

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 18 日現在

機関番号：13801

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24760315

研究課題名(和文)筋面積測定を目的とする3次元位置センサを用いたマルチスキャン超音波システムの開発

研究課題名(英文)Development of multi scanning system for cross-sectional area of muscle using ultrasonography and 3D position sensors

研究代表者

福元 清剛 (Fukumoto, Kiyotaka)

静岡大学・工学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：60600129

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円、(間接経費) 960,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、3次元ポジションセンサを用いた筋横断面画像のマルチスキャン超音波システムの開発を目的とする。本システムでは、さまざまな位置から撮影した肢体の超音波画像を、磁気センサによって求められる探触子の位置座標および回転角度に基づいて合成し、1枚の横断面画像を得ることができる。フィールド測定の結果から、被験者の姿勢や測定部位に影響されることなく、筋の横断面画像が測定できることを確認した。

研究成果の概要(英文)：We have developed a multi scanning system for cross-sectional area of muscle using ultrasonography and 3D position sensors. In this system, an ultrasound probe measures fragmental ultrasound images along the human body surface. These images are composed into a cross-sectional image based on coordinates and an angle at a tip of the probe obtained from the position sensors. The experimental result showed that this system can be measured the cross-sectional image under any body postures and body site.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・計測工学

キーワード：超音波 ポジションセンサ 筋横断面画像 高齢者 ADL

1. 研究開始当初の背景

現在、本邦は全世界で最も速く高齢化が進行しており、高齢化にともなう要支援または要介護高齢者の増加が大きな社会問題となっている。要支援・要介護となる主な原因として転倒や骨折、廃用による衰弱といった日常生活動作 (ADL: Activities of daily living) 能力の低下に起因すると思われる要因が全体の約 30% を占めている。このため、高齢者の要支援・要介護を予防する一つの手段として、ADL 能力を維持・向上させることが重要であると考えられる。

ADL の中でも、身体を支持・移動させる起立や歩行、階段昇降動作の遂行には下肢筋力が重要であり、自立した ADL 遂行には一定以上の筋力が必要であると考えられる。このため筋力を客観的に評価することが求められるが、高齢者を対象とした筋力測定にはいくつかの問題点が考えられる。例えば、高齢者は筋や関節が頑強でない場合が多く、測定時の高負荷により関節症や骨折などの疾患を誘発することが懸念される。また、等尺性最大筋力の測定は血圧を急激に上昇させる傾向があり、高血圧症や心肺機能に障害を有する者の測定は危険である。そこで筋力に代わり、筋力との高い相関関係にある筋量や筋横断面積 (以下、筋面積) を評価する方法が考えられる。筋力の代替として筋量や筋面積を用いるためには、高齢者や要介護者に大きな負担を強いることなく、安全・容易に計測できるデバイスの開発が求められる。

そこで我々は、高齢者や要介護者が対象であっても大きな負担なく、安全に測定可能な筋面積評価システムを開発してきた。このシステムでは、多関節のリンク機構先端部に超音波探触子を取り付け、それを計測部位の体表面に接触させながら走査することで、広範囲かつ任意形状の計測を可能としている。被測定者は姿勢を拘束されることがないため、高齢者や要介護者に対しても、ベッド上での臥位姿勢で計測することができる。

しかしながら、リンク機構を用いたシステムでは、被測定者の座位から立位といった姿勢変更に柔軟に対応できず、測定に長時間を要することがあった。また要介護者の測定において、身体の特定期部位を測定する際、超音波探触子の位置を合わせるために、ベッド上で移動させざるを得ず、負担を強いる場合があった。そこで本研究ではリンク機構を排し、3次元位置センサを用いたマルチスキャン超音波システムの開発を目的とする。

2. 研究の目的

リンク機構を用いた超音波システムでは、リンク機構の関節部に取り付けたロータリーエンコーダからの角度データおよび各リンクの長さを用いて、超音波画像の空間座標を算出し、横断面画像の合成を行っていた。マルチスキャン超音波システムでは、被測定者の姿勢変化に柔軟に対応し、測定時の負担を少

なくするため、多関節リンク機構を排し、3次元位置センサを用いて超音波画像の位置座標および角度を得る。3次元位置センサは XYZ 軸の移動量および 3 方向における回転の 6 自由度を有し、身体の複雑な形状に対して超音波探触子を接触させながら走査する本システムの測定に適していると考えられる。

また本システムは、あらゆる被測定者に対しての測定が可能であり、かつ、フィールドでの簡便な測定を目的としている。そこで、開発したマルチスキャン超音波システムを用いて数回のフィールド測定を実施し、その有用性を検証する。また健常若年者および高齢者における測定姿勢 (立位、座位、臥位など) の変化に応じた測定が瞬時に可能か否かを確認する。

3. 研究の方法

(1) システム構成

図 1 に、開発したマルチスキャン超音波筋横断面画像計測システムの外観を示す。本システムでは従来のシステムで用いていたリンク機構を廃し、磁気方式の 3次元ポジションセンサ (3D Guidance trakSTAR, Ascension 社製) を用いる。

超音波装置 (LOGIQ e, GE ヘルスケア社製) の探触子は、本システム専用の T 字型器具 (メカトロニクス社製) の中央に固定されており、器具の両端には 2 個の磁気センサがそれぞれ取り付けられている (図 2)。計測範囲は、トランスミッタから約 78 cm であり、この範囲内を自由に動かして測定することが可能である。センサから得られた位置および角度情報は、コントローラを介して USB によりパソコンに転送される。センサからは XYZ 軸 3 つの位置座標および 3 方向の回転角度が求められるが、本システムでは画像合成に必要な 2 つの位置座標および 1 つの回転角度のみを用いた。器具両端に取り付けた 2 つの磁気センサからそれぞれ取得した座標および角度を平均し、最終的な探触子先端部の座標および角度を算出した。なお、磁気センサにおける位置座標の連続性を考慮し、片方のセンサの値が不相当であると判断した場合は、もう片方のセンサから得た値のみを採用して画像合成に用いた。

超音波画像の撮影深度は、大腿部を測定した場合でも画像の欠損が生じないように、体表面から 8 cm とした。超音波装置にはアナログ RGB の画像出力端子が設けられており、そこから出力される超音波画像をキャプチャーボード (UFG-05 1E, ARGO 社製) を介してパソコンに取り込んだ。

横断面画像の測定時は、超音波探触子を被験者の体表面に直接接触させながら走査する。この際、探触子の中心が測定部位に対して垂直に接触するようにする。測定中に得られた複数枚の超音波画像および各画像に対応した位置座標と回転角度を用いて、最終的な 1 枚の横断面画像を合成する。

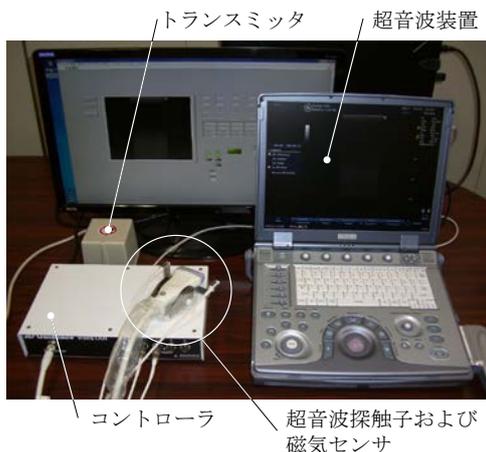


図1 マルチスキャン超音波システムの外観



図2 超音波探触子および磁気センサ

(2) 画像合成

画像合成では、磁気センサで取得した探触子先端部の座標および回転角度に合わせて、各超音波画像を移動および回転させる。画像同士が重なりあう領域に関しては、空間コンパウンド法により、各画素の輝度値を平均した。空間コンパウンド法は、超音波画像中のスペックルやアーチファクトなどのノイズ低減や、組織毎の分離性向上に効果がある手法である。

4. 研究成果

(1) システムの測定精度

開発したシステムについて、測定精度と繰り返し精度について検証を行った。T字器具に超音波探触子および磁気センサを取り付けた状態で、大きさが既知の物体を測定し、超音波探触子先端におけるXY座標の誤差をそれぞれ求めた。測定時は、超音波探触子の先端中央部が物体に触れるように走査した。また、同様の測定を10回行い、繰り返し精度を求めた。

表1にXY座標それぞれにおける測定誤差と繰り返し誤差の平均を示す。XY座標における測定誤差はそれぞれ0.41, 1.19 mmであり、繰り返し誤差はそれぞれ ± 0.44 , ± 1.26 mmであった。本システムで用いた3次元ポジションセンサの計測誤差は、位置精度において1.4

mm程度あり、この誤差が測定誤差や繰り返し誤差に影響を与えたと考えられる。

表1 測定誤差および繰り返し誤差

	X軸	Y軸
測定誤差 (mm)	0.41	1.19
繰り返し誤差 (mm)	± 0.44	± 1.26

(2) 横断面画像の測定

本システムを用いて、下肢の横断面画像を測定した。測定位置は右大腿部で大腿長の転子点から50%、下腿部で最も径の大きい位置とした。測定姿勢はベッド上での仰臥位とした。被験者には短パンをはかせ、大腿部および下腿部が露出するようにした。

図3に本システムにより撮影した大腿部および下腿部における横断面画像の一例を示す。大腿部および下腿部のいずれにおいても、筋や皮下脂肪、骨といった組織を区別することができた。

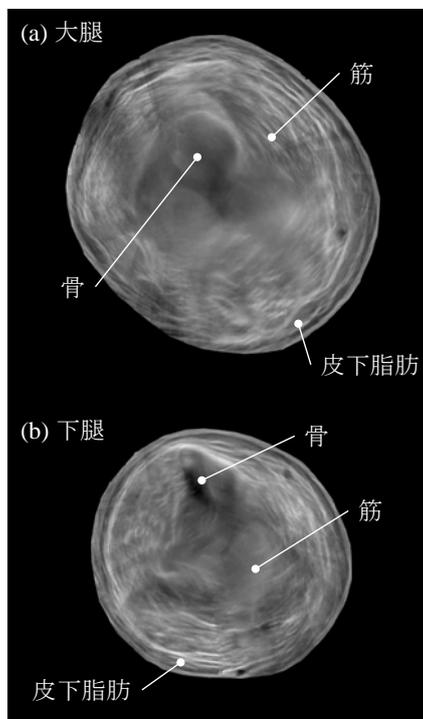


図3 大腿部および下腿部の横断面画像

(3) フィールド測定の実施

開発したシステムのフィールドにおける測定の有用性について検証を行った。なお本実験は、静岡大学における研究倫理委員会の承認を得て実施された。フィールド計測では、システムを研究室外に持ち出し、地方の公民館や要介護者宅を想定して筋横断面画像の測定を実施した。被験者は高齢者13名(男性:10名, 女性3名, 平均年齢 68.0 ± 3.7 歳)であり、測定を行う前に各被験者に対して測定の目的や方法を説明し、文書にて同意を得た。測定部位は右大腿部と右下腿部で、実験2と同様の位置を測定した。また、本システムが姿勢の変化に柔軟に対応できるかを検討する

ため、ベッド上での仰臥位で測定を行った後、すぐに立位で測定を行った。また、測定後にアンケートを実施し、測定時の不快感や苦痛について調査した。

測定の結果、いずれの被験者においても、各部位の横断面画像を取得することができた。また、姿勢が仰臥位から立位に変化した際も、横断面画像の測定が可能であった。測定後に実施したアンケート調査から、測定時に苦痛や不快感が生じた被験者はいなかったことが分かった。以上の実験結果から、本システムは、MRI や X 線 CT ほどの画質は得られないものの、フィールド計測に有用であり、筋面積測定法の一つとして用いることができると考えられる。

(4) 今後の予定

本システムは、どのような被測定者であっても測定できることを目標としており、今回の研究では達成できなかったが、要介護者の測定を実施し、システムの有用性をより向上させていく予定である。また現在は、本研究ならびにこれに関連する内容の論文を複数投稿予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕 (計 0 件)

〔学会発表〕 (計 0 件)

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

名称 :

発明者 :

権利者 :

種類 :

番号 :

出願年月日 :

国内外の別 :

○取得状況 (計 0 件)

名称 :

発明者 :

権利者 :

種類 :

番号 :

取得年月日 :

国内外の別 :

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

福元 清剛 (FUKUMOTO, Kiyotaka)

静岡大学・工学研究科・助教

研究者番号 : 60600129

(2)研究分担者

()

研究者番号 :

(3)連携研究者

()

研究者番号 :