

安全運転支援技術の開発

長谷部 敦 俊 ・ 原 靖 彦

1 はじめに

現在KYBでは、事故映像の記録と解析を目的としてドライブレコーダを製品化しているが、近年自動車業界では事故の未然防止を目的として、カメラやレーダなどのセンシング技術を用いた運転支援システムの開発が活発になっている。KYBにおいてもドライブレコーダの高付加価値化などに向けてセンシング技術を用いた運転支援機能の開発を行うことが必要である。

このことから安全運転支援技術の開発（以下、本開発）では、安全運転支援機能として単眼カメラで撮影した映像から画像認識によって走行中の車線を検出し、車両が車線を逸脱する危険がある場合に警報を出す車線逸脱警報機能を搭載した車載機器の開発を行った。

2 車線逸脱警報システム

車線逸脱警報システムの定義と開発目標、開発における課題を以下に述べる。

2.1 定義

車線逸脱警報システム（Lane Departure Warning System, 以下LDWS）は、走行中の車線をセンシング又はその他手段によって検出し、車線を逸脱した場合、運転者に対して警報を出すシステムのことを指す。

LDWSの定義に関しては「JIS D 0804：2007高度道路交通システム—車線逸脱警報システム—性能要件及びその試験方法」に記載されている。図1に

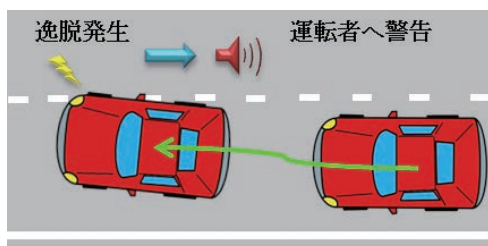


図1 LDWS動作イメージ

LDWSの動作イメージを示す。

2.2 開発目標

- (1)車線認識率90%以上
- (2)JIS D 0804試験の合格
- (3)他製品へ移植しやすいシステム構造

2.3 開発における課題

LDWSの開発を行うにあたり、課題となりうる項目について洗い出しを行った。今回は天候や時間帯など全ての自然条件に対応することは難しかったため、まずは安定した条件に絞って課題の抽出を行った。表1に本開発における課題の一覧を示す。

表1 LDWS開発における課題事項一覧

No.	課題	内容
1	破線の対応	実線と同様に検出
2	片側のみ線の対応	反対側の線を補間する
3	カーブの対応	直線と同様に検出する
4	逸脱の判定	判定方法の確立
5	車線変更対応	車線変更時に警報抑制
6	高速道路の区別	一般道での警報抑制

3 アルゴリズム

本開発では、センシングの手段として単眼カラーカメラを採用した。カメラで取得した車両の進行方向の映像（画像）に対して画像処理を行うことで車線区分線（以下、区分線）を検出し、車両（タイヤ）側面との距離を算出することで逸脱の危険性を判定する。図2に本開発で構築したLDWSアルゴリズムの概略フローを示す。

3.1 前処理（車線領域の切り出し）

本開発ではHDサイズ（1280×720ピクセル）の画像が取得できるカメラを採用したが、このサイズのまま処理を行うと処理時間が長くなる。そのため取得した画像の中から車線に該当する領域を切り出し、

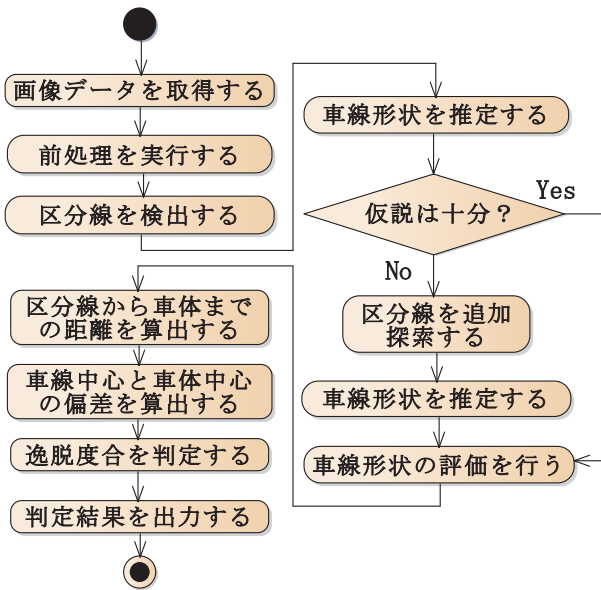


図2 LDWSアルゴリズムフロー

この領域に対して探索処理を行い、最後に探索結果を元画像に重ね合わせるといった方法をとることで処理時間を短縮した。車線領域切り出しの概念を図3に示す。

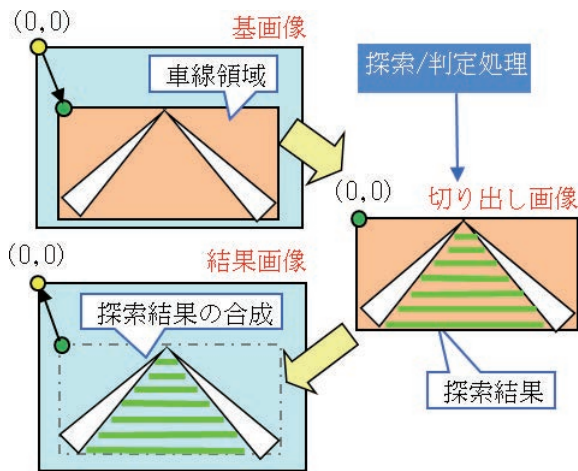


図3 車線領域の切り出し

3.2 前処理 (色成分の合成)

一般的な方法では画像を白黒に変換したグレースケールで二値化を行うが、グレースケールでは光の三原色であるRed (以下R), Green (以下G), Blue (以下B) 成分を全て使用するため処理時間が長くなる。そのため今回のアルゴリズムでは特定の色成分のみ使用することで二値化を行う方法をとった。検出対象である区分線は白と黄色の二種類が存在する。白線を検出するためにはG成分のみで良いが、黄色線に対してはR成分の寄与度が大きい。そのためG成分とR成分の各画素値を比較し、値の大きい画素を合成した画像を作成することで白線、黄

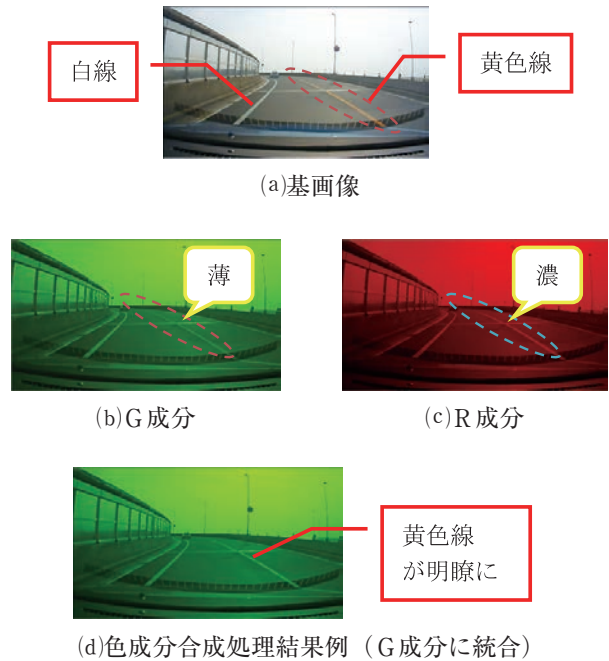


図4 色成分の合成

色線を両方検出可能にした。図4にG成分とR成分の合成結果を示す。

3.3 区分線の検出

区分線の検出は、まず探索中心 (= 車体中心) から両側に向けて区分線の候補点となるエッジの探索を行う。図5に候補点探索の概念を示す。区分線検出は以下の流れとなる。

- ① 自車両の中心から左右に向かって輝度の変化点を探索し、見つかった輝度の変化点を区分線候補点とする。
- ② 他候補点から大きく外れた点は除外する。
- ③ 残った候補点の直線性を判定し、線として検出を行う。区分線を直線ではなく候補点の集合と捉えることで、課題No.1で挙げた実線・破線を区別しない検出が可能となる。

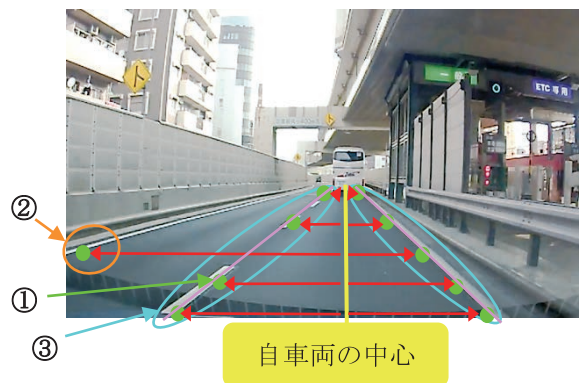


図5 区分線の検出

3.4 車線形状の推定

車線の認識は、車線の形状（直線／カーブ）に応じて複数の仮説を立て、各仮説を評価して最適な解を求めることによって実現する。今回のアルゴリズムではカーブは折れ線で近似した。仮説の一覧を表2に示す。形状の推定を行い、最適な仮説を採用することで課題No.2, 3に示した片側線とカーブも精度よく認識可能となる。

表2 車線形状仮説一覧

No.	形状
1	前回処理における採用形状
2	直線近似
3	折れ線近似
4	直線近似（片側予測）
5	折れ線近似（片側予測）

仮説No.1は適切な仮説が存在しなかった場合を考えて前回採用した形状を候補の1つに入れる。仮説No.2は車線が直線的になっているとの仮定に基づいて推定を行う。仮説No.3は車線がカーブを描いているとの仮定に基づき推定を行う。この際曲線に関しては折れ線で近似を行う。仮説No.4, 5に関してはそれぞれ仮説No.2, 3において片側の区分線が存在しない、もしくは状態が悪くて検出できない場合に、検出できた区分線に基づいて反対側の線を予測した形状とする。

3.5 車線形状の評価と解の決定

3.4で求めた形状仮説の中から最適な形状を求めるために、表3に示す項目に関してそれぞれ評価を行い、結果を点数化する。それぞれの結果を合計し、最も点数の高い仮説を正解形状として決定する。

表3 車線形状仮説の評価項目

No.	項目
1	車線の幅
2	車線の滑らかさ
3	区分線と路面の輝度差
4	車線の傾き
5	車線幅の時間変化
6	車線位置の時間変化
7	路面のテクスチャ（模様）
8	区分線のテクスチャ（模様）
9	区分線候補点の位置

3.6 逸脱の判定

図6に逸脱判定の概念を示す。 W_r は検出した車線の幅を表し、 W_c は自車両の幅を表している。逸脱の判定は車体側面と区分線までの残り距離 d に基づいて行う。課題No.4, 5, 6の逸脱判定、車線変更、高速道路の区別に対応するため、

- (1)大型車を想定した自車両と車線の中心軸偏差の複合判定処理
- (2)ウィンカ信号による車線変更判定処理
- (3)車速情報に基づく警報発動の抑制処理を実装した。

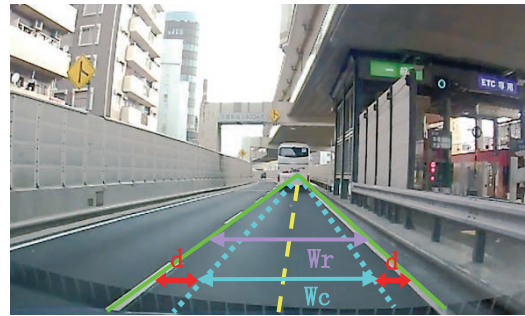


図6 区分線までの残り距離に基づく逸脱判定

4 原理試作機

開発したアルゴリズムを実車に搭載して評価を行うために、車線逸脱警報装置の原理試作機を製作した。写真1に原理試作機の外観を示す。

ハードウェアの特徴として、認識処理を実装するプロセッサに(株)東芝製の画像認識プロセッサであるVisconti2™を採用した。このプロセッサは汎用的な画像処理を実行するためのハードウェアを搭載しているため、通常のプロセッサに比べて高速な処理が



写真1 車線逸脱警報装置の原理試作機

実現できる。また、周辺ハードウェア制御用のICを別で搭載することで、画像認識に必要な処理を独立させ、他製品への移植性も高めた。

5 結果

製作した原理試作機を実際の車両へ搭載し、車線認識率の計測とJIS D 0804に基づく性能評価試験を行った。今回車線の認識状態を判別するための確認用として図7のように認識状態別に色分けを行った。



(a)両側線認識

(b)片側線予測

(c)逸脱状態

図7 車線認識状態の識別

両側の区分線が認識できた場合は緑で、片側を予測した場合は青で、逸脱と判定した場合は赤で表示する。今回のアルゴリズムは自動車専用道路を想定しているため、原理試作機搭載車両にて高速道路での走行評価を実施した結果、両側認識、片側予測合わせて90%以上の高い車線認識率を達成した。また、JIS D 0804に基づく性能試験においても

- (1)警報発生地点のばらつきを確認する再現性試験
- (2)正常走行時に警報を出さないことを確認する誤警報試験

において合格し、既定の性能を満足した。

6 おわりに

本開発では比較的区分線の状態が安定している自動車専用道路に限定してシステム評価を行ったが、一般道でも特に幹線道路などでは車線逸脱防止のニーズがあると考えられるため、一般道路における課題に関しても今後対応していく必要がある。

また、今回の開発の中で各種パラメータの調整が実車走行結果に基づく、いわゆる官能評価調整になっている部分が多くあったため、今後の課題として認識の結果及び性能を定量的に評価できる指標を確立していくことが必要である。

著者



長谷部 敦俊

2009年入社。技術本部基盤技術研究所電機電子研究室。主に運転支援機器のソフトウェア開発に従事。



原 靖彦

1989年入社。技術本部基盤技術研究所電機電子研究室主幹研究員。主に電子機器の開発に従事。