

## 歩行動作を対象とした Cloud 上での解析環境構築の試み

## Proposal for Cloud Computing and Application for the human Gait Analysis

松澤 拓也<sup>\*1</sup>, 香山 瑞恵<sup>\*2</sup>, 橋本 昌巳<sup>\*2</sup>, 二上 貴夫<sup>\*3</sup>  
Takuya MATSUZAWA<sup>\*1</sup>, Mizue KAYAMA<sup>\*2</sup>, Masami HASHIMOTO<sup>\*2</sup>, Takao FUTAGAMI<sup>\*3</sup>

<sup>1</sup>信州大学大学院理工学系研究科

<sup>\*1</sup>Graduate School of Science & Technology, Shinshu University

<sup>\*2</sup>信州大学工学部

<sup>\*3</sup>東陽テクニカ

<sup>\*2</sup>Faculty of Engineering, Shinshu University

<sup>\*3</sup>TOYO Corporation

Email: 15tm530c@shinshu-u.ac.jp

あらまし：本研究の目的は、歩行動作解析のクラウド化による効率的な被験者へのフィードバックシステムの開発である。慣性計測装置で計測したデータをクラウド上にアップロードし分析と可視化を行う。本稿では、歩行計測の結果から歩行の安定性と効率性をクラウド上で評価する仕組みを概観し、可視化の成果を示す。

キーワード：歩行解析, 安定性, クラウド, 加速度, 慣性計測装置

## 1. はじめに

医療やリハビリテーションの場において歩行支援のための動作解析が行われている。歩行動作の解析にはビデオカメラ、レーザー、フォースプレート、加速度センサなどを用いる手法がみられる<sup>(1,2)</sup>。しかし、これらの計測手法は複数の計測機器や計測手法を複合して利用しており、計測環境の構築が容易ではないという問題点がある。この問題を解決するため、本研究では、被験者の腰部に装着した1つのIMU (Inertial Measurement Unit) のみで実現する計測手法および簡易な解析手法の提案を提案し、歩行動作解析システムの構築を進めてきた<sup>(3)</sup>。なお、本研究で利用するIMUでは3軸(左右方向, 前後方向, 上下方向)の加速度と3軸の角速度を計測できる。

本稿では、解析システムの利便性と汎用性の向上を意図した目的で、クラウド環境での動作解析システムの設計について述べる。

## 2. 解析システム

本章では、スタンドアロン PC 上で動作する従来の解析システムについて概観する。この解析システムは計測データ変換ツールとフィードバック情報生成ツールとから成る。以下、各部について示す。

### 2.1. 計測データ変換ツール

計測データ変換ツールは、計測したデータからユーザへ提示するためのデータ (フィードバックデータ) に変換するツールであり、計測データと補助データ、運動範囲、被験者の初期位置を入力とする。

### 2.2. フィードバック情報生成ツール

フィードバック情報生成ツールは、計測データ変換ツールにより変換された解析を行うためのデータ (以下、フィードバックデータ) を入力とする。フィードバックデータは時間、3軸の角速度、3軸の加速度、3軸の変位、運動平面上の合成速度からなり、これらの値から次節に示す計算方法を用いて歩行の

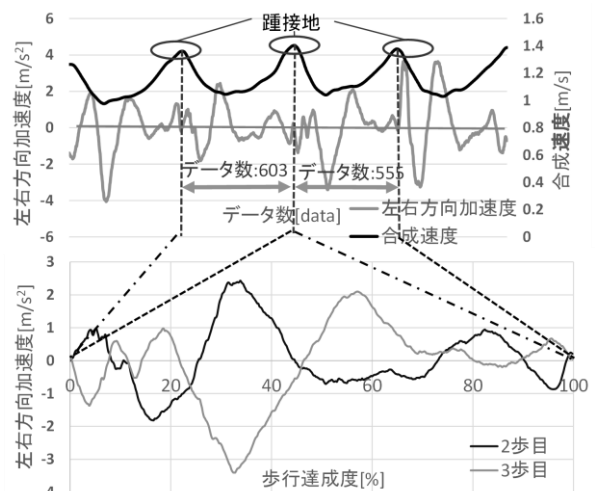


図 1: パーセント歩行周期に基づく 1 歩の正規化

安定性の各評価値を出力する。

### 2.3. 計算方法

本研究では、ある片足の踵接地 (図 1 上段の上に凸部) からもう一方の足の踵接地までを“1 歩”とし、解析単位とする。また、被験者によって 1 歩に要する時間が異なるため、1 歩の時間区間をパーセント歩行周期<sup>(1)</sup>の考えに基づき正規化し評価を行う。本研究では、この考え方を 1 歩に適用し評価を行う。

一般に、歩行動作の解析には安定性という指標が用いられる。安定性は、対称性、再現性、動揺性、円滑性からなるとされている<sup>(1)</sup>。本研究では、更に、歩行時の速度変化から歩行の効率性を定義し、5 つの指標を用いて解析を行っている<sup>(3)</sup>。

## 3. クラウド化のための概念設計

### 3.1. システム概要

現在の解析システムのクラウド化を行うことで、利用場所の制限が少なくなることや、計測データの

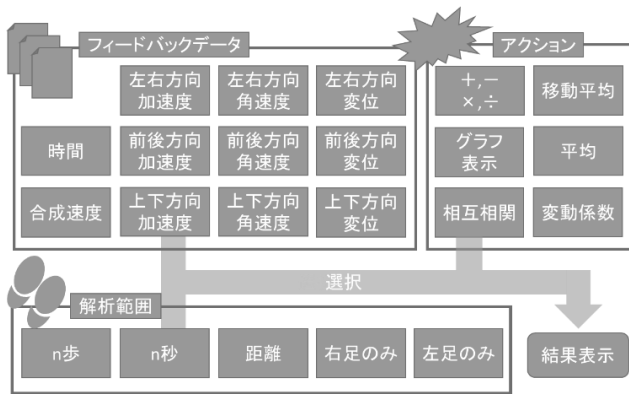


図 2: フィードバック情報生成ツールの概念図

集積が容易になること、集積したデータから新たな知見が得られるといった利点があると考えられる。そのために、2章に示した解析システムにデータベースを追加し、クラウド化を行う。データベースではアップロードされた計測データ、フィードバックデータ、被験者情報等を集積する。また、データベースにより計測データやフィードバックデータ、被験者情報を管理することで、年代、性別における評価指標の平均など、新たなフィードバックの可能性がある。

### 3.2. フィードバック情報生成ツールの概念設計

クラウド化に伴う新たなフィードバック方法について概念設計を図2に示す。ユーザは、フィードバック可能なデータ群から可視化したい項目を選択する。次に選択した項目の解析範囲を選択する。ここでの解析範囲とは、歩数や時間、距離、足の左右などである。最後に選択した項目に対する演算やグラフ表示といったアクションを指定し、結果を表示させる。例えば、フィードバックデータから時間と左右方向の加速度を選択し、解析範囲からは10歩、アクションからはグラフ表示を選択した場合、縦軸に左右方向の加速度、横軸に時間を取り波形のグラフをユーザに提示する。

また、フィードバック情報生成ツールの応用として、歩行以外の運動への適用を検討している。歩行以外の運動に対してフィードバックを行う場合、新たにアクションや解析範囲を定義する必要があると考える。例えば、陸上競技に適用した場合、解析範囲は歩数、秒数、右足、左足の他に400mトラックのストレート部分、カーブ部分のようにトラックの範囲毎の選択が考えられる。このように、フィードバックの対象毎に解析範囲を増やせるよう検討していく。

### 3.3. 生成例

歩行の安定性についてクラウド上で各評価指標の自動算出を実装した。2章に示した歩行の安定性としての5指標を選択した場合は、歩行の評価指標をユーザに提示する。

対称性は、ある1歩の加速度波形とそれに続くもう1歩の加速度波形の変化に対して、相互相関から算出している。フィードバック情報生成ツールでは、フィードバックデータからは3軸のいずれかの加速度を、アクションからは相互相関を、解析範囲からはn歩を選択することで算出できる。

再現性は、解析対象区間での同一足での加速度波形の相互相関を用いて評価値を算出している。フィードバック情報生成ツールでは、フィードバックデータからは3軸のいずれかの加速度を、アクションからは相互相関を、解析範囲からは右足のみもしくは左足のみを選択することで算出できる。

動揺性は、歩行時の腰部の変位と解析対象区間での平均値との差分の和から算出し評価値としている。フィードバック情報生成ツールでは、フィードバックデータからは3軸いずれかの変位を、アクションからは平均と四則演算を、解析範囲からは任意の範囲を選択することで算出できる。

円滑性は、解析対象区間での1歩に要する時間のばらつきを、変動係数を用いて算出し評価値としている。フィードバック情報生成ツールでは、フィードバックデータからは時間を、アクションからは変動係数を、解析範囲からは秒数、距離以外を選択することで算出できる。

効率性は、解析範囲内の1歩における運動平面上の合成速度の速度差から仕事率を算出し、評価値としている。フィードバック情報生成ツールでは、フィードバックデータからは合成速度を、アクションからは四則演算を、解析範囲からは任意の範囲を選択することで算出できる。

## 4. おわりに

本稿では、解析システムの利便性と汎用性の向上を意図した目的で、歩行動作を対象としたクラウド上での解析環境構築の設計について述べた。

フィードバック情報生成ツールについて、これまでに定義してきた歩行の評価指標の自動算出の実装を行った。

今後は、フィードバック情報生成ツールのデータ、解析範囲、アクションの組み合わせ部分の実装を行う。また、システムを実際に利用し、計測データ、フィードバックデータ、被験者情報等の集積を行う。集積したデータから新たなフィードバック手法の提案ができないか検討を行っていく。

### 参考文献

- (1) 小椋一也,小淵修一,小島基永,古名丈人,潮見泰蔵,“通常歩行時の骨盤加速度に注目した歩行分析”,理学療法科学,20(2),pp.171-177,2005.
- (2) 西野一郎,緒方公介,野見山宏,安永雅克,西嶋幸司,藤原明,山田昌登嗣,“歩行解析における加速度計の有用性”,整形外科と災害外科,42(3),pp1038-1040,1993.
- (3) 松澤拓也,香山瑞恵,橋本昌巳,二上貴夫 “3次元加速度センサの計測結果に基づく歩行特徴に関する基礎的検討”,信学技報,ET2015-66,pp.41-46,2015.