

量子技術を適用した生命科学基盤の創出  
2019 年度採択研究者

|                  |
|------------------|
| 2021 年度<br>年次報告書 |
|------------------|

藤橋 裕太

京都大学大学院工学研究科  
特定助教

時間分解量子もつれ分光法: 理論基盤の構築と生体分子系への応用

## § 1. 研究成果の概要

本研究計画では、レーザーのような古典光には対応物がない非古典光に特有の性質やパラメーターを時間分解分光測定へ応用することに着目し、光化学系 II 反応中心など光合成タンパク質の動的過程の観測における有用性を理論的に明らかにする。特に、スペクトルの選択性および測定感度の向上を可能とするような非古典光の生成および適用法を理論的に確立することを目指す。

2021 年度は、昨年度の研究[1]の成果である非古典相関を利用した時間分解スペクトルの選択励起能の向上に関する有用性をより明確に示すために、具体的な分子系の時間分解もつれ分光スペクトルの計算を通して選択励起能と時間分解能に対するもつれ時間の影響を解析した。本研究では、具体的な分子系として緑色硫黄細菌に存在する光合成光捕集タンパク質 Fenna-Matthew-Olson(FMO)複合体(図 1(b))を考えた。FMO 複合体は光捕集タンパク質の中では比較的小さく、非線形分光計測による電子励起エネルギー移動過程の研究におけるモデル分子系としてよく調べられている。FMO 複合体内の色素分子は  $12000 - 12600 \text{ cm}^{-1}$  の周波数帯域の光子を吸収することから、本研究ではそのような周波数に対応するもつれ光子対を発生できる方法の一つである  $\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$  結晶による PDC 過程を考えた。重要な成果として、もつれ時間が比較的最長い場合には、 $\beta\text{-BaB}_2\text{O}_4$  結晶の位相整合関数の周波数フィルター効果により FMO 複合体の二次元スペクトルの特定の非対角ピークを選択的に増強できることを示した。また、この結果から、現状の量子もつれ光子発生技術の範疇で位相整合関数による周波数フィルター効果を複雑分子系の分光計測に活用できることが分かった。

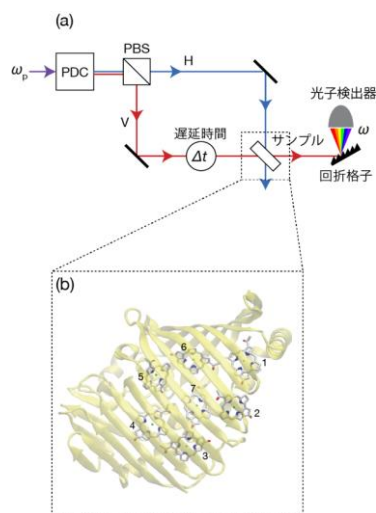


図 1 (a)量子もつれ光子対の偏光を考慮した Hong-Ou-Mandel 干渉計配置による時間分解測定系の模式図。(b)研究対象の分子である Fenna-Matthews-Olson(FMO)複合体の結晶構造。FMO 複合体は 7 個の色素分子を含む。

### 【代表的な原著論文情報】

1) Y. Fujihashi and A. Ishizaki, “Achieving two-dimensional optical spectroscopy with temporal and spectral resolution using quantum entangled three photons”, J. Chem. Phys. 155, 044101

(2021).