

課題名 (タイトル) :

陽電子断層撮像法のモンテカルロ・シミュレーション

利用者氏名 : 福地 知則

所属 : 神戸研究所 分子イメージング科学研究センター 複数分子イメージング研究チーム

1. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

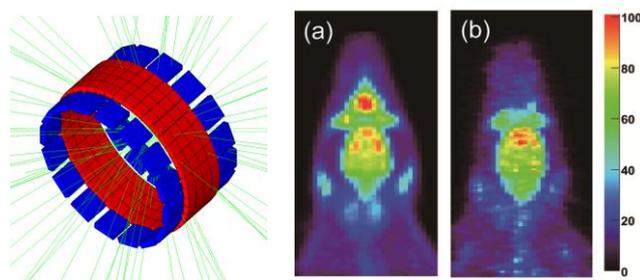
陽電子断層撮像法 (PET: Positron Emission Tomography) をはじめとする核医学イメージングは、放射性プローブを生体内に投与し、生体外に出てくる放射線を使ってプローブの分布を可視化する手法である。PET装置は、外部からは検査が難しい病気などを、手術をおこなわずに、ごく初期の段階で発見することができるため病院等で広く用いられている。一方で、現行のものよりさらに高性能のPET装置をつくるための研究開発がおこなわれている。一般的なPET装置は、リング状に並べられた数千から数万個の検出器群とその信号処理装置、画像処理装置から成り、非常に複雑な構成となっている。そのため新規の装置を設計する際に、実際の装置を組み立てて検証する事は、時間とコスト面において難しく、コンピュータ・シミュレーションを用いた設計が欠かせないものとなっている。

我々の研究室では、新規のPET装置の開発を進めている。これは、PET装置とガンマ線スペクトロメトリーの融合により、一般的なPET装置では困難である、複数プローブの同時イメージングを目的としたものである。この開発の一環として、複数プローブ同時イメージング用PET装置の実現可能性を検出するために計算機シミュレーションを実行した。

2. 具体的な利用内容、計算方法

計算には、物質と放射線の相互作用をモンテカルロ法によりシミュレートするツール Geant4 [1]を核医学イメージングに特化させたツール GATE [2]を用いた。Geant4 および GATE は、放射線の放出時刻、放出方向、その後の物質との相互作用を、すべて乱数をもとに、飛跡追跡 (トラッキング) することにより計算するモンテカルロ・シミュレーターである。多数の事象についてトラッキングをおこない、最終的に放射線検出器における放射線のエネルギー分布、検出位置分布など

を統計的に得ることができる。本研究では、理研分子イメージング科学研究センターが所有するシーメンス社製小動物用PET装置 microPET Focus 220 (LSO 検出器、24,192 個、図左 (赤)) にゲルマニウム半導体検出器 (図左 (青)) を追加した装置をシミュレーター上に構築した。このシミュレーターに、実際の小動物実験により得られたプローブ分布を複数組み合わせで作成したデジタルファントムを組み込み、計算をおこなった。



左: 通常のPET装置にガンマ線検出器を追加した、複数プローブ同時イメージング用PET装置の構成例

右: 複数プローブ同時イメージング用装置によるデジタルファントムの2核種同時イメージング例 ((a) ^{18}F , (b) ^{124}I)

3. 結果

複数プローブ同時イメージングのシミュレーションに先立ち、ガンマ線検出器を追加しない通常のPET装置によりデジタルファントムのイメージングを実行し、シミュレーター上に構築したPET装置が、実際の装置と同等の性能を持つことを確かめた。この結果をもとに複数プローブ同時イメージング用PET装置により、2核種同時イメージングの計算を実行し、2つのプローブそれぞれの画像が実用的な精度で得られることを確認した (図右)。

また、計算に必要な演算時間として、放射能 100 MBq 30分のイメージングで約 12,000 コア時間を要することが判明した。

4. まとめ

モンテカルロ・シミュレーターGATE を用いて、PE

T装置による全実験系をシミュレートし、実際のPETイメージングとの比較により妥当性を確かめた。これを用いて、新規の核医学イメージング装置である複数プローブ同時イメージング用PET装置の実現可能性を検証した。

5. 今後の計画・展望

今回、新規のイメージング装置の実現可能性をシミュレーションにより実証したので、今後、最適な検出器配置等をシミュレーションにより検討し、より効果的な装置の設計を進める。また、将来的な、装置の臨床応用を見越して、この装置を用いた場合の、被験者および作業従事者の放射線被曝量が許容範囲内であるかどうか検証する。

- [1] J. Agostinelli *et al.*, "Geant4 a simulation toolkit"
Nucl. Inst. and Meth. A vol.506, 250 (2003),
- [2] D. Strul *et al.*, "GATE (Geant4 Application for Tomographic Emission): a PET/SPECT general-purpose simulation platform,"
Nucl. Phys. B vol. 125, 75(2003)

平成 24 年度 RICC 利用研究成果リスト

【国際会議、学会などでの口頭発表】

Positron Emission Tomography for Multiple Molecular Imaging

T. Fukuchi, T. Hanada, Y. Cui, H. Toyoda, Y. Watanabe, S. Enomoto

World Molecular Imaging Congress 2012, Dublin Ireland, October 2012

【その他】

モンテカルロ・シミュレーターGATE による PET 検出器応答の推定

福地知則, 豊田浩士, 渡辺恭良, 榎本秀一

第 6 回日本分子イメージング学会学術大会 浜松 2012 年 5 月 (ポスター発表)