

体幹部 FDG-PET 画像の経時差分処理に基づく コンピュータ支援診断システムの開発

鈴木 祈史[†] 浅井 智也^{††} 小林 龍徳^{††} 原 武史^{††} 周 向栄^{††}

伊藤 哲[‡] 片渕 哲朗^{†††} 藤田 広志^{††}

[†] 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

^{††} 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

^{†††} 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: ^{††} {Suzuki, asai, tatsu, hara, zxr, fujita}@fjt.info.gifu-u.ac.jp

あらまし 本研究では、FDG-PET画像の支援診断を目的として、スコア画像の作成に関する技術と経時差分像技術を統合したシステムを構築し、医師による経時差分画像の有効性の評価実験を行った。経時変化のある症例として、正常21例、良性11例、悪性26例を用いて、1人の医師による評価実験を行った。差分像処理の適切さを、「適切」、「わからない」、「不適切」の3段階で評価した結果、適切に経時変化を示した組は54組(85%)、わからないが0組、不適切が9組(15%)であった。この定性的な結果から、本システムは病変部の経時変化の多くを適切に表示できたといえる。

キーワード FDG-PET, SUV, Z-score, 経時差分

Development of a computer-aided-diagnosis system based on temporal-subtraction technique in torso FDG-PET images

Tokifumi SUZUKI[†] Tomoya ASAI^{††} Tatsunori KOBAYASHI^{††} Takeshi HARA^{††}

Xiangrong Zhou^{††} Satoshi ITO[‡] Tetsuro KATAFUCHI^{†††} and Hiroshi FUJITA^{††}

[†] Department of Information Science, Faculty of Engineering, Gifu University, 1-1 Yanagido, Gifu-shi, Gifu 501-1193, Japan

^{††} Graduate School of Medicine, Gifu University, 1-1 Yanagido, Gifu-shi, Gifu 501-1194, Japan

[‡] Department of Radiology, Daiyukai Hospital, 1-6-12 Hagoromo, Ichinomiya-shi, Aichi 491-8551, Japan

^{†††} 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: ^{††} {Suzuki, asai, tatsu, hara, zxr, fujita}@fjt.info.gifu-u.ac.jp

Abstract The purpose of this study is to develop a technique for the computer-aided diagnosis (CAD) system in torso FDG-PET images. We constructed the CAD system that integrates two technologies of temporal subtraction and score image production. The doctor evaluated the effectiveness of integrated system of the two techniques. In the experiment, 21 normal cases, 11 good cases, and 26 malignant cases were employed all with temporal changes. The appropriateness of the temporal-subtraction image processing inclusion was evaluated by three stages as “appropriate”, “unclear”, and “inappropriate”. As a result, the evaluations of appropriateness were 54 pairs (85%) for appropriate, 0 pairs (0%) for unclear, and nine pairs (15%) for inappropriate. It was found from this qualitative evaluation that the system developed was able to show the temporal changes of most of the diseased areas appropriately.

Keywords FDG-PET, SUV, Z-score, Temporal subtraction

1. はじめに

我が国では、悪性新生物(がん)による死亡者数は増加傾向にある。死亡者数の減少のためには、がん検診による早期発見と早期治療が必要である。2002年の保険適応以降、陽電子放出核種断層撮影(Positron Emission Tomography : PET)を用いたがん検診が増加している。

これまでは全身を簡便にスクリーニングすることは困難であったが、PETの登場により全身を検査することが可能となった。PET検査では、主に2-dexy-2-[18F]fluoro-D-glucose(FDG)が用いられている。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]。この性質をFDG-PET検査では利用している。FDG-PET検査では、体内の糖代謝を知るために、Standardized Uptake Value(SUV)という半定量的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[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[3-5]。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[6]。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、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報告されている[7-10]。

我々はこれまでに、FDG-PET画像を用いた全身のモデル化およびスコア画像の作成を行っている[11]。本研究では、スコア画像の作成に関する技術と、経時差分像技術を統合したシステムを構築し、医師による経時差分画像の評価を行った。

2. 方法

2.1. 画像データベース

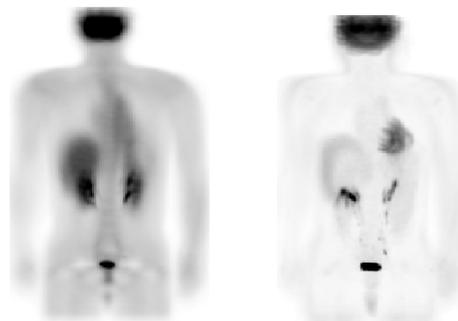
実験に用いたデータベースは、大雄会病院で撮影された58例(正常:21例, 良性:11例, 異常集積:26例)の画像によって構成される。経時変化の組は表1のようになる。過去画像と現在画像の撮影期間は約1年である。画素数は $128 \times 128 \times 195 \sim 259$ 画素、ピクセルサイズは約 4.3×4.3 [mm²]、FDG投与量は140~200 [MBq]である。

表1 経時変化の組

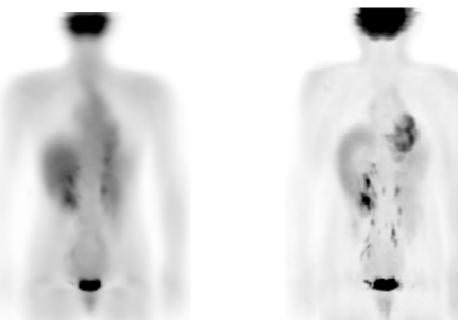
1.異常症例 → 異常が変わらず	20例
2.異常症例 → 異常が消失・減少	3例
3.異常症例 → 違う異常が出現	2例
4.正常症例 → 異常が新しく出現	5例
5.正常症例 → 正常	22例
6.良性症例 → 良性のまま	8例
7.良性症例 → 良性が消失	1例
8.良性症例 → 悪性に変化	2例

2.2. 体幹部正常モデル

本報告で使用した体幹部正常モデルは、河合らの手法による体幹部の解剖学的標準化を行い[6]、患者間の体幹部の位置ずれを補正したものである。体幹部の位置合わせを行った正常例(男性143例, 女性100例)を用いて体幹部正常モデルを男女ごとに構築した。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。作成した男性と女性の体幹部正常モデルを図1に示す。



SUVの平均値画像 SUVの標準偏差画像
(a)男性の正常モデル



SUVの平均値画像 SUVの標準偏差画像
(b)女性の正常モデル

図1 男性と女性に対する正常モデルの画像

2.3. SUVの標準化(scoreの算出)

2.2で得られた体幹部正常モデルを用いて、新たな対象画像の標準化を行う。標準化された値をscore

と定義する。以下の式を対象画像の全画素に適用して score を算出する。得られた画像をスコア画像と定義する。

$$score = \frac{\text{対象画像のSUV} - \text{正常モデルの平均値}}{\text{正常モデルの標準偏差}}$$

スコアは、各部位の”異常らしさ”を統計的に示している。

3. 経時差分

FDG-PET 画像による診断は、抗癌剤等による治療の効果判定などにも用いられる。しかし、撮影時期が異なるため両者の間に位置づれが起こる。そのため、現在画像と過去画像の位置合わせを行う必要がある。SUV は半定量的評価値なので、標準化を行う必要がある。画像をスコア化した後、差分を行い、現在画像と過去画像の変化を可視化する。

4. FDG-PET 経時差分 CAD システム

以上の処理を、自動で行うアプリケーション化した。図 2 に経時差分画像の結果表示例を示す。左上が過去画像、中上が現在画像である。左下が変形後の過去画像、中下が変形後の現在画像である。これらの変形後の画像に、スコア化した画像を重ね合わせて異常集積を強調して表示する。右上が変形後の SUV 差分画像、右下がスコア差分画像である。

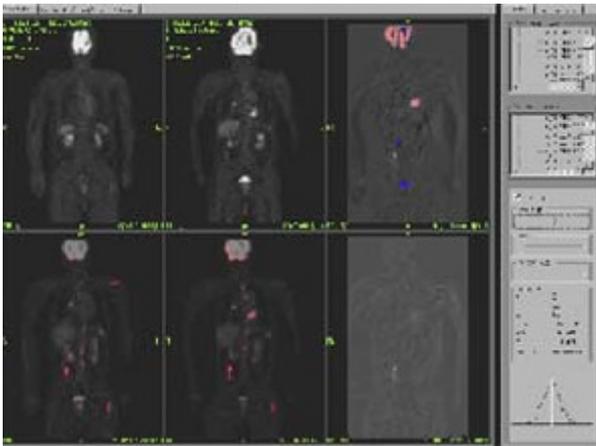


図 2 FDG-PET 経時差分 CAD システム

5. 実験

作成した FDG-PET 経時差分 CAD システムを 1 人の熟練した医師が使用し、差分像処理と経時差分システムの主観的評価を行う。これは、差分像処理の精度と経時差分システムの問題点を明らかにするためである。評価基準は、①差分像処理は適切か、②

経時差分システムが医師に有益な情報をもたらすかどうかの 2 つの基準で評価する。差分像処理は、1: 適切、2: わからない、3: 不適切 の 3 段階評価、経時差分システムの評価は、1: 有益、2: おそらく有益、3: わからない、4: おそらく役に立たない、5: 役に立たない の 5 段階評価を行った。

6. 結果と考察

医師による評価を行った結果を表 2 に示す。これは、差分画像は適切かという質問の結果と、主観的評価の結果を合わせた結果である。

差分像処理が適切であり、主観的評価が有益である例が 50 例。適切であり、おそらく有益である例が 4 例。不適切であり、おそらく有益である例が 1 例。不適切であり、役に立たない例が 8 例となった。このことから、差分像処理が適切ならばシステムは有益な情報を医師に提示でき、差分像処理が不適切ならばシステムは役に立たないといえる。

表 2 差分画像は適切かという質問の結果と主観的評価の結果を合わせた結果

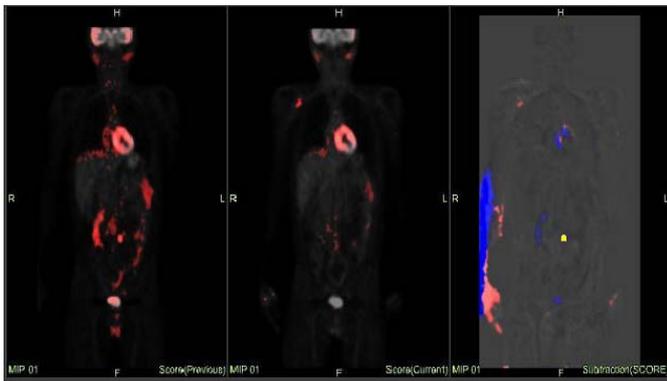
	適切	わからない	不適切	合計
有益	50	0	0	50
おそらく有益	4	0	1	5
わからない	0	0	0	0
おそらく役に立たない	0	0	0	0
役に立たない	0	0	8	8
合計	54	0	9	63

図 3(a)は、差分像処理は適切で評価は有益な例である。性別は男性、腹部の悪性リンパ腫を抗癌剤で治療し正常となった例である。撮影期間は約 1 年。腹部に存在する異常集積の減衰の様子をスコアは適切に捉えている。

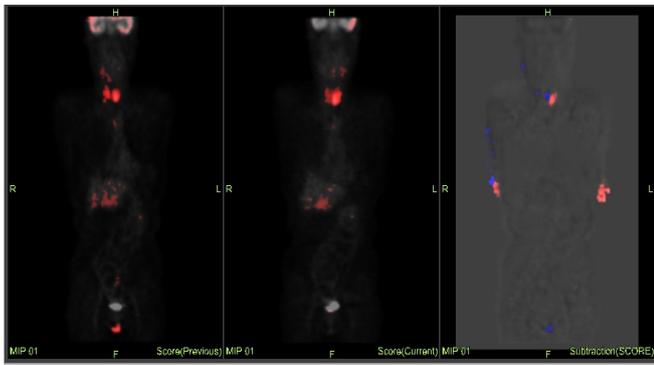
図 3(b)は、差分像処理は不適切で評価は役に立たない例である。性別は男性、甲状腺に慢性的な異常集積がある。撮影期間は約 1 年。症例単独では甲状腺の異常集積をスコアは適切に捉えているが、差分処理を行うと異常集積の位置の対応がずれているため、スコアは異常集積の変化を適切に捉えることができなかった。差分像処理が不適切で、役に立たないと判断された 8 組はすべて、現在画像と過去画像の集積の位置の対応がずれているために、システムは有益な情報を提示できなかった。

図 3(c)は、差分像処理は不適切で評価は有益な例である。性別は男性、正常例から正常例の組であり、撮影期間は約 1 年。差分処理を行うとスコアは変化がない様子を適切に捉えているが、過去画像のスコ

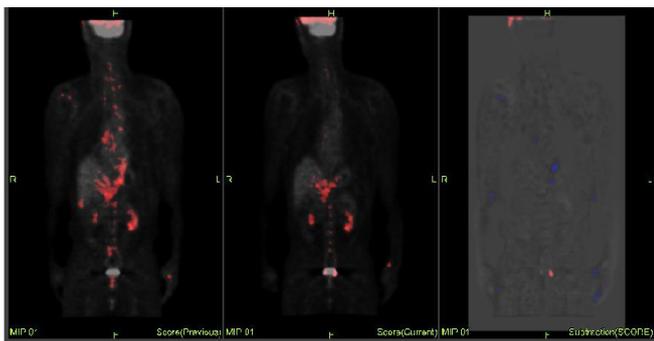
アが異常を示しているため、差分像処理は不適切と医師は判断した。



(a)差分像処理は適切で評価は有益な例
(男性 悪性リンパ 抗癌剤治療 期間約1年)



(b)差分像処理は不適切で評価は役に立たない例
(男性 甲状腺に異常集積 人間ドック 期間約1年)



(c)差分像処理は不適切で評価は有益な例
(男性 正常 人間ドック 期間約1年)

図3 経時差分処理の結果画像例

7. まとめ

FDG-PET 画像を対象とした経時差分 CAD システムの開発を行った。経時変化のある症例 63 組に本シ

ステムを適用し評価を行った結果、約 85%の精度で集積の変化を適切に強調できた。位置合わせの精度にまだ問題があるが、経時差分システムは SUV の変化を医師に提示できた。これらの結果から、本研究は抗癌剤治療における効果判定において、病変部の定量解析の可能性を示した。

謝辞

本研究の一部は、日本学術振興科学研究補助金および厚生労働省がん研究助成金(長谷川班)の補助により行われた。

文 献

- [1] O.Warburg : The metabolism of tumors in the body, The journal of General Physiology , vol.8, no.6, pp.519-530, 1930.
- [2] John W, "SUV : Standardized uptake or silly 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合同論文集, pp.263-264, 2007.
- [4] 横井望, 清水昭伸, 福田宙也, 小畑秀文, 織内昇, 遠藤啓吾 : PET 像と CT 像を用いた病変検出支援システムの高度化, コンピュータ支援画像診断学会合同論文集, pp.265-266, 2007.
- [5] 本谷秀堅, 澤田好秀, 新田修平, 武田徹, 呉, 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合同論文集, pp.267-268, 2007.
- [6] 河合一尚, 小林龍徳, 原武史, 周向榮, 伊藤哲, 片渕哲朗, 藤田広志 : FDG-PET 画像における SUV の経時的変化の解析, コンピュータ支援画像診断学会合同論文集, pp.261-262, 2007.
- [7] 加野亜紀子, 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, vol.56, no.3, pp.503-506, 2000.
- [8] 細谷周, 清水昭伸, 萩原義裕, 小畑秀文, 縄野繁 : 乳房 X 線像の経時変化検出に関する検討, 信学技報 MI2002-67, pp.62-66, 2002.
- [9] 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, vol.60, no.2, pp.299-302, 2004.
- [10] 東田善治, 井手口忠光, 村中光, 田畑信幸, 宮島隆一, 赤澤史生, 池田尋隆, 森本健, 大喜雅文, 豊福不可依, 土井邦雄 : 経時的差分画像法を用いた胸部びまん性病変の経時変化の検出に関する ROC 解析, 日本医放会誌, vol.64, no.1, pp.35-40, 2004.
- [11] 小林龍徳, 河合一尚, 原武史, 周向榮, 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.