

M-037

歩行時の端末姿勢の推定に関する一検討 A Study on Detection of Device Orientation while Walking

村松 茂樹[†] 上坂 大輔[†] 横山 浩之[†]
Shigeki Muramatsu Daisuke Kamisaka Hiroyuki Yokoyama

1. はじめに

センサ搭載携帯電話をターゲットとした、6軸センサ（3軸の加速度センサと3軸の地磁気センサ）を利用した位置推定の研究を進め、方法を提案、評価している[1]。筆者らの簡易な調査によれば、歩行者ナビゲーションシステムを利用しながら歩行している際の携帯電話の保持方法としては、Swing（携帯電話を手を持ち腕を振って歩行する）とView（携帯電話を手を持ち画面を見ながら歩行する）が支配的であることがわかっている。これら2種類の持ち方における、6人の被験者に対する提案方法による進行方向の推定結果は、Swingの場合で2人の被験者は推定の90%が誤差20度以内、その他の被験者は推定の80%が誤差30度以内であった。また、Viewの場合は、被験者によらずほぼ100%が誤差20度以内であった。

筆者らの提案方法は、歩行による加速度の影響を考慮し、加速度の変動に着目して歩行者の進行方向を推定している。一方で静止時には、重力ベクトルと地磁気ベクトルを利用することで端末姿勢を容易に求めることができる。歩行による加速度の影響が端末姿勢の算出に与える影響が小さいのであれば、歩行時にも静止時と同様の方法が利用できる。また、持ち方が明らかであれば、進行方向の推定も可能となる。

本稿では、歩行時の端末姿勢と進行方向との関係について報告する。具体的には、歩行者の保持した加速度センサおよび地磁気センサの値から、静止時と同様の方法で端末姿勢を算出する。端末の前方を既知としたとき、端末姿勢から求めた前方の方向と実際の進行方向との誤差の評価を行う。

2. 端末姿勢

2.1 端末姿勢算出の原理

静止時においては、加速度センサと地磁気センサを利用して端末の姿勢を算出することができる。地球の地磁気は南から北へ向かう磁力線であり、検出された地磁気の水平面への正射影の向きが、北である。地磁気センサが2軸のものであれば地磁気センサを水平にした場合、3軸のものであれば水平でなくても傾きが分かる場合に方位を知ることができる。また、3軸の加速度センサを利用すれば、静止時においては傾きを知ることができることから、3軸の地磁気センサと3軸の加速度センサを組み合わせたものが利用されている。

重力ベクトルを G 、地磁気ベクトルを M としたとき（図1）、北向き、東向きおよび下向きの単位ベクトルは次のように記述することができる。

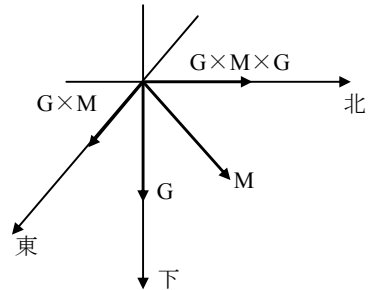


図1 重力、地磁気、方位の関係

$$\begin{aligned} e_{North} &= \frac{G \times M \times G}{|G \times M \times G|} \\ e_{East} &= \frac{G \times M}{|G \times M|} \\ e_{Down} &= \frac{G}{|G|} \end{aligned} \quad (1)$$

携帯電話端末の座標系 (x, y, z) を定義する。このとき、端末に搭載された加速度センサおよび地磁気センサによって重力ベクトル $G (g_x, g_y, g_z)$ 、地磁気ベクトル $M (m_x, m_y, m_z)$ を測定し、(1)式によって各向きの単位ベクトルを求めると、求められたベクトルは、端末の座標系 (x, y, z) から北向き、東向き、下向きを3つの軸とする座標系への変換を表す。したがって、端末の座標系の各軸が空間のどちらの向きであるのかが分かり、端末の姿勢を求めることができる。

2.2 歩行時の端末姿勢

静止時における端末の姿勢は、加速度センサの検出する加速度が重力のみであるとして、検出された加速度の向きが鉛直下方であるとして算出される。一方、歩行時には、歩行による加速度が合成された加速度が検出される。したがって、検出された加速度と地磁気をそのまま利用して端末姿勢を求めることはできず、重力の推定を行う。端末姿勢が一定であっても、推定された重力に誤差が含まれれば、算出された端末姿勢は一定にならないことが考えられる。また、歩行者は同じ姿勢に端末を保持しているつもりであっても、変動を伴っていることも考えられる。

3. 評価実験

歩行時において、静止時と同様の方法で算出した端末姿勢を評価するための実験を行った。

実験には、加速度および地磁気センサ（AK8976A、旭化成製）を搭載したセンサアタッチメントを接続した携帯電話端末（W62CA）を用いた。図2にセンサアタッチメントと携帯電話端末の接続の様子を示す。センサアタッチメントで計測されたデータは、携帯電話端末に送られ、携帯電

[†] 株式会社 KDDI 研究所 KDDI R&D Laboratories, Inc.

話端末上で動作する記録用のアプリケーションによって保存される。



図2 実験に用いた携帯電話端末

被験者は、テンキー側を下から上に向かう向きが前方になるように、Swing および View の状態で端末を保持し(図3)、公園(屋外)に設定した北向きから45度刻み8方位(北を0度として時計回りに0, 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315度)、40mの直線コースを、それぞれの方位について2回ずつ、自然な速度(customary walking speed, [2])で歩行する。被験者は男性6名(M1~M6)、女性6名(W1~W6)である。

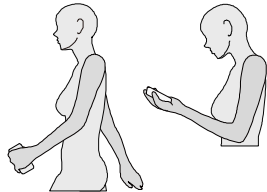


図3 被験者の端末所持方法
(左: Swing, 右: View)

歩行実験によって取得された加速度センサと地磁気センサの値から(1)式によって端末姿勢を算出する。その後、地磁気の南北方向成分、東西方向成分の値から水平面上での地磁気の向きを求め、テンキー側を下から上に向かう向きの方向を端末方向として求めた。なお、端末方向の算出は歩行区間のデータに対して行い、歩行区間の抽出は人手により行った。

端末方向と被験者の進行方向との角度の差(度)の絶対値の累積相対度数を図4~7に示す。図は、各被験者について16回(8方位、2回ずつ)の歩行をまとめたものである。

Swing の場合はおよそ70%が誤差30度以内、View の場合はおよそ90%が誤差20度以内となっている。被験者ごとの平均および標準偏差は、Swing の場合で、平均14.7~27.4度、標準偏差10.6~21.6、View の場合で、平均5.9~10.4度、標準偏差4.3~8.4であった。また、歩行ごとの差も見られ、View の場合に最も誤差の大きかった歩行は平均28.8度、同じ被験者の最も誤差の小さかったものは平均4.3度、標準偏差はそれぞれ4.8と3.1であった。端末方向の変動幅が大きく異なっているわけではないことから、端末を持った時点で端末の体に対する向きが異なっていると推測される。

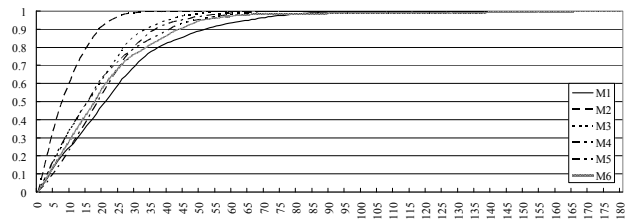


図4 誤差の絶対値の累積相対度数
(Swing, M1~M6)

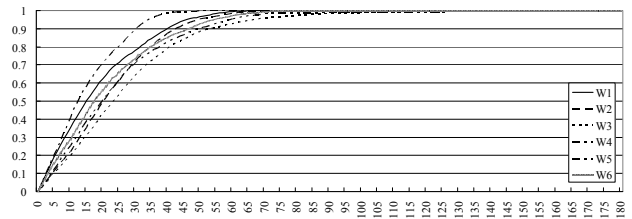


図5 誤差の絶対値の累積相対度数
(Swing, W1~W6)

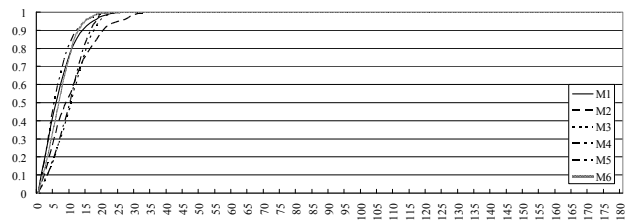


図6 誤差の絶対値の累積相対度数
(View, M1~M6)

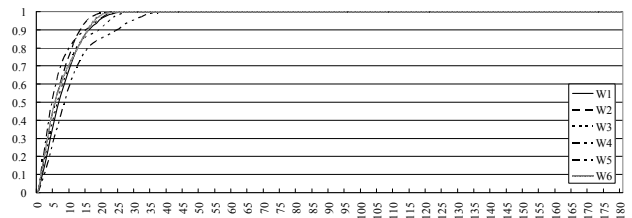


図7 誤差の絶対値の累積相対度数
(View, W1~W6)

4. おわりに

本稿では、携帯電話を手を持ち歩行した場合の端末姿勢について報告した。評価実験によれば、比較的安定しているViewの状態において、端末の前方の方向と進行方向との間にはおよそ10度程度の差があることが確認された。また、端末の前方が既知であっても、単に静止時と同様の端末姿勢の推定を適用しただけでは、進行方向を高い精度では推定できないことが示された。

参考文献

- [1]D.Kamisaka, T.Iwamoto, S.Muramatsu and H.Yokoyama, "Pedestrian Dead Reckoning Method Suitable for Built-in Motion Sensors on Mobile Phones", Proc. Fifth International Symposium on Ubiquitous Computing Systems, Beijing (2009), to be published.
- [2]J.Perry, "Gait Analysis: Normal and Pathological Function", SLACK Incorporated, Thorofare (1992).