

## 特色ある共同利用・共同研究拠点 中間評価結果

|       |           |      |                        |
|-------|-----------|------|------------------------|
| 大学名   | 明治大学      | 研究分野 | 数物系科学、数学、<br>数学基礎・応用数学 |
| 拠点名   | 現象数理学研究拠点 |      |                        |
| 学長名   | 大六野 耕作    |      |                        |
| 拠点代表者 | 西森 拓      |      |                        |

### 1. 拠点の概要 ※中間評価報告書より転記

#### [拠点の当初目的]

#### 共同利用・共同研究拠点の目的：

不確定な揺らぎの中でダイナミックに変化をしながら発展していく複雑システムは社会現象の様々な場面で現れ、このような社会現象を解明するための観測技術、観察技術、情報処理能力は我々の予想を遥かに超えて進みつつある。このような状況の中で喫緊の課題は、蓄積された膨大な情報データの中から「何が本質であり、何がそうでないか」を探ることによって、複雑システムを理解、解明することであり、それに対する貢献が数理学に求められている。しかしながら、2006年文部科学省科学技術政策研究所の報告書「忘れられた科学-数学」にもあるように、我が国では数理学の社会への貢献が諸外国に較べて圧倒的に遅れている。一方、2008年JST研究開発戦略センターより、「複雑性」に起因する現代社会の難問が提示され、それに対する数理モデリングとそのシミュレーション、解析という数理学からのアプローチは可能かが一つの論点になった。

以上のような状況を踏まえて、2008年、本学は先端数理学インスティテュート(MIMS)を拠点として、社会、自然、生命現象の解明と数学の橋渡しである数理モデリングをミッションとする現象数理学を推進するために、グローバルCOEプログラム「現象数理学の形成と発展」に申請し、採択された。5年間の活動の後、2013年度からはその継承及び更なる展開を押し進めるために、中野キャンパスにおいて「現象数理学研究拠点」を設置した。今回の拠点申請は、これまで推進してきた拠点づくりの実績を生かして、社会における様々な複雑現象を現象数理学の観点から解明するための全国共同利用・共同研究拠点を構築することを目標としている。特に、大規模ネットワークとしての社会・経済・金融そして交通システム、感染症などの流行伝播、ビッグデータとセキュリティ処理、都市、町の形成等に関与する自己組織化現象など文理融合型の研究を数理モデリングの視点から押し進め、そのための共同研究と研究集会の場を提供して当該分野の研究の発展に資すること、そして同時に、国際レベルの拠点としての活動を継続・発展させることにより、広く社会からの要請に応えることを目的とする。

#### 次期認定期間（令和2年度～7年度）における推進方策：

MIMSは文理融合とライフサイエンスをキーワードとする2本柱を立て、現象数理学研究拠点としての今後の活動を展開する。文理融合は、錯視・折紙・感性工学など、ヒトの認知機能と深い関わりを持つテーマを束ねるもので、経済・社会・人類学などの諸問題も包含する。いわば数理を社会に実装するヒューマン・フレンドリーな取り組みである。共同研究集会や大型計算機などの拠点機能は研究の進捗に大きな貢献をしており、得られた成果はマスメディアや特許を通じて広く社会へ還元され高い評価を得ているところである。このような活動を今後も継続していく。ライフサイエンスは生命そのものを対象とする理学的色彩を持つ。様々な階層にみられる生命現象を数理モデリングの手法で切り込み探究するもので、後述する明治大学の卓越大学院構想と密接に関連している。

MIMSの2本柱に呼応して、次期認定期間では本拠点のさらなる発展と国際研究拠点としての推進を目的として、1. 新しい文理融合型共同研究のスタート支援、2. ライフサイエンスと数理学の融合分野の共同研究の強化、および3. 研究集会の機動的な運営を行う。

#### 1. 新しい文理融合型共同研究のスタート支援

本拠点は、数学・数理学の分野では、基礎数学を含む数理学全般を広くカバーする京都大学数理解

析研究所、産業応用に重点を置く九州大学マス・フォア・インダストリ研究所に続く 3 つめの認定拠点であるが、前 2 拠点とは異なり、数学が浸透していない未踏分野としての文理融合研究に重点を置いているところが最大の特色である。今までに、この分野の全国研究者への共同研究の支援に加えて、本拠点に所属する研究者自身による文理融合型研究も推進し、生物と数理の融合、錯視と数理の融合、折り紙アートの産業応用、人とデジタル製造の融合など、既に 5 つの融合研究プロジェクトを進めている。しかし、文理融合の必要性・可能性のある分野はまだたくさん残っている。その中で、特に、経済変動や伝染病の伝播などの人の社会活動にかかわる数理社会学分野、人類の進化・進歩にかかわる数理人類学分野、知覚・知能と人工環境の関わり及びそこでの感性に関する数理心理学分野などに重点を置いて、新しい共同研究のスタートを支援し、文理融合を核とする本拠点の研究レベルとカバー範囲の一層の強化・充実を図る。

## 2. ライフサイエンスと数理科学の融合分野の共同研究の強化

ライフサイエンス分野は、数理科学と複合領域の融合が望まれる重要な研究分野である。本拠点が所属する明治大学は、卓越した大学院教育・研究を目指す領域として「ライフサイエンス分野」を選択し、令和元年度から学内ファンドを充当してその整備をスタートさせている。この卓越大学院構想では、現象数理学拠点としての MIMS のこれまでの実績をコアとして、数理科学といわゆるライフサイエンスとを融合したプログラム教育を行い、数理科学の視点を涵養した大学院学生をライフサイエンス分野の研究・開発の現場や社会へ送り出すための教育と研究に取り組んでいく。国内・海外の関連研究機関との研究交流実績はすでに着実に上がってきているところであるが、卓越大学院構想においては、構想を具現化するために必要な研究交流協定などを随時締結して連携体制を強化する。現時点では、国内では広島大学、山梨大学など、海外ではペンシルバニア大学、パリ第 6 大学などが MIMS と密に連携する形でこの構想に参画する予定である。これに呼応して、本拠点もこの分野を今後の中心的研究分野の一つと位置付け、その共同研究のスタートを重点的に支援する。ここでは、生物の臓器の自己組織化に関する数理、生体や細胞内の代謝ネットワークの数理、知能の学習機能の数理などの基礎研究と、それらを医療などへ利用する応用研究の両分野にわたって、広く共同研究計画を募り、そのスタートを支援する。

## 3. 研究集会の機動的な運営

次期認定期間においても、MIMS は現象数理学に関する共同研究集会の採択・運営、現象数理学の国際的拠点を維持する研究、令和元年に数学・数理科学分野で新たな拠点認定を受けた大阪市立大学数学研究所を加えた 5 拠点の合同行事、現象数理学に貢献した研究者の顕彰など、これまでの活動を継続していく。特に共同研究集会については、研究者コミュニティの意見を受けて設置された予算支援を伴わない独立開催型の開催をさらに充実させる。独立開催タイプは平成 29 年度に新設したもので、通年で募集を行う点に大きな特色があり、例えば著名な研究者の来日を機に急遽研究集会を企画することも可能になる。独立開催型の共同研究集会は設置以来 4 件を採択しているが、次期認定期間では機動性の高いこの制度を数学コミュニティに浸透させて拠点活動の一層の充実を図る。

## [拠点における目的の達成状況及び成果]

本拠点では 2020 年度の認定更新後も引き続き、共同利用・共同研究拠点「現象数理学研究拠点」運営委員会のもとで共同研究集会の公募・審査・採択を行い、採択課題への旅費交通費の支援、会場提供、広報支援を継続して実施している。しかしながら、2020 年度より本格化した新型コロナウイルス感染症の影響で、共同研究集会をはじめ諸事業の対面での実施が困難となった。そのため、オンラインやハイブリッド型プレゼン設備による支援体制の試行・改良を図り、関連設備や開催マニュアルを整備した結果、コロナ禍以前に近い件数の共同研究集会を開催するとともに、後述のオンラインを積極的に活用した新規事業を複数立ち上げることができた。

以下、冒頭に述べた拠点の当初目的、特に認定期間の 3 年間における 3 つの推進方策の達成状況と成果を記す。

### 1. 新しい文理融合型共同研究のスタート支援

拠点運営委員会による公募課題の審査・採択により、社会物理学とその周辺、折り紙の科学を基盤とするアート・数理・工学への応用、錯覚の解明・創作・利用への諸アプローチ、経済物理学とその周辺、等の文理融合をテーマとした共同利用・共同研究集会が実施され、人文科学分野や芸術への応用も含めた現象数理学の新しい地平を切り拓きつつある。さらに、拠点内の研究者が中心となって、方言など文化形質の伝播過程を推定する手法の確立や、芸術作品としての錯視立体の創作、扇の折りたたみ角度と扇面に描かれた図柄の変化の運動など、我が国の伝統文化の理解と現代的展開につながる成果（別紙 3）を生み出している。

## 2. ライフサイエンスと数理科学の融合分野の共同研究の強化

2019年度からの学内ファンドによる整備を下地に、2020年度より、卓越大学院構想に基づく本学の理系分野（理学、工学、農学、数理科学）融合領域に関わる「現象数理・ライフサイエンス融合教育プログラム」（学内プログラム）が推進されることとなった。その推進機関として「現象数理ライフサイエンス融合研究拠点」が設置され、MIMSも協力機関として参画した。この取り組みは2022年度でその活動を終了したが、この間、山梨大学や広島大学などと大学間共通科目を通じた院生の講義履修・単位互換や、教員間の共同研究が行われた。

[https://www.meiji.ac.jp/dai\\_in/life\\_science/6t5h7p00002d36et.html](https://www.meiji.ac.jp/dai_in/life_science/6t5h7p00002d36et.html)

上記プログラムと呼応する形で、本拠点では新規事業「ライフサイエンス・数理科学融合研究支援プログラム」を立ち上げた。本プログラムでは、細胞のエネルギー代謝と共生動態、生物集団の社会的機能の発現、行動推定による飼育動物の基礎生態解明、エントロピー生成からみた生命現象に関して、解析的手法・数値的手法・統計科学的手法などを用いて遂行する新規の研究課題を採択・支援した。これらは、数理科学的手法を通して行う新たな異分野融合研究につながるものと期待される。

## 3. 研究集会の機動的な運営

コロナ禍に対応すべく、従来の対面方式に代わるオンラインやハイブリッド形式による研究集会の開催を模索した。その中で、機器整備や運用支援のノウハウを蓄積し、オンライン研究集会の開催をマニュアル化し、共同利用・共同研究拠点としてのサービスの維持ならびに新しいサービス形態の創出に努めた。さらに、オンラインを積極的に活用した事業を新たに開始した。主なものは、「現象数理学拠点リモートセミナー」、「SMP 計算機システムを用いた数値シミュレーション講習会」、「Python 講習会」、「高校生のための現象数理学入門講座と研究発表会」、「山口大学・時間学研究所との連携セミナー」である。

さらに、国際的拠点としての活動である現象数理学国際会議（ICMMA2020, ICMMA2021, ICMMA2022）をオンラインで開催した。テーマは、それぞれ「数理科学による快活生活のデザイン」、「群れにおける組織化と協調の創発」、「トポロジーとその工学・生命科学への応用」である。国際的なリーダーを講演者として招き、活発な議論を通して本拠点の存在と重点的研究活動を国内外へ広く周知することができた。また、拠点間の国際交流として、ボルドー大学数学研究所数理生態学センター（フランス）、ペンシルベニア大学数理生物学センター（アメリカ）、フランス国立科学研究センター（CNRS）の国際研究ネットワーク（IRN）等の海外の研究組織と、人的交流や研究プロジェクトの共有による連携強化を図っている。さらに、本拠点の運営母体である明治大学先端数理科学インスティテュート（MIMS）および大学院先端数理科学研究科とペンシルベニア大学数理生物学センターとの間で、数理生物学および関連分野の学術交流に関する協力協定書を2023年3月に締結するとともに、同センターの2名の所長を招聘して独立開催型研究集会に準ずる特別講演会を開催した。

これらの拠点活動は数理科学関連コミュニティからも認められており、日本学術会議による未来の学術振興構想ビジョンの公募においては、日本応用数学会などからの強い要請を受け、本拠点の運営母体であるMIMSが「文理融合」の観点から提案を行うに至った。また、九州大学が幹事校となった文部科学省科学技術試験研究委託事業：AIMaP（数学アドバンストイノベーションプラットフォーム）活動にも協力し、「独自の新しい、唯一、リアルタイムで最適制御可能な“エネルギー最適制御（EOC）”と因果の分かる機械学習」が注目された。文部科学省研究振興局 HP「2030年に向けた数理科学の展開—数理科学への期待と重要課題—」では2006年～2021年の異分野融合・産学連携の代表例の1つに選ばれるなど、関連コミュニティとの結びつきや影響も増している。

2020年度から2022年度までは機能強化支援を受け、2020年度に共有メモリ型（SMP）計算機システムを先進的な最新の構成に更新し、約20倍の計算高速化を実現。全国の研究者に、数理モデルのシミュレーション解析等を行うための高速で安全な計算環境を提供することが可能となり、拠点としての役割を一層強化することができた。さらに、2021年度には需要の高い並列計算能力を強化するため、新たなGPGPU計算用サーバーを導入し、さらなる利用者の利便性を図った。同様に機能強化支援により、2022年度にオンラインと対面を併用したハイブリッド型の最新プレゼン設備を導入し、コロナ禍中でも機動的な共同研究集会の支援を行うことができた。

### [自己評価]

本拠点事業で推進する項目のうち、「1. 新しい文理融合型共同研究のスタート支援」「2. ライフサイエンスと数理科学の融合分野の共同研究の強化」に関しては、共同利用・共同研究拠点としても、拠点内部での研究活動においても、文化・医学・動物の行動など、従来数理科学と馴染みが薄かった分野との融合を指向する研究集会や共同研究がスタートし、様式3に記したように、学術論文や特許などの成果も産出されつつある。ただし、折紙工学などの特許を実際の製品開発につなげるのは費用面など課題も多く、

2022年度に立ち上げたベンチャーを利用して開発の加速を図る。

「3. 研究集会の機動的な運営」で掲げられた事項も、今後の感染症流行にも対応可能なオンラインまたはハイブリッド型開催の研究集会のルール作りとノウハウの蓄積、海外拠点との連携の強化などを通して実現されつつあり、当初の目的は概ね達成できたと考える。一方で、国内・海外からの拠点への来訪者の激減などもあり、独立開催型研究集会を対面で実施してその意義を広く浸透させることが困難であった。今後、研究者の訪問件数の回復とともに、独立開催型研究集会を機動的に運営し、拠点活動の一層の充実を図る。

## 2. 評価結果

(評価区分)

S：拠点としての活動が活発に行われており、関連コミュニティへの貢献も多大であると判断される。

(評価コメント)

本拠点は、社会における様々な複雑現象を現象数理学の観点から解明する共同利用・共同研究拠点として、数学が浸透していない領域である人文・社会学との文理融合研究やライフサイエンス分野等との異分野融合研究の橋渡し役となり、各研究領域の発展に資するとともに、広く社会の要請に応えることを目的として拠点活動を実施している。共同利用・共同研究拠点としての活動が活発に行われており、関連コミュニティへの貢献も多大であると判断される。

特に、新たな研究領域との融合研究を開始し、研究テーマの新規開拓に積極的に取り組んでおり、新たな学際領域の創出に資する活動が行われている。また、国外の研究拠点との連携が着実に進んでおり、今後の活動の発展が期待できる。さらに、学内外での連携による融合研究支援プログラム等の実施により若手研究者の育成に意欲的に取り組んでいる。また、機能強化支援を活用し、新型コロナウイルス感染症の拡大を踏まえリモートでの共同研究集会を可能とする設備の導入や共同研究に使用する大型計算機の更新を行い、共同研究者の研究環境の強化を図ろうとしている。

今後は、異分野融合研究の更なる研究成果の創出への貢献、拠点のアウトリーチ活動の工夫等により、拠点活動の一層の充実が図られることが期待される。