

身体の3Dモデルを利用した体重推定手法

Weight estimation method using 3D models of the body

小松大倭¹
Yamato Komatsu

吉野孝¹
Takashi Yoshino

和歌山大学¹
Wakayama University

1 はじめに

内閣府によると、令和6年時点における65歳以上の人口は3,600万人を超えており、これは日本の総人口のおよそ30%に相当する¹⁾。

また、65歳以上の要介護、要支援認定者数は約710万人にのぼる²⁾。これは、65歳以上のおよそ5人に1人が何らかの支援を必要としている状況であるが、厚生労働省の介護職員の必要数について試算³⁾を見ると、どの都道府県も介護職員の数は不足しており、介護職員一人ひとりへの業務負担は深刻で、人材の確保も困難な課題となっている。

要支援、要介護者の健康管理において、体重の変化は重要な指標の一つである。特に起立困難者の体重計測には大型の計測装置が必要となるが、これらの装置は高価であるため、医療、介護現場への導入が容易ではない。

令和4年度における全国の介護保険サービス事業所における介護福祉機器の導入状況⁴⁾をみると、「車いす体重計」⁵⁾の導入率は全体で30.5%にとどまっている。特に訪問系サービス事業所では10.3%、居宅介護支援事業所では1.7%と、導入率はさらに低い¹⁾。起立困難者を装置に移動させる作業は、介護職員に腰痛を引き起こす危険性があり、この腰痛は退職理由の一つとなっている⁶⁾。さらに、この作業は患者の身体にも負担を与える作業である。

以上の背景を踏まえ、我々は、画像やARを用いて身体各部位を計測し、体重推定式に当てはめることで体重を推定する手法に取り組んできた[1, 2]。本研究では、体重などの情報が付与された3次元身体モデルをあらかじめ用意し、これを患者の身体寸法に基づいて調整することで、患者の身体を仮想的に再現する。さらに、元の3Dモデルと調整後のモデルとの体積差に着目することで、患者の体重を推定する新たな手法を提案する。

2 関連研究

特別な装置を用いずに体重を推定する方法として、木村らは、メジャーで計測可能な身体部位を用いた体重推定式を開発し、その精度を既存の推定式と比較検討した[3]。体位変換が困難な患者にも適用可能となるよう、計

測しやすい部位を選定することで、実用性の高い推定式の構築を試みた。その結果、被験者200名中の69.0%において、推定体重と実測値の誤差が±2kg以内に収まった。

一方、スマートフォンを用いて体重を推定する手法も報告されている。田中らは、起立困難な患者を対象に、カメラで取得した身体画像から得られる各部位の長さを体重推定式に適用することで、体重を推定する手法を提案した[1]。作成された体重推定式を用いた実験では、誤差が±2kg以内に収まった割合は、男性で40%、女性で20%であった。また、角倉らは、AR技術を用いて現実空間上の座標を取得し、各身体部位を計測したうえで推定式に適用することにより、体重を推定する手法を開発している[2]。

さらに、Thakkarらは、1枚の画像から三次元ポーズ推定技術を用いて人物の身長および体積から体重を推定する手法の実現可能性を検証した[4]。Thakkarらの手法は、特別な参照物や撮影条件に依存しない計測を目指しており、SMPLify-X⁷⁾を用いて画像から骨格のキーポイント位置を抽出し、それに適合する三次元モデルを生成することで、身長および体積を推定している。身長推定では、理想的な条件下での誤差が0.5%と高い精度が得られたのに対し、体積推定の誤差は20.6%と大きく、外観上の体格を考慮せず骨格情報のみに基づく体積推定には限界があり、この手法を用いた体重の推定精度は十分とは言えないと述べている。

以上の先行研究から、体重推定は精度のさらなる向上が必要である。本研究では、「体積」に着目し、3Dモデルを用いた新たな体重推定手法を検討する。あらかじめ用意された3Dモデルを基準とし、実測された寸法に基づいて形状を変形させることで、より個々の体型を反映させ、推定精度の向上を図る。

3 提案システム

3.1 システムの概要

本研究では、あらかじめ体重および各身体部位の計測結果が既知である3D人体モデルデータを用いて、体重推定対象者の身体部位のサイズに応じて当該モデルを変形させることで体重を推定するシステムを提案する。本システムは、高齢者や身体的障害により起立が困難な者に対して、特別な装置を用いることなく、高精度な体重推定を実現することを目指す。

3.2 利用データ

河内らの人体寸法データベース⁸⁾より、20-30歳の男性49名、20-35歳の女性48名、合計97名の全身の3Dモデルと各部位の寸法データ(男性87項目、女性91項目)を用いた。各部位の寸法データについては、木村らの体重推定式[3]で用いられていた計測位置を参考に、

⁷⁾ SMPLify-X: <https://smpl-x.is.tue.mpg.de/>

⁸⁾ 河内まき子, 持丸正明, 2006: AIST/HQL人体寸法, 形状データベース2003, 産業技術総合研究所 H18PRO-503.

¹⁾ 令和6年版高齢社会白書 第1章 高齢化の状況(第1節1): https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2024/html/zenbun/s1_1_1.html.

²⁾ 介護保険事業状況報告(暫定): <https://www.mhlw.go.jp/topics/kaigo/osirase/jigyom24/2412.html>

³⁾ 第9期介護保険事業計画に基づく介護職員の必要数について: https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_41379.html

⁴⁾ 令和6年版高齢社会白書 第1章 高齢化の状況(第2節5): https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2024/html/zenbun/s1_2_5.html

⁵⁾ ベッド型の体重計のデータを用いるのが望ましいが、令和6年版高齢社会白書内にはベッド型体重計の記載がないため車いす体重計のデータを参照した。

⁶⁾ 介護職員の約半数「腰痛」原因で離職を検討: <https://prt-times.jp/main/html/rd/p/000000005.000033045.html>

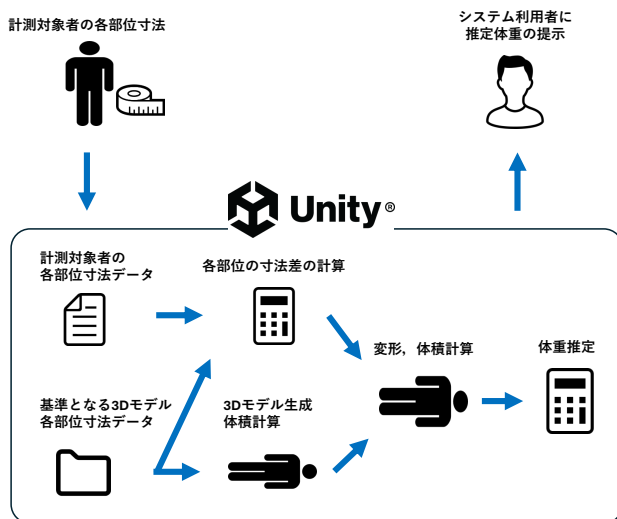


図 1: システム構成図

男女いずれにも適用可能であり、身体各部の主要な関節位置および筋肉量の影響を受ける部位の幅径、厚径を表す 25 項目に絞って使用した。

3.3 システム構成

図 1 に、本研究で開発した体重推定システムの全体構成を示す。システムの開発には Unity¹⁾ を用いた。Unity 上では、3D モデルの読み込み、変形、寸法データとの差分の計算、体積の算出、および体重推定までの一連の処理を実行する。以下に、システムの利用手順を示す

1. 基準モデルの選択

基準として使用するモデルの ID を指定する。これと同時に、システム内で ID と一致するモデルと寸法データの読み込みが行われる。

2. 計測値の入力

体重を推定する対象者の 25 項目の部位の計測結果をシステムに入力する。

3. 基準モデルの生成

読み込んだモデルを生成し、それと同時に生成したモデルと同サイズの格子状の直方体を生成する。このときに基準モデルの体積を記録しておく。

4. モデルの変形

対象者と基準モデルの寸法データの差分を用いて、基準モデルを変形させる。

5. 体重推定

基準モデルの体積と変形後の体積の変動を用いて体重を推定し、システム利用者に提示する。

3.4 モデル変形システム

3D モデルの変形処理には、Unity アセットである Lattice Modifier for Unity²⁾ を使用した。Lattice Modifier を利用することにより、図 2 のように身体モデルに合わせて生成した直方体の頂点を動かすことで、対応する 3D モデルを変形することが可能となる。

¹⁾ Unity: <https://unity.com/ja>

²⁾ Lattice Modifier for Unity:

<https://assetstore.unity.com/packages/tools/animation/lattice-modifier-for-unity-293850>

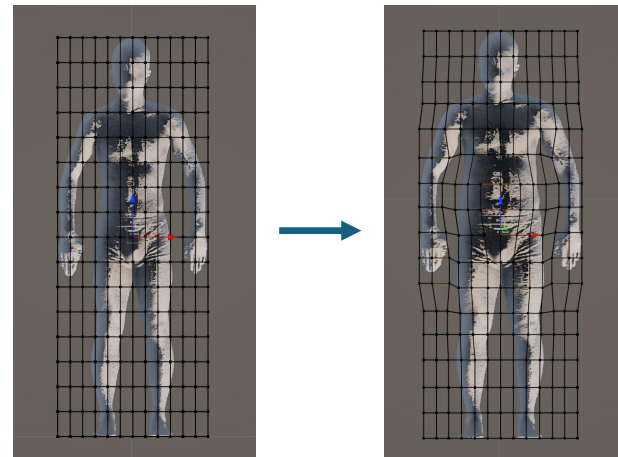


図 2: Lattice Modifier の使用例

Lattice Modifier for Unity には、図形 1 つあたりに作成できる頂点数に上限 (各 x, y, z 軸方向の分割を含めて 1024 個以下) が設けられている。

本システムでは、この制約内で 25 項目の身体部位を調整可能とするために、使用する格子の分割数を調整した。

3.5 体重推定

体重推定には、基準モデルの体重 W_0 、基準モデルの体積 V_0 、および変形後のモデル体積 V_1 を用い、次式により推定体重 \hat{W} を算出する。

$$\hat{W} = W_0 \times \frac{V_1}{V_0}$$

4 おわりに

本稿では、あらかじめ用意された基準 3D モデルを、患者の身体寸法に基づいて変形させ、その際の体積比から体重を推定する、3D 身体モデルと身体寸法データを用いた新たな体重推定手法を提案した。

本手法は、専用の装置を用いずに体重を高精度に推定できる可能性を有しており、非接触、低負担な計測を実現する一手法となることが期待される。今後は、推定精度の定量的な評価を行い、必要な計測項目の削減、および基準モデルの選定手法についてさらなる検討を進める。

参考文献

- [1] 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).
- [2] 角倉啓太, 吉野孝, 大平智紀: 起立困難な患者を対象とする AR を用いた簡便な体重推定手法の提案, 情報処理学会第 86 回全国大会講演論文, Vol.1, pp.559-560 (2024).
- [3] 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).
- [4] Thakkar, N., Farid, H.: On the Feasibility of 3D Model-Based Forensic Height and Weight Estimation, Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition 2021, pp.953-961 (2021).