

安定気圧区間に基づくフロア間移動推定

梶 克彦*

名古屋大学大学院工学研究科

河口 信夫†

名古屋大学未来社会創造機構

1. はじめに

屋内位置推定やそれに基づく屋内位置情報サービスにとって、ユーザの居るフロアの推定やフロア間移動の検出は重要である。気圧センサは階段やエレベータ等による高さ方向の移動の有無や相対的な移動量の推定に有効なセンサである。近年では気圧センサの搭載されたスマートフォンの普及が進んでいる。

既に幾つかの気圧に基づくフロア間移動検出手法が提案されている。米田らの手法 [1] では、気圧変化量が閾値以上になった場合にフロア間移動を検出する。しかし老人のような遅い速度での階段昇降の場合、気圧変化量が閾値を超えずフロア間移動推定を誤る可能性がある。渡邊らの手法 [2] では、気圧センサと加速度センサによる行動認識を併用してフロア間移動を推定する。しかし階段でイレギュラな移動をして行動認識に失敗した場合、フロア間移動推定を誤る可能性がある。

装着型センサを用いた行動推定において、センサ信号の変化が少ない区間が継続している状態（本稿では安定区間と呼ぶ）の検出は、センサ信号が短時間に大きく変化する状態を直接検出するよりも高い精度を期待できる。そこで、短時間の大きな変化を捉える場合には、まず安定区間を検出し、各安定区間同士を比較し、それらの中で大きな変化が存在したことを発見するのが有効と考えられる。我々はこのコンセプトに基づき、屋内歩行者デッドレコニングにおける進行方向推定精度の向上を試み、有効性を確認している [3]。

本稿では安定区間に基づいた行動推定のコンセプトを、気圧センサを用いたフロア間移動推定に適用する。以下、2章において提案手法、3章において評価実験について述べ、4章で今後の課題を挙げる。

2. フロア間移動推定手法

提案手法の処理の概要は以下のとおりである。まず安定気圧区間の検出を行い、次に各安定気圧区間をフロアごとにクラスタリングする。さらに、2つの安定気圧区間の間でフロア間移動が認められた場合、階段昇降の開

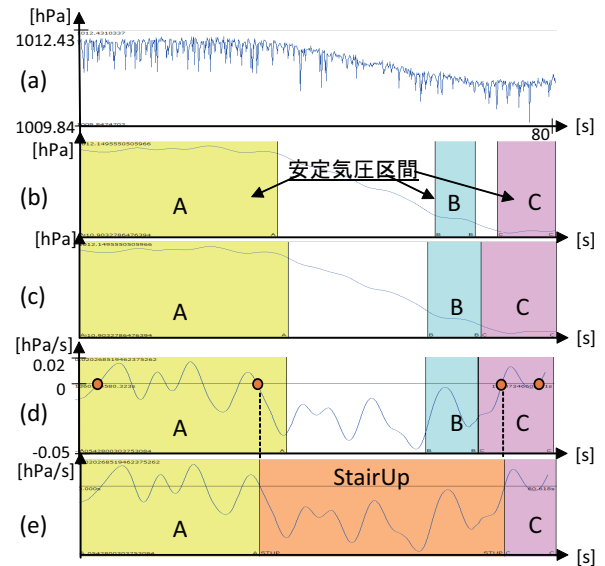


図1: 処理手順。(a) 気圧センシングデータ、(b) ノイズ除去と安定気圧区間の検出・クラスタリング、(c) 各時刻のフロアクラスタへの配属、(d) 気圧変化量グラフからのゼロ交叉点の検出、(e) 最終推定結果

始・終了時点を推定し、フロア間移動の行動を認識する。以下に各処理の詳細を述べる。

スマートフォンに搭載された気圧センサのデータはスパイクノイズを多く含んでいるため、まず気圧センサからノイズを除去する。ノイズ除去にはローパスフィルタを用いる。また、ローパスフィルタの適用によって生じる遅延を補正する。図1(a)は生の気圧センシングデータであり、図1(b)ではローパスフィルタによりノイズ除去が行われている。この図で使用した気圧データは、同一建物の3Fの部屋から1Fの部屋まで階段を使って80秒程度で移動した場合のものである。

一定時間以上、閾値以内の気圧変化に収まっている区間を安定気圧区間と定義し、同じフロアに留まっているとみなす。経験的に、気圧変化の閾値は $\pm 0.1\text{hPa}$ 、継続時間は5秒とした。参考として、天井の高さが3m程度の場合には、1階層の移動で気圧は 0.33hPa 程度変化する。図1(b)の色の付いている区間が安定気圧区間である。

次に安定気圧区間をフロアごとにクラスタリングする。各安定気圧区間について、その区間内の気圧平均値を算出する。各区間の気圧平均値が閾値以上異なっていれば、異なるフロアとしてクラスタを生成する。既存クラスタ

An Estimation Method of Movement Between Floors Based on Stable Air Pressure Zone

*Katsuhiko Kaji, Graduate School of Engineering, Nagoya University

†Nobuo Kawaguchi, Institute of Innovation for Future Society, Nagoya University

の気圧平均値との差が閾値以内の場合にはそのクラスタに所属させ、気圧平均値を更新する。クラスタが変化しなくなるまでこの処理を繰り返す。本稿では経験的にこの閾値を 0.2hPa とした。図 1(b) では各区間の気圧平均値がそれぞれ閾値以上異なっていたため、安定気圧区間として検出された各区間がそれぞれ別のクラスタとみなされ、個別の ID(A,B,C) が付与されている。

クラスタ化が完了したら、それぞれの時刻がどのフロアクラスタに属しているかを求める。各時刻について、最も近いクラスタまでの気圧差が閾値以内ならそのクラスタに所属させる。この閾値は、経験的に 0.15hPa と定めた。図 1(c) は各時刻をクラスタに所属させた結果を示す。

次に、フロア間移動の開始と終了を求める。フロア間移動の開始と終了の検出には、気圧変化量のゼロ交叉点の情報を用いる。図 1(d) は、気圧を微分して変化量に変換したグラフである。また、各区間に含まれるゼロ交叉点のうち両端の時刻に丸印が付与されている。同一フロアにおいてある程度の歩行を行っている場合、フロアクラスタ A のように複数のゼロ交叉点が存在する。またこのフロアクラスタ区間は、フロア間移動の開始後・終了前の数秒が含まれている。そこで、異なるフロアクラスタの移動が認められる場合、ゼロ交叉点の時刻をフロア間移動の開始・終了時刻とみなして区間を補正する。図 1(e) の最終結果では、ゼロ交叉点をフロア間移動の開始・終了時点として行動認識結果が出力されているのがわかる。フロア間移動の方向はフロアクラスタ間の気圧値の差から求める。気圧が低下している場合は階段を昇っていると、気圧が上昇している時は階段を降りているとみなす。

最終結果の推定の際に、フロア間移動の精度向上を目的として、以下の補正を行う。折り返し階段の踊場のように、階段昇降の際の僅かな水平移動ではゼロ交叉点が検出されないことがある。本稿では、踊場の行動はフロア間移動の一部であると考え、図 1(d) におけるクラスタ B のように気圧変化量のゼロ交叉点が 2 つ以上存在しない区間は、フロアクラスタから除外する。また、行動データがフロア間移動から開始することは無いと考え、気圧センシングデータの両端のフロアクラスタに属していない部分は、その気圧値から最も近いフロアクラスタに所属させる。

3. 評価実験

提案手法の有効性を評価するための実験を行った。使用したデータセットは、屋内歩行センシングコーパス HASC-IPSC [4] の屋内歩行経路データのうち腰に装着された Nexus4 の気圧データを用いた。本コーパスに収録されている経路種類は 114 種類である。被験者は 107 人であり、20-60 代の幅広い年齢の被験者の経路移動データが収録されている。歩行・階段昇る・階段降りるの 3 種類の行

表 1: フロア間移動推定精度の評価結果

| [%] | 提案手法 | | | 比較手法 | | |
|------|------|----|------|------|----|------|
| | Walk | Up | Down | Walk | Up | Down |
| Walk | 99 | 1 | 1 | 99 | 1 | 1 |
| Up | 15 | 85 | 0 | 20 | 80 | 0 |
| Down | 19 | 0 | 81 | 24 | 0 | 75 |
| ALL | 93 | | | 90 | | |

動認識率を求め、精度を確認する。

比較対象として、米田らの手法 [1] を参考に実装した推定手法を用いる。気圧変化量が ± 0.02 hPa/s 以上になった瞬間を検出し、その前/後のゼロ交叉点の間の区間をフロア間移動とみなす。ただし、本稿では折り返し階段踊場の移動を階段昇降の一部とみなしている。また、行動の種類は短時間では変化しないのが一般的である。そこで、比較手法の踊場の行動認識誤りを軽減するため、3 秒以内の短い行動区間を、前後の行動と同一種類とみなす補正を行った。比較手法も提案手法と同様、ローパスフィルタの適用によるノイズ除去と、ローパスフィルタ適用によって生じる時間遅延の補正を行った。

フロア間移動推定精度の Confusion Matrix と総合的な推定精度を表 1 に示す。Confusion Matrix の縦軸は正解行動、横軸は推定行動である。階段昇降の推定精度が向上しており、総合的には行動認識精度が約 3% 向上していることから、提案手法の有効性が示されたといえる。

4. 今後の課題

本稿では気圧センサに基づく高さ方向の移動推定を行った。我々は既に水平方向の移動推定手法を提案している。今後はこれらを統合し、3 次元的な位置推定精度の向上を試みる。

参考文献

- [1] 米田圭佑, 望月祐洋, 西尾信彦. 気圧センシングを用いた行動認識手法. 情報処理学会研究報告. Vol.2014-UBI-41, No.14, pp. 1-8, 2014.
- [2] 渡邊孝文, 上坂大輔, 村松茂樹, 小林亜令, 横山浩之. 気圧センサを利用した昇降状態を含む移動状態推定. 信学技報, MoMuC2011-30, pp. 19-23, 2011.
- [3] 梶克彦, 河口信夫. 安定歩行区間に基づく歩行軌跡推定手法. 情報処理学会研究報告, Vol.2014-UBI-44, No.19, pp. 1-8, 2014.
- [4] Kaji, K., Watanabe, H., Ban, R., Kawaguchi, N. HASC-IPSC: Indoor Pedestrian Sensing Corpus with a Balance of Gender and Age for Indoor Positioning and Floorplan Generation Researches. In *Proc. of HASCA2013*, pp. 605-610, 2013.