

## 車車間通信コンセプト／リファレンスモデルに関する検討 (第2報)

水井 潔<sup>1)\*</sup> 長谷川孝明<sup>2)</sup> 永長知孝<sup>1)</sup> 加藤 晋<sup>3)</sup> 津川定之<sup>3)</sup>  
羽瀧裕真<sup>4)</sup> 村田英一<sup>5)</sup> 高橋常夫<sup>6)</sup> 徳田清仁<sup>7)</sup> 堀松哲夫<sup>8)</sup>  
関 馨<sup>9)</sup> 藤井治樹<sup>9)</sup>

1) 関東学院大学 2) 埼玉大学 3) 産業技術総合研究所  
4) 茨城大学 5) 東京工業大学 6) NF 回路設計ブロック 7) 沖電気工業 8) 富士通  
9) 日本自動車研究所

\* 〒236-8501 横浜市金沢区六浦東 1-50-1 E-mail: mizui@kanto-gakuin.ac.jp

**あらまし** 本稿では、ITS (Intelligent Transport Systems) で用いられる車車間通信の標準化作業を効率的に進めるために必要となる車車間通信のコンセプト参照のためのモデル(車車間通信コンセプト／リファレンスモデル)について述べている。まず、車車間通信の定義を行い、次に、車車間通信コンセプト／リファレンスモデルの位置付けと構成について述べ、続いて、車車間通信コンセプト／リファレンスモデルを提案している。提案するコンセプト／リファレンスモデルは、アプリケーション、システム全体の構築性へのリクワイアメント、通信へのリクワイアメントの3つの項目から成っている。

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

## A Study on Concept / Reference Models of Inter-Vehicle Communications (Part 2)

Kiyoshi MIZUI<sup>1)\*</sup> Takaaki HASEGAWA<sup>2)</sup> Tomotaka NAGAOSA<sup>1)</sup> Shin KATO<sup>3)</sup> Sadayuki TSUGAWA<sup>3)</sup>  
Hiromasa HABUCHI<sup>4)</sup> Eiichi MURATA<sup>5)</sup> Tsuneo TAKAHASHI<sup>6)</sup> Kiyohito TOKUDA<sup>7)</sup> Tetsuo HORIMATSU<sup>8)</sup>  
Kaoru SEKI<sup>9)</sup> Haruki FUJII<sup>9)</sup>

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

\* 1-50-1, Mitsuura-Higashi, Kanazawa-ku, Yokohama-shi, 236-8501, JAPAN E-mail: mizui@kanto-gakuin.ac.jp

**Abstract** This report describes the structuring of concept / reference model 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 require a variety of technologies. It is necessary to discuss standardization considering requirements for IVC. In this report, the concept / reference model playing a role in promoting an efficient standardization process as a reference of IVC concept is discussed.

**Keyword** ITS, Intelligent Transport Systems, Inter-Vehicle Communications, ISO, Concept / Reference Model

## 1. まえがき

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車間通信である。日本においては既に VICS, ETC において路車間通信が実用化され、通信方式の標準化も図られている[1]。一方、車車間通信はいまだ研究の段階に留まっており、実用的なアプリケーションがみえていない状況である[2]。

日本においては、財団法人・自動車走行電子技術協会（現：財団法人・日本自動車研究所）によって1980年代初期から車車間通信の検討が始められた[3]。初期において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 (cooperative driving) に向けた車車間通信の利用について、実車による走行実験を含めた研究が当時の通産省機械技術研究所（現：産業技術総合研究所）と共同で実施され、2000年冬には最終的な成果を示すデモ実験がおこなわれた[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車間一車車間 (Road-Vehicle and Inter-vehicle) の共用通信方式などの検討が進められた[5],[6]。

もともと、車車間通信は道路側の通信装置に頼らない車同士、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一般的であった。その代表的な応用のイメージが、車両のプラトウニング (platooning) 走行における車両間の走行情報の交換である。しかし、運転者に対する走行情報の提供や、娯楽情報の提供も車車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場合も出てきた。また、最近のインターネットの急激な普及は、車車間通信のあり方にも影響を与えており、通信インフラストラクチャが関与した車車間通信も現実性を持ち始めている。

さて、車車間通信では、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。特に運転の安全性向上に関わるアプリケーションについては高い普及率と共に通信の互換性の確保が必須条件となる。つまり、この分野については通信方式やメッセージの標準化がサービス開始時点において確保されていなければならない。その他のアプリケーションに関しても、程度の差はあれ標準化の必要度は高いと考えられる。

こうした標準化の作業を進めるに当たって注意しなければならないのは、通信方式の技術の検討が先行してアプリケーションに基礎をおいたリクワイアメントを見落とさないようにすることである。何のアプリケ

ーションのどの部分を対象としているかを明らかにしながら、リクワイアメントに応じた通信方式やメッセージの標準化を行うべきである。

財団法人・自動車走行電子技術協会では2002年度から車車間通信システムの標準化のプロジェクトを立ち上げ、その一環として車車間通信のコンセプト/リファレンスモデルの検討に着手しており、第1報を文献[7]で紹介した[8]。本稿では、さらに検討を重ねたコンセプト/リファレンスモデルの考え方を紹介する。

## 2. 車車間通信の定義

車車間通信のコンセプト/リファレンスモデルを議論するに当たり、まず、車車間通信そのものの定義を明確にしておく必要がある。既に述べたように、従来は車と車 (車載器間) の直接的な通信という概念で理解されることが多かったが、通信インフラを利用することまで含めるとより広義の定義が必要となる。

ここでは、通信インフラを介した車載機器間の通信まで含め、なるべく多くの通信形態をカバーできる定義を採ることとし、その中で代表的な実現の形態をカテゴリーで示すこととした。

【定義】車車間通信とは、車載情報機器間で行われる通信である。ここで、車載情報機器とは、車両と機能的・機構的に結合している情報機器を指す。

【カテゴリー1】(狭義) 図1に示すような車車間通信で、車両間で車載機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 (プラトウニング走行) 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。

【カテゴリー2】(やや広義) 図2に示すような車車間通信で、車載機器間で直接か、または車載機器と電波ミラー等の情報を書き換ええない路側設備を利用して車車間で行われる通信。電波ミラーは、単純な反射型か再生中継型かの如何は問わない。

【カテゴリー3】(広義) 図3に示すような車車間通信で、車載機器間で直接か、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。このカテゴリーでは、例えば“A車の車載情報機器→路側設備→路側ネットワーク→路側設備→B車の車載情報機器”と通信する場合も車車間通信に含める。

従来最も多く検討されている車車間通信のイメージは【カテゴリー1】である。しかしながら、携帯電話

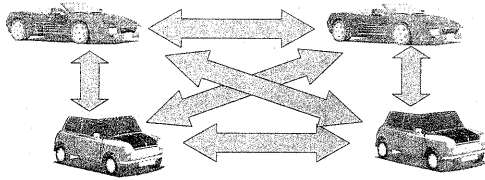


図1 直接通信による車車間通信

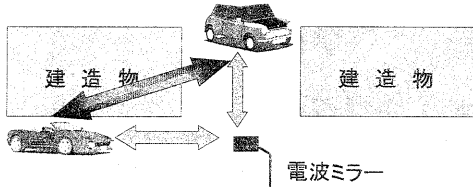


図2 電波ミラー等を含む車車間通信

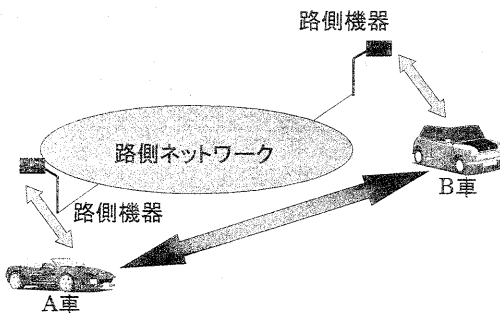


図3 路側ネットワークを含む車車間通信

等の急激な発達に伴い、それらを通信媒体として使用することもコンセプト／リファレンスモデルを検討する際に考慮しなければならない。【カテゴリー2】は車載器同士の直接通信の補助手段としてリフレクタ・リピータ等を含めたものだが【カテゴリー3】はさらに進んで通信インフラを積極的に利用するものである。このように【カテゴリー3】は結果として車載器同士の通信であるが、その機能は携帯電話など移動通信と同じであり車車間通信の範囲を広げる一方、定義としての曖昧さが残っている。こうした課題はあるものの、まずは車載器同士の通信という定義のもとで以下の議論を進めることとする。

ここでは、従来からある車車間通信のイメージに見合った【カテゴリー1】と【カテゴリー2】の範囲で車車間通信のアプリケーションを想定し、それらをカバーするコンセプト／リファレンスモデルを検討する。

表1 車車間通信のアプリケーション例

	名称	種別
1	追従走行	走行制御
2	割り込み・合流支援	走行制御
3	出合い頭衝突防止	警告・緊急情報提供
4	後続車への安全情報提供	警告・緊急情報提供
5	緊急車両接近通報	非緊急情報提供 (運転動作)
6	沿道情報提供	非緊急情報提供 (娯楽)
7	車両特定(取締など)	非緊急情報提供 (車両特定)
8	画像伝送	非緊急情報提供 (娯楽)
9	挨拶・アドホックな会話	非緊急情報提供 (娯楽)
...	.....	.....

### 3. コンセプト／リファレンスモデル

#### 3.1. コンセプト／リファレンスモデルの位置付けと構成

現在、車車間通信のアプリケーションとして一般的に考えられている例を表1に挙げる。

車車間通信のアプリケーションを大きく分けると

- 走行制御（ハンドル、ブレーキ動作に直接関わる情報伝達をおこなう）
- 警告・緊急情報提供（ドライバに緊急的な情報を提供し、運転動作を支援する）
- 非緊急情報提供（運転に関わる情報提供、沿道の情報あるいは娯楽情報など運転動作には直接関わらない情報の提供、車両の認識や特定に関わる情報の提供等の緊急性の少ない情報を提供する）

となる。非緊急情報提供の部分はさらに細分化することもできる。

一般的にいて、車車間通信に対するリクワイアメントは上記の3つのアプリケーションカテゴリーで異なってくると考えられる。一つの通信方式で全てのアプリケーションがカバーできるならば良いが、それは全てのリクワイアメントを精査した結果分かることである。それでは通信方式に対するリクワイアメントの項目はどのようなものが考えられるであろうか。下はその例である。

- 情報の伝達範囲
- 交換すべき単位時間あたりの情報量
- リアルタイム性
- 伝達品質

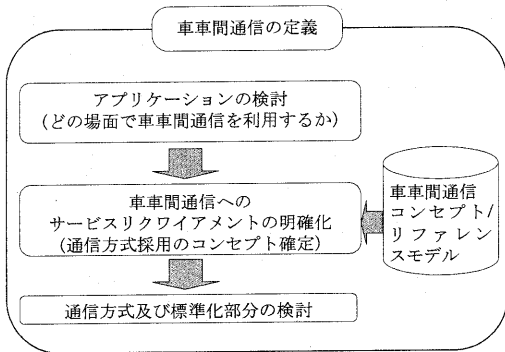


図4 車車間通信のコンセプト/リファレンスモデルの位置付け

通信方式そのものではないが、車車間通信システムの構築にあたって

- 既存の通信システムとの整合性
- 車載機の普及率

といったシステムの構築性に関わるものもリクワイアメントとなる。

このように車車間通信方式の標準化を検討する前段階として、まず、アプリケーションを特定し、その通信に対するリクワイアメントを規定することで、検討の枠組みが明確になり効率的な作業ができるものと考えられる。

本稿で提案するコンセプト/リファレンスモデルはアプリケーションのサービスリクワイアメントの項目を提示し、標準化作業の枠組みを明確にし、その効

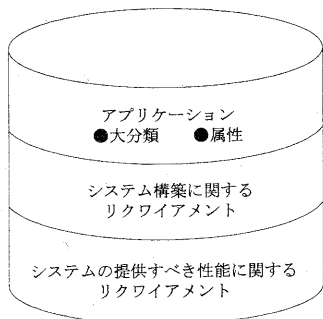


図5 車車間通信のコンセプト/リファレンスモデル構成

率化を図るツールを目指している。位置付けを図4に示す。

コンセプト/リファレンスモデルの具体的な形態はシステムの基本となる機能や性能に対するリクワイアメント項目をワンセットとしてまとめたもので、図5のようにアプリケーションの分類、システム全体に関わるリクワイアメント項目、システムの提供すべき性能に関するリクワイアメント項目の3つの部分から成る。

### 3.2. アプリケーションの分類

コンセプト/リファレンスモデルの一部として車車間通信のアプリケーションの分類を規定しておく。さらにアプリケーションの属性としてサービス範囲（通信範囲とは異なる）などをリクワイアメント項目として含めておく。これにより、標準化検討範囲の大きな枠が決められる。

#### (1) アプリケーション大分類

プラトーン走行における制御支援などの“走行制御”，追突防止警報や右直事故防止警報などの安全な運転を支援する“警告・緊急情報提供”，渋滞情報などの交通情報提供や沿道・地域情報提供などを合わせた“非緊急情報提供”にアプリケーションは大分類される。なお，“非緊急情報提供”の一部として運転動作には関わりの無い娯楽情報，あるいはビジネス情報の交換も含めることとする。

#### (2) アプリケーションの属性

アプリケーションの属性として以下の項目が挙げられる。

- サービス範囲  
車車間通信システムによって提供される各種情報の空間的なサービス範囲を指し、いわゆる通信範囲とは異なる。
- 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）が属性として挙げられる。
- コンテンツの信頼性  
車車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車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アプリケーションの場合は、何らかの方法によって車車間通信で伝達された情報の内容を吟味する必要がある。

### 33. 車車間通信システムの構築に関するリクワイアメント項目

コンセプト／リファレンスモデルの要素として車車間通信システムの形態、普及率などシステムレベルのリクワイアメント項目を規定する。

#### (1) マイグレーションの合理性

合理的なマイグレーションに対するリクワイアメントである。

#### (2) 必要な普及率

構築する車車間通信システムが有効に機能するための前提としてシステムの普及率に対するリクワイアメントがある。

#### (3) 社会的受容性

社会的受容性は普及率にも影響してくる。

#### (4) 基本アーキテクチャ

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”のアーキテクチャか決めることが要求される。

#### (5) 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、路側からの走行支援で利用される 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”かなどが選択枝となる。ただしこの項目は基本アーキテクチャの一部と考えることもできる。

### 34. 車車間通信の提供すべき性能に関するリクワイアメント項目

コンセプト／リファレンスモデルの要素として、通信に必要とされるリアルタイム性や許容ビット誤り率など、車車間通信システムが提供すべき性能に関するリクワイアメント項目を規定する。

#### (1) 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車間通信方式に要求されるリアルタイム性が異なってくる。

#### (2) 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車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。

#### (3) 情報提供すべき範囲

提供されるアプリケーションにより車車間通信システムに要求される空間的な情報提供範囲、すなわち通信エリアとその指向性が異なってくる。

#### (4) 要求される容量

提供されるアプリケーションにより車車間通信システムに要求される通信容量が異なってくる。

#### (5) 情報伝達の方向性

提供されるアプリケーションにより車車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対多といった通信の方向性が挙げられる。

#### (6) ロバスト性

提供されるアプリケーションにより車車間通信に要求されるロバスト性が異なってくる。干渉や妨害などの外乱に対する耐性であり、要求されるセキュリティの強さとも言える。外乱の種類によらず、車車間通信への妨害に対して強くなくてはいけないうか、そうでないかというリクワイアメントがある。

### 3.5. コンセプト／リファレンスモデルのまとめ

以上議論した、アプリケーション、システム全体の構築性へのリクワイアメント、通信へのリクワイアメントの各部分をまとめると表2ができる。これを車車間通信のコンセプト／リファレンスモデルと呼び、ここで挙げられたリクワイアメント項目をリファレンスとしてシステム及び通信の具体化を図り標準化の作業を行うことを提案したい。標準化の重要分野であるメッセージやデータはアプリケーションと併行して議論されるべきであるが、今回の検討からは外した。

なお、提示したモデルはプロトタイプであり、今年度を通じてモデルの改良作業を続ける予定である。

## 4. むすび

本稿では、アプリケーションにより様々に異なってくる車車間通信の通信方式に対するリクワイアメント項目について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車車間通信のコンセプト参照のためのモデル(コンセプト／リファレンスモデル)を提案した。提案したコンセプト／リファレンスモデルは、アプリケーション、システム全体の構築性への

表2 車車間通信コンセプト/リファレンスモデル

項目	分類
<b>【アプリケーション】</b>	
大分類	走行制御
	警告・緊急情報提供 非緊急情報提供
サービス範囲	広い ⇔ 狭い
情報のリアルタイム性	速い ⇔ 遅い
コンテンツの信頼性	高い ⇔ 低い
<b>【車車間通信システムの構築全体に関するリクワイアメント】</b>	
マイグレーションの合理性	高い ⇔ 低い
必要な普及率	高い ⇔ 低い
社会的受容性	高い ⇔ 低い
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 キャリア協調系
<b>【車車間通信システムの提供すべき性能に関するリクワイアメント】</b>	
要求されるリアルタイム性	速い ⇔ 遅い
許容されるビット誤り率	高い ⇔ 低い
情報を提供すべき範囲	広い ⇔ 狭い
	狭指向性 ⇔ 無指向性
要求される容量	大 ⇔ 小
情報伝達の方向性	片方向
	双方向 1対多 多対多
ロバスト性	強い ⇔ 弱い

- [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”, 信学技報, 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, 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.
- [7] 水井 潔, 長谷川孝明, 永長知孝, 加藤 晋, 津川定之, 羽瀨裕真, 村田英一, 高橋常夫, 徳田清仁, 堀松哲夫, 関 馨, 藤井治樹, 中川正雄: “車々間通信コンセプトモデルに関する一検討”, 信学技報, ITS2002-121, pp.19-24, 2003-3.
- [8] (財)自動車走行電子技術協会: “車車間通信システムの標準化に関する調査研究”, 2003-3.

リクワイアメント, 通信へのリクワイアメントの3つの項目から成っている。

今後の課題は, モデルの改良と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。

最後に本検討は自動車走行電子技術協会の委託により電子情報通信学会の車車間通信コンセプト/リファレンス検討WGが実施したものである。

## 謝 辞

本検討を進めるにあたりご議論いただいた財団法人・自動車走行電子技術協会車車間通信システム標準化分科会会長中川正雄・慶大教授を始め, 分科会諸氏に感謝します。

## 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.