

【特別推進研究】

理工系



研究課題名 光と物質の一体的量子動力学が生み出す新しい光誘起協同現象物質開拓への挑戦

東京工業大学・理学院・教授 **腰原 伸也** (こしはら しんや)

研究課題番号： 18H05208 研究者番号：10192056

キーワード： 光物性、光誘起相転移、超高速動的構造

【研究の背景・目的】

安定な物質構造やその光励起状態からのエネルギー緩和過程に基づいて、半導体、誘電体、磁性体といった様々な材料の相転移を光で制御する手法（古典型光誘起相転移）の開発が進められてきました。しかしながらこの従来型の指針では、膨大な情報処理や高効率エネルギー利用に不可欠な、超高速光相スイッチ材料や光エネルギー変換材料開発は、緩和過程を伴うが故の原理的困難に直面しています。

そこで本研究では、固体物質の物性（誘電、伝導、磁性等）の起源である、電荷・構造（電子軌道）・スピンという 3 つの量子自由度が絡み合って生み出される秩序（相転移）を、物質内協同相互作用が生む素励起の時間振動（量子振動）と光子が強く結合する過程（量子光誘起相転移）を利用し、超高速に制御する、という新しい発想に挑戦します。

具体的には、光励起によって極短時間に発現する、光励起特有の新秩序状態（隠れた状態：Hidden State）の特性を、量子振動一周期をも凌駕する時間分解能を持った分光観測手法、構造観測手法を用いて明らかにします。この為にスピン偏極フェムト秒電子線回折装置開発を行います。得られた知見を基盤に、従来型発想に基づく古典的光誘起相転移では実現不可能な、超高速可逆光相変換物質の開拓、さらには 3 自由度の秩序が複合的に変化する新奇物質の開拓に挑戦します。

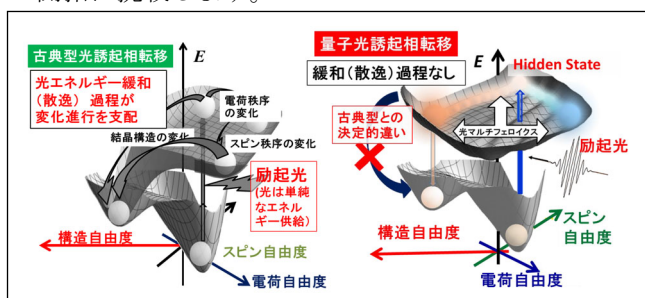


図1 エネルギー緩和のある従来型の（古典型）光誘起相転移（左側）と、緩和をほとんど伴わない、量子ダイナミクスで進行する量子光誘起相転移（右側）の概念図

【研究の方法】

量子光誘起相転移過程を制御し、それに伴う構造、磁気特性の変化を明らかにするために、30 フェムト秒のパルス幅を持つスピン偏極超短パルス電子線回折装置を開発します。この装置で得られる知見と、

超短パルス分光研究の知見を組み合わせることで、量子光誘起相転移の特性を明らかにし、Hidden State の発現過程、さらには 3 自由度の複合的変調（光マルチフェロイック）が可能な物質の創成に、有機金属化学、無機材料開発の専門家と協力して挑戦します。

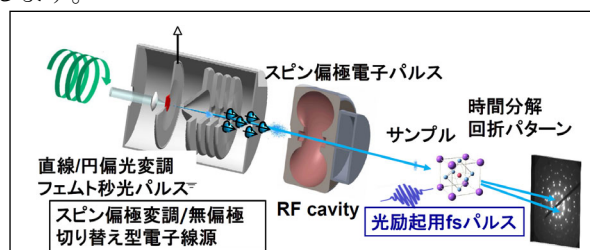


図2 開発する超高速構造変化観測装置（スピン偏極フェムト秒電子線回折装置）の概念図

【期待される成果と意義】

まず学術面では、光がつくる多電子状態のコヒーレンスを活かす形での協同相互作用系の制御、そして超高速光励起特有の Hidden State の同定と誕生過程解明という、多体现象科学と光科学を包含する根本的な問題に対する統一的な理解が、具体的物質例に基づき得られると期待されます。この基礎概念の確立によって、伝導性・誘電性・磁性の特性が光量子操作によって超高速で切り替えが可能な、夢の光機能物質（光マルチフェロイック）の登場が期待されます。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- “Direct Observation of Collective Modes Coupled to Molecular Orbital Driven Charge Transfer”, T.Ishikawa, M.Hada, *R.J.D. Miller, K.Onda, S.Koshihara, et al. Science 350, pp. 1501 (2015)
- “Coherent dynamics of photoinduced phase formation in a strongly correlated organic crystal”, T.Ishikawa, S.Koshihara, *K.Onda et al. Phys.Rev.B 89, 161102(R) (2014)

【研究期間と研究経費】

平成 30 年度－34 年度 484,700 千円

【ホームページ等】

<http://www.chemistry.titech.ac.jp/~koshihara/skoshi@cms.titech.ac.jp>