

研究領域「数学・数理科学と情報科学の連携・融合による情報活用基盤の創出と社会課題解決に向けた展開」中間評価（課題評価）結果

1. 研究領域の概要

様々な科学分野や産業界で生み出されている膨大なデータを活用し新たな科学的・社会的・経済的価値を創出していく上で、数学・数理科学と情報科学とが連携・融合した新たな概念やアプローチの創出が不可欠となっています。メカニズムをモデル化する数理モデル型アプローチとビッグデータを活用するデータ駆動型アプローチとがそれぞれの強みを相補的に活かした革新的な情報活用手法の創出を通じて、実社会における情報活用の加速・高度化が期待されています。

本研究領域では、AIやビッグデータ解析などのデータ駆動型のアプローチだけでは困難な実社会の問題解決や付加価値創造に対して、数理科学と情報科学の連携・融合による新たな基盤技術の創出を目指します。具体的には、以下の研究開発に取り組みます。

- (1) 数学の発想を取り入れた新たな情報活用手法の創出に資する理論及び技術の構築
- (2) 数学・数理科学と情報科学を繋ぐ新たなサイエンスの創出
- (3) 様々な分野や産業界における情報の活用を加速・高度化するデータ解析アルゴリズムやソフトウェア等の次世代アプリケーション基盤技術の創出

上記によりインパクトある社会課題の解決につなげることを目指します。

2. 中間評価の概要

2-1. 評価の目的、方法、評価項目及び基準

戦略的創造研究推進事業・CRESTにおける中間評価の目的、方法、評価項目及び基準に沿って実施した。

2-2. 評価対象研究代表者及び研究課題

2019年度採択研究課題

- (1) 梶原 健司（九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 所長・教授）
設計の新パラダイムを拓く新しい離散的な曲面の幾何学
- (2) 樺島 祥介（東京大学大学院理学系研究科 教授）
情報量で読み解く細胞の生命現象
- (3) 河原 吉伸（九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 教授／大阪大学大学院情報科学研究科 教授）
作用素論的データ解析に基づく複雑ダイナミクス計算基盤の創出
- (4) 谷口 隆晴（神戸大学大学院システム情報学研究科 准教授）
幾何学的離散力学を核とする構造保存的システムモデリング・シミュレーション基盤

2-3. 中間評価会の実施時期

2022年11月7日（月曜日）

2-4. 評価者

研究総括

上田 修功 日本電信電話（株）NTTコミュニケーション科学基礎研究所 フェロ
ー／理化学研究所革新知能統合研究センター 副センター長

領域アドバイザー

穴井 宏和 富士通（株）富士通研究所人工知能研究所 所長
岩田 覚 東京大学大学院情報理工学系研究科 教授
國府 寛司 京都大学大学院理学研究科 教授
小谷 元子 東北大学材料科学高等研究所 主任研究者・教授／東北大学 理事・
副学長
齋藤 政彦 神戸学院大学 経営学部 教授
佐伯 修 九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 教授
田中 利幸 京都大学大学院情報学研究科 教授
田辺 隆人 （株）NTTデータ数理システム数理計画部 部長
平田 典子 日本大学理工学部 特任教授

外部評価者

該当なし

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名： 設計の新パラダイムを拓く新しい離散的な曲面の幾何学
2. 研究代表者： 梶原 健司（九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 所長・教授）
3. 中間評価結果

本研究課題は、自由曲面の区分的可展面近似、美的離散曲面に関する理論を構築し、当該理論を建築設計に実応用し、美とアート性を備えた安全、安心な構造物を効率的かつ低コストで設計することを目標としている。これまで、リー曲面幾何学による施工性と力学的合理性を備えたグリッドシェル構造の生成法、自由曲面の区分的可展面による近似法、曲線折りを含む可展面の離散モデルの対話的設計法とソフトウェア開発において優れた成果が創出されており、研究の進捗状況は高く評価できる。これらの成果は、離散的な曲面の幾何学という数学理論の観点からも独創的な理論体系が構築されつつあり、また、離散的可展面に関しての基礎研究も施工の容易さに貢献し得る重要研究と言える。得られた理論の仮設住宅への応用についてもその有用性を実証している。国際共同研究も積極的に行っている。本研究は、これまで職人芸に依存してきた部分を理論に基づく方法で代替するための土台となる研究として重要である。それ故、今後、産業界との積極的な連携を通して、建築や力学的構造物の設計やデザイン応用への展開による実務の変革に結実する成果創出に期待する。

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名： 情報量で読み解く細胞の生命現象
2. 研究代表者： 樺島 祥介（東京大学大学院理学系研究科 教授）
3. 中間評価結果

本研究課題は、がんに関係する細胞内シグナル伝達、および、免疫疾患に関係する胸腺 T 細胞における生命現象メカニズムを情報量に基づいて解明することを目標としている。前者については、高度な実験により細胞内シグナル伝達のネットワークに関する実験データ取得に成功している。さらに、情報量による細胞内シグナル伝達メカニズムの特徴づけとして移動エントロピーを導入し、取得した実データから、従来の解析手法では発見できなかった発がんや密接に関係する情報伝達経路異常を発見している。後者については、胸腺 T 細胞に関する 1 細胞遺伝子発現データを取得し、当該データに対し、簡易なモデルを提案し、従来モデルでは説明困難な分化現象を捉えている。また、当初計画していなかったが、拡散モデルに基づく、少数の計測データからの信号復元が可能となる新たな圧縮センシング技術も考案している。以上のように、情報流通解析に基づく新たな解析手法を開発すると同時に、遺伝病変異メカニズムに関する重要知見を得ている。以上から、これまでの研究の進捗状況は良好で高く評価できる。プロジェクト後半では、目標達成に向けてチーム内の各グループの相互作用を高め、科学的にインパクトの高い重要成果創出に期待する。

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名： 作用素論的データ解析に基づく複雑ダイナミクス計算基盤の創出
2. 研究代表者： 河原 吉伸（九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 教授／大阪大学大学院情報科学研究科 教授）
3. 中間評価結果

本研究課題は、非線形力学の作用素論的解析と統計的機械学習の学習・推論方法の融合、すなわち、数理モデルとデータ駆動により抽出された情報をその動力学特性を介して融合する新たなスキームの確立を目標としている。これまでの研究では、データ解析で多用されている再生核ヒルベルト空間の一般化である再生核ヒルベルトC*加群の理論の確立などによる作用素論的データ解析の非線形力学系への適応範囲の拡大に関して着実に成果を上げている。また、複雑な現象における移送的動力学特性を保証した動力学モデルの学習原理と推定法を考案し、従来法では困難であった流体などの複雑な現象の長期予測を可能にするという重要成果を上げており、これまでの研究進捗状況は高く評価できる。応用に関しても、冬眠についての興味深い研究にも取り組んでいる。一方、当初から課題としている連続スペクトルのダイナミクスの計算基盤の構築は、困難なテーマ故、現時点では重要成果創出には至っていないが、成果が上がれば国際的なインパクトも大きいと推察される。プロジェクトの後半では成果創出に向けて果敢な挑戦に期待する。

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名： 幾何学的離散力学を核とする構造保存的システムモデリング・シミュレーション基盤
2. 研究代表者： 谷口 隆晴（神戸大学大学院システム情報学研究科 准教授）
3. 中間評価結果

本研究課題は、幾何学的離散力学系を基礎として、モデリングやシミュレーションの基礎となる新理論・新技術を数理科学・情報科学の技術を用いて構築することを目標としている。これまでの研究では、離散ラグランジュ・ディラック力学の創出、および、物理法則を満たすモデリング・シミュレーション手法とそのプログラム開発、シミュレーション・モデリングのベイズ統計、理論物理学への応用など、まさに本領域が目指すデータ駆動型アプローチ（情報科学）と数学（幾何学）との融合に関する成果が創出されている。これらの成果の多数の論文が著名な国際会議、国際学術誌に採択されており、高い水準の研究成果が得られているという点で、研究の進捗状況は高く評価できる。深層学習による物理モデリングフレームワークは、深層学習とサイエンスの融合研究として、世界的にも関心の高い研究分野であり、当該チームは、当該分野において今後国際的なリーダーシップをとれるチームと評価する。プロジェクトの後半では、各研究の深化に加え、得られた成果の実問題への応用に関して、インパクトの大きな成果創出に期待する。