

マイクロフォンを用いた鉄道乗車位置推定手法の初期的評価

Initial Evaluation of Train Carriage Estimation Method using Microphone

佐藤 孝嗣[†]
Koji SATO

石田 繁巳[†]
Shigemi ISHIDA

田頭 茂明[‡]
Shigeaki TAGASHIRA

福田 晃[†]
Akira FUKUDA

[†] 九州大学大学院システム情報科学研究所 / Faculty of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University
[‡] 関西大学総合情報学部 / Faculty of Informatics Department of Informatics, Kansai University

1 はじめに

鉄道利用補助のナビゲーションにおいて、ユーザの乗車位置は重要な情報であると考えられる。乗客の持つ携帯端末を用いて近隣端末の Bluetooth 信号の RSSI を受信し、乗車位置を推定する手法が提案されているが、複数端末を乗車位置推定に利用するため、乗客の少ない路線などでの実用は現実的でない [1]。本研究では、プラットフォーム上から携帯端末で列車到着時の音を取得し、列車が線路の継ぎ目の上を通過する際に発生する「ジョイント音」を検出することで乗車位置を推定する。本稿では、ジョイント音を利用したユーザの鉄道乗車位置推定手法を提案し、実環境で取得した音データを用いた評価結果を報告する。

2 ジョイント音と列車の車体構造

鉄道の線路の継ぎ目の上を列車の車輪が通過した際に、ジョイント音と呼ばれる大きな音が発生する。一般的な鉄道の車両は 2 つの車軸で構成された台車を前方と後方に持つため、1 つの車両につき片側合計 4 つの車輪を備えている。

プラットフォームに立つ乗客の正面に線路の継ぎ目がある時、列車到着時に正面の線路継ぎ目では 1 車両につき 4 回のジョイント音が発生することとなる。このため、列車が停止するまでにジョイント音が何回鳴ったかを数えることで列車が停止した時の乗客の正面の車両が何車両目であるかを推定できる。

3 提案手法の概要

図 1 に提案手法の概要を示す。提案手法は学習ベースの手法を用いてジョイント音の発生を検知するジョイント音検知ブロックと、列車の構造上の特徴を利用して雑音の影響を軽減しながらジョイント音の発生回数を数えるジョイント音カウントブロックで構成される。

3.1 ジョイント音検知ブロック

ジョイント音検知ブロックではロジスティック回帰分析で各時刻のジョイント音発生確率を求めた後、そのジョイント音発生確率にピーク検知を行いジョイント音の発生時刻を求める。ロジスティック回帰分析は学習手法の一種であるため、学習フェーズと判定フェーズで実現する。

学習フェーズでは事前に収集した音声データとその音声ジョイント音であるかないかの真値ラベルを用いてロジスティック回帰分析の偏回帰係数を学習する。学習に用いる特徴量を抽出するため、まず音声データを一定時間幅に分割し、分割した各データに高速フーリエ変換 (FFT: Fast Fourier Transform) を施して周波数成分の大きさを計算する。次に、学習の事前処理として次元削減のための主成分分析 (PCA: Principal Component Analysis) を行い、得られた上位主成分のみを学習に用いる。ジョイント音をよりよく抽出するため、PCA の学習データはジョイント音発生時の音声データの周波数成分を使用する。学習精度向上のため、上位主成分の定数項を除き、その絶対値を学習に用いる特徴量とする。上記の変形により得た特徴量を用いてロジスティック回帰分析の学習を行い、モデルの偏回帰係数を決定する。

判定フェーズでは学習フェーズで求められた偏回帰係数を用いてその時刻にジョイント音が発生している確率を計算する。判定フェーズにおいても一定時間幅に分割された音声データの周波数成分を計算し、PCA で求めた上位主成分に学習フェーズと同様の変形を行い、特徴量を抽出する。得られた特徴量を学習フェーズで決定したロジスティック回帰モデルに代入し、各時刻の音がジョイント音である確率をそれぞれ算出する。

最後に、時系列順に並べられた各時刻の確率に対してピーク検知を行い、ピークが検知された時刻をジョイント音の発生時刻として出力する。

3.2 ジョイント音カウントブロック

ジョイント音カウントブロックでは列車の車体構造を利用して、ジョイント音検知ブロックで得たジョイント音の発生時刻から誤検知したジョイント音を除き、ジョイント音の数を数えることで乗車位置を推定する。

本手法では、列車の車両連結部の構造と列車が減速していることを利用してジョイント音の誤検知除去とジョイント音カウントを行う。

車両連結部では、先行車両の後方台車の車輪 2 つと後続車両の前方台車の車輪 2 つによって合計で 4 回のジョイント音が発生する。車両連結部の 4 つの車輪の間隔の比がおおよそ 1:2:1 となっているため、列車が等速度あるいは等加速度で運動していると仮定すると、車輪の間隔の比からジョイント音の発生時間の間隔の比を求めることが可能である。また、列車が減速しており、車両連結部の各車輪の間隔は車両によらず変化しないため、後続車両はジョイント音の発生間隔が長くなる。これらより、時間とともにジョイント音発生時間間隔が長くなるという条件の下で、ジョイント音の発生時刻の中から車両連結部と思われる 4 つのジョイント音の組の個数を数える。上記の手順で数えた車両連結部の数に 1 を加えた数を乗車位置の推定結果として出力する。

4 初期的評価

4.1 評価環境

図 2 に実験時の環境を示す。データ取得者は JR 九州福吉駅のプラットフォーム上の無作為に選んだ場所にスマートフォンを持って立ち、音声データを取得した。真値データとして動画を撮影するため、スマートフォンのカメラを線路方向に向けてデータ取得を行った。実験時に到着した列車は 3 両もしくは 6 両編成であった。

乗車位置の真値データは撮影した動画から取得した。列車が停止した時にデータ取得者の正面にきている車両が何車両目かを確認し真値とした。ジョイント音検知のための学習データは撮影したデータを基にジョイント音発生時のラベルを 1、ジョイント音非発生時のラベルを 0 として手動でラベル付けを行った。音声データの中でジョイント音が鳴っている時の音声データをジョイント音発生時のデータとし、それ以外の時刻の音声データをジョイント音の非発生時のデータとした。音声データはサンプリングレート 44.1 kHz で取得し、FFT は 1024 点で行った。予備実験の結果に基づき、学習に使用する主成分は 4 個とした。提案手法を用いてデータ取得者の正面に停車した車両位置の推定を行い、推定精度を評価した。

4.2 評価結果

図 3 に評価結果を示す。図より、平均誤差 0.982 車両で乗車位置を推定できることを確認した。

調査の結果、発生した誤差はジョイント音の誤検知や未検知によって発生していることを確認した。ジョイント音の誤検知は風による雑音や、観測地点付近の工事の騒音によって発生することがわかった。ジョイント音の未検知はジョイント音の音量が小さい時に発生していることがわかった。また、本手法では観測者の正面にジョイント部がある状態を想定しているため、観測者と線路継ぎ目との位置関係によって推定誤差が生じていた。

5 おわりに

本稿では鉄道利用時の車両単位の乗車位置推定手法として、ジョイント音を利用した手法を提案し、初期的実証評価の結果を示した。実証評価により、ジョイント音の未検知や誤検知により推定精度が悪化していることを確認した。今後は学習に用いる特徴量や学習手法に関する検討を行い、推定精度向上に向けて提案手法を改良していく予定である。

謝辞

本研究の一部は、科研費 (JP15H05708, JP17K19983, JP17H01741) の助成で行われた。

参考文献

- [1] 前川勇樹, 内山彰, 山口弘純, 東野輝夫他, “鉄道における bluetoothrssi 特性を用いた乗車車両および混雑の推定手法,” 情報処理学会論文誌, vol.55, no.6, pp.1614–1624, 2014.

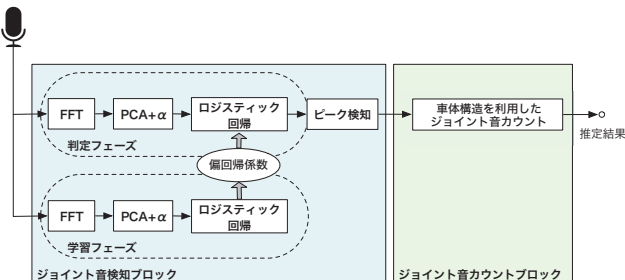


図 1 提案手法の概要



図 2 実験環境

推定した乗車車両 [車両目]		1	2	3	4	5	6	7
1	2	1	2	0	0	0	0	0
2	7	7	2	3	0	0	0	0
3	0	4	1	0	0	0	0	0
4	0	0	3	3	3	0	0	0
5	0	4	2	6	6	0	0	0
6	0	1	0	0	1	0	1	1

図 3 評価結果