

M-001

# 速度と舵角に基づく自転車走行状態の高精度推定法

## High precision presuming method of bicycle running state which based on speed and rudder angle

田端 佑介† 河内 雄太† 金田 重郎†  
Yusuke Tabata Yuta Kawachi Shigeo Kaneda

### 1. はじめに

走行中の自転車に身近なセンサを装備し、交通状況を検出するプローブ自転車の研究が活発化している。著者らも道路上の障害物の有無や大きさをセンサによって識別する目的で、自転車の速度と舵角を測定するプローブ自転車を開発した。しかし、実際の公道を自転車で走行してデータを取得したところ、(1)加速度から速度の大きさがわからないため徐行の有無が判別できない、(2)ハンドルの角速度や傾きでは右左折や蛇行かの判別ができない問題があり、障害物を検知するには決して十分とは言えない結果が判明した。

そこで本稿では従来研究の方向性を一歩進めて、障害物の大きさを推定できるような高精度な自転車の走行状態の検出を目指す。精度の高いセンサを用いて自転車の速度と舵角情報を取得し、スマートフォンを用いた状態推定に加味することで状態推定率を向上させる手法を提案する。

### 2. 自転車走行状態の推定手法

プローブ自転車に搭載したセンサは表1の通りである。本章では各種センサのデータ取得方法について述べる。

表1. 自転車に搭載したセンサ

センサ名	取得端末	取得データ
加速度センサ	Android	加速度・傾き
地磁気センサ	Android	傾き
ジャイロセンサ	Android	角速度
光電センサ	データロガー	速度
ロータリーエンコーダ	データロガー	舵角
GPS	Android	位置座標

#### 2.1 携帯端末を用いた状態推定手法

Androidを用いた自転車の状態推定手法は加速度センサ、地磁気センサ、ジャイロセンサを利用している。図1のようにAndroidを自転車のハンドル部分に取り付け自転車のハンドルの角度、傾きを取得できるようにした。

自転車で右回りに蛇行し右折をするコースを走行し、Androidで取得したハンドルの角度は図2、進行方向の加速度は図3のようになった。どの波形も自転車が走行を開始した地点で大きな波を計測しており、右左折や蛇行との判別が難しい。また、加速度から具体的な速度がわからないため通常か徐行しているのか判別ができない。徐行の判別は自転車の速度、右左折と蛇行の判別は自転車の舵角を計測する必要がある。

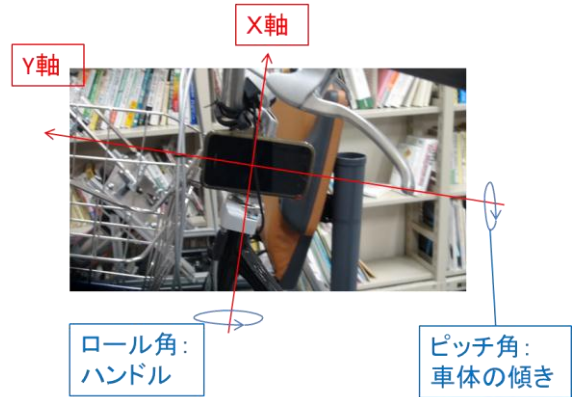


図1. Androidを装着した自転車

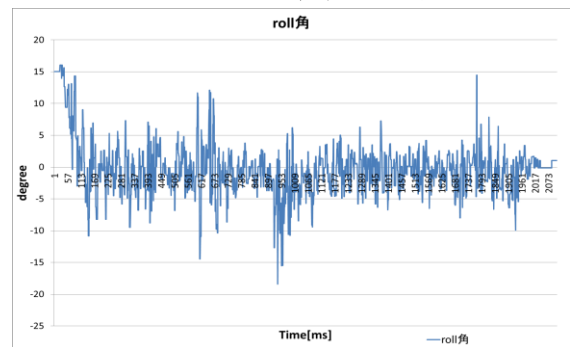


図2. 自転車のハンドル角

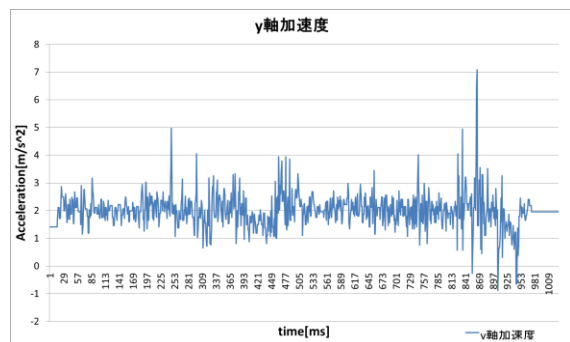


図3. 自転車の進行方向の加速度



図4. ロータリーエンコーダを装着した自転車

† 同志社大学理工学研究科情報工学専攻

† Graduate School of Science and Engineering, Doshisha University

## 2.2 自転車の速度と舵角の取得手法

自転車の走行環境の測定には急激な速度の変化を感知するためリアルタイムでの速度の算出が必要である。リアルタイムな速度の算出のために光電センサ[1]をタイヤの側面にめぐらし、スポーク間の黒テープを読み取った。光電センサ[1]のトランジスタの制御出力信号をデータロガー[2]で取得した。光電センサの光路とサンプリング時間から自転車の速度を算出できる。加速の瞬間やブレーキの有無も周囲との速度の比較から検出できる。

自転車の回避行動を測定するためには操舵角の正確な角度を知る必要があり、そのためには自転車の舵角の算出を行わなければならない。自転車の舵角を知るため図4のように歯車とゴムを用いてインクリメンタル方式のロータリーエンコーダ[3]を自転車に取り付けた。ロータリーエンコーダは回転に合わせて位相がずれて2相のパルスが出力される。周波数の雑音処理をした結果でどちら方向にどれだけ回転したのか舵角が算出できる。

## 3. 自転車の走行実験

各センサを搭載した自転車で京都府京田辺市の公道を実際に走行してデータを取得した。データを解析した結果、自転車の走行状態の推定モデルは図5のようになった。速度から通常走行、減速走行(徐行)を判断し、舵角の大きさや車体の傾きから蛇行走行を認識できる。また舵角の反復の有無や車体の傾きの大きさから右左折を判断する。Androidの加速度センサや傾きセンサで取得しにくい自転車の速度状態や回避行動を詳しく推定できる結果となった。また、被験者に公道上でどのような行動を行ったかアンケートを行い、各センサを用いた状態推定とどれほどの確率で一致したか確認を行った。Androidのみでの状態推定率は56%であったが、自転車の速度のみで61%、今回の提案手法では78%と状態推定率の大幅な向上が見られた。この結果、従来のAndroidよりも提案手法を用いた自転車の状態推定は人間の操縦していた感覚と比べて最も推定率が高いと判明した。

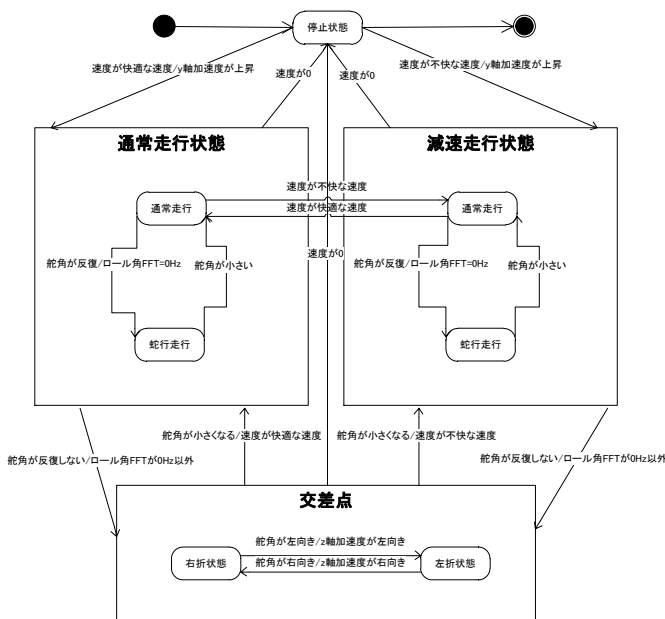


図5. 自転車の走行状態推定モデル

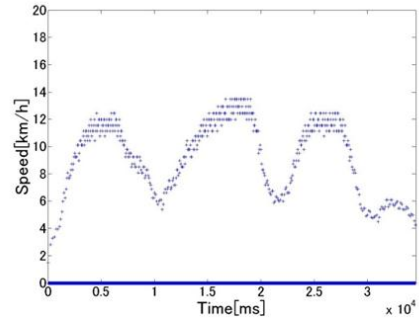


図6: 自転車の速度

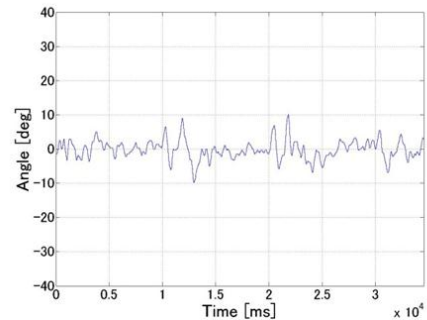


図7. 自転車の舵角

表2. 自転車の走行結果(1/2)

	走行開始	停止	停止車両回避
従来手法	100%	75%	18%
速度のみ	100%	100%	0%
提案手法	100%	100%	45%

表3. 自転車の走行結果(2/2)

	人間・走行車両回避	右左折	総合
従来手法	67%	50%	56%
速度のみ	33%	88%	61%
提案手法	67%	88%	78%

## 4. おわりに

本研究は道路の混雑具合の推定や自転車ユーザが周囲環境から受けている影響の大きさである阻害度[4]の算出に大きく寄与する。今回の手法ではAndroidのセンサでは推測できない回避行動でよけた障害物の大きさがある程度予測できた。しかし交差点付近の障害物を判別しにくく、固定障害物の認識率が低い問題は残る。今後の課題としては各センサをネットワーク化してAndroidでデータを一元化収集し高精度での状態推定が求められる。

### 参考文献

- [1] OMRON, 光電センサ E32-T11N 2M, <http://www.fa.omron.co.jp/products/family/1532/>
- [2] Keyence, モバイル型絶縁高電圧入力レコーダ NR-2000, [http://www.keyence.co.jp/keisokuki/mobile/nr\\_2000/menu/376/](http://www.keyence.co.jp/keisokuki/mobile/nr_2000/menu/376/)
- [3] OMRON, 超小型ロータリーエンコーダ・インクリメンタル型 E6J-C, <http://www.fa.omron.co.jp/products/family/1607/>
- [4] 田端佑介, 河内雄太, 金田重郎 “自転車センサを用いた市街地走行環境と阻害度の測定”, 情報処理学会全国大会, 2013-3.