

## 【大会論文 28-22】

## 判別分析法を用いた骨領域の自動抽出法とその応用

鈴木 雄大<sup>+</sup> 加藤 徹<sup>+</sup> 土井 章男<sup>+</sup><sup>+</sup>岩手県立大学ソフトウェア情報学部

## 1. はじめに

テイラーメイドな手術補助工具・人工関節設計、高度な骨切術や人工関節置換術の術前計画において、高精度の骨領域抽出が必要となる。一般に骨領域の抽出は CT 画像から等値面生成により行われる。その際、骨表面のしきい値決定は目視で行われており、試行錯誤が必要であった。

本研究では、自動的に等値面生成のしきい値  $C$  を決定するために、と Kittler の判別分析法<sup>2)</sup>を用いて、等値面生成時のしきい値を計算する手法を提案する。本手法により、正確な骨表面を自動で抽出できるため、医師の負担を軽減させることが可能である。

## 2. 先行研究

2 種類の領域を分割する際の判別分析法には、大津の判別分析法<sup>1)</sup>と Kittler の判別分析法<sup>2)</sup>が挙げられる。大津の判別分析法は、ヒストグラムをしきい値  $t$  で 2 つのクラスに分類したとき、各グループの画素数を  $\omega_1(t)$ ,  $\omega_2(t)$ , 平均を  $m_1(t)$ ,  $m_2(t)$  とすると、基準式(1)を最大とするしきい値  $t$  を計算する。

$$\omega_1(t)\omega_2(t)(m_1(t) - m_2(t))^2 \quad (1)$$

各クラスの分布数に大きな差がある場合、このしきい値  $t$  はバイアスを持つことが報告されている<sup>3)</sup>。

Kittler の判別分析法は、このバイアスを防ぐことが可能であり、各クラスの分散をそれぞれ  $\sigma_1^2(t)$ ,  $\sigma_2^2(t)$  とすると、基準式(2)を最小とするしきい値  $t$  を計算する。

$$\omega_1(t) \log \frac{\sigma_1(t)}{\omega_1(t)} + \omega_2(t) \log \frac{\sigma_2(t)}{\omega_2(t)} \quad (2)$$

したがって、骨領域とその他の領域（皮膚、筋肉、脂肪など）の分布が大きく異なった CT 画像の場合は、大津の判別分析法よりも Kittler の判別分析法が有効であると想定される。

文献<sup>4)</sup>では大津の判別分析法を複数回利用した骨境界の自動抽出法が提案されている。最初に CT 画像全体に対して、判別分析法を適用して、空気と人体の各領域に分割するしきい値  $T_{low}$  が得られる。さらに空気の領域を除いた人体のみの画素データに対して、判別分析法を適用すると硬い皮質骨の表面を表すしきい値  $T_{high}$  が得られる。 $T_{low}$  から  $T_{high}$  の範囲内に対して、再度、判別分析法を適用し、骨表面に軟骨や筋肉部分が付着している状態を示す  $T_{middle}$  を計算している。文献<sup>4)</sup>の方式では、骨領域が少ない場合、筋肉組織の領域に引っ張られる傾向にある。

## 3. 骨領域を自動抽出する提案手法

我々は、文献<sup>4)</sup>の手法において、Kittler の判別分析法を使用する。これにより、精度の高いしきい値  $T_{middle}$  の計算が行えることが想定される。しきい値  $C$  の自動設定の流れを図 1 に示す。3次元画像を関数  $F(x, y, z)$  と仮定すると、骨表面を表す等値面は、

$$F(x, y, z) = C \quad (3)$$

で定義される。本論文では、しきい値  $C$  を式 (4) で計算した。

$$C = T_{high} - (T_{high} - T_{middle}) / 2.0 \quad (4)$$

- Step-1) CT 画像の読み込み  
 Step-2) ヒストグラムの計算  
 Step-3) 第 1 回判別分析 ( $T_{low}$  の計算)  
 Step-4) 第 2 回判別分析 ( $T_{high}$  の計算)  
 Step-5) 第 3 回判別分析 ( $T_{middle}$  の計算)  
 Step-6) しきい値 C の決定

図 1 骨表面抽出の流れ

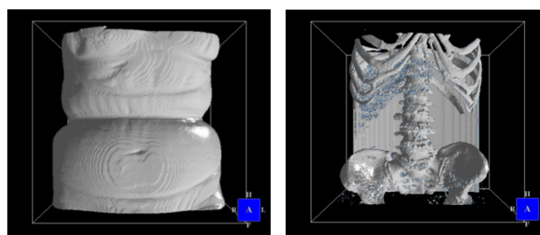


図 2 症例 7 の等値面

#### 4. 実験

10 症例について適用し、判別分析を行う。画像ヒストグラム及び得られた骨形において考察を行った。本実験では、1 症例に対する計 3 回の判別分析に Kittler の判別分析法を適用し、従来手法<sup>4)</sup>との比較を行った。

表 1 は、正規化した画像ヒストグラムに対し、各手法において決定したしきい値 C である。

表 1 各手法によるしきい値 C の計算

	大津の判別分析法	Kittler の判別分析法
症例 1	68	162
症例 2	76	76
症例 3	88	88
症例 4	80	157
症例 5	79	197
症例 6	115	125
症例 7	-123	83
症例 8	123	-45
症例 9	73	-64
症例 10	-130	89
平均値	-79.4	86.8

症例 7、症例 10 は肉や筋肉の領域が非常に大きい例である。図 2 は、大津の判別分析法と Kittler の判別分析法で作成した症例 7 の等値面である。大津の判別分析法 (左図) では、適切に骨表面が抽出されない。一方、Kittler の判別分析法 (右図) では、大津の判別分析法よりも適切に骨表面を抽出している。

また、症例 10 においても同様の結果を得たことを図 3 に示す。

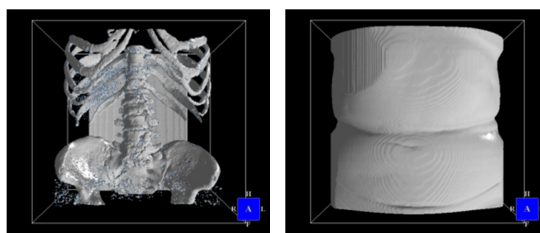


図 3 症例 10 の等値面

#### 5. おわりに

本研究では CT 画像に対して、Kittler の判別分析法を骨境界のしきい値決定に利用した。従来から使用されている大津の判別分析法と比較して、対象となる画素分布にバイアスがある場合には、Kittler の判別分析法による方式が有効であることを示した。また、対象となる画素分布をあらかじめ調べることで、大津の判別分析法と Kittler の判別分析法を使い分けることも可能である。

#### 文献

- 1) 大津展之, “判別および最小 2 乗基準に基づく自動しきい値選定法”, 信学論 (D), Vol.J63-D, No.4, pp. 349-356, 1980.
- 2) J.Kittler and J.Illingworth, “Minimum Error Thresholding”, Pattern Recognition, 19, Vol.19, No. 1, pp.41-47, 1986.
- 3) 大津展之, 栗田多喜夫, 関田巖, “パターン認識”, 朝倉書店, pp.65-97, 1996.
- 4) 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 次元形状の左右間比較による欠損定量化”, Medical Imaging Technology, Vol.24, No. 4, pp.262-269, 2006