

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 9 月 25 日現在

機関番号：13901

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25670529

研究課題名(和文) PET/チェレンコフ光一体型撮像装置の開発

研究課題名(英文) Development of a PET/Cerenkov-light hybrid imaging system

研究代表者

山本 誠一 (Seiichi, Yamamoto)

名古屋大学・医学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：00290768

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：PET/チェレンコフ光・複合イメージング装置を開発し、性能評価を行った。装置は、対向型PET装置の検出器間に反射鏡を斜めに配置し、被検体の発するチェレンコフ光を、対向型PET装置の側方に導き、高感度CCDカメラで撮像する構成とした。開発したPET装置の視野中心部の空間分解能は1.2mmFWHM、感度は0.32%であった。一方、チェレンコフ光イメージング装置の空間分解能は220 μ m FWHMと極めて高いことが明らかになった。開発した装置で同時測定を行ったところ、チェレンコフ光とPET画像を同時同位置でイメージングでき、融合画像も作成可能であった。

研究成果の概要(英文)：We developed and tested a PET/Cerenkov-light hybrid imaging system. The PET/Cerenkov-light hybrid imaging system consists of a dual head PET system, reflection mirror located upper side of the subject and a high sensitivity CCD camera. These systems are installed inside a black box for imaging the Cerenkov-light. The spatial resolution of the Cerenkov-light imaging system was ~200 μ m for Na-22 point source. Using the combined PET/Cerenkov-light imaging system, we could successfully obtain fused images with simultaneously acquired images. The distributions of the images are sometimes different from each other due to the light transmission in the body of the subject in Cerenkov-light images. We conclude that the developed PET/Cerenkov-light hybrid imaging system is useful to evaluate the merit and limitation of the Cerenkov-light imaging in molecular imaging.

研究分野：医学物理

キーワード：PET チェレンコフ光 同時測定

1. 研究開始当初の背景

チェレンコフ光イメージングは、高感度光学カメラを用いてベータ線放出核種から放出される高速電子線（陽電子線を含む）により発生する微弱光を画像化する手法であり、核種の近くで多く発光するため、飛程の影響が少なく高い空間分解能の画像が期待できる。

2. 研究の目的

現状分子イメージングにおけるチェレンコフ光イメージングの有効性は未だ明らかではない。PET とチェレンコフ光の同時測定が可能な複合イメージング装置が開発できれば、PET との直接比較が可能になり、チェレンコフ光イメージングの有効性を明らかにできるだけでなく、それぞれの長所を生かした新しい分子イメージング装置になる可能性がある。そこで PET/チェレンコフ光・複合イメージング装置を開発し、性能評価を行った。

3. 研究の方法

PET/チェレンコフ光・複合イメージング装置の概念図を Fig.1 (A) に示す。装置は、対向型 PET 装置の検出器間に反射鏡を斜めに配置し、被検体の発するチェレンコフ光を、対向型 PET 装置の側方に導き、高感度 CCD カメラで撮像する構成とした。この装置を暗箱に配置することにより、被検体に投与したポジトロン核種の放出する消滅放射線を対向型 PET 装置で、またチェレンコフ光を高感度 CCD カメラで同時測定することが可能となる。開発した PET/チェレンコフ光・複合イメージング装置の写真を Fig. 1(B) に示す。対向型 PET 装置は、1.2x1.2x10mm の GSO を 33x33 マトリクスに配置したシンチレータブロックを 2 インチ角型位置有感型光電子増倍管 (PSPMT: 浜松ホトニクス社製 H12700) に光学結合した検出器 2 式を 10cm 離して配置することで構成した。被検体はその中間に配置し、被検体から上方に発せられるチェレンコフ光を、被検体上部に配置したプラスチック製反射鏡により側面方向に導き、側面に配置した高感度 CCD カメラ (浜松ホトニクス社製: ORCA2-ER に F: 0.95 のレンズを装着) で同時撮像を行った。

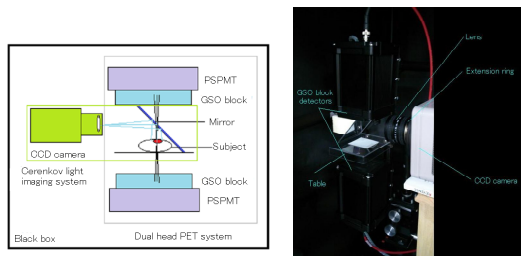
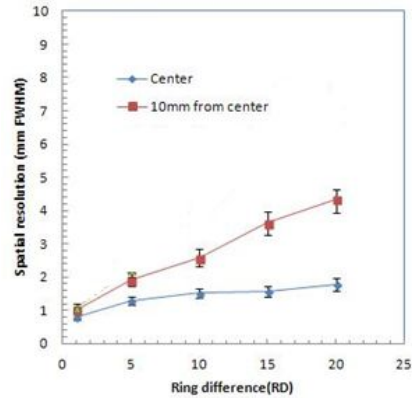


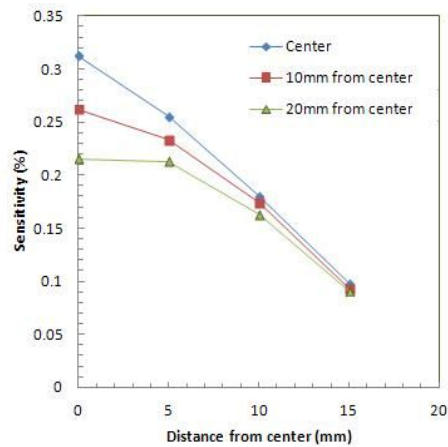
Fig.1 Block diagram (A) and photo (B) of the developed PET/Cerenkov-light imaging system

4. 研究成果

Na-22 (最大陽電子エネルギー: 0.55 MeV) 点線源を用いて測定した開発した PET/チェレンコフ光複合画像化装置における PET 部の空間分解能を Fig.2 (A) に示す。PET 装置の視野中心部の空間分解能は 1.2mm FWHM であった。また中心部における感度は 0.32% であった Fig.2 (B)。



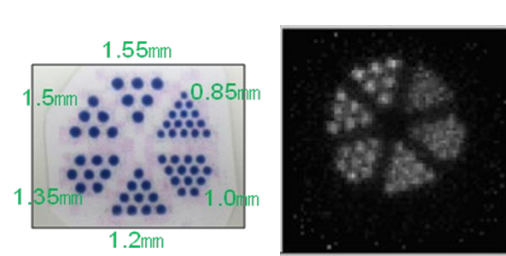
(A)



(B)

Fig.2 Spatial resolution (A) and sensitivity (B) of PET part of the system

開発した対向型 PET 装置で得られたホットファントムの写真と画像を Fig.3 (A) と (B) に示す。1.2mm のスポットまで分解できている。



(A)

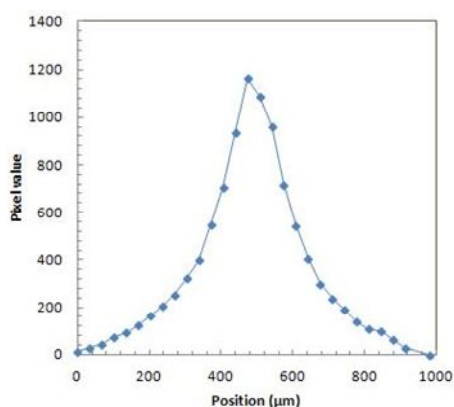
(B)

Fig.3 Photo (A) and projection image (B) of the hot phantom measured by the PET part of the system

100 μm 直径の Na-22 点線源を用いて測定した PET/チェレンコフ光複合画像化装置におけるチェレンコフ光イメージング部の点線源画像を Fig.4 (A)に、そのプロファイルを図.4(B)示す。チェレンコフ光画像の空間分解能は 220 μm FWHM と非常に高いことが明らかにになった。



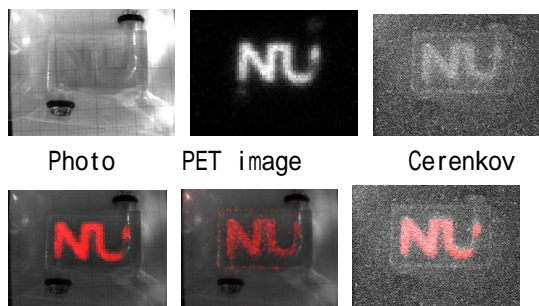
(A)



(B)

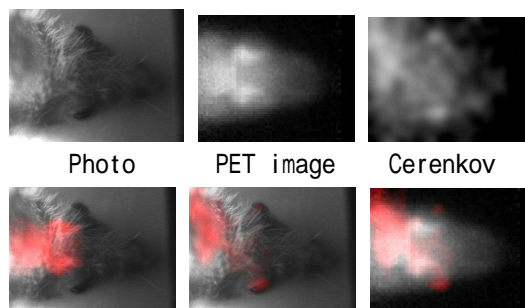
Fig.4 Cerenkov-light image (A) and the profile (B) measured by the Cerenkov-light imaging part of the system

PET/チェレンコフ光複合画像化装置で同時測定して得られたファントム画像(“NU”ファントム: 72kBq の Na-22 を文字の部分に封入)を Fig. 5 に示す。PET 画像, チェレンコフ光画像とともに高分解能画像が得られた。



Photo+PET (red: PET) Photo+Cerenkov (red: Cerenkov) PET+ Cerenkov (red: PET)
Fig. 5 Simultaneously measured images of “NU” phantom: acquisition times are 1h.

開発した PET/チェレンコフ光複合画像化装置で同時測定して得られた F-18-FDG(最大陽電子エネルギー: 0.64 MeV) 投与ラット画像を Fig. 6 に示す。PET 画像はハーダー線への集積が、チェレンコフ光画像は眼球での発光が観察され、各モダリティーで異なる位置に検出されるという興味深い結果が得られた。



Photo+PET (red: PET) Photo+Cerenkov (red: Cerenkov) PET+ Cerenkov (red: Cerenkov)

開発した PET 装置の視野中心部の空間分解能は 1.2mmFWHM、感度は 0.32%であった。一方、チェレンコフ光イメージング装置の空間分解能は 220 μm FWHM と極めて高いことが明らかになった。開発した装置で同時測定を行ったところ、チェレンコフ光と PET 画像を同時同位置でイメージングでき、融合画像も作成可能であった。F-18-FDG を投与したラットの同時測定では、PET 画像とチェレンコフ光画像で頭部の異なる位置に集積が検出された。開発した装置は、PET 画像とチェレンコフ光画像を同時同位置で直接比較可能で各モダリティーの長所と短所を明らかにできる有望な装置であり将来が期待される。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

- 1) Yamamoto S, Hamamura F, Watabe T, Ikeda H, Kanai Y, Watabe H, Kato K, Ogata Y, Hatazawa J. Development of a PET/Cerenkov-light hybrid imaging system. Med Phys. 2014 Sep;41(9):092504.
- 2) Yamamoto S, Watabe T, Ikeda H, Kanai Y, Watabe H, Ogata Y, Kato K, Hatazawa J. Ultrahigh-resolution Cerenkov-light imaging system for positron radionuclides: potential applications and limitations. Ann Nucl Med. 2014 Dec;28(10):961-9
〔雑誌論文〕(計 2 件)

- 1) S. Yamamoto, F. Hamamura, T. Watabe, H. Ikeda, Y. Kanai, H. Watabe, K. Kato, J. Hatazawa, Development of a PET/Cerenkov-Light Hybrid Imaging System,

- IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (Seattle, USA), 2014 年
- 2) PET/チェレンコフ光・複合イメージング装置の開発, 山本誠一、濱村風香、渡部直史、池田隼人、金井泰和、渡部浩司、加藤克彦、畑澤順 , 日本分子イメージング学会 , 2014 年
- 3) Ultrahigh Resolution Radiocesium Distribution Detection Based on Cerenkov Light Imaging , S. Yamamoto, Y. Ogata , IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference(Seoul, Korea), 2013
- 〔学会発表〕(計 3 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等 : <http://s-yama.net/>

6 . 研究組織

(1)研究代表者

山本誠一 (YAMAMOTO SEIICHI)
名古屋大学・医学系研究科・教授
研究者番号 : 00290768

(3)連携研究者

畑澤順 (HATAZAWA JUN)
大阪大学・医学系研究科・教授
研究者番号 : 70198745

渡部浩史 (WATABE HIROSHI)
東北大学・サイクロトロンラジオアイソトープセンター・准教授
研究者番号 : 40280820