

3次元医用画像における剛体的位置合わせ処理の評価関数への影響

加藤 公德[†] 白井 治彦^{††} 高橋 勇^{††} 黒岩 丈介^{††}

小高 知宏[‡] 小倉 久和^{††} 日下部 正宏^{††}

[†]福井大学 大学院 工学研究科 システム設計工学専攻 ^{††}福井大学 工学部 [‡]福井大学 大学院 工学研究科

1 はじめに

近年の X 線 CT 装置の発達により 2 次元画像である平面断層写真だけでなく、胸部、腹部等の広い領域や、心臓や肺のような動きのある臓器の鮮明な 3 次元画像を撮影することができるようになり、補間等で再構成していた 3 次元画像ではなく、直接 3 次元の volume データとして撮影することができるようになった。しかし、一度に撮影される範囲が限られているため、撮影部位が広いといくつかのブロックに分割して撮影する必要があり、これらの複数に分割撮影されたデータを不都合なく結合する為には、位置合わせ処理を行わなければならない。従来、2 次元医用画像における位置合わせ処理では、画像の平行移動、回転、拡大・縮小処理などの処理を行うことにより、画像の x 軸、y 軸、画像の回転角度 θ といった 3 つのパラメータを調整することによって位置合わせ処理を行ってきた。例えば、相関法や相互情報量による位置合わせ手法 [1]、及び局所移動量を用いた局所的運動補正法 [2, 3] など様々な手法が提案されている。一方、画像に奥行きである z 軸が追加されるだけでなく、回転軸がさらに 2 つ追加されて 6 パラメータとなるため、位置合わせ処理がより複雑化する。そこで、本研究では、対象とするデータが大腿骨を固定して連続撮影されたものであるという事実を考慮し、対象物である大腿骨は臓器と異なり、短時間において変化のないものとして考えることができるので、従来 2 次元医用画像で用いられている剛体的位置合わせ処理を 3 次元へ拡張する。そして、3 次元での剛体的位置合わせ処理を行うことにより、相関関数、相互情報量、及び二乗誤差等の評価値がどのように振舞うか調べることを目的

としている。

2 対象とする画像

本研究では、高速コーンビーム 3 次元 X 線 CT 装置によって連続して撮影された周辺の肉を削ぎ落してあるヒトの大腿骨の 3 次元医用画像 (volume データ) を用いた。大腿骨の volume データは、5 つのブロックに分割されて撮影されており、CT 値で記録されている。1 ブロックは、回転中心において図 1 のような直径 180 mm、幅 108.8 mm の円柱領域を最大撮影範囲として撮影されている。また、volume データは水平方向 (x 軸) 512 (voxel)、垂直方向 (y 軸) 512 (voxel)、z 軸方向に 256 (voxel) のマトリックスサイズで再構成されており、空間分解能は未詳であるが計算上の再構成ピッチは 0.35 mm となっている。

3 位置合わせ手法の検討

分割されたデータを結合する際に、データの欠損が生じることがないように一部重複して撮影されており、数~数十 voxel ずつ重なっている。そのため、そのままデータを結合すると数~数十 voxel 分の骨組織が重複してしまう。本研究では位置合わせ処理として、従来 2 次元医用画像の位置合わせで用いられてきた剛体的位置合わせ処理を 3 次元に拡張し、評価値として相関法を用いた。その際、本研究で扱う volume データは、ヒトの肢体から肉を削ぎ落した大腿骨を固定して分割撮影されているため、x 軸と y 軸に対する回転はないものとし、x 軸、y 軸、z 軸方向での移動と z 軸に対する回転のみとらえて位置合わせ処理を行うものとする。以後、位置合わせ処理を行なう 2 つ

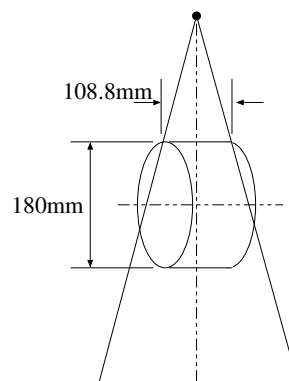


図 1: 撮影範囲

Effect on an evaluation function by performing the rigid Registration method in Three-dimensional Medical Image

- [†] Kiminori Kato(katou@i.his.fukui-u.ac.jp)
- ^{††} Haruhiko Shirai(sirai@i.his.fukui-u.ac.jp)
- ^{††} Isamu Takahashi(takahasi@i.his.fukui-u.ac.jp)
- ^{††} Jousuke Kuroiwa(jou@i.his.fukui-u.ac.jp)
- [‡] Tomohiro Odaka(odaka@i.his.fukui-u.ac.jp)
- ^{††} Hisakazu Ogura(ogura@i.his.fukui-u.ac.jp)
- ^{††} Masahiro Kusakabe

Graduate Course of System Design Engineering, University of Fukui ([†])
 Faculty of Engineering, University of Fukui (^{††})
 Graduate School of Engineering, University of Fukui ([‡])
 3-9-1 Bunkyo, Fukui, Fukui 910-8507, Japan

のブロックのデータのうち上部のデータを X , 下部のデータを Y と記す . 更に , 位置合わせ処理において鋭敏に反応させるために前処理として対象画像の内骨 , 皮質骨 , 緻密骨 , 及び軟部組織を示す骨領域の抽出を行い [4] , 対象領域についてのみ位置合わせ処理を行なった .

3.1 相関法による位置合わせ処理

相関法による位置合わせ処理では , 式 (1) を用いて相関関数 $r(\Delta x, \Delta y, \Delta z, \Delta \alpha, \Delta \beta, \Delta \gamma)$ を算出し , 位置合わせを行う . ここで , x, y 及び z は各ブロックでの座標であり , $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ は各軸方向への平行移動量である . また , $X(x, y, z, \alpha, \beta, \gamma)$, $Y(x + \Delta x, y + \Delta y, z + \Delta z, \alpha, \beta, \gamma + \Delta \gamma)$ は , 各々上部及び下部のデータのボクセル値であり , \bar{X}, \bar{Y} はそれらの平均値である . n は X と Y が重なり合う領域においてどちらかに値がある箇所の個数である .

$$r(\Delta x, \Delta y, \Delta z) = \frac{\frac{1}{n} \sum_{x,y,z} X(x, y, z) - \bar{X} \quad Y(x + \Delta x, y + \Delta y, z + \Delta z) - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{x,y,z} X(x, y, z) - \bar{X}}^2 \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{x,y,z} Y(x + \Delta x, y + \Delta y, z + \Delta z) - \bar{Y}}^2} \quad (1)$$

4 位置合わせ処理の結果

4.1 位置合わせ実験条件

本研究で用いる各 volume データの大きさは , $512 \times 512 \times 256$ (voxel) となっている . 対象データは CT 値で記録されているため , 骨組織の他に骨部に付着している軟部組織や血管などといった他の組織も記録されている . そこで , 位置合わせ処理を行いやすくするために前処理として , 内骨 , 皮質骨 , 緻密骨 , 及び軟部組織を示す領域の抽出を行なった [5] .

4.2 相関法を用いた位置合わせ処理の結果

評価値を相関法とした位置合わせ処理による X と Y の相関関係を図 2 に示す . ここで , 縦軸は相関関数の値を示し , 横軸 (左) は X が x 軸方向に対して移動値 Δx , 横軸 (右) は X が y 軸方向に対して移動値 Δy を表している . 図 2 より , 重ね合わせが X の z 軸 248 の位置 ($\Delta z = 8$) において , x 軸方向へ 1 , y 軸方向 0 へ平行移動した時 ($\Delta x = 1, \Delta y = 0$) に鋭敏にピークを示した .

5 まとめと今後の課題

本研究では , 従来 2 次元の医用画像の位置合わせ処理に用いられてきた手法を 3 次元に拡張した . そして , 3 次元での剛体的位置合わせ処理を行うことにより , 相関関数の評価値がどのように振舞うか調べた . その結果 , 3 次元医用画像の位置合わせ処理において 3 次元に拡張した剛体的位置合わせ手法が有効であることがわかった . 今後の課題として , サブボクセル単

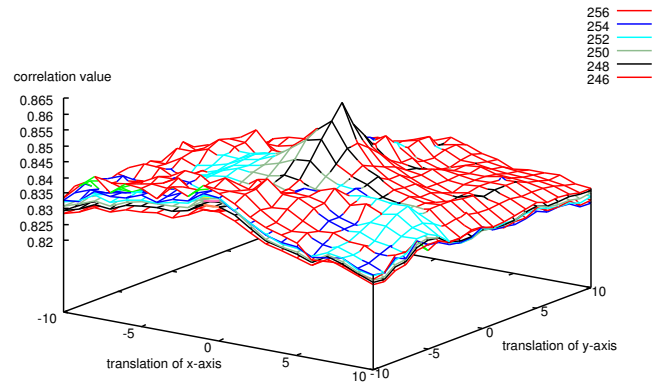


図 2: 重ね合わせる位置と x, y 軸方向への平行移動と相関関数との関係

位での位置合わせ処理をすることにより , より高精度な位置合わせが実現可能であるか研究していく予定である .

参考文献

- [1] 平塚紘一郎 : DSA 画像における位置合わせ手法の検討 , Master's thesis, 福井大学工学研究科 情報工学専攻 (2002).
- [2] 船上頼光 : 医用画像における画質改善と表現手法の検討 , PhD thesis, 福井大学工学研究科 システム設計工学専攻 (2002).
- [3] 廣嶋恭一 : 医用画像の画質改善と位置合わせ処理の検討 , PhD thesis, 福井大学工学研究科 システム設計工学専攻 (2002).
- [4] 加藤公德 : 医用動画画像における画質改善手法の検討 , Master's thesis, 福井大学工学研究科 情報工学専攻 (2004).
- [5] 加藤公德 , 平塚紘一郎 , 高橋勇 , 黒岩丈介 , 小高知宏 , 小倉久和 , 日下部正宏 : 3 次元医用画像における剛体的位置合わせ手法の検討 , 信学技報 598, 電子情報通信学会.