

参加型センシングによる電車混雑推定方法の提案

大野航・木實新一

Towards estimation of train congestion using participatory sensing Wataru OHNO and Shin'ich KONOMI

Abstract: Today, visual judgment is often used to estimate train congestion. However, it is often difficult to obtain accurate information by visual judgment. Another method to estimate train congestion is deploying a sensor network on the train. However, it is costly to deploy it on site. Therefore, we introduce an approach based on participatory sensing. Our approach estimates train congestion using integrated sensor information from CO₂, pressure, and acceleration sensors. We discuss the feasibility of the approach based on the experiment we carried out on the train.

Keywords: 参加型センシング (participatory sensing), 混雑状況推定 (estimation of congestion)

1. はじめに

駅のホームで次の電車の到着を待っているときに、その電車の混雑状況を前もって知ることができれば、車両の変更や経路の変更などの判断基準となる。現在、電車の混雑状況の推定は目視が一般的である。既往の研究として加速度センサ⁽¹⁾やCO₂センサ⁽²⁾と赤外線センサ⁽³⁾を用いた電車混雑推定手法が提案されている。しかしながら、車内にセンサネットワークを設置して混雑状況を推定する方法は、設置コスト等の問題により、実際に現場で導入することは難しいと考えられる。本稿では、設置コスト等を考慮して、ユーザ自身が持つセンサ情報を他のユーザに提供するシステムである参加型センシングを提案し、電車内で行った実験の結果に基づきその実現可能性を議論する。

大野航 〒277-8568 千葉県柏市柏の葉 5-1-5

東京大学空間情報科学研究センター

Phone: 04-7136-4291

E-mail: wataru_ohno@csis.u-tokyo.ac.jp

2. 基本情報

2.1 車両概要⁽⁴⁾

表1,2に示すように対象車両としてつくばエクスプレスのTX-1000系とTX-2000系を選んだ。その中で本実験では、TX-1300とTX-2300において実験を行った。また、それぞれの車両形式の違いを図2に示す。

表-1 TX-1000系

号車	1	2	3	4	5	6
形式	TX-1100	TX-1200	TX-1300	TX-1400	TX-1500	TX-1600
編成形態	CT1	M1	T	M1'	M2'	CT2
定員	147(48)	158(51)	158(54)	158(54)	158(51)	147(48)
標記重量	30.3t	33.6t	26.5t	33.8t	31.3t	30.9t
備考	女性専用車両	車椅子	弱冷房車		車椅子	

表-2 TX-2000系

号車	1	2	3	4	5	6
形式	TX-2100	TX-2200	TX-2300	TX-2400	TX-2500	TX-2600
編成形態	CT1	M1	M2	M1'	M2'	CT2
定員	147(48)	158(51)	153(60)	153(60)	158(51)	147(48)
標記重量	30.3t	38.1t	34.4t	38.3t	34.3t	30.9t
備考	女性専用車両	車椅子	セミクロス 弱冷房車	セミクロス	車椅子	



図2 対象車両 (左: TX-1000系, 右: TX-2000系)

2.2 センサ概要

図 2 にそれぞれのセンサ機器と装着時の様子を示す。本手法では、CO₂センサ・感圧センサ・加速度センサを図 2 の D に示す Arduino に接続して使用した。また、Arduino はウエストポーチ内に入れた。

A に示した感圧センサ⁽⁵⁾は 100g~10kg の力を計測できるものであり、左臀部に装着した。B に示した加速度センサは ADXL335⁽⁶⁾を使用した。装着場所には、左足大腿部を選んだ。C に示した CO₂センサは CO₂Engine K30⁽⁷⁾を使用し、ウエストポーチの肩掛け部に掛けるように装着した。

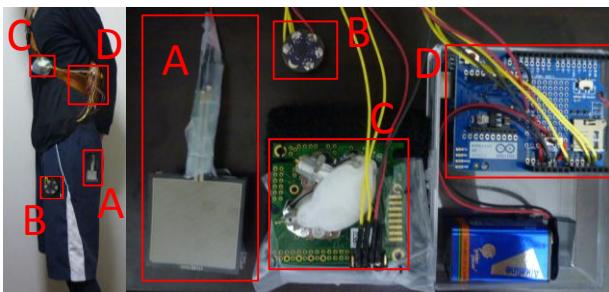


図 2 センサ機器と装着した様子

3. 実験方法

3.1 手法の概略

ユーザ自身が持つセンサから得られる情報が電車の混雑状況の推定に有効であるか検証するため、つくばエクスプレスの適当な一駅区間で実験を行った。実験フローは図 3 に示す。また、有効性を検証することを目的としているため、比較として車両内の人数を目視によって把握し、車両の混雑率

([1 車両の人数]/[1 車両の定員]×100) を算定した。

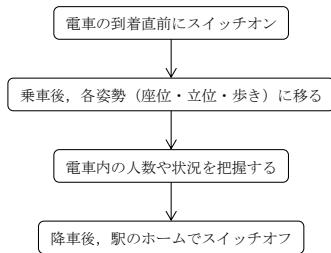


図 3 実験フロー

3.2 判別方法

電車に乗っているときのユーザの姿勢を座位・立位・歩きの三種類に分け、その姿勢を各センサによって判別し、そのセンサの値が電車の混雑状況の推定につながるかどうか考える。感圧センサは「座位」かそれ以外かの判断のため使用した。加速度センサは「歩き」かそれ以外かの判断のため使用した。また、CO₂センサによって混雑率が推定できるかどうか確かめる。

4. 検証結果

実験では、座位を 3 回、立位を 6 回、歩きを 2 回の計 11 回行った。また実験より得られた結果を表 3 に示す。

表 3 各実験時の車両の乗客数と混雑率

姿勢	回目										
	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	6回目	7回目	8回目	9回目	10回目	11回目
乗客数 (人)	25	40	28	27	55	23	90	59	61	140	120
混雑率 (%)	16.34	25.32	17.72	17.09	34.81	15.03	58.82	38.56	39.87	91.50	78.43
車種	TX-2300	TX-1300	TX-1300	TX-1300	TX-1300	TX-2300	TX-2300	TX-2300	TX-2300	TX-2300	TX-2300

4.1 感圧センサ

感圧センサの姿勢ごとの測定結果を図 4 に示す。電圧が高いほどセンサに大きな力がかかるていることになる。図 4 より、座位の場合 1000mV 程度の値が観測されるのに対し、立位と歩きの場合はほとんど値が 0mV であった。また立位では所々微小な圧力が観測されていたが、これは電車のドアに寄りかかった際に発生したと思われる。

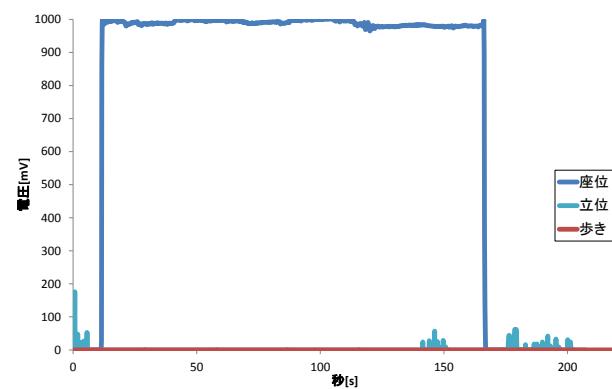


図 4 感圧センサによる測定結果

4.2 加速度センサ

3軸共ほとんど同じ値をとったため、X軸について姿勢ごとの測定結果を図5に示す。図5より座位と立位は値にほとんど変化がないのに対し、歩きの場合は値が常に大きく変動しているのが分かる。

また、図6より重力の影響により座位においてはZ軸が、立位においてはY軸の値が最小値をとることが確認できた。

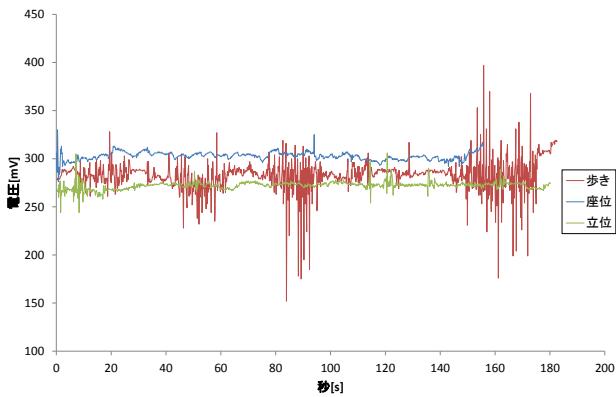


図5 加速度センサによる測定結果（X軸）

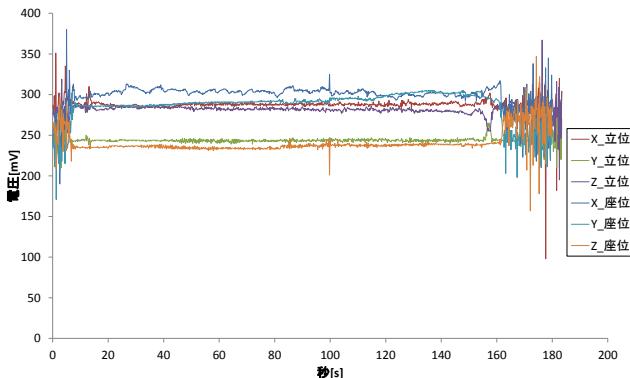


図6 加速度センサの立位と座位の測定結果

4.3 CO₂センサ

CO₂センサは混雑率ごとの測定結果を図7にまとめた。図7より、混雑率が大きくなるにつれて濃度が高くなることが分かる。

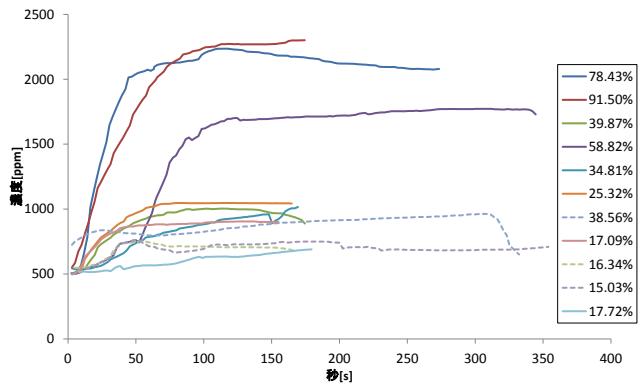


図7 CO₂センサによる測定結果

5. 考察

5.1 実験結果について

まず、図4より感圧センサによって「座位」の判定は可能であることが分かる。続いて、図5より加速度センサによって「歩き」とそれ以外の状態の判別も可能であることが分かる。

また、加速度センサの値の座位と立位時それぞれにおいて最小値を示す軸に着目することで、座位か立位かの判断が可能である。Veltinkらの研究⁽⁸⁾においても座位と立位の区別における加速度センサの有効性が示されている。

次にCO₂センサの値によって、混雑率が推定できるか確かめるため混雑率とCO₂濃度の関係を図8に示す。表4にそれぞれ混雑率ごとのCO₂濃度の最大値と平均値をまとめた。また、図8には実測値であるMaxとAverageの値以外に、それらの近似曲線をそれぞれ示した。これらの結果より、混雑率とCO₂濃度はおよそ比例関係といえるので、CO₂濃度から混雑率の推定は可能であるといえる。しかし、100%以上の混雑率の場合や季節の違いによって、温度・空調をパラメータとした場合などにおいても実験を行う必要がある。今後これらを考慮して実験を行い、整合性を取る必要がある。

表4 CO₂濃度の測定結果

CO ₂ 濃度 [ppm]	混雑率[%]										
	16.34	25.32	17.72	17.09	34.81	15.03	58.82	38.56	39.87	91.50	78.43
Max	752	1047	690	905	1026	760	1772	963	1004	2308	2236
Average	689.07	956.8	602.46	841.52	804.4	693.51	1511.6	872.93	896.65	1914.45	1983.58

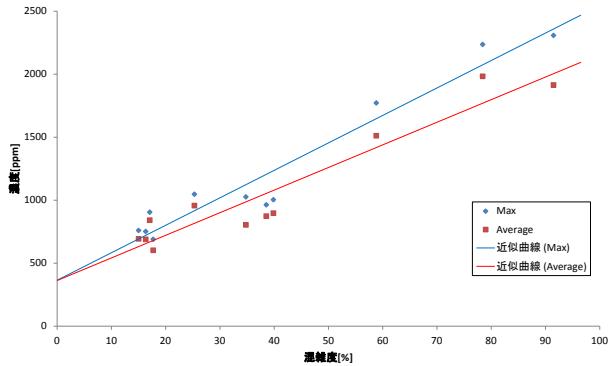


図8 混雑度とCO₂濃度の関係

5.2 参加型センシングの実現に向けて

加速度センサについては既にスマートフォンなどの小型端末に搭載されているので、大腿部に装着すればその情報より姿勢の判別ができる、結果的に混雑状況の推定に役立つと考えられる。

CO₂センサはスマートフォン等の携帯端末には搭載されていないが、容易に携帯電話と接続することができる。ウェザーニュースが気象情報の分野で行なっているように、携帯電話や簡易的な計測装置を所有する一般市民の協力を得て、混雑情報を集めることができれば、詳細な混雑情報をリアルタイムで把握することが可能である。CO₂計測装置については、Arduino等のオープンなハードウェアプラットフォームを用いて比較的容易に自作することができる。作成方法をいわゆる Instructable⁽⁹⁾などとして公開することによって、混雑情報の参加型センシングを実現できると考える。

6. 結論

(a) 感圧センサによって座位の姿勢は判断可能であり、加速度センサによって歩きの姿勢も判断

可能である。

- (b) CO₂センサの値によって、大まかな混雑度の把握ができる。
- (c) CO₂センサと携帯電話に内蔵された加速度センサを用いた参加型センシングによって従来にない詳細かつリアルタイムな混雑情報を把握できることが期待される。

参考文献

- (1) 橋下武法・田島直嗣・福島雄太・中山功一：加速度センサによる混雑状況推定手法の提案と実装，第26回人工知能学会全国大会，2012。
- (2) 中村友宣・小川剛史・清川清・竹村治雄：二酸化炭素センサによる鉄道車内混雑度推定を用いたウェアラブル学習システムのための利用者コンテキスト認識，信学技報 MVE2007-89, pp49-54, 2008.
- (3) 湯山映里・森野博章：赤外線・二酸化炭素センサによる車両混雑度推定システムの基礎検討，平成20年度電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会，芝浦工業大学工学部，2009。
- (4) つくばエクスプレス，<http://www.mir.co.jp/>
- (5) <http://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Pressure/fsrguide.pdf>
- (6) http://www.analog.com/static/imported-files/jp/data_sheets/ADXL335_jp.pdf
- (7) <http://www.sakakicorporation.co.jp/products/sensor/module/k30.html>
- (8) P.H. Veltink, H.B.J. Bussmann, W. de Vries, W.L.J. Martens, R.C. Van Lummel, 1996. Detection of Static and Dynamic Activities Using Uniaxial Accelerometers. IEEE Trans. Rehabilitation Engineering, 4, 4, 375-385.
- (9) <http://www.instructables.com>