

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

2020 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

極短パルス光源の CEP 制御、検出方法の更なる進化、アト秒精度の干渉計の製作と高調波発生への応用、光磁化の新機構の探索を推進した。また計画後半で用いる予定の新規光源の導入、アト秒領域のフォトニクス材料の舞台となる対象物質の開拓を行った。

- i) 光源のキャリアエンベロープ位相 (CEP) の測定精度を、電場振動周期の 2% (90 アト秒) まで向上させた (13 秒間 (13000 パルス) の標準偏差)。これを用いて、強相関超伝導体の新規な非線形光学 (空間反転対称性を有する物質における SHG) の機構を明らかにした (Nat. Commun. 10, 1038 (2020))。数十アト秒精度の干渉計を作成し、有機超伝導体の高次高調波の測定を行った (図 (a)、特願 2020-205358)。
- ii) また、キタエフ型量子スピン液体物質において発見した超高速逆ファラデー効果 (光による時間反転対称性の破れ) の新しい機構 (スパイラル電流による磁気モーメント) を提案した (図 (c) 特願 2020-203352)。
- iii) 本研究の対象物質群である Ru 塩化物、Ir 酸化物、Cu 酸化物の定常光学スペクトル (吸収・反射・ラマン散乱スペクトル) を測定した。さらに、電気化学的ドーピング手法の検討を進めた。
- iv) 新規光機能材料の開拓として、キタエフ量子スピン液体関連物質、梯子型鉄系超伝導体を系統的に作製し、光機能の最適化のための方法論を開拓した。強相関ディラック半金属 SrIrO<sub>3</sub> を光機能材料として開拓するため、新たな基板における製膜条件を確立した。イリジウム酸化物と強磁性体の界面のスピン軌道トルク生成や、スピンホール磁気抵抗から、光スピントロニクスの開拓に必要な情報を取得した。
- v) 量子多体理論により、実験で見いだされた超伝導体の非線形同期現象の解析や、量子スピン液体の光スピントロニクスの理論を構築した。

## § 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) 強相関フォトニクス材料(トポロジカル磁性体)の開発
  - 2) 強相関フォトニクス材料(高温超伝導体)の開発
  - 3) 強相関フォトニ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(米満)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理論
  - 2) 強相関電子系の光増幅と同期現象理論
  - 3) 光スピントロニクス理論

**【代表的な原著論文情報】**

- 1) “Petahertz non-linear current in a centrosymmetric organic superconductor”,  
Nat. Commun. 10, 1038 (2020)