

# 体幹部 FDG-PET 画像における 正常 SUV 分布モデルの構築と経時変化の解析

鈴木 祈史<sup>†</sup> 清水 勇介<sup>††</sup> 小林 龍徳<sup>†</sup> 原 武史<sup>†</sup> 周 向榮<sup>†</sup>  
伊藤 哲<sup>‡</sup> 片渕 哲朗<sup>†††</sup> 藤田 広志<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 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

<sup>††</sup> 岐阜大学工学部応用情報学科 〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1

<sup>‡</sup> 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

<sup>†††</sup> 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: <sup>†</sup> {suzuki, shimizu, tatsu, hara, zxr, fujita}@fjt.info.gifu-u.ac.jp

## あらまし

われわれは、体幹部FDG-PET画像を用いて統計的に正常なSUV分布モデルの構築方法に関する研究を行なっている。これまでに、正常SUV分布モデルの妥当性に関する評価と、正常SUV分布モデルと経時差分像技術を統合したコンピュータ支援診断システムの開発を行なってきた。本研究では新たに、正常SUV分布モデルの構築手法の改良を行い、異常集積の経時的な変化の解析を行った。正常SUV分布モデルは男性143例の正常データベースからリサンプリング法を用いて143000症例で構築した。このモデルを用いて異常集積の経時的な変化を解析した結果を報告する。

キーワード FDG-PET, SUV, Zscore, 経時差分

## Analysis of temporal changes and anatomical Standardized Uptake Value model on torso FDG-PET scans.

Tokifumi SUZUKI<sup>†</sup> Yusuke SHIMIZU<sup>††</sup> Tatsunori KOBAYASHI<sup>†</sup> Takeshi HARA<sup>†</sup>

Xiangrong ZHOU<sup>†</sup> Satoshi ITO<sup>‡</sup> Tetsuro KATAFUCHI<sup>†††</sup> and Hiroshi FUJITA<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Medicine, Gifu University, 1-1 Yanagido, Gifu-shi, Gifu, 501-1194 Japan

<sup>††</sup> Department of Information Science, Faculty of Engineering Gifu University, 1-1 Yanagido, Gifu-shi, Gifu, 501-1193, Japan <sup>‡</sup> Department of Radiology, Daiyukai Hospital, 1-6-12 Hagoromo,

Ichinomiya-shi, Aichi, 491-8551 Japan

<sup>†††</sup> Department of Radiological Technology, Faculty of Health Science, Gifu University of Medical Science, 795-1 Nagamine, ichihiraga, Seki-shi, Gifu, 501-3892 Japan

E-mail: <sup>†</sup> {suzuki, shimizu, tatsu, hara, zxr, fujita}@fjt.info.gifu-u.ac.jp

**Abstract** The purpose of this study is to analyze temporal changes and anatomical normal Standardized Uptake Value (SUV) models on torso FDG-PET scans. We evaluated the anatomical normal SUV models and constructed the computer-aided diagnosis (CAD) system that integrates two technologies of the temporal subtraction and the anatomical normal SUV model production. In this study, an improved method of anatomical normal SUV model construction were proposed. We created anatomical a new normal SUV model by using 143000 normal images on resampling from the database. We report results of analyzing temporal changes using the resampling model of abnormal accumulation.

**Keywords** FDG-PET, SUV, Zscore, Temporal subtraction

## 1. はじめに

悪性新生物の治療の経過観察において正確な病態評価は治療選択の上で重要である。陽電子放出核種断層撮影(Positron Emission Tomography : PET)による診断は、癌の治療方針決定や抗癌剤の治療効果の判定において重要な役割をもつ。

PET 検査では主に、2-dexy-2-<sup>18</sup>F-fluoro-D-glucose が用いられる。糖代謝の高さと腫瘍の悪性度には相関があることが報告されている[1]。FDG-PET 検査ではこの性質を利用する。検査では、体内の糖代謝を知るために、Standardized Uptake Value(SUV)という定量的な評価値が用いられる。SUV は糖代謝が高い領域に高い値を示し、SUV が高い領域は異常領域と判断される。しかし、SUV は生理的に糖代謝が高い臓器や、FDG の排出経路である腎臓、尿管、膀胱には正常であっても高い値を示す。したがって、SUV が高い値を示しても必ずしも異常とは判断できないという問題がある[2]。現在、FDG-PET 画像を対象とした研究がいくつかのグループによって行われている[3,4]。しかし、経時差分処理を行った研究は、我々以外では報告されていない[5]。経時差分処理とは、現在および過去の画像を差分して異常陰影を強調する手法であり、CAD への応用の1つである。経時差分処理の有用性に関しては、これまでにいくつかの研究が報告されている[6,7]。

我々は統計学的な考え方に基づいて、正常な SUV の範囲を平均値と、標準偏差の2つの値で表した統計正常モデルの構築、および Zscore 画像の作成を行っている[8]。Zscore 画像とは SUV を統計学で標準化と呼ばれる計算を行い、正常群との違いを算出し画像化した結果である。本研究では、正常モデルの構築手法の変更と、経時差分法への適用を行ったので報告する。

## 2. 方法

### 2.1. 画像データベース

実験に用いた FDG-PET データベースは、大雄会病院で撮影された症例によって構成される。過去画像と現在画像の撮影期間は約 1~2 年である。画素数は 128×128×195~259 画素、ピクセルサイズは約 4.3×4.3 [mm<sup>2</sup>]、FDG 投与量は 140~200 [MBq]である。

### 2.2. 体幹部正常モデル

体幹部正常モデルは従来手法[9]による体幹部の解剖学的標準化を行い、各臓器の座標を三次元的に同一座標に位置補正した画像を用いて構築する。構築した正常モデルは SUV 平均モデルと、標準偏差モ

デルの2枚から構成される。従来正常モデルの構築手法では単純に症例を加算することで各座標の SUV と標準偏差を算出した。しかし、従来法で高精度な正常モデルを構築するには大量の正常症例を用意する必要がある。そこで我々は新たにリサンプリング法を用いて、構築する症例数を擬似的に増加させた。正常モデル構築には、男性 143 症例を用いた。モデル構築処理のフローチャートは図 1 に示す。

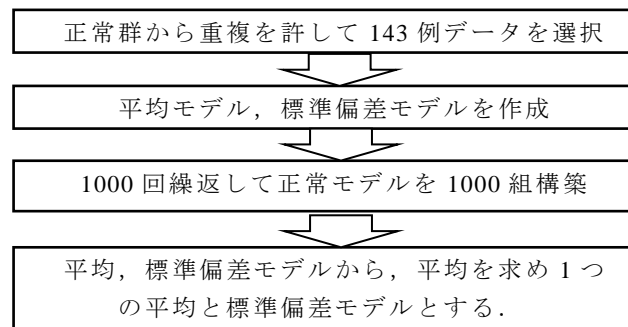


図 1 正常モデル構築フローチャート

体幹部正常モデルは、体幹部の SUV 平均モデルと、標準偏差モデルの2枚から構成される。今回作成したリサンプリング正常モデルと、従来正常モデルの画像を図 2 に示す。

### 2.3. 正常モデルの比較

リサンプリング正常モデルと、従来正常モデルの比較方法を以下に示す。正規性を認める症例群が、モデル構築には適している仮定し、正常モデルの構築に使用した各症例の同一座標の SUV が、リサンプリング法と、従来法どちらが多く正規性を認めるかを検定し比較する。正規性の検定には Jarque Bera 検定を用いる。

Jarque Bera 検定の検定統計量を JB、N=標本数、S=歪度、K=尖度とすると以下の式で JB 値を算出できる。各標本は正規分布に従うという帰無仮説のもとで Jarque Bera 検定の検定統計量は自由度 2 の  $\chi^2$  分布に従うことが知られている。自由度 2 の  $\chi^2$  分布の上側 5% の点は約 5.991 であることから、 $JB \leq 5.9$  を示すとき、その標本群は正規性を認めるといえる。

$$JB = \frac{N}{6} \left\{ S^2 + \frac{1}{4} (K - 3) \right\}^2$$



した手法を用いる。SUV は半定量的評価値なので、標準化を行う必要がある。画像から Zscore を算出した後、浅井らの異常集積自動検出手法[10]を用いて、現在画像と過去画像から異常集積を検出する。その後、異常集積間で差分処理を行い集積の変化を可視化する。

## 5. 異常集積の自動検出実験

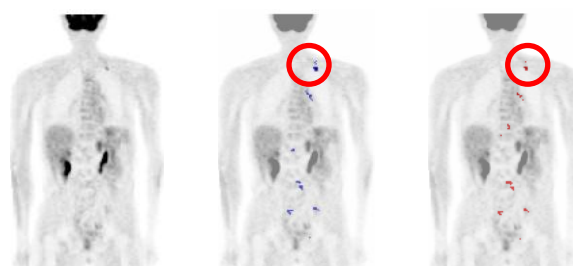
経時変化がある画像の異常集積の検出を行う。実験に使用したデータベースは、68 例（正常：26 例，異常：42 例）の画像によって構成される。異常集積の数は全部で 119 個である。自動検出の評価方法は、医師の診断結果を基に正解画像を作成し、その正解画像と自動検出した異常集積との一致率が 50%を超える検出結果を、正しく検出できているものと評価した。実験に使用した正常モデルはリサンプリング正常モデルと、従来正常モデルの 2 種類である。

## 6. 自動検出結果

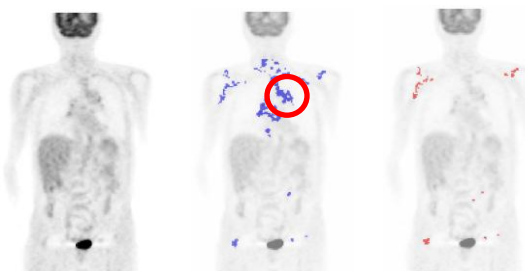
評価結果を表 2 に示す。リサンプリング正常モデルは異常集積 119 個中、115 個を正しく異常と検出できた。従来正常モデルは異常集積 119 個中、113 個を正しく異常と検出できた。リサンプリング正常モデルは従来正常モデルよりわずかながら真陽性率(TP)、症例あたりの偽陽性数(FP/case)ともに高い検出精度を示した。検出結果の例を図 5 に示す。左から位置合わせ後の画像、真ん中の画像がリサンプリング正常モデルを使用し、異常集積を検出して位置合わせ後の画像に重ねあわせた画像、右の画像が従来正常モデルを使用し、異常集積を検出して位置合わせ後の画像に重ねあわせた画像である。(a)は肩部の異常集積である。両方のモデルともに異常集積を検出できた。(b)はリサンプリング正常モデルでは検出でき、従来正常モデルでは検出できなかった例である。(c)は肺尖部の異常集積で両方のモデルとも検出できなかった例である。この結果からリサンプリング正常モデルは従来モデルより高精度なモデルであると示唆された。このことから、正常モデル構築手法に本手法は有効であるといえる。

表 2 自動検出評価結果

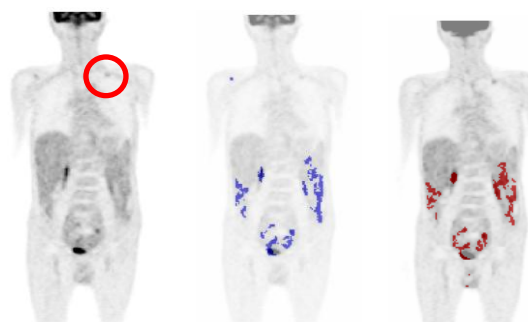
	TP	FP/case
リサンプリング正常モデル	0.967	15.544
従来正常モデル	0.95	15.868



(a) 共に成功例



(b) リサンプリング正常モデルのみ成功例



(c) 共に失敗例

図 5 自動検出結果例

## 7. 経時差分実験

次に異常集積の検出結果を基に、経時差分処理を行う。実験には現在画像、過去画像共に異常集積の検出に成功した 55 症例を使用した。実験に使用する経時変化の組は 43 組である。また、リサンプリング正常モデルは従来モデルより高い検出精度を示したことから、使用する正常モデルはリサンプリング正常モデルとする。異常集積が減少、または消失した例が 96 例、集積が新たに出現した例が 31 例、全部で 127 例の異常集積の変化が存在する。過去画像と現在画像の撮影間隔は約 1~2 年である。最大で 3 年間分の経時変化画像が存在する。評価方法は医師の診断結果を基に目視で評価を行った。

## 8. 経時差分結果と考察

経時差分処理の結果を図 6 に示す。検出結果は、異常集積の変化 127 例中、124 例が正しく集積の変

化を捉えた。偽陽性の数は1症例辺り約31個となった。検出結果の例を図6に示す。(a)は検出成功例である。肩部の異常集積が抗がん剤の治療で集積が消えている変化を適切に強調できている。

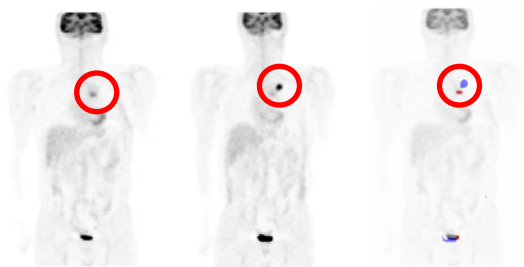
(b)は検出失敗例である。過去画像に肺尖部の異常集積が存在する。抗がん剤治療で集積が消失し現在画像では正常症例となっている。

今回検出に失敗した集積の変化は全て肺尖部の集積である。その原因は、過去画像と現在画像の肺尖部の位置がずれているため検出に失敗したと考えられる。これは、位置合わせを行う際に肺の位置合わせを十分に行っていないためと考えられる。

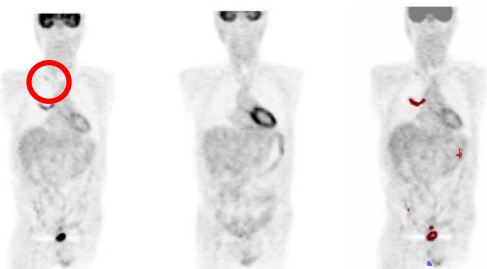
## 9. まとめ

FDG-PET画像を対象とした正常モデル構築手法の改良と、経時変化が存在する症例の自動検出実験を行った。リサンプリング法を用いて構築した正常モデルは、従来法の正常モデルよりわずかながら高い検出性能を示した。また経時変化の実験では真陽性率97%という良好な結果を得た。この結果から、現在画像、過去画像から異常集積を正しく検出することができれば集積の変化を適切に強調することができると思われる。

これらの結果から、本研究は病変部の統計解析の為の正常モデル構築手法に関して、本手法は有効である可能性が示唆された。



(a) 検出成功例



(b) 検出失敗例

図6 経時差分処理結果例

## 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。

## 文 献

- [1] Warburg O, The metabolism of tumors, 1930.
- [2] John W, "SUV : Standardized uptake or sllly uptake value," J.Nucl.Med, vol.36, no.10, pp.1836-1839, 1995.
- [3] 根本充貴, 増谷佳孝, 野村行弘, 吉川健啓, 林直人, 大友邦: 全身 PET/CT 像を用いた CAD システム構築における初期的検討, コンピュータ支援画像診断学会論文誌, pp.263-264, 2007.
- [4] 赤塚孝雄, 湯浅哲也, 深見忠典, 渡辺順久: PET/CT 画像からの腫瘍抽出に用いる判別器の汎化誤差評価, コンピュータ支援画像診断学会論文誌, pp.267-268, 2007.
- [5] 河合一尚, 小林龍徳, 原武史, 周向栄, 伊藤哲, 片渕哲朗, 藤田広志: FDG-PET 画像における SUV の経時的变化の解析, コンピュータ支援画像診断学会論文誌, pp.261-262, 2007.
- [6] 加野垂紀子, 藤田広志: 胸部経時差分技術における肋骨偽画像の除去処理法の検討, 日放技学誌, 56(3), pp.503-506, 2000.
- [7] 河村誠治, 福島重廣, 吉永幸靖, 川田秀道, 宮川照生, 福留良文, 梅崎典良, 石橋正敏, 森田誠一郎, 早渕尚文: 骨シンチグラフィへの経時的差分画像法適用の試み, 日放技学誌, 60(2), pp.299-302, 2004.
- [8] 小林龍徳, 河合一尚, 原武史, 周向栄, 藤田広志, 伊藤哲, 片渕哲朗: FDG-PET 画像における臓器の SUV の統計解析, 信学技報 MI2007-32, pp.25-28, 2007.
- [9] 河合一尚, 小林龍徳, 原武史, 周向栄, 伊藤哲, 片渕哲朗, 藤田広志: FDG-PET 画像における SUV の経時的变化の解析, コンピュータ支援画像診断学会論文誌, pp.261-262, 2007.
- [10] 浅井智也, 鈴木祈史, 小林龍徳, 原武史, 周向栄, 藤田広志, 伊藤哲, 片渕哲朗: 体幹部 FDG-PET 画像における正常 SUV 分布モデルを用いた異常集積の自動評価法, 信学技報 MI2009-37, pp.205-208, 2009.

