

地理情報システムと連携した電車とバスの誤り乗車検出

神保 拓也[†] 藤波香織^{††}

東京農工大学 工学部 情報工学科[†]

東京農工大学 大学院 工学研究院 先端情報科学部門^{††}

1. 背景および目的

日本の公共交通機関は路線や料金システムが複雑であり、特に都市部ではその傾向が顕著である。このような日本の公共交通システムに対して、外国人や初めてその地を訪れる旅行者がその利用方法について戸惑う場合も多い[1]。特に車両乗車時には、車内表示の設置場所の限定による見落とし、アナウンスの聞き逃しといった問題が起こりやすく、誤りが発生しやすいといえる。そこで、本研究では旅行者が正しく交通機関を利用するために、車両乗車時に起きうる誤りの検出方法を提案する。

本研究で推定を行う具体的な誤りとして、到着駅やバス停留所の乗り過ごし、誤った車両への乗車といった、乗車中に起こりうる問題に焦点を当てる。さらに本研究ではユーザの移動状態の推定を行うことによって、システムがユーザの移動状態を読み取り、適切な場面での推定の実行を目指す。

2. 誤り乗車検出手法概要

2.1 システム概要

本節では提案するシステムの概要について説明を行う。前提としてユーザはあらかじめ目的地をシステムに入力し、案内に従って目的地に移動しているものとする。目的地までの移動中に、進行上正しくない駅や停留所への移動を検出および目的地までの所要時間の算出を目的として、端末のGPSと、駅の地物情報(緯度・経度など) [2]を組み合わせることにより、これらを解決するための機能の実現を目指す。

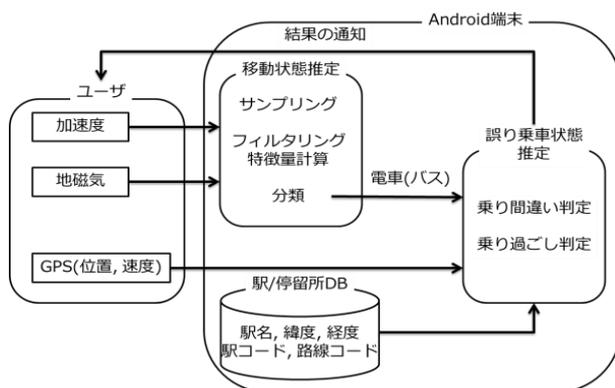


図 1 システム概要

2.2 移動状態推定

移動状態を推定するために、スマートフォン内の 3 軸加速度、3 軸地磁気センサを用いる。20 代の男女 15 名から収集したデータからデータセットを作成し、データマイニングツール weka[3]を用いて評価を行い、一回の判定に用いるセンサデータ数を 1024 個(サンプリング周波数は 50Hz、加速度センサにハイパスフィルタ[4]、地磁気センサにローパスフィルタを適用[4]して 3 軸合成値を計算)、分類アルゴリズムをランダムフォレストとして、端末上で分類を行うようにした。分類に使用した特徴量は加速度由来(中央値、四分位範囲、スペクトルエントロピー、最小値、二乗平均平方根)、地磁気由来(パワースペクトル最大値、分散、標準偏差、二乗平均平方根、四分位範囲、値域幅、最大値)の計 12 種類を用いる。

2.3 誤り乗車状態の推定方法

2.3.1 誤った車両への乗車判定(車両の進行方向判定)

乗車中の車両の行き先が正しいかどうかを判定するために、乗車車両が次に向かう駅の推定を行う。端末 GPS と駅の位置情報とを比較することによって推定を行う。

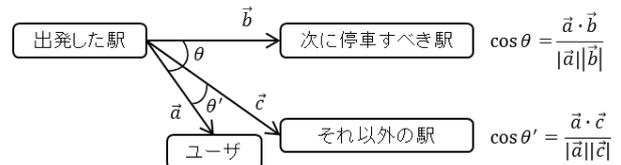


図 2 進行方向の計算方法

比較方法には出発した駅とユーザとの位置座標ベクトルと、出発した駅と隣接する駅との位置座標ベクトルの内積値からベクトル間のなす角度 θ を求め、進行方向の推定を行う(図 2)。 $\theta \geq 0$ のとき車両は正しい方向に進行していると判断でき、反対に内積値が負の場合や、最大でない場合は誤った方向に進行していると判断できる。

2.3.2 到着時間の推定

目的地の乗り過ごしを防止するために、到着の前に通知を行う。到着時刻を知らせるサービスは既に存在するが、本研究では実際の車両の移動速度から到着時間の計算を行うことによって、大都市圏の電車にみられるような不規則な停車の多い場合においても、正確な到着時間の計算を目指す。到着時間の計算方法として、利用する区間の直線総距離を GPS で取得した速度(> 0m/s)で除算することによって求める。しかし車両移動時は速度が一定しないため、発車してから次に停車するまでの速度の総和を測位回数で除算することによって、走行中の平均速度を算出する。この操作を停車のたびにを行い、全体の平均速度を求め、これを除算に用いることで推定時間と実際の所要時間との誤差を小さくすることを目指す。

The Detection of Mistakes on Taking Public Transportation Using Geographic Information System

Takuya JIMBO[†], Kaori FUJINAMI^{††}

^{†,††}Department of Computer and Information Sciences,

Tokyo University of Agriculture and Technology

3. 評価実験

実機上での判定精度の評価を行うために、2.2節で収集した行動データのうち、2名の被験者のデータ (GPS 含む) に対して分類を行った。評価項目は移動状態推定の判定精度、車両の進行方向の判定精度、到着時間の推定精度の3点である。端末は被験者の手に保持されているものとする。被験者は電車移動時に、直線区間 (JR 中央線, 東小金井-荻窪)、路線が湾曲し、かつ隣接する駅が複数存在する区間 (JR 山手線, 池袋-田端) をそれぞれ利用した。バスについては両名とも東小金井駅周辺を周回するコミュニティバスを利用した。さらに実験の前後において一定時間の歩行および静止を行ってもらい、評価を行った。

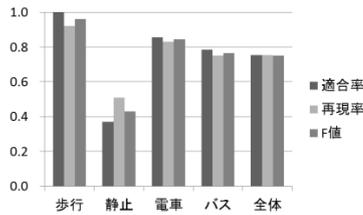


図 3 移動状態ごとの判定精度

図 3 より推定における適合率, 再現率, F 値 (適合率と再現率の調和平均) の比較を行った結果, 歩行時の判定精度は高いがそれ以外, 特に静止時の判定精度が低かった。これは静止時とバス乗車時の加速度, 地磁気の波形が似通っていることが原因であると考えられる。

次に、電車, バス乗車時の誤り乗車状態推定精度について評価を行った。図 4~ 図 6 は進行方向の判定結果を表している。括弧内数字は (次の駅の内積値が最大となった回数 / 全測位回数) を表している。東小金井から荻窪移動時は他の駅への誤判定は発生しなかったが, 結果の更新がされないことが多々見られた (西荻窪-荻窪間)。

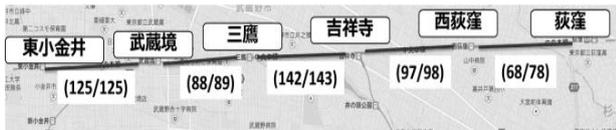


図 4 東小金井駅-荻窪駅 (直線区間)

一方池袋-田端移動時の池袋-大塚間については誤判定が多く見られた (図 5)。これはこの区間の路線の形状が大きな曲線となっており, 発車直後に直線上にある別の駅と誤判定してしまったものと考えられる。ただし湾曲部分を過ぎた後は連続して正答が得られることが分かった。これはバス移動時においても同様の傾向が見られた (図 6 新小金井通り-都営東町アパート間移動時)。



図 5 池袋駅-田端駅 (線路湾曲・駅密集)

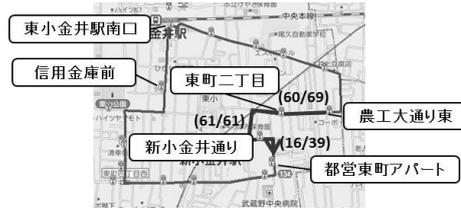


図 6 東小金井駅南口-信用金庫前 (一部抜粋)

次に到着時間推定精度について, 実際の到着までの残り時間と推定時間とを比較することによって評価を行った。表 1 より, 測位ごとの実際の経過時間との誤差の絶対値について, 最大値は 20~150[s], 平均値は 6~60[s]程度となった。ただし, 移動し始めの誤差が大きい場合についても, 数駅程度経過することによってその後の誤差が小さくなることが分かった (表 1 結果 1, 2 参照)。これについては, 移動速度の平均値の更新が寄与しているものと考えている。

表 1 到着時間推定結果

	実時間との差の絶対値[s]	最大値[s]	平均値[s]
1	東小金井-荻窪 (5 駅)	150.0	56.2
2	三鷹-荻窪 (1 から 2 駅経過)	30.1	15.0
3	池袋-田端 (4 駅)	20.5	6.5
4	東小金井駅南口-信用金庫前 (14 停留所)	152.0	43.5

4. まとめ

本稿では, 駅, 停留所の地理情報を用いた電車とバスの誤り乗車検出手法を提案し, 精度の検証を行った。

移動状態推定においては全体として 75%程度の判定精度が得られた。また車両の進行方向推定については, 路線の形状にある程度依存するものの, 駅に接近することによって安定して正答が得られることが分かった。到着時間の推定においては, 表 1 の結果 1, 2 より, 始めの誤差が大きい場合についても数駅を経過することで誤差が小さくなる傾向があることが分かった。

参考文献

- [1]国土交通省, 外国人旅行者に対するアンケート調査結果について, <http://www.mlit.go.jp/common/000190659.pdf> (2015/01/05 参照)
- [2]株式会社コードプラス, 駅データ.jp, <http://www.ekidata.jp/> (2015/01/05 参照)
- [3]University of Waikato, Weka 3: DataMining Software in Java, <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/> (2015/01/05 参照)
- [4]加藤 匠 他, “スマートフォンの高精度加速度センサを用いた抽象的動画作品視聴時のユーザ動作分析と作品のクオリティ向上手法の提案”, NICOGRAPH2011 春季大会, P15, 2011