

研究開発の俯瞰報告書 概要

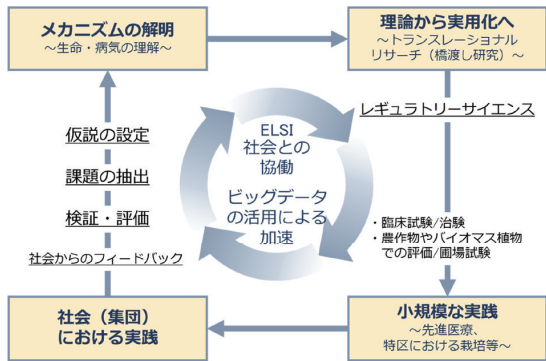
社会・経済動向（期待・要請）

世界的に「より多くの人に、より質の高い医療サービスを、より安価に提供する」ことが求められている。また世界の人口は増加の一途をたどっており、「より多くの人が、より質の高い食料を安定して入手できる」ための、食の安全、食料確保の問題は喫緊の課題となっている。

日本の課題

- 少子高齢社会（労働人口減）
- 医療費の高騰（国の財政問題）
- 人口増加や気候変動による食料問題
- 産業構造の変化
- 情報技術・社会の加速度的進展

ICT 技術の進展等によって、社会の中に存在する多種多様なデータの活用が現実的になりつつある。社会からのフィードバックを研究のきっかけとして活用することが技術的にも可能となり、改めて研究開発の循環構造（下図）の重要性が認識されている。社会・国民を巻き込んだ研究開発が大きな潮流となってきた。昨今世界的な大きなトレンドとなっている個別化医療やバイオエコノミーはその最たる例である。



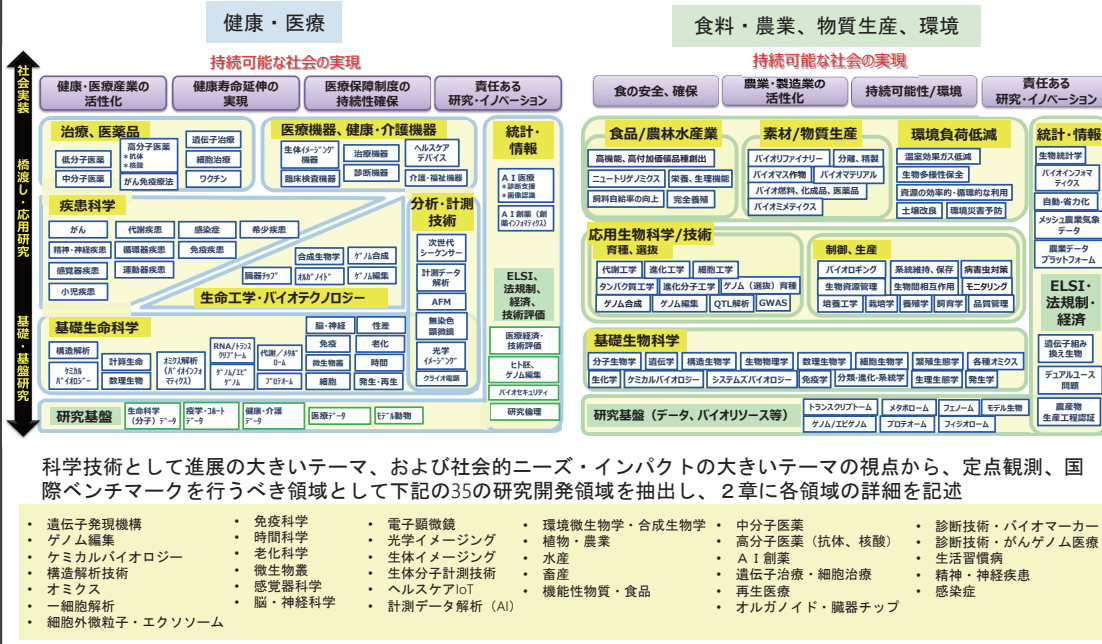
ライフサイエンス・臨床医学分野（2019年）

JST研究開発戦略センター
ライフサイエンス・臨床医学ユニット



ライフサイエンス、健康・医療、食料・農業、物質生産等の研究開発の俯瞰図

研究開発動向の概観を把握するため、健康・医療分野と食料・農業、物質生産、環境（グリーンバイオ、ホワイトバイオ）分野の各々について基礎から出口までを軸とした俯瞰図（研究構造のスナップショット）を設定



ライフサイエンスの研究スタイルの変化

- 「データ駆動型」の新しいアプローチによる生命現象の理解が進展し、今後「精緻な理解」と「予測」が大きな方向性となる
- 研究者あるいは研究コミュニティが、研究対象として、研究開発の循環構造を意識し、生命の時空間階層を広く見ることができるようになった（見ていかなければならなかった）
- 技術進展サイクルの短縮化の結果、研究単位当たりのハイスループット化、高コスト化、つまり「ビッグサイエンス化」が急速に進展
- 今後ますます実験デザイン（データの取り方と解析）が重要に
- ブロード研究所（米国）、フランスクリック研究所（英国）など各ラボと技術コアによる協働を前提としたオープンなアンダーワンループ型の大規模研究所が誕生

日本の研究開発推進体制の課題と方策

下記を実現する研究プラットフォーム（拠点化とネットワーク化）の構築と研究者のマインド、科学研究文化の変革

- 研究者が研究に専念できる環境構築
- 機器共用による全体コスト効率化
- 若手研究人材のスタートアップ環境整備
- 異分野融合による新しいサイエンスの創出
- Wet/Dry統合と人材育成
- データマネジメントと計測技術等の標準化
- マウスからヒトへ、ラボからフィールドへ（人材育成と研究）
- 異分野（生命科学・工学・情報学・医学）の統合や産学連携による基礎研究からイノベーションまでのコスト・時間短縮
- イノベーションのCo-driverという認識の下、ELSI/IRI

世界の研究開発政策の潮流

- 健康・医療分野
 - ・ ゲノム医療、個別化・層別化医療（がんを中心に）ヘルス・メディカルインフォマティクス、AI医療、AI創薬
 - ・ 創薬：がん免疫、中枢神経系、感染症大規模な官民パートナーシップによる産学協働型研究
 - ・ 細胞治療・遺伝子治療
 - ・ 脳神経研究（長期的研究）
- 食料・農業分野
 - ・ 持続可能、気候変動、循環型、スマート
- 物質生産分野
 - ・ 合成生物学の取組（米英中を中心に）

国・地域	概要・特徴
米国	テーマ 脳、プレジジョンメディシン、がん、再生医療、薬物治療の5つのイニシアチブ、官民創薬ファンド、NIHの基礎研究では、クライオ電顕、ゲノム編集、分子・細胞アトラス、4D スケルモームなど、DARPA、DOEによる微生物など物質生産プログラム、NSF未来に向けて投資すべき10のビッグアイデア「生命法則の理解：表現型予測」、NIHが莫大な投資（約3兆円）で全分野基礎から応用まで全方位、研究は私立大学、ブロード研究所、ジャネリア研究所など複合研究所、ベンチャーの存在盛大、寄付・チャリティー（財団）の存在盛大。
EU	テーマ 社会課題型研究として個別化医療、産業技術としてバイオテクノロジーの創薬、農業、物質生産など。未来研究としてヒト脳プロジェクト、官民パートナーシップの医薬品イニシアチブ。
	システム 人材育成、個別先端研究、インフラ整備も重視。政府、産業界、アカデミアが一体。
英国	テーマ 100,000 Genomes Project (NIHR)、ヘルス・インフォマティクス・リサーチ（医療バイオインフォマティクスイニシアチブ、MRC）。トップダウン型は創薬研究に重点化。
	システム 生物学、医学、工学分野ごとのマルチファンディング、基礎研究のプレーヤーは大学（国立）が中心、ウェルカムトラストなどチャリティーの存在盛大、製薬産業の存在盛大、カバリティや産業戦略チャレンジャー基金で橋渡し研究・拠点を強化。MRC主導で大規模融合拠点Francis Crick Instituteを設立。
ドイツ	テーマ 個別化医療として、メディカルインフォマティクス・イニシアチブ、がん、成人病などの主要な疾病研究（67健康研究センターによる強化）。
	システム 地域クラスター化や国研（研究協会）の役割・機能分担によるエコシステムの構築。基礎研究のプレーヤーはマックスプランクとヘルムホルツが中心。ヘルムホルツと大学病院によるTR、フレイゼンやシーメンス等医療機器も強い。
中国	テーマ 脳科学と応用研究、育種技術、精密医療、生殖医療。研究は全包围網。
	システム 科学技術部はトップダウンの競争的資金「国家重点研究開発計画（プログラム）」に加え「国家自然科学基金委員会（NSFC）」も管理することになり、テーマの運動を意識。中国科学院は以前独立組織として存在。104の研究所と年間1兆円弱の予算。ウミガメ戦略による人材育成、研究力強化。近年、独自研究も増加。NGSやクライオ電顕などインフラ豊富。

技術トレンド 直近2~3年の大きな技術・研究の変化、進展

- 一細胞オミクス技術の隆盛と細胞社会・不均一性の理解や疾患の理解
 - クライオ電顕、超解像顕微鏡・光シート顕微鏡等イメージング技術の発展による各生体スケールの解像度の向上
 - ゲノム編集技術の精度の向上による医療、食料応用への展開
 - AI・機械学習の生命科学、臨床への着実な浸透
 - 新しい創薬等アプローチの出現
 - 個別化・層別化医療、精密医療、ゲノム医療・創薬およびバイオエコノミー等社会・国民の理解が必要な研究開発の大きな潮流の継続
- 計測技術やAI・機械学習等をはじめとしたICT技術の急速な進展は、分野の研究のあり方や手法のパラダイムを変えつつある。自動化、大規模化という流れは今後も続いていく。

第三・四世代DNAシーケンサ 2014	ゲノム編集技術 2013	クライオ電子顕微鏡（単粒子解析法） 2012
✓1000万ゲノム達成後もより短い時間で連続的に数千塩基の読み取りができる様々な技術が進展 ✓生命科学から臨床や民生利用へ展開 ✓これまで機器は単光を読み取る方式であったが、英Oxford Nanopore Technologies社が製品化した電気信号を検出する方式の「MinION」は外付けHD程度の大きさを実現 ✓生命科学・創薬・医療のあり方を大きく変える技術として国内外の産・学で注目	✓[CRISPR/Cas9]システムが登場、圧倒的な簡便さ、自由度の高さから、幅広い研究者層へ普及 ✓生命科学、医療、食料 ✓生命科学・医療技術開発を大きく変える技術として国内外の産・学で注目 ✓2016年中国でヒト胚への臨床応用開始 ✓食料に向けて、ゲノム編集活用新品種（作物・動物）の開発が盛ん ✓ELSIの観点からの検討も必須（デザイナーベビー等）	✓X線構造解析では結晶化が必要だが、本技術では結晶化が不要 ✓2017年ノーベル化学賞 ✓計測装置（CMOSセンサ）と画像処理技術の高度化で、近年顕著な成果 ✓生命科学・創薬のあり方を大きく変える技術として国内外の産・学で注目
一細胞オミクス解析技術 2010	人工知能技術 2012	超解像顕微鏡技術 2010
✓DNAおよびRNAなど核酸ベースの一細胞レベルでの網羅的解析化が急速に進展 ✓細胞～個体のマルチスケールでの生命現象の理解を可能にする革新的な実験技術 ✓一度に解析できる細胞の個数も当初の数十から数万人 ✓RNAとエピゲノムなど複数のオミクスを解析する技術や空間情報を保持した単万単位の細胞を一度に解析する技術など新しい技術が急速に進展。 Human Cell Atlasにつながる。	ディープラーニングなどの第三世代人工知能技術 ✓医療と疾患の相関、医療画像解析、創薬など医療への応用に加え、計測データの解析など広く活用されている。特に、レンズによる結像を行わず、非結像イメージング・コンピュータビジョンイメージング等がエマージング技術として注目 ✓生命科学・創薬・医療のあり方を大きく変える技術として国内外の産・学で注目 ✓データを蓄積・共有する仕組みの検討が必要	光学顕微鏡の回折限界を越えた分解能での観察可能な技術（200nm⇒20nm） ✓2014年ノーベル化学賞 ✓生命をライブ（生きたまま）で可視化可能であるが、「形態を見る」技術だけでなく、今後は更に「動態も見る」ことが期待 ✓日本をはじめ、技術開発が急速に進展、格子光シート顕微鏡は高精度な三次元画像を実現
オルガノイド技術 2010	遺伝子改変免疫細胞治療技術 2011	光分子操作・制御技術 2011
Body on a Chip バイオプリンティング技術 人工的にin vitroで二臓器を作出する技術。「ヒトに近い実験系」として、生命現象の解明ツールや、創薬のモデル系として期待 ✓2008年笹井芳樹（理研）が大脳皮質オルガノイドを報告 ✓2013年、2015年に脳オルガノイド構築に成功 ✓わが国が強みを有するIPS技術を展開可能	腫瘍免疫回避機構に打ち勝つための遺伝子操作が加えられた免疫細胞を用いた治療法 ✓2011年慢性リンパ球白血病を対象として第2世代の抗CD19CAR-T療法との臨床試験で有効性を示すデータ発表 ✓2017年米国FDAは、CD19標的CAR-T療法である「キムリア」を、続いて「Yescarta」を承認 ✓次世代がん医療を担う技術として国内外の産・学で注目	特殊な薬品（抗体）と外部からの近赤外線を用い局所的にがん細胞を破壊する光免疫技術 ✓2011年米国国立がん研究所（NCI）の小林久隆らの研究グループが発表（医療） ✓2015年米国でヒト臨床応用開始、2018年日本でも国立がん研究センターで治療を開始 ✓次世代がん医療技術として国内外の産学で注目 ✓マイクログラフや中性子でも研究が進み、光遺伝学（オプトジェネティクス）も含め外部からの刺激による生体内分子制御技術、及びその応用研究

国際ベンチマーク（技術）から見た日本の位置づけ

日本が強みを有する領域（基礎研究）
構造解析、細胞外微粒子、光学イメージング、核磁気イメージング、免疫科学、時間科学、脳神経科学、植物科学、畜産科学、高分子医療、幹細胞・再生医療、オルガノイド、生活習慣病、精神・神経疾患
日本が強みを有する領域（応用研究）
細胞外微粒子、水産、機能性食品、高分子医療、幹細胞・再生医療、精神・神経疾患
世界の潮流だが日本が後塵を拝する領域
遺伝子・細胞治療、がんゲノム医療

今後の方向性

社会課題解決型、産業競争力強化型

健康医療分野	食料・農業、物質生産分野
世界の展望：個別化・層別化医療 ■ [Integration of Bio-Medical Things]“ヒト研究”および“データ研究”の戦略的な加速 ✓ 健康・医療データ収集・構造化・利活用基盤の整備 ✓ non-MD研究者における“ヒト研究”推進支援（学部・大学院時代からの医学教育の実施など） ■ 治療用デザイナー細胞（微生物）創出に向けた基礎技術開発と医療応用	世界の展望：バイオエコノミー ■ 圏場の微生物・作物・環境をつなぐ物質循環の解明 ～真に地球環境にやさしい農業～ ■ 高品質水畜産物の高速・持続可能な生産に向けた品種改良、飼育養殖手法開発 ■ 機能性農産物の創出と植物による高付加価値物質生産 ■ 医薬・化成品など有用物質の持続可能な生産に向けた生体分子、生命システム設計ルール解明 ～核酸、タンパク質、細胞を結び、多層階層的サイエンス推進～

サイエンスフロンティア型

世界の展望：多次元生命システムにおける時空間階層のブリッジング

- アトミックセルゲイナミクス ～構造・機能予測のための細胞知の統合～
- ライセルアトラス ～多様・複雑な細胞社会の動的ネットワーク構造を多次元解析により理解～
- 理論的・実験的（生物学的）アプローチの融合による脳の動作原理の理解
 - ✓ 階層性（脳全体・個別領域・カラム・細胞・シナプス・分子）と時空間的な同期性のスケール

共通して、データ・情報統合型の研究が必要になってきている。そのため、数理・情報の研究者を巻き込み、各研究者からのデータ・情報を集約・統合するプラットフォームを作り、モデリングをしていくことが必要となる。

2.6 ライフサイエンス・臨床医学分野

ライフサイエンス・臨床医学分野における研究対象はミクロなスケール（原子、生体分子）からマクロなスケール（集団、社会）まで多岐にわたり、医学、生物学、自然科学のみならず工学や人文社会系科学の諸領域をも包含する極めて広範な分野である。基礎研究の成果は健康・医療、食料、環境等の社会基盤の形成に広く役立てられる。従って、当該分野の研究開発は、本来、基礎研究から見出された知見や技術シーズが実用化と小規模な実践を経て社会へ実装されたのち、改めて社会の中でその意義や効果が評価・検証され、新たな課題の抽出、仮説の設定へとつながり、それらが再び基礎研究へと還元されるような循環構造を持っている（図 1）。

ICT 技術の進展等によって、社会の中に存在する多種多様なデータの活用が現実的になりつつある昨今は、社会からのフィードバックを将来の研究のきっかけとして活用することが技術的にも可能となり、改めて研究開発の循環を回す重要性が認識されつつある。昨今世界の大きな潮流となっている個別化医療やバイオエコノミーはその最たる例である。

このような時代には、科学技術それ自体を社会・国民の文化として涵養していくことが求められる。多様で独創的な最先端の「知」の資産を創出し続けるとともに、社会・国民との対話により相互にフィードバックしながら、社会として科学を発展させていく文化の形成である。当然これは大学等だけで解決する問題ではなく、循環型のエコシステムを構築すべく政策立案者、産業界、科学界で連携・分担して当たらなければならない。

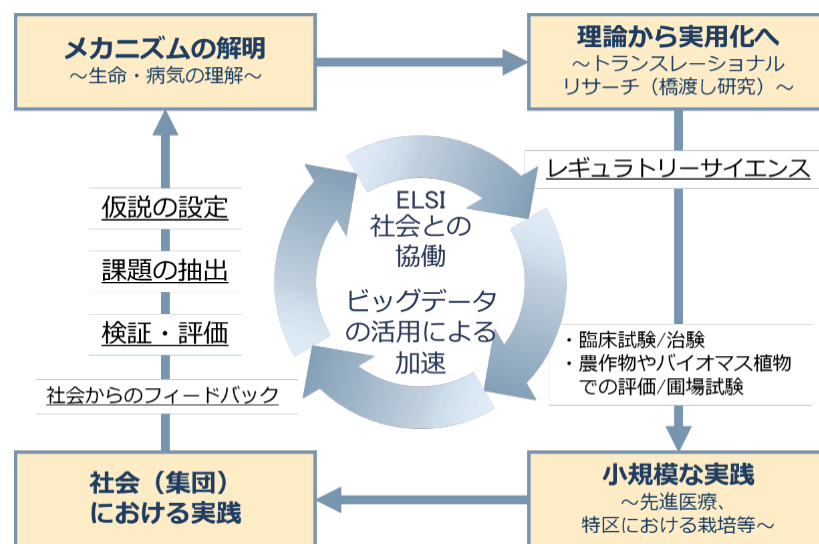


図 1 俯瞰図（研究循環エコシステム）

計測技術や AI・機械学習等をはじめとした ICT 技術の急速な進展は、分野の研究のあり方や手法のパラダイムを変えつつある。自動化、大規模化という流れは今後も続いていくと思われる。

前回 2017 版では、「仮説検証型」のアプローチに加え、大量の生命情報から法則を発見するという「データ駆動型」の新しいアプローチによる生命現象の理解が進展、これからは「精緻な理解」と「予測」が大きな方向性になる、とまとめた。

今回 2019 版では、その発展系として、研究者あるいは研究コミュニティが、研究対象として、研究開発の循環構造、生命の時空間階層を広く見るできるようになった（見ていかなければならなくなった）こと、および技術進展サイクルの短縮化の結果、研究単位当たりのハイスループット化、高コスト化、つまり「ビッグサイエンス化」が急速に進展していることを挙げたい。

サイエンスの流れとしても、これまで生体の多くの個別の遺伝子やタンパク質が同定されてきたが、その生体内での相関や時空間的挙動（ダイナミクス）はほとんど記述できていない。今後も特定因子の発見よりも相関、ダイナミクス、予測に研究が進むのは自然の流れである。もう一つは、ゲノム医療に代表されるように、従来の物理化学的な計測に加え、社会の様々な状況や変動を大量のデータから観察・解析する「社会計測」という概念も必要になっている。

世界の先端の研究所を見ると、ある意味二極化している。米国ジャネリア研究キャンパス、英国 MRC 分子生物学研究所やドイツのマックス・プランク研究所のように手厚い公的な基盤的経費でサイエンスを深く掘り下げていく方向と、米国ブロード研究所、英国フランシス・クリック研究所、ドイツがん研究センター（DKFZ）のように大規模な「オープンサイエンス、コラボレーション（生物学・医学＋工学＋情報学、生命科学＋医科学＋病院、産＋学、国際）」体制によって基礎からトランスレーションまでワンストップで研究を進めて行く方向である。

これらに共通して、欧米では、先端的な新興融合研究、オープンサイエンス、コラボレーション型の研究を進める土壌として、コアファシリティとファシリティストッフ（テクニシャン）がまさに核となっている。欧州では、研究所レベル、国レベル、欧州レベルにわたって、大規模のみならず中小規模機器までを対象にした多階層のインフラ・プラットフォーム戦略が構築されている。そのため研究環境に研究支援体制（アドミニ、橋渡し、機器管理・開発等の人材）文化が根付いている。

日本のアカデミアは分散化・たこつぼ化が進み、こうした研究開発の循環構造を回す、生命の時空間階層をつないでいく、といった研究が進めにくい環境・構造になっている。また誰が深い基礎研究を担い、誰が大規模な基礎から応用までの研究を担うのか、エコシステムがうまく構築できていない。次世代シーケンサやクライオ電顕の導入が世界から後れを取っていることもシステムの不備である。

ライフサイエンス・臨床医学分野の論文動向を見ると、生命科学や臨床医学においても日本はこの 10 年で他の国に比べ増加率が低く、ドイツ、英国に抜かれる等相対的に順位を下げている。特に、新興融合分野である X オーム・オミックス分野・インフォマティクス分野の論文を見ると世界についていけないことが明確となっている。

日本でもデータ・情報統合的な研究の推進が可能な研究体制の拠点化とそのネットワーク化による研究エコシステム・プラットフォームの構築が必要であり、政策立案者や研究コミ

ユニティは以下を意識したプログラム・プロジェクトの立案を検討すべきである。

- 研究者が研究に専念できる環境構築
- 機器共用による全体コスト効率化
- 若手研究人材のスタートアップ環境整備
- 異分野融合による新しいサイエンスの創出
- Wet/Dry 統合と人材育成
- データマネジメントと計測技術等の標準化
- マウスからヒトへ、ラボからフィールドへ（人材育成と研究）
- 異分野（生命科学・工学・情報学・医学）の統合や産学連携による基礎研究からイノベーションまでのコスト・時間短縮

以下において、世界と日本の動向（現状と課題）を踏まえ、日本が取り組むべき研究の方向性についても検討する。

この 5 年の世界の政策の大きな潮流を以下のとおりまとめた。

健康・医療分野では、下記が多くの人に共通の優先項目となっている。

- ゲノム医療、個別化・層別化医療（がんを中心に）
 - ヘルス・メディカルインフォマティクス、AI 医療、AI 創薬
- 創薬：がん免疫、中枢神経系、感染症
 - 大規模な官民パートナーシップによる産学協働型研究（特に感染症や精神神経疾患等）。
- 細胞治療・遺伝子治療、再生医療
- 脳神経研究（長期的研究）

グリーン・ホワイトバイオ分野では、気候変動やバイオエコノミーといった国際課題に加え、技術的にはゲノム編集と AI・機械学習の進展を受けて、食料・農業分野は持続可能、気候変動、循環型、スマートといったキーワードで研究が実施されていることが見て取れる。物質生産分野は合成生物学の取組が米英中を中心に推進されている。

以上のように、研究投資対象となっている研究テーマは世界的に共通するところが多い。個別化・層別化医療やバイオエコノミーに代表されるように社会・国民を巻き込んだ研究開発が大きな潮流となってきた。

2 章に掲載した 35 の研究開発領域の全体を見て、この 2～3 年の大きな技術・研究の変化、進展を以下のとおり分析した。

1. 一細胞オミックス技術の隆盛と細胞社会・不均一性の理解や疾患の理解
2. クライオ電顕、超解像顕微鏡・光シート顕微鏡等イメージング技術の発展による各生体スケールの解像度の向上
3. ゲノム編集技術の精度の向上による医療、食料応用への展開
4. AI・機械学習の生命科学、臨床への着実な浸透

5. 新しい創薬等アプローチの出現
6. 個別化・層別化医療、精密医療、ゲノム医療・創薬およびバイオエコノミー等社会・国民の理解が必要な研究開発の大きな潮流の継続

また、同じく 2 章の国際ベンチマークからは、日本は「構造解析」、「細胞外微粒子」、「免疫科学」、「時間科学」、「脳神経科学」、「光学イメージング」、「核磁気イメージング」、「植物科学」、「畜産科学」、「高分子医薬」、「幹細胞・再生医療」、「オルガノイド」、「生活習慣病」、「精神・神経疾患」等において基礎研究に強みを有する。また、「細胞外微粒子」、「水産、機能性食品」、「高分子医薬」、「幹細胞・再生医療」、「精神神経疾患」等において応用に強みを有する。

一方で、「遺伝子・細胞治療」や「がんゲノム医療」等世界の大きな潮流となっている領域で後塵を拝する。

以上の通り、世界の研究開発の動向、世界の政策、日本のこれまでの政策、日本の強み・弱みを俯瞰した上で、今後国として手を打つべきテーマについて、9 つを抽出した。

社会課題解決型、産業競争力強化型

健康医療分野 世界の展望：個別化・層別化医療 ■ 【Integration of Bio-Medical Things】“ヒト研究”および“データ研究”の戦略的な加速 ✓ 健康・医療データ収集・構造化・利活用基盤の整備 ✓ non-MD 研究者における“ヒト研究”推進支援（学部・大学院時代からの医学教育の実施など） ■ 治療用人工細胞創出に向けた基盤技術開発と医療応用	食料・農業、物質生産分野 世界の展望：バイオエコノミー ■ 圃場の微生物・作物・環境をつなぐ物質循環の解明～真に地球環境にやさしい農業～ ■ 高品質水畜産物の高速・持続可能な生産に向けた品種改良、飼育養殖手法開発 ■ 機能性農産物の創出と植物による高付加価値物質生産 ■ 医薬・化成品など有用物質の持続可能な生産に向けた生体分子、生命システム設計ルール解明 ～核酸、タンパク質、細胞を結ぶ、多階層横断的サイエンス推進～
--	--

サイエンスフロンティア型

世界の展望：多次元生命システムにおける時空間階層のブリッジング ■ アトミックセルダイナミクス～予測のための細胞知の統合～ ■ ライブセルアトラス～多様・複雑な細胞社会の動的ネットワーク構造を多次元解析により理解～ ■ 理論的・実験的（生物学的）アプローチの融合による脳の動作原理の理解 ✓ 階層性（脳全体・個別領域・カラム・細胞・シナプス・分子）と時空間的な同期性のスケール

図 2 今後の研究の展望・方向性（日本）

これらに共通して、データ・情報統合型の研究が必要になってきていることがいえる。そのためには、数理・情報の研究者が先導して、各研究者からのデータ・情報を集約・統合するプラットフォームを作り、モデリングをしていく体制を構築していくことが必要となる。

また、ELSI がイノベーションの Co-driver という認識の下、社会・国民とのコミュニケーションが求められるプログラム・プロジェクトには、社会科学者や法学者等の参画を必須とし、Responsible Research and Innovation を研究文化として、ひいては科学を国の文化として根付かせることが求められる。

国際比較表

< 基礎基盤科学技術（分子・細胞、組織） >

		遺伝子発現機構		ゲノム編集		ケミカルバイオロジー		構造解析技術		オミクス （プロテオミクス、 メタボロミクス、 多層オミクス）		細胞オミクス、 細胞系譜・地 図技術		細胞外微粒子・ エクソソーム		免疫科学		時間科学 （体内時計）		老化科学		微生物叢 （マイクロバイ オーム）		感覚器科学		脳・神経科学	
		現状	動向	現状	動向	現状	動向	現状	動向	現状	動向	現状	動向	現状	動向	現状	動向	現状	動向	現状	動向	現状	動向	現状	動向	現状	動向
日本	基礎	◎	↗	○	↗	○	→	◎	→	○	→	○	→	◎	↗	◎	↘	◎	↗	○	→	○	↗	○	→	◎	→
	応用	○	→	△	→	○	→	△	↘	○	→	△	→	◎	↗	○	→	○	→	○	→	△	→	○	↗	○	→
米国	基礎	◎	→	◎	↗	◎	→	◎	→	◎	→	◎	↗	◎	↗	◎	↗	◎	↗	◎	↗	◎	↗	◎	↗	◎	→
	応用	◎	→	◎	↗	◎	→	◎	→	◎	↗	◎	↗	◎	↗	◎	↗	◎	↗	◎	↗	◎	↗	◎	↗	◎	→
欧州	基礎	◎	→	○	↘	○	→	◎	↗	◎	↗	◎	↗	◎	→	◎	→	◎	↗	◎	→	◎	↗	◎	↗	○	→
	応用	○	→	○	→	○	→	◎	↗	◎	↗	◎	↗	◎	→	◎	↗	○	↗	◎	→	◎	↗	◎	↗	○	→
中国	基礎	○	↗	○	→	○	↗	◎	↗	△	↗	○	↗	○	↗	◎	↗	○	↗	△	↗	◎	↗	○	↗	△	↗
	応用	○	↗	◎	↗	○	→	△	→	△	↗	○	↗	○	↗	○	↗	×	↗	△	↗	-	-	△	↗	△	↗
韓国	基礎	○	→	○	↗	○	→	△	→	△	→	△	→	○	↗	○	↗	△	→	△	↗	○	↗	○	→	△	↗
	応用	○	→	△	→	△	→	△	→	△	→	△	→	○	↗	△	→	△	↗	○	→	-	-	△	→	△	↗

< 基礎基盤科学技術（分析・計測技術） >

		電子顕微鏡		イメージング 光学		イメージング 生体		生体分子計測		ヘルスケアIoT		計測データ解析 (AI)	
		現状	動向	現状	動向	現状	動向	現状	動向	現状	動向	現状	動向
日本	基礎	○	→	◎	→	◎	↘	△	→	○	→	○	↗
	応用	○	→	○	→	○	→	○	→	○	↗	△	→
米国	基礎	◎	↗	◎	↗	◎	→	◎	↗	◎	↗	◎	↗
	応用	○	↗	○	↗	◎	→	◎	↗	◎	↗	◎	↗
欧州	基礎	◎	↗	◎	→	◎	→	◎	↗	◎	→	○	↗
	応用	○	↗	◎	→	◎	→	◎	↗	◎	→	○	↗
中国	基礎	◎	→	○	↗	○	↗	○	↗	○	↗	◎	↗
	応用	△	→	△	↗	○	↗	○	↗	○	↗	◎	↗
韓国	基礎	△	→	△	↗	○	→	○	→	◎	↗	△	→
	応用	×	→	△	→	△	→	○	→	△	→	△	→

<食料・農水産業、生物生産>

		環境微生物・合成生物学		植物・農業		水産		畜産		機能性物質・食品	
		現状	動向	現状	動向	現状	動向	現状	動向	現状	動向
日本	基礎	○	↗	◎	↗	○	↗	◎	↗	○	→
	応用	○	↗	○	→	◎	↗	○	↗	◎	↗
米国	基礎	◎	↗	◎	→	○	→	◎	→	○	→
	応用	◎	↗	◎	↗	○	→	◎	↗	◎	→
欧州	基礎	○	↗	◎	→	◎	↗	◎	→	○	→
	応用	◎	→	○	→	◎	↗	○	→	○	↗
中国	基礎	○	↗	○	↗	○	→	◎	↗	○	→
	応用	○	↗	○	↗	○	→	◎	↗	○	→
韓国	基礎	○	→	△	→	○	→	○	→	○	→
	応用	○	→	△	→	○	→	○	→	○	↗

<健康・医療>

		中分子医薬		高分子医薬 (抗体、核酸)		創薬・インフォマティクス・インシリコ創薬		AI創薬・細胞治療・遺伝子治療		再生医療		オルガノイド・臓器チップ		診断技術・バイオマーカー		診断技術・がんゲノム医療		生活習慣病 (CKD, COPD, NASH)		神経疾患・精神・		感染症 (ワクチン・アジユバント・抗ウイルス薬)	
		現状	動向	現状	動向	現状	動向	現状	動向	現状	動向	現状	動向	現状	動向	現状	動向	現状	動向	現状	動向	現状	動向
日本	基礎	○	↗	◎	→	○	↗	△	↗	◎	→	◎	↗	○	↗	△	→	◎	→	◎	↗	○	→
	応用	○	↗	◎	↗	○	↗	△	↗	◎	↗	○	↗	○	↗	△	↗	○	↘	◎	↗	○	→
米国	基礎	◎	→	◎	→	◎	→	◎	↗	◎	↗	◎	↗	◎	→	◎	↗	◎	→	◎	↗	◎	→
	応用	◎	↗	◎	→	◎	→	◎	↗	◎	↗	◎	↗	◎	↗	◎	↗	◎	→	◎	↗	◎	→
欧州	基礎	○	→	○	→	◎	→	◎	↗	○	↗	◎	↗	○	→	◎	↗	◎	→	◎	↗	○	→
	応用	◎	↗	◎	↗	◎	↗	◎	↗	◎	↗	◎	↗	○	↗	◎	→	◎	→	◎	↗	◎	→
中国	基礎	×	→	○	→	◎	↗	○	↗	○	↗	△	↗	○	↗	○	↗	○	↗	○	↗	△	↗
	応用	×	→	○	↗	◎	↗	◎	↗	○	↗	△	↗	○	↗	△	↗	○	↗	△	→	△	↗
韓国	基礎	×	→	○	→	○	→	×	→	△	↗	△	↗	○	→	×	↗	△	→	△	↗	△	→
	応用	×	→	○	↗	△	→	△	↗	○	↗	△	↗	△	→	△	↗	△	→	△	→	○	→