

計測技術と高度情報処理の融合によるインテリジェント計測・解析手法の
開発と応用

2016年度採択研究代表者

2020年度 年次報告書

岡本 博

東京大学 大学院新領域創成科学研究科
教授

強相関係における光・電場応答の時分割計測と非摂動型解析

§ 1. 研究成果の概要

一次元モット絶縁体において、弱励起スペクトルの解析の際に開発した多体ワニア関数法を用いて、電場印加によるスペクトルの変化(電場変調スペクトル)を計算した。具体的には、空間反転のパリティが奇の状態に加え偶の状態に対して多体ワニア関数を構築して電場変調スペクトルを計算し、実験のスペクトルをほぼ再現することに成功した。さらに、波動関数の解析から奇と偶の励起子状態の安定化の違いを明らかにした。

一次元モット絶縁体の過渡吸収スペクトルの理論解析には、1 対のダブロン・ホロン(DH)に加え、その DH2 対状態を正確に記述する必要がある。本年度は、DH2対状態に対する多体ワニア関数の構築に成功し、それを用いて 16 サイトの場合に 2 光子定常スペクトルを計算した。その結果、厳密解とよく一致することが確かめられ、本手法の有効性が実証された。この研究と平行して、時間依存密度行列繰り込み群法 (t-DMRG)による計算を進め、モットギャップ領域から周波数がゼロの近傍までを含む過渡吸収スペクトルの計算に初めて成功した。低周波数領域ではドルーデ的な応答も明瞭に観測されたことから、今後、実験との詳細な比較を進める予定である。

二次元モット絶縁体の弱励起スペクトルの理論解析については、まず、巨大行列の特異値分解(SVD)が可能となるランダムサイズド SVD と呼ばれる手法を取り入れ、16 サイトの系において、2000 までのモードを取り入れることにより厳密計算と同様なスペクトルを得ることに成功した。波動関数の解析から、スピン間相互作用に起因する励起子効果の存在を実証した。相関が大きい領域では、有効モデルを使うことによりさらに大きなサイズの系でのスペクトル計算が可能である。これと平行して行った t-DMRG による 36 サイトのスペクトルのパラメータ依存性からも、スピン由来の励起子効果の存在が裏付けられた。

§ 2. 研究実施体制

(1) 岡本グループ

① 研究代表者: 岡本 博 (東京大学 大学院新領域創成科学研究科、教授)

② 研究項目

- ・位相制御パルス・極短パルス光の発生とポンプ-プローブ分光測定系の高度化
- ・光/電場パルスで励起した強相関係の過渡光学スペクトル計測

(2) 岩野グループ

① 主たる共同研究者: 岩野 薫 (高エネルギー加速器研究機構、研究機関講師)

② 研究項目

- ・非平衡光学スペクトルの理論解析手法の構築

(3) 高橋グループ

① 主たる共同研究者: 高橋 聡 (名古屋工業大学 物理工学科、教授)

② 研究項目

- ・非平衡光学スペクトルの理論解析手法の構築

(4) 遠山グループ

① 主たる共同研究者: 遠山 貴巳 (東京理科大学 理学部第一部、教授)

② 研究項目

- ・非平衡光学スペクトルの理論解析手法の構築

【代表的な原著論文情報】

- (1) H. Yamakawa, T. Miyamoto, T. Morimoto, N. Takamura, S. Liang, H. Yoshimochi, T. Terashige, N. Kida, M. Suda, H. M. Yamamoto, H. Mori, K. Miyagawa, K. Kanoda, and H. Okamoto, “Terahertz-field-induced polar charge order in electronic-type dielectrics”, *Nature Communications* **12**, 953 (2021).
- (2) T. Yamaguchi, K. Iwano, T. Miyamoto, N. Takamura, N. Kida, Y. Takahashi, T. Hasegawa, and H. Okamoto, “Excitonic optical spectra and energy structures in a one-dimensional Mott insulator demonstrated by applying a many-body Wannier functions method to a charge model”, *Physical Review B* **103**, 045124 (2021).
- (3) K. Iwano, T. Yamaguchi, and H. Okamoto, “Ultrabosonic behavior in photoexcited one-dimensional Mott insulators in the region of weak intersite Coulombic interaction”, *Physical Review B* **102**, 245114 (2020).
- (4) K. Shinjyo, S. Sota, and T. Tohyama, “Effect of phase string on single-hole dynamics in the two-leg Hubbard ladder”, *Physical Review B* **103**, 035141 (2021).