

体幹部 FDG-PET 画像の解剖学的自動位置合わせ手法の精度評価

清水 勇介[†] 鈴木 祈史[‡] 小林 龍徳[‡] 原 武史[‡] 周 向榮[‡] 伊藤 哲^{†††}
汲田 伸一郎^{††††} 石原 圭一^{††††} 片渕 哲朗^{†††††} 藤田 広志[‡]

[†] 岐阜大学工学部応用情報学科 〒501-1194 岐阜県岐阜市柳戸 1-1

[‡] 岐阜大学大学院医学系研究科再生医科学専攻知能イメージ情報分野 〒501-1194 岐阜県岐阜市柳戸 1-1

^{†††} 医療法人大雄会病院放射線科 〒491-8551 愛知県一宮市羽衣 1-6-12

^{††††} 日本医科大学放射線医学講座 〒113-8602 東京都文京区千駄木 1-1-5

^{†††††} 岐阜医療科学大学保健科学部放射線技術学科 〒501-3892 岐阜県関市市平賀字長峰 795-1

E-mail: [†] shimizu@fjt.info.gifu-u.ac.jp, [‡] {suzuki, tatsu, hara, zxr, fujita}@fjt.info.gifu-u.ac.jp

あらまし 本研究では、体幹部 FDG-PET 画像の解剖学的自動位置合わせ手法を PET/CT に適用し、位置合わせ結果の評価を行った。そのために、PET/CT 画像を対象として、これまでに利用した PET 画像の位置合わせパラメータを用いて CT 画像の変形を行った。評価では、変形を行った CT 画像における男性 16 例、女性 16 例を用いて対象部位の位置ずれを測定した。その結果、肺尖部は最大 59.5mm、肝臓の上端は最大 34mm、肝臓の下端は最大 63.75mm、恥骨結合は最大 21.25mm の位置ずれが見られた。

キーワード FDG-PET, PET/CT, 位置合わせ

Evaluation of anatomical registration method for torso FDG-PET scans

Yusuke SHIMIZU[†] Tokifumi SUZUKI[‡] Tatsunori KOBAYASHI[‡] Takeshi HARA[‡]

Xiangrong ZHOU[‡] Satoshi ITO^{†††} Shinichiro KUMITA^{††††} Keiichi ISHIHARA^{††††}

Tetsuro KATAFUCHI^{†††††} and Hiroshi FUJITA[‡]

[†] Department of Information Science, Faculty of Engineering, Gifu University,
1-1 Yanagido, Gifu-shi, Gifu, 501-119 Japan

[‡] Graduate School of Medicine, Gifu University, 1-1 Yanagido, Gifu-shi, Gifu, 501-119 Japan

^{†††} Department of Radiology Daiyukai Hospital, 1-6-12 Hagoromo, Ichinomiya-shi, Aichi, 491-8551 Japan

^{††††} Department of Radiology, Nippon Medical School, 1-1-5 Sendagi, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-8602 Japan

^{†††††} Department of Radiological Technology, Faculty of Health Science, Gifu University of Medical Science
795-1 Ichihiraga aza nagamine, Seki-shi, Gifu, 501-3892 Japan

E-mail: [†] shimizu@fjt.info.gifu-u.ac.jp, [‡] {suzuki, tatsu, hara, zxr, fujita}@fjt.info.gifu-u.ac.jp

Abstract The purpose of this study was to evaluate our automated anatomical registration method for torso FDG-PET scans. Registrations of CT images were by using parameters in the registration procedures for PET images, and we measured mis-alignments of regions on 32 CT scans. Our result showed the mis-alignments were 59.5mm at the lung apex, 34mm at the top of liver, 63.75mm at the bottom of liver, and 21.25mm at the pubic symphysis.

Keyword FDG-PET, PET/CT, registration

1. はじめに

我々は体幹部 FDG-PET 画像における統計学的画像解析を用いた異常集積領域の検出の CAD の開発を行っている[1]. 統計学的画像解析は、主に 3D-SSP や SPM

などの脳機能解析に用いられている手法である。この手法は、正常者データベースと患者画像とを比較する。その結果、血流・代謝異常などを客観的に描出できる[2]. この解析法では、対象の画像と正常者のデータベ

ースの比較部位を解剖学的に同じ座標に設定する．そのために，各部位の基準座標に位置合わせを行う処理が必要となる．もし比較部位にずれがあれば，正しく比較できない．脳機能解析では，標準脳座標系に前交連 (anterior commissure, AC) と後交連 (posterior commissure, PC) を基準として位置合わせを行う解剖学的位置合わせ手法が確立されている [3]．体幹部 FDG-PET 画像においても，統計学的画像解析を用いるためには，正確に位置合わせを行う解剖学的位置合わせ手法が必要となる．そのため，本研究では，我々が開発した体幹部 FDG-PET 画像の解剖学的自動位置合わせ手法 [4] の評価を PET/CT を用いて行った．

2. 画像の仕様

評価に用いた画像は，ある病院で撮影 (GE 社製 Discovery LS) された PET/CT 画像 32 症例 (男性：16 例，女性：16 例) を使用する．表 1 に画像の仕様を示す．

表 1. 画像の仕様

	PET	CT
画像サイズ	128 × 128 × 195 ~ 259	512 × 512 × 195 ~ 259
ピクセル間隔	4.3 × 4.3 [mm ²]	0.98 × 0.98 [mm ²]
スライス厚	4.25 [mm]	5.0 [mm]
スライス間隔	4.25 [mm]	4.25 [mm]
FOV	550 [mm]	500 [mm]

3. 位置合わせ評価

FDG-PET 画像は糖代謝を反映した画像である．そのため，この画像単独では，詳細な位置合わせ評価が難しい．よって，形態画像である PET/CT の CT 画像を用いることで評価を行った．

3.1. 実験

本研究に用いた PET/CT 画像は，PET 画像と CT 画像において，画像サイズやピクセル間隔，FOV が異なる．本研究では，体幹部 FDG-PET 画像の解剖学的自動位置合わせ手法の評価を行うため，実験には，CT 画像のこれらの仕様が PET 画像と同じになるよう線形補間法による補間処理を行った画像を用いた．

評価を行うための実験手順として，まず，PET 画像に対して解剖学的自動位置合わせを適用する．次に，その位置合わせに用いたパラメータを CT 画像に用いて CT 画像の非剛体変形を行う．この PET 画像によって位置合わせされた CT 画像で評価を行った．

3.2. PET 画像と CT 画像間の位置ずれ

PET/CT は PET 装置と X 線 CT 装置が機能的に融合された装置である．しかし，主に呼吸による体動によって PET 画像と CT 画像にずれが生じる場合がある．

そのため，今回の実験に使用する画像は PET 画像と CT 画像間の位置ずれが少ないものを使用する．使用した画像例を図 1 に示す．

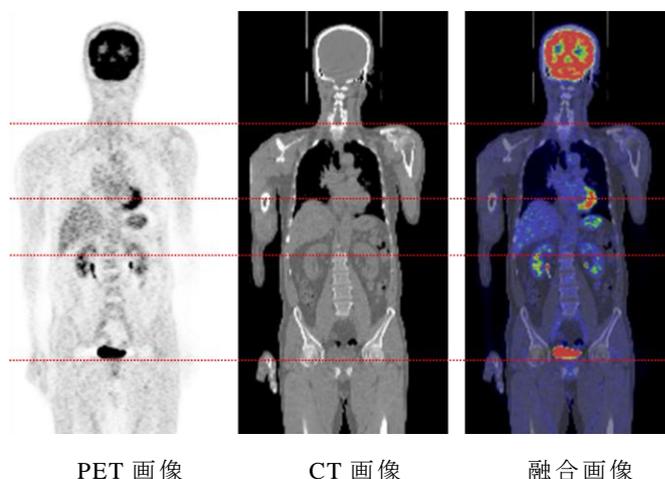


図 1. PET 画像と CT 画像の位置関係例

3.3. 評価方法

評価では，対象部位の体軸方向の位置の測定を行い，その最大差と標準偏差を測定した．対象部位は，右肺尖部，左肺尖部，肝臓上端，肝臓下端，横隔膜最底部，右腎臓上端，右腎臓下端，左腎臓上端，左腎臓下端，恥骨結合の計 10 箇所とした．測定は目視で行った．

4. 結果と考察

測定結果を表 2 と図 2~4 に示す．図 3, 4 には，画像の各 voxel の平均と標準偏差を画像化した例を示す．図 3, 4 の Coronal 断面では恥骨結合，Sagittal 断面では，上から右肺尖部，肝臓上端，横隔膜最底部の差を示す．

肺尖部は，体格の位置合わせ時に肺尖部に近い肩の位置合わせを行っている．しかし，同じように位置合わせを行っている膀胱に近い恥骨結合と比べて，ずれが大きいと言える．この原因として位置合わせに肩の上げ下げは考慮していない，肩から肺尖部までの距離に大きく個人差があると考えられる．

肝臓上端は，他の部位と比べてずれが小さい．これは PET 画像においても境界が比較的明瞭であるため，肝臓の位置合わせ時の肝臓上端の位置合わせが正しく行えたと考えられる．しかし，肝臓下端は肝臓上端と比べ，ずれが大きい．これは PET 画像において肝臓下端付近の境界が不明瞭な症例が多々あるため，肝臓下端の位置合わせがうまく行えない場合があると考えられる．

横隔膜最底部は男女間に大きな差が見られた．これは，撮影時の呼吸による個人差が原因と考えられる．また，横隔膜最底部は，男性の各部位の最大差の中で

最も大きい。そのため、今後優先的に位置合わせを考慮すべき部位であると考えられる。

腎臓は全体的に他の部位と比べてずれが大きい。特に男性では標準偏差が高く、腎臓の位置のばらつきが大きい。これらは腎臓の位置合わせを行っていないことが原因と考えられる。また、腎臓の位置は、右腎臓では肝臓の形状、左腎臓では、脾臓の位置によるものが大きいと考えられる。

恥骨結合は男女ともに最もずれが小さい部位である。これは先に述べたように、恥骨結合に近い膀胱の位置合わせが体軸方向に関して、正しく行えているためと考えられる。しかし、体軸方向以外のずれは評価として考慮していないため、今後検討が必要である。

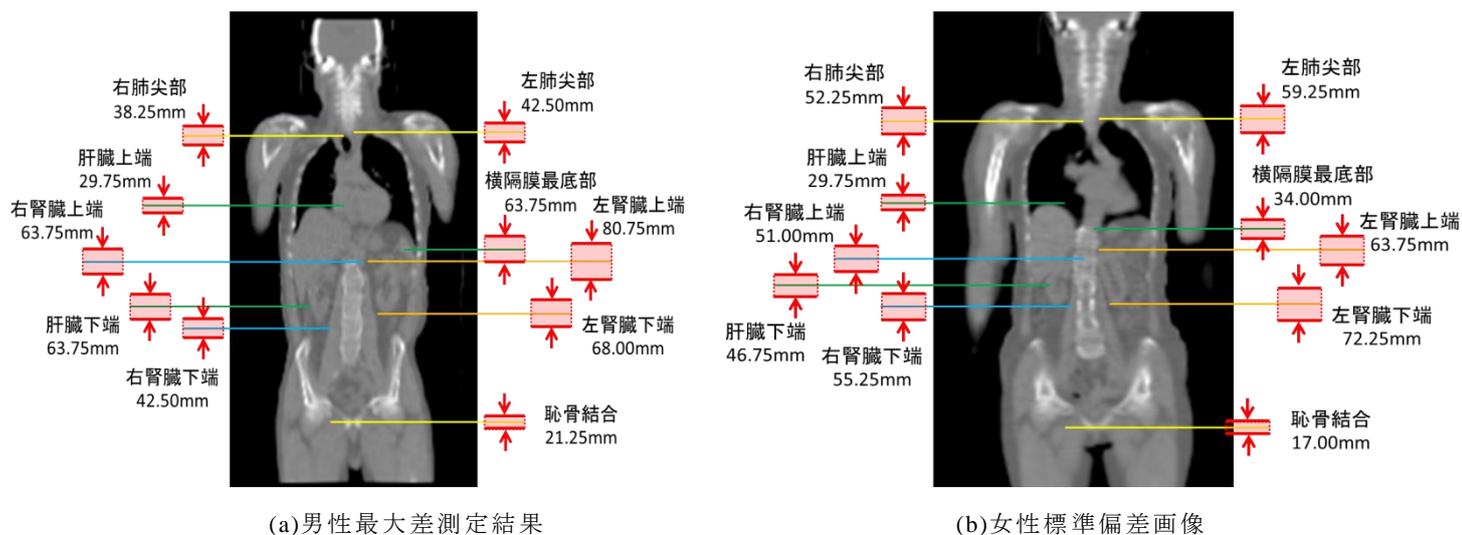


図 2. 最大差測定結果

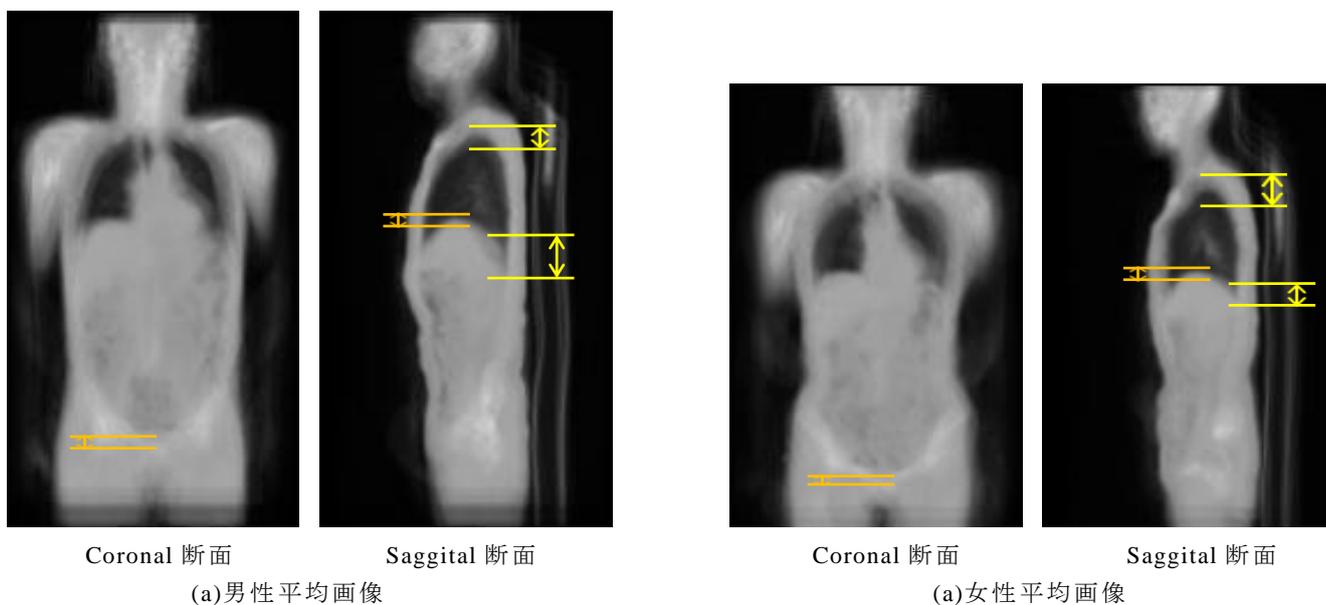


図 3. 平均画像

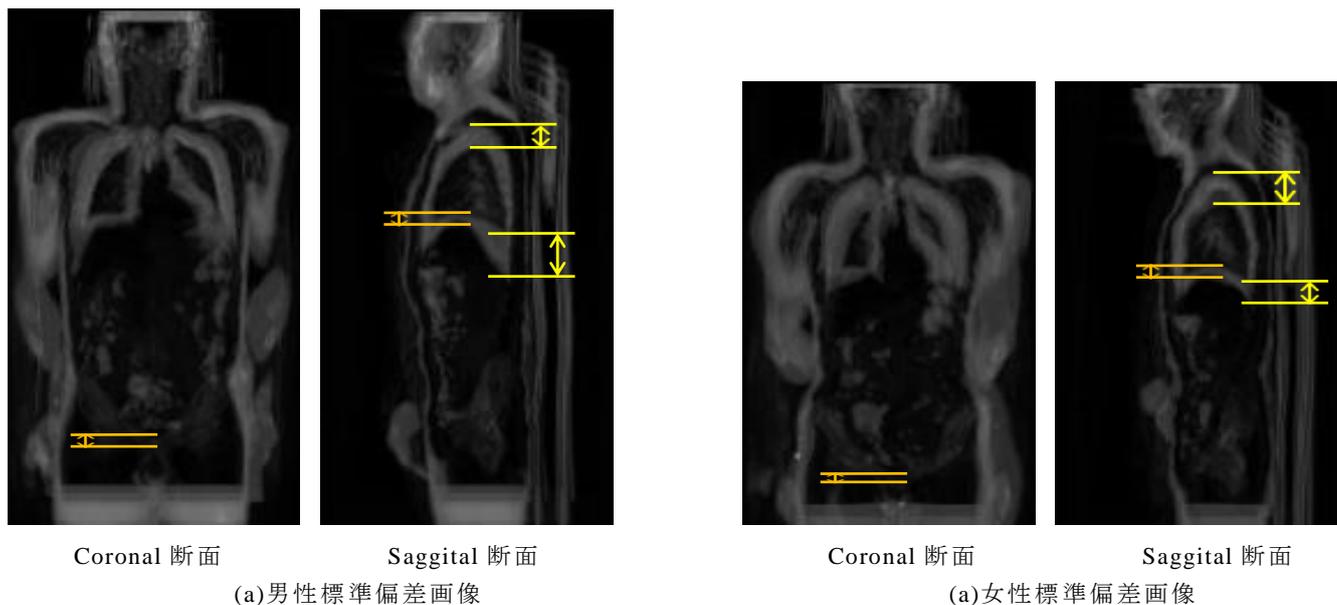


図 4. 標準偏差測定結果

表 2. 測定結果

	Male [mm]		Female [mm]	
	最大差	標準偏差	最大差	標準偏差
右肺尖部	38.25	12.84	55.25	16.90
左肺尖部	42.50	13.09	59.50	17.10
肝臓上端	29.75	7.34	29.75	6.10
肝臓下端	63.75	15.83	46.75	12.57
横隔膜最底部	80.75	19.81	34.00	8.92
右腎臓上端	63.75	20.44	51.00	14.01
右腎臓下端	42.50	13.46	55.25	16.59
左腎臓上端	80.75	29.10	63.75	18.34
左腎臓下端	68.00	20.65	72.25	18.95
恥骨結合	21.25	5.86	17.00	4.92

文 献

- [1] 浅井 智也, 鈴木 祈史, 原 武史, 他, “体幹部 FDG-PET 画像における異常集積領域の検出法の開発と経時変化の解析”, 信学技報, vol.110, no.121, pp.51-56, July 2010.
- [2] 内田佳孝, 伊東久夫, 飯森隆志, 他, “統計学的画像診断 (3D-SSP)”, 日本放射線技術学会雑誌, vol.58, no.12, pp.1563-1572, December 2002.
- [3] 千田道雄, “脳 PET 画像の解剖学的標準化”, MEDICAL IMAGING TECHNOLOGY, Vol.16, no.3, May 1998.
- [4] 河合 一尚, 小林 龍徳, 原 武史, 他, “体幹部正常 SUV 分布モデルを利用した全身 FDG - PET 画像の経時差分法の開発”, 信学技報, vol.107, no.461, pp.393-396, January 2008.

5. まとめ

体幹部 PET 画像の解剖学的自動位置合わせ手法を PET/CT 画像に適用した結果, 肝臓上端と恥骨結合は比較的良好な結果が得られた. しかし, 他の部位は良好な結果は得られなかった. 今後は CT 画像における臓器抽出の結果を利用することで精度の向上を図りたい.

謝辞

本研究の一部は, 科学研究費補助金・新学術領域研究 (医用画像に基づく計算解剖学の創成と診断・治療支援の高度化), 地域イノベーション戦略支援プログラム (都市エリア型) 岐阜県南部エリア (可能性試験), および岐阜大学活性化経費の補助により行われました.