

## ロコミと路面状況を共有できる自転車用 安全運転支援システム

久保田彰人<sup>†</sup>  
小林祐貴<sup>†</sup>

北島規雄<sup>†</sup>  
市村哲<sup>†</sup>

現在、気軽に使える移動手段として自転車が利用されることが多い。しかし、自動車のような免許制度がなく、自転車事故に対する危機意識の低さがある。そこで本稿では、危険箇所や注意箇所などに対し運転者に注意喚起を行う、自転車用安全運転支援システムを提案する。本システムは、自転車運転時に3軸加速度センサーを用いて道路状況を推定し、GPSから得た位置情報と合わせて地図上に書き込み、Web上で他のユーザーと共有する。その地図データを用いて自転車運転時に危険箇所や注意箇所を運転者に警告や注意といった注意喚起を行う。注意喚起の方法として、運転中の画面注視は危険であるため、振動機器を腕に取り付け、その振動パターンで情報を通知するようにした。

## A safe driving support system for bicycles which can share road conditions and traffic

Akihito Kubota<sup>†</sup>  
Yuki Kobayashi<sup>†</sup>

Norio Kitajima<sup>†</sup>  
Satoshi Itimura<sup>†</sup>

A bicycle is used as a transportation vehicle which can be used casually in many cases. However, there is no license system like a car and there is lowness of a sense of crisis to a cycling accident. Then, we propose the safe driving supporting system for bicycles which can give warning and cautions to a driver near a dangerous places. Three axis acceleration sensor is used for this system, and it senses a road condition. The positional information acquired from GPS, are shared among users on the Internet. Warning and cautions are notified to a driver near dangerous places. As gazing at a screen is dangerous while riding bicycle, a vibrating device is attached to an arm.

### 1. はじめに

現在、自転車は小回りのきく便利な移動手段であり、子供からお年寄りまで様々な年齢層の人が利用している。しかし、自動車のような免許制度がなく、自転車事故に対する危機意識の低さがある。スピード出しすぎや一時停止無視など交通ルールを守らない運転をすることが交通人身事故の引き金になっている。また、安全運転していたとしても死角が多く事故が多発しているような場所では事故に巻き込まれてしまう危険がある。さらに急な段差や未舗装の道などでは、急ブレーキや転倒といった危険もある。

そこで本稿では、運転中の自転車の振動から路面状況、運転状況を推定し、その情報をロコミ情報と合わせて地図上に表示して、危険箇所や注意箇所に対し運転者に注意喚起を行う自転車用安全運転支援システムを提案する。本システムは、集めた道路状況のデータをロコミと合わせて地図上に書き込むことができる編集システムと、振動センサーを用いて道路状況を推定し、運転者に危険箇所や注意喚起を行うナビゲーションシステムから構成されている。自転車に3軸加速度センサーを取り付け、走行時に検知した振動から、危険となるような段差を検出する。また得られた振動データを周波数解析することで、路面状況の段階分けを可能としている。得られた走行データはGPSから得た位置情報と合わせて地図上に書き込まれ、他のユーザーと情報を共有することで自転車用の安全マップが作成される。その地図データを用いて運転時に危険箇所や注意箇所を警告や注意といった注意喚起を運転者に行う。注意喚起の方法は、運転中の画面注視の危険性から、振動機器を腕に取り付け、その振動パターンで情報を通知するようにした。

評価において、編集システムでのロコミ情報共有の面では、走行履歴を確認できることについて高い評価が得られた反面、情報の信頼性について、悪意のあるユーザーの情報や同じ箇所に様々な情報が入ったときの優先度をどのように決めるかという課題が見つかった。ナビゲーションシステムでの情報通知の面では、注意喚起を行う際に使用する振動がわかりづらいという評価があり、より振動の強いデバイスを使うなどの対策が必要であることがわかった。

<sup>†</sup> 東京工科大学  
Tokyo University of Technology

## 2. 背景

平成10年から平成19年までの自転車関係の事故と全事故の推移を表1に、自転車事故の主な原因を表2に示す。全事故件数は減少しているが、自転車の事故件数の減少は全事故数に比べて少ないところがある。事故原因としては、安全不確認、一時不停止が多いことがわかる。これらについては、安全運転や交通ルール遵守に注意を払えば防げる事故が多いことも事実である。自転車事故とは前述したように、安全運転や交通ルール遵守で防げることが多い。ここで言う安全運転とは、「いかに危険予知するか」ということである。

なお、本システムを過信してしまうことで、通常の確認を怠るなどより危険な運転をしてしまう場合が考えられる。本システムはあくまで危険予知の補助をするということを念頭に置くことで安全運転を支援する。

表1 自転車関係事故と全事故の推移[1]

		平成10年	平成11年	平成15年	平成19年
自転車	件数	10,802	12,253	13,112	11,263
	指数	100	113	121	104
	死者	38	37	37	23
	指数	100	97	97	61
	負傷者	10,832	12,311	13,092	11,196
	指数	100	114	121	103
全事故	件数	60,829	64,907	65,313	50,450
	指数	100	107	107	83
	死者	345	336	309	237
	指数	100	97	90	69
	負傷者	74,367	79,284	78,982	60,084
	指数	100	107	106	81

表2 事故原因[1]

		安全不 確認	動静不 注視	前方不 注意	操作 不適	一時不 停止	信号 無視
加害事故	人数	391	142	194	244	206	141
	構成率	26%	9%	13%	16%	13%	9%
被害事故	人数	3,245	1,420	247	56	640	196
	構成率	28%	12%	2%	0%	6%	2%

## 3. 提案

背景で述べた通り、自転車の事故原因に多いのはいずれも安全不確認や一時不停止などであり少しの注意で防げる事故が多い。さらに大きな段差を越えるときや悪路面を走るときなどでもハンドルを取られ転倒してしまう場合が考えられる。

そこで本稿では、口コミや道路状況を他のユーザーと共有でき、自転車走行時に運転者に注意喚起を行うことで安全運転を支援するシステムを提案する。また、道路状況を推定するための振動検知器と、運転者に情報と通知するための振動機器は、その両方の機能を備えた、Wii リモコンを利用することにした。本システムは、集めた道路状況のデータを口コミと合わせて地図上に書き込むことができる編集システムと、振動センサーを用いて道路状況を推定し、また運転者に危険箇所や注意喚起を行うナビゲーションシステムから構成されている。各システムの詳細を以下に示す。

編集システムでは、主に口コミ情報の閲覧と書き込みを行う。またユーザーはマップから必要と思う危険箇所や注意箇所を選択できる。選択された箇所が反映した地図データもとに注意喚起を行い、安全運転したかを走行履歴として閲覧できる。編集システムの実行画面を図1に示す。



図1 編集システムの実行画面

ナビゲーションシステムでは、自転車走行時、編集システムで設定した危険箇所や注意箇所に接近すると運転者に注意喚起を行い、危険箇所での一時停止や注意箇所での徐行を促す。情報の通知は腕に巻きつけた振動機器を振動させて行い、注意・警告の内容によって振動のパターンを変える。同時にその地点での運転状況を保存して、後に編集システムで安全運転が実行されたか確認できる。また、振動センサーを自転車に取り付けること（図 2 参照）で段差や悪路面を推定している。その振動データと GPS からの位置情報を保存しておき、後にロコミ情報として編集システムで投稿できる。



図 2 センターフレームに取り付けた振動センサー（Wii リモコン）

#### 4. 路面状況の推定

本システムで述べる路面の状態は平坦な道と悪路面の 2 つに分けることができる。平坦な道は、舗装がきちんとされており表面がなめらかな道を指す。悪路面は、何らかの要因でできてしまったひび割れやくぼみ等が多いでこぼこした道を指す。これらの道を通る時には、得られる上下の振動つまり Z 軸の振動に違いが見られるはずである。そこで、フーリエ変換を用いて、振動の周波数成分を得る。2 つの路面の状態の周波数成分の違いから、現在走行している道がどちらの道なのかを推定するようにした。

また、自転車が段差を越えたという情報は、Z 軸の振動データの時系列データに特徴的な振動情報が現れる。それを用いて、段差の有無を検出するようにした。以下、それぞれの項目について詳細に記す。

##### 4.1 フーリエ変換を用いた路面状況の推定

Wii リモコンから得られた時系列データをもとに、周波数成分を得る。周波数解析によって得られたデータ内の周波数をもとに路面状況を推定する。フーリエ変換の条件を表 3 に示す。

表 3 フーリエ変換の条件

要素数(フーリエ変換を行う周期)	256 個 (2.56s)
サンプリング周波数	100Hz

フーリエ変換を行う条件として、Wii リモコンが 1 秒間に取れるデータの量が 100 個近くであるため、サンプリング周波数は 100Hz とした。要素数を 256 個と設定したためフーリエ変換による周波数解析は 2.56s ごとに行われる。通常、自転車は時速 15km ~ 20km で走行する。そうした場合、2.56s で走行できる距離は、10.67m ~ 14.2m である。高速フーリエ変換の性質上、要素数は 2 のべき乗でなくてはならないので、要素数をこれよりも少なくした場合、次に考えられる要素数が 128 個つまりフーリエ変換を行う周期が 1.28s ごととなり、データ間の距離が半分になる。よって地図上に書き込まれる情報が大量になり、システムの処理能力が落ちる。また、要素数をこれよりも多くした場合も同様に、データ間の距離が 2 倍となり、検知できる情報量が減ってしまう。よって、要素数は 256 個とした。また、高速フーリエ変換の性質から、フーリエ変換を行ったデータは左右対称になることから、100Hz のデータでは 50Hz の周波数しか検出できない。平坦な道では、振動が小さいので、25Hz ~ 50Hz の部分の周波数はほとんど検出されないが、路面状況の悪い道、例えばくぼみがあるでこぼこした歩道などでは、25Hz ~ 50Hz の部分の周波数検出されていることが分かる。このことを利用して、25Hz ~ 50Hz の部分の周波数が検出された場合、その路面は平坦な道ではなく、くぼみなどがある悪路面であるということが推定できる。図 3 に平坦な道の 25Hz ~ 50Hz の部分の周波数を、図 4 に悪路面の 25Hz ~ 50Hz の部分の周波数をそれぞれ示す。

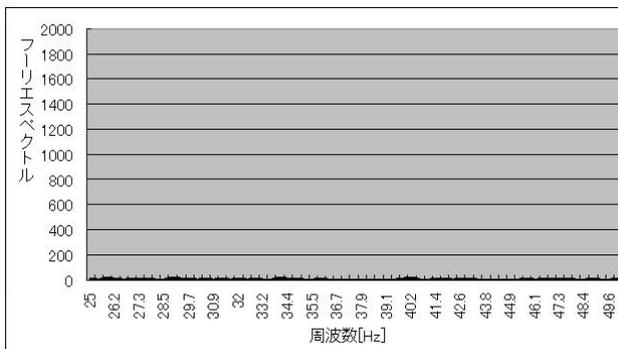


図3 平坦路面の25Hz～50Hzの部分の周波数

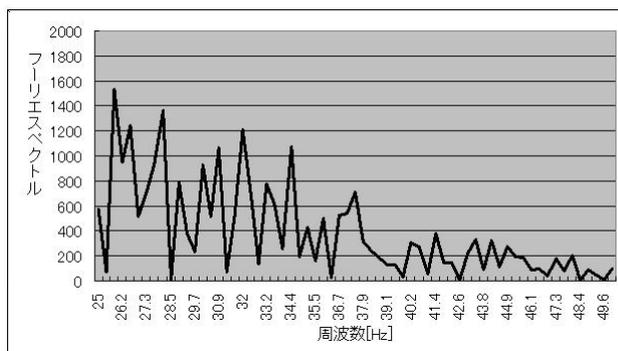


図4 悪路面の25Hz～50Hzの部分の周波数

平坦な道ではほとんどの周波数成分が検出されないのに対して、悪路面のほうは25Hz～50Hz、特に25Hz～35Hz付近の周波数を検出されていることが分かる。このことから、平坦な道と悪路面は25Hz～50Hzの周波数を検出することで区別できると考えた。

#### 4.2 時系列データを用いた段差の検出

自転車走行中に段差を越えた場合、時系列データを用いるとZ軸に図5のような波形が検出される。このことから、加速度がある一定の値を超えた場合にこの波形は段差であると推定できる。

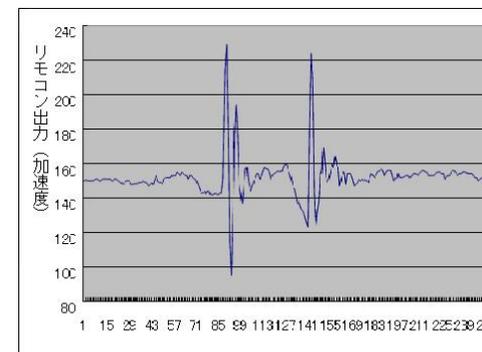


図5 段差を越えたときのZ軸の時系列データ

1回目の大きな揺れは、自転車の前輪が段差を越えた時のものであり、2回目の揺れは、自転車後輪が段差を越えた時のものである。このように自転車が段差を越えたときには、前輪と後輪の2箇所で大揺れを検知できる。

#### 5. ロコミ情報の共有

ロコミマップにロコミを投稿する場合、ユーザーは表示されたマップを閲覧しながら手でポインタを設置するため、位置が正確ではない。また、ロコミとはユーザー個人の評価であり、目安にはなるが信頼できる情報とはいえない。本システムでは推定した路面状況とGPSからの位置情報と合わせたロコミ情報を投稿することにより、情報の信頼度と正確度を高めることができる。ロコミ情報が書き込まれた地図データはサーバにアップロードすることで他のユーザーと情報を共有できる。新たにシステムを使用する際は、サーバから最新版の地図データをダウンロードして使用する。システムの流れを図6に示す。

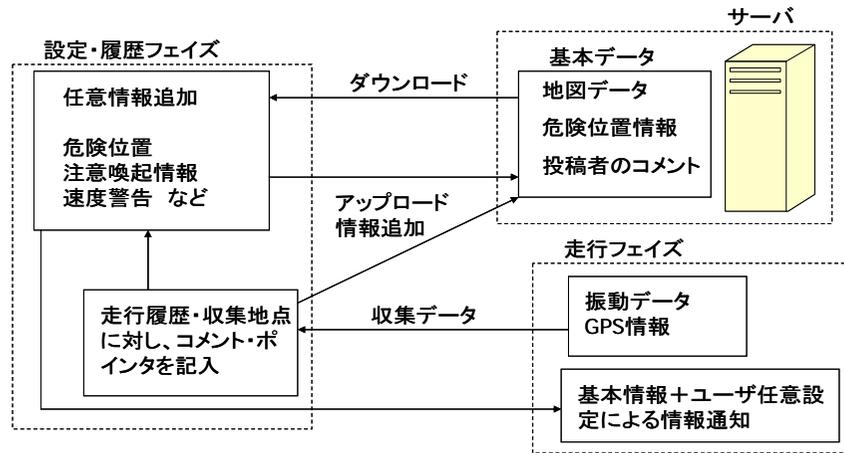


図6 システムの流れ

本システムと自転車大好きマップ<sup>2)</sup>という口コミサイトを比較する。自転車大好きマップとは、自転車ユーザーが地図上にアイコンや線などで注意すべき箇所や、道路の状況を自由に書き込めるサイトである。自転車大好きマップで編集した地図を図7、本システムで作成した地図を図8とする。比較のために図7の地図をA、図8の地図をBとする。A、B共に学生に自転車で走行してもらい、Aは自転車大好きマップ上に編集してもらった地図で、Bは本システムを使用して作成した地図である。Aは、学生自身が地図上に自分で走行した記憶を頼りに地図上に走りにくかった道や段差のあった場所をマークした。Bは、学生が実際に走行した道を本システムが振動情報と位置情報をもとに悪路面や段差を自動的に検出し、地図上にマークした。Aの地図には学生の記憶でマークしたものであり実際に段差があった場所とはずれが生じている。それに対してBの地図はWiiリモコンの振動情報とGPSの位置情報をもとにしているため段差の正確な位置が記録されている。また、Aの地図は道路を色分けするのに手で編集しなければならない上に、どこからどこまでが悪路面なのかが曖昧である。それに対して、Bの地図では平坦路面と悪路面が正確に区別可能である。



図7 口コミマップに書き込まれた情報



図8 本システムで作成した情報

## 6. 評価実験

本システムの評価を行うために、5人の被験者にあらかじめ収集しておいた地図データをもとに編集システムを利用して編集してもらい、そのデータをもとにナビゲーションシステムを用いて周辺の道路を実際に走行して、アンケートによる5段階の評価を行ってもらった。アンケートの内容は編集システムとナビゲーションシステムについて3項目ずつとした。

編集システムに関する質問

- ① 編集機能は使いやすかったですか
- ② 走行履歴が見られますが、それについてどう思いましたか
- ③ 使いやすいシステムだと感じました。

ナビゲーションシステムに関する質問

- ④ 振動で注意を促してくれる機能はどうでしたか
- ⑤ 注意や警告に対して、対応しようと思ったらできましたか
- ⑥ 振動のパターンが2種類ありますが、判別できましたか

アンケート結果を表4に示す。また、5段階評価は5が最も良く、1が最も悪くとした。

表 4 アンケートの集計結果

項目	実験者					平均
	A	B	C	D	E	
①	3	4	4	4	4	3.80
②	4	2	4	5	5	4.00
③	4	4	4	3	4	3.80
④	4	2	3	2	2	2.60
⑤	5	3	3	1	2	2.80
⑥	1	2	2	1	1	1.40

表 1 からわかるように、①、②、③の項目に関しては編集のしやすさや走行履歴の閲覧などに対しておおむね高評価だった。今後は、悪意のあるユーザーの情報の対応や同じ箇所での情報重複における優先度をどのように決めるかという課題がある。④、⑤、⑥の項目に関しては、振動で注意喚起をしてくれる機能があるのは良いという回答も得られたが、Wii リモコンの振動に関して 5 人中 5 人が低評価をつけた。これは振動機器として使用した Wii リモコンの振動が弱かったことや、腕に取り付けたため自転車の振動に負けてしまったことが考えられる。Wii リモコンより強い振動を起こせるデバイスに変更する、もしくは体に取り付ける位置を工夫するなどが解決策として挙げられる。加えて視線検知やカメラを用いて安全不確認に対する警告、注意の方法も検討したい。

## 7. 今後の課題とまとめ

本論文では、ロコミ情報に推定した路面情報と GPS からの位置情報を付加して情報の信頼性を高め、その情報を利用して運転者に注意喚起を行う安全運転支援システムについて述べた。本システムを利用することで、新たな情報サービスの成立や自転車における安全運転支援において貢献できると考える。今後の課題としてロコミ情報共有の面では、悪意のあるユーザーの情報の対応や一箇所での情報重複における優先度をどのように決めるかという課題がある。また、走行時における運転者への情報通知の面では、評価実験で問題のあった振動機器による情報通知の見直しに加えて、視線検知やカメラなどを用いた注意喚起方法も検討したい。

## 参考文献

- 1) 自転車の安全利用の推進(警視庁) <http://www.npa.go.jp/bicycle/index.htm>
- 2) 自転車大好きマップ <http://www.bicyclemap.net/>
- 3) 山本篤史, 屋代智之: 振動を用いた歩行者用ナビゲーションの提案, 千葉工業大学, 情報処理学会第 65 回全国大会 Vol3, pp.311-312
- 4) 渋谷道雄著: マンガでわかるフーリエ解析, オーム社, 2006
- 5) FFT(高速フーリエ・コサイン・サイン変換)の概略と設計法 <http://momonga.t.u-tokyo.ac.jp/~ooura/fftman/index.html>
- 6) NGS:GPS とは [http://www.ngsc.co.jp/tec/gps\\_2.htm](http://www.ngsc.co.jp/tec/gps_2.htm)
- 7) WiinRemote <http://onakasuita.org/wii/>
- 8) Managed Library for Nintendo's Wiimote <http://www.codeplex.com/WiimoteLib/Release/ProjectReleases.aspx?ReleaseId=7880>