

# コンピュータビジョン周辺監視による二輪車向け安全性向上システムの開発のための基礎検討

三善 優紀<sup>†1</sup> 安藤 大地<sup>†1</sup> 笠原 信一<sup>†1</sup>

**概要:** 自動車に備え付けられた安全運転をサポートする様々なシステムは、今日では販売されている車両に多く装備されるようになった。しかしながら、これらのシステムは主に自動車のみにも備え付けられ、自動二輪車や自転車には備え付けられていない。本研究では、二輪車の安全性の問題点について検討した上で、二輪車に必要な安全性向上システムのための基礎検討を行った。これによって、安全性向上システムを二輪車に装備するための問題点や検出器を生成するにあたる課題が判明した。さらに、本稿では、自動二輪車の車体後部、ライダーのヘルメットへの装着の二種の取り付けの状態の考察を行った。

## A Study on Development of Safety System for Two-Wheeled Vehicle by Computer Vision Observations

MIYOSHI YUKI<sup>†1</sup> ANDO DAICHI<sup>†1</sup> KASAHARA SHINICHI<sup>†1</sup>

**Abstract:** Various driving safety systems for cars came to be equipped with cars today. However, developing systems for two-wheeled vehicles have not been progressed. In this paper, we propose a safety system for two-wheeled vehicles. We hereby find out the problems to equip safety systems with two-wheeled vehicles and subjects to make a vehicle classifier. Also we study two ways to equip a camera with the rear of motorcycles and helmets.

### 1. はじめに

交通事故の発生は、徐々にその数は減少してきているものの交通社会の抱える永続的な問題であり、交通事故の発生を抑制するために運転者を支援するシステムの開発が現在盛んに行われている。近年ではスバルの EyeSight やスズキのレーダーブレーキサポートなど交通事故を未然に防ぐためのシステムが発表されている。自動車専用の交通安全支援システムは多く開発されているが、自動二輪車と自転車をターゲットとした製品がない。自動車と道路上で併走する自動二輪車と自転車の安全性と交通社会に与える影響について軽視されているのが現状である。自動二輪車と自転車の特性や自動車の交通安全支援システムを研究し、自動二輪車のための安全性向上システムの開発が求められる。そこで本研究では、安全性向上システムを二輪車に導

入するために解決すべき様々な問題点や検出器を生成するための基礎検討を行う。

### 2. 自動二輪車特有の安全性の問題点

近年、自動二輪車に乗る人のうち、中高年層のライダーが事故で死亡する割合が急増している。若い頃自動二輪車に乗っていた層のライダーが年を経て大型二輪を再び運転するケースが多く見られ、このようなライダーをリターンライダーと呼ぶ。1996年の免許制度改正により大型自動二輪免許の取得が容易になったことで、リターンライダーは自動二輪車の再開時に大型二輪に運転スキルが低く体力や動体視力も低下した状態で運転していることが多い。警視庁の2012年の交通事故状況をまとめた警察発表資料によると、自動二輪車乗車中の事故死者は460人でこのうち40代が107人、50代が54人、60代が20人だった。40歳以上の割合は40%弱を占めている。2002年は、40代が66人、50代が36人、60代が14人でそれぞれの世代でおよそ

<sup>†1</sup> 現在、首都大学東京  
Presently with Tokyo Metropolitan University

5割増加していることになる。警察庁はリターンライダーの増加が要因とみており、日本自動車工業会の調査によると2003年度に39.9歳だった自動二輪車ユーザの平均年齢は2011年度は48.5歳に上がっている。また自動二輪車乗車中の死者を年代別にみると、2013年度は40代が30%、続いて24歳以下の若年層が17.5%という順に割合が大きくなっている。このことから、一般的に事故を起こしやすいとされる免許をとって間もない若年層のライダーのみならず、動体視力や筋力が衰えているリターンライダーを支援する自動二輪車のための安全性向上システムの開発が必要である。

### 3. 自転車特有の安全性の問題点

2013年に道路交通法が改正され、自転車は、日本において今まで一般的に考えられていた歩道ではなく車道を走ることが義務付けられ、今までは許可されていた車道外側線外側の右側通行は禁止となった。これにより、車道の左側を走行する自転車が急増している。自動車、特に車幅の広い四輪車を運転するドライバーは、狭い道路状況で追い越しを行う機会が多くなること、自転車は度重なる追い越しや自動車からの圧力を感じることでお互いにストレスを感じる場面が多くなることが予想され、適切な安全運転が行われておらず、自動車と自転車が道路上で接近するという交通状況が発生しており、特に今まで歩道を走行していたいわゆるシティサイクルユーザの事故の危険性も高まっている。しかしながら、自動二輪車と自転車には、視界範囲が広い自動車のルームミラーに相当する装備が義務付けられていないために後方の情報取得量に制限があり、さらに自転車はサイドミラーやウインカー、ブレーキランプの装備も義務付けられていないため、周辺の車両とのコミュニケーション手段が少なく、事故の原因になりうる。そこで自動二輪車、自転車自身が周辺の情報を把握することでストレスや事故の危険性を減少させることができる。

### 4. 既存の交通支援システム

- 運転支援システム EyeSight  
スバルのステレオカメラによる運転支援システムであり2つのCCDカメラで回りの環境を見ていることが特徴である。これにより右側と左側で微妙に差のある映像を認識する。その差が大きければ近くにあるもの、小さければ遠くにあるものとして立体的に環境を把握し、前方の物体との距離、形状、移動速度などを正確に認識することができる。
- Mobileye C2-270  
車両のフロントガラスに取り付けたカメラが前方の車両、オートバイ、歩行者、自転車、車線を検知する。検知したもののまでの距離と相対速度に基づき計算された“衝突するまでの時間”を計測し、衝突の危険が迫

ると未然にアイコン表示とブザー音による警報を発令する。距離の計測は単眼のカメラによって行われており、フレームの差分から距離を計測している。それ以外にも車線を認識し、走行中に車体が車線外に出ないように警告する機能がある。全ての車両に簡単に搭載できる長所を持つ。

- Skullly P1  
一見すると何の変哲のないバイク用フルフェイスヘルメットであるが、内蔵されたAndroid OSと後方に設置されるカメラによる様々な情報をシールドに取り付けられたヘッドアップディスプレイに表示することができる。音声での操作に対応し、運転中に安全な操作が可能になっていて電話や音楽を聴くといった多種多様な機能を搭載する。

### 5. 提案システム

#### 5.1 システムの目的

自動二輪車と自転車への搭載が可能なコンピュータビジョン周辺監視による安全性の向上と運転中のストレスを軽減するための運転支援システムの開発が本研究の目的である。上述したとおり、自動二輪車と自転車は後方を確認する手段が乏しいため、コンピュータの目を通して周辺監視をすることは安全性の向上をもたらす。たとえば、周辺監視、特に後方を監視することで自動二輪車や特に制限速度の低い50cc以下の原動機付自転車、自転車は追い越しをされることを事前に察知することが可能になり、運転者のストレスを軽減できる。また、このシステムを搭載している自転車の後ろを走行する自動車は、安心して追い越しを行うことができるようになる。前方の自転車の急な右折による自動車の追突などの自転車の不注意が原因となり発生する事故も減少するため、支援システムを持たない現状に比べ、それぞれの種類の車両がより安全に道路上で円滑な交通を行うことが可能になると考えられる。

#### 5.2 具体的な機能

本研究では、運転支援システムの開発が最終目標であり、実際に路上で使用しながら自動二輪車と自転車の運転支援システムのあり方を追求する。運転支援システムの開発は、主にC++言語とOpenCVによって行う。

開発するプログラムの主な機能は、自分を中心に俯瞰的に自動車や歩行者など対象物との位置関係を表示するグラフィックユーザーインターフェースである。そのために、一台、もしくは複数台のカメラを用いた周辺監視により歩行者、自転車、自動二輪車、自動車を検出する検出器と、検出物までの距離を測定する機能が必要である。

ノートパソコンでプログラムを動かす、自動二輪車用ヘルメットのシールド、もしくはメガネ型デバイスに装着するウェアラブルディスプレイ(図1)に出力することでユー



図 1 想定する出力ウェアラブルディスプレイ  
Fig. 1 An Output Wearable Display

ずに情報を提示することを想定している．そのため，自動二輪車に特有の視点移動などを考慮し，計測結果を表示するグラフィックユーザインターフェースの設計も同時に行う．また，自動二輪車や自転車にどのように装置を装着すれば有効であるかの検討を行う．

### 5.3 安全性向上システムを装備する際の自動二輪車特有の問題点

前述した EyeSight のように，自動車に取り付けたカメラによる運転支援システムは既に確立されている．しかしながら，自動車と自動二輪車，自転車ではカメラの取り付け位置が異なるので得られる画像が異なる．例えば自動二輪車のリアシートに取り付けたカメラで撮影した画像と自転車の運転者の背中，もしくはヘルメットに装着したカメラで撮影した画像では，ヘルメットにマウントしたカメラの画像は，より高い位置から撮影されることになる．よって従来の自動車での検出器の手法がそのまま自動二輪車と自転車では使えない．

### 5.4 安全性向上システムを装備する際の自転車特有の問題点

今回は，画像の収集を自動二輪車の後部座席に設置したカメラによって行った．自動二輪車は後部座席のグラブバーやシートカウルなどカメラを固定できる箇所があるが，自転車はその限りではない．シティサイクルなどはリアキャリアが多く装備されているが，ロードバイクのようなスポーツ車はそのような装備が少ない．また，サスペンションを持たない自転車では振動も大きい．シティサイクルより車道を走る機会が多く，よりスピードの速いロードバイクのほうが運転支援システムがより効果的に機能することが期待されるのだが，ロードバイク自体にカメラを取り付けることはアタッチメントが必要となる．よってロー



図 2 自動二輪車車体後部のカメラ  
Fig. 2 Camera Attached to The Rear of Motorcycles

ドバイクの場合，カメラはライダーの背中やヘルメットに装着することが望ましいと言える．

## 6. 基礎検討の結果

### 6.1 カメラの取り付け方法による自動二輪車と自転車の得られる画像の違い

車体後方を監視するカメラの自動二輪車と自転車で検討している取り付け方は以下の通りである．

- シートカウルやキャリア等の車体後部
- ヘルメットや頭部の後方

また，自転車は自動二輪車と違い基本的に車道の左側を走行するので，自動二輪車と比べ左側面の危険因子が少ない．ライダーがカメラを装備することと合わせて，自転車の場合は，周辺監視ではなく後方監視や右後方の監視に絞り，体の直接カメラを装備する場合は，台数を 1 台とすることが望ましいと考察する．車体後部に設置した後方カメラ (図 2) による画像とヘルメットや背中に取り付けられたカメラによる画像 (図 3) では，取り付け位置の高さによる違いが見られる．この違いは後継車がカメラに近ければ近いほど顕著に現れるので，学習に必要な画像も自動二輪車と自転車では異なることが判明した．



図 3 自動二輪車のヘルメットに搭載した後方カメラ  
Fig. 3 Camera Attached to Helmet

### 6.2 検出器の生成

検出器やカメラの取り付け方法について，自動二輪車の



シートカウルにカメラを設置して，Haar-like 特徴量による検出器を作成することで，検出器やカメラの取り付け方法について予備研究を行った．

路上で自動車や自動二輪車，自転車をカメラを通して検出するためには，コンピュータに正解サンプル画像と非正解サンプル画像を大量に与え，機械学習を行う必要がある．OpenCV での Ada-Boost を用いた機械学習においてもっとも効率的なサンプルの数は，正解画像 7,000 枚 (図 4)，非正解画像 3,000 枚 (図 5) であり，膨大な数の画像の収集が精度の高い検出器作成に必要である．自動二輪車の後方にカメラを設置して実際に路上を走行しながら動画を撮影し，2 秒に一枚のスクリーンショットを取りながら，主に東京都内でサンプル画像を収集した．しかしながら，撮影した画像は対象物である車両や歩行者の写っている正解サンプル画像が 8 割以上を占めていて，路上の撮影で自動車などの対象物が全く写っていない非正解サンプル画像の収集が非常に困難であることが判明した．峠などの交通量の少ない地域を走行すれば，対象物の写っていない非正解サンプル画像の収集が容易であるが，提案システムが効果的に機能する場所は都市部であり，実際の運用における検出器の精度を考えると，あまり有効な解決策ではない．言い換えると，自動二輪車の後方にカメラを取り付けて撮影するという方法は，正解画像を収集する方法として非常に優れているということである．非正解画像を収集する優れた方法として，早朝時間帯の撮影や，自動車のいない頃を見計らって，徒歩で路上に侵入し撮影するなどの方法があるとわかった．また走行車線も自動二輪車と自転車では異なるため，自転車レーン走行時特有の問題が出ることも予想される．



図 4 正解画像の例

Fig. 4 An Example of Positive Samples

検出器生成予備実験として，自動二輪車後方に取り付けられたカメラで撮影した正解画像 500 枚と非正解画像 500 枚で構成される簡易的な検出器を作成した．図 (図 6) が示す通り，正解画像である自動車の検出率は非常に良いが，検出物でないものを検出物として認識してしまう誤認識が多すぎるため，検出器として優れていない．画像の数が少ないということが原因のひとつとして考察されるが，自動車の



図 5 非正解画像の例

Fig. 5 An Example of Negative Samples

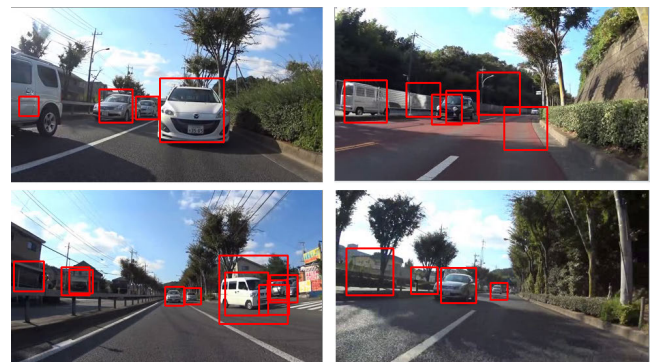


図 6 予備実験で生成した検出器の検出結果：自動車を正しく検出しているが，誤検出が多く見られる

Fig. 6 result of preliminary experiment cars classifier

検出率が優秀であることから，正解画像の質が良かったことが伺える．非正解画像は，対象物さえ映っていないのならば，いかなる画像でも有効なので，路上の画像だけではなく多様性のある画像を使うことにより，検出器を改善することが出来る．簡易的な検出器の作成により，これからの画像収集の方針が明らかになった．

OpenCV では，Haar-like, LBP(Local Binary Pattern), HOG(Histogram of Oriented Gradient) の 3 つの特徴量検出がサポートされており，上記の二つのカメラの設置方法と三種の特徴量検出の組み合わせの中で，最も優れた精度の検出器の生成を検討していく．

## 7. まとめ

本論分では，二輪車のための安全性向上システムを開発するための基礎検討として，二輪車の抱える安全問題や安全性向上システムを装備する上での問題を考慮した，検出器の生成について論述した．自動車の安全性向上システムとは違い，自動二輪車と自転車で開発された安全性向上システムは，ブレーキやハンドルなどの操縦システムと機能をリンクすることが難しい．これは二輪車特有の運転の複雑さや車体の構造のためだ．自動二輪車と自転車の安全性向上システムに求められることは，自動車の様に危険を察知したらすぐさまに運転を制御することではなく，危険

をいかに早く，正しく運転者に知らせ回避行動を助けるか  
ということである．実現のためには優秀な検出器と優れた  
グラフィックユーザインターフェースが不可欠である．公  
道を走行する車両は自動車が大半だが，それぞれの車両が  
共存する，より良い交通社会をつくるためには，少数であ  
る自動二輪車と自転車の発展も必要不可欠であり、本研究  
がその発展に貢献できることを期待する．

#### 参考文献

- [1] 著者名, OpenCV object detection, 入手先  
(<http://www.slideshare.net/takmin/opecv-object-detectiontakmin>)(2014.12.08)
- [2] 著者名, Cascade Classifier Training, 入手先  
([http://docs.opencv.org/doc/user\\_guide/ug\\_traincascade.html](http://docs.opencv.org/doc/user_guide/ug_traincascade.html))(2014.12.10)
- [3] OpenCV 2 プログラミングブック 製作チーム 著 (2011)  
『OpenCV 2 プログラミングブック OpenCV 2.2/2.3 対  
応』マイナビ
- [4] 二輪車の死亡事故統計, 入手先  
([http://www.keishicho.metro.tokyo.jp/kotu/roadplan/2rin\\_jiko.htm](http://www.keishicho.metro.tokyo.jp/kotu/roadplan/2rin_jiko.htm))(2014.12.10)