

加速度センサによる混雑状況推定手法の提案と実装

Proposal of Estimation Method of Congestion using Acceleration Sensors and Its Implementation

橋本武法^{*1} 田島直嗣^{*1} 福島雄太^{*1} 中山功一^{*1}

Takenori Hashimoto Naotsugu Tashima Yuta Fukushima Koichi Nakayama

^{*1} 佐賀大学大学院 工学系研究科

Graduate School of Science and Engineering, Saga University

Passengers who are waiting for a train want to know the congestion situation of each train. In this paper, we propose an estimation method of congestion using acceleration sensors in passengers' smartphone. We implemented the proposed method as Android apps. Experimental results show that proposed method can discriminate a congestion situation.

1. はじめに

停留所で電車やバスなどの乗り合い車両を待っているときに、次に到着する車両の混雑状況(座れる座席数/立っている乗客の比率/あと何人着席できるかなど)を知ることができれば、どの車両の到着を待つか(違う車両に変更するか)の判断基準となり、乗客に対するサービス性が向上する。ジョルダン乗換案内[ジョルダン 03]のように、混雑状況を善意のユーザが投稿するシステムは存在するが、350万人が利用している上記アプリでさえ投稿数は少なく、ユーザの多くは混雑状況を把握できない。また、JRの駅やバス停などには、次に来る電車やバスの到着時刻、或いはその停留所までの走行位置を示す表示装置が設置されているが、到着列車の車両ごとの混雑状況を乗ろうとしている乗客に知らせる手段は存在しない。

従来、1人の人間が所持する1つまたは複数のセンサから、その人間の姿勢を判別する研究は存在する[倉沢 06]。一方、複数の人間が所持する同期したセンサの情報を比較し、その姿勢を判別する研究は知られていない。

本研究では、ユーザに負荷をかけることなく、複数のユーザの保持する加速度センサの値のみから、それらのユーザが立っているか座っているかを自動で判別し、車両ごとの着席率(混雑状況)を駅で待っている別のユーザに案内するアルゴリズムを提案する。また、Android スマートフォンへの実装について述べる。

2. 提案手法

2.1 概要

本手法では、複数の乗客が保持しているモバイル機器に組み込まれた加速度センサを用いて、そのモバイル機器を所持している乗客が立っているのか/座っているのかを判別する。立っている乗客の比率を把握することで、それらの車両にあと何人着席できるかを推定し、次の駅や停留所で待つ乗客に通知することを目的とする。

2.2 判別方法

以下の2つの判別法から、ユーザが立っているか座っている

かを判別する。

- ・時間遅れ判別:** 金属製(剛体)の車両は全体が同時に揺れる。一方、車両(床、壁、座席など)から近い位置にあるモバイル機器の加速度センサには、車両から遠い位置にあるモバイル機器の加速度センサより揺れが遅れて伝わる。例えば、車両から0.2m離れた(座っているユーザのポケットにある)加速度センサには、車両の揺れから例えば20ミリ秒ほど遅れて検出される。一方、車両から1.2m離れた(立っているユーザのポケットにある)加速度センサには、車両の揺れが例えば120ミリ秒ほど遅れて検出される(図1の二つの赤丸)。このように、近辺の複数のモバイル機器の加速度センサ情報を比較し、立っている客と座っている客の揺れの差を検出することで、その加速度センサを所持するユーザの姿勢(座客か立客か)が推定できる。
- ・周波数判別:** 立っているユーザの所持するモバイル機器の加速度センサは、ユーザの体重を支える部分(床)から例えば1.2mほど離れているため、周期の長い(周波数の低い)揺れがより多く検出される(図1の赤い線)。一方、座っているユーザの所持する加速度センサは、ユーザの体重を支える部分(イス)から0.2mほどしか離れていないため、周期の短い(周波数の高い)揺れがより多く検出される(図1の青い線)。周期(周波数)のピークの違いを他のユーザと比較することで、そのモバイル機器の所有者が立っているか座っているかを推定できる。

2.3 実装方法

同一車両内に、外部(サーバ)と通信可能な加速度センサとGPS受信機の付属した複数のモバイル機器(たとえばスマートフォン)が、複数存在する状況を想定する。モバイル機器間の時刻の同期をとるために、それぞれのモバイル機器は、GPS時刻(誤差50ナノ秒以下)とモバイル機器内部の時計との差分を10ミリ秒以内の誤差で計測しておく。モバイル機器内の加速度センサが測定した加速度の値は、測定したGPS時刻と共にサーバへ送信される。サーバは、複数の加速度センサの値の差分から、その加速度センサの保持者が立位か座位かを判別する。立位/座位のユーザ数比率から、車両ごとの混雑状況と着席可能人数を推定し、次の駅(停留所)の乗客に通知する。

3. 検証実験

本手法の有効性を確認するために、車両を模した台車と二つの加速度センサ(立位センサ/座位センサ)を用いて検証実

験を行う。立位センサは、台車上に立っている人のポケット内に入れる。座位センサは、台車に椅子が固定できなかったため、座っている人のポケット内を模した位置に固定する。台車を、電車の揺れを模してガタンガタンと人力で揺らし、その際に検出された加速度のデータをサーバに送信する。

実験結果の例として、ある時刻に検出された加速度の値を図1に示す。縦軸がミリ G (G は重力加速度)、横軸が秒を示す。青い線が座位の人のポケット内を、赤い線が立位の人のポケット内を、それぞれ模した位置に固定した加速度センサの値である。

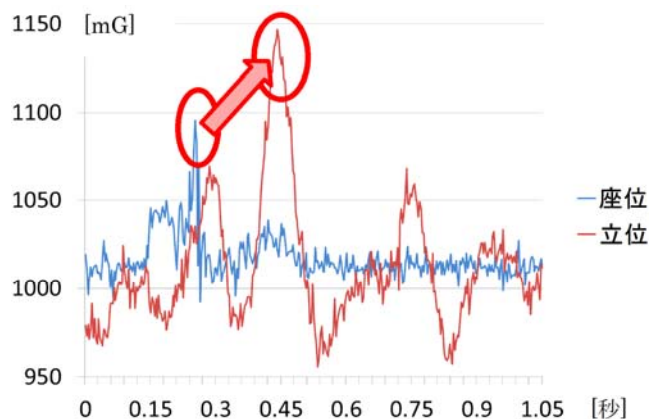


図 1:揺れを検出する時間の差異

赤い丸で示したように、揺れた際に加速度のピークが現れる時刻は、立位センサの方が座位センサに比べて 0.2 秒ほど遅れて現れている。この結果から、時間遅れ判別が有効に機能することが示唆される。

また、座位センサの値を示す青いグラフは、台車が揺れた時刻である 0.15 秒の直後に大きく揺れた以外は、短い周期で小刻みに揺れている。一方、立位センサの値を示す赤いグラフは、台車が揺れた直後以外にも、長い周期の揺れが長時間にわたって続いている。この結果から、周波数判別も機能することが示唆される。

4. Android 携帯電話へのシステムの実装

試作した Android アプリ「~The 席 Getter~」について述べる。起動画面を図 2 に、判定結果表示画面を図 3 左に、加速度センサの値と GPS 時刻および GPS が示す位置(緯度経度)を表示する画面を図 3 右に示す。

本アプリは、以下のように利用されることを想定している。

- ①ユーザは、本アプリをダウンロードする。
- ②アプリは、GPS 時刻ごとの加速度データを記録し、サーバに送信する(起動中および操作終了後の 10 分間)。
- ③サーバは、全ユーザの位置と状態(座位/立位)を判別し、車両ごとに集計する。
- ④混雑状況を知りたいユーザは、サーバにアクセスする。
- ⑤サーバは、ユーザの要求に応じて混雑状況を送信する。
- ⑥アプリは、受信した混雑状況を表示する。

5. おわりに

本研究では、ユーザに負荷をかけることなく、モバイル機器に付属する加速度センサの値のみから、そのユーザが立っているか座っているかを自動で判別し、車両ごとの着席率(混雑状況)を駅で待っているユーザに案内するアルゴリズムを提案した。また、Android スマートフォンへの実装例について述べた。

このシステムが実現すると、駅で電車を待っている乗客が、次に到着する車両の混雑状況や、空いている車両番号を知ることができるようになる。即ち、乗客に対するサービス性が向上する。さらに、乗客がアプリを導入するだけで自動的に混雑状況の情報を収集できるため、コストが抑えられる。

今後は、システムの実用化に向け、サーバが持つ混雑状況判定プログラムや、スマートフォンにインストールされるアプリを、それぞれ改良する予定である。



図 2: 起動画面



図 3: 判定結果の表示画面(左)と 加速度センサおよび GPS 情報の表示画面(右)

参考文献

- [ジョルダン 03] ジョルダン <http://www.jorudan.co.jp/>
 [倉沢央 06] 倉沢央: センサ装着場所を考慮した 3 軸加速度センサを用いた姿勢推定手法, 社団法人 情報処理学会 研究報告, 2006.