

## 研究課題別事後評価結果

1. 研究課題名： 多光子時間空間相関イメージング手法の開拓

2. 個人研究者名

島添 健次（東京大学大学院工学系研究科 特任准教授）

3. 事後評価結果

PET や SPECT などの従来の核医学手法は原理的多核種撮像、相互作用撮像は困難であった。本研究では短い時間スケールで連続的に放出される多光子カスケードガンマ線の時間空間相関イメージング手法を考案し、多核種同時撮像の実現、核スピンを介して放出される生体内局所情報抽出技術の開拓を目指した。

[どのような量子性をどのように扱ったのか]

- ・カスケード光子放出核種の間状態の核スピンとプローブ周囲の外場の相互作用を体外からガンマ線の時空間相関として検出することで生体内の局所情報を高感度に可視化
- ・時間相関を用いて多核種を分離

[達成状況とインパクト]

島添研究者は、外部磁場を用いた In-111 のガンマ線放出の振動を検出、回転周波数を定量化、外部磁場を用いた位置分解手法の原理、超音波を用いたガンマ線時空間相関の変更の実証に取り組んだ。治療核種での PET/SPECT 同時計測に成功しており、特にガンマ線を使う点がオリジナルで面白く、2つの $\gamma$ 線光子の角度相関が pH、超音波、磁場等によって変化することを見いだしている。 $^{211}\text{At}$ 、 $^{111}\text{In}$ 、 $^{18}\text{F}$  など RI 内用療法、抗体診断薬を可視化する SPECT 撮像、糖代謝を含む PET 撮像に利用される核種を用いた同時撮像試験を行っており、今後、診断と治療の同時撮像に利用可能な基盤技術が確立できたことは評価できる。当初の提案は磁場や温度の微小環境を捉える技術開発であったが、ガンマ線 2 光子の時空間相関から局所 pH 情報の抽出に成功している。pH のような化学環境を検出できた点は興味深く、特に弱酸性 pH における応答変化の検出まで成功していることは高く評価できる。一方で、 $\gamma$ 線光子の角度相関がどうして pH や超音波の影響を受けるのか、再現性を確認してそのメカニズムを定量的に明らかにすることが望まれる。また、pH に関する感度が生体に対して利用できレベルであるかの視点、具体的な生命科学の観点からより意義のある応用に向けて研究を進めてもらいたい。2 光子の時間相関を用いた多分子の同時イメージングについては、マウスを用いた多核種同時撮像の取得を行うなど、生体内局所情報抽出の基盤技術となる手法を実証しており、当初目標を概ね達成していると評価できる。pH と生体内局所情報を抽出する技術基盤の確立に向け、さらなる動物実験での検証と研究成果に期待したい。

本技術がどのような生命活動・分子挙動に計測できるかの方向性について、島添研究者は、核スピンを介した局所の電場勾配の検出性能を生かした pH やその他の分子設計された相互作用の計測へ展開、観測されたガンマ線の振動周波数から線源の位置分解を組み合わせたイメージングとの両立を挙げている。それらの視点は実験的な根拠に基づいている。一方、生体相互作用などの局所情報を抽出するための多光子の時間空間角度相関を網羅的に取得するには感度が足りない課題は残っているが、更なる高感度化も併せ、今後の研究の大きな展開が期待される。