

## 第25回（2021年度）久保亮五記念賞受賞者の決定について

2021年9月9日

公益財団法人井上科学振興財団

公益財団法人井上科学振興財団（1984年5月30日設立, 理事長・堀田凱樹）では, 同財団に設けられた久保亮五記念賞選考小委員会及び同運営委員会における選考結果に基づき第25回（2021年度）久保亮五記念賞の受賞者に, 岡隆史氏並びに沙川貴大氏の2名を決定した。

久保亮五記念賞は, 本財団の理事長でもあった故久保亮五博士の物理学における業績を記念し, わが国の学術振興に資するため, 日本の統計物理学・物性科学における波及効果の大きい基礎的研究で優れた業績をあげた45才未満の若手研究者を対象に, 1997年度から25年間の予定で設けられたものである。受賞者には, 賞状, メダル及び賞金100万円が贈られる。久保亮五記念賞の贈呈は, 当初計画のとおり今年度をもって終了する。

本財団では, 関係専門分野の研究者からの候補者の推薦を広く公募するとともに, 関係専門分野の有識者に候補者の推薦を依頼し, これに応じて推薦された18名（18件）の候補者について慎重審議の結果, 両氏を受賞者として決定したものである。

## 1. 受賞者の略歴

氏 名：岡 隆史（おか たかし）

所属・職：東京大学物性研究所・教授

学 位：博士（理学）（東京大学）

学 歴 2005年 東京大学大学院理学系研究科博士課程修了

略 歴 2005年 独立行政法人産業技術総合研究所・産総研特別研究員

2006年 東京大学大学院理学系研究科・助手

2007年 東京大学大学院理学系研究科・助教

2012年 東京大学大学院工学系研究科・講師

2015年 マックスプランク複雑物理学研究所及び

マックスプランク化学物理研究所・グループリーダー

2020年 東京大学物性研究所・教授

受賞歴 2013年 日本物理学会若手奨励賞 領域5

## 2. 授賞理由

### 量子物質の非平衡制御の理論研究

#### Theoretical study of nonequilibrium control of quantum materials

現在、物性物理学分野は大きな変革期の最中で、物質合成とその静的性質の測定に加え、物質の持つ機能に注目した非平衡状態の動的性質の研究に関心が集まり、量子物質の新機能探索は、最近の物性分野における世界的な潮流の1つとなっている。岡隆史氏の研究は、まさにこの潮流を先取りし、その端緒ともなった卓越したものである。岡氏は、レーザー電場に代表される非平衡外場を用いて量子多体系の性質を制御する様々な手法を理論的に提案し、量子物質の非平衡物理研究を先導する業績を上げている。

岡氏の業績の中で特筆すべきものは、2009年にPhysical Review に発表されたフロッケ・トポロジカル絶縁体の提唱である。この研究は、グラフェンなどの二次元物質を円偏光レーザー照射によってトポロジカル相に変化させることを明らかにしたものである。発端は久保の線形応答理論を非平衡系に拡張することであり、外場としてのレーザー電場の持つ時間周期性に着目し、非平衡電子状態を時間周期系に対するフロッケ理論によって記述して、強く駆動された非平衡状態の応答を与える久保公式と、量子ホール状態を特徴付けるTKNN(Thouless-Kohmoto-Nightingale-Nijs)公式それぞれのフロッケ理論版の定式化に成功した。このフロッケ・TKNN公式を用いて、レーザー照射によって量子ホール状態が実現する現象、すなわちフロッケ・チャーン絶縁体という新しい状態を提唱したのである。岡氏の提唱した現象は、後にフロッケ・トポロジカル状態と総称されるようになり、多くの理論・実験研究者が参入する新分野へと発展した。フロッケ・トポロジカル絶縁体は、その後いくつかの実験グループによって実証され、現在は超高速デバイスを目指す応用研究へ移行しつつある。岡氏は、その後の研究で、チャーン絶縁体だけでなく、フロッケ・ワイル半金属など様々なトポロジカル状態実現の方法を提唱している。

岡氏の研究業績は上記のフロッケ・トポロジカル絶縁体に留まらない広がりを見せ、凍っていた電子系を強い電場によって溶かす「電場誘起絶縁体・金属転移」に関する世界初の理論研究や、モット絶縁体などの非平衡状態を研究するための手法としての非平衡動的平均場近似理論の開発なども行っている。

このように、岡氏の業績は物性のみならず基礎的な統計力学分野や応用研究へも波及しており、新分野の開拓につながる普遍性も有している。「非平衡統計物理」と「量子物質」の融合分野は、今後ますます重要性が増すと考えられるが、その分野を牽引する資質を備えている岡氏は次世代のリーダーとしても大きな期待が寄せられている。その業績と資質は久保亮五記念賞の受賞者にふさわしいものである。

## 1. 受賞者の略歴

氏 名：沙川貴大（さがわ たかひろ）

所属・職：東京大学大学院工学研究科・教授

学 位：博士（理学）（東京大学）

学 歴 2011年 東京大学大学院理学系研究科博士課程修了

略 歴 2011年 京都大学白眉センター・特定助教

2013年 東京大学大学院総合文化研究科・准教授

2015年 東京大学大学院工学系研究科・准教授

2020年 東京大学大学院工学系研究科・教授

受賞歴 2011年 日本物理学会 第5回領域11若手奨励賞

2013年 Young Scientist Prize of the C3 Commission of IUPAP

2015年 第30回 西宮湯川記念賞

2016年 第4回リサーチフロントアワード(トムソン・ライター, 現クレバ<sup>®</sup>イト・アナリティクス)

2018年 第5回ヤマト科学賞

2018年 第8回永瀬賞 特別賞

2019年 文部科学大臣表彰若手科学者賞

## 2. 授賞理由

### 情報熱力学の研究

#### Study of information thermodynamics

熱力学は物理学の根幹をなす分野の1つであり、熱力学の基礎を理解することなしに物理学を進展させることはできない。沙川貴大氏は非平衡統計力学と量子情報理論の境界領域で、熱力学の第二法則に関わる様々な理論研究を進め、情報理論と熱力学を融合して、情報熱力学とよばれる新分野を開拓し、その一般理論を確立した。その理論は国内外の複数の実験によって検証されている。特筆すべきは、沙川氏の提案に基づく実験において、マクスウェルのデーモンを初めて実現できたことである。研究成果は普遍的で広い波及効果を有している。

情報と熱力学の関係は、19世紀にマクスウェルのデーモンの思考実験（分子の動きを観測できれば、熱力学第二法則に反するエントロピーの減少が可能になるというもの）が提案されて以来、熱力学第二法則の基礎に関わる問題として、多くの物理学者、例えばシラード、ランダウアー、ベネットらによって研究された。その結果、シャノンによって導入された情報量の概念が熱や仕事と結びつくことが明らかになった。しかし、これらの研究は1粒子気体などの簡単なモデルによる思考実験の域を出ていなかった。沙川氏はこの問題に現代的な観点から挑戦し、1990年代以降に発展してきたゆらぎの定理など非平衡統計力学の成果と測定理論および量子情報理論を融合し、情報熱力学の構築に成功した。これにより、熱ゆらぎレベルでの情報取得とそれに基づくフィードバック制御過程に適用できる一般化された熱力学第二法則を導出することができた。情報処理に要するエネルギーコストの原理的限界を明らかにしたのみならず、マクスウェルのデーモンのパラドックスを一般的に解決したのである。この研究によって、1960年代から常識とされていた情報消去に関するランダウアー原理が、特殊なモデルでしか成り立たず、破れることもあることが指摘され、その破れは後に実験でも検証された。マクスウェルのデーモンの実験的実現に関連し、沙川氏が理論的側面を担当した共同研究実験においても、情報を仕事と自由エネルギーに変換することに世界で初めて成功し、2010年にNature Physics誌に掲載、世界中の注目を集めた。

最近の量子多体系の熱力学に関する研究では、単一のエネルギー固有状態であっても熱平衡状態を表せるという固有状態熱化仮説 (Eigenstate Thermalization Hypothesis, ETH) と熱力学第二法則の関係を明らかにした。

以上のように、沙川貴大氏は情報熱力学という新分野を開拓し、熱力学第二法則の量子力学的理解など統計力学のフロンティアを進展させている。また、沙川氏の研究は理論的考察に留まらず、実験的検証法の提案まで行い、さらには実験家と共同で実証に導くなど、当該分野を進展させる原動力となっている。一連の業績は久保亮五記念賞にふさわしいものといえる。

## 久保亮五記念賞贈呈式

2021年10月2日（土） 11：00～ Web開催(ZOOM)

### 本件に関する問い合わせ先

- (1) 岡、沙川両氏の研究業績についての問い合わせ

小野嘉之 東邦大学名誉教授

e-mail : ono {at} ph.sci.toho-u.ac.jp

- (2) 久保亮五記念賞についての問い合わせ

公益財団法人井上科学振興財団

Tel.03-3477-2738

e-mail : inoue-fs {at} inoue-zaidan.or.jp      URL: <http://www.inoue-zaidan.or.jp/>