

2022 年度  
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	三宮工
研究機関名	東京工業大学
所属部署名	物質理工学院
役職名	准教授
研究課題名	電子線を用いた多次元多空間ナノスケール光計測
研究実施期間	2022 年 4 月 1 日～2023 年 3 月 31 日

### 研究成果の概要

ナノスケールに光を拘束することは、単に光デバイスが小型化するだけでなく、物質と光の相互作用を高めることになる。物質内の電磁波を解析するためには、光の波長限界を超えたナノスケールの空間情報に加えて、エネルギー・運動量測定、さらには時間スケールの計測も欠かすことができない。本研究では、電子線励起発光の高い空間分解能を活用した光の多次元・多空間計測を実施する。

これまでに開発をすすめてきた空間—運動量—エネルギー同時分解 4 次元カソードルミネセンス (CL) 法に関しては、2022 年度にノイズ除去や、長時間計測で問題となるポストプロセスでのドリフト補正機能を付加した。これにより複数の 4 次元計測データ同士の演算が必要となるストークス解析が高分解能で実施できるようになった。4 次元 CL の応用として、シリコン球内の Whispering Gallery Mode (WGM) の可視化・発光の指向性を解析した。

時間分解計測を目指した時間相関 CL 計測では、電子一つに対して複数の発光中心が励起され、光子が週群化して放出される (バンチング) を利用し、2 次の時間相関  $g(2)$  を計測することで発光寿命を得ることがわかっている。2022 年度には、この時間計測を電子線スキャンと同期させてマッピング可能にする 3 次元計測 (空間 2 次元、時間 1 次元) システムを立ち上げ、発光寿命マッピングが可能となった。さらに、長寿命の発光計測を可能とするため、電子線シャッターを導入した。

また、励起空間—発光空間同時分解 CL システムの開発も前倒して実施できている。通常の CL では、電子線による励起位置は正確に決定できるが、発光位置は不明であり、問題となっていた。本システムでは、電子線スキャンに同期して発光自体を光学イメージングすることで、発光位置分解を可能としている。このシステムを用いて、コヒーレント発光のモジュレーション、電磁波の伝搬の可視化に成功している。