

令和 4 年 6 月 1 日現在

機関番号：32607

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K07688

研究課題名（和文）トレーサブル点状線源によるPET装置の校正・定量性評価法の開発と全国的展開

研究課題名（英文）Novel evaluation and calibration method with traceable point-like sources for PET

研究代表者

長谷川 智之（Hasegawa, Tomoyuki）

北里大学・医療衛生学部・教授

研究者番号：10276181

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：トレーサブル点状線源の開発については、アクリル吸収体Ge-68/Ga-68タイプに注目し、Monte Carloシミュレーションによる物理特性評価に基づき改良を進め本研究に供した。校正・評価プロトコルの開発・検証と全国的な展開については、新たに協力施設を得ながら最新の全身用PET装置も対象に提案手法の検証を着実に進めた。とくに、Positron Emission Mammography（PEM）装置やdedicated-breast PET（dbPET）装置などの乳房専用装置についても新たに協力施設を得て、専用ファントム及び評価プロトコルの開発をさらに進めた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来の点状線源はPET装置の校正や定量性評価に適する物理特性を有していなかった。これに対して、本研究で開発しているトレーサブル点状線源はこの目的のために研究代表者らが世界に先駆けて独自に考案したものであり、国家標準とPET装置を直接的に結びつける信頼性と利便性に優れたかつてない独創的な校正ツールとなる。そして、トレーサブル点状線源を用いる校正・定量性評価法は、水ファントムや樹脂ファントムに基づく従来法に比べて、不確かさや利便性において優れた特徴を有している。それゆえ、これまでにない校正・定量性評価法の可能性が拓けるなど、PET装置の物理的品質管理に関わる分野における1つのブレイクスルーとなる。

研究成果の概要（英文）：We developed practical phantom tools using novel traceable point-like Ge-68/Ga-68 sources with acrylic positron absorber. These tools are useful for determining calibration constants and for evaluating the quantitative imaging accuracy of various types of PET scanners including Positron Emission Mammography (PEM) and dedicated-breast PET (dbPET) scanners as fundamental responses to point-like inputs in a medium. Without the handling of an unsealed solution of radioisotope, they are convenient and safe, minimizing human error, workload, and radiation exposure for staffs. In addition, the traceability path is simpler because the point-like sources can be calibrated at accredited calibration centers directly by professionals prior to delivery. Therefore, the inherent uncertainty in the calibration should be smaller than that of conventional methods. This study has been performed in collaboration with many collaborators and PET facilities.

研究分野：医学物理学

キーワード：PET トレーサブル点状線源 校正 性能評価 医学物理

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

PET は臨床や研究の様々な分野において重要な役割を担っている。その最大の特徴は、極微量標識分子の生体内分布や動態を画像から定量的に評価できることにある。これを支えるのが校正や定量性評価など、放射能(濃度)値の測定精度を維持・向上させるための物理的品質管理である。校正や定量性評価の従来法としては、ファントムとドーズキャリブレーションを用いる手法などが標準的手法として国際的にも普及している。しかし、校正がファントムに依存するため、原理的に散乱減弱補正の不確かさ(誤差)と校正定数の不確かさを分離して評価できない。また、不確かさ要因が多く作業負担が大きい。さらに、放射性同位元素を攪拌して固化した樹脂ファントムを用いる手法では、利便性は改善されるが、放射能濃度値の不確かさが大きい。以上のような限界があった。

2. 研究の目的

本研究課題の申請時における当初の研究目的は、トレーサブル点状線源を用いる新しい手法により上記問題を解決し、本分野にブレークスルーを起こし、PET 装置の校正・定量性評価の質を大きく向上させることである。一般的な点状線源はこれまでも PET 装置の基本特性評価等に利用されてきているが、従来の点状線源は校正や定量性評価に適する物理特性を有していなかった。これに対して、本研究で開発するトレーサブル点状線源はこの目的のために研究代表者らが世界に先駆けて独自に考案したものである。国家標準と PET 装置を直接的に結びつける信頼性と利便性に優れたかつてない独創的な校正ツールとなる。これにより、ファントムや散乱減弱補正の不確かさと独立な校正が可能となり、これまでにない定量性評価法の可能性が拓け従来法の限界が打破されると期待できる。

3. 研究の方法

トレーサブル点状線源の開発については、候補をアクリル吸収体 Ge-68/Ga-68 タイプとアルミ吸収体 Na-22 タイプの2つに絞り、Monte Carlo シミュレーションも活用しながら、放射能不確かさの改善と高精度化を図り、仕様を改良して利便性を向上させる。前者は、半減期が短いという欠点があるが、同時放出されるガンマ線に起因する不確かさを無視できるのが大きな利点である。後者は、同時放出されるガンマ線により一定のバイアスが生じる場合があるが、利便性が高いという特徴がある。また、標準線源化や認証機器化についても協議を進める。校正・定量性評価プロトコルの開発については、トレーサブル点状線源のみを用いて校正定数を決定あるいは定量性を評価する基本的手法、トレーサブル点状線源を専用ファントムと組み合わせる物質中の点入力に対する定量性評価を実現する手法の2種類に焦点を当ててさらに開発を進める。また、複数の点状線源を同時に有効視野内に配置する方法などの発展的手法の開発も進める。全国的展開については、国内10施設以上の様々なPET装置を対象に提案手法を適用してその有用性を検証する。とくに、校正・定量性評価法が全身用PET装置ほどには確立されていない乳房専用装置など部位特化型PET装置、小動物用PET装置、研究開発中の特殊なPET装置なども適用範囲に含め新しい知見を得ることを目指す。

4. 研究成果

レーザブル点状線源の開発については、アクリル吸収体 Ge-68/Ga-68 タイプに注目し、Monte Carlo シミュレーションによる物理特性評価並びに仕様・製造方法の見直しを経て、新たに 2 個を試作し本研究に供した。校正・評価プロトコルの開発・検証と全国的な展開については、新たに協力施設を得ながら最新の全身用 PET 装置も対象に提案手法の検証を着実に進めた。とくに、Positron Emission Mammography (PEM) 装置や dedicated-breast PET (dbPET) 装置などの乳房専用装置についても新たに協力施設を得て、専用ファントム及び評価プロトコルの開発をさらに進めた。なお、当初研究計画での最終年度にあたる 2020 年度は、新型コロナウイルスの影響により所属施設からの通知に従い学外に出張しての実験や研究成果発表ができない状況であったため、研究期間を 1 年間延長した。そして、本研究活動の実績を背景として、2021 年度から 3 年間で本研究課題に直接関連する新たな研究計画が基盤研究 C に採択され、2022 年度以降も本研究計画をさらに発展させることが可能となった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 T. Hasegawa, Mio Okamoto, T. Yamada, H. Ishizuda, T. Mikamoto, Y. Satoh, H. Miyatake, K. Kikuchi, Y. Inoue	4. 巻 13
2. 論文標題 Traceable point-like ⁶⁸ Ge/ ⁶⁸ Ga source with a spherically symmetric positron absorber for PET scanners	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Radiological Physics and Technology	6. 最初と最後の頁 170-176
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s12194-020-00565-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件／うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Mio Okamoto, Kentaro Takahashi, Hiroki Miyatake, Yusuke Inoue, Keiichi Oda, Kei Wagatsuma, Yasuhiro Wada, Hiroshi Watabe, Miho Shidahara, Tomoyuki Hasegawa
2. 発表標題 Advantages of spherical ROIs for calibrating and evaluating PET scanners using traceable point-like sources
3. 学会等名 第117回日本医学物理学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kentaro Takahashi, Kai Imaizumi, Mio Okamoto, Hiroki Miyatake, Yusuke Inoue, Yasuhiro Wada, Keiichi Oda, Yashushi Sato, Kei Wagatsuma, Tomoyuki Hasegawa
2. 発表標題 Data analysis tool for handling spherical ROI data for calibration and evaluation of PET scanners using traceable point-like sources
3. 学会等名 第117回日本医学物理学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mio Okamoto, Kentaro Takahashi, Keiichi Oda, Yoko Satoh, Yuichi Inaoka, Hiroki Miyatake, Yusuke Inoue, Tomoyuki Hasegawa
2. 発表標題 Dedicated QC/QA phantom tools using traceable Ge-68/Ga-68 point-like sources for dbPET and PEM
3. 学会等名 SNMMI 2019 Annual Meeting（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kentaro Takahashi, Mio Okamoto, Tomoyuki Hasegawa
2. 発表標題 Semi-automated plug-in QC/QA tool for analyzing PET images obtained using traceable point-like sources
3. 学会等名 SNMMI 2019 Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡本美桜、高橋健太郎、宮武比呂樹、井上優介、織田圭一、島 孝次、神林健児、吉井美穂、菅野智之、川本雅美、長谷川智之
2. 発表標題 トレーサブル点状線源を用いたPEM装置専用QA/QCファントムの検討
3. 学会等名 第39回日本核医学技術学会総会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長谷川智之、岡本美桜、高橋健太郎、宮武比呂樹、菊池 敬、井上優介、織田圭一、我妻 慧、和田康弘
2. 発表標題 アクリル吸収体Ge-68/Ga-68タイプトレーサブル点状線源を用いる定量性・校正定数評価法の開発状況報告
3. 学会等名 第59回日本核医学会学術総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡本美桜、長谷川智之、宮武比呂樹、菊池 敬、井上優介、我妻 慧、織田圭一、和田康弘
2. 発表標題 トレーサブル点状線源とファントムを組み合わせる定量性評価法
3. 学会等名 第38回日本核医学技術学会総会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮武比呂樹、長谷川智之、阿部 豊、菊池 敬、井上優介
2. 発表標題 トレーサブルNa-22点状線源によるPET装置の温度依存性の確認
3. 学会等名 第38回日本核医学技術学会総会学術大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	岡本 美桜 (Okamoto Mio)		
研究協力者	高橋 健太郎 (Takahashi Kentaro)		
研究協力者	菊池 敬 (Kikuchi Kei)		
研究協力者	宮武 比呂樹 (Miyatake Hiroki)		
研究協力者	山田 崇裕 (Yamada Takahiro)		

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	松本 幹雄 (Matsumoto Mikio)		
研究協力者	石津 秀剛 (Ishizu Hidetake)		
研究協力者	三家本 隆宏 (Mikamoto Takahiro)		
研究協力者	我妻 慧 (Wagatsuma Kei)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関