

スマートフォン内蔵ジャイロセンサによる 屋内方位推定精度向上

北川 拓¹ 新井 イスマイル¹

概要：スマートフォンの普及に伴い屋内ナビゲーションの需要が高まっているが、屋内では GPS が利用できず、それに代わる測位手法が確立されてないため普及に至っていない。そこで本研究では、数ある屋内測位手法の中からデッドレコニングを選択し、その課題として方位推定に着目した。既存の手法では加速度・地磁気センサを用いて方位推定を行なっているが、屋内では鉄筋の帯磁や電気機器の磁気作用等が原因で実用的な方位推定ができない。そこで本研究では、近年スマートフォンに標準搭載されつつあるジャイロセンサを用いることでこの方位推定精度の向上を目指す。提案手法の概要として、スマートフォン内蔵センサ特有のノイズに対してはローパスフィルタを適用することで対処し、ジャイロセンサのオフセット誤差については歩行者の直進状態を検出し、その期間の角速度値を 0 に補正することで誤差の軽減を図る。大阪・梅田周辺地下街で測位実験した結果、加速度・地磁気センサを用いる既存手法に対しては 24%、角速度データを補正せず積分する手法に対しては 81%の方位推定精度の向上が得られた。

キーワード：歩行者デッドレコニング、方位推定、ジャイロセンサ

1. はじめに

スマートフォンの普及に伴い屋内ナビゲーションの需要が高まっているが、屋内では GPS (Global Positioning System) が利用できず、それに代わる測位手法が確立されてないため普及に至っていない。これは既存する屋内測位手法においてそれぞれが実用化に向かない特徴を持つからであり、その一長一短は、測位手法を絶対測位と相対測位 (デッドレコニング) に分類することで説明される。なお、ここで述べる絶対測位とは測位系内における絶対的な座標を測定する手法のことを言い、デッドレコニングとはある点からどの方向にどれだけ位置が変化したか (特に歩行者の場合は、歩数、歩幅、進行方向) を逐次推定する累積的な測位手法のことを言う。まず絶対測位について、代表的な絶対測位手法には GPS や無線 LAN、赤外線等を用いるものが挙げられる。絶対測位は、測位間隔毎に位置を絶対的に求めるため一般的に誤差の蓄積するデッドレコニングよりも高精度な結果が期待できるが、例えば GPS なら人工衛星、無線 LAN なら通信基地局、赤外線なら赤外線送信モジュールという様に、測位のための外部環境が欠かせないというデメリットがある。これに対しデッドレコニングは、精度こそ絶対測位に劣るものの、端末だけで測

位が完結するため、インフラ整備面のコストが掛からない点や測位環境を限定されない点、外部と通信しないため省電力である点がメリットとして挙げられる。そこで本研究では、数ある屋内測位手法の中からこのデッドレコニングを選択し、その課題として現状最も精度の悪い方位推定に着目した。

既存の加速度・地磁気センサを用いる歩行者向けデッドレコニング手法では、周辺金属の帯磁等が原因で約 30° の方位推定誤差が生じている [1]。ここで、30° という方位推定誤差がデッドレコニングに対して恒常的に働いた場合を考えると、例えば日本の代表的な地下街であるホワイティ梅田イーストモール扇町 (全長 250m) を歩いた場合、進行方向において約 30m の蓄積誤差が生じ、これは大阪・梅田周辺地下街における店舗幅 (約 5m[2]) を大きく上回るため、歩行者向けデッドレコニングとして実用的でないことが分かる。そこで本研究では、近年スマートフォンに標準搭載されつつあるジャイロセンサを用いることで、この方位推定精度の向上を目指す。

ジャイロセンサは角速度を取得するセンサであり、地磁気センサと違って帯磁による影響を受けないため屋内測位に適したセンサと言えるが、欠点として停止状態において測定値がゼロから浮くことや、時間経過とともにその誤差がドリフトすること、更にはスマートフォン搭載型のジャイロセンサは安価かつ低精度であるためノイズが加わりや

¹ 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

すいことが挙げられる。そこで本研究では、ジャイロセンサから得られた角速度値をローパスフィルタで補正し、その値から歩行者の直進状態を検知することで方位推定精度を確保する手法を提案、及び評価した。その結果、既存手法に対しては24%、角速度データをそのまま使う手法に対しては81%の方位推定精度の向上が得られた。

本稿では、次章にて現存する屋内測位手法を述べるとともに歩行者向けデッドレコニングにおける課題を挙げ、3章でジャイロセンサを用いた屋内測位手法を提案、4章で提案手法の実験及び評価、5章で全体のまとめを行う。

2. 関連研究

衛星電波の受信が困難な屋内ではGPSを利用することはできない。そのため、GPSに代わる測位手法が今日までに数多く提案されてきた。本章では、その中で代表的な屋内測位手法を概説するとともに、そのメリット、問題点を述べる。

2.1 絶対測位

絶対測位とは、測位系内における絶対的な座標を測定する手法のことである。一般的に後述するデッドレコニングよりも精度は高いが、測位のためのインフラが必要な点がデメリットとされる。以下に代表的な絶対測位を述べる。

2.1.1 無線LANを用いる測位

周囲に設置された無線LANアクセスポイントの位置情報とそのアクセスポイントからの電界情報（電波の強度・向き）によって自己位置を推定する手法であり、実用化された例として無線LANを用いるPlaceEngine等がある。近年におけるスマートフォン（即ち無線LAN搭載端末）の普及によりユーザの負担が少ないことがメリットであるが、誤差が数m～100m程度[3]と大きく、尚且つインフラ整備面でのコスト消費がデメリットと言える。

2.1.2 赤外線・超音波・RFID等を用いる測位

位置情報を含む赤外線や超音波、RFID(Radio Frequency Identification)の電波を発生させる装置を測定系内の至る所に設置し、それを専用の端末で受信することで測位を行う。誤差に関しては、赤外線を用いる手法が50cm以下[4]、超音波を用いる手法が10cm以下[5]、RFIDを用いる手法が1cm以下[6]である。このように無線LANを用いる測位より遥かに高精度であるが、一般的に位置情報送信モジュールの空間的設置間隔が無線LANを用いる場合よりも狭いため、インフラ整備面での負担が大きいことや、測位に必要なセンサ搭載端末が普及していないことなどがデメリットである。

2.1.3 IMESを用いる測位

IMES(Indoor Messaging System)[7]とは、GPSと互換性のある信号を小型の専用装置から発信する技術の名称である。宇宙航空研究開発機構(JAXA)と測位衛星技術

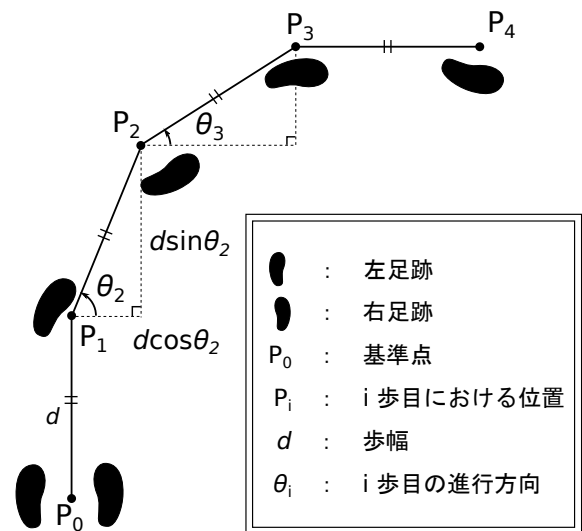


図1 歩行者向けデッドレコニング

により共同開発された。端末として既存のGPS受信機をそのまま使用できるためユーザビリティが高く、実現すれば屋外と屋内をシームレスに測位できるというメリットがあるが、前述の測位手法と同様にインフラ整備面のコストが掛かることが欠点である。

2.2 デッドレコニング

デッドレコニングとは、ある既知の基準点からの移動ベクトル（どの方向にどのくらい動いたか）を測定することにより現在位置を累積的に求める測位手法である。カーナビゲーション等では古くから採用されており、衛星電波を受信できない環境（例えばトンネルや立体駐車場）において、車速センサとジャイロセンサ、及びタイマーの値から自己位置を推定している。一般的に絶対測位より精度は劣るが、絶対測位で必要なインフラ面の整備コストが掛からない点、測位環境が限定されない点、また歩行者向けデッドレコニングについて、測位に要するセンサ群がスマートフォンに標準搭載されている点がメリットである。また、端末のみで完結する測位手法のため屋外でも使うことができ、例えばGPSにより得られた点と点の間の歩行軌跡をデッドレコニングで補完することで測位の省電力化も期待できる。これらの利点から、本研究では屋内測位手法としてこのデッドレコニングに焦点をあて、次節では歩行者向けデッドレコニングにおける課題について議論する。

2.3 歩行者向けデッドレコニングの課題

一般的な歩行者向けデッドレコニングでは、特徴量として歩数、歩幅、進行方向を測定することにより累積的に現在位置を求める。図1に歩行者向けデッドレコニングの基本原則を示す。図1において、 P_0 は既知の基準点である。このとき、現在値は(1)式～(4)式で求められる。

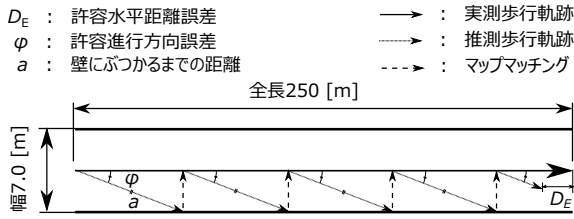


図2 ホワイティうめだイーストモール扇町の略図

$$P_0 = (x_0, y_0) \quad (1)$$

$$x_i = x_0 + \sum_{k=1}^i d \cos \theta_k \quad (2)$$

$$y_i = y_0 + \sum_{k=1}^i d \sin \theta_k \quad (3)$$

$$P_i = (x_i, y_i) \quad (4)$$

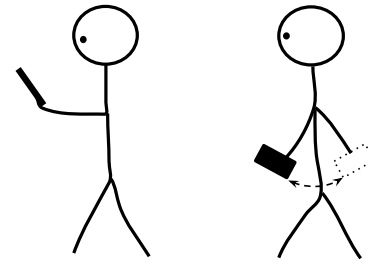
P_i : i 歩目の位置

(2) 式と (3) 式を見て分かるように、デッドレコニングでは累積的に位置を求めるため、歩行特徴量の推定精度が 100% でない限り、歩けば歩くほど推定位置の精度は悪化する。この問題を解決するためには、蓄積する特徴量誤差を可能な限り小さくしなければならない。以下に、特徴量誤差の一例を示す。

手に保持された加速度・地磁気センサを用いる研究 [1] では、歩数推定誤差が 1.95%、歩幅推定誤差が 4.0%、方位推定誤差が 34.2° であった。このように歩行者向けデッドレコニングの現状は、歩数・歩幅推定では共に 95% 以上と高い精度を実現しているが、方位推定においては絶対誤差が 34.2° であり、歩数・歩幅推定ほど精度が良いとは言えない。この根拠を、実際の環境を用いて以下に示す。図 2 は大阪・梅田周辺地下街の通路の一部を示した略図である。大阪・梅田周辺地下街は日本を代表する大規模な地下施設であり、中でもホワイティうめだのイーストモールは休日になると人で大混雑になる程の人気スポットである。今、この場でデッドレコニングによる測位を行ったと仮定して、 $D_E < 5\text{m}$ を満たすときに正常な測位が実現できていると定義する。これは、大阪・梅田周辺地下街において、各店舗の横幅が 5 メートル程度であることを基にしている [2]。尚、方位推定誤差のみに対して評価を行うので、歩数および歩幅推定率は 100% とし、歩行軌跡が壁をすり抜けた場合は、通路の真ん中に垂線を下して単純なマップマッチングを行うものとする。この時、屋内測位における許容方位推定誤差は (??) 式で求められる。

$$\begin{aligned} D_E &= 250 - na \cos \phi - (250 - na) \cos \phi \\ &= 250 - 250 \cos \phi < 5 \end{aligned} \quad (5)$$

$$\therefore \phi < 11.5^\circ \quad (6)$$



手持ち

手振り

図3 所持方法

n : マップマッチング回数

ϕ : 許容方位推定誤差

(6) 式より誤差 34.2° の方位推定精度では正常な測位を期待できないことが分かる。次にこの誤差について考察する。

既存研究では方位推定機構の要として地磁気センサを使用しており、この地磁気データが周辺金属の帯磁により乱れることで方位推定誤差が生じると考えられる。そのため、鉄筋などの磁性体を有する屋内では地磁気センサの値を信用することはできず、屋内測位に地磁気センサを使用する上でこの問題を無視することはできない。そこで本研究では、新たなセンサとして帯磁の影響を受けないジャイロセンサを用いて屋内における方位推定精度の向上を目指す。

ジャイロセンサは角速度を測定するセンサであり、近年はスマートフォンに標準搭載されつつあるため、方位推定センサとして利用しようとする研究者は少なくない。しかしながら、ジャイロセンサが取得する角速度データにはオフセット誤差と呼ばれる静止時における角速度誤差が随時含まれており、更に時間経過によってその誤差が変動するという問題がある [8]。またスマートフォンに搭載されているジャイロセンサは一般的に安価かつ低精度であるためノイズが乗りやすく、方位・姿勢推定のような積分処理、即ち累積的な演算が要求される処理にはこれらの誤差はやがて測位システムに致命的なエラーをもたらす。したがって、このオフセット誤差とノイズの原因解消を本研究の課題とする。

3. 提案手法

3.1 提案概要

本研究では歩行時のスマートフォンの所持方法について、既存研究と同じく、図 3 に示す「手持ち」と「手振り」を想定する。また方位推定にジャイロセンサを用いるにあたって、前章で述べたオフセット誤差に対しては歩行者が直進しているときに角速度値を使わないことで対処し、ノイズについては簡易ローパスフィルタを用いることで除去を図る。図 4 に提案する方位推定手法のブロック図を示す。本章ではこの図に沿って提案手法の各処理について説明する。

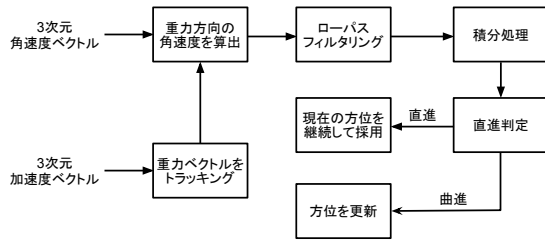


図 4 提案手法のブロック図

3.2 重力ベクトルのトラッキング

ジャイロセンサを用いる場合、歩行者の進行方向は測位開始時に向いていた方向と方向転換した角度（重力ベクトル周りの回転）の和で求めるため、方位推定には重力方向のトラッキングが必要不可欠である。しかしながら人の歩行動作は加速度センサの値を大きく揺らすため、静止時のように加速度ベクトルを重力ベクトルとして用いることはできない。そこで本研究では、人の歩行動作及び2つの所持方法において加速度値が振り子運動する[1]ことに着目し、センサから得られた加速度サンプルを単純平均することにより重力ベクトルを算出する（人間の歩行周期はおよそ0.5秒[9]であるため2秒以上のサンプル数があれば十分である）。 $\vec{a}_i$ を加速度ベクトルとして(7)式に重力ベクトル $\vec{G}$ の近似式を示す。

$$\vec{G} = \sum_n \vec{a}_i \quad (7)$$

3.3 重力方向における角速度の算出

当該処理では(7)式で求められた重力ベクトルとジャイロセンサから得られた三軸角速度ベクトル $\vec{\omega}_s$ から(8)～(8)式を用いて重力方向における角速度 ω を算出する。(9)～(11)式は座標系変換の際に用いる余弦式である。

$$\vec{L} = (l_x, l_y, l_z) \quad (8)$$

$$l_x = (1, 0, 0) \cdot \frac{\vec{G}}{|\vec{G}|} \quad (9)$$

$$l_y = (0, 1, 0) \cdot \frac{\vec{G}}{|\vec{G}|} \quad (10)$$

$$l_z = (0, 0, 1) \cdot \frac{\vec{G}}{|\vec{G}|} \quad (11)$$

$$\omega = \vec{L} \cdot \vec{\omega}_s \quad (12)$$

3.4 ローパスフィルタリング

スマートフォンに内蔵されているジャイロセンサは低精度のため出力値に随時高周波ノイズを含む。そこで当該処理では(12)式により得られた値にローパスフィルタリング処理を施し、出力する値をノイズフリーな重力ベクトル周りの角速度に近似する。尚、本実験ではローパスフィルタ

に応答性の高い(13)式を利用し、 a の値を0.9に設定した。

$$\omega'_n = a \cdot \omega'_{n-1} + (1 - a) \cdot \omega_n \quad (13)$$

ω'_n : フィルタ処理後の角速度値

ω_n : フィルタ処理前の角速度値

a : フィルタの強さ ($0 < a < 1$)

3.5 積分処理

(13)式により得られた離散的角速度値をサンプリング間隔毎に随時積分していくことで、歩行者の相対進行方向を推定する。計算式には応答性と精度に優れる台形公式を使用した。(14)式に相対進行方向の導出式を示す。

$$\theta_n = \theta_{n-1} + (\omega'_{n-1} + \omega'_n) \cdot (t_n - t_{n-1})/2 \quad (14)$$

θ_i : 歩行者の相対進行方向

t_i : ω_i の取得時間

3.6 直進判定

本研究では歩行者が直進している状態を検出し、その間の変位角を強制的に0に補正することでジャイロセンサのオフセット誤差の影響（即ち歩行軌跡の緩やかなドリフト）を軽減させる。尚、判定の材料には(14)式により得られた歩行者の相対進行方向を用い、以下の4つの定数により直進状態及び曲進状態、補正により失われた変位角等を推定する。

ウィンドウ幅 W

歩行者の相対進行方向において、現在値と W サンプル前の値の差を取る。ジャイロセンサのオフセット誤差は時間的にゆるやかな変化を辿るため[8]、 W が測位時間に対して十分に小さい時、この評価方法は動的オフセット誤差による影響を受けない。また W が大きすぎると依存度の低いサンプルまで参考にしてしまい、誤判定が増える。

スレッシュホールド T

上記で評価した結果、変位角が T 未満の場合は直進と見なし、変位角を強制的に0に補正する（ T 以上の場合は曲進と見なし、ノイズ除去済みの角速度データを用いて変位角を算出する）。 T が大きいた、手ブレなどによる誤判定は少なくなるが、ゆるやかな曲がり角において誤って直進判定をしてしまう確率が高くなる。

カーブ予測 C

一度曲進判定をすると、そこから C サンプル全てを曲進と見なす。この値を大きく設定することで、ゆるや

かな曲がり角における誤判定の確率を減らすことができるが、直進の多い道では精度の悪化を招く。

ラグ補正 L

当該判定方法では現在値から過去のデータを見ることで直進と曲進の判定をしている。従って、直進から曲進に判定が変わった時において少なくとも数サンプルは損失が生じており、ここではそのサンプル数を L として、その期間の角度変化を進行方向に補完する。判定の性質から L は次式で推定される。

$$L = kWT \quad (15)$$

k : 定数

4. 提案手法の実装

4.1 実験概要

提案手法を評価するにあたって、Android 端末に「Existing Method」, 「Raw-Gyro Method」, 「Proposal Method」の3手法を同時に動かすアプリを実装し、梅田地下街において「1人の被験者」×「2種類の所持方法」×「2つの経路」×「各経路3回ずつ」の計12回の測位実験を行い、上記3手法の方位推定精度を比較した。以下に各手法について概説する。

Existing Method

加速度データ列と地磁気データ列をそれぞれ平均することで重力ベクトルと北方向ベクトルを算出し、これらの外積を取ることで東方向ベクトルを求め、これと歩行者から見て右向きのベクトルとの角度差を進行方向とする既存手法 [1] である。尚、実験の際には北方向ベクトルの取得方法を変更する等して精度を向上させた改良版を使用した。

Raw-Gyro Method

ジャイロセンサによって得られた3軸の角速度を重力周りの角速度に変換して、その積分値により方位を推定する手法。進行方向の初期値として正解方位を与えてある。

Proposal Method

前章で述べた方位推定手法に初期値として正解方位を与えた提案手法である。

上記3手法において歩数推定には加速度変化のピーク値を単純計数する方式を採用し、歩幅については被験者の正解値をシステムに与えた。尚、測位端末には Samsung 製 Galaxy Nexus (Ver.4.1.1) を使用し、方位推定の評価手法には約 5m 毎に地図データと測位データを比較する方式を採用した。図5と図6に実験に使用した経路を示す。

尚、本研究では方位推定精度のみを評価するが、移動軌



図5 経路1 (赤線)



図6 経路2 (赤線)

跡をグラフ化しているので移動距離誤差についても言及する。

4.2 実験結果と考察

表1に移動距離誤差を示す。尚、評価については総移動距離における正解値と推測値の差を取ることで行い、歩幅にはほぼ正解値を与えているので表1の移動距離誤差率は歩数推定誤差率と読み替えることが出来る。歩数推定には加速度変化のピーク値を計数する方式を採用しているため、梅田地下街における人の混雑に起因して加速度波形に乱れが生じたことが誤差の原因と考えられる。

表 1 移動距離誤差

	移動距離誤差 [m]	移動距離誤差率 [%]
手持ち	64.0	13.1
手振り	77.7	14.6
平均	70.6	13.9

表 2 Existing Method における方位推定誤差

	経路 1-1	経路 1-2	経路 1-3	平均
手持ち [°]	11.4	12.6	13.0	12.3
手振り [°]	24.8	22.8	22.2	23.3
平均 [°]	18.1	17.7	17.6	17.8

	経路 2-1	経路 2-2	経路 2-3	平均
手持ち [°]	15.1	13.3	16.8	15.1
手振り [°]	21.1	21.0	20.9	21.0
平均 [°]	18.1	17.2	18.8	18.0

表 3 Raw-Gyro Method における方位推定誤差

	経路 1-1	経路 1-2	経路 1-3	平均
手持ち [°]	84.6	65.7	68.2	72.8
手振り [°]	79.1	97.1	90.9	89.0
平均 [°]	81.8	81.4	79.5	80.9

	経路 2-1	経路 2-2	経路 2-3	平均
手持ち [°]	71.6	68.5	57.8	66.0
手振り [°]	61.7	72.3	60.8	65.0
平均 [°]	66.7	70.4	59.3	65.5

表 4 Proposal Method における方位推定誤差

	経路 1-1	経路 1-2	経路 1-3	平均
手持ち [°]	4.1	3.6	5.0	4.2
手振り [°]	6.4	8.0	7.7	7.4
平均 [°]	5.2	5.8	6.3	5.8

	経路 2-1	経路 2-2	経路 2-3	平均
手持ち [°]	11.7	10.2	11.8	11.2
手振り [°]	13.7	16.5	54.7	28.3
平均 [°]	12.7	13.4	33.3	19.8

表 5 直進判定の定数

	ウィンドウ幅 W	スレッシュホールド T	カーブ予測 C	ラグ補正 L
手持ち	5	2	10	10
手振り	5	5	10	25

続いて、各手法における方位推定結果を示す。表 2, 表 3, 表 4 に「Existing Method」, 「Raw-Gyro Method」, 「Proposal Method」の方位推定誤差をそれぞれ示す。尚、表において「経路 m-n」は「経路 m の n 回目の測定」を意味し、表 5 は提案手法における直進判定の定数値を示す。今回の実験では数回の実地試験を経て適当な値に設定した。続いて、図 8～10, 図 11～13 に手持ち・手振りにおける各手法の推定経路を示す。尚、グラフ中の DR-Line は推定した歩行軌跡、Path1 と Path2 はそれぞれ経路 1 と経路 2 における正解軌跡を意味する。以下にこれらの方位推定精度について考察する。

表 2, 表 3, 表 4 より、各手法の平均方位推定誤差は

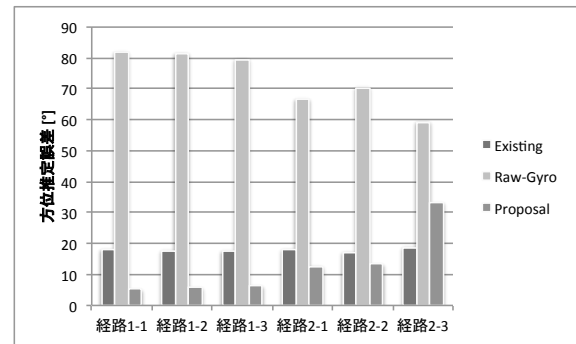


図 7 各測定における方位推定誤差（手持ち・手振りの平均）

Existing Method が 17.9°, Raw-Gyro Method が 72.3°, Proposal Method が 13.6° であった。式 (5) の許容方位推定誤差に大きく近づくことができ、Existing Method に対して 24%, Raw-Gyro Method に対して 81% の精度向上に成功した。更に図 7 に示す各測定毎の方位推定誤差を見ても明らかな様に Proposal Method は経路 2-3 を除く全ての測位において Existing Method よりも高精度な結果が得られ、Raw-Gyro Method に対しては全ての測位において補正の効果が有り、提案手法の有用性が証明された。次に各手法において推定経路に誤差が生じた原因を考察する。Existing Method がズレた原因については、図 8, 11 を見て分かるように駅付近で軌跡が大きくずれていることから地下鉄から生じる磁気作用が誤差の原因の 1 つであると考えられる。また Raw-Gyro Method については、図 9, 12 の歩行軌跡に見られる様に徐々にゆるやかなずれを辿っているためオフセット誤差が原因である予想される。続いて Proposal Method に誤差が生じた原因について、唯一 Existing Method に精度が劣っていた「手振り・経路 2-3」を図示することで考察する。図 14～16 に「手振り・経路 2-3」における 3 手法の歩行軌跡を示す。図 16 では、図 14, 図 15 には見られない直進時における 30° 程の唐突なカーブが検出されている。これは直進中において直進判定を失敗したからであり、約 10 時間（休憩含む）に渡る実験の最後のサンプルだったことから疲労による歩行動作の乱れが誤判定の原因の 1 つとして考えられる。この対策としては、直進判定における判定条件を増やしたり、またはその定数を機械学習で最適化するというアプローチをとることなどでノイズに強く感度の高い直進判定機構を作ることなどが考えられる。

5. まとめ

本研究では、屋内測位におけるデッドレコニングの優位性と方位推定精度の課題を述べ、その解決策として近年スマートフォンに標準搭載されつつあるジャイロセンサを用いる手法を提案した。この提案手法では、スマートフォン内蔵ジャイロセンサを使用する上で問題となるオフセット誤差や高周波ノイズに対し、前者には歩行者の直進判定を

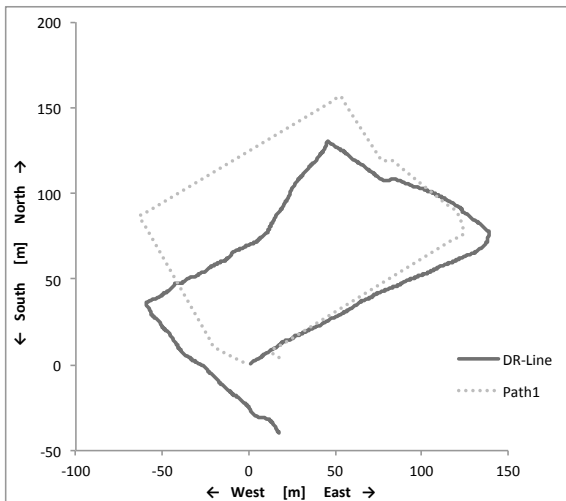


図 8 Existing Method 【手持ち・経路 1-2】

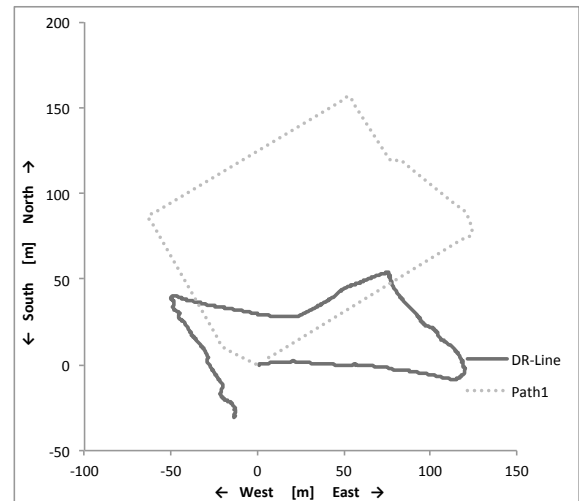


図 11 Existing Method 【手振り・経路 1-1】

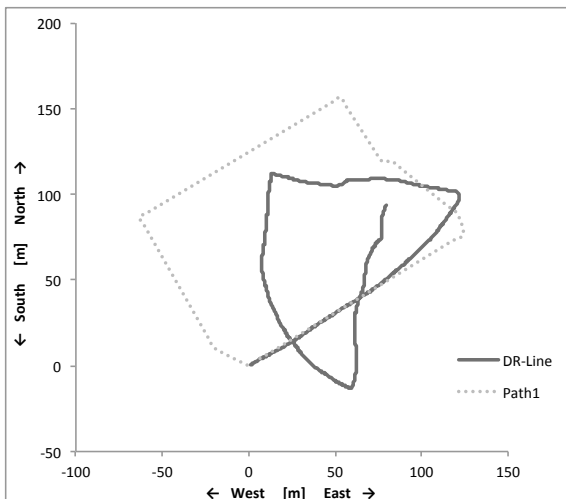


図 9 Raw-Gyro Method 【手持ち・経路 1-2】

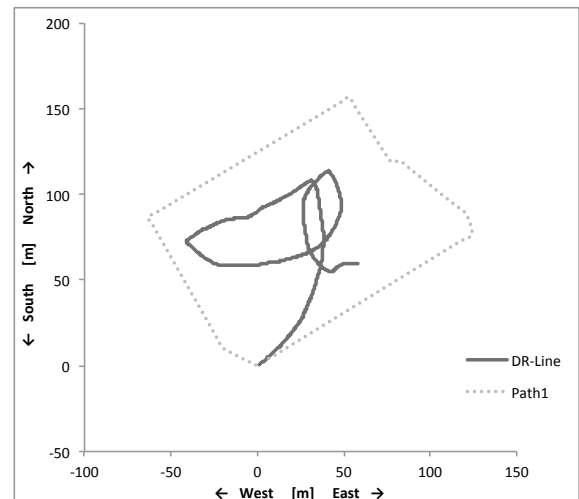


図 12 Raw-Gyro Method 【手振り・経路 1-1】

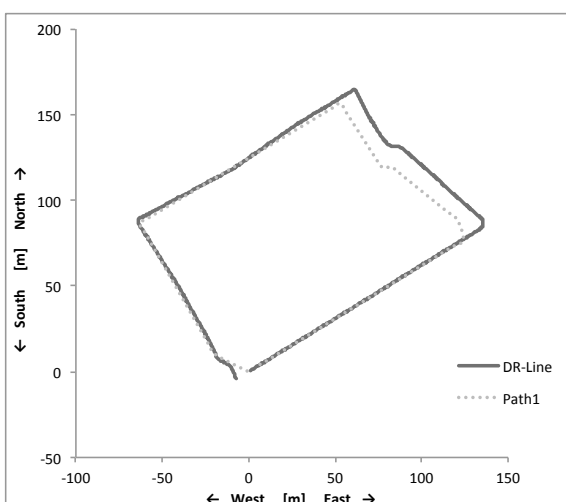


図 10 Proposal Method 【手持ち・経路 1-2】

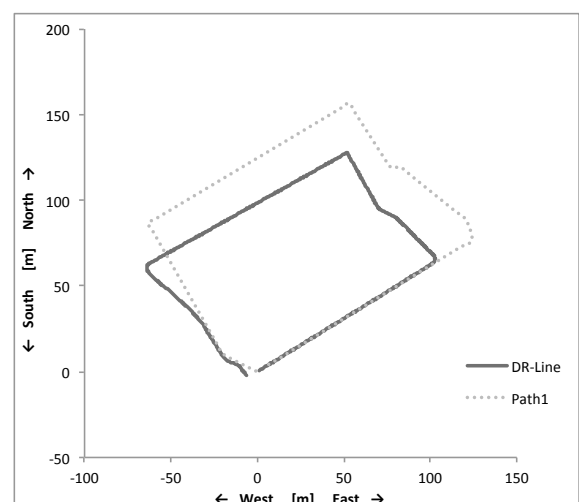


図 13 Proposal Method 【手振り・経路 1-1】

し、直進時に重力周りの加速度を 0 にすることで誤差の影響を最小限に抑え、後者にはローパスフィルタ処理を施すことによってノイズフリーな角速度軌跡に近似すること

で対処している。そして実際に梅田地下街にて歩行実験を行ったところ、加速度・地磁気センサを使用する Existing Method に対しては 28%, 補正しない生のジャイロデータ

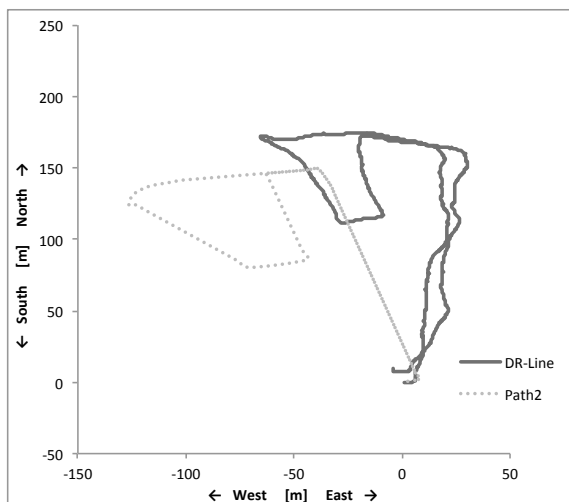


図 14 Existing Method 【手振り・経路 2-3】

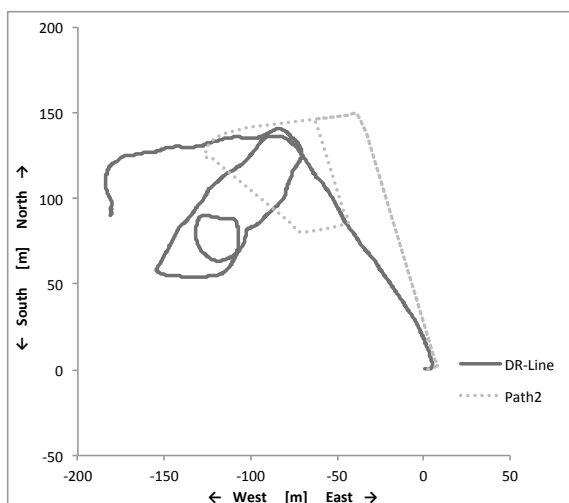


図 15 Raw-Gyro Method 【手振り・経路 2-3】

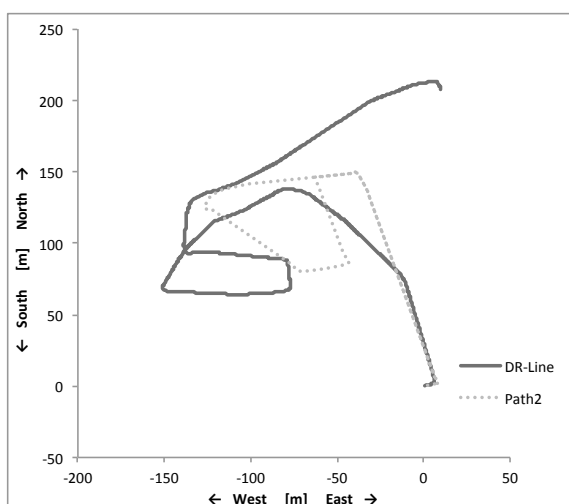


図 16 Proposal Method 【手振り・経路 2-3】

を使う Raw-Gyro Method に対しては 83% の方位推定精度の向上が得られ、提案手法の有意義性が証明された。今後の課題としては、直進判定の精度向上や曲進時におけるオ

フセット誤差の動的補正法の提案等が考えられる。

参考文献

- [1] 上坂大輔他, “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, Vo.52, No.2, pp.558-570, 2011.
- [2] 新井イスマイル他, “Gooraaffiti Umechika: 人が消える地下街パノラマビューア”, 情報処理学会論文誌, Vo.53, No.5, pp.1546-1557, 2012.
- [3] 暦本純一他, “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, pp.95-104, 2006.
- [4] 森信一郎他, “光ビーコンを使った高精度測位技術”, 情報処理学会論文誌, Vo.50, No.1, pp.87-97, 2009.
- [5] 須永光他, “超音波測位システム開発のための測位誤差シミュレーション”, 情報科学技術フォーラム講演論文集 8(4), pp.301-302, 2009.
- [6] 中田豊久他, “既知タグとの共変化を利用した Active RFID タグの測位方法”, 第 5 回知識創造支援システムシンポジウム報告書, pp.8-15, 2008.
- [7] 村田正秋他, “IMES の技術動向: シームレス三次元測位・航法の新技术”, 電子情報通信学会誌, Vo.95, No.2, pp.119-124, 2012.
- [8] 興梠正克他, “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”, 電子情報通信学会技術研究報告.MVE / マルチメディア・仮想環境基礎 110(382), pp.171-176, 2011.
- [9] 山崎昌廣他, “ヒトの歩行: 歩幅, 歩調, 速度およびエネルギー代謝の観点から”, J. Anthropological Society of Nippon, Vo.98, No.4, pp.385-401, 1990.