

吉田道学*
 対馬尚之*
 虻川雅浩*

ADAS向けスマートコックピット情報提供技術

Information Providing Method in Smart Cockpits for ADAS

Michinori Yoshida, Naoyuki Tsushima, Masahiro Abukawa

要 旨

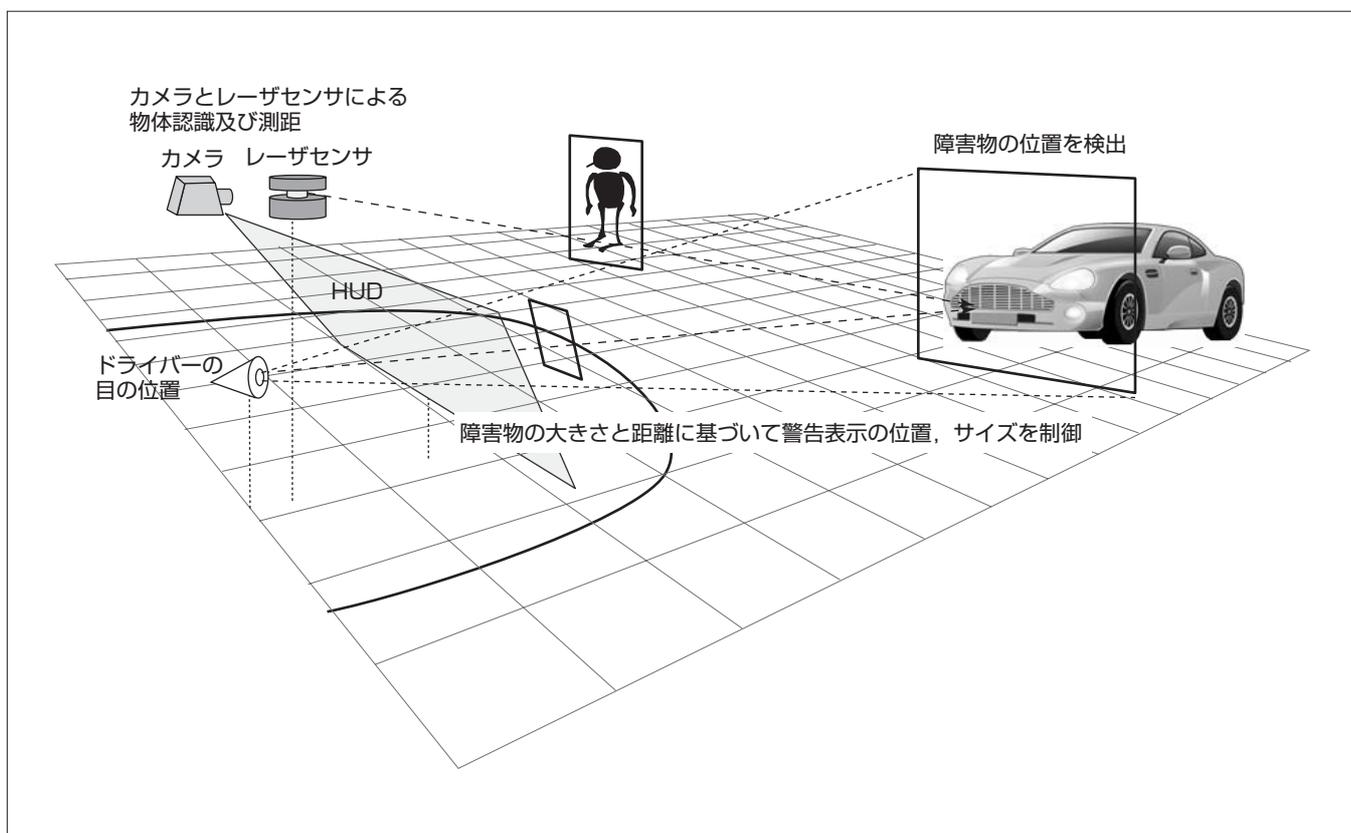
車線逸脱警告システムなど先進運転支援システム(Advanced Driver Assistance System: ADAS)が普及しはじめている。この効果もあって事故数は減少しているが、安全への要求は強く、更に高度な支援技術が求められている。三菱電機は、ADASの1つとして、半透過のディスプレイであるヘッドアップディスプレイ(HUD)を利用して、安全運転を支援する情報を提供するシステムを研究している。

車載センサで車前方の障害物を認識してHUD上に強調表示することで注意喚起する警告表示システムを開発しているが、その実現には障害物を遅延なく高い精度で認識する技術と視認性の高い表示技術が必用である。しかし、障害物の認識には視野をカバーする大きな画像が対象となる

ため処理量が極めて大きくなり、処理に時間がかかる。また、認識した障害物をドライバーの姿勢に関係なく表示すると、ドライバーから見たHUD上の表示と実際の障害物がずれて違和感を与えるという問題があった。

そこで、前者には、障害物が存在する可能性がある領域をレーザセンサを利用して抽出し、画像認識の対象領域を絞ることで処理を高速化した。その結果、処理時間が45%削減できることを確認した。後者には、ドライバーの目の位置を検出して障害物、警告表示を常に一直線上に配置する方式を開発し、ドライバーに違和感のない警告表示を実現した。

今後は、視認性の定量的な評価を行い、実用化を図る予定である。



HUDを利用した警告表示システム

半透過のディスプレイであるHUD上に、ドライバーへの障害物の警告を表示する。HUD上の表示位置を決定する際に目の位置の推定を導入することで、ドライバーから見た障害物と警告表示が一直線上になって違和感のない表示が実現できる。また、障害物検知の高速化のため、レーザセンサで認識範囲を抽出してカメラ画像の認識範囲を絞ることで、高速に障害物を検出できる。

1. ま え が き

電子機器技術と情報処理技術に基づくADASの進捗が目覚ましく、既に種々の製品が実用化されている。車線逸脱警告システム(Lane Departure Warning system : LDW)、自動緊急ブレーキ(Autonomous Emergency Breaking : AEB)がADASの代表例であり、既に商用車への設置義務化も決定している⁽¹⁾。これらADASの効果もあって交通事故数は減少しているものの、ドライバーの安全志向は強く、ADASへの要求・期待は一層高いものとなっている。

ADASには種々の形態が考えられるが、本稿では、安全運転のために必要な情報をドライバーに提供するシステムの開発について述べる。一般に、ドライバーへ危険や警告を情報として提供する場合には警告音、音声を用いられる。これは、ドライバーにとって運転に最も重要な視覚情報を中断させることなく注意喚起できるためである。しかし、音声で注意させたい意味や内容を伝えようとすると把握に時間がかかり、必ずしも有効ではない場合も存在する。一方、半透過のディスプレイであるHUDは、従来型の車載情報ディスプレイやインストルメントパネルとは異なり、視線移動量を増加させることなく視野に直接情報を重畳させて提供できるので、活用が期待されている。このHUDの特長を活用して、運転する上で障害やリスクとなる障害物をカメラ映像から認識・抽出し、HUD上に障害物を囲む警告表示画像を提示することで注意喚起する警告表示システムを開発している。将来はウインドシールド自体がHUDとなることも予測されており、ドライバーへの有効な情報提供システムになると考えている。

この警告表示機能の実現には、障害物の検出技術と、その情報を効果的に表示する技術が必用である。障害物の検出には、映像から障害物を高精度に認識する実時間処理可能な低演算量の認識方式が求められる。また、表示する際には、検出した障害物を囲む警告表示がドライバーからずれて見えないことが重要である。前者に対しては、障害物の認識技術の開発とともにレーザセンサ情報を利用した演算量低減手法を、後者に対しては目の位置に着目した表示位置決定方法を開発した。

2. 障害物抽出方式

2.1 技術課題

障害物情報の提供を適切に行うためには、車両からの相対位置と障害物の属性(人、自動車、自転車などの分類)を抽出する必要がある。

一般に、人の視野は水平方向に対して120度程度と言われているが、更に広い領域から障害物を検出することで、ドライバーが見落としがちな横方向の障害物に注意喚起させるなど有用な情報提供ができる。

カメラ画像からの物体認識装置は商品化も進んでいるが、遠方の物体でも適切な解像度を維持できるように画角の狭いカメラが一般に用いられている。先に述べた要求を満たすためには、画角を広げ、かつ解像度を確保するために画素数の大きな画像を処理する必用がある。画像認識では、画像上の比較的小さな矩形(くけい)領域を認識対象物の存在範囲仮説として切り出し、全画面上を走査して認識処理を行う。この矩形領域、すなわち、物体の検出ウィンドウのサイズを変更して処理を繰り返すことで、画像上の任意の大きさの物体の認識が行われる。したがって、画素数が大きい場合は単に処理対象範囲が増加するだけではなく、検出ウィンドウサイズを検出対象に対応させて変化させる必用があるため、処理量は極めて大きなものとなる。

2.2 処理方式

2.1節の課題を解決して、少ない演算量で広い視野に相当する画素数の大きな画像認識を実現するため、レーザセンサを用いる方法を提案する。

カメラとレーザセンサを車両に設置して、同期させて車両前方の情報を収集する。レーザセンサは測定精度が高いという特長を持つ。運転に対する障害物が存在する一定の高さの水平面に対して、レーザセンサを垂直軸に対して回転させて走査を行い、一定角度ごとにサンプリングして物体までの距離を測定する。物体は、走査直線上の点群として検出される。

この点群データを用いて障害物の存在範囲を抽出し、全画面にわたって検出ウィンドウを走査することなく認識処理を行う。処理手順は次のとおりである。

(1) エッジの抽出

点群データの隣り合う点の距離がしきい値以上である場合、この点を通る垂直線をエッジとする。エッジ間、すなわち、連続した距離の点群の範囲に物体が存在すると仮定して画像を垂直方向に切り出した矩形領域を抽出する。

(2) 物体存在仮定領域の抽出

先に述べた矩形までの距離からその矩形と道路面の交線を推定し、道路面から矩形領域を物体存在仮説領域として検出する(図1)。

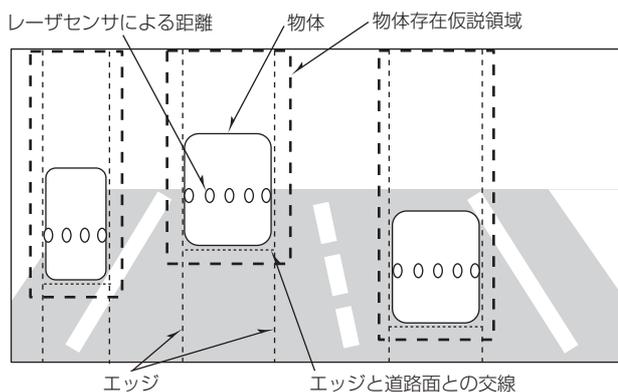


図1. 物体存在仮説領域の抽出

(3) 画像認識

抽出した全ての物体存在仮説領域に対して画像認識を行い、障害物とその距離を検出する。

この処理によって得られた障害物は、自車位置を原点とする水平面上に認識結果である人、自動車、自転車などの属性を持つ矩形群として表現される。これを、オブジェクトマップと呼び、処理フレームごとに更新してドライバーへの情報提供に用いる。

2.3 評価

評価用の画像データ32枚を作成して画像認識処理時間を評価した。評価用画像データは、実際の利用状況での性能が推定できるように、障害物の数やその種類など認識の困難性を考慮した多様な運転状況が含まれるよう設計した。図2は、入力画像にレーザセンサで得られた点群を重畳表示した例である。汎用プロセッサ上で演算時間を実測して従来方式とこの方式での相対処理時間を計測した(表1)。この方式は、従来の検出ウィンドウ走査方式と比べて45%処理時間を短縮でき、演算量削減効果を確認した。また、レーザセンサによる物体存在仮説領域の抽出処理は全演算量の5%以内であり、認識処理に比べて十分に小さいことも確認した。

一方、認識性能に関しては、従来方式に比べて32画像中6画像に含まれる障害物で誤認識が発生した。この原因は、エッジで画像を単純に切り出したためエッジ付近で障害物の画像が一部欠落する場合があることと、切り出し画像から特徴量を抽出したためエッジ付近の特徴量に変化したことが原因であった。

この問題に対しては、物体存在仮説領域にマージンを持たせる手法と、この領域抽出方法から得られる画像データでモデルを学習する手法を採用することで、誤認識を解決できる見込みが得られている。

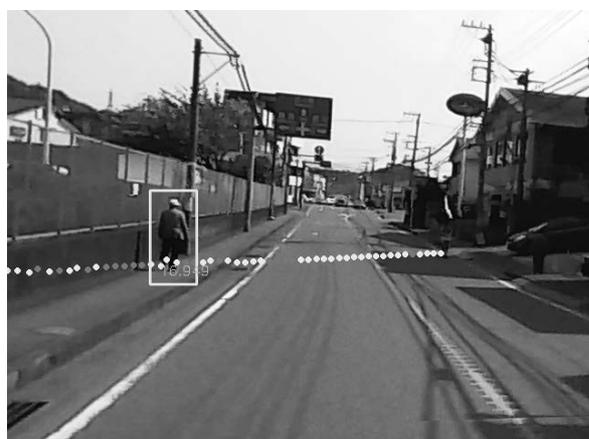


図2. 入力画像とレーザセンサ測定例

表1. 認識処理時間計測の結果

方式	検出ウィンドウ走査方式	今回の方式
相対処理時間	1.00	0.55

3. 目の位置を考慮したHUDへの表示方法

3.1 技術課題

HUDは半透過のディスプレイであるため、視界に直接に警告表示を重畳提示することが可能である。注意を払うべき障害物を四角で囲む警告表示を行うことで、ドライバーに警告対象を伝える。しかし、ドライバーの目の位置を考慮せずに表示すると、警告表示位置と実際に見えている障害物にずれが生じてドライバーに違和感を生じさせ、認知負荷が高まることが想定される。

3.2 処理方式

3.1節の課題を解決するため、目の位置を検出して警告表示位置を制御する方式を提案する。図3に、開発した警告表示処理フローを示す。

HUDでは、図4のように表示機の描画内容を反射して、ドライバーはHUDの向こうにある虚像を知覚する仕組みになっている。ドライバーに対して違和感のない表示にするため、警告表示が警告対象の障害物を適切に囲み、ドライバーの姿勢や顔の動きに対してずれを生じさせない必要がある。すなわち、図4に示すように、警告表示(虚像)が目の位置と警告対象の障害物との直線上に存在しなくてはならない。

そこで、ドライバーをモニタリングするカメラを用いて目の位置を推定し、これを用いた警告表示位置制御を行う。

目の位置の検出には、まずドライバーの顔検出をして両

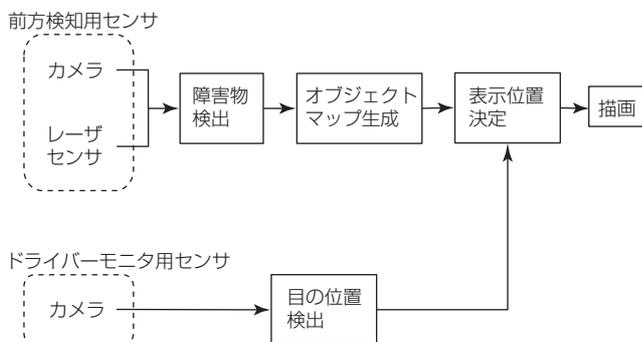


図3. 警告表示システムの処理フロー

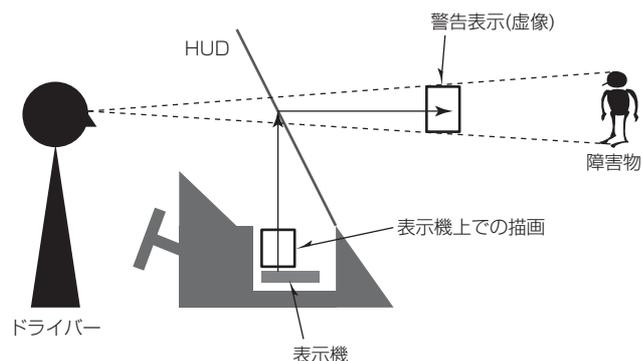


図4. HUDへの表示

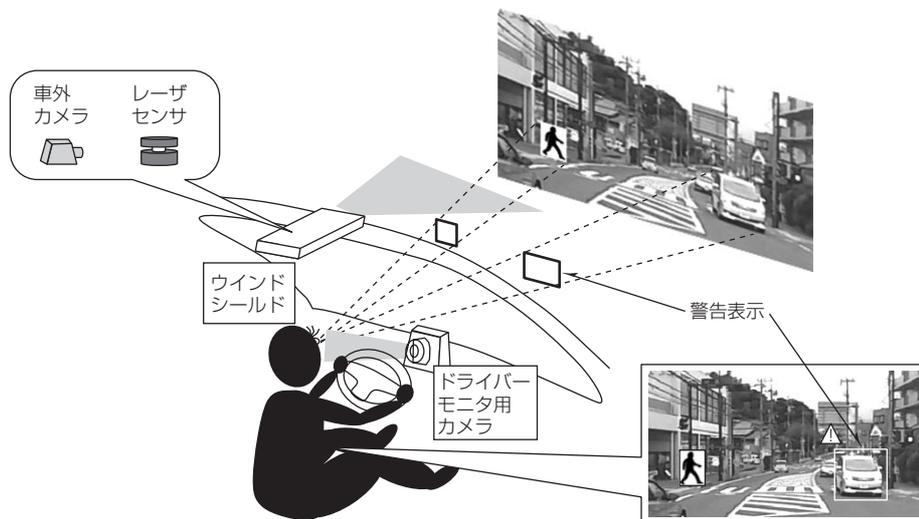


図5. 評価システム

目の位置を検出する。カメラ画像上での両目の間の距離と測定した実際の両目間の距離から、カメラから両目までの距離を推定して両目の位置の三次元座標を検出する⁽²⁾。このとき、顔の向きによって画像上での両目の距離が変化するが、顔検出時に顔の向きも推定して補正することで精度を高めている。

3.3 評価

実験室で評価を行うために図5に示すようにウインドシールド全体に表示可能なHUDを用いて評価システムを開発した。また、車両にカメラとレーザセンサを搭載した実走行で、オブジェクトマップとドライバ位置から収録した映像とを連動させて記録し、評価データとした。

評価実験では、被験者の前方スクリーンへ録画した映像を投影する。ドライバーモニタ用カメラ画像から目の位置を実時間推定してHUDへの表示位置を決定し、警告表示をドライバーに提示した。被験者には通常の運転動作をしてもらい、警告対象である障害物と警告表示位置の関係を主観評価してもらった。運転動作には、左右の安全確認、ナビゲーションや計器類を見る動作などが含まれ、実際の目の位置は大きく移動する場合も含まれている。

評価の結果、警告表示位置は障害物にほぼ固定されるように追従表示ができており、表示位置のずれによる違和感は少ないことが分かった。

今後、評価項目や被験者を増やして、警告表示の有用性や、表示の自然性、視認性に関して、定量的な評価実験を継続する予定である。

4. むすび

HUDを用いて障害物を囲む警告表示をすることで、ドライバーに注意を喚起するシステムについて述べた。障害物の検出では、レーザセンサを用いて物体存在仮説領域を抽出することで認識処理の演算量を削減した。また、誤認識の発生については、提案する領域抽出に適合する画像認識処理の改良で、解消する見通しを得た。また、表示では、目の三次元位置の検出でHUD上の警告表示位置を実時間で障害物位置に追従させる方法を提案し、動作検証した。今後は、定量評価に加えて、どのような障害物の情報を提供するか、またその状況依存性についても検討を進め、警告表示機能の実用化技術の確立を図る。さらに、カーナビゲーションなどの他のアプリケーションを含めた情報提供システムの開発を行ってドライバーの状況把握などの技術と統合することで、安全で快適なドライバー環境である“スマートコックピット”の実現を目指す。

参考文献

- (1) 国土交通省 車両安全対策検討会：更なる車両安全対策の可能性(効果予測)の検討－最終報告(案)－，18～20 (2015)
<http://www.mlit.go.jp/common/001082379.pdf>
- (2) Ju, S.-H., et al.: Viewer's Eye Position Estimation using Single Camera, SID2013 DIGEST, 44, No.1, 671～674 (2013)