

車載単眼カメラを用いた ひし形の道路標示の検出

情報処理学会 第85回モバイルコンピューティングとバーベイスシステム
 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
 宮崎航, 宮崎剛

1

背景

- 車を運転中、信号が無い横断歩道は信号がある横断歩道に比べ見えづらく、気づくのが遅れる。
- 道路横断中の事故のうち横断歩道に関する事故が**全体の約6割にあたる。**[1] (図1)
- 信号のない横断歩道の手前30m、50mにひし形の道路標示があるが運転者が認識できなかったり、遅れてしまう。

横断歩道、横断歩道 付近横断中	17,872
道路横断中	29,850

図1 平成28年度の道路横断中の事故件数

2

目的

- 車載単眼カメラを用いて信号のない横断歩道の手前30m、50mにあるひし形の道路標示(図2)を検出し、横断歩道があることをドライバーに知らせる。
- 横断歩道付近の事故を減少させる。

図2 ひし形の道路標示

3

関連研究

酒井裕一 他「オプティカルフローを用いた車両運転状態推定に基づく歩行者衝突警報システムの開発」,
 第54回自動制御連合講演会, pp.599-602, (2011) [2]

- 単眼カメラで映像を撮影し、エッジ検出を用いて横断歩道を検出。
- カメラキャリブレーションの原理を用いて横断歩道と自車の距離と歩行者の位置の算出を行う(図3)。歩行者と衝突が予想された際は警報で知らせる(図4)。
- オプティカルフローと加速度センサを用いて自動運動推定を行い、推定する動作から逸脱した場合、車内ディスプレイ上と警報で警告する。

図3 横断歩道検出

図4 横断歩道、人検出

4

提案システム概要

撮影した動画をPCで読み込む

Haar-like, LBP, HOG
3つの分類器で検出

運転映像を撮影

5

システムの流れ

```

    graph TD
        Start[開始] --> Frame[フレーム画像を取得]
        Frame --> Scale[グレイスケール化]
        Scale --> Filter[ノイズ除去  
バイラテラルフィルタ]
        Filter --> Detect{ひし形の道路  
標示を検出}
        Detect -- Y --> Output[四角で囲い出力(図5)]
        Detect -- N --> Next[次の画像へ]
        Output --> Next
        Next --> Detect
        Detect --> End[終了]
    
```

Haar-Like特徴、LBP特徴、HOG特徴
3つの分類器の読み込み

動画の読み込み

動画終了

終了

6

学習方法

- ポジティブ画像(図6) 7000枚、ネガティブ画像(図7) 3000枚を用意して学習させる。
- Haar-Like特徴
…物体の局所的な**明暗の差**の組み合わせ
- LBP特徴
…物体の局所的な**輝度の分布**の組み合わせ
- HOG特徴
…物体の局所的な**輝度の勾配**の組み合わせ

図6 ポジティブ画像の例

図7 ネガティブ画像の例

7 3つの特徴の抽出方法を用いてひし形の道路標示の検出を行う

実験環境・使用機器

CPU	Intel corei5-5600 3.20GHz
メモリ	8G
OS	Windows10 Home 64bit
開発言語	C++
開発環境	Microsoft Visual Studio 2013
画像処理ライブラリ	OpneCV 2.4.11
機械学習	Haar-like,LBP,HOG
単眼カメラ	GoPro Hero4

8

実験に使う動画

- 場所: 自宅から大学までの約14kmの道のりを昼間と夜間で撮影して使用。
- フレームレート: 30fps、動画サイズ: 1080×1920
- 時刻: 13時、16時、20時
- 天候: 晴れ、曇
- カメラ取り付け位置: ルームミラーの前

図8 撮影動画(昼間)

図9 撮影動画(夜間)

9

実験・評価方法

- 実験では、以下に示す4パターンの道路標示の検出を行う。

	輪郭がはっきりしているもの	かすれているもの
昼間	A	B
夜間	C	D

- 昼間で輪郭がはっきりしているものをA、昼間でかすれているものをB、夜間で輪郭がはっきりしているものをC、夜間でかすれているものをDとする。
- A、B、C、Dの状況において車からの距離が5m、10m、15m各10枚ずつ、計120枚について評価する。

10

実験・評価方法

- パターンAに対して行う実験を**実験A**とする。同様に、B、C、Dについても**実験B**、**実験C**、**実験D**とする。
- Haar-Like特徴、LBP特徴、HOG特徴
それぞれ3つの分類器で同じ学習データを使用して検出率の比較を行う。
- また誤検出率を確かめるためにひし形が写っていない画像(図10)、反対車線にひし形がある画像(図11)、他の道路標示がある画像(図12)、各10枚ずつ計30枚に対して検出を行う。
- 誤検出率を確かめる実験を**実験E**とする。

図10 ひし形が写っていない

図11 反対車線にひし形

図12 他の道路標示

11

機械学習の結果

- ひし形の道路標示の画像525枚(図13)を撮影。
- 撮影した画像を元にトリミングを行い282枚(図14)をポジティブ画像として使用。
- ひし形が写っていない道路の画像、他の道路標示が写っている道路の画像122枚(図15)をネガティブ画像として使用。

図13 撮影画像

図14 トリミング画像

図15 ネガティブ画像

12

実験Aの結果

- 以下に3つの分類器の検出率(表2)と検出結果の一例として車からの距離5mの検出結果(図16)と15mの検出結果(図17)を示す。

表2 昼間で輪郭がはっきりしているものの検出率

	Haar-like	LBP	HOG
5m	100%	90%	90%
10m	50%	80%	50%
15m	10%	0%	0%
全距離	約53.33%	約56.66%	約46.66%



図16 輪郭がはっきりしている道路標示の検出(5m)



図17 輪郭がはっきりしている道路標示の検出(15m)

- Haar-like...赤
- LBP...青
- HOG...緑

実験Bの結果

- 以下に3つの分類器の検出率(表3)と検出結果の一例として車からの距離5mの検出結果(図18)と10mの検出結果(図19)を示す。

表3 昼間でかすれているものの検出率

	Haar-like	LBP	HOG
5m	50%	70%	0%
10m	10%	60%	0%
15m	0%	0%	0%
全距離	20%	約43.33%	0%



図18 かすれている道路標示の検出(5m)



図19 かすれている道路標示の検出(10m)

- Haar-like...赤
- LBP...青
- HOG...緑

実験Cの結果

- 以下に3つの分類器の検出率(表4)と検出結果の一例として車からの距離10mかつ付近に照明がない検出結果(図20)と付近に照明がある検出結果(図21)を示す。

表4 夜間で輪郭がはっきりしているものの検出率

	Haar-like	LBP	HOG
5m	80%	60%	70%
10m	70%	90%	30%
15m	0%	0%	0%
全距離	50%	50%	30%



図20 道路標示付近に照明がないもの(10m)

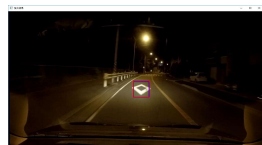


図21 道路標示付近に照明がないもの(10m)

- Haar-like...赤
- LBP...青
- HOG...緑

実験Dの結果

- 以下に3つの分類器の検出率(表5)と検出結果の一例として車からの距離5mの検出結果(図22)と15mの検出結果(図23)を示す。

表5 夜間でかすれているものの検出率

	Haar-like	LBP	HOG
5m	20%	50%	30%
10m	50%	70%	0%
15m	0%	10%	0%
全距離	約23.33%	約43.33%	10%



図22 夜間でかすれている道路標示の検出(5m)

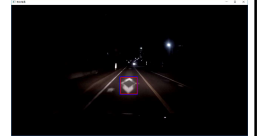


図23 夜間でかすれている道路標示の検出(10m)

- Haar-like...赤
- LBP...青
- HOG...緑

実験Eの結果

- ひし形の道路標示が写っていない画像、反対車線にひし形の道路標示が写っているもの、他の道路標示が写っているもの、各10枚ずつ計30枚で誤検出しないか実験。
- 表6に3つの分類器の誤検出率を示す。

表6 誤検出率

	Haar-like	LBP	HOG
写っていない時	0%	0%	0%
反対車線にある時	0%	0%	0%
他の道路標示がある時	0%	0%	0%
合計	0%	0%	0%

- 現状の分類器では誤検出は見られなかった。

考察

- 実験A, B(昼間)の検出では距離が離れるにつれて検出率が落ちる結果となった。これは学習する画像に遠くのひし形の画像があまり含まれていなかったことが原因と考える。
- 実験C, D(夜間)の検出については昼間と違い距離が離れても検出率が上がる結果も見られた。夜間では周りの街灯や車のヘッドライトの当たり方によってひし形の見え方が変わってくるためと考える。
- 誤検出についてはまだ実験に使う画像が少ないため今回は誤検出はしなかったと考える。今後は更に画像を用意し引き続き誤検出がないか実験していく。

課題

- 課題1: 120枚全ての検出率
 3つの分類器の120枚での検出率を表7に示す。
 最も検出率が高いのはLBPだが、50%にも満たない。今後、
 ポジティブ画像に回転やフィルタ処理などを加えてポジティブ画
 像の枚数を増やして分類器を作成する必要があると考える。
- 課題2: 夜間のひし形の検出
 ガンマ補正で明るさをある程度調整してから検出する必要
 があると思われる。
- 課題3: 距離が離れているものの検出
 遠いひし形の画像をより多く
 用意してポジティブ画像にする必要がある。

表7 3つの分類機の120枚の検出率

Haar-like	約36.66%
LBP	約48.33%
HOG	約22.5%

課題

- 課題4: かすれているひし形の検出
 かすれているひし形の多くは側面の角が削れていて
 縦の角が残っているものが多い。(図25)




図25 かすれているひし形の特徴

従って、ひし形を縦の長方形の形でトリミングした
 画像を今後ポジティブ画像に加えて分類器を作成する
 必要があると考える。(図26)

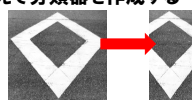


図26 縦のトリミング

まとめ

- 車載単眼カメラを用いたひし形の道路標示の検出を
 行った。
- 撮影した道路標示を元にHaar-like、LBP、HOG特徴
 を用いて3つの分類器の作成を行った。
- 明るさ、道路標示の状態、車からの距離で3つの分類
 機の検出率がどのように変化するか調べた。

参考文献

- 警視庁：平成28年度における交通事故の発生状況。
https://www.npa.go.jp/publications/statistics/koutsuu/H28_zenniiko.pdf (参照 2017-7-30)
- 酒井裕一 他「オプティカルフローを用いた車両運転状態推定に基づく歩行者衝突警報システムの開発」,第54回自動制御連合講演会, pp.599-602, (2011)
- DESIGNER BLOG：OpenCVで物体検出器を作成する⑤ ～createsamples～, https://www.pro-s.co.jp/engineerblog/opencv/post_6397.html (参照 2017-7-30)
- EeePCの軌跡：OpenCVでLBP特徴を使った”物体検出器”を作成してみた, <http://arkouil.cocolog-nifty.com/blog/2017/04/opencvlbp-b3cc.html> (参照 2017-7-30)