

携帯電話通信履歴による位置情報を用いた鉄道利用者推定の提案

石塚宏紀[†] 小林直[†] 村松茂樹[†] 小野智弘[†]

[†]株式会社 KDDI 研究所

1 はじめに

昨今、スマートフォンを始めとするスマートデバイスに搭載された各種センサを用いた個々人の日常的な行動分析に関する研究開発が盛んに行われている。行動分析の分野において移動手段は、人々の移動に関する範囲、経路、速度等に関わる重要なコンテキストである。特に首都圏においては、日常的な通勤や通学時に鉄道を利用している鉄道利用者を判定可能にするだけでも防災対策などに有益となる。例えば、首都直下地震発生時における帰宅困難者への対策において、中央防災会議 [1] では、東京都における公共交通機関の遮断による帰宅困難者を約 350 万人と推定し、各種対策を講じている。しかしながら、内閣府の報告による帰宅困難者の推計は、平成 20 年実施のパーソントリップ調査に基づいており、交通網の発展が著しい首都圏においては、より高頻度な調査による鉄道利用者の推計が必要だと考えられる。一方で、既存の移動手段推定技術では、加速度センサや GPS センサを始めとした複数の端末内センサ群から高頻度で取得したデータを用いて推定するためスマートデバイスの電池を著しく消耗させてしまう課題がある。さらに、移動手段を判断するために、専用端末アプリを実装する必要がある。そこで我々は、鉄道乗車時に、人々が携帯電話にて頻繁に通信することに着目し、通信時に設備側で取得された携帯電話通信履歴を用いた鉄道利用者推定手法を提案する。本稿では、携帯電話通信履歴による位置情報と鉄道路線に関する GIS 情報を用いた特徴量の抽出と、約 1,500 名の被験者による鉄道利用状況調査結果を用いた教師あり機械学習による鉄道利用者推定手法との精度評価結果について述べる。評価結果より、本手法を用いることで、通信履歴のみを利用して、約 70% の精度で鉄道利用者を推定可能となった。

2 関連研究

行動分析における移動手段推定手法では、複数センサを複合的に用いた手法、加速度センサのみを用いた手法、及び GIS 情報を用いた手法の 3 つに分類できる。まず複数センサを複合的に用いた手法として、小林等 [2]

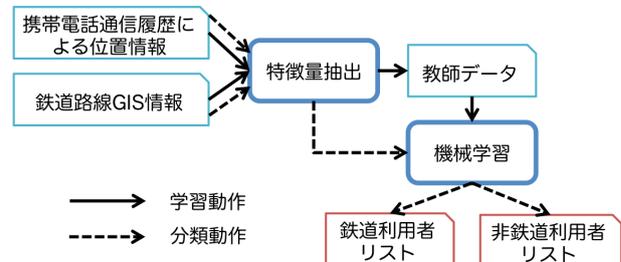


図 1 提案手法の動作

は、加速度センサ、マイクセンサ、GPS センサを用いて歩行、走行、自転車、停止、自動車、バス、鉄道の 7 種の移動手段を高精度で分類可能な手法を提案している。しかしながら複数センサを利用するため、センシングによる消費電力の増大が懸念される。次に、加速度センサのみを用いた手法として、古川等 [3] は、加速度センサの装着場所にとらわれずに省電力で利用可能な手法 *BORO* を提案し、[2] と同様に 7 種の移動手段を判別可能としているが、実環境での利用を想定した場合、検証の被験者数が 5 名と不十分であった。また加速度センサのみを利用して省電力化に貢献しているが、判定のための機械学習機能を端末上で動作することを想定しているため、判定処理自体にも電力を消費するものと思われる。最後に、Rahul 等 [4] は、複数センサ情報だけでなく、GIS 情報を合わせて利用する手法を提案している。彼らは、GIS 情報として、公共交通機関の乗り換え案内情報の標準形式である General Transit Feed Specification を活用し、センサを使った移動手段の学習に要する時間を短縮している。本稿における提案は、日常生活における鉄道乗車者の判定に特化しているが、移動手段判定を目的としたセンシングを含む端末動作を必要とせず、人々が日常生活においてスマートフォンによる通信を利用した携帯電話通信履歴と一般公開された鉄道路線に関する GIS 情報のみを利用した鉄道利用者推定手法である。

3 提案手法

本手法の 2 つの動作を図 1 に示す。本手法は、教師あり機械学習を用いて鉄道利用者の判定を行う。具体的には、ユーザの携帯電話通信履歴による位置情報と鉄道路線に関する GIS 情報を取得し、特徴量を抽出し、機械学習によって鉄道利用者とは非鉄道利用者を分類する。学習動作では、機械学習に適用する教師データとなる鉄道利用者の携帯電話通信履歴による位置情報を取得し、特徴量を抽出した後、その教師データをもとに分類器のモデ

An Estimation Method of Train Commuters using Location Information from Mobile Communication Histories

Hiroki ISHIZUKA[†], Nao KOBAYASHI[†], Shigeki MURAMATSU[†], and Chihiro ONO[†]

[†]KDDI R&D Laboratories Inc., 2-1-15, Ohara Fujimino-shi Saitama, Japan

{hk-ishizuka, no-kobayashi, mura, ono}@kddilabs.jp

表 1 鉄道利用者推定の特徴量

特徴量
鉄道形状類似度 $d_{rail} = 100, 300, 500(m)$
v_{rail} 以上の移動時における鉄道形状類似度 $v_{rail} = 20, 40(km/h)$
移動速度の平均値
移動速度の中央値
移動速度の最大値
一日辺りの平均移動距離

ルを作成する．分類動作では，学習動作で作成したモデルを用いて，特徴量を抽出したユーザの情報から鉄道利用者か否かを分類する．以下の節にて，本手法で用いるデータの解説として，鉄道利用状況調査について述べ，次に本手法における特徴量抽出方法について述べる．

3.1 鉄道利用状況調査

教師データ作成のための正解データ収集に向けて，我々は，2014年3月に鉄道利用状況調査を実施した．本調査では，対象である18歳～60歳までの約1,500名に対して，日常生活における通勤・通学における主要交通手段をアンケートにて回答いただき，調査期間1ヵ月間における携帯電話通信履歴による位置情報の個別利用許諾をいただいた．

3.2 特徴量抽出方法

携帯電話通信履歴による位置情報と鉄道路線に関するGIS情報を用いた特徴量として，鉄道形状類似度と移動速度の2つに注目した．また，特徴量抽出前に，位置情報のクリーニング処理として，時速0kmに該当する履歴及び，時速150km以上での移動に該当する履歴は，通勤・通学に利用される鉄道利用の特徴量としてふさわしくないと判断し，除外した．本手法で用いる特徴量を表1にまとめる．

3.2.1 鉄道形状類似度

鉄道形状類似度は，鉄道路線に関するGIS情報による鉄道形状と携帯電話通信履歴 (l_1, l_2, \dots, l_i) による位置情報間の最小距離 d_i を算出し， d_i が閾値 d_{rail} 以上の割合として表現した． d_{rail} は，100m, 300m, 500mの3つを設ける．

3.2.2 移動速度

移動速度は，携帯電話通信履歴による位置情報系列の履歴前後の位置及び観測時間を比較して，移動速度 v_i を算出した．特徴量としては，平均値，中央値，最大値を利用した．さらに，鉄道形状類似度と移動速度の両方を考慮した特徴量として，速度の閾値 v_{rail} 以上である履歴を対象とした鉄道形状類似度も特徴量として追加した．

4 評価実験

本手法によって作成した分類モデルにおける鉄道利用者推定の精度を検証した．機械学習による分類器の教師データの作成は，鉄道利用状況調査参加者1,500名の内，通勤・通学手段のアンケート回答が有効であった

表 2 各アルゴリズムによる分類精度比較表

評価指標	k 近傍	LR	SVM	RF
正確度	0.69	0.68	0.70	0.72
精度	0.69	0.67	0.71	0.72
再現率	0.68	0.68	0.70	0.73
F 値	0.69	0.68	0.70	0.73

999名を対象とし，459名の鉄道利用者(正例)と540名の非鉄道利用者(負例)に対して学習を行った．本手法の前提条件は，携帯電話通信履歴による位置情報を利用した鉄道形状類似度判定を特徴量としているため，測位精度が著しく低下する地下鉄乗車時の判定は，対象外とした．そのため，上記459名の鉄道利用者には，地下鉄利用者は含まれない．

本検証における分類アルゴリズムとして，k近傍，ロジスティック回帰(LR)，SVM，Random Forest(RF)の4つを採用し，各アルゴリズムのパラメータ調整を行いながら，999名のデータを使ったk-分割交差検証($k=3$)を行った．表2に各アルゴリズムによる検証結果として，正確度，精度，再現率，F値を示す．各アルゴリズム間にて大きな差異は見られないが，各評価指標にて平均0.72を示したRandom Forestが最良となった．

5 まとめ

本稿では，行動分析における移動手段判定の必要性を解説した後に，携帯電話通信履歴による位置情報とGIS情報を活用した鉄道利用者推定技術を提案した．既存手法に対する本手法の貢献は，携帯電話通信履歴を用いることで，移動手段判定に対するユーザ端末の電力負担を極限まで削減する試みにあると考える．現状の推定精度は，7割程度であり，他既存手法よりも低い状況ではあるが，パラメータ調整や特徴量を最適化することで精度向上を試みる．

謝辞

本技術は，総務省の「G空間プラットフォームにおけるリアルタイム情報の利活用技術に関する研究開発」による委託を受けて実施した研究開発による成果です．

参考文献

- [1] 首都直下地震帰宅困難者等対策協議会最終報告書 <http://www.bousai.go.jp/jishin/syuto/kitaku/pdf/saishu02.pdf>, 2012
- [2] 小林亜令, 岩本健嗣, 西山智, "釈迦:携帯電話を用いたユーザ移動状態推定方式," 情報処理学会論文誌, Vol. 50, No. 1, pp. 193-208(2009).
- [3] 古川侑紀, 西山勇毅, 大越匡, 中澤仁, 高汐一紀, 徳田英幸, "加速度センサのみを用いた移動手段判定アルゴリズムの評価," SIG Technical Reports, Vol. 2014-UBI-41, No.43 pp.1-7(2014)
- [4] Rahul C. Shah, Chieh-yih Wan, Hong Lu, Lama Nachman. Classifying the Mode of Transportation on Mobile Phones using GIS Information. In Proc. The 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing(UBICOMP 2014), 2014.