

[ポスター講演]ロコモティブシンドロームの定量評価と その画像解析手法の開発

名和 寛文* 渡邊 恒夫** 福岡 大輔*** 寺林 伸夫** 原 武史** 藤田 広志**

*岐阜大学工学部 〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1

**岐阜大学大学院医学系研究科 〒501-1194 岐阜市柳戸 1-1

***岐阜大学教育学部 〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1

E-mail: *nawahiro@fjt.info.gifu-u.ac.jp

あらまし 運動器の障害による要介護の状態や、要介護リスクの高い状態を表す「ロコモティブシンドローム」が提唱されている。ロコモティブシンドロームを評価する方法として、腓腹筋を撮影した超音波画像を解析し、羽状角などを評価する方法が注目されている。本研究では、超音波装置で撮影した腓腹筋の筋繊維の角度の自動測定法を提案する。まず、Bモードで撮影した腓腹筋の超音波画像から手動で筋繊維領域を設定し、つぎに、筋繊維領域から同時生起行列(GLCM)を作成し、コントラストが最小となった変位角度 θ ($-30^\circ \leq \theta \leq 30^\circ$) を筋繊維の角度 θf とした。本研究では、熟練者が測定した羽状角と比較するため、腱膜の傾斜角度 θs を手動で設定し、羽状角 θp を $\theta p = \theta f + \theta s$ として求めた。本手法を 109 枚の画像に適用し自動測定した羽状角と、熟練者が測定した羽状角との相関を評価した結果、0.78 の相関係数が得られた。

キーワード ロコモティブシンドローム, 腓腹筋, 羽状角, 同時生起行列, コントラスト

Development of image analysis and quantitative evaluation of the Locomotive syndrome

Hirofumi Nawa* Tsuneo Watanabe** Daisuke Fukuoka*** Nobuo Terabayashi**
Takeshi Hara** Hiroshi Fujita**

*Faculty of Engineering, Gifu University 1-1 Yanagido, Gifu-shi, Gifu, 501-1193 Japan

**Graduate School of Medicine, Gifu University 1-1 Yanagido, Gifu-shi, Gifu, 501-1194 Japan

***Faculty of Education, Gifu University 1-1 Yanagido, Gifu-shi, Gifu, 501-1193 Japan

E-mail: *nawahiro@fjt.info.gifu-u.ac.jp

Abstract A word to describe the state of requiring care and high-risk condition by musculoskeletal disorders as “Locomotive syndrome” has been proposed. For evaluation of Locomotive syndrome, methods for analyzing ultrasound images of the gastrocnemius muscle and evaluating conditions, such as pannation angle, have been focused. In this study, we propose a method for automatic measurement of the angle of the gastrocnemius muscle fibers obtained by ultrasound device. First, we manually located the muscle-fiber area from gastrocnemius muscle on B-mode images. Then, we created the gray level co-occurrence matrix (GLCM) from the muscle-fiber area and considered the displacement angle θ ($-30^\circ \leq \theta \leq 30^\circ$) of the GLCM with the minimal contrast as the angle of the gastrocnemius muscle fibers θf . In this study, for comparing the result with pannation angles measured by the expert, the pannation angle θp was determined by $\theta p = \theta f + \theta s$, in which the tilt angle θs of the aponeurosis was manually measured. When this method was applied to 109 cases, the correlation coefficient between the angle measured by this method and by the expert was 0.78.

Keywords Locomotive syndrome, Gastrocnemius muscle, Pannation angle, Gray level co-occurrence matrix, Contrast

1. はじめに

現在、日本は世界に先駆けて高齢社会を迎え、平均寿命は約 80 歳となっている[1,2]。それに伴い、主に高齢者による運動器障害が増加している。それを踏まえ、運動器障害による要介護の状態や要介護リスクの高い状態を表す新しい概念として「ロコモティブシンドローム」が提唱されている。

ロコモティブシンドロームを予防するためには、定期検診などで手や足の関節や筋肉などの運動器の状態を診断する必要がある。診断方法としては、超音波装置を用いて運動器の状態を診断する方法がある。筋肉を例に挙げて説明すると、筋肉を撮影した超音波画像から、筋肉全体の面積、筋繊維長、羽状角などの状態を確認し、筋肉の衰えや筋量の減少などを診断する。しかし、それらの診断の結果には医師の個人差があり、運動器の状態を客観的に評価することは困難である。よって、運動器の状態を客観的に数値として評価できる方法が求められている。

本研究では、腓腹筋を撮影した超音波画像の筋繊維の角度の自動測定法を提案する。まず、筋繊維領域を手動で設定し抽出する。次に、抽出した筋繊維領域から同時正規行列(Gray Level Co-occurrence Matrix, GLCM)を作成する。なお、GLCM は、変位角度 θ を $-30^\circ \leq \theta \leq 30^\circ$ の範囲で 0.1° ずつ変化させ、その変位角度ごとにそれぞれ作成する。作成した全ての GLCM からコントラストを算出し、コントラストが最小となる GLCM の変位角度を筋繊維の角度とした。

2. 方法

2.1. 使用画像

本研究で使用する超音波画像(図 1)は、下肢の腓腹筋を撮影した画像であり、ふくらはぎにプローブを縦に垂直に当て、腓腹筋を撮影している。27 人の被験者の腓腹筋を内側と外側で 2 枚ずつ撮影しており(うち一人は 5 枚撮影)、使用画像は計 109 枚の画像である。また、画像サイズは 640×440 [pixel]、空間分解能は $0.05 \sim 0.09$ [mm/pixel] の 8 bit グレースケール画像である。

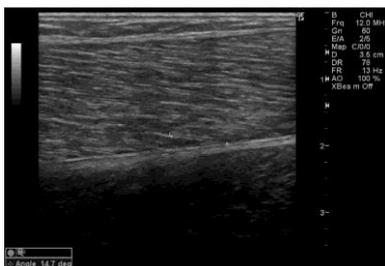
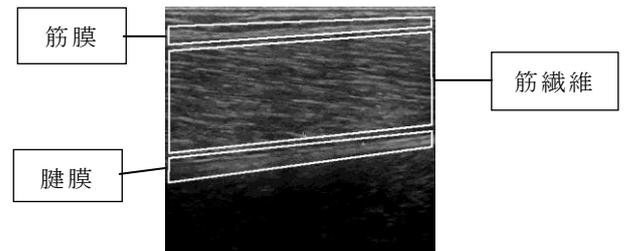


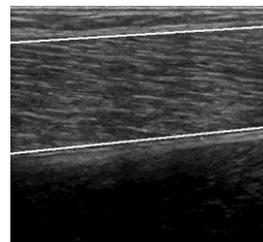
図 1 入力画像の例

2.2. 筋繊維領域の抽出

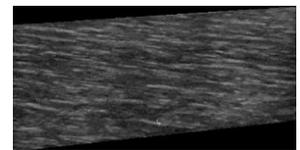
本実験で使用した画像においては、筋繊維は図 2(a)に示すように筋膜と腱膜の間に描出される。この筋繊維領域を決定するため、筋膜の下部と腱膜の上部に、それぞれの膜に沿うような直線を図 2(b)に示すようにマニュアル操作で 1 本ずつ入力し、その二本の直線の間の領域を筋繊維領域とし領域を抽出する(図 2(c))。



(a)



(b)



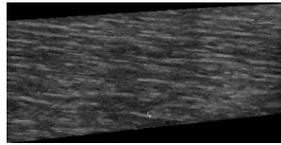
(c)

図 2 筋繊維領域抽出

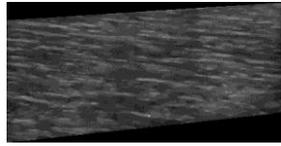
- (a)筋膜、腱膜、筋繊維の位置
- (b)マニュアル入力による領域決定
- (c)筋繊維領域の抽出結果

2.3. 前処理

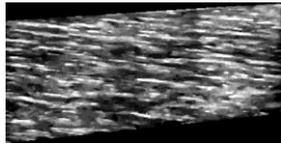
筋繊維の角度を正確に測定するため、ノイズの低減や画像濃度の正規化が重要である。そこで、メディアンフィルタを用いてごま塩状の信号を削除し、ヒステリシス平滑化処理を用いて局所的な変動ノイズの削除を行った(図 3(b))。つぎに、画像濃度を正規化するため、ヒストグラム平坦化処理と線形濃度変換を行った(図 3(c))。最後に、後に作成する GLCM のマトリクスサイズを 16×16 とするため、256 階調から 16 階調に階調変換を行った。



(a)



(b)



(c)

図 3 前処理

(a) 原画像 (b) ノイズ削除後の画像

(c) 前処理後の画像

2.4. 筋繊維の角度測定

筋繊維の角度を測定するため、本手法ではテクスチャ特徴量の一つであるコントラストに注目した。コントラストは、画像の濃度 i の点から一定の変位 $\delta = (r, \theta)$ だけ離れた点の濃度が j である確率 $P_\delta(i, j), (i, j = 0, 1, \dots, n-1)$ を要素とする GLCM から算出することができる(図 4)。

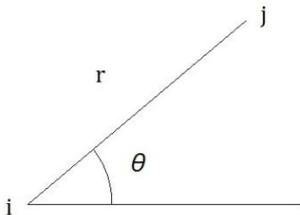


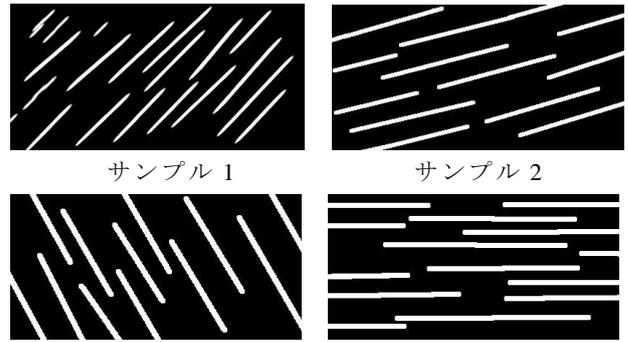
図 4 GLCM 算出時における 2 点間の関係

コントラストは、GLCM の変位を $\delta = (r, \theta)$ に設定した場合、画像の θ 方向の濃度変化の度合いを表し、GLCM における i 行 j 列の要素を $P(i, j)$ としたとき、(1) の式で示される。

$$\text{Contrast} = \sum_i \sum_j (i - j)^2 P(i, j) \quad \dots \dots (1)$$

図 5 のような複数の線が一定方向に描画されている画像は、その方向 θ_t の濃度変化は少なくなる。そのため、図 5 の画像から GLCM を作成した場合、変位角度を θ_t に設定した GLCM のコントラストは、他の GLCM のコントラストより低くなると考えられる。

手法の確認として、サンプル画像として作成した図 5 の画像から GLCM を作成し、手で角度測定した結果とコントラストが最小となった GLCM の変位角度を比較したところ、差はあまり見られなかった。その結果を表 1 に示す。表 1 の結果から、上記の手法は方向性のある筋繊維の角度を測定する方法として有効であることを確認した。



サンプル 1

サンプル 2

サンプル 3

サンプル 4

図 5 方向性のある画像

表 1 手法確認の結果

サンプル	理論値	本手法による測定結果
1	42°	45°
2	15°	15°
3	-57°	-59°
4	0°	0°

GLCM の作成時には、変位角度を $-30^\circ \leq \theta \leq 30^\circ$ の範囲で 0.1° ずつ変化させ、それぞれの角度ごとに作成した。また、変位距離 r を超音波画像上で $0.2[\text{mm}]$ の距離とした。作成した全ての GLCM からコントラストを算出し、コントラストが最小となる GLCM の変位角度を筋繊維の角度 θ_f とした。また、本研究では熟練者の測定した羽状角(腱膜と筋繊維の成す角度)と比較するため、腱膜の傾斜角度 θ_s を手で測定し、羽状角 θ_p を $\theta_f + \theta_s$ として求めた(図 6)。

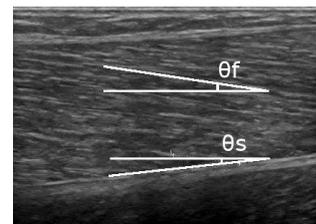


図 6 筋繊維の角度 θ_f と腱膜の角度 θ_s

3. 結果と考察

超音波画像 109 枚に本手法を適用し、羽状角の測定を行った。本手法で測定した羽状角と熟練者の測定した羽状角の相関を評価したところ、0.78 の相関係数が得られた(図 7)。

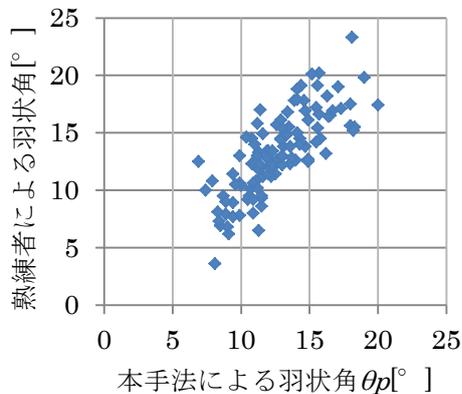


図 7：熟練者が測定した羽状角と本手法で測定した羽状角の比較

熟練者が測定した羽状角と測定結果に差が見られない画像を図 8 に示す。また、測定結果に大きな差が見られた画像を図 9 に示す。測定差の要因として考えられるのは、本手法では筋繊維全体の平均角度を測定しているが、熟練者は腱膜の上方部分の筋繊維のみを考慮し測定しているため、誤差が生じたと考えられる。また、筋繊維が明瞭に描画されておらず、筋繊維の角度が確認しづらいような画像は、測定に大きな差が生じる傾向にあった。

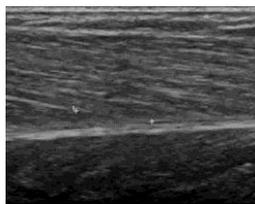


図 8 熟練者との測定差が小さい画像
(熟練者：13.0°，本手法：13.0°)

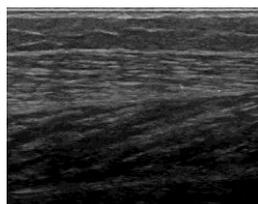


図 9 熟練者との測定差が大きい画像
(熟練者：11.3°，本手法：6.5°)

4. まとめ

本研究では、ロコモティブシンドロームの定量評価とその画像解析手法の開発を行い、GLCM を用いた筋繊維の角度の自動測定法を提案した。筋繊維領域から GLCM を変位角度ごとに作成し、算出したコントラストが最小となった変位角度を筋繊維の角度とした。また、熟練者の測定した羽状角と比較するため、自動測定した筋繊維の角度と手動で測定した腱膜の傾斜角度を足すことで羽状角を求めた。本手法で測定した羽状角と熟練者が測定した羽状角との相関係数は 0.78 であり、比較的良好な結果が得られた。

文 献

- [1] 国立社会保障・人口問題研究所，“主要国の 65 歳以上人口割合，”人口統計資料集,2011.
- [2] 厚生労働省，“主な年齢の平均余命，”簡易生命表, 2010.
- [3] 堀 修，“領域処理，”デジタル画像処理，奥富正敏(編)，pp.192-195，(社)CG-ARTS 協会，東京，2004.
- [4] 太田徹志，村上拓彦，“同時生起行列から得られるテクスチャ情報に対する最適ピクセル間距離の検討，”九州森林研究，no.59，pp.137-140，March 2006.
- [5] R.M. Haralick, K. Shanmugam, Tsiki Dinstein, “Textural features for image classification,” IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, SMC-3, no. 6, pp.610-621, 1973.
- [6] Ilse M.P. Arts et al, “Normal Values for Quantitative Muscle Ultrasonography in Adult,” Muscle Nerve, vol.41, pp.32-41, 2010.
- [7] M.V. Narici and C.N. Maganaris, “Adaptability of elderly human muscles and tendons to increased loading,” J.Anat, vol.208, pp.433-443, 2006.