

# 腰部センサの加速度と速度を用いた MCI スクリーニングモデルの構築

## Screening of Mild Cognitive Impairment Using Gait Features from Waist Sensor Data

脇谷 大志<sup>\*1</sup>, 和田 愛未<sup>\*1</sup>, 永井 孝<sup>\*3</sup>, 舘 伸幸<sup>\*2</sup>, 香山 瑞恵<sup>\*2</sup>  
Taishi WAKITANI<sup>\*1</sup>, Manami WADA<sup>\*1</sup>, Takashi NAGAI<sup>\*3</sup>, Nobuyuki TACHI<sup>\*2</sup>, Mizue KAYAMA<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup>信州大学大学院総合理工学研究科,

<sup>\*2</sup>信州大学 工学部, <sup>\*3</sup>ものづくり大学 技能工芸学部

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

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

<sup>\*3</sup> Department of Manufacturing Technologists, Institute of Technologists

Email: 24w6082j@shinshu-u.ac.jp

**あらまし:**本研究では歩行データをもとに MCI のスクリーニングを行う分類モデルの構築を目的としている。本稿では、歩行周期をランチョロスアミーゴ方式で分割した各相の速度・加速度データに着目し、各データの統計量を特徴量とする分類モデルを構築した。テストデータを使って評価を実施した結果、正解率 0.7 を得た。

**キーワード:** 歩行, 歩行周期, ランチョロスアミーゴ方式, MCI

### 1. はじめに

健康な状態で長生きするためには、心身ともに健康であり、日々の運動が欠かせない。歩行は日常的な運動で、身体的フレイルを発見する指標の一つとして使用されている。また、健常高齢者と軽度認知障害 (MCI) 及び軽度のアルツハイマー型認知症を有する高齢者では、バランス能力や歩行機能に定量的な低下が認められており、これらの変化は認知機能低下の早期段階から出現する可能性がある<sup>(1)</sup>。

本稿では、歩行時の背面腰部の加速度・速度データから算出する統計的特徴量をもとに、MCI 疑いの有無の分類を試みた。

### 2. 解析対象データ

#### 2.1 入力データ

分類モデルへの入力対象データは、長野県小布施町の高齢者 100 名 (男性 58 名 73.67±9.33 歳, 女性 42 名, 72.61±8.78 歳) のデータである。各被験者は、腰に加速度センサをつけた状態で 10m の通常歩行を行う。10m のうち、歩行安定区間とされている中央 4m に完全に含まれる 1 歩行周期を使用した。注目する足の踵の接地から始まり、もう一度同じ足の踵が設置するまでが 1 歩行周期である。踵接地の検出には、進行方向と鉛直方向の加速度を併用するアルゴリズムを用いた<sup>(†)</sup>。

MCI の基準として MoCA-J<sup>(2)</sup> を使用した。MoCA-J は、視空間・遂行機能、命名、記憶、注意力、復唱、語想起、抽象概念の 7 領域である。30 点満点中、25 点以下を MCI 疑い有りとしている。被験者 100 名のうち、MCI 疑い無しが 63 名、MCI 疑い有りが 37 名であった。なお、就学年数 (12 年未満で 1 点加算) による補正後の点数を使用した。

#### 2.2 前処理

(†) 2025 年 6 月 ME とバイオサイバネティクス研究会 (MBE) にて発表予定



図 1 RLA 方式 8 相とその役割

1 歩行周期をカットオフ周波数が 15 Hz のローパスフィルタで処理したのち、ランチョロスアミーゴ (RLA) 方式の 8 個の相に分割した。IC は踵が接地するタイミングであるため、IC を除く 7 つの相に関して、平均値、標準偏差、中央値、四分位範囲、最大値、最小値を算出した。3 軸の速度と加速度に対してこの処理を施した。

### 3. 分類モデル

#### 3.1 分類手法と特徴量選択

ランダムフォレスト (RF) による分類モデルを構築した (scikit-learn 1.5.1)。モデルの汎化性能向上を目的として、特徴量の選択をした。初期特徴量は、加速度・速度から得た統計量に加え、被験者の年齢を加えた 253 個が対象である。まず、特徴量間の多重

共線性を除去するため、相関係数が 0.9 以上の特徴量の一方を削除し、150 個に絞った。次に、単変量統計に基づく特徴量の選択をした。具体的には目的変数との関連性が高い上位 50 個の特徴量を選択するために、1 要因分散分析に基づく F 値を指標とする関数 (SelectBest) により 50 個を選択した。選択した 50 個の特徴量を用いたモデルを RF-Model-1 とした。さらに、RF-Model-1 で分類をした際の特徴量重要度の高いものから順に 30 個を選択し、これを RF-Model-2 とした。最後に、RF-Model-2 で分類した際の置換重要度が高いものを 5~15 個の範囲で選択し、テストデータでの F1 値が最も高いときの特徴量を選択した。この特徴量を使用したモデルを RF-Model-3 とした。置換重要度は、あるモデルにおいて、ある特徴量をランダムにシャッフルした際、どれほど性能が低下するかを評価したもので、数値が大きいほど与える影響が大きい。

### 3.2 分類精度の導出手順

MCI 疑いの有無の比率を維持し、入力対象データを学習用 (80 個) とテスト用 (20 個) に分割した。学習用データのみを用いて K-fold 交差検証(CV) (K=5) を行う。その際、それぞれの特徴量を最小が 0, 最大が 1 になるように正規化した。特徴量を選択する過程で各モデルの分類精度を求め、テスト用データでも評価し、そのモデルの汎化能力を確認した。

### 3.3 分類精度

各モデルで使用した特徴量と CV での平均正解率と標準偏差 (CV 正解率, SD), テストデータでの正解率 (Test 正解率) を表 1 に示す。RF-Model-1 の正解率は、CV : 0.76, Test : 0.50 である。RF-Model-2 では、CV : 0.84, test : 0.55 である。CV のスコアは上昇しているものの、テストデータの精度は上昇していない。RF-Model-3 では特徴量の数を RF-Model-2 の置換重要度が低いものから順に除外した。その結果、以下に示す置換重要度が高い 8 個の特徴量を使用したとき、CV:0.79, test : 0.70 であった。テストデータでの F1 値は 0.67 であった。再現率は 0.6, 特

異度は 0.8 であった。

### 3.4 考察

特徴量選択の過程の RF-Model-1, 2 はともに CV 正解率においては RF-Model-3 と同等かそれ以上の性能を示した。しかし、テストデータでの F1 値はそれぞれ 0.38 と 0.47 だった。ランダムに分類した場合の F1 値は 0.63 となるので、これより低い性能であった。データ数に対して特徴量が多いことによる過学習が原因であると考えられる。そのため、特徴量数を減らした RF-Model-3 ではテスト正解率が改善した。選択した 8 個の特徴量のうち、5 つが鉛直方向成分である。そのうち、TSt・TSw は踵接地の直前で、LR は踵接地の直後である。ことから体が支持足を超える際の体の上下運動が影響していると考えられる。このことは Ikegami らが指摘した運動機能検査と認知機能の関連性<sup>(3)</sup>と一致する。特異度と感度の結果から、MCI 疑い無しの判別は比較的良好であるが、MCI を見落とすリスクが高い。

## 4. 今後の展望

本稿では 1 周期分の歩行データから得られる統計的特徴量のみに基づいて MCI スクリーニングを試みた。CV では正解率が 0.79 であったが Test では 0.7 であり精度の差が生じた。モデルのさらなる性能向上にはいくつかの課題がある。第一に、個々の周期のみを解析対象としており、周期間の安定性や変動性といった情報を扱っていない。そのため、複数周期を連続的に解析し、その変動パターンや一致度などを特徴量として取り込むことで MCI 特有の歩容の揺らぎをとらえることが可能になると考える。第二に、現時点ではデータを要約する指標のみを特徴量としており、波形そのものの形状情報を十分に反映していない。1 周期中に複数見られる極値の大きさ、振幅といった形状的特徴を取り入れることで統計量ではとらえきれなかった動作の差をとらえられる可能性がある。さらに、ケイデンスや歩幅等の歩行全体の指標を加えることにより、MCI スクリーニングの精度および実用性の向上が期待できる。

### 参考文献

- (1) Kuan YC, Huang LK, Wang YH, et al: "Balance and gait performance in older adults with early-stage cognitive impairment", *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, Vol.57, No.4, pp560-567(2021)
- (2) Fujiwara Y., Suzuki H., Yasunaga M. et al: "Brief screening tool for mild cognitive impairment in older Japanese: validation of the Japanese version of the Montreal Cognitive Assessment", *Geriatrics & Gerontology International*, Vol.10, Issue.3, pp225-232 (2010).
- (3) Ikegami S., Takahashi J., Uehara M., et al: "Physical performance reflects cognitive function, fall risk, and quality of life in community-dwelling older people", *Scientific reports*, Vol9, No.1:12242 (2019).

### RF-Model-3 に使用した 8 特徴量

- ・ 年齢
- ・ LR 進行方向 加速度 最大値
- ・ LR 鉛直方向 速度 最大値
- ・ MSt 左右方向 速度標準偏差
- ・ TSt 鉛直方向 加速度 標準偏差
- ・ TSt 鉛直方向 速度 最小値
- ・ ISw 鉛直方向 速度 平均値
- ・ ISw 鉛直方向 加速度 最大値

表 1 各モデルの特徴量数と正解率

	特徴量数	CV 正解率(SD)	Test 正解率
RF-Model-1	50	0.76 (0.08)	0.5
RF-Model-2	30	0.84 (0.09)	0.55
RF-Model-3	8	0.79 (0.06)	0.7