

# 動作区分に基づく歩行計測と転倒リスクの評価

弦間 美咲<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

現在日本では少子高齢化社会が急速に進んでおり、40年後には65歳以上の人口が全体の35%を占める見込みである[1]。このような状況において高齢者の要介護状態の予防は、高齢者の自立支援において重要な意味を持つ。高齢者が要介護状態となる原因として、転倒が挙げられる[2]。歩行機能の評価により転倒や骨折の危険性を早期に発見できれば、要支援や要介護の予防につながる。臨床現場向けの歩行計測法として、Timed Up & Go Test (TUG) が知られている。TUGは日常生活機能との関連性が高いことが証明されており、高齢者の身体機能評価としても用いられている[3]。一般的なTUGでは開始から終了までの所要時間が一定以上である場合に転倒リスクが高いと推定される。

本研究では、TUGの計測評価を自動化することを目的とし、歩行動作を要素動作に区分化して分析する方法を提案する。歩行計測システムは深度カメラと測域センサにより構成され、自動的な歩行計測と要素動作への区分化が可能である。動作区分ごとの所要時間や歩数、歩幅などの特徴量を用いることで、転倒リスクの有無や苦手動作を評価する。

## 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を図1(左)に示す。本システムは測域センサと深度カメラを同一の矢状面内に備え、歩行者の歩行パターンを計測する。測域センサは水平面内の物体までの距離を270[deg]の視野角で計測する。計測値はネットワークを介して計算機に伝送され、物体の2次元位置座標が取得される。深度カメラはRGB画像と深度画像を最大深度8[m]で計測し、3次元点群の位置座標とテクスチャが取得される。

本システムは人物が所定の領域に立つことを合図と

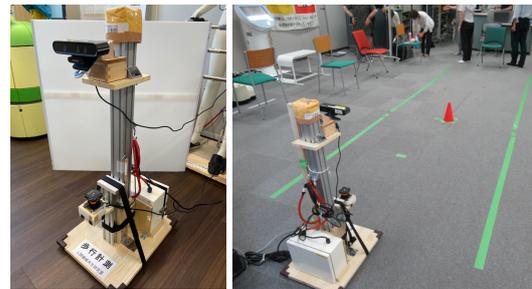


図 1: 歩行計測システム (左) と TUG の歩行経路 (右)

表 1: 動作区分毎の所要時間

| 種類 | 群 (No)   | 起立    | 往路    | 旋回    | 復路    | 着座    |
|----|----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 平均 | A (2070) | 0.945 | 1.85  | 1.38  | 2.33  | 2.37  |
| 偏差 | A (2070) | 0.150 | 0.692 | 0.389 | 0.945 | 0.789 |
| 平均 | B (2001) | 0.949 | 1.86  | 1.42  | 2.21  | 2.50  |
| 偏差 | B (2001) | 0.165 | 0.251 | 0.186 | 0.640 | 1.01  |

して両足を独立して認識する。歩行パターンの計測においては、連続するフレーム間での位置関係から両脚を連続的に追跡する。計測対象者が測域センサに対して横向きになった際に一方の脚が隠れてしまうことがあるが、計測システムが補完することで両脚の追跡が維持される。着地のタイミングは追跡中の両脚の速度情報から検出する。図2にシステム構成を示す。

計測項目として、測域センサの情報から両足膝下の位置に関する歩行軌跡を記録し、深度カメラの情報から全身運動を記録する。深度カメラから取得される点群データとテクスチャは3次元空間に配置し、正面・側面・上面の3視点で全身動作を可視化する。図3に全身動作の可視化の様子を示す。計測対象者について最大の高さとなる位置を Y highest (図3の右下図の頭頂の白丸)、深度カメラから最近接となる水平面内の位置を Z nearest (図3の右上図の腹部の白丸)として取得する。起立から往路、及び、復路から着座までの動作区分は、Y highest の区分線形近似により行う。往路から旋回、及び、旋回から復路までの動作区分は、本システムの前方に設置された旋回目標を通過した時点往路終了、復路開始として行う。

Gait Measurement based on Motion Segments for Fall Assessment

Misaki GEMMA<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  
{m1816033gm, kogawa}@fc.jwu.ac.jp, ryo.saegusa@syblab.org

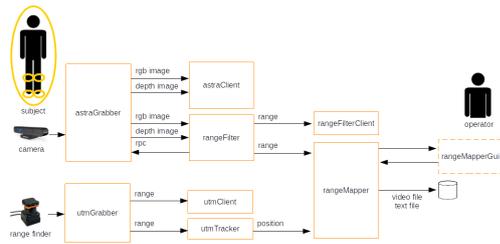


図 2: システム構成

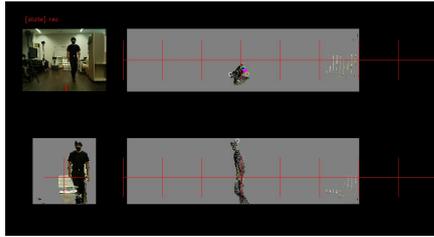


図 3: 正面・側面・上面における全身動作の可視化

### 3 実験

本システムを用いて TUG における動作区分と所要時間の関係を分析し、転倒リスクを評価した。本実験では厚木市健康教室に通う高齢者を被験者とし、椅子と旋回目印の距離が 3[m] の歩行経路で TUG の計測を行った。群 A、群 B のそれぞれの被験者の TUG 全体の歩行軌跡及び動作区分を図 4 に示す。動作区分毎の経過時間を表 1 に示す。動作は起立、往路、旋回、復路、着座の 5 種類とした。また、転倒に関するアンケートを行い、転倒経験がある人または転倒しそうになった人を群 A、転倒経験がない人を群 B とした。集計結果を表 2 に示す。なお、群 A には低い段差でつまづき転倒しそうになった人や、実際に転倒したことで骨折し手術をした人が含まれていた。

表 2: アンケートの集計結果

| 質問 | 回答   | 回答数 A | 比率 A  | 回答数 B | 比率 B  |
|----|------|-------|-------|-------|-------|
| 1  | 特になし | 4     | 0.333 | 7     | 0.500 |
| 1  | 起立   | 1     | 0.083 | 0     | 0.000 |
| 1  | 直進歩行 | 1     | 0.083 | 2     | 0.143 |
| 1  | 方向転換 | 0     | 0.000 | 2     | 0.143 |
| 1  | 着座   | 0     | 0.000 | 0     | 0.000 |
| 1  | 段差   | 5     | 0.417 | 3     | 0.214 |
| 1  | 坂道   | 1     | 0.083 | 0     | 0.000 |
| 2  | 特になし | 5     | 0.385 | 10    | 0.625 |
| 2  | つまづき | 3     | 0.231 | 2     | 0.125 |
| 2  | ふらつき | 1     | 0.077 | 3     | 0.188 |
| 2  | 滑り   | 2     | 0.154 | 0     | 0.000 |
| 2  | 踏み外し | 0     | 0.000 | 1     | 0.063 |

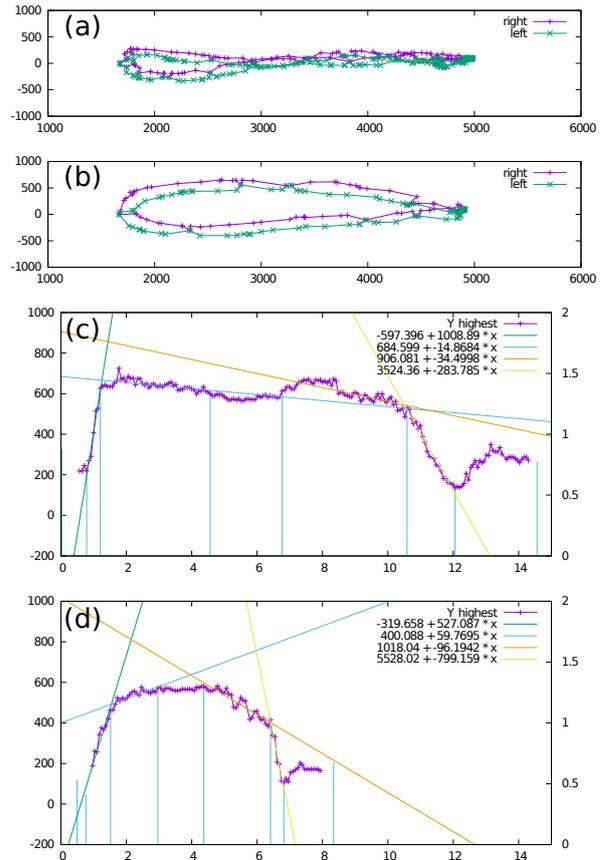


図 4: 実験結果。(a) 歩行軌跡 (2070), (b) 歩行軌跡 (2001), (c) 動作区分 (2070), (d) 動作区分 (2001)

### 4 まとめ

本研究では動作区分に基づく歩行計測と転倒リスクの評価を行った。TUG の動作区分を行うことで動作ごとの所要時間、歩数、歩幅などの算出が可能となった。転倒群の平均値には顕著に現れなかったが、転倒経験がある被験者では着座に大幅な時間を要する場面が見受けられ、転倒の予防動作と考えられる。動作区分により TUG 全体での所要時間だけは推定が難しい苦手動作の抽出や評価が可能であることが示唆された。

### 謝辞

実験に協力いただきました厚木市介護保険事業の関係各位と神奈川工科大学の高橋勝美教授に御礼を申し上げます。本研究は神奈川工科大学先進技術研究所の助成を受けた。

### 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.