

3次元医用画像の融合における位置合わせ評価の検討

Examination of Registration Evaluation for Fusion of 3D Medical Images

松尾 成浩[†] 白井 治彦^{††} 高橋 勇^{††} 黒岩 丈介^{††}
 Shigehiro Matsuo Haruhiko Shirai Isamu Takahashi Jousuke Kuroiwa
 小高 知宏[‡] 小倉 久和^{††} 岡沢 秀彦^{††} 米倉 義晴^{††}
 Tomohiro Odaka Hisakazu Ogura Hidehiko Okazawa Yoshiharu Yonekura

1 はじめに

近年、コンピュータ技術の発達に伴ない、マルチモダリティ画像を用いることが可能となり、より多くの情報を得ることが可能となった。しかし、2つの画像を融合するときの位置合わせは重要な問題であり、今日でもさまざまな研究がされている。

本研究では、人間の頭部を撮影した3次元のMR画像とPET画像の融合に注目する(図1)。これらの画像の融合ではPET画像だけでは得られなかった反応の位置関係を、MR画像によって把握することが可能となる。画像を融合する際に位置合わせ処理をする必要があるが、3次元画像の融合は2次元画像に比べて情報量が多く、これにより位置合わせ処理が複雑となる。

本稿では位置合わせ処理において、これらの画像から共通する特徴量として脳の境界領域を抽出し、それらの距離の相違に基づいた位置合わせ手法、評価について検討する。

2 特徴量の抽出

2.1 共通特徴量の選択

異なるモダリティ画像の融合では、共通する特徴量が少なく、評価に用いることができる特徴が限られる。そのため、評価に用いる特徴量の選択によっては、大きく位置合わせ評価がかわってしまうため、慎重に選択する必要がある。

MR画像は核磁気共鳴を利用して、プロトンから得るエネルギーを画像化したもので、主に頭骨を省いた、頭皮や脳の領域が画像化される。PET画像はグルコース代謝の機能を画像化したもので、人間の頭部では、糖や酸素を多く消費する脳の領域が主に画像化

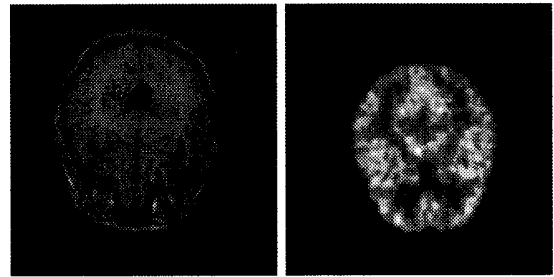


図1: 対象画像 (左) MR 画像 (右) PET 画像

される。ここで、1つの共通の特徴量として、脳の領域をとりあげることができる。本研究では、この領域の境界を抽出することで、その表面に基づいた位置合わせを行なう。

2.2 3次元フィルタによる抽出

画像から特徴量を抽出するには、対象画像が3次元画像であるため、3次元フィルタを用いて抽出することにする。

3次元フィルタは、従来の2次元フィルタを拡張し、3次元画像から直接境界を抽出することを可能にした。注目点から全方向の近傍の画素値を参照にした境界抽出を行なうため、2次元フィルタによる特徴量の抽出で見られる境界の不自然さを解消し、矢状断面でも不自然さが無い境界を得ることができる。[2]。しかし、3次元画像の1ボクセルあたりの x, y, z のサイズが異なっていると、3次元フィルタもそれに応じて重みづけを変化させるか、画像そのものを伸縮させる必要がある。今回対象とする画像の1ボクセルあたりの x, y, z の現実サイズは表1のようにになっている。このサイズのままでは、画像を融合することもできないので、すべてのサイズを統一するために、補間処理に線形補間を用いて、各画像の伸縮を行う。

2次元フィルタと3次元フィルタで得られる画像に含まれる境界領域の抽出結果を図2に示す。2次元フィルタによる結果の画像はXY平面に対して施し、YZ断面にて表示したものである。これを見ると、3次元フィルタのほうでは得られている頭頂付近の境界

[†] 福井大学 大学院 工学研究科 知能システム工学専攻, Graduated School of Human and Artificial Intelligent System, University of Fukui

^{††} 福井大学 工学部 知能システム工学科, Department of Human and Artificial Intelligent Systems, University of Fukui

[‡] 福井大学 大学院 工学研究科, Graduated School of Human and Artificial Intelligent Systems, University of Fukui

^{††} 福井大学 高エネルギー医学研究センター, Biomedical Imaging Research Center, University of Fukui

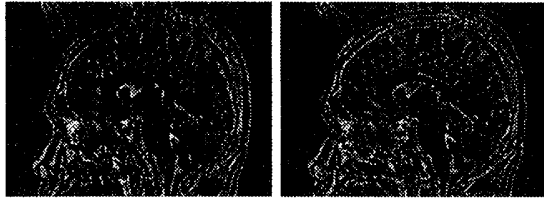


図 2: (左)2次元フィルタ (右)3次元フィルタ

領域が2次元フィルタのほうでは、はっきりと得られていない。その他にも、XY平面に平行な面に対しての勾配のほとんどが2次元フィルタのほうでは得られていないことが確認できる。

3 位置合わせ評価

位置合わせの評価は、2つの画像を重ね合わせるときに、重なる座標の画素値をもとにして計算される。画像の融合において、位置合わせ評価の問題はその精度を決める重要な要素であり、対象とするモダリティ画像によって用いる評価方法が異なる。特にマルチモダリティ画像では、画像化される対象が異なる画像同士を融合するため、用いる評価方法によっては高い位置合わせ精度を期待できないこともある。

今回は対象とする2つの画像の脳の表面を抽出し、位置合わせ評価はそれらの距離を用いて評価する。MR画像にフィルタを施して、エッジ、境界を抽出する。その結果から、距離画像を作成し、PET画像から得られたエッジ、境界を重ねて位置合わせ評価を行なう。

距離画像はエッジ、境界からの距離を画素値にとる。2次元画像では、距離画像の作成はChamfer matching [1]をもとにして、次の式によって与えられる。

$$v_{i,j} = \text{minimum}(v_{i-1,j-1} + 4, v_{i-1,j} + 3, v_{i-1,j+1} + 4, v_{i,j-1} + 3, v_{i,j}, v_{i,j+1} + 3, v_{i+1,j-1} + 4, v_{j+1,j} + 3, v_{i+1,j+1} + 4)$$

画像はエッジ、境界の座標を画素値0とし、背景を最大値とする。距離画像の作成には、注目点を中心とする3×3近傍を使う。v_{i,j}は座標(i,j)での画素値を表わし、その近傍の画素値に距離となる定数を加えて、

	MR 画像	PET 画像
x	0.9375 mm	2 mm
y	0.9375 mm	2 mm
z	1.5 mm	4.25 mm

表 1: 各画像の1ボクセルの現実サイズ

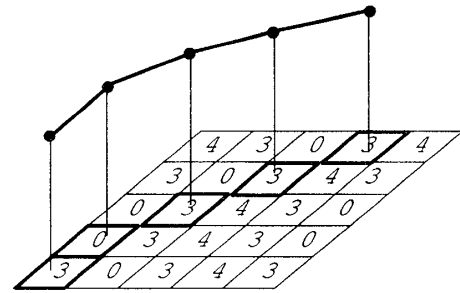


図 3: 距離画像による類似度評価

それらの最小値を(i,j)の新しい画素値とする。これを画像全体に処理し、値の変化がなくなるまで繰り返し処理を行なうことで、距離画像を作成することができる。3次元画像に対しては、これを3×3×3近傍から求めるように拡張して、距離画像を作成する。

この距離画像を用いた位置合わせ評価は、MR画像のエッジ、境界の距離画像の上に、PET画像のエッジ、境界を乗せ、その座標に対応する画素値、つまり距離を計算する。図3では、距離画像を用いたエッジ、境界の距離の計算を表わしており、距離画像の上に重ねたエッジ、境界を折れ線で示している、折れ線上の点に対応する距離画像上の座標を太枠で囲んでおり、囲まれた座標のすべての数値を計算し、それを類似度とする。すなわち、求められた数値が小さいほど類似度は高くなる。位置合わせ処理では距離画像を固定し、重ねる画像に平行移動、回転移動を加えて、繰り返し類似度を計算する。

4 実験

3次元のMR画像とPET画像から2次元フィルタと3次元フィルタを用いて、それぞれ脳の境界抽出を行ない、フィルタによる位置合わせ結果の違いを比較する。評価は求めた境界との距離を評価値とし、MR画像から抽出した脳の境界領域の距離画像を作成し、さらにPET画像の脳の境界領域を重ねあわせて評価をする。結果、考察については発表当日に行なう。

参考文献

- [1] G.Borgefors. Hierarchical chamfer matching: a parametric edge matching algorithm. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 10 (6) 849-865, 1998.
- [2] 松尾成浩, 白井治彦, 高橋勇, 黒岩丈介, 小高知宏, 小倉久和, 岡沢秀彦, 米倉義晴. 3次元医用画像の融合における3次元フィルタの設計-MRとPETの画像の3次元融合手法-. 情報処理学会第67回全国大会講演論文集, 2V-2, 2005.