

## 5 「生命力」を測る～未知の生体応答能力の発見・探査～

- 複雑なシステムである生体が発揮する未知の生体応答能力、いわば「生命力」の解明というライフサイエンスのフロンティアに挑戦。基礎生命科学における未解明の問の解明や、健康寿命の延伸や持続可能な社会の実現などの社会課題の解決へ貢献できるよう、目的志向の思考の下、分野横断的挑戦により、幅広い時間・空間スケールを見据えた計測・解析技術開発を推進。

### ポイント 1

「生命力」を解明し、基礎生命科学の進展や社会課題解決に繋げていくためには、個々の技術が何を実証することに繋がるのか、実証することによりどのように課題解決に貢献していくか、といった目的志向の思考が重要。

### ポイント 2

ライフサイエンス分野の計測対象は、幅広い時間・空間スケールにわたるとともに、取得可能な情報の種類は非常に多様であり、光技術、量子技術、ナノテクノロジーなどの生命科学への応用が重要。また、取得可能なデータは膨大・複雑なため、情報科学と組み合わせ、データから意味を引き出す取組の必要性が高まっている。

### ポイント 3

今なお多くの「生命の神秘」が人類の挑戦を待っており、「恒常性・復元力」と「多様性・不均一性」の2つの側面から「生命力」を解明することには、基礎生命科学の発展や社会課題解決への大きな貢献が期待される。

### GOAL 達成目標

1 ライフサイエンス上のニーズを踏まえた計測・解析技術開発

2 分野横断的挑戦や要素技術の複合的な組み合わせを通じた、幅広い時間・空間スケールを見据えた計測・解析技術開発

3 「生命力」の解明



期待される  
貢献

- 「生命力」の解明から「生命の神秘」に挑戦。
- 脳の機構・動態の解明等の基礎生命科学における未解明の問の解明。
- 診断技術・創薬の加速化、エネルギー・農業等の革新による持続可能な社会の実現。

## 令和6年度戦略目標

### 1. 目標名

「生命力」を測る～未知の生体応答能力の発見・探査～

### 2. 概要

近代のライフサイエンスの進展は計測・解析技術の革新の歴史であり、今なお、多くの「生命の神秘」が人類の挑戦を待っている。このため、本戦略目標では、複雑なシステムである生体が、外的刺激や時間経過に応じて発揮する未知の生体応答能力、いわば「生命力」の解明というライフサイエンスのフロンティアに挑戦する。「生命力」の解明を通じ、基礎生命科学における未解明の間の解明や、健康寿命の延伸や持続可能な社会の実現などの社会課題の解決へ貢献できるよう、ライフサイエンス上のニーズを踏まえた目的志向の思考の下、分野横断的挑戦により、幅広い時間・空間スケールを見据えた計測・解析技術開発を推進する。

### 3. 趣旨

生命現象の計測・可視化はライフサイエンスの根幹であり、近代のライフサイエンスの進展は計測・解析技術の革新の歴史である。計測・解析技術が革新されるたびに、新たな事実が明らかになり、また新たな問が生まれてきた。そして今なお、多くの「生命の神秘」が人類の挑戦を待っており、本戦略目標では、今まで見えてこなかった未知の生体応答能力、いわば「生命力」の解明というライフサイエンスのフロンティアに挑戦する。複雑なシステムである生体が、外的刺激や時間経過に応じて発揮する応答能力である「生命力」を解明することには、基礎生命科学における未解明の間の解明や、健康寿命の延伸や持続可能な社会の実現などの社会課題解決への大きな貢献が期待される。

これまでに設定された戦略目標の中でも、「生体制御の機能解明に資する統合1細胞解析基盤技術の創出」（平成26年度～令和3年度）「量子技術の適用による生体センシングの革新と生体分子の動態及び相互作用の解明」（平成29年度～令和4年度）「社会課題解決を志向した計測・解析プロセスの革新」（令和4年度～）等において、計測・解析技術に注目した目標設定がなされてきた。他方、これまで開発した技術を生かしつつ、「生命力」を解明し、基礎生命科学の進展や社会課題解決に繋げていくためには、個々の技術が何を実証することに繋がるのか、実証することによりどのように課題解決に貢献していくか、といった目的志向の思考を促し、その目的に資する技術を複合的に組み合わせていくことが重要である。

また、ライフサイエンス分野の計測対象は、時間的には、瞬時に起こる生体内の化学反応から個体の成長や世代を越えた変化まで、空間的には、分子レベルから個体・集団レベルまで、幅広い時間・空間スケールにわたるとともに、計測により取得可能な情報の種類は、ゲノム配列・遺伝子発現情報から糖や代謝物の状況や立体構造・修飾、さらには機械的力、熱、電磁場等の物理情報まで非常に多様である。このため、「生命力」の解明に当たっては、目的に応じ

で最適な技術を選択し、必要に応じて組み合わせていく発想が重要である。

このような目的志向の組み合わせを実現するためには、幅広い時間・空間スケールにわたる計測を可能とする光技術、従来技術では極低温等でのみ得られていた感度を室温で可能にする量子技術、クライオ電子顕微鏡等の細胞・生体分子計測を可能にするナノテクノロジーなどの様々な研究分野の要素技術をライフサイエンスへ応用していくことが重要である。

あわせて、fMRI や網羅的遺伝子発現解析、空間オミクス等の高度な計測技術により、今までのライフサイエンスでは扱ってこなかったような膨大・複雑なデータの取得が可能となっているため、情報科学と組み合わせ、データから意味を引き出す取組の必要性が高まっている。AlphaFold2 の登場により、広範囲の複雑な生体分子の構造予測が可能になったことから、深層学習モデルや AI・データサイエンス等の情報科学をライフサイエンスにおけるデータ解析へ応用する国際的な研究開発競争が加速しており、近年発展著しい情報科学の活用先としてのライフサイエンスの重要性も高まっているところである。このため、ライフサイエンスの根幹である生命現象の計測・可視化に向けて、ライフサイエンスと情報科学の融合が今後ますます重要になると考えられる。

このような背景から、本戦略目標では、「生命力」の解明に向けて、ライフサイエンス上のニーズを踏まえた目的志向の思考の下、分野横断的挑戦や要素技術の複合的な組み合わせにより、分子動態から生体システムまで幅広い時間・空間スケールを見据えた計測・解析技術開発を推進する。

#### 4. 達成目標

本戦略目標では、複雑なシステムである生体が発揮する「生命力」を解明するため、ライフサイエンス上のニーズを踏まえた目的志向の思考の下、分野横断的挑戦により、幅広い時間・空間スケールを見据えた計測・解析技術を開発する。具体的には、以下の達成を目指す。

##### (1) ライフサイエンス上のニーズを踏まえた計測・解析技術開発

「未知の生命資源の「探索」」、「時間・空間を超えたより複雑な生命現象の計測による生命現象の「解明」」、「計測に基づく生命現象への「介入」」の3つの観点を意識して計測・解析技術の開発を推進する。その際、計測そのものを目的化せず、基礎生命科学における未解明の問の探求や社会課題の解決など、ライフサイエンス上のニーズを意識し、それらに資する計測・解析技術の開発を目指す。

##### (2) 分野横断的挑戦や要素技術の複合的な組み合わせを通じた、幅広い時間・空間スケールを見据えた計測・解析技術開発

幅広い時間・空間スケールにわたる生命現象について、(1)のような目的志向の思考の下で計測・解析技術の開発を推進するためには、目的に応じて最適な技術を組み合わせることが重要であることから、光技術、量子技術、ナノテクノロジーなどの様々な研究分野の要素技術のライフサイエンスへの応用や、情報科学と組み合わせた解析手法の開発を推進する。

### (3) 「生命力」の解明

(1) (2) の取り組みを通じ、①外的刺激や時間経過によって生じる「揺らぎ」を一定の範囲内に留める「恒常性・復元力」、②細胞レベルから個体・集団レベルまでの様々なスケールでバラつきが生じ、時には進化や適応に繋がっていく「多様性・不均一性」の2つの側面から「生命力」の解明に迫る。その際、このような「生命力」は時間的にも空間的にもマルチスケールであることから、生物総体としての網羅的計測とその多元的情報解析に取り組む。

## 5. 見据えるべき将来の社会像

4. 「達成目標」の実現を通じ、「生命力」というライフサイエンスのフロンティアへの挑戦から「生命の神秘」に挑戦していく。具体的には、基礎生命科学においては、未だ多くが未解明な脳の機構・動態や、細胞ごと、微生物ごとの遺伝子発現の不均一性といった未解明な問の解明が進む。また、少子高齢社会や感染症の世界的流行、地球環境問題等のリスクが顕在化する中、ライフサイエンスには社会課題解決への貢献も期待されており、診断技術等の進化、創薬の加速化等による健康寿命の延伸や、エネルギー・農業等の革新による持続可能な社会の実現など、これまでにない新たな技術等の創出を通じ、安全安心で持続可能な社会を実現する。

## 6. 参考

### 6-1. 国内外の研究動向

#### (国内動向)

JST-CREST「多細胞間での時空間的相互作用の理解を目指した定量的解析基盤の創出」(令和元年度～)やJST-CREST「生命科学分野における光操作技術の開発とそれを用いた生命機能メカニズムの解明」(平成28年度～)等において、新規定量的解析技術の開発や、オプトジェネティクスに関して様々な研究成果を挙げている。

例えば、生体分子を生きた状態で観察可能な計測技術の開発が世界的に注目を集める中、我が国においては、溶液中におけるタンパク質の微小な構造変化をサブピコニュートン精度で検出する高速原子間力顕微鏡を世界で初めて開発するなど世界をリードする研究成果を挙げている。

また非侵襲な計測技術として、ウェアラブルデバイスが挙げられ、低ノイズの心電計測シートの開発など、計測可能な生体情報が広がりつつある。また、ウェアラブルでは実現していないものの、呼気による糖尿病早期診断などの開発も行われている。

#### (国外動向)

2017年にノーベル化学賞を受賞したクライオ電子顕微鏡の改良により、より天然に近い状態でタンパク質の三次元構造解析が可能となった。また、蛍光イメージングでは、超解像顕微鏡や光シート顕微鏡において、高性能化の研究開発と並行して、普及に向けた市販化やチューリ

ッヒ大などによるオープンプラットフォームの取り組みが行われている。

さらに、近年大きく進展している研究動向として、各種オミクスなどを計測、ビッグデータを収集・解析し、意味付けする技術が挙げられる。例えば、CT 検査画像からの臓器病変の高精度な検出・分類や、英国における 100K ゲノム研究のパイロットスタディ結果からの希少疾患変異の同定、ウェアラブルデバイス等で得られたデータを用いた糖尿病の検出など、集約されたビックデータと深層学習モデルを組み合わせた分野横断的な研究が行われている。

## 6-2. 検討の経緯

「戦略目標の策定の指針」（令和元年 7 月科学技術・学術審議会基礎研究振興部会決定）に基づき、以下のとおり検討を行った。

1. 科学研究費助成事業データベース等を用いた国内の研究動向に関する分析及び研究論文データベースの分析資料を基に、科学技術・学術政策研究所科学技術予測センターの専門家ネットワークに参画している専門家や科学技術振興機構（JST）研究開発戦略センター（CRDS）の各分野ユニット、日本医療研究開発機構（AMED）のプログラムディレクター等を対象として、注目すべき研究動向に関するアンケートを実施した。
2. 上記アンケートの結果及び有識者ヒアリング等を参考にして分析を進めた結果、近代のライフサイエンスの進展は計測技術の革新の歴史であるが、依然としてライフサイエンス分野には技術革新により解決可能な課題が多く存在しており、更なる技術開発が望まれていることから、ライフサイエンス上のニーズを踏まえた分野横断的な計測・解析技術の開発が重要であるとの認識を得て、注目すべき研究動向「「生命力」を測る～未知の生体応答能力の発見・探査～」を特定した。
3. 令和 5 年 11 月に、文部科学省と JST は共催で、注目すべき研究動向「「生命力」を測る～未知の生体応答能力の発見・探査～」に係る産学の有識者が一堂に会するワークショップを開催し、最新の研究動向、意義ある解明対象、「生命力」の解明により期待されるライフサイエンス上のブレイクスルーや、そのために必要な計測・解析技術、計測・解析技術の開発に効果的なアプローチ等について議論を行い、ワークショップにおける議論や有識者ヒアリング等を踏まえ、本戦略目標を作成した。

## 6-3. 閣議決定文書等における関係記載

「経済財政運営と改革の基本方針 2023」（令和 5 年 6 月 16 日閣議決定）

### 第 2 章 新しい資本主義の加速

#### 2. 投資の拡大と経済社会改革の実行

##### （4）官民連携を通じた科学技術・イノベーションの推進

科学技術・イノベーションへの投資を通じ、社会課題を経済成長のエンジンへと転換し、持続的な成長を実現する。このため、AI、量子技術、健康・医療、フュージョンエネルギー、バイオものづくり分野において、官民連携による科学技術投資の抜本拡充を図り、科学技術立国を再興する。(略)

「第6期科学技術・イノベーション基本計画」(令和3年3月26日閣議決定)

## 第2章 Society 5.0の実現に向けた科学技術・イノベーション政策

### 1. 国民の安全と安心を確保する持続可能で強靱な社会への変革

#### (6) 様々な社会課題を解決するための研究開発・社会実装の推進と総合知の活用

##### (c) 具体的な取組

#### ①総合知を活用した未来社会像とエビデンスに基づく国家戦略の策定・推進

AI、バイオテクノロジー、量子技術、マテリアルや、宇宙、海洋、環境エネルギー、健康・医療、食料・農林水産業等の府省横断的に推進すべき分野について、国家戦略に基づき着実に研究開発等を推進する。(略)

## 7. その他

本戦略目標は、ライフサイエンス上のニーズを踏まえた目的志向の思考による計測・解析技術開発を推進するものであり、これまでに設定された戦略目標に基づく研究成果を含め、我が国が優位性を持つ要素技術を目的に応じて組み合わせることが期待されるとともに、必要に応じ、開発初期から産業界とも対話し連携することも期待する。

その際、ライフサイエンス上のニーズとしては、「未病」状態の把握などの健康・医療上のニーズも重要であるが、生命現象の不均一性への理解の深化などの基礎生命科学におけるニーズや、未知・未利用の植物・微生物資源の活用などによる持続可能な社会の実現など、幅広いニーズが考えられることに留意する必要がある。

また、本戦略目標は、ライフサイエンス分野への応用可能性が注目されている他分野の技術も活用した分野横断的な挑戦を推奨することから、本戦略目標を通じた新たな連携により、革新的な研究課題の提案及び成果が創出されることを期待する。