

画像処理による高速道路合流部における進入支援

A Vision-Based Merging Support at Highway Ramps

森田 顕司 近間 正樹 木戸出正継
Kenji Morita Masaki Chikama Masatsugu Kidode

奈良先端科学技術大学院大学
Nara Insutitute of Science and Technology

1. はじめに

現在、日本は自動車社会であり、交通事故・渋滞等様々な問題を抱えている。これらの問題を解決しようと、様々な機関で研究されているのが、ITS(Intelligent Transport Systems:高度道路交通システム) [1] である。

本研究では、安全運転の支援を目的として、サイドミラー付近に取り付けた単眼カメラで後方の道路情報を獲得し、自車両が高速道路の合流部において安全に進入できるシステムの構築を目指すものである。

合流部支援における研究としては、車々間通信 [2] が主流である。しかし車々間通信では、通信すべき車両の特定が難しく、実用化の段階ではない。また、車線変更を目的として、後方車両を監視するシステムがあるが、辻らの手法 [3] は路面の輝度のみを基にしており、道路の継ぎ目などを車両として検出してしまう可能性がある。Nakayama [4] らはステレオカメラを使用し、後方車両との距離を求めているが、近距離しか測定されていない。

そこで、本研究では車両のテクスチャの複雑さと、車両による陰と路面の濃度差を利用して車両の誤検出をおさえるとともに、射影変換を利用して検出された車両の相対距離・相対速度を測定し、その情報を基にドライバーが安全に進入できるシステムの構築を目指す。

2. 進入支援システム

システムは、前処理・白線検出・車両検出・距離測定処理とその結果を用いた危険度判定により構成される。危険度に応じて、進入の支援情報をドライバーに提示する。

2.1 前処理

サイドミラーに取り付けた CCD カメラにより得られた後方画像から、Sobel フィルタによりエッジ画像を作成し、得られたエッジ画像を 2 値化する。2 値化において、閾値は投票空間によるヒストグラムを用いて周囲の明るさにより動的に決定する。

2.2 白線検出

合流部における進入において、ドライバーが注意すべき車両は、本線左車線を走行している車両である。したがって、車両検出範囲を本線左車線領域に限定するため

に、加速レーンと本線左車線を分ける白線(以後、A 線と呼ぶ)と、本線左車線と追い越し車線を分ける白線(以後、B 線と呼ぶ)を求める(図 1 参照)。

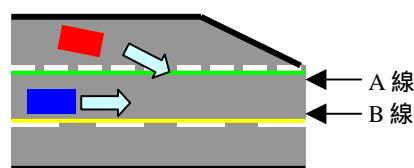


図 1. 高速道路合流部の模式図

A 線の検出

2.1 で得られた 2 値画像から Hough 変換による直線検出を行い、A 線の候補となる直線を求める。A 線の画像上での傾きは特定の範囲内にあるので、その傾きにより選別する。さらに、白線と道路は、水平方向に暗明暗の濃度パターンを形成するため、傾きによる選別で残った候補の中から、その濃度パターンをもつ直線を A 線とする。以後、検出された直線の周辺部領域で Hough 変換を行い、直線が検出されなかった場合は、以前のフレームで検出された直線を線形補完して求める。

B 線の検出

高速道路の車線幅は、3.5 m と決まっている。したがって、求めた白線を基に射影変換を用いて B 線を検出する。ここで、画像平面を uv 座標系、道路を XYZ 座標系で表現すると、 X 方向が道路幅、 Z 方向が自車両との相対距離に相当する。 uv 座標から XZ 平面への変換式は、カメラの焦点距離を f 、カメラの高さを h 、ピッチ角を ϕ 、ヨー角を θ とすると、

$$X = \frac{h(-f \sin \theta + u \cos \theta)}{v \cos \theta - f \sin \phi \cos \theta - u \sin \phi \sin \theta} \quad (1)$$

$$Z = \frac{h(f \cos \phi \cos \theta + u \cos \phi \sin \theta + v \sin \phi)}{v \cos \theta - f \sin \phi \cos \theta - u \sin \phi \sin \theta} \quad (2)$$

となる [5]。

式(1)、(2)から B 線に相当する白線を求める。

2.3 車両検出

車両の陰と路面との濃度差と車両のもつテクスチャの複雑さを用いて後方の車両を検出する。そのために図 2

奈良先端科学技術大学院大学
〒630-0101 奈良県生駒市高山町 8916-5
TEL:0743-72-5265 FAX:0743-72-5269
E-mail:kenji-mo@is.aist-nara.ac.jp

のように車両と路面のモデルを設定した。領域 1 は車両の陰、領域 2 は車両左右の路面、領域 3 は車両前方の路面である。

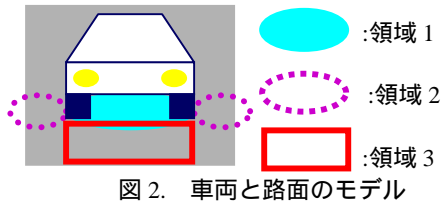


図 2. 車両と路面のモデル

領域 1 は陰となるため、領域 1 の濃度値は、領域 2, 3 の濃度値と比較すると小さくなる。それぞれの領域の平均濃度値の関係は、

$$\begin{cases} \text{領域1} < \text{領域2} \\ \text{領域1} < \text{領域3} \end{cases} \quad (3)$$

となる。

処理は、まず 2.2 でもとめた A・B 線から車両検出範囲(本線左車線)が決まるので、その領域内で閾値以上の水平エッジを検出する。これは、車両が長い水平エッジを持つという特徴を利用して、車両のタイヤと路面の接地境界の候補を求めめるためである。次に検出されたエッジを基に、エッジの上下左右それぞれの濃度平均を求め、その濃度平均が式(3)の関係を満たすものを車両候補のエッジとする。以上の処理で求められた候補エッジを基にウインドウを設け、そのウインドウ領域内のテクスチャの複雑さを調べる。テクスチャの複雑さは、領域内の分散を求め、その分散が大きければ、テクスチャは複雑であるとみなし、そのエッジは車両であると判断する。

2.4 距離・速度測定

後方車両の相対距離(車間距離)は 2.2 で求めた XZ 平面を利用して求める。距離は Z に相当するので、式(2)より相対距離が求まる。

相対速度は、フレーム間での車両の移動距離とフレーム間の処理時間の関係によって求めることができる。

2.5 進入支援のための危険度判定

ドライバーは、後方車両と自車両が衝突するまでの時間が 6 秒以内では危険と判断し、車線変更を断念する傾向がある [6]。それを基に危険度判定をグラフ化したものが図 4 である。ここで、後方車両のほうが自車両より速いときに相対速度(V)を正とする。

まず、相対速度にかかわらず、安全に進入を行うための相対距離(D)は最低 10m 必要であるとした。これは、車長の 3 倍に相当する。この境界線と $D=6V$ の境界線をもとに作られたのが危険エリアと安全エリアの境界線である。

加速エリアは、自車両を加速することで安全な進入が可能となるエリアである。加速エリアの下限の境界線は $D=4V$ とした。衝突回避に必要な時間が最低 2 秒かかるので、加速エリアの下限境界線を $D=2V$ としてもよいように思われるが、安全面を考えて以上のように設定した。

3. 実験

実験撮影は奈良市郊外の 9 ヶ所で昼間に行った。撮影

画像は、 320×240 pixel、8bit/pixel の濃淡画像情報である。図 3 は、検出した A 線・B 線と車両位置を直線で示したものであり、表 1 は撮影画像に対する車両検出の精度である。



図 3. 白線と車両の検出結果例

総フレーム数	存在する車両を検出できなかった	車両以外のものを車両と認識	正しい検出ができた
1015 枚	4.5%	4.2%	91.3%

表 1. 車両検出結果

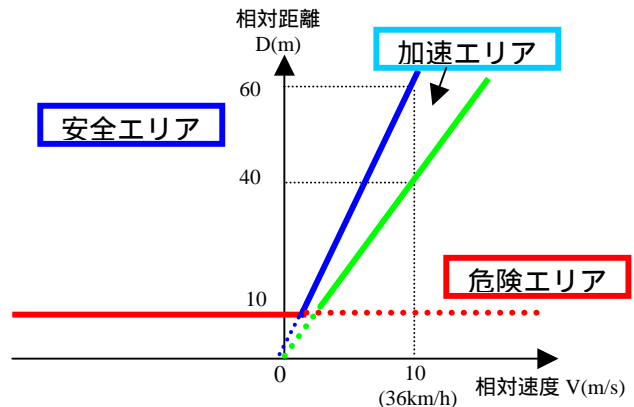


図 4. 危険度判定基準グラフ

4. まとめ

撮影画像に対して図 3、表 1 のような結果が得られた。実験環境(時間・場所・天候)、車の姿勢、道路の傾きなどの影響、また車両の加速度性能を考慮した危険度判定については、今後の課題である。

参考文献

- [1] 日立製作所, “日立評論”, vol.82 No.9, pp2-8, 2000.
- [2] アリ・ウイドド, 長谷川孝明, “道路の合流部における IVCN の効果について”, 信学技報, SST99-4, ITS99-12, SAT-30, pp.21-26, 1999.
- [3] 辻正文, 山田勝規, 是石純, “後側方領域の障害物警報システム”, 信学技報, PRMU97-29, pp.33-38, 1997.
- [4] Osafumi Nakayama, Morito Shiohara, Shigeru Sasaki, “Robust Vehicle Detection Under Poor Environmental Conditions for Rear and Side Surveillance”, MVA2002, pp.628-631, 2002.
- [5] 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, IE2001-190, pp.1-6, 2002.
- [6] 若杉貴志, “ドライバ特性から見た SOWS の警報タイミングに関する検討”, JARI Research Journal, vol.23, No.11, pp23-26, 2001.