

車々間通信による運転支援システムの評価実験プラットフォーム (ARDS-Platform) の開発とその評価

チャン ホン キエン¹ 井手口 哲夫^{1,a)} 奥田 隆史¹ 田 学軍¹

受付日 2011年3月28日, 採録日 2011年10月3日

概要: 現在, 車々間通信を用いた運転支援システムが注目を集めている. しかし, 安全性やコストなどの面からこれらのシステムを評価することは容易ではない. 本論文では車々間通信を用いた安全運転支援システムを対象に, 現実に近い環境で, かつローコストな評価実験プラットフォーム (ARDS-Platform) の開発について述べる. また, このプラットフォームの評価実験として, 車々間通信による追従走行の機能とその通信特性について考察し, その有効性を示す.

キーワード: 車々間通信, 運転支援システム, シミュレーション, ドライビングシミュレータ

Development and Verification of an Experimental Platform (ARDS-Platform) for IVC-based Driving Safety Support System

TRAN HONG KIEN¹ TETSUO IDEGUCHI^{1,a)} TAKASHI OKUDA¹ XUEJUN TIAN¹

Received: March 28, 2011, Accepted: October 3, 2011

Abstract: Recently, there are a number of researches on communication method or communication characteristic in Inter-Vehicle Communication (IVC) and the standardization of IVC is moving forward actively in Japan. The development of applications using IVC for safety driving is becoming an important issue. Since there are few driving simulators that support IVC, it is not easy to evaluate the applications using IVC in a realistic situation. In this paper, we describe about our development for a new type of driving simulator called ARDS-Platform which supports IVC and helps developer easily to evaluate their applications.

Keywords: inter-vehicle communication, driving safety support system, simulation, driving simulator

1. はじめに

安全かつ円滑な協調走行を目指し, 車々間通信 (IVC) を用いた安全運転支援システムの標準化や実用化は急速に進められている. 車々間通信を利用した交通事故回避システムはすでに実際の道路を使用し, 評価実験が行われている [1].

車々間通信において, 通信方式やアクセス方式などの通信特性についての研究は多くあるが, これから標準化される車々間通信を用いたアプリケーションの研究・開発は重要な課題 (表 1 参照) となっているにもかかわらず, こ

れについての研究は少ない. その 1 つの理由として, 車々間通信は比較的新しい研究分野であり, 伝送方式およびそのアプリケーションやサービスを実現する手段はまだ確立されていない. それ以外に, 次のような理由も考えられる. 車々間通信を使用するシステムを含め, 安全運転支援システムの 1 つの特徴は安全性や信頼性を非常に強く要求することである. このようなシステムを開発し, 最終的には実際の道路環境と実車で試験運転を繰り返して行わなければならない. しかし, 安全性やコストの面から考えれば, 開発の初期の段階において, 想定しているシステムのプロトタイプを作成し, いきなり実環境道路で評価することができない. そのために従来では, ドライビングシミュレータを使用し, 評価を行うことが一般的なやり方である. 現在, ドライビングシミュレータの用途は主にドライバ個人

¹ 愛知県立大学大学院情報科学研究科
Graduate School of Information Science and Technology,
Aichi Prefectural University, Aichi 480-1198, Japan

a) ideguchi@ist.aichi-pu.ac.jp



図 1 3種類のドライビングシミュレータ
Fig. 1 Three types of driving simulator.

表 1 車々間通信の標準化仕様 [5]

Table 1 Specifications of Inter-Vehicle Communication (Japan).

規格・委員会	RC-006
使用周波数	715~725MHz
チャンネル数	10MHz × 1ch
変調方式	OFDM
伝送速度	3~18Mbit/s
アクセス方式	CSMA/CA
アクセス制御拡張	DFC
隠れ端末対策	今後検討
時刻同期	
通信プロトコル	単向同報通信(ACK なしのブロードキャスト)
上位プロトコル	今後課題

の運転特性の解析やブレーキ支援システムなどのような車内のシステムの評価が中心である。一方、車々間通信を使用するシステムでは、車両双方向の通信によって、車両情報（位置情報、速度情報など）に基づく注意喚起や警報システム [2], [3] だけでなく、合意形成手法 [4] によりドライバ相互間でのやりとりを実現するシステムも可能になり、このときにドライバの行動はほかのドライバの行動に大きく影響される。このため、同時に複数の実ドライバによる実験が必要になるが、現在のドライビングシミュレータではこのような用途を想定しておらず、対応できるようなものはほとんど存在しない。このように車々間通信のアプリケーションを開発するうえで、実車による評価実験の前段階のツールが少ないため、研究・開発がスムーズに推進されない要因の1つと考えられる。

このような問題を解決するために、本論文では車々間通信の上位プロトコルに関係するアプリケーション開発を対象に、現実に近い環境で、かつローコストな評価実験プラットフォーム ARDS-Platform の開発について述べるとともに、本プラットフォームの評価実験を行い、その有効性を示す。

2. 関連研究

前章で述べたドライビングシミュレータ (DS) を利用す

る主な特徴として次のようなものがあげられる。

- 安全性の確保：仮想環境で実験を行うことができるため、車両の事故を起こしても被験者には影響を与えない。
- 高い再現能力：コンピュータグラフィックで道路環境を作り、どんな状況でも再現が可能である。
- 低コスト：試験道路あるいは実際の道路での実験よりコストが低い。
- 容易なデータ収集：DS は統合されたシステムであるためデータの収集は簡単である。

現在の DS はその用途に応じて様々なものがあり、その構成も異なる。運転訓練用の DS は自動車教習や運転適性検査に用いられ、この種類の DS のハードウェア構成は単純で、レーシングゲームのようにドライバはディスプレイ画面を見ながら机に取り付けられるハンドルコントローラで運転を行う（ここでは DS タイプ 1 と呼ぶ）。操縦安定性やドライバの心理・生理などの調査、基礎研究ではより現実に近い環境を再現するために、コックピット（操縦席）と大きなスクリーンを使用するものが多い。さらに、車両の動きを再現するためにドライバのシートは固定ではなく、油圧装置や回転装置などで運転時の振動を再現している。この種類の DS のサイズは車両 1 台分のサイズのものが多い（ここでは DS タイプ 2 と呼ぶ）。また車両の上下運動だけでなく、左右、前後の動きまで再現する巨大なシミュレーション装置もある（ここでは DS タイプ 3 と呼ぶ） [6], [7], [8] (図 1)。

DS タイプ 1 は構成が最も単純で、ドライバの視野角度はやや狭く、車両運動模擬装置がないためリアリティ感は乏しいが、コストパフォーマンスやユーザビリティが高いため、現在でも多くの研究に使われている。DS タイプ 2 と 3 は実際の車両の走行を忠実に再現することができ、リアリティ度が高いが装置は大きく、DS タイプ 1 と比べると非常に高価なもので、小規模な研究開発の場合でもハードルが高い。

次に、車々間通信を使用するシステムにおいて上記の 3 種類の DS の有効性について考察する。車々間通信を使用し、検討の優先度が高い代表的なシステムは主に衝突防止

システムであり、具体的には出会い頭衝突、追突、右・左折時の防止システムである [9]。これらのシステムは他車両の走行情報（車両位置、速度など）から自車両のドライバーに注意や警告を提示し、ドライバーをサポートするシステムである。このように、通信を使用する運転支援システム、特に車々間通信の場合は、アプリケーションに参加するのは当然複数の車両であり、車載センサやミリ波レーダを使用し、衝突を回避するような車両単独あるいは車両内だけで完結できるシステムではなく、他車両の走行情報に依存し、影響を大きく受ける。このため、システムを評価する場合、自車両のドライバーに対する評価だけでなく、他車両のドライバーに対する評価も同時に行う必要がある。つまり、評価実験を行う際、複数のドライバーが同時に実験を行い、システムを評価する必要性が出てくる。この点において、現在の DS は対応が困難である。既存の DS では実ドライバー 1 人に対し、他のドライバーはすべて仮想的なドライバーである。このような仮想的なドライバーモデルで実際のドライバーを再現できるかは大きな課題である。加えて、DS タイプ 2 と 3 のような巨大な装置を複数のドライバーによる実験のために何台も設置することは困難である。

車々間通信の分野における多くの研究では NS-2 や OPNET のようなネットワークシミュレータが使われ、これらの研究は主に伝送方式やアクセス方式が中心になっている [10], [11]。今後、上位のプロトコルを評価するために、正確な通信特性の再現に加えて、今までのドライビングシミュレータのような車両の環境をも想定したシミュレータが必要である。

3. ARDS-Platform の構成と機能

3.1 システム概要

図 2 は本論文で開発する ARDS-Platform のシステム概念図である。ARDS-Platform では RC カーを用いて実際の車両を模擬する。RC カーのハードウェア（各種のモータ

やセンサなど）を直接制御するためにマイクロコントローラを使用する。上位のソフトウェアや車々間通信を模擬するために無線 LAN インタフェースを持つ組み込み Linux ボードを使用する。車の上には無線カメラを搭載し、ドライバーは無線カメラからの映像を通して、遠隔操作を行う。車々間通信を模擬するために無線 LAN を用いる。

3.2 ハードウェアとソフトウェアの構成

図 3 (左) は車両のハードウェア構成図である。ハードウェアは 4 つのモジュールからなる。最下位のハードウェアにはモータやセンサなどがあり、その上にはモータ駆動回路やセンサ制御回路がある。これらを統合し制御しているのはマイクロコントローラである。マイクロコントローラは上位のモジュールからの命令を解釈し、ハードウェアの制御を行う。

図 3 (右) は実際の車両の写真である。使用する RC カーは 1/10 モデルで、車両のサイズは全長 421 mm × 全幅 187 mm × 全高 145 mm である。

本研究で開発した車両制御ハードウェアは PWM 制御方式を採用している市販のほとんどの RC カーの上にマウントすることが可能である。

最上位のモジュールは組み込み Linux ボードである。この部分は遠隔操作を行うドライバーの端末からの命令を受信

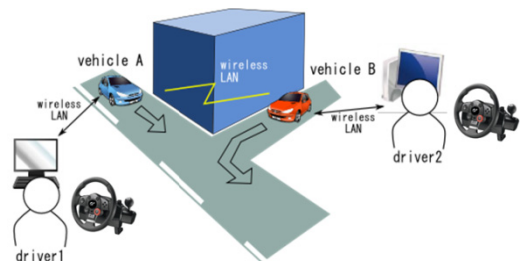


図 2 ARDS-Platform のイメージ図
Fig. 2 Image of ARDS-Platform.

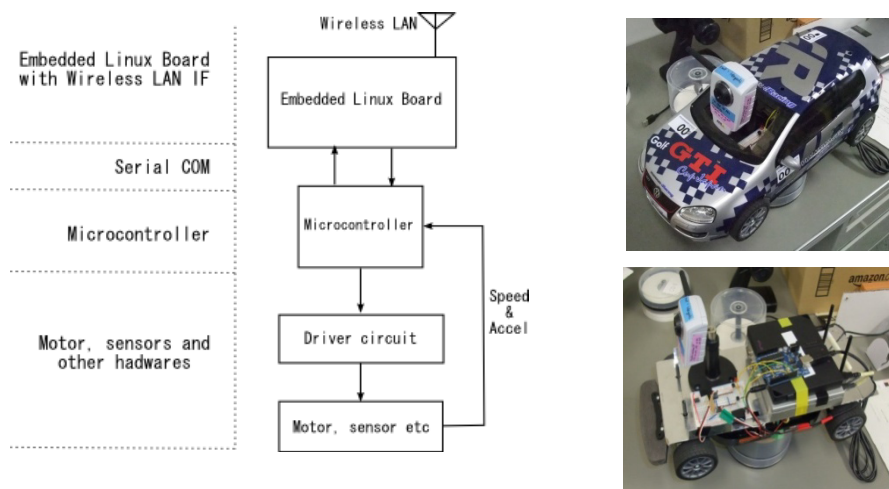


図 3 車両のハードウェア構成と実際の車両
Fig. 3 Hardware components and actual vehicle.

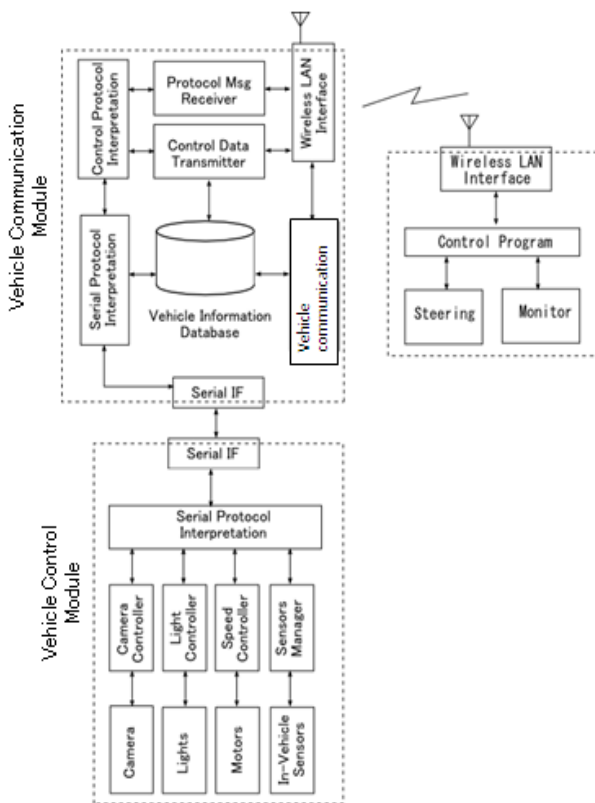


図 4 ARDS-Platform の機能構成図

Fig. 4 Function block diagram of ARDS-Platform.

し、マイクロコントローラに指示を出す。その他の役割として車々間通信の機能はここに実装する。マイクロコントローラと組み込みボード間の通信インタフェースはRS-232を使用する。

図 4 は本プラットフォームのソフトウェア構成モジュールを示している。今回開発したソフトウェアは、マイクロコントローラ、組み込み Linux ボードおよびドライバの遠隔操作端末に実装される。マイクロコントローラにはハードウェアを統合的に制御するソフトウェアが実装されており、組み込みボードには遠隔操作するための通信モジュール、車両情報データベース、車々間通信モジュールがある。遠隔操作端末のソフトウェアは車両を操作する入力装置（ステアリングやアクセルペダル、ブレーキペダル）を制御するソフトウェア、出力装置（モニタ）に車両の状態や無線カメラからの映像を表示するソフトウェアが実装されている。RC 車の制御にかかる通信、車々間通信、RC 車から遠隔ユーザへのビデオストリーミングは無線 LAN (802.11b/g) を使用する。

3.3 遠隔操作端末とアプリケーション開発

この ARDS-Platform の上に車々間通信を用いた運転支援アプリケーションを開発する場合、ハードリアルタイム性（衝突回避システムや制御系のアプリケーションなど）を要求されるアプリケーションは組み込みボード上に実装し、ソフトリアルタイム性のアプリケーション（ドライバ

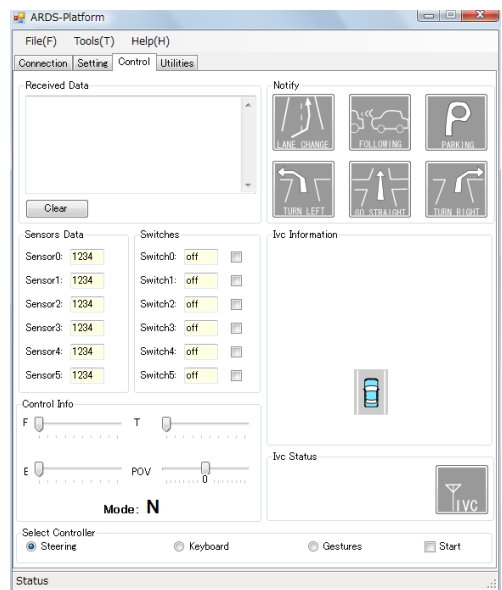


図 5 遠隔操作端末のソフトウェアによる画面（左：制御情報、右：車々間通信情報）

Fig. 5 A sample of remote control console.

の警告提示、他車両の行動通知など）は遠隔操作端末上に実装することを基本方針としている。遠隔操作端末のソフトウェアは、開発者が新たな制御プロトコルを含め、独自で開発することが可能である。

図 5 は本論文で開発した遠隔操作ソフトウェアによる画面で、車両の操作以外に、車々間通信を用いてドライバの行動通知、他車両の行動通知を自車両のドライバに提示する機能を持っている。

3.4 車々間通信の通信方式

ARDS-Platform では無線 LAN (802.11b/g) を使用し、車々通信を模擬することが可能である。このために、次の 4 種類のメッセージを使って実現する。

1. HELLO メッセージ：定期的送信され、役割は周囲の車両の発見と通信パスの確立である。
2. SYNC メッセージ：車両の状態を周囲に通知するためのメッセージで、車両の状態が変化したときに発信される。
3. NOTIFY メッセージ：ドライバの行動やイベントを通知したいとき使われる。
4. ACK：応答確認のためのメッセージである。

車々間通信の基本メッセージ構造は次のようになっている。

MsgType	MsgId	DestId	SrcId	Data
---------	-------	--------	-------	------

- MsgType, MsgId：上の 4 種類のメッセージタイプとメッセージ ID
- DestId, SrcId：宛先車両 ID, 送信元の車両 ID
- Data：MsgType に対応したデータ列

4. 評価実験

4.1 追従走行時の評価

安全運転支援システムにはそれぞれに対するシステム要求が異なり、ドライバ行動にも大きく関係している。たとえば、右折時衝突防止支援システムでは必要な通信の直線距離は約 120 m で、このときドライバがとる行動は右折行動になり、出会い頭衝突防止システムの必要な通信距離は前方と左右約 250 m で、このときのドライバの行動は通常の直線運転になる。このようにアプリケーションによって扱うドライバの行動が異なり、本研究ではドライバのすべての行動を使って開発したプラットフォームを評価することは困難である。そこで、一般道路で通常走行時ドライバが一番多く行っている追従行動に注目し、まず実車での追従行動とこの ARDS-Platform による追従行動を比較し評価を行う。

文献 [14] では実際の車両を使って追従実験を行い、ドライバの追従走行の行動について調査を行い、その結果追従走行行動について次のような特徴があると述べられている。

- それぞれのドライバは追従走行時に固有の安全と思われる車間距離を持ち、この車間距離を中心に車間距離が変化する。
- ドライバの車間距離の調整行動において、アクセル操作はほぼ段階上に変化し、動作が始まってから、操作量が一定の量まで立ち上がり、そしてそのまま終了まで保たれ、動作中に細かい調整をあまりしないという特徴がある。

ARDS-Platform を用いて直線道路で追従走行を行い、ドライバのアクセル操作についての実験結果 (図 6) と文献 [14] の行動特徴を比較すると、ほぼ同様の特徴を確認することができる。

4.2 通信特性

ここで開発した ARDS-Platform の通信特性を調べるために、2 台の車両を使って Ad-hoc モードで通信実験を行い、実験結果から実際の車々間通信システムの要求条件と比較する。文献 [11], [12], [13] から安全運転支援システムにおける満たすべき通信性能を表 2 に示す。

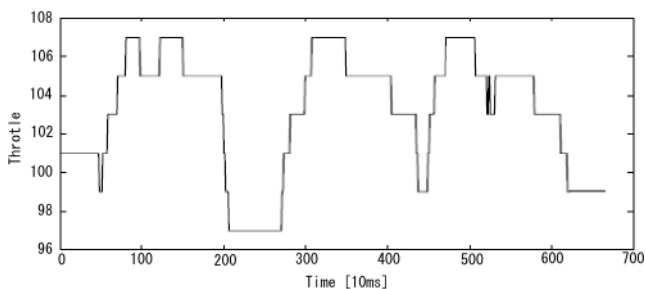


図 6 ARDS-Platform を利用したアクセル操作量
Fig. 6 Accelerator pedal control.

通信実験では UDP を使用し、周期 100 ms でメッセージの送受信を行い、応答時間を計測する。メッセージの大きさはおよそ 50 byte である。文献 [4] では実際の車々間通信で同じメッセージを 5 回送信し、メッセージの到達率を高めている。これと同様に、本プラットフォームの通信性能を測定するために同じメッセージを 5 回連続送信し、1 回でも成功すれば通信成功と見なし、5 回連続失敗する場合は 1 回の通信失敗とカウントする。

ARDS-Platform の通信特性を表 3 に示す。通信実験では、5 m, 10 m, 15 m の距離で 2 台の車両間で通信を行い、それぞれの距離において 2,000 個のデータの通信ログをとる。実験結果から通信成功の場合、平均応答メッセージ数は距離に応じて少しずつ増えていくことが分かる。しかし、メッセージの遅延時間はどれも表 2 の要求 (< 50 ms) を満たしている。また、同じデータを 5 回送信すればデータ到達率はどの距離においても 99% 以上になっており、要求条件 (95% 以上) を満たしている。なお、本提案プラットフォームでは 2 連送から 5 連送のいずれかを実験環境に合わせて選択できるものとする。

ARDS-Platform では、(a) RC カーの制御にかかる通信、(b) 車々間通信、(c) RC カーから遠隔ユーザへのビデオストリーミングは無線 LAN (802.11b/g) を使用しており、実

表 2 安全運転支援システムに対する通信性能要求

Table 2 Requirements for communication system simulator of safety driving support system.

周波数	700MHz, 5GHz
通信距離	~1200m
通信頻度	100ms~
遅延時間	50ms~
通信ノード数	1000 台
アクセス方式	CSMA が中心
データ到達率	95%以上
データサイズ	200byte 程度
通信ノード	すべてが移動可能
周囲環境	地形・建物情報

表 3 通信メッセージ統計

Table 3 Communication characteristic (2 vehicles).

距離[m]	5	10	15
通信成功回数	1866	1892	1874
通信失敗回数 (単送信)	134	108	126
通信失敗回数 (5 連送)	6	7	8
平均応答時間[ms]	3.576	3.607	4.062
最大連続失敗回数	16	17	19
データ到達率 (5 連送) [%]	99.7	99.65	99.6
合計メッセージ数	2000	2000	2000

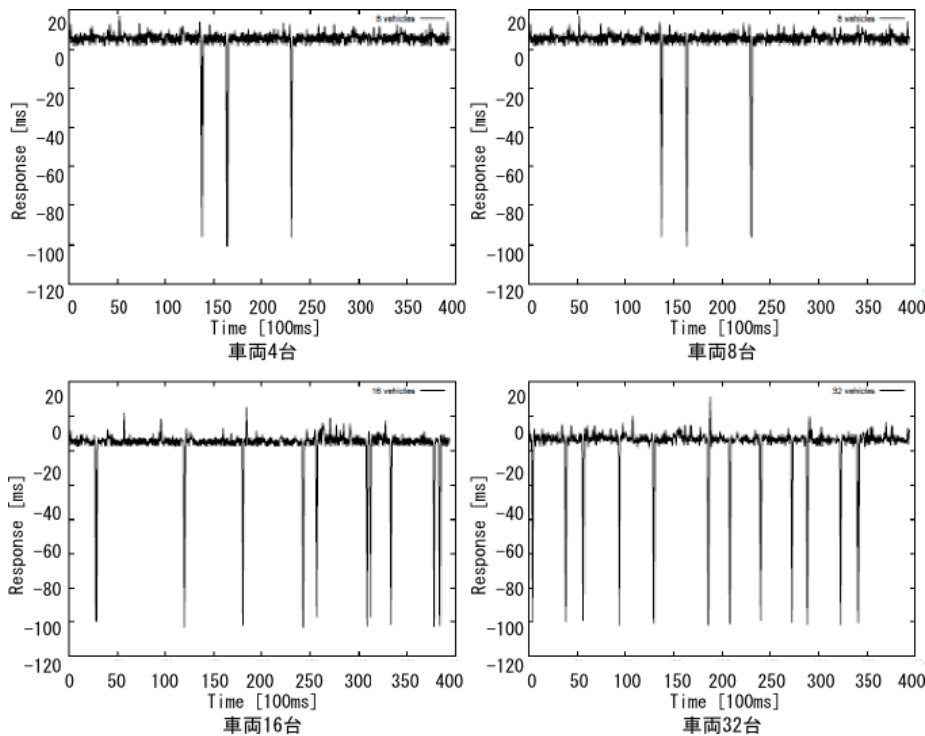


図 7 複数台での通信結果 (Response 時間がマイナスのときは通信失敗を表す)

Fig. 7 Communication results (multiple vehicles) (Response time less than 0 means communication failure).

験を行う際、無線カメラは 802.11g で、組み込みボードの通信は 802.11b/g 互換モードを使用するように設定をし、遠隔操作端末は 802.11g を使用する。802.11g の理論上の伝送速度は 54 Mbps であるが、実際は約 20 Mbps であり、通信 (a) と (c) の合計で約 5 Kbps である。一方、通信 (b) はフレームサイズ 320 × 240、1 秒間 30 フレーム、圧縮率 50% の条件で利用し、約 9 Mbps の通信帯域を必要とする。したがって、これらの 3 種類の通信で必要となる伝送帯域は約 9.005 Mbps である。このことから、45% の帯域利用率になり、実際の実験において遠隔操作端末を中心に半径 50 m 以内の範囲で行い、ビデオデータの伝送遅延は約 170 ms であり、映像、制御データをスムーズに通信できた。

ARDS-Platform ではスケールモデルの車両を用いている。よって、無線 LAN で車々間通信を模擬するとき無線で通信可能な範囲も小さくしなければならないという問題がある。この問題を解決するために次のような方法があり、本プラットフォームにおいては 2 番目の方法を採用している。

1. 送信電力を下げる方法：組み込みボードの無線 LAN モジュールの送信電力を下げ、物理的に通信範囲を調整する方法である。
2. 電波強を閾値とする方法：プラットフォームではつねに無線 LAN の電波強度を監視しているため、この値を利用し論理的に通信範囲を制限する方法である。
3. 車両間の距離をベースとする方法：前方・後方車両との距離を用いて通信範囲を制限する方法である。

表 4 複数台の通信特性

Table 4 Communication characteristic (multiple vehicles).

台数[台]	4	8	16	32
通信成功回数	399	397	390	387
通信失敗回数 (単送信)	1	3	10	13
通信失敗回数 (5 連送)	0	0	0	0
平均応答時間[ms]	6.29	5.78	5.93	7.14
パケット到達率 (単送信)	99.8	99.3	99.5	99.8
パケット到達率 (5 連送)	100	100	100	100

次に、車両の台数が増えると通信にどのような影響を与えるかについて評価する。本プラットフォームの動作環境として最大 32 ノードとして設計しているため、この評価実験ではトラフィックジェネレータを使用し、4 台、8 台、16 台、32 台の順に増やし実験を行う。その結果は図 7 で示し、応答時間がマイナスの部分は通信失敗したことを示している。実験結果により、台数を増やすにつれて単送信での通信失敗回数が増加していることが分かる。その原因として台数が多くなると無線の干渉頻度が増え、通信失敗を引き起こしていることが考えられる。しかし、5 連送でパケットを送信すると台数が増えても 100% の通信成功確率を達成でき、最大 32 ノードの実験環境において通信性能要求を満足することができる (表 4, 図 7)。なお、32 ノードを超える場合においては評価対象となる走行車両アプリケーションと合わせて今後検討することが必要である。

以上の実験結果により、開発した ARDS-Platform の車々間通信性能は、要求条件を十分満たしており、その有効性

が示されている。

5. 車々間通信による急ブレーキ警告システム

続いて、車々間通信による前方車両急ブレーキ警告システムを ARDS-Platform 上に実装し、システムの問題抽出やアルゴリズムの検討について述べる。このシステムは、車々間通信により隣接車両だけでなく遠く離れた車両に対しても車両情報の交換を行うことができ、協調走行を実現できる。また、後続かつ正確な無線通信により車載センサに頼らずに周囲の車両の情報を正確に取得することができることから、この特徴を活かしたシステムとして開発を行う。

5.1 関連技術

従来の衝突回避システムは、2009 年以降 Volvo 社、富士重工業、Volkswagen 社などが前方車両に対する車載センサにより、車間距離からブレーキ制御を行う車が実用化されている。このようなシステムでは 2 車両間のみ適用されるため、3 台以上の車両相互間の追突回避は対象としていない。今後は 3 台以上の追突回避を可能とする方式が望まれている。本論文ではこのような状況をふまえて、車々間通信機能を持つ本プラットフォームの有効性を確認するために急ブレーキ警告システムとして評価する。

5.2 システム概要と実験方法

図 8 はこのシステムのイメージ図である。

3 台の車両が走行中に、先頭車両が急ブレーキを踏む状況を考える。この状況では玉突き衝突を引き起こしやすいと考えられる。このとき、先頭車両のブレーキ踏力や車両の加速度の変化を検知し、急ブレーキと判断されたときに車々間通信を用いて後続車両に通知し、後続車両ではこの通知を受信した後、自車のドライバに注意・警告を提示する。警告方法については警告メッセージ表示とともに音声(連続ピーブ音)で注意を促す方法で実験を行う。

実験では 2 台の車を用いて、まず車々間通信を使わない場合、前方車両が急ブレーキを踏む時点から後方の車両のドライバがそれを目視で認識しブレーキを踏む時点までの時間差を計測し、次に車々間通信による通知・警告システムを導入した場合に同様の計測を行い、ドライバの反応時間の変化について評価を行う。



図 8 車々間通信による前方車両急ブレーキ警告システムのイメージ図

Fig. 8 Image of emergency brake caution system using inter-vehicle communication.

5.3 実験結果

図 9 と図 10 は 2 名の被験者の反応時間を示している。左側のグラフは通常時(車々間通信なし)で右側のグラフは車々間通信による警告システムにおけるドライバの反応時間である。車々間通信を使用しない場合は明らかにドライバの反応時間のばらつきが大きく、一方車々間通信を使用するときの反応時間のばらつきが小さいことが分かる。また、それぞれのドライバの反応の平均や中央値は 2 ケースにおいてそれほどの違いがないことも確認できる。このことから、車々間通信を用いて急ブレーキ通信システムを使用し、直後の車両に通知しても、ドライバの平均反応時間を縮める効果は期待できない。しかし、実験結果からドライバの反応時間のばらつきが小さくなったことから、前方車両の急ブレーキ情報を後続車両のドライバに通知すること

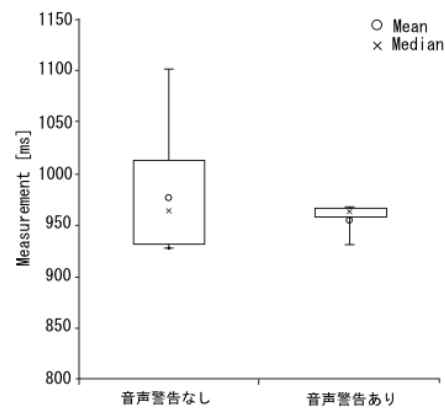


図 9 被験者 X の反応時間

Fig. 9 Reaction time of test subject X.

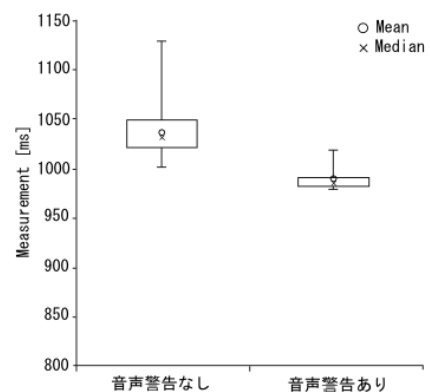


図 10 被験者 Y の反応時間

Fig. 10 Reaction time of test subject Y.

で、従来よりも状況判断が早くなると考えられる。

この実験では2台の車両で実験を行ったが、図8のような3台以上の状況において、車々間通信なしの場合、車両Cは車両Aがブレーキを踏む時点から車両Bの反応時間分遅延が生じる。このような状況を考えると、車々間通信による支援がある場合、車両Aが急ブレーキを踏むと車両Bだけでなく、車両Aから後方100m内にいる車両C以下の複数の車両に対して、ほぼ同時に状況を通知し衝突回避行動を開始することが可能となる。このことから、特に玉突き衝突のような事故を回避するために有効なシステムと考えられる。

6. おわりに

現在、車々間通信の研究・開発はさかんに行われており、実用化を意識した標準化活動も活発に行われている。しかし、車々間通信を用いたシステムの評価において実車を使用することが主流で、安全性やコストの面などの問題から容易に実験を行うことができない。実車を用いる方法以外に、ドライビングシミュレータを用いた研究も多くあるが、車々間通信の環境を想定し設計され、車々間通信を使用するアプリケーションの要求を満たすものはほとんどない。またドライビングシミュレータで複数の実ドライバによる協調走行実験を行うことが難しい。これらの問題を解決するために本論文では車々間通信を想定し、ARDS-Platformという新しいタイプのドライビングシミュレーションプラットフォームを提案し、システムの設計や実装について述べた。また、提案したシステムを評価し、直線での追従走行で実際の追従走行と比較し、実験結果から実際と同じ行動の傾向を確認することができた。

提案したシステムを使って車々間通信を用いた安全運転支援システムの1つの事例として急ブレーキ警告システムを実装し、評価を行った結果、車々間通信を用いた警告システムでは車々間通信を使用しない場合と比べてドライバの反応のばらつきが小さく、前方車両が急ブレーキを踏んだときに、後続車両が素早く衝突回避行動をとることができることが分かった。以上のことから、本論文で提案したARDS-Platformを導入することにより実車による評価実験の前段階として基本的な車々間通信を用いたシステムの評価に有効であることが示された。

今後の課題として、3台以上の車両による急ブレーキ警告システムの実験とその有効性の確認に加え、さらに実際のドライバで実験と各種アプリケーションへの適用を行い、操作性やデータの収集方法などの機能も改善する予定である。

謝辞 本研究の一部は、平成23年度日本学術振興会科学研究費補助金基盤研究(B)(20300030)の支援を受けて行った。

参考文献

- [1] 国土交通省：ITS-Safety 2010, 入手先 (http://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha07_hh.000019.html).
- [2] 高取祐介ほか：通信を用いた衝突予測による警告型安全運転支援システムに関する一検討, 電子情報通信学会技術研究報告, ITS, Vol.103, No.86, pp.7-10 (2003-5).
- [3] 楊崢コウ, 近藤則昭：GPSと車々間通信を用いた右折時の運転支援および警報タイミング推定の応用検討, 電子情報通信学会技術研究報告 ITS, pp.17-22 (2001).
- [4] Tran Hong Kien, 井手口哲夫, 田学軍, 奥田隆史：T字路における車々間通信による合意形成手法の検討と評価, 情報処理学会 DICO2009 論文集, pp.1-6 (2009-7).
- [5] ITS 情報通信推進会：700 MHz 帯を用いた運転支援通信システムの実験用ガイドライン (ITS FORUM RC-006) (2009).
- [6] JARI/ITS セミナー『ITSにおけるドライビングシミュレータの活用』(2009-9), セミナー資料, 入手先 (<http://www.jari.or.jp>).
- [7] NADS, available from (<http://www.nhtsa.dot.gov/>).
- [8] TOYOTA 社の DS, 入手先 (<http://www2.toyota.co.jp>).
- [9] ITS 無線システム委員会事務局, 総務省：ITS 無線システムの検討状況等, 平成21年7月(2009).
- [10] 今井悟史, 宇式一雅, 川崎健, 藤野信次：車々間通信サービスにおける通信品質の解析：通信特性のモデル化 (ITS), 情報処理学会研究報告 ITS (2008).
- [11] 日本自動車研究所：安全運転支援システムの通信系シミュレータに関するフィージビリティスタディ報告書 (2009).
- [12] 総務省：「ITS無線システムの高度化に関する研究会」報告書(案), 第4章 ITS 安全運転支援無線システムの通信要件 (2009).
- [13] ITS 情報通信システム推進会議：日本における運転支援通信システムの研究開発状況 (2010).
- [14] 成波, 谷口哲夫, 波多野忠：追従走行時のドライバ挙動に関する研究, 交通安全環境研究所報告, No.7, pp.1-11 (2005-03).



チャン ホン キエン

2009年愛知県立大学情報科学部地域情報学科卒業。2011年同大学大学院情報科学研究科博士前期課程修了。



井手口 哲夫 (正会員)

1972年電気通信大学電気通信学部通信工学科卒業。同年(株)三菱電機入社。1998年愛知県立大学情報科学部教授。現在に至る。ネットワークアーキテクチャ, 通信プロトコル, モバイルコンピューティング, ITS, タイムクリティカル通信等の研究に従事。工学博士。電子情報通信学会, IEEE 各会員。



奥田 隆史 (正会員)

1987年豊橋技術科学大学大学院修士課程修了。同年(株)セイノー情報サービス入社。豊橋技術科学大学助手。朝日大学助教授を経て、愛知県立大学情報科学部教授、現在に至る。通信ネットワークの性能評価に関する研究に従事。工学博士。計測自動制御学会，経営情報学会，OR学会，電子情報通信学会，IEEE各会員。



田 学軍 (正会員)

1991年中国天津紡績工大学大学院修士課程修了。1998年名古屋工業大学大学院博士課程修了。現在，愛知県立大学情報科学部准教授。ネットワークアーキテクチャ，通信プロトコル，ITS等の研究に従事。工学博士。電子情報通信学会，電気学会各会員。