

# 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

岩波 慶一郎<sup>1</sup> 新井 イスマイル<sup>1</sup>

**概要：**多数のセンサを搭載したスマートフォンが普及するにしたがって、位置の遷移、移動速度、購買履歴などの個人データを記録するライフログの収集が注目されており、特に移動軌跡に関しては旅行などの外出記録を始め、ダイレクト・マーケティングなどに活用出来る為情報として高い価値を持つ。しかし、スマートフォン上での移動経路のライフログ収集は消費電力の関係上、未だ GPS の常時ロギングが困難である。本研究では、GPS よりも省電力な気圧センサに着目し、気圧変化と高度変化の関係より標高データとマッチングし、候補ルートデータの標高変化と実際の高度変化から通ったと思われるルートを特定し GPS 測位点間を補間する手法を提案する。提案手法を実装し評価を行った所、比較的高度変化に富む経路においては経路判定が行えるという結果が得られた。

**キーワード：**移動軌跡、ライフログ、気圧、標高データ、センサデータ解析

## 1. はじめに

近年、GPS による受信機、加速度センサや地磁気センサなど多数のセンサを用いてユーザの行動履歴を記録するライフログ収集が盛んに研究されている。ライフログを収集し、ユーザ個人の行動を記録、傾向を解析することでユーザ個人に対して最適化されたサービスを提供するダイレクトマーケティングやユーザ個人の行動推定、医療データとしての活用といった種々の利用が見込まれている。しかし、ライフログ収集のために、専用のセンサ類をユーザの体に固定するなどの必要が生じた場合、これはユーザのストレスとなる。一方で、ここ数年に渡りスマートフォンを日常的に持ち歩く事が一般的になりつつある。スマートフォンは前述したライフログ収集に活用できる多数のセンサを内蔵しており、このセンサを活用することでユーザがライフログ収集の為に専用の機器を身につけたり、多数の作業を義務的にこなす必要を軽減することが出来る。つまり、ユーザは日常生活の延長線上でライフログ収集を行うことが可能な環境が構築されつつあると言える。

また、ライフログ収集において大きな一角を占めるのがユーザの移動した経路の記録である。現在主流となっている手法は、GPS による受信機を用いたものである。この手

法は、受信機によって得たユーザの現在位置を全取得し、それをつなぎ合わせることでユーザの移動した経路を記録する。

このような移動経路記録手法はカーナビゲーションシステムなどに広く使われている一方で、受信機が現在地の確率推定演算を繰り返すため、機器の消費電力が増大する事が問題点としてあげられる。スマートフォンの場合はバッテリー容量が小さい。加えて、携帯端末上でユーザは多数の作業を同時に行うため、結果的に電池消費が激しく、一日の途中で電池切れとなるケースも多く、ライフログ収集の短期化を招く。よって、できるだけ省電力な移動経路記録手法を検討する必要がある。そこで、受信機によってユーザの位置を恒常的に記録し続けるのではなく、一定の間隔を設けて受信機を使用し、それ以外の場合は受信機の電源を切ることで消費電力を抑える。また、G 受信機を連続使用して得た記録に対して間引かれた形となる為、それを補間する為に移動経路の推定を行なうことも合わせて考える必要がある。

本研究ではスマートフォンを用いてできるだけ省電力に移動経路を記録する事を目的とする。現状、GPS による受信機の使用を抑えてその間を補間する位置推定手法には無線 LAN 測位 [2] や、電波を飛ばさない加速度センサやジャイロセンサ、地磁気センサなどのセンサ群を用いたデッドレコニング [7] と言ったものが一般に知られているが、前者は無線 LAN 基地局の数が少ない場所では測定精度が悪く

<sup>1</sup> 明石工業高等専門学校 電気情報工学科, Department of Electrical and Computer Engineering, Akashi National College of Technology

なり、後者は演算時の蓄積誤差が大きくなり、歩行や走行など移動の多様性に対応しきれていないという問題がある。そこで、気圧センサと数値標高モデルを用いた手法に着目する。気圧センサによって気圧の相対変化を取得し、そこから相対高度の変化を得ることによって高度を基準として移動経路を記録する手法が存在している [5]。そこで、この手法を参考に省電力かつ推定精度の良い移動経路推定を開発することを最終的な目標とした。

以降 2 章で移動経路の記録についての関連研究についてまとめ、3 章にて気圧センサと数値標高モデルを用いた移動経路推定手法を提案し、基本的なシステム案の構築と必要となる基礎調査を行い、4 章にて実験の考察、5 章で本論文をまとめる。

## 2. 関連研究

主な移動経路の記録手法として広く知られ、用いられているのが GPS(Global Positioning System)[1] を用いた手法である。GPS の測位精度は民生用の一般的な GPS ロガーなどで誤差 10m 以内であるとされ、高精度な測位を行うことが出来、移動経路の記録も高精度で行える。一方で、GPS は衛星からの信号を受け取れない場合でも電波の受信を試みるため、常時電源を入れていると消費電力の増大を招く。一般的に省電力であると言われる GPS ロガーの消費電力も 25mW 程度と他のセンサ類に比べると比較的大きいため、スマートフォンなど携帯端末で用いる場合にはバッテリーの消費間隔の短期化を招く。よって、不要な場合は GPS 機能をオフにしているユーザが多く、連続使用が期待できない。

受信機の電力消費の問題を補う測位手法として無線 LAN 測位 [2] が存在する。これは、携帯端末が受信した無線 LAN 基地局観測情報 (電波がどの基地局から発信されたものか、電波の強度はどのようなものか、と言った要素) から現在の位置関係を推定する手法で PC やゲーム機のアプリなどで広く利用されており、PlaceEngine[2] などが一般的に有名である。この無線 LAN 測位によって推定された位置の遷移を直線的に結ぶことで移動経路の推定表示を行う手法も存在し、これを小型携帯端末に用いた移動経路推定に関する研究も存在する [3]。この研究では携帯端末を通常スリープ状態にし、電力消費を抑えながら一定時間ごとに無線 LAN 基地局観測情報のログを取り、後で無線 LAN 基地局データベースとマッチングさせて移動経路推定を行っている。リアルタイムで現在位置を確認することは出来ないが、携帯端末を用いて約二日という長期間にわたってユーザの移動経路取得を可能としている。一方で、これらの手法は無線 LAN 基地局の絶対数が少ない地域では活用しにくいという難点がある。また、使用開始前には無線 LAN 基地局情報が必要な為、データベースの更新が頻繁に必要な。この更新が滞った場合、無線 LAN 基地局が

移動するとデータベースに記された情報との齟齬が生じ、それを原因として大きな測位誤差が発生する。

デッドレコニングは、絶対測位で求められた複数の点の間を補間する為に用いられ、最後に得られた絶対測位の結果を基に、電波を発しない省電力なジャイロセンサや加速度センサ、地磁気センサなどで収集したセンサデータによって計算を行い、移動経路を推定する [4]。移動を行った始点と終点さえ判明すれば後はセンサデータによる導出で経路が推定できるため、GPS 使用頻度を軽減することにつながり、消費電力が少ない。しかし、デッドレコニングでは地磁気センサによる方位推定が外乱による影響を受けやすい事や、歩幅と歩数の推定における誤差によって移動距離の推定に問題があり、また、歩行や車両での移動など移動方法の多様化に未対応である。そのため、現状ではカーナビゲーションシステムにおける GPS による測位が行えない場合の補間や、GPS の誤差を補正するといった補助的な使用に留まっている。

### 2.1 気圧センサを用いた測位と補正

GPS 衛星は、その発する信号に自身の座標情報 (緯度、経路、高度) を含んでいるが、緯度経度に比べて高度情報は各 GPS 衛星ごとに差が少ない。よって計算の際に高度導出に対して精度が悪くなり、水平方向誤差の約 1.5 倍となる高度測定誤差が観測される。これを気圧センサによる測定で得た相対的な高度情報によって補正する手法があり [8]、一般に航空機や登山用 GPS ロガーなどで用いられている。また、これとは逆に GPS による高度測定を気圧高度計の誤差補正に用いる研究も行われている [9]。このように、気圧計と GPS による高度補正は相互に行うことが出来る。このことから、気圧センサ値を基にして GPS による消費電力の問題を解決するため、受信機による測位を補助的な役割とし、移動経路を推定する研究が存在する [5]。この森下らの手法では、測定エリアの付近に設置箇所の高度が既知な固定局と呼ばれる基準気圧を測定する場所を設け、測定した基準気圧と気圧センサで得た気圧を比較、高度を算出する。算出した高度情報を測定エリアの数値標高モデルとマッチングして最終的に移動経路を推定する手法である。しかし、この手法では固定局を設置するという制約があり、設定した測定エリアから大きく逸脱した場所での測定が出来ない。また、この問題を解決し広大なエリアでの測定を可能とする方法として固定局を増設する事は、必要となる固定局の数から考えても現実的ではない。

## 3. 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

2 章で紹介した森下らの手法 [5] における固定局による基準気圧観測が必要な問題を解消し、気圧センサを用いて GPS データ間を補間し、移動経路記録を省電力化すること

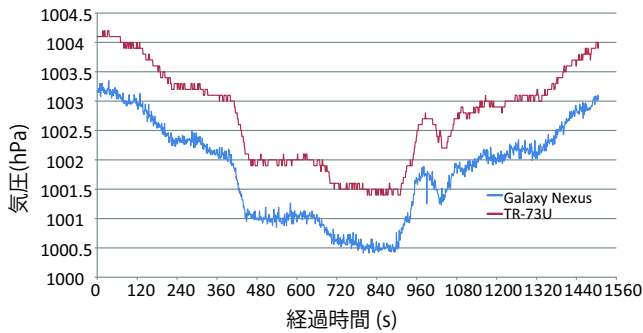


図 1 経路測定中の気圧変化イメージ

を本研究の目的とする。以降 3.1 節に固定局を解消するための提案手法の概要について触れ、3.2 節に今回の提案手法の動作内容、3.3 節で提案手法で行う具体的な処理について述べる。

### 3.1 提案手法

固定局の制約を解消するには固定局を設置せずして現地気圧を求める事が必要であるが、案として気象庁から公開されている気象情報を用いる事が考えられる。各都道府県数カ所に設置された気圧観測点により、観測された日本の気圧情報は随時公開されている。最新の気圧情報は、一時間ごとに更新され、過去一時間の物が各気象台より公開されている。しかし、この手法では気象台の設置されている地域では比較的精度良く公開された気圧データを基準気圧として用いることができるが、一方で気象台から離れるごとに気圧値は当然ながら変化する。また、気圧値は天候、現地の地形などの情報に左右されるが、公開されている気圧データ数では、これをカバーしきれない。また、過去の調査より統一された気圧センサを搭載されていない携帯端末には、測定される気圧値に個体差が存在することが確認されている [10]。[10] より一例を取り上げる。

図 1 に示したのは、それぞれティアンドデイ株式会社製の気圧ロガー TR-73U(最小単位 0.1hPa) とサムスン電子製 Galaxy Nexus(最小単位 0.01hPa) を同時に利用した時の気圧の変化である。図 1 から分かる通り、二つの気圧センサ値には約 1.0hPa の差が存在しており、これは約 8.0m 分の誤差に相当する [10]。このような個体差を許容してしまうと、測定結果において小さくない誤差が発生すると考えられる為、固定局の気圧値と比較して絶対的な高度を得ることは困難である。一方で、携帯端末に搭載された気圧センサ値と標高の変化の軌跡が相似していることも確認されている。

森下らの研究でも用いられた数値標高モデルは、図 2 のように 5m メッシュで高度が記録されている。図 2 に示したように JR 魚住駅周辺を歩いた時に得られた座標情報を数値標高モデルと照らし合わせて標高の変化軌跡を取得し、その時の気圧変化の軌跡と比べたものが図 3 である。

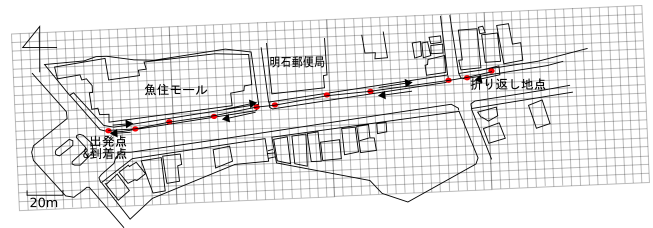


図 2 JR 魚住駅周辺における数値標高モデルのメッシュイメージ

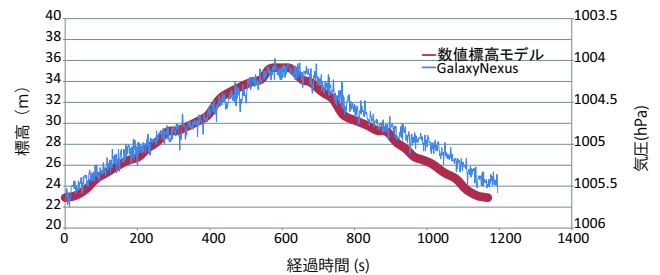


図 3 標高変化軌跡と気圧変化軌跡の比較

この図 3 より、二つの軌跡には相関関係があることが分かるため、気圧変化から標高変化を求めることが確認できる。これらを踏まえて、次節で提案手法を述べる。

### 3.2 提案手法の動作

移動経路における始点を GPS によって取得し、この時の気圧センサ値を始点 GPS 値と対応付け、基準気圧として設定する。こうすることで、各端末固有の基準気圧を持たせる。始点を記録後は気圧センサのみを駆動させて気圧値の変化を連続的に記録する。一定時間経過後、GPS を再び駆動させて現在位置を取得、これを移動における終点として設定する。数値標高モデルを参照し、始点座標に対応する標高値を取得する。始点の標高と移動中に記録された気圧の変化から算出して、移動における高度変化を求める。始点と終点間において考え得るルートの候補はルートデータとして与えられ、それぞれのルートについての高度変化を数値標高モデルから得る。始点から終点に至るまでのルートが列挙出来、その中で実際に通ったルートが推定出来れば始点と終点間の位置遷移を特定できる。そこで、候補となるルートそれぞれが描くであろう高度変化と、移動中に実際に観測された高度変化を比較し、合致する物を移動した経路として確定させる。

### 3.3 提案手法における各処理

データの流れを図 4 にして示し、提案手法がどのような動作を行うかについて以下に述べる。

図 4 に描かれたようなデータロギングを被験者は携帯端末で行なっているとす。単位時間ごとに、携帯端末は気圧センサ値を常時記録し続けており、加えて、一定の間隔で電源の ON/OFF が切り替わる GPS によって GPS 測位点が一定の間隔で得られる。測定開始からある時間経

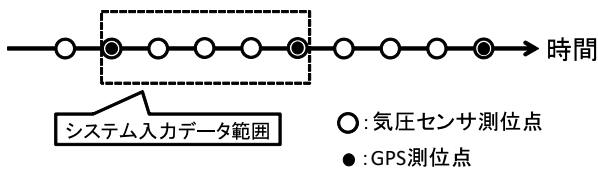


図 4 ログ中のデータ取得イメージ

過して GPS 測位点が得られた時，その GPS 測位点及び一つ前の GPS 測位点，二点が記録されるまでの間の気圧センサ値がシステムに入力されるデータ範囲である．また，二つの GPS 測位点に関して時間軸で見て古い方を始点，新しい方を終点とみなす．これらデータのシステム上での流れを図 5 に示し，各動作の説明を次項に述べる．

### 3.3.1 高度変化ログの導出

図 5 における上段のデータの流れについて述べる．始点が入力されることで，始点の座標で数値標高モデルを参照し始点の高度を得る．始点の座標が観測された時刻を時刻 0 として，移動中のある時刻  $n$  における標高値を  $H_n$  とする． $H_n$  の標高値と気圧センサ値から移動中の各時刻  $n+1$  の標高値  $H_{n+1}$  を求めるには，式 (1) で，相対高度導出を行い， $H_n$  との相対高度の変化  $\Delta z$  を求める．(1) 式における  $T_f$  は現地気温， $\gamma$  は気温減率 [K/m]， $g$  は重力加速度 [ $m/s^2$ ]， $R$  は空気の気体定数 [J/kgK]， $P$  は各時刻  $n+1$  の気圧， $P_f$  は時刻  $n$  の気圧である．求められた  $\Delta z$  と一つ前の時刻における標高値  $H_n$  より，式 (2) を用いて  $H_{n+1}$  が推定される．また，相対高度を導出する式 (1) は，関連研究で述べた森下らの手法 [5] で用いられている物である．

$$\Delta z = \frac{T_f}{\gamma} \left( 1 - \left( \frac{P}{P_f} \right)^{\frac{R\gamma}{g}} \right) \quad (1)$$

$$H_{n+1} = H_n + \Delta z \quad (2)$$

また，相対高度導出で用いた気圧センサ値は気圧センサ特性の調査 [10] によって度々スパイク値が現れる事が確認できているので，相対高度の導出を行う前にスパイクを除去する為，気圧データに対してフィルタ処理を行う．フィルタ処理は，測定された気圧データ  $a_n$  に対して，フィルタ処理後のデータを  $b_n$ ，定数  $A(0 \leq A \leq 1)$  とすると，式 3 の様に定められる．

$$b_{n+1} = Ab_n + (1 - A)a_{n+1} \quad (3)$$

### 3.3.2 候補ルートの高度変化ログの導出

図 5 における下段のデータの流れについて述べる．始点と終点が定めれば，二点間の座標よりルート生成処理を行う．歩道ネットワークデータから，始点から終点までに通るはずの座標を存在するルートごとに列挙する．この時，GPS 座標の補間間隔は最小 5m 以下でなければならず，5m 以上の間隔で補間を行うと候補ルートの高度変化ログを導

出するときに数値標高モデルの該当するセルが欠落する恐れがある．本実験では経験的に得た適当な値として 1m 間隔で補間を行なっている．候補ルートの補間が行えたら，候補ルートの各補間データに対応した高度を数値標高モデルと照合して導出する．これが始点，終点間においてそれぞれの候補ルートの高度変化ログである．

### 3.3.3 高度変化ログの比較

候補ルートの高度変化ログと，測定者の高度変化ログが測定データによって得られた所で，その比較を行う．被験者の高度変化ログと各候補ルートの高度変化ログを標本数をスケールした上で比較し，それぞれについて誤差二乗和を導出する．誤差二乗和が最も少ない高度変化ログと候補ルートの高度変化ログの組み合わせが即ち最も測定者の実際の経路に近いとみなし，それを経路推定結果とする．

## 4. 実験

### 4.1 実験の概要

前章で述べたようなシステムを構築し，実験を行った．実験の概要について述べる．実験は，提案手法で実際にルートが正しく推定できるかどうかを確かめた．また，測定エリアは設定した始点と終点間までの距離が 500m 以内，歩行時間に換算しておおよそ 5 分以内であることを満たすルートを設定して測定を行った．測定機材はサムスン電子製 Galaxy Nexus 及び LG 電子製 Nexus4 の二端末を用いた．設定したエリアを図 6 に示す．

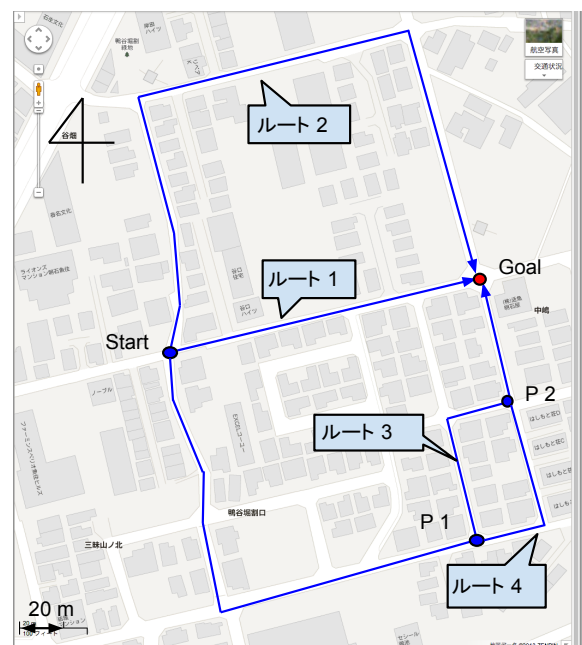


図 6 実験エリア

図 6 に示したエリアは，住宅街に位置し，高低差が最大 3m となるような坂道を持つ緩やかな坂道が続くエリアである．エリアの特徴として歩道が区画整備されており，標高変化の違いが分かりやすい道が存在する．図 6 中のルー

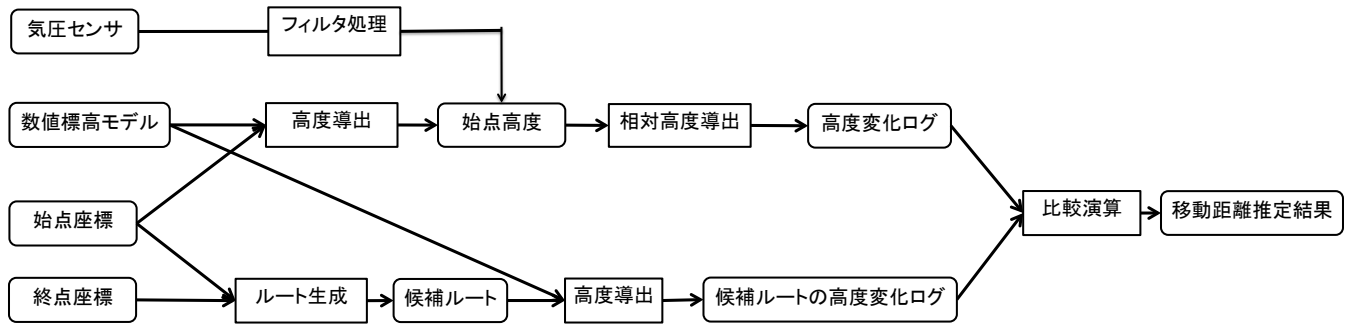


図 5 データの流れ

表 1 ルート 1 を歩いた時の測定データの誤差二乗和 (m)

測定データ との比較対象	標高の誤差二乗和			
	GalaxyNexus		Nexus4	
	一回目	二回目	一回目	二回目
ルート 1	138.14	72.809	40.57	35.37
ルート 2	79.17	40.62	81.17	63.97
ルート 3	196.2	145.2	49.08	69.91
ルート 4	199.0	122.1	51.56	72.79
成功判定	失敗	失敗	成功	成功

表 2 ルート 2 を歩いた時の測定データの誤差二乗和 (m)

測定データ との比較対象	標高の誤差二乗和			
	GalaxyNexus		Nexus4	
	一回目	二回目	一回目	二回目
ルート 1	126.3	96.34	72.14	156.1
ルート 2	71.63.1	49.65	85.63	101.8
ルート 3	164.3	111.4	48.67	205.5
ルート 4	167.1	114.5	51.08	208.4
成功判定	成功	成功	失敗	成功

ト 1 は勾配を感じない程度の坂道であり、ルート 2 は標高が一度上がり、それからも上下に標高の変化が続く。ルート 3、及びルート 4 は標高が一度下がり、短距離で再び戻った後は平坦に近い道が続く。また、ルート 3 とルート 4 は本実験エリアにおける始点である Start から P1 までは共通の移動経路を通り、P1 でわかれ、P2 以降再び同じ移動経路を通る。各ルートは共通して Start から Goal までの間を進み携帯端末でロギングを行うものとする。今回は各ルートに対して同時に Galaxy Nexus と Nexus4 の二端末でデータを取りながら 2 回ずつ測定した。この計 16 つのログについての実験結果を述べる。次に、各ルートを歩いた時の携帯端末の測定データをシステムに与えて導出した測定データと候補ルートの標高ログを比べた誤差二乗和を表 1、表 2、表 3、表 4 にして示す。また、各表において誤差二乗和がもっとも小さい数値を得た時の比較対象であったルートが、通ったルートと同じルートであれば経路判定成功、そうでなければ失敗という評価を下している。例えば、表 1 において Galaxy Nexus による測定値と各ルートの誤差二乗和を求めると、ルート 2 と比較時に最も最小のものが得られるが、実際に通ったルートはルート 1 なので一致しない。よって判定は失敗であると言う評価が表 1 中に示されている。また、各ルートの判別過程において一例をあげ、グラフにして図 7、図 8、図 9、図 10 に標高軌跡を示す。

表 3 ルート 3 を歩いた時の測定データの誤差二乗和 (m)

測定データ との比較対象	標高の誤差二乗和			
	GalaxyNexus		Nexus4	
	一回目	二回目	一回目	二回目
ルート 1	54.72	55.32	111.2	93.90
ルート 2	90.48	120.5	174.1	155.8
ルート 3	50.35	34.03	55.81	48.0
ルート 4	52.19	34.07	53.05	45.45
成功判定	成功	成功	失敗	失敗

表 4 ルート 4 を歩いた時の測定データの誤差二乗和 (m)

測定データ との比較対象	標高の誤差二乗和			
	GalaxyNexus		Nexus4	
	一回目	二回目	一回目	二回目
ルート 1	54.72	55.32	111.2	93.90
ルート 2	100.7	156.2	174.1	73.92
ルート 3	50.35	34.03	55.81	48.0
ルート 4	34.18	37.84	53.05	64.70
成功判定	失敗	成功	成功	失敗

よって行った判別が成功している事が分かる。図 7 を見ると、Nexus4 が Galaxy Nexus よりも小さい標高値を軌跡として描いているのが分かる。つまり、測定中には Nexus4 が Galaxy Nexus に対して高い気圧値を観測し続けていたと推測出来る。測定における個体差が存在することは 3 で既に述べており、絶対値ではなく各端末での相対的な気圧変化から相対的な高度変化を求める形で本提案手法は構築した。しかし、各端末間には絶対的な気圧値測定における個体差だけでなく、標高差の変化に対して起きる相対的な気圧変化にも個体差が存在することが本実験によって明らかになり、その個体差において判別が上手く行えた端末と

#### 4.2 ルート 1 に関する考察

ルート 1 は、実験結果に示した表 1 の通り、Galaxy Nexus で測定したデータに関して判定が上手く行かず、Nexus4 に

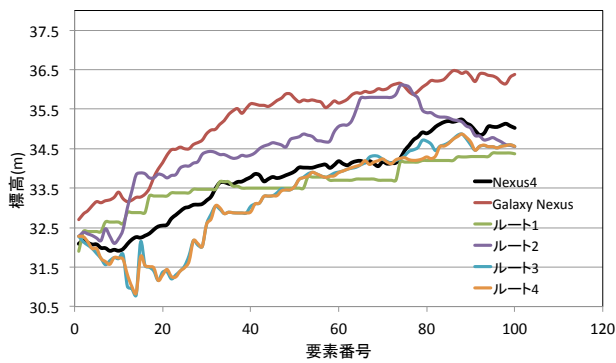


図 7 ルート 1 を歩いた時の測定値とルート候補の比較

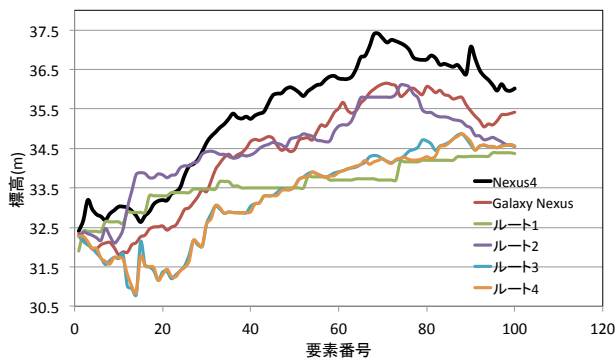


図 8 ルート 2 を歩いた時の測定値とルート候補の比較

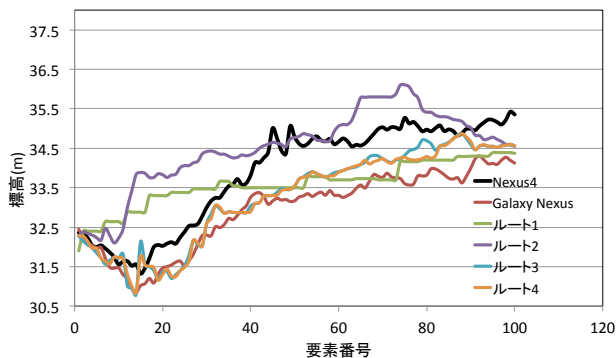


図 9 ルート 3 を歩いた時の測定値とルート候補の比較

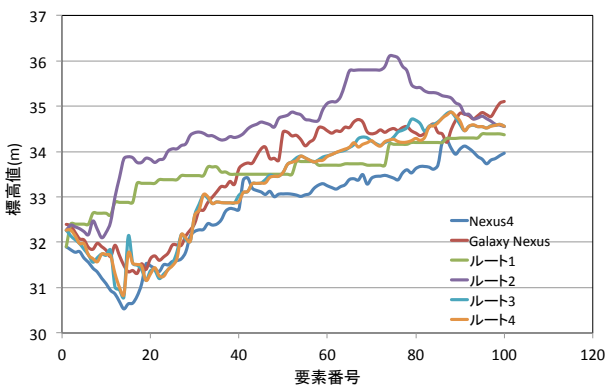


図 10 ルート 4 を歩いた時の測定値とルート候補の比較

行えなかった端末に分かれてしまった。また、ルート 1 を正しく判別出来ているのは Nexus4 の方なのでこのルートに限って言えば Nexus4 の方が判定制度が高い端末であり、実際にルート 1 と Nexus4 の標高軌跡を比べてみれば、近い値を求めることが出来ている。

#### 4.3 ルート 2 に関する考察

表 2 に、ルート 2 を移動した際の各端末の測定値より推定された標高値ログと、各候補ルート標高を比べた値を示す。設定した 4 つのルートの内、推定が上手く行えたのがルート 2 であった。この時の標高値の変化を図 8 に示している。Galaxy Nexus, Nexus4 の気圧センサ値から得られた標高変化軌跡が、実際に通ったルート 2 と似た特徴量を持って現れている。設定したルートの内、標高の変化における特徴が比較的大きく、気圧センサで測定を行いながらルート歩いた際も大きく気圧センサ値が変化していた。そのため、ルート 2 に関しては推定が精度よく行われたといえる。また、ルート 1 で述べたような個体差を原因とする測定結果の違いだが、ルート 2 においては Galaxy Nexus のほうが正しく気圧を測定出来ると言える。

#### 4.4 ルート 3 に関する考察

表 3 に、ルート 3 を移動した際の各端末の測定値より推定された標高値ログと、各候補ルート標高を比べた値を示す。また、図 9 には各端末測定値の標高変化と、候補ルートの軌跡が示されている。ルート 3 に対しては、候補ルート 4 と共通部分が多い事は事前に判明していたが、ルート 3 における判定でルート 3 以外の判定結果が出てきた場合、ルート 4 である事が多かった。また、Galaxy Nexus がルート 3 においても上手く判別が行えているが、この時の誤差二乗和の値は他のルート判別に比べて僅差で行われており、必ずしも判定出来るわけではない事が考えられる。

#### 4.5 ルート 4 に関する考察

表 4 にルート 4 を移動した際の各端末の測定値より推定された標高値ログと、各候補ルート標高を比べた値を示す。ルート 4 を測定時には一方の端末で判別が成功すると、もう一方の端末で判別が失敗するという現象が起こった。この時の候補ルートの標高ログと各端末の測定データより求めた標高ログを図 10 に示す。図 10 より、ルート 4 の候補ルートの標高ログに対して、Nexus4 の標高ログの値はやや低く見積もられて算出されている。対照的に、Galaxy Nexus から求めた標高ログとくらべてみると、ルート 4 の標高ログに対してやや高く見積もられて算出されている。この Nexus4 と Galaxy Nexus の算出誤差の幅については符号こそ違うもののほぼ同じ値であり、気圧センサ値の差が二つの端末に対照的に出た事で片方が判別成功した時には片方が判別失敗というような結果が得られたと考えられ

る。また、ルート3と同じく、ルート4の判別に際しても、誤差二乗和の差が他のルートと比べてかなり小さい。これらの結果より、ルート3もしくはルート4を通った測定例では、他の候補ルート1、ルート2と比較する時と比べて判別結果に結びつくような誤差の値を得づらかったと思われる。

具体的には、実際に通ったルートでの標高差と、候補ルートごとの標高の差を判定要素としているわけだが、ルートの多くの部分を共通した道が占めるルート同士での判別は、多くの部分で標高差を得られない為、判定が混同する。この事より、重複部分の多いルート同士の判別に関しては提案した手法だけでなく、新たな評価指針を取り入れて判別を行う必要性が考えられる。ルート3の判別に関しては、Galaxy Nexusを用いた経路判定が成功であるとの結果が得られたが、計二回目の測定で得られた誤差二乗和などには殆ど差がなく、外乱などの要因も考えると判定に確実性を期待することは出来ない。

#### 4.6 課題と解決可能性について

本研究では、省電力なGPS補間を通して移動経路推定の消費電力を削減するための試みとして、気圧センサ値、数値標高モデル、候補ルートデータを用いた手法を構築し、その実現性について実験を試みた。結果、候補ルートの中で標高の変化に富む経路に関しては比較的判定が上手くいく傾向が見られたものの、類似したルートを原因として判定に難しさが存在することが判明した。今後の課題としては、GPS間の補間を行うルートに関して、様々な距離、地形(高低差)で実験数を積み重ね、地形の特性ごとにGPSの適切なスリープ間隔を求める事が重要である。また、その中でルート判別における難点を解消していく事が求められるが、類似したルートの判別に関しては地磁気センサなどで方位を大まかに推定する手法が考えられる。まず、ルート1からルート4までの各ルートに関して、共通した部分が多く、判定が混同したのがルート3とルート4であったが、両方のルートでルート1やルート2であると誤判定されることはなかった。よって、後は似通ったルートの判定方法として、方位推定を行なって候補ルートを絞り込む。ルート3とルート4の例で言えば、進行方位が変化した回数やタイミングを用いることが出来れば、候補ルートがもともと持っている曲折を行う接点ポイント数で判定が行えると考えられる。

## 5. おわりに

本論文では、携帯端末GPS測位点と気圧センサ測定値を用いて求められた移動中における標高変化の値と、数値標高モデルを参照して得られた候補ルートの標高変化ログを比較して、実際に通ったルートを一意に定め、移動経路推定を行う手法を提案した。今回の実験においては、標高変

化の激しい起伏に富んだルートにおいては端末が変わっても判定成功の回数が増えることを確認出来たが、類似したルートにおける判定結果の混同、特徴量の似たルートを気圧センサの値次第で誤判別が発生する問題として確認された。これらを踏まえ、測定数のサンプルを増やすことを第一に目指しながら、正しい推定が期待できる標高の変化幅や、候補ルートの動的な導出方法についても調査、構築を行いたい。また、最大の目的であるGPSによる移動経路推定手法と比べた時の省電力性を実現するために、GPSを用いるべき具体的な間隔と間隔の長さによるルート判別率の変化について考察を重ねて行きたい。

## 参考文献

- [1] トランジスタ技術編集部:GPSのしくみと応用技術 測位原理・受信データの詳細から応用製作まで, CQ 出版社 (2009).
- [2] 暦本純一, 塩野崎敦, 松木隆彦, 味八木崇:PlaceEngine-実世界集合知に基づくWiFi位置情報基盤, インターネットコンファレンス2006, PP95-104(2006).
- [3] 暦本純一, 味八木崇:WHEN-becomes-WHERE: WiFiセルフログによる継続的位置履歴取得とその応用, インタラクシオン2007, PP223-230(2007).
- [4] 村松茂樹, 渡邊孝文, 上坂大輔, 小林亜令, 岩本健嗣, 横山浩之:ポケットに入れたセンサを用いた歩行者向けデッドレコニングに関する一検討, 情報処理学会第73回全国大会, 公演論文集 (20110302), PP5-7(2011).
- [5] 森下功啓, 三田長久, GPSと気圧計を組み合わせた移動経路推定手法の開発, GPS/GNSSシンポジウム2011, P267(2011).
- [6] 興梠正克, 酒田信親, 大隅隆史, 蔵田武志:屋外歩行者ナビのためのデッドレコニング/GPS/RFIDを統合した組み込み型パーソナルポジショニングシステム, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.106, PP109-114(2006).
- [7] 上坂大輔, 村松茂樹, 岩本健嗣, 横山浩之:手に保持されたセンサを用いた歩行者向けデッドレコニング手法の提案, 情報処理学会論文誌, Vol.52, PP558-570(2011).
- [8] 坂井丈泰, 惟村和宣, 新美賢治:GPS補強のための気圧高度計の補正, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.102, PP7-12(2002).
- [9] 坂井丈泰, 惟村和宣, 新美賢治:気圧高度計による高度想定誤差とその補正, 電子航法研究所報告, No.114, PP1-13(2005).
- [10] 岩波慶一郎, 新井イスマイル:気圧センサと標高・気象データを用いた移動経路推定手法の検討, 情報処理学会関西支部大会, 公演論文集 E-102(2012).