

# CT画像のクラスタリングによる腰椎検出手法の検討

山本 将人<sup>†</sup>、湯藤 優輝<sup>†</sup>、鈴木 幸司<sup>†</sup>

<sup>†</sup>室蘭工業大学

## 1 はじめに

近年、高齢化社会により様々な病気が問題になっている。その中に、骨粗鬆症という病気がある。骨粗鬆症は骨が弱くなり、骨折しやすくなる病気である。高齢者の生活の質を保つためにも早期発見と治療が必要である。診断のためにCT画像から骨粗鬆症の進行段階を自動的に評価できれば有用である。CT画像から腰椎を検出するためにクラスタリングアルゴリズムを用いることで、腰椎を検出できる可能性がある。本研究ではFCMとIFCクラスタリングを用いて腰椎CT画像から腰椎とその他の部分を2値化するアルゴリズムについて検討した。

## 2 クラスタリングアルゴリズム

### 2.1 Fuzzy c-means クラスタリング (FCM) [1] [2] [3]

FCMクラスタリングは、以下の式と学習ベクトル  $\vec{x}_k$  を用いて、 $c$  個のクラスタ中心  $\vec{v}_i$  と、帰属度  $u_{ik}$  を求める。複数のクラスタ中心に帰属しているため帰属度が0または1ではなく、以下の条件を満たした1以下の少数で表される。

$$\begin{cases} 0 \leq u_{ik} \leq 1 \\ 0 < \sum_{k=1}^n u_{ik} < n \\ \sum_{k=1}^c u_{ik} = 1 \end{cases} \quad (1)$$

クラスタ中心  $\vec{v}_i$  の更新と帰属度  $u_{ik}$  の算出は以下の式を用いて行う。

$$\vec{v}_i = \frac{\sum_{k=1}^n (u_{ik})^m \cdot \vec{x}_k}{\sum_{k=1}^n (u_{ik})^m} \quad (2)$$

$$u_{ik} = \frac{1}{\sum_{j=1}^c \left( \frac{\|\vec{x}_k - \vec{v}_i\|}{\|\vec{x}_k - \vec{v}_j\|} \right)^{\frac{2}{m-1}}} \quad (3)$$

このとき、 $m$  はファジネス (曖昧度) を設定するパラメータであり、値が大きくなると曖昧となり、1に近づくとクリスパなクラスタリングとなる。

### 2.2 直観ファジィクラスタリング (IFC) [3]

IFCクラスタリングは、FCMクラスタリングの帰属度を定義する際に生じるためらい度というパラメータを導入したクラスタリングである。ためらい度を導入することでクラスタ中心はFCMクラスタリングよりも望ましい位置に収束する。このクラスタリングはCTスキャン等の様々な領域のクラスタリングに使用されている。

FCMクラスタリングに直観ファジィプロパティを組み込むために(3)式で求めた帰属度は以下のように更新される

$$u_{ik}^* = u_{ik} + \pi_{ik} \quad (4)$$

ためらい度  $\pi_{ik}$  は以下ようになる。また、パラメータ  $\alpha = 0.85$  とする。

$$\pi_{ik} = 1 - u_{ik} - (1 - (u_{ik})^\alpha)^{\frac{1}{\alpha}} \quad (5)$$

更新された帰属度  $u_{ik}^*$  を求めると、それに従ってクラスタ中心  $\vec{v}_i^*$  を求める式も修正され、以下ようになる。

$$\vec{v}_i^* = \frac{\sum_{k=1}^n u_{ik}^* \cdot \vec{x}_k}{\sum_{k=1}^n u_{ik}^*} \quad (6)$$

## 3 実験

本実験では xVertSeg Challenge データセット [4] を使用する。また、Matlab を使用して実験を行った。学習画像とテスト画像が同一の場合の腰椎部分の2値化の実験と、学習画像とテスト画像が異なる場合の腰椎部分の2値化の実験を行った。

### 3.1 学習画像とテスト画像が同一の場合の腰椎とその他の部分の2値化の実験

腰椎部分の2値化の有効性の確認のために図1より、腰椎部分を抽出した画像と腰椎をマスクした画像からそれぞれクラスタ中心を取得する。取得したクラスタ中心より、図1の腰椎の2値化を行う。本実験ではFCMクラスタリングとIFCクラスタリングを使用する。今回はクラスタ中心を腰椎部分と腰椎以外をそれぞれ8個ずつ、そしてファジネス  $m = 1.2$  とした。

### 3.2 学習画像とテスト画像が異なる場合の腰椎とその他の部分の2値化の実験

また、学習画像に12人20枚の矢状面CT画像を使用し、テストデータに3人3枚の矢状面CT画像を使用した。学習画像の矢状面CT画像の一例を図1に示

A study on lumber spine detection from the CT images using clustering algorithms

Masato Yamamoto<sup>†</sup>, Yuki Yuto<sup>†</sup>, Yukinori Suzuki<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Muroran Institute of Technology

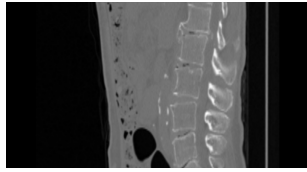


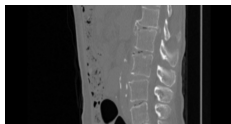
図 1: 学習画像の例

す。図 1 より、予め用意されている腰椎部分を抽出した画像と、腰椎以外の画像をそれぞれピクセル値、着目ピクセルの近傍平均、標準偏差をそれぞれ FCM クラスタリングと IFC クラスタリングを行い、クラスタ中心を取得する。クラスタ中心は腰椎と腰椎以外からそれぞれ 32 個ずつ、学習画像は 20 枚あるため、合計 640 個のクラスタ中心を取得する。取得したクラスタ中心を更にクラスタリングを行うことで、腰椎と腰椎以外でそれぞれ 8 個のクラスタ中心を取得する。そこからテスト画像の腰椎の 2 値化を行い、腰椎と判別された箇所は白、それ以外の箇所を黒とした。今回はファジネス  $m = 1.2$  とした。

## 4 結果

### 4.1 学習画像とテスト画像が同一の場合の腰椎とその他の部分の 2 値化の結果

図 2 にそれぞれ FCM と IFC で学習画像とテスト画像が同一の場合に腰椎とその他の部分を 2 値化した結果を示す。FCM の結果は腰椎以外が腰椎として 2 値化された箇所が少ないのに対し、IFC の結果は腰椎の輪郭は FCM と比較して輪郭が明確だが、腰椎以外も腰椎として 2 値化された箇所が多かった。



(a)



(b)

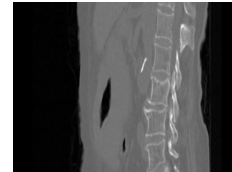


(c)

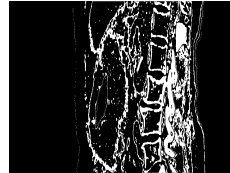
図 2: (a) 学習及びテスト画像 (b) テスト画像の FCM による 2 値化 (c) テスト画像の IFC による 2 値化

### 4.2 学習画像とテスト画像が異なる場合の腰椎とその他の部分の 2 値化の結果

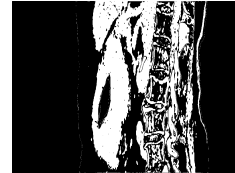
図 3 にそれぞれ FCM と IFC で 2 値化した結果を示す。図 3 のテスト画像 1 の 2 値化がどちらも腰椎以外にも腰椎として 2 値化された。また、FCM での 2 値化が IFC よりも腰椎以外を腰椎として判別した部分は少



(a)



(b)



(c)

図 3: (a) テスト画像 (b) テスト画像の FCM による 2 値化 (c) テスト画像の IFC による 2 値化

ない結果となった。

## 5 まとめ

学習画像とテスト画像が異なる場合の 2 値化の結果は、学習画像とテスト画像が同一の場合の結果と比較して 2 値化の結果では腰椎だけではなく腰椎以外にも多く腰椎として 2 値化された。その理由として、学習画像を元にクラスタ中心を取得する際の学習画像の腰椎部分等の輝度が画像毎に大きく異なるものが存在しているため、影響されてしまったのではないかと考えられる。4.1 と 4.2 の結果より、4.1 の学習画像とテスト画像が同一の場合の結果の方が 2 値化が正確に行われているため、実際の医療現場で使用する場合は個別の患者ごとに腰椎部分と腰椎以外をクラスタリングして 2 値化するほうが有効であると考えられる。今後の課題として、学習画像の強調処理を行い 2 値化を行う。また、腰椎部分のセグメンテーションや腰椎の形状より骨粗鬆症の進行度を判断するアルゴリズムについても検討する。

## 参考文献

- [1] George.E.Tsekouras, A fuzzy vector quantization approach to image compression, Applied Mathematics and Computation vol.167, pp539-560, 2005
- [2] 山下元, 須田宏共著, ファジィ数学入門: ソフトサイエンスの基礎と応用, 森北出版株式会社, 1997
- [3] Tamalika Chaira, A novel intuitionistic fuzzy C means clustering algorithm and its application to medical images, Applied Soft Computing Volume 11, Pages 1711-1717, 2011
- [4] Robert Korez, Bulat Ibragimov, Bostjan Likar, Franjo Pernus, and Tomaz Vrtovec, A Framework for Automated Spine and Vertebrae Interpolation-Based Detection and Model-Based Segmentation