

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

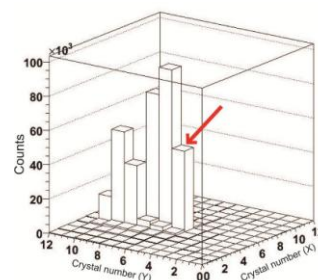
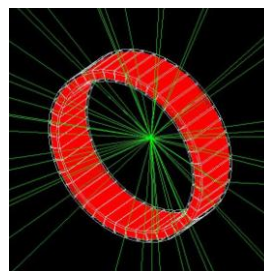
陽電子断層撮像法 (PET : Positron Emission Tomography) をはじめとする核医学イメージングは、放射性プローブを生体内に投与し、生体外に出てくる放射線を使ってプローブの分布を可視化する手法である。PET 装置は、外部からは検査が難しい病気などを、手術をおこなわずに、ごく初期の段階で発見することができるため病院等で広く用いられている。一方で、現行のものよりさらに高性能の PET 装置をつくるために日進月歩の研究開発がおこなわれている。一般的な PET 装置は、リング状に並べられた数千から数万個の検出器群とその信号処理装置、画像処理装置から成り、非常に複雑な構成とな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

我々の研究室では、既存の核医学イメージング装置の性能向上をはかるとともに、新規の装置の開発を進めている。この研究の一環として、PET 装置による画像の高精度化の目的で、PET 検出器モジュールの応答についてシミュレーションをおこなった。

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行い、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

社製小動物用 PET 装置 microPET Focus 220 (LSO 検出器、24,192 個) をシミュレーター上に構築し (図左)、ガンマ線の入射角度に対する検出器の応答を計算した。



左 : OpenGATE による focus220 のシミュレーション
右 : 38 度の傾きで検出器ブロック (12×12) の中心クリスタルにガンマ線 (511 keV) が入射した時 (矢印)

3. 結果

PET 装置は、陽電子-電子の対消滅により発生する 2 本のガンマ線を 2 台の検出器で同時検出することに原理をおいているが、同時検出した検出器組み合わせによりガンマ線入射方向が異なる。すべての検出器組み合わせに対するガンマ線の入射方向 (約 6 千通り) について検出器の応答を計算した。この計算結果は、特定の角度で検出器クリスタルにガンマ線が入射した際に、入射したクリスタルで検出される確率に加えて、ガンマ線が散乱や突き抜けを起こし周辺のクリスタルで検出される確率を与えるものである (図右)。これらの結果のうち実測によりガンマ線の検出効率が既知であるものとの比較により、計算値が 2% 以内の精度で実測値を再現していることを確かめた。これらの検出器応答の計算結果は、応答の定性的な特性を明らかにするとともに、画像再構成アルゴリズムに組み込むことで、高精度の画像を得るための基礎データとなる。

4. まとめ

モンテカルロ・シミュレーター Geant4 および GATE の RICC への導入を行った。これを用いて、核医学イ

イメージング装置における基礎データであるガンマ線に対する検出器の応答を詳細に計算した。計算値と実験値の比較によりシミュレーションの妥当性を確認した。

5. 今後の計画・展望

今後、今回の計算で得たガンマ線の入射角度に対する詳細な検出器応答を画像再構成に組み込み、高精度の画像を得るためのアルゴリズム開発を進める。また、今回、核医学イメージング装置の導入と検証が終わったことから、今後、これを用いて装置の最適な検出器構成の検討や、新規のイメージング装置の有用性の検証を進めて行く計画である。

- [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)