

PET 画像 DB を用いた画像色調補正による読影支援手法

植田 賢[†] 砂子 一徳[†] 富井 尚志[‡]

[†] 横浜国立大学大学院環境情報学府情報メディア環境学専攻 〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-7

[‡] 横浜国立大学大学院環境情報研究院 〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-7

E-mail: [†] {d05hc008, d04hc027}@ynu.ac.jp, [‡] tommy@ynu.ac.jp

あらまし 近年注目されている PET(Positron Emission Tomography:陽電子放射断層撮影)は、薬剤の集まり具合を撮影する機能画像であるため、がんの早期発見や治療効果の確認に有効である。しかし、薬剤の集まり具合は臓器毎・検査毎に異なるので、読影時に画像に対して色調補正を行なう際、単純に閾値を決めることはできない。そこで我々は、色調補正の際に、過去の読影データと、読影する検査画像自体のデータを用いて閾値の目安を決定することが有効であると考えた。本稿では過去の読影データを蓄積した PET 画像 DB と、読影する検査画像自体のデータを用いた色調補正を行うことで、医師の読影を支援する手法を提案する。また、その様な提案を実現するインタフェースを実装し、実際の検査画像を用いて有効性の評価を行った。

キーワード 陽電子放射断層撮影, PET, 読影支援, 医用画像データベース, 色調補正

A Diagnosis Support Method by Color Tone Offset with PET Image Database

Masaru UEDA[†] Kazunori SUNAKO[†] and Takashi TOMII[‡]

[†] Department of Information Media and Environment Sciences, Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University 79-7 Tokiwadai, Hodogaya-ku, Yokohama 240-8501 Japan

[‡] Faculty of Environment and Information Sciences, Yokohama National University 79-7 Tokiwadai, Hodogaya-ku, Yokohama 240-8501 Japan

E-mail: [†] {d05hc008, d04hc027}@ynu.ac.jp, [‡] tommy@ynu.ac.jp

Abstract In recent years, diagnosis by whole-body PET (Positron Emission Tomography) images are considered as an effective method of finding cancer. But interpreting PET images requires a lot of medical knowledge and experience for radiologists. In this paper, we suggest a method for diagnosis support by color tone offset with PET Image DB we have suggested and PET Images themselves being interpreted. We think the method can be useful for radiologists to share medical knowledge and experience regarding PET. Additionally, we put the idea into practice and evaluate the effectiveness.

Keyword Positron Emission Tomography, PET, Diagnosis Support, Medical Database, Color Tone Offset

1. はじめに

近年注目されている PET(Positron Emission Tomography:陽電子放射断層撮影)は、CT や MRI と同じ核医学診断法の一つであるが、従来の診断法とは撮影する物が異なる[1]。従来の診断法では骨や臓器を写す、いわゆる形態画像を撮影するのに対して、PET は体内に投与した FDG(fluorine-18-fluorodeoxyglucose)の分布から、細胞の糖代謝という体内の機能、すなわち機能画像を撮影するため、がんの早期発見や治療効果の確認に有効である。しかし機能画像であるゆえ、読影する医師には、従来の CT や MRI とは異なった PET 固有の知識や経験が必要となる[2]が、PET のがん診断

への利用はまだ始められたばかりであり、PET に関する知識は確立されておらず、今後読影の質を高めていく事[3]と同時に、PET に関する知識の確立が求められている。

PET の読影の際、医師は読影コンソール上で画像に対して色調補正を行ないながら、FDG の集積具合を表す SUV(Standardized Uptake Value)を指標値として異常の有無を判断する。しかし、SUV は糖代謝の程度によって決まるため、同じ臓器であっても患者によって異なるのに加えて、同じ患者であっても検査毎に異なる。ゆえに色調補正を行なう際、注目する臓器に対して単純に SUV の閾値を決めることはできない。この時、も

し経験の豊富な医師による色調補正を容易に取得することができれば、他の読影医に対する診断支援になると考えられる。

すでに我々は、複数の読影医が所見データを検査画像と共に共有可能とし、読影の支援を行うために、所見データと画素データとを関連付けて蓄積する PET 画像 DB を提案してきた[4]。この DB によって、過去に読影された検査画像からさまざまな読影情報の検索が可能となる。例として、「正常な右肺の SUV 平均値は？」などの検索が可能であり、その検索結果を用いて一般的に使われる医用画像可視化ツールの色調設定を行なう提案も行なってきた[5]。

本稿では、読影中の検査画像自体から得られるデータと PET 画像 DB から得られる過去の読影データを元に、医師個人の知識や経験に依っていた色調補正を、医師の読影プロセスをできるだけ変えずに行なうことで、医師の読影を支援する手法を提案する。まず、これまで提案してきた DB を、読影時に主に注目される最大 SUV に関する検索に特化させたモデルを提案する。次にこの DB を利用して、色調補正を実現する。具体的には、注目臓器の正常部の SUV 範囲を検査画像の画素値から、悪性腫瘍が取り得る最大 SUV の範囲を PET 画像 DB から取得し、色調補正の際の閾値として利用する。また、その様な提案に基づき実際にインタフェースを実装し、実際の検査画像を用いて補正を行ない、従来の色調補正による画像と比較することで、本手法の有効性の評価を行なった。また処理を行ってから結果に反映されるまでの時間を測定し、実時間で利用可能であることを示した。

2. PET 画像の読影

2.1. FDG-PET

FDG-PET とは、放射性フッ素(F-18)で標識した FDG と呼ばれるブドウ糖によく似せた薬剤を患者に投与し、その体内分布を撮影する核医学診断法の一つである。ブドウ糖に似た性質のため、FDG は糖代謝が盛んな箇所集まり、またがん細胞は正常な細胞に比べて糖代謝が盛んであるため、がん細胞が存在する部位には FDG が多く集積する。従来の CT や MR などのような体内を構成する材質、すなわち形態を撮影するものとは違い、PET は糖代謝の程度、すなわち体内の機能を撮影するため、がんの早期発見や治療効果の確認に有効である。PET では、1 回の検査で 295 枚のスライス画像(図 1)が生成され、そのスライス画像に対して医師は読影、すなわち画像から病変があるかどうか、どんな疾患が考えられるかの読取りを行う。読影に際して、医師は SUV(Standardized Uptake Value)と呼ばれる値を用いて定量的評価を行う。SUV とは、FDG の集積度を、

患者の体重と RI(Radio Isotope)投与量で標準化した半定量的指数である[6]。

PET はがんの発見に有効な撮影法であるが、万能というわけではない。例をあげると、FDG は尿と一緒に排泄されるので、腎臓や膀胱に溜まりやすい。それ故腎臓や膀胱に存在するがんは PET では判別が難しい。また、PET は FDG の集積具合を撮影するものであるが、臓器自体にも生理的集積と呼ばれる集積が起こり、臓器毎で SUV が異なる。例えば、脳は右肺に比べて糖代謝が盛んであるため、右肺より多く FDG が集積する。その他、炎症を起こしている領域にも FDG が集まるなどの理由により、PET の読影に際しては、生理的集積や炎症と異常集積を判別するための多くの知識と経験が要求される[2]。しかし、CT や MRI などとは異なり、PET のがん診断への利用はまだ始められたばかりであり、そのような知識は十分に確立されておらず、今後読影の質を高めていく事[3]と同時に、PET に関する知識の確立が求められている。

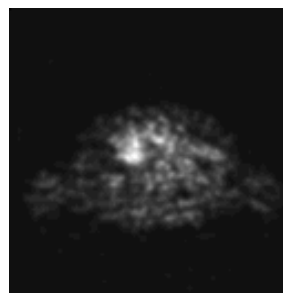


図 1 PET 画像

Fig.1 a PET Image

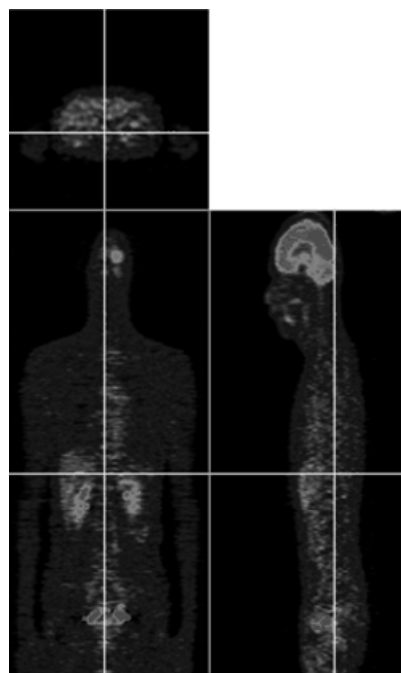


図 2 読影コンソール

Fig.2 an Interpretation Console

2.2. 読影の流れ

PETで得られるのはSUVを画素値とする16ビット階調のDICOM(Digital Imaging and COmmunications in Medicine)形式[7]画像であり、検査技師によってフィルム化される。医師は出力されたDICOM形式画像を1検査分纏めて読影コンソール上(図2)に読み込み、スライス毎に読影を行なう。そして画像と人体の位置関係を大まかに把握して集積を特定した後、特定した集積ががんの可能性があるか定性的に判別する。次に特定した集積に対して関心領域(Region of Interest: ROI)と呼ばれる医師が注目した領域を設定する。ROIにおけるSUV最大値(SUVmax)を算出し、その集積のSUVや臓器毎の標準なSUVと比較しながら、がんの可能性をあるかを定量的に解析する。最後に画像解釈で抽出した集積に対して、ROI解析での定量的根拠、その他の検査結果などを総合的に判断して、がんの可能性をあるかどうかを判別する。判別した結果を「画像所見」として所見レポートに記述する。以上のことから、読影において、集積を特定する際の色調補正が重要であると言える。

ここで画像の可視化について簡単に述べる。可視化の際、設定した画素値の範囲に対して色が線形で割り当てられた後、γ補正などの補正がかけられる。この時設定した範囲の幅をWindow Width(幅)、範囲の中央値をWindow Level(レベル)と呼び、設定した範囲外の色は、範囲の下限および上限に割り当てられた色で表示される。この幅とレベルは、フィルム化の際は検査技師が、コンソール上では医師がそれぞれ行う。

2.3. 読影における問題点

前述したように、PETはFDGの集積具合を撮影する機能画像であるため、臓器毎でSUVの範囲が異なる。また同じ臓器であっても患者毎・検査毎に異なる。それ故、特定の臓器に注目する際に色調補正を行なう際、全ての検査に対して同じ閾値を用いるという単純な区切り方はできない。よって色調補正は現在医師の個人の知識や経験に基づいて行なわれているが、そのような知識は現在共有されていない。この色調補正を読影中の画像データ、及び過去の読影データを用いて簡単に行なう事ができれば、医師間でこのような知識や経験を共有することが可能となり、読影の支援になると考えられる。

2.4. PET 画像 DB

読影時に生じる医師の経験的知識を明示的なデータとして蓄積できれば、様々な読影支援が可能になると考えられる。そこで我々は今までに、PET画像を実際の読影プロセスに基づいてモデル化し、画像と所見データを関連付けて蓄積するPET画像DBを提案してきた[4]。PET画像DBは、PETの読影に携わる人をエキスパート医師、撮影技師、そして読影医に分類し、それぞれが登録するデータを分割するために知識層、Raw Data層、読影層からなる3層構造モデルをとっている。以下、各層について簡単に述べる。図3にPET画像DBの概念モデルを示す。

知識層

がんの研究者・専門家などのエキスパート医師が医学的知識を登録するための層で、肝臓などの部位概念や病変概念、概念間の関連、などの知識を蓄積する。

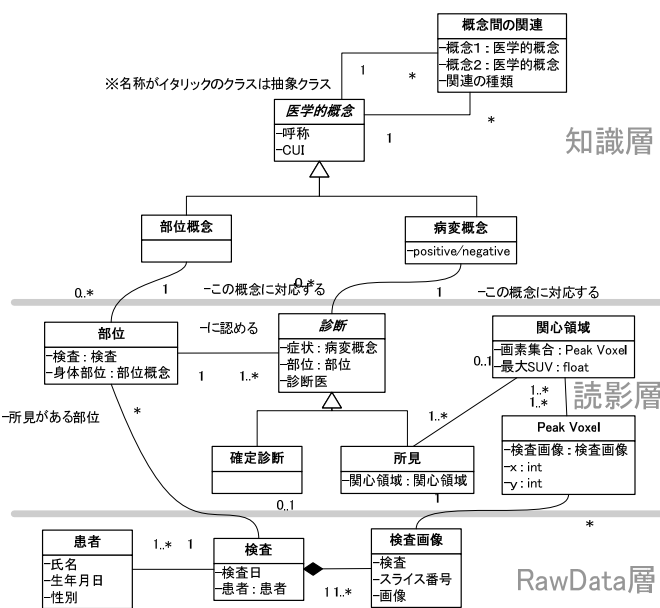


図3 PET画像DB概念モデル

Fig.3 the Conceptual Model of PET Image Database

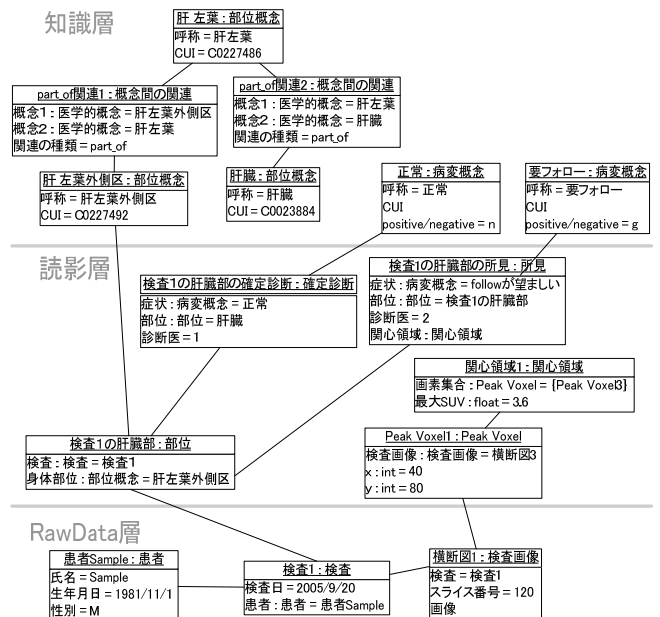


図4 PET画像DBのインスタンス例

Fig.4 an example of Instance in PET Image Database

プロトタイプモデルでは、医師の表記の違いによる概念のずれを防ぐために、UMLS(Unified Modeling Language System)[8]を元にしてデータを登録している。

Raw Data 層

検査技師が撮影画像と検査・患者に関するデータを登録するための層で、検査時に DICOM 形式で得られる一次データを蓄積する。画像データは DICOM 形式で出力されるデータの中で画像データを表す部分のみをスライス単位で蓄積する。

読影層

読影医が読影に関するデータを登録するための層で、画像に対して設定した ROI、検査に関する所見データなどを蓄積する。読影層は前述した知識層と Raw Data 層を関連付けるための中間層であり、本モデルでは、医師が設定した ROI における最大 SUV とその画素の座標で ROI を表現する。

図 4 に PET 画像 DB のインスタンス例を示す。がん診断では、診断法自体の精度を調べるために遡及的研究が行なわれる事がある[9]が、PET 画像 DB により、過去の検査における所見データとそれに関わる画像データを容易に検索することができ、このような研究などに大いに役立つと考えられる。また、個人情報の取り扱いに関しても、アクセス権限を設定することによって、患者の個人情報へのアクセスを制限し、統計データのみアクセスできるようにするといった方法で対応することが可能であると言える。

3. 色調補正による読影支援の提案

2.4 節で述べた様に、読影は現在医師個人の知識や経験に依存している。読影の際、過去の読影画像を所見と共に参照したり、所見データを利用したりすれば、医師間の知識を共有することができ、より精度の高い読影を行なうことができると考えられる。そしてそのように読影した結果を再び DB に登録することで、同じような症例に対する参照画像が増え、DB 中の読影

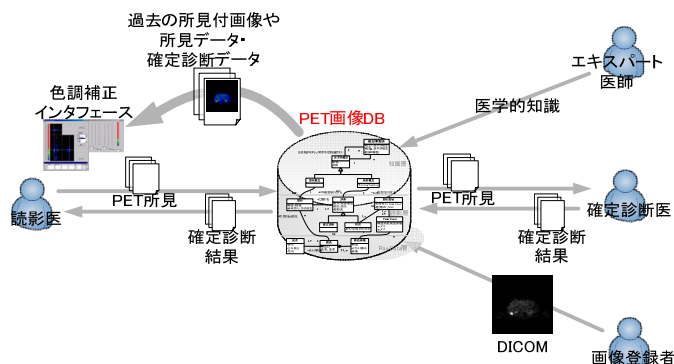


図 5 PET 画像 DB システムアーキテクチャ

Fig.5 System Architecture of PET Image Database

データの精度をフィードバック的に高めることができる(図 5)。

このとき、DB への検索結果をそのまま読影医に提示するのではなく、読影医への提示の方法を工夫することによって、より効果的な読影の支援が可能であると考えられる。例えば、PET 画像 DB では、過去の読影データから、臓器毎の SUV 範囲を検索することができるため、この結果を用いて臓器毎の色調補正を的確に行なう事ができれば、異常集積の見落とし防止など読影の支援になると考えられる。

そこで本稿では、PET 画像 DB に蓄積された過去の読影データを用いた色調補正手法を提案する。この色調補正の手法では、正常部の色と異常集積の色を区別しやすく設定することで注目領域と異常集積を見やすくし、読影時の見落としを減少させることを目的とする。そのために、注目臓器の正常部の SUV 範囲を検査画像の画素値から、悪性腫瘍の SUV 範囲を PET 画像 DB から取得する。以下では、各手順について詳しく述べる。

3.1. 注目臓器の正常部の SUV 範囲の取得

PET は FDG の集積具合を撮影する機能画像であるため、色調補正の際、検査画像に対して単純に SUV に一定の閾値を用いて色を割り当てることはできない。しかし各検査においては、各臓器の正常部の SUV は同程度と考えられる。例えば、ある患者の、異なる 2 つの検査の検査画像群 A と A'があったとすると、A と A'における肝臓全体の SUV は異なるが、A における肝臓正常部位の場所による SUV の差は、正常部位と異常部位の SUV の差に比べて十分に小さいと見なすことができる。

故に読影中の画像データから特定の臓器における SUV の範囲が取得できれば、色調補正に利用でき、各検査に対してより適切な色調補正を行なうことができると考える。PET 画像の画素値は SUV を表すので、医師によって正常な領域の指定が行なわれれば、画像から SUV 範囲を取得することは可能である。

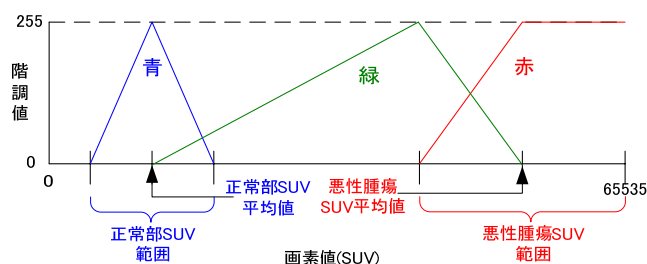


図 6 カラーマップの設定

Fig.6 a Configuration of Colormap

3.2. 注目臓器に存在し得る悪性腫瘍の SUV 範囲の取得

悪性腫瘍の SUV については、検査中の画像から取得することは難しい。その画像にがんが存在するかどうかは補正を行なう前の段階では判断が困難だからである。そこで、悪性腫瘍の SUV 範囲については、過去の読影データを参照することとした。過去の読影データは医師によって作成されたものであり、そのデータを利用することで、読影に関する知識や経験の共有が実現できると言える。また、PET 画像 DB に新たなデータを追加していくことにより、閾値の補正が行なわれ、データの精度がより増していくと考えられる。その様に補正を行なっていく事で、例えば肝臓に存在する臓器の SUV はどの程度であるか等といった、PET に関する知識の確立の手助けにもなると考えられる。

また、所見では部位概念が細かに記述されるが、検索の際には、その部位概念の上位概念でも検索が行える必要がある。例えば、肝左葉についての所見データは、肝臓についての所見データでもあるので、肝臓に関する所見を検索する際に肝左葉のデータも取得できる必要がある。PET 画像 DB では、上記のような上位概念による検索も可能にするために、知識層に部位概念間の関連を蓄積している。

3.3. 各範囲に対する色の割り当て

それぞれの領域を明確に区別するために、取得した SUV 範囲に対して色の割り当てを行なう。割り当てには、注目臓器の正常部に該当する SUV 範囲(以下、正常部 SUV 範囲)には青色を、注目する臓器に存在する可能性のある悪性腫瘍の SUV 範囲(以下、悪性腫瘍 SUV 範囲)には赤色を割り当て、中間には緑色を割り当てる。正常部 SUV 範囲の下限値より下の SUV は切り捨てる、すなわち色を割り当てないことにする。そうすることで、注目する臓器を明確にできると考えた。ただし、赤色の割り当てについては、上限値を区切ってそれ以上の SUV を切り捨ててしまうと、過去の読影時より高い SUV であった場合、異常を見落としてしまう可能性が高い。故に悪性腫瘍 SUV 範囲においては、悪性腫瘍 SUV 範囲を超える SUV は全て赤とする。最小値を参照するのは、過去医師が異常を疑った集積の SUV 以上の色を変更し、平均値付近の色をより強調することで、見落としの防止に役立つと考えるためである。平均値を取ることで、ある臓器における悪性腫瘍がどの程度の SUV になるのかを取得できると考える。図 6 に画素値と各色の階調値の関係を示す。

本手法の目的はあくまで医師の読影支援であるた

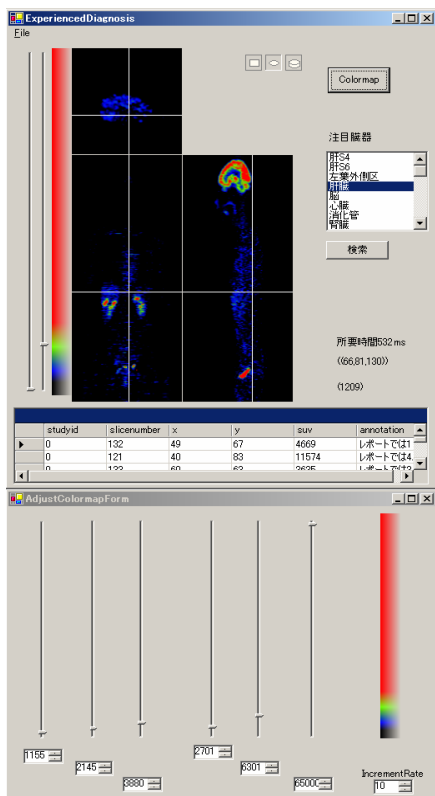


図 7 実装インタフェース画面

Fig.7 a Screenshot of the Implemented Interface

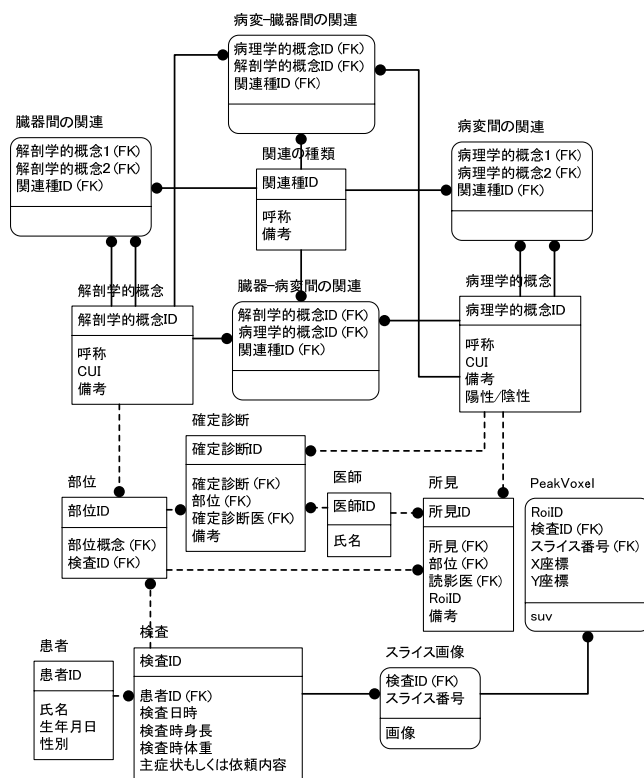


図 8 PET 画像 DB 論理スキーマ

Fig.8 Logical Schema of the PET Image Database

め、最終的な判断は読影医が下すものとしている。それ故、最終的に読影医が色調補正を行なえる必要がある。加えて読影を行なうのは医師であるため、できるだけ現在の読影プロセスを変えないような方法で実現できる必要があり、上記のような補正は、医師の負担を軽減するために、医師が注目している領域に対して自動で行なえるようにするのが望ましいと考える。

4. PET 画像 DB を用いた色調補正のためのインタフェースの実装

3 章の手法によって実際に有効な可視化が可能であるかを評価するために、読影画像と PET 画像 DB の検索結果に基づいて色調設定を行なうためのインタフェースのプロトタイプを実装した。インタフェースの外観を図 7 に示す。実装には開発言語として C# を利用した。また、PET 画像 DB の実装には Microsoft 社製 SQL Server 2005 を利用した。実装した DB の論理スキーマを図 8 に示す。

色調補正を自動化するために、ユーザが現在どこを見ているかをインタフェース上で指定してもらうように実装した。インタフェースはその指定座標をキーとして検査画像と DB の過去の読影情報からデータを抽出し、補正を行なう。以下正常部と異常部の SUV 範囲の色の割当について詳しく述べる。

4.1. 注目臓器の正常部 SUV 範囲の取得方法

正常部 SUV 範囲の取得には、ユーザによる注目領域の指定が必要である。画像を読み込むと、三方向からの表示が可能になる。次にユーザは画像と人体の関係を大まかに把握し、注目臓器の正常領域の一部に注目する座標を合わせる。すると、指定座標を中心とし、一辺が 5 ピクセルの立方体内の SUV が読み込まれ、その領域の SUV 範囲の上限値、下限値、平均値が求められる。得られた範囲を正常部 SUV 範囲とし、3.3 節で示した方法に基づき正常部のための色調補正を行なう。

4.2. 注目臓器に存在し得る悪性腫瘍の SUV 範囲の取得方法

悪性腫瘍 SUV 範囲の取得の際、指定した座標付近に過去見られた所見データの SUV を DB より検索し、その最小値、平均値をそれぞれ算出する。そして得られた値を利用して、3.3 節で示した方法に基づき悪性腫瘍のための補正を行なう。

4.3. 手動による補正のためのインタフェース

本手法では最終的な判断は医師が行なう物としているので、画素データや DB の検索によって補正を行なった後、ユーザによる微調整ができる必要がある。そこでカラーマップの各閾値、つまり青色、赤色の起点、頂点、終点を画素値で直接設定できるよう実装した(図 7 下のウィンドウ)。

5. 評価

提案手法の有効性を評価するために、横浜市立大学医学部放射線科から提供された検査画像に対して提案手法による色調補正を行ない、従来の可視化手法によって得られた画像との比較を行なった。PET 画像 DB に登録した所見データを表 1 に示す。

5.1. 色調補正の評価

検査画像に対して PET 画像 DB とプロトタイプインタフェースを用いて色調補正を行なった。従来の可視化手法によって得られた画像と提案手法による補正結果を図 9 に示す。図 9 の各画像に対して得られた所見は以下の通りである。

- (a) ・肝 S4,S6 に腫瘤状の集積を認める。
・肝左葉外側区に淡い集積を認める。
- (b) ・肝右葉に相当する部位に FDG の著明な集積を認める。
- (c) ・肺左上葉の前胸壁寄りに腫瘤状の異常集積を認める。

読影の際、医師が異常集積として設定したと考えら

表 1 登録されている所見データ
Table.1 Finding Data in PET Image Database

StudyID	領域	interpreter	Finding annotation	SUV	x	y	slicenumber
0	肝S4	1	肝転移	4669	49	67	132
0	肝S6	1	肝転移	11574	40	83	121
0	左葉外側区	1	有意でないが要フォロー	3635	60	63	133
0	肝臓	1	生理的集積	2701	44	61	121
0	肝S4	2	炎症	4669	49	67	132
3	肝右葉	1	肝転移	4475	39	72	133
3	肝右葉	1	肝転移	7023	58	63	129
3	胃	1	有意でないが要フォロー	4738	75	64	118
3	傍大動脈・両側総腸骨動脈領域の腫大リンパ節	1	リンパ節転移	3382	57	77	69
5	(左肺)左上葉前上葉区(S3)	1	肺癌	3724	78	64	174
7	膀胱後方(後壁)	1	有意でないが要フォロー	3802	62	76	49
7	仙骨	1	有意でないが要フォロー	5423	60	78	64

れる ROI を元画像に示す．ROI は実際の所見レポートを参照して設定した．

まず全体的に見ると，医師が ROI を設定した臓器の他の領域，すなわち(a)(b)では肝臓の正常領域が，(c)では肺の正常領域が，それぞれ青で表示されている．ただし(c)に関しては，肺が元々集積の起こりにくい臓器であるため，他の領域との明確な区分が困難になっている．次に横断面図，すなわちスライス画像に注目してみると，従来手法によって得られた結果同様，ROI が設定された領域が明確になっていると同時に，従来

手法では見られない集積も明確に出ている．これは見落としを防ぐ効果があると同時に，もし癌で無い場合，結果的に医師の負担をいたずらに増やすことになる．

以上のことから，スライス画像，全身画像ともに集積と注目臓器領域の明確化が実現できたため，ある程度の有効な結果が得られたが，肺などの集積の低い臓器を画像中で明確にするために，そして見落としを防ぎつつ医師の負担を増やすことがないように，今後補正方法をさらに検討する必要がある．また，脳など他の臓器に対しても評価を行なう必要がある．

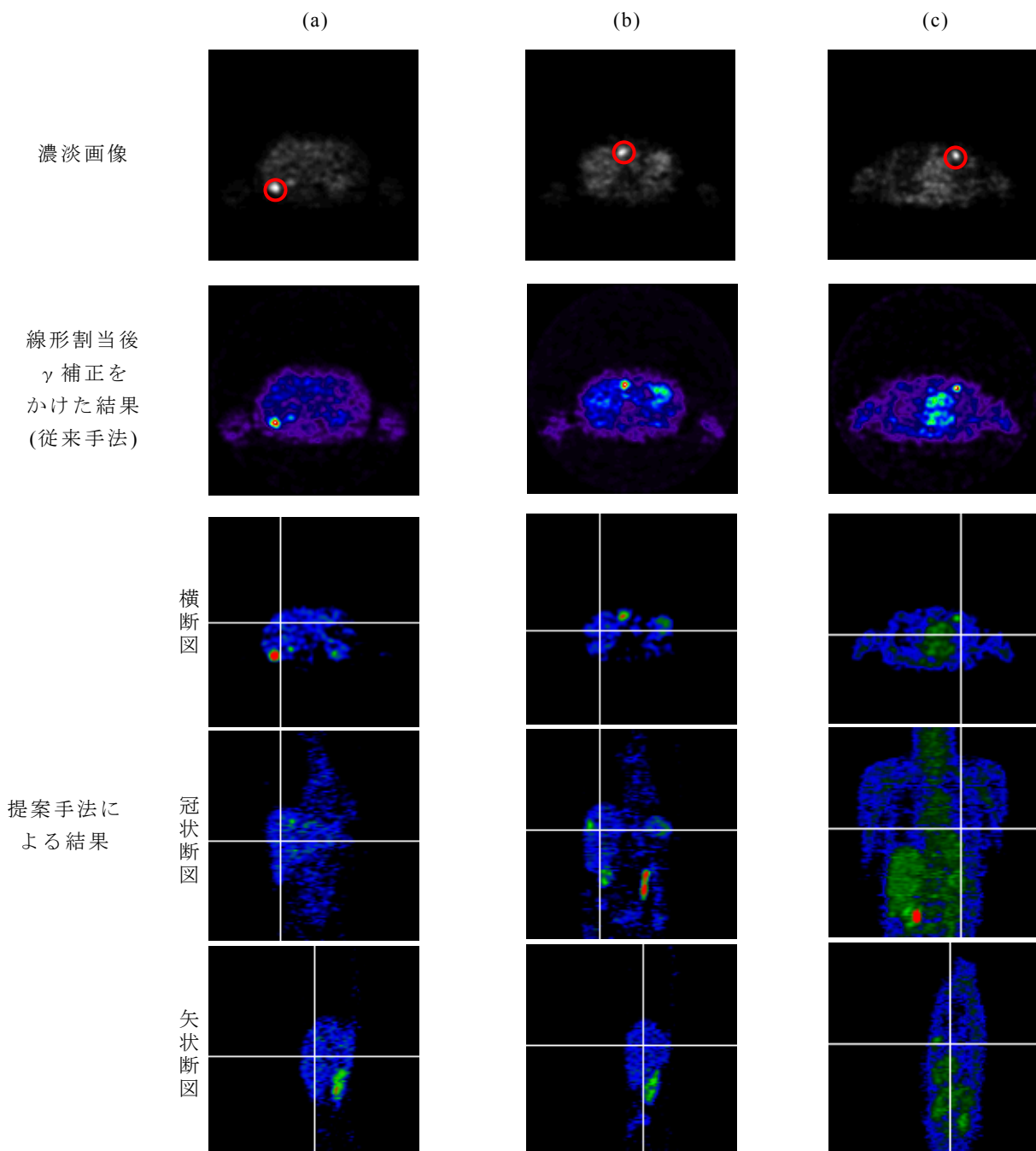


図 9 従来手法と提案手法による色調補正の比較
Fig.9 Comparison of Typical Method with Proposing Method

表 2 処理に要した時間
Table.2 Processing Time

	領域選択		DB検索	
	肝臓	肺	肝臓	肺
(a)	328	438	328	360
(b)	329	375	329	359
(c)	328	375	328	360

(単位は ms)

5.2. 検索時間と処理時間の評価

医師がインタフェースに対して操作を行なってから、色調補正結果が画面に反映されるまでの時間を測定した。測定した時間は以下の2つである。

- ・ 医師が画像に対して領域を選択してから、その領域内の SUV の平均, 上限, 下限を取得し、色調補正を行なうまでの時間
- ・ 医師が注目領域を臓器リストより指定してから、PET 画像 DB に対して SQL を発行して条件に該当する検査データの SUV の平均, 下限を取得し、色調補正を行なうまでの時間

所要時間を表 2 に示す。この結果から、医師が操作をしてから画面に補正が反映されるまでの時間は 1 秒程度であり、瞬時に反映されることから、現在の医師の読影プロセスを変えることなく実現できると考えられる。

6. まとめ

本稿では、読影中の PET 画像自体のデータと PET 画像 DB を用いて色調補正を半自動的に行なうことにより、医師の読影を支援する手法を提案した。PET 画像の画素データは SUV を表すので、ユーザが画像の注目領域を指定すると、その領域における SUV 範囲を取得することが可能である。本手法では、その範囲を注目臓器の正常部 SUV 範囲として色調補正の際の閾値に用いた。さらに、注目臓器に存在し得る悪性腫瘍の SUV 範囲は、所見データを ROI とその SUV_{max} とを関連付けて蓄積する PET 画像 DB より取得し、その範囲を悪性腫瘍 SUV 範囲とする。そしてそれぞれの範囲に青、赤の色を割当て、集積の判別をしやすくした。そして、このような手法を実現するインタフェースを実装し、実際の検査画像の可視化を行ない従来の補正結果と比較することで、提案手法の有効性を評価した。さらにその実行時間を測定し、実時間で利用可能であることを示した。

今後の課題として、今回の提案手法によって得られた色調補正結果が、どの程度医師の望む結果となっているのか評価が必要である。また、領域選択に際して、PET 画像に対する自動領域抽出[10]や自動診断[11]と

組み合わせることができれば、更なる支援になると考えられる。

謝 辞

本研究を行なうにあたり、横浜市立大学医学部放射線医学教室の井上登美夫教授、鈴木昌子医師、他多くの方々のご協力を得た。ここに深く感謝の意を表す。尚、本研究の一部は文部科学省科学研究費補助金(課題番号 16200004 および 17700097)の支援による。

文 献

- [1] 社団法人日本アイソトープ協会 HP
<http://www.jrias.or.jp/jrias/index.cfm/17,0,117,html>
- [2] 中本裕士, "腫瘍 PET: 入門から PET/CT まで", 日本医学放射線学会雑誌, vol.63, no.6, pp.285-293, (2003)
- [3] 千田道雄, 宇野公一, "～予防医学の時代における核医学診療～PET がん検診の光と影", 日本核医学会機関紙, vol.41, no.3, pp.229-234, September, 2004
- [4] 石江哲也, 砂子一徳, 富井尚志: "関心領域情報付き画像所見を蓄積する WB-PET DB の構築と検索による診断支援", 情報処理学会論文誌: データベース, Vol.46, No.SIG8(TOD26), pp.1-13, 2005.6
- [5] 植田賢, 砂子一徳, 富井尚志, "医用画像可視化ツールと PET 画像 DB を統合した読影支援手法," 日本データベース学会 DBSJ letters, Vol.4, No.2, pp.85-88, 2005
- [6] Akiko Suzuki, Tsuyoshi Kawano, Nobukazu Takahashi, Jin Lee, Yoshihiro Nakagami, Etsuko Miyagi, Fumiki Hirahara, Shinji Togo, Hiroshi Shimada, Tomio Inoue, "Value of 18F-FDG PET in the detection of peritoneal carcinomatosis", European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging Vol.31, No.10, pp.1413-1420, October 2004
- [7] JIRA/DICOM 委員会 HP
<http://www.jfcr.or.jp/DICOM/index.html>
- [8] Bodenreider O., "Medical Ontology Research: A Report to the Board of Scientific Counselors of the Lister," Hill National Center for Biomedical Communications. May 17, 2001
- [9] Arne-Jorn Lemke, Stefan Markus Niehues, Norbert Hosten, Holger Amthauer, Michael Boehmig, Christian Stroszczynski, Torsten Rohlfing, Stefan Rosewicz, and Roland Felix, "Retrospective Digital Image Fusion of Multidetector CT and 18F-FDG PET: Clinical Value in Pancreatic Lesions—A Prospective Study with 104 Patients," THE JOURNAL OF NUCLEAR MEDICINE, Vol.45, No.8, pp.1279-1286, August 2004
- [10] Y. Nakano, T. Nagao, "3D Medical Image Processing using 3D-ACTIT: Automatic Construction of Tree-structural Image Transformation", Proc. of the International Workshop on Advanced Image Technology IWAIT'04, pp. 329-333, 2004.
- [11] 長谷川利, 矢口悠理, 遠藤智絵, 荒井淳, 有澤博, "専門家の思考や判断の課程を記述できる意思決定支援システム," 電子情報通信学会第 16 回データ工学ワークショップ(DEWS2005), 4A-i7, March 2005