

## 【大会論文 29-06】

## 大腿骨と骨盤の自動抽出および自動分類手法

加藤徹<sup>+</sup> 高橋弘毅<sup>+</sup> 土井章男<sup>+</sup> 馬渡太郎<sup>\*\*</sup> 一戸貞文<sup>\*\*\*</sup><sup>+</sup>岩手県立大学 <sup>\*\*</sup>浜の町病院 <sup>\*\*\*</sup>岩手医科大学

## 1. はじめに

股関節手術において、患者毎の計画やシミュレーションを行うためには、股関節CT画像から骨盤と大腿骨領域の抽出を行う必要がある。しかしながら、実際の股関節は、骨形状の変形や関節腔狭窄などの理由から骨盤と大腿骨領域の分離が困難となるケースが多い。また、従来はCT画像から目視で骨領域の閾値を決定し、等値面生成を行うため、骨領域の抽出にも試行錯誤が必要であった。

一般に、CT装置で撮影された画像では、空気、皮膚、骨の濃度値の領域が一定である。これはハンスフィールド値（以下CT値）と呼ばれる概念であり、皮膚は±0付近、空気が-1000程度、骨は100～400程度で推移する事が知られている。

そこで本研究では、上述のCT値の性質に着目し、股関節CT画像にヒストグラム解析を用いて、骨盤と大腿骨の自動抽出および自動分類を行った。

## 2. 先行研究

川崎らは、3次元CT画像に対し、大津の判別分析法を用いたヒストグラム解析を3回行うことで、CT値を自動決定し、上腕骨頭の抽出を行っている。

大津の判別分析法では、CT画像のmin～maxに対し、ある閾値 $t$ を選び、その閾値でヒストグラムを2つのクラスに分ける。そして、クラス1の分散 $\sigma_1^2$ 、平均値 $\mu_1$ 、画素数 $n_1$ とクラス2の分散 $\sigma_2^2$ 、平均値 $\mu_2$ 、画素数 $n_2$ を求める。更に画像全体の平均値 $\mu_0$ を求め、クラス内分散 $\sigma_w^2$ を以下の計算式から求める。

$$\sigma_w^2 = \frac{n_1\sigma_1^2 + n_2\sigma_2^2}{n_1 + n_2} \quad (1)$$

クラス間分散 $\sigma_b^2$ を以下の計算式から求める。

$$\sigma_b^2 = \frac{n_1(\mu_1 - \mu_0)^2 + n_2(\mu_2 - \mu_0)^2}{n_1 + n_2} \quad (2)$$

分離度 $S$ （クラス内分散とクラス間分散の比）を以下の計算式で求める。

$$S = \frac{\sigma_b^2}{\sigma_w^2} \quad (3)$$

この分離度 $S$ を全ての $t$ (min～maxの範囲)の分だけ求める。そして、分離度 $S$ が最大になるときの $t$ を最終的な閾値とする。

1回目の分析はCT画像のmin～maxの範囲で行うことで、 $T_{Low}$ が得られる。2回目の分析は $T_{Low}$ ～maxの範囲で行うことで、 $T_{High}$ が得られる。3回目の分析は $T_{Low}$ ～ $T_{High}$ の範囲で行うことで、 $T_{Middle}$ が得られる。この手法では、空気と人体を分割する $T_{Low}$ 、筋肉付近を示す $T_{Middle}$ 、筋肉および軟骨と皮質骨を分割する $T_{High}$ が得られ、 $T_{Low} < T_{Middle} < T_{High}$ の関係を維持する。[1]

## 3. 提案手法

「先行研究」の判別分析法により抽出された $T_{Middle}$ と $T_{High}$ の間から、軟骨を含む閾値C1、皮質骨を含む閾値C2を自動決定する。

次にC2を用いて縮小された等値面を生成し、骨盤と大腿骨の分離・グループ化を行う。最後にグループ化された各骨形状に対して閾値C1以上の領域への画像化および膨張処理により、骨盤と大腿骨を復元する。

## 3.1 閾値の自動決定

大津の判別分析法を用いて $T_{Middle}$ と $T_{High}$ を求めた後、C1を以下の計算式で自動決定する。

$$C1 = T_{High} - (T_{High} - T_{Middle}) * 0.5 \quad (4)$$

また、閾値C2は皮質骨に相当する $T_{High}$ の値を用いる。

## 3.2 分離・グループ化

骨盤と大腿骨は隙間が少なく、C1の値では分類が困難である。そこで、C2の値を用いることで、皮質骨のみの等値面を互いに離れた状態で生成することが可能となる。

離れた等値面データに対し、グループ化を行う。図1が等値面のグループ化を実際に行った例であり、両足の骨盤2グループと大腿骨2グループにそれぞれ分類している。ここで、赤い着色部分は選択中のグループを示している。

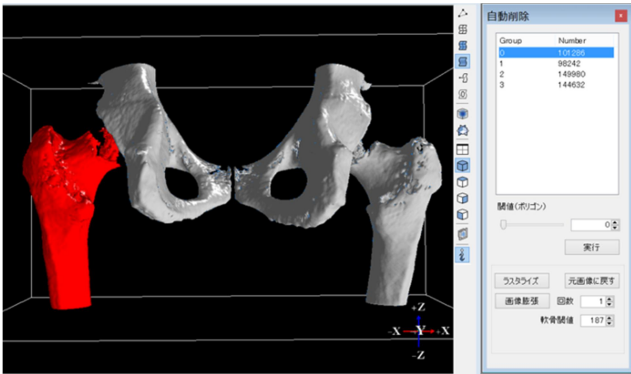


図 1 骨盤と大腿骨の分離・グループ化

### 3.3 骨盤と大腿骨の画像化と膨張処理

等値面を 3 角系データとして扱い，スキャンライン法による塗りつぶしをスライス単位で 3 次元的に適用することで画像化を行う．更に，C1 領域へ向けて骨盤と大腿骨を交互に膨張処理をすることで，骨盤と大腿骨の分離状態を保持したまま，画像の復元を行う．図 2 の左が元の等値面形状であり，図 2 の右が等値面に対して画像化と膨張処理を施したものである．

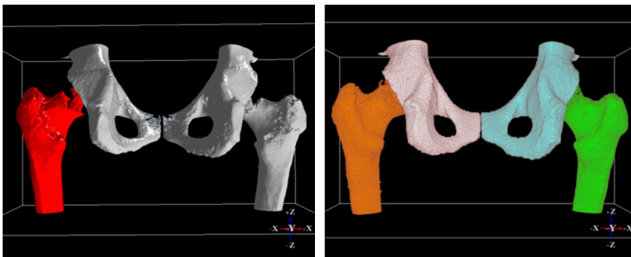


図 2 等値面の画像化と膨張処理

## 4. 実行結果

股関節の CT 画像 5 症例に対して，「提案手法」による大腿骨と骨盤の分離を行った．この時，自動決定した C1, C2 の値をまとめたものが表 1 である．

表 1：判別分析結果

症例	C1	C2	計算時間(秒)
1	173	300	66.042
2	190	350	70.684
3	189	340	70.916
4	211	432	67.405
5	418	649	67.853

症例 1~4 において，C1, C2 の値を基に画像化と膨張処理を行ったものが図 3 であり，分類に成功している．しかしながら，症例 5 については図 4 のように骨盤が大腿骨頭を侵食する分類となっており，C1 と C2 の値が他の症例よりも高いことから，大津

の判別分析の閾値決定で失敗していると考えられる．また，全ての症例において 1 分以上の計算時間を要している．

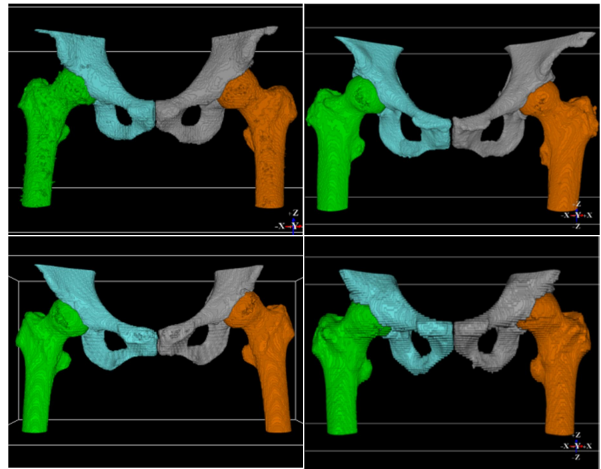


図 3 症例 1~4 の画像化結果

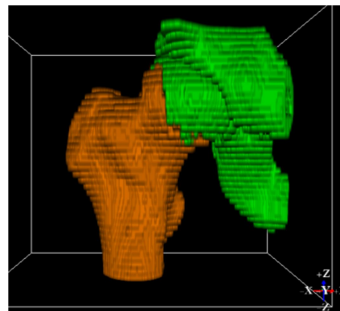


図 4 症例 5 の画像化結果

## 5. おわりに

本研究では CT 画像に対して，大津の判別分析法を利用した骨領域の自動決定法を提案した．

また，皮質骨の閾値を利用した骨盤と大腿骨の自動分類を行い，その有効性を評価した．

股関節の CT 画像 5 症例に対して，自動抽出および分類を行ったところ，4 症例が有効であった．

しかしながら，残り 1 症例に対しては，C1, C2 が高い値となり，なおかつ骨盤の侵食が見られた．これは判別分析のみに頼ると失敗するケースがあることを示しており，今後の課題である．

更なる検討事項としては，骨盤と大腿骨の境界情報の付与，計算時間の短縮，症例データ数の増加などが挙げられる．

## 参考文献

- [1] 川崎将吾，中口俊哉，落合信靖，津村徳道，三宅洋一，“上腕骨頭 3 次元形状の左右問比較による欠損定量化，”Med, Imag. Tech, 24, no. 4, pp. 262-269, Sept, 2006.