

# 歩行者自律航法改善のための、 加速度と気圧情報を組み合わせた階段昇降認識手法の提案

蛭子 貴文† 松下 裕介† 吉澤 史男† 金崎 克己†

株式会社リコー リコーICT 研究所†

## 1 はじめに

屋内測位技術の1つとして、携帯端末に搭載された慣性センサを用いて歩行者の移動量を算出し、現在位置を推定する歩行者自律航法(以下 PDR)が知られている[1][2]。

一般的な PDR では、鉛直方向の加速度振幅から歩幅を計算しているため、平坦歩行時と階段昇降時とを正しく区別できることが求められる。なぜなら、後者は前者と比べて、加速度振幅が大きくなる傾向があるため、算出式を切り替えなければ、図1に示すように、歩幅を過大評価してしまうからである。

階段昇降動作を認識する手法としては、加速度センサや角速度センサを用いたものや、気圧センサを用いたものが、既に提案されている[3]。しかしながら前者は端末の持ち方に制限あることや、個人の歩き方等の違いにより、精度が低下することが考えられる。また、後者は、周囲の環境等による急激な気圧変化により、推定結果を誤認識することが考えられる。

本研究では、加速度と気圧情報を組み合わせた、よりロバストな階段昇降認識手法を提案する。

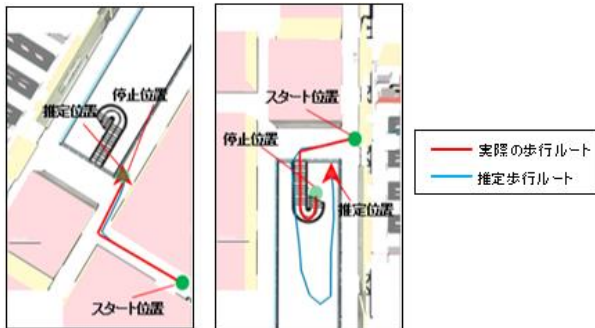


図1 平坦歩行(左)と階段昇降時(右)における歩幅推定

## 2 提案手法

### 2-1 気圧変化を用いた状態判定方法

本研究では、提案手法の比較対象として、気圧変化を用いた歩行状態判定方法を用いることにする。まず、携帯端末から得られる気圧センサのデータのノイズを除去するため、ローパスフィルタを用いる。PDRにおいて歩行を検出した際、所定歩数前との気圧の大小関係及び気圧差の閾値判定により、平坦歩行、階段昇り、階段降りの歩行状態判定を行う。

Proposal of stair-climbing recognition method using acceleration sensor and pressure sensor.

Takafumi Ebesu†, Yusuke Matsushita†, Fumio Yoshizawa†, Katsumi Kanasaki†

†Ricoh Institute of Information and Communication Technology, RICOH COMPANY, LTD.

### 2-2 階段昇降以外に起因する気圧変化発生時の補正

図2に階段昇降以外に起因する環境による気圧変化の発生する例として、屋内測位のニーズが高い駅構内での電車の通過時における気圧変化を示す。図2に示すような、電車の進入、発車による急激な気圧変化により、比較手法である気圧変化を用いた状態判定方法では、歩行状態の認識結果を誤認識する可能性がある。補正方法として、PDRにおける歩行検出時に、気圧変化および、気圧の分散に閾値を設定し、いずれかの閾値を超える気圧変化を検出した場合、階段昇降動作以外に起因する気圧変化とし、所定歩数前の歩行状態に補正し、その気圧変化を検出している間は歩行状態を維持することにより、歩行状態判定を補正する。

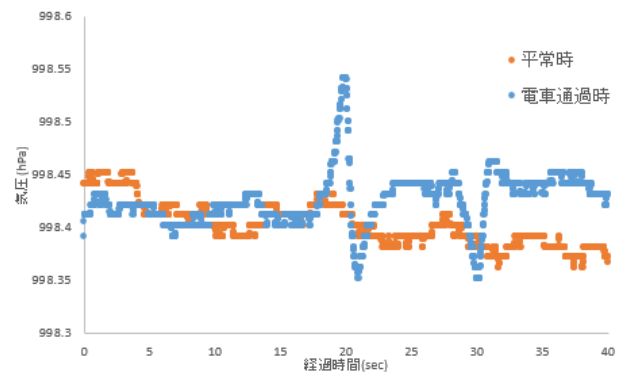


図2 駅での平常時、電車通過時における気圧変化

### 2-3 加速度情報を加えた判定手法

さらに、2-2の手法では補正されないような気圧変化発生時の歩行状態判定精度向上のため、加速度情報を加えた手法について検討した。

一般的に、階段昇降時においては平坦歩行に比べ鉛直方向の加速度振幅は大きくなる。しかし、人による歩容の違いや床の材質、携帯端末の持ち方等の違いにより、歩行時における加速度変化は一様ではない。いくつかの歩行パターンにおいて、平坦歩行、階段昇降時における、鉛直方向の加速度の分散を図3に示す。図3により、それぞれのパターンにおいては平坦歩行、階段昇降時に違いが見られる。直近の所定歩数分の平坦歩行時の加速度の分散を用いて、歩行状態判定に用いる閾値を動的に変化させることにより認識精度の向上を図った。図4に気圧変化、加速度の分散による歩行状態判定の簡易的な図を示す。

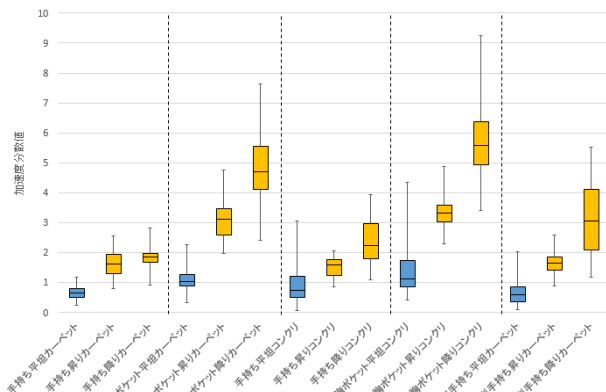


図3 歩行パターンによる加速度の分散の差異

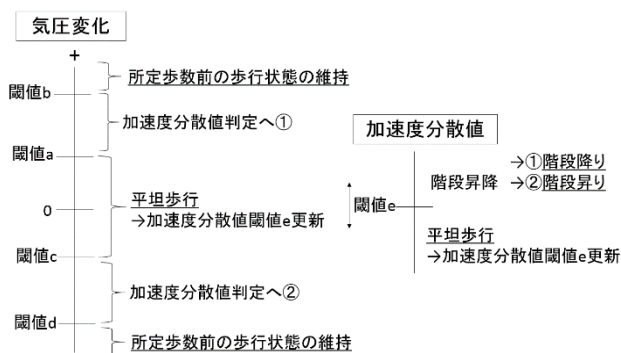


図4 気圧変化、加速度の分散による状態判定

### 3 評価

提案手法の性能評価として、二つの評価を実施した。まず、平常時での屋内（外部環境による気圧変化がない場合）において評価を行った。

評価方法は、携帯端末を持ち、平坦歩行、階段昇降を決められた歩数行い、その際のセンサデータを記録し、同一のセンサデータを用いてそれぞれのアルゴリズムによる一歩ごとの歩行状態判定を行い、それぞれの歩行状態の再現率、適合率、F値を比較し、評価した。

次に、気圧変化時として、携帯端末を持ち、ある駅で電車が進入、発車をする中で約10分間自由に平坦歩行、階段昇降し、その際のセンサデータを記録し、同一のセンサデータを用いて、それぞれのアルゴリズムによる歩行状態判定を行い、歩行状態の再現率、適合率、F値を比較し、評価した。

表1より、屋内における評価結果は、外部環境による気圧変化がないため、比較手法と気圧補正のアルゴリズムとの差はなかった。加速度情報を加えたアルゴリズムについても、認識率(F値)に大きな差は見られなかった。これにより、提案手法による認識精度が屋内において維持されていることがわかった。

次に表2より、駅構内における評価結果は、それぞれの手法に差が見られた。まず、気圧変化のみを用いた状態判定結果においては電車の進入、発車の際に見られる気圧変化による誤認識による平坦歩行の

再現率の大きな低下が発生した。急激な気圧変化検出による補正手法においては、それらの誤認識を補正することにより再現率が改善された。しかし、電車の進入前及び発車後や、外部環境による歩行時における緩やかに変化するような気圧変化発生時には歩行状態の補正がされず、認識結果を誤認識することが発生した。加速度情報を加えたアルゴリズムにおいては、上記気圧変化時に加速度情報を特徴量に加えることにより、誤認識する機会を減少させることによって平坦歩行の再現率の改善がされ、全ての歩行状態判定においてもF値が改善された。

表1 屋内でのアルゴリズム別評価結果の表

アルゴリズム	歩行状態	再現率(%)	適合率(%)	F値(%)
気圧のみ (比較対象)	平坦	82.83	99.6	90.44
	昇り	95.83	95.11	95.47
	降り	85.61	91.87	88.63
+気圧補正	平坦	82.83	99.6	90.44
	昇り	95.83	95.11	95.47
	降り	85.61	91.87	88.63
+気圧補正 +加速度	平坦	93.56	93.21	93.38
	昇り	94.32	100	97.09
	降り	89.39	100	94.4

表2 駅構内でのアルゴリズム別評価結果の表

アルゴリズム	歩行状態	再現率(%)	適合率(%)	F値(%)
気圧のみ (比較対象)	平坦	63.75	94.67	76.19
	昇り	98.35	82.93	89.98
	降り	88.89	85.95	87.39
+気圧補正	平坦	70.09	94.80	80.59
	昇り	98.35	88.15	92.97
	降り	88.89	97.39	88.14
+気圧補正 +加速度	平坦	91.71	87.85	89.74
	昇り	90.31	98.33	94.14
	降り	87.77	97.10	92.20

### 4. 結論

提案手法を適用することで、平坦歩行、階段昇降の歩行状態を認識でき、また階段昇降動作以外に起因するような気圧変化発生時においても、精度よく平坦歩行、階段昇降の歩行状態の判定が行えることが確認できた。今後は被験者の数をより増やし、適用性、精度のより詳細の評価を行い、さらなるアルゴリズムの改善を目指す。

### 参考文献

[1] 興梠正克, 石川智也, 蔵田武志, 歩行者デッドレコニングに基づくハンドヘルド端末の屋内外測位技術, 信学技報 MVE2010-96, pp.171-176, 2011  
 [2] 松下裕介, 吉澤史男, 金崎克己, 歩行者自律航法をベースとしたハイブリッド屋内測位手法の提案, 情報処理学会第77回全国大会講演論文集, pp3-5, 2015  
 [3] 興梠正克, 蔵田武志, 慣性センサ群とウェアラブルカメラを用いた歩行動作解析に基づくパーソナルポジショニング手法, 信学技報, PRMU2003-260, pp25-30, 2004