

「前方環境の目視支援システムのための 隣接車両間の相対位置推定」

新井義和 (ソフトウェア情報学部、准教授)

大型車両は車列の中で後続車両の運転者の前方視界を遮り、進行方向にある信号機の状態など運転に必要な視覚情報の取得を妨げる。これに対して、研究代表者らは先行車両がカメラで撮影した車両前方の映像を後続車両に伝送し、それを後続車両から先行車両に投影して視覚を補うシステムを開発している。本研究では、先行車両の車体形状(全長、車高など)が変化しても、両車両間の相対位置関係を推定できるマーカを提案する。

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、事故を未然に防止することを目的として、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、その距離が短くなると運転者の意思にかかわらずブレーキを制御して停車する。しかしこれらのシステムは、車速度などにおいてその作動が保証される運転条件が厳密に規定されているとともに、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。一般に、もし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、図1に示すような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、このシステムでは、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。



図1：先行車両による前方視界の遮断

一方、図2に示すように、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困難ではなく、また

通信技術の進歩にともなって車両間で映像のような大容量の情報を交換することも可能になってきた。このシステムでは、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、運転者の視点に合わせて重ねた映像が他の同乗者の視点からは背景とずれが生じ、大きな違和感を生じる。

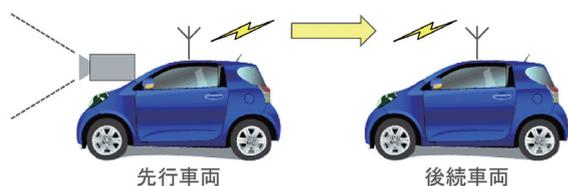


図2：先行車両の前方映像の後続車両への転送

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。本システムにおいては、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。これに対して、平成25年度は、図3に示すように先行車両を撮影した映像の中から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した[3]。

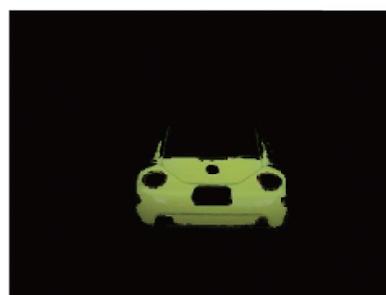
実際に先行車両へ映像を投影するためには、先行車両のカメラで撮影した映像を、後続車両のプロジェクト視点の映像に視点変換する必要がある。視点変換を行うためには、先行車両と後続車両の両車両内に設置されたカメラおよびプロジェクトの位置関係を明らかにすることが重要である。本研究では、両車両の車体形状によらず、両車両間の相対位置関係を推定できるマーカを提案することを目的とする。

2 研究の内容

ドライビングレーコードに代表される車載カメラは、一般に運転席に設置されている。また、映像投影用のプロジェクトを搭載することを考えると、車体部品に対する映像のオクルージョンを低減するために車両前方に設置するこ



原画像



車体領域画像

図3：先行車両の車体領域の抽出

とが望ましい。すなわち、先行車両と車両に搭載されているカメラおよびプロジェクトの位置関係は、図4に示すように車両の全長および車高などの車体形状および車間距離に大きく依存する。

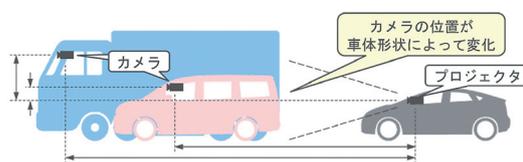


図4：車両間の相対位置関係

車間距離を計測するためには、ミリ波レーダやレーダレンジファインダが広く用いられるが、車体と車体間の距離を計測するのみであり、車両中のカメラやプロジェクト間の位置関係を計測することは不可能である。一方、無線通信を用いて、先行車両から同車両内のカメラの設置位置を情報として後続車両に伝送することは可能であるが、車間距離を取得することはできない。これらの2系統のシステムを組み合わせることによって、目的を達成することが可能であるが、結果的にシステムの複雑化を招くことが懸念される。

本研究では、システムの簡略化の観点から、すでに他の用途にも用いられているカメラによる観測を原則として、両車両間のカメラとプロジェクトの位置関係を推定することを試みる。先行車両と後続車両は同一車線を前後の位置関係を維持しながら走行しているため、一般に、

後続車両から視認可能な先行車両の形状は後面のみであり、先行車両の形状を後続車両視点から計測することは不可能である。しかし、後面の画面内の位置および大きさから車両そのものの相対位置関係を推定することが可能である。これに加えて、車両内のカメラの設置位置の情報を重畳することが可能なマークをカメラで観測して、それらの情報をデコードすることによってカメラとプロジェクタの位置関係を明らかにする。

マークは、一般にそこに重畳する情報量が多くなるにつれて形状が複雑化する。画像で撮影した際により高い解像度を確保するためには、より単純かつ大きなマークを利用することが望ましい。したがって、重畳すべき情報は最低限になるよう取舍選択する必要がある。カメラの設置位置を、水平位置、高さ、後面からの距離（奥行き）の3つのパラメータで表現する場合、水平位置は車両中央に設置することと定義すれば、残りの2つのパラメータが残る。いずれの設置位置も [mm] 単位の数値で表現するとすれば、法規上の車両用灯器の設置位置が5 [m] と定められていることから、高さは最大でも4桁の数値で表せる。また、後面からの距離は、10 [m] を超える貨物車が存在することから最大で5桁の数値で表現できる。これらを併せると、上記の設置位置を表現するためには9桁の数値を重畳可能なマークが必要であり、この要求から図5に示すようなマイクロQRコードのM2型を利用することとする。マイクロQRコードM2型は、13×13モジュールの正方形の形状をしており、10桁の数字を重畳することができるとともに、誤り訂正機能を有している。ただし、モジュールとはQRコードを構成する最小単位の黒い正方形を意味する。

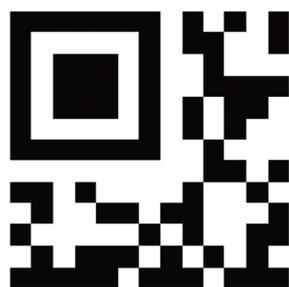


図5：マイクロQRコード M2 型の例

3 これまで得られた研究の成果

まず、予備実験として、実際に車両後面にマイクロQRコードを配置し、その大きさとデコード可能性の検証を行った。カメラはSONY HDR-AS30Vを用いて、取得画像の解像度を1920×1080 [dot]の設定とした。本カメラにはズーム機能は搭載されていない。後

続車両のカメラと先行車両の後面のマークとの距離を2～10 [m]の間で1 [m]間隔で変化させたとき、画像中におけるモジュールのサイズを図6に示す。ただし、マイクロQRコード全体の1辺の大きさを25、30 [cm]の2通りで設定し、検証を行った。現在のマイクロQRコードのデコードソフトの実装においては、4 [dot]以上のモジュールサイズでデコード可能であることから、5～6 [m]以内の距離で情報を取得することが可能であることが分かった。これは、本システムを活用することを想定している比較的高密度な車列の中における車間距離としては十分な距離であると思われる。

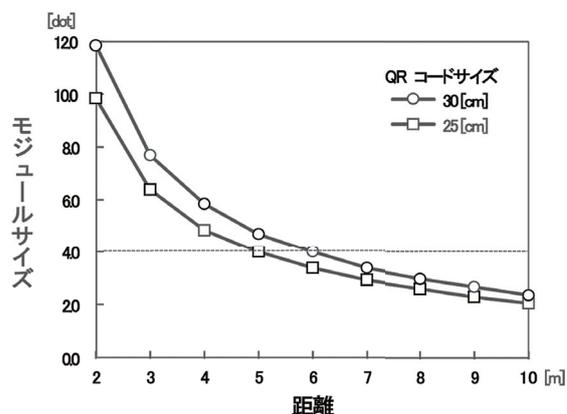


図6：カメラマーク間の距離とモジュールサイズの関係



図7：車体に搭載したマークの例

続いて、マイクロQRコードのデコードの精度および処理コストを検証するために、図7に示すように、実際に先行車両を後続車両が追従走行する状況において、後続車両が前述のカメラを使用して取得した先行車両の動画についてデコードを行った。6秒間の映像に対して処理を行った結果、85 [件]のデコード結果を得ることができ、およそ100 [msec/frame]の速度で処理が可能であることを確認した。本研究で用いたPCのスペックは表1に示す通りである。

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

本実験で用いたマイクロ QR コードには、9桁の数字として“123456789”のダミーデータを重畳した。これをデコードして取得されたデータについて分析した結果を表 2 に示す。最も多かった取得データは“123456789”であり、およそ半数が正しくデコードができたことが確認できる。残りの半数は誤検知したモジュールの場所によって様々なデータに変化している。このとき、2番目の割合を占める“51712789”は、複数のモジュールを誤検知した結果であり、その数は4つにもなっているが、より少ない誤検知のケースも多数見受けられる。現在のデコードソフトの実装においては、未実装であるためその効果が検証できていないが、マイクロ QR コードの M2 型には誤り訂正の機能が備えられていることから、その機能を実装すれば、正しいデータを取得できる割合が改善することが期待される。

表2：取得したデータ

取得データ	件数 [件]	割合 [%]	誤検知モジュール数
"123456789"	40	47.1	0
"51712789"	13	15.3	4
"115456789"	6	7.1	1
"59200789"	6	7.1	2

4 今後の具体的な展開

残される課題としては、マイクロ QR コードのデコードの精度向上、マーカの再検討、大容量通信システムの実装およびシステムの統合の4つの方向性の検討が必要である。

デコードの精度向上としては、前述の通り、誤り訂正機能を実装することによって、いくつかのモジュールに誤検知が発生した場合においても、その誤りを訂正して、正しい情報を取得することが期待される。

一方、現在のマーカは、既存のマイクロ QR コードをそのまま利用することを意図した設計になっている。しかし、提案したマーカは図 7 に示すように非常に大きい。より小型化するためには、より単純なマーカを導入することが考えられる。また、本マーカはその目的のために新たに設置されたものであり、車体デザインを無視している。前者に対しては、より単純なマー

カとして iQR コードの利用が考えられる。iQR コードは、より少数のモジュールで高い密度で情報を重畳することが可能であるとともに、長方形の形状が意図されているなど、その形状により高い柔軟性を持つ。また、後者に対しては、iQR コードなどを参考にして、独自マーカを設計することが考えられる。例えば、全ての車両に設置が義務付けられているナンバープレートの中の数字と地の色の変化の中に情報を重畳するなど、デザイン性に向上ならびに違和感の低減を図ること期待される。

映像のような大容量の情報を車両間で交換するためには、高速な通信路を確保する必要がある。それらの目的に対しては、既存の電波を利用した各種無線通信規格の利用が期待されるが、それらの多くは、事前に通信相手の ID が既知であることを前提としており、出会い頭の車両同士の通信にそのまま利用できるわけではない。この問題に対しては、赤外線などを利用した見通しのみで局所的に通信する手段を利用して、隣接したことを条件に ID を交換した上で、前述の大容量の無線通信を確立することが考えられる。

最後にシステムの統合を目指す。提案手法で推定した車両間の相対位置関係に基づいて、映像の視点変換を実装する。視点変換した映像に対して、先行車両における防眩のためにマスクを適用して先行車両の車体領域 [3] にのみその映像を投影する。映像を投影するためには、その投影機器を開発しなければならない。現状の法規においては、プロジェクタのような新たな点滅する光源を搭載することは禁止されている。しかし、ヘッドライト自体をプロジェクタ化して路面に投影するシステムが提案されているように、車両による外部への映像投影の需要は今後ますます高まってきていると考えられる。規制緩和を期待しながら、許容される形態を検討し続ける必要があると思われる。

5 論文・学会発表等の実績

- 1) 新井義和、今井信太郎、猪股俊光、“前方視認性向上のための車体形状を考慮した車両間の相対位置推定”、電子情報通信学会 2015 年総合大会、A-17-5、2015。

6 受賞・特許

なし

7 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] 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.