

画像処理と通信を用いた車車間通信相手の特定

鵜飼 佑^{†1} 植原 啓介^{†2} 佐藤 雅明^{†3}

ドライバは、目的地への経路や標識や信号といった情報の他、周辺を走行する自動車や自転車、歩行者といった周囲の状況把握をし、運転を行う。現在は状況把握の補助を目的としGPSによる位置情報を用いて、周辺情報の提示を行う研究が進められている。しかし、提示された情報と実際に見えている景色や建物との対応付けは、しばしば困難であり誤りの原因になる。この問題を解決する為に、拡張現実感を用いて、現実環境に情報を重ねてドライバや同乗者に情報を提示する事を目的とした研究が進められている。

そこで本研究では、拡張現実感を用いてドライバーや同乗者へ周辺車両の情報を提示する事を目的とし、現実環境と周辺車両の対応付けを行う手法の提案を行う。特に、ライトの点灯やウィンカー等の車両の視覚的变化を画像処理と通信を用いて検知を行う手法を提案し、ブレーキランプの点灯を視覚的变化として用いて実装および評価を行い、手法の妥当性を確認した。

The Determination of Network Address Using Image Processing in Vehicle to Vehicle Communication

YU UKAI,^{†1} KEISUKE UEHARA^{†2} and MASAOKI SATO^{†3}

When driving a vehicle, drivers carefully observe and examine the signs, signals and other information along the route. But other than these, situation of the drivers' surroundings, such as other vehicles and pedestrians, may also become an important issue. Recently, there are several researches using alternative information, such as GPS, to support drivers understand the situation of one's surrounding. However, linking such information to the actual surrounding is very challenging and may cause errors. As a solution, methods using AR (Augmented Reality) in order to superimpose information on to the actual environment are under research.

In this research, a method to link information of other vehicles with the actual surroundings using AR is proposed. In order to specify each vehicle, this method uses visual information from vehicles, lighting of brake lamps to be specific. This method has been proved effective by the assessment of the

implementation.

1. はじめに

自動車保有台数の増加に伴い、交通事故や交通渋滞、排気ガスによる環境負荷の増加といった様々な問題が発生している。これらの問題を解決する為に、高度道路交通システム(ITS)では、多様な研究・開発が行われている。ドライバは道路を走行する際、目的地への経路や標識や信号といった情報の他、周辺を走行する自動車や自転車、歩行者といった周囲の状況の把握を行い、自動車の運転を行わなければならない。ITSにおける研究分野の一つであるカーナビゲーションシステム(以下カーナビ)においては、従来から行われている経路案内だけでなく近年様々な情報が付加され、ドライバの状況把握の補助を行う事で、安全運転の支援が行われている。特に全地球測位システム(Global Positioning System:GPS)等の位置情報の取得を行うセンサを用いて、自車両の位置情報を取得し、その周辺の情報をユーザに提供するサービスが数多く研究されている。しかし、既存のカーナビでは、図1に示すような上面図の二次元地図もしくはCGを用いた三次元地図をモニタ等を用いてドライバに提示する事が一般的であり、ドライバが実際に見ている現実環境を対象に情報を直接対応づける事は難しい。実際に見えている景色や建物が地図上のどれかという対応付けは、依然としてドライバにまかされており、しばしばこの対応付けが困難であったり誤りの原因になる。「これが××という交差点」、「これが○○という建物」という案内を行う事が可能になれば、この問題を解決する事が可能となる。一方、現実環境に対してコンピューターグラフィクス(CG)を用いて情報を付加する技術として、拡張現実感がある。¹⁾この技術は、ユーザが見ている実世界の映像上に関連情報を重ねて表示する事が可能なため、ユーザは直感的に現実環境と情報を対応づける事が可能となる。

拡張現実感を用いてドライバや同乗者に情報提示を行うシステムの研究としては、拡張現実感を用いて車両の経路案内を行う Mobile MagicView²⁾があげられる。また、GPSにより取得した位置情報を利用し、周辺店舗の情報提示を行うシステムの研究³⁾や、見通しの悪い交差点においてドライバの死角となる部分の映像を仮想的なカーブミラーによって提示す

^{†1} 慶応義塾大学環境情報学部 3年

^{†2} 慶応義塾大学環境情報学部准教授

^{†3} 慶応義塾大学大学院政策メディア研究科特別研究助教



図 1 上面図の二次元地図

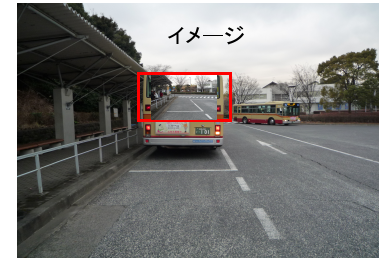
る NaviView⁴⁾ のような研究も行われている。他にも、高齢者ドライバーへの支援として拡張現実による情報提供を用いる研究⁵⁾ や、ステレオ赤外線カメラを用いた、夜間の歩行者認知支援システムの研究⁶⁾ が行われている。

自動車検査登録情報協会によると、平成 21 年 6 月末現在、約 7900 万台の車両が登録されている。この様に、道路には多数の車両が走行しており、ドライバーはこれらの周辺車両の状態を把握し、状況判断を行わなければならない。その為、ドライバーに周辺車両の情報を提示し、周辺車両の状態を把握する補助を行う事は重要であると考えられる。しかし、拡張現実を用いて周辺車両の情報の提示を行う研究はあまり行われていない。

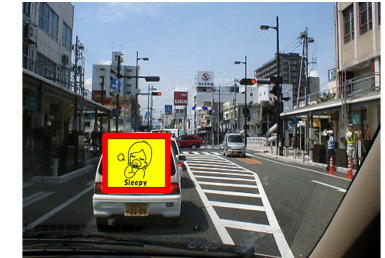
周辺車両の情報としては、ドライバーの生体状態や免許の種類、初心者及び高齢者といったドライバーのステータスの他、「赤ちゃんが乗っています」「ペットが乗っています」といった乗員のステータス、周辺車両に搭載された様々なセンサやカメラから得たデータが考えられ、これらの情報をドライバーに提供することにより様々な問題を解決する事が可能である。

これら周辺車両の情報を利用し、実現可能となる具体的なアプリケーション例をととして、ドライバーの死角補助と居眠り運転警告アプリケーションをあげる。

ドライバーの死角補助アプリケーション (図 2 (a)) は、自動車にカメラが取り付けられている環境を想定し、前方車両についているカメラから画像取得を行うことで、ドライバーの死角となっている場所の情報を提供するものである。交差点においてバスやトラック等の大型車両が目の前に停車している場合や、停留所で乗客を降ろしているバスを追い越す場合



(a) ドライバの死角補助



(b) 居眠り運転車両警告

図 2 アプリケーション例

等、前方車両が遮蔽物となりドライバーの死角になってしまう場合がある。その際、前方が見えなかった事が原因で死角からの飛び出し等により事故が起きてしまう可能性がある。

また、居眠り運転警告アプリケーション (図 2 (b)) は、様々なセンサ類を用いてドライバーの居眠りの検知を行い、通信を用いて周辺車両との情報交換を行った上で、居眠り運転の疑いがある車両を明示的に表示するものである。

しかし、これらのアプリケーションに用いられる周辺車両の情報は各車両に固有のものであるため、先ほどの交差点や建物の例と同様に、現実環境のどの車両についての情報なのか対応付けなければならない。

そこで本研究では、画像処理と通信を用いて周辺車両の視覚的変化の検知を行い、現実環境との対応付けを行う事により車車間通信相手の特定を行う手法の提案を行う。

本稿では、本章において本研究の概要および背景について述べ、本研究の社会的な重要性を明らかにする。また 2 章において関連研究についての考察を行い、既存の研究が抱える問題点を明らかにした上で、3 章にて本研究の提案手法を述べ、解決策を提示にする。続いて 4 章において本研究の設計および実装の概要を述べ、5 章にて本研究の評価軸を明らかにし、評価の結果を示した上で、今後の課題を述べる。

2. 関連研究

2.1 関連研究

佐藤らは、車車間でメッセージ交換を行うシステムの研究を行っている。⁷⁾ この研究ではメッセージ送信対象車両の特定手法として、GPS による位置情報を用いている。各車両には GPS レシーバが搭載され、それにより得られた位置及び進行方向に関する情報 (緯度・

経度・進行方向)はサーバに転送され、登録・蓄積されている。そして周辺車両に対してメッセージを送信する際に、自車両の一定の範囲内の車両の抽出を行い、同一進行方向に進んでいる車両の中で距離が最小である車両に対してメッセージの送信を行う。

文献8)では、GPSによる位置情報及びカメラから取得を行った周辺車両の視覚的特徴を利用して周辺車両の個体特定を行うシステムの提案を行っている。視覚的特徴として、車種及び車両の色を利用しており、予め各車両は自車両の視覚的特徴情報と位置情報を保持している。車両の個体特定を行う際には、対象車両について考えられる視覚的特徴情報をコードに置き換えて(例えば、前に見える黒いトラックの場合は、相対的位置コード:1, 視覚的特徴の車種コード:2, 色コード:3)周辺の車両にブロードキャストを行う。そして、ブロードキャストパケットを受信した車両ではパケットに含まれる視覚的特徴情報と自車両の視覚的特徴情報及び、パケットに含まれる位置情報と自車両の位置情報の比較を行い、結果の返答を行う。その結果、最も一致度の高い車両を選択する事により、車両の個体特定を行っている。

椎尾らによると、RFIDを路面に貼付ける事で車両の位置情報を取得する事が可能である。⁹⁾また、文献10)では位置情報の取得だけでなく、周辺の標識情報の提供も行っている。

2.2 関連研究に関する考察

2.2.1 GPSによる位置取得

国土交通省によると、日本におけるカーナビの総出荷台数は2009年6月末時点で3596万台を超えており、そのほぼ全てにGPSが搭載されている事からもわかる様に、GPSは位置情報を取得する手法として広く普及している。これらの研究^{7),8),11)}においても、位置情報を取得する際にGPSが用いられている。この他にも、様々な分野で活用されており、広く一般に普及している点は大きな長所である。

一方で、都市部や地下においてはマルチパス・補足衛星の減少等の原因により大きな誤差が発生する可能性がある¹²⁾。都市部における即位においては、建物等での電波の反射(マルチパス)により即位誤差が最大で約45mにまで増大する。また、利用可能な衛星が制限され、衛星の配置が悪くなる事による即位誤差は最大で約280mにも達する。

また、Realtime Kinematic GPSに代表される一般に普及しているGPSと比べ精度の高い技術を用いた研究も数多くあるが、現時点においてこれらは非常に高価である。各車両に取り付ける際に、システムが高価である事は大きな問題である。

2.2.2 RFIDによる位置取得

文献10)でも扱われている様に、様々な情報が付加可能である事は大きな利点である。し

かし、RFIDを日本中、世界中の路面に貼付ける事はコストの面から難しい。

2.2.3 視覚情報を用いた対応付け

視覚情報を用いて周辺車両の特定を行う手法の一つとして、ナンバープレートの認識を行う手法が存在する。自動車ナンバープレートはその自動車に固有のものであり、ナンバープレートの文字及び数字の認識により車両の個体特定を行う事が可能である為、既に数多くの研究^{13),14)}が行われている。

また、文献8)では、GPSによる位置情報及びカメラから取得を行った車体の色や大きさといった周辺車両の視覚的特徴を利用して周辺車両の個体特定を行うシステムの提案を行っている。この研究は周辺車両の個体特定に、視覚的特徴をカメラで取得するという手法を用いた点において大変興味深い研究である。

2.2.4 考察

現実環境と周辺車両の関連付けを行う関連研究を表1にまとめる。

表1 関連研究の分類

分類	アプローチ	位置精度	価格	現実環境への対応付け	計算量	ロバストネス
位置情報	GPS	×	×	×	○	○
位置情報	RFID	○	×	×	○	○
視覚情報	視覚的特徴	○	○	○	×	×

位置情報を利用する手法は、周辺車両の位置情報の取得を行い、自車両の位置情報と比較し相対的な位置関係を求める事で、現実環境との対応付けを行うものである。位置情報を用いる手法共通の問題はGPSやRFIDを用いて取得した位置情報をもとに、現実環境に対応付ける事が困難である点である。

まず、GPSの項でも述べた様に、位置測定の問題が考えられる。自車両の位置情報もしくは周辺車両の位置情報に誤差が発生した場合、現実環境への正確な対応付けは不可能である。さらに、位置情報のみを用いる手法ではその場所に本当に車両が存在するののかという認識を行う事が不可能であるため、車両が存在しない場所に車両の情報を付加してしまったりといった問題が発生してしまうと考えられる。また、もし誤差が全く発生しないと仮定した場合でも、位置測定システムを搭載してない車両が周囲にいる場合、対応付けを行う事は非常に難しい。図3においては、自車両のドライバから認識可能である車両は車両Bと車両Cであり、車両Aは車両Bの影に隠れている。しかし、車両Bが位置測定シ

システムを搭載していなかった場合、システムは車両 A と車両 B をご認識してしまう可能性が高い。現実的には、世界中の全ての車両に同様のシステムを搭載する事は困難であることから、位置情報のみを利用する手法ではこれらの様々な問題が発生する事が考えられる。

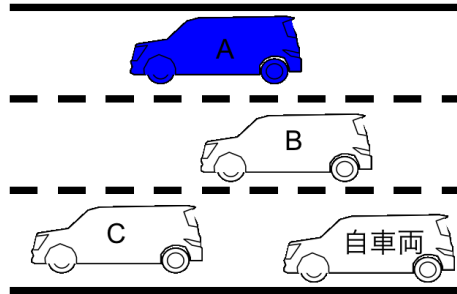


図 3 問題例

一方で、視覚情報を利用する手法は、自車両のカメラを用いて周辺の現実環境の画像および映像を取得し、画像処理を用いて周辺車両のなんらかの視覚情報を取得し、現実環境との対応付けを行うものである。

まず、ナンバープレートの認識を用いる手法は、周囲の環境の変化や対象車両との距離に影響を受けやすい上、ナンバープレートが曲がっていたり汚れていた場合に認識率が低下する、国によってナンバープレートの表記は異なる為、国際的な汎用性の確保は難しいといった欠点が存在する。

そして、車両の色や大きさといった視覚的特徴を用いる手法は、予め自車両の視覚的特徴を保持しておく必要がある上、類似の視覚的特徴を持つ車両が近くにいた場合の認識率について課題が残る。

視覚情報を用いる手法共通の問題点として、計算量が多くなる事が挙げられる。また、車両の視覚情報を利用するため車両の認識・追従を常に行っておく必要がある。しかしそれゆえに、現実環境との対応付けは位置情報を利用する手法と比べて非常に容易である事は、大きな特徴である。また、位置情報を用いる手法共通の問題点としてあげた、車両がない場所に車両の情報を提示してしまうといった問題も、車両の認識および追従を行う事で回避する事が可能である。

この様に、視覚情報を用いる手法は拡張現実を用いてドライバに情報提示を行う際に、周

辺車両の対応付けを行う手法として非常に有効であると考えられるが、周囲の環境に影響を受けやすい為、ロバストネスの低さは問題である。

3. 画像処理と通信を用いた車車間通信相手の特定

自動車はウィンカーや非常点滅表示灯（ハザード）といった、背面のライトの点灯により周囲の自動車に自らの意思を伝達する手段を備えている。本研究では、このような車両の視覚的变化を画像処理と通信を用いて検知し、周辺車両の個体特定を行う手法を提案する。

先に挙げたウィンカーやハザードの他にも、ヘッドライトやテールライトの点灯、ハンドル操作による前輪や後輪の切れ角、ワイパーの動きといった図 4 に示されるような様々な視覚的变化は周辺車両の個体特定に用いる事が可能であると考えられる。

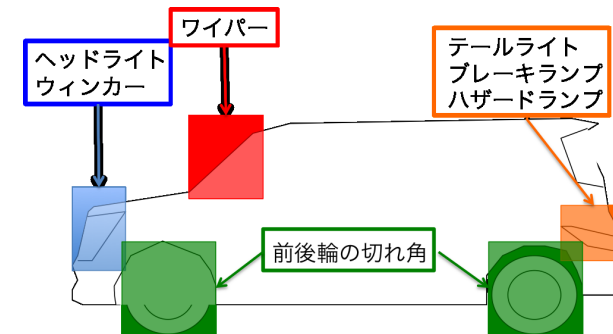


図 4 視覚的变化が発生する場所

視覚的变化を用いる手法車両の視覚的特徴を用いる手法と比べ、図 4 のように複数の情報を組み合わせて特定を行う事が可能になる事で、ロバストネスが向上する点は優位である。文献 8) においては周辺に類似の視覚的特徴を持つ車両がいた場合認識する事が難しいと考えられるが、視覚的变化を用いる手法であれば回避する事が可能である。一方で、前照灯や尾灯の形状及び色の差異や、ハンドル操作による切れ角の差異等、車両によって視覚的变化が異なる事が問題点として挙げられる。

3.1 概要

提案手法の概要を図を用いて説明を行う。太字の部分**が自車両での処理**、その他の部分が周辺車両での処理となっている。本例においては、自車両が周辺車両 A の視覚的变化を利

用し、現実環境との対応付けを行っている。

- (1) 画像処理を行い、周辺車両 A および B を追跡
- (2) 視覚的な変化の発生 (図 5)
- (3) 周辺の車両 (周辺車両 B および自車両) に IP アドレスおよび視覚的な変化の種類を含んだパケットをブロードキャスト (図 6)
- (4) パケットを受信した瞬間にどの自動車が見覚的に変化しているかを特定し、IP アドレスを用いて対応付け (図 7)

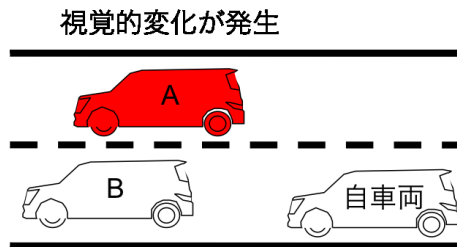


図 5 視覚的变化の発生

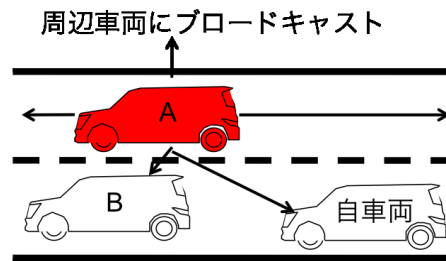


図 6 周辺車両にブロードキャスト

3.2 アルゴリズム

本研究における現実環境と周辺車両の関連付けを行うアルゴリズムを、図を用いた上で時系列を追って説明を行う。

時刻 $t=0-0.5$ において、自車両の前方には左側の周辺車両 A および右側の周辺車両 B の

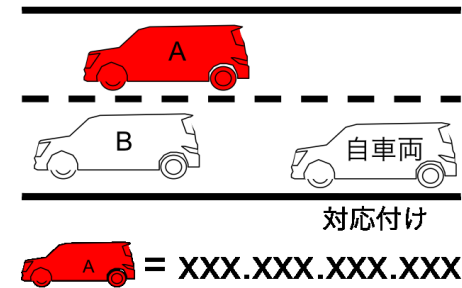


図 7 対応付け

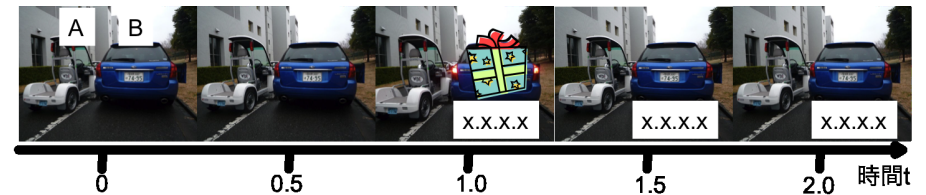


図 8 アルゴリズム

2 台が存在しており、自車両においてこれら 2 台の存在を認識し、追跡を行っている。この段階では、どちらの周辺車両とも対応付けが行われていない為、いかなる情報もドライバーに提示する事は不可能である。

時刻 $t=1.0$ において、車両 B のブレーキが踏まれ、ブレーキランプが点灯し、視覚的な変化が発生していることが見て取れる。そしてさらに、車両 B は周囲の車両に対して、IP アドレスおよび視覚的な変化の種類を含んだパケットのブロードキャストを行っている。一方自車両では時刻 $t=1.0$ において、ブロードキャストパケットの受信を行う。そして、直前のフレームである $t=0.5$ における車両 A および B の状態と $t=1.0$ におけるそれぞれの状態の比較を行う。すると、車両 B において視覚的な変化が発生していることがわかる。その結果、自車両においてパケットに含まれる送信元 IP アドレスと車両 B の関連付けを行う事で、現実環境と周辺車両の対応付けが完了する。

以降 $t=1.5-2.0$ においては視覚的な変化は起きていないが、車両の追跡を継続して行う事で、車両 B が自車両の視野内にいる限りドライバーに対して様々な情報提示を行う事が可能となる。

また、 $t=1.0$ において車両 A と B に視覚的变化が同じタイミングで発生した場合は、その時点では対応付けを行わずに他の視覚的变化が発生するまで待機する事で、確実な対応付けを行う事が可能である。

3.3 想定環境

本研究は、自動車のいずれかの場所にカメラが設置されており、HUD (Head-Up Display) や WSD (Windshield Display) によってドライバーズビューに情報を投影可能な環境を想定している。また、各車両はアドホック通信を用いて無線到達範囲内でお互いに通信が可能な状況である環境を想定している。

4. 設計/実装

4.1 機能要件

本システムの機能要件としては、

- (1) 車両認識
- (2) 車両追跡
- (3) 視覚的变化発生後にパケットをブロードキャスト
- (4) ブロードキャストパケット受信後に周囲車両の状態の変化を検知
- (5) 画面描画

が挙げられる。

4.2 設計概要

本研究における設計概要を図 9 に示す。左側が通常時の処理、右側がパケット受信時の処理となっている。

4.3 実装概要

本実装では、車両の視覚的变化としてブレーキランプの点灯を用いる。

4.4 モジュールの詳細

4.4.1 車両認識モジュール

車両認識モジュールは、カメラから得た画像を解析し、車両を検知するモジュールである。

4.4.2 車両追跡モジュール

車両追跡モジュールは、車両認識モジュールによって認識した車両の移動を追跡するモジュールである。

文献 15) では、道路上を走行する車両を検知し追跡する手法として様々な手法が挙げられている。本実装では、その中から文献 16) で用いられている、車両の下影を利用する手法を

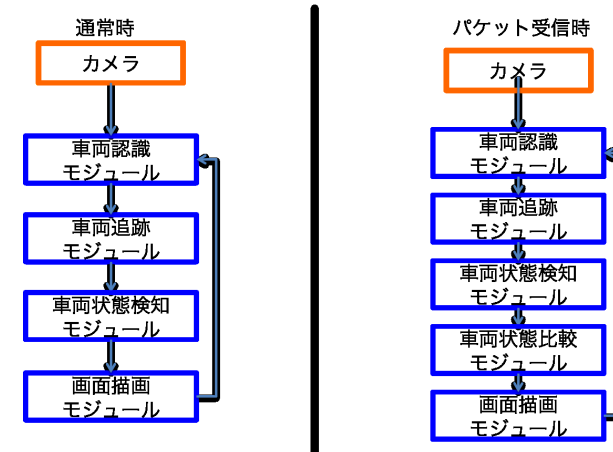


図 9 設計概要

用いて実装を行い、車両の認識および追従を行っている。

4.4.3 車両状態検知モジュール

車両状態検知モジュールは、車両の視覚的状态を検知するモジュールである。

4.4.4 車両状態比較モジュール

車両状態比較モジュールは、車両状態検知モジュールにて検知をおこなった 1 フレーム前の車両の視覚的状态と現フレームの視覚的状态の比較を行う事で、どの車両に視覚的变化が生じたのかを取得するモジュールである。

4.4.5 画面描画モジュール

画面描画モジュールは、画面上への情報の描画を行うモジュールである。

4.5 実装環境

実装デバイスとして、ゲーム用カメラである PLAYSTATION Eye と PC を使用した。カメラは車両の前方に取り付け周辺車両の視覚的变化を検知するデバイスとして利用し、PC はカメラから取得した映像の解析とパケットの送受信に使用した。

言語は C 言語を用いて実装を行い、1000 行程度であった。また、映像解析においてはライブラリとして OpenCV を使用した。図 10 に本実装を用いたデモ映像の一部を示す。



(a)

図 10 デモ

(b)

5. 評価

本研究の目的は、現実環境と車両の対応付けを行う事であるため、対応付けの精度を評価軸として評価を行った。道路構造例第5条4項によると、日本において各車線の幅は約3mである。本評価では、手法の妥当性を確認するため、特定対象車両を正面及び左右3mの位置に配置し、本システムを用いた対応付けの精度を調査した。図11にその結果を示す。

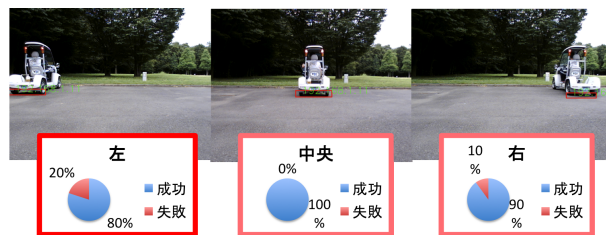


図 11 評価

図11に示す通り、約9割の確率で車両の対応付けを行う事が可能であることを確認した。

表2は既存の手法と本研究における手法の比較を行った表である。

図11からもわかるように、GPSやRFID等の位置情報を用いる手法と比べ、本研究の手法を用いる事で容易に現実環境との対応付けが可能であることを確認した。また、視覚的

表 2 既存手法との比較

分類	アプローチ	位置精度	価格	現実環境への対応付け	計算法	ロバストネス
位置情報	GPS	×	×	×	○	○
位置情報	RFID	○	×	×	○	○
視覚情報	視覚的特徴	○	○	○	×	×
視覚情報	視覚的变化	○	○	○	×	○

特徴を用いる手法と比べ、複数の視覚的動作を用いる事でロバストネスの向上が期待できる点は重要であると言える。

6. まとめ

本研究では、拡張現実感を用いてドライバーや同乗者へ周辺車両の情報を提示する事を目的とし、現実環境と周辺車両の関連付けを行う手法の提案を行った。本研究では、ライトの点灯やウィンカー等の車両の視覚的变化を画像処理と通信を用いて検知を行う手法の提案を行い、手法の妥当性を確認した。

今後の課題としては、複数の視覚的動作に対応することで、ロバストネスの向上を図る事があげられる。また、GPSやRFIDから取得した位置情報を利用し、位置情報と視覚情報を組み合わせたシステムの構築も考えられる。

参考文献

- 1) "Azuma, R. and others": "A survey of augmented reality", "Presence-Teleoperators and Virtual Environments", Vol."6", No."4", pp."355-385" ("1997").
- 2) 片桐雅二, 杉村利明, 櫻井保志, 池田武史: 実写ライブ動画映像を用いた移動体ナビゲーションの試み: Mobile Magic View, 電子情報通信学会技術研究報告. PRMU, パターン認識・メディア理解, Vol.98, No.490, pp.149-156 (19981218).
- 3) 寺田智裕, 神原誠之, 横矢直和: 拡張現実感を用いた車載型案内システムの構築, 電子情報通信学会技術研究報告. CQ, コミュニケーションクオリティ, Vol.101, No.636, pp.55-60 (20020201).
- 4) TAYA, F.: NaviView: Virtual Mirrors for Visual Assistance at Blind Intersection, *International Journal of ITS Research*, Vol.3, No.1, pp.29-38 (2005).
- 5) Kim, S. and Dey, A.: Simulated augmented reality windshield display as a cognitive mapping aid for elder driver navigation, *Proceedings of the 27th international conference on Human factors in computing systems*, ACM New York, NY, USA, pp.133-142 (2009).
- 6) 辻 孝之: 画像処理による夜間の運転支援システム, 電子情報通信学会誌, Vol.89,

No.3, pp.272-277 (20060301).

- 7) 佐藤史朗, 蒔苗耕司: 無線 LAN を用いた運転者間コミュニケーションシステム (交通における計測, 一般 (電気系 3 学会 ITS 合同研究会)), 電子情報通信学会技術研究報告. ITS, Vol.105, No.260, pp.49-52 (20050830).
- 8) 西田知弘, 齊藤研次, 杉山敬三: A-17-12 車両間通信における通信相手特定に関する一考察 (A-17. ITS, 基礎・境界), 電子情報通信学会総合大会講演論文集, Vol.2005, p.317 (20050307).
- 9) 椎尾一郎: RFID を利用したユーザ位置検出システム, 情報処理学会研究報告. HI, ヒューマンインタフェース研究会報告, Vol.2000, No.39, pp.45-50 (20000512).
- 10) 佐藤義通: RFID タグを電子道路標識とした車内標識提示システムの構築と検証, ITS シンポジウム 2005 (2005).
- 11) 瀧本栄二, 大山 卓, 三浦 龍, 小花貞夫: 安全運転支援車車間通信システムのための周辺車両位置管理方式の提案と一考察 (セッション 2), 情報処理学会研究報告. ITS, [高度交通システム], Vol.2009, No.24, pp.47-51 (20090226).
- 12) 柳原徳久, 渡邊正彦: 都市部における GPS の実測評価及び測位の検討, 情報処理学会研究報告. ITS, [高度交通システム], Vol.2003, No.56, pp.25-32 (20030523).
- 13) 尾上博和, 塩野 充: 自動車画像からのナンバープレートの抽出とその漢字を含む全文字の切出しと認識, 電子情報通信学会論文誌. D-II, 情報・システム, II-情報処理, Vol.77, No.3, pp.483-492 (19940325).
- 14) 内藤貴志, 山田啓一, 山本 新: 撮像位置にロバストなナンバープレート認識方法 (ITS(高度道路交通システム) 基盤技術論文小特集), 電子情報通信学会論文誌. A, 基礎・境界, Vol.81, No.4, pp.536-545 (19980425).
- 15) SUN, Z.: On-road vehicle detection : a review, *IEEE Trans. PAMI*, Vol.28, pp. 694-711 (2006).
- 16) Tzomakas, C. and von Seelen, W.: Vehicle detection in traffic scenes using shadows, *Institut für neuroinformatik, Ruhr-universität, Bochum, Germany, Tech. Rep*, pp.98-06 (1998).