

## 輝度値と形状情報を用いた膝軟骨の構造解析と 医用画像読影教育支援システムの開発

### Structure Analysis for Knee Joint Anatomical Region based on Intensity and Shape Features and Its Application for Medical Education System

○前元 菜摘<sup>\*1</sup>, 上原 由香里<sup>\*2</sup>, 秋山 祐輝<sup>\*2</sup>, 健山 智子<sup>\*2</sup>, 松本 慎平<sup>\*2</sup>, 青山 正人<sup>\*1</sup>  
Natsumi Maemoto<sup>\*1</sup>, Yukari Uehara<sup>\*2</sup>, Yuki Akiyama<sup>\*2</sup>, Tomoko Tateyama<sup>\*2</sup>,  
Shinpei Matsumoto<sup>\*2</sup>, Masahito Aoyama<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup>広島市立大学情報科学研究科

<sup>\*1</sup>Hiroshima City University,

<sup>\*2</sup>広島工業大学情報学部知的情報システム学科

<sup>\*2</sup>Hiroshima Institute of Technology

Email:me69008@e.hiroshima-cu.ac.jp

**あらまし**：膝領域内に含まれる軟骨領域，十字靭帯，膝半月板領域は，MR 画像において輝度値情報が非常に類似していることから，その境界や領域の認識を客観的な特徴として理解するための臨床読影支援が求められる[1]．この支援の確立は専門医だけでなく，研修医や医学生の臨床教育においても重要な教育コンテンツとして応用が期待できる．本研究では，画像解析技術と膝領域の解剖学的特徴を用いて MR 画像からの膝軟骨領域の構造解析を検討する．さらに本研究では，この構造解析をふまえ，臨床教育支援への応用を目指す．

**キーワード**：臨床教育支援，膝軟骨領域の認識，確率アトラス，膝領域の構造解析

#### 1. はじめに

膝の屈伸は，我々の歩行や立ち座りにおける機能をもたらすなどの役割がある．膝領域の損傷により上記機能の低下などをもたらすことから，その早急な診断，観測が求められる．現状，膝領域損傷の観測として，膝領域の解剖学的特徴から，MR 画像を用いて臨床医による目視観測が主として行われる．しかし，MR 画像に撮像された膝領域，特に軟骨組織における十字靭帯と半月板領域は，その輝度値情報が非常に類似していることから，領域間の境界情報を目視で理解することは極めて難しいため，臨床医の経験と知識によってその判断のバリエーションが発生する可能性が極めて高くなる課題が挙げられる．この問題を解決する手法として，本研究では，画像解析と膝領域の解剖学的な特徴を踏まえ，計算機による膝軟骨領域における構造解析を目指す．この解析手法は，これまで臨床現場でも主に主観的な評価の下で行われていた判断を臨床的に統一された客観評価の指標を確立する手法として，期待できる．ゆえに，熟練の専門臨床医の知識と経験を導入した臨床支援として，若手の臨床教育支援にも展開が期待される．本研究では，はじめに画像解析と解剖学的特徴にもとづく膝領域の構造解析を行う．この構造解析をさらに臨床教育支援として応用する手法について，本稿で議論する．

#### 2. 読影教育支援システム

膝領域に対する損傷観測は，臨床現場で主に MR 画像からの観測より行われる．膝領域は主に，骨，軟骨領域（十字靭帯，半月板領域），筋肉，腱より構成されており，本研究では今回，MR 画像から輝度

値情報と位置が類似した特徴を持つ膝軟骨領域における解析に焦点をおく．

膝軟骨領域は，コラーゲン，水分の組織から構成されていることから，臨床医のこれまでの知識と経験より評価され，その診断におけるバラツキの低減が課題である．本研究では，この課題取り組みを臨床教育へ応用する計算機読影支援を目指す．この読影支援の構造を図 1 に示す．

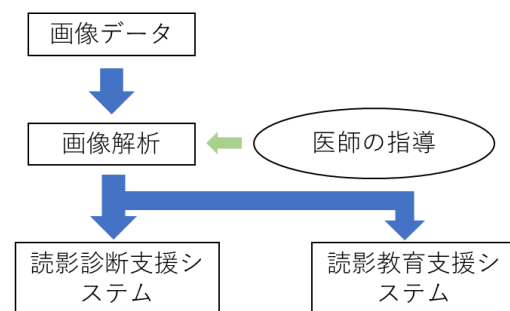


図 1：提案する読影システム

#### 3. 画像解析による輝度値解析と解剖学的構造からの膝軟骨領域の構造解析

本研究では，医師の指導に基づき手動抽出した正常 23 症例（学習データ 22 症例，テストデータ 1 症例）の膝関節領域の MR 画像を利用する．この手動抽出結果から 1 症例について，膝軟骨領域内の半月板領域及び十字靭帯領域の輝度値のヒストグラムを図 2 に示す．この結果から半月板領域と比較すると，十字靭帯領域の輝度値平均が高いことがわかる．本研究では膝軟骨領域に対して式(1)に示す尤度

法を用いた解析を行う。

$$L(x, y, z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left\{\frac{-(I(x,y,z)-\mu)^2}{2\sigma^2}\right\} \quad (1)$$

$\mu$  : 学習データの軟骨領域の輝度値平均  
 $\sigma^2$  : 学習データの軟骨領域の輝度値分散

$I(x,y,z)$  : テストデータ I の座標  $(x,y,z)$  における輝度値

学習データ 23 症例の輝度値の平均・分散を利用し、セグメンテーションの対象となるテストデータ I の各ボクセル  $(x,y,z)$  における輝度値  $I(x,y,z)$  から、尤度を計算し、尤度マップの作成した。尤度マップは各ボクセルの輝度値が膝領域にあたる確率を表す。この結果を利用し、任意のパラメータから自動抽出をした結果が図 3 になる。さらにこの結果を Dice 係数(式(2))による評価を行った結果を表 1(a)に示す。

$$DSC(A, B) = \frac{2|A \cap B|}{|A| + |B|} \quad (2)$$

A : 手動セグメンテーション領域,

B : 尤度マップに対するセグメンテーション領域

Dice 係数による評価はパターン認識で一般的に利用される評価方法で、ボクセルの情報だけでなく、マッチングしているかという評価を行う。この結果から、過抽出が多く精度としては低いことが確認できる。よって、形状情報や位置情報を利用し更なる精度向上を目指す必要があると示唆された。

そこで、形状情報である確率アトラスの生成を行った。確率アトラスには式(3)を利用する。

$$P_n(x, y, z) = \frac{1}{n} \sum_i V_i(x, y, z) \quad (3)$$

$n$  : 症例数,  $V_i$  : 各ボクセルの値

確率アトラスは、画素ごとに各臓器の存在確率を示したものである。本研究で利用するテストデータは左足であるため、左足の学習データ 14 症例から、確率アトラスを生成し、この結果の閾値 30%以上の部分と尤度情報から自動抽出したものを組み合わせて抽出した結果を図 4 に示す。この結果も先ほど同様に Dice 係数による評価を行った(表 1(b))。このことから精度の向上は見られたが、十分であるとは言えないので、位置情報も利用した自動抽出を行うべきであることが示唆された。

表 1 : Dice 係数

(a) 輝度値情報からの自動抽出	半月板領域	0.141
	膝軟骨領域	0.142
(b) 輝度値+確率アトラスからの自動抽出	半月板領域	0.406
	膝軟骨領域	0.381

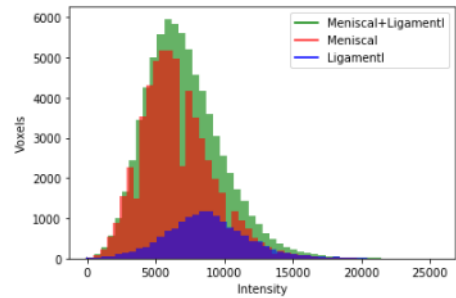
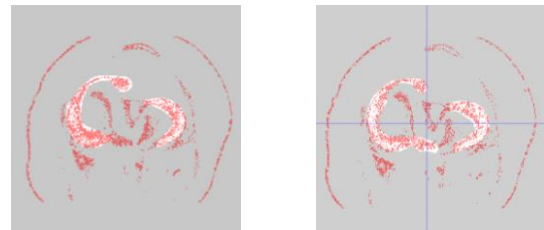
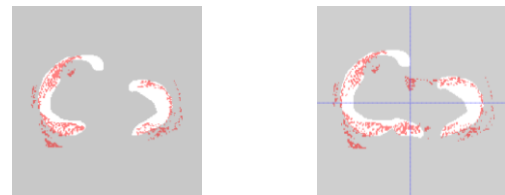


図2 : 任意の正常症例における膝軟骨領域 (赤) 半月板領域 (青), 靭帯領域 (緑)



(a) 半月板領域 (b) 膝軟骨領域

図 3 : 輝度値情報を利用した自動抽出 赤 : 自動抽出部分 白 : 手動抽出部分



(a) 半月板領域 (b) 膝軟骨領域

図 4 : 輝度値と確率アトラスを利用した自動抽出 赤 : 自動抽出部分 白 : 手動抽出部分

#### 4. まとめ

本研究では、臨床教育支援への応用を考えた膝半月板領域、膝軟骨領域において輝度値情報と確率アトラスによって構造解析を行った。この結果から半月板領域と膝軟骨領域をある程度まで絞り込むことに成功した。しかし、評価値としては未だ低いため、精度の向上を目指しつつ、若手の臨床教育支援へ応用を目指す。

#### 5. 謝辞

本研究遂行において、膝関節領域の DICOM データの提供・議論提供を頂いた、霞クリニックの北村 直幸氏に謝意を示す。

#### 参考文献

- [1] 前元, 健山他 : 輝度値ヒストグラムによる膝軟骨構造の解析と医用画像診断支援への応用, 第23回日本知能情報ファジィ学会中国・四国支部大会講演論文集 PP39-40, 2018