

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K12792

研究課題名（和文）非医療用超音波画像装置におけるプローブ操作支援と脂肪厚・筋肉厚の自動計測

研究課題名（英文）Probe handling assistance and automatic measurement of fat and muscle thickness in non-medical ultrasonograph

研究代表者

篠原 寿広（Toshihiro, Shinohara）

近畿大学・生物理工学部・准教授

研究者番号：20434863

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,200,000 円

研究成果の概要（和文）：当該研究は「誰でも容易に超音波画像装置を扱えるようにする」ことを目指し、計測対象位置に正しく超音波プローブ（以下、プローブと記す）を当てられるようにする方法の確立、および皮下脂肪厚と筋肉厚の計測方法の確立を目的として、赤外線カメラを用いてプローブを正しい位置に誘導する方法、AIを利用して、プローブが正しく当てられているかを判別する方法および皮下脂肪厚と筋肉厚を計測する方法を提案した。

実際に、大腿後部を対象にプローブの誘導、上腕前部を対象にプローブが正しく当てられているかの判別および皮下脂肪厚と筋肉厚の実験をそれぞれ行い、提案手法の妥当性と有効性を確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

介護、リハビリ、健康増進、美容、スポーツなど非医療分野における超音波画像装置のニーズは高いものの、非医療分野への用途拡大のための研究、特に超音波プローブ操作支援の取り組みはこれまでに例がなかった。この点、当該研究では、「誰でも容易に超音波画像装置を扱えるようにする」ための方策を提案した。

超音波画像装置の用途が広がりは、政府の掲げる「健康・医療戦略」における健康長寿社会の実現に大きく貢献する。また、医療分野においても、医師が慢性的に不足している過疎地域や開発途上国における深刻な医療問題の解決の大きな一助となり、SDGsの「3. すべての人に健康と福祉を」に大きく貢献できる発展性がある。

研究成果の概要（英文）：This study aims to establish methods for correctly applying the probe of ultrasonography to the correct position and measuring the subcutaneous fat and muscle thickness to "make it easy for anyone to use ultrasonography." For this purpose, methods were proposed for guiding the probe to the correct position by registration between the correct position and the current probe position with features in infrared images, judging if the probe is correctly applied to the skin, and measuring the subcutaneous fat and muscle thickness by segmentation of body tissues in ultrasound images using AI. Experiments were conducted on the probe guidance on the posterior thigh, the judgment of the probe application, and the measurement of the subcutaneous fat and muscle thickness on the anterior upper arm. As a result, the subcutaneous fat and muscle thickness could be measured with the same accuracy as the visual inspection. The experimental results indicate the validity of the proposed methods.

研究分野：医療福祉工学

キーワード：非医療用超音波画像装置 プローブ操作支援 脂肪厚計測 筋肉厚計測 自動計測

### 1. 研究開始当初の背景

近年、大手医療機器メーカーからスタートアップ企業まで、さまざまな企業から、安価な小型超音波画像装置が開発・市販され、災害地や救急現場、訪問医療など、超音波画像装置の用途が広がっている。このような安価な小型超音波画像装置の登場により、介護、リハビリ、健康増進、美容、スポーツなど非医療分野におけるニーズも非常に高まっている。

超音波画像装置の期待されるニーズとして、大きな社会問題の 1 つである生活習慣病への用途を例に挙げる。生活習慣病のリスク因子の 1 つは内臓脂肪型肥満である。健康診断では、内臓型脂肪肥満のスクリーニングとして腹囲が用いられているが、約半数の内臓脂肪型肥満が見落とされているという研究報告もある。内臓脂肪量の正確な計測には **Computed Tomography** の撮影が必要であるが、超音波画像装置による内臓脂肪厚の計測によっても内臓脂肪量を推定できるという研究報告がある。すなわち、超音波画像装置によって内臓脂肪厚を日常的に計測できれば、生活習慣病の予防に大きく貢献できる可能性がある。

しかしながら、超音波画像装置を使用するには、豊富な専門知識と経験が必要であり、非医療従事者が超音波画像装置を扱うのは容易ではなく、このことが用途拡大の大きな妨げとなっているのが現状である。

### 2. 研究の目的

上記の背景のもと、本研究は、体重計や温度計のように「誰でも容易に超音波画像装置を扱えるようにする」ことを目指す。

非医療従事者にとり、超音波画像装置を扱うことが難しい原因は 2 つある。1 つは、超音波プローブ（以下、プローブと記す）を計測対象位置に正しく当てることができないこと、もう 1 つは、取得した画像の見方がわからないことである。そこで、当該研究では、これら 2 つの課題を解決することを目的とし、基本的な用途である皮下脂肪厚および筋肉厚の計測に取り組むことにする。

### 3. 研究の方法

上述の 2 つの課題、すなわち、プローブを計測対象位置に正しく当てることができないこと（画像取得の問題）、取得した画像の見方がわからないこと（画像読み取り問題）について下記のように解決する方法を提案する。

#### （1）画像取得の問題

赤外線カメラで体表を撮影すると、図 1 のように静脈を容易に観察することができる。当該研究では、このことを利用し、図 2 のように、プローブに赤外線カメラを取り付け、体表の静脈形状などを利用して計測対象位置に超音波プローブを誘導する方法を提案する。あらかじめ熟練者によりプローブが当てられた際の計測対象位置を赤外線カメラで撮影しておき、その赤外線画像と、実際にプローブに当てたときに撮影された赤外線カメラの画像を、体表の静脈形状などの特徴を利用して、位置合わせすることにより、撮影した現在の位置の赤外線画像中に計測対象位置を提示することで誘導を行う。

また、十分にゼリーを塗布した体表に密着させてプローブを正しく当てる必要がある。そこで、あらかじめ正しくプローブを当てて撮影された超音波画像と正しくプローブを当てずに撮影された超音波画像を用意し、AI (Artificial Intelligence) により、プローブを正しく当てられているかどうかを判別する方法を提案する。



図 1 赤外線カメラにより撮影された上腕前部

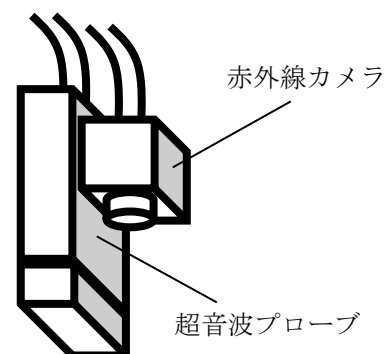


図 2 赤外線カメラを取り付けたプローブ

## (2) 画像読取の問題

非医療分野におけるさまざまな用途への応用が考えられ、その用途により観察したいものは異なるが、上述のとおり、当該研究では基本的な用途である皮下脂肪厚および筋肉厚の計測に取り組む。はじめに、図3のように、超音波画像中の皮下脂肪と骨をAIにより分類する。分類結果をもとに、骨の頂点位置における皮下脂肪厚および筋肉厚を計測する方法を提案する。

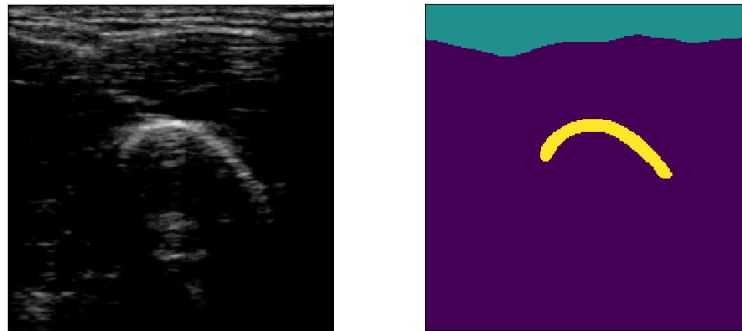


図3 AIによる画像分類のイメージ

(左：元画像、右：分類結果(青緑：皮下脂肪、黄：骨))

## 4. 研究成果

### (1) 画像取得の問題

プローブの誘導における提案手法の検証として、1名の被験者の大腿後部を対象に実験を行った。あらかじめ計測対象位置にプローブが当てられた際に赤外線カメラで撮影した画像と、実際にプローブを当てたときに撮影された赤外線画像を、SIFT (Scale Invariant Feature Transform) とよばれる、画像の回転とスケール不変の特徴量を用いてマッチングを行い、その結果をもとに、実際にプローブを当てたときに撮影された赤外線画像中に計測対象位置を提示した。実験の結果、感度 87.6%、適合率 88.3%と精度よく計測対象位置を提示することができた。また、プローブを恣意的に左右 45 度程度ずつ回転させた場合でも、感度 82.5%、適合率 91.6%で計測対象位置を提示することができ、プローブの回転にも頑健であることがわかった。

また、プローブが体表に正しく当てられているかどうかの判別における提案手法の検証として、実際に被験者 18 名に対して、上腕前部を対象に実験を行った。用いた AI は、深層学習の VGG (Visual Geometry Group) 16 という画像判別において代表的な畳み込みニューラルネットワークである。畳み込みニューラルネットワークは、近年、画像分類などで著しい成果を上げている AI である。1名の被験者につき 400 枚程度の超音波画像を撮影し、最終的に、正しく当てられた超音波画像 3,523 枚、正しく当てられていない超音波画像を 3,374 枚用意した。これらの画像を AI に学習させた結果、90.13%と高い精度でプローブが正しく当てられているかどうかを判別することができた。

本実験では、超音波画像を 1 名につき 400 枚も用いるが、ほとんどは同じような画像であるため、何枚あれば学習に十分なのであるかについても検討を行った。その結果、1 人につき 10 枚程度の超音波画像を用いれば、400 枚の画像を用いたときと同等の精度で判別できることがわかった。

### (2) 画像読取の問題

画像読取における皮下脂肪厚および筋肉厚の計測における提案手法の検証として、実際に被験者 11 名に対し、上腕前部を対象に実験を行った。はじめに、超音波画像中の皮下脂肪と骨を AI により分類する。用いた AI は、深層学習の U-net という画像分類において代表的な畳み込みニューラルネットワークである。IoU (Intersection of Union) という分類結果を評価する指標において、皮下脂肪で 68.3%、骨で 89.7%と、おおそ精よく分類できることがわかった。

その後、分類結果における骨の頂点部分を検出し、その上部の皮下脂肪部位とその他部位（筋肉部位）のピクセル数をカウントすることによって、脂肪厚と筋肉厚を算出した結果、目視により計測した場合と比較して、脂肪厚を 0.05 cm、筋肉厚を 0.03 cm の誤差であり、提案手法により、目視と同程度の精度で計測できることを確認した。

以上の成果により、非医療従事者にとり、超音波画像装置を扱うことを難しくする 2 つの原因、すなわち、「画像取得の問題」と「画像読取の問題」を解決するための提案手法の妥当性と有効性の一端が確認できた。当該研究は「誰でも容易に超音波画像装置を扱えるようにする」ことを目指しているが、介護、リハビリ、健康増進、美容、スポーツなどへの超音波画像装置の用途が広がり、政府の掲げる「健康・医療戦略」における健康長寿社会の実現に大きく貢献する。また、医療分野においても、医師が慢性的に不足している過疎地域や開発途上国における深刻な医療問題の解決の大きな一助となり、SDGs の「3. すべての人に健康と福祉を」に大きく貢献できる発展性がある。

5．主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

|                                                 |
|-------------------------------------------------|
| 1．発表者名<br>佐藤圭、篠原寿広、中迫昇                          |
| 2．発表標題<br>赤外線カメラを用いたヘルスケア用超音波画像装置のプロープ位置決めの初期検討 |
| 3．学会等名<br>第39回センシングフォーラム                        |
| 4．発表年<br>2022年                                  |

|                                  |
|----------------------------------|
| 1．発表者名<br>鳥山晴来、篠原寿広、中迫昇          |
| 2．発表標題<br>深層学習を用いた超音波画像の体組織分類の検討 |
| 3．学会等名<br>第39回センシングフォーラム         |
| 4．発表年<br>2022年                   |

|                                                           |
|-----------------------------------------------------------|
| 1．発表者名<br>鳥山晴来、篠原寿広、中迫昇                                   |
| 2．発表標題<br>赤外線カメラを用いた非医療用超音波画像装置のプロープ操作支援のための赤外線カメラ撮影方法の検討 |
| 3．学会等名<br>2023年電子情報通信学会総合大会                               |
| 4．発表年<br>2023年                                            |

|                                                          |
|----------------------------------------------------------|
| 1．発表者名<br>鳥山晴来、篠原寿広、中迫昇                                  |
| 2．発表標題<br>機械学習による超音波画像装置のプロープの当て方の良否判別のための学習画像枚数と選択方法の検討 |
| 3．学会等名<br>2022年電子情報通信学会総合大会                              |
| 4．発表年<br>2022年                                           |

|                                                        |
|--------------------------------------------------------|
| 1．発表者名<br>鳥山晴来、篠原寿広、中迫昇                                |
| 2．発表標題<br>赤外線カメラを用いた特徴点マッチングによるヘルスケア用超音波画像装置のプロープの位置決め |
| 3．学会等名<br>第40回センシングフォーラム                               |
| 4．発表年<br>2023年                                         |

|                                           |
|-------------------------------------------|
| 1．発表者名<br>篠原寿広、鳥山晴来、中迫昇                   |
| 2．発表標題<br>上腕前部の超音波画像における皮下脂肪厚と筋肉厚の自動計測の検討 |
| 3．学会等名<br>2024年電子情報通信学会総合大会               |
| 4．発表年<br>2024年                            |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

|        |                           |                       |    |
|--------|---------------------------|-----------------------|----|
| 6．研究組織 | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号) | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号) | 備考 |
|--------|---------------------------|-----------------------|----|

7．科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8．本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

|         |         |
|---------|---------|
| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|