

スマートフォンの複数センサを利用した歩行者位置測定

Endo, Iwao / 遠藤, 巖

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院情報科学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 情報科学研究科編 / 法政大学大学院紀要. 情報科学研究科編

(巻 / Volume)

9

(開始ページ / Start Page)

83

(終了ページ / End Page)

88

(発行年 / Year)

2014-03

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00010526>

スマートフォンの複数センサを利用した歩行者位置推定 Indoor Positioning System Using Multiple Sensors in Smartphones

遠藤 巖

Iwao Endo

法政大学大学院情報科学研究科情報科学専攻

E-mail: 12t0002@cis.k.hosei.ac.jp

Abstract

As location-based services such as pedestrian navigations are widely used, it is required to extend its coverage area, especially to GPS-denied indoor environments. The pedestrian dead reckoning (PDR), which can estimate indoor personal positions by using self-contained sensors in devices such as accelerometers, gyroscopic sensors, and magnetometers, is one of solutions for extending the service coverage. These sensors, however, involve errors on their outputs, and these errors degrade the accuracy of estimating personal positions. This paper, therefore, examines to reduce sensor errors by fusing self-contained sensors in devices. First, this paper evaluates sensors' performances at the time when they are applied to existing PDR methods. This paper reveals cases of which the gyroscopic sensor and magnetometer shows high/low accuracy. Second, based on sensors evaluations, new direction estimation methods are built to cancel sensor errors by fusing sensors. In the proposed methods, mean magnetic fields are calculated with considering device rotation, and then, past estimated directions and positions are adjusted to the mean magnetic fields, dynamically. Finally, both existing and proposed PDR methods are evaluated in a measure of accuracy. As a result, the proposed method with multiple sensors is more accurate to estimate directions and positions than that with a single sensor.

1. 序論

近年、歩行者の位置情報を利用したナビゲーションサービスや拡張現実サービスの実用化が進められている。その中でも大量のユーザの移動履歴を取得し、自動で地図を作成するサービスや、近くにある店舗や娯楽施設等のリコメンドを行うサービス等、大量の位置情報からユーザに有用な情報を提供するサービスの実現等が期待されている。しかしながら、現在、歩行者の位置情報の取得には GPS を利用するのが一般的であり、GPS の電波が届かない屋内環境ではこのようなユーザの移動履歴を取得できないという問題点が存在する。

そこで本研究では、屋内における歩行者の位置情報を大量かつ正確に取得する事を目的として、歩行者デッドレコニングと呼ばれる位置推定技術を改良し、新たに過去に遡及する経路修正方法を提案する。

以下、2 節では屋内位置推定手法の概要について述べ本研究で用いる歩行者デッドレコニングの基本モデルを紹

介する。3 節では進行方向推定に用いられる 2 つのセンサについて、屋内環境における進行方向推定精度を調べ、推定時に発生するセンサ誤差の性質を明らかにする。4 節では前節で明らかになったセンサ誤差を低減させるようなセンサ組み合わせモデルを複数提案し、5 節にて各進行方向推定手法の位置推定精度の比較を行う。最後に本研究のまとめを 6 節にて述べる。

2. 屋内測位技術

2.1 デッドレコニング

現在、屋内測位手法の一つとして、計測端末内部に搭載されている加速度、ジャイロ、地磁気などの慣性センサから、歩行者の歩数、歩幅、進行方向を推定し、現在の位置を基準点から累積的に求めていく歩行者向けデッドレコニングが広く用いられている。これまでは、デッドレコニングに必要なセンサ群を一般のユーザが入手する機会が少なかったため、利用可能な場面が限定されていたが、近年、スマートフォン等の各種センサを搭載した端末が広く普及したことにより、一般のユーザも利用可能な測位手法として歩行者デッドレコニングは注目を集めるようになった。

本研究では、インフラに依存せず、容易に歩行者データを取得できるという観点から、この歩行者デッドレコニングを位置推定の基本モデルに採用した。

歩行者デッドレコニングによる歩行者の位置推定モデルを式(1)に示す。式(1)は計測開始点 b から n 歩後の位置 p_n を表しており、 l_i は i 歩目における歩幅、 d_i は i 歩目における進行方向ベクトルを表している。

$$p_n = b + \sum_{i=1}^n l_i d_i \quad (1)$$

2.2 関連研究

現在普及しているスマートフォンには経済性とコストの観点から比較的安価なセンサが搭載されており、その計測精度には自ずと限界がある[1]。そのため、スマートフォンを利用した歩行者デッドレコニングにおける問題点として、センサの誤差による位置推定精度の低下が挙げられる。その中でも、進行方向を決定するセンサの誤差を如何にして除去するかが従来研究の課題となってきた。例えば、小西ら[2]の研究では、マップマッチングを用いる事によって、3 章で説明するジャイロセンサのオフセット誤差の蓄積を低減している。しかし、予め地図データを取得する必要があるという点を考慮すると、その実用性には課題が残っていた。また、興枙ら[3]は、カルマンフィルタの枠組みによって

センサを統合し、進行方向の補正を行っているが、最終的な経路の修正に GPS や RFID 等の外部インフラを用いる場合があり課題が残っていた。

3. デッドレコニングにおけるセンサの性質

3.1 基本性能評価概要

2.2 節で述べたように、従来の進行方向推定誤差の除去には、建物の外形を利用したマップマッチングによる補正等、端末外部の情報を利用することが多かった。しかし、一般のユーザが端末外部の情報を利用できる場面は少なく、利用可能性の面で課題が残っているといえる。

そこで本研究では、進行方向推定に用いられてきた、ジャイロ・地磁気センサの2つを組み合わせる事によって事前情報が存在しない場所においても位置推定精度を向上させる手法を提案する。センサの組み合わせによって位置推定精度を向上させるためには、事前に端末の状況に応じたセンサの性能を測定しておく事が重要である[4]。本稿ではジャイロ・地磁気センサの2つのセンサについて詳しく調査する。

なお、歩行者デッドレコニングは端末の利用形態によって推定手法が異なるものになる。利用携帯にはポケットにいった利用や手振り[5]などが存在するが、本研究では各センサの比較を行いやすいよう、図1のように体の前にZ軸が鉛直になるよう手持ちで固定する利用形態を採用した。以下、この利用形態を基に、ジャイロ、地磁気センサの進行方向推定時における基本性能の評価を行う。

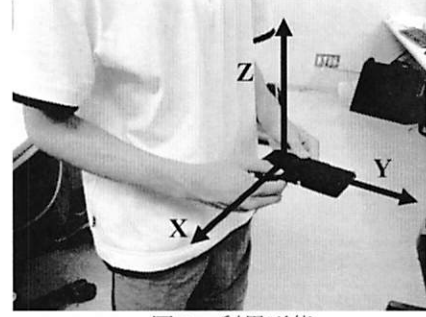


図1 利用形態

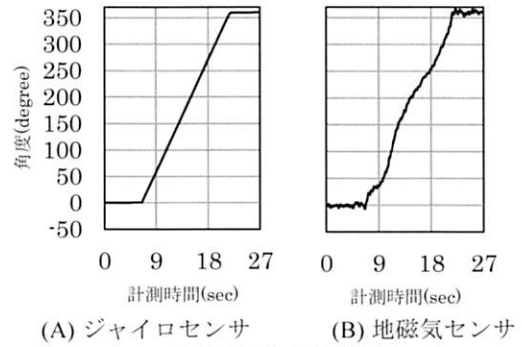


図2 回転時の角度出力

3.2 進行方向の推定方法と精度比較

3.2.1 ジャイロセンサ

ジャイロセンサは角速度を計測するセンサであり、角速度を一階積分することで端末の回転した角度を求めることができる。

時刻 t においてジャイロセンサから取得した X 軸周り、Y 軸周り、Z 軸周りの角速度をそれぞれ ω_{x_t} , ω_{y_t} , ω_{z_t} とすると、X 軸周り、Y 軸周り、Z 軸周りの角度 θ_{x_t} , θ_{y_t} , θ_{z_t} はそれぞれ (2) 式のように表す事ができる。

$$\theta_{x_t} = \int_0^t \omega_{x_t} dt, \quad \theta_{y_t} = \int_0^t \omega_{y_t} dt, \quad \theta_{z_t} = \int_0^t \omega_{z_t} dt \quad (2)$$

図1のように、本研究では Z 軸上面に端末を固定して計測を行うので、時刻 t における進行方向の推定ベクトル d_{θ_t} は式(3)によって表す事ができる。

$$d_{\theta_t} = R_z(\theta_{z_t})d_0 \quad (3)$$

ここで、 R_z は Z 軸周りの回転行列を、 d_0 は計測開始時の端末の進行方向ベクトルを表す。

3.2.2 地磁気センサ

地磁気センサは磁界強度を計測するセンサであり、センサの値は偏角・伏角をとった北方向を示す。本節では地磁気センサを利用した進行方向の推定手法について述べる。地磁気センサを利用した進行方向の推定方法として、端末座標系の北方向と、地磁気センサから求めた北方向との

角度差を利用したものが使われる。時刻 t に観測した地磁気ベクトルを m_t 、重力ベクトルを G_t とおくと、時刻 t における空間座標系の北方向ベクトル N_t は $N_t = G_t \times m_t \times G_t$ となる。この時、空間座標系の北方向と端末座標系の北方向との変動角 φ_t は N_t が正規化されているとすると式(4)によって表すことができる。

$$\begin{aligned} \psi_t &= \arccos(N_t \cdot N_0) \\ \varphi_t &= \begin{cases} -\psi_t, & (N_t \times N_0) \cdot G_t \geq 0 \\ \psi_t, & (N_t \times N_0) \cdot G_t < 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (4)$$

N_0 は端末座標系の北方向を示す。 φ_t は端末に対して時計回りに正である水平の変動角を表すことになり、時刻 t の進行方向ベクトル d_{M_t} は式(5)によって表す事ができる。

$$d_{M_t} = R_z(\varphi_t)N_0 \quad (5)$$

3.2.3 推定精度の比較とセンサの性質

以上、2つのセンサをそれぞれ独立に利用した際の進行方向推定精度に検証を行い、それぞれのセンサ性質を明らかにする。

(I) 回転状態におけるセンサ性質

はじめに、端末がその場で回転した際のそれぞれのセンサ性能評価を行った。図2は回転台を用いて端末を一定速度で360度回転させた場合の進行方向角を示しており、(A)はジャイロセンサ、(B)は地磁気センサによって求めた進行方向角を示している。ここで進行方向角は、ジャイロセンサは計測開始時からの反時計回り正となる角度変化、地磁気センサは真北を基準とした反時計回り正の角度を意味す

表 1 回転数と計測開始時との角度の差

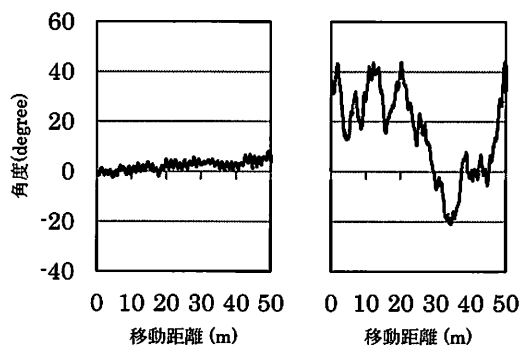
回転数/時間	ジャイロ	地磁気
1 回 / 15.3 秒	4.4	3.8
5 回 / 76.5 秒	21.0	-0.2
10 回 / 153.4 秒	39.6	1.1

る。結果を確認するとジャイロセンサは一定の回転量で回転し続けており、進行方向推定におけるジャイロセンサの正確性というものが伺える。一方、地磁気センサは回転中の大きなゆらぎが確認できる。これは、回転台のモーターや内部の金属による磁場の乱れが影響したものであり、地磁気センサの外乱に弱い面が確認できる。また、磁場の乱れが殆ど無い静止状態においても小さなゆらぎが確認でき、最大で 10° 程度の誤差の発生が確認できた。これらの結果を見ると、進行方向の推定には外乱に比較的強いジャイロセンサが適していると考えられる。しかし、実際にはジャイロセンサにはドリフト誤差と呼ばれる角速度出力のオフセット誤差の蓄積が報告されている。表 1 は先程の実験と同様に回転台を用いて 360° 、 1800° 、 3600° 度と回転した際の計測開始時における進行方向角との角度差を表している。表 2 を確認するとジャイロセンサの角度推定値に一定の誤差が含まれ、その誤差が計測時間と共に増大していくことがわかる。また地磁気センサは元の姿勢に戻った場合、計測開始時と同じ磁場を検知する事になるので、回転角の誤差は蓄積されない事になる。

以上の結果から、ジャイロセンサから求めた進行方向は短期的には信頼できると言えるが、デッドレコニングが長時間に及ぶ程、その信頼性が無くなっていくことが分かる。一方地磁気センサは、磁場の変化が無い環境では、出力値が変わらず誤差が蓄積されない特徴があり、長期的な計測においてジャイロセンサに比べ信頼性がある事が分かる。

(II) 歩行状態におけるセンサ性質

続いて、実際に手に持って直線経路を歩行した際のセンサの性能を調査した。図 3 に建物内の廊下にて一定速度で北方向に対し歩行した際の進行方向角の変化を示す。(A)がジャイロセンサ、(B)が地磁気センサによって求めた進行方向角の変化である。ジャイロセンサについて着目すると、周期性をもった細かなゆらぎを確認する事ができる。これは歩行時の左右の足を踏み出すことによる体の微小な旋回が影響しているものと思われる。また、(I)の回転状態における実験に比べ、オフセット誤差の蓄積量が增大している事がわかる。これは、端末内部の状態が細かく変化した事によってセンサの測定性能が変化したものであると同時に、式(3)のように3次元的な回転を考慮しなかった事による計算時の誤差が含まれていると思われる。地磁気センサについては、屋内環境で様々な地場の乱れの中を端末が移動する事になる。そのため、本来の地場の向きである北方向を指す事は少なく、地磁気センサは局所的に強い誤差を算出する事になる。そのため、地磁気センサは局所的データを見る限り進行方向の推定方式として利用するのは困難であると考えられる。そこで、このような直線歩行を複数の場所で行った際の地磁気角度分布を図 4 に示した。図 4 の角度分布を確認すると、長距離の移動を行い地磁気の地場を収集することによって、大局的な視点から正しい角度を導く事



(A) ジャイロセンサ (B) 地磁気センサ
図 3 50m 直線歩行時の角度出力

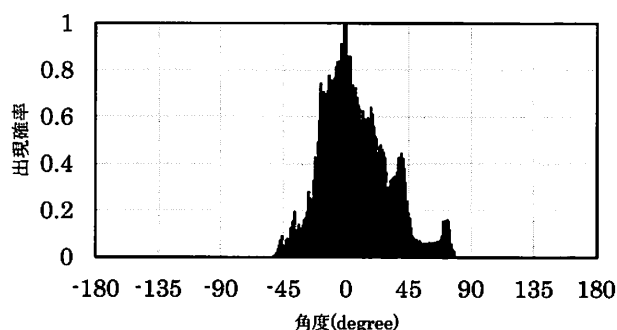


図 4 地磁気角度変化のヒストグラム

ができると考えられる。以上の実験結果からジャイロセンサの短期的に信頼出来るという性質と地磁気センサの長期的に信頼できるという性質を導きだすことができた。

4. 経路の自己修正手法

3 節ではジャイロ、地磁気の 2 つのセンサを進行方向推定に用いた際の性質について調べた。3 節の検証実験によると、ジャイロセンサはオフセット誤差の蓄積によって、長時間に渡る計測には不向きという事が分かる。また、地磁気センサは屋内環境に関しては地場の乱れが原因で局所的な値に信頼性がない事が分かった。従来のデッドレコニングでは、進行方向の推定にジャイロ・地磁気センサのどちらかを単独で利用している事が多く、これらセンサの誤差によって位置推定精度が低下していた。

2 節でも説明したように、これらの位置推定結果を修正する方法として、マップマッチング等の外部情報を用いて経路推定結果を遡って修正する遡及型の経路修正手法が使用されてきた。しかし、外部情報を利用する点で完全な自律測位を達成しておらず、計測コストがかかってしまう問題点がある。一方、外部情報を利用しない方法としては、端末内部のセンサをカルマンフィルタの枠組みによって統合し、計測途中に逐次センサ精度を向上させる非遡及型の自己修正手法が利用されてきた。

本研究ではここからさらに発展し、非遡及型自己修正モデルから得られた情報を遡及型修正手法における正解データとして扱う事により、完全自律測位かつ遡及型の経路自己修正手法を提案した。非遡及型自己修正手法と遡及型

自己修正モデルの 2 つについて新たなモデルを提案し、モデル毎の進行方向、位置推定精度を比較する。本研究で提案した各モデルの概要を以下に示す。

- (A) 非遡及型自己修正手法
- (B) 全区間遡及型自己修正手法
- (C) 部分区間遡及型自己修正手法

以下、それぞれの手法について説明する。

(A) 非遡及型自己修正手法

3 節で示したように、地磁気センサは磁場の乱れによって局所的に大きな誤差を算出するが、様々な場所を移動して計測を行うと全体的に北方向を指し示す事が分かる。この性質を考慮すると、大きな時間で平均を取る事によって比較的正しい地磁気出力を得る事が予想できる。しかし、端末が回転すると平均の軸がずれるため、単純な移動平均では曲がり角の進行方向が正しく推定出来ないという問題点がある。そこで本稿では、センサの組み合わせとして、ジャイロセンサから得た回転角を利用し端末の方向を揃え地磁気の平均軸を揃える手法を提案した。 R_z を Z 軸周りの回転行列、時刻 t にジャイロセンサから求めた Z 軸周りの回転角を θ_{zt} 、一つ前のジャイロサンプルで求めた回転角を θ_{zt-1} とおくと、ジャイロセンサによる回転を加えた地磁気の移動平均は式(7)のように表せる。この地磁気平均から進行方向を計算する。

$$m'_t = \sum_{i=0}^n R_z(\theta_{zt-i} - \theta_{zt}) m_{t-i} \quad (6)$$

なお、移動平均のサンプル数は、3 節の基本評価を参考に決定した。ジャイロセンサのオフセット誤差の蓄積が 30 秒程で地磁気センサの静止時の精度を越えるため、30 秒分のサンプル数で移動平均を行う。

(B) 全区間遡及型自己修正手法

マップマッチング等の遡及型経路修正手法では推定経路の修正にマップデータ等の外部情報が正解データとして利用されていた。そこで本研究では端末内部のセンサから求めた情報をマップデータに相当する正解データとして扱い自律的に推定経路を修正する遡及型自己修正手法を提案した。手法 A において、移動平均に用いるサンプル数を最新の計測点までの全ての点とおいた場合、ジャイロセンサの出力値が正しいと仮定するならば、最新の地磁気平均値が最も安定していることが想定できる。手法 B はこのセンサ組み合わせによって求めた地磁気平均値を利用し、過去の経路修正を行う。提案手法 B の概要図を図 5 の(I)に示す。手法 B では式(7)の移動平均区間を最新計測点までの全区間とし過去に計測した全ての歩行点において式(7)の再計算と進行方向の推定を行う。本研究では最新の歩行点が計測された際に過去の歩行点の再計算が行われるようにした。

なお、過去の経路推定点が全て同じ地磁気平均値を指すので、実質ジャイロセンサによって求めた回転角が進行方向を決定する役割を担っている。

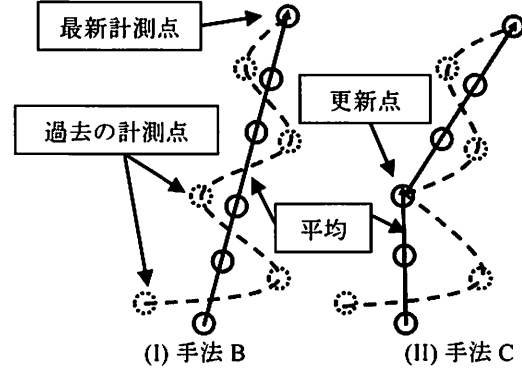


図 5 提案手法のイメージ図

(C) 部分区間遡及型自己修正手法

全区間遡及型自己修正モデルである手法 B は歩行経路全区間の地磁気平均を、全歩行点に適用し、過去の経路推定結果を修正していた。そのため、手法 B はジャイロセンサ単体での進行方向推定手法と同様に、ジャイロセンサのドリフト誤差の影響を受けてしまうという問題点があり、過去の経路修正に用いる地磁気平均値に誤差が生じてしまう。

そこで、手法 C では、手法 B における地磁気の平均区間と過去の経路修正区間を一定区間毎に区切る事で、ドリフト誤差の蓄積を無くし、遡及型自己修正手法における正解データの精度を高める事を試みた。手法 C では図 5 の(II)に示すように更新点を決め、地磁気の移動平均区間を区切り計測点を修正する。正解データの質を高めるためには、修正区間をジャイロ、地磁気両センサの誤差を考慮し適切に決定する事や、区間の繋ぎ目における連続性条件を満たす事も重要となる。

5. 実験と考察

5.1 実験概要

本稿では、4 節で述べた A, B, C の各手法に、3 節で述べた地磁気単体による経路推定手法 D を加え、各手法の進行方向推定精度及び、位置推定精度の評価を行う。計測端末は Android バージョン 4.2.2 を搭載した Galaxy Nexus であり、それに搭載されたセンサを利用する。各センサのサンプリング周波数は 50Hz となる。

本稿では、直進歩行時、周回歩行時のそれぞれについて進行方向推定精度の指標[6]を定義し、各手法について定量的な評価を行った。

5.2 直進歩行時の実験と考察

はじめに、各手法についてそれぞれ正確に直進性を計測できているか、屋内環境にて 50m 直線移動を行った際の位置推定精度の評価を行う。 φ_i を歩行点 i における進行方向推定角とし、 φ_i' を歩行点 i における正しい進行方向とすると、正しい進行方向との誤差は式(8)のように表せる。

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\varphi_i - \varphi_i')^2} \quad (8)$$

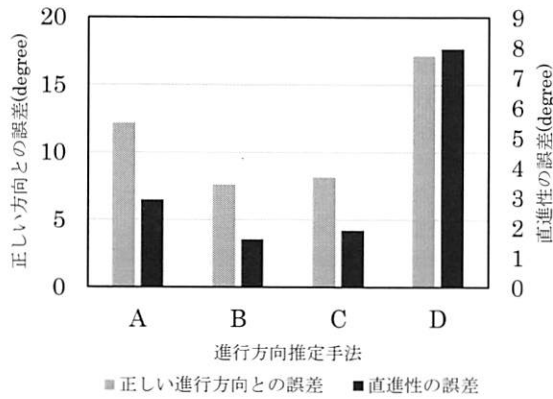


図6 直進時の誤差比較

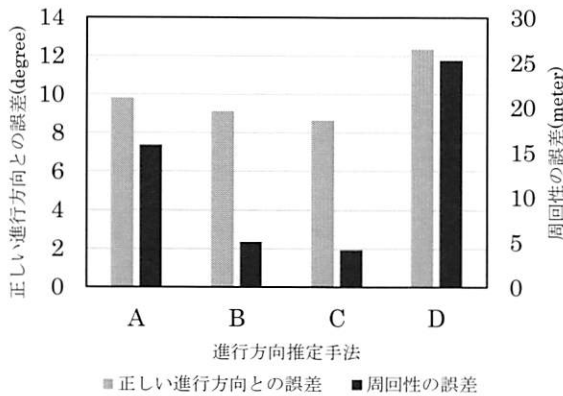


図7 周回時の誤差比較

また、直進性の誤差は式(9)のように表す事ができる。

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (\varphi_i - \varphi_{i-1})^2} \quad (9)$$

以上の2つの指標を使い実験と比較を行う。図6に複数回経路推定を行った際の正しい進行方向との誤差と、直進性の誤差の平均値を示した。手法Aに関して確認すると、正しい進行方向との誤差と直進性の誤差が地磁気単独利用の手法Dに比べ少なくなっていることが分かる。ここから、大局的な視点で地磁気を利用する事によって、地磁気の局所的な乱れが修正でき、大局的な視点での地磁気の利用が進行方向推定において有効である事が分かる。また、遡及型自己修正モデルである手法B, Cの精度が4つのモデルの中で比較的精度が良い事が分かる。手法Cは全区間を地磁気で平均するため、ジャイロセンサによる進行方向推定と同様に、直進時における磁場の乱れを受けず直進性を保ったものであると考えられる。また、区間ごとに平均処理を行う手法Dに関しても50m程の直線では区間が細分化されないため、ジャイロセンサの性質を保ったまま進行方向の推定が行われ、誤差があまり出なかったものと思われる。しかし、手法A, B, Cそれぞれについて正しい進行方向との

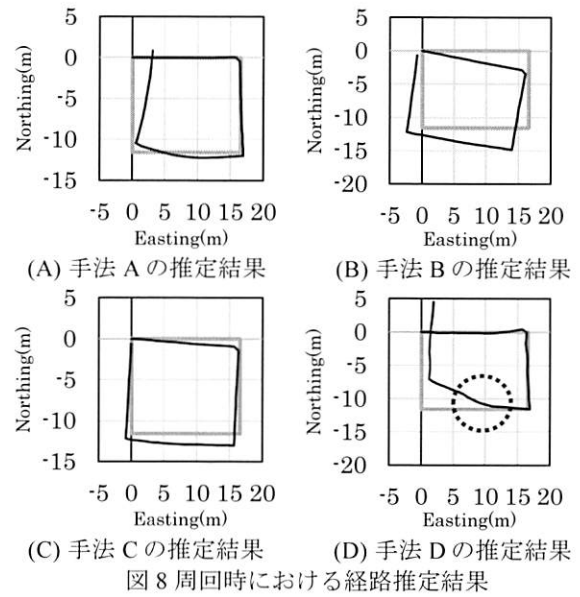


図8 周回時における経路推定結果

誤差を確認すると直進性の誤差に比べ全体的に誤差が増大している事が分かる。これは地磁気の局所的な磁場の乱れが吸収できずに、推定に偏りが発生してしまい、本来の進行方向から推定方向が離れてしまった事が原因であると考えられる。しかし、手法A, B, Cが地磁気単独のものに比べ結果が良くなっている事から、絶対的な進行方向の推定においても本稿で提案した大局的な地磁気利用の有効性が確認できた。以上、比較的短い直線経路にて本研究の提案した非遡及型自己修正手法、遡及型自己修正手法が有効である事が確認でき、その中でも特に大局的な地磁気情報を利用して過去の経路を修正する遡及型自己修正手法B, Cの位置推定精度が良い事が確認できた。

5.3 周回歩行時の実験と考察

続いて、建物内を周回する経路を歩行した際の各進行方向推定手法の精度の評価を行った。1周約50mのコースを4回周回した際の位置推定精度の評価を行う。式(8)の正しい進行方向との誤差に加えて正しい位置に戻ってこられるかという周回性の誤差を定義し、比較を行った。周回性の誤差は、式(10)のように表す事ができる。

$$\sigma = \sqrt{(p_e.x - b.x)^2 + (p_e.y - b.y)^2} \quad (10)$$

ここで、 b は計測開始地点の座標を、 p_e は計測終了地点の座標を表している。

図7に複数回経路推定を行った際の正しい進行方向との誤差と、周回性の誤差の平均値を示した。はじめに、正しい進行方向との誤差について確認すると、直進時に比べ各手法毎の差が出ていない。これは実験環境の磁場の全体的な乱れが直進時よりも少なかったため、各手法で差が出なかったものと思われる。一方で、周回性の誤差を確認すると遡及型自己修正手法B, Cに比べ、非遡及型自己修正手法Aの精度が低下している事が分かる。ここで、精度低下の原因を明らかにするため、実際の経路推定結果の比較を行う。図8に周回コースを1周した際の各手法の経路推定結果を示す。

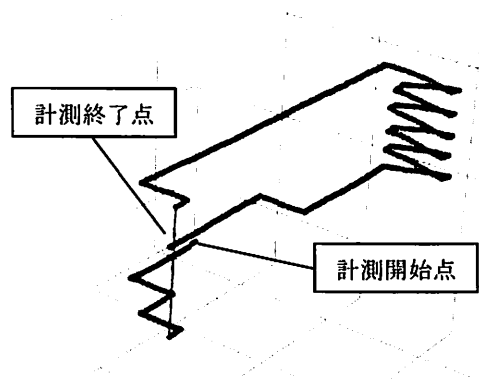
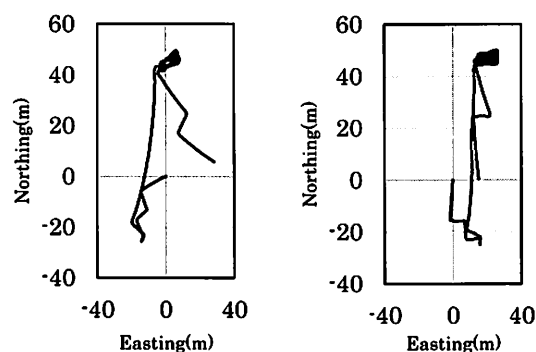


図9 進行方向推定が正しいと仮定した際の歩行経路



(I) 手法 B の推定結果 (II) 手法 C の推定結果
図10 各手法の経路推定結果

図8の点線箇所のように地磁気の乱れが発生した際に、逐次進行方向を求める非遡及型自己修正手法Aでは一旦誤差の影響を受けると、その影響が無くなるまでの時間がかかってしまい、その間で進行方向の乱れが発生してしまう。今回の様な周回コースの場合その乱れが蓄積され、位置推定結果が悪化してしまったと事が分かる。一方、手法B、Cに関しては過去の経路に遡り、時間経過による平均方位の矛盾が生じないように修正が行われる。そのため、局所的な乱れに強い手法となっている事が確認できる。以上の点から本研究で提案した過去を修正する手法B、Cが経路推定に有効である事が分かった。

5.4 総合実験と考察

以上の直進時、周回歩行時の実験から、手法Aの地磁気平均を用いて過去の経路を修正する手法B、Cの位置推定精度が良い事が明らかになった。そこで本節では、手法B、Cの2つの手法について実際の長時間利用を想定した際の精度を、経路推定結果を用いて議論する事にした。図9に進行方向の推定が正確だと仮定した際の歩行経路概要図を示し、図10に手法B、Cによる経路推定結果を真上から見た図を示した。手法Bの結果を見ると計測終了時に開始地点と同じ進行方向を向いていない事に加えて、計測開始地点の向きも本来の方向から外れている事が分かる。手法Bでは全体の地磁気平均値を使って過去全ての経路を修正している。そのため、ジャイロセンサのドリフト誤差によって推定経路に歪みが生じる他、地磁気の平均値にもドリフト誤差

が生じ、全体的に位置推定精度に誤差が生じてしまった。一方、手法Cでは地磁気の平均区間と修正区間を一定区間ごとに区切っているため、長時間の推定においてもドリフト誤差の影響が少ない事が明らかになった。以上の実験結果から、長期的な経路推定を考慮すると、本稿で提案した手法Cが歩行経路推定に最も効果的である事が考えられる。しかし、手法Cの経路推定結果も本来の経路と比べ誤差が生じており、依然として改良が必要であることが分かる。手法Cの問題点として、更新点で地磁気平均の再計算を行う事によって、直前の区間と新たな計算区間に間に歪みが生じてしまうという事が挙げられる。更新点の前後の経路推定結果を前後区間の地磁気平均値が変化しないという前提を利用して補正をかけるような処理を施す事により、より高精度な経路推定が行えると期待できる。

6. 結論

本研究では、端末内部の複数のセンサを組み合わせた歩行者デッドレコニング手法を提案し、その検証を行った。端末内のジャイロ、地磁気各センサについて基本性能評価を行ったところ、従来の研究で報告されていたジャイロセンサのドリフト誤差の他、地磁気センサの局所性を持った誤差というものを確認する事ができた。同時に、地磁気の長期的な角度分布を確認することによって地磁気センサの大局的な視点における利用可能性を導く事ができた。そして、短期的に正確な出力をするというジャイロセンサの性質と、長期的に正確な出力をする地磁気センサの性質を組み合わせ、逐次進行方向推定精度を向上させる非遡及型の経路修正手法を提案し、さらにそこから過去に遡って経路を修正する遡及型の経路修正手法を提案した。結果として、経路修正区間を区切り、部分ごとに経路を遡って修正する部分区間遡及型自己経路修正手法が最も経路推定に効果的である事が分かった。今後は、経路推定精度の向上を狙いつつ、持ち方の制限を取り除いた場合の可用性を検証していきたい。

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] 小西勇介, 柴崎亮介: 自律方式による歩行者ポジショニングシステムの開発, 地理情報システム学会講演論文集, Vol.10, pp.389-392 (2001).
- [3] 興梠 正克, 石川 智也, 蔵田 武志: 歩行者ナビのための自蔵センサモジュールを用いた屋内測位システム, シンポジウムモバイル研究論文集, pp.151-156 (2008).
- [4] 遠藤 巖, 藤田 悟: 複数のセンサを組み合わせた屋内歩行者位置推定, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2013 論文集, Vol.2013, pp.188-195 (2013).
- [5] 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, No.2, pp.558-570 (2011).
- [6] 遠藤 巖, 藤田 悟: スマートフォン内の複数センサを用いた歩行者位置推定, 情報処理学会第 76 回全国大会, 3V-3 (2014).