

装着した3次元磁気センサを用いた 歩行・走行に対応した自己位置推定手法

Localization Method of Walking or Running User Using 3D Position Sensor

山中 一樹[†]
Kazuki YAMANAKA

神原 誠之[†]
Masayuki KANBARA

横矢 直和[†]
Naokazu YOKOYA

1. はじめに

ユーザが装着可能な計算機とセンサによってユーザの現在位置を取得し、ユーザの位置に応じて情報提供を行うシステムが開発されている[1, 2]。従来、屋内におけるユーザの自己位置推定手法として、環境中のインフラを用いた絶対位置計測とユーザに装着されたセンサを用いた自律計測を組み合わせた手法が提案されている。しかし、環境中のインフラの設置コストは利用範囲に比例して増大する問題があるため、自律計測の精度向上が望まれている。従来の自律計測手法[3]は、一般にユーザの歩行動作を認識するため、移動が歩行動作に限定されるといった制約があった。装着した3次元磁気センサと姿勢センサでユーザの両足の動きと腰の姿勢を連続的に計測し、ユーザの自己位置を推定する手法[4]では、常にいずれかの足が地面に接地していなければならないという制約がある。

そこで本研究では、装着した3次元位置・姿勢センサ、絶対姿勢センサを用い、通常の歩行動作に限らず、両足が地面から離れる期間(以下、両脚遊脚期間)の存在する走行に対しても、自己位置が推定可能な手法を提案する。具体的には、両足が宙に浮く直前のユーザの腰の速度を計測することで両脚遊脚時の移動量を推定する。

以下、2章では、提案するユーザの位置推定手法について説明する。3章では、提案手法を用いたプロトタイプシステムを構築し、走行状態における移動量推定結果について述べる。最後に、4章でまとめと今後の課題について述べる。

2. ユーザの自己位置推定

2.1 提案システムの構成

提案システムは図1に示すとおり、文献[4]と同様に、ユーザの両足と腰部の相対位置姿勢を計測する3次元磁気センサ(Polhemus, Inc.: 3SPACE FASTRAK)と腰部の絶対姿勢を計測するためのセンサ(Intersense, Inc.: InertiaCube²)、および足の接地のタイミングを検知するためのマイクロスイッチで構成される。本システムは、ユーザの腰部に3次元磁気センサのトランスミッタ、両足の脛部にレシーバを装着することにより、それらの相対位置を連続的に計測すると同時に、姿勢センサによって腰部の絶対姿勢を計測することでユーザの相対移動量の推定を行う。

3次元磁気センサ: 3次元磁気センサは、3軸方向の磁界を発生するトランスミッタと磁界を検出するレシーバ、およびそれらの制御・信号処理を行うSEU(System Electronics Unit)で構成される。トランスミッタとレシーバ間の3次元位置とオイラー角を最大60Hz(レシーバ2個の場合)で取得可能である。また、静的精度は位置が0.8 mm、方向が0.15°である。図1のように、トランスミッタを腰部、

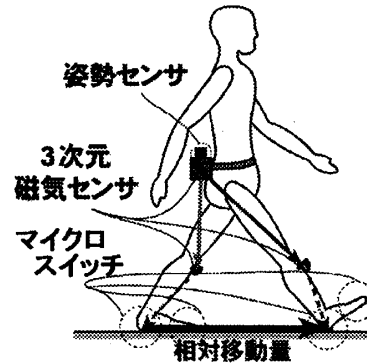


図1: センサの装着位置

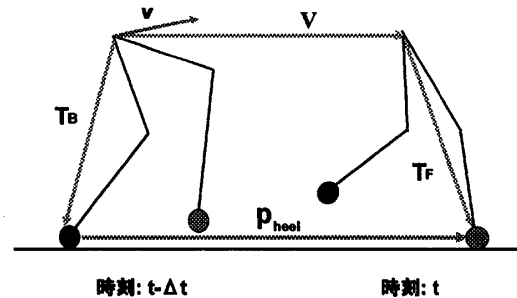


図2: 走行状態における一步の移動量

各レシーバは床面によってトランスミッタが発生する磁場が歪むことを回避するため、踵からの距離が変化せず、床面からもっとも離れた位置である脛の最上部に取り付ける。

姿勢センサ: 本研究で用いる姿勢センサは、ジャイロから得られる各軸の回転角速度、加速度センサから得られる加速度および磁力計から得られる地磁気を統合して3軸周りの回転角を出力する。そのため、蓄積的な誤差は発生せず、サンプリングレートは最大180 Hzで、静的精度1.0°で計測することが可能である。腰部に装着した3次元磁気センサのトランスミッタの上部に固定する。

マイクロスイッチ: 立脚の判定を行うため、靴の踵と爪先の側面にマイクロスイッチを取り付け、スイッチが押された場合に足が地面に接地しているとして立脚と判定される。

2.2 自己位置推定手法

提案手法では両脚遊脚期間が存在する場合でも自己位置が推定可能となるように文献[4]の手法を拡張する。図2に示すように、両脚遊脚期間直前の後足の腰に対する相対位置を T_B 、両脚遊脚期間直後の前足の腰に対する相対位置を T_F 、両足が宙に浮いている期間の時間を Δt 、そ

[†]奈良先端科学技術大学院大学
Nara Institute of Science and Technology (NAIST)

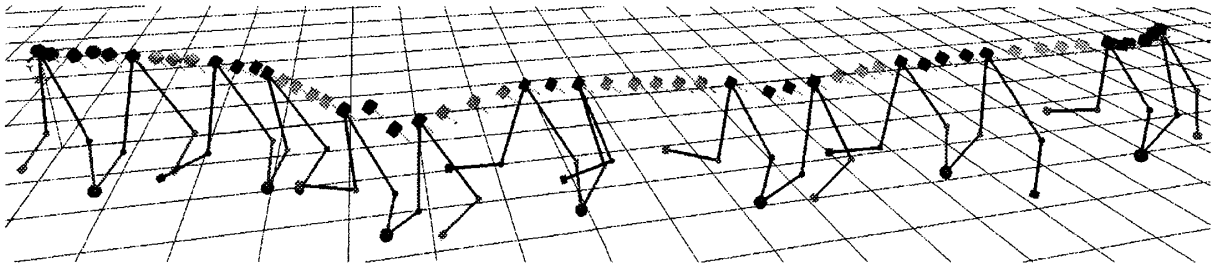
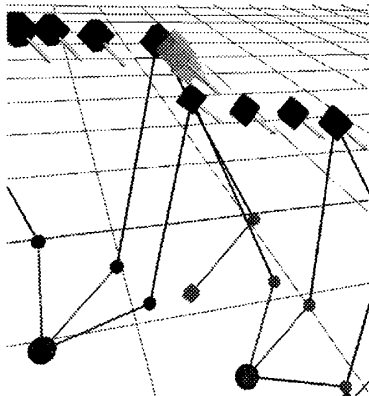
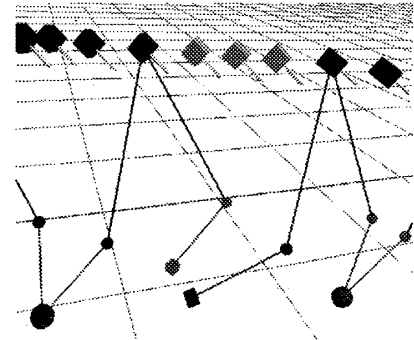


図3: 走行状態における相対移動量の推定結果 (前足接地時と後足が地面から離れる瞬間の足の位置を表示)



(a) 従来手法 [4] を用いた際のユーザの腰・足の推定



(b) 提案手法を用いた際のユーザの腰・足の推定

図4: 従来手法 [4] と提案手法の比較

の時の腰の移動量を V とすると、ユーザの一步の移動量 p_{heel} は以下の式で表せる。

$$p_{heel} = (R_{wt} T_{Ft} - R_{w(t-\Delta t)} T_{B(t-\Delta t)}) + V \quad (1)$$

ここで R_{wt} は時刻 t における姿勢センサの値を示している。両脚遊脚期間の腰の移動量 V は、両脚遊脚期間から次の足が接地するまで、速度 v を初速度として放物運動していると仮定し、腰の移動量を速度の積分により計算する。腰の初速度 v は、両脚遊脚期間に切り替わる直前の単位時間当たりの世界座標系の腰の移動量により推定する。得られた両脚遊脚期間の移動量を従来手法でのステップベクトルに加えることにより、両脚遊脚期間が存在する移動動作にも対応した位置の推定が可能である。

3. 自己位置推定実験

走行状態における提案システムを検証するために、平面上を 10m 直線走行した場合の自己位置推定実験を行った。ユーザの腰と踵の相対移動量から推定されたユーザ位置の変化を図3に示す。灰色の立方体は片足立脚相のユーザの腰の位置を、緑の立方体は両脚遊脚期間のユーザの腰の位置をそれぞれ示している。図4は図3の同じデータ取得区間に対して、提案手法と従来手法 [4] を適用した結果である。従来手法は両脚遊脚期間の存在する移動状態は考慮しないために、位置推定精度が著しく低下しているのが分かる。一方、提案手法は両脚遊脚期間でも滑らかに位置推定が行われており、腰の初速度を利用することにより両脚遊脚期間の位置を補間できていることが分かる。ユーザの進行方向の位置は従来手法では 5.7m と推定され、誤差 43% であったのに対し、提案手法では 7.8m と推定され、22% の誤差で推定結果が得ら

れた。誤差の要因としては両足遊脚期間直前の腰の初速度の推定誤差が挙げられる。

4. まとめと今後の課題

本稿では、両脚遊脚期間の移動量を両脚が接地面から離れる直前の腰の速度を初速度とし、両脚遊脚期間では腰は放物線運動しているという仮定に基づき、走行状態においても自己位置が計測可能な手法を提案した。また自己位置推定実験の結果から、提案手法により両脚遊脚期間の移動量を滑らかに補間できることを確認し、位置推定精度は誤差 22% であった。今後の課題としては、腰の初速度を正確に求めることにより、両脚遊脚期間の腰の移動量の推定精度を向上させることや、走行以外の両脚遊脚期間の存在する移動状態への適応などが挙げられる。

参考文献

- [1] T. Höllerer, S. Feiner, T. Terauchi, G. Rashid, and D. Hallaway: "Exploring MARS: Developing Indoor and Outdoor User Interfaces to a Mobile Augmented Reality System", Computers and Graphics, Vol. 23, No.6, pp779-785, 1999.
- [2] R. Tenmoku, M. Kanbara, and N. Yokoya: "A Wearable Augmented Reality System Using Positioning Infrastructures and a Pedometer", Proc. Int'l Symp. on Wearable Computers, pp110-117, 2003.
- [3] M. Kourogi and T. Kurata: "Personal Positioning based on Walking Locomotion Analysis with Self-Contained Sensors and a Wearable Camera", Proc. Int'l Symp. on Mixed and Augmented Reality, pp103-112, 2003.
- [4] 濱口明宏, 神原誠之, 横矢直和: "装着した3次元磁気センサと姿勢センサを用いたユーザの自己位置推定", 電子情報通信学会 技術研究報告, MVE2005-59, Jan, 2006.