

安全性を考慮した高齢者用電動ビークルの開発(第7報)

—イメージセンサー—

藤井 勝敏 田畑 克彦 久富 茂樹

Development of Sensors for a Safety Driving System of Electric Senior Vehicles (7th Report) - Camera Sensors for Obstacle Detection -

Katsutoshi FUJII Katsuhiko TABATA Shigeki KUDOMI

あらまし 高齢者が運転し歩道などを走行することを想定した電動乗用車両(以下ビークル)について、不注意や操作ミスによる事故を未然に防ぐための安全支援装置を開発する。本報では特に、ビークルの前方に取り付けたイメージセンサから得られる映像を時系列で蓄積、処理することにより、その変化の特徴から車線逸脱による衝突あるいは転落の兆候を予知する方法を検討する。

キーワード 安全支援装置, 時系列断面画像処理

1. はじめに

足腰が弱くなり自転車の運転や歩行が困難になった高齢者が、日々の買い物や通院など、近所に出かける際の身体的負担を軽減する目的で、シニアカー等の電動車両が普及している。本研究は、そのような用途に加えて屋内用電動車いすとしても利用できる、新しい電動乗用車両(ビークル)の開発を目指し、特に走行中の安全性を高めるためのセンサシステムについての技術を研究開発している。

このセンサシステムは、一般的な歩道や生活道路の端を走行する車両に搭載することを想定しており、運動機能のみならず認知機能の衰えに不安を感じる高齢者ユーザを安全面で支援することが目標で、既報のとおり、カメラセンサ、超音波センサ、マイクロフォンセンサのハイブリッドシステムにより実現する計画である。

本報では、特に組み込み用イメージセンサ(カメラ)によって取得される路面のビデオ画像から、いかにして危険を検知し、回避行動につなぐかについて検討した。



図1 車載カメラによる撮影画像例

2. カメラを使った危険回避装置

本研究で扱うカメラは、CMOSイメージセンサおよびプラスチックレンズにより構成される組み込み用ビデオカメラを指す。昨今の携帯電話やPC、スマートフォンに内蔵されている小型で高性能な多種多様な製品・部品が入手可能であるため、この種のカメラで撮影した画像を処理する技術を研究対象としている。

2. 1 カメラの車載方法

一例として、既製品の車載カメラで撮影した歩道の画像を図1に示す。車載カメラで路面を撮影する際、カメラの取り付け位置と角度は重要な検討事項である。路面上の段差や障害物をできるだけ多く画角内に納めるためには、可能な限り高い位置から地面に向けて撮影することが望ましい。そこで、ビークルの前方で運転者自身の視界を妨害しない高さとして、運転ハンドルの高さでもある地上80cmの位置に設定し、俯角を調整したところ、使用したカメラでは地面の手元50cmから300cm程度までの領域が撮影できた。

この領域には、ビークルの安定走行に直接影響がある段差や障害物が捉えられると予想できる一方で、背もたれ付きの座席から前方を眺めている運転者からは死角になりやすい場所でもある。この画像から危険予知することができれば、運転者の効果的な補助、支援につながるかと期待できる。

2. 2 画像処理方法の検討

路面を撮影した1枚の画像のみから危険因子を認識、判別することは、現在の技術では非常に困難である。特に、タイル等で装飾された歩道や、建物内を走行する可能性があるビークルにとって、撮影する路面状況の特徴を限

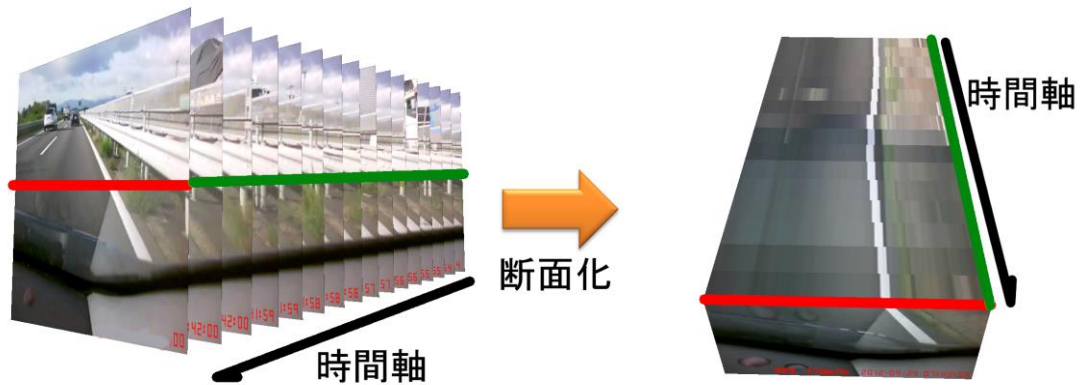


図2 時系列断面画像の生成原理

定することは不可能で、画像内に写っているものを理解し、ビークルにどのような影響が見込まれるか予想の上、危険回避のためのアクションを促す、という技術の実現は困難である。

そこで、より早期の実現を目指す本研究においては、そのような静止画像処理・認識技術ではなく、撮影画像の時間的な変化を捉えて判断する試みを行ってきた。既報においてはオプティカルフローを検討してきたが、本報では時系列断面画像^[1]（時空間断面画像とも言う）に着目した。

時系列断面画像は、2次元の動画を1コマずつ積み重ねた3次元空間を、画像上の任意の直線を横軸に、時間軸を縦軸にして輪切りにしたイメージの2次元画像である(図2)。静止したカメラで動きのない場面を撮影した場合には単なる縦縞模様になるが、カメラを取り付けた手押し車を交差点手前で前進させているときの映像で、例えば画像中心を通る水平線を横軸として再構成すると、図3のような画像が得られる。



図3 交差点付近で撮影した映像の時系列断面画像

2. 3 危険運転防止装置への応用

ビークルを使用する歩道や車道の端には、一般的に、歩車分離のための縁石ブロックや白線、排水目的の側溝、アスファルト舗装と地面の境目など、道沿いに何らかの連続的な人工物が存在すると想定する。そのような場所で撮影した時系列断面画像に、この人工物は時間軸方向に折れ線になるが、道沿いに安定走行している時には横の動きが少ない縦線で、斜行している間は斜線として現れる性質がある(図4)。

運転者が無意識のうちにこのように斜行した場合、短時間の後に、縁石乗り上げか、側溝への転落などの危険事故が起これると予想される。そのため、安全装置が画像処理によってこの予兆を捕捉し、警報音などで運転者に注意喚起することができれば、重大事故防止に非常に有効であると考えられる。



図4 安定走行時(左)と側溝転落直前(右)の比較画像

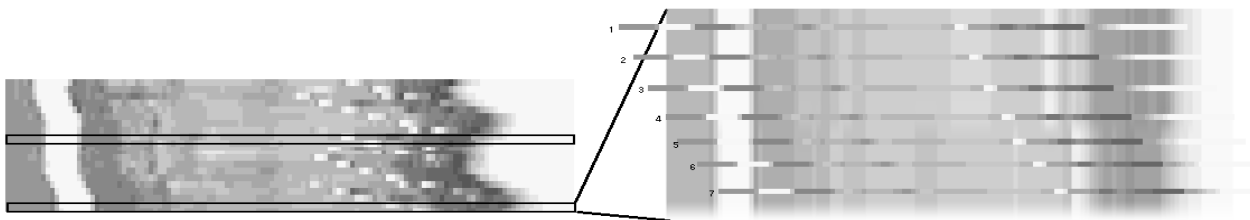


図5 時系列断面画像の最類似点計算

3. 画像処理の方法と課題

画像中に現れた斜線は、ハフ変換や最小二乗法などのよく知られた画像処理技術によって抽出、検知できるが、特に時系列断面画像に関しては、水平ライン間の類似性を最大化することにより変動量を推定する方法が有効である。図5では、最新時刻の画像(最下側枠内)を基準に、過去のラインの一つを取り出し(上側の枠線内)、左右に位置を変えて比較を行う様子を示す。ピクセル値の差(絶対値)の合計が最も少なくなる変位が、その時刻における車両自身の変動量を表していると推定する。これを、過去数秒間蓄積した画像に対して実施することで、変動量のグラフを得ることができる(図6)。図7は参考のため、推定変動量を打ち消して再構築した時系列断面画像で、注目した白線付近が時系列上で揃うことを示している。

この方法では、画像処理に必要なメモリ量や転送データ量、演算能力が、オプティカルフローのような全画面に対して行う処理よりも少なく抑えられるため、車載機用に予定している小規模のハードウェアでの実装に適している。

実際にビークルに見立てた手押し車に小型カメラを搭載したところ、日中に車両や電柱や建物の影が撮影されることがある。このコントラストが路面の模様よりも強

いと、類似度計算で影が基準になり意図しない判定結果になる恐れがある。

このような場面では、画像の輝度ではなく色差チャンネルおよびその時系列断面画像を使うと、比較的、影よりも路面の模様を強調できることがある(図8)。自然条件に依存する方法である以上、万能な方法とは言えないが、色空間変換やフィルタ処理との併用は、今後引き続き検討する価値があると考えている。

4. まとめ

高齢者用電動ビークルに車載することを想定したカメラで撮影したビデオ画像を処理することによって、運転者の不注意による重大事故を未然に防ぐ安全装置の実現のため、時系列断面画像を利用した事故予兆の判断手法について検討を行った。この方法は、道路沿いの走行であれば一般的につながって存在すると見込まれる構造物、標識の連続性に着目したレーン逸脱判定手法についての一提案である。

本手法については、振動する車体の影響や、雨天、夕方など画像処理が苦手とする場面での評価を中心に、さらなる研究が必要で、今後は専用ハードウェアによるシステム化と合わせて、ビークル試作機上での実証実験を行う予定である。

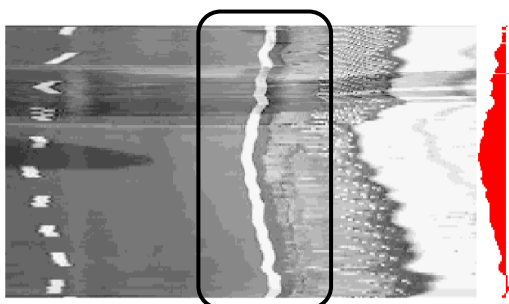


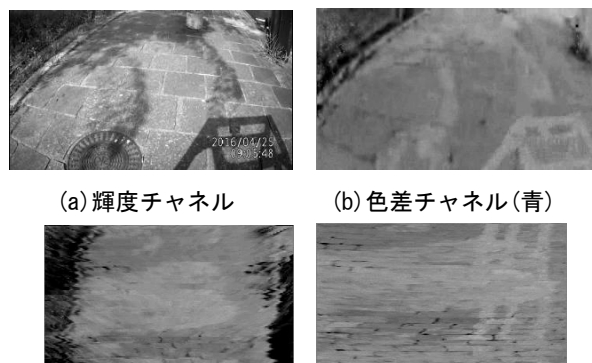
図6 変動量の推定(枠内を注目領域とする)



図7 変動量から再構築した時系列断面画像

文献

[1] 伊藤敏夫, “車載カメラにおける画像処理とレーザーレーダとのセンサフュージョンへの応用”, 日本テクノセミナー, pp.53-66, 2016.



(a) 輝度チャンネル

(b) 色差チャンネル(青)

(c) 時系列断面画像(左図は上側、右図は下側を抽出)

図8 影のある場面