

## 2024年度第19回凝縮系科学賞受賞者業績紹介

### 「理論部門」

業績題目：光駆動非平衡電子ダイナミクスの理論的研究

受賞者：佐藤 駿丞（さとう しゅんすけ）氏（筑波大学計算科学研究センター）

### 学歴

2012年3月 筑波大学理工学群物理学類 卒業

2014年3月 筑波大学大学院数理物質科学研究科物理学専攻 博士前期課程修了

2016年3月 筑波大学大学院数理物質科学研究科物理学専攻 博士後期課程修了

### 職歴

2014年4月 日本学術振興会特別研究員（DC1）

2016年4月 日本学術振興会特別研究員（PD）

2017年4月 ドイツ・マックスプランク物質構造・ダイナミクス研究所 博士研究員

2017年6月 ドイツ・マックスプランク物質構造・ダイナミクス研究所 Alexander von Humboldt 研究員

2019年5月 筑波大学計算科学研究センター 助教

2024年5月 筑波大学計算科学研究センター 准教授

### 受賞理由

光によって物性を制御し、新たな物性を創発することは、光物性物理学分野における究極的な目標の一つです。近年のレーザー技術の進展により、フェムト秒の時間幅を持つ高強度超短パルス光で物質を駆動し、フェムト秒の時間スケールで物質の性質を超高速制御したり、アト秒超短光パルスを用いて時間分解測定する研究が可能となっています。しかし、そこで観測される現象の物理的機構には未解明な点が多く残されています。

佐藤駿丞氏は、第一原理計算とモデル計算の両面から、光照射によって駆動される超高速非平衡電子ダイナミクスを解析し、光誘起超高速現象の背後にある微視的な物理機構を解明してきました。まず、時間依存密度汎関数理論に基づく第一原理計算を用いて、ポンプ・プローブ分光実験をシミュレートすることに成功しました。この手法をシリコン結晶に適用することで誘電応答を調べ上げ、誘電関数の実部が低周波数領域で負になることや、その周波数依存性が電子バンドと有効質量の変化として理解できることを明らかにしました。さらにこの手法を多結晶ダイヤモンドに適用し、アト秒過渡吸収分光法によって見出された吸収スペクトルが動的 Franz-Keldysh 効果で説明できることを示しただけでなく、その主な寄与がバンド内遷移による電流であることを明らかにしました。また、理論的に予言さ

れ、実験的にも観測されたグラフェンにおける光誘起異常ホール効果の微視的機構を、緩和過程まで含めた理論解析によって調べ、当初提案されていた光によって生じた Floquet-Bloch バンドに現れるベリー曲率だけではなく、光駆動と散逸の競合によって生じる運動量空間内の電子占有数分布の不均衡が重要な役割を果たしていることを解明しました。

以上のように、佐藤氏の業績は、光誘起物性の基礎的な理解を深めるだけでなく、光による物性の制御や創発を通じて将来の超高速電子デバイスの開発に大きな波及効果をもたらすものとして、凝縮系科学賞に相応しいものです。

- [1] S. A. Sato, K. Yabana, Y. Shinohara, T. Otobe, G. F. Bertsch  
“Numerical pump-probe experiments of laser-excited silicon in nonequilibrium phase”  
*Physical Review B* **89**, 064304 (2014).
- [2] M. Lucchini, S. A. Sato, A. Ludwig, J. Herrmann, M. Volkov, L. Kasmi, Y. Shinohara, K. Yabana, L. Gallmann, U. Keller  
“Attosecond dynamical Franz-Keldysh effect in polycrystalline diamond”  
*Science* **353**, 916 (2016).
- [3] S. A. Sato, J. W. McIver, M. Nuske, P. Tang, G. Jotzu, B. Schulte, H. Hübener, U. De Giovannini, L. Mathey, M. A. Sentef, A. Cavalleri, A. Rubio  
“Microscopic theory for the light-induced anomalous Hall effect in graphene”  
*Physical Review B* **99**, 214302 (2019).