

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 23 日現在

機関番号：82502

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2020

課題番号：19K17185

研究課題名（和文）独自の形状に放射線源を密封したPET装置QA/QC用ファントムの開発

研究課題名（英文）Development of sealed radioactive phantoms for PET system QA/QC

研究代表者

赤松 剛（Akamatsu, Go）

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・放射線医学総合研究所 先進核医学基盤研究部・研究員（非常）

研究者番号：00726557

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：陽電子（ポジトロン）を放出する放射線源（Na-22、半減期2.6年）とエポキシ系樹脂を混ぜあわせて独自の形状に密封したPET（positron emission tomography）装置用ファントムを開発した。開発したファントムの放射能均一性と耐久性に問題がないことを確認したうえで、小動物用PET装置、乳房用PET試作機、頭部用PET試作機などの複数のPET装置の評価検証に応用し、その有用性を報告した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

液体状の放射線源を手動で封入する（従来方法）必要がなくなり、いつでもどこでも誰でも同じようにPET装置の品質管理・品質保証（QA/QC）ができるようになった。PET用放射線検出器の評価検証にも応用でき、次世代核医学イメージング装置の研究開発を加速することができた。

研究成果の概要（英文）：We have developed novel-shape sealed radioactive (Na-22) phantoms for PET system quality assurance and quality control (QA/QC). The phantoms showed good uniformity of radioactivity distributions and enough stability for PET system evaluation. They enable us to evaluate and calibrate PET systems without radioactive solutions.

研究分野：核医学技術

キーワード：PET ファントム 密封放射線源 核医学

### 1. 研究開始当初の背景

陽電子放出断層撮像法 (positron emission tomography: PET) は、生体機能を定量的に画像化できることから、画像診断や分子イメージング研究において重要な役割を担っている。その有用性は PET 装置の物理特性に関わる QA/QC (検出器の感度補正, 検出タイミング情報の補正, 空間分解能の評価など) に支えられており、PET 計測技術の高度化 [ 3次元放射線位置 (depth-of-interaction: DOI) 計測技術やガンマ線飛行時間差 (time-of-flight: TOF) 計測技術など ] に伴い、より信頼性が高い QA/QC 手法が求められている。さらに、検出器の感度や検出タイミング情報を常に一定に保つためには、頻繁に実施できる利便性の高さや、いつでもどこでも同じようにできる再現性の高さが求められる。

しかし、円筒型のファントムに非密封の放射線源 ( $^{18}\text{F}$  溶液, 半減期約 110 分) を術者が封入して PET 計測を行う従来法では、術者の手技が QA/QC の精度に影響を及ぼすほか、術者の放射線被ばくも避けられないことから、その信頼性と利便性に限界がある。さらに、保険診療が認められて医療機関への普及が進んでいる検出器対向型の乳房用 PET 装置や、次世代の PET 装置として研究開発が進められているヘルメット型の頭部用 PET 装置においては、従来の円筒型のファントムを PET 装置内に設置することが不可能であり、新しい形状のファントムによる QA/QC 手法を確立しなければならない。従来法における主な課題を以下にまとめた。

非密封の放射線源を手動でファントムに封入しなければならず、術者の手技による誤差が信頼性を損なう要因となる。

術者がファントムを作成する際、放射線被ばくを伴う。

非密封の放射線源が必要であり (非サイクロトロン保有施設では放射性医薬品を購入する必要がある) 利便性が低い。

検出器対向型 PET 装置やヘルメット型 PET 装置には従来の円筒型のファントムを適用できないため、新しい形状のファントムが必要である。

### 2. 研究の目的

上記の課題を解決するために、本研究では独自の形状に放射線源を密封した新しい PET 用ファントムの開発を目的とした。

### 3. 研究の方法

以下の手順で研究開発を行った。

$^{22}\text{Na}$  を用いて、小型で単純な構造の密封線源ファントムを製作

放射能の均一性や耐久性を検証し、ファントム製作技術を確立

より複雑な構造 (中空ドーム型・チューブ型・円柱多孔型) の密封線源ファントムを開発  
開発したファントムを PET 装置の QA/QC や放射線検出器の評価に応用し、その有用性を検証

ファントム製作は、放射線源の専門機関である日本アイソトープ協会の協力のもとで、安全性を確保して行った。放射能をエポキシ系樹脂と混合し、線源容器を密閉することでファントムを製作した。ファントムの放射能の均一性や耐久性は、量子科学技術研究開発機構が保有する放射能測定装置や PET 装置を用いて約 1 年にわたって長期的に評価した。

ファントムの放射能均一性や耐久性に問題がないことを確認したのち、中空ドーム型、柔軟なチューブ型、円柱多孔型のファントムを開発した (図 1)。開発したファントムを PET 装置の QA/QC や放射線検出器の研究開発に活用し、その有用性を検証した。

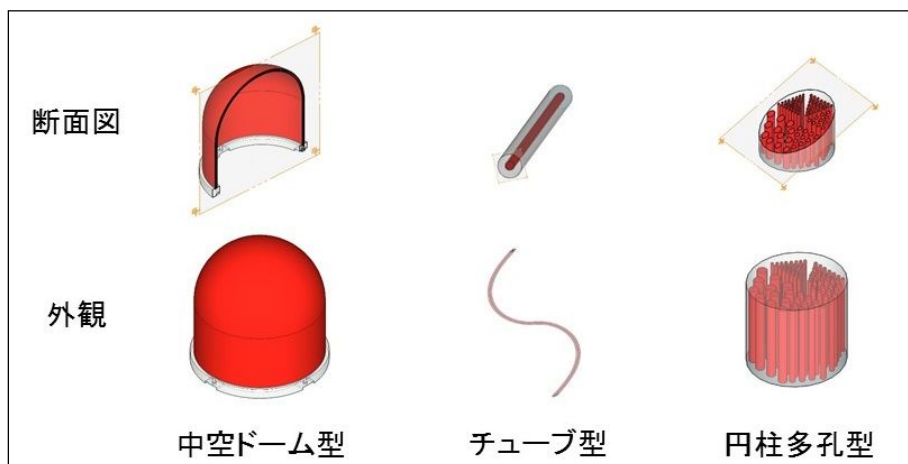


図 1. 独自に考案した 3 つのファントム (中空ドーム型、チューブ型、円柱多孔型)

#### 4．研究成果

独自の形状に放射線源を密封した PET 装置用ファントムを開発した。液体状の放射線源を手動で封入する必要がなくなり、いつでもどこでも誰でも同じように PET 装置の QA/QC ができるようになった。さらに PET 用放射線検出器の評価検証にも応用でき、次世代核医学イメージング装置の研究開発を加速させることができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2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 Yoshida Eiji, Akamatsu Go, Tashima Hideaki, Kamada Kei, Yoshikawa Akira, Yamaya Taiga	4. 巻 66
2. 論文標題 First imaging demonstration of a crosshair light-sharing PET detector	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physics in Medicine & Biology	6. 最初と最後の頁 065013 ~ 065013
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6560/abe839	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 -

1. 著者名 Akamatsu Go, Yoshida Eiji, Mikamoto Takahiro, Maeda Takamasa, Wakizaka Hidekatsu, Tashima Hideaki, Wakitani Yuichiro, Matsumoto Mikio, Yamaya Taiga	4. 巻 2019
2. 論文標題 Development of sealed <sup>22</sup> Na phantoms for PET system QA/QC: uniformity and stability evaluation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 2019 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (NSS/MIC)	6. 最初と最後の頁 1 ~ 3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/NSS/MIC42101.2019.9059761	査読の有無 無
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2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Go Akamatsu, Eiji Yoshida, Takamasa Maeda, Hidekatsu Wakizaka, Hideaki Tashima, Takahiro Mikamoto, Taiga Yamaya
2. 発表標題 Initial evaluation of novel shape radioactive sample sources with <sup>22</sup> Na and <sup>68</sup> Ge
3. 学会等名 第75回日本放射線技術学会総会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Go Akamatsu, Eiji Yoshida, Takahiro Mikamoto, Takamasa Maeda, Hidekatsu Wakizaka, Hideaki Tashima, Yuichiro Wakitani, Mikio Matsumoto, Taiga Yamaya
2. 発表標題 Development of sealed <sup>22</sup> Na phantoms for PET system QA/QC: uniformity and stability evaluation
3. 学会等名 2019 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (NSS/MIC) (国際学会)
4. 発表年 2019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	前田 貴雅  (Maeda Takamasa)		
研究協力者	脇坂 秀克  (Wakizaka Hidekatsu)		
研究協力者	三家本 隆弘  (Mikamoto Takahiro)		
研究協力者	脇谷 雄一郎  (Wakitani Yuichiro)		
研究協力者	松本 幹雄  (Matsumoto Mikio)		
研究協力者	吉田 英治  (Yoshida Eiji)  (50392246)	量子科学技術研究開発機構・放射線医学総合研究所・主幹研究員   (82502)	
研究協力者	田島 英朗  (Tashima Hideaki)  (70572907)	量子科学技術研究開発機構・放射線医学総合研究所・主任研究員   (82502)	

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	山谷 泰賀 (Yamaya Taiga)  (40392245)	量子科学技術研究開発機構・放射線医学総合研究所・グループリーダー  (82502)	

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