

2.5 世界の潮流、日本の位置付け、日本の挑戦課題

2.5.1 分野を越えた動き

項目	内容
世界の潮流	<ul style="list-style-type: none"> 世界においては、米欧で育まれた民主主義、市場原理、科学技術を規範とする価値観に揺らぎ。特に米中対立の激化に伴い国際協調の気運が低下。AI/IoT、量子、バイオテクノロジー、蓄電池などは産業競争力あるいは安全保障の観点から、技術覇権争いの対象となっている。研究に必要なデータの移転規制が進む可能性があり、オープンサイエンスが阻害される懸念がある中で、相互理解の醸成により問題解決を図ることが重要。 新型コロナウイルス感染症は社会経済活動や人々の意識を世界規模で変えた。研究開発のテーマ設定においても、感染症を含む社会への脅威をコントロールし、社会の強靱さ・レジリエンスを強化させる視点が増大。新型コロナウイルス感染症ワクチンの国際調達枠組みであるCOVAXファシリティにおいて国際協調の取り組みがある一方で、自国で開発したワクチンを途上国へ広く提供して、間接的に自国のアピールに利用しようとする動きも見られる。 国連のSDGsやパリ協定においては科学技術による貢献が謳われる等、科学技術イノベーションへの期待は引き続き大きい。他方、科学技術と社会との関係が深化する中、科学技術への懸念も増大。AI、ゲノム編集等の分野ではELSIの問題が顕在化しており、研究コミュニティが多様なステークホルダーとの対話を拡大していくことが重要。近年、一部に科学的知見を尊重しない人々が顕在化していることも留意すべき。 より良い社会の実現に向け、科学技術研究におけるイノベーション指向が増大。あるべき社会像は人々の価値観によって変わり得るが、変化する社会情勢の中で人々の価値観も変わっていく。この価値観を研究テーマの設定過程に取り込むことで、社会のステークホルダーの参画機会が増大。また、研究開発は社会課題解決に向けた多数の取り組みの一部分であるという認識の下、取り組み間での連携を取ることが重要。 <hr/> <ul style="list-style-type: none"> ICT技術の急速な発達に伴い、いわゆるデジタルトランスフォーメーション（DX）によって社会が大きく変わる中で、データ駆動型科学技術などにより科学技術自体の変革も進展。DXが各研究分野に浸透しつつあることは探索速度の向上等、研究手法の高度化のみならず、研究者の発想の拡大にも寄与するなど質的な変革を引き起こしつつある。 ヒト等の生命システムから環境・社会システムまで、複雑系を研究対象とすることが増加。複雑系は確率論で論じることが合理的であることから、データ駆動型、デジタル技術と相性が良く、今後もこの方向は進展していくと予想。 査読前論文をオープンアクセスで公開するケースが増加。論文投稿から公開までの時間が短縮できる一方で、論文の質をどう保つかが課題。 多様化・複雑化する現代の課題を前に、個々に発展してきた学問体系を越えて新分野に取り組むことや、複数分野の連携により新たな融合領域を生み出す流れが加速。トランスディシプリナリーやコンバージェンスを指向する研究プログラムが米国やEU諸国、中国・韓国で強化。 <hr/> <ul style="list-style-type: none"> 人材は依然として科学技術の源泉。若手研究者を惹き付けるとともに、分野、組織、国境等の壁を越えて人材が流動する研究環境の構築が重要。加えて、高度化・高額化する最先端研究機器および高度研究支援人材を整備することが研究システムとして重要。 ELSIが科学技術の推進上重要な要素として位置付けられ、人社連携の重要性が増大。主として研究成果を社会と共創していく観点で重要であるが、例えば個人情報の利用の可否は研究自体にも影響を及ぼし得る。 科学技術イノベーション政策と他の政策との連携の重要性が増大。また、人材育成、産学連携等の個々の科学技術システムが相互に関連することで機能。例えば研究成果を社会実装するための橋渡し機能においては、官民の研究者だけでなく、技術支援人材、知財管理や法務等の専門家など多様な職種が協働する必要があり、イノベーションエコシステムとして総体的に捉えることが重要。
日本の位置付け	<ul style="list-style-type: none"> 「サイバー空間とフィジカル空間の融合」という手段と「人間中心の社会」という価値観を前提とし、我が国が目指す社会としてのSociety 5.0の具体化を推進。また、2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにすること（カーボンニュートラル）を政策目標として設定。 イノベーションを指向した研究開発としてはAI技術、バイオテクノロジー、量子技術、マテリアル、環境エネルギー、安心・安全等を特に取組強化すべき分野として位置付け。 <hr/> <ul style="list-style-type: none"> 研究開発投資と論文動向に関する指標では、米国と中国が世界を大きくリード。日本は諸外国と比較して、相対的・長期的に地位が低下。我が国は国際共著論文数の割合が相対的に低く、国際頭脳循環の流れに出遅れ。 しかし個々の分野で見れば、CO₂変換技術、自動車排気物質除去、産業用ロボット、スーパーコンピュータ、蓄電池部材、分子技術、再生医療・幹細胞治療、細胞外微粒子・細胞外小胞等の分野で、我が国は依然として優位性を保持。

	<ul style="list-style-type: none"> ・ ムーンショット型研究開発制度をはじめとして社会課題解決を目指す研究開発への比重が高まっているが、多様なステークホルダーの参加を得つつ社会課題ひいては研究開発課題を設定する仕組みの実現には道半ば。 ・ ビッグデータとAIの活用により探索、思考を行う等の研究手法の革新、高価なハイテク研究機器を技術スタッフとともに共用する等の取り組みに遅れ。これにより特に新興・融合分野において存在感が低くなっている。今後研究において世界を先導していくためには、研究手法のみならず研究土壌までをも変革することが不可欠。 ・ 博士課程入学者が減少傾向にあり、人口減少・高齢化社会の進展とも相俟って、我が国研究開発人材は構造的問題を抱える。また、DX化に向けデータ科学系研究人材の育成は急務。
<p>日本の挑戦課題</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 我が国が世界の主要国と伍していくだけの研究開発力を得ることが全体としての挑戦課題。 ・ その上で、世界の潮流や社会ニーズ、我が国が置かれた状況を踏まえ、研究開発において取り組むべき課題としては、気候変動緩和、気候変動適応、信頼されるAI、Society 5.0プラットフォーム、量子状態の高度制御、ナノ力学制御によるスマート材料、感染症に強い研究プラットフォーム、AI×バイオ等が挙げられる。 ・ AI、ビッグデータ等を駆使し研究の高効率化にとどまらず発想、仮説設定等にまで活用範囲を拡げること、良質なデータの収集および社会におけるデータの活用、データ取得・データ処理のための基盤技術の高度化等に研究開発活動のDX化として一体的に取り組むことが課題。また、このDX化を改革の駆動力としながら、クロスアポイントメントのようなフレキシブルな雇用形態、研究開発費における財源の多様化等、DX以外の様々な研究環境をも合わせて構造的に変革することが課題。 ・ 研究者の自由な発想に基づく基礎研究への支援、計測や加工技術、セキュリティ等技術基盤への投資を持続していくことが課題。 <hr/> <ul style="list-style-type: none"> ・ 博士課程学生を含む若手研究者を分野、組織、国境等の壁を越えた流動の中で競争力ある研究人材として育成していくことは特に重要な課題。 ・ 研究開発効率を最大化するプラットフォームの構築に加え、知の創出と研究成果の社会実装の循環を促進するイノベーションエコシステムの構築が課題。イノベーションエコシステムには人材育成、官民連携などの仕組みから、研究課題設定において自由な発想を尊重する、異分野連携・協力を促進する、失敗を許容する等の雰囲気、風土のようなものが含まれる。 ・ 科学技術と社会との関係深化が進み、AI、ゲノム編集等において倫理的問題が顕在化する中、多様なステークホルダーの参画を得つつ研究開発の初期段階からELSIの検討を行うこと、またその際、人文学・社会科学と自然科学との相互発展的な連携が課題。

2.5.2 環境・エネルギー分野

項目	内容
<p>世界の潮流</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 感染症、異常気象災害に関連する環境分野の研究開発への関心が増大。 ・ 換気、下水処理などの役割の再評価。リスク、行動変容、社会とのコミュニケーション、科学対話、科学的評価などのより良いあり方に対する関心の増大。 ・ ESG投資、さらには持続可能な経済活動に関する分類・定義、タクソノミー等の枠組みができてつつある。COVID-19パンデミックからのBBB (Build back better, より良い復興) の一環として環境保全活動を一層推進する思惑と、経済合理性の観点から活動を後退させる動きとが錯綜し不確実性が増大。 ・ COVID-19パンデミック等によるエネルギー資源価格の不確実性の継続。 ・ 発展途上国のエネルギー使用量の増加速度の不確実性の高まり。 ・ 感染症拡大対策のための各国経済活動縮退から見えた、経済と環境保全の両立性の困難さの顕在化。 ・ 医療従事者防護具や包装容器などの安全・衛生面の社会的価値の見直しに伴うプラスチックの価値の再評価。 ・ エネルギー利用におけるビッグデータ・スマート化、AI利用の加速的進展。 ・ エネルギー分野：再生可能エネルギー由来エネルギーの貯蔵、変換技術についての研究開発が盛ん。エネルギーネットワークのレジリエンスに関する課題がますます顕在化。 ・ 環境分野：環境ビッグデータ、IoT/AI応用に関する研究が活発。永久凍土・高山氷河の融雪、野火、水災害頻発化などの世界各地での異常気象発生による危機感から地球温暖化影響への関心がより増大。気象災害への温暖化影響の貢献割合、変動幅等の詳細を分析する研究への関心が増大。大気汚染物質や環境浄化技術等への関心も増大。
<p>日本の位置付け</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2050年までにカーボンニュートラル (温室効果ガス排出量の正味ゼロ) の達成を目指すとの政策目標が示され、排出量の大幅削減に向けた関連府省の動きが一層活発化。 ・ エネルギー分野：電力貯蔵、熱エネルギー利用、化学エネルギー利用、トライボロジーでは優位性を維持。

	<p>エネルギーマネジメントシステム、民生熱利用、反応性熱流体の応用に強み。原子力安全は継続的に強化がなされている。</p> <p>二酸化炭素分離回収、産業熱利用の蓄熱における基礎研究は活発。</p> <p>再生可能エネルギーなどで社会実装に向けた力強い流れが見えにくい。</p> <p>エネルギー機器を支える破壊力学など工学基盤分野の衰退傾向がみられる。デジタル化などの新規展開を取り込んだ強化策が重要。</p> <p>政策主導による全方位的な研究開発強化の動きは持続している。</p> <ul style="list-style-type: none"> 環境分野： <ul style="list-style-type: none"> 自動車排気物質などの除去・浄化では優位性をかろうじて維持。 水循環、気候変動予測の基礎では少数だが世界的水準の研究を展開。 気候変動観測、気候変動適応、土壌・地下水汚染物質の除去・浄化、環境分析、生態系などでは部分的には日本独自の研究開発などはみられるものの、全体として欧米に遅れをとる。分野横断研究や統合化研究を促す国の体制づくりや産学官民連携を促す土壌作りなどが不足している。
<p>日本の 挑戦課題</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ Sustainability (持続可能性)、Inclusion (包摂性) を前提とした価値観を引き続き最重視。その価値観をもとに、より良く社会の移行を促進する研究開発 (Transition) という挑戦課題が一層重要になっている。感染症、気象災害、国際的覇権争い、ポピュリズムによる混乱など、絡み合う厄介な問題 (Wicked problems) により、不確実性が高止まりする情勢下、環境・エネルギー分野の研究開発は短期観点だけでなく中長期観点も踏まえた方向性を示すこと、俯瞰的視野に立ち花形的研究だけでなく基盤的研究をバランスよく推進する必要性がますます高まっている。 ・ 今後の方向性として、以下の4点のキーワードが浮かびあがっている。 <ul style="list-style-type: none"> Net Zero Emission: 気候変動緩和。2050年のGHG正味排出ゼロ目標に向けた再生可能エネルギー導入、エネルギー高効率利用、GHG吸収、行動変化、体系的実態把握 Adaptation: 異常気象災害や感染症などの脅威の対応策、既に顕在化している温室効果ガスによる気候変化への適応策、地域での実践、自然を活用した課題解決策 Resilience: 安全 (Safety) を含む。自然災害 (地震、豪雨、感染症等) からの回復力、複合災害への備え、リスクマネジメント、変動環境下でのエネルギー安全保障、原子力発電 Circularity: ライフサイクル全体を考慮した開発、包括的評価、有限な地球環境資源の循環、持続的な活用、マイクロプラスチックの動態解明・リスク評価・社会科学的/行動科学の方策 ・ Transitionを促進する鍵として、2点のキーワードが浮かびあがっている。 <ul style="list-style-type: none"> DX (Digital Transformation): エネルギーネットワーク・需要科学、再生可能エネルギー制御、データ基盤構築、データ高度活用 Human behavior & Society: 世界の多様な背景やコミュニティに根ざした多様な価値観 (Various Values)、社会との親和性をふまえた科学技術、社会実装、リスクコミュニケーションの浸透 <p>※Wicked problems絡み合う厄介な問題: 解くことができる慣れた問題 (tame problems) の対義語。単純問題 (simple) に対する複雑問題 (complex) とは別の視点での問題の定義。複数要素で相互連関性があり、唯一の解が存在しない。代表例が気候変動や廃棄物NIMBY問題 (Not In My Back Yard) など。多くの個人が傍観者の振る舞いをする問題 (Elephant in the room)。科学的理解の開拓、普及に加え、政策や社会、人々の行動なども求められる。</p>

2.5.3 システム・情報科学技術分野

項目	内容
<p>世界の潮流</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 「あらゆるもののデジタル化コネクテッド化」「あらゆるもののスマート化自動化」「社会的要因との整合、人間の主体性確保」が大きな技術トレンド。 ・ 米中の技術覇権争いが激化する中で、GAFAとも呼ばれるGoogle、Apple、Facebook、Amazonなど大手IT企業が世界の市場と技術開発をリード。中国では盛んな研究開発投資と巨大データ集積による人工知能 (AI) 実用化が急速に進展。 ・ 新型コロナウイルスの世界的な感染拡大を受け、医療感染予防や社会経済活動の促進でITの重要度が増大。すなわち、これまでの社会経済活動の前提や基盤となってきた物事がそのままでは機能しなくなった。「ニューノーマル」「新しい生活様式」へのシフトが強く求められており、その実現でもITは重要な役割を果たすと期待されている。 ・ AIは技術自体が急激に進化。意思決定の際に考慮すべき要因影響の膨大さや複雑さは、人間が思考できるレベルを超越。医療診断や自動運転を含む様々なAI応用システムで、人間を上回る精度や高度プロセスの自動化が進展。偏見学習、誤認識誘発攻撃等の問題が顕在化し、社会との関係も新しい局面を迎えている。 ・ 深層学習が広まったが課題も見えてきた。深層学習から次のフェーズへ。第3の波。 ・ ロボティクスでは、IT、特に人工知能技術との融合により、ロボットの自律化による適用領域の拡大、ネットワーク化やシステム化による多様なサービスへの組み込みが進みつつある。この波及効果は研究開発活動自体にも拡がり、研究開発のDX化が進展。

	<ul style="list-style-type: none"> ・ 人工知能や知的ロボットなど知的情報処理技術の研究開発が進展し、実社会への適用が次々と実現することに対して、倫理的、法的、社会的 (ELSI: Ethical, Legal, and Social Issues) な視点での考慮が不可欠。 ・ 既存の社会システムは世の中の動向 (人口動態変化、技術進歩、グローバル化、新興企業の台頭等) に追従できていない状況。Airbnb、Uber等によるシェアリングエコノミーなどの新たな産業の創出による労働や税などの問題に対し、制度的な対応が必要。 ・ セキュリティー・トラスト分野については、システムセキュリティーの重要度が高まっている。ITは社会インフラであるため、技術的な課題に加えて、社会から信頼を得ることが重要。例えば、監視とプライバシーについて問題意識が高まっている。 ・ コンピューティングアーキテクチャーは、データセンター、インターネットさらにモバイルネットワークによりその適用領域、連携が拡大。コンピューティングの対象も、数値データから多様なメディアに拡大。ブロックチェーンや量子コンピューターに期待が集まる。 ・ 5Gの商業利用が始まり、Beyond 5Gの検討も始動。 ・ 企業における業務プロセスや働き方等に情報技術を活用する「デジタルトランスフォーメーション (DX)」が活発化。FinTech (金融市場)、EdTech (教育市場)、AdTech (広告市場)、MedTech (医療市場)、RetailTech (小売市場) など「xTech」と呼ばれる業界を情報技術で大きく変革しようとする流れ。 ・ 個人情報GAFAs等のプラットフォーム事業者に蓄積されており、欧州では、GDPR (General Data Protection Regulation: EU一般データ保護規則) が開始され、プライバシー保護に向けた動きが活発化。 ・ 米国は、質の高いSTEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) およびコンピューターサイエンス教育の推進を重点化。
<p>日本の位置付け</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 我が国のシステム・情報科学技術産業においては、産業用ロボット、FAシステム、スーパーコンピューター、生体認証などの個別技術に強みがあったが、かつての半導体や通信機器のようにグローバルな市場で圧倒的な強みを持ち、ビジネス展開していたような状況にはない。 ・ AIやIoTに関しては一部に強みはあるものの、産業として大きな国際競争力を有するまでは至らず。新たなビジネスモデルの構築や新産業創出に弱み。 ・ これまでユーザーであった自動車産業や素材産業、サービス産業などが、デジタルトランスフォーメーションの流れや製品・サービスの進化のためにシステム・情報科学技術の研究開発、ビジネス化に取り組む。海外の技術の取り込みも盛ん。 ・ 新型コロナ流行を前にして、マイナンバーカードの低い交付率を始めとして、日本社会のDXの遅れを一般の人が実感した。政府におけるデジタル庁創設の動きなど、政府の電子化の遅れを挽回するための動きが活発化。 ・ 統合イノベーション戦略ではデータ利用のための政府方針として「Society 5.0実現に向けたデータ連携基盤の整備」が掲げられ、法整備の面では、改正個人情報保護法により匿名加工情報の定義が明確になり、医療データについては、次世代医療基盤法も整備され、データ活用に期待。また個別分野の戦略としてAI戦略、量子技術イノベーション戦略が策定された。 ・ また人間中心のAI社会原則会議はSociety 5.0の実現に向け、AIの適切で積極的な社会実装を推進するために、AI倫理に係る我が国の原則として、「人間中心のAI社会原則」を策定。
<p>日本の挑戦課題</p>	<p>日本が国際競争力を構築・維持していくため、また、国として自立した安全安心な社会を維持していくための研究開発投資戦略としての基本的な考え方は、①強い技術を核とした骨太化、②強い産業の発展・革新の推進、③社会課題の先行解決、④社会基盤を支える根幹技術確保の4つ。</p> <p>4つの基本的な考え方に基づく我が国が推進すべき21の重点テーマ</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 第4世代AI (2) 信頼されるAI (3) AIと人間の共進化 (4) 社会システムを支えるAIアーキテクチャー (5) AIと科学 (6) AI×ロボット融合 (7) 社会的に成長するロボット (8) テレプレゼンス (9) チームロボティクス (10) Societyデジタルツイン (11) コグニティブセキュリティー (12) トラスト基盤 (13) Society 5.0プラットフォーム (14) ブロックチェーン (15) データセンタースケールコンピューティング (16) 非フォンノイマンコンピューティング (17) 量子コンピューティング (18) リアルタイムシステム (19) データ流通・共有基盤 (20) 数学と情報科学 (21) ニューノーマルとDX

2.5.4 ナノテクノロジー・材料分野

項目	内容
<p>世界の潮流</p>	<ul style="list-style-type: none"> 2000年初頭に世界各国でナノテクノロジーの国家政策が開始されてから、約20年が経過。ナノテクノロジーは、それまでも人類の社会・文明を支えてきた材料技術とともに、テクノロジードライバーとして、ほとんどすべての応用領域の下支えをしている。 最初にナノテクノロジーの重要性を国家戦略として示した米国は、国家イニシアティブ（National Nanotechnology Initiative: NNI）に投資を継続。欧州も Horizon 2020 の枠組みの中で行ったナノテクノロジー・材料への投資を、後継の Horizon Europe で継続する見込み。アジアでは、中国の突出した投資額と技術進展の速さが目立つが、韓国・台湾・シンガポールなどの国々でもナノテクノロジー・材料の研究開発拠点を築き、大規模な研究開発が行われている。 ムーア則の終焉も迫っている一方で、IoT、AIなどの応用においては、ICT技術に一層の発展が強く望まれている。ポストムーア時代を担う通信・情報処理の新たなテクノロジーの模索が続いている。 マテリアルズ・インフォマティクスなどの、材料開発に機械学習等のデータ科学を用いる流れが、広く認知されている。 ナノテクノロジーによって実現される製品（nano-enabled products）が社会に浸透するにつれ、製品の輸送、保管、販売、使用、さらには使用済製品の廃棄やリサイクルなど、製品のライフサイクル全体を対象とした、ヒトや環境への影響を明らかにする研究（ELSI、EHS含む）への関心が増大。すでに欧米を中心に、国・地域単位での規制・制度が顕在化。
<p>日本の位置付け</p>	<ul style="list-style-type: none"> 米中台頭のなか、我が国の生命線である輸出の約9割を工業製品が占めており、部品・素材のウェイトが増大。 我が国は長年の技術蓄積に基づき、元素戦略、分子技術、蓄電池部材、電子材料、パワー半導体、複合材料などの物質創製・材料設計に強み。物質創製・材料設計に用いられる計測評価・分析・品質管理・製造装置にも強み。これらが活きる形で省エネ・低環境負荷技術に優位性。IoT時代に重要となるセンサ/アナログ機能やコンピューティング機能のヘテロ集積モジュール化にもポテンシャルを保有。しかし、一部の先端材料分野では中韓の急進により競争力を失いかけている部分も見られる。 一方、データ科学、標準化・規制戦略、医工連携、産学連携に課題。 ナノ材料の安全性研究やリスク評価の体制が欧米に比較して脆弱。国際的なコミュニケーションを具備するエキスパート人材も不足。
<p>日本の挑戦課題</p>	<ul style="list-style-type: none"> 3つの社会像、取り組むべき6つの社会ニーズ、13の挑戦課題（グランドチャレンジ）は以下のとおり。 【社会像Ⅰ. 安全・安心で豊かなデジタル社会】 ▷社会ニーズ <ul style="list-style-type: none"> (1) コンピュータ革新を支えるIoT/AI/量子デバイス (2) 安全低環境負荷の輸送と低消費電力・大容量の通信 ▷グランドチャレンジ <ul style="list-style-type: none"> ①量子状態の高度制御 ②ポスト5Gデバイス・材料基盤 ③IoTデバイス集積 ④ナノ力学制御によるスマート材料 【社会像Ⅱ. 健康で幸せな生活が可能な社会】 ▷社会ニーズ <ul style="list-style-type: none"> (3) 健康・医療・生産システムを支えるバイオ技術 (4) 人と共生するロボット ▷グランドチャレンジ <ul style="list-style-type: none"> ⑤ヘルスケアIoT ⑥バイオインスパイアード材料・システム ⑦バイオアダプティブ材料 ⑧脳型AI・スマートロボット 【社会像Ⅲ. 低環境負荷で持続可能な社会】 ▷社会ニーズ <ul style="list-style-type: none"> (5) 水・大気・資源の循環を可能にするスマート材料 (6) 省/創/蓄エネのための先端材料・デバイス ▷グランドチャレンジ <ul style="list-style-type: none"> ⑨サステナブル元素戦略 ⑩カーボンニュートラル基盤 【共通基盤技術】 ▷グランドチャレンジ <ul style="list-style-type: none"> ⑪多機能・複雑系の材料設計 ⑫材料合成プロセス設計基盤 ⑬次世代オペランド計測

2.5.5 ライフサイエンス・臨床医学分野

項目	内容
<p>世界の潮流</p>	<ul style="list-style-type: none"> 世界の人口増、SDGs等の要請から「より多くの人に、より質の高い医療サービスを安定して提供する」こと、「より多くの人々が、より質の高い食料を安定して入手できる」ことが世界での喫緊の課題。 コロナ禍は、デジタルトランスフォーメーション、つまり社会に存在する多種多様なデータから法則を発見する「データ駆動型」アプローチの重要性、およびELSI等の科学と社会の関係深化を再認識させた。 個別化医療、バイオエコノミー等、社会・国民の理解が必要な研究開発が引き続き大きな潮流。「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」を目指したダイナミクス、予測に向けた研究が進展。 本分野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。 <ul style="list-style-type: none"> ▷核酸ワクチン、プロテインノックダウン創薬、改変免疫細胞治療、光分子操作・制御、治療アプリ（デジタル治療）、核酸バイオマーカー（リキッドバイオプシー）など新しい予防・診断・治療モダリティが出現 ▷de novoタンパク質設計による新たな構造と機能をもつタンパク質の創成技術が進展 ▷一細胞オミクス解析の高度化、一細胞レベルでの生命の理解や疾患の理解が進展 ▷オルガノイドを用いた生命システムの理解や機能評価研究が進展 ▷クライオ電子顕微鏡や光学イメージング技術の発展による可視化技術の時間・空間分解能が向上、ロングリードNGSによるゲノム解析能力が向上 ▷AI・機械学習、BMI・サイバニクス等のデジタル技術が社会に浸透。ロボット等による研究の自動化の動きが進展 ▷生物（生命科学・医科学）分野は研究の細分化が著しいが、研究のトレンドは複雑系を対象とし、異分野連携でないと解明できない課題が増加 欧米では、新しい科学技術を生み出す研究システムとして、ハイテク機器をコアファシリティに集結させ、異分野連携により新興融合分野での研究を進展させている研究拠点が注目される。 医療分野や農業分野では、大学の知識・技術の集積に多くの企業などから異分野人材が集まり、イノベーションを創出するというイノベーションエコシステムが成立している事例が見られる。
<p>日本の位置付け</p>	<ul style="list-style-type: none"> 日本は世界に先駆けて少子高齢化が進み、「健康寿命の延伸」がキーワード。社会保障費の増加による国の財政の圧迫、労働人口の減少や介護による労働力の低下といった問題が顕在化。農業就業者の減少・高齢化は続くが、大規模農業経営体は増加。 製薬産業、医療産業とも強い部分を有するものの全体として輸入超過。 論文動向を見ると、基礎生命科学や臨床医学において相対的順位を下げている。 2.6の国際ベンチマークからは、基礎研究では「高分子創薬」、「再生医療・幹細胞治療」、「植物工場」、「水産」、「畜産」、「生体時計・睡眠」、「脳・神経」、「臓器連関」、「細胞外微粒子・細胞外小胞」、「オプトバイオロジー」、「ケミカルバイオロジー」、「合成生物学」、「構造解析」、「光学イメージング」、「トランススケールイメージング」において強みを有する。また応用研究では、「再生医療・幹細胞治療」、「植物由来材料」、「植物・農業」、「植物工場」、「水産」、「細胞外微粒子・細胞外小胞」において強みを有する。米国は基礎研究と応用研究がほぼ同時的に進行するのに対し、日本は基礎研究が強くてもなかなか応用に向かっていかないという環境（構造的課題）が存在すると考えられる。 研究拠点を整備する動きはあるものの、人材・知識、技術・機器、データの集積が不十分である。 ゲノム医療、ゲノム編集技術・合成生物学などをイノベーションにつなげるためのELSIをはじめとした社会との関係構築が十分でない。
<p>日本の挑戦課題</p>	<ul style="list-style-type: none"> 世界の研究開発の動向、世界の政策、日本の政策、日本の強み・弱みを俯瞰した上で、世界的な研究の方向性とその下における日本の挑戦課題を設定した。研究の方向性としては以下の7つを設定。「新型コロナとポストコロナ」、「予防・個別ヘルスケア」、「医薬モダリティの多様化」、「バイオエコノミーの実現に向けて」、「複雑生命システム理解のための多様な研究の連関」、「研究のデジタルトランスフォーメーション」および「研究システム改革」 「新型コロナとポストコロナ」の挑戦課題として、「感染症に強い研究プラットフォーム」や「研究スタイル・研究環境の変革（リサーチトランスフォーメーション）」を提言してきた。「医薬モダリティの多様化」では「“デザイナー細胞”（改変細胞医薬）」を、「バイオエコノミーの実現に向けて」は「気候変動下の環境負荷低減農業、「高品質水畜産物の高速・持続可能な生産」」等を、「複雑生命システム理解のための多様な研究の連関」では「4次元セローム～細胞内機能素子」、「“ライブセルアトラス”多次元解析」、「ドライ・ウェット脳科学」等を、「研究のデジタルトランスフォーメーション」については、「AI×バイオ」等を掲げた。 これらの研究開発を創造的・効率的に推進する上では、イノベーションエコシステム、医療研究プラットフォーム、異分野連携・機器共用プラットフォーム、データエコシステムを構築することが喫緊の課題となっている。