

気圧センシングを用いた行動認識手法

米田 圭佑^{1,a)} 望月 祐洋^{2,b)} 西尾 信彦^{3,c)}

概要: スマートフォンの搭載デバイス群から得たデータ解析による趣味嗜好抽出やコンテキスト認識の研究が盛んである。気圧センサは標高に関する情報を取得でき、低消費電力でありながら行動認識に利用できるセンサとして期待されている。本稿ではユーザの状態を屋内状態と屋外状態に大別し、それぞれの状態において気圧センサを用いた行動認識手法を提案する。屋内状態では気圧変化量に着目した滞在階層推定を、屋外状態では軌道上移動の気圧推移に着目した現在地推定を行う。評価実験より、一度に+18階の階層移動の場合であっても正常に階層推定できていることを確認した。軌道上移動における現在地推定では、推定結果の75%においてGPS測位による位置情報との誤差が0.5km未満で推定できたことを確認した。

キーワード: 行動認識, 気圧, 階層推定, 位置推定, ライフログ, GPS 測位

Activity Recognition Using a Pressure Sensing

Abstract: Research of context-aware and likes and tastes extraction by data analysis obtained from mounting devices of smart phone has been actively. Pressure sensor is expected as a sensor that can be used for action recognition with a low power consumption. This paper propose an action recognition method using a pressure sensor for indoor and outdoor state. To perform a location estimation with an pressure transition in the orbital transfer outdoors state, the floor estimation that focuses on the pressure variation in the indoor state. In floor estimation, this paper has confirmed that it was possible to estimate a hierarchy even in tier transfer of +18 floor. On the other hand, in the present location estimation in orbit move, this paper confirmed that in 75% of the estimated result, the error between the position of the GPS positioning can be estimated at less than 0.5km.

Keywords: Activity Recognition, Air Pressure, Estimation of Floor, Estimation of Location, Life-log, GPS

1. はじめに

スマートフォンにはWi-Fiのような無線通信デバイス、GPS受信機などの測位デバイス、加速度計や気圧計のようなセンサデバイスなど、多様なデバイスが搭載されている。スマートフォンはユーザが普段から持ち歩くことができ、搭載されたデバイスを用いてユーザの行動に関する

様々なデータをリアルタイムに収集できるセンシング携帯端末(センシングモバイル)として期待されている。最近ではセンシングモバイルにより収集されたデータを解析することによる情報抽出に関する研究も活発に行われており、個人特化されたサービス提供など様々な応用が期待されている。我々も個人特化された行動認識を目的に、センシングモバイルに搭載されたデバイス群を用いて常時センシングを行うライフログセンシングの運用を続けてきた。

近年、センシングモバイルへの搭載が進んできたセンサのひとつとして気圧センサが挙げられる。気圧センサはGPS測位や加速度センサよりも低消費電力で駆動し(図1参照)、標高や天候に相関する気圧を取得できるセンサとして注目を浴びている。これまでも気圧センサに着目した研究は数多くなされてきた。気圧を用いた行動認識の研究例として、階層移動に伴い気圧が変化することを利用

¹ 立命館大学大学院 情報理工学研究所
Graduate School of Information Science and Engineering,
Ritsumeikan University

² 立命館大学 総合科学技術研究機構
Research Organization of Science and Technology, Rit-
sumeikan University

³ 立命館大学 情報理工学部
College of Information Science and Engineering, Rit-
sumeikan University

a) kome@ubi.cs.ritsumei.ac.jp

b) moma@ubi.cs.ritsumei.ac.jp

c) nishio@cs.ritsumei.ac.jp

表 1 各センサ駆動時の消費電力

Table 1 Power consumption of each sensor during driving

センサの種類	GPS	Wi-Fi	加速度	気圧
時間当たりの消費電力 [%/h]	5.28	3.41	3.64	1.79

し、階層移動状態や現在の標高を認識する研究が挙げられる [1][2][3]。しかし、これらの研究では建造物において重要な認識の粒度である階層を認識することが困難である。別の研究例として、地形の標高に合わせて気圧が変化することを利用し、移動経路を推定する研究が挙げられる [4][5]。しかし、これらの研究では移動が終わった後に、どの経路を通ったかを推定を行うことを目的としており、移動中に位置情報が必要な場合においては適用できない。そこで本稿では、屋内状態と屋外状態それぞれに対して気圧に着目した行動認識手法を提案する。屋内状態では気圧変化量に着目した階層移動抽出による滞在階層推定を、屋外状態では気圧推移比較に着目した現在地推定を適用する。

2. 関連研究と要件

2.1 関連研究

気圧は天候の変化や標高に相関した値を取得でき、かつ、取得不可能な場面が存在しないため、行動認識への応用が期待されている。気圧を用いた行動認識の研究について挙げ、現状の問題点について述べる。並木ら [1] は、気圧データを用いた標高推定において、端末観測値とは別に気象台とネット百葉箱から得られるデータを用いた補正手法を提案している。しかし、並木らの手法では標高推定を行う場所の付近にネット百葉箱がないと補正を十分に行うことができない。建造物において重要な意味を持つ階層という粒度で行動認識するためには、この手法の推定結果では誤差が大きく、階層が誤判定されてしまう可能性が高いと考えられる。渡邊ら渡邊孝文:2011-11-10 らや五百蔵 [3] らは、階層移動という行動認識が重要であると考え、気圧を用いた階層移動認識を目的とした研究を行っている。しかし、これらの研究における評価は主に階層移動という行動認識のみで、階層推定の部分までは十分になされていない。

気圧を用いた行動認識において、位置情報に関する研究も存在する。森下ら [4] は野生動物の追跡を目的に、野生動物に取り付けた GPS 受信機・気圧センサ、追跡範囲内に設置した固定気圧観測基地局を用いて、野生動物の移動経路を推定する研究を行っている。この手法では移動範囲内において固定基地局を設置する必要があるため、多くの人々が行動認識を実施するライフログセンシングにおいては固定基地局の設置エリアも広がり、コストも増加してしまう。この問題に対して、岩波ら [5] は固定局を用いないスマートフォン単体で行う移動経路推定手法を提案している。始点で観測された気圧を基準とすることで、始点から

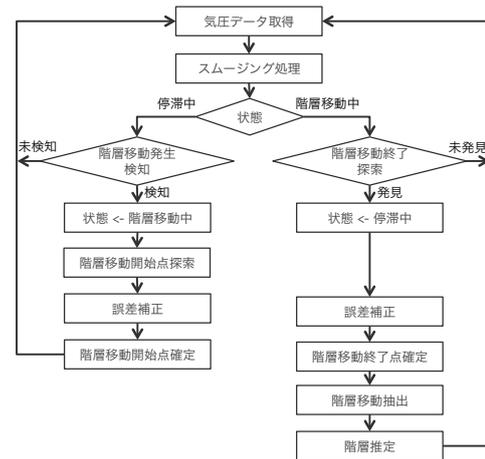


図 1 気圧変化量を用いた階層移動抽出の流れ

Fig. 1 Flow of floor movement extraction using air pressure

終点までにおける基準からの気圧推移の観測を行うことで、実際に移動した経路を推測することを試みている。しかし、これらの手法は始点終点間の移動経路を推定することを目的としており、各時点での位置情報をリアルタイムに用いる必要があるサービスには適していない。

2.2 要件

本研究では、低消費電力の気圧センサを用いた行動認識を目的とする。屋内状態における気圧を用いた行動認識において、重要な意味を持つ階層を推定できることが必要である。これにより、ユーザが現在滞在する階層を認識することができ、より高度な屋内行動認識の実現に繋がると考えられる。一方で、屋外状態における気圧を用いた行動認識においては、リアルタイムで位置情報を推定できることが必要である。これにより、気圧センサのみを用いた位置推定が可能となり、低消費電力な位置情報取得のひとつとして利用されることが期待される。

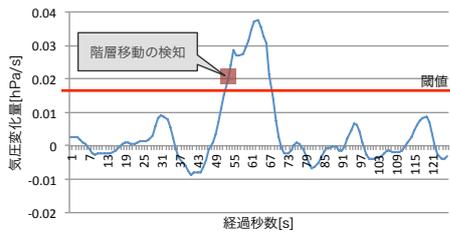
3. 気圧センシングを用いた行動認識手法

3.1 気圧変化量を用いた階層移動抽出・階層推定手法

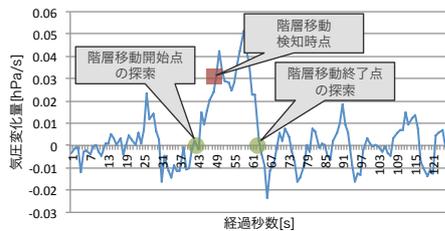
気圧は標高と相関関係を持つため、屋内状態におけるユーザの階層移動に伴って気圧も急激に変化する。提案手法では、時間当たりの気圧変化量を観測し、変化量が一定以上を超えた時点で階層移動として検知・抽出し、階層移動期間における気圧変化量を用いて階層推定を実施する。階層移動検知から階層推定までの流れを図 1 に示す。また、各項目に関して以下に詳細を記述する。

(1) 気圧データのスムージング

センシングモバイルに搭載された気圧センサはノイズが大きいため、気圧データを取得する度にスムージング処理を施す。この際、階層移動による気圧変化を正確に検知するためにノイズを強く除去した検知用データと、正確な階層移動の期間を抽出するために波形の遅延や鈍化



(a) 階層移動発生時の検知



(b) 階層移動開始・終了点の探索

図 2 階層移動の抽出

Fig. 2 Floor movement extraction

を抑えて平滑化した抽出用データを用意する。

(2) 階層移動発生時の検知

天候変化による気圧変動の影響を排除し、階層移動時の気圧変化量のみを用いて階層推定を行うためには、気圧データの中から階層移動自体を抽出する必要がある。

図 2(a) に示すように、気圧変化量が一定の値を連続して一定時間を超えた時点で階層移動が発生したとして検知する。検知の条件に時間あたりの気圧変化量と連続観測時間を設けることにより、天候変動やノイズによる気圧変化での誤検知を排除する。

(3) 階層移動の抽出

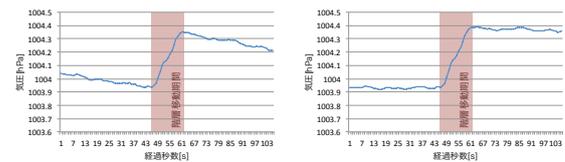
階層移動発生を検知した時点は、実際の階層移動による気圧変化が発生してしばらく経過した時点である。提案手法では図 2(b) に示すように、抽出用データの時間当たりの気圧変化量を観測し、階層移動検知時点前後の正負の変わり目を探索し、それぞれを階層移動の開始点・終了点とする。このようにして発見された階層移動開始点から終了点までの間を階層移動として抽出する。

(4) 抽出階層移動の補正

階層移動時の気圧データを調査した結果、階層移動時の気圧変化量を抽出する際に発生する誤差の要因として、ふたつの要因を発見した。以下で、誤差の要因とそれに対する補正手法を記述する。

● 階層移動中における天候変化による気圧変化

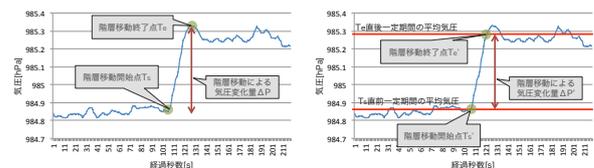
ひとつ目の要因は、天候変動による気圧変化である。海面気圧や海面温度などの変化が激しい場合、図 3(a) に示すように、標高に変化がなくとも気圧変化が発生する。この状況下では、階層移動による純粋な気圧変化量を抽出できない。これに対して、図 3(b) に示すよう



(a) オリジナルデータ (b) 補正後データ

図 3 天候変動による気圧変化に対する補正の適用

Fig. 3 Correction of dealing with weather change



(a) オリジナルデータ (b) 補正後データ

図 4 ノイズに対する補正の適用

Fig. 4 Correction of dealing with noise

に、階層移動直前における一定期間の気圧データを用いて回帰直線を求め、階層移動開始点を中心に気圧データから天候変動の影響を除去する。

● 階層移動前後と重なるノイズの発生

ふたつ目の要因は、観測される気圧データにおけるノイズの発生である。図 4(a) に示すように、階層移動の前後にノイズが発生することで、階層移動前後の階層における尤もらしい気圧値とは異なる時点で、階層移動の開始点・終了点を抽出してしまう。図 4(b) に示すように、階層移動前後一定期間のデータの平均値により各階層の尤もらしい気圧を算出することでノイズの影響を除去する。

(5) 抽出階層移動の確定

検知・抽出・補正の過程を経て、階層移動の抽出を確定する。抽出された階層移動は、階層移動開始点・終了点の時刻、階層移動による気圧変化量の情報を有する。

(6) 滞在階層推定

抽出された階層移動による気圧変化量と滞在建造物における各階層間の尤もらしい気圧変化量(基準値)とを比較することにより、階層移動によりどれだけの階層を移動したかを判断する。なお、基準値の算出については以下で別項目を設けて説明する。図 5 に具体的な流れを示した。推定された移動階層を、建造物の進入時から現在まで累積していくことで、現在階層を進入時点からの相対値で表すことができる。

基準値の算出

階層推定には、階層移動による気圧変化量に加え、滞在建造物における各階層間の気圧差、すなわち正解となる基準値が必要である。建造物によっては階層ごとで階層間の標高が違うこともあるため、各階層に合わせて基準値を算

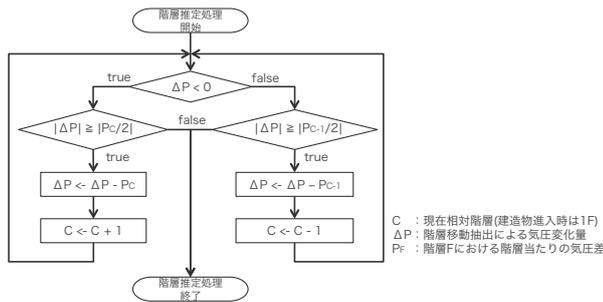


図 5 階層推定の流れ

Fig. 5 Flow of floor estimation

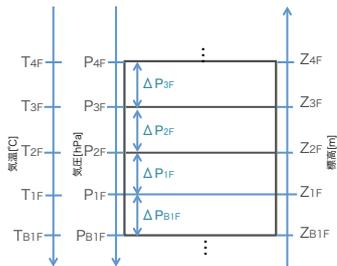


図 6 基準値の算出イメージ

Fig. 6 Image of the reference value calculation

表 2 各データソースにおける取得パラメータ

	取得できるパラメータ
標準大気	海面気圧 P_0 :1013.25[hPa], 海面気温 T_0 :288.15[K]
端末観測	現地気圧 P
気象台	海面気圧 P_0 , 現地気温 T (毎時 0 分に更新)

出する手法を採用する。図 6 に示したように、各階層における気圧が分かれば、基準値となる各階層間の気圧差を算出することができる。各階層 F における気圧 P_F は、海面気圧 P_0 ・各階層における気温 T_F ・各階層における標高 Z_F を用いて算出可能である (1 式)。

$$P_F = P_0 \left(1 - \frac{0.0065 Z_F}{T_F + 0.0065 Z_F + 273.15} \right)^{5.257} \quad (1)$$

海面気圧・現地気温はその時々によって変化するため、実際の環境に近いパラメータを用いることでより正しい基準値を算出できる。利用するパラメータのデータソースとしては、標準大気モデルやセンシングモバイルによる観測値、気象台による提供データなどが考えられる。表 2 に各データソースにおいて取得できるパラメータを示す。必要に応じて各種関係式 (2 式, 3 式, 4 式) を用いることで、取得データから海面気圧 P_0 ・各階層における気温 T_F を算出することができる。なお、 L は気温減率であり、標高 11km 以下の環境では -0.0065[K/m] という値を取る。

$$P_0 = \frac{P_F}{\left(1 - \frac{0.0065 Z_F}{T_F + 0.0065 Z_F + 273.15} \right)^{5.257}} \quad (2)$$

$$T_0 = T - LZ \quad (3)$$

$$T_F = T_0 + LZ_F \quad (4)$$

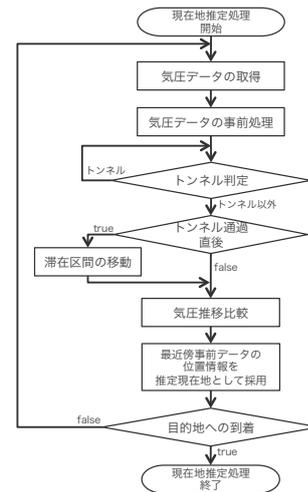


図 7 気圧推移比較を用いた現在地推定の流れ

Fig. 7 Flow of the current position estimation using a pressure

なお、センシングモバイルでは一般的に温度を計る機能を備えておらず、気温は標準大気に準拠するものとする。算出した各階層間の気圧の差分 ($P_{F+1} - P_F$) を取ることにより、基準値となる各階層間の気圧差 ΔP_F を計算する。

3.2 軌道上移動における気圧推移比較を用いた現在地推定

一日の屋外状態における行動の中には、通勤などの規則的な移動が存在していることがある。このような規則的な移動において、電車などの、歩行などに見られる後戻りを考慮する必要がなく、かつ、毎回同様の速度で進行する移動を本研究では**軌道上移動**と呼ぶ。移動に伴う標高の移り変わりが気圧に影響し、また、同一軌道上における移動では観測される気圧の推移は毎回非常に近い波形を示すことが分かっている。軌道上移動に関して、事前に取得しておいた気圧データの推移 (**事前気圧データ**) を学習しておくことによって、リアルタイムで観測される気圧の推移 (**観測気圧データ**) と事前に取得しておいた気圧値を比較することで、軌道上移動の気圧推移の中でどの部分に現在位置しているかの判定が可能である。また、事前に収集した気圧データに対して、その時点で取得された位置情報を紐付けることにより、気圧比較による現在地推定が可能であると考えられる。図 7 に軌道上移動における気圧値推移認識を用いた現在地推定の流れを示し、以下で各項目について詳しく述べる。

事前データの生成

(1) 気圧データの事前処理

気圧推移比較による位置推定を行うためには、事前にライフログセンシングにおいて収集しておいたデータを用いて、比較のための事前データを生成する必要がある。事前に収集した軌道上移動の気圧データに対して、スムージング処理を施した後、一定間隔でサンプリングする。スムージング処理とサンプリングによって、細かな



図 8 気圧推移 (事前データ)

Fig. 8 Transition of an air pressure (pre-data)



図 9 位置情報 (事前データ)

Fig. 9 Transition of positional data (pre-data)

ノイズの影響を低減する。

(2) トンネル区間の切り出し

軌道上移動の代表例である電車での移動においては、移動中にトンネルを通過する場合が想定される。図 8 の 9 時 20 分・9 時 25 分付近における観測された気圧データのように、トンネル進入時の気圧は急激な変化を示す。そこで、提案手法ではトンネル進入時の気圧変化が急である特徴に着目し、トンネルを抽出することにより気圧データの推移をトンネルを区切りとした区間に分ける (図 8)。これにより、事前データと観測データの気圧推移の比較を行う際に、トンネルをひとつの指標として利用することができる。

(3) 気圧データと位置情報との紐付け

上記の行程により生成された気圧データの推移 (図 8) に対して、同時刻に取得された位置情報 (図 9) を紐付けていく。観測気圧データとの比較の際に、特定の事前気圧データと一致した際に、その気圧データに紐づいた位置情報を比較時点における推定現在位置として利用する。なお、事前データを基にして現在地推測を行うために、事前データとして利用するデータは GPS 測位が良好なサンプルを選ぶ方が望ましい。

観測データと事前データの比較による現在地推測

(1) 気圧データの事前処理

現在地推定の際には気圧データを観測する度に、事前

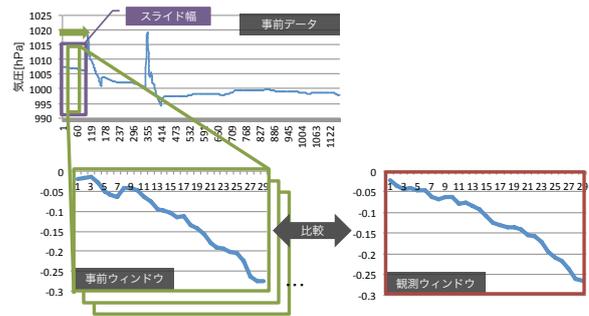


図 10 事前データと観測ウィンドウの比較イメージ

図 11 Comparison of observation window and pre-data

データ生成時と同様にスムージング処理と一定間隔のサンプリングを行う。

(2) トンネル区間の切り出し

観測気圧データに対しても事前データ生成時と同様にしてトンネルの認識を行う。トンネルにおける気圧変化は急であり、トンネル認識中には気圧推移の比較を実施しない。トンネル通過を認識した時点で、トンネル通過前のデータに関しては以降の比較対象から除外し、トンネル通過後の滞在区間のみのデータを用いた現在地推移を新たに開始する。これはトンネルの認識は必ず成功し、かつトンネル通過後にはトンネル通過前に戻ることは軌道上移動の特性上あり得ないためである。

(3) 事前データと観測データとの比較による位置推定

観測気圧データと事前気圧データを比較し、現時点の気圧推移は事前データにおけるどの時点の気圧推移にあたるのかを判定する。図 11 に示すように、一定幅のウィンドウを設け、観測データのウィンドウ (観測ウィンドウ) と事前データのウィンドウ (事前ウィンドウ) を比較することにより、ウィンドウ間の類似度を算出する。図 12 に示すように、同一インデックスの気圧値同士の減算の総和によってウィンドウ間の類似度を求める。事前データのウィンドウをずらし、観測ウィンドウと各事前ウィンドウ間で類似度を求め、最も類似度の高い事前ウィンドウを選出する。選出された事前気圧データに紐づいた位置情報を現在の推定位置として採用することで、気圧推移を用いた現在地推定を実現する。

比較対象気圧値の形式

比較する気圧値に関して、本研究では以下のふたつの形式を採用する。ひとつは過去の気圧推移を考慮せずウィンドウ内の始点を基準にしたもの (ウィンドウ内相対)、もうひとつは特定の時点での気圧値を基準にし現時点までの気圧推移の累積を考慮したもの (始点相対) である。図 13 にそれぞれのイメージを示す。ウィンドウ内相対は過去の気圧推移に依存せず、天候変動による気圧変化の影響が少なく済むことが期待される。一方で、始点相対は直近の特定の時点からの相対値を考慮することで、ウィンドウ内相対

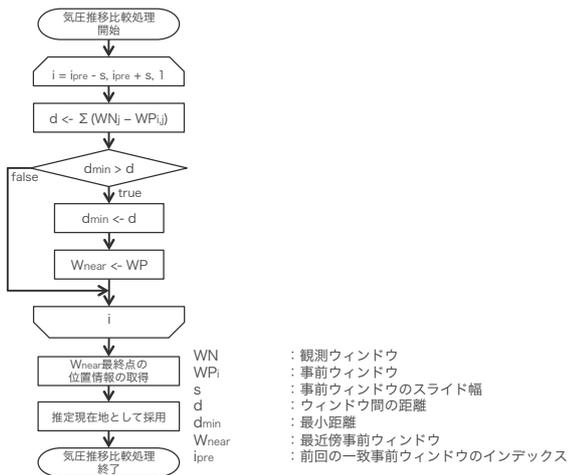


図 12 事前データと観測ウィンドウの比較の流れ
Fig. 12 Flow of comparison of each air pressure

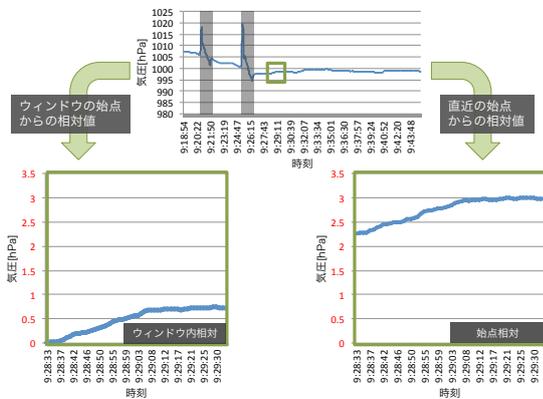


図 13 比較対象気圧値の形式
Fig. 13 Form of comparative value

では同様に見える波形においても、違いを判断できる場面があると期待される。なお、上述した「特定の時点」とは、現在地推定の開始点やトンネルの終了点を指し、各時点通過時にその時点を基準として据える。図 13 の例では後者のトンネルの通過時点からの相対値となっている。

4. 評価

4.1 滞在階層推定に関する評価

4.1.1 補正効果の検証

3.1 項で述べた補正手法に関して評価を行う。事前に収集したデータに対して、補正の有無それぞれで階層移動の抽出を行い、基準値との差を比較することで効果を確認する。データは研究棟 (階層当たりの標高差 4m) において、階段を用いて一階層分の階層移動を行った際に収集した。試行環境として、天候による気圧変動が顕著な場合とそうでない場合に大別し、環境ごとで各 4 回の階層移動を行った。図 14 に補正有無における結果を示す。

図 14(a) は気圧変動が顕著である場合における試行で、補正前後で大きく基準値との差が減少していることが確認

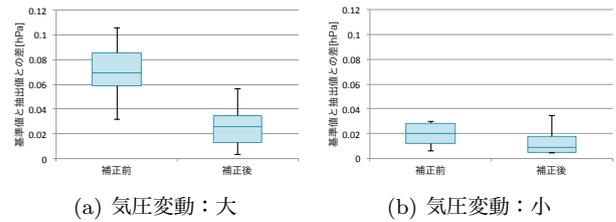


図 14 補正の効果

Fig. 14 Correction effect

表 3 建造物の環境

Table 3 Experiment environment

建造物	各階層の高さ	地上の標高
研究棟 (CC)	4.0m(1F~2F)	154.2m
	4.3m(3F~7F)	
	4.9m(2F~6F)	
大阪富国生命ビル (FS)	5.9m(1F)	0.4m
	4.1m(7F~14F)	
	4.2m(15F~19F)	
	4.2m(15F~19F)	

表 4 各試行の詳細

Table 4 Details of trial

試行の種類	建造物	移動階層	試行回数
時間帯別	CC	+1F	各時間帯 8 回ずつ
移動階層別	CC	+1F~+6F	各移動階層 6 回ずつ
移動階層：大	FS	+18F	3 回

できた。図 14(b) は気圧変動が小さい場合における試行で、補正の余地が少ないため補正前後での変化は小さいことが分かる。また、今回の実験では補正前と比べて最大値が大きくなったが、元より差が小さく階層推定への支障は極めて小さい。提案手法における階層推定のためには、実験環境では約 0.24hPa まで誤差を許容することができる。

4.1.2 階層移動抽出における階層推定のための誤差の評価

3.1 項で述べた階層推定手法に関して、抽出された階層移動における気圧変化量 (抽出値) と、正解の移動階層における基準値との差を比較することで階層移動抽出・階層推定の精度を確認する。また、各データソースを用いた基準値算出を比較し、基準値算出に用いるデータソースに関しても評価を行う。以下で、大きく 3 つのパターンに分けてそれぞれ階層移動を行い、抽出された気圧変化量と基準値との差を示す。評価実験を実施した建造物に関しては表 3 に、各試行パターンの詳細に関しては表 4 に示す。

● 時間帯別の階層推定

時間帯によらず階層推定が可能かどうかを確認するため試行を行った結果を、図 15 に示す。

● 移動階層別の階層推定

移動階層の度合いを変化させた階層移動における階層推定の可否と精度への影響の評価を行う。図 16 に各移動階層・各基準値における結果を示す。

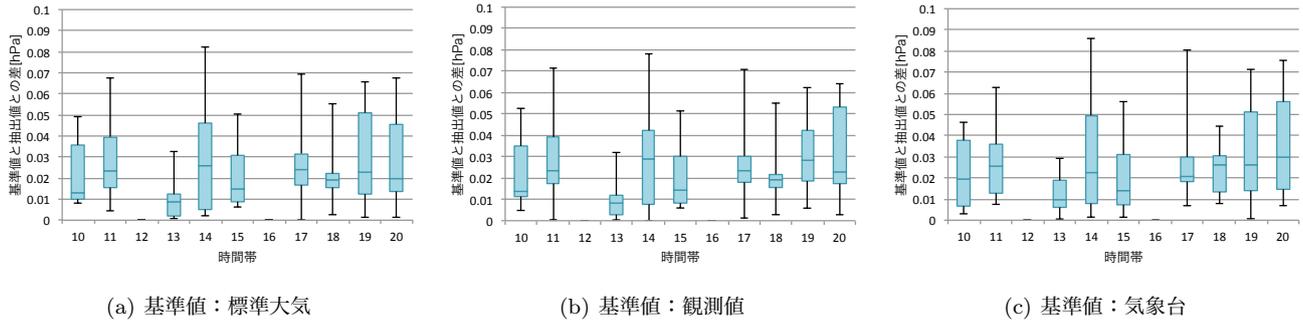


図 15 抽出値と基準値との差 (時間帯別)

Fig. 15 The difference between the reference and extraction value (each time)

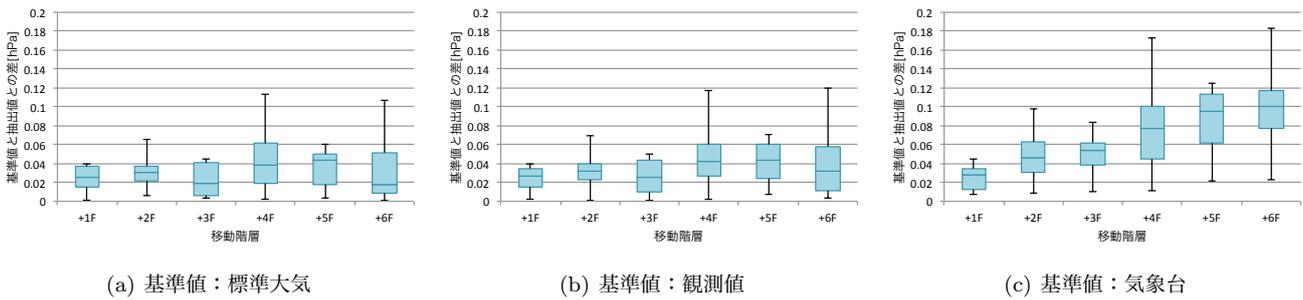


図 16 抽出値と基準値との差 (移動階層別)

Fig. 16 The difference between the reference and extraction value (each degree of floor)

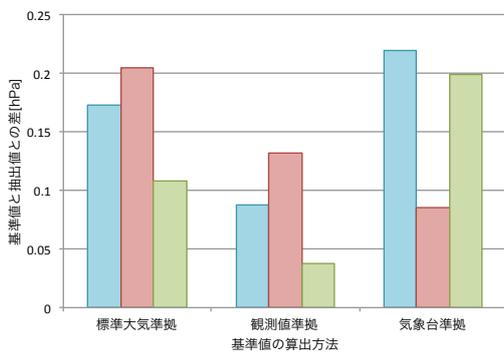


図 17 抽出値と基準値との差 (移動階層：大)

Fig. 17 The difference between the reference and extraction value (high degree of floor movement)

● 移動階層の度合いが大きい場合における階層推定

移動階層が大きい階層移動における階層推定の可否と精度への影響の評価を行う。抽出値と基準値による差の累積が大きくなるような階層移動の試行により、各基準値による階層移動の精度の確認が目的である。図 17 に各基準値算出方法における結果を示す。

各試行の結果より、すべての場合(最大移動階層+18F)において、抽出値と基準値との差が実験環境での許容誤差(約 0.24hPa)内に収まっており、正常に階層推定ができていくことが分かる。移動階層が大きくなった際には、特に気象台準拠による基準値の場合には差が大きくなることを

確認した。気象台による観測気温が屋内環境での気温と乖離しており、移動階層の度合いが大きくなるごとに本来の気圧変化量との誤差が累積されたためだと考えられる。誤差が顕著に現れる移動階層の度合いの大きな階層推定において、観測値準拠による基準値を利用した結果が最も良い結果となった。これは、屋内環境における気温が標準大気モデルに近いこと、端末で観測された気圧によって実環境に近い海面気圧を適用できているためだと思う。これらの結果より、屋内における階層推定には観測値準拠の基準値算出が適していると考えられる。

図 18 に、観測値準拠による基準値を利用した場合における、階層移動時の標高変化増加に伴う誤差増加の推測を示す。推定最大誤差の直線式は、試行結果から観測された移動階層増加に伴う誤差の中央値の増加を傾きに、観測された誤差最大値と中央値までの差を切片にした式によって算出している。図 18 より、今回の実験結果に基づくと、一度の階層移動にあたって、階層当たり 4m の建造物(許容誤差：約 0.24hPa)であれば約 53 階(約 212m)までの階層推定が可能である見込みが得られた。建造物の高さが 200m を超す建造物は日本では数が限られており、本手法を用いることで大半の建造物において階層推定ができると考えられる。階層推定の性能は気圧センサの精度が大きく影響しているため、センサの性能が良くなれば、本手法を用いてさらに精度の高い階層推定が可能になると期待される。

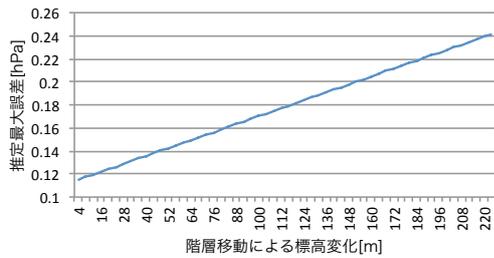
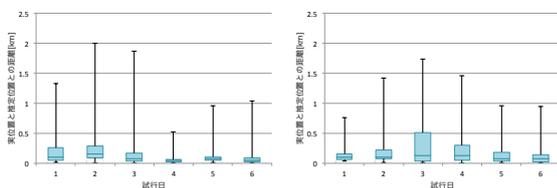


図 18 推定最大誤差

Fig. 18 Estimation of the maximum error

表 5 踊り場での滞在時間と個々の階層移動の認識率
Table 5 Recognition rate of each floor movement

踊り場での滞在時間	9s	8s	7s	6s	5s	4s
階層移動の認識率	100%	90%	80%	70%	40%	0%



(a) 比較手法：過去非依存 (b) 比較手法：過去依存

図 19 推定位置と実位置との距離

Fig. 19 Distance between the estimated and actual position

4.1.3 階層移動認識の粒度の検証

提案手法では、時間当たりの気圧変化量を観測することで階層移動を認識し、階層移動の端点の抽出には時間当たりの気圧変化量の正負の変わり目を利用している。利用する気圧データはスムージング処理により波形が平滑化されているため、細粒度で見ると複数の階層移動であっても、ひとつの階層移動として認識される場合がある。ここでは、階段を用いた階層移動を行い、踊り場での滞在時間を変えることにより、提案手法において個々の階層移動を認識するために必要な時間の検証を行う。表 5 に示した検証結果より、踊り場での滞在が 9 秒以上になれば、分離した階層移動として認識できることが分かった。

4.2 軌道上移動における現在地推定に関する評価

3.2 項で述べた現在地推定手法の精度について評価する。本評価では、電車を用いた京都駅から南草津駅までの軌道上移動時のデータを一週間分を用いた。一日分を事前データに、残りを観測データとして、合計六回の軌道上移動における気圧推移比較による現在地推定を実施する。推定された位置情報と同時刻に取得された GPS 測位による位置情報との距離を比較し、提案手法の推定位置の精度を評価する。図 19 に、各試行における推定位置と GPS 測位による位置情報との差を示す。図 19 より、各試行において

全体の 75% の推定結果は誤差 0.5km 未満に収まっており、位置情報取得の一手法として気圧のみを用いた位置推定が有用であることを確認した。本来同一である区間とは別の区間における事前データと観測データが類似していると誤判定されたため、推定位置が本来の位置と大きく離れてしまったことが確認された。誤判定の原因として、気圧変化が乏しく波形に特徴が見られなかった区間、試行時の環境による気圧変化量の違いによる原因が多く見られた。

5. おわりに

本稿では、屋内状態における階層推定を用いた屋内滞在認識、及び、屋外状態における軌道上移動の気圧推移比較を用いた現在地推定を提案した。屋内状態における急激な気圧変化は階層移動に起因することに着目し、気圧値の観測による階層推定手法を提案した。一方で、屋外状態における軌道上の移動に関しては、同一軌道上の移動において、毎回同様の気圧推移が観測されるということに着目し、気圧推移比較による現在地推定手法を提案した。評価の結果として、+18 階分の階層移動においても正常に階層推定が行えていることを確認した。一方で、軌道上の移動では、推定結果の 75% において、推定位置と GPS 測位による位置との距離が 0.5km 以内で推定できていることを確認した。

今後は、より悪環境での階層推定の性能調査を行う。また、軌道上移動の位置推定に関しては比較アルゴリズムに高度なものを採用することにより精度を向上させていきたい。同時に、様々な場面でも気圧を用いた位置推定を実施できるよう手法の改良に取り組んでいきたい。

謝辞 本研究の一部は総務省の「戦略的情報通信研究開発推進制度 (SCOPE)」(受付番号 132307011) の支援を受けて実施された。

参考文献

- [1] 並木渉, 市野将嗣, 笠原弘樹, 吉井英樹, 吉浦裕: スマートフォンの気圧センサと気象情報を用いた高度推定手法, マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO 2013) シンポジウム (2013).
- [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, 電子情報通信学会技術研究報告. MoMuC, モバイルマルチメディア通信 (2011).
- [3] 五百蔵重典, 鈴木孝幸, 田中博: スマートフォン内蔵センサを用いた複数フロアデッドレコニング, マルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO 2013) シンポジウム (2013).
- [4] 森下功啓, 三田長久: 衛星測位の補間のための気圧高度履歴に基づく移動経路推定, Journal of the Institute of Positioning, Navigation and Timing of Japan (2013).
- [5] 岩波慶一郎, 新井イスマイル: 気圧センサ値と数値標高モデルを用いた移動経路推定手法の提案と評価, 電子情報通信学会技術研究報告 信学技報 (2013).