

文部科学省 令和 2 年度科学技術調査資料作成委託事業
新興・融合領域の研究開発に関する調査分析業務

業務成果報告書

2021 年 3 月

 株式会社三菱総合研究所

セーフティ&インダストリー本部

経営イノベーション本部

ヘルスケア&ウェルネス本部

本報告書は、文部科学省の令和2年度科学技術調査資料作成委託事業による委託業務として、株式会社三菱総合研究所が実施した令和2年度「新興・融合領域の研究開発に関する調査分析業務」の成果を取りまとめたものです。

目次

1. 調査概要	1
1.1 背景・目的.....	1
1.2 調査内容.....	1
1.3 本報告書の構成.....	1
2. 分野と中核研究者の選定	2
2.1 「新興・融合領域」分野の選定方法.....	2
2.2 調査対象研究者の選定・依頼方法.....	3
3. 中核研究者へのインタビューによる調査	4
3.1 調査対象とした中核研究者.....	4
3.2 インタビュー項目.....	5
3.3 「エマージングな研究テーマ」について.....	6
3.4 インタビュー等で得られた研究者からの主な意見.....	7
3.4.1 科学技術動向に関する情報収集の在り方.....	7
3.4.2 「新興・融合領域」の推進方策.....	8
4. 今後の課題・示唆	9
4.1 国が把握すべき「新興・融合領域」とはどのようなものか.....	9
4.2 新興・融合領域の把握方法.....	10
4.2.1 定期的な研究者インタビューによる動向把握.....	11
4.2.2 科学技術行政における研究人材とのネットワーク構築.....	11
4.3 新興・融合領域における研究開発の推進方策.....	12
4.3.1 未来予測、社会課題の視点からのバックキャスト型による研究領域の検討と推進.....	12
4.3.2 官民が保有するビッグデータの利用、データ分析にかかる産学官連携の推進.....	13
4.3.3 データの蓄積・管理や社会実装等の活動を可能とする制度運用.....	13
4.3.4 特に人文社会融合分野における研究テーマの 이슈ーイングの体制強化.....	14
5. 参考資料（業務成果報告書概要）	15

1. 調査概要

1.1 背景・目的

新興・融合領域の研究開発の萌芽をいち早く捉えるには、論文等の分析だけでは最前線の情報を捉えるのは難しい。アカデミアの現場に身を置く研究者自身から、自身の分野の最新研究動向や学会の動向を聴取することが重要である。また、各種情報を元に重点的に推進すべき新興・融合領域の案を作成する過程において、トップレベルの研究者から意見を聴取し、専門的観点から科学的助言を得て、推進すべき領域やテーマをブラッシュアップしていくことが必要である。

このため、本調査では、各種研究コミュニティの中核を担う研究者へのインタビュー調査を通じ、新興・融合領域の研究開発に係る情報を収集し、最新動向の調査分析を実施することを目的とする。

1.2 調査内容

3 つ以上の分野における、最新の科学技術動向を把握していることが期待される研究者（以下、「中核研究者」とする。）に対して、新興・融合領域の研究開発の動向に関するインタビューを行い、その内容を取りまとめた。

1.3 本報告書の構成

報告書は、分野・中核研究者の選定からインタビューの実施、調査結果までを取りまとめている。

2 章では、分野（「量子」「バイオ・ライフ」「人社融合」）の選定と、当該分野の第 1 線で活躍する「中核研究者」の選定方法、依頼方法について整理した。

3 章では、実際のインタビュー対象者、インタビュー項目、インタビューで得られた意見のポイントを整理した。4 章では、上記の内容を踏まえて、新興・融合領域の把握方法及び研究開発の推進方策について整理した。

2. 分野と中核研究者の選定

2.1 「新興・融合領域」分野の選定方法

「新興・融合領域」の分野は、急速に進展が見られる量子分野、研究領域が質量の両面で発展するバイオ・ライフ分野、我が国の科学技術イノベーション政策上も重要視されている人文・社会科学の融合分野の3分野を選定した（表 2-1）。

表 2-1 選定した分野と選定理由

分野	選定理由
量子技術分野 (以下「量子分野」とする)	<p>量子技術はここ数年で急速に進展がみられており、一部実用化まで現実味を帯びつつあるという点で、「エマージング」と呼ぶにふさわしい。</p> <p>量子コンピュータや量子センシングをはじめとした量子技術の多くは、幅広い分野に影響を与える基盤技術でもあり、学術・社会・経済のあらゆる面に大きなインパクトを与え得る。また、基盤技術であることから、他分野との融合領域においても注目すべき研究（例えば「量子計算×人工知能」）が進められており、そうした点からも注目すべき分野である。</p>
バイオ・ライフ分野	<p>近年、バイオテクノロジーの開発・高度化、利用範囲の拡大が進み、その適用可能領域も、量と質の両面で大きく拡大する方向にあり、注目すべき新興・融合領域である。</p> <p>バイオ市場ではかつて健康分野の比率が高かったが、近年のゲノム解析・編集技術の劇的な進歩を原動力として、今後は農業・食料、さらには工業の各分野も急激に伸びると予想されている。また、COVID-19 関連研究を契機として、パーソナルデータの利活用の変化、COVID-19 治療薬やワクチンの開発における研究活動の DX が世界中で起きており、今後の動向が注目される。</p>
人文・社会科学の融合分野（以下、「人社融合分野」とする）	<p>人文・社会科学と自然科学の融合が、科学技術・イノベーション政策にとって重要であるという考え方が、来年度施行される「科学技術・イノベーション基本法」に盛り込まれる。また、次期科学技術・イノベーション基本計画においても、人文・社会科学が、Society 5.0 の中心である「人間中心の社会」づくりを先導していくことが期待されている。</p>

2.2 調査対象研究者の選定・依頼方法

調査対象研究者の選定にあたり、以下の点を考慮した。

調査対象者には、在外（経験）日本人研究者を対象に含めた。国内で十分に認識されていない新興・融合領域が海外で注目されていないか、海外と日本で研究トレンドにどのような違いがあるかを把握することにより、本調査の目的の一つである、新たな研究領域への示唆を得ることに繋がると考えた。

加えて、調査対象者を考慮するに当たって、以下の観点から、研究の第一線で活躍する研究者を選定した。

- 国際学会や学会大会等において、その運営やプログラムの企画・編集などのメンバーとなっている研究者
- 各分野の特定領域におけるパイオニア
- 注目すべき成果論文や特許等、突出した研究成果を上げている研究者
- 研究者自身が他の分野の研究者との研究を通じ、新分野や融合領域の研究に発展させている研究者
- 成果の応用や実用化、製品化など経済的な波及効果を生んでいる研究者

選定した調査対象者候補には、直接本人へ、メールでの依頼を行った。

3. 中核研究者へのインタビューによる調査

3.1 調査対象とした中核研究者

2.2 に示した方法で、調査対象者の候補を抽出した上で、専門領域が偏らないようにインタビュー対象者を選定した。インタビュー対象とした研究者（計 16 名）は以下のとおりである。

表 3-1 インタビュー対象とした中核研究者（各分野、五十音順）

分野	氏名（敬称略）	所属
量子	中村 泰信	東京大学 先端科学技術研究センター教授
	廣畑 貴文	ヨーク大学 電子工学科教授
	藤井 啓祐	大阪大学大学院 基礎工学研究科教授
	松崎 雄一郎	産業技術総合研究所 ナノエレクトロニクス研究部門 エレクトロインフォマティクスグループ主任研究員
バイオ・ライフ	伊藤 嘉明	シンガポール国立大学 がん科学研究所 Senior Principal Investigator
	木原 大亮	パデュー大学生物科学科、計算機科学科教授
	瀬藤 光利	浜松医科大学医学部 細胞分子解剖学講座教授
	宮田 裕章	慶應義塾大学医学部 医療政策・管理学教室教授
	山本 雅之	東北大学東北メディカル・メガバンク機構 機構長、教授
人社融合	大竹 文雄	大阪大学大学院 経済学研究科教授
	小原 一郎	カリフォルニア大学ロサンゼルス校 Department of Economics, Professor and Graduate Vice Chair
	小島 武仁	東京大学大学院経済学研究科教授
	鳥海 不二夫	東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻准教授
	星野 崇宏	慶應義塾大学 経済学部・大学院経済学研究科教授 理化学研究所 AIP センター 経済経営情報融合分析チーム チームリーダー
	三成 寿作	京都大学 iPS 細胞研究所 特定准教授
	若林 直樹	京都大学経営管理大学院／経済学研究科教授

3.2 インタビュー項目

各中核研究者に対しては、以下の項目についてインタビューを行った。

ここでの「エマージングな研究テーマ」とは、新たな発見・成果や分野融合の動きなどがあったことで、近年急速に注目度が高まっている研究テーマなどを意味している。

1. 「エマージングな研究テーマ」について

(1.1) 先生のご専門やその周辺領域で「エマージングな研究テーマ」があれば、ご教示ください。

- 研究テーマが「エマージング」と考えられる理由は何でしょうか。
- その研究が今注目され始めている背景は何でしょうか。

(1.2) 上記の研究テーマの動向や影響についてお教えてください。

- その研究テーマについて、近年の国内外研究者による研究動向や学会活動等のアカデミアの動向はどう推移していますか。
- その研究テーマは、今後の学術研究を発展させるインパクトを与えますか。
- その研究テーマの成果が実用化されると、社会・経済に対してどのようなインパクトを与えますか。

(1.3) 上記の研究テーマにおいて、我が国を取り巻く動向についてお教えてください。

- 各国における研究力や研究活動の活発度合いなどを国際的に比較して、我が国の立ち位置はどうなっていますか。(強み/弱み、研究水準、人材、など)
- 日本が主要なプレーヤーとして研究活動をリードしていくため、我が国の立ち位置を考慮しながら臨むべき具体的な戦略はあるでしょうか。

2. 「エマージングな研究テーマ」の兆候の発見について

- 論文動向等、定期的に観察すべき研究動向はあるでしょうか。
- 情報収集すべき研究コミュニティや研究者はどのようなところでしょうか。

3. その他

- 「エマージングな研究」の動向把握について、国が研究コミュニティや研究者と共同で取り組むべきことはあるでしょうか。

3.3 「エマージングな研究テーマ」について

中核研究者へのインタビュー調査から得られた「エマージングな研究テーマ」を以下に示す（表 3-2）。

量子分野では、量子コンピュータや量子 IoT（量子情報・量子センシング・量子通信の統合）に関する研究テーマが得られた。

バイオ・ライフ分野は、最新の AI・機械学習等を用いた応用に関するテーマ、ヒトを生物の一種と捉えた研究テーマ、遺伝子発現制御、代謝などの分子レベルでの生命現象に着目した研究テーマ、網羅的な生体分子についての情報を統合的に分析する研究手法に関するテーマなどが得られた。

人社融合分野は、自然科学のアプローチを取り込んだ研究テーマ、ビッグデータを活用した社会の理解を目指す研究テーマ、理論や実証的な統計手法、ケーススタディ等を駆使して社会制度のデザインに活かす研究テーマ、パブリックと共有するための方法・手段に関する研究テーマなど、多様な研究テーマが得られた。

以上のように、本調査では、3 分野の研究テーマについて、多くの情報を収集することができた。

表 3-2 中核研究者へのインタビューで得られた研究テーマ

分野	研究テーマ
量子	「ボゾニック符号化」を利用した量子コンピュータの誤り訂正機能の実現
	非ノイマン型コンピュータ（ニューロモーフィックコンピュータ）
	量子 IoT（量子情報・量子センシング・量子通信の統合）
	NISQ の活用を目指すアルゴリズム開発
バイオ・ライフ	マルチオミックス解析
	ヒューマンバイオロジー
	細胞内 RNA 転写
	エピゲノム
	AI によるテーラーメイド投薬
	メタボローム
	幹細胞研究/治療
	エクソソームにタンパク質をソーティングする UBL3 化という分子機構
	医学の哲学
	新型コロナ
	量子生体計測
AI・機械学習による生体分子の構造予測とダイナミクスの解明	
人社融合	パブリック・エンゲージメントの推進
	計算社会科学

分野	研究テーマ
	心理学、脳科学と経営学の連携による研究
	社会のレジリエンスに関する研究
	インテレクチャルキャピタルの研究
	行動経済学
	神経科学等の知見導入による行動変容の科学的解明
	マーケットデザイン（に関する研究）

3.4 インタビュー等で得られた研究者からの主な意見

本調査においては、中核研究者から、科学技術動向に関する情報収集の在り方、新興・融合領域における研究開発の推進方策について意見を得た。

3.4.1 科学技術動向に関する情報収集の在り方

(1) インタビューによる継続的な動向把握

本調査において、政策担当者は、国内外の第一線の研究者に対して定期的なインタビューを行い、最新動向を把握することが重要であるとの指摘があった。

例えば経済学においては、分野の偏りがないう考慮すれば、5～10名へのインタビューを行うことで、経済学の全体像を把握することができるとのことである。また、定期的にインタビューを行うことによって、現在研究されているテーマの輪郭が見えてくるとの意見もあった。

(2) IT 企業、ベンチャー企業等も含めた企業における研究動向の把握

注目する研究対象、一部の技術領域によっては、大学や国立研究開発法人等の公的研究機関のみならず、企業（ベンチャー企業を含む）の研究動向を把握しておくことも、エマージングな研究テーマの兆候の把握に役立つと考えられる。従来、製造業企業との産学連携はかなり進んできたが、IT 企業、ベンチャー企業等との連携の余地はまだ大きいと考えられる。

インタビュー調査によると、大学は、新しく独自のものを開発する点について企業よりも強く、長い目で見た研究においては有利である。一方、機械学習における翻訳、生体分子の構造予測、画像認識など、解くべき問題や、問題設定が明確な場合は、大学よりも人的リソースや資金、設備が潤沢な企業（ベンチャー企業等）の方が研究上有利な場合がある、とのことである。

また、機械学習、マーケットデザインなど一部の領域において、企業における研究も進展しており、研究部門を有する企業がアカデミアの研究者を雇用する、あるいは、大学教授を短期的に招へいする形態が出てきているとのことである。

(3) 基礎科学分野における主要な学会動向の把握

物理学や化学における主要な学会での最新動向は、バイオ・ライフ分野や医学領域における将来の技術動向に波及し得る。

インタビュー調査では、米国の物理学や化学における学会の最新動向、例えば、今後5～10年で進歩すると考えられる量子コンピュータや量子通信技術は、生物や医学領域でのトレンドに少し遅れて影響するのではないか、との意見があった。

3.4.2 「新興・融合領域」の推進方策

(1) 基礎研究からベンチャー企業への橋渡しのためのプログラムの創設

従来の基礎研究振興によるボトムアップアプローチだけでなく、製品やサービスとしての実用化など、最終的な出口までを見据えた場合、大学だけでなく、ベンチャー企業や民間企業の役割がより重要になるとの指摘があった。

我が国においては、基礎研究振興に加えて、ベンチャー企業等への技術の橋渡しまでを考慮した研究開発プログラムの設計や、技術を活用するベンチャー企業への投資がよりなされる必要があるとのことである。

(2) 新興・融合領域で生まれた技術の社会実装に向けた環境整備

新興・融合領域における研究開発において、ベンチャー企業等の参画や、研究成果の普及や利用までを視野に入れるのであれば、技術そのものへの投資に加えて、技術が効果的に活用されるための環境整備を行うことが重要であるとの意見があった。

サービスや製品を選ぶ当事者でもある市民の社会受容性の向上、技術が効果的に活用されるための新たなビジネスモデルのデザイン、法的・倫理的側面も含めた環境整備を促すための支援も必要であるとのことである。

例えば、AIの技術だけでブレイクスルーが起こるわけではなく、AIを効果的に使い、現状を把握した上で可視化し、どのように使うのかをデザインして初めて、AIを使う意味が出てくるとのことである。

(3) データサイエンスと既存の学問領域との学際的な学部の創設

米国において、データサイエンスと既存の学問領域との融合領域に注目した学部が創設される動きがある。

米国では、ダブルメジャー制度とは異なり、イェール大やマサチューセッツ工科大学など、複数の大学において、経済学と計算機科学の融合分野として、**Computer Science and Economics** 学部が近年創設され、その分野に特化した教員が配置されている。経済学と計算機科学との間では、双方で関わりあう部分とそうでない部分があるため、特化した教員を据えた方が効率的である、とのことである。

4. 今後の課題・示唆

新興・融合領域の振興のため、国が検討・着手すべき課題は以下の点であると考えられる。

4.1 国が把握すべき「新興・融合領域」とはどのようなものか

研究開発における「新興・融合領域」を把握する前提として、国が本来把握すべき「新興・融合領域」とはどのようなものかを明確にしておく必要がある。そもそも、国が「新興・融合領域」を適切に把握する目的は、国としての重点支援領域や研究開発費のポートフォリオを検討するためであるとすれば、国が把握すべきはそうした検討が可能な段階にまで達した研究開発であると言える。

上記のような、国が把握すべき「新興・融合領域」は、現場の研究者が考える「エマージングな領域」とは異なると考えられる。実際に、中核研究者のインタビューにおいて研究者から指摘された「エマージングな領域」とは、自らがその中で先行者となれるような極めて萌芽的な段階の研究テーマ¹であることが多かった。

このような段階の研究開発は、その発展性・実現性等において不確定要素が非常に大きいこと、研究者の好奇心に基づく研究であることが多いため、体系的・系統的に実施することが難しいことが特徴として考えられる。そのため、この段階の研究開発を国が適切に把握・評価し、重点的な支援等を展開することは極めて難しい。

国が把握すべき「新興・融合領域」とは、研究者が考える「エマージングな領域」よりも研究段階が進み、少なくともアカデミアにおいて一定の関心・注目が集まりつつある段階²と考えられる。この段階になれば、当該領域に関する発展性・実現性について、研究者を中心としたエキスパートジャッジがある程度可能になり、国としても重点支援等の判断ができると期待される。逆に言えば、それよりも前の段階は、国が把握・評価して重点支援を行うことが困難な研究開発であるため、ピア・レビューに基づくボトムアップ型での支援が有効と考えられる。具体的には、運営費交付金等の基盤的経費や科学研究費補助金（科研費）が想定される。

以上のポイントを整理すると、以下の通りと考えられる。

- 国が把握すべき「新興・融合領域」とは、国が重点支援等の資源配分を検討可能な程度まで段階が進んだ研究開発領域である。
- そうした「新興・融合領域」よりも進んだ段階の研究開発に対しては、ある程度トップダウンでの研究開発支援が可能となる。
- 一方、そうした「新興・融合領域」よりも初期・萌芽的な段階の研究開発は、本質的に重点的な支援は困難であり、ピア・レビューによるボトムアップ型の研究開発支援が必要となる。

これを表したものが図 4-1 である。国は、自らが把握すべき「新興・融合領域」のイメー

¹ 研究者から挙げられる「エマージングな領域」とは、個人もしくはごく少数の研究者が着想し、取り組み始めた程度の段階で、多くの研究者からはまだ関心を持たれていない（しかし、自らはその有望さに気付いている）研究テーマであることが多かった。

² 例えば、アカデミアにおいて特定の領域に関心が高まり、そこに新規参入する研究者が増え始める、関連学会において当該領域を扱うセッションが立ち上がるといったことが考えられる。

ジを具体化した上で必要な調査を実施すべきであり、トップダウン型とボトムアップ型の研究開発支援の範囲を適切に見極めることが重要である。

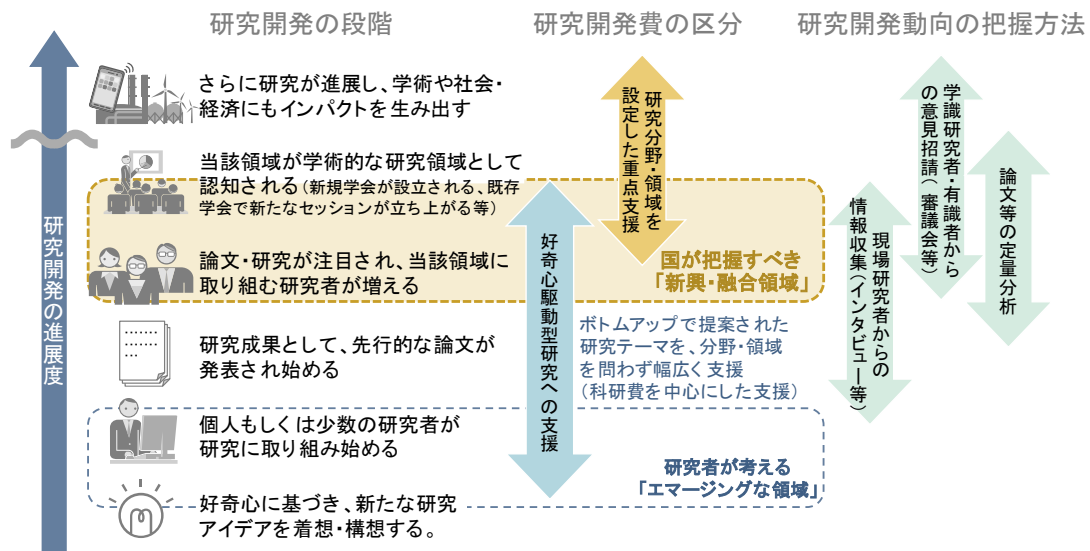


図 4-1 研究開発の進展と国が把握すべき「新興・融合領域」

4.2 新興・融合領域の把握方法

新興・融合領域の把握方法は、定量的・客観的な情報分析による方法、専門家（研究者）の洞察を集め定性的に把握する方法等があり、次のように、それぞれ有利な点、不利な点がある。

- 客観的、定量的な情報分析を行う方法
 - ✓ 方法：例えば、刊行された論文の分野やキーワード、被引用の傾向分析等。
 - ✓ 有利な点：客観的、定量的に、多くの分野である程度比較可能な情報が得られ、一定の傾向を把握できる。
 - ✓ 不利な点：研究者が現在実施中、構想中のテーマを起点に考えると、論文が刊行されるのは通常 1 年以上、被引用分析で傾向が現れるのは数年以上が経過しており、情報の鮮度という意味では劣る。キーワード等に基づく分析は、分析者の洞察力に左右される。
- 専門家（研究者）による洞察を集め、定性的に把握する方法
 - ✓ 方法：当該分野の専門家（研究者）のインタビュー、研究者ネットワークとの意見交換等。
 - ✓ 有利な点：専門家（研究者）の見立てにより情報鮮度の高い形で、新興・融合領域の動向を把握できる。
 - ✓ 不利な点：専門家（研究者）インタビューの件数には限界があり、専門家（研究者）の選定方法により、結果が左右される面がある。

客観的、定量的な情報分析については既に多くの取組がなされていることから、ここでは、専門家（研究者）の洞察を集め定性的に把握する方法に限定して述べる。

4.2.1 定期的な研究者インタビューによる動向把握

政策担当者は、国内外の第一線の研究者に対して定期的なインタビューを継続的に行うことにより、最新動向を把握することが重要である。インタビューは、論文分析と比べても、今まさに取り組まれている（あるいは、取り組まれようとしている）研究開発動向を把握するための速報性に優れた方法である。

特に、人文・社会科学分野では、研究成果の種類が多様であり、多くの自然科学系分野のようにジャーナル論文が主ではないことや、成果発表の言語が多様であることも指摘されている³。人文・社会科学分野においては、自然科学系と比べて「新興・融合領域」の把握はより困難であると考えられ、インタビューはより有効な手段であると考えられる。ある中核研究者は、「経済学」について5～10人程度にインタビューすればおよそその傾向を把握できるのではないかと述べていた。

4.2.2 科学技術行政における研究人材とのネットワーク構築

当該領域に専門的知見を有する人材や各種の研究ネットワークを、国自らが継続的・戦略的に確保し、政策立案プロセスの中で活用すべきである。

国が「新興・融合領域」に関する情報を適切に把握・活用するには、その内容を十分に理解した上で、既存の領域と比較した際の新規性や発展性・実現性といった観点で検討することが求められる。これらには一定の専門的知識が要求される。また、情報を集めるには研究者へのインタビュー等が必要なのは前述の通りであるが、そのためには適切な研究者と随時コンタクトをとることができる状態になっていることが必要であり、そうした人的なネットワークが不可欠となる。

こうした専門性・ネットワークを、それまでに当該領域の専門的な教育・研究を経験していない行政官が身につけることは困難なため、専門性・ネットワークを既に有している研究人材を、国として戦略的に確保・活用することが求められる。例えば以下のような方法が挙げられる。

(1) 行政機関における「新興・融合領域」の把握・評価のための研究人材の確保

文部科学省をはじめとした行政機関において、雇用もしくは出向の受入れといった方法で、研究人材を継続的・戦略的に確保し、「新興・融合領域」の把握・評価を行うということが考えられる。専門性や人的ネットワークという観点からは、博士号取得者やポスドク経験者であることが望ましく、行政機関内での人事上での配慮（配置のローテーション、キャリアパス等）についても検討が必要である。

(2) 既存の研究者ネットワークを活用した情報収集・意見交換

「新興・融合領域」の把握・評価を担当する人材を中核として、主要な学会や研究機関・グループと継続的なコネクションを維持し、情報を収集することが考えられる。例えば、主

³ 林隆之「大学評価の現場における人文・社会科学の研究評価の現状」、「学術の動向」2018年23巻10号、https://www.jstage.jst.go.jp/article/tits/23/10/23_10_16/_pdf (2021年3月23日取得)

要学会における学会誌の編集担当、年次大会の企画担当といった立場の研究者と定期的に意見交換する、学会の年次大会等のイベントにおいて「新興・融合領域」について議論するセッションを設けるといったことが考えられる。

現在実施されている各種の研究開発プログラムでのネットワークを活用して、情報を収集することも考えられる。例えば、研究開発プログラムで実施されるイベント等を利用し、「新興・融合領域」に関する現状認識やアイデアについて議論する場を設けるといったことが挙げられる。

4.3 新興・融合領域における研究開発の推進方策

新興・融合領域における研究開発の推進方策としては、例えば、次のようなものが考えられる。

- 当該新興・融合領域のための新たな研究プログラムの創設、運営（国）
- 当該新興・融合領域のための新たな研究拠点の創設、運営（大学等、国）
- 当該新興・融合領域のための学会、研究者ネットワークの創設、活動（研究者コミュニティ）
- 当該新興・融合領域の発展を基盤的に支援する取組（人材育成、産学官連携促進、規制改革等）（国）

ここでは、以上に挙げた従来型の推進方策以外に今後必要と考えられる取組について述べる。

4.3.1 未来予測、社会課題の視点からのバックキャスト型による研究領域の検討と推進

(1) バックキャスト型アプローチによる研究テーマ群の整理、発見

近年、SDGs の目標にみるように社会課題の体系化、社会課題の解決を志向した産学官の各種の取組が進んでいる。これらの取組においては、長期未来予測の活用、社会課題のリスト化・体系化等がなされており⁴、社会課題の解決を起点としたバックキャスト型の検討が進められている。

今後、研究開発の検討や推進においても、研究開発の実績や現状課題からのフォアキャスト型と併せて、こうしたバックキャスト型のアプローチが従来以上に必要になると考えられる。

バックキャスト型のアプローチにより、社会課題の解決を最上位の目標として、各種の下位目標、それに関連する研究開発テーマ群の整理も可能になると考えられる。これにより、既存の分野、領域を超えた取組の必要性を認識しやすくなる効果が期待される。この作業をする中で新興・融合領域を発見し、国として振興の対象とするかの検討の俎上（そじょう）に載せていく展開が考えられる。

⁴ 参考として、三菱総合研究所「イノベーションによる解決が期待される社会課題一覧（2020年度版）」2020年9月 <https://www.mri.co.jp/news/press/20200930.html>、同「未来社会構想 2050」2019年10月 <https://www.mri.co.jp/knowledge/insight/ecovision/20191011.html>

(2) 未来予測、社会課題視点での研究領域の俯瞰図式の作成と共有によるアイデア創発

上記の検討に基づき、未来予測、社会課題視点での研究領域の俯瞰図式を作成することが今後、有効と考えられる。この図式を作成、活用することにより、国及び個々の研究者において、次のようなメリットがあると考えられる。

まず、国においては、国として取り組む研究テーマを発見、構想する際、どのような社会課題解決のための研究と位置付けられるのか、関連付けられる研究テーマは何か、社会課題解決のために必要でありつつも研究が進展していない研究テーマは何か、といった検討が可能となる。また、社会課題解決志向の研究開発プログラムにおける研究提案の審査、進捗状況把握等のプロセスにおいてこの図式を活用できる可能性がある。

次に、アカデミア等の研究者においては、この図式を認識し、共有することで、個々の研究者が社会課題解決を志向した研究テーマを構想する際のヒントになる可能性がある。個々の研究者における気付きを促すには、単に俯瞰図式を作成して公表するだけでなく、ある社会課題を解決するための多様なアプローチについて議論するワークショップや個別ディスカッションを通じて、研究者を刺激し、アイデア創発を促すような取組が重要と考えられる。

4.3.2 官民が保有するビッグデータの利用、データ分析にかかる産学官連携の推進

近年、ウェブサイトのアクセス情報、スマートフォンの利用に係る各種の情報等、膨大なデータが民間企業に蓄積されている。こうしたデータの利点は、リアルタイムで情報を把握でき、事後の意識調査等（アンケート）によらず行動のログデータを直接把握できることである。これらデータを研究に活用することで、大きなブレイクスルーが期待できる。

米国では、Facebook、Google等のデータプラットフォーム企業が内部に多数の研究者を抱えるとともに、アカデミアの研究者と多数の研究を進めているとのことである（中核研究者インタビューによる）。日本においても、一部の情報プラットフォーム企業と大学研究者の共同研究は進められている。

しかし、これらのデータは、保有企業の内部にとどまる傾向にあり、アカデミアが広く活用できる状況にはなっていない。

今後、官民が保有するビッグデータの利用、データ分析にかかる産学官連携の推進に向けて、関係者間の連携・交流の促進、データ利用に関する仕組みの構築等の検討を進めることが重要と考えられる。

4.3.3 データの蓄積・管理や社会実装等の活動を可能とする制度運用

一般に、アカデミアの活動において、新規性のある知見をもたらす研究は、問題なく推進の対象となり、研究者や研究組織の業績としても評価されるが、研究のために必要なデータの蓄積管理、社会実装等の活動についてはその重要性が十分に考慮されず、必要な人員、費用が措置されにくい傾向もみられる（学会によって違いがみられる）。今回のインタビューの中でも、データ収集等を中心としたある研究テーマについて、緊急性、重要性があるにもかかわらず研究面で評価されなかったことについて問題視する意見もあった。

しかし、今後の新興・融合領域においては、データの蓄積・管理、社会との対話や社会実装に取り組む中でのテーマ構想が重要となってきている。例えば、東京大学に新設されたマーケットデザインセンターでは、社会実装への取組、データの蓄積・管理等について組織的

な取組を始めている。

今後、国は、単に研究開発プログラムを創設するだけでなく、その分野でどのような活動が必要になっているのかを把握し、幅広い活動が可能となるような措置を講じることが必要と考えられる。例えば、①社会実装に向けて、社会の現場の人と対話し、インストールしていくための活動、②データの蓄積管理等にかかるリソースについても資金、人員が措置されるような制度運用が必要と考えられる。

また、アカデミアにおいても、この種の活動を研究開発の中で必要なものとして積極的に評価し、各種の審査や予算配分の際にも考慮していくことが期待される。

4.3.4 特に人文社会融合分野における研究テーマの 이슈ーイングの体制強化

従来、自然科学に対しては、国による各種の研究開発プログラムが講じられてきた。そして、国がプログラムを構想する段階に至るまでには、研究者コミュニティにおける当該テーマの構想発案、公的シンクタンクによる分析や提案（NISTEP、JST 研究開発戦略センター）等の各種の行為がある。こうした行為は、研究テーマの 이슈ーイングの面で大きな役割を果たしてきたと考えられる。

一方、人文・社会科学においては、従来、欧米に比べても 이슈ーイングの体制が弱かったとの見方がなされている（中核研究者インタビューによる）。欧米のアカデミアでは、社会科学におけるリサーチマーケティングが進んでおり、 이슈ーイングが得意とのことである。

今後、国が人文・社会科学における新興・融合領域の振興をも視野に入れるとすれば、研究者コミュニティを中心に、 이슈ーイングの体制を強化することが望まれる。

2020 年度に東京大学経済学部設置された東京大学マーケットデザインセンターにおいては、マーケットデザインを志向する中で、研究開発の推進とともに社会実装をミッションとしており、各種のプロモーション活動も実施している。人文・社会科学分野での研究拠点の在り方として注目できる。

5. 参考資料（業務成果報告書概要）

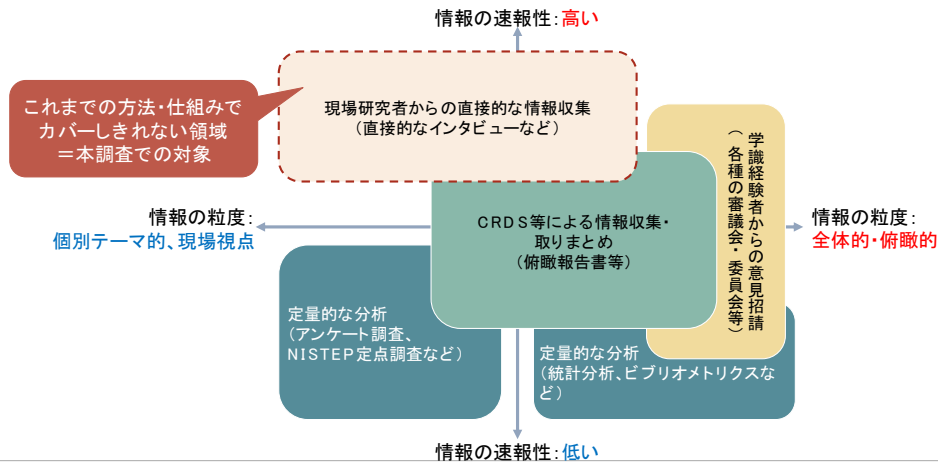
目次

- I. 調査概要
- II. 調査手法
- III. 本調査のまとめ

I. 調査概要

本調査全体の背景・目的

- 科学技術イノベーション政策の企画・立案のためには、最新の研究動向や研究現場の状況について適時・適切に情報収集・把握できる仕組みが不可欠
- 現状でも様々な方法で情報収集がなされているが、**研究現場の視点からリアルタイムで研究動向をとらえる仕組みは不足**。本調査は、その部分を補う方法として有望
- 本調査では、新興・融合領域の研究開発に係る情報を収集し、本調査の方法を実施・検証



Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

3

調査内容

国内外中核研究者へのインタビューによる調査

- 以下の条件で、**国際的な研究ネットワークの中心にいる研究者**(以下、**中核研究者**)を計**16名**抽出してインタビューを実施
 - 国際学会や学会大会等において、その運営やプログラムの企画・編集などのメンバーとなっている研究者
 - 各分野の特定領域におけるパイオニア
 - 注目すべき成果論文や特許等、突出した研究成果を上げている研究者
 - 研究者自身が他分野の研究者との研究を通じ、新分野や融合領域の研究に発展させている研究者
 - 成果の応用や実用化、製品化など経済的な波及効果を生んでいる研究者
- 調査対象者には、在外(経験)日本人研究者5名を含む
 - 国内で十分に認識されていない新興・融合領域が海外で注目されていないか、海外と日本で研究トレンドにどのような違いがあるかを把握する
- インタビューの内容から、新興・融合領域における**注目すべき研究テーマの取りまとめ**を実施

成果報告会の実施

- 新興・融合領域の研究開発動向やその内容、そうした情報の効果的な収集方法、日本人研究者とのネットワーク形成のあり方などについて成果報告会を実施

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

4

II. 調査手法

分野と中核研究者の選定

学会等の中核研究者へのインタビューによる調査

分野と中核研究者の選定 ～分野設定の考え方

- 限られた期間(2～3か月)で成果を得るため、本調査では特に優先度が高い分野を抽出
- 「量子」「バイオ・ライフ」「人社融合」の分野の第一線で活躍する「中核研究者」を対象に、「新興・融合領域」に関するインタビュー調査を実施

分野	選定理由
量子	<ul style="list-style-type: none"> ● 量子技術はここ数年で急速に進展がみられており、一部実用化まで現実味を帯びつつあるという点で、「エマージング」と呼ぶにふさわしい ● 量子コンピュータや量子センシングをはじめとした量子技術の多くは、幅広い分野に影響を与える基盤技術でもあり、学術・社会・経済のあらゆる面に大きなインパクトを与えうる ● また、基盤技術であることから、他分野との融合領域においても注目すべき研究(例えば「量子計算×人工知能」)が進められており、そうした点からも注目される
バイオ・ライフ	<ul style="list-style-type: none"> ● 近年、バイオテクノロジーの開発・高度化、利用範囲の拡大が進み、その適用可能領域も、量と質の両面で大きく拡大する方向にあり、注目すべき新興・融合領域として選定した ● バイオ市場ではかつて健康分野の比率が高かったが、近年のゲノム解析・編集技術の劇的な進歩を原動力として、今後は農業・食料、さらには工業の各分野も急激に伸びると予想されている ● COVID-19 関連研究を契機として、パーソナルデータの利活用の変化、COVID-19 治療薬やワクチンの開発における研究活動のDXが世界中で起きており、今後の動向が注目される
人社融合	<ul style="list-style-type: none"> ● 人文・社会科学と自然科学の融合が、科学技術・イノベーション政策にとって重要であるという考え方が、今年度施行される「科学技術・イノベーション基本法」に盛り込まれる ● 次期科学技術・イノベーション基本計画においても、人文・社会科学が、Society 5.0 の中心である「人間中心の社会」づくりを先導していくことが期待されている

依頼した国内外中核研究者

■ 以下の研究者計16名へ調査を依頼

分野	国内	海外	氏名	所属	役職等
量子	○		中村 泰信	東京大学 先端科学技術研究センター	教授
		○	廣畑 貴文	ヨーク大学 電子工学科	教授
	○		藤井 啓祐	大阪大学大学院 基礎工学研究科	教授
	○		松崎 雄一郎	産業技術総合研究所 ナノエレクトロニクス研究部門 エレクトロインフォマティクスグループ	主任研究員
バイオ・ ライフ		○	伊藤 嘉明	シンガポール国立大学 がん科学研究所	Senior Principal Investigator
		○	木原 大亮	パデュー大学生物科学科、計算機科学科	教授
	○		瀬藤 光利	浜松医科大学医学部 細胞分子解剖学講座	教授
	○		宮田 裕章	慶應義塾大学医学部 医療政策・管理学教室	教授
	○		山本 雅之	東北大学東北メディカル・メガバンク機構	機構長、教授
人社 融合	○		大竹 文雄	大阪大学大学院 経済学研究科	教授
	○	○	小原 一郎	カリフォルニア大学ロサンゼルス校 Department of Economics	Professor and Graduate Vice Chair
	○	(○)	小島 武仁	東京大学大学院経済学研究科	教授
	○		鳥海 不二夫	東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻	准教授
			星野 崇宏	慶應義塾大学 経済学部・大学院経済学研究科 理化学研究所AIPセンター 経済経営情報融合分析チーム	教授 チームリーダー
	○		三成 寿作	京都大学iPS細胞研究所	特定准教授
○		若林 直樹	京都大学大学院 経営管理大学院／経済学研究科	教授	

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

7

(注) (○) 直近まで海外での研究経験を有していた

II. 調査手法

分野と中核研究者の選定

学会等の中核研究者へのインタビューによる調査

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

8

インタビュー概要

インタビュー項目

1. 「エマーGINGな研究テーマ」について

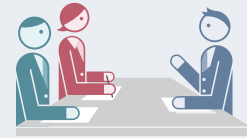
- 専門分野やその周辺での「エマーGINGな研究テーマ」
 - 研究テーマが「エマーGING」と考えられる理由
 - 注目され始めている背景
- 上記の研究テーマの動向や影響
 - 近年の国内外研究者による研究動向や学会活動等のアカデミアの動向の推移
 - 研究テーマが今後の学術研究を進展させるインパクト、社会・経済に対するインパクト
- 「エマーGINGな研究テーマ」に関する日本の動向
 - 国際的に比較した我が国の立ち位置（強み/弱み、研究水準、人材、など）
 - 日本の立ち位置を考慮しながら臨むべき具体的な戦略

2. 「エマーGINGな研究テーマ」の兆候の発見について

- 定期的に観察すべき研究動向
- 把握すべき研究コミュニティや研究者

3. その他

- 「エマーGINGな研究」の動向把握のために、国が研究コミュニティや研究者と共同で取組むべきこと



Ⅲ. 本調査のまとめ

インタビューで得られた「エマーGINGな研究テーマ」
研究者から得られた意見
課題と今後の示唆

インタビューで得られた「エマーGINGな研究テーマ」

■ インタビューで得られた結果は以下の通り(詳細は別紙参照)

分野	主な研究テーマ
量子	量子コンピュータや量子IoT(量子情報・量子センシング・量子通信の統合)に関する研究テーマ
バイオ・ライフ	<ul style="list-style-type: none"> ● 最新のAI・機械学習等を用いた応用に関するテーマ ● ヒトを生物の一種と捉えた研究テーマ ● 遺伝子発現制御、代謝などの分子レベルでの生命現象に着目した研究テーマ ● 網羅的な生体分子についての情報を統合的に分析する研究手法に関するテーマなど
人社融合	<ul style="list-style-type: none"> ● 自然科学のアプローチを取り込んだ研究テーマ ● ビッグデータを活用した社会の理解を目指す研究テーマ ● 理論や実証的な統計手法 ● ケーススタディ等を駆使して社会制度のデザインに活かす研究テーマ ● パブリックと共有するための方法・手段に関する研究テーマ

「エマーGINGな研究テーマ」一覧

分野	エマーGINGな研究テーマ
量子	「ボソニック符号化」を利用した量子コンピュータの誤り訂正機能の実現 非ノイマン型コンピュータ(ニューロモーフィックコンピュータ) 量子IoT(量子情報・量子センシング・量子通信の統合) NISQの活用を目指すアルゴリズム開発 マルチオミックス解析
バイオ・ライフ	ヒューマンバイオロジー 細胞内RNA転写 エピゲノム AIによるテラーメイド投薬 メタボローム 幹細胞研究/治療(STEM CELL) エクソソームにタンパク質をソーティングするUBL3化という分子機構 医学の哲学 COVID-19 量子生体計測 AI・機械学習による生体分子の構造予測とダイナミクスの解明
人社融合	パブリック・エンゲージメントの推進 計算社会科学 心理学、脳科学と経営学の連携による研究 社会のレジリエンスに関する研究 インテレクチャルキャピタルの研究 行動経済学 神経科学等の知見導入による行動変容の科学的解明 マーケットデザイン(に関する研究)

III. 本調査のまとめ

インタビューで得られた「エマージングな研究テーマ」
研究者から得られた意見
課題と今後の示唆

研究者から得られた意見 ～科学技術動向に関する情報収集のあり方

- 科学技術動向に関する情報収集のあり方に関しては以下の意見があった。

把握方法	具体的な意見の内容
インタビューによる 継続的な動向把握	<ul style="list-style-type: none"> ● 政策担当者は、国内外の第一線の研究者に対して定期的なインタビューを行い、最新動向を把握することが重要 ● 経済学の例では、分野の偏りがないう考慮すれば、5～10名へのインタビューを行うことで、経済学の全体像を把握することができる。また、定期的にインタビューを行うことによって、現在研究されているテーマの輪郭が見える
IT企業、ベンチャー 企業等も含めた企業に おける研究動向の把握	<ul style="list-style-type: none"> ● 企業(IT企業、ベンチャー企業含む)の研究動向を把握しておくことも、エマージングな研究テーマの兆候の把握に役立つ ● 機械学習、マーケットデザインなど一部の領域において、企業における研究が進展 ● 機械学習における翻訳、生体分子の構造予測、画像認識など、解くべき問題や問題設定が明確な場合は、大学よりも人的リソースや資金、設備が潤沢なベンチャー企業で研究が進展
基礎科学分野における 主要な学会動向の把握	<p>米国の物理学や化学における主要学会の最新動向、例えば、今後5～10年で進歩すると考えられる量子コンピュータや量子通信技術は、バイオ・ライフ分野や医学領域でのトレンドには少し遅れて影響</p>

研究者から得られた意見 ～「新興・融合領域」の推進方策

- 「新興・融合領域」の推進方策に関しては以下の意見があった。

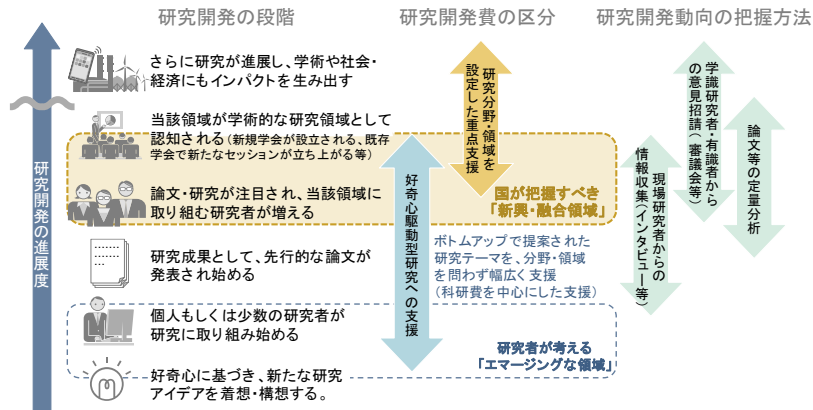
推進方策	具体的な意見の内容
基礎研究から技術のベンチャー企業への橋渡しのためのプログラムの創設	<ul style="list-style-type: none"> ● 基礎研究振興によるボトムアップアプローチだけでなく、製品やサービスとしての実用化など、最終的な出口までを見据えた場合、大学だけでなく、ベンチャー企業や民間企業の役割がより重要 ● ベンチャー企業等への技術の橋渡しまでを考慮した研究開発プログラムの設計や、技術を活用するベンチャー企業への投資がよりなされる必要がある
新興・融合領域で生まれた技術の社会実装に向けた環境整備	<p>ベンチャー企業等の参画や、研究成果の普及や利用までを視野に入れるのであれば、技術そのものへの投資に加えて、以下の技術が効果的に活用されるための環境整備が重要</p> <ul style="list-style-type: none"> ● サービスや製品を選ぶ当事者でもある市民の社会受容性の向上 ● 技術が効果的に活用されるための新たなビジネスモデルのデザイン ● 法的・倫理的側面も含めた環境整備を促すための支援
データサイエンスと既存の学問領域との学際的な学部の創設	<p>米国では、イェール大やマサチューセッツ工科大学など、複数の大学において、経済学と計算機科学の融合分野として、Computer Science and Economics 学部が近年創設され、その分野に特化した教員を配置</p>

III. 本調査のまとめ

インタビューで得られた「エマージングな研究テーマ」
 研究者から得られた意見
 課題と今後の示唆

国が把握すべき「新興・融合領域」

- 国が把握すべき「新興・融合領域」とは、国が重点支援等の資源配分を検討可能な程度まで段階が進んだ研究開発領域
- そうした「新興・融合領域」よりも進んだ段階の研究開発に対しては、ある程度トップダウンでの研究開発支援が可能
- 一方、そうした「新興・融合領域」よりも初期・萌芽的な段階の研究開発は、本質的に重点的な支援は困難であり、ピア・レビューによるボトムアップ型の研究開発支援が必要



Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

17

新興・融合領域の把握方法

- 定量的・客観的な情報分析による方法、専門家(研究者)の洞察を集め定性的に把握する方法があり、それぞれメリット・デメリットがある

	客観的、定量的な情報分析を行う方法	専門家(研究者)による洞察を集め、定性的に把握する方法
方法	刊行された論文の分野やキーワード、被引用の傾向分析	当該分野の専門家(研究者)のインタビュー、研究者ネットワークとの意見交換等
メリット	客観的、定量的に、多くの分野である程度比較可能な情報を得ることが可能であり、一定の傾向を把握できる	専門家(研究者)の見立てにより情報鮮度の高い形で、新興・融合領域の動向を把握することができる
デメリット	論文が刊行されるのは通常1年以上、被引用分析で傾向が表れるのは数年以上が経過しており、情報の鮮度という意味では劣る。キーワード等に基づく分析は、分析者の洞察力に左右される	専門家(研究者)インタビューの件数には限界があり、専門家(研究者)の選定方法により、結果が左右される面がある

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

18

専門家(研究者)の洞察を集め定性的に把握する方法

- 専門家(研究者)の洞察を集め定性的に把握する方法は主に以下の2つ

把握方法	詳細
定期的な研究者インタビューによる動向把握	<ul style="list-style-type: none"> ● 政策担当者は、国内外の第一線の研究者に対して定期的なインタビューを継続的に行うことにより、最新動向を把握することが重要。インタビューは、速報性に優れる ● 人文・社会科学分野では、研究成果の種類が多様で「新興・融合領域」の把握はより困難であり、インタビューはより有効な手段
科学技術行政における研究人材とのネットワーク構築	<ul style="list-style-type: none"> ● 行政機関における「新興・融合領域」の把握・評価のための研究人材の確保 ● 既存の研究者ネットワークを活用した情報収集・意見交換

新興・融合領域における研究開発の推進方策

- 従来方策

新興・融合領域における研究開発の推進方策	研究者 コミュニティ	大学等	国
当該新興・融合領域のための新たな研究プログラムの創設、運営			○
当該新興・融合領域のための新たな研究拠点の創設、運営		○	○
当該新興・融合領域のための学会、研究者ネットワークの創設、活動	○		
当該新興・融合領域の発展を基盤的に支援する取組(人材育成、産学官連携促進、規制改革等)			○

新興・融合領域における研究開発の推進方策

■ 今後必要と考えられる取組は以下4点

- a. 未来予測、社会課題の視点からのバックキャスト型による研究領域の検討と推進
- b. 官民が保有するビッグデータの利用、データ分析にかかる産学官連携の推進
- c. データの蓄積・管理や社会実装等の活動を可能とする制度運用
- d. 研究テーマの 이슈ーイングの体制強化(特に人文社会融合分野)

新興・融合領域における研究開発の推進方策

推進方策	詳細
<p>バックキャスト型アプローチによる研究テーマ群の整理、発見</p> <p>a.</p> <p>未来予測、社会課題視点での研究領域の俯瞰図式の作成と共有によるアイデア創発</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 研究開発の実績や現状課題からのフォアキャスト型と併せて、バックキャスト型のアプローチが従来以上に必要 ● 社会課題解決を最上位の目標として、各種の下位目標、それに関連する研究開発テーマ群の整理も可能になる ● 本作業を通じ、新たな新興・融合領域を発見し、国として振興の対象とするかの検討の俎上に載せていく ● 今後、未来予測、社会課題視点での研究領域の俯瞰図式を作成することが有効。 ● 俯瞰図式を作成、活用するメリットは以下2点 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 社会課題解決志向の研究開発プログラムにおける研究提案の審査、進捗状況把握等のプロセスにおいてこの図式を活用できる可能性 ✓ 研究者においては、この図式を認識・共有することで、個々の研究者が社会課題解決を志向した研究テーマを構想する際のヒントになる可能性

新興・融合領域における研究開発の推進方策

推進方策	詳細
b. 官民が保有するビッグデータの利用、データ分析にかかる産学官連携の推進	<ul style="list-style-type: none"> ● 民間企業に蓄積されるデータは保有企業の内部にとどまる傾向にあり、アカデミアが広く活用できる状況にはなっていない ● 今後、官民が保有するビッグデータの利用、データ分析にかかる産学官連携の推進に向けて、関係者間の連携・交流の促進、データ利用に関する仕組の構築等の検討を進めることが重要
c. データの蓄積・管理や社会実装等の活動を可能とする制度運用	<ul style="list-style-type: none"> ● データの蓄積・管理、社会との対話や社会実装に取り組む中でのテーマ構想が重要に ● 今後、国は、単に研究開発プログラムを創設するだけでなく、その分野でどのような活動が必要になっているのかを把握し、幅広い活動が可能となるような措置を講じることが必要 ● アカデミアにおいても、この種の活動を研究開発の中で必要なものとして積極的に評価し、各種の審査や予算配分の際にも考慮することが期待される
d. 研究テーマの 이슈ーイングの体制強化 (特に人文社会融合分野)	<ul style="list-style-type: none"> ● 人文学・社会科学においては、従来、欧米に比べても 이슈ーイングの体制が弱かったとの見方がある ● 国が人文学・社会科学における新興・融合領域の振興をも視野に入れるなら、研究者コミュニティを中心とした 이슈ーイングの体制強化が望ましい