

スマートフォンを用いた自転車走行時における障害物回避挙動の検出

武安 裕輔[†] 白石 陽[†]公立ほこだて未来大学システム情報科学部[†]

1. はじめに

近年、自転車利用者が増加している。理由として、利用者自身の健康促進や地球環境への配慮が考えられる。そこで、日本では自転車利用者の増加を受けて、安全面への配慮のために2015年6月1日に道路交通法を改正し、自転車利用者に対して原則車道通行を義務付けている。しかし、自転車通行帯などの自転車を考慮した道路環境は、整備が追いついていない。そのため、トラックやタクシーなどの路上駐車をしている車が自転車通行帯を塞いでしまう道路や、走行中の自転車と車との距離を十分に確保できない道路が多く見受けられる。このような道路環境は、自転車利用者がサイクリングなどの際に頻繁な減速や、障害物回避によって快適に走行できない問題を引き起こす。

快適な走行経路を利用者間で共有することができる既存のサービスとして「自転車大好きマップ」がある[1]。このサービスは、サイクリングを楽しむ利用者が、自分で見つけ出したサイクリングに適する経路を地図上に共有することが出来るものである。しかし、このサービスでは利用者が走行した際に、走りやすいと感じた経路を手動で登録する必要がある。そのため、利用者が自ら登録を行わなかった経路については、情報が記録されず、すべての道路について網羅的に情報を収集することが困難であるため、快適な走行を支援するためには不十分であると考えられる。

そこで本研究では、自転車利用者に快適な車道経路を推薦することを最終目的とする。そのために、本稿ではまず、自転車の挙動データを収集し、走行した道路において快適な走行を妨げる大きな要因と考えられる障害物を検出する手法を検討する。

2. 関連研究

2.1 自転車挙動データの収集

自転車挙動データを収集する研究として文献[2,3]がある。文献[2]では、ハンドル角を、ロータリーエンコーダを用いて得られる回転角から算出している。また、自転車の速度を、光電センサを用いて得られるタイヤの回転数から算出している。これらは特殊なセンサであるため、多くの自転車に導入して大量のデータを収集することは難しい。また、文献[3]では、スマートフォンを自転車のハンドルに設置し、スマートフォンに搭載されたセンサを用いて加速度、角速度、地磁気、照度、GPSの値を取得し、自転車の姿勢や道路の明るさなどのデータを収集している。スマートフォンは普及が進んでいるため導入コストを抑えることができる。

本研究では、大量のデータを、コストを抑えつつ収集する方法として、自転車利用者によるスマートフォンを

用いた参加型センシングを検討する。

2.2 自転車挙動データの分析

自転車挙動データを分析する研究として文献[3,4]がある。文献[3]では、挙動データを収集し、見通しが悪く危険な交差点か、見通しが良く安全な交差点かを機械学習を用いることで分類している。また、文献[4]では、自動二輪車の挙動を分析し、走行中に路面損傷箇所を回避する挙動から路面損傷箇所を検出している。検出には、ハンドル操作時に変動するZ軸角速度の値のピーク値に対して閾値を用いている。ピーク値検出による手法を自転車に適用する場合、自動二輪車よりもふらつきが多いことから、小さな障害物の回避挙動として誤検出されやすいと考えられる。

そこで、本研究では挙動の個人差に柔軟に対応できると考えられる機械学習を用いた検出手法を検討する。

3. 提案手法

3.1 自転車挙動データの収集

本研究では、まず、走行中の自転車の挙動をセンシングすることで挙動データを収集する。自転車挙動データの収集には、図1のように自転車のハンドルに取り付けたスマートフォンを用いる。収集するセンサデータは、加速度、角速度、地磁気、GPSとし、これらに付随してタイムスタンプも記録する。

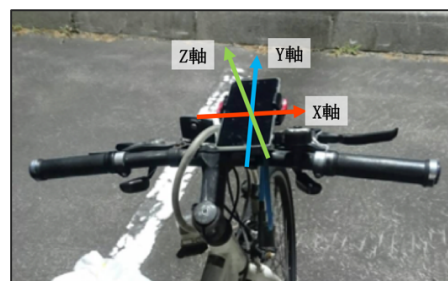


図1 スマートフォン設置方法および座標軸

3.2 特徴量抽出

機械学習による挙動検出を行うために、収集した挙動データから特徴量を抽出する。X軸地磁気やZ軸地磁気がハンドル操作時に特徴的な変化を示した。どちらも似たような変化を示していたため、本研究ではまず、X軸地磁気の変化に着目した。収集したデータに対して、直進時のハンドル角のデータを取得するために全データの平均値を算出する。次に、算出した平均値から見た各データの変化量を算出し、最大変化量と最小変化量の値を特徴量として用いる。そして、最大変化点と最小変化点の間のサンプル数を算出し、特徴量として用いる。このサンプル数は、ハンドルを右に切った後、左に切り返すまでの時間を表すため、障害物の種別分類や、ふらつき動作のような回避挙動よりも俊敏なハンドル操作になると考えられる動作との分類などにも有効と考えられる。最後に、最大変化点と最小変化点のうち、どちらが先に

Detection of Obstacle Avoidance Behaviors during Cycling with a Smartphone

[†]Yusuke Takeyasu [†]Yoh Shiraishi

[†]School of Systems Information Science, Future University Hakodate

現れたかを特徴量として用いる。これを用いることで、左右どちらに障害物を回避したのかを分類できる。本研究では、以上4つの特徴量を抽出する。

3.3 障害物回避の挙動検出

挙動データから抽出した特徴量を用いた教師あり機械学習によって、障害物回避の挙動検出を行う。抽出した特徴量の有効性及重要度を確認するために検出には J48 決定木を用いる。検出対象とする障害物の回避挙動は、排水溝の蓋などの小さな障害物の回避、路上駐車などの大きな障害物の回避の挙動を考える。

4. 実験および考察

4.1 実験に用いる挙動データの収集

挙動データの収集では、幅 1m の路側帯上に存在する排水溝の蓋と路上駐車車の2つの障害物を想定した障害物をマーカーコーンで再現し、それを回避する挙動データを収集した。2つの障害物はそれぞれ、0.5m 四方の排水溝と、幅 1.5m 奥行き 4m の一般乗用車を想定した。また、回避の方法として、障害物の 1m 手前から右方向へ急激に回避する方法と、3m 手前から右方向に緩やかに回避する方法を想定し、これらの方法による回避挙動データを収集した。そのほかに、直進の挙動データも収集した。直進、2種類の障害物を2通りの回避方法で回避したものの全5種類の挙動をそれぞれ20回走行し、合計100回分の挙動データを収集した。この時、センサーデータを収集するサンプリングレートは20Hzとした。

4.2 挙動分類実験

3章で述べた特徴量が今回の挙動分類に適切かどうかを実際に検討した。まず、収集した100回分の挙動データに対してそれぞれ3章で述べたような特徴量抽出を行った。その後、それぞれのデータに直進、排水溝回避、路上駐車回避の3つのラベルづけを行った。なお、今回は排水溝と路上駐車それぞれの緩やかな障害物回避と急激な障害物回避を1つにまとめて3種類とした。そして、これらの教師データを用いて、機械学習ソフトウェア Weka を用いて J48 決定木による分類を行った。

4.3 実験結果と考察

機械学習を行って分類した結果と分類の際に生成された決定木をそれぞれ図2、表1に示す。

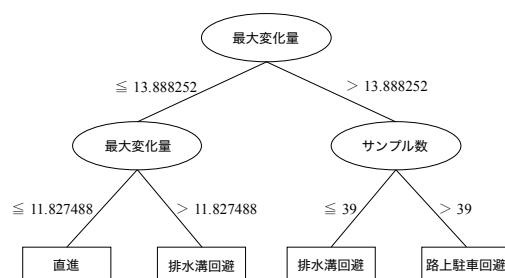


図2 生成された決定木

表1 J48 決定木による分類結果

		分類結果		
		直進	排水溝回避	路上駐車回避
正解データ	直進	18	1	1
	排水溝回避	2	37	1
	路上駐車回避	1	4	35

まず、分類に用いられた決定木に着目する。決定木の流れを順に追っていくと、最初の分岐として最大変化量を用いた分岐がある。ここでは、簡単に直進と障害物回避を分類していることがわかる。そして、次の分岐に進むと、左の分岐では、さらに最大変化量の条件を用いて、直進と緩やかに排水溝を回避する挙動を分類していると考えられる。また、右の分岐では最大変化点と最小変化点の間のサンプル数を用いて、排水溝の回避と路上駐車回避を分類している。排水溝と路上駐車では回避にかかる時間が異なるため、サンプル数によって分類されることが考えられる。

次に、分類結果に着目する。全100データのうち、90データが正しく分類されたことがわかる。誤分類されたデータには、誤分類先の挙動に似ているデータと、全く似ていないデータの両方があった。挙動が似ているデータの一例として、排水溝を緩やかに回避する挙動と、路上駐車を急激に回避する挙動が挙げられる。誤分類の原因は、どちらもはじめに最大変化量を用いて直進との分類をした後に、サンプル数を用いて2つに分類するが、このサンプル数が似ていたことで同じ挙動として分類されてしまったと考えられる。また、直進と路上駐車を回避する挙動のように、全く似ていない挙動が誤分類された。原因はデータ収集の際、データの最後の部分にロガー停止の際に見られたハンドル角の大きな変動によって、直進の挙動にもかかわらず最大変化量が大きくなったことが考えられる。

以上より、挙動が似ているデータを正確に分類するために有効な特徴量を新たに検討していく必要がある。

5. おわりに

本稿では、スマートフォンを用いて自転車走行時に障害物を回避する挙動を検出する手法を検討した。実験として、直進、排水溝回避、路上駐車回避の挙動データを収集し、決定木を用いて特徴量の有効性を評価した。評価の結果、特徴量としては最大変化量やサンプル数が有効であることは確認することができた。しかし、正しく挙動分類することができない挙動データも有ったため、今後新たな特徴量を検討する必要がある。

参考文献

- [1] 自転車ライフプロジェクト：自転車大好きマップ (オンライン), 入手先<<http://www.bicyclemap.net/>> (参照 2016-10-27).
- [2] 田端佑介, 河内雄太, 山本光, 浅田翔平, 金田重郎, “自転車ユーザに障害物情報を提供する路上障害度共有システム”, 電子情報通信学会技術研究報告. ITS, Vol.113, No.491, pp.1-6 (2014).
- [3] 田端佑介, 山本光, 河内雄太, 浅田翔平, 金田重郎, “モバイルアドホックネットワークを利用した複数自転車向け路上危険箇所共有システム”, 電子情報通信学会技術研究報告. KBSE, 知能ソフトウェア工学, Vol.113, No.475, pp.73-78 (2014).
- [4] 宮崎雄也, 神村吏, 菱本圭亮, 木谷友哉, “二輪車車体運動センシングデータを用いた路面損傷箇所の検出手法の提案”, 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム 2015 論文集, pp.1350-1358 (2015).