

「前方環境の視認性向上のための 対車両映像投影システム」

新井 義和（ソフトウェア情報学部、准教授）、
田中 一穂（ソフトウェア情報学部、学生）

トラックなどの大型の車両に追従して走行する運転者は、それらの先行車両によって前方の視界が遮られ、信号機の状態などの運転に不可欠な情報を取得することが困難になる。結果として、先行車両の急ブレーキに対して追突する事故が発生している。本研究では、先行車両の前方環境に関する情報を映像として先行車両自体に投影して運転者に提示することを念頭に置き、その要素技術として、先行車両の車体領域を認識するシステムの開発を目指す。

1 研究の概要

運転の安全性の向上策の一つとして、これまで運転者が見落としがち、あるいは取得することが困難であった情報を自動車に搭載されたシステムが認識し、危険が予測された場合に運転者に警告するとともに、危険が差し迫った際には自動で運転操作を補助するなどの運転アシストシステムの開発が行われている。その代表例であるプリクラッシュセーフティシステムは、様々なセンサを用いて先行車両と自車両との車間距離を計測し、その距離が短くなって事故の危険が察知されると運転者の意思にかかわらず停車する。しかしこれらのシステムは、急激に車間距離が減少し、追突までの時間が非常に限られている先行車両の急ブレーキに対して効果が期待できない可能性がある。急ブレーキをかける状況は様々想定されるが、大別すれば、先行車両の前方の障害物あるいは赤信号の存在である。それらが後続車両の運転者からも目視可能な位置関係であれば事前に先行車両の急ブレーキに備えることができる。しかし、先行車両が荷台の大きなトラックである場合のみならず、自家用車におけるミニバンタイプの割合が高まっている近年においては、先行車両が後続車両の運転者の視界を遮ることによって、その前方が目視できない可能性が高まりつつある。つまり、より大きな安全性を求める場合には、

先行車両のみならず、その前方環境の認識を支援するシステムの存在がますます重要となる。

これに対して、車体の前後、両側方の4面に液晶ディスプレイを設置し、車両の周囲に対して車体によって遮られた視覚を補う映像を提供するシステムが提案されている[1]。すなわち、液晶ディスプレイと同様に4方向にカメラを設置し、例えば、前方に設置されたカメラからの映像を後方に設置した液晶ディスプレイに鏡像で提示する。残りのカメラと液晶ディスプレイも同様にそれぞれ車両の反対側に設置されている装置同士を組み合わせ、同様に映像を提示することによって、後続車両の運転者のみならず車両周囲の運転者や歩行者にも、車両の反対側の状況を知らせることが可能となる。しかし、本システムでは、複数のカメラや液晶ディスプレイが必要であり、その導入コストを受益者ではない車両の所有者が負担しなければならないため、早期の普及を期待することは困難である。

一方、先行車両が撮影した車両前方の車載カメラ映像を後続車両に伝送し、それを後続車両の運転者に提示することによって先行車両によって遮られた視覚を補うシステムが提案されている[2]。近年、運転時の様子を記録する目的でドライブレコーダが普及しつつあり、個々の車両がカメラを搭載していることを前提とすることは不可能でなく、それらからの映像を流

用することは容易である。本システムでは、後続車両が受け取った映像を提示する手段としてヘッドアップディスプレイを想定しており、先行車両が遮る背景に重なるようにフロントガラスに投影する。ヘッドアップディスプレイは、通常、小さな領域に車速度などの情報を投影するために利用されており、大きな領域への投影は想定されていない。フロントガラス上の大きな領域に映像を投影することは、視界が遮られていない領域における視認性の低下を招く恐れがある。さらには、投影した場合、運転者の視点から投影面であるフロントガラスまでの距離が短いため、運転者の視点に併せて映像を重ねた場合、他の同乗者の視点からは映像と背景とがずれ、大きな違和感を生じる。

研究代表者らは、先行車両が撮影した前方環境の情報を後続車両に伝送した上で、後続車両がその情報を映像として先行車両自体に投影することによって運転者に提示するシステムを開発している。先行車両の車体に投影する際には、ミラーなどを介して先行車両の運転者を眩惑することのないよう、リアウィンドウやミラーを除く車体領域にのみ投影する必要がある。本研究では、その要素技術として、投影対象となる先行車両の車体領域を認識するシステムの開発を目指す。

2 研究の内容

本研究では、全ての車両が前方の車外映像を撮影する車載カメラ、その映像を伝送する通信システム、そして受信した映像を投影するプロジェクタを搭載していることを前提とする。

2台の車両が同一の車線における走行中に互いに接近したとき、先行車両から後続車両に向けて映像を伝送するための通信を確立する。このときの通信手段は、リアルタイムに映像を伝送しうる大容量通信が期待される。しかし、これらの大容量通信は一般に電波を利用した大局的な通信であることから、同一車線で前後に隣接した位置関係のみにおける通信を容易に確立することは困難である。これに対しては、隣接した位置関係でのみ通信が可能な局所的な通信を導入し、隣接したときに大容量通信の接続に

必要なそれぞれの通信機器のIDを交換することをきっかけとした通信の確立を別途実現する必要がある。

大容量通信が確立した際には、図1に示すように、先行車両は自身に搭載されたカメラから取得した前方映像を後続車両に伝送する。後続車両は図2に示すように、受信した同映像をプロジェクタによって先行車両の車体に投影する。このとき、単に投影するだけでは、ミラーを介して先行車両の運転者を眩惑させるため、先行車両のガラスやミラーを除く車体部分にのみ領域を限定して投影する必要がある。

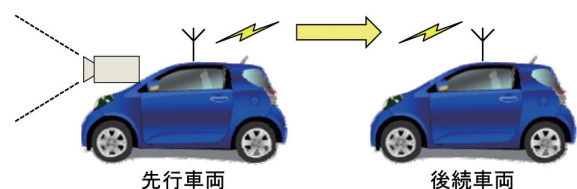


図1：先行車両の前方映像の後続車両への転送

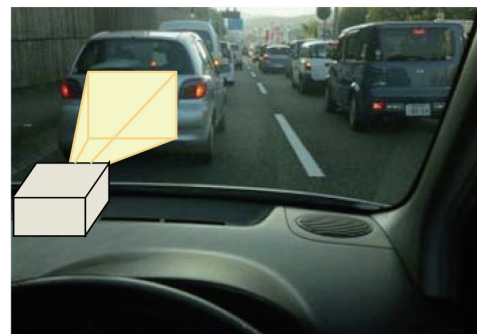


図2：先行車両への映像の投影

先行車両の車体領域を識別する手段として、新たな装置の導入を避けるため、後続車両が撮影している前方映像から同領域を抽出する。画像中から車両を抽出する手法の1つとしてHOG特徴量が広く用いられている[3]。しかし、本手法はその特徴を学習するために多数の学習用データを用意する必要がある。また、その抽出対象は車両らしい形状の領域であり、車体領域ではない。一方、本研究で抽出対象としている先行車両には、後続車両と同じ車線を走っているため前方映像のほぼ中央に位置するという有益な特徴があることから、本研究では、より簡便かつ高速に処理することが可能な車体領域

の検出手法の開発を試みる。

先行車両で撮影された映像の視点は先行車両の車室前方にある。したがって、それを受け取った後続車両からその映像をそのまま投影すると投影点と視点が異なるため、先行車両の車体領域以外の背景と投影像にはズレが生じる。このズレを縮減するためには、受け取った映像を後続車両を視点とした映像に座標変換する必要がある。この座標変換を正確に行うためには、先行車両と後続車両の位置関係を明らかにしなければならない。

最終的には、後続車両の視点に座標変換した映像を先行車両の車体領域以外の領域にマスクをかけて車体部分にのみ投影する。結果として、先行車両の大きな車体によって遮られていた前方環境を目視でき、赤信号や進路前方の障害物を事前に察知して先行車両の不慮の急ブレーキにともなう追突事故を未然に防ぐことが可能となる。

3 これまで得られた研究の成果

平成25年度は、車載カメラ映像中から、先行車両のリアガラスやミラーを除く車体領域を検出する画像処理アルゴリズムを開発した。

図3に示すように、後続車両から見る先行車両には様々な形状がある。多くの車両に対して適用可能な手法を見出すためには、より多くの車両に共通する特徴を見出すことが不可欠である。全ての車両のリア形状に共通する特徴の1つは、法律によって義務付けられている赤いテールランプを装備していることである。この赤いテールランプは車両の左右端に近い位置に配置されていることが多く、車体領域のおおよその幅を推測するために利用することも可能である。以上から、本研究では、車体領域を抽出するための手がかりとしてこの赤いテールランプに注目する。



図3：先行車両の特徴

画素の色味に特徴がある物体を抽出するために、一般にXYZ表色系が利用されている。ここではまず、赤いテールランプを含む赤色領域を得るために、車載カメラから取得した画像をXYZ表色系に変換する。変換された同表色系における各画素値からxy色度図上の点を算出し、その点が赤色領域を示す範囲にあることを条件としてそれらの画素を抽出する。ただし、ここで得られた赤色領域には、先行車両のテールランプのみならず、道路標識や複数車線ある道路では隣の車線を走行する車両のテールランプなども含まれる(図4(a), (b))。

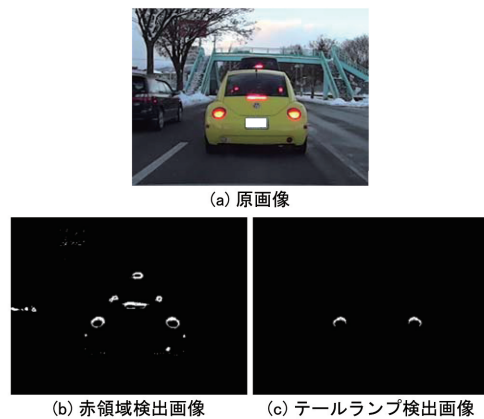


図4：テールランプの検出

抽出された赤色領域から安定して先行車両のテールランプのみを検出するために、第一に、大多数の車両は左右対称の形状をしていることに注目する。すなわち、画像中央付近に垂直に中心線を引き、前述の通り抽出した赤色領域において、中心線に対して左右対称に存在する画素のみを抽出する。このとき、上記中心線は、画像中心から左右に移動しながら、最も多くの対称画素が得られる位置を探索する。

ここで得られた対称画素のみからなる領域(以下、対称領域)の中には、注目している先行車両のテールランプの他に、先行車両のウィンドウ越しに透過して見える、さらに前の車両のテールランプも含まれる可能性がある(図4(b))。一般に、道路の路面上には赤色のペイントが少ないため、対称領域の内、画像中の最も下にある領域がテールランプであると推定できる。以上の考察に基づいて、先行車両とその前の車両のテールランプの領域を区別するため

に、対称領域をクラスタリングし、画像中の最も下に位置する左右の領域をテールランプとして検出する。図4(c)に検出された先行車両のテールランプの様子を示す。

車体領域は、画像中の水平方向にはおおよそテールランプを両端とし、垂直方向にはテールランプをまたぐ範囲に分布していることが推定される。また、多くの車両は、車体領域が同一の色で塗装されている。したがって、左右のテールランプに挟まれた領域に最も多く分布する色が車体の色を表していると定義する。

車体の色を判別するために、図5に示すように、まず xy 色度図の上に、白や灰色に始まり、赤や青などの車体に典型的な色の範囲を定義する。その上で、図6に示すように、左右のテールランプのそれぞれの水平方向 (u 軸) の重心座標を算出し、両者の間に水平方向および垂直方向に一定間隔でサンプリング点を複数設定する。それぞれのサンプリング点では、その画素値を参照し、それらに基づいて上記の通り定義した車体に典型的な各種色のどれに相当するのかを xy 色度図上で判定する。また、ここで判定された各サンプリング点における色情報に基づいて投票を行い、最も得票数が多かった色を車体の色とする。結果として、画像上の車体の色に該当する画素を抽出することによって図7(c)に示すような車体領域を抽出することが可能となる。同画像の元となる原画像を図7(a)に、原画像からテールランプを検出した画像を図7(b)に示す。これらの図からわかる通り、先行車両の色は黄色であり、それを自動的に判別して、車体領域のほぼ全体を抽出できていることが確認できる。

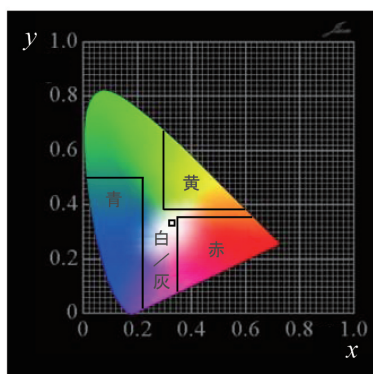


図5：xy 色度図上の各車体色の範囲

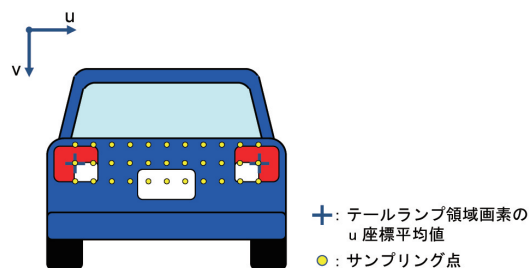


図6：車体色の判定

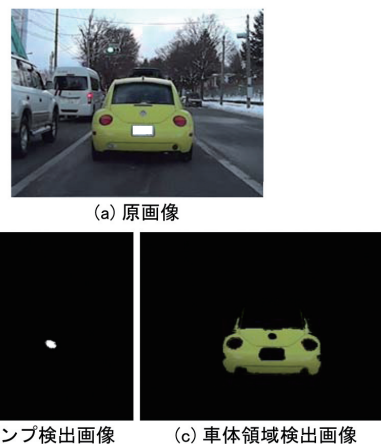


図7：車体領域の検出

提案手法の有効性を示すために、車載カメラから取得した動画ファイルの映像に対して、先行車両の車体領域を抽出する実験を行った。実験に使用した PC のスペックを表1に示す。結果として、1フレームの画像に対して約33 [msec] で車体領域を抽出し、リアルタイムな画像処理が実現可能であることを確認した。

表1：実験に用いたPCのスペック

構成要素	スペック
CPU	Intel Core i7-3537U
クロック	2.00 [GHz]
RAM	8.00 [GB]
OS	Windows 7 Professional

4 今後の具体的な展開

今後の課題としては、先に述べた通り、同じ車線で隣接した関係のみにおいて大容量通信を確立する手法の開発ならびに先行車両の後続車両に対する相対位置関係を明らかにする手法の開発が必要である。

通信の確立においては、電波を利用した大局的な通信では、大容量の通信帯域を容易に確保できるものの、出会い頭でかつ見ず知らずの車両に搭載された通信機の ID は未知である。したがって、大容量の通信を確立するためには、何らかの手法で互いの ID を交換する必要がある。また、この ID の交換は、物理的に進行方向に対して前後に隣接した関係においてのみ実現されなければならない。したがって、ここでは大容量通信機器の ID を交換するために、通信可能範囲が物理的に限定された局所的通信を導入する。この局所的通信は、赤外線を通信媒体として利用することを想定しており、間に遮蔽物がなく、設定された通信可能範囲内に接近した車両間のみで、通信可能範囲内に接近したことをトリガとして通信を開始することが可能である。この通信機の送受信機を車両の前後に配置することで、上記で想定した、進行方向に対して前後に隣接した関係のみにおける通信を容易に実現することが期待できる。

一方、先行車両と後続車両の相対位置関係の推定においては、先行車両の車体領域の抽出と同様に新たな装置の導入を回避するため、すでに搭載されていて先行車両を含む前方を撮影している車載カメラからの映像を利用する。先に述べた通り、先行車両のリア形状は多様であることから、全ての車両の形状をデータベース化して確保することは困難である。したがって、ここでは検出対称として汎用的なマーカーを各車両に設置し、それを検出して相対位置関係推定の基準とすることを試みる。

先行車両の相対位置関係が明らかになれば、先行車両が取得して後続車両に伝送した映像を、後続車両の視点に合わせて座標変換することによって、先行車両への映像投影時に車体領域以外の背景と大きなズレがなく前方環境を提示することが可能となる。さらには映像投影時には、本研究で得られた車体領域を除いた領域にマスクをかけて投影することによって、先行車両の車体のみ映像を投影することができる。結果として、ミラーを介して先行車両の運転者を幻惑することなく、前方環境に対する視野を確保することが可能となる。

本システムを構成する装置は、来る将来に一般的になると期待される車両間の映像を含む情報交換に必要な通信のための装備を含めて、基本的にはその導入コストは受益者負担である。したがって、システムの普及の進行は、その有用性のみにかかっている。

5 論文・学会発表等の実績

- ・新井義和、今井信太郎、猪股俊光、“前方視認性向上のための先行車両の車体領域の抽出”、電子情報通信学会2014年総合大会、A-17-5, 2014.

6 受賞・特許

特になし

7 その他

参考文献

- [1]株式会社デンソー、車両用の情報表示装置、特開2011-253486
- [2]鈴木光一郎、橋本直己、車載カメラ映像の共有による前景視界補助システム、映像情報メディア学会技術報告 Vol.36, No. 8, pp.29-32, 2012.
- [3]尾崎貴洋、山内悠嗣、藤吉弘亘、Joint HOG 特徴を用いた 2 段階 AdaBoost による車両検出、動的画像処理実利用化ワークショップ (DIA2008)、pp.101-106, 2008.