

# 加速度センサーを使用した自転車の挙動認識

後藤秀信<sup>†1</sup> 三浦元喜<sup>†2</sup>

近年、エコや健康意識等の高まりにより、通勤通学において、自転車の利用者が増加傾向にある。しかし自転車専用道路の整備が十分ではなく、サイクリングをするのに不自由な環境と言える。自転車にはバックミラーやサイドミラーが装着されておらず、後方から接近する車両に気が付き辛い、路上駐車などの障害物を避ける際の自転車の運転者の負担は大きく、また事故などの危険性を含んでいる。このような課題を解決するために自転車の運転者が追い抜き等の動作する際、後方から車両が接近していることを自転車の運転手に知らせることができるシステムが必要だと考えられる。本稿ではこのシステムの基礎研究として、スマートフォンに内蔵された加速度センサーを使用して、自転車運転中の加速度データを使用した機械学習を行い、自転車の挙動認識を行う。

## Behavior Recognition of the Bicycle Using the Acceleration Sensor

HIDENOBU GOTO<sup>†1</sup> MOTOKI MIURA<sup>†2</sup>

Today, the number of bicycle rider has been grown in commuting because people think ecology in environment and health trend, etc. But bikeway is not popular in Japan. Most of bicycles do not have a side mirror or a rearview mirror. So it is difficult for the bicycle rider to know a car approaching from rear. For example when a parked car exists in the side of street, bicycle rider has to change the lane to avoid the car. Such activity increases the risk of traffic accidents and the burden on rider in the situation. I think we need a system which can tell the rider approaching cars in order to solve the problem. In this paper, we have examined the technique in order to clarify the intent of the bicycle rider behavior using acceleration sensors.

### 1. はじめに

近年、自転車の利用者が増加傾向にある、特に都市部で顕著に表れている。その背景としては、エコや健康意識の高まりに加え、2011年3月に発生した東日本大震災後に公共交通機関が麻痺し、帰宅難民となった経験等が危機意識を高め、通勤通学における自転車の利用に拍車をかけている。この様に自転車の利用者が増加しているが、自転車専用道路等の整備が十分になされておらず、快適なサイクリング環境とは、程遠いのが現状である<sup>1)</sup>。具体的には、自転車が車道を走る際、問題となるのが後方から接近する自動車の存在である。自転車にはバックミラーや、サイドミラーが装着されておらず、後方の自動車の存在に気が辛い側面がある。例えば、路上駐車中の自動車を追い抜く際、自転車は後方を確認する必要があり、自転車の運転者には負担になる。特に都市部において、路上駐車が多く、このような場面に出会うことが多々あり、このようなことから自転車を操作する、運転者の負担が多くなると考えられる。また、後方から来る自動車の運転手はこの様な状況下において、自転車の行動(例えば、自転車は追い抜きをするのか、しないのか、または自動車の存在に気付いているのか等)を判断しづらく、両者にとって非常に危険である。また、横方向からの歩行者又は飛びだしにより、走行中の自転車が急激にハンドル操作等を行った際も同じく両者にとって

非常に危険である。よって我々はこの様な問題を解決するために自転車の運転者が追い抜き等の動作をする際、後方の車両に明確な行動意図を伝えるための手段が必要と考えた。本稿はその目的実現のための基礎研究を行った。

### 2. 手法

本稿では、このシステムの基礎研究として加速度センサーを使用した自転車の挙動認識方法を提案する。加速度センサーはスマートフォンに搭載されているものを使用する。スマートフォンを利用する利点としては、現在このような電子機器の普及は目覚ましく、将来的にシステムを実装する際に、アプリケーションにすることで、その他のセンサー機器を必要とせず、システムの普及が比較的容易ではないかと考えたからである。本稿の研究は、自転車にスマートフォンを装着し実験を行う。実際に装着すると地面の凹凸や走行風、自転車運転者のペダリングによるノイズ等があり、通常これらのノイズをカットするために入力データに対してフーリエ変換やウェーブレット変換を行い、ノイズ除去を行う<sup>2) 3)</sup>。しかし、自転車は運転者の動きが自由であることやペダリング動作が含まれること等の理由によりノイズと行動加速度データの分類は難しく、周波数によるフィルタを行うと必要なデータまで落としてしまう可能性があると考えた。これらの理由より我々はスマートフォンの設置位置を検討することで、ノイズの影響を限りなく受けにくい場所にスマートフォンを設置しデータ収集を行った<sup>4)</sup>。我々はデータ収集アプリケーションを開発した。このアプリケーションは 50hz で CSV 形式を用いて 3 軸加速度

<sup>†1</sup> 九州工業大学大学院  
Kyushu Institute of Technology

<sup>†2</sup> 九州工業大学 基礎科学研究系  
Faculty of Basic Science, Kyushu Institute of Technology

データをスマートフォンの内部メモリーに保存し、実験終了後にサーバーへデータ送信を行う。このような方法でサーバーに送信された3軸加速度データは各軸に図1に示すような32サンプルごとの時間窓を適用する。この時間窓をひとつ前の時間窓に対して50%(16サンプル分)オーバーラップさせながら時間窓をスライドし、其々の軸、窓に対して平均、分散を算出後、高速フーリエ変換を施しエネルギー、最大パワースペクトルを算出した。我々はこれらのパラメータを挙動の特徴量とし挙動認識を行う。

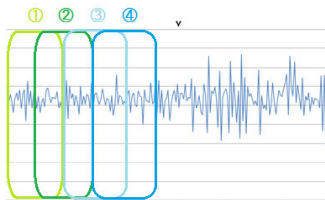


図1 特量算出のための時間窓

### 3. 関連研究

二輪車(バイク)に加速度センサーを装着して挙動把握をする手法や、四輪車の運転手に加速度センサーを装着し、ハンドル操作の分析等を行う研究は既にあり、これらの加速度等のデータにより、二輪車(バイク)や四輪車の挙動把握やハンドル操作の分析を行うことが、可能であることが実証されている。また、人間にセンサーを装着し現在その人がどのような行動を行っているか、そして一日を通してどのような行動を多く行っていたかということ加速度センサーから明らかにしている研究もある<sup>5)6)</sup>。現在、これら加速度センサーを用いた行動認識の研究は盛んに行われており、我々はこれらの研究を自転車に適応した挙動認識に方法について提案を行う。

### 4. 手段

各データを収集するために、データ収集アプリケーションおよび特量算出プログラムを実装した。データ収集アプリケーションがインストールされたスマートフォンはMINOURA製のMINOURAスマートフォンホルダー[iH-100-S]φ22-29mmを使用し、ノイズの影響が限りなく少ない後輪サイド(図2に示すように自転車の後輪軸から45度フレームに沿った6.5cmの位置)に設置した。そして、被験者は後述する5種類の実験を行い各実験終了後にサーバーへデータを送信する。サーバーに送信されたデータは特徴量が算出され、その特徴量を元に機械学習を用いて挙動認識を行う。スマートフォンはSony mobile communications Inc製のXperia arc LT15 i (RAM 512MB,ROM 1GB,プロセッサ MSM8255 1GHz)を使用する。Xperiaには3軸加速度センサーとGPSが内蔵されており、3軸加速度センサーは図3に示すように、3軸(X, Y, Z)方向の加速度を計測することができる。



図2 スマートフォンの設置位置

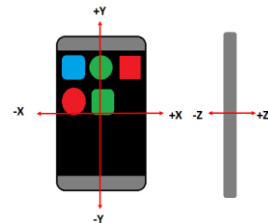


図3 スマートフォン3軸加速度方向

### 4.1 データ収集アプリケーションの目的

各データを収集するために、データ収集アプリケーションおよび特量算出プログラムを実装した。データ収集アプリケーションとは、自転車の挙動において発生した加速度データ等を収集するアプリケーションである。本稿では、使用するスマートフォンにインストールしたデータ収集アプリケーションで、加速度センサー、GPS、そして被験者が入力した実験に対するパラメータ情報(スマートフォン設置位置、性別、実験の種類、自転車の種類)をサーバーにHTTP POST通信を使用して送信を行う。そしてサーバー側の特量算出プログラムは、データを受け取ったら即座にパラメータ算出を行う。取得された加速度データは被験者が入力した実験種類項目を用いて、それぞれの実験種類にまとめることができる。

### 5. 実験

本研究で使用するアプリケーションの目的は、自転車の加速度データを取得することであり、このデータを基に自転車の挙動認識を行う。その際に、重要になってくるのが自転車の挙動構成要素である。自転車の挙動構成要素には、加速、減速、等速、停止、曲がる等の動作があり、これらの挙動から発生する加速度データを使用することで挙動認識を行うことができるのではないかと考えた。挙動認識を行うために自転車が普段とりうる挙動を考慮し、1人当たりの被験者につき表1に示す5種類の実験を指定した回数を行った。

表1 実験項目及び走行回数(1人当たり)

実験項目	等速走行	加速走行	円走行(CW)	円走行(CCW)	障害物回避
走行回数(1人当たり)	2	2	2	2	3

### 5.1 実験方法

実験により一度に取得できるデータにバラつきがあるため、其々の実験回数を調整する。被験者は3人、場所は路面に段差がなく水平な場所で行う。また、自転車の速度に偏りが影響しないように、サイクルコンピュータを運転者から見えるハンドル部に設置し、実験の際は時速 15.0~16.9km を維持し実験を行う。図 4 に示すように実験では被験者はスマートフォンを操作し実験パラメータ情報を入力後、実験開始ボタンを押し、自転車に乗車後、実験を開始する。1つの実験が終了すると、被験者はアプリケーションにある送信ボタンを押し、データをサーバーに送信した後、次の実験に移る。しかし、実験では端末操作を被験者自身が行うため、乗車や端末設置の際に発生する加速度も同時に取得してしまう。これらの余分な加速度データは挙動認識の際に影響を及ぼすと考えられるため、実験区域の初めと終わりに図 3 に示すようなステップを設け、被験者に実験区域の出入りの際には、このステップを必ず越えるよう指示を行った。これらの方法をとることにより加速度データ内にステップを乗り越えた際の加速度値が反映されるので、この値をしようして実験区域内の加速度データを抽出した。この処理自体はサーバー内で特徴量を算出される前に自動で行われる。



図 4 データ送信までの流れ



図 5 ステップ

### 5.2 実験結果

被験者 3 名の内 1 名に対して、円走行及び障害物回避の実験において一部操作の不安定さを確認したため、全実験回数は 27 回となっている。実験により得られた CSV ファイル数及び実験領域の分類結果、データ数を表 2 に示す。取得 CSV ファイルの総数は 27 件であるが、データ収集アプリケーションのデータ送信エラーによるデータの欠損が 1 件あるため、特徴量が算出された CSV ファイル数は 26 件である。その内 2 件のファイルが、実験領域が誤認識され実験領域外の加速度データを含んでいる。誤認識されたファイルは等速運動時の実験であり、誤認識の原因としてはスマートフォン端末操作後に自転車のスタンドを上げ、タイヤを設置させたことによる大きな加速度がステップを超

えたと識別されたものとする。本稿ではこの誤認識されたファイルは使用せずに、残りの 24 件のファイルで機械学習を行う。

表 2 ファイル数内容

	全実験回数	取得データ数	データ欠損	領域抽出成功	領域抽出失敗	分類に使用
ファイル数	27	26	1	24	2	24

## 6. 自転車運転者の挙動認識

我々は機械学習の分類器として K 近傍法とサポートベクターマシンを使用した教師あり学習を行う。K 近傍法は WEKA を使用し、サポートベクターマシンは R で e1071 を使用した。使用する特徴量は各軸に 32 サンプル時間窓を 50% オーバーラップさせ、各軸の窓ごとに平均、分散、エネルギー、最大パワースペクトルを算出した。よって各実験の特徴量は 12 次元であり、この 12 次元を使用し機械学習を行う。機械学習の認識率の算出にはスタージェスの公式を用いて分割数を決定した交差検証法を用いる。また、データ欠損や誤認識ファイル等により生じた偏りは調整されており、極端な不均衡データにならないようにした。

### 6.1 K 近傍法を用いた分類

スタージェスの公式より、データセットを 8 分割し交差検証法を用いて、K の値を変化させた時の認識率の違いを示す。取得された CSV データは標準化されている。挙動の認識率の結果を表 3 に示す。もっとも認識率が高いのは K=1(最近傍)の時であり、70.86%で認識された。また、K=6 以上になると認識率が低下していることが確認できる。さらに最も認識精度が高い K=1 の時の分類結果を表 4 に示す。行、列は其々予測挙動、正解挙動を表している。円走行については分類出来ているが、その他の行動についてはやや分類出来てない傾向がある。特に障害物回避については半分の精度でしか分類出来ていないことが読み取れる。これは障害物を回避する際、被験者により回避するタイミングや回避する軌跡が異なり、回避をしている最中又は回避後に等速走行が含まれていることが原因だと考える。

表 3 K 近傍法による認識率

K	最近傍法	2	3	4	5	6	7
認識率	70.86%	66.29%	64.57%	66.86%	66.86%	59.43%	58.29%

表 4 各走行についての分類 (K=1)

加速走行	円走行(CCW)	円走行(CW)	等速走行	障害物回避	
19	2	2	4	5	加速走行
0	38	1	0	0	円走行(CCW)
1	3	23	1	0	円走行(CW)
5	0	2	25	6	等速走行
5	5	1	8	19	障害物回避

## 6.2 SVMを用いた分類

K近傍法と同じく、8分割し交差検証法を用いた。挙動の認識率の結果を表5に示す。カーネルはRadialを使用している。チューニングが無い場合のcostとgammaの値はそれぞれ、0.833であり、認識率は56.00%であった。次にグリッドサーチを適用し、カーネルは変更せずにチューニングを行った。チューニング後のcostは1000、gammaは0.01となり認識率が60.53%に上昇したことが確認できる。しかし、K近傍法の時と比べると10%程度認識率が落ちており、今回の実験ではK近傍法を使用した分類の方が良い認識率を得ることができるという結果になった。

表 5 SVMによる認識率

	チューニング無し	チューニング有り
認識率	56.00%	60.58%

## 7. 考察

本稿ではデータ収集アプリケーションを使用し、自転車の加速度データを用いた挙動認識を行った。認識結果よりK近傍法の認識率が高く、特に最近傍法の際に一番良い認識率を得ることが出来た。

## 謝辞

本研究の一部はJSPS科研費(課題番号23680078)の支援によるものです。

## 参考文献

- 1) 国土交通省道路局：“自転車利用環境をとりまく話題”. (2006)
- 2) 神村吏、木谷友哉、渡辺尚：“スマートフォン搭載センサーを使用した二輪車車両挙動把握システムの提案,” マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2012)シンポジウム(2012)
- 3) 多田昌裕, 大村廉, 納谷太, 野間春夫, 鳥山朋二, 小暮潔：“加速度センサーを用いた自動車運転時のバンドル操作分析,” 財団法人情報処理学会 研究報告 (2006)
- 4) Hidenobu Goto, Motoki Miura: “Examination of Sensor Positions to Detect Bicycle Speeding Behavior”. In KES-IIMSS, pages 204-211, 2013
- 5) Ling Bao, Stephen S.Intille: “Activity Recognition from User-Annotated Acceleration Data” PERVASIVE 2004, LNCS 3001, pp.1-17, 2004
- 6) Jun Yang: “Toward Physical Activity Diary: Motion Recognition Using Simple Acceleration Feature with Mobile Phones” IMCE'09, October 23, 2009, Beijing, China.
- 7) Sony mobile communications Inc, Xperia arc LT15 i.  
<http://www.sonymobile.co.jp/xperia/>