

**オートバイに搭載した単眼カメラによる  
道路マンホール検出に関する研究**

情報処理学会 第85回モバイルコンピューティングとパーベシブシステム  
第71回高度交通システムとスマートコミュニティ合同研究発表会  
神奈川工科大学情報学部情報工学科  
安達 遼, 宮崎 剛

**背景 (1/3)**

➢ 毎年、車両事故の中で二輪車の事故が最も多い。[1] (図1)

図1 死亡事故 統計

**背景 (2/3)**

➢ 二輪車事故内容においては、他者の関わらない単独事故が最も多い。[1] (図2)

図2 平成28年 二輪車 事故内容

**背景 (3/3)**

- 二輪車は前後2つのタイヤによって搭乗者自身がバランス取りながら走行。
- 片方のタイヤがスリップすると転倒してしまう。
- 著者自身スリップ経験が有り、転倒もしている。
- 昨今、運転支援技術が盛んにCM等で見られるがどの技術も自動車であり、オートバイ専用の技術は発展途上である。

**目的**

- 路面におけるスリップの一因となるマンホールを単眼カメラを用いて検知し危険を喚起。
- 路面変化によりマンホールの見え方が変化するため(図3)、楕円フィッティングと機械学習(LBP特徴量)の二つの手法で検出を評価。

図3 距離による見え方の違い

**運転支援技術 (二輪車)**

**BMW C650GT サイドビューアシストシステム[2]**

- オートバイで世界初の後方警戒システム。
- 前後左右4ヶ所に超音波センサーを搭載。(図4)
- 時速80kmまで機能する。
- 死角となる後方に車両が近づいたら(最長5m以内)警告。

図4は[2]より引用

図4 センサー位置

### 運転支援技術（二輪車続き）

- ▶ 車両の両側を監視。（図5）
- ▶ 警告はサイドミラー付近の三角の警告ランプを点滅させて知らせる。（図6）
- ▶ 前後のセンサーを左右で一組
- ▶ 後ろのセンサーは、前のセンサーによる検知・反応の差を利用し演算を補助。

図5,図6は[2]より引用

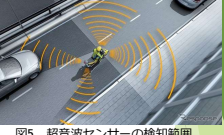


図5 超音波センサーの検知範囲




図6 警告ランプ

### 運転支援技術（四輪車）

#### トヨタ レーンキープアシスト[3]

- ▶ 車線逸脱警報機能（図7）
  - ▶ 幅約3m以上の車線を約50km/h以上で走行時に作動
- ▶ 車線逸脱が予想される場合
  - ▶ ブザーやディスプレイ表示
  - ▶ 小さい操舵力を短時間加える。
- ▶ 単眼カメラの機能
  - ▶ 白線を検知し自車両の進行方向を監視。



図7 車線逸脱警報機能

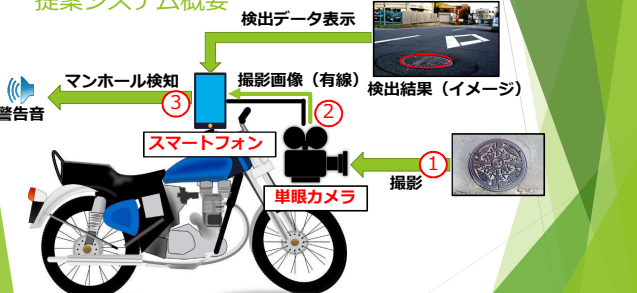
### 運転支援技術（四輪車続き）

- ▶ 車線維持支援機能（図8）
  - ▶ 幅約3-4mの車線を約65km/h以上で走行しレーダークルーズコントロール使用時に作動
  - ▶ 小さい操舵力を連続的に制御。
  - ▶ ドライバーのステアリング補助。
  - ▶ ステアリングから手を離すと動作を停止。
- ▶ 単眼カメラの機能
  - ▶ 白線を検知し自車両の進行方向を監視。
- ▶ ミリ波レーダーの機能
  - ▶ 先行者と自車両との相対距離を計測。レーダークルーズコントロール作動時に使用。



図8 車線維持警報機能

### 提案システム概要



検出データ表示

マンホール検知

警告音

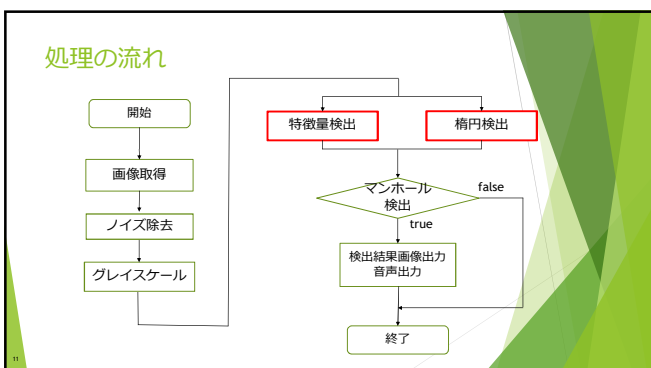
撮影画像（有線）

検出結果（イメージ）

スマートフォン

単眼カメラ

撮影



### マンホール検出手法（楕円検出）

- 楕円フィッティング
  - ▶ 画像（図9）をノイズ除去し、グレイスケール画像に変換（図10）
  - ▶ グレイスケール画像からエッジを検出。（図11）
  - ▶ 検出したエッジに楕円フィッティングを適用する。
  - ▶ 検出した楕円の面積と座標でマンホールを判断。



図9 元画像



図10 グレイスケール画像



図11 エッジ画像

### マンホール検出手法 (特徴検出)

- 機械学習**
  - LBP特徴量、輝度の分布(ヒストグラム)より特徴を捉える手法。
  - 画像を分割。
  - 分割した画像の3×3画素に注目し、バイナリデータを生成。
  - 分割した画像全てに行う。
  - 各画像毎にヒストグラムを生成。
  - ヒストグラムの組み合わせにより分類器を構築。
  - 図12は14より流用

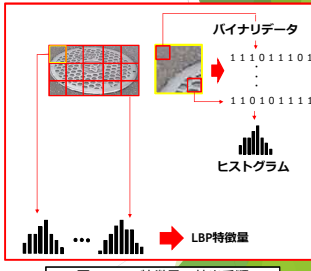


図12 LBP特徴量 抽出手順

### 実験内容・評価方法

- 実験内容**
  - マンホールを検出する分類器の作成 (実験1)
  - 分類器と精円フィッティングを道路領域に分類してマンホールの検出。(実験2)
  - 事前にくつかの環境で撮影した映像を使用して実験
- 評価方法**
  - マンホールを検出した時のバイクとマンホールの距離
  - 路面からのカメラ位置(高さ)を変更したときの検出率の変化
  - 天候の違い、路面状況の違いによる検出率
  - 走行速度と検出距離との相関関係

### 開発環境

OS	Windows10 Home 64bit
CPU	Intel Core i5-6500 CPU (3.20GHz)
RAM	8.00GB
開発言語	Python2.7
統合開発環境	Anaconda2 Spyder3.2.3
画像処理ライブラリ	OpenCV 3.1.0
単眼カメラ	GoPro Hero4 / 60fps / 1080×1920

### 実験動画映像撮影条件

道路からのカメラの高さ	80 (図13右), 165cm
天候	晴れ, 雨上がり
時刻	14時, 17時
場所	神奈川工科大学周辺 (神奈川県, 厚木市)



ココにカメラ

図13 撮影時の様子

### 実験1の結果

- 2つの条件で分類器を作成

分類器	分類器 1	分類器 2
正解画像 (枚)	100	500
不正解画像 (枚)	50	250
作成時間 (秒)	2	9



図14 正解画像 (一例)



図15 不正解画像 (一例)

### 実験2で使用する画像

画像	実験画像1 (左)	実験画像2 (右)
天候	晴れ	雨上がり
時刻	14時	17時
場所	神奈川工科大学周辺 (神奈川県, 厚木市)	

### 実験2 (分類器) の結果

▶ 分類器1      ▶ 分類器2

▶ 黄色の枠線の内側がマンホール検出範囲

### 実験2 (分類器) の結果

実験画像1

分類器	マンホール数	検出マンホール数	マンホール外検出数
分類器1	3	1	27
分類器2	3	0	27

実験画像2

分類器	マンホール数	検出マンホール数	マンホール外検出数
分類器1	3	0	27
分類器2	3	1	22

### 実験2 (楕円フィッティング) の結果

▶ 黄色の枠線の内側がエッジ検出範囲

### 実験2 (楕円フィッティング) の結果

画像	マンホール数	検出マンホール数	マンホール外検出数
実験画像1	3	2	48
実験画像2	3	2	19

### 実験考察・課題

- ▶ 分類器
  - ▶ 分類器1と分類器2を比較すると空と道路の誤検出が減っている。ポジティブ画像とネガティブ画像を追加したためであると考える。
  - ▶ 分類器の実験画像1と2では誤検出されている場所が変化している。不正解画像の種類に偏りがあったことが原因と考える。
  - ▶ 課題：誤検出されている場所を不正解画像に加える。全体の学習画像を増やす。
- ▶ 楕円フィッティング
  - ▶ 手前のマンホール2つは認識出来ているがそのマンホールの右手にあるのは認識出来ていないのはエッジ検出が十分にされていない。
  - ▶ 課題：エッジの検出を増加させ、楕円フィッティングをしやすくする

### まとめ

- ▶ 本研究ではオートバイに搭載した単眼カメラによる道路マンホール検出に関する研究を行った。
- ▶ 単眼カメラを使用し、分類器、楕円フィッティングともにマンホールを検出することが出来た。
- ▶ 同時に誤検出が多くマンホールだけを検出出来なかった。
- ▶ 今後、分類器はデータセットを増やしていき、楕円フィッティングはエッジ検出の精度を高め、2種類の手法共に検出範囲指定を調整しより高い検出率を目指していく。

## 参考文献

1. 警視庁：二輪車の死亡事故統計,  
[http://www.keishicho.metro.tokyo.jp/kotsu/jikoboshi/nirinsha/2rin\\_jiko.html](http://www.keishicho.metro.tokyo.jp/kotsu/jikoboshi/nirinsha/2rin_jiko.html) (参照 2017-10-18)
2. BMW Motorrad Japan : C 650 GT, [http://www.bmw-motorrad.jp/jp/ja/index.html?content=http://www.bmw-motorrad.jp/jp/ja/urban\\_mobility/c650\\_gt\\_2016/c650gt\\_overview.html](http://www.bmw-motorrad.jp/jp/ja/index.html?content=http://www.bmw-motorrad.jp/jp/ja/urban_mobility/c650_gt_2016/c650gt_overview.html) (参照 2017-10-18)
3. トヨタ SAI : |安全装備 | 予防安全 | トヨタ自動車WEBサイト,  
<http://toyota.jp/sai/safety/active/> (参照 2017-10-18)
4. DESIGNER BLOG : OpenCVで物体検出器を作成③LBP特徴, 開発会社プロフェッサ, [https://www.pro-s.co.jp/engineerblog/opencv/post\\_6256.html](https://www.pro-s.co.jp/engineerblog/opencv/post_6256.html) (参照 2017-10-18)
5. 北山洋幸 : さらに進化した画像処理ライブラリの定番, OpenCV3 基本プログラミング, 東京 (2016)