

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 4 日現在

機関番号：82502

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K18376

研究課題名（和文）安価な計測装置を用いた非接触・非拘束・モーションフリーPETシステムの開発

研究課題名（英文）Development of non-contact, unconstrained, motion-free PET system using inexpensive measuring equipment

研究代表者

岩男 悠真 (Iwao, Yuma)

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（任非）

研究者番号：40758330

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）：本研究では我々が開発を進める、頭部検査に特化したヘルメット型PET装置において、マーカレスかつ非接触の体動計測による、完全非拘束のモーションフリーPETシステムの開発を行った。具体的な開発内容を以下に示す。1. Kinect (Microsoft) を用いた非接触マーカレスな体動測定システムの開発、2. 吸収補正マップの表面形状を用いたKinectとPET座標系のマッチング手法の開発、3. 体動補正を実装したPET画像再構成システムの開発
以上の結果をもとに、ファントムを用いた実験を行い、適切に体動補正が行われた結果としてWobbling効果によりPET画像の分解能向上が確認できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来のPET検査では、体動は高解像度な画像を取得するために大きな弊害であった。そのため、被験者が意識的に、またはゴムバンド等を用いた拘束により体動を抑制する必要があり、10数分に及ぶ検査において被験者の負担増につながっていた。
本研究成果により、体動が生じている場合においても、適切な体動補正を行うことで解像度を落とすことなく、むしろ静止状態よりも高解像度な画像を取得できることが示された。これにより、被験者は撮像中ある程度自由に動くことが許容されるため、撮像時のストレスを大きく軽減することが可能である。

研究成果の概要（英文）：In this research, we have developed a unconstrained motion-free PET system by a marker-less, non-contact motion measurement in a helmet-type PET device specialized for head examination, which we are developing. The development contents are shown below. 1. Development of non-contact markerless motion measurement system using Kinect (Microsoft). 2. Development of Kinect and PET coordinate matching method using surface shape of attenuation correction map. 3. Development of PET image reconstruction system with motion correction
Based on the above results, an experiment using a phantom was performed, and it was confirmed that the resolution of PET images was improved by the Wobbling effect as a result of correct body motion correction.

研究分野：画像処理

キーワード：PET 体動補正 モーショントラッキング ICP

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

陽電子放射断層撮像法(PET: Positron Emission Tomography)は、体内に陽電子放出核種で標識した化合物を投与し、放出される消滅放射線を検出することで、糖や酸素などの代謝や生理的な機能を非侵襲に画像化する検査法である。がんの診断以外にも、アルツハイマー病などさまざまな精神疾患の診断や解明に有効であると期待されている。このため、脳に特化した高解像度 PET の開発が進められてきた。特に、申請者の所属するチームでは、独自方式である 4 層 DOI 検出器を用いて、世界初のヘルメット型 PET の試作機の開発に成功している。半球型の検出器配置とあご検出器を備えたヘルメット型 PET では、市販 PET 装置の約 3 倍の高い感度が得られ、2mm 台の優れた解像度を達成した(市販装置は 5mm 程度)。

このように PET 装置の性能は高まってきたが、被検者の体動を補正する技術にはいまだ多くの課題が残されている。どんなに PET 装置自体が高解像度化しても、体動があつては画像はボケてしまう。ベルト等による固定は、圧迫感が強く、固定精度も十分でない。これまで体動を計測し画像再構成の中で補正する方法がいくつか試行されてきたが、センサーが高価であったり、または事前に装置の綿密なキャリブレーションを必要とするため、取り扱いが困難であるなどの理由で、どれもいまだ実用には大きな課題が残されている。

2. 研究の目的

本研究では、ヘルメット型 PET の実用化に向け、安価なセンサーでも、非拘束な条件下における高分解能な画像再構成が可能な、体動測定・補正法を開発することを目的とする。一方で、PET 検出器リングに既知の移動量で小さな揺さぶりをかけることで、同時計数線(LOR)のサンプリング密度を上げ、静止状態よりも高い解像度を実現する Wobbling と呼ばれるテクニックがある。しかし、大型で重量のある PET 検出器リングに対し、微細な振動を正確に与える機構を実現することは、技術的にも費用的にも課題が多く、現在の PET 検出器開発において、Wobbling が取り入れられることはほとんどないのが現状である。本研究により、非拘束な状態の被験者の体動を正確に測定し、画像再構成に含めることができれば、相対的な検出器配置が変動し、Wobbling と同様の効果を引き起こすことができる。したがって、被験者を完全に拘束し静止させた状態よりも、むしろ自然な動きを許容した体動のある場合の方が分解能が向上するはずである。本研究では、高精度体動測定技術の開発と合わせ、体動による Wobbling 効果の世界初の実証を行う。

3. 研究の方法

頭部体動を非接触かつマーカレスで測定するシステムを開発した。

開発システムでは、Microsoft Kinect をレンジセンサとして、初期フレームからの姿勢変化を、レンジセンサから得られる各フレームの 3D 形状マップの ICP マッチングにより明らかにする。このとき、高精度なトラッキングを行うためには頭部全体を ICP マッチングの対象とするのではなく、目と鼻梁を含む小領域のみを用いたほうが高精度かつロバストな精度が得られることが明らかになった。

取得した体動情報を用いた再構成システムとして、所属する研究チームで開発を行った頭部専用 PET 装置であるヘルメット型 PET 装置において、体動補正機能の実装を行った。再構成プログラムにおいては、入力した各時間フレームにおける体動情報をリストモードイベントの時間情報と照らし合わせ、対応する時刻における体動を打ち消すような座標変換を行う。また、合わせて吸収補正、ノーマライズによる影響を正しく反映するため、sub iteration 内に適用したすべての体動補正パラメータを用いて全体感度画像を変換し、正しく補正が行われるよう実装した。これらの処理は、再構成の高速化のため GPU を用いた処理を行った。また、Kinect に

より得られた座標系と、画像再構成における座標系は当然異なるが、これらを事前のキャリブレーション無しで高精度にかつ簡易に合わせることができるアルゴリズムの開発を行った。具体的には、画像再構成に用いる吸収補正マップから得られる被験者の表面形状と、Kinect から得られる被験者の表面形状を ICP アルゴリズムによりマッチングすることにより、両座標系の統一を行う。

4．研究成果

提案したアルゴリズムをもとにファントムを用いた実験を行った。体動の測定や Kinect とのキャリブレーションには顔の表面形状が必要なため、マネキン内部にファントムを埋め込みマネキンごとファントムを自動ステージによる回転運動や、手動によるランダムな動きを与え静止状態との比較を行った。内部に大きさの異なるロッド上の構造を有するデレンゾファントムにおいて、静止状態と比較して体動を付与したケースにおいて分解能の向上が確認できた。

提案手法により、ヘルメット型 PET 装置において適切な体動補正処理が実装された。また、Wobbling 効果により体動を付与することで再構成像の分解能向上効果が実証された。

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 Iwao, Yuma; Tashima, Hideaki; Yoshida, Eiji; Nishikido, Fumihiko; Ida, Takahiro; Yamaya, Taiga	4. 巻 印刷中
2. 論文標題 Seated vs. supine: consideration of the optimum measurement posture for brain-dedicated PET	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physics in Medicine and Biology	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Yuma Iwao, Hideaki Tashima, Eiji Yoshida, Hidekatsu Wakizaka, Fumihiko Nishikido, Taichi Yamashita, Taiga Yamaya
2. 発表標題 Seated vs. supine: optimum measurement pose for brain-dedicated PET
3. 学会等名 2017 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (Atranta) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuma Iwao, Hideaki Tashima, Eiji Yoshida, Taiga Yamaya
2. 発表標題 Development of a head motion tracking system for the helmet PET
3. 学会等名 The 113th Scientific Meeting of the Japan Society of Medical Physics (Yokohama)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

次世代PET研究報告書2017

http://www.nirs.qst.go.jp/usr/medical-imaging/ja/study/pdf/QST_R_7.pdf

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
--	---------------------------	-----------------------	----