

## マルチパス誤差の空間相関性を利用した歩行者の位置測定精度向上

Patou Yearlor 小花 貞夫 湯 素華

電気通信大学 大学院情報理工学研究科

## 1. はじめに

近年、歩行者事故を減らすために、歩行者の位置を無線で車両に通知し車両の位置と歩行者の位置から算出された歩車間距離が一定閾値以下になると注意喚起を行なう、歩車間通信[1]が検討されている。その性能は位置精度に大いに依存する。車両はGPSに加え、車載センサによる走行距離測定、マップマッチングやカメラ等による車線の認識など様々な技術を併用して、位置を正確に測定することが可能である。しかし歩行者の位置は主にスマートフォンに搭載される簡易GPS受信機により測位を行うため、都市部ではマルチパス誤差の影響により測位誤差が数十メートルになる場合がある。

本稿では、近接する受信機同士でのマルチパス誤差の空間相関性を調査し、歩行者の周辺にある車両のマルチパス誤差情報から歩行者のマルチパス誤差を推定する手法、及び、推定した歩行者のマルチパス誤差を取り除いて歩行者の位置を高精度に算出する手法を提案し、その有効性を3次元レイトレーシングによって検証する。

## 2. 関連研究

## 2.1 3D 地図を利用したマルチパスの推定[2]

Miuraらは、3D地図とレイトレーシングを利用し、マルチパスの有無の識別に加えマルチパス誤差を推定する手法を提案した。レイトレーシングによるマルチパス誤差の推定は計算量が多く、車載器による測位は可能であるが、歩行者用の携帯端末による測位は難しいという課題がある。

## 2.2 マルチパス誤差の空間相関性[3]

マルチパス誤差は道路の両側に存在するビルや建物の反射によって生じる。Tangらは、同じ車線を走行する近接車両同士は同じ建物からの反射電波を受信する際、マルチパス誤差がほぼ同じで、マルチパス誤差の空間相関性があることを示した。

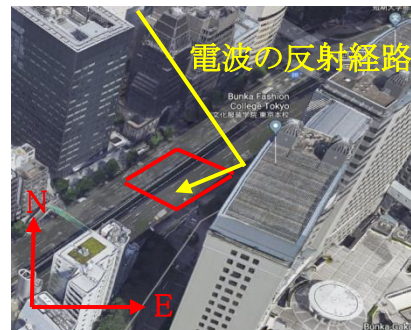


図1 実験場所と電波の反射経路

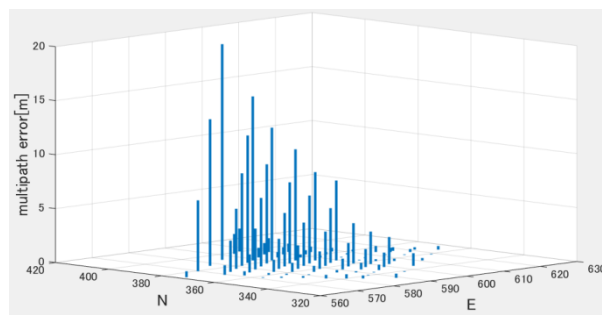


図2 マルチパス誤差の測定結果

## 3. 予備実験

マルチパス誤差は同じ車線に限らず、より一般的なケースで相関性があるかを調べる為に、シミュレーション実験を行った。シミュレーションでは3次元レイトレーシングツール RapLab を使用し、配置した95台のGPS受信機におけるマルチパス誤差の評価を行った。図1は、シミュレーション実験の場所を示す。GPS受信機の配置は赤線で囲まれる範囲内で、8車線と道路両側の歩道に沿って線毎に受信機を10台程度配置した。図2は、1基の衛星に対するマルチパス誤差を3次元で表す。衛星は道路の北側にあるため、道路の南側のビルからの反射波が受信される。その結果、道路の南側から北側に向けてマルチパス誤差がほぼ線形的に増加する。しかし、同じ車線ではマルチパス誤差の値が急に変化する部分があり、その急激な変化はビルの境界線であると考えられる。この結果から、道路の進行方向で推定するのではなく、道路の進行方向に対し直交する方向で、線形回帰モデルにより車線内のマルチパス誤差を使用し、道路両側のマルチパス誤差を推定することが可能と考えられる。

#### 4. 提案手法

本提案手法では、車両のマルチパス誤差情報を無線で歩行者に送信できることを前提とする。3節でマルチパス誤差は道路の進行方向に直交する方向に線形的に変わると述べた。それを基に、提案手法では歩行者の位置から道路に直線を引き、直線に近い車両のマルチパス誤差情報を使用して、歩行者のマルチパス誤差を推測する。図3は、線形回帰モデルにより歩行者のマルチパス誤差を推測する際、赤線で囲まれる車両のマルチパス誤差が使用される例を示す。マルチパス誤差を推測する際には、歩行者の位置情報が必要となる為、本稿では、以下の手順によりマルチパス誤差の推測と位置情報の算出を同時に行なう。

- ① **グリッドの生成**：マルチパス誤差を含めた歩行者の位置を中心に、 $22 \times 22[m]$ の正方形のグリッド（1mの間隔）を生成する。
- ② **擬似距離の補正**：①で生成したすべてのグリッドポイントのマルチパス誤差を推測する。そして、計測された擬似距離から推測したマルチパス誤差を取り除くことにより補正擬似距離が求まる。
- ③ **歩行者の位置決定**：グリッドポイント毎に、衛星との間の真距離と②で求めた補正擬似距離の差分を残差とし、各衛星の残差を求めて平均化する。図4は生成したグリッドと平均残差を表す。すべてのグリッドポイントから平均残差が最小のグリッドポイントを歩行者の最終位置と決定する。

#### 5. 評価

提案方式の有効性を検証するために、327台の受信機を車両に、100台の受信機を歩行者に想定し、銀座の3D地図を用いてシミュレーション実験を行った。3次元イトレーシングツールRapLabにより得られた衛星と受信機間の電波伝搬距離を疑似距離として使用した。100台の歩行者端末の真位置に7~15mのランダム誤差を加え、マルチパス誤差を含む位置とする。提案手法を評価するために従来方式であるGPS単独測位と比較する。表1に示すように、100台の歩行者端末による単独測位では、平均位置推定誤差が21.1m、提案方式では平均位置推定誤差は2.24mになった。

#### 6. 考察

表1に示す二つの測位方式の結果より単独測位に比べて、提案方式の平均位置推定誤差が大幅に小さいことが確認できた。また、図5は累積分布を示し、赤線が単独測位、緑線が提案手法の結果を表す。提案手法では、位置推定誤差5m以下の割合が93%である。

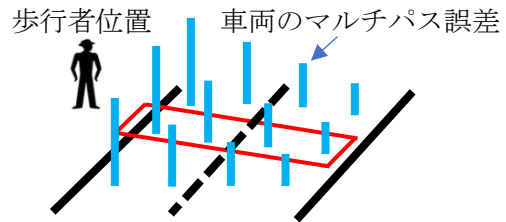


図3 直線に近い車両情報の選択

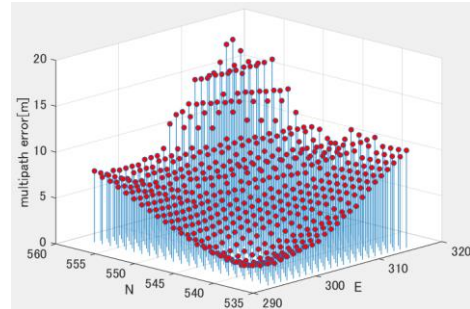


図4 グリッドと推定したマルチパス誤差

表1 水平測位誤差(平均)の比較

測位方式	位置推定誤差[m]
単独測位	21.22
提案手法	2.24

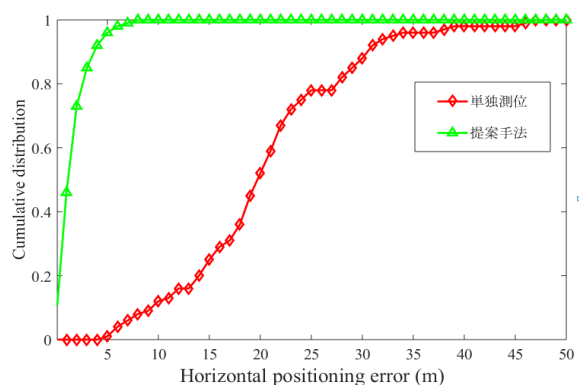


図5 水平測位誤差の累積分布

#### 7. おわりに

GPSからのマルチパス誤差の空間相関性を利用した歩行者の測位方式を提案し、GPS単独測位より測位精度を大幅に改善できることを確認した。今後とも、さらなる測位精度の向上を検討する。

#### 参考文献

- [1] Suhua Tang, *et al.*, "Transmission control for reliable pedestrian-to-vehicle communication by using context of pedestrians," in Proc. IEEE ICVES'15, 2015, pp. 41-47.
- [2] Shunsuke Miura, *et al.*, "GPS Multipath Detection and Rectification using 3D Maps," in Proc. ITSC2013, 2013.
- [3] Suhua Tang, *et al.*, "Cooperative Relative Positioning for Intelligent Transportation System," *Int. J. ITS Res.* vol. 13, no.3, pp.131-142, 2015.