通の出口と取り組み

7) 社会受容性への取り組み

報道関係者や一般市民向けの広報として、報道関係者向けの説明会を計7回、一般市民、学生、運輸事業者等を対象とした「市民ダイアログ」を計8回開催した（図 3-83）。

社会受容性醸成は今後も重要なテーマであり、取り組む対象範囲を明確にしながら促進していく必要がある。また、社会受容性醸成の達成基準は数値化できるものではないため、目標設定についても検討が必要である。

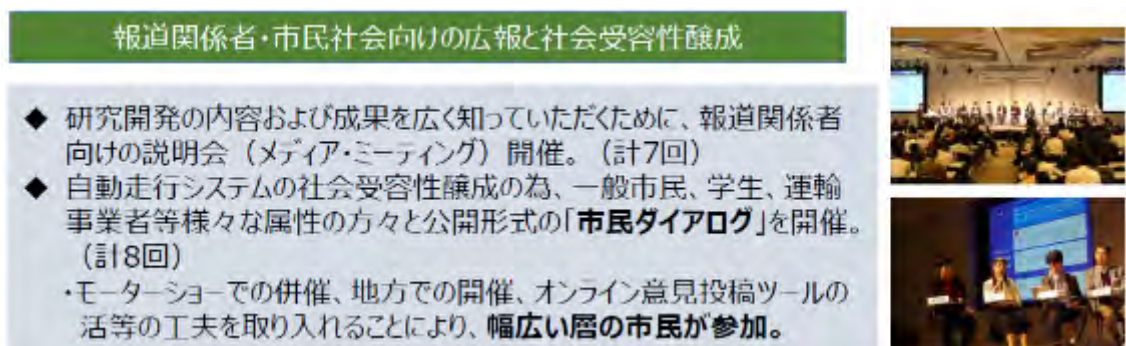


図 3-83 社会受容性醸成のための取り組み

8) 情報発信

SIP 自動走行システムの活動や得られた成果については、内外の自動運転関連の会議等において、積極的に情報発信を行ってきた。また、SIP 自動走行システム専用のウェブサイト（sip-adus.go.jp）を開設し、活動状況、研究開発成果に係る報告書、会議でのプレゼン資料等を日本語及び英語にて発信してきた。

平成 30 年度においては、11 月に、SIP 自動走行システム開始とともに立ち上げ、今年で第 5 回目となる SIP-adus Workshop(国際ワークショップ)を欧米の自動運転の専門家等を招聘して東京で開催し、研究開発や実証実験等で得られた成果について積極的に発信及び意見交換等を行った。

さらに、平成 31 年 2 月には、SIP 自動走行システムに関して、5 年間で得られた成果の集大成を発表する場として、「自動運転のある未来ショーケース」を開催し、自動運転技術の実車やシミュレータによるデモンストレーションなどの体験型コンテンツをはじめ、動画やパネルを利用して、自動運転に関する一般市民や自動運転によるサービス提供事業者等への理解促進を図った。また、社会的受容性を醸成する観点から、平成 30 年 10 月、平成 31 年 2 月にシンポジウム、平成 30 年 12 月に地方での市民ダイアログを開催した。平成 30 年度に SIP 自動走行システムにおいて開催した主な情報発信活動を表 3-77 に示す。

表 3-77 自動走行に関する主な情報発信活動（平成 30 年度）

年月日	名称	主催等	概要
平成 30 年 11 月 13 日 ～15 日	SIP-adus Workshop	内閣府、関係省 庁、管 理 法 人 (NEDO)等	重要 5 課題に関するプレゼンテー ションやポスターセッション、専門 家間のワークショップを通じた国 際連携の強化に向けた緊密な意見 交換等を実施
平成 31 年 2 月 6 日～ 7 日	自動運転のある未来シ ョーケース ～あらゆる人に移動の 自由を～	内閣府、関係省 庁、管 理 法 人 (NEDO)等	5 年間で得られた成果を集大成して 発表。重要 5 課題に関する大規模実 証実験等のデモを実施するととも に、シンポジウムを開催

9) 論文・知的財産

研究開発テーマは、自動車産業自らが中心となって実施する車両の自律型システム等の競争領域に対し、SIP 自動走行システムでは、官民連携での取組がより必要な基盤技術及び協調領域(協調型システム関連)についての開発・実用化を主として推進してきた。研究成果については、特許化することにより、標準化に対する障壁となることがあり得るため、基本的には論文として公開する方針をとってきた。平成 30 年 12 月末時点での調査では、本課題(プログラム)の過去 5 年分の論文数は、全 83 件(うち査読あり 30 件) (表 3-78)、特許出願件数は全 76 件 (表 3-79) である。

SIP 自動走行システムにおいて取得した知的財産の取扱いについては、知的財産権取扱規程を策定しており、日本版バイ・ドール制度(産業技術力強化法第 19 条)を活用することで、受託者が特許等の知的財産権を取得し実用化に努めることとしている。

表 3-78 自動走行に関する論文数

		発表年					
		5 年合計					
		2014	2015	2016	2017	2018	
合計		48	0	9	11	13	15
	査読あり合計	30	0	1	8	9	12
	英文	20	0	1	5	4	10
	和文	10	0	0	3	5	2
	その他	0	0	0	0	0	0
	査読なし合計	18	0	8	3	4	3
	英文	3	0	2	0	0	1
	和文	15	0	6	3	4	2
	その他	0	0	0	0	0	0

(注 1) 平成 30 年 12 月末実績。発表年は年度ではなく暦年である。

(注 2) 「査読あり」については学術誌での発表論文以外に学会発表・予稿集等も一部含んでいるが、「査読なし」については学会発表・予稿集等は原則として除いている。

表 3-79 自動走行に関する特許数

		出願年度					
		5 年合計					
			2014	2015	2016	2017	2018
出願	合計	76	2	16	31	7	20
	国内のみ	50	2	9	18	4	17
	海外含む	26	0	7	13	3	3
	PCT	3	0	1	2	0	0
	米国	18	0	7	10	1	0
	欧州	4	0	1	3	0	0
	中国	14	0	6	8	0	0
	韓国	0	0	0	0	0	0
登録	国内	11	2	4	5	0	0
	米国	2	0	2	0	0	0
	英国	0	0	0	0	0	0
	ドイツ	0	0	0	0	0	0
	フランス	0	0	0	0	0	0
	中国	0	0	0	0	0	0
	韓国	0	0	0	0	0	0

(注) 平成 30 年 12 月末実績。みなし取下げを除いた出願年度別の特許出願件数及び登録件数をファミリー単位で集計。

(5) 現在・将来の波及効果（アウトカム）

SIP 自動走行システムの最終年度となる平成 30 年度(平成 31 年 1 月末時点)における目標の達成状況と波及効果、将来（短期・中期・最終）に期待できる波及効果については次のとおりである。

1) 目標の全般的な達成状況

① 社会的目標

交通事故死者低減、交通渋滞の緩和等については、歩行者事故低減の研究開発テーマにおいて、日本の事故実態のデータベース化、歩車注意喚起システムの研究開発及び当該システムを用いた場合の歩行者及びドライバーの行動変容の研究、事故低減効果を算出するマルチエージェント型シミュレーションの研究開発等を実施してきており、目標は概ね達成できていると考えられる。一方で、具体的な交通事故死者の低減や交通渋滞の緩和等に対する自動運転技術の効果については、当該技術の導入状況等も踏まえ、引き続き、注視していく必要がある。

② 技術的目標

自動運転を社会実装するために必要な、ダイナミックマップ、HMI、情報セキュリティ、歩行者事故低減、次世代都市交通のそれぞれの研究開発テーマにおける協調領域に係る基盤技術等についての研究開発、実証実験等による技術的な成果は「(5)直接的な研究成果(アウトプット)」で述べたとおり、目標は達成できたと考えられる。今後、さらに交通環境情報のデータ連携基盤の構築、自動運転車両の安全性評価技術の確立等、協調領域における研究開発、実証実験等を業界横断的に継続していくことが重要である。

また、SIP 自動走行システムで得られた成果を踏まえ、自動車産業は競争領域となる自律型システム等の研究開発等を加速し、社会実装を促進していくことが重要である。

③ 産業面の目標

自動運転に関連する新産業は、機器・インフラ産業として、車載センサー、車載通信機、路側通信機、携帯通信機器等の情報通信機器、デジタルインフラストラクチャー関連等が見込まれる一方、高精度 3D 地図の作成技術やダイナミックマップ基盤技術、プローブ情報による更新技術等によるプラットフォーム技術が進化することで、自動運転以外の多方面での高精度位置情報等を活用したサービス等、新たなサービスを創出することが見込まれる。

国際的な観点でも、我が国が新たに立ち上げた自動運転に関する国際会議(SIP-adus Workshop)が欧米と並ぶ地位に到達するとともに、国際的にオープンな大規模実証実験を実施したこと、これらの活動を通じて得られた成果を基に国際連携・標準化活動を進めることができたことなどから、目標は概ね達成できたと考える。

以上を踏まえ、現状においては、アウトカム目標は概ね計画どおりに達成されたと考えられる。SIP 自動走行システムで得られた成果の中長期的な直接、間接的な波及効果については、今後必要に応じ、調査していくことが望ましい。

なお、課題評価アンケート調査（研究責任者向け）においても、「当該課題におけるアウトカム目標が、今後（SIP 終了後も含めて）達成される見込みがあるか」という問いに対して「とてもそう思う」、「ややそう思う」との回答が約 95%を占めており、アウトカム目標の達成度合いの高さを示している。

2) 社会での活用・経済効果

a 自動車交通以外の分野への応用

自動運転の技術に関連して、省人化・自動化支援の市場が創出される可能性もあり、SIPの経済波及効果の裾野は広い。官公庁においても、3次元地図基盤データの道路台帳整備や防災減災分野における活用が想定され、今後の具体的な実装が期待できる。なお、既に岐阜県の協力の下、ダイナミックマップの道路台帳整備、除雪支援、電柱・電線のメンテナンスへの活用について実証を進めている（図 3-84）。

ダイナミックマップの多用途展開



図 3-84 ダイナミックマップの多用途展開

b 制度改革への貢献

SIP 自動走行システム推進委員会と高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部（IT 総合戦略本部）新戦略推進専門調査会の道路交通ワーキングチームの合同会議を開催するなど、SIP 自動走行システムにおいては、関係省庁との連携も強化しつつ、官民 ITS 構想・ロードマップの策定に貢献してきた。これらを踏まえ、関係省庁と民間企業が一体となって、安全運転支援・自動走行システムの開発・実用化や交通データ利活用等を推進し、議論した結果、「自動運転に係る制度整備大綱⁹¹」が策定され、それに基づく各省の制度整備へ貢献できたと考えられる（図 3-85）。

⁹¹ 平成 30 年 4 月 17 日 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部・官民データ活用推進戦略会議

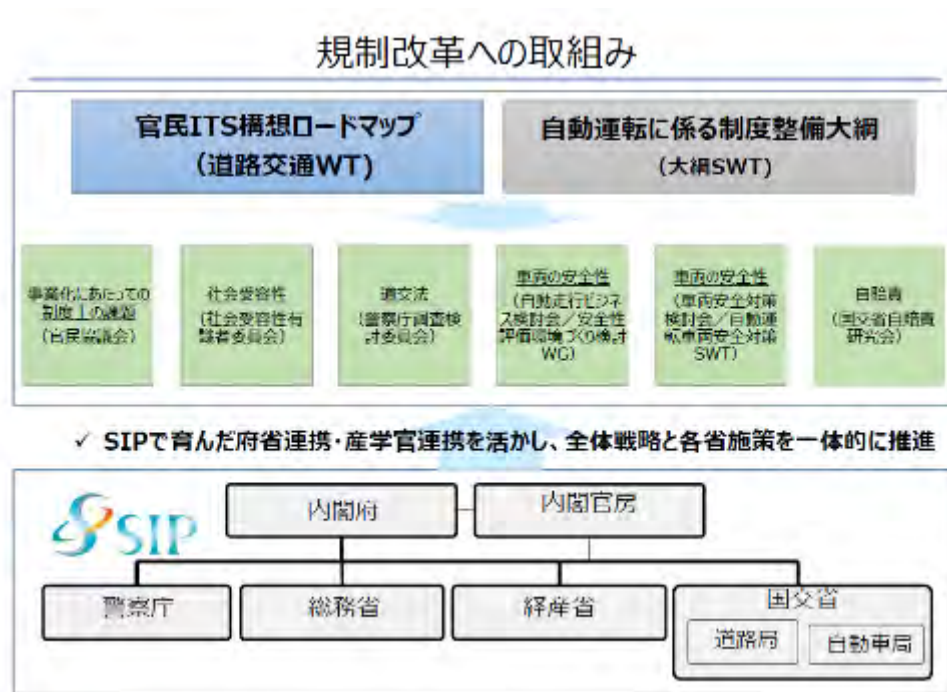


図 3-85 規制改革への取組み

3) 国際的な視点からの波及効果

SIP 自動走行システムにおいては、当初から国際的な成果の発信、世界の専門家が結集する国際会議開催による我が国の拠点化、国際的に開かれた研究開発環境の構築等を目指していた。研究開発テーマごとに国際連携のリーダーを指名し、国際的な連携をリードするとともに、自動運転に関する国際会議として、SIP-adus Workshop を立ち上げ、毎年東京で開催してきた。SIP-adus Workshop を始め、自動運転に関する国際会議等において、国際連携が必要な重要テーマについて議論を継続し、国際協調活動に早期から取り組んできた結果、米 AVS⁹²、欧 CAD/TRA⁹³等の自動運転に関する国際会議と並ぶ地位を確立してきたと考えられる。

また、ダイナミックマップ、HMI、情報セキュリティ、歩行者事故低減、次世代都市交通のいずれの研究開発テーマにおいても、国際的な競争の中で、我が国の技術開発の軸となる場を我が国独自に形成することができた。我が国において基盤技術を確立し、実証実験等を通じて得られた成果により、海外に主導権を握られることなく、国際的な議論の場で独自の貢献ができるようになったという点で、大きな成果があったと考えられる。

⁹² Automated Vehicles Symposium (米国)

⁹³ European Conference on Connected Automated Driving/Transport Research Arena (欧州)



図 3-86 SIP - adus WS の風景

国際標準化については、ISO、IEC、ITU 等におけるデジュール標準に加え、デファクト標準への貢献も進めてきた。デジュール標準については、ISO において、ダイナミックマップ 3 件、HMI3 件の提案を行った。また、デファクト標準については、自動運転用の地図に関して、OADF⁹⁴（Open AutoDrive Forum）からも SIP-adus としての参加要請を受けるなど、自動運転に関する我が国のプレゼンスを国際的に示すことができていると考えられる（図 3-87）。

平成 29 年 10 月から開始した大規模実証実験は、国際的に開かれた実証実験の場を形成するため、国内外の企業等の参加が可能となるようにした。日独の政府間の協力もあり、ドイツから 5 社、フランスから 1 社の参加を得て、国際的にオープンな議論に基づき、国際標準化等を進めることができたと考えられる。

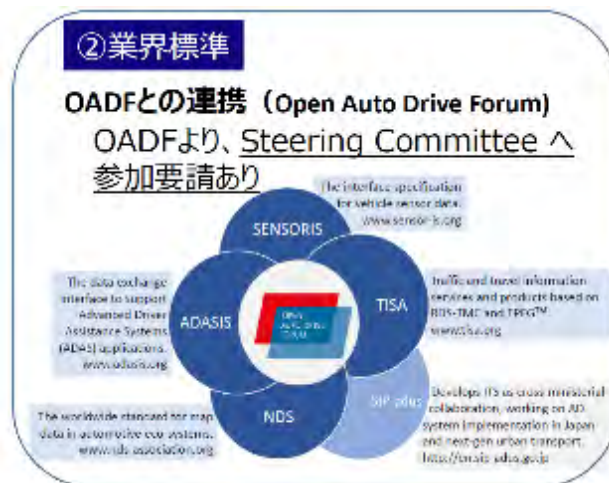


図 3-87 OADF との連携

4) SIP 第 2 期自動運転(システムとサービスの拡張)

平成 30 年度において、SIP 第 2 期が開始されたところ、自動運転に関しては、その重要性が認められ次なる高みに向けて、新たな課題(プログラム)を開始している。高齢化の進む過疎地等での移動手段の欠如や物流業界におけるドライバー不足等の社会的課題に対処す

⁹⁴ 平成 27 年にドイツで設立された、自動運転のためのエコシステム（マップの生成、車両への配信等）を分野横断的に議論・検討するフォーラム。欧州の関連組織（NDS、ADASIS、TISA、SENSORIS）や企業を中心に構成されている。

るため、自動運転の実用化を一般道まで拡張するとともに、自動運転技術を活用した物流・移動サービスを事業化していく取り組みを進めている。

(6) 改善すべきであった点と今後取り組むべき点

1) 改善すべきであった点

SIP 自動走行システムは、実証実験を軸とした基盤技術の研究開発が中心となっており、技術的検証はかなり進んだ一方で、社会実装に向けた課題に対する取り組みはなされているものの更に改善の余地があることは課題と考えられる。

研究成果発信において、国内外への専門家や報道関係者への情報発信は積極的に行われて、一般市民を対象とした市民ダイアログの取り組み等も行われていたが、より幅広く、数多くの層からの理解を得ることは課題と考えられる。実用化が可能になった自動運転技術をどのように活用してどのような形で社会に導入していくことが望ましいかなど、専門家以外のステークホルダーからのより多くの意見を踏まえ、全体的なビジョン、ロードマップの議論を進め、定期的に見直していくことが必要と考えられる。

研究開発においては、協調領域を意識して研究開発がなされたが、研究開発テーマは競争領域との境界に係る部分も多いため、協調領域と競争領域の境界については、より弾力的に設定した方がよい面もあったと考えられる。また、産業界を中心とした取り組みが多く、成果発信、人材育成等の観点からも学術機関等との連携を深めていくことも課題と考えられる。

SIP 自動走行システムで取り組んできた重要5課題において得られた様々な成果を一過性のものとせず、継続的に維持、向上していくための仕組み作りは重要な課題と考えられる。

2) 今後取り組むべき点

我が国においては、実証実験を中心とする基盤技術開発で得られた研究成果を自動運転技術導入に生かすべく、社会実装に向けた取り組みを継続していくことが重要である。SIP 自動走行システムは、SIP 第2期自動運転(システムとサービスの拡張)として新たな取り組みが開始されている。SIP 自動走行システムにおいて課題とされた点に取り組むとともに、以下のような、個別の指摘があることも踏まえ、自動運転の普及拡大に向けて、必要な取り組みを進めていくことが重要である。

国際的には、今後の自動運転に関する競争は激化していくことが予想されること、国際的な連携や協調を進めつつ、最大限のスピード感をもって取り組んでいく必要がある。

- ┆ 自動運転に関する社会的な受容性の醸成に向け、メディア等を通じてより広範に活動を訴求し、技術者だけでなく社会学者等も巻き込みつつ、具体的な(数値ではない)目標を設定した上で、デメリットも示しながら進めること
- ┆ 学術機関等の中立的な研究機関による研究開発を通し、成果を発信していくこと
- ┆ 全国で行われている実証実験については、成果をとりまとめて自動運転技術の導入指針等を作成し、関係者等で情報共有するなど、効率的に取り組むこと
- ┆ 自動運転技術を活用して物流サービス、移動サービス等を提供しようとしている

事業者等に対して、可能な範囲で、技術以外に必要な環境やコスト等を提示すること

- Ⅰ 我が国が欧米と伍して標準化（互換性等）をリードしていくために、アジア諸国との連携を図ること
- Ⅰ ダイナミックマップについては、グローバルに協調を進め、海外とも調和して利用されるように、デジュール標準のみならず、デファクト標準に係る取り組みを進めること
- Ⅰ 情報セキュリティについては、ガイドラインを継続的に更新できる仕組みを検討すること
- Ⅰ 情報セキュリティについては、自動運転の安全性の観点、自動運転とは直接関連しない外部要因も踏まえた対策を進めること

3.7 インフラ維持管理・更新・マネジメント技術

(1)意義の重要性、SIPの制度の目的との整合性	Ⅰ インフラ維持管理は多くが公共事業であり、市場メカニズムが通用しにくい、新技術の採用がされにくい環境にある。そのため他分野と比べビジネス化が困難で、積極的な研究開発投資を積極的に行うことが難しかった。こうした中で、SIPでは大規模な公的資金が投入されたことにより、先端技術開発力を有する企業や大学等の積極的な参加が得られた。 Ⅰ 府省連携により、土木分野以外の多種多様な研究機関が参画し、様々な分野の技術開発を前進させることができた。 Ⅰ 異分野融合を実現したこと、現実の問題を解決することから出発した研究開発プロジェクトであること、マネジメント全体を系統的に扱おうとすることなどは国内有識者並びに海外有識者からも高い評価を得た。 Ⅰ 地域実装支援活動では、地域大学と自治体、地域産業との連携を促し、地域の活性化・産業育成に貢献した。
(2)目標・計画・戦略の妥当性	Ⅰ 研究開発に加え、開発技術の社会実装を目的・目標としたことで研究者一人一人が研究の意図を明確にもって推進できたため、個々の目標設定は妥当であった。一方、研究対象が技術、機器、システム等多岐にわたるものであったため、目標設定及び社会実装後の姿を当初から計画に盛り込むことが重要であった。 Ⅰ 社会実装を実現する第一歩として、インフラを維持・管理する国や自治体等、技術を活用するユーザー側のニーズの明確化や試行する場の提供等が、ニーズの明確化を更に進めるために必要である。 Ⅰ 活動開始当初における地域ニーズの掘り起こしが重要との指摘を受け、具体的技術の開発の進捗と合わせ、地域実装チームを立ち上げ、ニーズの取り込みと成果の適用を図った。
(3)課題におけるマネジメント (適切なマネジメントがなされているか。)	Ⅰ 個別テーマの開発状況確認のためのサイトビジット、ヒアリングを精力的に開催し、計画修正、マイルストーン提示等、進捗に応じた的確なマネジメントを実施した。 Ⅰ サイトビジット、ヒアリングにおいては、運営側（PD、サブPD、管理法人）やテーマに詳しい人材（専門委員、有識者等）による丁寧かつ的確なマネジメントをしたことで、当初開発計画の見直しや目指すべき社会実装の姿を明確にすることができ、プロジェクトを加速できた。
(4)直接的な研究成果 (アウトプット)	Ⅰ 平成30年度末までに個別要素基盤技術について研究開発計画の目標を100%達成する見込みである。 Ⅰ これまで参画がなかった研究機関が専門技術の土木分野への応用の可能性を見だし、「検査・診断」の技術（橋梁の高速・自動点検レーダー診断技術⁹⁵、高速走行型非接触レーダーによるトンネル点検と統合型診断システム、高感度磁気センサーを用いた鋼材の腐食・亀裂を検査する技術、路面・橋梁スクリーニング技術等）を開発できた。

⁹⁵ 世界初の成果として、診断結果から余寿命を予測することができるソフトウェアも開発し、実用化の準備中である。また、人工知能（AI）を用いた普及版の実用化も進んでいる。

	Ⅰ その他に、RC 構造物の長寿命化を可能とする耐食鉄筋、アルカリ骨材反応に対抗する高耐久性コンクリートを用いたプレキャスト PC 床版、車両に設置したスマートフォンの振動データを用いて舗装の維持管理を安価に実施できるシステムを開発した。さらに、橋梁メンテナンス統合データベースシステムの構築、ロボットによる橋梁・トンネル点検技術、コンクリート床版の余寿命予測システム等数多くの技術を開発した。 Ⅰ 開発技術の社会実装を目的に、地域の大学を中核とした地域実装支援チームを構成し、これにより、自然環境条件、構造物供用実態、技術者水準、技術基準類の整備状況等、地域固有の条件に応じた新技術普及に貢献できた。 Ⅰ 橋梁等の一般的部分の目視検査相当の性能が実現化された。 Ⅰ 一方、SAR⁹⁶等による広域遠隔計測、コンクリート内部の PC 鋼棒等の内部計測にはさらなるイノベーションの可能性を秘めている。 Ⅰ インフラは多種多様であり、持続的かつ継続的な研究体制が今後とも望まれる。 Ⅰ 査読あり論文（1,193 件）、特許出願数（135 件）。
(5)現在・将来の波及効果 (アウトカム)	Ⅰ 新技術の地域実装支援、新技術の開発における異分野間連携、国際展開支援等 SIP インフラ活動を今後継承するための組織として土木学会に新たな委員会を平成 31 年度に立ち上げることが決定した。このような場に加え、土木学会、インフラメンテナンス国民会議、国際協力機構（JICA）連携等を活用し、地方自治体、開発企業や地元コンサル等の関係者が集まって問題意識や成功事例を共有することが一層期待される。 Ⅰ JICA と連携してアジア・アフリカ諸国からの土木技術者の大学院生としての受入れ（支援留学生プログラム、SIP 終了後も今後 10 年、毎年 10 名程度奨学金を用意）を行い、国際人材ネットワーク構築・インフラ維持管理の共同推進を目指しており、開発技術の諸外国の環境に応じた国際展開が期待される。 Ⅰ 国土交通省では、テーマ設定型 NETIS といった技術認証が始まり、SIP 終了後も継続される。 Ⅰ 国際標準化活動として、コンクリート構造物のライフサイクルマネジメントに関する ISO 規格の提案を行い、ISO 規格化・事例集のパッケージ化を着実に前進させた（ISO/TC71）。
(6)改善すべきであった点と今後取り組むべき点	Ⅰ 課題全体として 60 の研究開発テーマの対象が技術、機器、システム等多岐にわたったため、総体としての目標設定及び社会実装後の目指すべき全体像を研究開発計画にはっきり示すべきであった。 Ⅰ SIP の成果の適用によって目指すインフラ維持の姿を見据えて、重点分野の絞り込み、アセットマネジメント⁹⁷システムの技術、法制度の一括の実装（例：研究開発した技術を契約、設計基準、点検要領等の一つとして組み込む）等を計画に盛り込むべきで

⁹⁶ 合成開口レーダー（SAR：Synthetic Aperture Radar）。インフラ等の変状を広域かつ早期に検知する変位モニタリング手法。

⁹⁷ インフラを効率的に運営し、ライフサイクルコストを長期的な視点で最小化し、インフラ維持管理に係る各年度の予算を平準化するための技術やシステム。

	あった。 Ⅰ 地方自治体への社会実装においては、新技術の方がコスト・信頼性の面においても優れ、点検頻度を多くすることができるといったメリットを根拠に従来法を転換できるような取り組みを進めるべきである。 Ⅰ 地域実装支援チーム及び土木学会に新設予定の委員会が SIP で開発した技術の社会実装の促進に向けて有効に機能するよう、適切な体制構築及び運用指針等の制定をすべきである。 Ⅰ SIP によって形成された土木と全く異なる他分野との人的ネットワークについては、SIP 終了後も維持されるべきであり、他の研究機関との連携が続くような仕組みの構築が必要である。 Ⅰ SIP で開発された技術を円滑に現場に適用できるようにするため、土木学会が定める設計・施工・維持管理の技術基準⁹⁸や国土交通省⁹⁹が定める点検要領に、これら技術が位置付けられるように、上記チーム及び委員会が、内閣府と協力して働きかけるべきである。 Ⅰ 老朽化した産業インフラへの適用を見据えた実装を展開するべきである。さらに、IoT 等の利用も考慮し、セキュリティ対策は十分に行うべきである。 Ⅰ 競合する諸外国を見据え、できるだけ有効な特許出願と登録を目指す必要がある。成果の国際展開では、JICA との連携を更に強力に進めるべきである。
--	---

⁹⁸ コンクリート標準示方書等。

⁹⁹ 道路橋定期点検要領、道路トンネル定期点検要領等。

3.7.1 概要

(1) 背景と目的

国内のインフラのストックは 850 兆円の規模に達し、今後これらのインフラの維持管理・更新には膨大な予算が必要となる。インフラのライフサイクルコストを最小化するマネジメントの基本は、その状態や保有性能を的確に把握するとともに劣化の進展を客観的・定量的に評価し、さらに、構造物の重要度・利便性等に基づく必要性に基づき優先順位をつけて、タイムリーに維持管理・補修・更新を行うことである。

本課題では維持管理に関わるニーズと技術開発のシーズとのマッチングを重視し、新しい技術を現場で使える形で展開し、予防保全による維持管理水準の向上を最適価格で実現させることを目指す。これにより、国内重要インフラを高い維持管理水準に維持するだけでなく、魅力ある継続的な維持管理市場を創造するとともに、海外展開の礎を築く。

(2) 実施体制

平成 30 年度時点で、PD に加え、サブ PD は 7 名、専門委員は 21 名、研究責任者は 68 名である。管理法人は科学技術振興機構（JST）及び新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）となっている。なお、国土交通省は、直執行となっている。

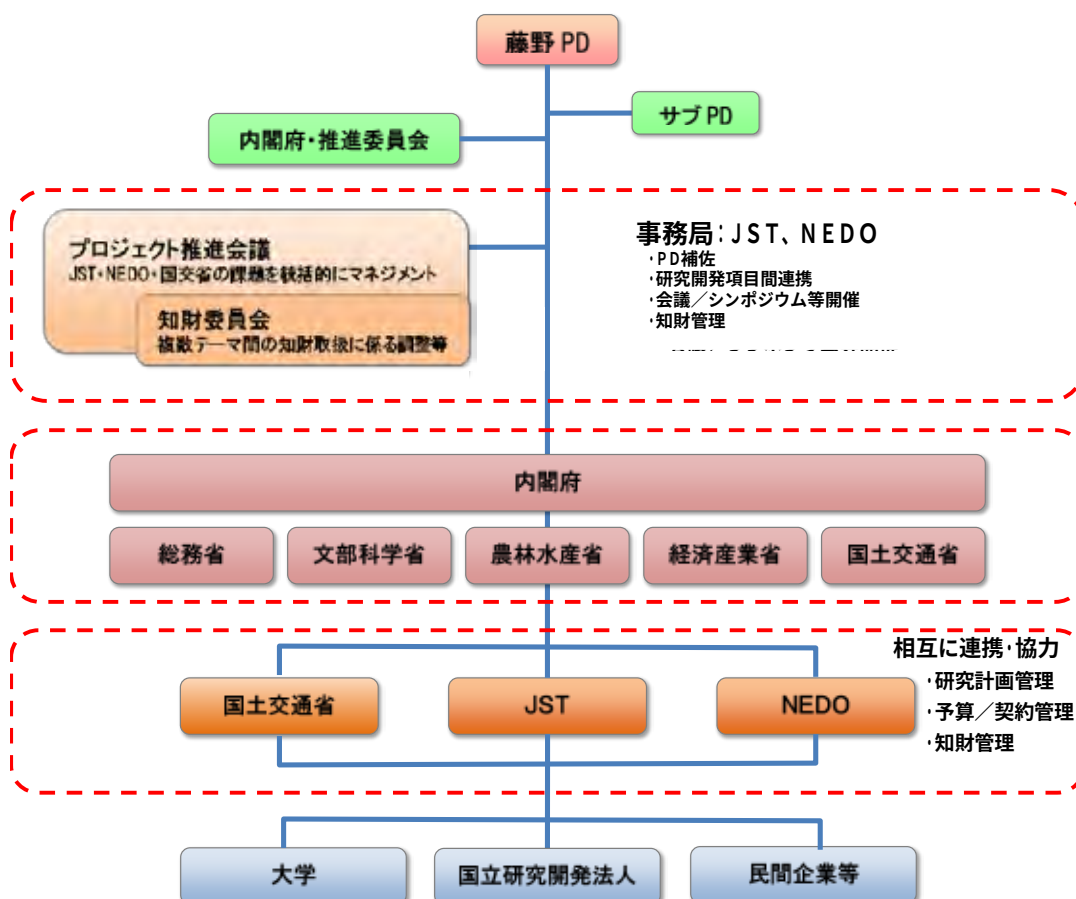


図 3-88 インフラ維持管理・更新・マネジメント技術の研究体制

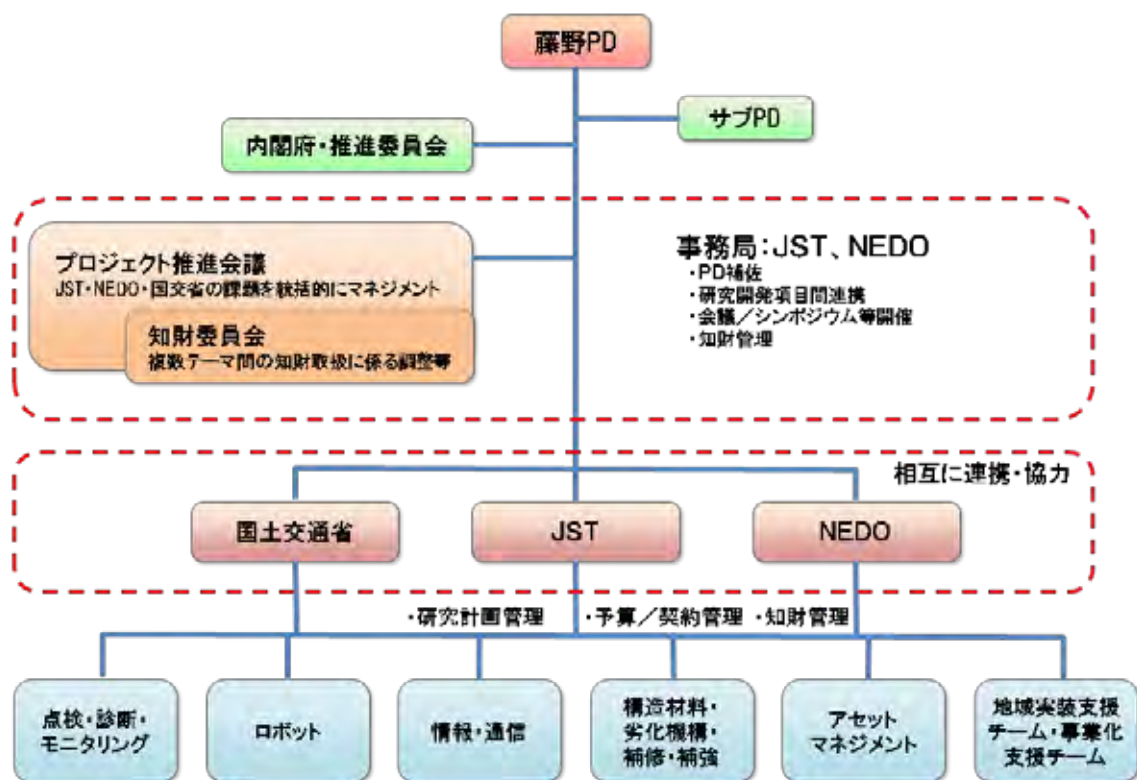


図 3-89 インフラ維持管理・更新・マネジメント技術の管理法人の体制

表 3-80 インフラ維持管理・更新・マネジメント技術の PD 等

区分	所属	氏名
PD	横浜国立大学先端科学高等研究院上席特別教授	藤野 陽三
サブ PD	東京大学教授	浅間 一
	慶應義塾大学教授	岡田 有策
	双葉鉄道工業株式会社代表取締役社長	関 雅樹
	一般社団法人日本建設機械施工協会会長	田崎 忠行
	三菱電機株式会社開発本部役員技監	田中 健一
	土木研究所理事長	西川 和廣
	清水建設株式会社 LCV 事業本部インフラ運営事業部上席マネージャー	若原 敏裕

平成 31 年 1 月 1 日現在

表 3-81 インフラ維持管理・更新・マネジメント技術の主要会議体

名称	構成員	概要
推進委員会	PD、サブ PD、関係省庁、事務局（内閣府）、管 理 法 人 （ JST、NEDO） （表 3-82 参照）	PD が議長、内閣府が事務局を務め、内閣府に置く。課題の研究開発計画の作成や実施等に必要な調整等を行う。年に 2 回実施。 平成 29 年末までに 8 回開催。
知財委員会	PD、サブ PD、プロジェクト推進会議専門委員	研究開発成果に関する論文発表及び特許等の出願・維持等の方針決定等のほか、必要に応じ知財権の実施許諾に関する調整等を行う。プロジェクト推進会議の中に設置。
SIP インフラ出口戦略会議・SIP インフラ社会実装促進会議（技術交流会）※	PD、サブ PD、専門委員、SIP 参加研究者、一般の研究者・技術者	併せて 10 回実施。 各会 400～500 名が参加し、研究開発チームの出口意識向上等に貢献。

※本課題に特徴的な会議体。

表 3-82 インフラ維持管理・更新・マネジメント技術推進委員会 構成員一覧表

区分	所属	氏名
PD	横浜国立大学先端科学高等研究院上席特別教授	藤野 陽三
サブ PD	東京大学大学院工学系研究科精密工学専攻教授	浅間 一
	慶應義塾大学理工学部管理工学科教授	岡田 有策
	双葉鉄道工業株式会社代表取締役社長	関 雅樹
	一般社団法人日本建設機械施工協会会長	田崎 忠行
	三菱電機株式会社開発事業部技術統轄	田中 健一
	土木研究所理事長	西川 和廣
	清水建設株式会社 LCV 事業本部インフラ運営事業部上席マネージャー	若原 敏裕
関係省庁	内閣官房情報通信技術(IT)総合戦略室企画官	浦上 哲朗
	内閣官房国土強靱化推進室企画官	吉田 大
	総務省国際戦略局通信規格課課長	田沼 知行
	総務省国際戦略局技術政策課研究推進室室長	高村 信
	消防庁危険物保安室室長	渡辺 剛英
	文部科学省研究振興局参事官（ナノテクノロジー・物質・材料担当）	齊藤 康志
	文部科学省科学技術・学術政策局研究開発基盤課課長	渡邊 淳
	農林水産省農林水産技術会議事務局研究統括官	原田 久富美
	経済産業省産業技術環境局研究開発課産業技術プロジェクト推進室室長	松本 真太郎
	経済産業省製造産業局産業機械課課長	玉井 優子

	国土交通省大臣官房技術調査課課長	岡村 次郎
	国土交通省総合政策局技術政策課課長	金子 純蔵
	国土交通省総合政策局施工安全企画室長	森下 博之
	国土交通省総合政策局事業総括調整官	吉田 邦伸
事務局	内閣府大臣官房審議官（科学技術・イノベーション担当）	黒田 亮
	内閣府政策統括官（科学技術・イノベーション担当）付ディレクター（エネルギー・環境担当）	中納 暁洋
管理法人	科学技術振興機構イノベーション拠点推進部部長	野口 義博
	新エネルギー・産業技術総合開発機構ロボット・AI 部部長	弓取 修二

平成 30 年 11 月 28 日（開催日）現在

(3) 予算

表 3-83 インフラ維持管理・更新・マネジメント技術の予算

年度	予算（億円）
平成 26（2014）年度	36.0
平成 27（2015）年度	34.3
平成 28（2016）年度	31.6
平成 29（2017）年度	31.6
平成 30（2018）年度	27.0
合計	160.5

(4) 研究開発テーマ

1) 点検・モニタリング・診断技術の研究開発

インフラの損傷度等をデータとして把握する効率的かつ効果的な点検・モニタリングを実現するための装置やセンサー、非破壊検査技術等を開発した。開発に当たっては、実装条件での技術の適用範囲を明確にするため、実構造物調査における実証試験での知見の蓄積と開発への反映に留意した。センサー、非破壊検査技術等の開発では、打音等の従来技術の高度化、最新のセンシング技術を利用した構造物の変位の検出や構造物内部の状態を可視化する技術の開発、高度な分析を可能にする画像処理技術の開発、高感度磁気センサーを用いて鋼材の腐食や亀裂を探索する技術の開発等を行った。点検・モニタリングにより得られたデータよりインフラの健全度評価、余寿命予測が実現可能な診断技術を劣化撤去部材の載荷試験や数値シミュレーション技術を用いて開発した。材質や構造物の特性に応じて、それぞれの材料や構造物に最適な点検・モニタリング・診断技術の開発を行った。

なお、以下は SIP の期間の途中で終了した。

- ┆ 表 3-84 学習型打音解析技術の研究開発
- ┆ 表 3-87 コンクリート内部を可視化する後方散乱 X 線装置の開発
- ┆ 表 3-88 高速走行型非接触レーダーによるトンネル覆工の内部欠陥点検技術と統合型診断システムの開発
- ┆ 表 3-89 コンクリート内部の鉄筋腐食検査装置の開発

- ┆ 表 3-91 インフラモニタリングのための振動可視化レーダーの開発
- ┆ 表 3-92 舗装と盛土構造の点検・診断自動化技術の開発
- ┆ 表 3-93 ALB（航空レーザ測深機）による洗掘状況の把握
- ┆ 表 3-94 振動モード解析に基づく橋梁の性能評価システムの開発
- ┆ 表 3-98 高精度かつ高効率で人工構造物の経年変位をモニタリングする技術
- ┆ 表 3-99 傾斜センサー付き打込み式水位計による表層崩壊の予測・検知方法の実証試験
- ┆ 表 3-100 多点傾斜変位と土壌水分の常時監視による斜面崩壊早期警報システム
- ┆ 表 3-101 大型除草機械によるモグラ（小動物）穴の面的検出システム
- ┆ 表 3-102 比抵抗による堤体内滞水状態モニタリングシステム
- ┆ 表 3-103 衛星観測を活用した河川堤防モニタリングの効率化
- ┆ 表 3-107 ラジコンボートを用いた港湾構造物の点検・診断システムの研究開発
- ┆ 表 3-108 空洞及び裏込沈下調査におけるチャープレーダ等「特殊 GPR 装置」の研究開発
- ┆ 表 3-109 衛星及びソナーを利用した港湾施設のモニタリングシステムの構築の研究開発
- ┆ 表 3-111 3 次元カメラと全方位型ロボットによる滑走路のクラック検知システムの研究開発

a コンクリート構造物に関する点検・モニタリング・診断技術の開発

表 3-84 学習型打音解析技術の研究開発

研究責任者	村川 正宏 産業技術総合研究所人工知能研究戦略部総括企画主幹
研究開発実施機関 (計 5 機関)	産業技術総合研究所、首都高技術株式会社、東日本高速道路株式会社、株式会社テクニー、株式会社ネクスコ・エンジニアリング東北

(注) 平成 29 年度で終了。

表 3-85 レーザーを活用した高性能・非破壊劣化インフラ診断技術の研究開発

研究責任者	緑川 克美 理化学研究所光量子工学研究センター長
研究開発実施機関 (計 3 機関)	理化学研究所、量子科学技術研究開発機構、公共財団法人レーザー技術総合研究所

表 3-86 異分野融合によるイノベティブメンテナンス技術の開発

研究責任者	石田 雅博 土木研究所構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ上席研究員
研究開発実施機関 (計 3 機関)	土木研究所、東京大学、理化学研究所

表 3-87 コンクリート内部を可視化する後方散乱 X 線装置の開発

研究責任者	豊川 弘之 産業技術総合研究所計量標準総合センター分析計測標準研究部門放射線イメージング計測研究グループ研究グループ長
研究開発実施機関 (計 3 機関)	産業技術総合研究所、株式会社 BEAMX、名古屋大学

(注) 平成 28 年度で終了。

表 3-88 高速走行型非接触レーダーによるトンネル覆工の内部欠陥点検技術と統合型診断システムの開発

研究責任者	安田 亨 パシフィックコンサルタンツ株式会社技術研究センターセンター長
研究開発実施機関 (計 5 機関)	パシフィックコンサルタンツ株式会社、株式会社ウォールナット、i システムリサーチ株式会社、株式会社三英技研、株式会社フォーラムエイト

(注) 平成 28 年度で終了。

表 3-89 コンクリート内部の鉄筋腐食検査装置の開発

研究責任者	生嶋 健司 東京農工大学大学院工学研究院准教授
研究開発実施機関 (計 3 機関)	東京農工大学、株式会社 IHI 検査計測、本多電子株式会社

(注) 平成 28 年度で終了。

b 鋼構造物に関する点検・モニタリング・診断技術の開発

表 3-90 インフラ劣化評価と保全計画のための高感度磁気非破壊検査

研究責任者	塚田 啓二 岡山大学大学院ヘルスシステム統合科学研究科教授
研究開発実施機関 (計 4 機関)	岡山大学、超電導センシング技術研究組合、一般財団法人発電設備技術検査協会、九州大学

c 橋梁等のレーダーによる点検・モニタリング・診断技術の開発

表 3-91 インフラモニタリングのための振動可視化レーダーの開発

研究責任者	能美 仁 アルウェットテクノロジー株式会社代表取締役
研究開発実施機関 (計 4 機関)	アルウェットテクノロジー株式会社、早稲田大学、東京大学、埼玉大学

(注) 平成 28 年度で終了。

d 舗装と盛土構造の点検・診断自動化技術の開発

表 3-92 舗装と盛土構造の点検・診断自動化技術の開発

研究責任者	八嶋 厚 岐阜大学工学部教授
研究開発実施機関 (計 3 機関)	岐阜大学、公益財団法人岐阜県建設研究センター、株式会社セロリ

(注) 平成 28 年度で終了。

e 橋梁に関するモニタリング技術の活用推進に関する技術開発

表 3-93 ALB（航空レーザ測深機）による洗掘状況の把握

研究責任者	小澤 淳真 株式会社パスコ中央事業部技術センター河川技術室
研究開発実施機関 (計 1 機関)	株式会社パスコ

(注) 平成 27 年度で終了。

表 3-94 振動モード解析に基づく橋梁の性能評価システムの開発

研究責任者	川合 忠雄 大阪市立大学工学研究科機械物理系専攻教授
研究開発実施機関 (計 2 機関)	大阪市立大学、IMV 株式会社

(注) 平成 28 年度で終了。

表 3-95 橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステムの創生

研究責任者	藤原 保久 三井住友建設株式会社土木本部土木リニューアル推進室室長
研究開発実施機関 (計 2 機関)	三井住友建設株式会社、株式会社日立産業制御ソリューションズ

表 3-96 画像解析技術を用いた遠方からの床版ひび割れ定量評価システムの構築

研究責任者	堀口 賢一 大成建設株式会社技術センター社会基盤技術研究部材工研究室先端施工チームチームリーダー
研究開発実施機関 (計 1 機関)	大成建設株式会社

表 3-97 省電力化を図ったワイヤレスセンサーによる橋梁の継続的遠隔モニタリングシステムの現場実証

研究責任者	黒田 卓也 オムロンソーシャルソリューションズ株式会社事業開発本部モニタリング事業統括部
研究開発実施機関 (計 2 機関)	オムロンソーシャルソリューションズ株式会社、東京工業大学

表 3-98 高精度かつ高効率で人工構造物の経年変位をモニタリングする技術

研究責任者	石井 孝和 日本電気株式会社電波・誘導事業部センサ統合システム部主任
研究開発実施機関 (計 2 機関)	日本電気株式会社、株式会社大林組

(注) 平成 27 年度で終了。

f のり面・斜面に関するモニタリング技術の活用推進に関する技術開発

表 3-99 傾斜センサー付き打込み式水位計による表層崩壊の予測・検知方法の実証試験

研究責任者	荘司 泰敬 応用地質株式会社計測システム事業部事業部長
研究開発実施機関 (計 1 機関)	応用地質株式会社

(注) 平成 28 年度で終了。

表 3-100 多点傾斜変位と土壌水分の常時監視による斜面崩壊早期警報システム

研究責任者	王 林 中央開発株式会社技術センター技術開発部部长
研究開発実施機関 (計 1 機関)	中央開発株式会社

(注) 平成 28 年度で終了。

g 河川堤防に関するモニタリング技術の活用推進に関する技術開発

表 3-101 大型除草機械によるモグラ（小動物）穴の面的検出システム

研究責任者	白井 正孝 朝日航洋株式会社商品企画部商品化推進室主任研究員
研究開発実施機関 (計 1 機関)	朝日航洋株式会社

(注) 平成 28 年度で終了。

表 3-102 比抵抗による堤体内滞水状態モニタリングシステム

研究責任者	斎藤 秀樹 応用地質株式会社技術本部技師長室技師長
研究開発実施機関 (計 1 機関)	応用地質株式会社

(注) 平成 28 年度で終了。

表 3-103 衛星観測を活用した河川堤防モニタリングの効率化

研究責任者	神岡 誠司 一般社団法人国際建設技術協会技術本部技師長室技師長
研究開発実施機関 (計 3 機関)	一般社団法人国際建設技術協会、宇宙航空研究開発機構、パシフィックコンサルタンツ株式会社

(注) 平成 29 年度で終了。

表 3-104 物理探査と地下水観測技術を活用した堤防内部状態のモニタリングシステム

研究責任者	新清 晃 応用地質株式会社技術本部技師長室技師長
研究開発実施機関 (計 1 機関)	応用地質株式会社

(注) 平成 28 年度で終了。

h モニタリング技術を社会インフラの維持管理業務へ適用するための技術的検証

表 3-105 モニタリング技術の活用による維持管理業務の高度化・効率化

研究責任者	本間 淳史 モニタリングシステム技術研究組合
研究開発実施機関 (計 1 機関)	モニタリングシステム技術研究組合

i 衛星 SAR による地盤及び構造物の変状を広域かつ早期に検知する変位モニタリング手法の開発

表 3-106 衛星 SAR による地盤及び構造物の変状を広域かつ早期に検知する変位モニタリング手法の開発

研究責任者	金銅 将史 国土技術政策総合研究所河川研究部大規模河川構造物研究室
研究開発実施機関 (計 1 機関)	国土技術政策総合研究所

j 海洋・沿岸構造物に関する点検・モニタリング・診断技術の開発

表 3-107 ラジコンボートを用いた港湾構造物の点検・診断システムの研究開発

研究責任者	小笠原 哲也 五洋建設株式会社技術研究所土木技術開発部土木材料チーム海上グループ専門部長
研究開発実施機関 (計 1 機関)	五洋建設株式会社

(注) 平成 28 年度で終了。

表 3-108 空洞及び裏込沈下調査におけるチャープレーダ等「特殊 GPR 装置」¹⁰⁰の研究開発

研究責任者	山田 茂治 川崎地質株式会社事業本部保全部技術部長
研究開発実施機関 (計 2 機関)	川崎地質株式会社、中日本航空株式会社

(注) 平成 28 年度で終了。

¹⁰⁰ 地中レーダー (Ground Penetrating Radar) は電波の地下物体からの反射を利用した地下計測法であり、地下構造を高速、高精度に可視化できる手法である。

表 3-109 衛星及びソナーを利用した港湾施設のモニタリングシステムの構築の研究開発

研究責任者	西畑 剛 五洋建設株式会社技術研究所担当部長
研究開発実施機関 (計 2 機関)	五洋建設株式会社、宇宙航空研究開発機構

(注) 平成 30 年度の期中に終了。

k 空港施設に関する点検・モニタリング・診断技術の開発

表 3-110 空港管理車両を活用した簡易舗装点検システムの研究開発

研究責任者	石川 雄章 東京大学大学院情報学環特任教授
研究開発実施機関 (計 3 機関)	東京大学、パシフィックコンサルタンツ株式会社、株式会社ソーシャル・キャピタル・デザイン

表 3-111 3 次元カメラと全方位型ロボットによる滑走路のクラック検知システムの研究開発

研究責任者	奥村 悠 NTT アドバンステクノロジー株式会社クラウド IoT 事業本部 IoT ソリューションビジネスユニット
研究開発実施機関 (計 1 機関)	NTT アドバンステクノロジー株式会社

(注) 平成 28 年度で終了。

2) 構造材料・劣化機構・補修・補強技術の研究開発

構造材料の様々なパターンの劣化機構（外力作用、塩害、アルカリ骨材反応、凍害等）に対するシミュレーション技術を開発し、構造体の劣化進展予測システムを構築した。また経年劣化による変状が顕在化したインフラ長寿命化及びライフサイクルコスト低減に資する新素材を含む補修補強技術の開発を行った。さらに、更新・新規インフラの高性能化・高耐久化を目指し、フライアッシュ、スラグ骨材等の産業副産物の性質を活かした材料開発を行った。

a インフラ構造材料研究拠点の構築による構造物の劣化機構の解明と効率的維持管理技術の開発

表 3-112 インフラ構造材料研究拠点の構築による構造物劣化機構の解明と効率的維持管理技術の開発

研究責任者	土谷 浩一 物質・材料研究機構若手国際研究センターセンター長
研究開発実施機関 (計 4 機関)	物質・材料研究機構、京都大学、東京工業大学、日本大学

b 劣化検出新材料、鋼構造腐食補修技術と構造物の補修・補強材料技術の研究開発

表 3-113 超耐久性コンクリートを用いたプレキャスト部材の製品化のための研究開発

研究責任者	綾野 克紀 岡山大学大学院環境生命科学研究科教授
研究開発実施機関 (計 9 機関)	岡山大学、オリエンタル白石株式会社、ランデス株式会社、JFE スチール株式会社、北海道大学、東北大学、岩手大学、清水建設株式会社、公益社団法人土木学会

3) 情報・通信技術の研究開発

点検結果はもとよりインフラの維持管理・更新・補修等にかかわる膨大な情報を利活用するための技術、すなわちデータ誤検知の除去（クレンジング）技術・データの効率的な蓄積技術・類似パターンの分類技術・データ解析等に代表されるデータマネジメント技術等を開発した。また、インフラに設置されたセンサーからデータを有線（ネットワーク）や無線通信で回収する技術や、走行中の移動体（自動車）からインフラ関連センシング情報を無線通信により回収する技術等を開発した。

a インフラのセンシングデータを収集し統合的に解析、又は、多種多様なセンシングデータを収集・蓄積・解析する技術の研究開発

表 3-114 インフラ予防保全のための大規模センサー情報統合に基づく路面・橋梁スクリーニング技術の研究開発と社会実装

研究責任者	家入 正隆 JIP テクノサイエンス株式会社インフラソリューション事業部取締役
研究開発実施機関 (計 2 機関)	JIP テクノサイエンス株式会社、東京大学

表 3-115 社会インフラ（地下構造物）のセンシングデータ収集・伝送技術及び処理技術の研究開発

研究責任者	吉野 修一 日本電信電話株式会社 NTT 未来ねっと研究所ワイヤレスシステムイノベーション研究部部長
研究開発実施機関 (計 4 機関)	日本電信電話株式会社、NTT アドバンステクノロジー株式会社、首都大学東京、フジテコム株式会社

表 3-116 インフラセンシングデータの統合的データマネジメント基盤の研究開発

研究責任者	安達 淳 国立情報学研究所副所長／特任教授
研究開発実施機関 (計 6 機関)	国立情報学研究所、北海道大学、筑波技術大学、長岡技術科学大学、株式会社 NTT データ、セコム株式会社

表 3-117 高度なインフラ・マネジメントを実現する多種多様なデータの処理・蓄積・解析・応用技術の開発

研究責任者	上田 功 東日本高速道路株式会社管理事業本部 SMH 推進チーム チームリーダー
研究開発実施機関 (計 6 機関)	東日本高速道路株式会社、株式会社横須賀テレコムリサーチパーク、 株式会社ソーシャル・キャピタル・デザイン、株式会社ネクスコ東 日本エンジニアリング、大阪大学、北海道大学

4) ロボット技術の研究開発

効率的・効果的な維持管理・補修のための点検・診断を行うロボット、及び危険な災害現場においても調査・施工が可能な災害対応ロボットを開発した。通行止め等の交通規制を伴わない橋梁・トンネルの点検を可能とするガイド上移動式ロボットの研究開発、ロボットの実用性を高めるインフラ構造の検討とそれに対応するロボットの研究開発、先端技術を活用した災害対応・施工等を行う実用的ロボットの開発、制御プログラム等の支援システムの研究開発等、先導的な取り組みを行った。

a 飛行ロボットによる維持管理ロボットの研究開発

表 3-118 マルチコプタによる計測データ解析に基づく異常診断技術の研究開発

研究責任者	福田 敏男 名城大学理工学部教授
研究開発実施機関 (計 2 機関)	名城大学、オキノ工業株式会社

表 3-119 橋梁・トンネル点検用打音検査飛行ロボットシステムの研究開発

研究責任者	西沢 俊広 日本電気株式会社未来都市づくり推進本部マネージャー
研究開発実施機関 (計 4 機関)	日本電気株式会社、株式会社自律制御システム研究所、産業技術総合 研究所、一般財団法人首都高速道路技術センター

表 3-120 橋梁の打音検査並びに近接目視を代替する飛行ロボットシステムの研究開発

研究責任者	大野 和則 東北大学未来科学技術共同センター准教授
研究開発実施機関 (計 5 機関)	東北大学、株式会社リコー、株式会社千代田コンサルタント、一般 財団法人航空宇宙技術振興財団、東急建設株式会社

表 3-121 近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システムの研究開発

研究責任者	和田 秀樹 新日本非破壊検査株式会社メカトロニクス部部长
研究開発実施機関 (計 5 機関)	新日本非破壊検査株式会社、九州工業大学、福岡県工業技術センタ ー、名古屋大学、北九州工業専門学校

表 3-122 二輪型マルチコプタを用いたジオタグ付近接画像を取得可能な橋梁点検支援ロボットシステムの研究開発

研究責任者	沢崎 直之 富士通株式会社第四システム事業本部
研究開発実施機関 (計 5 機関)	富士通株式会社、名古屋工業大学、東京大学、北海道大学、株式会社ドーコン

b ガイド上移動式維持管理ロボットの研究開発

表 3-123 自在適応桁で支えられる橋梁点検ロボットシステムの研究開発

研究責任者	広瀬 茂男 株式会社ハイボット代表取締役社長
研究開発実施機関 (計 3 機関)	株式会社ハイボット、株式会社建設技術研究所、東京工業大学

表 3-124 トンネル全断面点検・診断システムの研究開発

研究責任者	中村 聡 東急建設株式会社技術研究所メカトログループグループリーダー
研究開発実施機関 (計 6 機関)	東急建設株式会社、東京大学、湘南工科大学、東京理科大学、株式会社小川優機製作所、株式会社菊池製作所

c 維持管理・災害対応ロボット遠隔操作技術の開発

表 3-125 人体計測技術を用いた直感的な遠隔操作型ロボットの開発

研究責任者	菅野 重樹 早稲田大学理工学術院教授
研究開発実施機関 (計 2 機関)	早稲田大学、千葉大学

表 3-126 無人化施工の新展開～遠隔操作による半水中作業システムの実現～

研究責任者	油田 信一 次世代無人化施工技術研究組合理事長
研究開発実施機関 (計 2 機関)	次世代無人化施工技術研究組合（組合員：大成建設株式会社、土木研究所、一般社団法人日本建設機械施工協会、一般財団法人先端建設技術センター、青木あすなろ建設株式会社、株式会社大本組、鹿島建設株式会社、株式会社熊谷組、株式会社 IHI、株式会社ニコン・トリンブル）、芝浦工業大学

d 次世代インフラ点検システム（インフラ環境構造化）研究開発

表 3-127 社会インフラの点検高度化に向けたインフラ構造及び点検装置についての研究開発

研究責任者	新田 恭士 土木研究所技術推進本部主席研究員
研究開発実施機関 (計 3 機関)	土木研究所、一般社団法人日本建設機械施工協会、一般財団法人橋梁調査会、

5) アセットマネジメント技術の研究開発

1)～4)の研究開発と並行して、これらの成果が実際のインフラマネジメントにおいて実行され、限られた財源と人材で効率的維持管理が達成されるアセットマネジメント技術の開発を行った。

a 道路インフラマネジメントサイクルの展開と国内外への実装を目指した統括的研究

表 3-128 道路インフラマネジメントサイクルの展開と国内外への実装を目指した統括的研究

研究責任者	石田 哲也 東京大学大学院工学系研究科教授
研究開発実施機関 (計 16 機関)	東京大学、日本大学、株式会社土木管理総合試験所、株式会社 NIPPO、東日本高速道路株式会社、首都高速道路株式会社、横浜国立大学、京都大学、大阪大学、高知工科大学、情報通信研究機構、東京工業大学、筑波大学、公益社団法人土木学会、北海道大学、九州大学

b 特定の地域や特定の基幹インフラ施設を対象にした維持管理・更新・マネジメント技術の開発

表 3-129 コンクリート橋の早期劣化機構の解明と材料・構造性能評価に基づくトータルマネジメントシステムの開発

研究責任者	鳥居 和之 金沢大学理工研究域地球社会基盤学系特任教授
研究開発実施機関 (計 6 機関)	金沢大学、金沢工業大学、石川工業高等専門学校、長岡技術科学大学、福井大学、富山県立大学

表 3-130 港湾構造物のライフサイクルマネジメントの高度化のための点検診断及び性能評価に関する技術開発

研究責任者	加藤 絵万 海上・港湾・航空技術研究所構造研究領域構造研究グループグループ長
研究開発実施機関 (計 5 機関)	海上・港湾・航空技術研究所、東京工業大学、東京理科大学、東亜建設工業株式会社、ナカボーテック株式会社

表 3-131 基幹的農業水利施設の戦略的なアセットマネジメント技術の開発

研究責任者	中嶋 勇 農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所上席研究員
研究開発実施機関 (計 10 機関)	農業・食品産業技術総合研究機構、株式会社ウォールナット、トライボテックス株式会社、株式会社クボタ、麗澤大学、石川県立大学、福島県農業総合センター、岡山大学、ジャパンライフ株式会社、電気通信大学

c 実用化・事業化のための出口戦略強化

表 3-132 地域協働型インフラセットマネジメント実装に関する研究

研究責任者	高松 泰 北海道大学公共政策大学院客員教授
研究開発実施機関 (計 3 機関)	北海道大学、北見工業大学、室蘭工業大学

表 3-133 地域自律型の次世代型・水インフラマネジメントシステムへの転換

研究責任者	牛島 健 北海道立総合研究機構建築研究本部北方建築総合研究所 地域研究部主査
研究開発実施機関 (計 2 機関)	北海道立総合研究機構、北海道大学

表 3-134 東北インフラ・マネジメント・プラットフォームの構築と展開

研究責任者	久田 真 東北大学大学院工学研究科教授
研究開発実施機関 (計 5 機関)	東北大学、八戸工業大学、岩手大学、秋田大学、日本大学

表 3-135 使いたくなる SIP 維持管理技術の ME ネットワークによる実装

研究責任者	六郷 恵哲 岐阜大学特任教授
研究開発実施機関 (計 1 機関)	岐阜大学

表 3-136 関西・広島地域のインフラ維持管理の枠組みと新技術の実展開

研究責任者	古田 均 関西大学総合情報学部教授
研究開発実施機関 (計 4 機関)	関西大学、神戸大学、広島大学、広島工業大学

表 3-137 多層的な診断による地方自治体のインフラ維持管理システムの開発

研究責任者	黒田 保 鳥取大学大学院工学研究科教授
研究開発実施機関 (計 1 機関)	鳥取大学

表 3-138 重大事故リスクに着目した地方自治体支援システムの開発

研究責任者	全 邦釘 愛媛大学大学院理工学研究科准教授
研究開発実施機関 (計 4 機関)	愛媛大学、香川大学、東京大学、埼玉大学

表 3-139 インフラ維持管理に向けた革新的先端技術の社会実装の研究開発

研究責任者	松田 浩 長崎大学大学院工学研究科教授
研究開発実施機関 (計 1 機関)	長崎大学

表 3-140 亜熱帯島嶼に適した橋梁維持管理技術の開発と診断ドクター育成

研究責任者	有住 康則 琉球大学工学部長／工学部環境建設工学科教授
研究開発実施機関	琉球大学

表 3-141 経営学・理工学・経済学連携によるインフラ長寿命化モデルの開発

研究責任者	大林 厚臣 慶應義塾大学大学院経営管理研究科教授
研究開発実施機関 (計 3 機関)	慶應義塾大学、京都大学、株式会社価値総合研究所

表 3-142 地方自治体等へのアセットマネジメント技術導入に関する研究開発

研究責任者	土居 俊彦 一般財団法人地域総合整備財団開発振興部部長
研究開発実施機関	平成 30 年度の研究開発計画に記載なし

図 3-90 に 1)～5)の各研究開発項目における計画当初の工程を示す。
また、図 3-91 に課題取り組み強化のための各省既存施策との関係を示す。

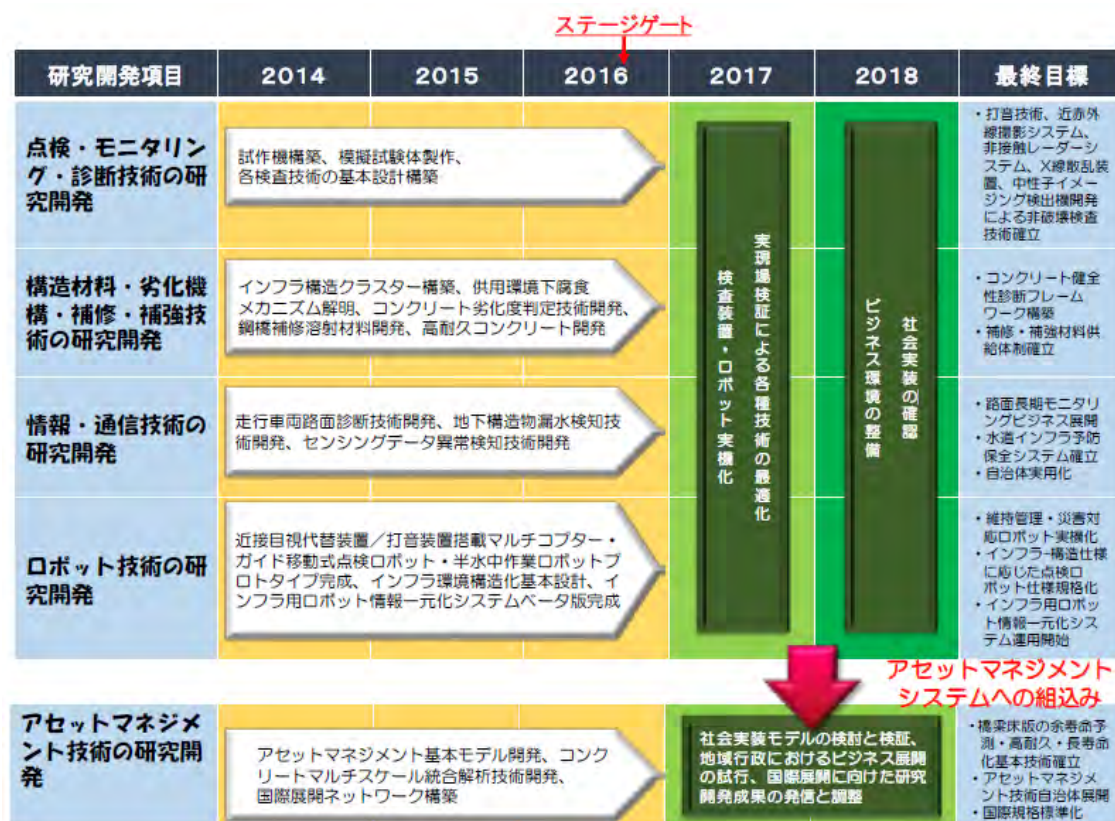


図 3-90 研究開発テーマと研究期間

(出典) 平成 30 年度研究開発計画

(5) 研究開発テーマと各省庁施策との連関図

研究開発テーマと各省庁施策との連関図を図 3-91 に示す。

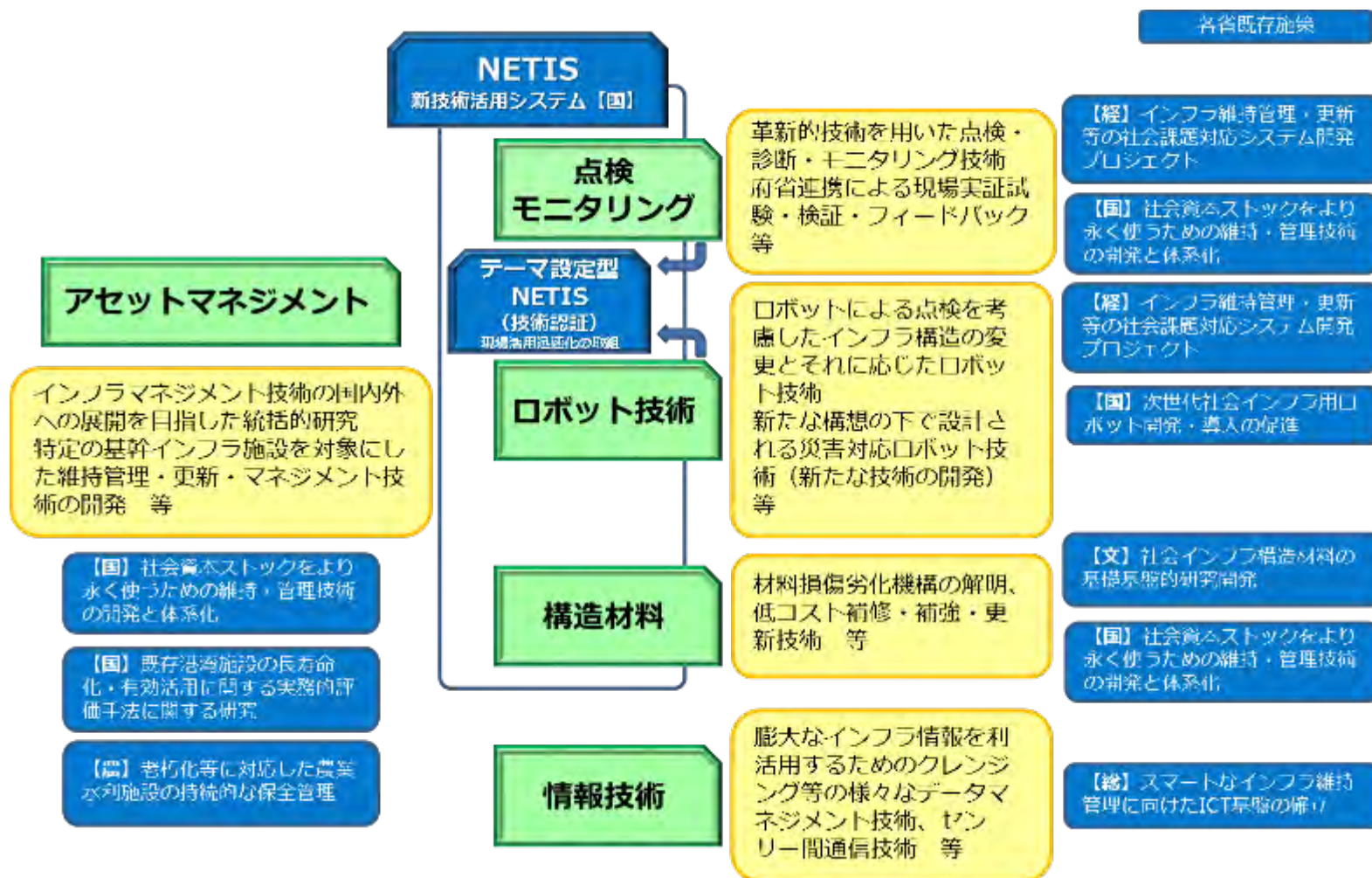


図 3-91 インフラ維持管理・更新・マネジメント技術の研究開発テーマ及び各省庁施策との連関図

(6) 出口戦略

1) 新技術の積極的活用

新技術の効用を地方公共団体・その他のインフラ施設管理者に広く周知し、全国的に新技術を展開するとともに、インフラ維持管理に関わる新規ビジネス市場の創出を促す。

各地方自治体のニーズに合致したインフラマネジメント体制が構築可能な情報提供と技術展開、全国の大学との連携により、インフラマネジメント技術を実務で運用できる人材育成の支援を行う。

地域拠点大学での実証試験を通じて SIP 開発技術の有効性を実証し、地方自治体での導入につなげ、地元民間業者による維持管理業務にて活用されていくことを目指す。地域実装支援チームで培ったネットワークを拡大させ、SIP 開発技術がより多くの地方自治体で展開される環境を整える。

国土交通省との連携による技術認証を推進し、国土交通省において取り組む予定の、直轄工事における検証現場において、SIP で開発した技術の適用を図っていく。

土木研究所を拠点として、技術をストックする体制を整える。また、山形県や宮城県で先行的に導入を開始しているデータベースを他の地方自治体へも展開するなど、インフラ維持管理データが流通する仕組みの素地を整える。

2) 国際展開に向けた標準化

ICRT 技術や先端的なインフラ劣化予測技術をベースとしたインフラマネジメントによる予防保全を実現し、インフラ老朽化対策の成功事例による国際展開を図る。さらに、技術の国際標準化、又は、対象国に対するローカライズまでを一貫して行う体制を整備する。

国際的な人材ネットワーク構築を目指して JICA 支援の留学生プログラムを推進するとともに、JICA が実施しているアジア、アフリカ地域を中心とした技術協力プロジェクトを通じて、将来的な海外ユーザー獲得に向け、SIP 開発技術の普及展開活動を行う。

3) SIP で構築した強靱なネットワークの提供

SIP インフラでは4つのネットワークが構築され、社会実装を促進した。まずは、土木研究所を中心とする技術開発を行ってきた「インフラ・イノベーションネットワーク」を構築し、そこで開発された新技術を地域展開する地域大学及びインフラメンテナンス国民会議との連携により構築された「全国展開ネットワーク」で地方自治体への新技術の展開を促進させた。また、JICA の支援によりインフラメンテナンス技術を海外展開していくための「海外展開ネットワーク」を構築した。さらに、地域大学を含め、維持管理を継続するための人材育成を支援するための「インフラ維持管理支援ネットワーク」を構築しつつある。これら4つのネットワークを、SIP 終了後も持続的かつ強靱な形で次世代に提供していく。



図 3-92 SIP インフラの拠点ネットワーク

(7) 分析フレーム（ロジックツリー）

評価に際して、研究開発活動がもたらす直接的な研究成果と、現在・将来の波及効果について、平成 30 年度研究開発計画からロジックツリーにより整理を行った結果を図 3-93 に示す。

本課題における研究開発テーマとして、打音やレーダーといった非破壊検査技術に関する研究開発や路面のモニタリングに関する研究開発等が実施される。そのような研究開発された技術が、維持管理に関わるニーズとマッチングや現場へ導入されることにより、予防保全による維持管理水準の向上・効率化が実現されることが期待されている。さらに、これらの技術的達成から継続的な維持管理市場の創出や安心して暮らせる社会に向けた市民参加型の社会システムの構築が期待されている。

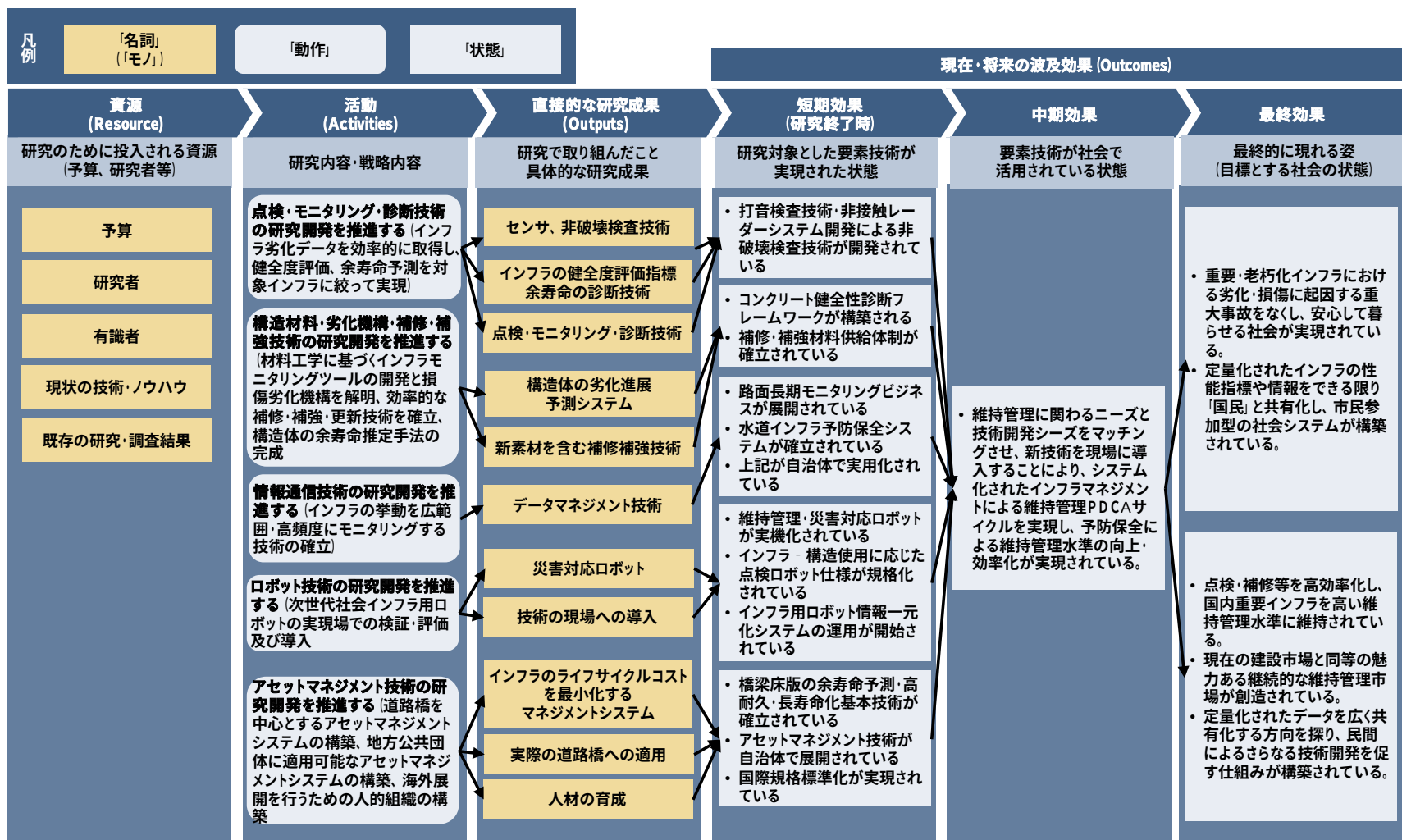


図 3-93 インフラ維持管理・更新・マネジメント技術のロジックツリー

(出典) 平成 30 年度研究開発計画を基に作成

3.7.2 評価

(1) 意義の重要性、SIP の制度の目的との整合性

本課題の対象とするインフラ維持管理・更新・マネジメント領域では、国土交通省や地方自治体では、「インフラの維持管理更新」の現場業務に対して予算を確保しているものの、調査・研究・開発に対して、まとまった予算を確保することは難しいという実態がある。経済効果を予測しビジネス化を目的に研究開発投資をしやすい異分野に比べ、先端技術の投資回収の確実性が不透明で、民間企業が参入しにくい環境がある。しかし、これまで研究開発投資が十分ではなかった本領域に対して、SIP によって内閣府が仲介となり、先端技術を有する異分野の研究機関や企業の参画を実現できた。

さらに、SIP は産学連携及び府省連携を円滑にした。インフラ維持管理技術の開発において、実際に劣化・老朽化した構造物での開発技術の試行が不可欠であり、また実務で活用されるためには、維持管理の現場の真のニーズを理解し、その課題解決に資する技術を開発する必要がある。SIP では、研究着手段階で構造物管理者との連携体制が構築できていない研究実施者に対しては、管理者を紹介するとともに、開発段階での試行機会として、国土交通省地方整備局との連携の場を構築した。SIP ならではの府省連携により、土木分野に縁がなかった異分野の研究機関・企業・大学研究者が有する先端技術の土木分野への応用の可能性を見いだしたことで、インフラの維持管理に関わる技術開発を大きく前進させることができた。

また、SIP によって企業間連携の推進も可能とした。従来、道路構造物を対象とする維持管理においては、特定の高速道路管理会社との研究成果を他の道路管理会社で利用することは難しく、研究成果を転用したりその結果を比較したりすることが困難であった。しかし、SIP によって現場の共用や点検データの公開、技術の比較等、共通の目標に向かって企業間で協力しあうことができた。

国際シンポジウムも開催し、海外の有識者からの意見も積極的に取り入れた。全般的に高い評価を受けたが、特に“異分野融合による先端技術の導入”は非常に高く評価された。

(2) 目標・計画・戦略の妥当性

目標の設定は妥当であったと評価できる。研究開発だけで終わらず、社会実装を目標としているため、研究者一人一人が研究の意図を明確に持って推進することができた。課題評価アンケート調査（研究責任者向け）においても、回答者全員が社会的意義の高さを評価していることが示されている。

一方で、点検・モニタリング・診断技術分野、構造材料・劣化機構・補修・補強技術からアセットマネジメント技術と 5 つの技術分野を対象としており、開発対象の機器やシステム等は多岐にわたっている。そのため、アセットマネジメントシステムの技術、法制度改革による一括の実装（例：研究開発した技術を契約、設計基準、点検要領等の一つとして組み込む）等を包括した、総体としての課題達成目標及び社会実装後の姿の描出を研究開発計画に初期から反映することが重要であると評価委員からの意見があった。

すなわち、社会実装を実現する第一歩として、インフラを保有・管理する国や自治体等、

技術を活用する側の参画による後押しや技術の検証を行う場の提供が更に必要であった。さらに、研究開発のみならず、それを活用するためのインフラマネジメントの仕組みの開発（契約や技術開発をパッケージ化）、ビジネス環境の整備等も戦略的に行うことが必要であるとの意見も評価委員から出された。インフラ維持管理分野は新しい技術が開発されることで必ずしも市場が広がるわけではないことや、地域によっても自然環境・使用環境や管理状況が異なることにより、開発した技術の水平展開が一様に進まないことが少なくない。開発された新技術を各自治体や各ユーザーが各々評価し現場に適用していくため、ビジネス化までの道程は長くなりやすい。

(3) 課題のマネジメント（適切なマネジメントがなされているか。）

1) 全体のマネジメント・管理法人

マネジメントの体制としては、PD／サブ PD（計 7 名）／専門委員（計 21 名）／管理法人（JST・NEDO）により構成され、サイトビジットやイベント運営等を適宜実施し、多数の研究機関を効果的にマネジメントすることが可能となった。また、研究成果（途中段階も含む）を発表・共有し、社会実装に対する理解を向上する「場」は、研究開発の進捗フェーズに合わせ、“インフラ研究会→出口戦略会議→社会実装促進会議”と会議名称を変えとともに、研究開発者に発信するメッセージを変化させ、開発者の意識改革を図った。また一般にも公開したことにより、インフラ維持管理分に対する新技術導入を促進させるための問題の共有と問題解決に向けた前向きな議論を開発技術の対象ユーザーを含む参加者で行うことができた。これらの効果は回を重ねるごとに参加者が増加してきたことでも裏付けられる。また、個々の研究開発テーマの進捗度合に応じた社会実装に向けて PDCA を回せた点は評価できる。

JST、NEDO の 2 つの管理法人に対しては、各々の研究開発技術の社会実装が効率的に加速できるよう、「縦割り」ではなく、プロジェクト全体を一体化して運営し、互いに緊密な協力体制を担わせた。特に、国土交通省における技術認証に向けた活動に対しては、JST・NEDO 管理の下で開発された技術を国土交通省における試行試験を通じた実践的な評価へ引き渡すなど、出口に向けた取り組みを加速させた。

各管理法人が管理する研究開発テーマでは、具体的に以下のような取り組みを推進した。

- ┆ 地域実装支援チームを中心とした、SIP 開発技術の各地域における社会実装の加速
- ┆ プロジェクト推進会議（年度評価）の実施
- ┆ サイトビジット・ヒアリング等を通じた機動的な研究開発マネジメント及び予算執行管理の実施
- ┆ 土木学会、JICA 等、関係機関との連携推進
- ┆ 広報・アウトリーチ活動の推進

2) 先端分野と土木分野の技術者による体制

先端技術を有する異分野の専門家が参画する際に、先端技術を現場に適用・展開するため、現場の環境や条件を十分理解し、先端技術を現場に活かすためには土木分野の技術者との連携が必須であり、他の分野の先端技術を土木の現場で機動的、効率的に活用されるため、

他の先端分野と土木分野の技術者が共に参画する体制を構築した(図 3-94)。このような異分野融合によるシナジー効果により、医療分野技術を取り入れた高感度磁気非破壊検査装置やドローン等のロボット技術を活用した橋梁検査等の事例が生まれた。

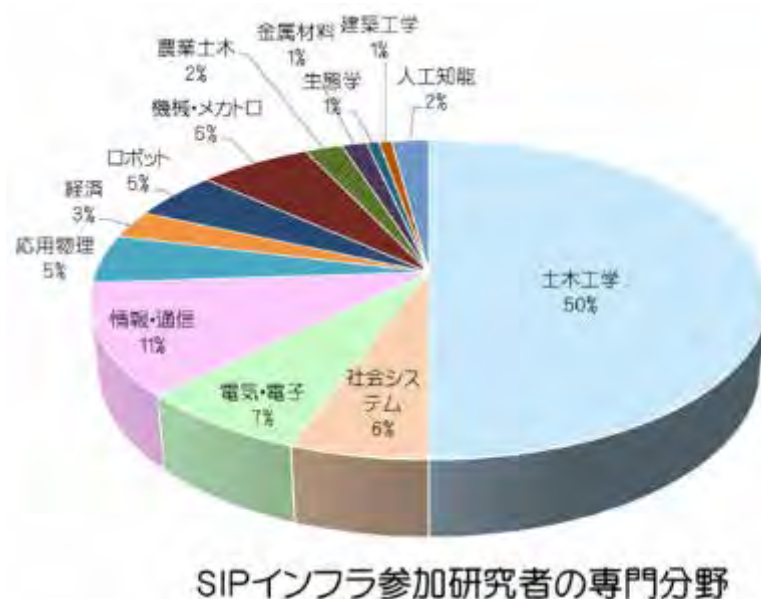


図 3-94 SIP インフラ参加研究者の専門分野

3) テーマの改廃

運営側(PD、サブPD、専門委員、管理法人)から各テーマに詳しい専門家を派遣し、各テーマの内容と進捗確認のためにサイトビジットを適宜かつ必要回数行ったことで、進捗に応じたマネジメントを的確に進めることができた。これにより、研究開発項目の重点化を図り、飛躍的に進展したテーマも数多くあった。一方で、テーマによっては、当初のシナリオを修正したもの、社会実装まで実現する準備ができていないため早期に中止したものもあった。具体的には、ステージゲート審査の段階で SIP の期間では社会実装の目途が立たないと判断して中止したテーマ、3年で市場に提供できるレベルに達したと判断できたため早期に終了しビジネス化へ展開したテーマが各々10程度生じた。

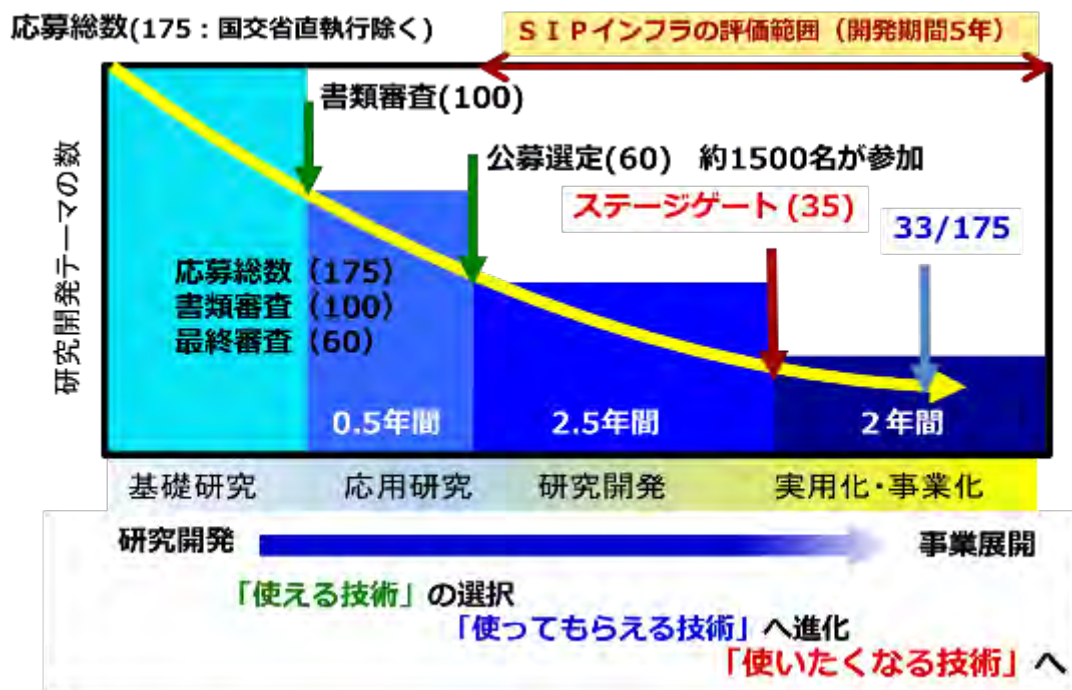


図 3-95 実用化・事業化を見据えたプロジェクトマネジメントの実施

4) 予算執行等

研究開発の難易度が想定を超えるなどやむを得ない事情がある場合は年度をまたいだ予算の繰越し措置が取られるなど、サイトビジット等で相談・確認しながら進めることで、研究のダイナミズムに合わせたフレキシブルな予算措置が行われた。また、新しい技術（例：AI 技術）が出てきた際に、適切な予算措置が行われ、専門家をチームに入れることができた。

5) GB による評価

PD が「評価するだけのリーダー」ではなく、PD 自身も GB から評価されるという、これまでの大規模プロジェクトにはない、良い仕組みであったと PD は述べている。PD は、民間企業や研究者等の様々なメンバーから構成される GB において、様々な角度から指摘を受けるため、明確な説明を求められ、責任感を持って研究開発のマネジメントに臨むことができた。

6) 研究者の意識改革・人材育成

当初、大学や国立研究開発法人の研究者の中には、社会実装に向けた道筋の構築を明確化できていない者も少なくなかったが、進捗していくに従い社会実装に対する意識変革を行うことができた。

人手不足に悩む地方自治体に対しては、地域大学との連携によりインフラマネジメント体制を構築することができた。さらに、各々のニーズに合致した情報提供と技術展開を行いながら、インフラマネジメント技術を実務で効率よく運用できる人材を育成する支援も行った。

(4) 直接的な研究成果（アウトプット）

研究開発活動で得られた直接的な研究成果（アウトプット）は以下である。

1) 目標の全般的な達成状況

平成 30 年度の研究開発計画における技術的目標は、以下のとおりである。

【技術的目標】

- Ⅰ 維持管理に係るニーズと技術開発シーズをマッチングさせ、新技術を現場に導入する。
- Ⅰ 予防保全による維持管理水準の向上・効率化を実現し、維持管理コストを最適化する。

社会実装の加速やビジネス支援を強化すべきと判断したメンテナンスサイクルにおける個別要素基盤技術については、平成 30 年度末までに研究開発計画の目標を 100%達成する見込みである。

点検・モニタリング・診断技術の研究開発では、インフラの損傷度等をデータとして把握する効率的かつ高精度な点検、モニタリングを実現するためのセンサー、非破壊検査技術等の開発という目標に対して、橋梁点検効率化に資する高速・自動点検レーダー診断技術や高速走行型非接触レーダー利用トンネル内部点検技術等を開発、高感度磁気センサーを用いた鋼材の腐食や亀裂を検査する技術を開発した。

構造材料・劣化機構・補修・補強技術の研究開発では、構造材料の様々なパターンの劣化機構に対するシミュレーション技術の開発と構造体の劣化進展予測システムの構築について、インフラ構造材料研究拠点を NIMS に構築し、維持管理指針を作成した。また、RC 構造物の長寿命化を可能とする耐食鉄筋、アルカリ骨材反応に対抗する高耐久性コンクリートを用いたプレキャスト PC 床版を開発した。

情報・通信技術の研究開発では、点検結果を始めとするインフラの維持・管理・補修等に関する膨大な情報を利活用するための技術開発において、車両に設置したスマートフォンの振動データを用いて舗装の維持管理を安価に実施できるシステムを開発した。さらに、橋梁メンテナンス統合データベースシステムの構築と自治体への水平展開に加え、3次元地図情報共通プラットフォーム（インフラ維持管理、防災、自動走行に関わる空間データを扱う）等を構築した。

ロボット技術の研究開発では、効率的・効果的な維持管理・補修のための点検・診断を行う各種橋梁点検支援ロボットを開発し、各務原大橋、江島大橋における適用性を実証した。さらに、危険な災害現場においても調査・施工が可能な災害対応ロボットの開発として、遠隔型半水中重運搬ロボットシステムを開発し、様々な現場環境で実用性を検証した。

アセットマネジメント技術の研究開発では、上記研究開発の成果が実際のインフラマネジメントにおいて実行され、限られた財源と人材で効率的に維持管理が達成されるアセットマネジメントシステムに貢献する技術を開発した。特筆すべきは、コンクリート床版の余寿命評価技術の開発である。本技術は非常に画期的なものであったが、さらに、AI 技術を適用させることで汎用性をも高めることができた。

2) 研究成果（検査・診断）

以下に、代表的な研究成果を示す。

a ハイパワーレーザーによるトンネル打音検査の開発・実装化

理化学研究所のチームは、レーザーを活用した高性能・非破壊劣化インフラ診断技術を開発した（図 3-96）。この技術は、トンネル覆工面の画像計測システムとレーザー打音システムを組み合わせた点検手法であり、道路トンネルだけでなく、鉄道トンネルでも実装が開始される予定である。

本テーマは、土木分野以外の研究機関との連携により、技術開発が推進された好例である。SIP 終了後においても、このような他分野との連携が維持される仕組みの構築が望まれる。



図 3-96 ハイパワーレーザーによるトンネル打音検査

（出典）インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 成果事例紹介(平成 30 年 8 月)

また、本テーマの研究成果を社会実装することを目的として、平成 29 年 8 月にベンチャー企業「株式会社フォトン応用計測研究所」が理研ベンチャー¹⁰¹として設立された。本企業は、鉄道、道路、導水路等のトンネルインフラの保守管理のために、レーザー等の光量子（フォトン）関連の技術を応用した計測機器システムの開発・製造・販売と計測サービスを大企業・中小企業と有機的に連携して提供し、開発された研究成果の実用化を加速させることを目標としている（図 3-97）。

¹⁰¹ 理研ベンチャーとは、理研の研究成果を中核技術として起業し、一定要件を満たすことで理研から認定を受けた企業群であり、認定された理研ベンチャーは「理研ベンチャー認定・支援制度」により、支援を受けることができる。

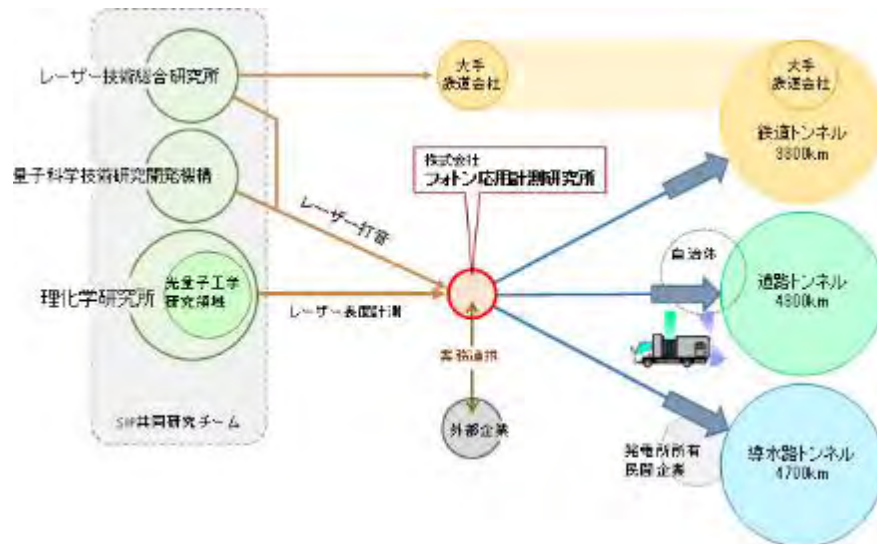


図 3-97 株式会社フォトン応用計測研究所のビジネススキーム

(出典) 理化学研究所「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）研究成果の社会実装を目指す株式会社フォトン応用計測研究所を理研ベンチャーに認定」（平成 31 年 2 月閲覧）
http://www.riken.jp/pr/topics/2017/20170906_1/

b 橋梁点検効率化に資する高速・自動点検レーダー診断技術の開発・実装化

東京大学のチームは、世界初となるひび割れ状況から鉄筋コンクリート床版の余寿命を予測する技術を開発し、実装段階に至っている（図 3-98）。さらに、構造諸元・交通量・凍結防止剤使用量等の各種データを活用した医療統計学による生存時間分析手法を応用した劣化予測モデルも開発し、首都高速道路における補修効果の有効性を示すに至っている。こうした技術は、個々の特殊な状況下における補修・補強を効果的に進め、予防保全型の維持管理計画立案に貢献することが期待される。



図 3-98 橋梁床版の高速・自動レーダー診断技術

(出典) JST「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 成果事例紹介（平成 30 年 8 月）」（平成 31 年 2 月閲覧）
http://www.jst.go.jp/sip/dl/k07/sip_infra_seika2018.pdf

c 高速走行型非接触レーダーによるトンネル覆工の内部点検技術と統合型診断システムの開発

パシフィックコンサルタンツのチームは、打音検査の代替技術、補完技術として、覆工

コンクリートの内部欠陥を、高速走行型非接触レーダーにより検出する点検技術を開発した（図 3-99）。この点検技術により、トンネル覆工コンクリート内部の深さ 20cm 程度の健全性を診断することができる。

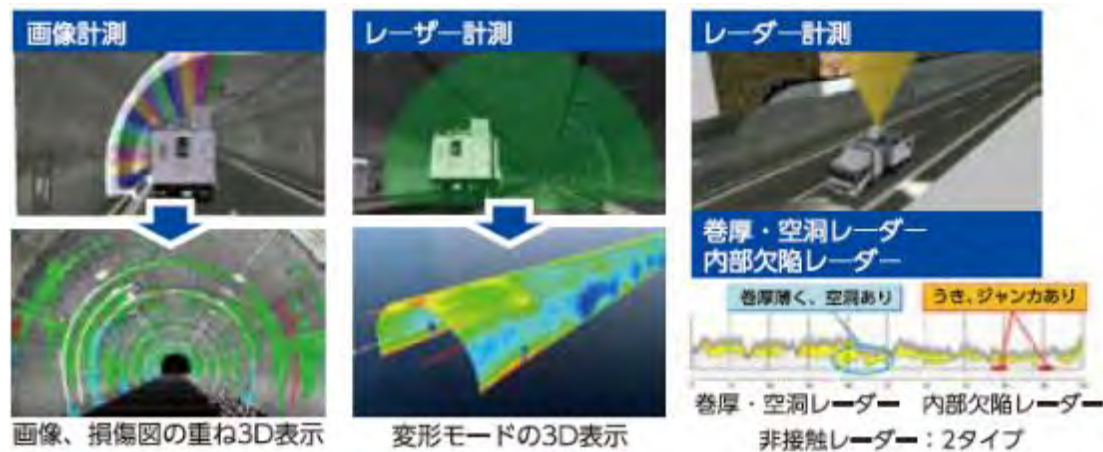


図 3-99 高速走行型非接触レーダーによるトンネル覆工の内部欠陥点検技術と統合型診断システム

（出典）JST「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 成果事例紹介（平成 30 年 8 月）」（平成 31 年 2 月閲覧）<http://www.jst.go.jp/sip/dl/k07/sip_infra_seika2018.pdf>

d 大規模センサー情報統合に基づく路面・橋梁スクリーニング技術の開発・実装化（「スマートフォン等を利用した路面形状・状態評価システム解析ソフトウェア」の開発・認証取得・展開）

JIP テクノサイエンスのチームは、一般車両にスマートフォンを積載し、スマートフォンで計測される加速度と画像解析データ等を組み合わせて解析することで路面の凸凹等の性状を検出する技術を開発し、路面性状測定車と同等の精度を保証する技術として、土木研究センターによる認証を取得、国内外で展開を始めた（図 3-100）。



図 3-100 スマートフォンによる路面性状把握システム

(出典) JST「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 成果事例紹介 (平成 30 年 8 月)」(平成 31 年 2 月閲覧) <http://www.jst.go.jp/sip/dl/k07/sip_infra_seika2018.pdf>

e 地際の腐食検査を可能とする高感度磁気非破壊検査の開発・市場拡大・実装化

岡山大学のチームが開発した高感度磁気非破壊検査技術は、腐食・亀裂検査が可能なハンディタイプの簡易検査装置をベースに、地域実装支援チームとの連携による実現場における検証試験を積み重ねてきた(図 3-101)。その結果、多様なインフラ管理者の関心を惹きつけ、当初目標の橋梁・ダムゲートのみならず、鉄道レール、標識鋼管柱等の点検業務へとターゲット市場を拡大させた。



図 3-101 高感度磁気非破壊検査

f 交通規制による影響を低減させるトンネル全断面点検・診断システムの開発・実装化

東急建設が開発した「トンネル全断面点検システム」は、道路をまたぐ形でフレームがトンネル内を走行するため、自動車等の通行を妨げずに点検を行うことができる(図 3-102)。また、覆工コンクリートのひび割れと浮きを自動検出するひび割れ検出ユニット、打音検査ユニットを装備することで定量的かつ経時的な変化も検出可能な点検データを取得でき、点検から帳票作成まで、作業効率が向上する効果が得られた。



図 3-102 トンネル全断面点検・診断システム

3) 技術認証・「技術の見える化」

国土交通省が提供するテストフィールドで要求水準を満たした SIP 技術については、国土交通省の技術認証を取得できる NETIS¹⁰²に登録される。これらはテーマ設定型 NETISとされた。今後、この認証システムが地方自治体での新技術導入の促進を高めると期待される。NETIS 登録の流れは図 3-103 のとおりである。



図 3-103 NETIS 登録のプロセス

¹⁰² 国土交通省は、新技術の活用のため、新技術に関わる情報の共有及び提供を目的として、新技術情報提供システム（NETIS：New Technology Information System）を整備している。



図 3-104 NETIS 登録事例（橋梁点検支援ロボットシステム）

（出典）JST「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 成果事例紹介（平成 30 年 8 月）」（平成 31 年 2 月閲覧）<http://www.jst.go.jp/sip/dl/k07/sip_infra_seika2018.pdf>

4) 地域実装支援チームによる地域の実情に応じた多様な実装

SIP で開発された技術を地域の自治体等に使ってもらうため、シーズの普及支援、ニーズの解決支援、地域連携、技術者のネットワーク整備、技術者育成等の活動を行う地域大学を中核とした地域実装支援チーム（図 3-105）が構築された。地域実装支援チームは、問題の掘り起こしや情報収集を行って、問題解決に向けた分析を実施し、解決策の提案を行った。技術を実装する際、インフラ管理の状況が各地域で異なるため、それぞれの状況に対応した技術を選択する必要がある。地域実装支援チームが有効に機能した。

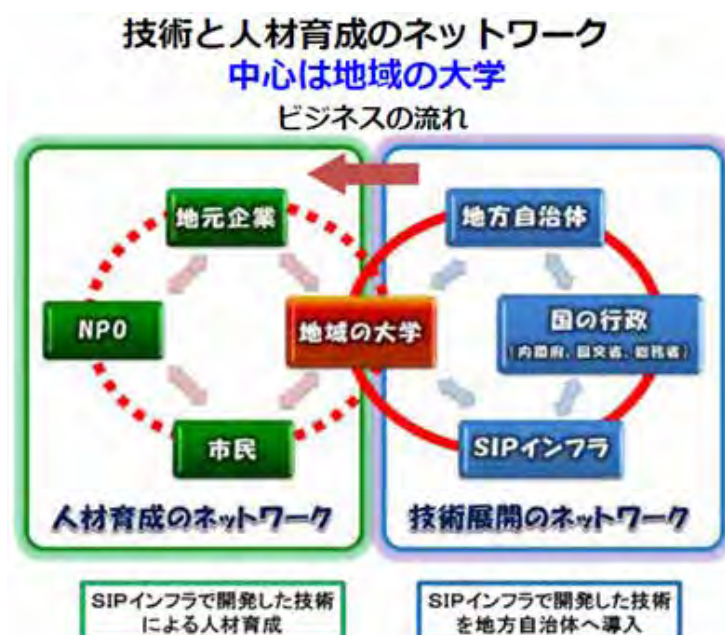


図 3-105 地域実装支援チームの概念図

地域実装支援チームの取り組みによって、多様な実装事例が示された。事例として、以下があげられる。

- I 岐阜大学では、通常の点検が困難な大断面を有する大型橋梁である各務原大橋について、各務原市と協定を結び、同市においてロボット技術のフィールド試験（例えば図 3-106）を実施した。その結果、ロボット点検によるコンクリートのひび割れ点検の要求精度を達成し、コスト削減効果等を確認した。これにより、同市へ点検業務効率化案の提示をした結果、事前調査としてロボット点検が採用されることとなった（(5)4）においても記載）。



図 3-106 フィールド試験が行われた各務原大橋

- I 鳥取大学では、通常の点検が困難な大断面を有する大型橋梁である江島大橋について、ロボット技術を活用した効率的な橋梁点検のフィールド試験を実施した。各技術について、安全管理、点検結果の精度の評価を実施し、コンクリートのひび割れを精度良く、定量的に評価できること、点検コストと作業工数の縮減が可能であることが確認された。



図 3-107 フィールド試験が行われた江島大橋

- Ⅰ 琉球大学では、通常の点検が困難で、かつ、離島架橋でロボットを用いることもできない箇所がある浜比嘉大橋について、ポールを用いた点検技術のフィールド試験を実施し、コンクリートのひび割れを精度良く、定量的に評価できること、及び点検コストと作業工数の縮減が可能であることが確認された。その結果、点検事業者が請け負う高架橋のひび割れ点検業務の一部に本開発技術を正式にひび割れ点検手法として適用することができた。

この他、各地域でのアセットマネジメントを効率的に運用していくため、様々な課題解決に向けて類似技術を参照できるよう、全国のインフラ維持管理に関するデータを統合するプラットフォームが有効である。地方自治体におけるデータベース拠点として、山形県で先行的に導入を開始しているデータベースを宮城県への展開を始め、福井県も準備を始めた。

5) 情報発信

本課題の情報発信活動として、平成 30 年度に開催したシンポジウムを表 3-143 に示す。

表 3-143 インフラ維持管理・更新・マネジメントに関する情報発信（平成 30 年度のシンポジウム）

年月日	名称	主催等	概要
平成 30 年 7 月 19 日	第 10 回 社会実装促進 会議・土木学会 SIP イ ンフラ技術報告会「SIP インフラ維持管理・更 新・マネジメント技術 交流会」	SIP インフラ維持 管理・更新・マネジ メント技術／土木 学会 SIP インフラ 連携委員会	SIP の研究開発の成果及び技術導 入等の社会実装の成果を、ユーザ ーとなる地方自治体等のインフラ 管理者はもとより、メディア関係 者、一般人にも周知することを目 的とした技術交流会。
平成 30 年 10 月 2 日	SIP インフラ維持管理 マネジメントシンポジ ウム「これからの農村 水インフラ維持管理－ 新たなしくみと技術－」	北海道立総合研究 機構	地域実装支援チームである北海道 立総合研究機構の研究成果の発信 を行う。
平成 30 年 12 月 5 日	SIP インフラ維持管 理・更新・マネジメント 技術セミナー「インフ ラの点検・診断・メンテ ナンスの今後を考え る」	土木学会 SIP イン フラ連携委員会	地域の持続性に大きな影響を与え るインフラメンテナンスの今後を 考えるためのセミナー。海外から の有識者や国内の橋梁点検を行う 技術者からインフラメンテナンス における課題の紹介を行う。
平成 31 年 1 月 24 日	第 11 回 SIP インフラ 社会実装促進会議（最 終報告会）	SIP インフラ維持 管理・更新・マネジ メント技術／土木 学会 SIP インフラ 連携委員会	SIP インフラが創出してきた技術 に対して、未来への投資を更に加 速化させる起点とするため、PD・ サブ PD 等からプレゼンテーショ ンを行う。

6) 論文・知的財産

査読あり論文数は 1,193 件となっている。

表 3-144 インフラ維持管理・更新・マネジメント技術に関する論文数

		発表年					
		5 年合計	2014	2015	2016	2017	2018
合計	合計	1,267	63	264	388	426	126
	査読あり合計	1,193	62	252	370	404	105
	英文	487	29	92	164	168	34
	和文	706	33	160	206	236	71
	その他	0	0	0	0	0	0
	査読なし合計	74	1	12	18	22	21
	英文	3	0	3	0	0	0
	和文	71	1	9	18	22	21
	その他	0	0	0	0	0	0

(注 1) 平成 30 年 12 月末実績。

(注 2) 「査読あり」については学術誌での発表論文以外に学会発表・予稿集等も一部含んでいるが、「査読なし」については学会発表・予稿集等は原則として除いている。

見なし取下げを除いたファミリー単位の出願年度別特許件数は表 3-145 のとおりである。件数は多いものの、国内の出願件数が多い。

表 3-145 インフラ維持管理・更新・マネジメント技術に関する特許数

		出願年度					
		5 年合計	2014	2015	2016	2017	2018
出願	合計	135	7	28	52	38	10
	国内のみ	107	3	23	38	33	10
	海外含む	28	4	5	14	5	0
	PCT	14	4	1	7	2	0
	米国	21	4	5	10	2	0
	欧州	8	3	2	3	0	0
	中国	14	3	2	7	2	0
	韓国	7	3	0	3	1	0
登録	日本	14	4	4	5	1	0
	米国	1	1	0	0	0	0
	英国	0	0	0	0	0	0
	ドイツ	0	0	0	0	0	0
	フランス	0	0	0	0	0	0
	中国	0	0	0	0	0	0
	韓国	0	0	0	0	0	0

(注) 平成 30 年 12 月末実績。みなし取下げを除いた出願年度別の特許出願件数及び登録件数をファミリー単位で集計。

(5) 現在・将来の波及効果（アウトカム）

研究終了時である現時点の目標の達成状況と波及効果、将来（短期・中期・最終）に期待できる波及効果については次のとおりである。

1) 目標の全般的な達成状況

平成 30 年度の研究開発計画における産業面の目標及び社会的な目標は、以下のとおりである。

【産業面の目標】

- Ⅰ センサー・ロボット・データマネジメント・非破壊検査技術・余寿命予測技術・長寿命化技術等の活用により点検・補修等を低コストで高効率化し、国内重要インフラを高い維持管理水準に維持するという、現在の建設市場と同等の魅力ある継続的な維持管理市場を創造する。
- Ⅰ インフラマネジメントにより定量化されたデータを広く共有化する方向を探り、民間によるさらなる技術開発を促す仕組みを構築する。

【社会的な目標】

- Ⅰ 重要インフラ、老朽化インフラにおける、劣化・損傷に起因する重大事故をなくし、安心して暮らせる社会を実現する。
- Ⅰ ICRT（ICT+Robot）等の新技術に基づくインフラマネジメントにより定量化されたインフラの性能指標や情報をできる限り「国民」と共有化することにより、市民参加型の社会システムを構築する。

世界初の技術や数多くの日本初の技術が開発され、従来検査が困難であった金属構造物の肉厚測定等、インフラの様々な分野を高効率でかつ適正価格で実現できる技術開発が実施された。

開発された技術の様々な環境条件下における試行により技術の適用性が確認され、さらに、ロボット技術の大規模な実用性評価実験の積み重ねにより、地方自治体の点検業務に採用されるなど、社会実装にも取り組んでいる。

また、テーマ設定型 NETIS といった技術認証についても、開発された技術が順次認証され、認証された技術が国土交通省や地方自治体で活用・展開されれば、技術認証を取得した機器の数量が一層増大することが期待される。

仕組みの構築については、国土交通省が設計の技術基準や点検要領を開発された技術が積極的に活用できるように改正する方向で検討を進めている。

2) 診断結果に基づく余寿命予測に関する世界唯一トップレベルの技術による市場創出の期待

検査結果からコンクリート床版の余耐久寿命を高精度で予測できる技術については、我が国が世界の先導役になっており、この成果は世界に誇れる。一般にインフラ分野で新技術が社会的に認知、実用化され、経済効果として波及するには長い期間が必要であり、試算が難しいが、本技術を実用化することによって、予防保全型の維持管理計画立案に貢献することが期待される。

3) 地域実装支援チームを引き継ぐ組織による継続的な展開

今後も地域の大学が、新技術の地域実装の窓口としての機能を持続することができれば、SIP 技術の広範囲への普及が期待できる。SIP 終了後は、地域実装支援チームを支援する組織として土木学会内に新たに常設委員会を発足させ、そこに引き継ぐ予定である。土木学会には当課題に関わった多くの関係者が所属していること、建設に関連する多岐に亘る分野の研究者・技術者や産・官・学の協働組織であることなど、引継ぎ先として妥当であると考えられる。

地域大学を核とする「新技術の地域実装支援」という取り組みは、SIP がなければ成し遂げられなかったものであり、地域実装支援チームを通して形成された産官学学の強連結なネットワークは本課題が得た大きな SIP の資産の一つである。

他方で、大学・学会だけの組織ではなく、地方自治体や国土交通省関係者等、技術を活用する側の後押しや問題意識・成功体験の事例を共有する場の提供等を行い、社会実装を有効かつ効果的に進める必要がある。適切な技術を持った人員が少ない自治体では、地域の大学が先導し、その取り組みに賛同する県や地元の建設会社、コンサル等がチームとして組むことが有効である。実際、幾つかの地域実装支援チームではそのような取り組みがみられた。これらの成果を維持・展開していくためにも、引継ぎ先の土木学会の取り組みについては引き続き注視していくべきである。

4) 開発技術の積極的展開を図るための技術基準・点検要領改正

設計の技術基準（例：道路橋示方書、道路トンネル技術基準）や点検要領（例：道路橋定期点検要領、道路トンネル定期点検要領）について、SIP で開発された技術を積極的に活用し、円滑に現場で適用できるように改正する方向で国土交通省・土木研究所にて検討が進められている。

さらに、岐阜大学・鳥取大学での取り組み・成果を中心とした新しい橋梁点検技術に対して、岐阜大学 SIP 実装プロジェクト¹⁰³の中に設置された新しい橋梁点検技術の適用性評価委員会において、地方自治体が管理するコンクリート橋梁に関する、「ロボット技術を取り入れた橋梁点検指針（案）」を策定した。

5) 社会実装の重要性の認識と成果の利用拡大に向けた取組

SIP を経験して実際に社会で技術を使ってもらうことの意義を学んだ研究者は多く、特に大学や研究機関には良い影響を与えた。現場の課題に直結した研究開発テーマが多く見いだされた結果として、応用研究はもちろん、基礎研究の評価・範囲拡大にもつながった。

また、地域に対する SIP の成果の利用拡大に向けては、近未来技術社会実装事業（内閣府の平成 31 年度事業）を活用した取り組みがなされている。本事業では、鳥取県及び宮城県・仙台市の提案が採択され、SIP の成果を鳥取県の橋梁点検で実証・実装を、また、宮城県、仙台市等では本課題（インフラ）で開発したドローン技術を橋梁点検のみならず、防災分野への応用に向けた技術開発をする予定である。同地域では、規制・制度の改正も視野に入れ、中期的な展望で SIP の成果の利用拡大が検討されている。

¹⁰³ 岐阜大学の研究プロジェクトとして、SIP 技術の棚卸し、地域実装支援、技術の在り方に関する調査研究、社会実装に関する調査研究、広報活動等を実施している。

6) 開発した技術の展開や留学制度による国際競争力の向上

コンクリートの余寿命予測技術は海外先進国でも類を見ない最先端技術であり、国外においても十分な競争力を持つと考えられる。その他にも、パシフィックコンサルタンツのトンネル内部点検技術は中国へ、JIP テクノサイエンスの路面性状把握システムはアフリカへ展開され、これらの研究開発した技術は国際会議でも既に発表されている。このように、SIP により開発された技術が国際社会において高い競争力を発揮することが期待される。

さらに、JICA と MOU（了解覚書）を締結し、アジア諸国のインフラ維持管理担当技術者を国内大学に受け入れ、日本流のメンテナンス技術を修学してもらう留学制度を実施している（10 名×10 年＝5 億円相当）。我が国発の技術を海外に展開する上で強力な「種」となっており、将来の維持管理技術の輸出展開に期待が持てる（図 3-108）。



図 3-108 JICA との連携による国際展開

国際標準化活動として、コンクリート構造物のライフサイクルマネジメントに関する ISO 規格の提案を行い、ISO 規格化・事例集のパッケージ化を着実に前進させたことは評価できる（ISO/TC71）。

(6) 改善すべきであった点と今後取り組むべき点

1) 改善すべきであった点

課題全体として研究開発テーマは 60 にも及び、対象が技術、機器、システム等多岐にわたった。そのため、総体としての目標設定及び社会実装後の全体像が明瞭ではなかった。目指すべき姿を当初から描出し、研究開発計画にはっきり示すべきであった。最終的に 37 テーマに絞られたが、当初のテーマ数を考慮すれば、コストパフォーマンスの面や新しい技術を生み出すためのサイクルを持続できるような仕組みについての検討がなされるべきであった。SIP の成果の適用によって目指すインフラ維持の姿を見据えて、重点分野の絞り込み、アセットマネジメントシステムの技術、法制度の一括の実装（例：研究開発した技術を契約、設計基準、点検要領等の一つとして組み込む）等を計画に盛り込むべきであった。また、社会にどのような利益をもたらすものを、投じたコスト（本課題の予算の使途内訳）とともに、更にわかりやすく説明する観点が必要であった。

国内においては、各テーマで開発した技術の適用対象の拡大に向けて、現場実証実験を積み重ねて有効性を示すとともに、事業化を念頭に置き、適正価格にて実装するべきである。機能発注という視点に移行しない限り、コスト重視の技術選定になってしまい、新技術の導

入促進が困難になりやすい。開発に併せてライフサイクルコストの最小化やその他メリット等の説明を含めた提案書づくりも実装に向けて用意をするべきである。また、アセットマネジメントシステムにおいては、開発者の間での技術内容、活用ストーリーの共有等、インフラ管理者の理解をより深める必要があった。

2) 今後取り組むべき点

本課題で開発された技術をより円滑に現場に適用できるようにするため、土木学会では設計・施工・維持管理の技術基準¹⁰⁴として、国土交通省では点検要領¹⁰⁵として、これら技術が位置付けられるように改正する方向で検討が進められており、上記チーム及び委員会が、内閣府と協力して適切な制度構築とともに的確に反映されるよう継続的に推進すべきである。

地方自治体への社会実装においては、新技術を導入することは予算増加等のリスクにつながるため、新技術の導入がなかなか進展しない可能性がある。新技術の方が、トータルコスト面においても信頼性の面においても優れており、コスト縮減、工期短縮により点検頻度を多くすることができるといったメリットを根拠に、新技術に転換できるような取り組みをこれからも進めるべきである。

さらに、地域特性に応じた課題解決に向けて、連携体制をより維持・強化するべきである。そのため、地域実装支援チームは社会実装の地域拠点として、SIP で開発した技術が社会実装に向けて有効に機能し、新技術の導入促進に貢献できる適切な活動が求められる。土木学会の中に平成 31 年度設置される新技術の地域実装促進小委員会は、全国で 12 ある地域実装支援チームの間の連携を取り持つ組織として、情報共有、意見交換が頻繁に行われる場を提供する働きを担う。したがって、SIP 終了後は地域実装支援チームの活動及びそれらの連携を支える土木学会の新委員会の活動内容について、引き続き注視すべきである。

この小委員会は、SIP インフラ地域実装連携会議から幹事・委員を引き継いでおり、SIP インフラ地域実装活動に関する報告書の作成や橋梁点検における新技術適用指針（案）作成に向けた検討を行うこととしている。SIP 終了後は、地域実装支援チームの活動及びそれらの連携を支える土木学会の小委員会の活動が SIP で開発した技術の社会実装の促進に向けて有効に機能するよう、適切な体制構築と運用指針等の制定が求められる。また、SIP によって形成された、土木とは全く異なる他分野との人的ネットワークについては、SIP 終了後も維持されるべきであり、他の研究機関との連携が続くような仕組みの構築が必要である。

なお、SIP において開発された技術は様々な分野の維持管理にも応用できる可能性が高い。したがって、機能を拡張させ、産業インフラへの展開も進めるべきである。また、IoT 技術を用いる成果を高めるためには、情報セキュリティを強固にする検討も今後考慮していく必要がある。

本技術の対象となるインフラは膨大であり、民間企業による実用化・事業化の加速に加え、ビジネス環境の整備を加速することにより技術の浸透を図っていく必要がある。そのため、SIP 終了後も技術開発を継続し、さらなるビジネス化を進めていく必要がある。投資効果の把握の意味においても、こうした取り組みを継続的に注視すべきである。

国際展開に関しては、現在、JICA と協定を締結し、留学制度を実施しているところであ

¹⁰⁴ コンクリート標準示方書等。土木学会が定めている。

¹⁰⁵ 道路橋定期点検要領、道路トンネル定期点検要領等。国土交通省が定めている。

り、SIP 終了後も土木学会が引き継ぎ、取組を継続することになっている。留学制度は国際展開を支える重要な取組のひとつであり、引継ぎ先の土木学会の取り組みについて追跡評価すべきである。

特許に関しては、近年特許取得に積極的な中国等の海外に対抗するためにも、国際出願を検討し、権利取得をより推進していくべきである。