

戦略的創造研究推進事業  
—CREST(チーム型研究)—

研究領域

「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」

研究領域中間評価用資料

研究総括: 松田 道行

2024 年 1 月

## 目 次

1. 研究領域の概要	1
(1) 戦略目標	1
① 目標名	1
② 概要	1
③ 達成目標	1
④ 研究推進の際に見据えるべき将来の社会像	1
⑤ 具体的な研究例	2
⑥ 国内外の研究動向	2
⑦ 検討の経緯	3
⑧ 閣議決定文書等における関係記載	4
⑨ その他	4
(2) 研究領域	5
(3) 研究総括	5
(4) 採択研究課題・研究費	7
2. 研究総括のねらい	9
(1) 多様な計測手段を介した生命システムの定量的理解	9
(2) 時空間情報を含む細胞間及び分子間ネットワーク解析技術の開発	9
(3) 細胞集団の特性や動態を予測・操作する技術と理論の創出	10
3. 研究課題の選考について	10
4. 領域アドバイザーについて	17
5. 研究領域のマネジメントについて	18
(1) 研究課題の進捗状況の把握と評価、それに基づく研究課題の指導	18
① 領域会議とサイトビジット	18
② Slack による情報交換	19
③ 中間評価	20
(2) チーム型のネットワーク研究所としての活動	20
① Rising Star Seminar	20
② 多細胞・若手の会	20
③ 国際強化支援	20
(3) 研究費配分上の工夫	21
(4) その他マネジメントに関する特記事項	22
6. 研究領域としての戦略目標の達成に向けた状況について	23
(1) 研究成果の科学的・技術的な観点からの貢献	23
(2) 研究成果の社会的・経済的な観点からの貢献	24

7. 総合所見 .....	25
(1) 研究領域のマネジメント.....	25
(2) 研究領域としての戦略目標の達成に向けた状況.....	25
(3) 本研究領域を設定したことの意義と妥当性.....	25
(4) 科学技術イノベーション創出に向けた、今後への期待、展望、課題.....	26
(5) 所感、その他.....	26

## 1. 研究領域の概要

### (1) 戦略目標

#### ① 目標名

「多細胞間での時空間的な相互作用の理解を目指した技術・解析基盤の創出」

#### ② 概要

イメージング、1細胞オミクス解析等の計測技術や計算機科学の進展により、細胞や生体分子の網羅的、定量的かつ時空間的な解析が可能になりつつある。そして、“生きている”システムとしての生命を理解し、更にはそのシステムの動態を予測することが期待されている。このような中、ヒトやモデル生物、臓器、器官等の細胞・分子地図作成に取り組み、細胞属性の同定や細胞間及び分子間ネットワークの特性の解明を行うことで、生命の理解に迫ろうとする研究が全世界的に進んでいる。

本戦略目標では、様々な技術を糾合・発展させ、多細胞の複雑系におけるネットワークの動的構造を細胞レベルや分子レベルで理解するとともに、観測精度の向上や動態予測と操作を行うための理論と技術を創出する。

#### ③ 達成目標

本戦略目標では、細胞レベルや分子レベルでの生命現象の定量的な理解に向け、オミクス解析、イメージング、数理解析、データ解析等の多様な手段を適切に組み合わせることにより、生体分子や細胞が作る不均一で非連続なシステム動態の制御機構を解明するとともに、その予測・操作技術の創出を目指す。具体的には、以下の3つの達成を目指す。

- (i) 多様な計測手段を介した生命システムの定量的理解
- (ii) 時空間情報を含む細胞間及び分子間ネットワーク解析技術の開発
- (iii) 細胞集団の特性や動態を予測・操作する技術と理論の創出

#### ④ 研究推進の際に見据えるべき将来の社会像

③「達成目標」の実現を通じ、生命や疾患メカニズムの理解と予測に向けた技術基盤の整備を通じて、以下に挙げるような社会の実現に貢献する。

- (i) 疾患や病態を分子や細胞の違いに基づき記述できるようになり、様々な疾患に対して個別化医療が実現する社会
- (ii) 計測機器や生物情報を扱う産業が発展し、我が国がその分野で強い競争力を持つ社会
- (iii) 生物が実現している多様な生存・適応のメカニズムを利用し、二酸化炭素濃度の上昇や気温上昇に対して植物や海洋生物等の環境適応を実現する社会

## ⑤具体的な研究例

### (i) 多様な計測手段を介した生命システムの定量的理解

多様な細胞から構成される個体・組織等を対象とし、細胞に含まれる分子情報を1細胞単位で取得し、組み合わせ、解析することにより、生命システムを定量的に理解するための研究を行う。具体的には以下の研究等を想定する。

- (A) 個体発生、腫瘍形成、臓器再生、環境応答等、細胞のダイナミックな移動や増殖を伴う生命現象に関する研究
- (B) クローン性を持つ細胞の動態に関する研究

### (ii) 時空間情報を含む細胞間及び分子間ネットワーク解析技術の開発

生命科学における階層をつなぎ、多次元のデータからマクロの特性を抽出する研究や時間情報、空間情報を伴う生命システムの振る舞いを理解するための研究、再現性の高い実験材料の創生とその提供に係る研究を行う。具体的には以下の研究等を想定する。

- (A) イメージング等により得られた細胞毎のダイナミクスと遺伝子発現等の関係性を明らかにする研究
- (B) 血管を保持したオルガノイドの創生に係る研究

### (iii) 細胞集団の特性や動態を予測・操作する技術と理論の創出

計測データから数理モデルを構築・検証し、細胞集団の動態を予測・操作する研究やそのための理論を構築する研究を行う。具体的には以下の研究等を想定する。

- (A) 組織を形成する異なる種類の細胞の網羅的な計測データを、機械学習等を用いて解析し数理モデルを構築・検証する研究
- (B) 発生等の生命現象が進行する過程に潜むネットワークを見出し、その動態を記述する新たな理論を創出する研究
- (C) 細胞-分子間ネットワークや細胞集団の動態を決定する因子を同定・検証し、予測・操作するための研究

## ⑥国内外の研究動向

次世代シーケンシングに代表される網羅的計測技術の進展と、大量データを処理する情報学との共同により、ライフサイエンス分野においては、従来の個別の遺伝子や分子に着目した研究から、網羅的情報の収集と解析による研究へとその方法論がシフトしつつあり、システムとしての生命の包括的な理解に向けた研究が世界的に盛んに行われている。

### (i) 国内動向

文部科学省科学研究費助成事業（科研費）新学術研究領域「代謝アダプテーションのトランスオミクス解析」（2017～2021年度）、文部科学省共同利用・共同研究拠点事業「トランスオミクス医学研究拠点ネットワーク形成事業」（2016～2021年）、科研費学術変革領域

研究(A)「新興硫黄生物学が拓く生命原理変革(硫黄生物学)」(2021~2025年)、科研費学術変革領域研究(A)「細胞外情報を統御するマルチモーダルECM」(2023~2027年)等のプロジェクトにおいて、これまでゲノミクス、トランスクリプトミクス、プロテオミクス、メタボロミクスの文脈で別々に認識されていた多階層ネットワークを統合し、生命システムを全体として理解することを目指す研究領域が確立されつつある。

顕微鏡イメージングは従来、世界の四大顕微鏡メーカーのうち二社を国内に有するなど、我が国が国際的にも存在感を発揮してきた分野である。しかし、近年、新技術の登場と深層学習等の活用により、時間解像度、空間解像度ともに物理限界を突破し、個別の細胞を識別・追跡することも可能になりつつあり、米国、ドイツなどに遅れを取り始めていることは否めない。今後、オミクス解析で得られない局在、時間変動の情報を、イメージング技術によって取得することが期待されており、当該分野の研究開発に注目が集まっている。

#### (ii) 国外動向

1 細胞レベルでの解析技術の開発が加速的に進んでおり、37兆個のヒト細胞1つ1つから情報を取得し、カタログ化しようとする大規模プロジェクトHuman Cell Atlasが米国、英国主導のもと遂行されている。このプロジェクトで蓄積されたデータの多くはすでに公開され、その有用性が改めて認識されている一方、2024年現在ではすでに、汎用技術となって産業となっている。

精密医療、個別化医療を目指したオミクス研究のプロジェクトは多く、例えば米国のCancer Moonshot Initiativeにサポートされて発足したInternational Cancer Proteogenome Consortium(ICPC)には日本を含む12か国が参加しており、国際的にプロテオゲノミクスを用いてがん研究を推し進める機運が高まっている。

また、本研究領域開始時にはまだ一般的ではなかった空間トランスクリプトミクスについてはさまざまなものが提案され、すでにいくつかのものは汎用機器として市販されている。技術的には米国発ベンチャーのものが多くを占めるが、応用展開と言う点では中国が猛追している。

### ⑦ 検討の経緯

「戦略目標等策定指針」(2015年6月科学技術・学術審議会戦略的基礎研究部会決定)に基づき、以下のとおり検討を行った。

(i) 科研費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「国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)研究開発戦略センター(CRDS)の各分野ユニット、「国立研究開発法人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。

(ii) 上記アンケートの結果及びJST-CRDSで行われた「多階層オミクスとイメージング:

イメージングを基盤とした統合的生体機能の解明に向けて」ワークショップでの議論等を参考にして分析を進めた結果、様々な技術を糾合・発展させ、多細胞の複雑系におけるネットワークの動的構造を細胞レベルや分子レベルで理解するとともに、観測精度の向上や動態予測と操作を行うための理論と技術を創出することが重要であるとの認識を得て、注目すべき研究動向「生命現象の理解と予測に向けた分子・細胞システムの解明とその利用」を特定した。

(iii) 2018年11月に、文部科学省とJSTは共催で、注目すべき研究動向「生命現象の理解と予測に向けた分子・細胞システムの解明とその利用」に関係す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、特に注目すべき国内外の動向、研究や技術開発の進展が社会的・経済的に与え得るインパクトやその結果実現し得る将来の社会像、研究期間中に達成すべき目標等について議論を行い、ワークショップにおける議論やJST-CRDSのライフサイエンス・臨床医学ユニットからの提言等を踏まえ、本戦略目標を作成した。

#### ⑧閣議決定文書等における関係記載

(i) 「第5期科学技術基本計画」(2016年1月22日閣議決定)

第3章(1) <2> i)

我が国は既に世界に先駆けて超高齢社会を迎えており、我が国の基礎科学研究を展開して医療技術の開発を推進し、その成果を活用した健康寿命の延伸を実現するとともに、医療制度の持続性を確保することが求められている。

(ii) 「健康・医療戦略」(2014年7月22日閣議決定、2017年2月17日一部変更)

2. (1) 1)

(中略) 我が国の高度な科学技術を活用した各疾患の病態解明及びこれに基づく遺伝子治療等の新たな治療法の確立、ドラッグ・デリバリー・システム(DDS)及び革新的医薬品、医療機器等の開発等、将来の医薬品、医療機器等及び医療技術の実現に向けて期待の高い、新たな画期的シーズの育成に取り組む。

(iii) 「未来投資戦略2017」(2017年6月9日閣議決定)

第2 I-1. (2) iii)

生活習慣病や認知症の予兆を発見できるバイオマーカー・リスクマーカーの研究・開発を促進するとともに、開発されたバイオマーカーの有用性を検証する。また、生活習慣病や認知症の予防等の効果が期待できる医薬品等の研究・開発を進める。

#### ⑨その他

本戦略目標に関連する施策として、国内では2014年度に発足したCREST/さきがけ「1細胞解析」において、シングルセルレベルでの生体分子解析技術の開発を推進しており、本戦略目標との技術連携等により効率的・効果的な研究推進のための取組が期待される。ま

た、国立研究開発法人理化学研究所は、Human Cell Atlas プロジェクトの中核拠点を担っており、本戦略目標を推進する観点で相互に技術や情報の共有等の連携を行うことで、より効率的・効果的な研究推進へ取り組んできた。

本戦略目標の下で行われる研究によって得られたデータや開発された技術等については、領域内外における適切な活用や共有を推進するとともに、JST の「ライフサイエンスデータベース統合推進事業」（2011年度～）等と連携しながら、データベース化等により更なる研究展開に向けた基盤を構築する等、効率的・効果的な研究推進のための取組が遂行されている。

## (2) 研究領域

「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（多細胞）」  
(2019 年度発足)

本研究領域では、組織等における多細胞間の時空間的な相互作用を、分子レベルあるいは細胞レベルで解析し、動的な生命システムの理解に資する技術や理論の創出を目指す。

近年、1 細胞レベルでのオミクス技術やイメージング技術、さらには大量データを処理する計算機科学等の発展に伴い、細胞や生体分子の網羅的かつ定量的な解析が可能になりつつある。これにより、個別の遺伝子や分子に着目した研究から、遺伝子群や分子群の 1 細胞レベルでの変化を対象とするような、より複雑な解析へとライフサイエンスの方法論に変化が認められる。しかしながら、時空間を考慮した生命システムの研究では、細胞や分子の経時的解析や組織・生体の三次元解析などで多くの技術的な隘路が存在する。そのため、技術的なブレイクスルーにより、生体内やそれに近い状態における細胞内外の分子の挙動や細胞の動態変化などに関して、時間情報や位置情報を加味した定量性の高い計測手法やデータ解析技術等の創出が求められている。

このような背景を踏まえ、本研究領域では、細胞間や分子間のネットワークの時空間的な理解に資する新たな技術や理論を構築し、多細胞動態の解明に関する研究開発を推進する。また、これらの研究開発を通じて得られる質の高いデータやパラメータ等から、多細胞の動態を予測・操作するための技術基盤を構築する。

## (3) 研究総括

氏名 松田 道行 (京都大学 大学院生命科学研究所 教授)

上記詳細は、以下 URL をご参照ください。

JST 公開資料「新規研究領域の事前評価」

<http://www.jst.go.jp/kisoken/evaluation/before/index.html>

平成 31 年度新規研究領域の事前評価

[https://www.jst.go.jp/kisoken/evaluation/before/hyouka\\_h31.pdf](https://www.jst.go.jp/kisoken/evaluation/before/hyouka_h31.pdf)

## (4) 採択研究課題・研究費

(百万円)

採択年度	研究代表者	所属・役職 採択時 <sup>2</sup>	研究課題	研究費 <sup>1</sup>
2019年度	今吉 格	京都大学 大学院 生命科学研究科・ 教授	力学場と生化学場の相互作用の 計測・操作と予測	338
	永楽 元次	京都大学 ウイルス・再生医科学 研究所・教授 (医生物学研究所)	遺伝子制御ネットワークの理解 に基づく臓器創出技術の開発	294
	澤井 哲	東京大学 大学院 総合文化研究科・ 教授	細胞動態スペクトラムから紐解 く多細胞秩序の創発規則	244
	土屋 雄一郎	名古屋大学 トラ ンスフォーマティ ブ生命分子研究 所・特任准教授 (特任教授)	植物ホルモンフローアトラスの 構築	240
	藤田 克昌	大阪大学 大学院 工学研究科・教 授	多細胞の包括的分子イメージン グ技術基盤の構築	280
	藤原 裕展	理化学研究所 生命機能科学研 究センター チームリーダー	体表多様性を創発する上皮一 間充織相互作用の動的制御機構 の解明	334
	若本 祐一	東京大学 大学院 総合文化研究科・ 教授	ライブセルオミクスと細胞系譜 解析によるパーシスタンスの理 解と制御	205
2020年度	榎本 秀樹	神戸大学 大学院 医学研究科・教 授	腸-脳機能コネクティクスによ る腸内感覚の機能解明と操作	315
	武川 睦寛	東京大学 医科学 研究所・教授	1細胞内分子振動と多細胞間相 互作用によるストレス応答機構 の解明	233
	豊島 文子	京都大学 ウイルス・再生医科学 研究所・教授 (医生物学研究所)	生理的組織リモデリング機構の 解明と臓器操作技術の開発	355
	西田 基宏	九州大学 大学院 薬学研究院・教 授	超硫黄フラックス解析基盤の創 出による筋頑健性構築	294
	森下 喜弘	理化学研究所 生命機能科学研 究センター・チ ームリーダー	組織変形動態解析を起点とした 種間・器官間で保存された形態 形成則の解明	262

2021 年度	植田 美那子	東北大学 大学院 生命科学研究所・ 教授	生命情報の低次元化を起点とする多階層モデル駆動型研究戦略の創出	275
	岡本 康司	国立がん研究センター・分野長 (帝京大学 先端 総合研究機構・ 教授)	マルチオミクス 1 細胞解析による難治がん組織空間の数理的再構成	275
	黒田 真也	東京大学 大学院 理学系研究科・ 教授	時空間トランスオミクスを用いた多細胞・臓器関連代謝制御の解明	266
	新宅 博文	理化学研究所 開拓研究本部・ チームリーダー (京都大学 医 生物学研究所・ 教授)	RNA movieによる多細胞運命分岐のダイナミクスアノテーション	257
			総研究費	4,468

<sup>1</sup>各研究課題とも研究期間の総額、進行中の課題は予定を含む(2023年12月31日現在)

<sup>2</sup>変更/移動のあった場合、下段に括弧つきで記載

- 本研究領域では、多細胞が作る不均一で非連続なシステム動態の制御機構を解明するために、計測技術開発、観測結果をパラメータ化する定量的生物学、それらを理解するための理論構築を領域全体として推進することが可能となるチーム編成を前提としている。予算配分にあたっては、若手の研究者に配慮すること、性別・所属機関等のバイアスを極力なくすこと、他の競争的資金制度と不合理な重複・過度な集中にあたらないかについても考慮した。
- 研究期間中の予算見直しにおいては、Slack を利用したウェブ上での討論・サイトビジット・領域会議・年次報告・中間評価等の機会を活かし、①若手育成、②チーム間の共同研究促進および技術移転、③国際共同研究促進、④進捗状況に応じた研究支援、⑤その他（会議期間中のベビーシッター雇用等の機会均等促進）を重視し、研究総括の目利きにより、「研究総括裁量経費」を必要に応じて柔軟に支援している。
- 上記総括裁量経費に加え、戦略的創造研究推進事業における「国際強化支援」制度の活用や、CREST 全体の予算状況に応じて、上記①～⑤に該当するチームに増額を行っている。

## 2. 研究総括のねらい

本研究領域は様々な技術や理論、データを糾合・発展させ、多細胞間での時空間的な相互作用や細胞の不均一性を定量的に理解するための解析基盤の創出を目指す。社会的・経済的ニーズの実現に向けたトップダウン型の研究開発プログラムとしてのCRESTの役割を踏まえ、特に、波及効果の高い技術や理論等の創出と生命現象や疾患の解明を重視する。

具体的には、個体発生や再生、がん、免疫、細胞の環境応答等の細胞の動態変化や移動、増殖等を伴う生命現象を主な対象とし、以下の3つのアプローチを領域の柱とする。また、研究終了時の成果として、多細胞間相互作用に関わる新たなパラメータが国際単位系の数値として世界に発信できることを3つの柱に共通する領域の理念としている。

### 3つの柱： 定量的観察・計測技術・理論

多細胞間での時空間的な相互作用の理解に向けて、  
解析基盤(技術、理論、データ)を形成

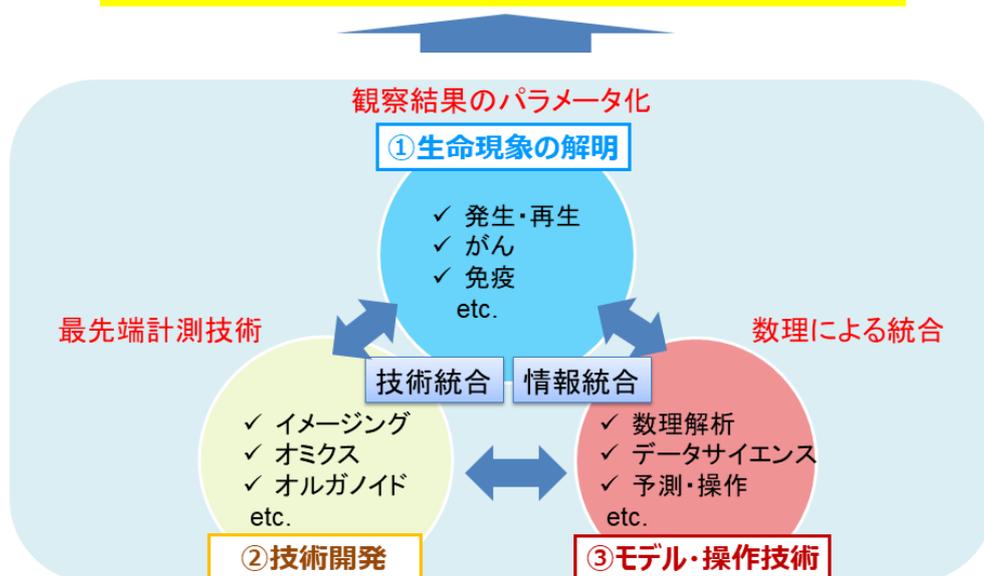


図1 領域の3つの柱

#### (1) 多様な計測手段を介した生命システムの定量的理解

分子情報等を1細胞レベルで多数の細胞から取得することにより生命現象を定量的に理解するための研究や、同一サンプルを複数の計測手段を組み合わせ多角的に解析する研究等を推進する。各研究者の得意とする研究領域で、生命現象を表す「物理量」をパラメータとして蓄積することを期待している。

#### (2) 時空間情報を含む細胞間及び分子間ネットワーク解析技術の開発

細胞-分子間や細胞間のネットワーク等を対象に、時間情報、空間情報に着目しながら、

生命システムの振る舞いを理解するための技術開発の他、多次元のデータから次元圧縮等により、特性やパラメータを抽出する研究等を推進する。

### (3) 細胞集団の特性や動態を予測・操作する技術と理論の創出

計測データから数理モデル等を構築・検証し、それを用いて細胞集団の動態を予測・操作するための技術や理論の創出を推進する。また、オミクス解析やイメージング等で生成される膨大なデータから有用な知見を見出したり、迅速に解析したりするための手法等も対象とした。

## アウトプットのイメージ: 定量的解析基盤の創出

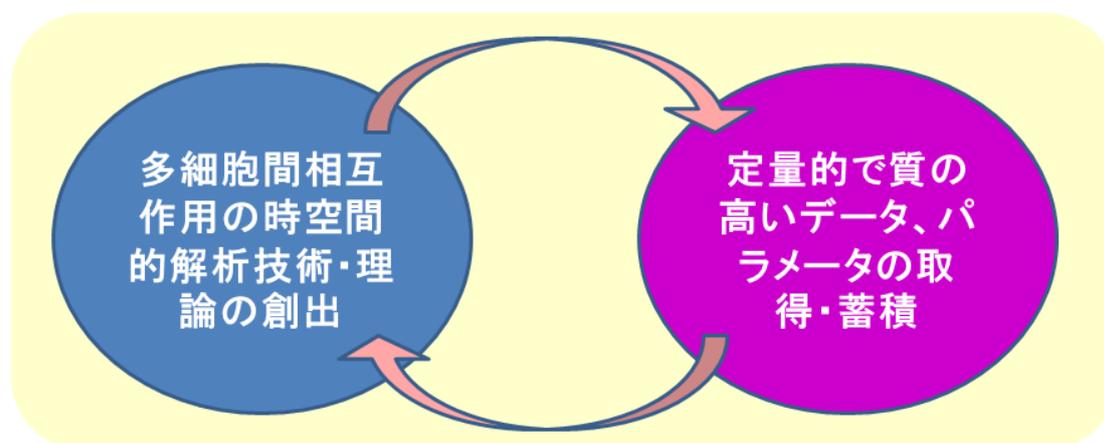


図2 アウトプットのイメージ

### 3. 研究課題の選考について

本研究領域では、2019年度から3年度にわたり、3回の研究提案募集を実施した。研究課題の選考方針は、上述の「2. 領域総括のねらい」と重複するものであるが、下記枠内に記す。なお、選考方針は2、3年目では前年度の採択状況を鑑みながら、若干の変更を加えている。

## 1. 本領域のねらいと具体的な研究開発例

本領域は生命現象や疾患メカニズムの解明に繋がる多細胞間での時空間的な相互作用や細胞の不均一性の定量的な理解に向けて、様々な技術や理論、データの糾合・発展等による研究開発を推進します。また、多細胞研究における現在の技術的な制約等を打破し、パラダイムの転換を可能にするような技術や理論等の創出による解析基盤の構築を目指します。なお、本領域ではCRESTの社会的・経済的ニーズの実現を見据えたトップダウン型の研究開発プログラムという観点から、成果のインパクトや波及効果についても重視します。

本領域における研究開発は、個体発生や再生、がん、免疫、細胞の環境応答等の細胞の動態変化や移動、増殖等を伴う生命現象を主な対象とし、以下の3つのアプローチを領域の柱とします。また、今後の生命科学の発展に資する、質の高いデータ・パラメータを取得、蓄積することを3つの柱に共通する領域の理念とします。

- (1) 多様な計測手段を活用した多細胞間での相互作用の定量的理解
- (2) 時空間情報を含む細胞間及び分子間ネットワーク等の解析技術の開発
- (3) 細胞集団の特性や動態を予測・操作する技術と理論の創出

- (1) 多様な計測手段を活用した多細胞間での相互作用の定量的理解

分子情報等を1細胞レベルで多数の細胞から取得することにより生命現象を定量的に理解するための研究や、同一サンプルを複数の計測手段を組み合わせ多角的に解析する研究等を推進します。研究終了時の成果として、多細胞間相互作用に関わる新たなパラダイムの提示を期待します。

想定される具体的な研究例

- ア 微小環境を構成する細胞の可塑性や不均一性を生み出す多細胞間相互作用の解析
- イ 多重標識による遺伝子発現やタンパク質動態解析に基づく多細胞間相互作用の解析
- ウ 核酸やタンパク質、代謝物等の網羅的な解析技術を用いた細胞間相互作用の解析
- エ 再生、がん、免疫等における細胞間クロストークの可視化に基づくシステム解析

- (2) 時空間情報を含む細胞間及び分子間ネットワーク等の解析技術の開発

細胞-分子間や細胞間のネットワーク等を対象に、時間情報、空間情報に着目しながら、生命システムの振る舞いを理解するための技術開発の他、多次元のデータから次元圧縮等により、特性やパラメータを抽出する研究等を推進します。また、分子、細胞、組織、器官、個体などの階層をつなぎ理解するための技術・理論や再現性の高い実験材料の創生に係る研究についても対象とします。研究終了時の成果として、多細胞間相互作用に関わる新たなパラメータが国際単位系の数

値として世界に発信できることを期待します。

想定される具体的な研究例

- ア 数時間～数週間に渡る時間軸に沿って、組織や個体の特定の細胞を標識、追跡し、細胞の分化や移動を解明する技術
- イ 組織や個体のより深部を低侵襲かつ時空間的に解析する技術の開発
- ウ イメージング技術やオミクス技術等を組み合わせ、時間情報や空間情報と遺伝子発現やタンパク質等の情報を統合的に理解するための技術開発
- エ 細胞間相互作用の研究に資する生体の特性を模倣するオルガノイド創生の技術開発
- オ 細胞間情報伝達をつかさどるパラクライン因子可視化の技術開発

### (3) 細胞集団の特性や動態を予測・操作する技術と理論の創出

計測データから数理モデル等を構築・検証し、それを用いて細胞集団の動態を予測・操作するための技術や理論の創出を推進します。また、オミクス解析やイメージング等で生成される膨大なデータから有用な知見を見出したり、迅速に解析したりするための手法等も対象とします。研究終了時の成果として、生命現象の予測に関わる成功例を提示することを期待します。

想定される具体的な研究例

- ア 細胞-分子間ネットワークや細胞集団の動態を制御する因子やメカニズムを見出し、構築した理論やモデルを用いて、細胞集団等の動態を予測・操作する研究
- イ オミクス解析やイメージング等で生成される大量のデータを数理的手法や機械学習等により解析し、モデル等を構築・検証する研究

## 2. 領域の運営方針

本領域は以下の方針に基づいて運営していきますので、その趣旨を十分にご理解頂いた上で、ご提案をお願いします。

### (1) 研究成果の加速と進捗による見直し

- ア 研究費は年度ごとに見直しますので、研究の進捗状況に応じて増減があることを予めご承知おきください。
- イ 優れた進捗を遂げている研究課題や領域に貢献する研究課題（技術提供やデータ解析等）に対しては、研究総括の裁量経費などによる予算追加措置を検討します。
- ウ 進捗状況や中間評価結果等に応じて研究体制や予算の見直し・組換え等を求めることがあります。研究体制の見直しに関しては、チーム内での体制見直しに留まらず、複数の研究チームに渡る組換えや外部からの研究者追

加等を行う場合もあります。

## (2) データ共有と領域内連携

- ア 本研究領域の参加者には、科学的知見（データ等）や技術、プロトコル等の領域内共有を奨励します。特にデータの共有に関しては、選考時に各チームのデータマネジメントプランを確認することがあります。また、基盤的なデータについては、領域内でのデータの統合や横断的な解析が有効であると考えられることから、本領域の研究で得られたデータの集積拠点を整備する可能性があります。なお、領域内における積極的なデータ共有を進める場合は、その活動を加速するための予算を追加で措置する場合があります。
- イ 研究成果を最大化するために、領域内におけるネットワークの形成を通じて、共同研究等を推進します。そのため、領域会議におけるディスカッションに加えて、研究総括やアドバイザーの助言の下、比較的少人数でのミーティングや勉強会なども実施していきますので、積極的なご参加をお願いします。
- ウ 各研究チームが主体的に領域内で特定の役割（データの解析やデポジット、解析技術やサンプルの提供等）を担い、領域に対して貢献することを期待します。
- エ 領域全体で効率的に研究費を使用する観点から、研究費で購入した大型機器等については、必要に応じて領域内の他の研究チームと共用することを求めます。

## (3) 領域間連携

領域のみならず、戦略的創造研究推進事業としての成果を最大化するために、関連する CREST やさきがけの研究領域との連携を図り、必要に応じてワークショップやシンポジウム等の開催を共同で行います。

## (4) 国際連携等

本研究領域と関連性の高い国内外の研究機関や研究プロジェクトと連携し、技術やデータ等の連携・交流を実施します。これらの活動を通じて、日本発の技術の海外展開や若手人材の育成を進めます。また、各チームが海外と積極的に接点を持ち、国際プロジェクトと領域の橋渡し役等となることも期待します。

### 3. 提案に関する留意事項

本領域への研究課題の提案に際しては、以下の点にご留意ください。

#### (1) 対象について

本領域は多細胞間における時空間的な相互作用の理解に向けた研究や開発を対象とするため、多細胞生物やそれに由来する組織、細胞集団を対象とします。

また、技術開発に関しては、生命現象の解明を目指したものを対象としますので、優れた技術の提案でも、対象とする生命現象が不明確な提案は高い評価を得られない場合があります。想定される生命現象を明確に記述するか、技術を検証するための生命現象を提案に盛り込むことを推奨します。

#### (2) チーム体制について

提案内容の実現に向けて、研究分野や専門性、技術等の観点から、適切なチームを構成してください。その際、分野融合や異分野連携ありきのチーム体制ではなく、提案内容の達成に向けた必要十分なメンバーから成るチームづくりをしてください。研究代表者のリーダーシップが十分に発揮され、チーム内での実効的なシナジーが期待できるかどうかも重視します。また、主たる共同研究者を置かず、領域内の他の研究者と共同研究することを想定する提案も歓迎します。

技術開発を中心に行う提案では、可能な限りチーム内にユーザーを加え、開発段階から密接に連携することで、ユーザーニーズに沿った開発を行うとともに、生命現象の解明にも取り組むようにしてください。また、理論の創出を中心に行う提案では、データ供給とモデル検証を行う研究者との連携が十分に取れるチーム体制にしてください。

#### (3) 研究期間と研究費

研究期間は5年半以内とします。研究費（直接経費）は提案内容の達成に必要な額を申請することとし、下限は1.5億円、上限は3億円とします。少人数のチームによる比較的少額な研究提案や、分野をまたぐ専門を持つπ型人材の育成を考慮した提案も歓迎します。

また、総括による精査の結果、採択にあたっては研究費の調整を行う場合がございますので、予めご了承ください。採択後は、3年を目途に継続の可否判断を含めた評価を実施します。また、評価結果により、必要に応じて研究費の増減、研究チームの再編を指示することがあります。

### 4. その他

- ア 若手研究者、女性研究者による独創的かつ野心的な提案を歓迎します。
- イ 物理学、化学、情報科学、数理科学、工学等の分野からの提案も歓迎します。

## 領域ポートフォリオ

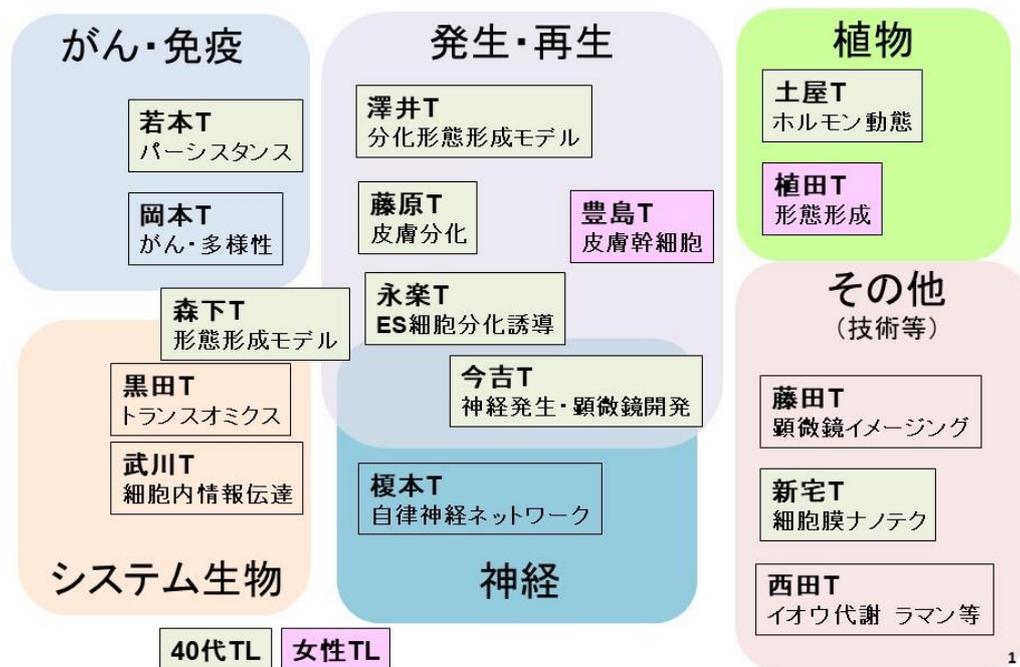


図3 領域ポートフォリオ

募集の結果、2019年度は95件の応募があり、15件の提案に対して面接選考を行い、7件を採択した。このうち6名が40代のチームリーダーであり、顕微鏡開発、数理、発生・再生・がんと目的とする領域に新進気鋭の研究者を集めた領域が開始できた。2020年度は65件の応募があり、13件の提案に対して面接選考を行い、5件を採択した。結果的に、女性やシニアの研究者が参画し、領域のバランスがとれることとなった。2021年度は54件の応募があり、13件の提案に対して面接選考を行い、4件を採択した。チームリーダーの専門で分類すると、3つの柱のうちの計測に相当する研究者が多く、技術開発や数理の研究者は少なく見える。しかし、各チームのグループリーダーに数理を担当する研究者が多く参画して

いること、計測を専門としている研究者であっても技術開発を積極的に行っている研究者が多いことなどから、領域の目標に沿ったチームを構成することができたと、研究総括ならびにアドバイザーによる選考会議では結論付けている。一方、募集要項に含まれていた免疫およびHuman Cell Atlasを主として担当するチームが採択できなかった。ストレス反応の研究チームや癌を研究する研究チームが免疫関連の研究も進められそうであったこと、Human Cell Atlasプロジェクトの動きが、より一般的になり、それを特に狙う必要性もなくなりつつあったことなどから、採択したチーム構成で当初の目的は十分達成可能と上記選考会議にて判断した。

#### 4. 領域アドバイザーについて

領域アドバイザー名 (専門分野)	着任時の所属 <sup>1</sup>	役職	任期
青木 一洋 (顕微鏡・数理)	自然科学研究機構 生命創成探究センター	教授	2022年4月～2027年3月
赤城 剛 (がん)	㈱カン研究所 (エーザイ㈱ 筑波研究所)	主幹研究員	2019年4月～2027年3月
石井 信 (情報生物学)	京都大学 大学院情報学研究科	教授	2019年4月～2020年3月
井上 貴文 (神経、顕微鏡)	早稲田大学 理工学術院	教授	2020年4月～2027年3月
今本 尚子 (細胞生物学)	理化学研究所 開拓研究本部	主任研究員	2019年4月～2027年3月
小林 博幸 (薬理・代謝)	塩野義製薬㈱ デジタルインテリジェンス部 (ヘルスケア戦略本部)	部長 (イノベーションフェロー)	2019年4月～2027年3月
相賀 裕美子 (発生)	国立遺伝学研究所 遺伝形質研究系	教授	2019年4月～2027年3月
桜田 一洋 (情報科学・再生医療)	理化学研究所 医科学イノベーションハブ推進プログラム (慶応義塾大学 医学部)	副プログラムディレクター (教授)	2019年4月～2027年3月
佐野 雅己 (生物物理)	東京大学 国際高等研究所・東京カレッジ (上海交通大学)	副カレッジ長 (教授)	2019年4月～2027年3月
鈴木 穰 (ゲノム)	東京大学 大学院新領域創成科学研究科	教授	2019年4月～2027年3月
楯 眞一 (構造生物学)	広島大学 大学院統合生命科学研究科	教授	2019年4月～2027年3月
平井 優美 (植物、代謝)	理化学研究所 環境資源科学研究センター	チームリーダー	2019年4月～2027年3月
松田 哲也 (情報科学)	京都大学 大学院情報学研究科	教授	2019年4月～2022年3月
山本 雅裕 (免疫)	大阪大学 微生物病研究所	教授	2019年4月～2027年3月

<sup>1</sup>変更/移動のあった場合、下段に括弧つき記載

領域アドバイザーの人選にあたっては、生命動態を数理および生命科学の双方から評価・アドバイスできる研究者を選んだ。具体的には、生物物理、構造生物、顕微鏡、ゲノムを専門とする技術系研究者4名、情報科学を専門とする数理科学研究者3名、免疫、がん、発生、細胞生物学、薬理、植物を専門とする実験系研究者7名を選定した。また、所属機関として国公立大学、私立大学、国立研究開発法人、企業から幅広く参画してもらうと共に、40歳代から60歳代（委嘱当時）と、幅広い年齢層に考慮した。また、女性比率が2割を超

えるようにした。情報学を専門とする研究者 2 名が諸般の事情により退任したので、2 名を補充している。

## 5. 研究領域のマネジメントについて

### (1) 研究課題の進捗状況の把握と評価、それに基づく研究課題の指導

#### ① 領域会議とサイトビジット

年 1 回の領域会議および研究期間内に 2 回のサイトビジットを実施することとしている。ここで、研究進捗状況の把握、ならびに、必要に応じて研究方針の変更のアドバイスや追加予算措置を行っている。サイトビジットは 1 期、2 期生についてはセカンドクールを実施中である。2020、2021 年度は Zoom 開催となったが、2022 年度からは現地に赴いて、研究室の状況を視察している。

表 1 領域会議の開催状況

開催	日時	会場	プログラム	参加人数
第 1 回	2020 年 1 月 13 日	JST 東京本部	研究チームの発表 (7 件) 領域データベースに関する発表 (1 件) 総括 AD 会議 (昼休み) 意見交換会 (夕方)	約 70 名
第 2 回	2021 年 1 月 20 日 ～21 日	完全オンライン	研究チームの発表 (12 件) YORC 採択者による発表 (6 件) …※ 若手研究者による Flash talk (24 件) 若手研究者によるポスター発表 (30 件) 総括 AD 会議 (昼休み)	約 100 名
第 3 回	2022 年 1 月 17 日 ～18 日	完全オンライン	研究チームの発表 (16 件) C <sup>3</sup> 採択者による発表 (5 件) …※ 領域データベースに関する発表 (1 件) YORC 採択者による発表 (8 件) …※ 若手研究者による発表 (16 件) 総括 AD 会議 (昼休み)	約 200 名
			【若手の日 (1 日目)】 YORC 採択者による発表 (13 件) …※ 若手研究者による Flash talk (20 件) アドバイザー特別講演 (1 件) ポスター発表 (33 件)	約 200 名
第 4 回	2023 年 1 月 11 日 ～13 日	名古屋国際会議場 (ハイブリット形式)	【領域会議 (2・3 日目)】 研究チームの発表 (16 件) C <sup>3</sup> 採択者による発表 (5 件) …※ 主たる共同研究者による発表 (4 件) 領域データベースに関する発表 (1 件) アドバイザー特別講演 (1 件) ポスター発表 (56 件) 総括 AD 会議 (昼休み)	※うち現地 約 160 名

第5回	2023年12月19日 ～21日	アクトシティ浜松	研究チームの発表（16件） C <sup>3</sup> 採択者による発表（3件）…※ 領域データベースに関する発表（1件） アドバイザー特別講演（2件） 若手の会受賞者による発表（5件） ポスター発表とFlash talk（64件） 総括AD会議（昼休み） 意見交換会（夕方）	約160名
-----	---------------------	----------	--	-------

※YORC、C<sup>3</sup>研究については「(3)研究費配分上の工夫」で後述する

表2 サイトビジットの実施状況

実施年度	実施日	訪問先チーム	訪問先	備考
2019年度	10月28日	永楽チーム	京都大学 医生物学研究所	1クール目
	10月28日	今吉チーム	京都大学 生命科学研究所	1クール目
	11月11日	若本チーム	東京大学 総合文化研究科	1クール目
	11月11日	澤井チーム	東京大学 総合文化研究科	1クール目
	11月12日	藤原チーム	理化学研究所 生命機能科学研究センター	1クール目
	11月18日	藤田チーム	大阪大学 工学研究科	1クール目
	11月22日	土屋チーム	名古屋大学 トランスフォーマティブ生命分子研究所	1クール目
2020年度	11月20日	森下チーム	オンライン (Zoom)	1クール目
	12月4日	榎本チーム	オンライン (Zoom)	1クール目
	12月8日	豊島チーム	オンライン (Zoom)	1クール目
	12月11日	武川チーム	オンライン (Zoom)	1クール目
	12月14日	西田チーム	オンライン (Zoom)	1クール目
2021年度	12月27日	新宅チーム	理化学研究所 和光事業所	1クール目
2022年度	6月6日	武川チーム	東京大学 医科学研究所	2クール目
	6月6日	黒田チーム	東京大学 理学系研究科	1クール目
	6月15日	藤田チーム	大阪大学 工学研究科	2クール目
	7月1日	岡本チーム	帝京大学 先端総合研究機構	1クール目
	12月20日	植田チーム	東北大学 生命科学研究所	1クール目
	12月20日	西田チーム	東北大学 医学系研究科	2クール目
2023年度	6月23日	土屋チーム	名古屋大学 トランスフォーマティブ生命分子研究所	2クール目
	7月10日	榎本チーム	神戸大学 医学研究科	2クール目
	7月21日	藤原チーム	理化学研究所 生命機能科学研究センター	2クール目
	7月21日	森下チーム	理化学研究所 生命機能科学研究センター	2クール目

## ②Slackによる情報交換

全チームの研究者が参加する Slack を立ち上げており、セミナー開催のアナウンス、発表論文の紹介、最新情報の共有などに利用されている。年度末の報告書の内容等をもとに、Web上のコミュニケーションツールである Slack にてチームごとに討論を行い、領域の研究方針との整合性や、研究発展のための意見交換を行っている。

### ③中間評価

中間評価は2期までの12チームについて終了した。進捗が遅れていると判断した1チームには、アドバイスをするとともに、戦力不足と判断したため、研究員を雇用する経費を追加配分するなどした。本件については、最後の所感のところでも述べている。

## (2) チーム型のネットワーク研究所としての活動

### ①Rising Star Seminar

大学院生～助教クラスの若手に研究発表の機会を与えること、各領域にどんな若手がいるのかの情報共有を目的として、ほぼ毎月1回、オンラインで開催している。1時間30分程度で、英語で行っている。

### ②多細胞・若手の会

コロナ期間中にできなかった若手研究者のネットワーク形成を目的として、2023年夏に、二泊三日の合宿形式で行った。プログラム作成から運営までをすべて若手研究者が行い、カフェスタイルの発表形式など、斬新なアイデアを取り入れた充実した会となった。

### ③国際強化支援

優れた技術を有する海外研究者との交流を目的としたものを5件、国際シンポジウム開催を目的としたもの1件について支援を行った。コロナ禍で1件は中止、それ以外も延期を繰り返さざるを得なかったものもあるものの、順調に遂行された。藤田グループは、補償光学を研究している英国オックスフォード大学のMartin Booth教授を招聘し、技術指導を受けるとともに、大阪大学で講演会を開催して、情報の交換を行った。また、同教授は京都大学でも公演を行い、研究総括、今吉チームら本研究領域の顕微鏡を専門とする研究者とも討論を行った。また、オックスフォード大学へは、藤田教授以下3名を派遣して、現地で実機観察、講演会等を行った。藤田グループでは得られた情報をもとに、大阪大学に補償光学装置プログラムを備えた顕微鏡を共同開発中である。

表3 国際強化支援の実施内容

実施年度	チーム	グループ	内容
2021年度	藤田チーム	藤田グループ	補償光学技術導入に向けたオックスフォード大学からの招聘と同大への派遣 ※20年度に計画するも、コロナ禍のため21年度に延期して実施
	武川チーム	鈴木グループ	シグナル伝達経路に関する新規数理手法の検討に向けた米国カリフォルニア大学への派遣 ⇒コロナ禍のため中止

	藤田チーム	藤田グループ	補償光学技術導入に向けたオックスフォード大学からの招聘と同大への派遣
2022年度	西田チーム	西田グループ 赤池グループ 中林グループ	超硫黄フラックス解析技術の確立に向けた英国からの招聘と同国への派遣 ※21年度に計画するも、コロナ禍のため22年度に延期
2023年度	若本チーム	若本グループ	国際ワークショップの開催
	新宅チーム	新宅グループ	Prof. Dino との国際共同研究

### (3) 研究費配分上の工夫

総括裁量経費を原資として、領域内連携を進めるための課題間連携促進費（Cross Team Collaboration Challenge: C<sup>3</sup>; シーキューブ）、若手育成のための定量的解析基盤創出チャレンジ（若手チャレンジ: Young Researcher Challenge; YORC）等の工夫を行っている。特に若手研究者の支援には力を入れており、若手の会や、Rising Star Seminar で実際に若手の話を聞いて、有望な若手に YORC という予算の枠組みを使って研究費を配分している。また、若手の会、領域会議に際し、会場近くでベビーシッターを雇用するサポートを行った。まだ数は多くはないが、今後、育児中の研究者がもっと参加できるよう支援を続ける。そのほかには、研究進捗状況や、各研究室の不測の事態に対応して研究費の増額を行っている。さらに、生命科学の画像データと生命システムの動態の定量データを共有する統合データベースである SSBD:database (Systems Science of Biological Dynamics database) の利用を促し、オープンサイエンスに対応するよう努力している。

#### ※課題間連携促進費（Cross Team Collaboration Challenge: C<sup>3</sup>; シーキューブ）

本研究領域の別チームに所属する研究者との共同研究提案に対して、研究費を総括裁量経費から追加配賦する仕組み。

##### 連携体制の例

- ・代表者グループ×代表者グループ
- ・代表者グループ×主たる共同研究者グループ
- ・主たる共同研究者グループ×主たる共同研究者グループ

#### ※定量的解析基盤創出チャレンジ（若手チャレンジ: Young Researcher Challenge; YORC）

本研究領域の若手研究者個人による萌芽的・挑戦的な研究提案に対して、研究費を総括裁量経費から追加配布する仕組み。自由な研究の遂行のチャンスを提供するとともに、若手研究者のアイデアに領域内のエキスパート（アドバイザーや研究者）がアドバイスを加えることで、将来的な独立やステップアップに向けた研鑽の場を構築するもの。

#### (4) その他マネジメントに関する特記事項

新型コロナ感染症下においては、サイトビジット、中間評価など多くの会議が Zoom 開催となり、十分な情報の収集ができなかったのは否めない。一方、Slack を介した情報共有が進んだこと、若手を対象としたセミナーを例会にできたことなど、Webでしかできない研究推進システムを構築できたことは利点であった。

## 6. 研究領域としての戦略目標の達成に向けた状況について

### (1) 研究成果の科学的・技術的な観点からの貢献

本研究領域の目指す「細胞間や分子間のネットワークの時空間的な理解に資する新たな技術や理論」としては、以下に述べるものを代表として、多くの成果があった。まず、ラマン分光法については 3 つのグループが研究を進めており、情報を交換しつつ新規の技術

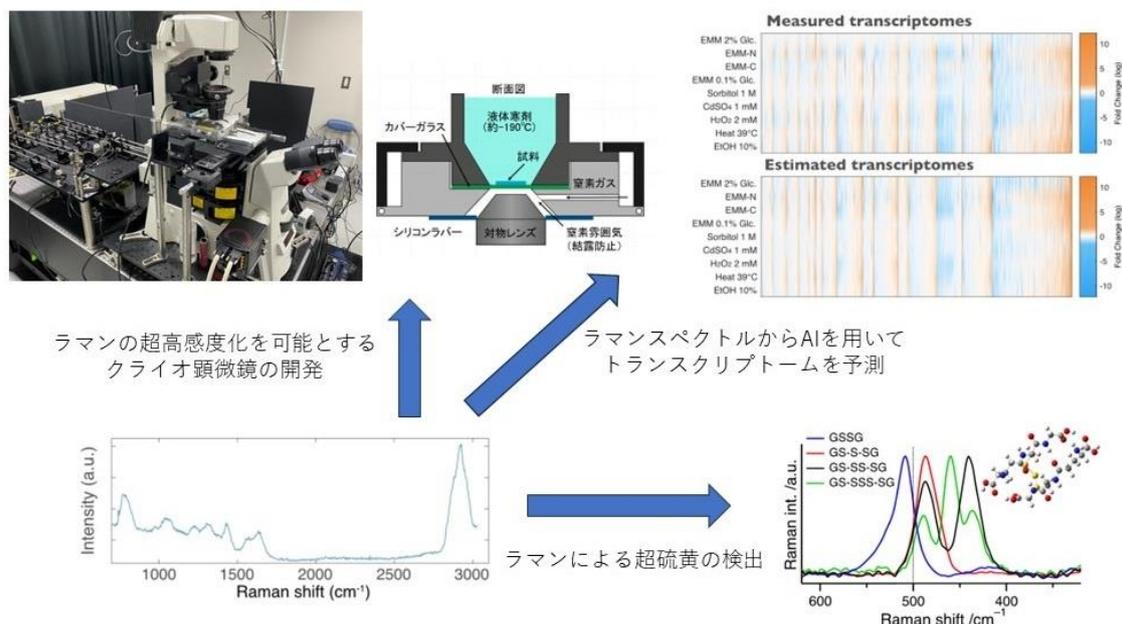


図4 ラマン分光法の多細胞研究への展開

開発に取り組んだ。ラマン分光法は、分子の状態を非破壊的に調べる方法として長い間期待されてきたが、シグナルが極めて微弱であるため広く使われる研究手法と認められるには至っていなかった。藤田チームの開発したクライオ光学顕微鏡は、培養細胞および組織を観察中に瞬時に凍らせることでラマンのシグナルが保たれた状態で時間を止め、観察時間を大幅に長くすることでシグナルを飛躍的に増加させ、これまでにならぬ感度のラマン顕微鏡画像の撮影を可能とした。西田チームは、液-液相分離を用いた濃縮法を使ってラマンスペクトルのシグナルノイズ比を向上させる方法を開発し、細胞内環状 S8 濃度を測定することに成功した。一方、若本チームはラマンスペクトルから細胞内代謝や細胞分化レベル等を推定する人工知能を用いた手法を開発した。これは、個々のシグナルが微弱であるというラマンスペクトルの問題点を克服する画期的な手法と言える。

二番目には森下チームが研究を進めているトランスクリプトームデータから組織形態写像を作成する理論を例示することができる。この研究アプローチは、実験と数理が融合した細胞間ネットワークの時空間理解に資するものであり、世界的にみてもユニークな研究と評価できる。

そのほかには、シングルセルトランスクリプトームを利用する研究成果としては、藤原

チームの皮膚幹細胞分化過程のテレスコープモデルの提唱や、豊島チームの皮膚幹細胞と間質細胞の相互作用による分化・老化制御機構モデルを例示することができ、これらの研究成果は、Nature 誌を始めとするハイインパクトジャーナルに発表されている。

また、細胞生物学会、生化学会、生物物理学会において「多細胞」領域共催シンポジウムを開催するなど、本研究領域の目指す研究戦略の発信にも努めている。さらに、2024 年 1 月には、“Multi-scale Biological Plasticity” と銘打った国際ワークショップを若本、澤井らが中心となって開催し、本研究領域での成果を海外へ発信した。

## (2) 研究成果の社会的・経済的な観点からの貢献

上述の顕微鏡技術や分光法技術はいずれも、産業化へと結びつく可能性を秘めている。たとえば、ラマン分光顕微鏡法で細胞の状態を知る技術は、たとえば ES 細胞や iPS 細胞等の再生医療分野、あるいは抗がん剤耐性能を調べる検査等への展開が可能である。二階堂グループ（藤原チーム）の 1 細胞トランスクリプトーム技術はすでに企業との共同研究も始まっているほか、山本グループ（豊島チーム）の HybISS 空間トランスクリプトーム技術も、広く研究に用いられるものと期待される。

## 7. 総合所見

### (1) 研究領域のマネジメント

生命を時空間的に変化するシステムとして把握する生命動態研究の推進のために、計測・技術開発・数理の3つの柱を立ててチームを募集し、新進気鋭の研究者が代表を務めるチームを多く立ち上げることができた。各チームとも概ね順調に研究を進めており、領域の目的達成のため前進している。領域開始と新型コロナパンデミック発生がほぼ同時という不幸はあったが、Webを使ったミーティングなどで十分にカバーできたと考えている。領域の大きな目標である「実験も数理もできるπ型研究者育成」については、パンデミック終息後に若手の合宿が開催されるなど、活発な交流の中で意識の浸透が計れていると感じている。また、実験から数理まで幅広い見識を持つアドバイザーによる適切な助言が、研究の幅を広げている。アカデミア以外のアドバイザーによる助言は、特に若い研究者にとっては視野を広げるいい機会になっている。

### (2) 研究領域としての戦略目標の達成に向けた状況

計測の柱の中では、藤原チームの皮膚発生過程の研究では大きな進展があった。多光子顕微鏡を使ったライブイメージングを駆使して細胞の動態を定量化する一方、世界トップの感度を誇る二階堂グループの1細胞トランスクリプトーム技術を用いて細胞の分化を規定し、発生過程の動態モデル提唱に至っている。今後、細胞外基質とのコミュニケーションを明らかにすることで、本研究領域が目指す研究の一つの成功例として示すことができるであろう。第二の成功例としては、永樂チームのES細胞の分化に関する研究である。領域の目指す、技術開発→計測→数理モデル→予測→実証実験といった生命動態の研究サイクルが回り始めている。

技術開発の柱としては、クライオ光学顕微鏡の開発、ラマンスペクトルからトランスクリプトームを予測する技術など、多細胞動態の解明につながる新奇の技術が生み出されつつある。植物ホルモンを初めて可視化できる蛍光プローブの開発は、動物に比べれば遅れていた植物における細胞間情報伝達の研究に新たな展開をもたらすものと期待される。一方、物理量としてのパラメータの取得については、例えば、細胞内超硫黄の濃度が初めて測定されたり、ストレス環境下での核膜輸送の速度変化が定量されたりするなど、一定の成果は認められるものの、多くのチームについては更なる意識改革を訴える必要があると考えている。

### (3) 本研究領域を設定したことの意義と妥当性

本研究領域で導入が必要としていた空間トランスクリプトミクスについては、アドバイザーの適切な助言もあり、いち早くこの技術を導入したチームが重要な成果を出しつつある。これらの研究はイメージング、トランスクリプトミクス、数理モデルの融合研究に特

徴があり、領域設定の妥当性を裏付けるものである。また、HybISS など領域内で開発した空間トランスクリプトミクス技術を利用した質の高い論文も出始めている。想定以上に早かったのは、1細胞シーケンス技術の普及である。1細胞シーケンスはもはや、ほぼルーチンの作業となりつつある。この流れの中で Human Cell Atlas プロジェクトは、必ずしも科学コミュニティの支持を得られてはいないように思われ、状況を注視する必要があると感じている。

#### (4) 科学技術イノベーション創出に向けた、今後への期待、展望、課題

クライオ光学顕微鏡、空間トランスクリプトミクス技術、ラマンスペクトルを使ったメタボロームやトランスクリプトームの推定技術など、重要な技術開発があった。また、ネットワーク理論に基づく細胞分化誘導法の開発も、再生医療を見据えて重要は進歩と考えられる。これらの技術は、今後、得られると見込まれる定量的パラメータとともに、多細胞ネットワークの理解とそれに基づく新たな産業創出に大きな貢献をなすと期待される。米国であれば、ベンチャー企業が次々に立ち上がっていくところであろうが、本邦では、そのベースがまだ残念ながらできてない。しかし、近年の景況をみるに、人材流動が始まりつつあり、ベンチャー企業を支えるべき流動的研究人材の市場も動き始めているように思われる。本研究領域においても、研究成果の社会実装化についても活発に議論をしていく予定である。

#### (5) 所感、その他

計測・技術開発・数理の融合を目指す研究領域の設定は時宜に叶ったものであったと思う。この領域に応募するために集まった研究グループも多く、その中から、期待される成果が出始めていることは非常に喜ばしい。また、異なる分野が融合することで応募できるシステムにすることで、若い研究者の視野を広げ、分野を超えた人材交流が進むという利点もある。CREST は、科研費の特別推進研究や基盤研究(S)、あるいは学術変革領域研究などの本質的には個人を支援する研究費とは異なる視点を続けていただければと思っている。

以上