

## 体幹部 CT 画像における筋線維の走行に基づく腸骨筋の 自動認識法の開発

神谷 直希<sup>†</sup> 安藤 嘉基<sup>†</sup> 周 向荣<sup>‡</sup> 陳 華岳<sup>†‡</sup> 村松千左子<sup>‡</sup> 原 武史<sup>‡</sup> 藤田 広志<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> 独立行政法人国立高等専門学校機構豊田工業高等専門学校情報工学科 〒471-8525 愛知県豊田市栄生町 2-1

<sup>‡</sup> 岐阜大学大学院医学系研究科再生医科学専攻知能イメージ情報分野 〒501-1194 岐阜県岐阜市柳戸 1-1

<sup>†‡</sup> 岐阜大学大学院医学系研究科病態制御学講座解剖学分野 〒501-1194 岐阜県岐阜市柳戸 1-1

E-mail: <sup>†</sup> n-kamiya@toyota-ct.ac.jp

**あらまし** 我々はこれまでに、骨格筋の形状モデルを用い、X 線 CT 画像における骨格筋の自動認識手法を提案した。また、この形状モデルを用いた大腰筋の自動認識を実現した。本研究では、腸骨筋の自動認識手法を提案する。腸骨筋の筋線維は特徴的な走行を有する。そのため、20 症例の学習画像を用い、腸骨筋の筋線維の走行の近似曲線を得る。具体的には、起始と停止を結ぶ線分の中点において、腸骨筋極大部までの距離値を求める。そして、起始・停止および中点に対する比を算出し、認識対象の症例に適用する。認識では、この筋線維の近似曲線を用いて作成した近似曲面をマスクとして用いる。筋に所見の無い 5 例に対して認識を行った結果、医師の抽出結果との平均一致率は 76.9% を得た。以上から、本手法は腸骨筋の初期領域の認識に有効であると考えられる。今後は、大腰筋領域の認識法と統合し、腸腰筋領域の解析手法として筋機能解析への高度化が必要である。

**キーワード** 腸骨筋, CAD, 体幹部 CT 画像, 骨格筋

## Development of an Automated Recognition Method of the Iliacus Muscle Based on a Muscle Fiber Direction in Torso CT Images

Naoki KAMIYA<sup>†</sup> Yoshiki ANDO<sup>†</sup> Xiangrong ZHOU<sup>‡</sup> Huayue CHEN<sup>†‡</sup>  
Chisako MURAMATSU<sup>‡</sup> Takeshi HARA<sup>‡</sup> and Hiroshi FUJITA<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> Department of Information and Computer Engineering, National Institute of Technology, Toyota College  
2-1 Eisei, Toyota, Aichi 471-8525 Japan

<sup>‡</sup> Department of Intelligent Image Information, Graduate School of Medicine, Gifu University  
1-1 Yanagido, Gifu, 501-1194 Japan

<sup>†‡</sup> Department of Anatomy, Division of Disease Control, Graduate School of Medicine, Gifu University  
1-1 Yanagido, Gifu, 501-1194 Japan

E-mail: <sup>†</sup> n-kamiya@toyota-ct.ac.jp

**Abstract** We have proposed an automatic recognition method of skeletal muscle in CT images based on a shape model. We also proposed an automated recognition method of a psoas major muscle using shape model. We aim to recognize the iliacus muscle. The muscle fiber of iliacus muscle has characteristic direction. In this study, using 20 cases of training images, to obtain the approximate curve of iliacus muscle fiber. Specifically, the midpoint of a line connecting the origin and insertion, the distance value from the midpoint to the lobe of the iliacus muscle. Then, by calculating the ratio for this point and the origin (same as insertion and midpoint), to apply the test cases. In the recognition process, using curved surface generated by the approximated curve as a mask. The recognition result in five cases with no abnormality in skeletal muscle, obtained 76.9 % average concordance rate. Therefore, it is considered that the proposed method is effective for the recognition of the initial region of iliacus muscle with highly accuracy. In the future, we will integrate the recognition method of psoas major muscle, to develop the analytical technique of iliopsoas area. Furthermore, it is necessary to sophisticated to muscle function analysis.

**Keywords** Iliacus muscle, CAD, Torso CT image, Skeletal muscle

## 1. はじめに

わが国の高齢化率は、年々上昇しており、2035年には3人に1人が高齢者となることが予想されている。高齢者人口のピークは2042年とされているが、高齢化率はその後も上昇が予測されている[1]。この高齢社会の進行に伴い、転倒や生活機能の低下、認知症などの老年症候群による要介護状態になる者の増加が予想される。それにより、社会的負担の増加が懸念されている。そのため、わが国では、2000年より「21世紀における国民健康づくり運動(健康日本21)」が厚生労働省(現厚生省)により策定された。そこでは、日常的に介護を必要としないで自立した生活ができる生存期間である健康寿命の延伸と生活の質(QoL)の向上が目的とされている。特に、骨格筋量の維持・増進が施策として盛り込まれている[2]。この施策は、2013年より健康日本21(第2次)として改定され、現在も継続中である。このように、高齢社会の到来とともに骨格筋の重要度は高まり、健康維持の指標として、骨格筋量が注目されている[3]。

本研究の対象とする腸骨筋領域は、上述の超高齢化社会において問題となっている、高齢者の転倒による障害と関連が高い筋である。この高齢者の転倒は、大腰筋と腸骨筋からなる腸腰筋の機能が高齢者の歩行能力に関連しているとされる[4]。また、腸腰筋を含め、一般的に、骨格筋は加齢と共に減少することから、腸腰筋の定量的解析は、高齢者の転倒障害予防の支援につながると考えられる。

我々は、非造影の体幹部CT画像を対象とした骨格筋の部位別認識技術を開発してきた[5]。特に、本研究の対象とする腸骨筋と関連の深い大腰筋の自動認識技術は既に確立しており[6]、本研究で認識する腸骨筋領域と大腰筋領域を合わせ、歩行機能に関連する腸腰筋領域全体の解析を実現することが必要とされる。

本研究の認識対象とする腸骨筋は腸骨の前傾に作用する骨格筋であり、これは、股関節や脊柱の屈曲に影響する。従って、腸腰筋の定量的な解析の実現には腸腰筋の一部である腸骨筋の自動認識が必要である。

本研究では、他の骨格筋の部位別認識技術として構築した、骨格筋の形状と付着部位の位置情報に基づく認識法により認識を行う。特に、腸骨筋はその筋線維の走行が特徴的であるため、その走行を計算機上で表現する手法を提案する。腸骨筋領域の認識により、腸腰筋全体の面積、体積、形状を定量的に解析できるため、高齢者の転倒予防の支援が期待できる。

## 2. 処理手順

体幹部CT画像における筋線維の走行に基づく腸骨筋の自動認識手法について述べる。処理の流れを図1

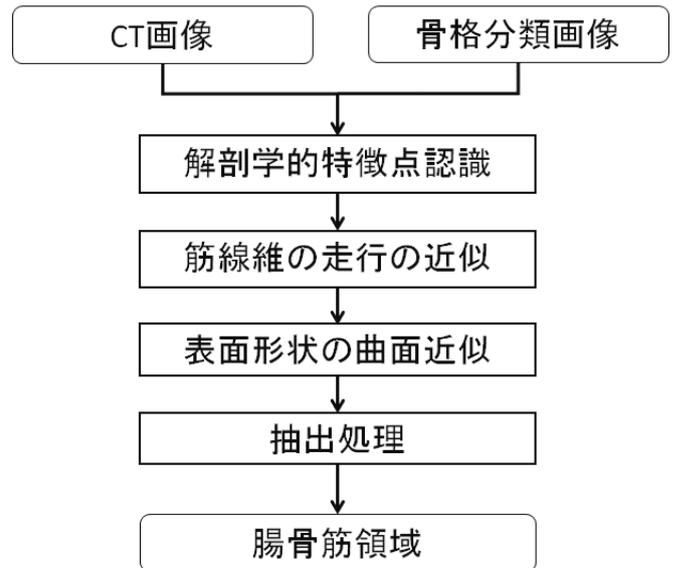


図1 腸骨筋の自動認識の流れ

表1 腸骨筋の解剖学的付着箇所と計算機上の認識箇所

	解剖学上の定義	計算機上の認識箇所
起始	腸骨の外唇	腸骨外唇上1点
停止	大腿骨小転子	大腿骨小転子

に示す。本研究では、入力画像として、非造影の体幹部CT画像と体幹部CT画像から濃淡値により認識された骨格領域を自動的に分類した骨格分類画像[7]を用いる。

まず、腸骨筋の解剖学的位置特徴として、起始・停止に相当するランドマーク(Landmark: LM)を自動的に認識する。次に、得られたLMに腸骨筋の筋線維の走行を模した近似曲線を当てはめる。これは、事前に学習用データベースから計算した特徴量を利用し、適用症例において個人差を反映し、当てはめる。次に、この筋線維の走行曲線に対し、擬似的な筋の輪郭を表現する腸骨筋の表面形状の曲面近似を行う。最後に、解剖学的位置特徴を用いて未抽出領域を拡張するため、精密抽出を行う。次節以降でそれぞれの詳細について述べる。

### 2.1. 解剖学的特徴点の認識

腸骨筋の解剖学的付着箇所および計算機上で認識する特徴点を表1に示す[8]。腸骨筋は、他の骨格筋と同様に、骨格上の付着箇所が起始・停止として定義される。ここでは、計算機上における解剖学的特徴点をLMとして定義する。LMについて、停止のLMは大腿骨小転子から、起始のLMは腸骨の外唇上からそれぞれ1点を認識する。

それぞれのLMは、入力画像である骨格分類画像を用い、LMの認識対象となる骨格を認識選択し、その

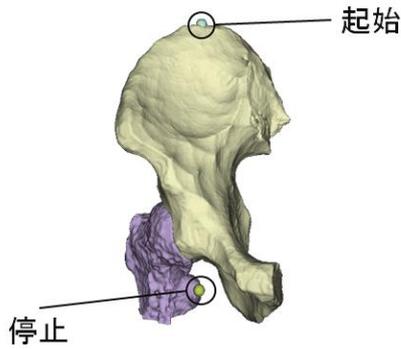


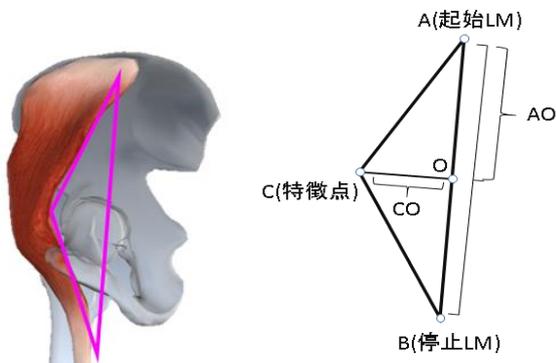
図2 計算機で認識されたLM

骨格上から自動的に認識を行う。停止のLMは矢状面を用いた位置特徴を、起始のLMは横断面を用いた位置特徴により認識を行う。起始のLMは解剖学的定義では外唇部であるが、計算機上では、安定したLMの自動認識が可能な、腸骨の外唇上の最上部の点をLMとする。図2に腸骨と大腿骨上において認識されたLMを示す。

## 2.2. 筋線維の走行の近似

筋線維の走行の近似では、腸骨筋の筋繊維は特徴的な走行を有することから、その走行を計算機上で模擬的な曲線として取得する。腸骨筋は、起始から停止にかけて湾曲した形状[9]であり、ここでは、前節で認識された起始・停止のLMに加え、腸骨筋中部に筋線維の湾曲の特徴を表現する新たな特徴点を設定する。この3点をスプライン曲線により曲線補間し、線維の模擬走行曲線を得る。

図3に腸骨筋筋線維の走行近似モデルを示す。同(a)には、腸骨と大腿骨を結ぶ腸骨筋とその湾曲に近似三角形を当てはめた図を示す。この三角形に解剖学的な特徴点を当てはめることにより、腸骨筋固有の形状および個人差を表現する。同(b)に近似モデルの模式図を示す。ここで、点Aは起始のLM、点Bは停止のLMに相当し、ABの中点を点Oとする。すると、筋線維



(a) 近似対象の筋線維の走行[9], (b) 近似モデル

図3 腸骨筋筋線維の走行近似モデル

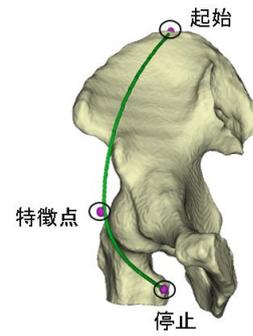


図4 認識された腸骨筋筋線維の走行曲線

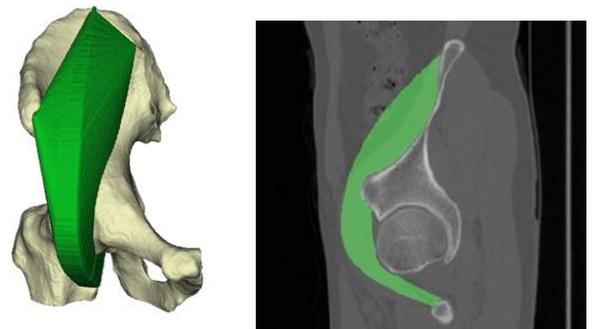
の走行(湾曲)は、ABに対するCOの距離の比で表現される。また、上下(体軸)方向の位置については、ABに対するAOの距離で算出可能である。

ここでは、20症例の学習用データベースを用い、上記の比を算出し、実験症例では、CO/ABは左右それぞれ0.360および0.369の値を用いた。AO/ABも同様に、左右それぞれ0.646および0.644を用いた。これらの値から、2点の起始・停止のLMの座標を用い、特徴点Cを求める。この3点を用いてスプライン曲線補間を行うことで、腸骨筋の走行曲線を得る。図4に2点のLMから認識された特徴点と3点を結び、得られた腸骨筋筋線維の走行曲線を示す。

## 2.3. 表面形状の曲面近似

ここでは、前節で取得した腸骨筋の近似曲線を用い、曲面近似により、腸骨筋の存在領域をマスク領域として生成する。

腸骨筋上部は腸骨上に付着しているため、腸骨の外唇に2点の特徴点を新たに取得する。これは、外唇の左端と右端の2点とし、走行曲線と接続することで、腸骨筋上部の表面形状を近似する。腸骨筋の中部から下部にかけては、走行曲線を矢状面において垂直方向に平行移動させることにより、腸骨筋の表面形状を曲面として近似する。図5に近似された腸骨筋の表面形状マスク領域を示す。



(a) マスク領域, (b) 原画像への重ね合わせ

図5 腸骨筋の表面形状マスク領域と重ね合わせの結果

## 2.4. 腸骨筋領域の抽出

前節で得られたマスク領域を用い、マスク領域内のCT値から大域抽出を行い腸骨筋の初期領域を得る。図5(b)は大域抽出前の重ね合わせの結果であり、上部に過抽出が見られる。これは、大域抽出により容易に削除される領域である。

精密抽出では、大域抽出後の腸骨筋の初期領域から腸骨の位置情報を用い、領域拡張を行う。同時に、濃淡値を用いた拡張停止条件を定め、腱および脂肪の濃淡値を拡張の停止条件とする。

## 3. 実験と結果

本研究では、 $512 \times 512$ [pixel]、スライス枚数802-1104[slice]で構成される非造影体幹部CT画像25症例を用いる。いずれも骨格筋領域に所見の無い症例である。医師の指導により作成した画像を正解画像とし、Jaccardの類似係数を用い、5症例において認識結果との一致率、再現率、適合率により評価を行った。

5症例における平均一致率、再現率、適合率はそれぞれ76.9%、81.8%および93.3%であった。図6および図7に認識結果の一例を示す。

## 4. 考察

認識結果の平均一致率は76.9%と、比較的良好な結果を得た。これは、腸骨筋の筋線維の走行が正しくモデリングできた結果であると考えられる。特に、骨格筋上の付着点および湾曲する走行を良好に表現でき、比を用いた個人差の要約が実現できたと考えられる。特に、腸骨から大腿骨への移行部である腸骨筋中部を

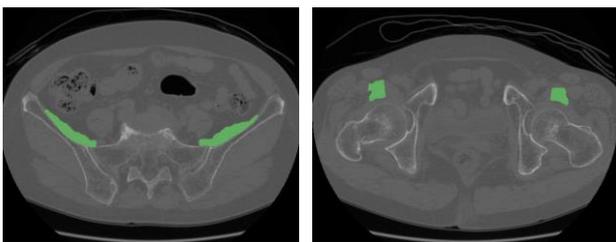


図6 横断面における認識結果

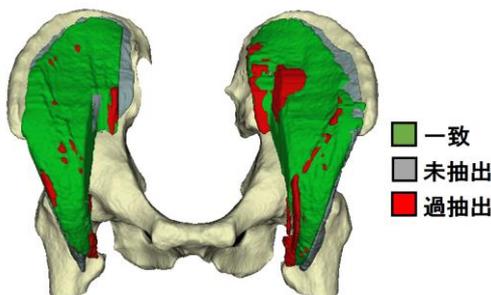


図7 腸骨筋の認識結果の三次元表示と評価

良好に認識することができた。

しかし、20症例において、目視評価により認識結果を評価したところ、一部の症例において、大腸領域の誤認識が存在した。これは、内臓下垂症により、腸が下垂した症例において、腸骨筋領域と大腸との境界部の濃淡値の差が微小となったためであると考えられる。

## 5. まとめ

本研究では、体幹部CT画像における腸腰筋の解析を目的とした、腸骨筋領域の自動認識を行った。腸骨筋の筋線維の走行を学習し、腸骨筋の起始・停止と中部領域を結ぶ湾曲のモデリングを実現した。学習により起始・停止間の距離値と湾曲部までの距離値を比で表現することにより、体格差などの個人差を吸収する手法が構築できたと考えられる。

今後は、多症例において手法の有効性を検証する。さらに、大腰筋領域の認識手法と統合し、腸腰筋の自動認識および機能解析へと発展させる予定である。

## 謝 辞

本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金(新学術領域研究 21103001)および豊田工業高等専門学校教育・研究プロジェクト経費により行われました。

## 文 献

- [1] 内閣府, 平成26年度版高齢社会白書, 2014.
- [2] 厚生労働省, “21世紀における国民健康づくり運動(健康日本21),” 2014.
- [3] 小口理恵, 牧迫飛雄馬, 加藤仁志, 石井芽久美, 古名丈人, 島田裕之, 地域在住高齢者における運動内容と身体組成, 運動機能の関連について, 理学療法科学, vol.23, no.6, pp.705-710, 2008.
- [4] 久野 譜也, 金 俊東, 塩崎 知美, 佐々木 心哉, 狩野 豊, 石津 政雄, 岡田 守彦, 勝田 茂, “加齢に伴う股関節大腰筋の萎縮度の検討:大洋村健康づくりプロジェクト,” 体力科学, vol.46, no.6, p.679, 1997.
- [5] 神谷直希, “体幹部非造影CT画像における骨格筋の全自動認識—現状と将来像—,” 医用画像情報学会誌, vol.31, no.2, pp.32-35, 2014.
- [6] N. Kamiya, X. Zhou, H. Chen, C. Muramatsu, T. Hara, R. Yokoyama, M. Kanematsu, H. Hoshi, and H. Fujita, “Automated segmentation of psoas major muscle in X-ray CT images by use of a shape model: Preliminary study,” Radiological Physics and Technology, vol.5, no.1, pp.5-14, 2012.
- [7] X. Zhou, T. Hayashi, M. Han, H. Chen, T. Hara, H. Fujita, R. Yokoyama, M. Kanematsu, and H. Hoshi, “Automated segmentation and recognition of the bone structure in non-contrast torso CT images using implicit anatomical knowledge,” Proc. SPIE, 7259, 72593S. doi:10.1117/12.812945, 2009.
- [8] Tja Books, Human Anatomy, 2009.
- [9] BioDigital, Inc, BioDigital Human, human.biodigital.com, Jan.2015.