

複数の身体部位別画像を用いた体重推定システムの提案

Proposal of Weight Estimation System Using Multiple Body Part Images

田中 希和[†] 吉野 孝[†] 横山 剛志^{††} 永坂 和子^{†††}

Kiwa Tanaka Takashi Yoshino Tsuyoshi Yokoyama Kazuko Nagasaka

1. はじめに

2019 年度版高齢社会白書 [1] によると、日本の高齢化率は 28.1 % となった。また、介護保険制度における要介護又は要支援の認定を受けた人の数は、2000 年から 2017 年の間に 2 倍以上に増加している [2]。患者の栄養評価を行う際に体重測定は必須であるが、要介護度の高い患者など、自力では起立困難な患者の体重計測には困難が伴う。起立困難な患者の体重を把握するため、ベッド式体重計や車椅子用体重計を用いる方法があるが、患者と測定を行う医療従事者の負担が大きい。これは、寝たきり状態が長期間続いた患者の筋骨格系・循環器系等の身体機能が低下し、体重計へと移乗する際の身体的負担から、意識障害を引き起こすなどのリスクがあるためである。患者をベッド式体重計や車椅子用体重計へ移乗する際、臥位から座位へと体位変換を行うと、起座時に脳への血液循環が減少することによって立ちくらみや失神、さらには全身痙攣を起こす症状であり、起立性低血圧と呼ばれる。このように、起立困難な患者に対する体重計測時の負担は大きい。また、医療従事者の観点からも、体重計へ患者を移乗するために複数の人手を要するだけでなく、ベッド式体重計は非常に高価であるため導入コストがかかる。起立困難者の体重計測は患者・医療従事者にとって負担が大きい。

そこで我々は、体重計測の際、患者の体位変換、移乗時に生じる患者の負担、特に循環器系に及ぼす負担を軽減するため、画像による体重推定を行うシステムを開発した [3]。従来システムでは、ベッドが画像内に収まるように撮影した画像を用いて体重推定を行っていた。仰臥位患者の正面の全身画像を撮影するため、システム利用者は一定の高さから撮影を行う必要があり、利用者の負担が大きいという問題があった。このため、本稿では利用者の負担を軽減した、より撮影を行いやすい、身体部位ごとに撮影した画像による体重推定システムを提案する。本稿では、本システムの身体部位長の計測方法と、新たに提案する体重推定式について述べる。

2. 関連研究

RGB-D 身体画像や 2D の画像を用いて、体重またはボディマスインデックス (BMI) を推定するいくつかの研究がある。Pfitzner[4] らは、仰臥位、立位、歩行状態という異なるポーズに対して RGB-D カメラを用いて体重推定を行った。Jiang[5] らは、人体画像の視覚的外観から体重推定の実現可能性を調査することを目的として、人々の日常生活

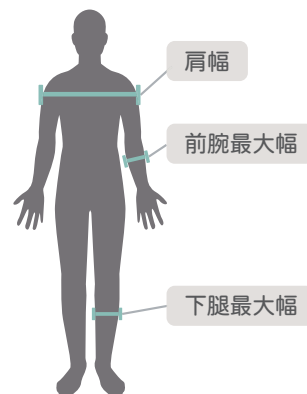


図 1: 利用する身体部位

の画像から自動で BMI を予測する手法を提案した。

これまで 2D または 3D の全身画像を用いた体重推定手法の検討が行われてきたが、身体画像ではなく、顔画像を用いて体重または BMI を予測する研究もある。Wen[6] らは、顔の特徴と BMI の間の相関関係を分析し、顔画像からの BMI 予測を行う方法を初めて提案した。Dantcheva[7] らは、単一の顔の正面画像から ResNet アーキテクチャに基づく回帰法を提案することにより、身長、体重、BMI を予測した。

このように、深度情報を持つ画像や 2D 画像を用いて体重推定を行う研究は多数ある。Kinect カメラを用いる手法では、患者の全身を撮影するため天井にカメラを固定する必要があり、日常的な利用がしづらいという問題がある。日常生活の画像から体重推定を行う研究では、肥満を未然に防ぐヘルスケアモニタリングを目的としている点が本研究とは異なる。また、体重推定に使用する画像が全身が映っていない、人体部分が一部欠けた画像においても体重推定ができるという、画像に関する拘束条件が少ない利点があるが、臨床応用においては推定精度が不十分であるという問題がある。

3. 身体部位別画像を用いた体重推定システム

3.1 概要

我々は、起立困難な患者の体重を計測する際、患者の体位変換、移乗時に生じる負担を軽減することを目的として、画像を用いた簡便な体重推定システムを開発してきた [3]。本稿では、身体部位ごとに撮影した画像を用いて体重推定を行う方法について述べる。撮影を行う部位は、肩幅・下腿最大幅・前腕最大幅である。本システムでは、各部位の撮影時に以下の 2 つの条件を設けた。

[†] 和歌山大学システム工学部, Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

^{††} 国立長寿医療研究センター看護部, Department of Nursing, National Center for Geriatrics and Gerontology

^{†††} 岐阜保健大学看護学部, Faculty of Nursing, Gifu University of Health Science

表 1: 周囲長を用いた体重推定式

体重推定式	
男性式 (1)[3]	体重 (kg) = (1.65 × 下腿周囲長 (cm)) + (0.51 × 腹囲 (cm)) + (0.72 × 上腕周囲長 (cm)) -54.54
女性式 (1)[8]	体重 (kg) = (1.06 × 下腿周囲長 (cm)) + (0.38 × 腹囲 (cm)) + (0.60 × 脛骨長 (cm)) + (0.80 × 上腕周囲長 (cm)) -51.77

表 2: 本稿で提案する体重推定式

体重推定式	
男性式 (2)	体重 (kg) = (0.1857 × 肩幅 (mm)) + (0.3038 × 下腿最大幅 (mm)) + (0.3771 × 前腕最大幅 (mm)) -90.598
女性式 (2)	体重 (kg) = (0.1656 × 肩幅 (mm)) + (0.1701 × 下腿最大幅 (mm)) + (0.3540 × 前腕最大幅 (mm)) -62.487

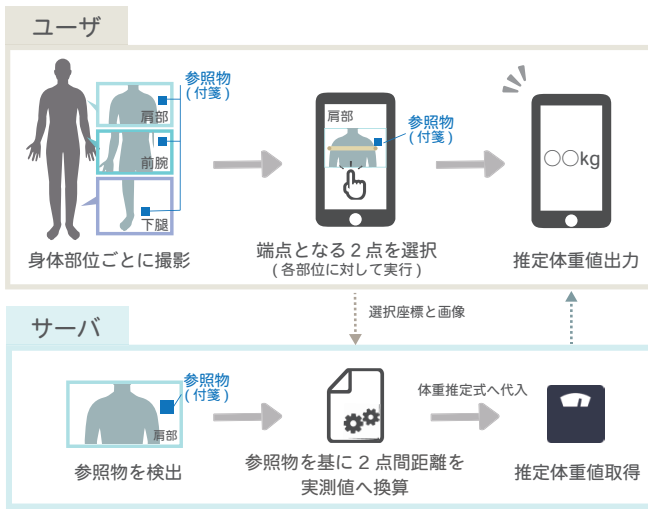


図 2: システムの構成図

- (1) 基準となる参照物 (今回は暫定的に 7.5cm 角の正方形の付箋を参照物と仮定する) を画像内に収まるように撮影する。
- (2) 衣服による測定誤差を小さくするため衣服を整える。

3.2 従来の体重推定手法

3.2.1 実測値を用いた体重推定手法

巻尺やインサーテープなどを用いて、患者の身体部位を実測し、回帰式へと計測値を適用することで体重推定を行う研究がある [8][9]。既存の提案されている体重推定式では、体重との相関係数が高い計測部位で、計測を行いやすいという理由から、上腕や下腿部における周囲長を含む式が一般的である。表 1 に既存の体重推定式の一列を示す。男性式 (1)[3] は、我々が、河内らの人体寸法データベース [10] における、青年群データ (18 歳以上 30 歳未満) の男性 216 名のデータを用いて作成した男性体重推定式である。木村ら [8] が提案している女性式 (1) は、女子大学生 200 名 (18 歳から 24 歳) の身体データより作成された女性体重推定式である。先行研究 [3] では、大学生男女 20 名の体重推定を行い、Chumlea らの式 [9] など高齢者データを基に作成された体重推定式と比較した結果、男女それぞれ、表 1 の若年者データを用いて作成された推定式が最も推定誤差

表 3: 各身体部位の計測定義

身体部位	定義
肩幅	三角筋部の輪郭が最も外側に突出した位置において、矢状面に対して垂直に測った身体の最大横径
下腿最大幅	足軸を含む垂直面に対して垂直に測った下腿最大囲の高さ (前方から見て下腿輪郭の幅が最も広い高さ) における下腿の水平横径
前腕最大幅	掌面に平行に測った前腕の最大横径。前腕の長軸に直行するように測る

が小さい結果となった。

3.2.2 従来の提案手法

従来システムでは、上腕周囲長や腹囲などといった周囲長を含む式を利用して、体重推定を行ってきた [3]。周囲長の値が必要となるため、2D 画像から取得可能な身体部位の幅径を用いて周囲長を推定し、さらに推定値である周囲長を用いて体重推定を行うという手順である。この手法では、体重推定式の推定精度とは別に、幅径から周囲長を求める際に誤差が生じている。また、ユーザの目視による計測誤差の問題として、従来の体重推定式に用いられていた腹囲は、衣服によって測定位置を認識しづらいという問題があった。このため、我々は周囲長を含まない、身体部位長のみを使用した新たな体重推定式を提案する。次節で新たな体重推定式の作成方法と、使用する身体部位について詳述する。

3.3 体重推定式

表 2 に、男女ごとに作成した新たな体重推定式を示す。本式は、河内らの人体寸法データベース [10] より、青年群のデータ (18 歳以上 30 歳未満) の、男性 210 名、女性 191 名のデータを使用して作成した。本システムで用いる身体部位は、男女ともに、肩幅・下腿最大幅・前腕最大幅であり、利用者の撮影時の負担を考慮し、撮影する枚数を減らすため、利用する部位を三つの部位に限定した。本式に利用する部位を図 1 に示す。図 1 の身体部位は、体重との相関係数が高い身体部位のうち、視覚的特徴が認識しやすい、各部位における最大幅径と定義されている部位である。

表 4: 既存の体重推定式との比較

各体重推定式の推定精度評価					
推定式	平均 (kg)	標準偏差 (kg)	誤差の範囲 (kg)	± 1kg 以内 (%)	± 2kg 以内 (%)
男性式 (1)	+0.22	+3.0	-10.3~+8.2	25.1	53.0
本稿で提案する男性式 (2)	+0.02	+3.3	-7.9~+8.0	24.2	45.6
女性式 (1)	+0.39	+2.4	-8.9~+7.2	29.9	60.9
本稿で提案する女性式 (2)	-0.02	+2.4	-7.4~+5.4	26.9	58.4

男性式 (1): 周囲長を用いた男性式 [3]

本稿で提案する男性式 (2): 幅径のみを用いた式

女性式 (1): 周囲長を含む木村らの式 [8]

本稿で提案する女性式 (2): 幅径のみを用いた式

各部位の測定の定義を表 3 に示す。これは、河内らの人体寸法データベース [10] によるものである。体重推定を行う本式は線形回帰を利用し、3 変数を用いた重回帰式である。表 2 の我々が作成した男性式の推定精度は、平均絶対誤差 (MAE) は 2.58kg、女性式の MAE は 1.90kg であった。一般的に女性は男性よりも軽量であるため、女性式の誤差が小さい結果となった。

3.4 体重推定式の比較

表 1 に示した、周囲長を説明変数とする既存の体重推定式と、表 2 に示した幅径のみを説明変数とする、本稿で新たに提案する体重推定式について比較を行った。

表 4 に 5 つの評価指標による比較結果を示す。各式の評価に用いられたデータは、男性式は、河内らの人体寸法データベース [10] における青年群の男性 215 名のデータであり、女性式は、同データベースにおける青年群の女性 197 名のデータである。女性式の評価を行う際、木村らの式で用いられている脛骨長は、同データベースにおける下腿長を脛骨長として扱った。各式の体重推定値から実測体重値を差し引いた値を誤差とする。本稿では、誤差の平均、標準偏差、誤差範囲、誤差が ± 1kg 以内であった割合、誤差が ± 2kg 以内であった割合を用いて評価を行った。誤差が ± 1kg 以内であった割合を評価指標とした理由は、誤差が ± 1kg 以内となる可能性が高ければ、医療の現場においても有用となる可能性があるためである。本稿では、参考のため誤差 ± 2kg 以内であった割合も評価指標としている。

男性式について、幅径を用いた本稿で提案する式は周囲長を用いた式に比べ、標準偏差、± 2kg 以内に関して推定精度が劣るが、± 1kg 以内の誤差は周囲長を用いた式に近い精度である。写真などの幅径から周囲長を推定する際に生じる誤差を考慮すると、幅径のみを用いた式は有用であると考えられる。

また、女性式については幅径のみを用いた本稿で提案する式は、標準偏差、誤差範囲、± 2kg 以内に関して、木村らの式と同程度の精度があった。よって、本稿で提案する式は画像を用いた体重推定システムの精度向上に寄与すると考えられる。

3.5 システム構成図

図 2 にシステムの構成図を示す。本システムは、スマートフォンで撮影した画像を用いて体重推定を行う、Web ベースのシステムである。まず、利用者は体重推定を行う対象

者の性別をシステムに入力する。次に、肩幅・下腿最大幅・前腕最大幅の順で身体部位ごとに撮影を行う。撮影時には、身近にある物の例として、7.5cm 角の正方形の付箋束を画像内に収まるように配置する。各画像をサーバ上にアップロードし、スマートフォンのブラウザ画面上に各部位画像を順番に表示する。表示された画像上の身体部位長の端点だと考えられる 2 点を選択する。このとき、選択された 2 点は身体部位の最大幅径である。このように、肩部・下腿・前腕に対して身体部位長の端点を選択する作業を行う。各部位画像で選択した 2 点の座標と配置した参照物のサイズを基に身体部位長を計測し、体重推定式へと代入後、スマートフォンの画面上に推定値を出力する。

3.6 身体部位の測定・体重推定機能

本節では、患者を撮影した画像より、身体部位を測定し、体重推定を行う機能について述べる。

(1) 各身体部位長における端点の選択

利用者がサーバ上にアップロードした、肩部・下腿・前腕の各画像上の 2 点を選択する。このとき、計測を行う各部位の端点となるように 2 点を選択し、この 2 点を結ぶ線分を各身体部位長として描画する。

(2) 参照物の検出

今回、暫定的に参照物を付箋と仮定した場合について述べる。定められた色の付箋を配置し、色情報を基に付箋の輪郭検出を行う。検出した矩形を参照物 (付箋) と考え、画像上のピクセル幅と参照物のサイズとの比率から、(1) で描画した線分 (各身体部位長) の長さを求める。参照物のサイズは事前に計測しているものとする。

(3) 体重推定値の出力

事前にシステムに入力した対象者の性別に応じて、表 2 の式を適用することで、体重を推定し、画面上に出力する。

4. おわりに

本研究では、起立困難な患者の体重計測時の負担軽減を目的とした、画像による体重推定システムの精度向上を目指している。本稿では、従来システムの撮影時の負担を軽減するため、身体部位毎に撮影した画像より体重推定を行うシステムを提案した。また、既存の体重推定式では各部位の周囲長を用いる式が多いため、周囲長を用いない新たな

な推定式を作成した。今後は、作成した式の推定精度や、本システムの計測精度を評価する実験を行う。

参考文献

- [1] 内閣府：令和元年版高齢社会白書（全体版），
https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2019/html/gaiyou/s1_1.html (参照 2020 年 7 月 10 日).
- [2] 厚生労働省：要介護度別認定者数の推移，
<https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/special/reform/wg1/301030/shiryou3-2-2.pdf>
(参照 2020 年 7 月 8 日).
- [3] 田中希和，吉野孝，横山剛志，永坂和子：起立困難な患者を対象とする画像を用いた体重推定手法の改善，
情報処理学会，研究報告アクセシビリティ，Vol. 2020-AAC-12，pp. 1–6 (2020) .
- [4] C. Pfitzner, S. May and A. Nuchter : Body weight estimation for dose-finding and health monitoring of lying, standing and walking patients based on rgb-d data, *Sensors (Basel, Switzerland)*, Vol. 18, No. 5 (2018) .
- [5] Min Jiang and Guodong Guo : Body weight analysis from human body images, *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, Vol. 14, No. 14, pp. 2676–2688 (2019) .
- [6] L. Wen and G. Guo : A computational approach to body mass index prediction from face images, *Image and Vision Computing*, Vol. 31, No. 5, pp. 392–400 (2013) .
- [7] A. Dantcheva, F. Bremond and P. Bilinski: Show me your face and I will tell you your height, weight and body mass index, in *International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*, pp. 3555–3560 (2018) .
- [8] 木村優里，正木恭介，鎌田由香：起立困難者に用いられる体重推定式の妥当性の検証と新たな体重推定式の開発の試み，*生活環境科学研究所研究報告*，Vol. 50, pp. 31–40 (2018) .
- [9] Cameron Chumlea, Shumei Guo, Alex F. Roche, et al.: Prediction of body weight for the nonambulatory elderly from anthropometry, *Journal of the American Dietetic Association*, Vol. 88, No. 3, pp. 564–568 (1988) .
- [10] 河内まき子，持丸正明：2005 AIST 人体寸法データベース，産業技術総合研究所 H16PRO 287.