

自動車運転支援情報の投影に関する基礎検討 A Study on Projecting Images for Car Driver Support System

○鈴木隆宏¹, 清水雅夫²

*Takahiro Suzuki¹, Masao Shimizu²

Abstract: This study investigates elementary techniques for supporting car driving, using images projected on the road from the car. A Homography transformation can compensate the perspective deformation in the projected images; the system requires the Homography parameters. In this study we show a parameter estimation method using a Hough transformation.

1. はじめに

自動車を運転する際、運転者は前方の視界に映る外部環境から情報を得る。この外部環境から得る情報は昼間と夜間を比較すれば圧倒的に後者の方が少なくなる。カーナビゲーションも発達しているが、運転中に画面を見ることが出来るのはほんの僅かな時間に過ぎない。そこで、もし自動車から外部環境に運転支援となる情報を提示できれば、運転者は特に意識することなくその情報を自然に得ることができるようになる。道路上にその情報を画像で投影し、その画像は道路標示のように最初から描かれていたかのように提示することが、本検討の目的である。

これまでの検討で、Figure 1 に示すように道路上に画像を、平面射影変換を用いて変形させることで道路上に描かれていたかのように投影できることを確認している。

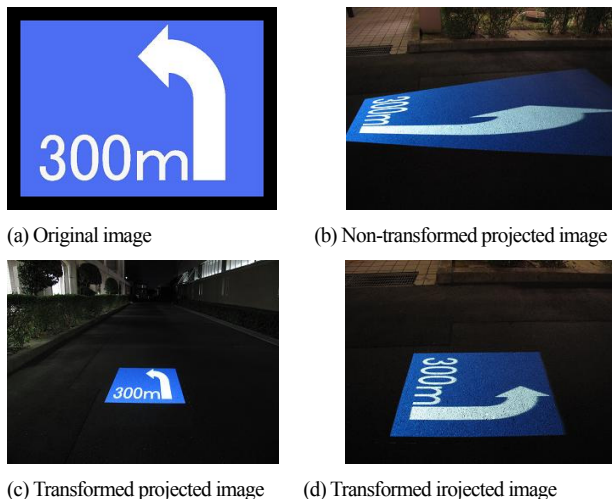


Figure 1. Image examples of car drive support information.

ここでは、その投影を運転中にリアルタイムで行うことができるよう、投影の自動化を目指し、その初歩の段階について検討している。なお、画像の投影はヘッドライトに付加機能を持たせることで実現できると想定しているが、こ

ではプロジェクタを用いて投影を行っている。

2. 装置構成並びに原理

2.1 プロジェクタのキャリブレーション

プロジェクタ(ヘッドライト)から地面への投影は斜め方向の投影になるので、Figure 1 (a)のような画像は同図(b)のように変形する。よって、画像を予め変形させてから投影させることで、同図(c)(d)に示すように最初から描かれていたかのように投影することができる。

プロジェクタと道路面(投影面)、運転者の視点にそれぞれ同次座標系 $I_p(x_p, y_p, 1)^T$, $I_d(x_d, y_d, 1)^T$, $I_c(x_c, y_c, 1)^T$ を設定すれば、以下の図のようにモデル化できる。

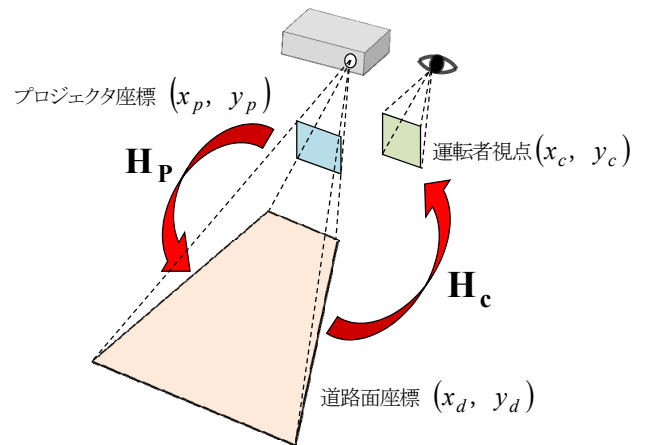


Figure 2. Relationship between each coordinate system.

ここで、 I_p と I_d の間には、次の関係がある。

$$I_d = H_p I_p \tag{1}$$

H_p は 3×3 の平面射影変換行列であり、これによって画像が変形する。よって、 H_p^{-1} を求めて画像を予め変形させればよい。平面射影変換には4点以上の座標の対応付けが必要となるが、道路上での測定が必要となるので、運転者

1: 日大理工・院(前)・精機, 2: 日大理工・教員・精機

視点にカメラを設置し、道路上に基準図形(今回はスチレンボードを使用)を配置して撮影することで H_c が求められるので、プロジェクタからの投影画像を撮影して得られる $H_c H_p$ を用いて、

$$H_p = H_c^{-1}(H_c H_p) \quad (2)$$

として H_p , そして H_p^{-1} を求め、変形させる.

2.2 投影の自動化

説明した方法では、カメラで撮影した画像の 4 点の座標をペイントなどのソフトウェアを用いて手動で取得していたが、運転中の自動車の姿勢変化等に対応するために投影の自動化を考え、まず座標の取得を画像処理で行うことを検討した. 以下にその手順を述べる.

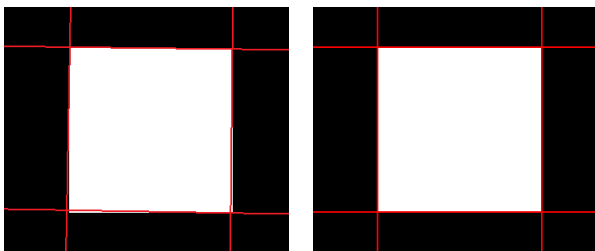
まず、投影する画像と同じ大きさの単色画像を投影した画像、基準図形を配置して撮影した 2 枚の画像、そのどちらもない画像の 3 枚を用意し差分化の処理を行う. これにより、投影画像、基準図形のみが抽出され外乱等の影響を排除できる.

次に、それぞれの画像に特徴点検出を施す. 今回はハリスのコーナー検出^[1]を用いた. これにより、投影画像、基準図形の周囲 4 辺のみを抽出する.

特徴点検出を行った画像にハフ変換^[1]を施す. 特徴点を基準にしているので、もともとの画像に含まれる直線部分のパラメータを検出することができ、検出したパラメータをもとにして直線を描く. こうすることで単色画像、基準図形の 4 つのエッジに相当する直線を 4 本検出し、その直線同士の交点を平面射影変換の座標として用いる.

しかしこのハフ変換は、アルゴリズムの面で原理的に誤差が残る場合があるため、平面射影変換が不正確になる可能性がある. そこで、ハフ変換から派生した高速化アルゴリズムであるランダム化ハフ変換^[2]についても検討を行い、それぞれの方法で算出した交点座標を比較した.

3. 実験結果



(a) Hough Transform (b) Randomized Hough Transform

Figure 3. Line detection results.

ハフ変換、ランダム化ハフ変換をそれぞれ施して直線を検出した画像を Figure 3 に示す. 用いた画像は作成し

た合成画像であり、結果を分かりやすくするために合成画像に直線を重ねて描画している.

また、合成画像(原画像とする)の 4 点の座標、ハフ変換、ランダム化ハフ変換を用いて算出した直線の交点の 4 つの座標[画素]を下記の Table 1 に示す. ランダム化ハフ変換では特徴点をランダムに取り出すので実施するごとに値が異なるため、5 回変換を施した平均値とした.

Table 1. Coordinates of each image

原画像		ハフ変換		ランダム化ハフ変換	
x座標	y座標	x座標	y座標	x座標	y座標
200.00	200.00	200.72	198.60	199.47	199.38
400.00	200.00	400.48	200.94	400.18	199.13
400.00	400.00	398.05	401.39	399.90	400.22
200.00	400.00	197.17	397.88	199.00	400.00

Figure 3 より、ハフ変換ではランダム化ハフ変換に比べ 4 つの頂点と直線の交点にずれがあることが推察される. また Table 1 から、ハフ変換に比べてランダム化ハフ変換の方が実際に誤差が少ないことが分かり、ランダム化ハフ変換の正確性が実証された. ハフ変換では最大で 2[画素]以上の誤差があるのに対し、ランダム化ハフ変換では最大でも 1[画素]以内におさまっており、誤差 0 もあることからその正確性の高さが窺える.

4. まとめ

自動車運転支援情報の投影の自動化を目指す初歩として、平面射影変換用の座標の取得をハフ変換、ランダム化ハフ変換の両者で実施し、ランダム化ハフ変換の正確性を確認した.

今後の検討項目としては、実際に投影しての両者の比較を行うこと、正確性の向上のためにカメラのレンズ歪を補正すること、この 2 つを含めた全体を通してのある程度の自動化を検証すること、などが挙げられる.

5. 参考文献

[1] 奥富, 清水他編, 『デジタル画像処理』, 2004.
 [2] Lei Xu, Erkki Oja, Pekka Kultanen, “A new curve detection method: randomized Hough Transform (RHT)”, Pattern Recognition Letters 11 (1990), pp. 331–338.