

## 車両の姿勢・速度情報を用いた車載カメラ画像からの路面標示認識

野田 雅文<sup>†</sup> 高橋 友和<sup>††</sup> 出口 大輔<sup>†</sup> 井手 一郎<sup>†</sup> 村瀬 洋<sup>†</sup>  
小島 祥子<sup>†††</sup> 内藤 貴志<sup>†††</sup>

† 名古屋大学 〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町

†† 岐阜聖徳学園大学 〒500-8288 岐阜県岐阜市中鶴1-38

††† (株)豊田中央研究所 〒480-1192 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41-1

E-mail: †{mnoda,ddeguchi,ide,murase}@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp, ††takahashi@gifu.shotoku.ac.jp

あらまし ITS技術の普及に伴い車載カメラから得られた画像から交通環境を認識する研究が多く行われている。路面標示の認識もその1つである。車載カメラ画像から路面標示を認識するまでの主要な問題点として、画像中の路面標示の見えが様々に変動するため、認識が困難となることが挙げられる。このような見えの変動は、路面標示に対する自車の位置や姿勢を要因とする大きさの違いや形状の歪み、車載カメラの内部特性によるぼけなどを含む。本稿では、車載カメラ画像中の路面標示を対象として見えの変動に頑健な認識手法を提案する。提案手法は、ジャイロセンサから得られる姿勢情報を用いて車載カメラ画像を道路平面画像に安定した射影変換を行う。また、生成型学習法を適用することによって見えの変動に対応する。本稿では、現実に則した見えの変動を生成するため、実際に走行することで取得した車両の姿勢・速度に関する統計情報を利用する。実際の車載カメラ画像を用いた検証において、提案手法は自車から40m以内の路面標示に対して95.7%の高い認識率を達成することにより、有効性を確認した。

キーワード 路面標示認識、生成型学習、車載カメラ、ジャイロセンサ

## Recognition of Road Markings in In-Vehicle Camera Images referring to Posture and Speed of the vehicle

Masafumi NODA<sup>†</sup>, Tomokazu TAKAHASHI<sup>††</sup>, Daisuke DEGUCHI<sup>†</sup>, Ichiro IDE<sup>†</sup>, Hiroshi MURASE<sup>†</sup>, Yoshiko KOJIMA<sup>†††</sup>, and Takashi NAITO<sup>†††</sup>

† Nagoya University Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi 464-8601 Japan

†† Gifu Shotoku Gakuen University Nakauzura 1-38, Gifu, Gifu, 500-8288 Japan

††† Toyota Central Research & Development Laboratories, Inc.

E-mail: †{mnoda,ddeguchi,ide,murase}@murase.m.is.nagoya-u.ac.jp, ††takahashi@gifu.shotoku.ac.jp

**Abstract** As the ITS technology evolves, many works on traffic recognition using images taken by in-vehicle camera increase. However, a major problem for recognition from in-vehicle images is road markings usually appearances vary. The variance of appearance includes size differences and shape deformation which are dependent on the position and posture of the vehicle, blur effect by internal property of camera, and so on. In this paper, we propose a novel recognition method of road markings from in-vehicle camera images. We transform the in-vehicle-camera image into road-plane image using the posture taken from gyro sensor. Also, we handle the variation of appearance by applying the generative learning method. For realistic generation of appearance, we consider statistic data of posture and speed of vehicle. The effectiveness of the proposed method was confirmed by experiments with actual in-vehicle camera images. High average recognition rate of 95.6 % is achieved for recognizing road markings within 40 meters from the vehicle.

**Key words** Road Markings Recognition, Generative Learning, In-Vehicle Camera, Gyro Sensor

### 1. はじめに

ITS技術の発展に伴い、自動車に搭載された様々なセンサ機器を用いることで交通環境を認識する技術への要

求が高まっている。交通環境を認識することによって、より高度な運転支援や安全・快適なサービスをドライバーへ提供することが可能となる。このような交通環境を認識する技術の一つとして、車載カメラから得られる画像





図 6: 車載カメラと路面標示の位置関係

(a) 歪みなし (b) 歪みあり

図 5: 道路平面画像の歪み ( $s_1, s_2, s'_1, s'_2$  は各道路平面中の路面標示の大きさを示す.)

表 1: 生成モデル、および、生成パラメータ

| 生成モデル                | 生成パラメータ   | 記号   |
|----------------------|-----------|--|
| 形状の歪みモデル<br>低解像度化モデル | 路面標示までの距離 | $d$ [m]  |
|                      | 道路中心からのずれ | $l$ [m]  |
|                      | 路面からの高さ   | $h$ [m]  |
|                      | 姿勢        | $\theta$ [°]<br>$\phi$ [°]<br>$\psi$ [°]   |
|                      | ジャイロの計測誤差 | $\varepsilon_\theta$ [°]<br>$\varepsilon_\phi$ [°]<br>$\varepsilon_\psi$ [°]             |
|                      | 散乱円半径     | $r$ [pixel]  |
|                      | 露出時間      | $T$ [s]  |
|                      | 露出時間中の枚数  | $F$ [枚]  |
|                      | 位置の変化     | $\Delta d$ [m/s]<br>$\Delta h$ [m/s]<br>$\Delta l$ [m/s]                                 |
|                      | 姿勢の変化     | $\Delta \theta$ [°/s]<br>$\Delta \phi$ [°/s]<br>$\Delta \psi$ [°/s]                      |
| 光学ぼけモデル              | 切り出し誤差    | $\Delta x$ [pixel]<br>$\Delta y$ [pixel]<br>$\Delta s_x$ [pixel]<br>$\Delta s_y$ [pixel] |

生成型学習法を適用する。

生成型学習では、現実に則した見えの変動を持つ画像を生成するため、各変動要因に対して、生成モデルを定義し、各生成モデルが持つ生成パラメータの分布を設定する必要がある。本節では、この生成モデル、および、生成パラメータについて述べる。

#### 2.4.1 生成モデル

実環境における見えの変動を生成するため、以下の 5

つの生成モデルを定義する。各生成モデルが持つ生成パラメータを表 1 に示す。また、図 6 に示す自動車と路面標示の位置関係を考える。

##### ・形状の歪みモデル

道路平面画像を作成する際に用いる射影変換の誤差によって発生する。路面標示の形状の歪みを生成モデルとして考慮する。まず、図 6 に示す車両の位置・姿勢に関するパラメータ ( $d, h, l, \theta, \phi, \psi$ ) を一意に決めることで、正しい射影変換行列  $M$  を求める。この  $M$  を用いて、仮想的な車載カメラ画像を得る。次に道路平面画像へと射影変換を行う。このとき、正しい射影変換行列  $M$  と実際にジャイロセンサから得られる姿勢情報から計算した  $M^{-1}$  の間には誤差が生じる。そのため、 $M$  に対してジャイロセンサの計測誤差 ( $\varepsilon_\theta, \varepsilon_\phi, \varepsilon_\psi$ ) を加えた  $\hat{M}$  を用いる。これによって、形状の歪みを生成することができる。このモデルで用いるパラメータは、自車の走行に伴い変動するため、正規分布を仮定し、実際に走行中の車両の姿勢・速度に関する統計情報を用いることでその分布を設定する。

##### ・低解像度化モデル

車載カメラ画像中の路面標示は奥行を持つ平面上に存在するため、道路平面画像の解像度は自車から遠い部分ほど低くなる。図 7 から車載カメラ画像上に等間隔に描いたグリッドが、道路平面画像の下部ではグリッドの幅が上部に比べて狭いため、元の解像度が保たれていることが分かる。低解像度化は道路平面画像への射影変換を行うことによって起こるため、このモデルで用いるパラメータは形状の歪みモデルと等しい。

##### ・光学ぼけモデル

車載カメラから撮影した画像には、等方性の光学ぼけが発生すると仮定できる[11]。このような光学ぼけは PSF (Point Spread Function) を入力画像へと畳み込むことで生成する。つまり、入力画像を  $I_0$  としたとき、出力画像  $I_1$  は以下のように与えられる。

$$I_1(x, y) = I_0(x, y) * h_r(x, y) \quad (2)$$

ここで、 $h_r$  はカメラの散乱円半径を  $r$  [pixel] としたときの PSF である。また、 $r$  は自車の走行によって変動しないため、既知の定数を用いる。









車載カメラ画像

切り出した路面標示

図 14: 誤認識の例（自車から遠い場合）

環境においては有用となる。また、本研究で用いた車載カメラでは自車から 40 [m] 以上離れている路面標示に対する認識率が低下することから、約 40 [m] が正確に認識できる限界だと考えられる。これは、認識に必要な解像度が十分でないことが原因であると考えられる。

誤認識の主な原因としては図 14 に示すような路面標示が自車から遠い距離にある場合の低解像度化が挙げられる。また、路面標示が車載カメラの光軸中心からはずれるほど形状の歪みが大きくなり誤認識の原因となる。さらに路面標示が持つ欠け・かすれ、前方車両による遮蔽や強い影が存在する場合、カーブ・坂道などの複雑な道路形状の場合にも同様に認識が困難となる。

#### 4. 結論

本稿では、見えの変動に対して頑健な路面標示の認識手法を提案した。提案手法は、ジャイロセンサから得られる姿勢情報を用いて車載カメラ画像を道路平面画像に安定した射影変換を行う。また、路面標示に対する車両の位置や姿勢の変化、カメラの内部特性などによって生じる見えの変動に対して、生成型学習法を適用するものである。このとき、現実の見えの変動を生成する生成パラメータ分布を設定するために、実際に走行することによって得られた車両の姿勢・速度に関する統計情報を利用した。実際の車載カメラ画像を対象とした実験の結果、自車から 40 [m] 以内の路面標示に対して平均 95.7% と高い認識率を得ることができた。また、自車からの距離が 40[m] 程度離れた路面標示に対しても、90%以上の認識率を得ることができた。これらの結果から、提案手法の有効性を示すことができた。

しかし、路面標示が欠け・かすれを含む場合や前方車両などによる遮蔽や強い影が発生した場合に認識が困難となつたため、これを今後の課題とする。また、本稿では道路が平面、かつ、走行する道路が直線であることを仮定したが、カーブ・坂道などの様々な道路形状への対応も今後の課題として挙げられる。

#### 謝辞

日頃より熱心に御討論頂く名古屋大学村瀬研究室諸氏

に深く感謝する。本研究を進めるにあたり貴重なアドバイス、データを提供して頂いた（株）豊田中央研究所に感謝する。本研究の一部は文部科学省科学研究費補助金による。本研究では画像処理に MIST ライブラリ (<http://mist.suenaga.m.is.nagoya-u.ac.jp/>) を使用した。

#### 文献

- [1] トヨタ自動車株式会社, “ナビ・ブレーキアシスト”, [http://www.toyota.co.jp/jp/tech/safety/technologies/active/navi\\_brake.html](http://www.toyota.co.jp/jp/tech/safety/technologies/active/navi_brake.html)
- [2] 中森 卓馬, 石川 直人, 中島 真人, “動画像処理による車両前方監視システム”, 信学技報, ITS2001-51, Jan. 2002.
- [3] 野口 隼, 奥富 正敏, “ステレオ画像からの道路平面に対する射影変換行列の導出”, 情処学技報, CVIM108-4, Nov. 1997.
- [4] Marcos Nieto, Luis Salgado, Fernando Jaureguizar, Julian Cabrera, “Stabilization of Inverse Perspective Mapping Images Based on Robust Vanishing Point Estimation”, Proc. 2007 IEEE Intelligent Vehicles Symp., pp.315–320, Istanbul, Turkey, Jun. 2007.
- [5] Yunchong Li, Kezhong He, and Peifa Jia, “Road Markers Recognition Based on Shape Information”, Proc. 2007 IEEE Intelligent Vehicles Symp., pp.117–122, Istanbul, Turkey, Jun. 2007
- [6] 三宅 智彌, 三矢 武法, 船橋 典克, 長坂 保典, 鈴村 宣夫, “道路上の標示認識と標示までの距離推定”, 信学技報, PRMU99-98, Feb. 1999 .
- [7] Hiroyuki Ishida, Tomokazu Takahashi, Ichiro Ide, Yoshito Mekada, Hiroshi Murase, “Identification of Degraded Traffic Sign Symbols by a Generative Learning Method”, Proc. Int. Conf. on Pattern Recognition 2006, Vol.1, pp.531–534, Hongkong, Aug. 2006.
- [8] Hiroyuki Ishida, Tomokazu Takahashi, Ichiro Ide, Yoshito Mekada, Hiroshi Murase, “Generation of Training Data by Degradation Models for Traffic Sign Symbol Recognition”, IEICE Trans ., Vol.J90-E, No.8, pp.1134–1141, Aug. 2007
- [9] 金谷 健一, “画像理解—3 次元認識の数理”, 森北出版, 1990
- [10] S. Watanabe, N. Pakvasa, “Subspace Method of Pattern Recognition”, Proc. 1st Int. Joint Conf. on Pattern Recognition, pp.25–32, Washington D.C., Oct. 1973
- [11] Bunyo Okumura, Masayuki Kanbara, Naokazu Yokoya, “Augmented Reality Based on Estimation of Defocusing and Motion Blurring from Captured Images”, Proc. IEEE/ACM Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality (ISMAR 2006), pp.97–106 , Santa Barbara, USA, Oct. 2002.
- [12] 鈴木 智久, 小平 直朗, 水谷 博之, 中井 宏章, 篠原 靖雄, “明るさの連続的变化と不連続的变化が共存する画像の認識に適した二値化方式”, 信学技報, MI2007-6, pp.29-34, May 2007 .