

車々間通信コンセプトモデルに関する一検討

水井 潔^{1)*} 長谷川孝明²⁾ 永長知孝³⁾ 加藤 晋⁴⁾ 津川定之⁴⁾
羽渕裕真⁵⁾ 村田英一⁶⁾ 高橋常夫⁷⁾ 徳田清仁⁸⁾ 堀松哲夫⁹⁾
関 馨¹⁰⁾ 藤井治樹¹⁰⁾ 中川正雄¹¹⁾

1) 関東学院大学 2) 埼玉大学 3) 三重大学 4) 産業技術総合研究所
5) 茨城大学 6) 東京工業大学 7) NF 回路設計ブロック 8) 沖電気工業 9) 富士通
10) 自動車走行電子技術協会 11) 慶應義塾大学

* mizui@kanto-gakuin.ac.jp

あらまし 本稿は ITS (Intelligent Transport Systems) で用いられる車々間通信のコンセプトモデルの構築に関わるものである。世界中のいくつかの研究機関で車々間通信のアプリケーションに関する研究が盛んになっており、その通信方式の標準化の動きも出ている。車々間通信はアプリケーションにより様々な技術が用いられる可能性があり、それらをクラス分けして標準化を検討する必要がある。本稿では、こうしたクラス分けリファレンスを提供し標準化作業を効率的に進める役割を果たすために作成されるコンセプトモデルの構築をする際に必要となるポイントを整理している。

キーワード ITS, 高度交通システム, 車々間通信, 国際標準化, コンセプトモデル, リファレンスモデル

A Study on Concept Models of Inter-Vehicle Communications

Kiyoshi MIZUI^{1)*} Takaaki HASEGAWA²⁾ Tomotaka NAGAOSA³⁾ Shin KATO⁴⁾ Sadayuki TSUGAWA⁴⁾
Hiromasa HABUCHI⁵⁾ Eiichi MURATA⁶⁾ Tsuneo TAKAHASHI⁷⁾ Kiyohito TOKUDA⁸⁾ Tetsuo HORIMATSU⁹⁾
Kaoru SEKI¹⁰⁾ Haruki FUJII¹⁰⁾ Masao NAKAGAWA¹¹⁾

1) Kanto Gakuin Univ. 2) Saitama Univ. 3) Mie Univ. 4) AIST
5) Ibaraki Univ. 6) Tokyo Institute of Technology 7) NF Corporation 8) Oki Electronic Industry 9) FUJITSU
10) JSK 11) Keio Univ.

* mizui@kanto-gakuin.ac.jp

Abstract This report describes the structuring of concept models for Inter-Vehicle Communications (IVC). Several research organizations are now involved in the research of IVC and the standardization of such IVC technologies is also discussed. Depending on the applications, IVC may involve a variety of technologies. These technologies need to be classified into categories and their standardization must be studied. In this report, view points of the concept models playing a role in promoting an efficient standardization process as a reference are discussed.

Keywords ITS, Intelligent Transport Systems, Inter-Vehicle Communications, ISO, Concept models, Reference models

1. はじめに

ITS (Intelligent Transport Systems) を実現する通信方式として路車間通信と並んで取り上げられるのが車々間通信である。ITS 全体のシステムアーキテクチャレベルでは両者は対比される位置にあるが、実用化という観点では路車間通信が先行している。日本においては既に VICS, ETC において路車間通信が用いられ、通信方式の標準化も図られている[1]。一方、車々間

通信はまだ研究の段階で、それを利用する具体的なアプリケーションが検討されている状況である[2]。

日本においては、自動車走行電子技術協会 (JSK) によって 1980 年代初期から車々間通信の検討が始められた。まずは通信の特徴とアプリケーションの可能性についての検討が主であったが、1990 年代には協調走行という目標に向けた車々間通信の利用について、その可能性の検討が通産省機械技術研究所と共

同で実施され、2000年冬には成果を示すデモ実験がおこなわれた[3],[4]。また、90年代には慶応大学などいくつかの大学で、測距と通信を同時に行う方式や路側機一車々間の共用通信方式などの検討が進められた[5],[6]。

もともと車々間通信は路側の通信装置に頼らず車同士、厳密には車に搭載された通信機器同士による情報交換を指す場合が多かった。その代表的な利用のイメージが、車両のプラトーン走行における前後車両間のブレーキなど走行情報の提供である。一方、運転者に対する走行情報の提供や、娯楽情報の提供も車々間通信の利用範囲に含めて考えることもでき、通常の携帯電話や業務用無線とそのアプリケーション分野がオーバーラップする状況になってきた。また、最近のインターネットの急激な普及は、車々間通信の考え方にも影響を与えている。即ち、具体的なアプリケーションからみると何らかの形で通信インフラが関与した車々間通信が実現性を増しているように見える。

さて、車々間通信では、他のITS通信と同様、通信の互換性が重要になる。異なった事業者から提供される通信機器間でも情報交換が保証されることが、アプリケーションの効用の増大につながる。特に安全運転に関わるサービスについては高い普及率と共に通信互換性の確保が必須条件となる。つまり車々間通信では通信方式の標準化がサービス開始時点において達成されていなければならない。しかし、上に述べた如く、アプリケーションに応じて様々な技術が車々間通信に取り込まれることから、標準化の検討に当ってはまず対象とする通信のモデルを明らかにし、その中で標準化領域を特定しておくことが重要である。

このような状況下で、国際標準化 (ISO TC204) への提案活動を通じて車々間通信技術展開を図ると同時に日本の技術的なリーダーシップを確立することを目的に、JSKのITS車載器規格化委員会の中に“車々間通信システム標準化分科会 (分科会長：慶応大 中川正雄)”が設置され、さらに、分科会での議論を効率的に行えるようにするため、“車々間通信コンセプトモデル検討WG (主査：埼玉大 長谷川孝明)”を電子情報通信学会規格調査会に委託・設置して車々間通信の標準化にあたって想定すべきアプリケーションを明確化することになった。本WGの構成員は表1に示すとおりで、電子情報通信学会ITS研究会等で車々間通信関連技術の研究発表を積極的に行っている者である。

本稿では、車々間通信コンセプトモデル検討WGにおいて検討された内容を報告する。まず、車々間通信の定義を明確にし、その定義に従って車々間通信の分類を試みる際のポイントを整理し、代表的なコンセプトモデルを検討する。

なお、“車々間通信”の表記として他に“車間通信”、“車両間通信”、“車間通信”、“車載機器間通信”など様々あり少しずつ意味合いが異なっているが、本稿では混乱を避けるため“車々間通信”に統一することとする。

表1 車々間通信コンセプトモデル検討WG構成員

	氏名	所属
主査	長谷川 孝明	埼玉大学
幹事	水井 潔	関東学院大学
幹事補	永長 知孝	三重大学
委員	加藤 晋	産総研
	羽淵 裕真	茨城大学
	村田 英一	東工大
	高橋 常夫	NF回路設計ブロック (元 本田技術研究所)
	徳田 清仁	沖電気工業
	堀松 哲夫	富士通
アドバイザー	津川 定之	産総研
委員	関 馨	JSK
アドバイザー	藤井 治樹	JSK

2. 車々間通信の定義

車々間通信には厳密に車両どうしの直接通信を意味する狭義のものから、車両どうしの情報の共有という意味でインフラを介して実現する広義のものまで存在する。本章では狭義の定義から広義の定義まで三種の定義を挙げる。

【定義1】(狭義) 車々間通信とは、車両間で車載器どうしにより直接行われる通信。この中にはコンボイ走行 (プラトーン走行) 等のための直前直後のみの1:1通信も他車線を含む周辺車両間で情報を共有するための多対多通信も含まれる。

【定義2】(やや広義) 車々間通信とは、車載器間で直接か、または車載器と電波ミラー等の情報を書き換えない路側設備を利用して車々間で行われる通信。電波ミラーは、単純な反射型か中継再生器型かの如何は問わない。

【定義3】(広義) 車々間通信とは、車載器間で直接か、または路側設備を介して行われる通信。路側設備とは自動車専用通信設備も一般移動通信設備も含まれる。

例えば、AHS等で“A車の車載器→路側設備→路側ネットワーク→路側設備→B車の車載器”と通信する場合、【定義3】では車々間通信と言えるが【定義1】や【定義2】では言えない。また、携帯電話で近接して走行する車両の搭乗者どうしが会話をする場合も同様である。

3. 車々間通信の分類の観点

車々間通信の標準化を考える際には、考えている車々間通信がどのような範疇のものであるかを明確にするために上記の定義に従い車々間通信の分類を行う必要がある。本章では車々間通信の分類のポイントを列記する。

【車々間通信システムの構築性による分類】

- サブシステムの形態による分類：
車々間通信システムは ITS 無線システムの中のサブシステムととらえることができる。このサブシステムを汎用品利用で構築可能か専用品利用が必要かで分類できる。
- 必要な普及率による分類：
構築する車々間通信システムが有効に機能するためのシステムの普及率で分類できる。
- 車載器の簡易性による分類：
搭載する車載器が簡易か否かで分類できる。これは車載器の価格にも影響してくる。
- マイグレーションの合理性による分類：
合理的なマイグレーションが期待できるかどうかで分類が可能である。
- 社会的受容性による分類：
社会的受容性は普及率にも影響してくる。社会的受容性が高いか否かによる分類が可能である。

【車々間通信システムの担う役割・形態による分類】

- 基本アーキテクチャによる分類：
基本アーキテクチャが路車間通信システムなど他のシステムから独立している“独立系”か、ユーザの意思により選択が可能な“選択型非独立系”か、ユーザの意思によらず統合通信網の一部としてユーザに意識されずにサブシステムとして利用される“協調型非独立系”か、で分類が可能である。
- インフラとの関係：
路側に設置されているインフラとの関係から、インフラを使用しない“インフラ非使用系”か、電波ミラー等の路側に設置されている簡易な施設を利用する“軽インフラ利用系”か、AHS 等に使用される DSRC や無線 LAN の利用が可能な“インフラ協調系”か、携帯電話や PHS を利用する“キャリア協調系”か、に分類できる。

【車々間通信システムの提供すべき性能による分類】

- 要求されるリアルタイム性：
提供されるアプリケーションにより車々間通信システムに要求されるリアルタイム性が異なってくる。要求されるリアルタイム性の大、中、小で分類される。
- 必要な普及率：
提供されるアプリケーションにより車々間通信システムに要求される普及率が異なってくる。アプリケーションによっては 100%の普及率が前提になる場合もあるし、場合によっては数%の普及率でも効果が出る場合もある。必要な普及率が 100%か、大か、中か、小か、で分類される。
- 許容されるビット誤り率：
提供されるアプリケーションにより車々間通信システムに要求される許容ビット誤り率、すなわち通信の信頼性が異なってくる。要求される許容ビット誤り率の大、中、小で分類さ

れる。

- サービスすべき範囲：
提供されるアプリケーションにより車々間通信システムに要求されるサービス範囲、すなわち通信エリアとその指向性が異なってくる。通信エリアが広域か、中域か、狭域かで分類でき、さらに、全方位か前方のみか、など通信の指向性で分類できる。
- 要求される容量：
提供されるアプリケーションにより車々間通信システムに要求される容量が異なってくる。要求される容量の大、中、小で分類できる。また、通信速度が一定と考えた場合は、要求される通信持続時間の長短で分類されることになる。
- 方向性：
提供されるアプリケーションにより車々間通信システムに要求される通信の方向性が異なってくる。情報提供型アプリケーションの場合は片方向であるが、対話型アプリケーションの場合は双方向が必要になる。片方向、双方向、1対多、多対多といった通信の方向性で分類される。
- 耐妨害性：
提供されるアプリケーションにより車々間通信システムに要求される耐妨害性が異なってくる。要求されるセキュリティの強さとも言える。故意な妨害にしるそうでないにしる、車々間通信への妨害に対して強くなくてはいけないういかで分類できる。
- 耐干渉性：
車々間通信は当然ながら無線通信である。従って、干渉問題は避けて通れない。提供されるアプリケーションにより車々間通信システムに要求される耐干渉性は異なってくる。上記の耐妨害性と同様に車々間通信への干渉に対してどの程度の強さが要求されるか、で分類できる。
- ロバスト性：
提供されるアプリケーションにより車々間通信システムに要求されるロバスト性が異なってくる。アプリケーションによっては伝達される情報の欠落がかなり認められるような要求されるロバスト性の小さい場合もあるし、要求ロバスト性が大きく、情報の欠落が少なくなくてはいけないう場合もある。ロバスト性の、大、中、小で分類できる。

【アプリケーション・サービスによる分類】

- アプリケーション大分類：
追突防止システムや車線逸脱防止システムなどの安全運転支援を車載コンピュータで行う“安全支援制御”、追突防止警報や右直事故防止警報などの安全運転を支援する情報提供のための“安全支援情報”、渋滞情報提供や交通規制情報提供・地域情報提供などのテレマティクス系である“旅行者情報支援”にアプリケーションは大分類される。
- サービス範囲：
車々間通信システムによって提供される各種情報のサービス

範囲によっても分類できる。ただし、このサービス範囲の広さは車載器の通信エリアの広さとは異なる。【定義3】のように路側ネットワークをも使用できる車々間通信や情報収集を行った後に走行してから情報提供を行うような蓄積型情報提供、パケットリレー式に情報を伝達するホッピング型などの場合は、通信エリアは狭くてもサービス範囲は広いと言える。このサービス範囲で広域、中域、狭域に分類できる。

●情報のリアルタイム性（情報の新鮮さ）：

情報をセンシング（収集）してからその情報が伝達され、使用されるまでの時間による情報のリアルタイム性（情報の新鮮さ）によっても大，中，小に分類できる。

●コンテンツの信頼性：

車々間通信システムによって伝達される情報コンテンツ自体の信頼性により車々間通信システムに要求される事項が異なってくる。コンテンツの信頼性が大きくなってはいけないアプリケーションの場合は、何らかの方法によって車々間通信で伝達された情報の内容を吟味する必要出てくる。このようにコンテンツの信頼性によっても大，中，小に分類できる。

以上をまとめると表2のようになる。

表2 車々間通信の分類

分類項目	分類		
【車々間通信システムの構築性による分類】			
サブシステムの形態	汎用品利用	専用品利用	
必要な普及率	大	中	小
車載器の簡易性	簡易	複雑	
マイグレーションの合理性	大	中	小
社会的受容性	大	中	小
【車々間通信システムの担う役割・形態による分類】			
基本アーキテクチャ	独立系	選択型非独立系	協調型非独立系
インフラとの関係	インフラ非使用系	軽インフラ利用系	インフラ協調系
【車々間通信システムの提供すべき性能による分類】			
リアルタイム性	大	中	小
必要な普及率	100%	大	中 小
ビット誤り率	大	中	小
サービス範囲	広域	中域	狭域
容量	大	中	小
方向性	片方向	双方向	
	1対1	1対多	多対多
耐妨害性	大	中	小
耐干渉性	大	中	小
ロバスト性	大	中	小
【アプリケーション・サービスによる分類】			
大分類	安全支援制御 安全支援情報 旅行者情報支援		
サービス範囲	広域	中域	狭域
情報のリアルタイム性	大	中	小
コンテンツの信頼性	大	中	小

4. 代表的な車々間通信コンセプトモデル

前章で述べたように車々間通信システムを分類する切り口は多種多様あるが、ここではまず【アプリケーション・サービスによる分類】に着目し、アプリケーション大分類対サービス範囲で車々間通信のアプリケーション例を考えてみる。

表3に車々間通信アプリケーション例を示す。列がアプリケーション大分類での分割、行がサービス範囲での分割である。広域サービス範囲は数百メートルから数キロメートル程度までを範囲とする領域、中域は数十メートルから数百メートル程度を範囲とする領域、狭域は数メートルから数十メートルまでを範囲とする領域をイメージしている。サービス範囲が広域な安全運転制御は考えられないので“なし”としている。サービス範囲が広域な安全支援情報と旅行者情報支援はテレマティクス系であり、インシデント情報などの伝達に使われる。サービス範囲が中域である交差点では右直事故防止や見通しの悪い交差点での情報提供などのサービスが考えられる。狭域サービス範囲ではプラトウニングや追突防止のための安全支援制御や安全支援情報として協調走行、Stop & Go、危険警告などのサービスが考えられている。その他、数メートルから数百メートルの狭域・中域サービス範囲にいる仲間内とのグループ走行の際に用いる会話のための車々間通信もある。

これらのアプリケーション例から、Stop & Go や協調走行などのプラトウニングと、見通し外直接通信、マルチホップ型情報提供の三種類の車々間通信コンセプトモデルを考えてみる。

表3 車々間通信のアプリケーション例

		アプリケーション大分類		
		安全支援制御	安全支援情報	旅行者情報支援
サービスの範囲	広域	なし	蓄積型情報提供 マルチホッピング型情報提供 地域情報提供	蓄積型情報提供 マルチホッピング型情報提供 地域情報提供
	中域	交差点事故防止	緊急車接近警告 交差点事故防止	会話
	狭域	協調走行 Stop & Go	危険警告	会話

(1) プラトウニング

プラトウニングのコンセプトを図1に示す。これを実現するために必要な車々間通信の主な分類は表4のようになる。



図1 プラトウニングのコンセプト

表4 プラトゥーニングのための車々間通信の主な分類

分類項目	分類
【車々間通信システムの担う役割・形態による分類】	
基本アーキテクチャ	独立系
インフラとの関係	インフラ非使用系
【車々間通信システムの提供すべき性能による分類】	
リアルタイム性	大
必要な普及率	特定グループ…小 不特定グループ（協調走行）…高
ビット誤り率	小
サービス範囲	狭域
容量	中
方向性	双方向 1対1が基本
耐妨害性	大
耐干渉性	大
ロバスト性	大
【アプリケーション・サービスによる分類】	
大分類	安全支援制御
サービス範囲	狭域
情報のリアルタイム性	大
コンテンツの信頼性	大

表5 見通し外直接通信のための車々間通信の主な分類

分類項目	分類
【車々間通信システムの担う役割・形態による分類】	
基本アーキテクチャ	独立系
インフラとの関係	軽インフラ利用系
【車々間通信システムの提供すべき性能による分類】	
リアルタイム性	大
必要な普及率	大
ビット誤り率	小
サービス範囲	中域
容量	中
方向性	片方向または双方向 1対1, 1対多, 多対多
耐妨害性	大
耐干渉性	大
ロバスト性	大
【アプリケーション・サービスによる分類】	
大分類	安全支援情報
サービス範囲	中域
情報のリアルタイム性	大
コンテンツの信頼性	大

(2) 見通し外直接通信

見通し外直接通信の概念図を図2に示す。これを実現するために必要な車々間通信の主な分類は表5のようになる。

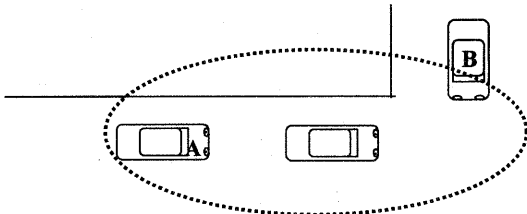


図2 見通し外直接通信の概念図

(3) マルチホップ型情報提供

マルチホップ型情報提供の概念図を図3に示す。これを実現するために必要な車々間通信の主な分類は表6のようになる。

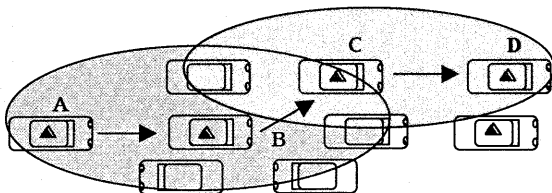


図3 マルチホップ型情報提供の概念図

表6 マルチホップ型情報提供のための車々間通信の主な分類

分類項目	分類
【車々間通信システムの担う役割・形態による分類】	
基本アーキテクチャ	協調型非独立系
インフラとの関係	インフラ協調系
【車々間通信システムの提供すべき性能による分類】	
リアルタイム性	中
必要な普及率	中
ビット誤り率	中
サービス範囲	中域
容量	中
方向性	片方向または双方向 1対1または1対多
耐妨害性	中
耐干渉性	中
ロバスト性	中
【アプリケーション・サービスによる分類】	
大分類	安全支援情報・旅行者安全情報
サービス範囲	中域
情報のリアルタイム性	中
コンテンツの信頼性	中

5. まとめ

本稿では、JSKの委託により電子情報通信学会規格調査会内に設立された車々間通信コンセプトモデル検討WGにおいて検討された内容を報告した。まず、車々間通信の定義を明確にし、その定義に従って車々間通信の分類を試みる際のポイントを整理し、代表的なコンセプトモデルを検討した。

今後の課題は、コンセプトモデルのモデル数の増加、車々間

通信システムの構築性による分類も含めたコンセプトモデルの検討，標準化提案に向けての海外動向の把握と海外への情報の発信，などがある。

参考文献

- [1] 太刀川喜久男：“ETC における無線通信技術”，電気学会誌，Vol.119, No.10, pp.600-603, 1999-10.
- [2] 長谷川孝明，徳田清仁，水井 潔：“車々間通信のアプリケーションについて”，信学技告，ITS2001-84, pp.199-202, 2002-1.
- [3] (財)自動車走行電子技術協会：“自動車間通信応用システムの研究”，1982-3.
- [4] 徳田清仁：“デモ 2000 協調走行の車々間通信技術”，信学技報告，ITS2000-46, pp.25-30, 2001-12.
- [5] 水井 潔，内田雅敏，中川正雄：“スペクトル拡散方式を用いた車両間通信・測距統合システム”，信学論 (B II)，J78-B-II.5, pp.342-349, 1995-5.
- [6] 塚本晃司，藤井雅弘，伊丹 誠，伊藤紘二：“車々間・路車間動的ネットワークを用いた車両位置捕捉システムの検討”，2001 年信学ソ大，A-17-21, 2001-9.