

# 要素動作の特徴に基づく歩行機能の計測評価

晒野 舞<sup>†</sup> 小川賀代<sup>†</sup> 三枝 亮<sup>‡</sup>

<sup>†</sup> 日本女子大学 理学部

<sup>‡</sup> 神奈川工科大学 創造工学部

## 1 はじめに

日本社会の少子高齢化は急速に進行しており、高齢者の自立支援や健康寿命の延伸に加えて、健康寿命と平均寿命の差を短縮することが重要とされている [1]。要介護状態の前段階であるフレイルの予防対策として、歩行機能を維持することが大切である [2]。歩行機能が低下すると食欲も低下し、低栄養となって筋肉量が減少することで歩行機能を更に低下させる。このような連鎖を断つには歩行機能を定量的に計測評価する手段が必要である。理学療法の分野では歩行機能の評価方法として Timed Up & Go Test (以下、TUG Test と表す) が広く用いられている [3]。TUG Test では起立して歩行し着座するまでの所要時間を計測し、その時間の長さから歩行機能の評価する。しかしながら、TUG Test の計測方法では歩行動作に含まれる複数の要素動作の情報が評価に十分活かされていない。

本研究では TUG Test を自動計測して要素動作ごとの特徴を算出し、歩行機能の状態を計測評価する方法を提案する。本システムでは深度カメラ、測域センサ、座面センサを用いて歩行機能を計測し評価する。前研究では要素動作を区分化するアルゴリズムを提案した [4]。本研究では区分化された要素動作ごとに骨格検出を行い、重心軌跡や姿勢変動のパターンから歩行機能の評価を試みる。

## 2 歩行計測システム

本研究で提案する歩行計測システムは、同一の矢状面内に配置された測域センサと深度カメラを用いて計測対象者の歩行動作を計測する。測域センサでは水平面上の物体への距離を計測し、物体の 2 次元の位置座標を取得する。深度カメラでは RGB 画像と深度画像



図 1: 歩行計測システム (左) と歩行経路 (右)

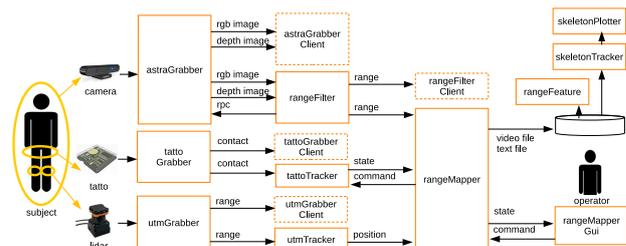


図 2: システム構成

を計測し、3次元点群の位置座標とテクスチャを取得する。測域センサの視野角は水平角 270[deg]、深度カメラの視野角は水平角 60.0[deg]、垂直角 49.5[deg]、深度の深度 0.60[m] ~ 8.0[m] であり、本システムの計測領域は後述の実験の計測領域を内包する。計測時に用いる椅子上には試作した座面センサを配置する。座面センサでは座面上の照度を計測し、起立と着座のタイミングを検出する。歩行計測システムと TUG Test の歩行経路を図 1に示す。

本システムでは計測開始時に合図してカルマンフィルタで計測対象者の位置の追跡を開始し、計測対象者の最近接部と最上部の位置座標に基づいて歩行動作を起立・往路・旋回・復路・着座の 5 つの要素動作に区分化する。次に要素動作ごとに骨格点を検出し、計測対象者の重心軌跡と動作中の姿勢角度を可視化する。歩行計測システムのシステム構成と表示画面をそれぞれ図 2と図 3に示す。

Measurement and evaluation of gait function based on features of elemental movements

Mai SARASHINO<sup>†</sup>, Kayo OGAWA<sup>†</sup>, Ryo SAEGUSA<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>Faculty of Science, Japan Women's University, 112-8681, Mejirodai 2-8-1, Bunkyo, Tokyo, Japan

<sup>‡</sup>Faculty of Creative Engineering, Kanagawa Institute of Technology, 243-0203, Shimoogino 1030, Atsugi, Japan  
m22016038@ug.jwu.ac.jp, kogawa@fc.jwu.ac.jp,  
ryo.saegusa@syblab.org

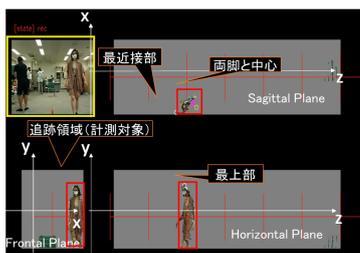


図 3: 歩行動作の表示画面

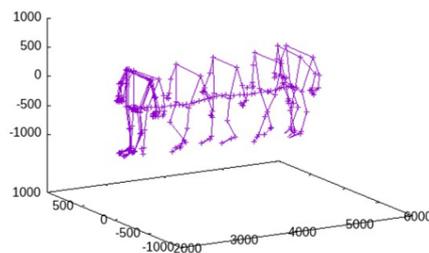


図 4: 往路歩行の 3 次元骨格と重心の推移

計測対象者の骨格は 3 次元テクスチャから検出される。3 次元テクスチャは深度カメラの RGB 画像と深度画像を統合して 3 次元直交座標に変換することで得られる 6 成分の画像データであり、画素  $(i, j)$  の成分を  $(x_{ij}, y_{ij}, z_{ij}, r_{ij}, g_{ij}, b_{ij})$  と定義する。ただし、 $(x_{ij}, y_{ij}, z_{ij})$  と  $(r_{ij}, g_{ij}, b_{ij})$  はそれぞれ、画素  $(i, j)$  にある像の 3 次元位置座標と RGB 輝度を表す。この画像データの RGB 輝度に関して、Google 社製の MediaPipe を用いて計測対象者の骨格点の画像上の位置  $(i, j)$  を検出し、その画像上の位置の成分値から骨格点の 3 次元空間の位置座標  $(x_{ij}, y_{ij}, z_{ij})$  を取得する。骨格点の位置座標は対応する骨格点番号をインデックスとするベクトルデータ  $\{(x_s, y_s, z_s)\}_{1, \dots, n}$  として表現される。取得される骨格点数は  $n = 33$  である。

計測対象者の重心位置は、骨格点に対応する身体部位の局所的な重量を重み係数とする骨格点の重心位置とし、次式により算出する。

$$\mathbf{x}_{cog} = \frac{\sum_{s=0}^n w_s \mathbf{x}_s}{\sum_{s=0}^n w_s} \quad (1)$$

ただし、 $w_s, \mathbf{x}_s$  は骨格点  $s$  の局所重量と位置座標を表す。計測対象者の姿勢角度は、計測対象者の両肩の骨格点の midpoint と骨盤の骨格点の midpoint を結んだ線分の鉛直方向に対する角度  $\theta$  とし、次式により算出する。

$$\theta = \cos^{-1} \left( \frac{\mathbf{h} \cdot \mathbf{g}}{\|\mathbf{h}\| \|\mathbf{g}\|} \right) \quad (2)$$

ただし、 $\mathbf{h}, \mathbf{g}$  はそれぞれ前述の線分と重力加速度のベクトルとする。算出された姿勢角度を用いて歩行動作時の前傾や後傾の程度を評価することができる。

### 3 実験

歩行計測システムの計測機能を検証するため、被験者に対する計測実験を行った。計測条件に関して、計測領域の水平、垂直、奥行きはそれぞれ 2.0[m], 2.0[m], 6[m] とした。また、TUG Test の旋回目印のコーンと起立

着座地点の椅子はそれぞれ歩行計測システムの正面の奥行き 2.0[m] と 5.5[m] の位置に配置し、往路と復路の経路長 3.0[m] を確保した。

実験は 20 代の健康な大学生 3 名 (男子 2 名, 女子 1 名) を被験者とし、各被験者について TUG Test を 2 回ずつ施行して計測データを採取した。実験後の動作解析では、採取した計測データから動作区分アルゴリズムにより計測対象者の往路動作を抽出し、3 次元骨格と重心位置を算出した。3 次元骨格と重心の推移を図 4 に示す。図に示されるように往路動作の骨格点と重心の軌跡が算出され、歩行状態を 3 次元空間で可視化できることが確認された。

### 4 まとめ

本研究では TUG Test における歩行動作に関して、歩行時の要素動作時の骨格と重心位置の可視化及び姿勢角度の検出方法を提案し、要素動作の特徴に基づいた歩行機能の計測評価を行った。要素動作ごとの骨格点の可視化と歩行特徴の定量化により、歩行動作全体の所要時間に出示しない歩行の癖など、これまで理学療法士が定性的に把握していた歩行特徴が記録可能になる。また、計測対象者も数値として歩行状況を容易に認識でき、フレイルの予防対策へと繋がっていくことが期待できる。今後は起立・旋回・着座の要素動作に関する歩行特徴を医療従事者と協力して定義し、手術前後のリハビリ評価への応用を検討する予定である。

### 参考文献

- [1] 国立社会保障 人口問題研究所, 日本の将来推計人口 (平成 29 年推計), pp.3.
- [2] 内閣府, 平成 30 年版高齢社会白書 (全体版) 第 1 章 齢化の状況, 第 2 節 高齢期の暮らしの動向 2. 健康福祉 (2)65 歳以上の者の介護。
- [3] 一般社団法人 日本運動器科学会。
- [4] 弦間 美咲, 小川 賀代, 三枝 亮, 動作区分に基づく歩行計測と転倒リスクの評価, 情報処理学会第 84 回全国大会講演論文集, 松山, 5ZM-09, 3 月 03 日-05 日, 2022.