

(参考 1)

ImPACT アドバイザー委員名簿

秋永 広幸	産業技術総合研究所 ナノエレクトロニクス研究部門 総括研究主幹
小川 紘一	東京大学政策ビジョン研究センター シニアリサーチャー
金出 武雄	カーネギーメロン大学 ワイタカー記念 全学教授
菅 裕明	東京大学大学院 理学系研究科 教授
角南 篤	政策研究大学院大学 副学長・教授
平野 俊夫	量子科学技術研究機構 理事長
松見 芳男	大阪大学ベンチャーキャピタル株式会社 相談役

(所属・役職は平成 29 年度時点)

(参考2)

ImPACT 技術ヒアリング 専門家名簿

プログラム	氏名	所属・役職
伊藤	澤本 光男	中部大学 総合工学研究所 教授
	中壽賀 章	積水化学工業(株) 高機能プラスチックカンパニー シニアフェロー
	西出 宏之	早稲田大学 理工学術院 教授
合田	永井 健治	大阪大学 産業科学研究所 教授
	西村 智	自治医科大学 分子病態治療研究センター 教授
	吉田 智一	シスメックス(株) 執行役員
	森 勇介	大阪大学 大学院工学研究科 教授
佐野	伊澤 達夫	千歳科学技術大学 理事長
	関田 仁志	サイバーレーザー(株) 代表取締役社長
	緑川 克美	理化学研究所 光量子工学研究領域 領域長
佐橋	秋永 広幸	産業技術総合研究所 ナノエレクトロニクス研究部門 総括研究主幹
	木村 康則	(株)富士通研究所 フェロー (JST CRDS 上席フェロー)
	高木 信一	東京大学 大学院工学系研究科 教授
山海	秋永 広幸	(前掲)
	佐久間 一郎	東京大学 大学院工学系研究科 教授
	陳 隆明	兵庫県社会福祉事業団 総合リハビリテーションセンタ ー 福祉のまちづくり研究所 所長
鈴木	清水 昌	(一財)バイオインダストリー協会 会長
	瀬戸山 亨	三菱ケミカル(株) 執行役員 横浜研究所瀬戸山研究室長
	西出 宏之	(前掲)
田所	金出 武雄	カーネギーメロン大学 ワイタカー記念 全学教授
	鈴木 真二	東京大学 大学院工学系研究科 教授
	松日楽 信人	芝浦工業大学 機械機能工学科 教授
藤田	中島 健	京都大学 原子炉実験所 教授
	藤井 貞夫	(一財)エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究部 部長
	山地 憲治	(公財)地球環境産業技術研究機構 理事・研究所長

プログラム	氏名	所属・役職
宮田	魚崎 浩平	物質・材料研究機構 フェロー
	原田 慶恵	大阪大学 蛋白質研究所 教授
	渡邊 裕幸	富士フイルム株式会社 R&D 統括本部 フェロー
八木	梶谷 文彦	川崎医科大学 名誉教授
	金出 武雄	(前掲)
	原 勉	浜松ホトニクス(株) 常務取締役・中央研究所長
山川	定藤 規弘	自然科学研究機構 生理学研究所 教授
	伊佐 正	京都大学 大学院医学研究科・医学部 教授
	土井 美和子	奈良先端科学技術大学院大学 理事
山本	井元 信之	大阪大学 大学院基礎工学研究科 教授
	戒崎 俊一	理化学研究所 主任研究員
	田村 泰孝	(株)富士通研究所 フェロー
白坂	佐宗 章弘	名古屋大学 大学院工学系研究科 教授
	島田 政信	東京電機大学 大学院理工学研究科 教授
	山川 宏	京都大学 生存圏研究所 教授
野地	神原 秀記	(株)日立製作所 名誉フェロー
	竹山 春子	早稲田大学 理工学術院 教授
	浜地 格	京都大学 大学院工学研究科 教授
原田(香)	川村 貞夫	立命館大学 総合理工学研究機構 先端ロボティクス研究センター長
	中嶋 勝己	(公財)新産業創造研究機構(NIRO) 研究開発部門 主席(ロボットAI 総括)
	松日楽 信人	(前掲)
原田(博)	北川 博之	筑波大学 大学院システム情報工学研究科長 教授
	酒巻 哲夫	群馬大学 名誉教授
	中嶋 信生	電気通信大学 産学官連携センター 特任教授

(所属・役職は平成 29 年度時点)

(参考 3)

ImPACT 制度検証チーム委員名簿

秋永 広幸	産業技術総合研究所 ナノエレクトロニクス研究部門 総括研究主幹
上野 裕子	三菱 UFJ リサーチ & コンサルティング 政策研究事業本部 経済政策部 主任研究員
江村 克己	日本経済団体連合会 未来産業・技術委員会 Society 5.0 実現部会 部会長 日本電気株式会社 取締役 執行役員常務 CTO
小川 紘一	東京大学政策ビジョン研究センター シニアリサーチャー
金出 武雄	カーネギーメロン大学 ワイタカー記念 全学教授
菅 裕明	東京大学大学院 理学系研究科 教授
角南 篤	政策研究大学院大学 副学長・教授
関口 和一	日本経済新聞社編集委員
松見 芳男	大阪大学ベンチャーキャピタル株式会社 相談役

(所属・役職は平成 29 年度時点)

(参考 4)

革新的研究開発推進プログラム（ImPACT）に係る制度検証報告書

平成 30 年 2 月
革新的研究開発推進プログラム
（ImPACT）制度検証チーム

目 次

I	はじめに	7
II	ImPACT の実施概況及び全体評価	8
	1. 実施概況	
	2. 全体評価	
III	制度的な特長及び改善方向	10
	1. ハイインパクト研究を推進するための制度的な枠組み	10
	(1) テーマの設定	
	(2) 構想・アイデア (PM) の公募及び選定	
	(3) 研究開発プログラムの作り込み	
	(4) PM による研究開発プログラムの実施管理	
	(5) PM に対する支援業務	
	(6) 有識者会議等による進捗管理及びPMの評価	
	(7) その他	
	2. ハイインパクト研究を推進するための環境整備	19
	(1) PM 人材の育成・確保	
	(2) 研究成果の橋渡しに向けた取組の強化	

I はじめに

我が国は、1980年代のバブル経済の後、「失われた20年」とも言われる長期的な経済の停滞に苦しめられてきた。その間、産業構造や生活スタイルが大きく変化する中で、日本企業は従来からのものづくり戦略を転換することができず、国際競争力を失いつつあると言われてきた。

こうした問題を払拭するため、大学や企業が失敗を恐れずに困難な研究開発課題に果敢に挑み、成長分野を切り拓いていくための新たな仕組みが必要とされ、その実現モデルの一つとして、我が国初の試みである革新的研究開発推進プログラム（ImPACT（Impulsing PAradigm Change through disruptive Technologies））が平成25年度に創設された。

ImPACTのねらいは、我が国の将来の産業や社会のあり方を大きく変革する非連続的（破壊的）なイノベーションを生み出す新たな研究開発制度の創設であり、そこで得られた成功事例等を各界に広く普及させることにより、研究開発現場のマインドを内向きからチャレンジ精神に満ちたオープンなものに転換させることである。

また、ImPACTが対象とする研究開発は、成功時には産業及び社会に大きなインパクトが期待されるが必ずしも成功するとは限らない、ハイリスク・ハイインパクトなものであり、そのような挑戦的な構想・アイデアを全国の研究者等から広く募集し、それら応募者の中からチャレンジ精神に富んだ優秀な人材を厳選し、それら人材（プログラム・マネージャー；以下、「PM」という。）に研究開発のマネジメントを委ねる点を特徴としている。

すなわち、PMは、産業・社会にゲームチェンジ、パラダイム転換をもたらすようなハイインパクトな研究開発プログラムを構想し、自らの人脈等を駆使してトップレベルの研究者等を採用するとともに、国内外の研究開発動向や産業・社会情勢を見極めながら、状況に応じプログラムの加速、中止、方向転換等の判断を果敢に行い、得られた研究成果は、自らがイノベーションの創出に結び付けるプロデューサーとしての役割も果たすこととしている。

これら研究開発の推進過程では、未だ基礎研究の領域にある最新の概念や理論等をいち早く産業・社会に適用し、実用可能であることを証明することとなるため、そうして得られた研究成果は、模倣等が容易ではなく、一旦社会に受け入れられると関連する産業構造等を根本から変革してしまうゲームチェンジ、パラダイム転換の要素を有する、すなわち非連続的・破壊的なイノベーションの創出が期待されるものとなる。このため、自国の産業競争力等を高める観点から、現在、我が国のみならず欧米諸国等が競ってその推進に力を注いでいるところである。

本制度検証チームは、こうしたゲームチェンジ、パラダイム転換といわれるようなImPACTが目指すべき本来目的に照らし、現行制度が有効に機能し得ているかを検証し、我が国の実情に適したより完成度の高い制度とするため、今般、今後の課題や改善方向をとりまとめた

ところである。

内閣府総合科学技術・イノベーション会議（以下、「CSTI」という。）においては、本報告書を踏まえ、ImPACT 制度のさらなる拡充及び継続に取り組まれることを希望する。

Ⅱ ImPACTの実施概況及び全体評価

1. 実施概況

ImPACT は、将来の産業や社会に大きな変革をもたらし、これまでの常識を覆すような革新的なイノベーションを創出することを目標とした研究開発制度であり、ハイインパクト研究の推進により非連続的なイノベーションの創出に成功を収めていた米国国防高等研究局（DARPA）の仕組みを参考に創設された。

すなわち、①成功時には大きなインパクトが期待できるが必ずしも成功するとは限らない（以下、「ハイリスク・ハイインパクト」という。）研究開発を推進すること、②そのような大胆かつチャレンジングな研究開発を推進するため、公募で厳選されたプログラム・マネージャー（以下、「PM」という。）にプログラムの企画・立案、プログラムの実施に必要な研究機関のキャスティング、それら研究機関への予算配分等に関する権限を委ねることを大きな特徴としている。

現在、平成 25 年度補正予算で措置された基金 550 億円（科学技術振興機構（以下、「JST」という）に造成）を活用し、16 名の PM が様々な分野・領域の研究開発（平成 30 年度が最終目標年度）に挑戦している。

ImPACT は、これまで我が国では取り組みが遅れていたハイリスク・ハイインパクトな研究開発の推進に、総合科学技術・イノベーション会議（CSTI）自らが着手することにより、同プログラムにおける制度的試みを我が国関係機関等に広く提示し、政府全体の研究開発制度をよりチャレンジ、オープン、イノベーション指向のシステムに転換させることを最終的なねらいとしたものである。また、そのことにより、我が国を「イノベーションに最も適した国」「起業、創業の精神に満ち溢れた国」に転換していくことを目指したものである。

2. 全体評価

ImPACT は、従来の国家プログラムや民間の自発的な研究開発投資では扱えなかったようなハイリスク・ハイインパクトな研究開発を対象とし、テーマ設定やプログラム終了時の評価のあり方を工夫することにより、挑戦的な研究開発であっても、PM が失敗を恐れず取り組むことのできる制度である。また、研究成果の社会実装化を強く意識した制度でもある。

そうした制度的な特長を活かし、例えば、

- ① 大学の研究レベルにある分子設計技術をいち早く産業界のモノづくりに結び付け、自動車の構造材等を鉄鋼から軽くて強靱なプラスチック加工品に置き換える（伊藤 PM プログラム）、現在欧米が独占しているレーザー加工装置を従来品の数 10 分の 1 にまで小型

化した手のひらサイズの超小型パワーレーザーの開発（佐野 PM プログラム）など、我が国が得意とする「モノづくり」分野のさらなる強みを生み出す画期的な研究成果が得られており、着々と産業界への技術移転や実用化・事業化が進みつつある。

- ② また、IoT、ロボット分野では、約 7 億もの医療用カルテ・データをわずか数秒で処理・解析する超ビックデータ処理システムの開発（原田博司 PM プログラム）や、スーパー・コンピュータでも処理できないような複雑な組み合わせ問題を世界最高速で処理する新たなコンピュータの開発（山本 PM プログラム）、寝たきり等の要介護者・高齢者の自立化を支援する介護用ロボットの開発及び海外展開（山海 PM プログラム）など、世界に誇れる独創的な研究成果が着々と社会実装に向けて進められている。

- ③ 防災・災害対応の分野では、自然災害等の発生時に被害状況等を広域かつ即時に観測できる世界最小の小型合成開口レーダ衛星が開発され、2020 年の打ち上げを目指し、ベンチャー企業の立ち上げ等に向けて着々と準備が進められている（白坂 PM プログラム）。

それらプログラムの実施過程では、多数の応募者の中から厳選された PM が、自らの権限と責任でトップレベルの研究者をキャスティングし、研究開発の進捗状況等に応じて加速、減速、方向転換等を機動的かつ果敢に進めるとともに、関係する産業界との連携によりそれら研究成果をイノベーションに結び付ける役割も果たしており、当初 ImPACT が目論んだハイリスク・ハイインパクトな研究開発に挑戦する人材の育成、また、それら人材育成を通じた起業風土の醸成といった目標にも一定の前進がみられたと評価できる。

実際、16 名の PM、中核研究者等を対象として行ったアンケート調査結果（平成 29 年 11 月調査；以下、「アンケート調査結果」という。）では、9 割の回答者がハイリスク・ハイインパクト研究を推進する新たな制度として、ImPACT が概ね有用かつ効果的に機能していると回答している。また、PM の資質・能力や産学連携等 PM によるマネジメントを評価する回答も概ね半数に上り、プログラム参加者からも一定の評価が得られている。

【今後の課題】

ImPACT は、我が国では経験のない新しい研究開発制度として 5 年間の試行的な取り組みが行われ、トップレベルの研究者や産業界の力を結集して、極めて短期間に画期的な研究成果が得られつつあるが、我が国が将来にわたり革新的イノベーションを創出し続けるためには、こうした研究開発制度を政府として継続的に推進することが極めて重要である。

また、昨今、欧米諸国や中国において破壊的イノベーションの創出を目指した研究開発の推進に力が注がれる中、我が国ではハイリスク・ハイインパクトな研究開発を主導する PM 人材が質・量とも圧倒的に不足しており、引き続き ImPACT のような PM 主導型の研究開発制度を国が措置し、チャレンジ精神に富んだ研究者・技術者を広く産学官から募り、PM として育成していくことが重要と考えられる。

一方、ImPACT は、他の国家プログラムでは取り組むことができないようなハイリスク・ハイインパクトな研究開発の推進を意図したものであるが、海外も含めよりグローバルな

視点から見れば、実際には必ずしもゲームチェンジ、パラダイム転換をもたらすようなハイインパクトなプログラムばかりが採択・実施されているわけではない等の指摘もみられた。また、国内外からトップレベルの研究開発力を結集させるという当初の考え方からすれば、海外研究者の取り込みや国際的な連携も十分とは言えない状況にある。

さらに、PM に対するサポート面では、ImPACT の PM は、将来の産業や社会のあり方の変革に向けたプログラム構想等を PM 自らが策定し、その実現に必要な研究者を国内外からキャスティングし、プログラムの実施管理に責任を負うとともに、得られた研究成果の橋渡しも自ら行うなど、非常に重い任務・役割が期待されているが、それを支える CSTI 等の支援機能も未だ課題が多い。

以上のことから、ImPACT で得られたこれまでの経験や教訓を元に、今後、関係省庁が関連する研究開発制度を創設する際の拠り所となる、より完成度の高い研究開発制度を確立するため、以下の制度的な改善を念頭に、31 年度以降の後継プログラムを検討されることを希望する。

Ⅲ 制度的な特長及び改善方向

1. ハイインパクト研究を推進するための制度的な枠組み

(1) テーマの設定

【現状】

ImPACT では、我が国産業の競争力を飛躍的に高め、直面する深刻な社会経済的な課題を克服するという観点から、

- ① 資源制約からの解放とものづくり力の革新
- ② 生活様式を変える革新的な省エネ・エコ社会の実現
- ③ 情報ネットワーク社会を超える高度機能化社会の実現
- ④ 少子高齢化社会における世界で最も快適な生活環境の提供
- ⑤ 人知を超える自然災害やハザードの影響を制御し、被害を最小化

の5つのテーマを設定した。

本テーマは、研究開発プログラム構想の公募に当たり、PM 候補者から多様な技術的アプローチや斬新かつ飛躍的な提案も受け入れられるよう、大括り化して簡素な表現振りにする一方で、CSTI が有するテーマ毎の問題意識や、求められる非連続イノベーションの姿等について別に例示することにより、政策課題等に直結した提案を積極的に誘導することとした。

ちなみに、米国 DARPA では、プログラム構想自体は軍事的な目標に照らし DARPA 自らが策定し、その実現に必要な研究機関のキャスティングや実施管理を PM に委任する仕組みとなっている。これに対して、ImPACT は産業・社会のあり方の変革に向けた斬新かつ

挑戦的な構想やアイデアを広く募集し、それら応募者の中から PM が厳選されるという点で DARPA とは異なる仕組みである。

【今後の課題】

ゲームチェンジやパラダイム転換と言われるように、将来の産業や社会のあり方に大きなインパクトをもたらす画期的な研究成果を生み出すためには、従前からの価値観や固定概念に囚われず、分野・領域を超えて様々な研究者や技術者から斬新かつ挑戦的な構想・アイデアを発掘することが重要であり、テーマ設置に当たっては、引き続き、一定の広さ（大括り化）を考慮することが必要と考えられた。

ただし、テーマを大括り化した場合には、将来の産業・社会のあり方の変革につながる具体的な成果が一般の方々や産業界にはイメージしにくく、それら関係者の関心や期待を呼び込みにくいといった指摘もみられた。

【改善の方向性】

このため、引き続き、一定の広さを確保したテーマ設定を基本としつつも、後述のアワード型研究開発制度等の活用も念頭に、各省等が抱える具体的な政策課題にも対応できる柔軟な設定が可能となる制度が望ましい。

（２）構想・アイデア（PM）の公募及び選定

【現状】

上記５テーマを対象として、産学の研究者等から様々な構想・アイデアを募り、１次・２次募集の計 256 名の応募者の中から 16 名の PM 及び研究開発プログラム構想が厳選された。

PM 及びプログラム構想の募集に当たっては、あらかじめ以下の選定基準を示し、PM 人材としての資質・能力や提案したプログラム構想が ImPACT の制度趣旨に合致したものであることを説明する書類の提出を求めている。

<選定基準>

① PM としての資質・実績

- ・ 研究開発や事業化等のマネジメントに関する経験・実績、潜在能力
- ・ テーマに関する専門的知見・理解力、国内外のニーズ・動向把握力
- ・ 幅広い技術や市場動向の俯瞰力、事業化構想力
- ・ 関係者とのコミュニケーション能力、リーダーシップ性
- ・ 産学官の専門家とのネットワーク・技術情報収集力
- 等

② 提案された研究開発プログラム構想の内容

- ・産業や社会のあり方の変革をもたらすものであること（インパクトの大きさ、実用化・事業化の可能性）
- ・他の制度では取り組めないようなハイリスク・ハイインパクトなチャレンジをするものであること（漸進的ではなく、非連続的なイノベーションを目指すものか）
- ・ハイリスクであっても実現可能であることを合理的に説明できるものであること
- ・我が国のトップレベルの研究開発力及び様々な知識を結集できるものであること等

選定に当たっては、CSTI 議員で構成する「ImPACT 有識者会議」が、外部専門家（全体俯瞰レビュー：11 名、技術レビュー：24 名）の協力を得て、書面（1 次、2 次選考）及び面接（3 次選考）により審査を行った。

PM は、採用後、マネジメント業務に専念するため、原則、出身元の機関を離れて JST に再雇用されることとなるが、大学等の公的研究機関出身者については、一定のエフォート率（教員エフォート 10%、研究エフォート 10%）を限度として例外的に兼職を認めることにより、最先端研究をリードする大学研究者等が応募しやすい条件とした。

ちなみに、大学等公的研究機関出身の PM が、研究エフォート（10%以下）を活用して研究開発を行う場合は、自身の ImPACT プログラムに限り研究を認めることとし、その際、自らの研究に研究資金を配分するに当たっては、PM がその必要性等を明らかにし、ImPACT 推進会議/有識者会議の事前承認を得ることとしている。

【今後の課題】

PM 及びプログラム構想の公募・選定については、アンケート調査結果でも、半数の回答者が PM に求められる資質・素養として現行の選定基準を評価している。また、実際のマネジメントにおいても約 4 割の回答者が PM としての資質・能力が発揮されていたと回答しており、現行の選定方法や選定基準が概ね適正であったと判断できる。一方、各プログラムの内容面では、従来型の研究開発でもできる内容が含まれており、全てがハイリスク・ハイインパクトな研究開発ではない等との回答もみられた。

ImPACT は、様々な分野・領域から多数の応募があるため、それら構想・アイデアの選定段階でハイリスク・ハイインパクト性を客観化・相対化して比較選定することは非常に困難が予想される。また、分野・領域毎に多数の専門家を巻き込んでそのような選考作業を進めようとするれば、結果として選考に時間を要し、採択後の研究開発期間を圧迫するおそれもある。

PM のエフォート管理については、大学研究者が応募しやすい条件としては有効に機能したと考えられるが、PM 自らが研究開発を行う場合も含め利益相反の関係にある研究開発機関の選定を認める現行制度の下で、大学等公的研究機関出身者と民間企業出身者と異なるエフォート管理（民間企業出身者には研究エフォートを認めない運用）を行う

べき合理性が認められなかった。

一方、PM が、一定の研究エフォート（10%以下）の下で自ら ImPACT の研究実施者となることが可能な現行方式は、エフォート管理が疎かになる可能性があるほか、研究資金の配分権限を持つ PM 自身が自らの研究開発に研究資金を配分する形になるため、一般の人々からみればマネージメントの適正さに対して疑念を抱きかねないとも考えられる。

【改善の方向性】

以上のことから、プログラム構想等を広く募集する現行方式の下では、今後も同様の選定手続きを取らざるを得ないと考えられるが、その際、ImPACT が目標とするゲームチェンジやパラダイム転換、非連続的・破壊的なイノベーションの創出といったプログラムのねらいを公募段階から明示し、そのことを強く意識した構想・アイデアが選定・採択されるようにすることが重要である。

また、今後、ハイリスク・ハイインパクトな研究開発の考え方や範囲等をより明確化し、それら考え方等をプログラムの作り込みや進捗管理の各プロセスに適切に反映していくことが必要である。さらに、そうした考え方の下で、必要に応じプログラム自体も絞込み（ステージゲートの導入等）が行われる仕組みに見直すことが必要である。

PM のエフォート管理（出向元との兼職）については、利益相反に関する現行のチェック体制（ImPACT 推進会議/有識者会議による事前承認）を維持することを前提に、今後は産業界からも多くの PM 候補者が応募できるよう、民間出身者にも一定の研究エフォートを認め、出向元との兼職を可能としても良いのではないかと考えられた。

一方、一定の研究エフォート（10%以下）の下で、主導する ImPACT プログラムを PM 自らが受託できる（研究実施者となり得る）現行の方式は、PM としてのマネージメント業務と ImPACT 研究業務とが混在し、エフォート管理が疎かになる可能性等がある。このため、PM の研究エフォートは、ImPACT 以外の研究に限り認める方向に見直し、合わせてエフォート管理も強化することが必要である。

（３）研究開発プログラムの作り込み

【現状】

PM は、採用後３ヶ月から半年程度、研究開発プログラムの作り込み期間を設け、その間、有識者会議及び外部専門家（ImPACT アドバイザー）の助言を受けながら、研究開発機関のキャスティングやそれら機関の具体的な研究実施計画の策定、研究費の配分計画等を策定した。

研究開発機関の選定に当たっては、国内外のトップレベルの研究者を結集するため、公募に限らず PM による指名も可能とした。ただし、PM と利害関係にある研究開発機関（PM の出向元等）を選定する場合は、その必要性等をあらかじめ明らかにし、ImPACT 推進会議/有識者会議の事前承認を求めることとした。

GSTI による各プログラムに対する研究資金の配分は、PM が策定した研究開発期間全体の所要額を考慮しつつ、1 次採択プログラム（研究開発期間：5 年間）は 30 億円を、2 次採択プログラム（同：3 年間）は 15 億円を目安として、各プログラムの所要額以下の金額を作り込み時に仮配分し、その後の研究開発の進捗状況に応じて追加配分等を実施した。

【今後の課題】

アンケート調査結果では、7 割の回答者が、PM 採用後に別途作り込み期間を設けたことを評価しており、実際、作り込み時に有識者議員や ImPACT アドバイザー等から、知財戦略や将来の事業化構想等も含めて指導や助言を受けたことが大変役立ったとの声が多く PM から聞かれた。

一方、作り込み時に PM が策定した研究開発計画等の内容が、ImPACT が対象とするハイリスク・ハイインパクト研究に合ったものであるか否かの判断は、有識者会議（GSTI 議員）及び ImPACT アドバイザー等による指導・助言のみでは限界があるため、本来、それぞれのプログラムの分野・領域の専門家や業界関係者等の意見を踏まえ、プログラムの作り込み等が行われることが適当である。特に、EU の Horizon2020 等では、日本人を含む海外研究者を招き、作り込みの段階から国際連携を強く意識したプログラムも存在する中で、よりグローバルな視点で最新の技術動向を調査し、それら比較分析に基づくプログラムの作り込みが行われることが重要である。

実際、アンケート調査結果でも、約半数の回答者がハイリスク・ハイインパクトの判断基準が明確でなく、作り込み時の判断が難しかったと回答している。また、海外とのオープンイノベーションの取り組みが十分でなかった等の指摘もみられた。

【改善の方向性】

作り込み段階のような研究開発の早い段階から外部専門家（産業界関係者や事業化の専門家を含む。）を関与させ、研究開発プログラムを磨き上げることは、PM やプログラム関係者側と ImPACT 推進会議/有識者会議側の双方に納得感や一体感を高める効果が期待でき、その後、互いの信頼関係の下で PM が思い切ってチャレンジできる前提条件である。

また、今後は、PM によるプログラムの作り込みから実施管理に至る一連の過程で日常的に PM 活動を監督し、適宜、PM のマネージメントに指導・助言を行う専属の統括責任者の配置が必要と考えられた。

統括責任者は、外部から専門家や産業界代表者、知財等の専門家を招き（アドバイザー・ボードを組織する等）、それら関係者の助言・意見を参考としてプログラムの作り込みや PM のマネージメント活動を指導する。また、管理者として定期的に PM の活動を監督し、適宜、ImPACT 推進会議/有識者会議に報告を行うとともに、研究資金の配分変更等に際し、意見等を述べる役割が期待される

このほか、作り込み後のプログラム資金の配分については、PM が思い切ってチャレンジできるよう、あらかじめ研究開発期間中の大枠を提示する現行の方式を基本としつつも、必ずしも熟度が十分でないプログラムがある場合には、スタート時は少額の配分に止め（スモール・スタート方式）、その後の熟度に応じて追加配分を行うような弾力的な運用も必要である。

（４）PM による研究開発プログラムの実施管理

【現状】

PM は、所管プロジェクトの進捗状況を絶えず把握し、当初計画した目標達成が困難と見込まれる場合には、当該プロジェクトの減速、中止、方向転換等を柔軟に行うことが求められている。このため、研究開発機関毎の研究資金の弾力的な配分変更、研究機関の追加・差替、ステージゲートの導入等の権限が委任されている。また、民間企業等が有する様々なアイデアやシーズを機動的に導入できるよう、懸賞金コンテストや産学連携マトリクスなど多様な手法が PM の裁量で採用できる仕組みとなっている。

プログラムに参加する研究開発機関は、JST に造成された基金を取り崩す形で、多年度での資金使用が可能であり、年度途中での研究費の費目間流用も、年度予算の総額 50% 以内であれば JST の手続きを経ることなく流用が可能とされている。取得設備等は、プログラムに支障が生じない範囲で他事業に活用できる。

得られた研究成果は積極的に対外発信するとともに、得られた知的財産権は、原則、研究機関又は研究者に帰属させ、実用化・事業化を推進することとしている。

【今後の課題】

アンケート調査結果では、PM が資質・能力を発揮し、研究開発機関の差し替えや研究資金の配分等を柔軟に行っていたとする回答が概ね半数に上ったが、中間年にステージゲートを行った PM（プログラム）は 16 人中 6 人に止まり（平成 30 年 1 月現在）、プログラム期間中に研究開発機関の見直しや研究資金の配分変更等が低調なプログラムが存在していた。実際、代表 PM（6 名）から行ったヒアリングでも、ステージゲート等を活用して絞込みを上手に行った PM ほど概して画期的な研究成果を導き出している状況にあった。

また、アンケート調査結果では、今後の課題として「海外の知識・研究者の取り込み」、「民間からの外部資金等の導入」、「産業界への ImPACT 成果の橋渡し」等が挙げられ、海外や民間の外部資源の活用といった面で PM のマネジメントに課題を残す結果となった。さらに、そもそもハイリスク・ハイインパクトな成果を目指すためには、5 年間は短すぎるといった意見もみられた。

【改善の方向性】

各プログラムのマネージメントは、基本的に PM の自主性に委ねることが重要であるが、前述のとおり PM のマネージメント活動を指導する専属の統括責任者を配置し、サポート体制を充実することが必要と考えらる。

また、プログラムの途中段階で各プログラム全体としてのステージゲートを設けることにより、プログラム自体も定期的に外部専門家の厳しい評価に晒されるといった緊張感のある仕組みに見直す必要がある。

そうした外部専門家の評価を通して、海外や民間の外部資源の活用や連携についても、PM がヒントを得てより高度なマネージメントに発展させていくことが期待できる。その際、政策的にもチャレンジを継続すべき重要なプログラムであると認められるものは、5 年を超えても研究開発期間が延長できるような弾力的な運用も必要と考えられた。

さらに、それら外部専門家による評価では、当初計画に定められた研究開発の進捗状況や成果の獲得見通しだけでなく、ImPACT が目標とするゲームチェンジ、パラダイム転換といった産業・社会のあり方の変革につながるハイリスク・ハイインパクトな挑戦であるかといった視点を重視し、最新の国内外の技術動向や産業・社会への影響の大きさ等を客観的に評価しながら、適切な助言等が行われることが重要である。

(5) PM の支援業務

【現状】

ImPACT の PM は、自らのマネージメント業務を支援する PM 補佐を複数名採用できるほか、調査会社や弁理士等の外部資源を活用する形で、国内外の技術動向調査や、知財・標準化対応、広報活動等のサポート体制を構築できる。

また、JST は、PM の指示に基づき、プログラムに参画する研究開発機関との委託研究契約の締結やそれら研究資金の管理のほか、JST が有する知財管理、国際標準化、広報、技術動向調査等の機能を利用して PM 活動を側面支援する。

【今後の課題】

アンケート調査結果では、PM 補佐によるサポートを評価する声が過半を占め、例えば大学出身の PM が民間出身者を PM 補佐として採用するなど、PM のマネージメントを補完する手段として効果的に活用された。

他方、知財管理や国際標準化、国内外の技術動向調査等については、専門性を持った人材がいない、JST の支援機能を生かし切れていない、海外における最新の技術動向調査や比較分析が不十分である等の指摘がみられたほか、JST が行う調達・契約・資金管理等のサポートに関しても柔軟性やスピード感に欠ける等の回答がみられた。

また、広報については、各プログラムの意義・重要性やインパクトを分かりやすく伝える取り組みが不足していたため、産業界等における認知度が総じて低いといった指摘

がみられたほか、海外機関との連携や得られた研究成果を世界に発信するという視点での取り組みも十分とは言えない。一部プログラムではエビデンスが十分でない研究成果を勇み足で発表し、マスコミや関係するアカデミアから批判を受けた事例もみられた。

【改善の方向性】

PM に対する支援活動は、知財や国際標準化など全プログラムに共通するもののほか、技術動向調査のようにプログラム毎に高度な専門性が要求されるものまで幅広い活動が見込まれる。JST が本来業務として行っている知財・標準化の支援や技術動向調査等の機能にも限界があるため、足りない部分は関係する外部の調査会社や専門家等をリスト化し、PM に外部資源の活用を促すことが必要

広報については、最先端研究を一般にも分かりやすく伝える「エバンジェリスト」のような広報専門家を JST に配置することを念頭に、メディア戦略や広報体制を抜本的に強化することが必要である。また、海外の関係機関（ファンディング・エージェンシー等）との連携を通じ、ImPACT の研究成果を積極的に世界に発信していくことが重要である。

（６）有識者会議等による進捗管理及び PM の評価

【現状】

各プログラムの進捗状況等を把握するため、CSTI 議員で構成する ImPACT 有識者会議が設置され、作り込みから研究開発の実施に至る各段階で定期的に PM から報告を受け、適宜、大局的な見地から助言等が行われた。

また、イノベーション創出に向けた知財・事業化戦略等が適正に行われるよう、外部専門家を ImPACT アドバイザーとして委嘱し、定期的に PM のマネジメント状況等のレビューが実施された。

さらに、研究開始４年目（29 年度）からは、16 プログラムの分野・領域毎に複数の外部専門家を委嘱し、研究開発の進捗状況や成果獲得の見通しに加え、制度にふさわしい研究成果が見込まれるかといった観点も含め、総合的かつ客観的な評価を行うよう取り組みが開始されている。

研究資金の配分については、前述のとおり作り込み時に研究期間全体の大枠を示すとともに、PM から追加配分の希望がある場合には、研究開発の進捗状況等に応じて ImPACT 推進会議/有識者会議が追加の可否を判断することとし、PM のチャレンジ力を最大限に引き出すように配慮した運用がなされている。

これら進捗管理の過程で、PM が目標とする研究成果が産業・社会のあり方の変革にインパクトを与えないことが懸念される場合には、有識者会議がプログラムの改善を要求し、十分な改善が見込まれない場合には PM の解任が可能な仕組みとしている。

各プログラムの評価は、中間段階では行わずプログラム終了後に行うことされており、

終了時評価では、得られた研究成果の内容だけでなく PM が行ったマネージメントの過程の適切性や、プログラムが失敗した場合もそこから何を学んだか等を対象として行うこととされている。

＜評価の視点＞

①PM が実施管理を行った研究開発プログラムに関する評価

- ・産業や社会のあり方の変革をもたらす見通しは得られたか。
- ・漸進的ではなく、非連続的なイノベーションが生まれる見通しは得られたか。
- ・ハイリスク・ハイインパクトなチャレンジは行われたか。
- ・我が国のトップレベルの研究開発力及び様々な知識を結集することができたか。

②PM 自身の活動に関する評価

- ・当初想定された計画では目標達成が困難な見通しとなった際の研究開発の計画変更や、派生した研究開発の展開、成果の事業化のための企画・調整など、PM によるプログラム・マネージメントの過程は適切だったか。
- ・目標通りの成果が得られない場合などにおいて、その原因分析・解析が適切に行われ、今後の我が国における PM 活動のあり方に関する有益な教訓を導出できたか。

【今後の課題】

アンケート調査結果では、4 割の回答者が、有識者会議や ImPACT アドバイザー等による助言が、知財戦略や将来の事業化構想など多角的・専門的な視点からのものであり非常に有意義である、PM と適度な緊張関係を形成する上で必要不可欠である等、評価する声がみられた。

ただし、今後は、研究開発のハイリスク・ハイインパクト性を担保し、ImPACT が目指す非連続的・破壊的なイノベーションの創出にふさわしい研究成果を得るためには、前述のとおり対象とする分野・領域毎に外部専門家による技術的な評価が不可欠である。

一方、約 3 割の回答者からは、現行の外部有識者によるレビュー会及び 4 年目から開始した外部専門家による評価（技術ヒアリング）等を念頭に、

- ①進捗管理に複雑さが増して PM の自主性を損ね、マイクロマネージメントを懸念する。
- ②プログラム内にも同様のアドバイザー会議が存在し、役割が重複する。
- ③それら指摘事項がハイリスク・ハイインパクトというコンセプトの割に出口に近い成果を求めている印象を受ける。

等の課題も提起されている。

【改善の方向性】

以上のことから、29 年度から導入した外部専門家による評価（技術ヒアリング）については、ステージゲート時（中間評価）及びプログラム終了時（終了時評価）のみとし、

ステージゲート時以外は、前述の統括責任者の指導・助言の下、PMの自主性及び裁量を最大限に尊重するメリハリのある進捗管理に見直すことが適当である。

また、ステージゲートでは、プログラムの中止判断だけでなく、それまでのPMの資質・能力の発揮状態や研究開発のステージに応じ、適当な場合にはPMを交代させたり、統括責任者によるPMの評価結果をPMの報酬に反映させるなど、PMのチャレンジ力を最大限に引き出す工夫も必要である。

このほか、各プログラムの終了時評価では、現行の評価の考え方に従い、研究開発の到達レベル（Technology Readiness Level）のみで評価するのではなく、非連続・破壊的なイノベーションの創出にふさわしい成果を得るために、PMがどのようにアプローチしたかのプロセスに十分留意して行い、プログラムの派生効果や若手研究者の育成等も考慮する必要がある。

（7）その他

【今後の課題】

今後の政府全体の科学技術政策及び経済財政政策の基本方針を定める「科学技術イノベーション総合戦略 2017」、「未来投資戦略 2017」では、ImPACTの運営経験等を参考に、より挑戦的な研究開発の推進や民間の研究開発投資を呼び込む新しい研究支援手法として、アワード型研究開発制度等の創設に向けた検討が求められている。

【改善の方向性】

アワード型研究開発制度については、米国では既に様々な省庁に導入され、

- ① 国が挑戦的な目標を設定し、達成された場合にのみ懸賞金が授与される財政効率の良い仕組みである。
- ② 民間の自発的な研究開発を呼び込み、国全体の研究開発を拡大できる。

等のメリットが認められており、我が国においても導入を検討すべき重要な課題である。

引き続き、米国における制度的な枠組みや実施状況等を調査し、我が国の実情に適した形で具体的な制度内容を詰め、可能であれば31年度以降の後継対策に組み込むことを期待したい。

2. ハイインパクト研究を推進するための環境整備

（1）PM人材の育成・確保

【現状】

ImPACTは、我が国初の取り組みとして多くの経験や教訓が得られたとこであり、理想のPM人材の輩出に関しても、DARPAを凌ぐ「スーパーPM」と言えるようなイノベーションの創出を強力に牽引する素晴らしいPMが複数生まれている。また、PM補佐やPIとして多くの若手研究者が活躍し、将来のPM候補人材の育成にも大きく貢献したと言える。

【改善の方向性】

しかしながら、今後、産業・社会にゲームチェンジ、パラダイム転換をもたらすようなハイインパクト研究の推進を各省庁に横展開していくには、未だ PM 人材が圧倒的に不足しており、ImPACT 後継プログラムの措置により、斬新な発想やチャレンジ精神に富んだ若手研究者等を PM として更に育成・確保し、それら PM 経験者が各界で活躍できる条件を整備していくことが重要と考えられる。

また、後継プログラムを措置するに当たっては、JST や NEDO 等が進める PM 人材の育成スキームとの連携を図ることが重要であり、その際、ImPACT の経験や教訓が語れる PM・OB の活用を検討すべきである。さらに、将来的には CSTI における PM 人材の登録制度の創設も視野に、人材流動化に向けた環境整備に取り組むことが必要と考えられる。

(2) 研究成果の橋渡しに向けた取組の強化

【現状】

各プログラムの実施過程では、オープン・クローズ戦略を明確に意識した情報管理が徹底されており、民間企業の参加を積極的に誘導している。また、海外の研究機関が参加する場合には、当該機関において得られた知財権の 50%以上が JST に帰属されることを条件として参画が可能となる仕組みとなっており、実際、一部のプログラムでは海外の大学研究者が参加している。

研究開発で得た知財権は、当該研究開発機関に帰属させることを基本とするが、PM がそれら知財等をプール化して産業界等に橋渡すためのプラットフォームづくりやベンチャーの立ち上げ等に取り組む事例もみられ、総じて研究成果の実用化・事業化を強く意識した活動が行われていると評価できる。

【改善の方向性】

ImPACT は、PM の構想・アイデアに基づきプログラムが展開されるため、今後、得られた研究成果の社会実装を図るためには、プログラム期間中からの産業界や関係省庁等とのコミュニケーション及び連携を図り、関心を示す民間企業等を積極的にプログラムに巻き込んでいくことが重要となる。

このため、現在、各 PM が研究成果移転のためのプラットフォームづくりや、ベンチャーの立ち上げ等に精力的に取り組んでいるところであるが、CSTI においても他省庁の関係プログラムへの紹介・斡旋や SIP においてプログラム化を図るなど、イノベーション創出に向けたエコ・システムの構築に向けて CSTI が積極的に司令塔機能を発揮することが重要である。

(参考5)

ImPACT プログラム評価委員会 委員名簿

プログラム	氏名	所属・役職
伊藤	東 雄一	(公社)自動車技術会 常務理事
	澤本 光男	中部大学 総合工学研究所 教授
	中壽賀 章	積水化学工業(株)高機能プラスチックカンパニー シニアフェロー
	西出 宏之	早稲田大学 理工学術院 教授
	渡邊 正義	横浜国立大学 大学院工学研究院 院長 理工学府長／理工学部長
合田	近藤 昭彦	神戸大学 大学院科学技術イノベーション研究科長 教授 理化学研究所 環境資源科学研究センター 細胞生産研究チーム
	高松 哲郎	京都府立医科大学 特任講座医学フォトニクス講座 教授
	永井 健治	大阪大学 名誉教授・副理事 共創機構産学競争本部 イノベーション共創部門長 先導的学際領域研究機構 超次元ライフイメージング 研究部門長
	森 勇介	大阪大学大学院工学研究科 教授
佐野	伊澤 達夫	千歳科学技術大学 理事長
	上坂 充	東京大学 大学院工学系研究科 原子力専攻 教授
	関田 仁志	サイバーレーザー(株) 代表取締役社長
	八木 重典	元 科学技術振興機構 ACCEL プログラムマネージャ
佐橋	秋永 広幸	産業技術総合研究所 ナノエレクトロニクス研究部門 総括研究主幹
	上野山 雄	大阪大学 COI 研究推進機構 機構長 パナソニック(株)客員
	木村 康則	(株)富士通研究所 フェロー (JST CRDS 上席フェロー)
	高木 信一	東京大学 大学院工学系研究科 教授
	安浦 寛人	九州大学 理事・副学長
山海	秋永 広幸	(前掲)
	佐久間 一郎	東京大学 大学院工学系研究科 教授
	下条 誠	電気通信大学 名誉教授
	陳 隆明	兵庫県社会福祉事業団 総合リハビリテーションセンター 福祉のまちづくり研究所 所長 兼 ロボットリハビリテーションセンター長

プログラム	氏名	所属・役職
鈴木	清水 昌	(一財)バイオインダストリー協会 会長
	下村 政嗣	千歳科学技術大学 理工学部応用化学生物学科 教授
	瀬戸山 亨	三菱ケミカル(株) 執行役員 横浜研究所瀬戸山研究室長
	中壽賀 章	積水化学工業(株) 高機能プラスチックカンパニー シニアフェロー
	西出 宏之	(前掲)
田所	石川 裕	清水建設(株) 専務執行役員・技術研究所長・技術戦略室長
	佐藤 知正	東京大学 名誉教授 NEDO ロボット・AI 部 アドバイザー
	鈴木 真二	東京大学 大学院工学系研究科 航空宇宙工学専攻 教授
	高田 亮平	新日鐵住金(株) 技術開発本部 研究設備エンジニアリング室兼務
	松日楽 信人	芝浦工業大学 機械機能工学科 教授
藤田	熊谷 教孝	(公財)高輝度光科学研究センター 名誉フェロー
	小崎 完	北海道大学 大学院工学研究院 副学院長・教授
	中島 健	京都大学 複合原子力科学研究所 副所長 大学院工学研究科 原子核工学専攻 教授
	藤井 貞夫	(一財)エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究部 部長
	山地 憲治	(公財)地球環境産業技術研究機構 理事・研究所長
宮田	魚崎 浩平	物質・材料研究機構 フェロー
	田澤 豊彦	日本電子(株) 取締役兼専務執行役員
	原田 慶恵	大阪大学 蛋白質研究所 教授
	吉田 智一	シスメックス(株) 執行役員・中央研究所長
	渡邊 裕幸	富士フイルム(株) フェロー
八木	遠藤 啓吾	京都医療科学大学 学長
	梶谷 文彦	川崎医科大学 名誉教授
	金出 武雄	(前掲)
	光嶋 勲	広島大学病院 国際リンパ浮腫治療センター センター長
	原 勉	浜松ホトニクス(株) 常務取締役・中央研究所長

プログラム	氏名	所属・役職
山川	浅川 和雄	(株)富士通研究所 フェロー
	定藤 規弘	自然科学研究機構 生理学研究所 教授
	土井 美和子	情報通信研究機構 監事 奈良先端科学技術大学院大学 理事
	中村 仁彦	東京大学 大学院情報理工学系研究科 教授
山本	井元 信之	大阪大学 大学院基礎工学研究科 教授
	戎崎 俊一	理化学研究所 戎崎計算宇宙物理研究室 主任研究員
	田村 泰孝	(株)富士通研究所 フェロー
	西野 哲朗	電気通信大学 大学院情報理工学系研究科 教授
	平山 祥郎	東北大学 大学院理学研究科 教授
白坂	岡田 光信	(株)アストロスケールホールディングス 代表取締役
	佐宗 章弘	名古屋大学 学術研究・産学連携推進本部 副本部長 大学院工学系研究科
	島田 政信	東京電機大学 大学院理工学研究科 建築・都市環境学専攻 教授
	村上 仁己	コアテック(株) 取締役・主席研究員
野地	神原 秀記	フロンティアバイオシステムズ(株) 代表取締役社長
	竹山 春子	早稲田大学 理工学術院生命医科学科 教授
	中井 孝尚	(株)カネカ Pharma & Supplemental Nutrition Solutions Vehicle Pharma 企画部長
	根本 直人	埼玉大学 大学院理工学研究科 教授
原田香	川村 貞夫	立命館大学 ロボティクス研究センター センター長 理工学部ロボティクス学科 教授
	北島 政樹	国際医療福祉大学 副理事長・名誉学長 慶應義塾大学 医学部 名誉教授
	田中 真美	東北大学 大学院医工学研究科 教授
	中嶋 勝己	(公財)新産業創造研究機構 研究開発部門 主席 (ロボットAI 総括)
	松日楽 信人	(前掲)

プログラム	氏名	所属・役職
原田博	北川 博之	筑波大学 計算科学研究センター兼人工知能センター 教授
	酒巻 哲夫	群馬大学 名誉教授
	中嶋 信生	電気通信大学 産学官連携センター 特任教授
	松村 泰志	大阪大学 大学院医学系研究科 情報統合医学講座 教授 医学部附属病院 病院長補佐・医療情報部部長
	山西 健司	東京大学 大学院情報理工学系研究科 教授

PM	氏名:	伊藤 耕三
PM補佐	氏名:	加藤 尚樹
		石原 正司
		松井 正宏

番号	評価視点		PM記入欄		プログラム評価委員記入欄	
			自己評価コメント	自己評価点数	所見	評定
1	産業や社会のあり方の変革(漸進的でなく、非連続的なイノベーション)をもたらす見通しに関する視点		当初の目標を適宜、更に高い目標に変更、発展させながら、これまでにない産学連携のマトリクス運営を実践し、課題に取り組んだ結果、基礎・応用の両面で種々の予想を超える成果に繋がった。終了後は、自動車以外の分野でも早期の実用化が予想され、我が国の産業競争力の強靱化、安全安心・低環境負荷の未来社会の実現への貢献が期待される。	4	プログラム開始時からユーザーエンドの企業も交えてニーズを踏まえ、既存ポリマーでは未達だったレベルの強靱さを目指す非連続な高い目標を立て、達成した。各部材において、将来の産業や社会のあり方に変革をもたらす可能性のある成果が得られた。	4
	①	将来の産業や社会のあり方の変革をもたらすような革新性を有する研究成果が獲得されたか。	ポリマーは硬くすると脆くなるというトレードオフがあり、軽量化には有効であるが、強度と靱性の両立が大きな課題である。タフ化の原理を明らかにすることで、従来の限界を超える薄膜化と強靱化を備えた「しなやかなタフポリマー」を実現し、非連続イノベーションを引き起こす。自動車をはじめとする輸送機器の軽量化・信頼性・安全性を飛躍的に向上させるとともに、ロボット、電子デバイス、医療機器、農業など広範なポリマーへの応用展開および波及効果を通じて、産業や社会のあり方に革新をもたらすための材料設計指針が得られた。	○	ポリマーには硬さと脆さのトレードオフがあり、構造材料への使用は限定的であった。しかし、破壊のメカニズム及び強靱性発現のメカニズムを解明してそのトレードオフを突破し、軽量かつ強靱なポリマー構造材料が作りうることを実証したことは、極めて革新的な研究成果である。	○
	②	産業や社会のあり方変革に向けた戦略が具体的かつ明確となったか。	本プログラムでは、いずれも企業単独では解決が到底不可能な高分子材料の本質的なトレードオフにブレークスルーをもたらしただけでなく、従来の材料の物性値を1桁近く高めたという達成値が数多く含まれており、高分子材料に対する認識が変化し、その結果、モビリティの軽量化、電動化という戦略を通じて持続可能性社会の実現を促し、将来の産業や社会のあり方に変革を可能とする成果が得られた。	○	一つの具体例として開発した素材によってコンセプトカーを作成することで、電動自動車の車重を減らし低炭素社会・持続可能社会を構築するという方向性を示し、産業や社会のあり方変革に向けた戦略を具体的に明確にした。	○
	③	戦略の実現に向けた課題が整理・明確化されたか。	我が国最高のアカデミアが強力に連携しながら、根本的課題であるポリマーの強靱性をもたらすミクロの分子設計とマクロの破壊力学を結びつける破壊の分子理論を解明し、「しなやかなタフポリマー」の分子設計と材料設計の指針を確立した。得られた指針を、各材料開発企業が、新規な分子結合や高次構造設計に結びつけ、戦略的かつ効率的に革新的概念のタフポリマーを実現し、産業適用性の観点から自動車メーカーが検証するとともに、コンセプトカーの製作を通じて社会実装の有効性を示した。	○	電気自動車への適応の可能性をより現実的に検証するために、自動車メーカーを評価者として参画させることで、各素材の達成度や実用化にむけた課題を整理・明確化できている。	○
	④	技術的課題を克服するためのアイデア・着眼点の斬新さ、技術的なサプライズは存在したか。	①ブリヂストンPJでは、ゴムの破壊現象解明として亀裂先端の形状という新しい着眼点で取り組み、ゴム処方との相関解明から、転移エネルギーを従来の4倍向上させた。②東レPJでは、アカデミアから生まれた新規分子構造である環動ポリマーを東レ独自技術(ナノアロイ)と結びつけ、強度を維持したまま破断伸びを従来の約10倍とした。③AGCでは、複数のアカデミアの協力を得て、新たなアイデアにより、電解質膜のタフ化指標発見した結果、膜厚を1/51にして耐久性を5倍とした。	○	Spring-8や京といった大型設備を駆使して破壊のメカニズムを解明する着眼点や、ポリシロキサンやダブルネットワークによる強靱性付与のアイデアは、斬新で技術的なサプライズが存在した。	○
	⑤	戦略の実現に向けた道行き(ロードマップ)が適切に描けたか。	例えばブリヂストンPJでは、H28年度までにゴムの破壊現象の解析結果とゴム処方の相関関係を纏め、新規タイヤのコンセプト、設計指針を確立した。平成29年度より製品化検討に移行し、タイヤゴム重量の40%減を目指す。他PJでもロードマップが適正で実現可能なものとなっている。PJ毎に開催される進捗会議において、見える化と共有化を常に図りながら、進捗度(ロードマップ)を都度更新してきた。	○	今回のプロジェクトでは、ポリマーのタフ化の分子設計論を見いだせた段階である。今後の社会実装に向けたロードマップは参加企業に期待したい。	○
	⑥	戦略の実現に向けた産業界との連携・橋渡し等が行われたか。	世界に前例のない強力な産学連携研究開発体制として、「マトリクス運営」を採用し、出口戦略の実現に向けた産業界とアカデミアの連携・橋渡しを行ってきた。各企業の個別課題を異なる技術を有する複数のアカデミアと同時に共同研究開発を行うことで、集中的かつ効率的な課題解決を実現できた。タフ化のための材料設計指針は、他の高分子材料、テーマにも展開可能であり、H29年度より、新規企業2社参画も含め、計5テーマを追加し、産業界との連携を強化した。また、破壊に関する実験結果を集約し、国内外に例を見ない「高分子破壊標準データベース」のプロトタイプ構築に取り組み、SIP、NIMSとの連携のもと、最新のMIやAI、データ科学等を駆使して、タフ化の新しい材料設計指針の発見を試みている。	○	五つのテーマに各1社を割り当て、これにアカデミアが連携するマトリクス運営とクローズド研究を組み合わせた推進体制は、産業界との連携・橋渡しにおいて有効に機能した。一方で、クローズド研究の成果活用が参加企業の経営判断に委ねられてしまう問題もある。	○
2	上記①以外の派生的な効果(派生的に生み出された成果、新たな学術的知見の創出、失敗から得られた知見等)に関する視点		マトリクス運営では、企業PJがクローズに行う競争領域とアカデミアが横断的共通課題としてオープンに取り組む協調領域を存在させ、新規なオープンイノベーションを実践している。競争領域の知財戦略は、企業独自で担当し、アカデミアが見出した新規技術については、積極的にその特許化と企業活用の促進、機会設定を行ってきた。具体的には協調領域の成果として、ゴム亀裂モード転移のシミュレーション方法等が権利化されている他、20件弱のアカデミア出願があり、発明説明会で企業活用の積極的促進を図ってきた。また、必要に応じ、知財運用会議を開催し、知財や商標の取り扱い、個別の知財課題への対応、知財ポリシーや知財戦略を検討してきた。標準化戦略についても、得られた亀裂進展の評価方法や、理論的解釈、シミュレーションによる成果などをベースにして、JISやISOの取得に向けた検討を開始している。	○	知財化より秘匿化を優先する判断も含めて、適正な知財戦略が実践されている。今後、試験方法等の国際標準化が望まれる。	○
			本プログラムでは、基盤的研究課題の中で数多くの学術的知見が得られた。自己修復材料だけでも、相田グループが報告したガラスレベルのヤング率を示す自己修復性材料やナノシートを利用した複合材料、原田グループの強靱な自己修復材料、俣グループの水中でも修復可能な材料、グングループのイオン性自己修復材料、大塚グループの産業適用性の高い自己修復材料など枚挙にいとまがない。また高分子の破壊機構という点に関しても、奥村グループによる亀裂進展の転移現象のモデル化と厳密解の発見、高分子破壊の全原子シミュレーションなどは、新たな学術的知見の創出につながる画期的な成果である。これ以外にも企業との接触に触発され、企業の実用に近い課題の中から基礎研究として重要な発見が数多く生まれている	1	構築した材料特性データ・ベースを利用したシミュレーション技術の開発やMI研究への活用は想定以上であった。今後も広く活用され、継続的に充実されるような仕組みが作られることを期待する。	0.8

全体評価(案)	
(所見)	
ポリマー開発において難題とされていた「堅さ」と「脆さ」のトレードオフ関係を突破し、これまでにない軽量かつしなやかなタフ・ポリマー開発に成功し、タイヤでは摩耗速度を60%低減、アミド樹脂の破断伸度では10倍の性能向上を達成した。これら研究開発過程では、基礎研究の知見・アイデアを提供する大学と、それら知見・アイデアを製品に応用し、実用可能性を検証する個別企業とをマトリクス関係で結び付ける独特の産学連携体制を採ることにより、企業側のオープン・クローズ戦略性を引き出し、5年間の限られた中で驚異的なスピードで画期的な研究成果を創出した。また、それら素材は、EVコンセプトカーという形で実用可能性を検証し、国内各所において展示会等を主催することにより、しなやかポリマーの有用性・実用性をアピールした。参画企業においては、既に事業化・製品化に向けた取組が開始されており、自動車産業をはじめ、様々な産業分野に大きなインパクトが予想されることから、将来の産業・社会のあり方の変革に向けた見通しが得られたと判断して差し支えない。	

研究開発プログラム(研究成果)に関する評価シート

PM	氏名:	合田 圭介
PM補佐	氏名:	伊藤 卓朗
		新田 尚
		杉村 武昭

番号	評価視点	PM記入欄		プログラム評価委員記入欄	
		自己評価コメント	自己評価 点数	所見	評価
1	産業や社会のあり方の変革(漸進的でなく、非連続的なイノベーション)をもたらす見通しに関する視点	本プログラムから発表された成果は、従来技術とは非連続な革新的技術として、Nature誌で”A ‘smart’ system could upend a decades-old method of cell analysis”(「賢い」システムが数十年来の細胞解析手法をノックダウンした)という見出しで報道されたほか、Nature Photonics誌、Nature Methods誌などでも取り上げられており、国際的に高く評価されている。また、国内でも日本経済新聞をはじめとして毎日新聞、時事通信、日刊工業新聞などで取り上げられており、バイオ・医療の分野で社会を変革し得る次世代技術として注目されている。本プログラムの統合システムの成果以外でも、多くの派生的に生み出された成果、新たな学術的知見の創出が得られており、これらの成果は光科学、電子工学、応用化学、分子生物学、情報科学、遺伝子工学など多岐にわたる。これらの本プログラムの成果から、非連続的なイノベーションにより産業や社会のあり方の変革をもたらす見通しは十分に得られたといえる。	4	バイオ産業の発展において、一細胞レベルでの解析や高速ソーティングは強く期待される技術である。今後、産業や社会の在り方の変革をもたらすかは、ユーザーフレンドリーな汎用機器を開発して、ビジネス展開がどの程度可能になるかによる。魅力的な応用事例に対処できるかは現時点で実証できていない点が課題である。	3.75
	① 将来の産業や社会のあり方の変革をもたらすような革新性を有する研究成果が獲得されたか。	本プログラムでは、物理学、化学、情報科学、マイクロ流体工学などの多岐にわたる分野の最先端技術を結集し、多種多様な細胞集団に含まれる一つ一つの細胞を高速に撮像し、深層学習などの最先端の情報処理技術でそれらの画像をリアルタイムに判別して、特定の細胞を選抜する世界初のインテリジェント画像活性細胞選抜法 (Intelligent Image-Activated Cell Sorter: IACS)の開発に成功し (Nitta et al, Cell 175, 1 (2018)), 世界中のメディアや研究者から破壊的イノベーションとして大きな注目を浴びた。本基盤技術は、その従来にない高い分取性能から、細胞生物学、遺伝学、免疫学、病理学、微生物学、再生医学、薬学などのきわめて広範囲な領域にわたって応用展開が期待されており、上述の産業や社会の在り方に変革をもたらすような革新性を有する研究成果である。	○	特定の細胞を分別できる世界初の技術の開発に成功したことは革新性を有するものである。ただ、まだ大きなインパクトをもたらす確実な産業応用例が得られていないことから、個々の産業応用例に対して具体的な実証が必要である。	○
	② 産業や社会のあり方変革に向けた戦略が具体的かつ明確となったか。	今まで解決することができなかった、バイオ産業における精度と速度の間トレードオフの壁を突破し、未踏領域の定量的目標を達成することができたことで、産業や社会のあり方変革に向けた戦略が具体的かつ明確となっている。具体的には、ライフイノベーション領域では血液中のがん細胞や血小板の1細胞レベルでの解析により、Precision medicineによる治療効果を向上する高精度がん診断や、心筋梗塞や脳梗塞の原因となるアテローム血栓症の予防診断などの実現を目指す。また、グリーンイノベーション領域では、藻類細胞や微生物の1細胞レベルの解析により、バイオ燃料の生産性向上などの実現を目指している。本プログラムの研究成果により、これらの実現に向けて他の追従を許さない世界でオンリーワンの手法となり得る。	○	一細胞レベルの詳細な解析を高速で実施するという戦略を堅持し、より高精度な診断や細胞育種の可能性が明確化された。さらに精度が上がると真価が発揮されるであろう。最終的な臨床応用や、育種細胞の産業応用がなされていないため、最終的なインパクトが評価できず、有用性の実証が必要である。	○
	③ 戦略の実現に向けた課題が整理・明確化されたか。	本プログラムの成果として得られた基盤技術に加えて、分取細胞の網羅的遺伝子解析が応用展開できるようになれば、臨床医学や創薬への応用展開の幅が格段に広がる。また、基礎生物学的観点からは、細胞の特徴・機能・応答に関する新たな遺伝子を網羅的に解明できるようになる。そのため、分取後に1細胞遺伝子解析を行うことは、細胞の多様性、延いては、生物を理解する上で非常に有用であり、本プログラムの成果が実現されたことで、学術的な発展の可能性と、応用展開の可能性の双方で、戦略の実現に向けた課題が整理され、明確となった。	○	セレンディピターの適用範囲は広く、プログラムで実施した実証評価だけでは応用展開に必要な性能が実現できているかは不明確である。したがって、共同利用機器として開放し、ユーザーを拡大するとともに実証評価を行う戦略は適切である。	○
	④ 技術的課題を克服するためのアイデア・着眼点の斬新さ、技術的なサプライズは存在したか。	従来技術では高スループットかつ高精度に細胞を評価・分取することができず、これらのトレードオフの克服が必要であることが技術的課題であった。これに対して、細胞を高速に細胞の多次元データを解析する方向を目指して国外で熾烈な研究開発競争が繰り広げられているが、画像をもとに1秒に100細胞程度の速度で分取を行い実証した例は、本プログラムの成果を除いて存在しない。本技術は、上述のようにNature誌で「従来手法をノックダウンした」と報道されるなど、次世代技術として注目されており、技術的課題を克服するためのアイデア・着眼点の斬新さ、技術的なサプライズの存在が国際的に認められた。	○	顕微鏡とセルソーターの融合という夢を、多くの斬新な要素技術開発とその統合で実現している点はサプライズである。中でも高速高出力波長切り替え光源により多チャンネル高速ラマン画像取得を可能にした点は素晴らしい。	○
	⑤ 戦略の実現に向けた道行き(ロードマップ)が適切に描けたか。	素粒子実験におけるディテクター開発のイメージでロードマップを描き、研究開発を進めた。各研究機関で各要素技術を開発し、それらを基本システムに融合して統合システムを開発し、特定の技術には依存せずに、プログラム全体のリスクを最小限にした。要素技術開発フェーズと統合開発及び実証評価のフェーズに分けて、その間にステージゲートを設けることにより、最終目標に対し最善の選択を行うことができた。その結果上記の成果が得られており、戦略の実現に向けたロードマップが適切に描けていたといえる。	○	異分野の知見や技術を融合して複数の候補技術から絞り込んでいくPhase1と要素技術を統合しシステムの研究開発を進めたPhase2に分け、ステージゲート方式を用いるなど、研究開発のロードマップ戦略は適切であった。	○
	⑥ 戦略の実現に向けた産業界との連携・橋渡し等が行われたか。	既に一部技術については企業と製品化などの相談を行い、既存企業等へのライセンス供与などが進んでいる。また、本プログラムの成果に対する産業化の期待は高く、様々な分野での応用展開をするためのオープンイノベーション拠点の形成を進め、産業界を含む共同研究に向けた取り組みを進めている。また、ベンチャー企業が2社設立されており、戦略の実現に向けた産業界との連携・橋渡しが行われている。	○	既に一部の要素技術については、既存企業等へのライセンス供与も進んでいる。ベンチャーの設立自体は評価できるが、産業界への具体的な橋渡しは不明確である。	○
	⑦ 知財・標準化戦略は明確かつ適正か。	知財戦略については、権利化と事業化の両面から進めた。知財の権利化については、重要な要素技術を中心に積極的な特許出願を進め、国際調査結果を活用した早期審査による権利化などの結果により、ImPACT期間中に複数のコア特許について権利を確定した。また、事業化後を見据えた知財のステータス調査やクリアランス調査を注力して進め、事業化の戦略策定を進めた。また、将来の標準化に向けて、フローサイトメトリー分野の標準化を手掛けており産業界からの参加も多い国際学会組織への働きかけも進めた。以上の取り組みの成果から、知財・標準化戦略は明確かつ適正といえる。	○	知財調査に注力した点は評価できるが、知財ポートフォリオが戦略的に策定されているかは不明確である。オープン利用プラットフォームを通して広く用途探索を行い、デファクトスタンダードとなることが期待される。	△
2	上記①以外の派生的な効果(派生的に生み出された成果、新たな学術的知見の創出、失敗から得られた知見等)に関する視点	セレンディピターならびにその実証評価を中心とした成果のほかにも、本プログラムでは、要素技術や実証評価に関連した研究開発やそこから派生した研究により多くの成果を得た。本プログラムの統合システムの成果以外でも、多くの派生的に生み出された成果、新たな学術的知見の創出が得られており、様々な世界トップレベルの成果を発表している。これらの成果は学際的なプロジェクトの構成と同様、光科学、電子工学、応用化学、分子生物学、情報科学、遺伝子工学など多岐にわたる。	1	要素技術開発や実証評価研究から派生して学術的知見が創出されている。また、「スタート時45歳以下の若手の登用」と「選択と集中」を行ったことも評価できる。	1

全体評価(案)
(所見)
物理学・化学・情報化学・マイクロ流体工学等の広範囲にわたる最先端技術を結集し、血液中のがん細胞等を1細胞レベルで高速かつ高精度に検出・識別できる世界初の計測システムを開発した。さらに、インパクトファクター10以上の学術論文も14報受理され、Nature誌で特集が組まれる等、学術的な評価も高い。 しかしながら、5年間という限られた研究開発期間では、所期の目標である様々な生物を対象として多様な変異・機能を1細胞レベルで高速・高感度に検出・識別できることまでは実証できず、また、産業応用に向けた取組も道半ばの状況にあることから、現段階において、将来のバイオテクノロジー分野に大きな変革をもたらす見通しが確実にたったと言うのは難しいと思われる。今後、東京大学セレンディピティラボ等で産業応用に向けた取り組みが進むことを期待する。

研究開発プログラム(研究成果)に関する評価シート

PM	氏名:	佐野 雄二
PM補佐	氏名:	三浦 崇広
		北村 一夫

番号	評価視点	PM記入欄		プログラム評価委員記入欄	
		自己評価コメント	自己評価 点数	所見	評価
1	産業や社会のあり方の変革(漸進的でなく、非連続的なイノベーション)をもたらす見通しに関する視点	レーザー加速XFELおよび超小型パワーレーザーは様々な応用に展開可能な基盤技術であり、「産業や社会のあり方の変革」に関して多くのアイデアが生まれている。例えば、超小型パワーレーザーを応用した溶接欠陥検査システムは、慢性的な建設現場の人手不足を解消する。インフラのメンテナンスや危険物・有害薬物の検出は、安全・安心な社会の実現に寄与する。また、超小型パワーレーザーを内視鏡に組み込み、消化系や循環系器官のがん治療に応用すれば、長寿社会の実現に貢献する。 現時点では開発したレーザーの出荷が始まったばかりであるため直接の産業規模は小さいが、レーザー全体の市場は1兆円を超えCAGRは5～6%の成長分野である。超小型パワーレーザーの投入により新規分野の開拓が進み、国内産業の牽引役となる可能性は高い。一方、XFELはサイエンスのフロンティアを切り拓く基盤技術である。産業への貢献の数値化は難しいが、研究および産業競争力に及ぼすトリクルダウン効果は非常に大きい。	3	超小型パワーレーザーにおいては、レーザー媒質の構成において独創的な革新をもたらし、多くの産業へ展開され非連続な発展をもたらすことが期待される。 超小型XFELは、目標としたX線発振に至らず、実現に向けた戦略も不十分と考えられ、産業や社会のあり方変革をもたらす見通しは得られていない。	2.5
	① 将来の産業や社会のあり方の変革をもたらすような革新性を有する研究成果が獲得されたか。	レーザー加速XFELに関しては、以下のような革新的な研究成果を得た。 ・安定でスケーラブルな電子加速を実現するレーザーシステムを開発し、レーザー電子加速専用プラットホームを構築 ・世界一安定で効率の高い電子ビームを実現し、世界初の電子ビーム長距離輸送後の追加速(2段加速)に成功 ・モノリシックで調整を不要とする世界最短周期のアンジュレーター磁石を開発し、性能を実証 電子加速に必要な要素を「電子発生」「制御」「加速」の3つに集約し、各々を独立に制御できるモジュール化された加速システムを考案した。その具体化のため、独立な3本のレーザービームを備えたレーザーシステムを独自に設計・開発し、プラットホームとして整備、運用を開始した。また、低速Z-pinch放電による長尺プラズマチャネル(50mm)の形成と、それによるレーザーのガイディングを実証し、1.3GeV電子加速の兆候を確認した。 超小型パワーレーザーでは、以下のような革新的な研究成果を得た。 ・レーザー媒質と透明冷却基板の常温接合に世界で初めて成功し、世界最高出力密度のレーザーを開発 異種酸化物の常温接合により、レーザーの冷却性能を飛躍的に高め、レーザーの超小型化を達成した。ロボットアームへの搭載を実現し、高出力パルスレーザーの実適用を妨げてきた伝送の問題(ミラーや光ファイバーの損傷)を解決した。また、小型化により狭隘部への適用性が向上し、インフラ設備メンテナンス等ポータビリティを活かした応用が可能となった。	○	超小型パワーレーザーは、世界初の異種酸化物の常温圧接合により世界最高出力密度のハンドヘルドレーザーを実現したことは革新的成果といえる。 超小型XFELはレーザープラズマ加速による電子ビーム発生、加速、小型アンジュレーター開発など個別の要素では大きな成果が得られたが、統合したXFELとしては目標達成に至らなかった。	△
	② 産業や社会のあり方変革に向けた戦略が具体的かつ明確となったか。	レーザーは、先端科学や産業イノベーションの推進に不可欠な汎用基盤ツールであり、SIP第2期の開発課題にもなっている。インフラ維持管理・材料開発・医療の革新などへの寄与により、少子高齢化・医療費介護負担増・生産年齢人口減少などの社会課題解決への貢献が期待されている。 本プログラムでは、XFELとパワーレーザーの超小型化により桁違いの低価格化とポータビリティを実現し、インフラ設置場所や研究施設、医療施設に配備することで利用機会・適用範囲を大幅に拡大(ユビキタス化)し、超小型レーザーにしかできない課題解決を行うという明確な出口戦略を描いた。具体的には、超高感度分子構造解析による医薬品や新規機能性材料の開発効率化、血管造影検査や内視鏡手術、緑内障・後発白内障手術や皮膚疾患治療、レーザー分光・レーザー超音波・ピーニング等を用いたインフラメンテナンス、高強度THz波によるセキュリティ向上など、様々な応用に展開して産業や社会のあり方を変革する。	○	超小型パワーレーザーは、戦略が明快であり、医療応用などで産業や社会を変革するものである。 超小型XFELは、具体的戦略が明確になっていない。	△
	③ 戦略の実現に向けた課題が整理・明確化されたか。	超小型XFELの実用化に向けた今後の技術的課題は「レーザー・電子ビームの時空間同期の精度向上」「加速電子数(電荷)の増大」「電子エネルギーの単色化」「アンジュレーター磁石のK値増大」「加速用レーザーの小型・高効率化」である。最大の課題は、加速電子数(電荷20pC)と電子エネルギーの単色化(ΔE/E ~0.1%)の同時達成であり、開発継続により出口戦略として掲げたシングルショットの構造解析やポンプ・プローブ実験に必要なX線光子数(パルスあたり10の12乗フォトン程度)を実現する。 超小型パワーレーザーについては構想を実現し(報告書・図3-1)、ポータビリティを高めることに成功した。今後は「信頼性の向上」と「供給・サービス体制の構築」に注力する。また、開発したレーザーを産業界や医療分野、更には研究開発用途として拡販し、IoTとの融合による製造・医療の革新、セキュリティ、インフラメンテナンス等に活用する。	△	超小型パワーレーザーは、複数の企業で商品化が開始されており、実現に向けた課題が整理・明確化されている。 超小型XFELは、課題が多くあり整理・明確化されていない。	△
	④ 技術的課題を克服するためのアイデア・着眼点の斬新さ、技術的なサプライズは存在したか。	アイデア・着眼点の斬新さ、技術的なサプライズとして顕著なものは以下である。 ・安定性とスケーラビリティを実現する電子の多段加速スキームと専用レーザーシステム ・調整が不要なモノリシック構造の超小型アンジュレーター磁石 ・常温接合技術の開発と多段ディスク構造によるレーザーの超小型化・ポータブル化 「電子発生」「制御」「加速」で構成される日本独自の加速スキームを考案し、それを実現するレーザーシステムを開発した。この構成は「加速」部を追加することにより、電子ビームの高エネルギー化が容易である。 アンジュレーターでは、磁石のモノリシック構造を世界で初めて実現し、短周期化と小型化を達成した。数千個の磁石のミクロン単位の調整が不要となり、調整時間を大幅に削減した。また、磁石体積3桁減少により、資源の節約に寄与した。 レーザー媒質(Nd:YAGなど)と透明冷却基板(サファイヤ、ダイヤモンドなど)との常温接合技術を世界で初めて開発し、レーザー媒質からの効率的な排熱を実現した。また、シンプルな多段ディスクレーザー構造(DFC: Distributed Face Cooling)を発明し、レーザー媒質の単位体積当たりで世界最高出力を達成した。更に、レーザー媒質の結晶方位制御により熱複屈折を低減し、温度変化に強いロバストな超小型・高出力発振器を実現した。	○	レーザー媒質と冷却基板を接着し超小型パワーレーザーを開発しようとするアイデアは斬新であり、再現性のある接着技術を開発したことは評価できる。 超小型XFELにおいても、電子発生、制御、加速の3段階に分ける発想は斬新であり、個別の要素では技術的サプライズを有するアイデアが存在する。	○

番号	評価視点		PM記入欄		プログラム評価委員記入欄	
			自己評価コメント	自己評価 点数	所見	評価
	⑤	戦略の実現に向けた道行き(ロードマップ)が適切に描けたか。	更なる技術の高度化により、超小型XFELの実用化を目指す。具体的には以下のような目標を設定し、研究開発を展開する。 ・加速電荷増大(10pC → 50pC)： ガスターゲットの改良(クラスター化など)、数サイクルレーザーによる電子数増大など ・電子ビーム単色化(1% → 0.1%)： 収束性能に優れたモノクロメーター、磁気光学系の開発など ・アンジュレーター磁石のK値増大(0.4 → 1.0)： クライオ化、磁極配列の変更(Halbach化)など ・加速用レーザーの小型化(50m2 → 10m2)： DFC構造の採用による加速用レーザー励起系の小型高効率化など 超小型パワーレーザーでは企業ユーザーの利用拡大のため、レーザー試用プラットフォームを浜松工業技術支援センターに開設し、無償で解放した(報告書・図2-3-13)。この取組みを継続する。また、2019年4月には分子研に超小型パワーレーザーの利用を推進するためのコンソーシアムを設立し、更なる技術の深耕と産業展開を推進する。	△	超小型パワーレーザーは、応用技術開発に参画する企業を募集し、具体的な製品を開発するなど戦略の実現に向けた道行きは適切に描けている。 超小型XFELについては、戦略の実現に向けた道行きは適切に描けていない。	△
	⑥	戦略の実現に向けた産業界との連携・橋渡し等が行われたか。	超小型XFELでは、製薬・自動車・鉄鋼などポテンシャル・ユーザーとの交流により、要求性能の検討を行った。また、加速器・機器メーカーとの情報交換を進めた。アンジュレーターは、メーカーとの調整により海外展開を含めた供給体制を構築した。 超小型パワーレーザーは企業4社が製品化を進め、2019年の3月のプロト機出荷を達成した。4月以降順次拡販を行う。応用システム開発は、セキュリティ、医療、製造分野などで開発が進展した。優れた応用をユーザーに提示することにより、レーザー利用の底辺拡大と関連産業の振興に繋げる。産業界の巻き込みに関しては、新技術に対する感度が高く実力を備えた国内外のポテンシャル・ユーザーへ情報提供を行いニーズを収集した。その結果、例えば大手航空機メーカーは超小型パワーレーザーの早急な導入を進めている。その他、多数のユーザーから超小型パワーレーザーの導入希望を受けている。	○	超小型パワーレーザーについては、産業界との連携・橋渡しが多面的に展開されている。 超小型XFELについては、電子加速や発振を実証するのが先である。	○
	⑦	知財・標準化戦略は明確かつ適正か。	知財・標準化については、実用化を前提とした明確な戦略を策定し、実行に移した。ImPACT3年目に知財専任のPM補佐を雇用し、PMとともに詳細かつ具体的な知財戦略を立案した。大学等が企業に頼ることなく単独で知財を出願・権利化できる仕組みを構築し、並行ライセンスによる競争を促した。その結果、開発の加速と製品の低価格化を達成した。超小型パワーレーザーを中心に基本特許16件を国内外に出願し、一部は権利化済である。	○	21件の特許を国内外に出願していることやその出願に向けたPM補佐体制を構築したことは評価できる。	△
2	上記①以外の派生的な効果(派生的に生み出された成果、新たな学術的知見の創出、失敗から得られた知見等)に関する視点		超小型パワーレーザーは小型で共振器が短いため、一般的なパルス発振Nd:YAGレーザーと比較して1/10以下のパルス時間幅である。当初、この効果には着目していなかったが、応用開発を進める中で目覚ましい効果を確認した。 例えば、非線形波長変換によるTHz波発生に従来のNd:YAGレーザーを用いると、競合する誘導ブリルアン散乱(SBS)が1ナノ秒程度で立ち上がり、効率的なTHz波への変換が困難であった。一方、サブナノ秒の場合、SBSが立ち上がる前に波長変換が完了するため、THz波への変換効率が約5桁向上した。その他にも、レーザー眼科手術におけるパルスエネルギーの低減、あざ取りにおける皮膚ダメージの低減、レーザー超音波のS/N向上、レーザーによるエンジン点火の効率向上、レーザークリーニングの効率向上などが確認され、様々な応用でサブナノ秒の超小型パワーレーザーの優位性が明確となった。	1	レーザープラズマ電子加速の学術的知見については、着実な進歩がみられた。安定したLD励起光源を提供するハンドヘルドレーザーを用いた医療機器開発の成功は、派生的効果として高く評価できる。	1

全体評価(案)	
(所見)	
パワーレーザーについては、今日、モノづくり分野における材料加工や医療用機器など様々な産業分野に活用されているが、小型で持ち運び自由な世界最小(最高出力密度)の超小型パワーレーザー(掌サイズ)の開発に成功し、様々な企業から実施許諾等が求められているほか、国内企業において事業化・製品化が開始されている。本技術の実用化により、欧米企業が寡占状態にある産業用パワーレーザー分野への日本企業の進出や新たな市場開拓が期待される。 他方、超小型X線自由電子レーザーの開発に関しては、トレーラーサイズまで小型化するという極めて高い目標を掲げて挑戦したが、未だX線レーザーの発振に至っておらず目標未達の状況にあることから、所期構想に描いたような産業・社会のあり方変革に向けた見通しは道半ばの状況にある。	

研究開発プログラム（研究成果）に関する評価シート

PM	氏名:	佐橋 政司
PM補佐	氏名:	北原 直行
		久留島守広

番号	評価視点	PM記入欄		プログラム評価委員記入欄	
		自己評価コメント	自己評価 点数	所見	評価
1	産業や社会のあり方の変革（漸進的でなく、非連続的なイノベーション）をもたらす見通しに関する視点	揮発性から不揮発性への技術革新に挑み、高性能かつエナジーハーベスティング駆動電力でも動作可能な省電力不揮発マイコン基盤技術の構築と不揮発性メモリのジレンマであった書込み電力の問題および高速性とEnduranceの両立の問題を一気に解決する新概念の電圧 駆動MRAMの開発は、センサネットワークやモノがインターネットにつながるIoT/AI時代を切り拓き、特に消費電力の問題が深刻であるエッジ側において社会的課題を解決する分散型で知能を持つ超低消費電力エッジデバイス実現へと展開(SiP第2期)するもので、「高度知的エコIT社会の構築」に資すること大と考える。	4	技術的には、不揮発性マイコンの開発や電圧駆動不揮発メモリにおける書込み電力の低減及び書込み耐性の向上等の大きな進展が得られ、今後の発展への目処が得られた。一方で、現実的に産業や社会のあり方を変える道筋が見える所までは及んでいないと言えるが、国内半導体産業の空洞化といった現状や5年間という時間的な制約も考慮すると難しい要求とも言える。	3
	① 将来の産業や社会のあり方の変革をもたらすような革新性を有する研究成果が獲得されたか。	世界初の高性能不揮発マイコン、サブナノ秒の高速動作を実現したSOT-MRAM、不揮発性のジレンマを一気に解決した新概念メモリVoCSMなど多くの革新性に富んだ研究成果が得られている。	○	STT-MRAMを搭載した高性能不揮発性マイコンの実証に加え、新規デバイスとして、SOT-MRAMの試作や電圧駆動MRAM、VoCSM等の革新性の高い提案と原理実証がなされた。しかしながら、実用環境を想定した評価までは至っておらず、産業や社会のあり方変革をもたらす革新性まで得られているとまでは言い難い。	○
	② 産業や社会のあり方変革に向けた戦略が具体的かつ明確となったか。	スピントロニクス集積回路は、エッジプラットフォーム構築へ(SiPと第2期)、電圧駆動MRAMは、SRAM基盤の変革を狙ったVenture展開、大容量化への技術展開(東芝メモリ)、イメージセンサへの応用展開(ソニー)等戦略は具体的かつ明確。	○	スピントロニクス集積回路に関してはSiP第二期への展開、電圧駆動MRAMに関してはベンチャー設立等手を打たれているものの、国内の半導体産業の基盤が弱いこともあり、社会のあり方変革に向けた戦略が具体的かつ明確となったとは言えない。	△
	③ 戦略の実現に向けた課題が整理・明確化されたか。	スピントロニクス集積回路は産業界との連携・橋渡ししが、電圧駆動MRAMについては、大容量化実現のための技術課題が整理・明確化された。電圧磁気効果の更なる向上が実現の鍵。	○	課題は十分に整理されているが、その解決の方向性は示されなかったことは残念である。また、量産に近いプロセスでの試作によって民間企業の投資判断に必要な条件などを明確にする必要がある。	△
	④ 技術的課題を克服するためのアイデア・着眼点の斬新さ、技術的なサプライズは存在したか。	アイデア・着眼点の斬新さはVoCSMと電圧効果の物理解明および1000fJ/Vmの電圧効果。技術的なサプライズは、スピン軌道トルク(SOT)と単結晶MTJの3次元積層集積化(CMOS基板上へのウェハ接合は驚き)の研究。	○	SOT-MRAMの高速性の実証や不揮発性メモリの3次元積層集積等、既存技術の延長線上にはない、基礎研究に基づいた成果が得られている。これらの成果には技術的サプライズがある。	○
	⑤ 戦略の実現に向けた道行き(ロードマップ)が適切に描けたか。	我が国の現状を考えると、これがベスト。	△	技術面のロードマップは妥当なものと考えてるが、ビジネス展開に関しては製品化に向けてまだ距離が長く産業化に向けた困難が払拭されていないように感じる。やむを得ない面もあるが、全世界的にみればマーケットは縮小しておらず、国際的な視点でのロードマップを示せると良かった。	△
	⑥ 戦略の実現に向けた産業界との連携・橋渡し等が行われたか。	我が国の現状を考えると、これがベスト。	△	不揮発性マイコンに関してはルネサスエレクトロニクス、電圧駆動不揮発性メモリに関しては東芝の積極的関与があり、産業界との連携の努力は感じられる。一方で技術の橋渡しに関しては見通しが得られたとは言い難い。主な出口を日本の半導体業界と想定すると、具体的な出口を考えるのは相当難しいものになると思う。	△
	⑦ 知財・標準化戦略は明確かつ適正か。	知的財産戦略は、起爆剤・突破口となり得る圧倒的差別化技術の創生との基本方針のもと、周辺特許・応用特許も造出するなど明確かつ適正。既に国内外登録特許が35件以上と多数。国内出願110件以上、外国出願87件以上(含PCT)。	○	質量ともに十分な知財確保が図られたと判断される。標準化に関しては記述が無いが、今回は技術要素の開発が主であるので、標準化まで進めるのは難しいと考える。	○
2	上記①以外の派生的な効果（派生的に生み出された成果、新たな学術的知見の創出、失敗から得られた知見等）に関する視点	スピン軌道トルク研究で用いた積層構造におけるアナログ的な磁化の制御、人工神経回路網への応用展開、界面Mn極薄層のフェリ磁性の発現と大容量MRAMへの新たな道筋の提示、金属/絶縁体界面での電圧の印加による非常に大きな電気四重極子(電子軌道の歪)の発生など、新たな学術的知見の創出に関し、多くの派生的研究成果が生まれ、学術的に貢献大である。IF10相当以上の学術論文誌への掲載:11編	1	新材料素子の開発等により、基礎物性の深耕の観点や多様な応用展開への期待の点で、優れた成果が得られている。	0.8

全体評価(案)
(所見)
屋内光の太陽電池でも駆動する、超低消費電力の不揮発性マイコン(磁気メモリ搭載)の開発に世界で初めて成功した。また、CPU性能を向上させるキャッシュメモリとしての用途を想定している磁気メモリにおいても、これまでの電流ではなく電圧を用いた新たな書込み原理を確立し、従来の10倍以上の書込み速度と10の13乗回以上の高い書込み回数とを両立させることを世界で初めて実証した。これら研究成果は集積回路技術に関する世界最高峰の国際会議ISSCCにも採択される等、海外からも画期的な成果として注目されている。しかしながら、現状では国内の技術移転を図るべき半導体産業の基盤が弱く、目標達成に向けた製品開発の見通しが十分に得られていないことから、現段階において将来のIoT社会を大胆に変革し得るような見通しまでは至っていない。

PM	氏名:	山海 嘉之
PM補佐	氏名:	神藤 富雄

番号	評価視点	PM記入欄		プログラム評価委員記入欄	
		自己評価コメント	自己評価 点数	所見	評価
1	産業や社会のあり方の変革(漸進的でなく、非連続的なイノベーション)をもたらす見通しに関する視点	深刻化する少子超高齢社会での重介護という社会課題に対し、人海戦術を中心とした現状の延長線ではなく、要介護者・患者の自立度を高め(残存機能の大幅な向上、各種支援技術)、介護者の負担を低減させる革新的サイバニックスシステム(インタフェース/デバイス/システム)の研究開発を推進。成果の例)ベッドから立ち上がれなくなった要介護者の下肢機能・歩行機能の飛躍的な改善、完全脊髄損傷の小児患者の運動機能再生(医学・工学にまたがる新たな基礎領域の開拓)などの画期的な成果。また、関連技術の医療機器化、安全・国際規格等、保険制度、自立支援・重度化防止・インセンティブ強化措置(政府方針、閣議・法制化)への対応、G7や世界経済フォーラムを通した国際連携推進、社会実装推進など、産業や社会のあり方に変革をもたらす取り組みを実施。 さらに当初計画を進展させ、予防や早期発見や対応策創出に資するサイバニックスシステムの研究開発に挑戦。要介護者・患者・介護者の様々な情報を取得できるよう、バイタルセンサーを含め各種デバイスの「IoH/IoT化」(ヒトとモノのインターネット)の提案・研究開発・社会実装を進め、重介護ゼロ社会を実現するための先行モデルとなるような技術開発の推進。Society5.0への取り組みとして、IoH/IoTビッグデータの集積・解析・AI処理への展開が可能なサイバニックスシステムを構築。 また、当初計画の「サイバニクス産業」を推進するための新産業創出連携体「CEJ: Cybernics Excellence Japan (ファンド機能・支援機能、JUSTとも連携)」の設立を達成。「技術的取り組み」と「社会的取り組み」の同時展開、基礎と実際のフィードバックによる好循環のイノベーションエコシステムの構築、重介護ゼロ社会の実現のための革新的サイバニックスシステムの研究開発やロールモデルとしての仕組み作りを通して、社会変革や産業変革を実現するための見通しを得ることができた。 注) サイバニクス(人・ロボット・情報系の融合複合)は、脳科学・神経科学、運動生理学、ロボット工学、IT、再生医療、行動科学、倫理、安全、心理学、社会科学など、様々な学術領域を融合複合させた新学術分野。	4	「重介護ゼロ」というビジョン、「サイバニクス産業」という社会実装のあり方やIoHの具体的な姿を提示した点は高く評価できる。また、生体情報計測の要素技術の開発により、新たな医療システムに繋がる期待を示した。一方で、「重介護ゼロ社会」実現のための道筋を示すような包括的・明確・具体的な社会モデルの提案は不十分であった。この点が解決できれば、産業や社会に大きなインパクトを与えるものと期待できる。	3.5
	① 将来の産業や社会のあり方の変革をもたらすような革新性を有する研究成果が獲得されたか。	脳・神経系とロボット系や情報系が繋がり、重介護ゼロ社会を実現するための先行モデルとなるような取り組み (Society5.0に向けた取り組み)として、要介護者・患者の自立度を高め(残存機能の大幅な向上、各種支援技術)、介護する側の負担を大幅に低減させる革新的サイバニックスシステム(インタフェース/デバイス/システム)、さらに当初計画を進展させ、IoH/IoT化を強化するサイバニックスシステムの研究開発を行い、下記のような革新性のある研究開発成果を得ることができた。 サイバニックスシステム(インタフェース/デバイス/システム) インタフェース: 1)進行性神経・筋難病疾患など(ALS等)の完全寝たきりの方の意思伝達や環境制御、各種サイバニックスデバイスとの接続を可能とする非侵襲サイバニックスインタフェース 2)脳卒中の予防のための世界最小の動脈硬化度・心機能計測用バイタルセンシングインタフェース(医療機器承認および保険適用を実現) 3)小型高感度の気温・気圧・湿度・音圧・加速度(移動／活動)情報を検出する環境情報・見守り情報収集インタフェース 4)さらに計画を加速:皮下への埋め込みも考慮した世界最高水準の低消費電力・高分解能・低ノイズのサイバニックス生体電位信号検出インタフェースチップ(5mm角半導体モジュール) デバイス: 1)重介護を要する小児等の歩行機能改善を可能とするHAL下肢タイプ(2Sサイズを含む) 2)介護負担低減用トイレドッキング排泄支援ロボ 3)介護負担低減用腰部装着型デバイス 4)脳神経・筋系の残存機能を高めるための腰部装着型デバイス 5)サイバニックスデバイス／ロボットのための通信機能付き安全・小型・高出力バッテリー(世界最高水準のエネルギー密度、業界標準化を目指す) システム: 1)機能改善治療時の脳神経系・身体系・生理系の推移情報取得用IoH/IoT化メディカル・ケアピット 2)さらに計画を加速:IoH/IoT化されたサイバニックスインタフェース／デバイス／システムから得られるヒトとモノのビッグデータを集積・AI処理・管理する統合情報基盤システム(最大約8PFLOPS(8x1PFLOPSハードウェアスペック、専用の統計・AI処理機能付)) 革新的研究成果の例: 完全脊損小児患者などに対する機能再生の実現は、従来では不可能とされたことであり、特筆に値する。また、寝たきり高齢者の飛躍的な歩行機能改善を実現した腰部装着型デバイスも特筆に値する(政府方針の発表へと繋がる成果)。		○ 介護作業の負荷軽減やリハビリ効率の向上等、HALに関して様々な応用化が達成される等、革新性を有する研究成果が得られている。他のセンシング技術についても、電池の高機能化の研究成果と総合して、小型、ウェアラブル化を可能とするセンサシステムが実現できたと思われる。サイバニックスシステムから得られたビッグデータを解析して介護に活かすというフィードバックループも開始された。一方でこれらをどのような意義づけで使うかが社会実装であり、研究成果が「重介護ゼロ社会」実現に向けてどう使えるのかについての研究が課題として残っている。	△
	② 産業や社会のあり方変革に向けた戦略が具体的かつ明確となったか。	あるべき姿の未来(出口)を描き、産業や社会のあり方を変革するために、バックキャストさせながら手法や技術課題や社会課題を明確化し、どのように解決していくかを計画し実行してきた。バックキャスト手法で、戦略を立て、技術的な取り組み、社会的な取り組みを同時展開し、当初に計画した目標を達成しながら、さらに次のステップの取り組みへと進化・発展させるに至った。また、サイバニクス産業を推進するための新産業創出連携体CEJの設立や、社会制度への反映などの成果も得られており、当該ImPACTプログラムにおける戦略は、産業変革・社会変革に向けた戦略として具体的かつ明確であったと判断される。		○ 社会課題(ニーズ)から、技術課題、規制などの問題などを分析して研究開発の設計図を描いた点は評価できる。一方で、産業や社会のあり方変革に向けた戦略としては、ImPACT事業終了後に研究成果を活用するプレーヤーを明らかにすることが最重要である。	△

		③ 戦略の実現に向けた課題が整理・明確化	下記のように、「技術的取り組み」と「社会的取り組み」の観点からそれぞれの課題を明確化し課題解決を実現するという戦略を立て、その達成に向けて課題を整理・明確化。関係省庁の調査結果、患者会からのヒアリング、病院・介護専門施設からのヒアリング等を通して、目標達成のために、技術的課題をサイバニクインタフェース／デバイス／システムの研究開発として位置付け、実施する研究開発課題を整理・明確化。さらに社会に存在していなかった研究開発成果を社会実装する際に必要となる社会的課題を整理・明確化。 技術的取り組みの課題: 1) 関係省庁の調査結果、患者会からのヒアリング、病院・介護専門施設からのヒアリング等を通して、重介護を要する方の機能改善・機能再生を実現するための研究開発 2) 関係省庁の調査結果、患者会からのヒアリング、病院・介護専門施設からのヒアリング等を通して、介護する側、介護される側の両方の観点からの支援技術の研究開発 3) 人・ロボット系・情報系が融合複合し、脳神経系からロボット、スパコンまでを繋ぐ次世代技術を創り出し、Society5.0のさらなる発展への挑戦(Society5.0/5.1) 4) 1)～3)の実現に向けて、従来の縦割り技術を超えて、人・ロボット系・情報系の融合複合技術を扱うサイバニクスを駆使して革新的サイバニックスシステム(サイバニクインタフェース／デバイス／システム)を研究開発 5) 公的資金によるプロジェクトにありがちな「一旦採択されれば期間終了まで契約が継続する」というマネジメントではなく、研究開発の状況に応じて適宜契約を変更しながら舵取りする方式で進める 社会的取り組みの課題: 革新技術は未市場と背中合わせであるため、新たな市場創出のための「社会的取り組み」として 1) 安全・国際規格への適合、関連規格の策定・調整 2) 法整備、規制の調整 3) 新産業創出のための仕組み作り(支援機能、ファンド機能など) 4) 革新技術の社会実装のための保険制度への取り組み(革新技術による治療や支援に対する公的保険、民間保険の適用) 5) 縦割り行政の中で推進される関連する各種プロジェクトを繋ぎながら全体として政府の政策と合致するよう調整するための取り組み等	○	関係省庁・病院・介護専門施設・患者会等の打合せを通して、技術課題、規制などの問題等を分析し、社会実装に向けて、出口イメージの策定、社会への問いかけ、フィールドテストと評価を短期間に繰り返すPMの戦略は明確であったが、ユーザ視点からの新たなニーズの発掘は十分とはいえなかった。	△
		④ 技術的課題を克服するためのアイデア・着眼点の斬新さ、技術的なサプライズは存在したか。	技術的課題と社会的課題の両面から当該プログラムを推進するという点、脳神経系からスパコンまでを繋いでしまうためのIoH/IoT化という点、人の内側情報と目に見える動作情報と生活情報を一体的に扱う技術として人・ロボット・情報系を融合複合する技術を創り出すという点、ImPACTが求める社会実装・イノベーション推進への取り組みを実現するためのCEJ(Cybernetics Excellence Japan)という支援組織を設立するという点など、斬新なアイデア・着眼点が存在している。また、従来不可能とされた神経断裂・挫滅による完全脊損患者などに対する機能改善を実現した技術、寝たきり高齢者の飛躍的な機能改善を実現した技術、トイレにドッキングする人工知能ロボットなどは、社会にインパクトを与える技術的サプライズである。更に、「再生医療」と革新的サイバニックスシステムとの組み合わせなど究極の異業種連携というアイデア・着眼点は、これからの医療イノベーションのあり方を示す事例になるであろう。	○	皮膚電位信号と各種センサ信号を統合することで、装着者の意思に従った動作の実現と、生体電気信号検出困難時を想定した自律制御型を組み合わせたシステムは、多大な患者に対して適応性範囲を広めた。また、脳血管疾患患者に対するHALの治験を進めるなど、サプライズの実証も進めた。	○
		⑤ 戦略の実現に向けた道行き(ロードマップ)が適切に描けたか。	予定通り、「技術的取り組み」や「社会的取り組み」に対する成果も得られ、段階的に成果の社会実装を進めてきており、戦略の実現に向けたロードマップは適切に描けたと考える。	○	社会課題(ニーズ)から、技術課題、規制などの問題等を抽出し、技術開発及び国際的な標準化の策定に関与して、安全認証などを確立しており、ロードマップは適切に描けたと思われる。	△
		⑥ 戦略の実現に向けた産業界との連携・橋渡し等が行われたか。	ImPACTと連動した取り組みとして文科省の地域イノベーション・エコシステム形成プログラムの事業プロデューサーにも任命され、産官学の連携や産業界の連携を連動させてきた。また、ImPACT成果の社会実装推進のため、「近未来技術等社会実装事業」(内閣府事業)への参画、関連機関の成果の社会実装支援、世界経済フォーラムのCouncilメンバー・第4次産業革命センターパートナーとして世界規模での国際ハーモナイゼーション推進など、産業界との連携・橋渡しへの取り組みを実施してきた。また、CEJを設立し、サイバニクス産業の創出支援を開始している。	○	ImPACT事業終了後に研究成果を活用するプレーヤーを明らかにすることが最重要で、それがサイバーダイン社以外にも広がりを見せているべきであったと思われる。	△
		⑦ 知財・標準化戦略は明確かつ適正か。	知財に関しては、アイデア段階から知財専門家との打ち合わせを行いながら知財・商標登録等、権利化を推進。また、特許庁の国際知財戦略委員会の委員長(ロボット分野)および国際知財動向調査委員会の委員長(装着型デバイス分野)として、当該分野のJIS規格の提案・策定を含め、日本の国際知財戦略強化に貢献するとともに、国際標準化機構(ISO)のエキスパートメンバー、ロボット革命イニシアティブ協議会の評議員・幹事として、戦略的に明確かつ適切に活動。さらに、必要に応じて認証取得・標準化への取り組みも適宜進めており、知財・標準化の戦略については明確かつ適正と判断される。	○	知財を適切に確保する努力がなされている。標準化戦略についても、JIS規格の提案・策定への貢献やISOのエキスパートメンバー等、各種委員会において積極的に活動する等の貢献がなされている。	△
2	上記①以外の派生的な効果(派生的に生み出された成果、新たな学術的知見の創出、失敗から得られた知見等)に関する視点	1) 介護する側への支援技術として研究開発した腰部装着型のHAL腰タイプを、寝たきりになり始めた86歳の重介護状態の高齢者に適用したところ、自力でスツと立ち上がりスタスタと健康な方と同等の歩行へと劇的に身体機能が改善。この結果は、寝たきり予防への大きな取り組みとして関連学会においても注目され始め、学術的知見の創出となっている。飛躍的な機能の改善がありうるものが存在証明として示されることで、介護業界における自立支援の重要性の認知の拡大や、自立支援・重度化防止・インセンティブ強化措置に関する政府方針の発表や、閣議決定による法制化が進んだことなど、大きな波及的効果があった。 2) 幼児期に交通事故で完全脊損となった小児に対して新規研究開発のHAL腰タイプおよび小型HAL下肢タイプを適用した結果、全く動かなかった下肢が自分の意思で動き始めたという驚異的な成果が得られた。当初は、少しの反応が期待できると考えたが、完全脊損の状態であっても、機能再生へと繋がり、明示的に膝や股関節を動かしたり、上半身体幹機能の改善や排尿コントロールができたりなど、従来では考えられないような成果が得られた。業界の専門家の予想を超えた成果であり、完全脊損という信号伝達路が破断・挫滅している状態でなぜ機能の再生が起こり始めたかという点で、新たな基礎研究を推進するきっかけを投げかける学術的知見の創出となっている。このような取り組みを通して、ImPACT期間中に、iPS細胞などの幹細胞による再生医療を推進する著名な医学研究者グループとの打ち合わせが始まるなど、今後予想を超えた取り組みとして異業種連携によるイノベーション推進へと発展していくことが期待される。また小児に対して適用された小型のHALは、小児の脳神経系の可塑性を促す新たなデバイスであるが、国会においても質疑応答の対象となり、国会議員や大臣や関係省庁からの問い合わせもある等、社会実装を加速するための派生的な効果があった。 3) 最近では、ノーベル賞受賞学者の本庶佑教授から、「医療機器革命」分野の推進責任者を依頼されるなど、新たな学術的知見の創出に向けた異業種連携が始まるといった派生的効果もあった。	1	HALを種々の患者に適用することで、新たな神経学的な知見につながる可能性のあるデータが得られた。再生医療による機能回復は常に薬物治療と革新的技術に支えられたリハビリとの相乗効果による成果である。革新的サイバニックスシステムは異業種連携といった新たな産業創出に大きな可能性を見出すものといえる。	1	

全体評価(案)
(所見)
Society5. 0社会の実現に向けて、HAL等の介護用機器情報から得られた生体情報をビックデータ処理し、要介護者の身体状況等に応じた最適なりハビリ・メニューを提供する、世界初のサイバー・フィジカル融合モデル(革新的サイバニックスシステム)を構築するなど画期的な研究成果が得られた。しかしながら、開発されたシステムは、HAL等の一部の限られたデバイスやセンサーから得られた情報を対象としたものであり、5年間という限られた期間において他の様々なデバイス情報を集積・処理できるシステムにまでは確立できなかったことから、初期の目標である「重介護ゼロ社会」の実現には限定的であり、将来の医療・介護分野のあり方に大きく変革がもたらす見通しが得られたとまでは結論付けられない。今後、他の医療・介護機器等を取り込んだオープン・プラットフォームづくりへの発展を期待する。

研究開発プログラム(研究成果)に関する評価シート

PM	氏名:	鈴木 隆領
PM補佐	氏名:	村田 真也
		後 圭介

番号	評価視点	PM記入欄		プログラム評価委員記入欄	
		自己評価コメント	自己評価 点数	所見	評定
1	産業や社会のあり方の変革(漸進的でなく、非連続的なイノベーション)をもたらす見通しに関する視点	現在、汎用的に使用されている素材の多くは石油や鉱物等の枯渇資源に依存している。本プログラムで実用化を目指す「クモの糸」に代表される構造タンパク質素材は微生物を用いた発酵培養により生産が可能であるため、枯渇資源に頼らないものづくりが可能となる。 構造タンパク質の実用化は世界中の企業及び大学・研究機関が取り組んでいるが、実用化を達成した組織は未だ存在しておらず、産業的には未開拓分野である。本プログラムを通じて高機能な構造タンパク質素材を創出し、5つの産業領域において既存の製品を上回る試作品の開発を行う。	3	構造タンパク質の実用化という挑戦的な目標から、添加剤とする複合化技術開発に変更したことにより、枯渇資源系からの脱却をめざす非連続イノベーションは見通せなくなったが、将来に向けての基盤的技術確立した点は高く評価される。	3.2
	① 将来の産業や社会のあり方の変革をもたらすような革新性を有する研究成果が獲得されたか。	アパレル領域においては、従来の天然繊維の弱点である水収縮性を1／10に削減したカシミアをはじめとした獣毛の代替素材の開発。自動車領域等の複合材を使用する産業領域においては、既存のCFRPに少量添加することでCFRPの強度や伸度等の機械的特性を大幅に向上させる等、革新的な成果が得られた。	○	データベースを活用した分子設計により耐水性を向上させ、発酵培養で実用レベルの生産性を実証できたことは大きな進歩である。今後、本データベースを活用した更なる展開が期待される。	○
	② 産業や社会のあり方変革に向けた戦略が具体的かつ明確となったか。	本プログラムにおいては5つの産業用途にターゲットを絞り、各産業において既存素材との差別化が可能な性能・特性の明確化及びそれらの性能を実現するための研究開発に取り組んだ。その結果、アパレルにおいては収縮性や肌触り、コンポジット分野においては衝撃性や内部クラックのような従来にない機能を発現させ、また社会実装できるコスト見通しを立てることが出来た。	○	「とにかくものを出す」という戦術的方法論であり、非連続的なイノベーションとはいえないが、ユニークで有用な素材のプロトタイプが提示されており、今後の物性の飛躍を期待したい。	○
	③ 戦略の実現に向けた課題が整理・明確化されたか。	各産業において、実用化を進める上での技術課題を明確にした上で、産業横断的に課題を整理・共有し、重複した研究を避けるべく、研究開発に取り組み、構造タンパク質繊維だから実現できる機能(タフネス、接着性)を明確にし、最大の特徴であるアミノ酸配列に駆使した材料設計を産業分野ごとにどうするべきかのポイントを明確にした。	△	課題抽出を目的としてまず試作を行うリパースエンジニアリングを試行して、個別用途における課題は明確になったが、どう克服するかについては時間切れという印象を受ける。データベースの活用により、戦略実現の課題が整理されることが期待される。	△
	④ 技術的課題を克服するためのアイデア・着眼点の斬新さ、技術的なサブライズは存在したか。	本プログラムで扱っている構造タンパク質素材は未開拓の素材であるため、まずは天然のクモ糸を代表する構造タンパク質の物性の発現メカニズムを解明するべくデータベースを構築し、従来の繊維にない水収縮性や樹脂との密着性を発現した新規繊維を開発した。その結果150件を超える特許出願と従来にないコンポジット材料を開発することが出来た。	△	短期間で実生産が可能なレベルまでに生産量を上げ、紡糸、アパレル用途展開まで漕ぎ着けたスピード感はサプライズである。また、高物性発現に関わる高次構造形成の因子を明確にした解析手法がユニークである。	○
	⑤ 戦略の実現に向けた道行き(ロードマップ)が適切に描けたか。	我々のプログラムの目標は既存の枯渇資源・輸入資源に頼らない素材産業革命を目指している。素材産業は素材の生産量を増大させることによってコストが大幅に下がる特徴を持つことから、いち早く市場に素材を普及させることが重要である。そのため、アパレル分野においては1万円/kg以上で取引されるカシミア等の代替を狙い、製品の上市を進める。コンポジット分野においては、既存のCFRP(炭素繊維複合材)に構造タンパク質繊維を少量添加することにより物性を向上させ、CF(炭素繊維)使用量の大幅な削減によりコスト削減と軽量化を同時に実現させ、社会実装を行う。その後、段階的にシルク、ウール、ナイロン等の繊維の代替や、コンポジット材料自体に展開し、構造タンパク質素材の大規模な生産・普及を進めていくロードマップを描いている。	○	本プログラムは、できるところから早期に社会貢献を実現する戦略で、最終目標の枯渇資源系からの脱却にむけたロードマップは描けていない。理想の物性・構造を考察して、back-castingで戦略を作る必要がある。	△
	⑥ 戦略の実現に向けた産業界との連携・橋渡し等が行われたか。	本プログラムにおいては、研究開発の初期段階から各産業の最終メーカーを参画させ、素材に求められる性能や加工技術に関する情報を入手し、研究開発にフィードバックしてきた。その結果アパレルメーカーや自動車メーカーと具体的製品化プロジェクトがすでに動いており今年中には各種分野にて製品発表する予定である。	○	構造部材やアパレルなど各分野で実績のある企業との連携ができている。また、コンソーシアムの構築による継続性の担保は重要である。世の中に出してみると、マーケットがそれを育てるという側面もあるので期待できる。	○
	⑦ 知財・標準化戦略は明確かつ適正か。	参画機関の進捗報告会においては、参画機関の知財担当者が同席しており、技術シーズの発掘及び出願戦略を行い、その上で事業戦略を構築してきた。また、ImPACT終了後の知財集積やクローズ・オープン戦略に基づく標準化や知財化の管理等を目的として知財コンソーシアムを設立し、参画機関及び関係省庁と連携している。	○	特許の出願数は多く、知財管理をコンソーシアムで行う仕組みが構築されている。基幹技術の分散回避に有効な手段であり、オープン・クローズ戦略を考慮して、より幅広い企業の参画を促進することが期待される。	○
2	上記①以外の派生的な効果(派生的に生み出された成果、新たな学術的知見の創出、失敗から得られた知見等)に関する視点	遺伝子配列、機械的特性、構造解析データをセットにした世界初の構造タンパク質データベースを作成した。新たな構造タンパク質素材の設計に活用できるだけでなく、構造タンパク質研究における学術的なリソースとしての貢献が期待される。	1	構造タンパク質と合成化学物質の複合化において、強靱かつ高伸度を実現する材料設計の可能性が示された。構造タンパク質データベースの構築やクモ糸の生成メカニズムの解明は学術的な波及効果大きい。	1

全体評価(案)
(所見)
衛星・航空機用等の新規素材として、クモ糸を再現するような軽量かつ強靱な構造タンパク質の開発までは至らなかったが、開発されたいくつかの構造タンパク素材を既存の化学樹脂と複合化することにより、強度や弾性率が向上できることを確認した。 また、世界中から集めた826種類のクモ遺伝子情報と200種類以上のクモ糸の構造解析データとを関連付けた世界初の構造タンパク質データベースを構築し、当該データベースの整備や得られた知財等を梃として関連企業との研究開発コンソーシアムを立ち上げ、ImPACT終了後も自立的に研究開発が続けられる体制を整備した。このため、ImPACTの限られた期間内において、素材産業の将来のあり方を変革するような研究成果や見通しが得られたとまでは言えないが、今後のコンソーシアムにおける研究成果の創出や実用化に期待したい。

研究開発プログラム(研究成果)に関する評価シート

PM	氏名:	田所 諭
PM補佐	氏名:	高木 公彦
		岡田 晋輔

番号	評価視点	PM記入欄		プログラム評価委員記入欄	
		自己評価コメント	自己評価 点数	所見	評価
1	産業や社会のあり方の変革(漸進的でなく、非連続的なイノベーション)をもたらす見通しに関する視点	ユーザや産業界の課題整理に基づき研究を計画し、非連続イノベーションのための新たな発想・アイデアを精力的に創り出し、プロジェクトに取り込む配備されれば災害対応のあり方を大きく変革するような、世界初、世界一のロボット技術を、多数産み出した。フィールド評価会(模擬空間デモ)と実災害への適用を通じて、ユーザや産業界へ訴求し、高い評価を受けた。今後、社会実装に向けた取り組みをロードマップに沿って進め、ユーザと共に安全安心に関する社会の変革を実施していく。また、産業波及を進め、技術循環を図っていく。	4	5種類の災害ロボット(飛行・脚・建設・索状・サイバー救助犬)について、高い技術に基づく研究開発を行い、フィールド評価会や実災害での実証を通して成果と課題を確認している。救助活動の変革により社会のあり方を変えるポテンシャルは評価できるが、日常分野への展開等の活動が求められる。	3.6
	① 将来の産業や社会のあり方の変革をもたらすような革新性を有する研究成果が獲得されたか。	犬の行動モニタリングができるサイバー救助犬スーツ、能動スコープカメラ、飛行する消火ホースロボ、プラントの困難箇所を移動する索状ロボ、尖った熱い物体も把持できるハンドなど、災害対応の方法を根本的に変える数多くの世界初、世界一の研究成果が得られた。	○	飛行ロボットは悪天候や目視外での飛行を実現し、実際の災害現場でも使われた。他のロボットについても、要素技術を含めて独創性が高く、社会変革をおこしうる重要な成果である。	○
	② 産業や社会のあり方変革に向けた戦略が具体的かつ明確となったか。	災害ロボットの問題の性質を踏まえ、技術を「タフ」にすること、従来にない災害対応の方法論を開拓すること、災害問題に対する社会実装を進めること、技術循環が進むようにすること、をそれぞれのロボットに関する具体的な戦略として明確化して取り組んだ。	○	災害時と平時とのDual Useの概念で研究開発を推進するなど、方法論の変革が進んだが、産業や社会のあり方変革については抽象論の提示にとどまっている。	○
	③ 戦略の実現に向けた課題が整理・明確化されたか。	5種類のロボット、関連する技術それぞれについて、上記を実現するための技術的課題、社会的課題、産業的課題、現状とのギャップを産業競争力懇談会で明確に整理し、実現すべき成果の目標を定め、それらの課題解決に取り組んだ。	○	技術的な課題は整理されたが、社会実装実現には経済性の評価が不足している。開発成果を社会で使っていくための具体的なシナリオ抽出と課題整理が行われるべきであった。	△
	④ 技術的課題を克服するためのアイデア・着眼点の斬新さ、技術的なサプライズは存在したか。	トップ研究者を集め、新しい取り組みを奨励し、フィールド評価会を通じてそれを広く世の中に問う、という方法論によって、多数の世界初、世界一の技術的成果が得られ、国内外の専門家からの反響も大きく、連続的でない、破壊的イノベーションの核を創ったと考える。	○	フィールド評価会を通した研究開発の手法を通して、着眼点の斬新さや技術的なサプライズが多々あった。取組みの多様さと幅広さについては高く評価できる。	○
	⑤ 戦略の実現に向けた道行き(ロードマップ)が適切に描けたか。	TRLの高いロボットを中心として、研究開発、ユーザ訴求、配備に向けた取り組み、産業化などのロードマップを描き、改訂をしながら取り組みを進めた。その結果、飛行ロボ・索状ロボ・サイバー救助犬・建設ロボなどの災害適用・事業化・実用化・限界試験等が進んだ。	○	産業競争力懇談会での検討からプロジェクト進行過程でのフィードバックもふくめ、技術的なロードマップはよく描けている。しかし社会実装の実現には、経済性の評価が必要である。	○
	⑥ 戦略の実現に向けた産業界との連携・橋渡し等が行われたか。	多くの企業が社内リソースを持ち出して研究開発に参加・協力し、ベンチャー企業が設立され、事業化検討、実証試験、共同研究が行われている。災害適用やフィールド評価会を通じてユーザへの訴求が進み、適用試験などを多数実施している。	○	企業との意見交換や共同実証が活発に行われ、一部で事業化の方向性が示されたことは評価できる。しかし多くは技術開発レベルであり、産業化に向けた連携は十分とは言えない。	○
	⑦ 知財・標準化戦略は明確かつ適正か。	災害ロボットの市場に適した知財戦略として、重要な基本特許に絞って特許取得を進めた。ソフトウェアについてはオープンソース戦略をとり、成果活用を促進した。性能評価法の標準化をNISTとの協力で進め、ユーザ調達環境の整備に努めた。	○	大学における特許の維持に課題があるのは理解できるが、産業化に向けた知財戦略、標準化は十分なレベルとは言えない。少なくとも新しいアイデアについては、特許化を目指すべきだった。	△
2	上記①以外の派生的な効果(派生的に生み出された成果、新たな学術的知見の創出、失敗から得られた知見等)に関する視点	破壊的イノベーションのために、予期しない「気付き」を生むことを重視したマネジメントを行い、多くの派生成果、学術的知見を産み出した。たとえば、柔軟ハンドOmni-GripperはSoft Roboticsの学術的知見に加えて、精密位置決めなしに熱い尖った多様な物体を把持できる実用性を実現した。飛行する消火ホースロボドラゴンファイヤーファイターは非線形分布定数系の学術的知見に加えて、木造家屋密集地域の消火に有効な可能性を示した。	1	ロボット技術はテストベッドを作って運用する事で、予期せぬ「気付き」を生む分野であり、当初計画になかった技術についても成果が創出された。また若手を含めて多くの研究者を参画させたことにより、人材育成面でも貢献した。	1

全体評価(案)	
(所見)	
1mもの段差を乗り越え、瓦礫の隙間を自在にぬって救命探索等を行う索状ロボットや、サイバー救助犬用のアシスト・スーツ、全天候型ドローンなど5種類の独創的な災害ロボットが開発された。また、これらロボットは、一部が実際に災害救助(西日本豪雨災害)の現場に実証活用されたほか、福島県ロボットテストフィールドにおける実証テスト等により、実用性をアピールする取組が行われた。 しかしながら、研究開発の過程において、民間企業等の取り組みやAIとの融合等も必ずしも十分でなかったため、実用化の見通しには課題を残す結果となった。このため、現段階において将来の災害対応のあり方を変革させるほどの見通しが得られたとは言いがたい状況にある。	

研究開発プログラム(研究成果)に関する評価シート

PM	氏名:	藤田玲子
PM補佐	氏名:	小澤正基
PM補佐	氏名:	川島正俊
PM補佐	氏名:	松崎禎市郎
PM補佐	氏名:	佐藤昌喜
PM補佐	氏名:	藤井恵美

番号	評価視点	PM記入欄		プログラム評価委員記入欄	
		自己評価コメント	自己評価 点数	所見	評定
1	産業や社会のあり方の変革(漸進的でなく、非連続的なイノベーション)をもたらす見通しに関する視点	「放射性廃棄物」を「資源」とすることは一種の錬金術であり、産業や社会のあり方に変革をもたらす大きな成果であると考えている。特に本プログラムの概念(コンセプト)特許が公益社団法人発明協会のH30年度全国発明表彰にて21世紀発明賞を受賞したことは非連続イノベーションの見通しに値する。	4	高レベル放射性廃棄物の低減化・資源化が可能となれば社会に大きな変革をもたらすと考えられ、偶奇分離と核変換によってPd107の無害化・資源化を実証したことは評価できるが、他のLLFPやMAも含めたシステムの検討が不可欠であり、産業や社会のあり方変革をもたらす見通しを得たとは言えない。	3
	① 将来の産業や社会のあり方の変革をもたらすような革新性を有する研究成果が獲得されたか。	これまで放射性廃棄物とされた物(LLFP)を新しい方法である偶奇分離法と入射エネルギーを制御した加速器による核変換法を組み合わせることにより放射能を低減し、リサイクルできるプロセスを提示し、実験により資源化できる見通しを得た。	○	レーザー偶奇分離技術、大容量加速器、核反応データ取得、核反応シミュレーション技術に関して革新的な研究成果が得られ、その成果を用いて偶奇分離と核変換によってPd107の無害化・資源化を実証したことは高く評価できる。	○
	② 産業や社会のあり方変革に向けた戦略が具体的かつ明確となったか。	産業や社会のあり方変革に向けた戦略として、次のフェーズ5年間で分離回収から核変換までのプラントを設計するための課題を解決する研究、技術開発を行い、2024年以降にパイロットプラントを建設し、2040年に社会実装することから明確になった。	○	高レベル放射性廃棄物を分離変換することで無害化・資源化する実証プラントの建設に向けた戦略は明確になったが、実高レベル廃液を用いた試験や経済性を詳細に検討することも望まれる。	△
	③ 戦略の実現に向けた課題が整理・明確化されたか。	実高レベル廃液を用いて提案した化学分離プロセスの成立性を確認する。実Pd-107を用いて偶奇分離法により奇数核種のみ分離し、回収率を確認する。Cs-135のレーザー法を用いた同位体分離法の試験を行い、分離できることを確認する。加速器開発ではメーカに委託して概念設計した加速器の装置を実際に製作し、その性能を確認する。	○	Pd-107、Cs-135の実証実験への課題が整理・明確化されたが、それ以外のLLFPやMAについては課題が未整理である。また、機器設計においては要素技術の開発だけでなく、耐久性やメンテナンス等も検討する必要がある。	△
	④ 技術的課題を克服するためのアイデア・着眼点の斬新さ、技術的なサプライズは存在したか。	“偶奇分離法”と“入射エネルギーを制御した処理用加速器による核変換”である。特に処理用加速器はこれまでにない概念であることからの”技術的サプライズ“と言える(前述の21世紀発明賞受賞)。	○	同位体分離に偏光レーザーを利用する偶奇分離法、入射エネルギーを制御した大電流化加速器は技術的サプライズを有する斬新なアイデアである。	○
	⑤ 戦略の実現に向けた道行き(ロードマップ)が適切に描けたか。	戦略の実現に向け、社会実装は2040年を目標として2024年～30年はパイロット試験設備を製作し、2035年までこの設備を用いた課題解決の試験を進めると共に実機の核変換施設の設計を進め、2035年～建設を開始し、2040年に完成させ、運転を開始する。	○	戦略実現への大枠としてのロードマップが描けている。世界の動向に注視しつつ、レーザー偶奇分離技術及び革新的加速器技術の実証に重点を置いて、柔軟に計画を最適化していくことが重要と思われる。	○
	⑥ 戦略の実現に向けた産業界との連携・橋渡し等が行われたか。	産業界との連携については、既にプロジェクト1の分離回収技術ではメーカ3社がプラント概念設計を実施している。プロジェクト4の加速器開発ではメーカ2社が委託契約で3社が理研の下でプラント概念設計を行っている。連携・橋渡しが行われつつある。	△	概念設計を実施するなど産業界を巻き込んで開発しているが、戦略の実現のために必要な経済性の観点での検討が現時点ではなされていない。	△
	⑦ 知財・標準化戦略は明確かつ適正か。	知財・標準化については、概念(コンセプト)特許は基本的に海外出願すると共に、委託研究で得られた成果は実施機関が特許を積極的に出願できるようにした。標準化としては通常とは異なるが、放射性廃棄物の低減の基本的な考え方を世界の原子力発電を実施している国々に認めていただくために、IAEAを巻き込み、LLFPの核変換の位置づけを明確にするTEC-DOCを発刊する作業を実施している。これまでに4回のTechnical MeetingおよびConsultancy Meetingを開催し、報告書のドラフトを完成している。	○	概念特許を取得し、21世紀発明賞の受賞につながった点、技術の標準化でIAEAを巻き込んだ戦略は評価に値する。	○
2	上記①以外の派生的な効果(派生的に生み出された成果、新たな学術的知見の創出、失敗から得られた知見等)に関する視点	偶奇分離法の開発ではレーザーの新しい研究分野を提供できた。また、処理用の革新的加速器は加速器の実用分野を研究用のビーム電流(ミリアンペア)や極小のビーム電流(ナノアンペア)による癌治療のものからアンペア級の大型の加速器の創出へと変革ができた。	1	レーザーによる偶奇分離技術は、医学応用を含めた異分野で大きな技術革新をもたらす可能性がある。高エネルギー領域での核データの整備は、より精度の高い反応制御や医学応用への道を切り開くものである。	1

全体評価(案)
(所見)
将来、高レベル放射性廃棄物を核変換処理するための第一歩として、世界で初めてPd－107の放射性同位体の分離法(偶奇数分離法)の確立及び核変換処理に成功した。これら研究成果は、学術的な成果として国際的にも高い評価を得たほか、国内においては、この概念特許が21世紀発明賞により表彰された。しかしながら、Se-79等のPd以外の高レベル放射性廃棄物種については、未だ有効な分離法の確立や核変換の実現可能性を示す研究成果は得られておらず、所期の目標達成には今後相当長期にわたる研究開発が必要になると考えられることから、現段階において高レベル放射性廃棄物の無害化・資源化に見通しが得られたとは言いがたい。

研究開発プログラム(研究成果)に関する評価シート

PM	氏名:	宮田令子
PM補佐	氏名:	坂見敏
PM補佐	氏名:	大橋紗矢香

番号	評価視点	PM記入欄		プログラム評価委員記入欄	
		自己評価コメント	自己評価点数	所見	評定
1	産業や社会のあり方の変革(漸進的でなく、非連続的なイノベーション)をもたらす見通しに関する視点	グローバルに拡大しつつある新興感染症や多剤薬剤耐性菌、細菌、ウイルス、危険化学物質、爆発物など身の回りに脅威が拡がる中、これらをリアルタイムにありとあらゆる場所でその場検知しビッグデータ化するシステムは現存せず、これを確立することで細菌・ウイルス・危険物を検査・予測・予報し、パンデミックやバイオ・化学テロを未然に防ぐことにより社会のあり方に変革を生み出すことができる。我々は嗅覚や昆虫の触覚など生物が微量物質を捕捉・検出・パターン認識する仕組みに学び、それを越えるような全く新しい原理、革新的なシステムで、人工的な固体デバイスに落とし込み、危険・有害物質などを極微量であっても、迅速にセンシングし、AIの一種の機械学習で解析するセンシングシステムを創製した。3プロジェクトともにプロトタイプを作成し、実サンプルでの実証検証を行い、事業主体にて実装へ向かっている。	3	有害・危険物質を高感度・リアルタイム・オンサイトで迅速に検知するシステムを開発することが本プログラムの目的である。ユニークな検出原理と機械学習を組み合わせ高感度センサーを開発したが、何がどの程度含まれているか分からない実試料をセンシングできるといには遠く、社会的課題を解決する具体的道筋が示されたとはいいがたい。	2.2
	① 将来の産業や社会のあり方の変革をもたらすような革新性を有する研究成果が獲得されたか。	PJ1,2においては全く新しい原理で、PJ3は革新的な新センシングシステムにより、危険・有害物質を捕捉、濃縮、検出、識別し、機械学習を融合したプロトタイプ(プラットフォーム)を創製した。これにより、細菌・ウイルス・危険物質等を迅速・高感度に検出できる小型プロトタイプを開発・原理検証し、プログラムの社会実装(危険、有害物や空気質を多項目を簡便に検知)するための実証が可能となり、これら革新的な成果を創出することができた。	○	バイオエアロゾルから細菌までを単粒子で検出できる技術は全く新しい原理で、ヘルスケアや環境分析に応用されれば社会的インパクトは非常に大きい。臭いの高感度検出も広範囲の応用が可能であり、社会のあり方の変革がもたらされることが期待される。	○
	② 産業や社会のあり方変革に向けた戦略が具体的かつ明確となったか。	当初からの見直しにより、喫緊又は将来の重大な社会課題にフォーカス、インパクトの大きさを明確化し、新興感染症や薬剤耐性菌の出現等、差し迫った脅威を迅速に検知できる革新的な計測システムを社会実装し、グローバル・バイオセキュリティ等を実現することに重点化した。すなわち・1粒子解析システム(ナノポア計測)では検知対象を1粒子レベルで識別する全く新しい計測原理を開発。終了時までには原理実証を終え、実証検証を行う。人工嗅覚システム(匂いセンサ)は原理実証が進んでいるため、当初の計画通りImPACT終了時までには参画企業による製品試作を終えとし、明確化した。	○	開発したセンシングデバイスをどのように使って、社会のあり方変革につなげるのか、社会システムデザインの議論が不十分であり、戦略の明確化という点では道半ばの印象が強い。感染症をターゲットとするのであれば、安全面および迅速性についての訴求が弱い。	△
	③ 戦略の実現に向けた課題が整理・明確化されたか。	当初からの見直しにより、研究開発最終課題(ImPACT期間)は、1粒子解析は計測技術の確立・実証検証を、人工嗅覚システムは製品試作を研究開発課題とした。実証検証については、細菌、ウイルスを扱う生物、医学、バイオ系機関を巻き込み、生体系で実証を出来る体制を強化したこれらImPACT期間の最終目標を含む見直し内容をPLIに深くご理解いただき、プログラム員全員で整理、明確化された課題を共有、ベクトル合わせをしっかりと実施し、計画に沿って進捗させた。	△	実証実験にさらに時間を要すると思われるが、ツールという観点で捉えたと問題点・課題は整理された。一方で、基盤技術から実証プロセスへの展開、社会実装に向けての全体戦略は未整理である。	△
	④ 技術的課題を克服するためのアイデア・着眼点の斬新さ、技術的なサプライズは存在したか。	PJ1-細菌・ウイルスでは縦型薄膜のナノポアデバイス、PJ2-バイオエアロゾルではナノワイヤ捕捉と横型ナノポアデバイス識別という革新的新原理でセンシング、PJ3-人工嗅覚システムではナノワイヤ捕捉と16Chセンサーデバイスというに基づいた革新的システムを完成させた。またPJ2、サプライズ(セレンディビティ)な発見(薬剤耐性菌まで高精度識別)もあった。	○	両プロジェクトとも、簡単な構造で一定の目的を達成しており、アイデア・着眼点の斬新さという観点では高く評価できる。AI活用を他に先駆けて取り込んでおり、信号形状との相関をさらに検証することで、今後の展開が期待できる。	○
	⑤ 戦略の実現に向けた道行き(ロードマップ)が適切に描けたか。	3つのプロジェクトともImPACT終了時までには原理実証を終え、実雰囲気、実サンプルでの実証検証を開始する道行きを描き、実行した。PJ1においては、大阪大学にImPACT発ベンチャーAiporeを立ち上げ、稼働が実現した。PJ1,2とも医療関係は、臨床研究/試験へに繋げていく道行きとし、並行して用途メーカーへの技術移転活動等引き続き行う。人工嗅覚システムは当初計画通りImPACT終了時までには製品試作を終え、パナソニックを中心に2020年から事業化することとし、社会実装への道行きを明確化した。	○	ロードマップを期中に大きく修正したので、適切に描けたという評価は難しい。社会実装に向けたロードマップがアカデミアベースのシナリオとなり、臨床有用性検証などのキーとなるプロセス課題との連動性が不足している。	△
	⑥ 戦略の実現に向けた産業界との連携・橋渡し等が行われたか。□	PJ1は2018年10月にImPACT発ベンチャーを立ち上げ、阪大のベンチャーキャピタル等の投資を受け、実際のビジネスとしてBtoCサービスを想定しており事業化計画に沿って、活動中。PJ2は計測器メーカーへ実施許諾済みである。さらに用途メーカー等への技術移転活動を引き続き行う。PJ3はパナソニックは、自社投資もし、事業化を見据え、積極的に活動中である。以上、産業界との連携・橋渡しを精力的に進めている。	△	各プロジェクトで複数社との連携・橋渡しが行われている点は評価できる。本格的な事業化はプログラム終了後であり、売れる製品を作り上げるために顧客ニーズをしっかりと理解する必要がある。	△
	⑦ 知財・標準化戦略は明確かつ適正か。	開始時から定期的に特許調査を行い、アップデートをしてきた。そこで、我々の特許ポジションを明確化、各PJごとに知財ポートフォリオを作成して、研究開発過程で生まれた知財を速やかに出願してきた。標準化については当初から注視してきたが、現状点では実施する事業体PJ1はベンチャーが、PJ3は企業が事業体として戦略的に標準化アプローチに取り組んでいく。	○	進捗状況をフォローして特許出願を推奨し、知財の確保に努めたことは評価できる。コア技術は流出防止のために国際標準化を行わず、バイオ粒子計測装置の性能評価プロトコルを国際標準化する戦略をとった。	△
2	上記①以外の派生的な効果(派生的に生み出された成果、新たな学術的知見の創出、失敗から得られた知見等)に関する視点	横型ナノポア(プロトタイプ)では、長尺化することで、さらに技術的なサプライズ(セレンディビティ)としてバイオエアロゾルだけでなく薬剤耐性菌まで高精度識別に成功した。さらに、本サレンディビティに基づく横型ナノポア内の薬剤耐性菌(主に膜変異耐性獲得菌)の解析現象について、縦型薄膜ナノポアのマルチフィジックス解析に加えてイオン拡散解析を融合することで、ナノポアにおける新たな学理を構築した。	1	横型ナノポアの長尺化は興味深く、発展を期待できる。ポア作製技術そのものも他のナノ加工技術への応用を期待したい。信号取得・解析に対する物理的アプローチもユニークである。	1

全体評価(案)
(所見)
微細なナノポア空間を通過したウィルス等の電位変化を機械学習させることにより、ウィルスや微生物等を1粒子レベルで高感度・識別可能な、新しい計測原理に基づくセンサー開発に成功した。また、ヒトの嗅覚原理を模倣し、複数の気体成分の状態から機械学習により臭気を識別する高感度識別するセンサーを開発し、事業化・商品化の見通しを得た。これら研究成果は、物質科学とAI等とを融合した、独創的かつ先駆的な研究成果と言えるが、将来の産業・社会ニーズに具体的にどのように結びつけ、社会実装を目指すかなどの全体戦略が依然不明確であり、現時点において将来の公衆衛生のあり方に変革をもたらすと見通しは得られてない。

研究開発プログラム(研究成果)に関する評価シート

PM	氏名:	八木 隆行
PM補佐	氏名:	浅尾 恭史
		齋藤 恵志

番号	評価視点	PM記入欄		プログラム評価委員記入欄	
		自己評価コメント	自己評価点数	所見	評価
1	産業や社会のあり方の変革(漸進的でなく、非連続的なイノベーション)をもたらす見直しに関する視点	光超音波3Dイメージング技術を完成し、既存技術ではできていない非侵襲で血管の形態的構造評価と酸素飽和度分布評価ができる様になり、疾患と血管や血液状態との相関性を明らかにする事ができた。さらに、血管のダイナミックな変化を捉える物性評価(血管・周囲組織の硬さの違いなど)を実現でき、生活習慣病などを自覚症状のない段階で評価する「Vascular Health Scinece」の可能性を示すことができた。本研究成果により、これまでに無い新しいモダリティとして新画像診断市場を創出できる見通しを得ており、事業化の段階に入った。また、既存の非破壊計測法では検出が困難であった、CFRPの内部のきずを可視化する技術を完成し、計測領域の可能性を示す事ができた。新たな検査法が得られたことは日本の製造産業にとり重要な成果である。	4	光超音波3Dイメージング技術を完成させ、既存技術では出来なかった深さ2cmまでの画像診断の革命的な進歩を実現した。速やかな臨床応用が実現すれば、超微再建外科が飛躍的に進展して世界中の多くの生命を救える可能性があり、社会に大きなインパクトを与えるものである。	3.6
	① 将来の産業や社会のあり方の変革をもたらすような革新性を有する研究成果が獲得されたか。	光超音波3Dイメージング技術で可視化した微細な血管と疾患との関係や健康者での血管の変化が捉えられることができ、複数疾患での臨床有効性を検証できた。動脈をダイナミックに可視化できたことで、生活習慣病や糖尿病などを自覚症状のない段階で評価する可能性を示すことができた。また、既存の非破壊計測法では計測困難な、FRPの欠陥を高精細に3次元可視化する技術を完成し、複合材料の計測応用の可能性を初めて示す事ができた。	○	医療分野では 形成再建領域と癌の診断において、世界的に変革をもたらす可能性のある研究成果が獲得されている。一方、工業分野の非破壊検査・計測では、光超音波でなければならない応用が明らかではない。	○
	② 産業や社会のあり方変革に向けた戦略が具体的かつ明確となったか。	プログラム実施期間内での目標を達成し、構想で描いた出口戦略を実行できる段階となっている。医療領域での製品化と、医療以外の分野への応用拡大に向けたシステムおよび光源の小型化開発を進める。AIを用いて血管抽出と特徴量抽出が可能となり、健康医療サービスに向けた技術基盤ができた。画像データベースの構築を進め、サービス提供を行う。	○	マイクロ可視化装置については、理化学機器としての販売から医療診断機器への道筋が明確であるが、ワイドフィールド可視化装置については、現時点では製品化戦略が明確になっていない。	○
	③ 戦略の実現に向けた課題が整理・明確化されたか。	各プロジェクト毎の進捗レベルより、2つの可視化システム及びデバイス(超音波センサ、波長可変レーザ)は、システム完成度を上げる製品設計および量産技術開発の段階にある。出口戦略と直結する応用研究において、医療・美容領域では有効性実証と診断フロー構築のため症例追加が課題となる。非破壊検査領域では技術実証は完了しており、ニーズに合わせたシステム開発の段階にきている。戦略実現に向けた課題は明確となっており、実現可能な状態にある。	○	デバイスの高性能化、コストの削減、有効性の実証等、解決すべき課題が明確化されたが、製品の世界規模での普及の実現に向けた課題は整理されていない。	○
	④ 技術的課題を克服するためのアイデア・着眼点の斬新さ、技術的なサプライズは存在したか。	ワイドフィールド可視化システムには、半球形状の超音波センサと高速・高出力波長可変レーザの実現が不可欠である。超音波センサでは、フィルム状圧電探触子により半球形状の多チャンネル超音波センサを開発し、リアルタイム3Dイメージングに成功した。マイクロ可視化装置では、光学系と超音波センサを小型・一体化し、光超音波と超音波による皮膚血管と皮膚構造のマルチイメージングを実現した。世界初となるシステムを実現した。臨床研究にて、人体の機能に関する、新たな多くの知見が得られている。	○	医療領域にはアイディア・着眼点の斬新さ、技術的サプライズが随所にみられる。特に光超音波による高性能センサー及びその信号処理方式の開発に成功し、この技術でしかできないリンパ管や血管網の知見が得られたことは特筆に値する。	○
	⑤ 戦略の実現に向けた道行き(ロードマップ)が適切に描けたか。	ワイドフィールド可視化システムでは、非造影血管撮影を特長に薬事承認取得の容易な診断ターゲットで薬事承認を取得し、承認取得後に早期診断・検診や生活習慣病リスク評価に展開を図る出口戦略を設定した。マイクロ可視化システムでは、理化学機器として早期販売を開始して市場作りを行い、その後に医療診断市場に拡大する出口戦略を設定した。プログラム期間後も、医療機関と臨床研究を継続し、応用領域の拡大を図る。	○	これまでのロードマップは適切に描けてきたが、今後に関しては十分描けていない。出口戦略の設定は適当であるが、医療機関と密接な協働体制のもと、具体性のあるプランが必要である。	○
	⑥ 戦略の実現に向けた産業界との連携・橋渡し等が行われたか。	産業界との連携・橋渡しでは、新産業創出に必須の共通コンポーネントとなる医療用レーザや超音波センサ、材料となる音響マッチング材料の製品化の見通しをつけた。また、事業化を目指す、医療・産業機器、非破壊検査、レーザ機器、化粧品の産業分野から9社が参加し、研究開発体制を構築した。本技術の実用化に興味を有する東しなど9社が、NDAを締結している。	○	マイクロ可視化装置の製品化等の産業界への橋渡しが行われた。ワイドフィールド可視化装置は、ベンチャーを設立して実用化を進めているが、製品の普及には専門家を巻き込んだ更なる具体策が必要であろう。	○
	⑦ 知財・標準化戦略は明確かつ適正か。	先行特許調査を実施し、実用化に必要な注目領域を設定し、下記の知財戦略を立案した。日本出願64件、海外33件を出願できた。 (1)産業応用(臨床実態)に即した特許出願と、周辺要素技術の特許出願 (2)薬事審査の判断基準(装置の校正法)と臨床診断法の権利化 標準化戦略では、光超音波診断装置の品質を裏付ける試験方法、および模擬臓器ファントムを開発した。独立行政法人・医薬品医療機器総合機構(PMDA)とのRS戦略相談を進めている。	○	特許出願は目標値を十分上回っており、知財戦略は適正である。薬事承認に向け、PMDAとの相談も積極的に進められている。	○
2	上記①以外の派生的な効果(派生的に生み出された成果、新たな学術的知見の創出、失敗から得られた知見等)に関する視点	派生的な成果として、以下がある。 ・高周波格子フィルタを用いた分光計測法を発明し、顕微鏡レベルの解像度で分光情報マップを取得できた。組織を分光イメージングで病理診断の新計測法の可能性をもつ技術である。 ・光超音波イメージングによる臨床研究より、脈管に関する新たな発見がある。レイノー現象と血流との相関、動脈の変形メカニズム解明、リンパ管のダイナミクス解明など、多くの知見を得て、新しいバイオロジ研究が期待される。	1	当初想定していなかったリンパ管イメージングが可能になり、静脈のイメージングと組み合わせることでリンパ管と静脈の吻合が容易になった。今後さらに医学領域で波及効果が生じる可能性が高い。	1

全体評価(案)
(所見)
開発された光超音波3Dイメージング技術は、これまで計測が困難であったヒトの毛細血管の状態やリンパ液の流れ等が可視化できものであり、医療関係者からは乳がんやリンパ浮腫の診断への応用が期待されているほか、さらなる臨床データの蓄積等により、将来的には様々な疾病予測等にも応用できる可能性が指摘されている。こうした医療技術としての応用可能性を実証するためには、今後様々な医療機関と連携して、相当期間の臨床試験や臨床データの蓄積や関連規制への対応が必要であり、ImPACT期間中の5年間の成果のみをもって、将来の医療分野を大きく変革する見通しを得られたとの判断は困難である。

研究開発プログラム(研究成果)に関する評価シート

PM 氏名:	山川 義徳
PM補佐 氏名:	福田 紘己
	岡 宏樹

番号	評価視点	PM記入欄		プログラム評価委員記入欄	
		自己評価コメント	自己評価 点数	所見	評価
1	産業や社会のあり方の変革(漸進的でなく、非連続的なイノベーション)をもたらす見通しに関する視点	本プログラムでは、人生100年時代における高齢化に伴う認知機能の低下や、AIやIoTによる情報化の進展に伴うストレスの増加といった、医療の範疇を超えた脳や心に関する世界的な課題の解決を目指した。これにより多くの先進国やグローバル企業がフォーカスしている医療とは異なる、ゲームチェンジを実現できると考えている。 この解決に向け、脳情報の可視化と制御技術の研究開発を進め、結果として、脳の状態を見える化し、より良い状態に変えるための携帯型ブレインマシンインターフェース(BMI)の実装を中心に、高度な可視化技術であるブレインロイドや高度な制御技術であるアンドロイドニューロフィードバックのプロトタイプ作成にも成功した。加えて、脳情報の国際的な流通を可能にする国際標準化についても日本が主導となって実現することができた。 これらのことは、世界中の人々が望むいつまでも健康で若々しい脳を実現する最初の大きな一歩となったと考えている。加えて、知財戦略を通じたクローズドなコア技術の獲得や標準化戦略を通じたオープンな国際協調についても一定の成果がえられ、日本が世界に新しい価値を発信していく橋頭保を作ることができたと考えている。	3	脳情報産業を可視化して、非専門家でも脳情報を自在に扱えるようにすることは、産業や社会の変革につながるイノベーションである。しかし、学術的には重要な成果が出ているものの、プロジェクト間の連携の弱さもあり、非連続的なイノベーションの域に達したとは言い難い。	2.75
	① 将来の産業や社会のあり方の変革をもたらすような革新性を有する研究成果が獲得されたか。	BMI領域については、大型計測装置を用いて認知機能を規定する脳内ネットワークの操作や恐怖記憶の消去のニューロフィードバック技術を成功させるとともに、fMRI活動を推定する機械学習技術を開発し、携帯型BMIニューロフィードバックを実装するに至った。これにより、家に居ながらにして認知機能を高めることやストレスを解消できるような全く新しい製品を提供することが可能となる道筋が得られた。 一方、脳ビッグデータ領域では、脳情報と画像情報、テキスト情報を蓄積し、AI技術を組み合わせることで、脳活動を予測する技術開発及び脳活動から新しいコンテンツを生成する技術開発に成功した。これらを発展させることで、脳の状態推定を踏まえたストレスを癒すコンテンツの生成や認知的負荷の少ない空間デザイン的设计などに繋がると考えている。 また、脳ロボティクス領域では、人が両腕を使いつつ、BMIでロボットアームを操作する実験を行い、高い成功率で操作できることを示した。これは、マルチタスク能力など、人の認知能力の向上に役立つと考えている。合わせて、装着型ロボットの動作指示による脳の体性感覚認知能力の改善やロボットとの対話による脳の活性化なども実装した。これらは健全な心身を維持するための脳ロボティクス技術の基盤になっていくと考えている。 このように、誰もが認知機能の維持とストレスの解消が可能になる将来の社会のあり方を見据えつつ、これまで不可能とされていた脳情報の可視化と制御に関する革新的かつ基盤的な技術を生み出すことができた。	○	実用化に向けた課題は残っているものの、脳情報産業実現の可能性は示せた。EEGやNIRSによるニューロフィードバックの携帯化で、PTSDへの対策を脳情報から実施できる道筋を見出した。また、BHQを指標とした脳の健康管理の可能性が見えてきた。	△
	② 産業や社会のあり方変革に向けた戦略が具体的かつ明確となったか。	ゲームチェンジに向けた戦略として、前述のようなコア技術の開発を通じたクローズド戦略を中心に据えることで明確な道筋と成果をえることができた。これに加えて、様々なステークホルダーを巻き込んだオープン戦略も並行して推進してきた。 まず、日本にしか普及していない脳ドック拠点のネットワーク化及びグローバル展開を進めた。具体的には、脳ドックデータのシェアリングルールを策定し、初期の連携先として37の脳ドック拠点との合意に至り、併せて国際標準化のユースケースになった。但し、国内には600拠点以上が脳ドックを提供していることもあり、また日本以外にはスイス、イギリス、フィリピンなどまだ限られた国との連携しか議論出来ていないことからさらなる活動が必要と感じている。 また、民間企業の脳科学研究を支援するためのインフラとしてMRI研究拠点の組織化及び産学のエコシステム作りを進めた。理化学研究所を中心に東京工業大学、京都大学、東京大学などのMRI拠点での、撮像ルールの共通化や倫理ガイドラインの一本化により、これまで脳情報を扱ったことのなかった民間企業にも試行的な取り組みが可能となった。但し、まだ脳研究を本格化する民間企業を多く生み出すに至っていないことから道半ばである。 しかしながら、これらの取り組みを継続していくことによって、今回得られた革新的な研究開発成果が、脳ドックを通じて提供されたり、民間企業が自社の新しい製品やサービスの基盤として使うようになると考えている。	△	脳ドッククラウドと他のプロジェクトとの関係性が曖昧で、脳情報エコシステムを具現化したとは言い難い。グループ間の協調が強化されていれば、新しい展開も生まれたように思う。脳情報サービスが産業に変革をもたらすには、規範となるビジネスモデルの提案が重要であり、企業を巻き込んだ具体的検討をより強化すべきであった。	△
	③ 戦略の実現に向けた課題が整理・明確化されたか。	クローズド戦略によるコア技術の開発については、技術的な課題の整理や明確化を通じて一定の目的を立てることができたものの、その社会実装のためには、さらなる研究開発の継続及びフィールドでの実証やビジネスモデルの策定なども必要になってくると考えている。しかしながら、それらの本格的な活動はこれからであり、活動後の様々な課題の整理や明確化までは現状においては十分対応しきれなかったと考えている。 一方、オープン戦略による国際標準化についても、初期のバージョンの標準化文書は承認に至ったものの、他の標準化活動を踏まえると、継続的なバージョンの改定及びユースケースの充実、グローバルなアウトリーチ活動が必須と考えている。このように課題となる対象は見えつつあるものの、その整理や明確化は不十分であると考えている。	×	産業や社会のあり方変革というImPACTが掲げた大きなテーマに比べて、各リーダーが進めた研究開発は適用範囲が狭く、脳情報産業の実現に向けた課題が見えにくくなっている。全体から見た課題のどの部分を整理・解決したのかも明確に示されていない。	×
	④ 技術的課題を克服するためのアイデア・着眼点の斬新さ、技術的なサプライズは存在したか。	携帯型BMI領域は、川人統括技術責任者に先導して頂き、安静時MRIでのスパースコーディングを用いたネットワーク分析によって認知機能を推定するネットワークの同定及びニューロフィードバックによる機能改善に成功した。さらに困難と思われた携帯化に道筋をつけた。 脳ビッグデータ領域は、神谷統括技術責任者に先導して頂き、古典的な脳情報解析ではなく、AI技術の活用及びWeb上のコンテンツを利用するという斬新な手法によって、脳活動の多次元評価に留まらずコンテンツ生成、さらには個人の脳のエミュレータであるブレインロイドの開発にまで至った。 脳ロボティクス領域は、石黒統括技術責任者に主導して頂き、運動支援ロボットや対話ロボットの実装によって脳の健康への貢献に道筋をつけるだけでなく、アンドロイドと脳計測を接続するという他に類を見ない融合によって追加肢の制御にまで到達した。	○	ニューロフィードバックの携帯化とマルチタスクBMIには大きなサプライズがある。SPLICEによるEEG-fMRIの解析やfMRIの情報からの脳内イメージの解読も重要な研究成果である。ただ、DNNの課題となっている中間層の機能・性能を検証せずに適用しているところに実用上の問題を感じる。	△

	⑤	戦略の実現に向けた道行き（ロードマップ）が適切に描けたか。	プログラムの目標は、クローズド戦略としてコア技術の開発である3つの領域において脳の健康に貢献するソリューションのモデルケースの提供を行うことと、オープン戦略として多様なステークホルダーとの連携によって脳情報のサービス化とビジネス化への道筋をつけることである。 前者については、3つのステージを設け、ステージ1ではより多くの取り組みをトライアルする意味も込め22の研究グループを実施したが、ステージゲートを通じて、ステージ2では8グループへ、さらにステージ3では6グループへと廃止・統合を行い、競争と協力の中でロードマップにそった強いコア技術の開発ができたと考えている。 一方、オープン戦略についても、脳ドック拠点のネットワーク化や国際標準化の承認に至るなど一定のロードマップを進めることができたが、既存企業との産学連携については、描いていたロードマップが必ずしも十分ではなく、企業との適切な役割分担を描くに至らなかった点があったと感じている。	△	各プロジェクトは、それぞれの既成のロードマップ上で研究を推進した感が強く、基礎研究の成果と脳研究に参入する企業からのニーズを整理して、適切な連携体制を構築するには至らなかった。脳情報産業創出に向けた全体ロードマップは明確には描けていない。	△
	⑥	戦略の実現に向けた産業界との連携・橋渡し等が行われたか。	携帯型BMI領域では、革新的な研究成果にとどまらずベンチャー企業設立、さらにはVCや民間企業からの資金調達にも至り、脳情報技術の産業化への非常に有用なモデルケースとなった。今後、このモデルが将来開発される脳情報技術についても適用されることを期待している。加えて、脳ビックデータや脳ロボティクスなどのコア技術の研究成果についても、民間企業の新規事業の要素技術とみなされていることから、有用な連携・橋渡しになったと考えている。 一方、国際標準を礎にして、グローバルなMRIベンダーとの連携やイスラエルやスイス、アメリカ、ドイツ、イギリスのMRI保有研究機関との連携も進みつつあることから、道半ばとも言え、継続的な活動を進められればと考えている。加えて、異業種民間企業のオープンな連携母体として設立したコンソーシアムには27社が参加しているが、さらなる規模の拡大を進め、より多くの企業に対して脳情報の可能性を検証する場を提供し続けていきたい。	△	国際標準化の推進が企業との橋渡し役を担っているが、ビジネスモデルの検討が弱く、倫理的検討やプライバシー保護など課題は山積している。PoCの積極的な推進により、コンソーシアムをコアとし海外機関とも連携した国内外への展開を期待する。	△
	⑦	知財・標準化戦略は明確かつ適正か。	クローズド戦略に沿ったコア技術の開発については特許取得はもちろん、関連するノウハウの蓄積や高品質なデータの蓄積を進めており、他組織や他国では容易に模倣できない水準になりつつあると考えている。但し、この競争優位を維持するためにも継続的な研究開発が必須であると考えている。 一方、オープン戦略の中心である国際標準化については、脳情報の利活用につながるプラットフォームの国際標準化については、ITU-TがWHOと連携して進めるeHealthのWGでの合意をへて、システムアーキテクチャーに関してITU-T勧告草案H.861.0（H.MBI-PF “Requirements on communication platform for multimedia brain information”）、さらには、後述する脳の健康管理指標の作成に関してH.861.1（H.MBI-BHQ “Requirements on establishing brain healthcare quotients”）という形で承認されるに至っており、継続して改定を進めていきたい。	○	特許件数は十分とは言えず、テーマ全体について網羅的に出願すべきであった。BHQの国際標準化はこれからであり、プラットフォームの国際標準化だけで満足せず、ライセンスなども戦略的に行ってほしい。	△
2	上記①以外の派生的な効果（派生的に生み出された成果、新たな学術的知見の創出、失敗から得られた知見等）に関する視点		多様なコア技術の開発をポートフォリオ管理していく上で、各技術のパフォーマンスを共通の仕組みで評価する必要性を強く感じるようになった。その派生的成果として、蒸気機関におけるワットや半導体におけるクロックを参考にした、誰もがわかり易く、容易に使える脳の客観的指標としてBHQ（Brain Healthcare Quotients）のコンセプトを考案することができた。 実際、この指標のプロトタイプは、内部の技術評価だけでなく、民間企業においても一般の生活者においても試行的に利用されるに至った。結果として、前述の通り脳情報の共有に関する標準化だけでなく、指標の作り方の標準化として国際標準化することができた。しかし、民間企業と共同記者会見を行った際には、予備的な指標の事例を伝え、民間企業主導の脳科学の研究開発及び研究投資へとつなげる意図について丁寧な説明ができず、民間企業へのお墨付きを与えるものと受け止められる結果となってしまったと反省している。 世界に発信できた成果という観点だけでなく、その後の反省から得られた教訓という意味においても、有意義な取り組みかつ知見であったと考えている。	1	本プログラムで考案したBHQを実際に実施し、国際標準化活動で提案したことは評価できる。その意義と有用性について科学的な検証を着実に進めて、国民の信頼を獲得していくことが肝要である。	0.75

全体評価（案）	
（所見）	
個々人の脳情報を簡便に計測できる携帯型ブレインマシンインターフェースの開発や、恐怖体験等のヒトの記憶をデコーディングする技術、脳情報とロボットとをつなぎ一人の人間（脳）が複数のロボットを制御できる可能性の実証など、将来の脳情報サービス産業の創出に向けた画期的な研究成果が得られた。また、脳科学科学分野における学術知見も大きく前進させ、国内外から評価を得ている。しかしながら、プログラムが掲げた脳情報サービス産業の創出という野心的な目標を達成するには、これら研究成果を産業化するための更なるエビデンスの蓄積や具体的な民間企業を巻き込んだ共同研究や事業化戦略が必要であり、ImPACTの5年間という限られた期間中において将来の脳情報サービス産業の創出に向けた見通しが得られたとは言い難い。	

研究開発プログラム(研究成果)に関する評価シート

PM	氏名:	山本 喜久
PM補佐	氏名:	加古 敏
		佐藤 由希子

番号	評価視点	PM記入欄		プログラム評価委員記入欄	
		自己評価コメント	自己評価点数	所見	評価
1	産業や社会のあり方の変革(漸進的でなく、非連続的なイノベーション)をもたらす見通しに関する視点	光パラメトリック発振器の量子効果(量子相関や自発的対称性の破れ)を用いた従来とは全く異なる原理に基づくコヒーレント・イジングマシン(100ビット、2000ビット)を開発し、先行するゲート型やアニール型の量子マシンに対する優位性(複雑な組合せ最適化問題において)を実証した。ImPACT終了時には、10万ビットのコヒーレント・イジングマシンの実装と基本動作の確認にも成功した。現在は、最先端アルゴリズムを実装した現代コンピュータ(スパコン、GPU、FPGA)と性能比較・ベンチマークを行っている。また、セキュリティの領域においては、量子暗号を用いたデータ保存や信号の多重化による量子鍵とデータの同時配送などの研究成果も得られた。 今後、量子効果を用いた新型コンピュータや古典コンピュータに処理速度で勝るだけでなく、コスト、装置の大きさ、保守の容易さ、適用領域の広さ等について検討を行っていく。	3	光ネットワークにおけるコヒーレンスを用いて量子コンピュータのこれまでの常識にとらわれないシステムを構築し、量子アニーラを凌駕する計算性能を実証したことは評価できるが、理論モデルや実問題への適応には至らず、産業や社会のあり方の変革をもたらす見通しが得られたとは言えない。	3.4
	① 将来の産業や社会のあり方の変革をもたらすような革新性を有する研究成果が獲得されたか。	MAX-CUT問題(N = 100~500)での古典コンピュータとの性能比較では数十倍の正答率が確認された。また、量子アニーラはNの2乗の指数関数で正答率が低下しN = 65以上で問題が解けなくなるのに対し、コヒーレント・イジングマシン(N = 100~2000ビット)は高い正答率を維持できた。10万ビット機は更に高い性能が期待できる。 セキュリティ領域では、データ保存において分散保存に量子暗号技術を応用することで世界で初めて量子技術を用いたセキュアなデータ保存を実証した。また、信号の多重化技術を確立し、既存の光ファイバを活用した量子鍵とデータの同時配送にも世界で初めて成功した。 これらのことから、革新的な研究成果は得られたと言えるが、その成果が将来の産業や社会のあり方に変革をもたらすかどうか、は現時点では判断できない。	×	光のコヒーレンスを用いたコヒーレント・イジングマシン(CIM)を実現し、ある種の計算においては量子アニーラを凌駕する性能を示せたことは大きな成果ではあるが、実問題への適応が示されていないため革新性のある成果かどうかはわからない。	△
	② 産業や社会のあり方変革に向けた戦略が具体的かつ明確となったか。	明確になった。今後は、量子ニューラルネットワーク(QNN)の理論をFPGAにアルゴリズムとして実装する小規模組合せ最適化向けマシン、測定フィードバック型OPOを用いた大規模組合せ最適化向けマシン、光結合OPOを用いた量子シミュレーション向けマシンの3方式を中心に開発することとなる。	○	CIMの推進方向は具体的で明確であるが、いつまでにどの程度の計算能力を有するようになり、産業や社会をどのように変革するのかといった戦略を具体的に述べられる状況には至っていない。	△
	③ 戦略の実現に向けた課題が整理・明確化されたか。	明確化された。上記小規模マシンについては、原理、実証実験の段階を終了し、実用的マシンの実装へ移行する。その課題は各OPOパルスの振幅不均一性の除去と効率的な制約項の実装である。上記大規模マシンについては、すでに実用的マシンの実装が終了し、現在ベンチマーク評価を行っている。今後の課題は現代アルゴリズム(ヒューリスティック)とのベンチマークである。	△	大規模化と温度に対する安定性の向上、動作原理の理論化など、CIMが現在のスパコンなどを凌駕する革新的マシンとなるために必要な課題は整理され明確となっている。	○
	④ 技術的課題を克服するためのアイデア・着眼点の斬新さ、技術的なサプライズは存在したか。	従来量子コンピュータでは、量子の重ね合わせ状態の安定化と全結合に技術的課題があったが、今回その克服に向け、前者は光パラメトリック発振器を用いた光の真空スクイズド状態による線形重ね合わせ状態、後者はパルスの量子状態を維持しつつ一部のホモダイン検波によるフィードバックパルスの注入によって実現したところにアイデアの斬新さ、技術的サプライズが存在する。	○	ファイバー共振器の中を走行するレーザ光パルスを計算リソースとして使うという発想は新しい。量子性を損失するようなフィードバックを敢えて使うことで全結合を実現したところに独創性がある。	○

	⑤ 戦略の実現に向けた道行き(ロードマップ)が適切に描かれたか。	今後5～10年のロードマップは適切に描けた。2024年までにコヒーレント・イジングマシンの適用領域を絞り込み、2029年までにソフトウェアの開発も含めて実用機を社会へ展開する予定である。	△	短期的なロードマップは適切に描けているが、QNNを活用するキラーアプリを提示するなど、社会実装における将来展望やロードマップが描けていない。	△
	⑥ 戦略の実現に向けた産業界との連携・橋渡し等が行われたか。	ハードウェアに関して、連携・橋渡しは行われた。ソフトウェア、ミドルウェアに関しては、まだ基礎研究段階にあり、産業界との連携には手が付いていない。	△	ハードウェアはNTTへQNNの技術移転が行われたが、ソフトウェア関連の産業界との連携はなされていない。産業界との幅広い連携が可能かどうか判断できる段階ではない。	△
	⑦ 知財・標準化戦略は明確かつ適正か。	適切に処置された。ただ、現時点では知財は企業と大学に分散して存在し、大学に帰属している重要な特許を企業にライセンスする仕事はこれから着手しなければならない。	△	複数の基本特許が権利化されたことは評価できる。知財・標準化戦略について検討できる段階に達していない。	△
2	上記①以外の派生的な効果(派生的に生み出された成果、新たな学術的知見の創出、失敗から得られた知見等)に関する視点	人材育成:大型の量子研究プロジェクトが世界的に立ち上がりつつある。各国のこうした取り組みの中心で、ImPACTで育った若手研究者が活躍することが十分に期待できる。	1	当該分野の人財育成には十分に貢献した。また、量子シミュレーションモデルQuTIPの利用を明らかにした学術論文数が1,000件に上ったことも評価できる。	0.8

全体評価(案)					
(所見)					
スパコンでは処理できないような複雑な組合せ最適化問題を世界最速で処理できる、光の量子効果を用いた新型コンピュータ(2000ビット機)の開発に成功し、クラウド公開を行っている。また、最終年度にはそれを上回る10万ビット機の開発も完了しており、現在、参画企業側において性能確認を行っている。さらに、量子暗号技術については、光量子による暗号技術を用い、将来計算機の性能が向上しても情報漏洩の危険のないデータの分散保存システムを確立し、東京圏内において実用レベルの分散保存ネットワークを構築・実証した。 これら研究成果により、情報通信分野における将来のあり方変革を見通すには、様々な業種・企業等と連携し、実問題処理するためのソフトウェアやアルゴリズム開発が必要であり、ImPACTの5年間という限られた期間内では道半ばの状況にあり、今後、ImPACT参画企業による事業化・実用化に向けた取組を期待することとしたい。					

研究開発プログラム(研究成果)に関する評価シート

PM	氏名:	白坂 成功
PM補佐	氏名:	中村 信乃夫
		唐原 健
		久保 秀之

番号	評価視点	PM記入欄		プログラム評価委員記入欄	
		自己評価コメント	自己評価 点数	所見	評定
1	産業や社会のあり方の変革(漸進的でなく、非連続的なイノベーション)をもたらす見通しに関する視点	これまでの地球観測衛星にない「オンデマンド即時観測」という特徴を実現するために、10分の1の重さと20分の1の低コスト化が可能な技術の開発が行えた。これにより、コンステレーションという早期の社会実装がベンチャーにより民間資金にて行われるロードマップを描くことできた。(資金の調達も予定より順調に行えている。)また、NSSや内閣府、経済産業省、防衛装備庁などを通じて、将来の活用にむけた議論も行えており、オンデマンド打ち上げを含めた可能性についても議論を進めることができている。それらに必要な知財活動等は参加研究機関、それを社会実装するベンチャーをふくめて調整が行われ、適切に活用できるように調整されている。	4	小型SAR衛星の必要性は多くの人が話題にしながら、実際に開発に踏み込む人がいなかったが、3年間で小型軽量化・低コスト化して社会実装可能とした。非連続的なイノベーションが短期間で起きたと考えて良い。	4
	① 将来の産業や社会のあり方の変革をもたらすような革新性を有する研究成果が獲得されたか。	・プログラム開始当初に掲げた目標を達成する、オンデマンド即時観測が可能な小型SAR衛星システムの開発に成功した。 ・本プログラムが開発した小型SAR衛星システムは、従来のSAR衛星と比べて大幅な小型・軽量化と低コスト化を実現し、更に高い観測性能も併せ持つこれまでのSAR衛星の常識を超えるものである。 ・また、オンデマンド即時観測を実現する衛星の自動・自律化機能も開発し、観測リクエストから極めて短時間で観測データをユーザーに届けことが実現可能となった。	○	開発に成功した小型SAR衛星システムは、従来の光学衛星技術では不可能であった夜間や雨天、雲に覆われた地域でのセンシングを可能とした、世界的に最先端の衛星技術である。また、本システムを従来の20分の1の低コストで実現したことにより、今後の商用化、海外への輸出の道を拓いたと言える。	○
	② 産業や社会のあり方変革に向けた戦略が具体的かつ明確となったか。	・本プログラムの小型SAR衛星は、「オンデマンド打上げ」に対応することで、災害等の緊急時に必要な情報を、確実かつ極めて短時間にユーザーに届けことが可能。「安心の目」として社会に変革をもたらす不可欠なインフラとなる。 ・同時に、「コンステレーション」にも対応することで全地球規模・常時観測システムを構築可能となり、産業面でも変革を起こす道筋が得られた。 ・上記の二つを両立する出口目標として、平時は「コンステレーション」によるビジネス展開、緊急時にスポット的な「オンデマンド打上げ」を行う小型SAR衛星の運用形態について、明確かつ具体的なビジョン、戦略、方針が描けている。	○	当初のオンデマンド型だけでなく商用利用も見据えたコンステレーション型も対象とすべく目標を変更したことにより、衛星の利用範囲を広げて持続可能なビジネス展開になった。衛星の自律化実証を前倒しで実施するなど、戦略を具体化していることも評価できる。	○
	③ 戦略の実現に向けた課題が整理・明確化されたか。	・既にベンチャーを立ち上げ事業化を進めていることで、課題が現実の問題として徐々に見えてきている。課題は、短期的、中期的、長期的に分類して明確に整理され、投資家への説明責任からリスク管理は厳重に行われている。	○	多くのポテンシャルユーザと意見交換することで、戦略の実現に向けた課題が明確化された。既にベンチャーを立ち上げ事業化を進めており、必要なビジネス展開をすでに行っている。	○
	④ 技術的課題を克服するためのアイデア・着眼点の斬新さ、技術的なサプライズは存在したか。	・大型アンテナのコンパクト収納は、平面スロットアレイアンテナ方式をベースに導波管トナメント回路による低損失給電系等を実現することで成し遂げている。本方式は本プログラムが独自に開発したSARアンテナ方式である。 ・世界の著名な宇宙機関も実現していない衛星の自動・自律化や、世界一の速度を誇る高速ダウンリンク送信技術、独自方式による大電力増幅技術など、多くの技術的サプライズが本研究開発により現実のものになった。	○	独自方式の平面スロットアレイアンテナや世界最速のダウンリンク送信技術、衛星の自動・自律化技術等の優れた要素技術を有するSAR衛星を、重量100kg級かつ体積1m立方以下でシステムとして成立させた点、製造コストも1機4億円となる点等サプライズが存在する。	○
	⑤ 戦略の実現に向けた道行き(ロードマップ)が適切に描けたか。	・本プログラムで開発した小型SAR衛星システムを社会実装することで、オンデマンド即時観測システムを社会インフラ化する計画を立案した。 ・事業継承をするImPACT発ベンチャー企業の立ち上げは既に完了しており、本ベンチャーにより明確かつ具体的な戦略を構築済み。事業計画について民間投資機関からの評価も高く、既に相当額の出資を得ている状況である。	○	オンデマンド即時観測の機能を残しつつも、コンステレーション化に向けてのロードマップを詳細かつ具体的に描き、各種要素技術の開発、製造、ベンチャー企業の立ち上げまで、明確かつ具体的な戦略を構築し、着実に実行に移している。	○
	⑥ 戦略の実現に向けた産業界との連携・橋渡し等が行われたか。	・民間企業とのマッチングについては、プログラムスタート時に方針の明確化を行い、その結果、研究開発の推進力(ブースター)となる企業との関係強化に重点を置くこととした。本方針に基づき、産業界との連携は適切に行われた。	○	今後の運営主体として事業会社を立ち上げ、具体的な出口企業からサポートを得るなど、産業界と十分な連携を図っている。	○
	⑦ 知財・標準化戦略は明確かつ適正か。	・競合先となり得る数十社、数百件の特許を調査しパテントマップ化することで、競合リスク等の評価分析を行った。 ・一連の知財調査・評価分析結果に基づいて、今後の知財戦略や知財活動計画を明確なものとして立案しており、事業会社に継承を行っている。	○	競合先となり得る知財の評価結果に基づいて、特許化する部分と外部に提示しない部分をうまく区分するなど、知財戦略は適正と考えられる。	○
2	上記①以外の派生的な効果(派生的に生み出された成果、新たな学術的知見の創出、失敗から得られた知見等)に関する視点	本プログラムの研究開発は、SARというハードウェアを高機能化することがメインテーマであり、いわゆる技術シーズをボトムアップさせるタイプの研究開発である。一方、当然ながらシーズはユーザー(社会)のニーズと結びついて(マッチして)始めて、社会の課題解決等に貢献することが可能になる。いくらイノベーションの可能性を秘めた素晴らしい技術シーズであっても、ニーズとの結びつきを真剣に考えなくては社会実装に至らせることができない。 上記のような思考を行った結果として、シーズそのものだけではなく、ニーズとの結びつきを如何に実現するかを本プログラムの派生的に重要なテーマととらえて、総合システムプロジェクトにおいて以下2点の取り組みを行った。 ・SARIに限らず、衛星データを利用した新ビジネスがなかなか起こりづらい現状について分析を行った。その結果、「衛星から見ることと解決する課題が遠いため、簡単に結びつかない」、「可視化して、結びつけることを支援する手法があれば有効である」という結論に至り、そのための手法を開発し、ワークショップによる実践を行った。 ・衛星データのよりユーザーに近い側にある技術として、高価値の情報を抽出可能な機械学習・ディープラーニング技術に着目して事業化に向けた検討を行った。更に、その構想をより進化させた「ディープラーニングの衛星搭載化技術」などの研究開発にも着手した。	1	当初構想のオンデマンド型に加えてコンステレーション型も対象とした方向転換が、本技術の適用範囲、有用性を拡大した。シーズとニーズの結びつきを常に検討していることが、結果として派生的知見につながっている。	1
全体評価(案)					
(所見)					
大型・高額なためこれまで軍事利用等に限られていた合成開口レーダ衛星(SAR衛星)を、わずか3年間の研究開発で世界で最も小型・軽量化することに成功し、2019年度中に打ち上げる見通しを立てた。衛星の小型化により、打ち上げコストが大幅に縮減するため、複数機を連動させたコンステレーションが可能となり、災害時の即時観測のみならず、平時において大規模プラントや高速道路の常時観測、船舶航路のモニタリング等が可能となり、現在、様々な関係者から宇宙ビジネスの開拓が期待されている。このため、今後の宇宙ビジネスの本格化に向けた画期的な研究成果が得られ、そのビジネス化が着実に進みつつあることから、将来の宇宙産業のあり方に大きなインパクトをもたらすことが確実と判断される。					

研究開発プログラム(研究成果)に関する評価シート

PM	氏名:	野地 博行
PM補佐	氏名:	田端 和仁
		景山 茂樹、高久 春雄
		千葉 陵太郎、奥野大地

番号	評価視点	PM記入欄		プログラム評価委員記入欄	
		自己評価コメント	自己評価 点数	所見	評定
1	産業や社会のあり方の変革(漸進的でなく、非連続的なイノベーション)をもたらす見通しに関する視点	天然細胞に依拠した現在のバイオ産業に非連続的なイノベーションをもたらすため、独創的な人工細胞デバイスおよび人工細胞技術に立脚したデジタルバイオ分析(はかるプロジェクト)・酵素の超並列スクリーニング(つくるプロジェクト)・人工細胞創出(ふえるプロジェクト)の基盤技術を確立し、その成果を早期に社会実装することを目指した。具体的な成果や取り組みを以下①～⑦に要約した。	4	3年の短期間にもかかわらず、サイエンスの基盤技術となりうる技術が確立されており、臨床分野でのイノベーションの芽が出てきたと評価できる。アウトプットにとどまらずアウトカムとして成果の社会実装を期待するが、現時点では道筋が不透明である。	3.75
	① 将来の産業や社会のあり方の変革をもたらすような革新性を有する研究成果が獲得されたか。	開発されたデジタル計測技術は臨床診断薬として近い将来確実に社会実装され臨床診断薬市場を刷新するだろう。加えて、システムの小型化の成果は、診断薬検査の脱中央化を実現し、予防医学の技術的基盤となるだろう。タンパク質の理論設計技術および次世代スクリーニング技術は、タンパク質開発を革新するだろう。無細胞ゲノム合成技術は、合成ゲノムイノベーション前夜という絶妙なタイミングに誕生した。間違いなく、これからのゲノム工学イノベーションを牽引する技術になるだろう。さらにゲノム導入技術と統合され、産業用細胞から合成細胞を生み出し、バイオ産業の様相を一新すると思われる。	○	人工ゲノム合成技術は高い革新性を有しており、合成生物学やバイオ産業へのインパクトは大きい。診断・検査市場に打ち出せるデジタル計測技術も確立された。	○
	② 産業や社会のあり方変革に向けた戦略が具体的かつ明確となったか。	「はかる」「ふえる」に関しては明確なイノベーション戦略立案と推進に成功した。「つくる」は個々の酵素によって展開が異なるが、一部に関しては明確にできた。	○	「はかる」「ふえる」に関しては、基盤技術になりうる成果が得られており、変革につながる可能性がある。一方、「つくる」の場合は戦略の見直しが必要と思われる。	○
	③ 戦略の実現に向けた課題が整理・明確化されたか。	明確である。「はかる」は主要な技術課題はほぼ克服した。課題は、事業戦略としての展開である。「つくる」は理論とスクリーニング技術の統合が次の技術的課題である。「ふえる」は、まずゲノム合成技術の事業の確立である。次に、ゲノム導入法は、継続して取り組むべき技術的課題である。これが確立すれば、合成細胞創出の技術的パイプラインが確立する。	○	出口戦略として、実現可能な事業が見えにくい。「はかる」技術については企業側の積極性が不明で、「ふえる」技術のポテンシャルは高いが、もっと利用者と連携して技術の可能性を引き上げる戦略が必要。	△
	④ 技術的課題を克服するためのアイデア・着眼点の斬新さ、技術的なサブライズは存在したか。	新しいアイデア・着眼の斬新さとして、無細胞技術によるゲノム合成技術開発、新しいタンパク耐熱化理論の導入、デジタルインフルエンザをあげる。技術的サブライズとして、臨床診断薬の100倍以上の高感度化、高い精度のスクリーニング技術、51断片DNAのワンボット連結、無細胞ゲノム増幅をあげる。	○	検査の脱中央化という視点は斬新であり、着実に展開している。多断片DNAを一括連結、増幅する人工ゲノム合成技術を短期間で確立したことはサブライズである。	○
	⑤ 戦略の実現に向けた道行き(ロードマップ)が適切に描けたか。	企業主体のプロジェクトは当初からゴールが明確であったため適切に描けた。一方、アカデミアの一部プロジェクトは、想定外の問題で変更もしくは一部中止など、大きな変更があった。完璧なロードマップが描けなかったプロジェクトもあった。	△	計画見直し等もあり、ロードマップとしては不完全だったと思われるが、チャレンジングなプロジェクトであれば試行錯誤は当然であり、一つでもこれは良いというものが出ればよい。	△
	⑥ 戦略の実現に向けた産業界との連携・橋渡し等が行われたか。	企業主体のプロジェクトでは、新規事業の決定権をもつ役員との面談や、社内での講演などPMとしてできる最大限の橋渡しをした。その結果、実用化の意思を強く感じる。アカデミアのプロジェクトは、予想通り難航するものもいくつかあり、PMとして中断や縮小整理などを行なった。その結果、橋渡しに力を入れたものに関しては起業化に成功し、またより大きな共同研究へと繋がった。ただし、3年間で結果を出すことに注力した結果、その技術の真のポテンシャルを引き出す橋渡しができたかは一部疑問が残る。	△	事業化を実行するパートナーは得られているが、成果が産業界へ橋渡ししてきたケースは少ない。自己努力だけでは難しい面があり、社会実装に向けたフォローアップの仕組みが別に必要と思われる。	△
	⑦ 知財・標準化戦略は明確かつ適正か。	ImPACT PM補佐支援リソースおよび、JST知財部のバックアップをうけて、最大限知財対策をとった。とくにデジタル計数法の知財取りまとめおよびライセンス交渉はここでは書けないが、相当な時間を割いたが、その甲斐もあり大きな成果に結びつつある。また、ゲノム合成技術に関しても、基礎特許の対応からスタートしたため、より戦略的な特許対策が取れた。	○	将来の実用化する事業からバックキャストした知財戦略を取るべきであった。ゲノム合成技術は、可能な限りオープンな技術として標準化を推進すべきである。	△
2	上記①以外の派生的な効果(派生的に生み出された成果、新たな学術的知見の創出、失敗から得られた知見等)に関する視点	研究現場の発想から生まれた「デジタルインフルエンザ技術」のアイデアを、プログラム途中で採用し、後押しした。その結果、原著論文発表および、バイオベンチャー構想の具体化にまで加速できた。スマホ計測も実現し、本ImPACTの象徴的成果にまで育てることに成功した。さらに、この計測の定量解析から、野生型インフルエンザ粒子の中に10万分の一の確率で阻害剤耐性がある粒子が存在することを発見した。これは、デジタル計測でしか発見し得ない耐性獲得に対する重要な知見である。また、ALPの進化分子工学研究から、「分子間酵素活性のバラツキが高活性化するとともに低下する」という知見を得た。これは、「分子間揺らぎから将来の進化の可能性を予想する」ことを可能とする進化分子工学における全く新しい指針を与える。	1	デジタルインフルエンザ診断装置の開発は大きな派生的成果である。学術的にも、1ウイルス粒子ゲノム解析、酵素の1分子計測から興味深い成果がでている。	1

全体評価(案)
(所見)
独自に開発したスーパー酵素と光学デジタル計測技術を融合することにより、ウィルスを簡便・高感度に計測できるデジタル計測装置を開発し、大手海外医療機器メーカー等と連携して、米国のリテール・クリニック市場等に展開する予定としている。また、生物細胞を用いずに長鎖DNAを効率的に増殖させる新たなDNA合成法等も確立され、今後、バイオ研究分野への普及が期待されている。このようなバイオ産業の発展に向けたいくつかの基盤技術が確立されたが、ImPACTの限られた期間内では、創業等のモノづくりを抜本的に変革する見通しまでは得られていない。

研究開発プログラム（研究成果）に関する評価シート

PM	氏名：	原田 香奈子
PM補佐	氏名：	三好 正信, 小野 春彦
		小林 裕紀, 松井 正広

番号	評価視点	PM記入欄		プログラム評価委員記入欄	
		自己評価コメント	自己評価 点数	所見	評定
1	産業や社会のあり方の変革(漸進的でなく、非連続的なイノベーション)をもたらす見通しに関する視点	ヒトや動物が被験体となる試行錯誤のプロセスを変革することが最もインパクトが大きく、かつ様々な革新的技術シーズの社会実装につながると考え、センサを搭載した精巧な人体モデル「バイオニックヒューマノイド」を活用した試行錯誤のないプロセスへの革命を「非連続なイノベーション」として提案した。構想を具現化するために医工連携・産学連携・多施設連携の共同研究を行い、脳外科・眼科手術用、及びサービスロボット評価用のバイオニックヒューマノイドの開発に成功した。また、画期的な微細手術ロボット「スマートアーム」を短期間で開発し、バイオニックヒューマノイドを活用することの効果を示した。国際標準化活動などを通じて、制度面でもプロセス革命が今後も継続する体制を整えた。	4	3年間という短期間で、医工連携によりバイオニックヒューマノイドとスマートアームを開発したことは評価できる。ただ、医師教育が効率化されても非連続的な変革とは言えず、医療機器開発に使用できて、はじめて非連続的な変革といえる。事業化や国際標準化を早急に達成することが重要である。	3.6
	① 将来の産業や社会のあり方の変革をもたらすような革新性を有する研究成果が獲得されたか。	手術用バイオニックヒューマノイドは、ヒトや動物を被験体とする社会の在り方に変革をもたらす革新的成果である。スマートアームの短期開発は、手術ロボットだけでなく様々な医療機器の開発に、ペインセンシングダミーは安全なロボットの普及に大きく寄与する。	○	バイオニックヒューマノイドは医学教育方法としては革新性があるが、医療機器開発に変革をもたらすには至っていない。要素技術のレベルは高く、可能性としては期待できるが、今後どのように進めていくかが問われる。	○
	② 産業や社会のあり方変革に向けた戦略が具体的かつ明確となったか。	プロセス革命の構想を提示するだけでなく、具体例とその効果を示すことで構想を広く普及することが本プログラムの戦略である。国際標準化等の制度面での取り組みを通じて、プログラム終了後も、対象とした分野以外でも、構想が広く普及することを目指した。	○	戦略が十分に整理されておらず分散的で、医療機器開発の評価という最も重要な分野への注力が不足している。さらに踏み込んだ変革に向けた具体的な構想が練られると良い。	△
	③ 戦略の実現に向けた課題が整理・明確化されたか。	戦略の実現に向けて、バイオニックヒューマノイドの要素技術(微細解剖構造や物性の定量化、人工物による再現、微細センサの実装)とその活用事例(手術ロボットやサービスロボットの定量的評価)、標準化等の制度対応を課題として整理し、明確化した。	○	医師教育については実現に向けた課題は明確となった。医療機器開発に適用範囲を広げていくには、制度対応等の課題を整理する必要がある。サービスロボットへの適用よりも医療系の充実が重要である。	○
	④ 技術的課題を克服するためのアイデア・着眼点の斬新さ、技術的なサプライズは存在したか。	従来の試行錯誤のプロセスでは、どのような技術的サプライズも社会に届くまで時間がかかる。このプロセス自体を変えるというアイデア・着眼点が斬新である。また、微細生体組織の物性計測や極細径多自由度ロボットツールなど様々な世界初の技術も開発した。	○	医師教育、医療機器開発の試行錯誤のプロセスを変えるという着眼点や世界初の技術が複数開発されたことは高く評価できる。技術を使いこなすことで、さらに高度化が進むことが期待される。	○
	⑤ 戦略の実現に向けた道行き(ロードマップ)が適切に描けたか。	まずは成果の社会実装を通じて構想を広く普及する。特に手術用バイオニックヒューマノイドは既に多くの医師を巻き込んだ評価を進めている。また、構想と成功例を国内外で広く紹介しており、データの無償提供等を通じて、様々な分野でプロセス革命を起こす。	○	世界的な競争激化を想定したロードマップにはなっていない。プロセス革命はまだ起きておらず、今後の展開については道筋や期間などが明確ではない。海外も含めて協調することで、ロードマップが広がることを期待する。	△
	⑥ 戦略の実現に向けた産業界との連携・橋渡し等が行われたか。□	脳のCGは商品化されており、手術用バイオニックヒューマノイドもベンチャーが設立されるなど商品化に向けた取り組みが進んでいる。スマートアームはまずはツール単体として早期実用化を狙う。ペインセンシングダミーは解析サービスとしての事業化を計画している。	△	成果の一部については製品化の見通しが得られたが、産業界との連携橋渡しの道筋は不明確であり、世界に展開する戦略を考えて頂きたい。当該分野に販路がある大手企業を抑えるとインパクトが増す。	△
	⑦ 知財・標準化戦略は明確かつ適正か。	知財の実施許諾により上記の社会実装を進めており、海外展開も視野に入れている。また、ISO/WGの設立に大きく寄与しており、本プログラム参加者がWGの議長及び幹事として今後も議論をリードしていく。このように知財・標準化活動は明確かつ適正であった。	○	バイオニックヒューマノイドを用いた医療機器開発に向けて、国際標準化や評価ガイドラインへの反映に取り組んでいるが、実現に至るまで活動が継続されることを期待する。知財獲得については、戦略的な対応とはいえないが努力はうかがえる。	○
2	上記①以外の派生的な効果(派生的に生み出された成果、新たな学術的知見の創出、失敗から得られた知見等)に関する視点	脳外科・眼科などの微細手術において、手術の低侵襲化、手術教育や訓練の定量化と高度化、高度な手術ロボット技術の導入につながる成果や学術的知見が得られており、その汎用性も高いため、微細手術以外の分野も含む医療の高品質化に大きく貢献する。また、ペインセンシングダミーによるサービスロボットの高度な評価により、将来のヒトとロボットが共存する社会において、ヒトとの親和性の高いロボットの普及に大きく貢献する。	1	医学系と工学系の協力関係を構築できたことは評価できる。また、これまで測定できなかったヒトの眼の内境界膜の物理特性を計測する装置を作り、その特性を明らかにするなどの学術的成果が得られた。	1

全体評価(案)	
(所見)	
医療教育現場での活用が期待されるバイオニックヒューマノイドや、これまで困難とされた脳外科手術を想定した医療用手術ロボット等の試作機が開発された。しかしながら、これら研究成果が医療用技術として有用性を実証するためには、様々な医療関係者・機関と連携した臨床試験等が必要であるが、ImPACTの3年間という限られた期間内では、それらエビデンスの獲得等が十分ではなく、また、今後の医療規制対応に向けた見通しも必ずしも明らかになっていないため、現段階において将来の医療分野のあり方を変革する見通しが得られたとは言い難い。	

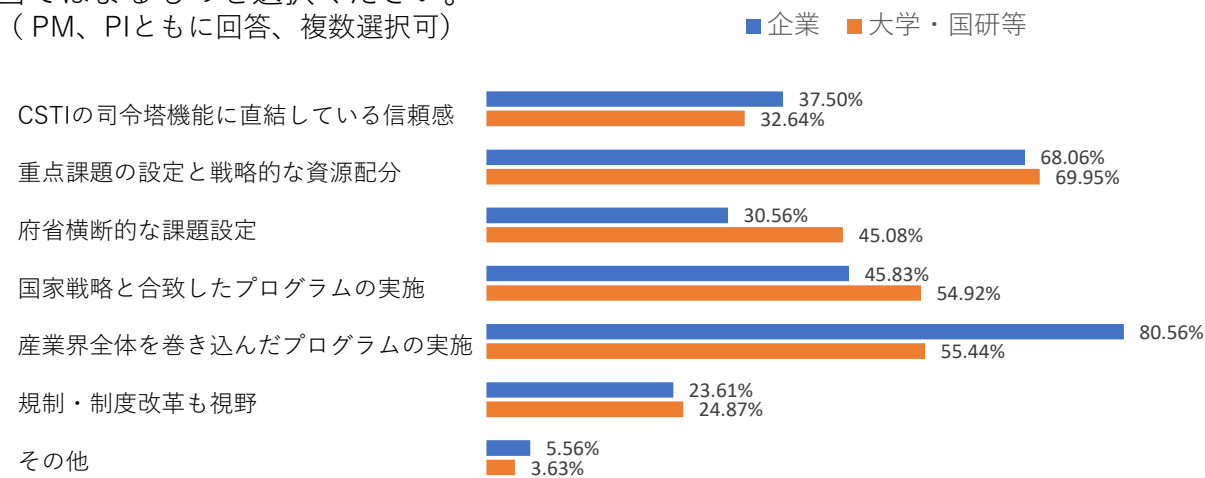
研究開発プログラム(研究成果)に関する評価シート

PM	氏名:	原田 博司
PM補佐	氏名:	加藤 誠
		正木 弘子

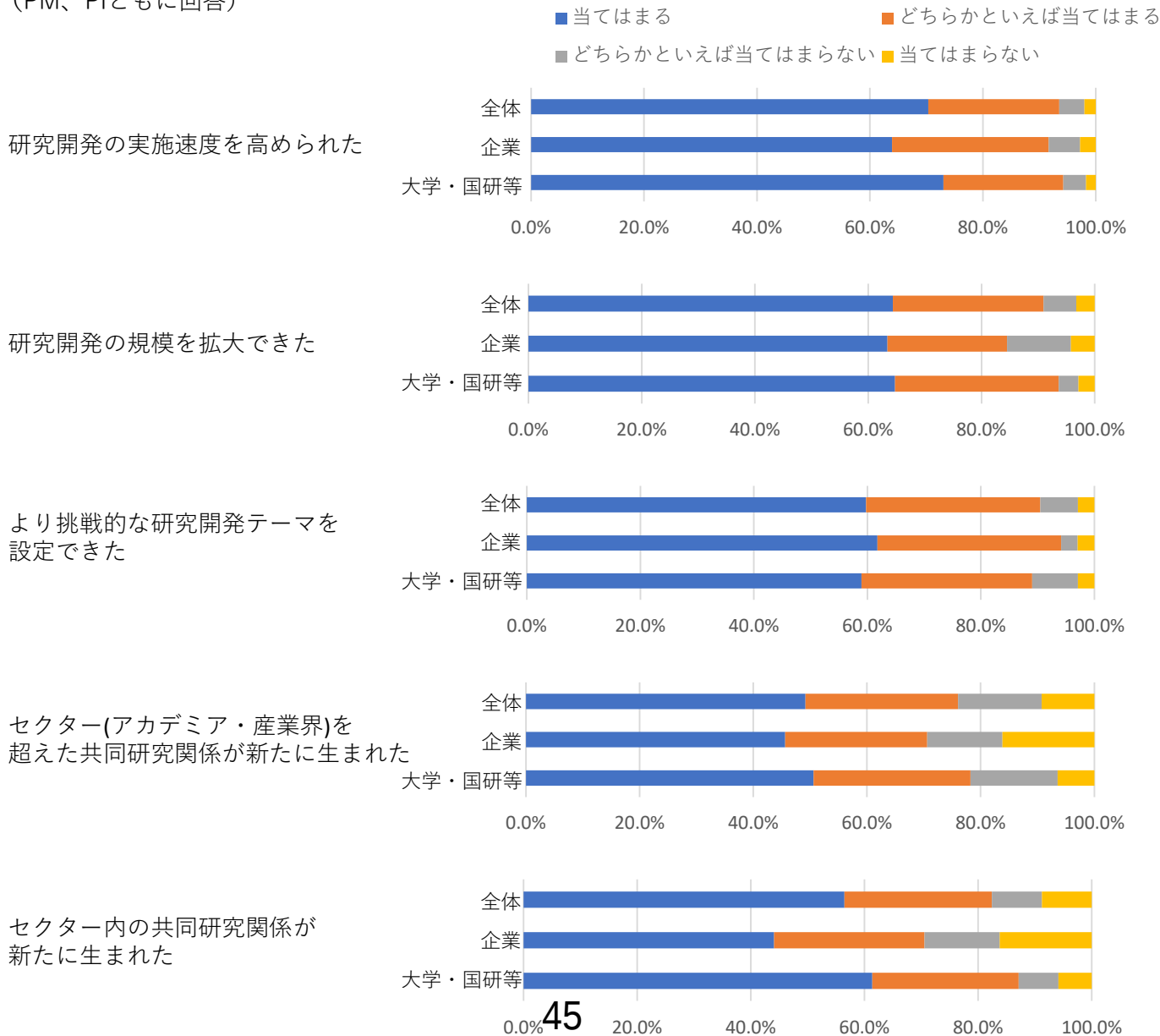
番号	評価視点	PM記入欄		プログラム評価委員記入欄	
		自己評価コメント	自己評価 点数	所見	評定
1	産業や社会のあり方の変革(漸進的でなく、非連続的なイノベーション)をもたらす見通しに関する視点	今までの国際標準化で得られた知見を活かし、プロジェクトの終了時に起こりうる状況を想定し、プロジェクトを運営した。まず、ネットワーク系は高い信頼度、接続性 (Reachability 99.5% 程度、WI-SUNの場合)、データベース系はハードウェアを自ら持つのではなく、クラウドの時代にシフトできる、データアクセス主体の構成方式の検討、NDB、国保等をほぼ同じ水準でデータベースで活用できるようクリーニングする手法、施策等に利用できることを主にしたアプリケーションづくり、セキュリティをまず主体にした工場フレームワークづくり、海外に逆提案できる、マスカスタム工場仕様等である。また、社会実装、標準化を行う上で不必要な機能を少しさげ、必要な機能に投資、積極マネージメントを行った。	4	多段無線中継システム(狭域:Wi-SUN、広域:Wi-RAN)と超高速データベース検索エンジンによる超ビッグデータプラットフォームの確立により、サイバー空間形成の見通しを立てた。これら成果を医療に応用し、個人の生活中的の身体データの観測を実証して、現状の外来診療時の観察による医療から生活を見守る医療への変革の見通しを得た。さらに、工場にも応用し、ロボット稼働をリアルタイムで監視して悪意ある攻撃を検出できることを実験的に示したことにより、マスカスタム生産工場の健全性維持と生産性向上を実現させる見通しを立てた。	4
	① 将来の産業や社会のあり方の変革をもたらすような革新性を有する研究成果が獲得されたか。	獲得された。情報収集系は、1ヶ月2000オペレーションを前提で10年間データを単3乾電池3個程度の電力で収集することができるIoT用システム、1ホップ最大27kmで多段中継していく無線システム、パブリッククラウドにおいても数百万回/秒で動作するビッグデータ処理エンジン。この基盤を用いた、最大2600億のデータを用いた国及び地方自治体の公的医療ビッグデータの時系列化、見える化、将来推計、ネットワーク化されたマスカスタム工場における動的製造コマンド・制御データを予測する工場シミュレータによる動的ホワイトリストを用いたサイバーフィジカル型の攻撃検知システムの構築など、すべて現在まで存在せず、Society 5.0時代に不可欠であり、社会のありかたに変革をもたらすだけでなく、社会を幸せにする成果である。	○	多段無線中継システムと超高速データベース検索エンジンは、世界が求めるニーズを桁違いのレベルで実現させている点で革新性がある。また、医療への応用として開発した各種分析アプリケーションやシミュレータは、各機関に分散している医療情報を収集・一元化し、新たな知見を得られたという点で、革新性を有する医療データ活用基盤として高く評価できる。さらに工場への応用においても、マスカスタム生産を想定し、サイバーフィジカル型攻撃を探知する新しい手法を提示しており、革新性があると評価できる。	○
	② 産業や社会のあり方変革に向けた戦略が具体的かつ明確となったか。	明確である。現在より非連続に広い範囲で無線技術による超ビッグデータを創出し、格納し、数千億の公的ビッグデータを秒から数十秒単位で高速処理を行うデータベースを商用可能レベルで構築し、その基盤上で公的医療ビッグデータ、工場における高速制御情報を処理し、新しい価値創造(予見・先取による健全性維持)、および政策立案等に実際利用できるような方向性は出口戦略が非常にクリアである。	○	多段無線中継システムと超高速データベース検索エンジンを基本技術に、医療と工場にいかなる変革をもたらしうるかを検証する戦略は具体的かつ明確だった。また、医療への応用においては、ビッグデータ活用についてマクロ的視点、ミクロ的な視点に分けて取り組んだ戦略は当を得たものであった。	○
	③ 戦略の実現に向けた課題が整理・明確化されたか。	明確である。基盤系は、国際標準化され、長寿命、高信頼性等利用モデルに合わせた通信ネットワークの構築、従来の千倍の速度を達成する(数百万回/秒程度)データベースの構築。公的医療ビッグデータを上記基盤で処理した場合の、各患者の医療情報の時系列化法、各患者のリアルタイム情報の取得法、工場での高速サイバーアタック等の異常検知、修復法の確立である。	○	課題を、多段無線中継システム、超高速データベース検索エンジン、医療データベース分析、工場管理と4分野に整理して、相互に実証実験を経ながら、前2者の後2者の応用分野に活かした。医療・介護系では技術的課題だけでなく、実データ取得のための手続き等の課題もあったが、適切に対応して研究開発を推進した。	○
	④ 技術的課題を克服するためのアイデア・着眼点の斬新さ、技術的なサプライズは存在したか。	存在する。情報収集系は、1ヶ月2000オペレーションを前提で10年間データを単3乾電池3個程度の電力で収集することができるIoT用通信システム、1ホップ最大27kmで多段中継していく無線システム、パブリッククラウドにおいても数百万回/秒で動作するビッグデータ処理エンジン。	○	多段無線中継システムにおいては、無線による広域での自営系の通信システムを実現させた点に、超高速データベース検索エンジンにおいては、非順序実行原理に基づくデータベース処理をクラウド環境で実現し、当初目標を上回る性能を実証した点に、技術的サプライズがあった。医療への応用においても、これまで活用が十分と言えなかった実医療ビッグデータの活用フレームワークとそれを用いて具体的分析結果を示した点で、従来技術とは非連続な研究成果が出ていると評価できる。	○
	⑤ 戦略の実現に向けた道行き(ロードマップ)が適切に描けたか。	適正かつ実現可能である。本プロジェクトは3年という極めて短い時間で開発を行うため、基盤系(創出ドライバ、処理エンジン)は標準化、商用化を視野に入れたロードマップを作成した。超ビッグデータを用いたマクロ的な医療情報の時系列化は、商用化(臨床現場、政策利用、保険等での利用)を踏まえて、工場内健全性予測は、Industry 4.0の動向を見ながらロードマップを作成した。	○	無線通信システム、超高速データベース検索エンジンという特徴あるプラットフォームの研究開発と、それらをベースとする医療、工場への応用に向けた研究開発を並行して進めるアプローチは至極妥当であったと評価できる。特に、医療への応用におけるアプリケーション開発に超高速データベース検索エンジンが活用されている点や、無線通信システムを用いた実証実験が行われた点は高く評価できる。	○
	⑥ 戦略の実現に向けた産業界との連携・橋渡し等が行われたか。	最初から商用化を見据え、基盤系は商用化のできないサブプロジェクトはすべて中止している。また国際標準化団体とも連携し、海外での商用化も多くなっている。医療系は政策立案に利用できるよう、自治体との連携(三重県、熊本県)を最初から行っている。	○	多段無線中継システムは商用化され、医療データ利用については自治体と連携して進められ、医療機関や医療系大学が自らシミュレータ開発を担当している等、連携・橋渡しがプロジェクトの当初から計画されて、実行されたものと評価する。	○
	⑦ 知財・標準化戦略は明確かつ適正か。	基盤系は基本重要成果の特許は提出済みである。また基盤系はビッグデータ創出ドライバ、処理エンジンともにすべて技術移転を行っている。また、ビッグデータ創出ドライバ系は既に国際標準化(IEEE 802.15.10)、国内標準化(ARIB STD-T119)およびWI-SUNアライアンス(enhncoed HAN,FAN,JUTA)という4つの標準化を終了させ、寄与文書数もすでに数10件以上提出済みである。	○	当初より知財戦略を立ててプロジェクトが推進され、特許出願等の知財権の確保は適切に行われている。特に標準化が重要な、多段無線通信システムについては、標準化の取組みが積極的に実施され、国内外で標準化が達成された。	○
2	上記①以外の派生的な効果(派生的に生み出された成果、新たな学術的知見の創出、失敗から得られた知見等)に関する視点	医療と基盤系が協働でプロジェクトを行うことにより、基盤系が考えたことのない問題に多く遭遇し、解決をしてきた。例えばBluetoothを用いて、移動する患者の生体情報を収集する場合、移動した先において、常にペアリングをする必要性があった。しかし一度ペアリングした情報を基盤側で共有することによって移動しても生体情報を収集することに成功した。また、処理エンジン系においても同様の例があり、地方自治体の医療情報を頂く場合、その場で匿名化を行う必要性があり、なんでもクラウドで処理するのではなく、簡単に持ち運びができるデータ処理システムを構築する必要性があった。しかもそのスピードは、数百億のデータ処理に耐えうるものである。今回はこのようなシステムの開発に成功した。このように基盤系が様々な分野のアプリケーションと協働することにより非常に大きな効果がでることが分かった。	1	多段無線通信システムの応用として、山間地帯の地籍調査に利用可能であることが示されたこと、さらに西日本豪雨災害の際に利用され、防災、減災に十分利用可能であることが示されたことは素晴らしい成果である。また、超高速データベースエンジンにおいて開発された超高速匿名加工処理技術も、個人情報保護の点で高く評価できる。	1

全体評価(案)
(所見)
約6.9億もの医療用カルテ情報をオンラインで瞬時に解析処理できる超ビッグ・データ処理システムを開発し、三重県等の自治体の協力を得て実用性を現地実証した。また、将来の完全在宅医療を想定し、在宅状態で患者の健康状態等をリアルタイム把握するための多段無線中継システム等を確立した。本システムは、医療介護現場の利用だけでなく、災害発生時における広域無線通信システム等としても応用可能な技術であり、実際、西日本豪雨災害では京都府の災害支援活動に役立てられ、その後、各地の自治体等から問い合わせを受けている。本成果は、Society5.0社会の実現に向けた基盤技術となるものであり、今後の医療・介護分野のあり方に大きな変革をもたらすことが確実であると判断される。

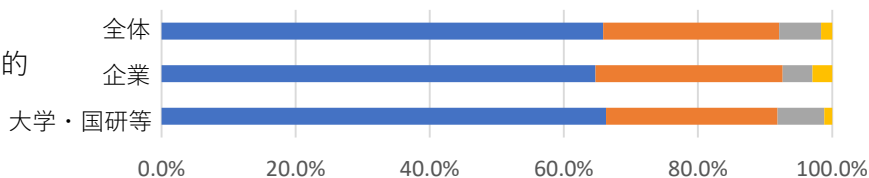
1. ImPACTは内閣府主導のプログラムですが、その利点として以下の選択肢から当てはまるものを選択ください。
(PM、PIともに回答、複数選択可)



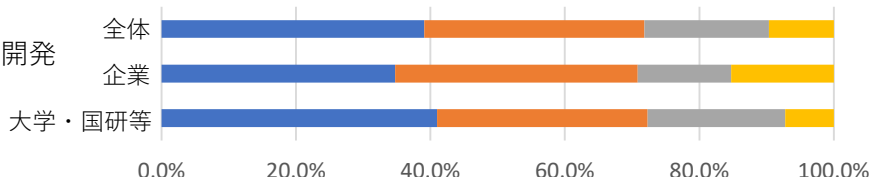
2. 以下の観点について、ImPACTに参加した効果（不参加との差）をお答えください。
(PM、PIともに回答)



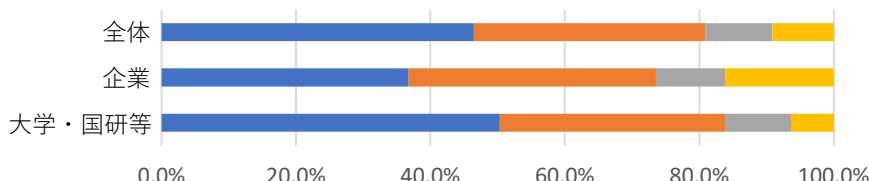
これまで有していなかった科学技術的
知識・情報を得ることができた



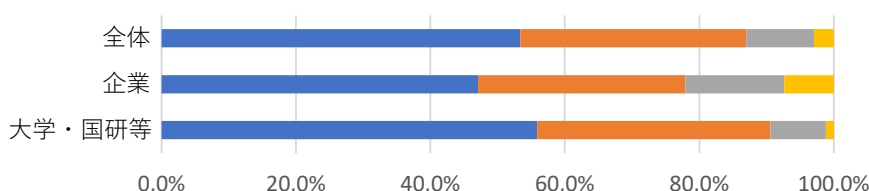
これまでアクセスできなかった研究開発
装置・設備・データ等の資源に
アクセスできた



若手人材を育成することができた

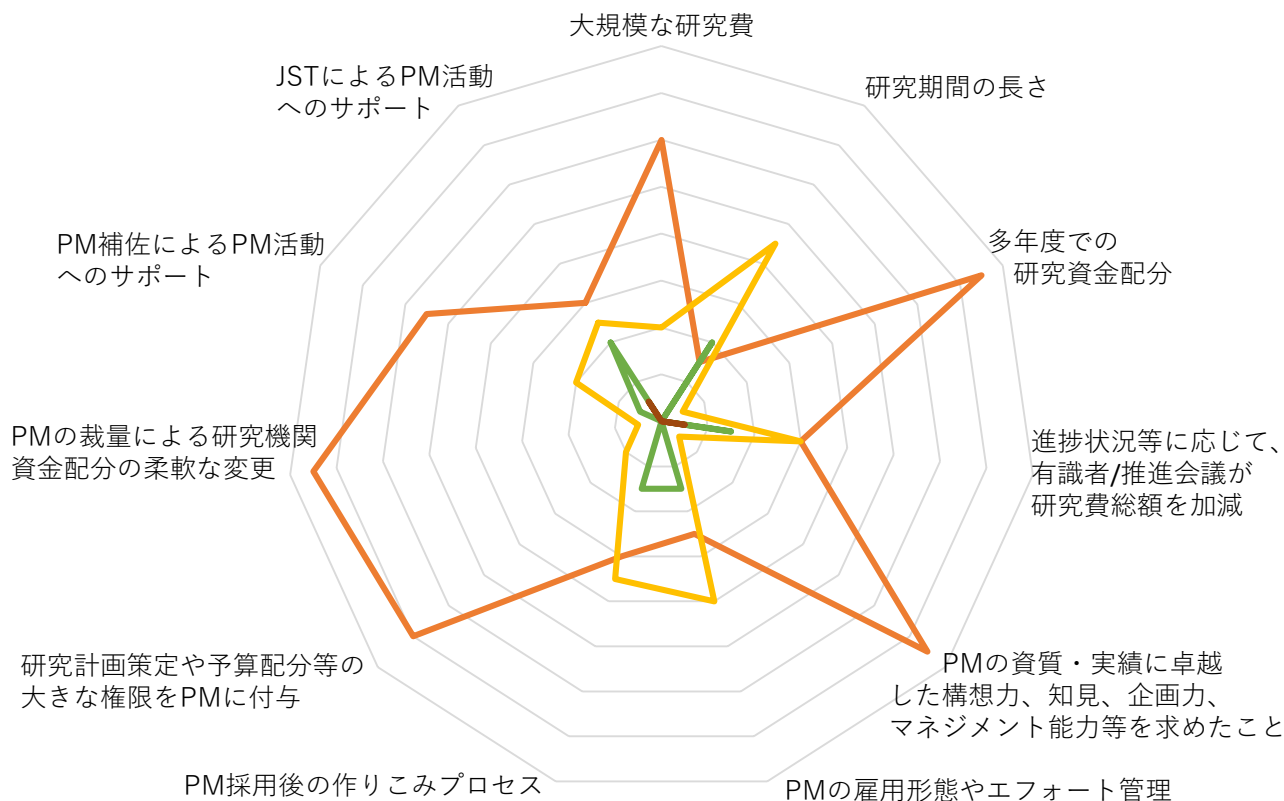


機関内・外でのプレゼンスを
向上することができた

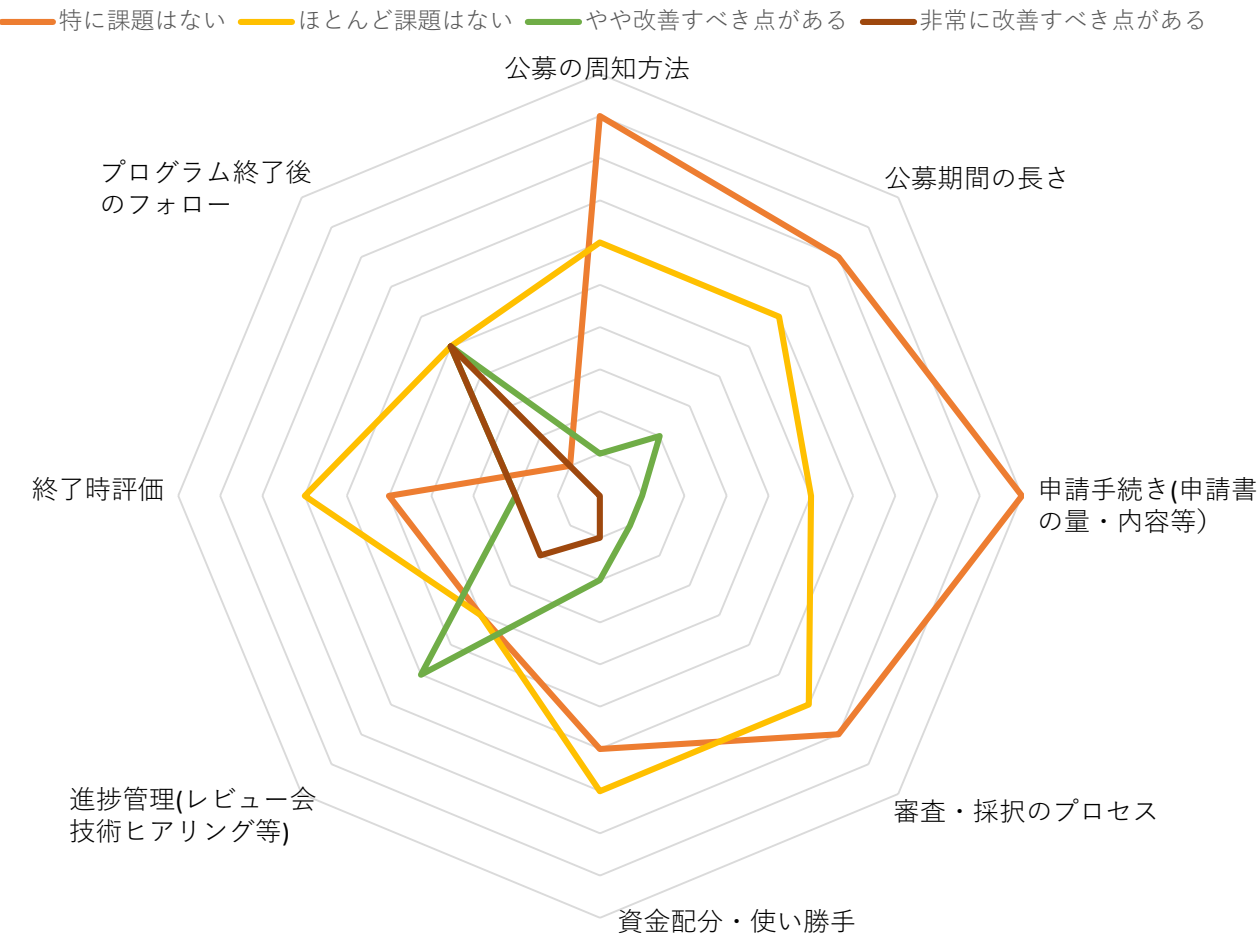


3. ImPACT制度の特徴について、PMにお尋ねします。

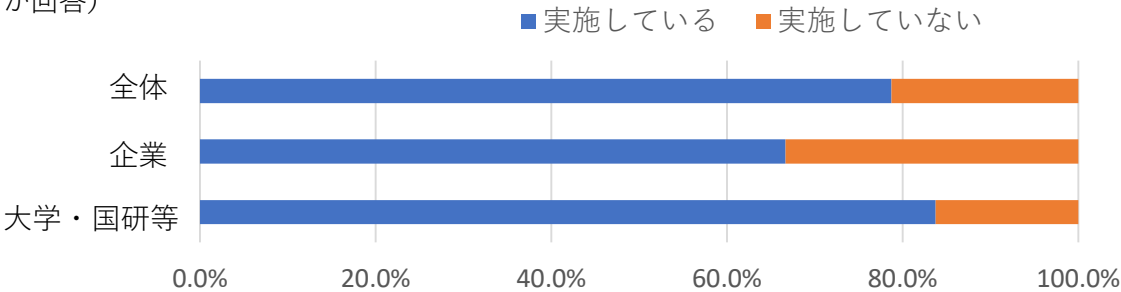
非常に評価できる (Orange) ある程度評価できる (Yellow) あまり評価できない (Green) 全く評価できない (Brown)



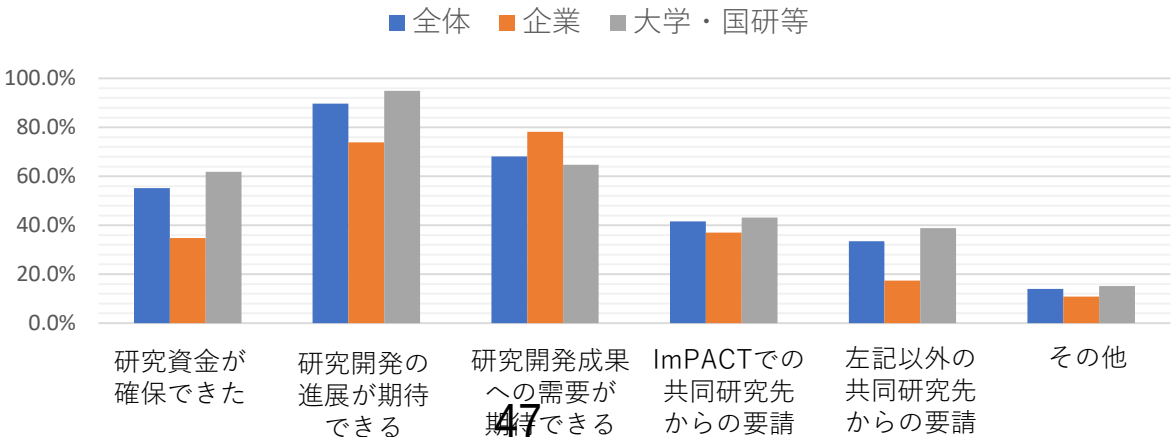
4. ImPACT制度の特徴について、PMにお尋ねします。



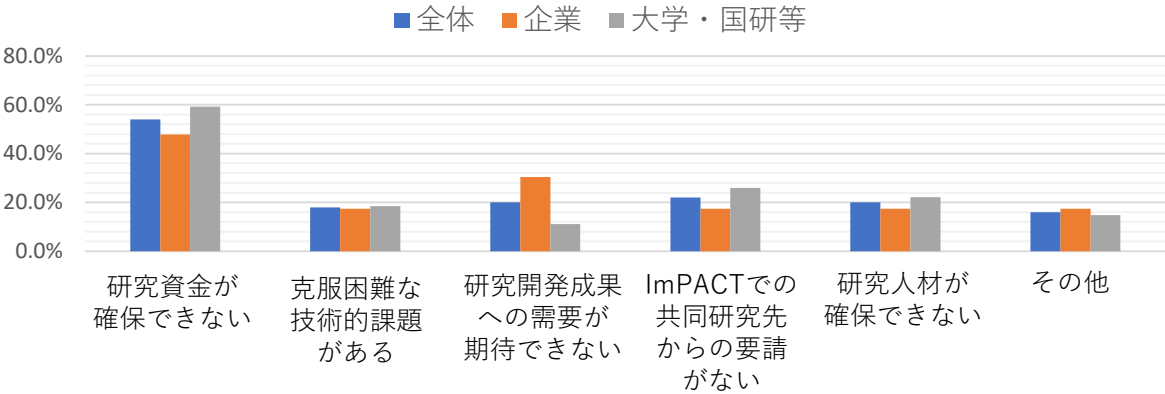
5. 貴機関ではImPACTで実施した研究開発を現在も継続していますか？
(PIが回答)



6. 研究開発を継続している理由をご選択ください。(PIが回答、複数選択可)

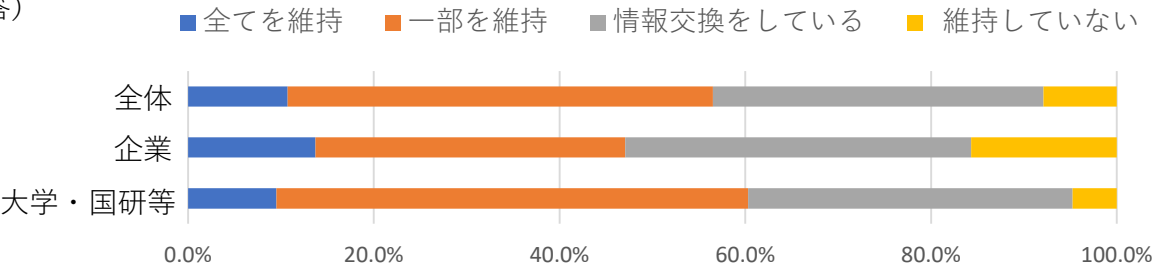


7. 研究開発を継続していない理由をご選択ください。（PIが回答、複数選択可）

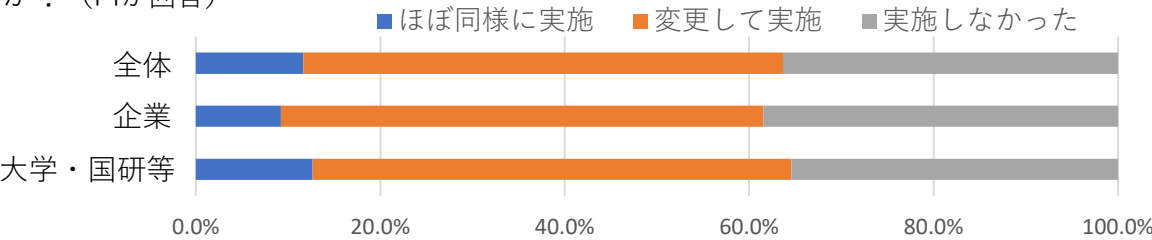


8. ImPACTにおいて、新たに形成された共同研究関係はプログラム終了後も維持されていますか？

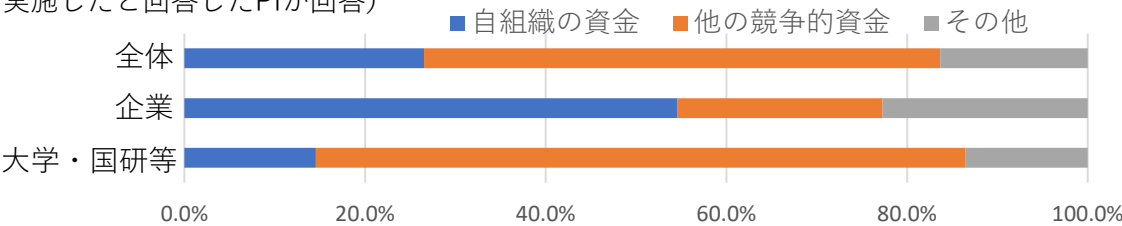
（PIが回答）



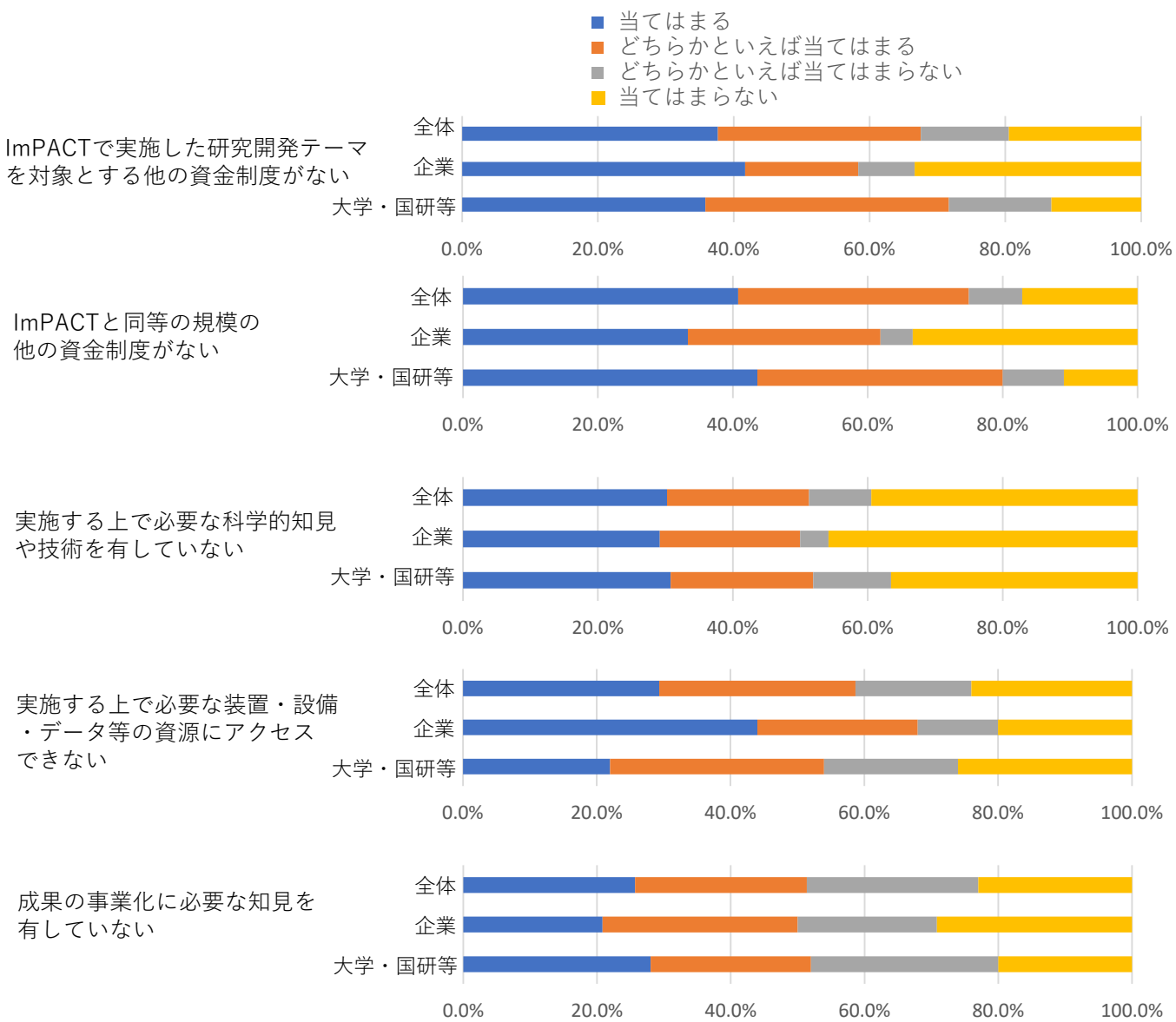
9. ImPACTプログラムに参加しなかった場合に、同様の研究開発を実施していましたか？（PIが回答）



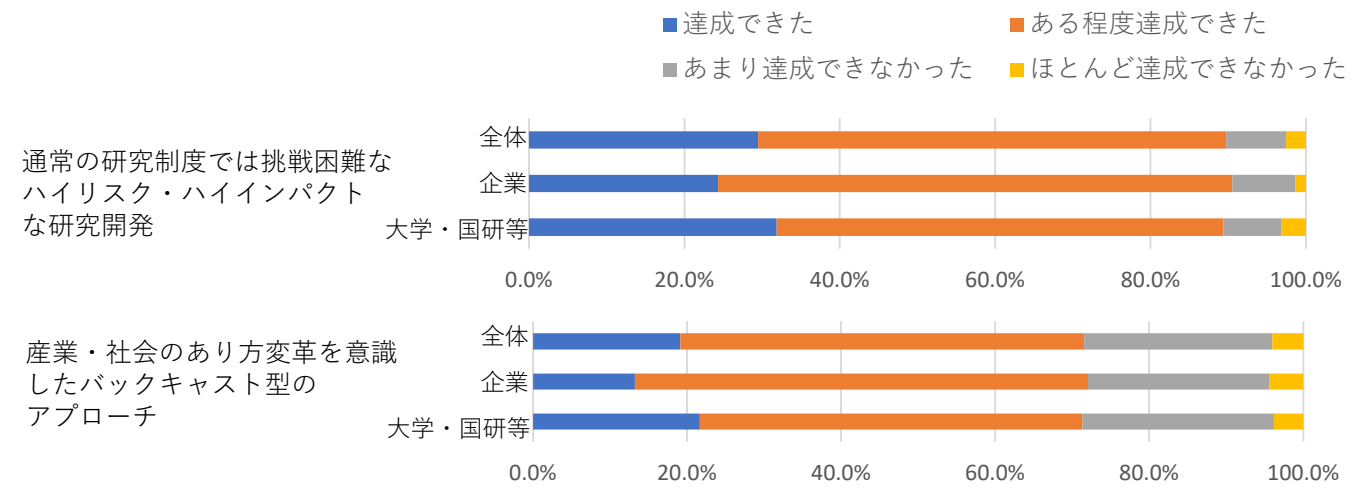
A. ImPACTプログラムに参加しなければ、どのような資金で実施しましたか？
（上記で実施したと回答したPIが回答）

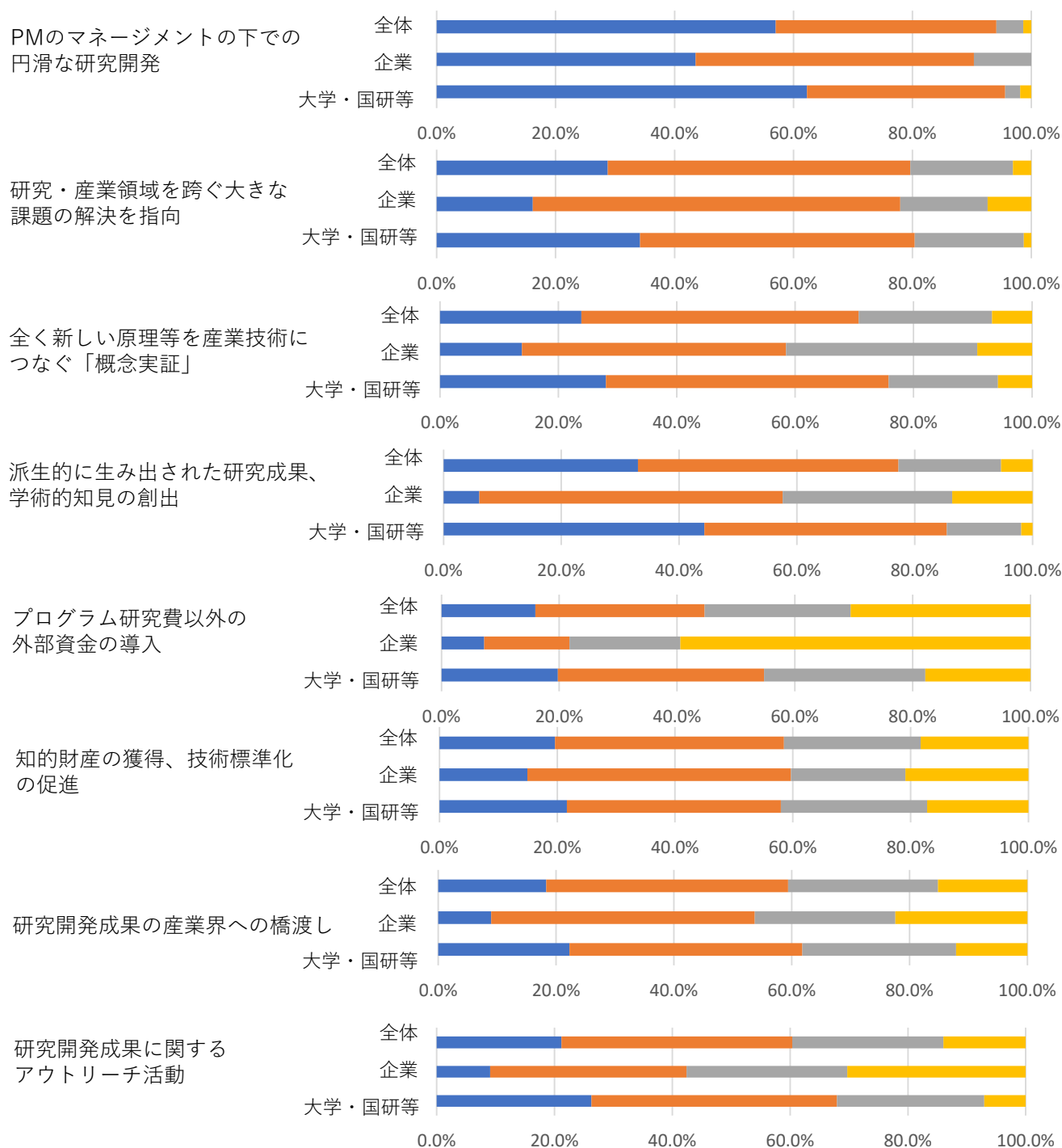


B. 実施しない理由として当てはまるものを選択ください。
 (前頁で実施しなかったと回答したPIが回答)



10. 以下の観点について、ImPACTでの取り組みを自己評価して下さい。(PIが回答)





(参考 8)

ImPACT 終了時評価ドラフト作成ワーキンググループ委員名簿

秋永 広幸	産業技術総合研究所 ナノエレクトロニクス研究部門 総括研究主幹
小川 紘一	東京大学未来ビジョン研究センター 客員研究員
林 隆之	政策研究大学院大学 教授
須藤 亮	内閣府 政策統括官(科学技術・イノベーション担当)付 内閣参与・プログラム統括 (SIP/PRISM/ImPACT)

(参考 9)

革新的研究開発推進プログラム運用基本方針 取扱要領

平成 26 年 2 月 27 日
総合科学技術会議
革新的研究開発推進会議
平成 26 年 6 月 12 日改訂
平成 28 年 3 月 24 日改訂
平成 28 年 7 月 21 日改訂
平成 28 年 12 月 8 日改訂
平成 29 年 10 月 12 日改訂
総合科学技術・イノベーション会議
革新的研究開発推進会議

本文書は、革新的研究開発推進プログラム運用基本方針（平成 26 年 2 月 14 日総合科学技術会議決定）に基づき、革新的研究開発推進プログラム（以下「ImPACT」という。）におけるプログラム・マネージャー（以下「PM」という。）の選定等の方針、知的財産権、利益相反等の取扱いを定めるものである。

I. PM の選定等の方針

1. PM の公募について

（1）PM 応募者の要件

- ①応募は 1 名でなされること。
- ②応募するテーマに関連して、事業化を指向した研究開発活動や先端技術を核とした事業化活動等に卓越した構想力、知見、企画力及びマネジメント能力を有すること。
- ③国立研究開発法人科学技術振興機構（以下「機構」という。）に雇用され、PM 業務に専任できること。採用決定後 3 か月以内に可能な限り速やかに、機構との雇用契約（機構による直雇用、機構への出向等）を締結できること。（雇用契約の調整に特段の困難がある場合、有識者会議の承認の下、採用決定後一年以内に締結すること。）
- ④制度の主旨を踏まえ、上記③に基づく PM 業務への専任を基本とするが、次に掲げる場合に限り、兼任とする必要性を PM 選定過程において十分に審査した上で、例外的に兼任を認めることができるものとする。
 - (i) 現在大学に所属する応募者が、大学におけるクロスアポイントメント 制度（＊）

を利用し、10%以下のエフォート率で大学教員としての業務（下記（ii）の研究業務を含むことはできない。）に従事する場合。

- （ii）現在大学、独立行政法人等公的機関に所属する応募者が、研究開発プログラムのうち一部の研究開発を PM 自らが実施することが成果を得る上で極めて効果的であると判断し、10%以下のエフォート率で ImPACT に係る機構からの委託研究の研究担当者として従事する場合。（大学に所属する応募者の場合、本研究業務以外の教員業務を含めても大学におけるエフォート率総計は 20%以下。）

- （＊）クロスアポイントメント制度が整備されていない大学については、以下を条件に、過渡的措置として機構からの委嘱契約により PM として参加することができる。

- （a）当該大学においてクロスアポイントメント制度が整備される見込みがあること。
（b）採用決定後一年以内に機構との雇用契約を締結すること。

- ⑤応募段階における PM の居所が海外である場合には、採択後、速やかに居所を日本国内に移し、研究開発プログラム実施期間の全体にわたって PM 業務を確実に実施できること。テーマに示された産業や社会のあり方の変革の実現にとって真に必要と認められれば、PM の国籍は問わない。

（２）PM の提案する研究開発プログラム構想の要件

- ①総合科学技術・イノベーション会議が設定したテーマに基づく構想であること。
②実現すれば産業や社会のあり方に大きな変革をもたらす革新的なイノベーションの創出を目指すものであること。（既存の研究開発の延長線上ではなく、飛躍的なイノベーションにつながるものであること。）
③我が国のトップレベルの研究開発力及び様々な知識を結集するものであること。

（３）その他

内閣府政策統括官（科学技術・イノベーション担当）は、革新的研究開発推進プログラム運用基本方針及び本取扱要領に基づき、PM 公募要領を作成し、PM の公募を実施する。その他、PM の公募に関する詳細な事項は、内閣府政策統括官（科学技術・イノベーション担当）が定める。

２．PM の選定について

（１）選定手順

- ①有識者会議における審査

革新的研究開発推進プログラム有識者会議（以下「有識者会議」という。）は、提出書類の内容（研究開発プログラムの資金的規模の妥当性を含む。）を審査する。その際、必要に応じ、応募者からのヒアリングを行う。また、産学官の関係団体等から PM 応募者及び PM 応募者が提案する研究開発プログラム構想に関する意見を聴取し、当該意見を審査の参考とすることができる。

有識者会議は、応募者の中から、20～30 名程度を目安として「PM 採用候補」を選定し、推進会議に報告する。

②推進会議における審議・検討

革新的研究開発推進会議（以下「推進会議」という。）は、有識者会議からの報告を基に、「PM 採用候補」について審議・検討を行い、予算額も勘案しつつ、「PM 採用候補」の中から、十数名程度を目安に「PM 採用案」をとりまとめ、総合科学技術・イノベーション会議に報告する。（追加審査を経た上で採用判断を行う必要がある場合には、追加審査終了次第、順次報告することとする。）ただし、採用数については実際の提案内容を踏まえて柔軟に対応する。

（２）選定基準

主たる選定基準は、以下のとおりとする。

①PM の資質・実績

- ・事業化を指向した研究開発活動や先端技術を核とした事業化活動等に関する卓越した構想力、知見、企画力及びマネジメント能力。
- ・テーマに関する専門的知見や理解力。国内外のニーズや研究開発動向の把握能力。
- ・幅広い技術や市場動向の俯瞰力。複眼的な視点での事業化構想力。
- ・研究者はもとより、関係者全てとの十分なコミュニケーション能力。目標達成に向けたリーダーシップ性。
- ・産学官の専門家とのネットワークと技術情報収集力。
- ・ハイインパクトなイノベーションを成し遂げようとする意欲。
- ・自らの研究開発プログラム構想について、対外的に分かりやすく説明する力。

②PM の提案する研究開発プログラム構想

（i）ImPACT の制度主旨との整合性

- ・PM の構想は、総合科学技術・イノベーション会議が設定したテーマに基づくこと。
- ・PM の構想の目標は、実現すれば我が国の将来の産業や社会のあり方の大きな変革をもたらすものであること。（広く国民の生活に還元されるようなものであること）

と。)

- ・ PM の構想は、他の制度では取り組めないようなハイリスク・ハイインパクトなチャレンジをするものであること。(既存の研究開発の延長線上ではなく、飛躍的なイノベーションにつながるものであること。)
- ・ PM の構想は、既存の分野・研究領域に捉われず、異なる分野や領域の連携が求められるものであること。(単に特定の分野や領域を示すものではないこと。)
- ・ PM が構想する実施体制は、我が国のトップレベルの研究開発力及び様々な知識を結集できるものであること。(研究開発プログラム構想の実施体制の適切性、参加者の見通しなど体制構築の実現可能性。)

国民の安全・安心に資する技術と産業技術の相互に転用可能なデュアルユース技術も含まれ得ることとする。

(ii) 構想内容の妥当性

- ・ PM は、提案する構想がハイリスクであっても、その実現可能性を合理的に説明できること。(実用化・事業化に向けた合理的なシナリオが説明できること。)
- ・ PM が構想する研究開発プログラムの実施に関する計画が妥当なものであること。
(研究開発プログラムの資金的規模の妥当性、実施期間から見た成果設定の妥当性。)
- ・ PM が構想の成果として提案する内容は、検証可能なものであること。

(3) 採用数と金額規模の目安

PM 採用数は十数名程度を目安とし、PM 1 人当たりの研究開発プログラムの金額規模は総額で 30～50 億円程度を目安とする。ただし、採択数及び金額規模はあくまでも目安であり、提案内容によって増減があり得る。なお、金額規模は、実施しようとする内容に見合った適切な額とする。

(4) 秘密保持

推進会議、有識者会議の構成員(以下「構成員」という。)は、審査の過程で知ることができた個人情報及び審査内容に係る情報について審査結果公表の前後を問わず外部に漏らしてはならない。構成員として取得した情報は、他の情報と区別し、善良な管理者の注意義務をもって管理する。

(5) その他

その他、選定に当たっての審査手順など PM の選定に関する詳細な事項は、内閣府政策統

括官（科学技術・イノベーション担当）が定める。

3. PM による研究開発プログラムの実施管理について

（１）PM の雇用及び PM 支援体制

機構は、PM の採用に関する総合科学技術・イノベーション会議の決定を踏まえ、PM を雇用する。なお、雇用契約は、総合科学技術・イノベーション会議が PM の解任を決定した場合に、その決定を履行できるような内容とする。

機構は、PM による研究開発、事業化等のマネジメント活動など研究開発プログラムの実施管理全般を支援するために内部組織を設置した場合には、有識者会議に報告するものとする。（組織の改編の場合も同じ。）

PM 支援体制の構築に当たっては、PM は、必要に応じて外部資源を活用できるものとする。

（２）研究開発機関の選定

①有識者会議による確認

PM は、研究開発機関を選定し、有識者会議に報告し、確認を求める。有識者会議は、主として次の観点から確認を行うものとする。

- ・ 制度の主旨に則って機関が選定されているか。
- ・ PM 採用時に提案された研究開発プログラム構想に則って機関が選定されているか。
- ・ 選定に当たって推進会議の承認を要する、PM に関係する機関又は日本国外の機関が含まれていないか。
- ・ 選定に不適切な機関が含まれていないか。

確認に際しては、ハイリスク・ハイインパクトな取組を促し、PM に大胆に権限を付与するという制度の主旨に留意する。

確認の後、機構と各研究開発機関との間で契約を取り交わし、研究開発機関は、PM のマネジメントの下で、研究開発を実施する。

②推進会議による承認

PM は、PM に関係する機関又は日本国外の機関を研究開発機関として選定しようとする場合、推進会議に対して選定の承認を求める。推進会議は、当該機関を選定することが、テーマに示された産業や社会のあり方の変革の実現にとって真に必要と認められる場合、選定を承認する。

なお、日本国外の機関については、機構との間の契約条件に合意が得られない場合も想定されるところ、推進会議による承認後一年以内に契約締結の見通しが得られない場合には、承認を取り消す。

「PMに係る機関」の取扱いは、「Ⅲ．利益相反の取扱い」において定める。

（３）研究開発プログラムの実施管理

①実施管理の方法

機構は、PMの方針に基づき、研究開発機関との間で契約を締結する。この際、PMの方針に基づき研究開発計画を柔軟に見直すことができるような契約内容とする。

PMによる研究開発の実施管理は、原則として機構と各研究開発機関との間の委託契約または共同研究契約により行う。

ただし、国外の研究開発機関の場合には、我が国の産業競争力強化の観点から知的財産権が有効に活用されるよう運用すると共に、技術流出等によって我が国の国際競争力に支障が及ばないよう留意する観点から、機構と研究開発機関との間でこれらに関連する条項を含む研究契約を締結するものとする。

②実施期間

研究開発プログラムの実施期間は、原則として３年間以上５年間以内（ただし、平成 26 年度は日数にかかわらず１年間と計算する）とし、当該期間全体にわたる多年度での研究開発資金の使用を可能とする。ただし、各研究開発機関における研究開発実施期間については、PMの方針の下、柔軟に設定することを可能とする。

③対象経費

次のような経費に使用可能とし、詳細は推進会議が定める基金運用方針によるものとする。

- ・ PMの人件費や、PMによる研究開発、事業化等のマネジメント活動を支援するための事務経費
- ・ PMが選定する研究開発機関における研究者や研究支援者等の人件費、消耗品費、専用の施設の借料等、装置設備費・運転費、国際シンポジウム等の会議費、間接経費等に使える自由度の高い研究費

４．PMに対する進捗管理について

①PMからの報告

ImPACTの着実な推進を図るため、有識者会議は、全てのPMから進捗状況について、概ね半年毎に報告を受ける。

②PM への助言・協力

有識者会議は、PM から進捗状況報告があった場合又は助言が求められた場合、必要に応じて適切に助言するものとする。

また、PM は、成果の実用化のため、規制改革など制度上の改革や政府調達・政策金融等の制度の効果的な活用が必要となった場合には、推進会議に対して制度の改革や活用に向けて協力を求める。推進会議は、協力依頼の内容が妥当と判断される場合、関係省庁、関係機関への働きかけなど所要の措置を講じるものとする。

③PM への改善要求

有識者会議は、進捗状況報告の内容等を踏まえ、必要に応じて PM に対して改善を求めることができる。

改善を求めるに際しては、ハイリスク・ハイインパクトな取組を促し、PM に大胆に権限を付与するという制度の主旨に留意し、細かな改善を求めるのではなく、

- ・ 研究開発プログラムがテーマに示された産業や社会のあり方の変革に十分なインパクトを与えないことが懸念される場合に、より効果的な研究開発プログラム運営への改善を建設的に求める。
- ・ 日本政府の事業として不適切な点があれば是正する。

といった観点から大局的に行うものとする。

④PM の解任

有識者会議は、次のような場合、審議・検討を行い、PM の解任を推進会議に提案することができる。推進会議は、有識者会議からの提案を基に、PM の解任について審議・検討を行った結果を、総合科学技術・イノベーション会議に報告する。

- (i) 有識者会議が求める改善が行われない場合。
- (ii) 成果（テーマに示された産業や社会のあり方の変革）が見込めないと判断される場合。

⑤レビュー会の開催について

有識者会議における上記①～④の進捗管理に資するため、有識者会議の下に以下の項目を実施するレビュー会を置くことができる。レビュー会の構成は有識者議員の他、必要に応じて外部有識者を入れることができる。

- ・ PM から進捗状況のヒアリング
- ・ PM への助言・協力
- ・ PM への改善要求にかかる検討

- ・ PM の解任にかかる検討

5. PM の評価について

総合科学技術・イノベーション会議は、研究開発終了後に PM の評価を実施するが、その実施に当たっては、制度の主旨を踏まえ、主として次のような視点によるものとする。評価に関する詳細は、推進会議が別に定める。

① PM が実施管理を行った研究開発プログラムに関する評価

- ・ 産業や社会のあり方の変革をもたらす見通しは得られたか。
- ・ 漸進的ではなく、非連続なイノベーションが生まれる見通しは得られたか。
- ・ ハイリスク・ハイインパクトなチャレンジは行われたか。
- ・ 我が国のトップレベルの研究開発力および様々な知識を結集することができたか。

② PM 自身の活動に関する評価

- ・ 当初想定された計画では目標達成が困難な見通しとなった際の研究開発の計画変更や、派生した研究開発の展開、成果の事業化のための企画・調整など、PM によるプログラム・マネジメントの過程は適切だったか。
- ・ 目標通りの成果が得られない場合などにおいて、その原因分析・解析が適切に行われ、今後の我が国における PM 活動のあり方に関する有益な教訓を導出できたか。

6. 利害関係者の排除

構成員は、推進会議及び有識者会議の審議・検討対象となる案件の PM 又は PM 応募者が利害関係者に該当するか否かを確認した上で、該当する場合にはその旨事務局に申し出るとともに、当該 PM 又は PM 応募者に関する事項の審議・検討には参画しない。なお、利害関係者の範囲については、内閣府政策統括官（科学技術・イノベーション担当）が定める。

7. その他

推進会議は、研究開発終了から一定期間経過後に追跡評価を実施するなど、本プログラム全体の成果をフォローアップする。フォローアップに関する詳細な事項は、内閣府政策統括官（科学技術・イノベーション担当）が定める。

Ⅱ. 知的財産権の取扱い

1. 基本的な方針

得られた知的財産権については、PM の提案した研究開発プログラム構想を実現し、産業や社会のあり方に大きな変革をもたらす革新的なイノベーションを創出するために、適切に活用されるよう次の方針により運用する。

- ①産業技術力強化法第 19 条を適用し、知的財産権は、委託先である研究開発機関又は同機関に所属する研究者等に帰属することを原則とする。
- ②知的財産権は、研究開発プログラムから得られる成果の社会的・経済的価値（アウトカム）を最大化するために活用されることを重視し、委託先である研究開発機関による実施を主眼に置きつつ、必要に応じて研究開発プログラムに参加する研究開発機関（以下「参加研究開発機関」という。）による相互利用を可能とする。

2. 具体的運用方法

（1）運用体制

- ①参加研究開発機関は、知的財産権の運用方針に関し、知的財産権の実施方法、知的財産権の移転、秘密保持、参加研究開発機関以外の者が関与する知的財産権の取扱い、参加研究開発機関が研究開発プログラムに参加する前から保有していた知的財産権の取扱い等の事項を含む契約を機構と締結するものとする。
- ②研究開発プログラム毎に、実施許諾条件等の知的財産権の運用に関する必要な事項について協議し、決定する場合（以下「知財運用会議（仮称）」という。）を設置する。知財運用会議（仮称）は、PM、参加研究開発機関の一部又は全部、機構から構成され、必要に応じて外部有識者を加えることができるものとする。

（2）知的財産権の実施

- ①知的財産権は、権利の保有者である研究開発機関、又は研究開発機関に所属する研究者等が起業するベンチャー企業が実施することにより、その事業化が促進されることを期待する。
- ②研究開発プログラムから得られる成果の社会的・経済的価値（アウトカム）を最大化するため、上記①による実施に著しい障害を来しないと判断される場合は、知財運用会議（仮称）における実施料等の実施条件に関する合意を前提として、参加研究開発機関による相互利用を可能とするものとする。
- ③国の事業であるという性質上、公益性に配慮する観点から、参加研究開発機関以外の者に対し、知財運用会議（仮称）において上記①及び②による実施の優位性に配慮しつつ定め

る実施条件の下で、知的財産権の実施許諾を行うことができるものとする。

（３）知的財産権の移転

研究開発プログラムで得られた知的財産権の移転（売却、合併等）にあたっては、機構の承認を必要とする。機構は、技術流出等によって我が国の国際競争力に支障が及ばないこと、知的財産権に係る権利及び義務関係が継承されることが確認できる場合は、移転を承認するものとする。機構は、承認を決定するにあたっては、事前に PM の意見を聴くとともに、知的財産権の移転に係る重要な判断を要する場合は推進会議に報告するものとし、推進会議は必要に応じて承認の可否を判断し、機構に指示することができるものとする。

（４）国外機関の取扱い

推進会議の承認を受けて国外機関が研究開発機関として参加する場合は、ImPACT による研究実施により得られる知的財産権の 50%以上の持ち分は機構に帰属することを合意の上参加するものとする。なお、知的財産権の実施許諾は双方の協議により行うものとする。

（５）知的財産権に係る経費

- ①知的財産権の出願・審査・維持に係る費用（以下「知的財産権経費」という。）は、研究開発プログラム実施期間中は、機構と各研究開発機関との間で締結された委託契約等における研究開発プログラム経費（直接経費）として支出することができるものとする。
- ②直接経費により知的財産権経費を支出することが困難な場合、機構は当該経費を、委託契約等とは別に締結する契約により支出することができるものとする。
- ③研究開発プログラム終了後は、知的財産権経費は、知的財産権の保有者が負担する。

（６）その他

- ①研究開発プログラムに参加する全ての関係者は、オープン・クローズ戦略を明確にした上で情報管理を徹底する。
- ②複数の参加研究開発機関による共同発明に係る知的財産権は、当該参加研究開発機関の共有とし、持ち分比率については当該参加研究開発機関の意見を聴きつつ、知財運用会議（仮称）が決定する。
- ③参加研究開発機関以外の者が関与する場合の知的財産権の取扱いについては、知財運用会議（仮称）において定める。
- ④参加研究開発機関が研究開発プログラム参加前から保有していた知的財産権（バックグ

ラウンド IP) については、研究開発プログラムの遂行又は研究開発プログラムの成果の実用化等に必要となる場合、知財運用会議（仮称）における合意を前提として、保有者は実施を許諾するものとする。

- ⑤上記 2. (1) ①に定める契約において、知的財産権の取扱い等にかかる事項は、参加研究開発機関が本事業への参加を取りやめた場合も、知的財産権が存続する期間は有効とする。
- ⑥知財運用会議（仮称）において合意に至らない場合は、研究開発プログラム実施期間中においては PM の決定に、研究開発プログラムの終了後においては PM 及び参加研究開発機関の意見を聴きつつ行う機構の決定に、それぞれ従うものとする。

Ⅲ. 利益相反の取扱い

1. 基本的な方針

PM の提案した研究開発プログラム構想を実現し、産業や社会のあり方に大きな変革をもたらす革新的なイノベーションを創出するという ImPACT の趣旨から、PM と参加研究開発機関の利害関係を画一的な基準によって判断し、結果的に我が国のトップレベルの研究開発力および様々な知識の結集を妨げることは適切でない。このため、PM と PM に関係する機関との間の利益相反については、当該関係の必要性、合理性、妥当性等を考慮して適切に判断するものとする。

2. 「PM に関係する機関」の範囲

「PM に関係する機関」とは、研究開発機関における研究担当者が以下のいずれかの関係に該当する場合の機関をいう。

- ①PM 自身が研究担当者となる場合。
- ②PM と親族関係にある者もしくはそれと同等の親密な個人的関係。
- ③PM の兼業元あるいは出向元である大学、独立行政法人等の研究機関に所属している者。
あるいは、同一の企業に所属している者。
- ④PM と緊密な共同研究を行っている者。または過去 5 年以内に緊密な共同研究を行った者。
- ⑤過去に通算 10 年以上、PM と「密接な師弟関係」あるいは直接的な雇用関係にあった者。
- ⑥その他推進会議が利害関係者と判断した場合。

3. 運用方針

(1) 推進会議による承認

PM に関係する機関を研究開発機関として選定し、あるいは PM に関係する機関の研究開発資金の配分を増額しようとするときは、推進会議の承認を必要とする。推進会議は、テーマに示された産業や社会のあり方の変革の実現にとって真に必要と認められる場合、これを承認する。ただし、研究開発資金の配分を増額については、事前に有識者会議が確認したことをもって、推進会議が承認したものとみなすことができる。

(2) 利益相反問題の未然防止

機構は、研究開発プログラム実施期間中において、PM が利益相反に関する判断に迷う場合等に随時相談できる体制（外部有識者からなる委員会等）を整備し、問題事案の発生を未然に防止する。

(3) その他

その他の事項については、機構の利益相反マネジメントの仕組みを活用することが適当な場合は、これを活用できる。

(了)

(参考 10)

プログラム別執行状況表

(科学技術振興機構平成30年度革新的新技術開発業務に関する報告書より転記)

(単位千円：千円未満四捨五入のため計欄不一致の場合有)

	経費 の別	26 年度	27 年度	28 年度	29 年度	30 年度	執行済額 合計	過 年 度 戻入
伊 藤	直接	313,486	1,248,280	903,450	1,128,391	919,483	4,499,190	▲13,900
	間接	25,684	97,706	70,884	83,105	69,075	345,154	▲1,300
合 田	直接	401,426	891,768	621,830	423,429	353,109	2,677,447	▲14,115
	間接	38,958	86,735	61,468	39,341	32,951	258,083	▲1,370
佐 野	直接	879,320	795,440	1,556,656	493,346	344,766	3,268,651	▲ 800,877
	間接	87,930	67,493	61,593	34,001	30,102	201,042	▲80,077
佐 橋	直接	934,388	1,057,824	1,222,577	759,021	433,535	4,126,126	▲ 281,219
	間接	93,012	105,078	115,144	68,003	37,596	390,734	▲28,099
山 海	直接	26,214	405,569	662,282	986,740	1,025,978	3,092,340	▲14,442
	間接	2,619	36,209	57,874	90,528	95,065	282,295	0
鈴 木	直接	300,920	830,402	873,107	564,428	171,141	2,728,431	▲11,567
	間接	30,092	82,887	82,203	48,757	12,573	254,854	▲1,658
田 所	直接	62,693	749,752	717,125	982,615	778,521	3,286,199	▲4,507
	間接	5,974	67,379	63,391	86,938	70,994	294,261	▲414
藤 田	直接	236,961	950,931	1,151,608	575,879	210,267	3,114,037	▲11,609
	間接	23,375	87,003	109,073	53,731	17,749	289,615	▲1,316
宮 田	直接	170,893	897,050	536,809	417,886	403,846	2,399,855	▲26,629
	間接	14,377	78,965	46,101	35,776	27,987	200,679	▲2,527
八 木	直接	245,600	817,803	766,190	503,777	440,336	2,758,212	▲15,494
	間接	19,630	48,582	51,472	38,095	33,258	190,438	▲599
山 川	直接	146,791	637,090	513,860	542,436	867,944	2,696,465	▲11,656
	間接	14,577	60,349	47,804	50,221	83,846	255,878	▲919
山 本	直接	267,760	878,865	527,923	945,655	411,968	3,021,864	▲10,306
	間接	26,690	76,015	38,530	83,542	35,224	257,625	▲2,377
白 坂	直接	—	48,729	546,747	530,840	693,914	1,820,230	0
	間接	—	4,571	51,453	49,883	63,863	169,770	0

野地	直接	—	28,330	535,774	481,533	542,249	1,587,886	0
	間接	—	2,832	53,144	45,588	49,962	151,526	0
原田香	直接	—	10,161	368,298	504,275	575,092	1,457,826	0
	間接	—	998	36,000	49,919	56,103	143,020	0
原田博	直接	—	23,193	560,861	702,765	843,968	2,130,088	▲699
	間接	—	2,317	48,136	59,567	75,993	185,943	▲70