

# 小電力無線通信を用いた 車群内コミュニケーションシステムの構築と実験

蒔苗 耕司<sup>\*1</sup> 高橋 仁<sup>\*2</sup>  
宮城大学事業構想学部デザイン情報学科<sup>\*1</sup>  
(前) 同上<sup>\*2</sup>

近年は ITS の重要な要素技術として、車車間通信技術の研究開発が進みつつある。このような通信技術の適用により、より高度な運転者間のコミュニケーションの実現が期待される。本論文では、運転者間コミュニケーション (IDCS) の目的は、コミュニケーションの確実性と多様性の向上であることを述べた。次に、著者らがこれまでに開発してきた無線 LAN、GPS 等の技術を適用した IDCS の概要を述べるとともに、今回、新たに開発した小電力無線通信 (Bluetooth) を用いた車群内 IDCS の概要について述べた。さらに IDCS の実証実験において、システムが正常に動作することを述べるとともに、今後に向けての課題と問題点を明らかにした。

## Development and Experiment of an Inter-driver Communication System among Vehicles Utilizing a Low-powered Radio System

Koji Makanae Hitoshi Takahashi  
Department of Information Systems and Spatial Design, Miyagi University

In recent years, the research and development of inter-vehicle communication technology is advancing. Applying this technology, the realization of more advanced communication system between drivers is expected. In this paper, it is described that the aim of inter-driver communication system (IDCS) is improvement of reliability and diversity in drivers' communication. The prototype of IDCS using wireless LAN and GPS, and the new prototype which is available among vehicles using a low powered radio system Bluetooth, is summarized. Furthermore, it described that the prototype of IDCS worked correctly in the experiment and the subjects in future works are shown..

**Keyword: Inter-Driver Communication, Inter-Vehicle Communication, ITS, Low Powered Radio System, Bluetooth**

### 1. はじめに

複数の車両が混在して走行する自動車交通の中で、  
自車周囲の車両の運転者との間での意思情報の伝達

が必要とされる場合も多い。例えば停止や右左折、  
車線変更等の意思情報の伝達は、事故防止のために  
必要不可欠な情報であり、灯火類による視覚的な情

報伝達が法令等で定められている。またこれら法令に定められるもの以外にも、灯火、警音器やジェスチャ等により、優先権の移譲や謝意、怒りの伝達等、様々な意思情報の伝達が行われている。他方、近年は ITS の重要な要素技術として車車間通信技術の研究開発も進みつつある。このような通信技術を用いることにより、従前とは異なった高度な運転者間でのコミュニケーションの実現が期待される。

このような背景のもと、著者らは 2.4GHz 帯の無線 LAN を通信基盤とした運転者間コミュニケーションシステム (Inter-Driver Communication System; IDCS) のプロトタイプを開発してきた[1][2]。これまでに開発してきた IDCS では、隣接して存在する車両間でのコミュニケーションを対象としており、車群内等の複数台の車両を介した通信ができない、操作性が悪い等の問題が指摘されている。これら問題に対し、著者らは小電力無線通信である Bluetooth を適用した車群内ネットワークをベースとした IDCS の構築を行っている。本論文では、IDCS 開発の目的についてまとめるとともに、これまでに開発してきた 2 つのプロトタイプシステムの概要について述べる。さらに、IDCS の実証実験を基に、今後の研究の課題を明らかにする。

## 2. 運転者間コミュニケーションの現状

### 2-1 運転者間コミュニケーションの方法

道路交通の安全上、運転者が自らの意思を周辺の他車等に伝達することは必要不可欠であり、法令は灯火類や警音器等の装置の設置及びその使用について定めている。法令に定められる意思伝達は自車から他車等に対し単方向で行われるものであり、右左折や車線変更等の進路の変更、制動などの最低限必要な基本的な情報に限られる。実際に自動車交通の中では、これらの基本情報以外の情報の伝達や双方向での意思伝達 (コミュニケーション) が必要とされる場合も多い。表-1 に、運転者間で一般的に行われているコミュニケーションの方法とその意味について示す。

表に示すように意思を示す方法としては運転者自らの身体によるジェスチャの他、灯火類や警音器等を用いて、謝意や怒り等の感情、危険、交通取締り等の存在等に関する情報の伝達が行われている。これらのコミュニケーションについては、明文化されたものではなく、運転者コミュニティの間で自然発生的に定着したルールである。

表-1 一般的な運転者間でのコミュニケーション

方法		意味
身体	手をあげる	謝意
	おじぎ	謝意
前照灯	一時点灯	対向車：消灯を促す、この先取縮り 対向右折車：右折を促す
		前車：警告
	上向き	煽り・怒り
非常点滅灯	1 回点滅	謝意
	点滅	危険 (この先渋滞あり)
警音器	短く鳴らす	前車：走行を促す
		対向車：謝意
	長く鳴らす	危険・怒り

## 2-2 運転者間コミュニケーションに関する

### 既往の研究

自動車交通の中で運転者間のコミュニケーションが必要とされる中で、それを支援する手段に関する研究開発事例は少ない。コミュニケーションシステムの 1 つの事例として、動物の尻尾状の機器を自動車後部に取り付け、運転席からの遠隔操作により、それを縦あるいは横に振ることで、謝意等の意志伝達を行うシステムが開発されており[3]、その実用化に至っているが普及するまでには至っていない。また、警察・道路管理車両等を中心に、電光表示システムによる情報伝達装置が開発、実用化されており、例えば除雪車の電光掲示板による情報提供に関する研究報告がなされている[4]。

他方、車車間通信は ITS の重要な要素技術として、さまざまな研究開発が行われているが、自動運転や渋滞解消等に用いることを主たる目的としており、運転者間で意志伝達することを目的としてはいない。

またインターネットに接続した車載端末でブラウザや電子メールを利用できるシステムや車両間での動画像伝送システムも開発され、その一部は実用化されているが[5][6]、運転者間のコミュニケーションへの適用は考慮されていない。

## 3. IDCS の構想

### 3-1 IDCS の構想

本研究で対象とする IDCS は、非常点滅灯や前照灯等をツールとして用いてきた運転者間のコミュニケーションに対し、車車間通信技術等の ICT (Information and Communication Technology) を援用し、運転者間のコミュニケーションにおける「確実性」

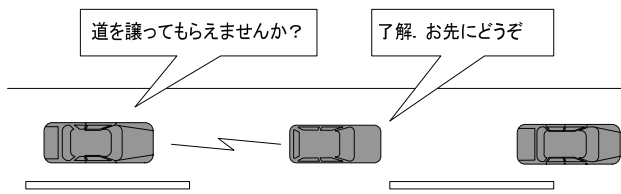


図-1 IDCS のイメージ

と「多様性」の向上を目指すものである。IDCS のイメージを図-1 に示す。

### 1) 「確実性」の向上

「確実性」の向上は、これまで主に灯火類を用いたコミュニケーションの不確実性を排除することを目的とする。例えば、交差点で右折待ちをしている車両に対し、対向する直進車が前照灯を一時点灯（パッシング）した場合には、右折車両の運転者によっては「お先にどうぞ」「来るな」という相異なる解釈がなされたり、場合によっては解釈不能というケースもあり得る。また 2 車線道路を走行中に、対向する車両がすれ違う際にパッシングした場合においても、「灯火の消し忘れ」「この先に取締り」「前方に障害物」「車両の故障」など様々な解釈があり得る。高速道路の追越車線における方向指示器(右)の点灯等、その解釈が統一されていないものもある。このように現状において、コミュニケーションの確実性が保証されておらず、確実なコミュニケーションを支援するための手段が必要である。

### 2) 「多様性」の向上

「多様性」の向上については、これまでの手段では不可能であった、より多様なコミュニケーションの実現を目的とする。これにはコミュニケーションを行う「内容の多様性」と「通信対象の多様性」という 2 つの側面がある。第 1 の「内容の多様性」については、これまでの通信手段では灯火類を用いたビット系の通信が行われていたが、ICT の進歩に伴い、バイト系の通信が可能となり、より多様なメッセージとしての意思の伝達が可能となる。例えば、赤信号で停止している車両のブレーキランプの電球が切れている時など、それを伝達したくとも、現時点ではそのツールは提供されていない。IDCS はこのようなメッセージの伝達を可能とする。他方、第 2 の「通信対象の多様性」は、これまでのコミュニケーションは、灯火や警音器等を利用しており、視覚や聴力の届く範囲に制約されていたが、ICT に活用によりこの制約を排除することが可能となる。すなわち、前後左右に隣接して存在する車両のみならず、

隔たった車両間でのコミュニケーションを実現する。これにより、例えば後方からの緊急自動車の接近情報を、後方車両から順次、先頭方向に伝達したりすることが可能となる。

## 3-2 IDCS の開発課題

IDCS の実現は、これまでの運転者間のコミュニケーションにおける不確実性を除去するとともに、より多様な情報交換を実現するものと期待されるが、IDCS を実現するためにはいくつかの技術的な課題を解決する必要がある。

### 1) 基盤となる車車間通信技術の開発

IDCS の実現においては、車車間通信は欠くことのない技術である。車車間通信に関しては、その標準化に関する検討が進みつつあるが、現時点では利用可能な標準化されたプロトコルは存在しない。IDCS の基盤と技術として、これらの研究開発とその標準化は必要不可欠なものとなる。

### 2) 通信を行うためのアプリケーションの開発

IDCS は、車車間通信を基盤としたアプリケーションの 1 つである。IDCS では、隣接した車両に限定せず peer-to-peer での通信を確立する必要があり、アプリケーションの最下層では、実空間における車両の位置関係から、ネットワーク上のアドレスを導くロジックの開発が必要となる。特にインターネット等のグローバルネットワークを基盤技術として利用する場合には、位置情報の取得には GPS 等のシステムを利用する必要がある。この空間的位置とネットワーク上のアドレスを照合するロジックを介して、IDCS のユーザは指定した位置関係にある車両との間でのネットワークの確立が可能となる。

次に IDCS のユーザがどのような状況でどのような情報交換を行うのかを明確にし、それを IDCS のアプリケーションに組み込んでいく必要がある。

### 3) 運転操作を妨げないインターフェースの開発

アプリケーションの開発と関連して、IDCS の開発においては、ユーザとなる運転者の運転操作を妨げることなく、情報の取得と送信を行うインターフェースの開発が必要不可欠である。

## 4. IDCS プロトタイプの構築

これらの開発上の課題に対する解として、著者らはこれまで IDCS のプロトタイプの開発を行っている。以下ではそれらのシステムの概要と実験に関して述べる。

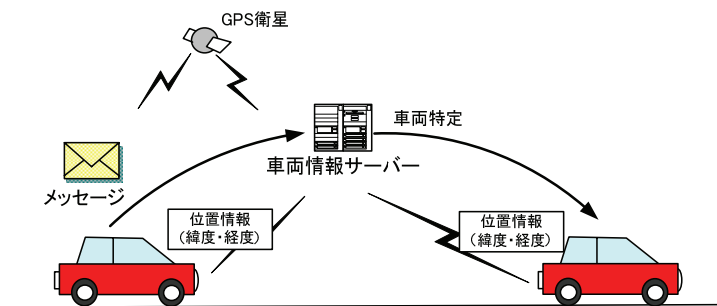
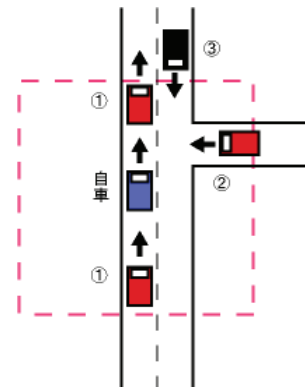


図-2 無線 LAN・GPS を用いた IDCS



①前後車両検索②交差車両検索  
③検索外車両  
図-3 車両情報の検索

#### 4-1. 無線 LAN を用いた IDCS プロトタイプの開発

##### 1) 開発の概要

開発の第一段階として、著者らは、自転車周辺に隣接して存在する特定の車両に対してメッセージを送信することを目的とした IDCS のプロトタイプの構築を行った[1][2]。各車両上の端末装置は無線 LAN により IP ネットワークに接続されていることを前提とし、そのネットワーク上で車両特定、メッセージ送受信が可能なシステムを構築した。

##### 2) 送信対象車両の特定方法

自転車周辺に存在する前後あるいは左右の特定の車両に対してメッセージを送信するためには、対象とする車両の IP アドレスを特定する必要がある。本研究では車両の位置関係を求めるために、GPS による位置情報を用いる (図-2)。各車両には GPS レシーバを搭載し、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) は車両情報サーバに転送され、サーバに登録・蓄積される。

ある車両から車両情報の検索要求があった場合、まず、その車両の一定の範囲内の車両を抽出する (図-3)。前方または後方の車両の検索では、抽出した車両から同一方向に進む車両のみを選び、さらにその中で距離が最小である車両を求める。また交差車両を検索する場合には、抽出された車両から進行方向が直交する車両のみを選び出し、さらに左右どちらの位置にいるかを計算し、対象車両を求める。

求められた車両の情報から IP アドレスと確認用の車両情報 (車種や色等の情報) を加えて、検索を行なった車両に返す。



図-4 システムのプロトタイプ

##### 3) メッセージの送受信方法

車両間におけるメッセージの送受信は、車両情報サーバから取得した IP アドレスを基に、無線 LAN によるネットワークを介して文字情報により行う。メッセージの送受信においては、運転操作の妨げにならないような送信方法とすることから、ユーザが予め設定したメッセージから選択して送信するものとする。送信されたメッセージは、ネットワークを通じて該当車両の端末が受信する。

##### 4) プロトタイプの構築と検証

構築したプロトタイプのインターフェースは、ユーザの運転操作を妨げないことを前提として、画面上でのマウス操作の他に、音声による読み上げメニューを用いて、それをマウスのダイヤルボタン及びボタン操作のみで選択するように設計している (図



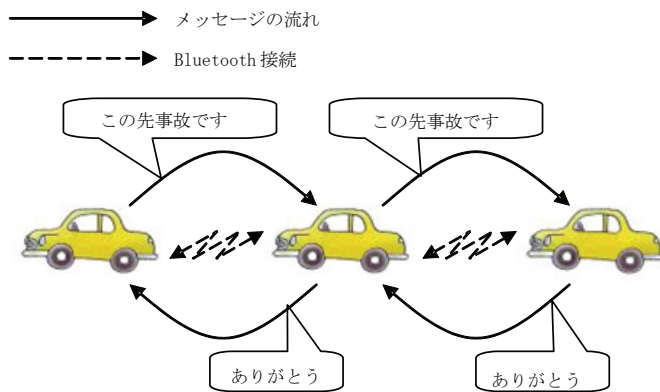


図-5 車群内におけるコミュニケーション

表 2 送信対象車両と送信情報

方向	対象車両	送受信情報
前方	直前の車両	故障情報, イライラ情報など
	車群の先頭車両	イライラ情報など
	前方の全車両	緊急車両接近情報など
後方	直後の車両	要望, 謝意など
	後方の全車両	事故情報, 検問など



図-6 ブッシュボタン式インターフェース



図-7 実験風景

-4).

構築したプロトタイプが正常に動作するかを検証するため、宮城大学構内道路において、前後車両間及び交差車両間での通信実験を行い、それぞれのケースにおいてシステムが正常に動作することを確認した。また室内でのドライビングシミュレータを用いた実験を行ったが、現状のマウスベースのインターフェースでは操作感に関する評価が 5 段階で 2.5 と低い値を示したが、操作においてはほぼ半数のユーザが音声のみで操作可能であったと回答している。

#### 4-2.小電力無線通信を用いた車群内 IDCS の開発

##### 1)システムの概要

4-1 で示したプロトタイプではグローバルネットワークの利用を想定し、ネットワーク上のサーバによる車両情報の管理を前提としていた。しかし、GPS による位置測定が周辺環境による影響を受けやすいこと等を考慮すれば、車群内でのアドホックなネットワーク環境が有用であると考えられる。そこで、

小電力無線通信である Bluetooth を利用し、通信範囲に存在する前後の車両間で、各々、接続を確立することにより、車群内における連鎖的なネットワーク環境を構築し、車群内の車両間の通信が可能となるシステムの構築を行った (図-5)。

Bluetooth は 2.4GHz の周波数を利用し、通信距離は障害物がない場合の理論値で最大半径 100m 程度、最大 3 Mbps(EDR 使用時)の通信を可能とする。通信距離は環境により大きく異なるが、100km/h での車間距離が 60~80 m 程度であり[7]、一般道路で構成される車群に対しては十分な距離であると考えられる。なお、実際のシステムの構築においては、Bluetooth 間での通信確立時の認証手続きが煩雑なことから、あらかじめ認証済みの端末によりネットワークを構成している。

##### 2)車群内におけるコミュニケーションパターン

本プロトタイプにおけるメッセージ送信可能方向は鎖状に連なった車群の前方・後方の 2 方向とし、送信対象車両は実際の利用時の状況を考慮し、表-2

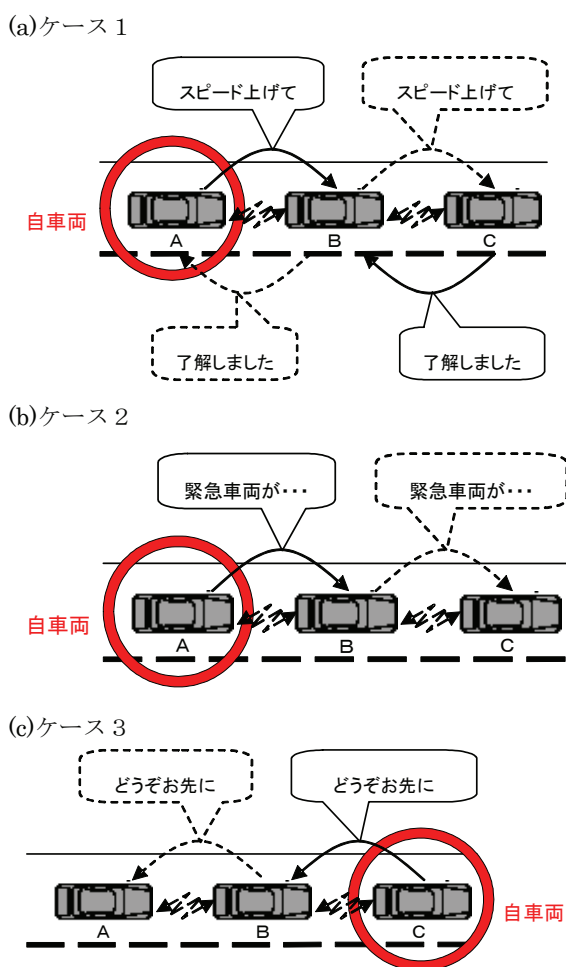


図-8 検証実験を行ったケース

に示す5通りの対象車両に限定し、送受信情報に対応するメッセージをあらかじめ定め、システムに組み込んでいる。

### 3) ユーザーインターフェースの改良

4-1での室内実験において、マウスを用いたインターフェースの操作性の問題が明らかとなったことから、2つの押しボタンをステアリングに取り付け、そのボタン操作により、音声メニューに対する選択ができるようにした(図-6)。

### 4) システム検証実験

構築したシステムが正常に動作するかを検証するための実験を、宮城大学近郊の環状道路上で実施した(図-7)。実験は、3台の車両で車群を形成し、図-8に示す3パターンで行った。いずれのケースにおいてもシステムは正常に動作し、Bluetoothを用いた連鎖的な情報伝達が機能することが明らかとなった。また実験に参加した被験者へのアンケートからは、

音声のみで操作が可能であったこと、操作が簡単であったこと等が良かった点として挙げられた。一方、悪かった点として、メッセージの選択手順が多く、送信まで時間がかかること、またボタンスイッチの配線が邪魔である等の問題があげられた。前者は、メニューの精査が十分ではなかったことによるもの、また後者は実験時の一時的な配線による問題であるが、ユーザーインターフェースに関しては今後さらなる改良が必要であることが明らかとなった。

## 5. おわりに

本論文では、運転者間コミュニケーションシステム(IDCS)の構想について述べるとともに、これまでに開発してきた2つのIDCSプロトタイプの詳細を示すとともに、その実証実験について述べた。特に今回、開発したBluetoothを用いたシステムでは、アドホックネットワークのもとでの車群内コミュニケーションが可能であり、その応用性は高いと考えられる。車車間通信技術の開発が進む中で、今後は、それを活用したより高度な運転者間(者者間)のコミュニケーションシステムを構築していく必要がある。また本論文で述べたように、IDCSは運転者間のコミュニケーションにおける確実性と多様性を向上させることを目的としている。これらのニーズは必ずしも将来的なものではなく、現在においても求められているものである。目的をより早急に実現するための手段についても考えていく必要がある。

## 参考文献

- [1]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, 佐藤史朗・蒔苗耕司, 情報処理学会研究報告, 2005, 89, 2005-ITS-22(15), 83-86, 2005.(電子情報通信学会技術研究報告, Vol.105, No.260, ITS2005-30, 49-52, 2005.)
- [2]蒔苗耕司・佐藤史朗, 車車間通信技術を適用した運転者間コミュニケーションシステム, 第5回ITSシンポジウム Proceedings, pp.105-110, 2006.
- [3]八谷和彦, "サンクステイル", <http://www.petworks.co.jp/~hachiya/works/tail.html>, 2001.
- [4]菊池恵子, 根元千衣, 浜岡秀勝, 武藤徹, 西川文隆, 冬期の道路サービス向上施策とその評価, 第4回ITSシンポジウム proceedings, 97-102, 2005.
- [5]TOYOTA, "G-BOOK", <http://g-book.com/>.
- [6]藤晋, 津川定之, 浜口雅春, 徳田清仁, 車車間通信による動画伝送の応用, 電子情報通信学会2004年総合大会, A-17-19, 2004.
- [7]自動車安全運転センター(調査研究部), 適正な車間距離のあり方に関する調査研究, 自動車安全運転センター調査研究ニュース, 13, 2007.