

ITS における VSC (Vehicle Safety Communication) の動向

関 馨

財団法人 日本自動車研究所 (JARI) ITS センター
(105-0012) 東京都港区芝大門 1-1-30 日本自動車会館 12 階
電話:03-5733-7025 FAX:03-5733-0655 Email:Kseki@jari.or.jp

あらまし

本文は、ITS における VSC (Vehicle Safety Communication) に関する研究動向および標準化動向を紹介するものである。交通事故の大幅な削減を目指して、日米欧の政府レベルの様々な活動が行われるなかで、通信技術を利用して、車の運転者に情報を提供し、事故を防止しようという試みが盛んになっている。ここで用いられる通信が VSC と総称されている。こうした安全のための通信は標準化されていることが必須であるため、技術開発の段階から公共的な機関が中心となり活動を進めている。本文では、日米欧の最近の VSC の取り組みについてその動向を紹介する。
キーワード VSC、安全、車車間通信、路車間通信

Study Trends of VSC (Vehicle Safety Communications) in ITS

Kaoru Seki

ITS Center , Japan Automobile Research Institute (JARI)
Nihonjidousha-kaikan12F 1-1-30, Shiba-daimon, Minato-ku, Tokyo, 105-0012, Japan
TEL: +81-3-5733-7925, FAX: +81-3-5473-0655, Email: kseki@jari.or.jp

Abstract

This paper introduces trends in research and standardizations relating to VSC (Vehicle Safety Communication) of ITS. Various activities are being carried out at national government levels in Japan, the United States and Europe, with the aim to significantly reduce the number of traffic accidents, while attempts are being undertaken enthusiastically to prevent accidents by providing information to drivers of cars using communication technologies. The communication method used for such purposes is generally referred to as VSC. Since standardization is essential for such communication for safety, public sector institutions have been promoting standardization activities and filling a central role starting from the technology development phase. This paper will introduce the trends of VSC activities undertaken in Japan, the United States and Europe.

Key words VSC, safety, inter-vehicle communication, road to vehicle communication

1 VSC (安全運転のための通信) 概要

日本で VSC という用語が使われ始めたのは 2003 年の春頃に、米国の VSC コンソーシアムの活動がマスコミによって伝えられたことがきっかけであった。同年 11 月にスペインで開催された第 10 回 ITS ワールドコンGRESS では、交通事故の一層の削減に向けて外部の車やインフラとの通信を積極的に利用するというプレゼンテーションが日本の自動車メーカーからも行われ、世界的に VSC への期待が高まった。現在、自動車には様々なタイプのレーダが搭載されるようになり、ACC (オートマチック・クルーズコントロール) や衝突軽減のシステムに組み込まれている。これら

は、周囲の状況をセンスする、いわば”目”となっており、運転者自身の”目”と合わせて周囲のセンシングに重要な役割を果たしている。こうした車単体と運転者のセンシング能力は当然自車の周囲に限られ、例えば前方 150mの見通し範囲くらいまでと言われている。交通事故の一層の削減のためには個々の車と運転者のセンシング能力に依存しては限界があり、周囲の車、あるいは道路側のセンシング機能を借りて能力を高める必要がある。ここで登場するのが VSC である。図 1 は欧州の VSC 関連のワークショップにおけるプレゼンテーションで使用されたものであるが、ここでは VSC によって拡大された車のセンシング領域を「テレマティクス・ホライズン」という言い方で表現している。

さて VSC に関して現在どのような活動が行われているのであろうか。II 章以降で個別に説明するとして、ここでは概略の状況を述べる。まず、米国であるが、車メーカ（日、欧のメーカも参加）から成る VSC コンソーシアムが 2002 年から 2004 年まで活動した。一方、少し遅れて、政府が主導して道路インフラストラクチャと協調して安全情報その他を提供しようとする包括的なプロジェクト（こうしたプロジェクトをイニシアチブと呼ぶ

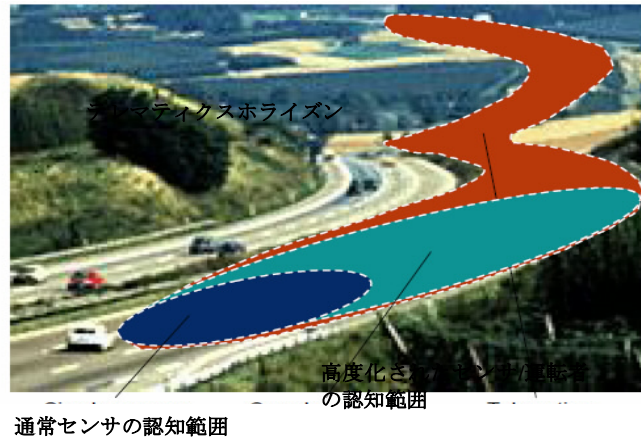


図 1 車のセンシング範囲

ことがある）が始められ、交差点での安全情報提供などのサービスが検討されている。米国に関して注目しておきたいのは、交通に関する 5 年間の政府予算 (Safe, Accountable, Flexible, and Efficient Transportation Equity Act : A Legacy for Users=SAFETEA-LU) がこの 8 月に成立したことである。これにより今後 VSC を含む様々な国家的な ITS 施策が打ち出される可能性がある。

欧州であるが、これまで欧州は伝統的にインフラに頼らない VSC、即ち車車間通信の検討が盛んであったが、最近ではインフラを利用して早期の展開を模索する動きも出ている。欧州で行われた大型トラックのプラトウニング（車両が列を作って安全な車間距離を維持しながら先頭車に追従して走行する）の実験では先行車の加速情報を自車の走行制御に使っていたが、ここでは車車間通信が不可欠であった。これももちろん VSC の範疇に入るのだが、最近ではむしろ他車との安全情報の交換といった運転者支援のための通信に検討の重点が移っているように見える。欧州では交通の安全を包括的に進める eSafety というイニシアチブが 2002 年にスタートし、そのもとで EU レベルのプロジェクトが進行する一方、国家、あるいは自動車メーカのコンソーシアムが主導するプロジェクトが個別に行われるなど複雑な動きをみせている。主なプロジェクトには、車車間/路車間通信を共用して安全情報の提供を図る IVHW (Inter Vehicle Hazard Warning)、車車間通信を用いて周囲の車に危険情報の伝達を検討した Cartalk2000、インターネットとの連携を図った FleetNet、様々なプロジェクトの成果を集約し標準化を図る C2CCC (Car to Car Communication Consortium) などがある。

日本の VSC の検討は広く捉えれば VICS の開発展開まで含めることができる。それ以降、1996 年に行われた上信越道路での漏洩同軸ケーブルによる路車間通信を用いた AHS の実験、2000 年に行われた 5.8GHz 車車間通信による協調走行実験など欧米に比べても遜色のない VSC 研究を積み上げてきている。しかし、ここ数年は車両制御からより実用的な運転支援に研究の焦点が移っ

ており、商品化を目指した研究が行われている。国土交通省が進めている ASV (Advanced Safety Vehicle:先進安全自動車) では日本の自動車、トラック、オートバイなどのメーカ 14 社が参加して現在第 3 期のプロジェクト (2001-2005) が進められている。この第 3 期 ASV では車車間通信を用いた運転支援が検討され、2005 年 7 月から 10 月にかけて検証実験が行われた。また、「ITS 情報通信システム推進会議」の「車々間通信システム専門委員会」では ITS 用に割り当てられた 5.8GHz 帯の DSRC を利用した車車間通信の通信プロトコルを策定中である。また、JARI/ITS センターではこうした国内/海外の動きを見ながら「車車間通信システム標準化分科会」で主に ISO/TC204 への車車間通信標準化提案に向けた準備を進めている。さらに、2004 年 11 月、ワイヤレスブロードバンドのための周波数再配分を推進するために総務省が「ワイヤレスブロードバンド推進研究会」を立ち上げ、その活動の一環として ITS 分野の将来の電波利用に関して提言を求めている。日本の VSC の検討は、ETC の普及など路車間通信の利用が大きく先行した経緯もあり、車車間通信プロトコルの検討も独自に進めざるを得ず、ここが欧米の VSC と進め方の違うところである。

次章以降において、こうした海外、国内の動きを個別に紹介する。

2 米国の VSC プロジェクト

2.1 VII (Vehicle Infrastructure Integration)

米国の新たなイニシアチブである VII は自動車とインフラストラクチャを統合した通信システムを構築することであり、これによって多くの新たなアプリケーションサービスの実現を狙っている。プローブカーと DSRC の利用がシステムの核になっている。国レベルと州レベルの VII タスクフォースが活動する予定である。VII への要求事項は次の通りである。

- (a)衝突予防になる安全施策を実施すること
- (b)交通管理者がリアルタイムの管理体系の全知識を把握できるようにすること
- (c)交通状況に関し、現在情報を旅行者が把握できること
- (d)車両の持ち主がハイレベルの交通に関するサービスが受けられること

VII の最初のワークグループミーティングは 2003 年の 9 月に開催されている。大まかな開発計画としては DSRC 機器の開発に 2 年程度をかける一方、並行して 3 年程度でコンセプトの実証を行う。プローブカーの実験や交差点での信号無視対策など検討がされているようだが、全貌がよく見えていない印象がある。図 2 に VII のシステム概要を示す。

2.2 VSC コンソーシアム

自動車メーカーを中心とした米国のコンソーシアムで 2002 年発足し、USDOT の支援を受けている。日、米、欧の自動車メーカー 7 社が参加している。ここで考えられている最優先のアプリケーションは以下のものである。

- (a)車線変更支援
- (b)信号無視に対する警報
- (c)協調前方衝突警報

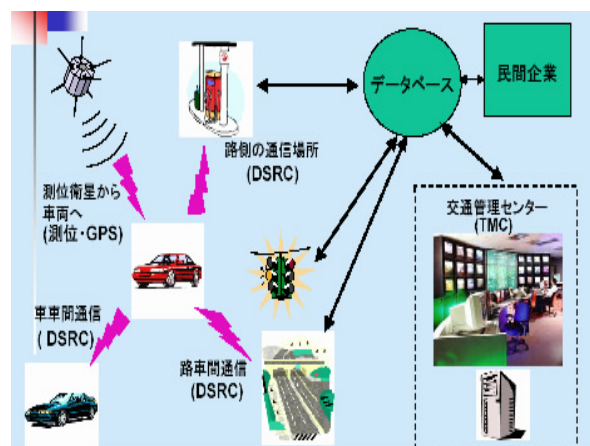


図 2 VII システム概要

(d)左折支援

これらのアプリケーションに対する車両側の通信要件を検討し評価を実施する計画であり、車車間通信、路車間通信といった通信形態にはこだわらず、最適な組み合わせが決めれば良いというスタンスである。ただし、米国 FCC が割り当てた運転支援用の 5.9GHz 帯を利用した無線 LAN ベースの通信方式を用いると見られる。実証実験による評価も行われていると思われるが詳細は明らかにされていない。図 3 は一部紹介された資料から、VSC コンソーシアムによる VSC のリクワイアメントを示したものである。

2.3 MeshNetworks

インフラの支援が全く期待できないなかで車同士の通信が必要不可欠な極端な場面例は戦場である。砂漠に展開する戦車群（支援ヘリコプターも含む）が用いる通信も車車間通信といえるであろう。こうした軍事技術を日常の自動車交通の世界に持ち込んだ車車間通信の商品例がある。

	信号無視警告	カーブスピード警告	緊急ブレーキライト	衝突前警告	協同前方突警告	左折支援 (米国の場合)	レーンチェンジ警告	ストップサインムーブメント支援
通信のタイプ	片方向 1対多	片方向 1対多	片方向 1対多	双方向 1対1	片方向 1対多	片方向 1対多	片方向 1対多	片方向 1対多
伝送モード	繰返し	繰返し	イベントドリブンまたは繰返し	イベントドリブン	繰返し	繰返し	繰返し	繰返し
最小周波数 (Hz)	10	1	10	50	10	10	10	10
許容 Latency (ミリ秒)	100	1000	100	20	100	100	100	100
想定されるメッセージサイズ (byte)	500	200	200	200	200	500	200	500
要求最大通信範囲 (m)	250	200	300	50	150	300	150	300

車車間通信によるアプリケーション

路車間通信によるアプリケーション

米国の会社が開発した

図 3 VSCC による通信へのリクワイアメント

MeshNetworksで、通信機が中継機の役割を持ち、車車間、車路車間通信を区別なく実現する。米国の一部の州で警察などが利用中。インターネットに接続し、IP 電話、ビデオチャット等のアプリケーションが可能である。周波数は変更可能で2.4GHz、4.9GHz、伝送レートは6Mbps である。通信プロトコルの詳細は明らかになっていない。

3 欧州の VSC プロジェクト

3.1 IVHW (Inter-Vehicle Hazard Warning)

独仏共同のプロジェクト DEUFRAKO の一部として検討された車車間通信による警報システムである (2000-2002)。GPS による位置検出機能と 868MHz の電波を利用し、エアバッグなどの作動情報を周囲 (後方) に伝え多重事故を防止する。通信は 10kbps と低速で、比較的小さいパケット (30 バイト) を確実に伝送する。具体的には車車間通信、路車間通信を併用して

(a)前方渋滞、衝突警報など近距離かつ緊急度の高いもの⇒車車間通信

(b)道路規制情報など広域の情報⇒路車間通信
と使い分けている。(路側装置は 2.5Km ごとに設置)

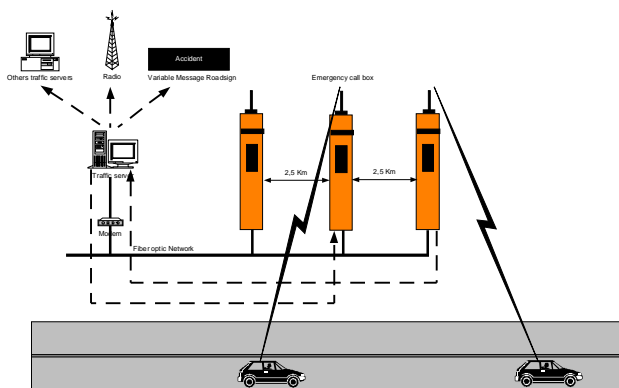


図 4 IVHW のシステム構成

この成果を受けて新たな研究プロジェクト SAAV (To know before to see という意味のフランス語の省略形)が立ち上がっている。これは安全だけではなく快適さを追求しつつ道路インフラの更なる活用と車載器の低コスト化を進めたもので、早急な市場への浸透を狙っている。

3.2 CarTALK2000

EC の第 5 次フレームワークの一環で進められたプロジェクト (2001-2004) である。道路インフラに頼らない車車間通信による安全運転支援システムを検討してきた。事故分析、経済性等を検討し、以下のアプリケーションへの適用が考えられた。

(a)IWF (Information and Warning Function)

周囲に一樣に事故を知らせる基本警報機能、見通し外の車に警告するブラインドスポット警報機能、交差点警報機能などがこれに含まれる。必要な場合はマルチホップ通信を用いて遠方の車への情報提供をおこなう。

(b)CBL (Communication-Basede Longitudinal Control)

先行車の情報を入手し、適切な車間距離を維持する機能、早期のブレーキ機能を含み、これらによって交通流の正常化や容量の増大を図る。無線-LAN や GPS の機能を利用する。

(c)CODA (Co-Operative Driver Assistance System)

高速道路などでの合流支援機能で、運転の支援と自動制御 (自立型) が考えられる。

こうしたアプリケーションを実現するための通信方式についても検討が進められおり以下の評価がなされている。

(a)短距離無線 (869MHz) : 既に確立された通信方式で、早期警報などのアプリケーションにはすぐ利用できる。データレートが低いことが課題。

(b)無線-LAN : 既にある 11b はデモ用には利用できるが、理想的ではない。

(c)UTRA-TDD(Universal Terrestrial Radio Access-Time Division Duplex) : セルラー方式を改良したもので技術的には最適。課題はすぐに利用できないこと。

3.3 Fleetnet

ドイツ独自の研究開発プロジェクト (2000-2003) で無線アドホックネットワークを車車間通信に置き換えたものである。マルチホップ及びインターネットへの接続を特徴としており、そのための技術として、無線 LAN、エリアベースのアドレッシングなどを利用している。図 5 にイメージを示す。アプリケーションとしては Colona ドライビング (複数台の車が一群となって走行する) が挙げられているが、幅広い応用のための車両アドホックネットワークのテストベッドとも考えられる。ここで採用されている位置ベースの packets 送付方法は“Geocast”と呼ばれる方式であり、自車及び周囲車両の ID と位置をテーブルとして作成し、情報を送る目的の場所に効率的にホッピングを行う。

6台の小型車を用いて市街地でマルチホップの実験を行っている。通信は無線LAN (802.11b) を用いた。他の車が横切ったりする走行環境の影響は重大であったようで、他の周波数と変調方式の検討が課題となっている。

位置情報をプロトコル (ネットワーク層)

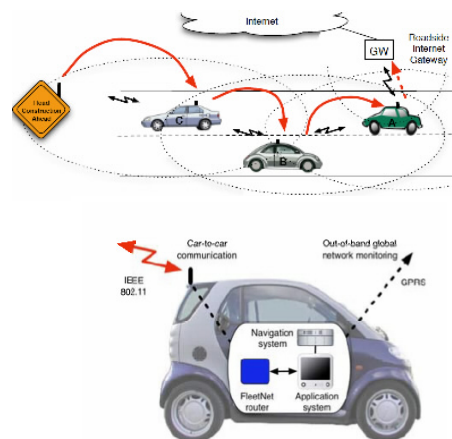


図 5 FleetNet のシステム概念と車両のイメージ

に取り込んでパケットの送り先を制御する方法は注目すべきである。現在、この成果を受け継ぐ NOW (Network on Wheels) がスタートしている。

3.4 Car-to-Car Communication コンソーシアム (C2CCC)

欧州の自動車会社で構成される非営利組織で安全アプリケーションに向けた車車間通信の標準化を目指している。2004年現在、欧州では多くの車車間通信プロジェクトが進められているが、標準化についてはこの組織が担当すると予想される。アプリケーション、通信アーキテクチャ、標準化を担当するそれぞれのWGが活動している。

新たな運転支援のアプリケーションを車車間通信で実現する可能性を認識しており

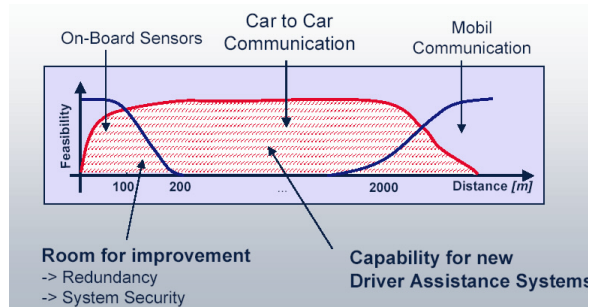


図6 車車間通信の領域

(図6)、2Kmまでの運転支援システムに車車間通信の利用可能性を期待している。

4 日本のVSC関連プロジェクト

4.1 第3期ASV

国土交通省・自動車交通局が主導するASVは5年単位でプロジェクトが組まれており現在第3期が終了しようとしている。これまでは車単体による安全システムの検討に主眼が置かれていたが、今期は車車間通信を利用した情報交換型運転支援システムの構築に力を入れている。ASVでは事故分析を基礎にしており、同システムで支援が可能となる事故類型を作成した。事故発生件数から支援効果の高い右折時衝突など7つの事故類型を選定してシステム機能の検証を行った。同時にシステムで利用する通信方式に対しリクワイアメントを整理している。表1、表2にASVの対象事故類型と、通信に対するリクワイアメント抜粋を示す。

本年7月から10月にかけてシステムの機能検証実験が北海道開発土木研究所の寒冷地試験道路で行われ、10月には(a)右折時衝突(b)出会い頭衝突 (e)追突(f)左折時衝突の事故類型について支援システムの有効性を示す公開実験が行われた。国内の自動車・トラック・二輪車メーカ14社が参加している。

各社の乗用車、トラック、二輪車が、GPSで取得した自車位置、速度、走行方向、自分の車種など(この送信データフォーマットは統一されている)を交差点などで停車している車にブロードキャストし、受信側では自車に接近する車があれば画像や音声で運転者に警報を出すものである。14社のメーカが共通の車車間通信データを用いて共同で実験を行うことは、欧米にも

表1 ASVの対象事故類型

対象とする事故類型	
a	右折時衝突
b	出会い頭衝突
c	歩行者衝突
d	正面衝突
e	追突
f	左折時衝突
g	車線変更時衝突

表2 ASV通信リクワイアメント抜粋

理想的な通信プロトコルの提案抜粋 (L1,L2層に関して)	
送信範囲 (前提)	前後 450m
データサイズ (前提)	200bytes
周波数	数百 MHz~数 GHz
変調方式	OFDM
伝送容量	20Mbps
メディアアクセス方式	CSMA/CA
送信周期	車速で制御

これまで例が無いとのことである。ここでは便宜上 5.8GHzの周波数帯を利用したが、これが必ず

しも即標準として考えられるものではなく、ASVの参加企業の間で周波数の選択については今後議論が続けられるものと思われる。

4.2 路側機による安全情報提供

既存のVICSメディアを利用した路車間通信による安全情報の提供実験が「AHS研究組合」によって東京都内の高速道路（参宮橋）で行われている。これは見通しの悪いカーブ前方に停止車両や渋滞末尾が存在したとき、それらを道路側で検出して後続の走行車両に注意するもので、実験ではVICS車載器（3メディア対応）を搭載した車のみが対象となっている。追突事故の減少には効果があったとの報告であるが、興味深いのは、対象車両が10%程度なのにも関わらず効果があるということで、一部の車に安全情報を提供することで安全側に交通流を変化させる見通しが得られている。

4.3 車車間通信方式の標準化

「ITS情報通信システム推進会議」の「車々間通信システム専門委員会」では、ITS用の5.8GHz帯での車車間通信プロトコルの規格化に取り組んでいる。日本の5.8GHzDSRCはETC用として規格化が行われ、さらに多様な料金決済や情報提供にも対応できるように規格の改良が行われている。（ARIB STDT75、T88）しかし、こうした規格は路側機が通信のタイミングを規定する方式をとっており、車車間通信には必ずしも適合しなかった。同委員会では媒体としては5.8GHz、QPSK方式を用いながら車車間通信に適した通信プロトコルを策定中である。「日本自動車研究所ITSセンター」は、その前身である自動車走行電子技術協会（JSK）に培った車車間通信に関する知見を生かしつつ標準化の検討に必要な基本データを収集している。国際的にみると5.8～5.9GHzの帯域が車車間通信に使用される見込みであることから、日本のITS用周波数である5.8GHzに焦点を当て、市街地交差点での利用可能性やデータ中継の可能性を実験的に調査している。こうしたデータの裏づけがあって初めて標準化の議論が進められると考えられる。現在これらの検討は経済産業省からの委託事業として、同研究所ITSセンターの「車車間通信システム標準化分科会」が担務している。そして先に述べた「車々間通信システム専門委員会」とは連携して実験等を計画している。2004年1月には車車間通信の可能性を検討していた「ASVグループ」と「車々間通信システム専門委員会」そして「車車間通信システム標準化分科会」の3者が合同で5.8GHz電波の市街地における利用可能性を調査している。

4.4 ITSのための将来の周波数検討

将来のブロードバンド利用を推進するため2004年11月に総務省が立ち上げたのが「ワイアレスブロードバンド推進検討会」である。この中では将来の無線の代表的な利用シーンがいくつか挙げられたが、その一つにITSが含まれており、ITSに関連する電波利用を検討するグループが立ち上がった。メーカーや団体から電波割り当てについての要望が出されており、それらの整理がおこなわれている。検討のジャンルは、自立型システム（主としてレーダ）、車車間通信、路車間通信、人車間通信、シームレス通信であり、安全、安心に関わるアプリケーションをターゲットとしている。将来の電波の周波数利用施策に資することを目標に、上記各ジャンルについて展開シナリオも議論されている。

5 国際的な協調および標準化活動

主として安全運転支援のための通信技術即ちVSCについて海外および国内の検討動向を紹介した。VSCは公共安全が狙いであり、標準化は必須である。このためには国際的な情報交換や技術的な連携が必要であるが、現在、「車々間通信システム専門委員会」の下に「VSCタスクグル

ープ」が設立され（事務局 ARIB）、欧米など海外の VSC 関連グループと情報交換を行っている。本年 5 月にはドイツのハノーバで本タスクグループと欧州の C2CCC が共同で第 2 回国際 VSC ワークショップを開催している。（第 1 回は 2003 年 9 月日本で開催）日本国内における車車間通信プロトコルの規格化については前章で述べたとおりであるが、海外では無線 LAN、即ち IEEE802.11 をベースとした車車間、路車間共用の通信方式が 802.11p として検討されている。この検討過程としては、まず、1999 年米国 ASTM（米国材料試験協会）で 5.9GHz 帯 DSRC 北米規格の検討が開始され、2000 年には FCC が 5.9GHz 帯 DSRC のために 75MHz 幅の割当を決定した。この後、北米 DSRC は WAVE と呼ばれている。規格化の検討は IEEE802.11 に移管され、11p として 2007 年完成に向けて作業が進められている。一方、ISO/TC204/WG16（CALM）の一部に車車間通信を取り込む検討も行われている。特に、即時性の高い通信のための上位プロトコル（L3 以上）を新たに検討する予定である。もともと CALM は様々な通信メディアをシームレスにインターネットに接続する仕組みであり、プローブカーへの応用などが念頭に置かれていた。即ち、ASV などで考えている VSC のリクワイアメントとプローブカー通信のリクワイアメントではかなりの隔りがあるのではないかと思われ、検討の枠組みを明確にした上での標準化の議論が必要である。

CALM などの動きを見ながら、日本として VSC（車車間、車路車間通信）の国際標準にどう対応してゆくかを広く関係者を集めて議論する「車車間・車路車間通信ビジネスチーム」が 2005 年 8 月に立ち上がっている。

6 まとめ

以上、VSC の検討動向について、日、欧、米の現状を概観してみた。

米国の VSCC や日本の ASV の活動がきっかけとなり、世界的に見てこれから本格的に VSC の実用化に向けた検討が行われるものと思われる。今後の課題としては、技術/標準化の範囲では

- ① 周波数および通信方式の選択
- ② 安全には位置情報の利用が不可欠であることから時間遅れの無い高精度な位置情報の取得と活用
- ③ メッセージあるいはデータの標準化
- ④ 運転者に対して誤解や過信を生まないヒューマンマシンインタフェースの開発
- ⑤ データの正しさの保障（妨害や不正の排除）

などが挙げられる。

また VSC は公共安全が目的であることから、政府も何らかの形でその展開を国家的な施策に組み込むことになろう。そのためには実現すべき VSC アプリケーションとその効果を明確にユーザおよび行政側に示してゆくことが重要であろう。

参考文献

- 1 5.8GHz 帯を用いた車車間通信の伝達特性 情報処理学会第 19 回 ITS 研究会資料（2004）
- 2 海外における VSC 動向講演会資料 日本自動車研究所（2004）
- 3 海外における車車間通信の開発—その経緯と現状— 自動車研究 第 27 巻 第 1 号（2005）
- 4 5.8GHz 帯車車間通信におけるマルチホップ性能 自動車研究第 27 巻 第 5 号（2005）
- 5 2005AHS フォーラム資料（2005.7）
- 6 VSC ハノーバ会議及び ITS in Europe 報告会資料（2005.9）
- 7 ASV3 情報交換型運転支援システム 国際シンポジウム資料（2005.10）