

PET 画像の再現的可視化システムの提案

Introduction of Reproductive Visualization System for PET Image Diagnosis

植田 賢[▼] 青木 裕紀[◆] 富井 尚志[▲]

Masaru UEDA Hironori Aoki Takashi TOMII

近年、がん診断に有効であると注目を集めている PET 画像の計算機上での可視化では、診断する医師に多くの知識や経験が求められる。これまでに我々は読影時に生じるデータをモデル化し DBMS で管理することによって、いわゆる医師の「ノウハウ」を共有する手法を提案してきた。本稿ではこのモデルに、PET 診断における読影環境モデルを導入することで、(1) ツールに依存しない PET 画像の再現的可視化と (2) SUV を含む所見データの検索結果を用いた画像可視化における診断支援を目指す。そして本モデルの実現性と有用性を検証するためにプロトタイプシステムを構築し、模擬データを蓄積することで、可能となる検索の評価を行った。

PET image visualization aided by computers needs a lot of knowledge and experience for medical doctors who interpret the images. We have introduced a technique to share “know-how” of doctors by modeling the data which occurred in an interpretation of radiogram and managing them by using DBMS.

In this paper, we propose (1) a reproductive visualization method, which is independent from particular visualization tools, for PET images and (2) a support for standardization of visualizing PET images to interpret a specific disease by adding the interpretation environment model. As for the result, we implemented a prototype system to estimate feasibility, and to evaluate usefulness and capability of this model by storing simulation data.

1. はじめに

現在の医療現場において、陽電子放射断層撮影 (PET : Positron Emission Tomography) はがんの早期発見に有効であるといわれ、画像診断の一つの手段としてよく用いられるようになった。CTやMRIが体内の形態を画像化したものであるのに対して、PETは体内の代謝を画像化した機能画像であり、計算機上で可視化するには医師個人のノウハウに依存する部分が多い。このために診断する医師には多くの知識や

経験が求められるのが現状である。

様々な診断支援ツールの出現により医師が注目した領域 (ROI : Region of Interest) や読影環境の保存が可能となり [1], 情報の共有が進められているが、それらは特定のシステムに依存したファイルとして保存されるものであり、再利用には向かない。そのため病院の枠組を越えての共有は困難である。もし医師が読影時に設定したROIやその時の読影環境をモデル化して蓄積すれば、医師がどの様に画像を見たことで所見を下したか、どの疾病が疑われたからどの様な見方をしたのかをツールに依存することなく知ることができ、病院間でのノウハウ共有が可能になると考えられる。

これまでに我々は読影時に生じるデータをモデル化し DBMSで管理することによって、いわゆる医師の「ノウハウ」を共有する手法を提案してきた。本稿ではこのモデルに、PET 診断における読影環境モデルを導入することで、(1) ツールに依存しないPET画像の再現的可視化と (2) SUVを含む所見データの検索結果を用いた画像可視化における診断支援を目指す。そして本モデルの実現性と有用性を検証するためにプロトタイプシステムを構築し、模擬データを蓄積することで、可能となる検索の評価を行った。

2. PET 画像と読影方法

2.1 FDG-PET

FDG-PETとは、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。従来のCT やMRI などのような形態画像と異なり、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画像の読影に際して、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。

PETは機能画像であるため、検査毎に集積程度が異なる。そのためPETの画像の可視化方法は統一されておらず、現在は読影する医師に依存している。

2.2 PET 読影の画像可視化手法と特徴

可視化とは得られたデータを人間に分かりやすい形で表示することで、この場合はPETから得られた人体データを画像化することである。PETによって得られる全身データは可視化の方法によって見えるものが違ってくる。PETでよく使われる可視化の例として以下のものが上げられる。

[スライス表示]

スライス表示は、人体を輪切りの状態で画像化する可視化手法である。PETの場合は全身で295枚におよび、近接3枚のデータから作られる代表スライスに対して読影を行なう。スライス表示は可視化されたデータが生データに最も近い。医師にとって最も基本的な可視化手法であるが、一枚一枚読影を行なうため非常に労力がかかる。

[ボリュームレンダリング]

ボリュームレンダリングは、全身のデータをボリュームデータとして扱い、3次元物体の透過的表示を行なって、任意の視点からの透過像を画像化する可視化手法である。視点を回転させることで、3次元的位置関係が容易に把握できる。しかし可視化の際のアルゴリズムにより、生データとは異なるデータ (例. 視線方向の透過線上にあるボクセルの平均値など) が可視化されるという特徴があり、生データに存在していた重要なデータを見過ごす可能性がある。

[MIP (Maximum Intensity Projection) 表示]

MIP表示は、ボリュームレンダリングのうち、視線方向の

▼ 学生会員 横浜国立大学大学院環境情報学院 情報メディア環境学専攻 d05hc008@ynu.ac.jp

◆ 学生会員 横浜国立大学大学院環境情報学院 情報メディア環境学専攻 d06hc001@ynu.ac.jp

▲ 正会員 横浜国立大学大学院環境情報研究院 tommv@ynu.ac.jp

最大画素値点を表示する可視化方法である。最大値画素が重要な意味を持つ場合に有効である。PETではSUVmaxによるがんの判別がしばしば行なわれるため、スライスとボリュームレンダリングの長所を併せ持つ方法としてよく用いられる。

2.3 PET 可視化での色の割り当て

PET画像可視化の際に色を割り当てるには、カラーマップを利用することが多い。カラーマップを適切に設定することによって、医師はグレースケールによる可視化では分かり難い集積を効果的に視覚化することが可能になる。

ツールによってはあらかじめ用意されているカラーマップの他に、利用者がカラーマップを編集したり、使用したカラーマップをファイル形式で保存したりすることもできる。カラーマップを用いたPET画像の可視化の際には、カラーマップの選択と、選択したカラーマップと画素値の対応付け、そしてボリュームレンダリングの時には全体不透明度をそれぞれ設定するのが一般的である。以下それぞれについて詳しく述べる。

[カラーマップの構造]

カラーマップファイルは、256種類のインデックスカラーを定義する8bitインデックスカラーの形式を基本として保存されることが多い。256色のインデックスカラーに対してRGB形式で定義される場合や、HSV形式、RGBA形式によって定義される場合などがある。

[カラーマップの割り当て範囲の設定]

カラーマップと画素値をどのように対応付けるかを設定する。カラーマップを割り当てる画素値の上限値と下限値を設定すると、範囲内の各画素値にカラーマップに沿った色が対応付けられる。そして上限値以上の画素値には上限値の色が、下限値以下の画素値には下限値の色が割り当てられる。PET画像の可視化の際には、医師は画素値の下限値を0で固定し、

上限値のみを調整することが多い。

[全体不透明度の設定]

全体不透明度は、ボリュームレンダリングにて可視化を行なった際に設定される。全体的な不透明度を調節することで、簡単に内部の観察が行なえるようになる。

3. 再現的可視化のための情報蓄積

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[2]。本章では、再現的可視化を行なうための PET 画像 DB の設計と PET 画像 DB を用いた診断支援について述べる。

3.1 ツールに依存しない可視化再現モデル

医師が所見を下した際にどのような可視化を行なったかを再現するために、本節ではまず読影環境という概念を定義し、医師が所見を下す際に重要になる読影環境とROIの再現方法について設計する。

[読影環境の定義]

2.2, 2.3 節より、医師がどのように PET 画像を可視化したかは、以下の設定を決めれば一意に決まると考えられる。

- ・可視化方法
- ・カラーマップ
- ・カラーマップ上限値
- ・全体不透明度

そこで、これら4つをまとめてPET可視化のための読影環境と定義する。

[読影環境の再現]

医師がどの検査画像に対してどのように可視化し、どのような所見を下したかを検索・再現可能にするには、検査画像と読影環境・所見を関連付けて蓄積する必要がある。既に今までの PET 画像 DB モデルで検査と所見の関連付けは実現している。そこで新たに加える読影環境と既存の PET 画像 DB モデルとの関連付けを考える。新たな PET 画像 DB 概念モデルを図1に示す。図1の点線で囲まれた要素が今回のモデルで変更された箇所である。

所見が下される際に可視化は必ず行なわれるが、ROIは設定されずとは限らず、異常が認められない場合はROI無しで所見が書かれることがある。したがって、まず「所見」というエンティティが存在し、その所見に関する付随情報として「読影環境」や「ROI」が存在すると思われる。またROIの蓄積の際、医師は診断時にROIを設定した際、そのSUVmaxだけでなく平均SUV (SUVavg) も参照することがある[3]。そこで図1のように蓄積することで、所見と関連付けた読影環境の検索が可能になると考えられる。

蓄積に際して、カラーマップファイルの仕様は可視化ツールによって異なるためそのまま蓄積しても使えないが、基本構造は同じであることが多い。例としてAmiraとOsirisのカラーマップファイルを図2に示す。太線で囲んだ部分はRGBのデータを表した部分であり、左から順にR, G, Bの階調値が並んでいる。そこでカラーマップファイルから8bitインデックスカラーにおけるRGBの階調値データ、つまり図5の太線で囲まれた部分のみをDBに登録し、DBからカラーマップを検索して取得する際に各々の可視化ツールに対応するように変換すれば、ツールによらず色情報を参照することができる。

[ROIの再現]

医療の現場では、3次元の可視化が進む一方、昔から行なわれているフィルム読影のようなスライスによる表示での読影も使われている。その理由は、スライスでの読影に慣れ

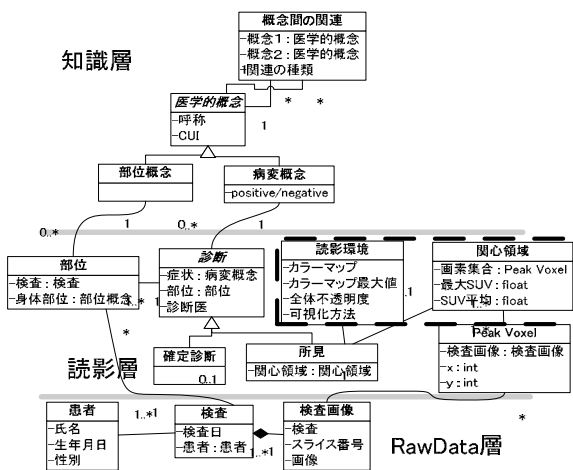
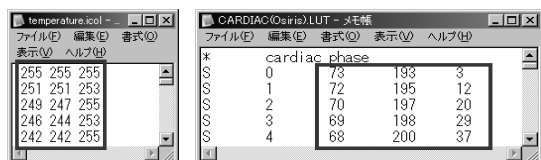


図1 PET 画像 DB 概念モデル

Fig.1 the Conceptual Model of PET Image Database



(a)Amira

(b)Osiris

図2 カラーマップファイルの構造の違い

Fig.2 a Difference between Structures of Colormap Files

行なった (図 4(b)). 図 4(a) (b)にほとんど違いがないことから, 異なるツール上においても, 読影環境を再現することができた. 以上により, カラーマップと上限値を蓄積しておくことで, 可視化結果を再現できることを示した.

5.2 ROI の再現

2次元で設定したROIを3次元上で再現することを示すために, 2次元上でのROIの設定にPET Managerを, 3次元上での表示にAmiraを用いてROIの再現を行ない, 結果を確認した. その結果を図5に示す.

図5(a)はAmiraで通常の可視化を行なったもの, 図5(b)はPET Managerで設定したROIをAmiraで再現したものである. 図5(a)ではどこにROIを設定したか判断が難しいが, 図5(b)では異常集積に設定したROIのSUVmaxに近い画素値のみを色を変えることで, ROIを設定した異常集積が明確になっている. 以上のことにより2次元上で異常集積に設定したROIが3次元上で再現できていることを確認した.

5.3 診断支援のための検索

画像のデータの類似性から, 読影する画像で既知の情報をキーにして, 類似する過去の読影環境を検索することで読影の際に役立てることも可能であると考え. 例として, 肝臓の正常部に設定したROIのSUVavgが近い値を持つ検査データを過去のデータから検索し, その読影環境を適用した結果を図6に示す. 図6(a)は読影済みで, 肝臓内部の様子が分かるように読影環境データを設定したものである. またこの時肝臓の正常部に設定したROIのSUVavgは1.779であった. 図6(b)はこれから読影を行なう状況を想定し, 肝臓の正常部にROIを設定したところ, そのSUVavgは1.739であった. そこで図6(b)の検査画像に図6(a)での読影環境を適用してみると, 肝臓内部の様子を観察することができた. PET画像DBでは部位の概念と設定したROIのSUVavgからの検索が可能であるので, この様な支援が実現可能である.

実際の臨床現場では医師による微調整が必要になると考えられるが, 以上のことから, ある臓器のSUVavgに対応す

る読影環境, つまりSUVavgがどれくらいの時にどんな画像の見方をするのかという知識を共有することができると考える.

6. まとめ

本論文では, 読影環境設定のモデル化を行い, これまで我々が提案してきたPET画像DBにそのモデルを加えることで, 医師が所見を下した際にどの様に画像を見たか, どの部分にROIを設定したかをツールに依存せずに再現する手法を提案した. そして提案手法を元にプロトタイプシステムを構築し, 模擬データを登録して有用性を評価した. また, 構築したデータベースによって可能となる検索を示し, データ工学的な観点からの診断支援の可能性を示した.

今後の課題として, 医師の評価をいただき, 実際の臨床において有用性があるか判断していただくことが必要であると考えている. また, 今回は実験に用いた可視化ツールが少なかったため, どの可視化ツールに対しても提案手法が適用できるか確認していきたいと考えている.

【謝辞】

本研究を行うにあたり, 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る. 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 17700097) の支援による

【文献】

- [1] 斎藤豊文, 森 健策, 鳥脇純一郎, 末永康仁: “仮想化された人体データからのナビゲーションに基づく知識発見次元シームレスな画像観察支援ツールの開発”, 第37回人工知能基礎論研究会 (SIG-FAI) (1999).
- [2] 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トランザクションデータベース, Vol.46, No.SIG8(TOD26), pp.1-13 (2005).
- [3] 山根登茂彦, 大圓修身, 伊藤哲, 永田剛史, 吉矢和彦, 伊藤伸一, 打田日出夫, 真貝隆之, 今井照彦, 大石元: “FDG-PETによる悪性リンパ腫化学療法の効果判定-初回薬剤投与後翌日の評価-”, 日本医学放射線学会雑誌, Vol.62, No.14, pp.41-44 (2002).

植田 賢 Masaru UEDA

横浜国立大学大学院環境情報学府博士課程前期在学中. 2005 横浜国立大学工学部電子情報工学科卒業. PET画像データベースシステムの研究・開発に従事. 日本データベース学会学生会員.

青木 裕紀 Hironori AOKI

横浜国立大学大学院環境情報学府博士課程前期在学中. 2006 横浜国立大学工学部電子情報工学科卒業. PET画像データベースシステムの研究・開発に従事. 日本データベース学会学生会員.

富井 尚志 Takashi TOMII

横浜国立大学大学院環境情報研究院助教授. 1999 横浜国立大学大学院工学研究科博士課程後期修了. 博士(工学). マルチメディアデータベース, 時空間データベースの研究に従事. 情報処理学会, 電子情報通信学会, 映像情報メディア学会, 日本データベース学会正会員

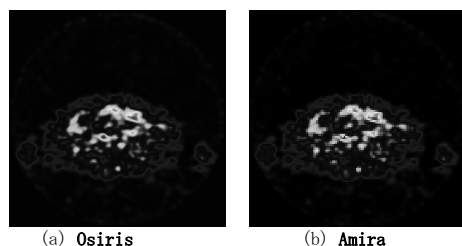


図4 読影環境の再現

Fig. 4 Reproduction of Interpretation Environment

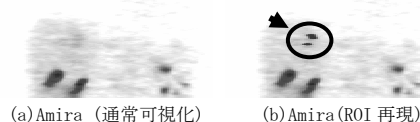


図5 ROIの再現

Fig. 5 Reproduction of ROI

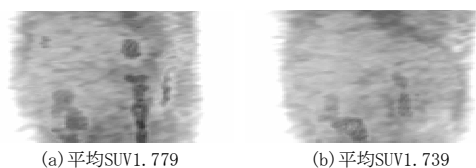


図6 肝の正常部平均SUVに近い読影環境の再利用

Fig. 6 Reuse Example of Interpretation Environment