

独創的原理に基づく革新的光科学技術の創成
2019 年度採択研究代表者

2021 年度 年次報告書

岩井伸一郎

東北大学 大学院理学研究科
教授

キャリアエンベロープ位相制御による対称性の破れと光機能発現

§ 1. 研究成果の概要

i) 6 fs 近赤外光源を用いたアト秒干渉計と CEP 操作を用いた有機超伝導体における光強電場効果の制御(空間反転対称性の破れを含む)を、理論解析と合わせて普遍的な理解へ導き(*Faraday Discussion* accepted paper 2022、DOI:10.1039/D2FD0004K, *J. Phys. Soc. Jpn.* 90, 044713 (2021))、関連技術の特許申請を行った。(PCT/JP2021/045369, PCT/JP2022/008650, PCT/JP2021/046199)。ii) キタエフ型量子スピン液体物質の光磁化(光による時間反転対称性の破れ)の機構を 6 fs パルスを用いた実験と理論から明らかにした(PCT/JP2021/044368)。iii) 銅酸化物高温超伝導体 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ (最適ドーピング $T_c=92\text{K}$)において光励起による準粒子ダイナミクス(ゲージ対称性の破れ)の初期過程において熱化以外の過程(プラズマ振動数の増加)を初めて観測した。iv) 電子強誘電体において、光励起によるナノ分極(局所的な空間反転対称性の破れ)の増大を観測した(*Phys. Rev. Res.* 3, L032043 (2021))。iv) 外場印加による電子状態の最適化、マッピング測定のために、イオンゲルを用いた平面型電気化学ドーピングセルを開発し、共役系高分子、単層グラフェン、強相関電子系などでその動作を実証した。v) 光磁化機構の最適化に不可欠な量子スピン液体の精密電子相図を、高圧合成技術を用いて明らかにした。vi) 基板と膜厚を最適化した強相関ディラック半金属(SrIrO_3)薄膜において 6 fs パルスを用いた電子ダイナミクス測定を開始した。vii) 量子スピン液体の光磁気効果に関して、励起光の偏光依存性を明らかにした(*Phys. Rev.* B103, 100408 1-5 (2021))。

§ 2. 研究実施体制

(1) ペタヘルツ光機能発現グループ

- ① 研究代表者:岩井 伸一郎 (東北大学 大学院理学研究科 教授)
- ② 研究項目
 - 1) 先端光源と計測装置の開発
 - 2) 強相関電子物質における波長変換と光増幅(有機物)
 - 3) 強相関電子物質における波長変換と光増幅(酸化物)
 - 4) 量子スピン液体、ディラック電子系における磁気光学効果

(2) 光機能解析グループ

- ① 主たる共同研究者:岸田英夫 (名古屋大学 大学院工学研究科 教授)
- ② 研究項目
 - 1) 外場(磁場、電場)印加非平衡状態の解析法の開発
 - 2) 外場印加・電気化学ドーピング(イオン液体セル)による光機能の最適化
 - 3) 光電流、光機能状態の検出法の開発
 - 4) マッピング測定による光機能の可視化

(3) 光機能材料創成グループ

- ① 主たる共同研究者:大串研也 (東北大学 大学院理学研究科 教授)
- ② 研究項目
 - 1) 強相関フォトンクス材料(トポロジカル磁性体)の開発
 - 2) 強相関フォトンクス材料(高温超伝導体)の開発
 - 3) 強相関フォトンクス材料の広帯域光学測定

(4) ナノ薄膜・光機能材料創成グループ

- ① 主たる共同研究者:松野丈夫 (大阪大学 大学院理学研究科 教授)
- ② 研究項目
 - 1) 界面制御によるディラック電子系の光スピントロニクスの開拓
 - 2) 界面制御による光スピントロニクス材料の最適化

(5) 量子多体理論グループ

- ① 主たる共同研究者:米満賢治 (中央大学 理工学部 教授)
- ② 研究項目
 - 1) 強相関電子系の高次高調波発生の理論
 - 2) 強相関電子系の光増幅と同期現象の理論
 - 3) 光スピントロニクスの理論

【代表的な原著論文情報】

1) “Petahertz charge dynamics in a correlated organic superconductor”

S. Iwai, Y. Kawakamai, H. Itoh, and K. Yonemitsu, *Faraday Discussion* accepted paper DOI: 10.1039/D2FD0004K p1-9

2) “Mechanism for Synchronization of Charge Oscillations in Dimer Lattices”,

K. Yonemitsu, and P. Werner, *J. Phys. Soc. Jpn.* 90, 044713 1-8(2021).

3) “Charge correlations and their photoinduced dynamics in charge-ordered organic ferroelectrics”, H. Itoh, H. Obatake, R. Fujiwara, Y. Kawakami, K. Yamamoto, M. Dressel, and S. Iwai, *Phys. Rev. Research.* 3, L032043 1-8 (2021)

4) “Zigzag magnetic order in the Kitaev spin-liquid candidate material RuBr₃ with a honeycomb lattice” Y. Imai, K. Nawa, Y. Shimizu, W. Yamada, H. Fujihara, T. Aoyama, R. Takahashi, D. Okuyama, T. Ohashi, M. Hagihala, S. Torii, D.

Morikawa, M. Terauchi, T. Kawamata, M. Kato, H. Gotou, M. Itoh, T. J. Sato, and K. Ohgushi, *Phys. Rev. B* 105, L041112 (2022).

5) “Polarization-dependent magnetic properties of periodically driven α -RuCl₃”

N. Arakawa, and K. Yonemitsu, *Phys. Rev.* B104, 214413, 1-21 (2021)