

## 内外分点と動的重み付けを用いた RFID による車両位置推定手法

富樫 宏謙†

山田 茂樹‡

総合研究大学院大学†

国立情報学研究所‡

## 1.はじめに

筆者らは路側 RFID を用いた ITS プラットフォームの構築を検討している。本稿ではアクティブ型 RFID を用い、以下の特徴を持つ移動する車両での位置推定手法を提案する。1) 3次元空間での位置推定を可能とするため、提案手法では各 RFID の組み合わせに対し、それらを結んだ直線を RFID の位置と RFID-アンテナ間の距離により求められる分割比率により内分または外分<sup>1)</sup>する点(以降ではこの点を「内外分点」と呼ぶ)を利用している。2) 複数の内外分点を複数の次数を用いた重みづけにより統合し、統合結果の収束度合いよりアンテナの位置を推定する。

## 2.提案手法の制約条件

路側 RFID を活用した位置推定に対する制約条件は以下の通りである。

- (1) 車両を対象とするため、その移動を考慮することが必要である
- (2) 道路空間を対象とするため、RFID の設置箇所は路肩や分離帯、車線境界などに限られる。この不利を克服するため、アルゴリズム面における改良などが必要である
- (3) 道路空間において位置推定を行うため、勾配などの影響により平面を前提とした計算のみでは正しい位置推定ができない可能性がある

## 3.提案手法の概要

提案する車両位置推定は、以下の手順により実現する。まず、路側や車線境界に RFID を一定間隔で配置する。この配置間隔を短くすることで位置推定精度が向上すると考えられる。また、RFID の ID 番号と設置された箇所(緯度・経度・標高)の対応はデータベースにより、あらかじめ車上のシステムに格納する。この情報をもとに、受信した RFID の ID 番号から RFID の設置箇所(緯度・経度・標高)を取り出し、位置推定に利用する。このように設置した RFID から定期的に発信される電波の受信強度は、車載の複数の受信アンテナにより観測される。この受信強度を利用して受信アンテナ-RFID 間の距離を推定し、この距離を用いて車両位置の推定を行う。

提案手法の仮想コードは表 1 の通りであり、各ステップの概要は以下の通りである。はじめに、RFID からの電波の受信時刻はばらばらであるが、提案手法ではある基準時刻により車両位置の推定を行っている。この位置と電波を受信した時刻での車両位置は異なるため、ジャイロ/加速度センサにより得られる車両の移動ベクトルを用いて RFID の位置を仮想的に移動することで、車両の位置を基準時刻での位置に固定する。

次に内外分点を、2 つの RFID の位置と、それぞれの RFID から受信アンテナまでの距離を用いて求める。この内外分点は RFID を結んだ直線上に位置するため、特定の平面に依存することなく位置推定を行うことが可能である。また、 $n$  個の RFID に対して内外分点は  $nC_2$  個求まるため RFID の位置座標を用いた手法よりも多くの点を位置推定に利用でき、精度の向上が期待できる。

続いて、内外分点を統合してアンテナの位置を求める。この重みづけにおいて、ウェイトの次数を変えながら位置推定結果の変化を観測し、受信アンテナ位置の推定結果を返す。ウェイトの次数が増加することで、アンテナからの距離

表 1 提案手法の仮想コード

```

・送信タグの ID から、タグの設置されている位置座標を求める
・受信時刻と計算基準時刻の差分に応じ、ジャイロ/加速度データを利用してタグの設置位置座標をずらす
for(int r=0;r<車載されたアンテナの数;r++) {
  while(受信データから 2 つを選んだ組み合わせを全て行う) {
    ・受信強度からタグと受信アンテナ間の距離を求める
    ・求めた距離と RFID の位置から内外分点を求める
    ・"距離 A","距離 B"=RFID とアンテナの距離
  }
  ウェイトの次数=0
  while(求めた受信アンテナ位置の変化が閾値を下回るまで) {
    ・ウェイト=(距離 A×距離 B)の-(ウェイトの次数)乗)
    ・ウェイトの正規化(ウェイト=ウェイト/ウェイトの総和)
    ・求めた内外分点を、設定したウェイトで統合することにより受信アンテナ位置の位置座標を計算する
    ・ウェイトの次数を加算
  }
}
・全ての受信アンテナ位置の位置座標をもとに、車両中心位置の位置座標を計算する
・前回の推定位置と観測した車両の挙動をもとに、求めた位置を補正する
・補正した車両中心位置を{緯度,経度,標高}の形式で返す

```

RFID-based position estimation method using internal/external dividing points and dynamic weighting

†Togashi Hiroaki, The graduate university of advanced studies

‡Yamada Shigeki, National institute of informatics

表2 走行コース概要

	Main street	Backstreet
道路形状	曲線	直線/直角
道路幅	約 5m	約 3.5m
最高速度	約 35km/h	約 30km/h
コース長 <sup>1</sup>	45-60m	40-60m

表3 使用機器一覧

RFID タグ/受信機	NIRE-Type2 (NTT-AT, アクティブタグ)
ジャイロ/加速度センサ	e-nuvo IMU-Z lite (ZMP)

表4 パラメーター一覧

走行コース	Main street, Backstreet
RFID 配置間隔 (道路両側に配置)	0.25,0.5,1,2,5,10,20(m)
位置推定間隔	1 秒
受信アンテナ本数	4(車両の各角), 8(車両の各角と各辺の中央)
ジャイロ/加速度センサ 計測間隔	1/30 秒
RFID 電波送信間隔	3 秒
RFID 通信距離	40m

の遠い RFID により得られた内外分点の影響を小さくすることができ、推定精度の向上が期待できる。さらに、受信アンテナの推定位置と、それらの位置関係を利用して車両中心の位置を推定する。アンテナ数の増加により、位置推定精度が向上すると考えられる。最後にジャイロ/加速度センサにより得られた車両の移動ベクトルと前回の推定結果を用いてこの推定位置を補正し、車両位置の推定結果を返す。

#### 4. 屋外環境における実験と評価

##### 4.1. 実施概要

屋外実験を行った場所は総合研究大学院大学 葉山キャンパスであり、走行経路の概要は表2の通りである。使用した機材は表3の通りであり、評価に利用したパラメータの値は表4の通りである。

##### 4.2. 実験結果

RFID 配置間隔と位置推定精度の関係を図1に示す。提案手法の精度により得られた精度は、RFID を 0.5m 間隔に配置した条件で誤差の平均値が 0.7m、第3四分点の値は約 1.3m であった。車線を認識するために必要な推定精度は  $1.5m^{*1}$  であるから、提案手法は車両が位置する車線を認識できる精度を達成した。また、提案手法は道路形状によらず概ね一定であることが判明した。既存手法(Moeeni による手法<sup>[2]</sup>, Lim らによる手法<sup>[3]</sup>)と比較した結果は図2の通りであり、提案手法は位置推定誤差において 31%(0.5m)-70%(2.3m) 程度の改善を達成した。

<sup>\*1</sup> 標準的な車線幅は 3m 程度であるから、この半分の 1.5m が車線を認識するために必要な精度である

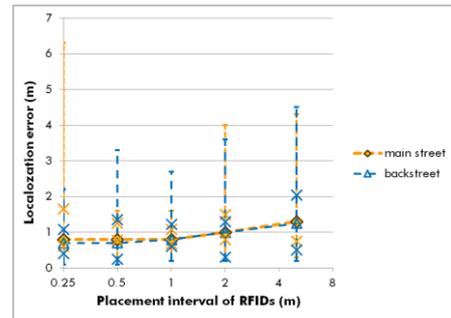


図1 RFID 配置間隔と位置推定精度

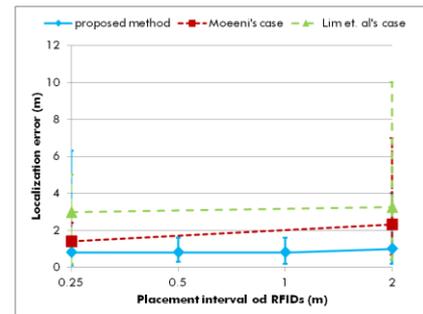


図2 手法ごとの位置推定精度

#### 5. 今後の課題

レーンキープアシストシステムなど制御を行うシステムにおいて、必要とされる精度は  $0.1m^{*2}$  であると考えられる。受信した RFID の個数が増加することで位置推定精度は向上するが、1 回の位置推定において受信できる RFID の個数は無限ではないため、この精度を達成するためには提案手法に対する改良が必要である。例えば、屋外環境において自由空間損失のみでは受信強度と距離を関数に正確に射影することが困難であると考えられるため、これをより正確に射影できる関数の検討、もしくは、受信強度から求めた距離の誤差を提案手法以上に吸収できるアルゴリズムの検討が必要である。

#### 6. まとめ

本論文では、路側 RFID を活用し、内外分点、動的重みづけなどの概念を用いた位置推定手法を提案した。提案手法により得られた位置推定精度は、車両がどの車線を走行しているかを認識できるレベルにあることが判明した。

#### 参考文献

- [1] Robert C. James and Glenn James 共著、一松 信、伊藤 雄二共訳、"数学辞典", 朝倉書店, 1993
- [2] F. Moeeni, "Passive RFID Location Sensing," 2th World Multi-Conference on Systemics, 2008
- [3] H.S. Lim, B.Y. Choi and J.M. Lee, "An Efficient Localization Algorithm for Mobile Robots based on RFID System", SICE-ICASE International Joint Conference, pp.5945-5950, October, 2006

<sup>\*2</sup> 標準的な車線幅と車両幅を考えると、0.75m の範囲での制御を行うことが必要である。よって、この値の約 1/10 である 0.1m の精度を要求条件とした