

自転車の走行情報を用いた混雑度の推定に関する検討

菅生 啓示[†] 宮崎 学[‡] 中田 龍太郎* 木實 新一^{§¶} 戸辺 義人^{§¶}

東京電機大学 未来科学研究科[†] 東京電機大学 工学部[‡] 東京電機大学 工学研究科*

東京電機大学 未来科学部[§] JST/CREST[¶]

1. はじめに

近年、環境保全や移動の柔軟性の目的により、自転車を利用する人が増加してきている。日本の都市部において、自転車が走行可能な道路には歩行者を含め多くの障害物が存在するため、自転車利用者は障害物のある道路の走行を余儀なくされる。障害物を避けるためにブレーキや蛇行を繰り返しながら走行することは自転車本来の快適性が失われてしまうだけでなく、衝突事故を引き越す可能性がある。このように、自転車が走行する道路の混雑度は自転車走行における快適さや安全さに大きな影響を及ぼし得る。しかし、歩行者の数は曜日や時間帯、天候によって大きく異なるため一概に道路の混雑度を推定できない。そこで、自転車のハンドル部分に 3 軸ジャイロセンサ、GPS センサを装着し、位置情報と関連付けてハンドル操作などの走行情報を収集する。本論文では、収集した走行情報を分析することで自転車が走行中にかわした人の数を推定し、混雑度の検討を行う。

2. システム設計

混雑度の推定をするにあたり走行情報取得と走行コンテキスト抽出、混雑度推定を行う。まず、走行情報取得では、自転車にセンサを取り付け、センサからの情報を収集する。次に、走行コンテキスト抽出では、収集した走行情報を解析することで走行コンテキストを抽出する。最後に、混雑度推定では、抽出した走行コンテキストを基に、走行中にかわした歩行者の数を推定するモデルに適用させる。以下で各 3 項目の詳細を述べる。

2.1. 走行情報取得

本システムにおける走行情報は、ハンドル操作情報、走行時の左右の傾き、走行時の路面勾配情報と自転車の位置情報と自転車の走行速度の 5 つである。ハンドル操作情報と自転車の左右、上下角度を測定するために 3 軸ジャイロセンサを用いる。ハンドル操作情報である yaw、自転車の進行方向に対して左右の傾きである roll、自転車の前後の傾きである pitch をそれぞれ取得する。GPS センサを利用し、自転車の地理位置情報と走行速度を取得す

Estimating Congestion Levels from Bike-Ride Information
Keiji Sugo[†], Manabu Miyazaki[‡], Ryutaro Nakata*, Shin'ichi Konomi^{§¶}, Yoshito Tobe^{§¶}

[†]Graduate School of Science and Technology for Future Life, Tokyo Denki University

[‡]School of Engineering, Tokyo Denki University

*Graduate School of Engineering, Tokyo Denki University

[§]School of Science and Technology for Future Life, Tokyo Denki University

[¶]JST/CREST

る。これらの走行情報は 100ms 間隔で取得される。図 1 に実際にセンサを装着したプロトタイプを示す。また、プロトタイプで使用したセンサを表 1 に示す。

2.2. 走行コンテキスト抽出

走行情報を解析することで、通常走行、蛇行走行、路面勾配、急ブレーキの抽出を行うことができる^{[1][2]}。本論文では混雑度の推定を行うために、FFT(高速フーリエ変換)を用いて抽出した蛇行走行情報と自転車の左右の傾き情報を利用する。

(1) 蛇行走行の抽出

ハンドル操作情報である 3 軸ジャイロセンサの yaw 情報から蛇行走行の抽出を行う。FFT を用い蛇行走行を抽出するために、走行情報として取得した yaw 情報を一定間隔で分割する。FFT は 2 のべき乗個のデータを扱うことができる。蛇行走行は数秒という短い間隔で行われるハンドル操作であることから yaw 情報を 3.2s 毎に分割する。3.2s 毎に分割された走行情報を FFT による解析を行った結果、1~5Hz 間に大きな変化が見られた。計算を高速かつ効率的に行うために 1~5Hz の 5 個のサンプルの平均値を利用する。平均値を混雑度推定時に用いる。

(2) 自転車の傾き抽出

自転車の進行方向に対して左右の傾きである roll 情報を用いる。3.2s 毎に roll 情報を分割し、分散値を抽出する。分散値を混雑度推定時に用いる。

2.3. 混雑度の推定

我々は抽出された、蛇行走行情報と自転車の左右の傾き情報の 2 つを用い、自転車が走行中にかわした歩行者の数の推定を行う。

まず、蛇行走行情報と自転車の左右の傾き情報を用いて、かわした人数を推定するために次のような線形モデル(重回帰モデル)を用いる。

$$y = a_1x_1 + a_2x_2 + b \quad (1)$$

式(1)で y はかわした人数、 x_1 は蛇行走行情報、 x_2 は自転車の左右の傾き情報である。 a_1 、 a_2 、 b は定数である。定数を求めるために、走行コンテキストとして抽出された 50 の学習データを用いた。学習データから最終的に、式(2)というモデルが決定した。

$$y = 0.013x_1 + 0.002x_2 - 0.218 \quad (2)$$

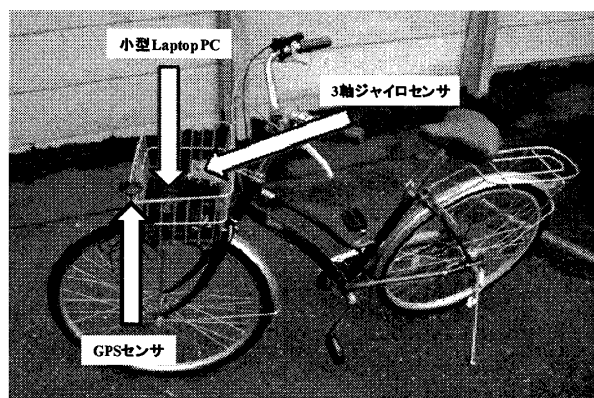


図 1: プロトタイプ

表 1: プロトタイプに使用したセンサ

デバイス名	製品名	製造会社
3 軸ジャイロセンサ	Inertia Cube 3	InterSense
GPS センサ	BU-353 SiRFstarIII	GISupply
小型 Laptop PC	VAIO type P	Sony

3. 検証実験

式(2)を用いて、蛇行走行情報(x_1)と自転車の左右の傾き具合情報(x_2)から走行中にかわした人数(y)の推定の精度を計測するために検証実験を行う。検証実験の方法、結果、考察を以下で詳細に述べる。

3.1. 方法

実験用走行路を直線 50m、幅 5.7m とし、自転車は中間地点の左端もしくは右端で歩行者をかかわした。歩行者は 1 人～2 人で行う。歩行者が 2 人の場合は横に並んで歩行する。また歩行方向は、自転車の進行方向と同方向もしくは逆方向である。歩行者を右方向からかわす場合と左方向からかわす場合を考慮する。それぞれ 5 回ずつ計 40 回の試行を行った。さらに、歩行者がなく直進する実験を 10 回行った。

3.2. 結果

まず歩行者がいない状況で直進した場合、人数推定結果の平均値は、0.07 人であった。次に歩行者を 1 人かわした場合、人数推定結果の平均値は 1.17 人であった。最後に歩行者を 2 人かわした場合、人数推定結果の平均値は 1.94 人であった。歩行者のかかわす方向、および歩行者の歩行方向の違いは、推定結果の違いとして表れなかった。検証実験の結果を図 2 に示す。図 2 から、推定する人数が増加するにつれて、推定結果の値に誤差が生じる傾向にあることがわかる。

3.3. 考察および検討

3.2 結果から自転車がかわした歩行者の人数の測定がある程度可能であることがわかる。したがって、自転車走行路に何人の歩行者がいたかということが推定できる。あらかじめ自転車走行路の幅員情報を保持しておくことで、走行路の混雑状態を推定に役立てることが可能である。しかし、歩行者以外にも駐車中の自動車、路面勾配、路面状況、天候等、自転車の快走を妨げる要因は多

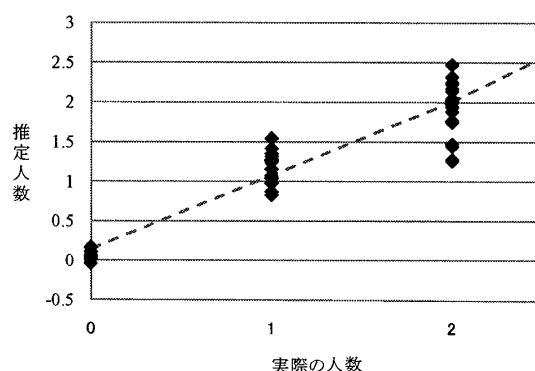


図 2: 重回帰モデルを用いた人数推定の結果

数存在する。これらの要因が複合的に関係していることを考慮する必要がある。

4. 関連研究

プローブ自転車^[3]では重回帰モデルを用いて、振動加速度と走行速度から段差高の推定を行っている。我々の提案は、ハンドル操作情報と走行時の自転車の左右の傾きを用いて重回帰モデルを立てた。重回帰モデルから走行時にかわした人数の推定を行っている。また、BikeNet^[4]では自転車に、GPS、速度計、傾斜計、CO₂ センサ等、複数のセンサを取り付け、走行データと環境データの収集・分析を行っている。BikeNet は環境が人間に与える影響を地図上に示し生活をより良くするため役立てられている。しかし、我々が提案するハンドル操作を利用した走行コンテキストの抽出は行っていない。

5. まとめ

我々は、まず自転車に取り付けたセンサからの走行情報の収集を行った。次に走行情報を解析することで走行コンテキストの抽出を行った。最後に、抽出された走行コンテキストを重回帰モデルに適用させることで、走行中にかわした歩行者の人数の推定を行った。検証実験の結果から、かわした歩行者の人数の推定が可能であることがわかった。推定結果と走行路の幅員情報等を組み合わせることで混雑度の推定が可能であると考えられる。

参考文献

- [1] 菅生 啓示, 中田 龍太郎, 石塚 宏紀, 戸辺 義人, “走行コンテキスト抽出による自転車の快走支援地図の設計と実装” FIT2008 第 7 回情報科学技術フォーラム, pp.279-280, 2008 年 9 月.
- [2] K. Sugo, M. Iwai, Y. Tobe, “BISCAY: Bike-to-Bike Sensor Network for Context Acquisition of Cycling Roads” 3rd International Workshop on Sensor Webs, Databases and Mining in Networked Sensing Systems (SWDMNSS 2009).
- [3] 斎藤 健治, 清田 勝, “プローブ自転車による自転車歩行者道のバリア調査法” 土木計画学研究・論文集 VOL.22, NO.1, 177, (2005).
- [4] S. B. Eisenman, E. Miluzzo, N. D. Lane, R. A. Peterson, G-S. Ahn, A. T. Campbell, “The BikeNet mobile sensing system for cyclist experience mapping” ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (ACM SenSys 2007), pp.87-101, (2007).