

2023年度 第18回凝縮系科学賞受賞者業績紹介

「理論部門」

業績題目：相関電子系に対する多極子表現論の構築と交差相関応答への適用

受賞者：速水 賢（はやみ さとる）氏（北海道大学）

学歴

2010年3月 大阪大学基礎工学部電子物理科学科 卒業

2012年3月 東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻 修士課程修了

2014年9月 東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻 博士課程修了（博士（工学））

職歴

2012年4月 日本学術振興会 特別研究員 DC1

2014年10月 日本学術振興会 特別研究員 PD

2015年4月 ロスアラモス国立研究所 理論部門 博士研究員

2016年2月 北海道大学大学院 理学研究院 物理学部門 助教

2019年11月 東京大学大学院 工学系研究科 物理工学専攻 講師

2022年6月 北海道大学大学院 理学研究院 物理学部門 准教授

授賞理由

電荷・スピン・軌道といった電子がもつ内部自由度間の相互作用が物性を支配する相関電子系では、交差相関と呼ばれる多彩な電気磁気応答現象が現れます。多極子を用いて電子自由度を記述することで、この交差相関応答をミクロな視点や対称性の観点から理解する理論研究が発展しています。

速水賢氏は、従来の磁気多極子や電気多極子だけでなく、磁気トロイダル多極子、電気トロイダル多極子という新しいタイプの多極子を含む4種類の多極子基底によって電子系の秩序状態を表現することで、 32 の結晶点群に対する多極子の表式を分類するとともに各点群で活性化する多極子自由度および可能な交差相関応答を明らかにしました。この多極子表現論構築の出発点となった磁気トロイダル秩序に関する研究では、磁気トロイダル秩序が、絶縁体のみならず金属においても実現することを示し、金属特有のスピン伝導や電気磁気効果を提案しました。この提案は、その後の金属における交差相関応答実験の発展につながっています。また、多極子表現論を起点としたモデル解析によって、反強磁性体のバンド構造では結晶対称性の破れによってスピン分裂が現れること、その大きさは原子内スピン軌道結合の強さに依存しないことを指摘しました。これは、分子性結晶における反強磁性を伴

うエネルギーバンドのスピンスplitを起源としたスピンスflow出現という現象についての共同研究をきっかけに、それを多極子表現論の立場から一般論としてまとめた研究であり、原子内スピンス軌道結合の強さに依らないスピンス軌道の物理の新しい展開を切り開いています。

以上のように、速水氏の業績は、多極子表現論に基づく統一的な視点から実験を見据えた新しい量子状態や交差相関現象を提唱することで、マルチフェロイクス、スピントロニクス、カイラル物質科学といった多岐にわたる分野において今後も大きな波及効果が期待されることから、凝縮系科学賞に相応しいものです。

参考文献

- [1] S. Hayami, H. Kusunose, and Y. Motome,
“Toroidal order in metals without local inversion symmetry”,
Physical Review B **90**, 024432 (2014).
- [2] S. Hayami and H. Kusunose,
“Microscopic Description of Electric and Magnetic Toroidal Multipoles in Hybrid Orbitals”,
Journal of the Physical Society of Japan **87**, 033709 (2018).
- [3] S. Hayami, Y. Yanagi, and H. Kusunose,
“Momentum-Dependent Spin Splitting by Collinear Antiferromagnetic Ordering”,
Journal of the Physical Society of Japan **88**, 123702 (2019).