

屋内測位のための歩行パターン推定

大河内芳樹^{†1} 吉田佑司^{†2} 水野忠則^{†3}

[†] 愛知工業大学 情報科学部

1. はじめに

近年、複合商業施設や大型店舗など大型の屋内施設が増加している[1]。敷地面積が広くなるため構造が複雑化し、屋内でのナビゲーション技術の需要が高まっている。屋外でのナビゲーションにはGPS (Global Positioning System) を用いて位置の測位を行うが、屋内ではGPSからの電波が遮断されてしまうため、精度が低下し利用することが困難である。

屋内で位置を取得する手法には、環境に設置された無線LAN基地局などのインフラを利用した手法があるが、広範囲の屋内環境をカバーするためにはインフラの設計、導入、維持にコストがかかる[2]。そこでインフラが不要な測位手法としてセンサなどのあらかじめ端末に搭載された機能のみで現在位置を推測するデッドレコニング(Dead Reckoning)手法が研究されている[3]。

しかし、デッドレコニング手法を用いた位置推測はGPSを利用した位置推測と比べ誤差が大きい。そのため現在の歩行者向けのデッドレコニングの研究では、より誤差を向上させ、GPSを利用した位置測位と同じ精度で位置の推定を行うことを目的としている。歩行者向けのデッドレコニングでは、歩幅を主な構成要素の一つとしており正確な推定が必要である。

そこで、より正確な歩幅を推定するために本研究(屋内測位システムのための歩行パターン推定)に取り組んだ。

2. 関連研究

デッドレコニング手法は航空機の分野やロボットの分野等によく使用される技術である。

現在ではその応用例として人に適用され、屋内での位置推定に用いる研究も盛んである。歩行者向けのデッドレコニングの研究として、スマートフォンを用いた屋内位置の推定と歩行ナビゲーションシステム[4]がある。屋内での人の移動は主として歩行動作によって引き起こされるために、その運動をスマートフォンに搭載された自蔵センサ(各3軸の加速度、ジャイロ、磁気センサ)によって検出・測定し・積算するデッドレコニング手法を用いて相対的な移動を推定する研究である。これらの研究は歩幅推定を動的に行うことで、従来の静的な歩幅推定を用いた場合より精度の高い歩幅が推定できた。このことより、移動距離の精度も向上することが確認された。

そして人は歩行時に常に歩幅は変位しており、そのひとつの要因として歩行パターンがある。そこで、人によって異なる歩行パターンを推定し、歩行時の歩幅を動的に推定する事により歩行距離推定の精度の向上を目指す。

3. 屋内測位システム

システム構成図を図1に示す。

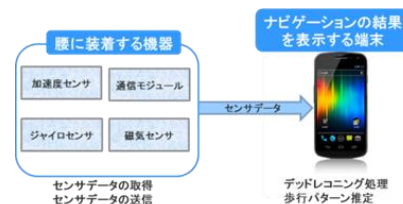


図1: システム構成図

本研究では屋内でのナビゲーションでの利用を目的としている。そして、既存研究[3]では腰部にセンサを装着し歩行者向けのデッドレコニングを行っており、ナビゲーション画面を確認するため手に持っている端末のみではデッドレコニングが難しい。そのため、歩行時のセンサデータを取得し送信する機器と、デッドレコニングの処理を行い、ナビゲーションの結果をリアルタイムに表示する端末が必要である。腰に加速度センサ、ジャイロセンサ、磁気センサとそれらのセンサデータを送信するために通信モジュールを搭載した機器と受信したセンサデータをもとにデッドレコニングと歩行パターン推定を行い、その結果を表示する端末の2つの機器を用いる。

現在ではスマートフォンがこれら3種センサと通信モジュールであるBluetoothを搭載しているため[5]、2台のスマートフォンを用いて本研究を行う。

4. デッドレコニング

4.1 歩行者向けデッドレコニング

歩行者向けデッドレコニングは図2のような手順で行う。

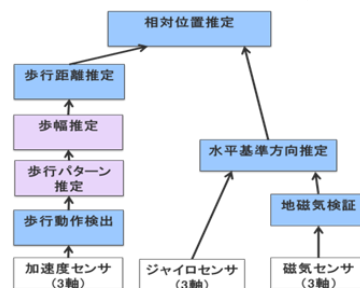


図2: デッドレコニング手法のダイアグラム

歩行者向けデッドレコニングは図2のような手順で行う。加速度センサのセンサデータから歩行を検出し、歩行パターンを推定する。そして推定された歩行パターンの結果から歩幅の修正を行い、その修正された歩幅を用いて歩行距離を推定する。またジャイロセンサと磁気センサから進行方向を推定し、その結果と歩行距離から現在の位置を推定する。

Estimated Walking Pattern for Indoor Positioning
Yoshiki Ohkouchi^{†1}, Yuji Yoshida^{†2} and Tadanori Mizuno^{†3}
[†]Faculty of Information Science, Aichi Institute of Technology

4.2 歩行判定

本研究の歩行者向けデッドレコニングでは、連続した歩数を検出することで歩行と判定する。歩行時に3軸加速度で最も大きく変位したのがY軸の波形（図3）であったためY軸を基準とする。

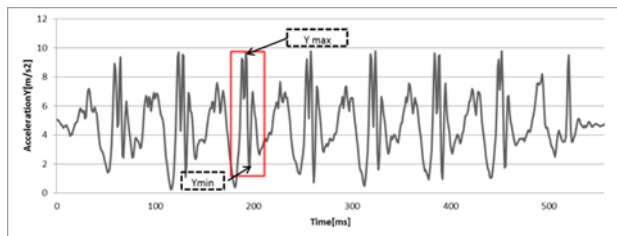


図3: 歩行時のY軸加速度の波形

歩数検出はY軸方向の加速度が増加を続けた後に値が、減少したらその時点で最大値をYmaxとして記録し、減少を続けた後に増加したら、最小値をYminとして記録する。記録された最大値と最小値の差が、予備実験の結果より決められた4.2を超えた際に歩数をカウントする。決められた時間内に次の歩数がカウントされることで歩行と判定する。

4.3 歩行パターン推定

歩行パターンとは歩き方の判別であり、本研究の歩行パターン推定では通常歩行と外股歩行と内股歩行の判別を行う。外股歩行では歩幅が通常の歩行よりも長くなる傾向があり、内股歩きでは短くなる傾向が予備実験より確認された（表1）。

表1: 4歩行パターン別の歩幅

	被験者A	被験者B	被験者C
身長	161cm	165cm	172cm
通常歩行	49cm	54cm	55.3cm
外股歩行	58cm	60.2cm	67.3cm
内股歩行	42.8cm	44.3cm	47cm

その為、歩行パターンを歩行時の体の重心に近い腰にかかる合成加速度から推定し、歩幅を修正する。

4.4 歩幅推定

一歩分の平均の歩行距離は、身長と歩幅の相関に関する一考察[6]から推定することができる。そして、そこからそのことから歩幅の推定には以下の算出式(1)を用いる。歩行時の合成加速度のmax値とmin値の差と歩行パターンから推定された定数を歩幅から加減することで動的に歩幅定数を更新する。

$$S[m] = 0.26 * \text{Height}[m] + 0.23 + (\text{ComAccel} - \text{Patum}) \quad (1)$$

S:推定歩幅[m] Height:身長[m]

ComAccel:合成加速度のmax値とmin値の差

Patum:歩行パターンによって決められる値

5. 評価

4人の被験者に腰に端末を装着しそれぞれ歩行してもらいパ

ターン推定とその結果による歩行距離推定の評価をする。

歩行パターン推定の結果を表2に、20m区間を歩行した時の歩幅推定の結果を表3に示す。

表2: 歩行パターンの評価

	被験者A	被験者B	被験者C	被験者D
実際の歩行パターン	外股歩行	通常歩行	通常歩行	内股歩行
推定された歩行パターン	外股歩行	外股歩行	通常歩行	内股歩行

表3: 20m区間の歩幅推定の誤差

	被験者A	被験者B	被験者C	被験者D
歩行パターン	外股歩行	外股歩行	通常歩行	内股歩行
身長	161cm	165cm	172cm	176cm
実際の歩幅	60.1cm	58cm	58.6cm	50.2cm
推定された歩幅	63.31cm	63.52cm	60.41cm	53.54cm
歩幅推定の誤差	3.21cm	5.52cm	1.81cm	3.52cm

今回、評価のために歩行した20m区間は直線のみで構成された場所で検証した。表3に示した推定された歩幅は約15歩分の歩幅の平均値である。

6. おわりに

歩行パターンを加速度から推定し、その結果から歩幅の修正を行った。高い精度で3種類の歩行パターンを推定し、一歩あたりの歩幅の誤差も約3cmの範囲で修正した。しかし、被験者Bのような誤差が大きくなるケースも検出された。これは、通常歩行だが外股歩行のように体にかかる衝撃が大きい歩き方のため誤差が大きくなったと予想される。また本研究では体にかかる衝撃に差がある外股歩行と内股歩行の歩行パターンを推定したが歩行パターンはこれら3種類だけではなくクロスウォーキングや前傾姿勢歩行など、3種類以外の歩行パターン推定も引き続き研究する予定である。

なお、本研究は、科学研究費（基盤研究B）：フィードバックセンシングネットワーク（研究課題番号：20300027）にて行ったものである。

参考文献

- [1] イオン 環境・社会報告書2012
<<http://www.aeon.info/environment/report/>>
- [2] “Local Positioning Systems -LBS Applications and Services”, CRC Press, 2006K. Kolodziej, J. Hjelm:
- [3] 興侶正克, 大隈隆史, 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とその評価, モバイル学会シンポジウム「モバイル 08」 予稿集, pp. 151-156 (2008)
- [4] 安齋恵一, 岡島匠吾, 坪川 宏: スマートフォンを用いた屋内位置の推定と歩行ナビゲーションシステム, 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOM2011) シンポジウム論文集, pp. 921-927 (2011)
- [5] docomo NEXT series GALAXY NEXUS SC-04D
<<http://www.nttdocomo.co.jp/support/utilization/product/sc04d/index.html>>
- [6] 翁長謙良, 吉永安俊, 趙廷寧: 身長と歩幅の相関 琉球大学農学部学術報告 第45号 (1998)