

# ITS 無線通信高度化への取り組み

中林 昭一 浜口 雅春

安心・安全な道路交通社会の実現に向けて、ITS (Intelligent Transport Systems) は進化している。また、近年は自動走行システムへの関心が急速に高まっており、その開発や普及に向けた環境整備の検討が進んでいる。これらの動きの中で無線通信は必須の技術であり、さらなる高度化が望まれている。ここでは、特にITS無線通信技術の高度化の観点から、OKIのこれまでの取り組みと今後の展望を紹介する。

## ITSの現状とOKIの無線通信技術開発への取り組み

ITSは、車や道路インフラ、人との間で情報を交換し、事故や渋滞、環境対策等の道路交通が抱える様々な問題を解決するシステムである。ITSサービスの多くは、無線通信技術を活用して実現されている。

料金所渋滞の解消を目的に2001年から運用が開始されたETC (Electronic Toll Collection System) は、ほぼ全国の有料道路で使用できるまでに普及し、車載器の全セットアップ件数は累計で6,100万台に達している (2014年6月時点)<sup>1)</sup>。さらに、ETCで採用された5.8GHz帯路車間通信 (DSRC: Dedicated Short Range Communication) を活用することで、広域な道路交通情報や画像等の車両への配信を可能としたITSスポットが、2011年に高速道路上を中心に全国1,600ヶ所に設置され、サービスを開始している<sup>2)</sup>。

また、ITS無線通信を活用した安全運転支援システムの実用化に向けた取り組みも行われている。車車間通信および路車間通信により安全運転支援に関わる情報等を提供し、ドライバーに対して注意喚起等を行う700MHz帯無線通信システムに関する国内標準規格 (ARIB STD-T109) が2012年2月に策定された。DSSS (Driving Safety Support Systems) やASV (Advanced Safety Vehicle) 等のプロジェクトの一環として、700MHz帯および5.8GHz帯無線通信を活用した安全運転支援システムの実証実験が、各車メーカー、通信メーカーにより実施され、2013年に東京で開催されたITS世界会議では、それらの成果を活用したデモンスト

レーションが協調型ITSサービス体験ショーケースとして紹介された<sup>3)</sup>。

OKIは、ETC、ITSスポット等の既に普及している道路交通システムにおける無線通信機器を中心としたソリューション提供だけでなく、車車間通信を始めとする新たなITS無線通信技術の研究開発に対しても早くから取り組んでいる<sup>4)</sup>。以下に、代表的なITS無線通信の研究開発を示す。

## (1) 歩車間通信<sup>5)</sup>

歩車間通信システムは、歩行者端末と車載端末が直接通信し、ドライバーに衝突の危険性のある歩行者の存在、歩行者に車両が接近していることを通知することで人対車両の交通事故低減に寄与する。専用路側装置を使用せず、不特定多数の車両および歩行者で形成するアドホックネットワーク技術が重要である。歩行者が携帯可能な小型端末を開発し、実環境での実験等で有効性検証を実施した (図1)。

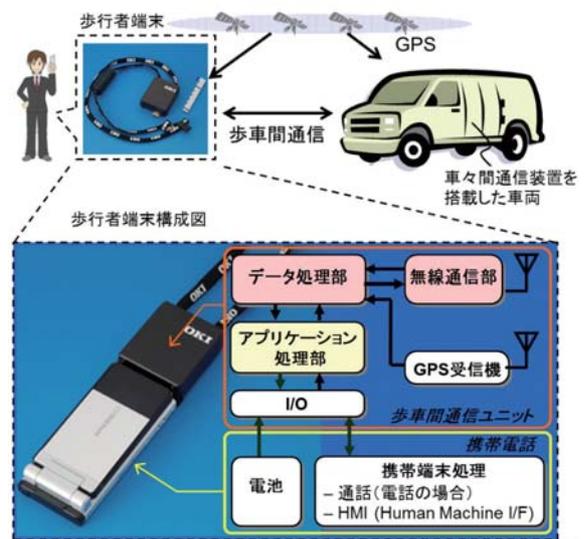


図1 歩車間通信システム<sup>5)</sup>

## (2) 大型車隊列走行向け車車間通信<sup>6)</sup>

大型車隊列走行は、CO<sub>2</sub>削減を目的とした高効率な

幹線物流システム等を実現するための技術として検討が進められている。大型車隊列走行を実現するためには、大型車同士で車両制御情報を直接交換する車車間通信技術が重要となる。高い通信性能と信頼性を達成した「高信頼性車車間通信技術」を開発し、エネルギーITS推進事業において、車間距離4mでの大型車4台の自動運転・隊列走行の実験に参画した（図2）。

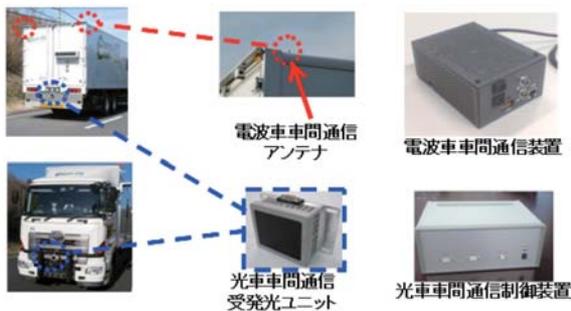


図2 大型車隊列走行向け車車間通信システム<sup>6)</sup>

### (3) 災害時車両アドホックネットワーク<sup>7)</sup>

東日本大震災ではネットワークインフラが損壊し、被害地あるいはその周辺の人々の安否が確認できず、電話、メール等を使うための通信路確保が必要とされた。損壊したインフラに代わり、機動性のある車載無線機を用い、アドホックネットワークを構築し、災害現場、避難所、病院および災害本部等の拠点間の通信路を短時間で確保する車両ネットワークを開発し、東北大学等と共同で公開実証実験を実施した（図3）。

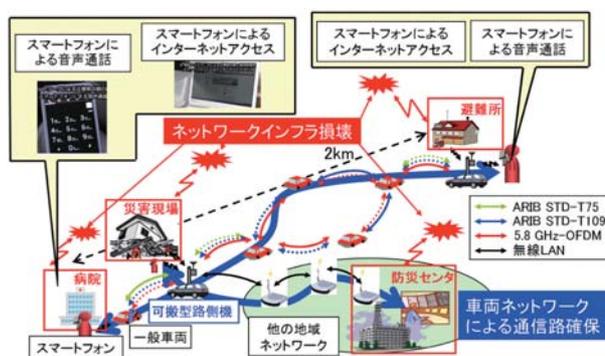


図3 災害時車両アドホックネットワーク<sup>7)</sup>

## 自動走行システムとICT

総合科学技術・イノベーション会議の司令塔強化の3本の矢の一つであるSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）の対象課題として、自動走行システムの

研究開発が計画されている<sup>8)</sup>。自動走行システムに期待する効果として、①交通事故の低減、②交通渋滞の緩和、③環境負荷の低減、④高齢者等の移動支援、⑤運転の快適性の向上、が挙げられている。同様に、欧米を始めとする国外における自動走行システムに対する関心も高まっており、国を挙げての取り組みが進められている。

上述のSIP自動走行システム研究開発計画において、自動走行システムの実現には、車両に設置したレーダー等を通じて走路環境を認識する技術（自律型システム）と、車両外部から通信を利用して走路環境を認識する技術（協調型システム）の両者が統合され、認知、判断、操作の自動車の走行機能の3要素が高度化されることが必要であると述べられている<sup>8)</sup>。自律型システムを協調型システムで補完する上で、無線通信技術の高度化は必須であり、「ITSによる先読み情報の生成技術の開発と実証実験」がSIPの自動走行システムの研究開発テーマの一つに挙げられている。車両が自らの進路上の交通環境を適切に把握して、先読み情報を生成、必要な制御や支援を実現するにあたり、ITSに必要とされる機能として、以下のものが示されている。

- 信号情報等に代表される動的な交通管理情報の取得
- 路側センサーや車車間通信等による高精度、高信頼性交通状況の取得
- 歩行者通信端末による歩行者の動静状況把握と歩行者への移動支援の実現
- 道路有効活用のための案内情報の取得

したがって、先に述べた歩車間通信や高信頼性車車間通信等のOKIのITS無線通信技術は、自動走行システム向けITSの高度化を推進する上で有用であることが分かる。

## ITS無線通信の高度化

以上のように、OKIは早くからITS無線通信の研究開発に取り組んでおり、自動走行システムを含むITS無線通信の実用化に向けた技術課題を明らかにしてきた。これらの研究開発成果を将来に向けて実用化展開するために、現在進めている国内DSRC高度化技術に関する検討内容を示す。なお本内容は、総務省の「平成25年度周波数逼迫対策技術試験事務のうち「狭域通信システム(DSRC)高度化技術に関する調査検討」の請負」の実施成果をまとめたものである。

### (1) 目的

現在、ETCやITSスポット等で利用されているDSRC（5.8GHz帯）において、これらの既存サービスと共用可能な新たな無線通信方式の導入に必要な技術の検討を行い、将来のサービスの拡張性を確保しつつ、既存システムとの周波数共用による周波数利用を図る。

### (2) 目標

国際的な協調を考慮するとともに、将来のサービス拡張性を確保する観点から、既存のDSRCへ影響を与えずに共用可能な新たな無線通信方式の導入に必要な技術を検討し、路側機の設備更新時期等を考慮しつつ、2018年頃の実用化に向けて技術基準の策定を目指す。

### (3) 検討項目と成果

#### ①新たなサービスと通信要件の検討

国内外の開発動向を調査・分析し、新たなサービスのアプリタイプとして実現が期待されるもの、ならびに既存DSRCシステムおよび700MHz帯無線通信システムでは技術的に実現が難しいものを抽出した（表1）。

- アプリタイプ1：自動走行支援のための車両制御通信
- アプリタイプ2：自動走行支援のためのIP通信
- アプリタイプ3：既存DSRCシステムより伝送速度向上
- アプリタイプ4：既存DSRCシステムより通信エリア拡張

#### ②新たな無線通信方式の検討

欧米の車車間・路車間通信として標準化が進められているIEEE802.11p方式を基本として、机上での回線設計、シミュレーション性能評価を行い、抽出した通信要件を満足する通信仕様案を策定した（表2）。

- アプリタイプ1、3、4に対しては10dB以上の回線

マージンを確保。高速フェージングによる通信品質劣化が顕著なアプリタイプ2に対しては、パケット分割処理（500byte以下）が必要。

- パケットサイズが小さく、パケット衝突によるエラーが支配的なアプリタイプ1では、変調方式の違いやダイバーシチ有無による通信性能差は小さい。パケットサイズが大きいアプリタイプ2に関しては、パケット分割処理を適用時に、要求値と同程度のスループットを達成する条件を抽出。
- 路車間通信であるアプリタイプ3、4の通信要件を達成するには、車両のパケット送信範囲を路側機周辺に制限する機能が必要。

表2 新たな無線通信仕様案

項目	諸元	備考	
物理層	使用無線周波数帯	5.8GHz帯	
	空中線電力	10mW/MHz以下	
	占有周波数帯域幅	9MHz以下	
	変調	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM/OFDM	アプリ(パケット)タイプに応じて変更可能
	誤り訂正	畳み込みFEC R=1/2, 2/3, 3/4	
フレームフォーマット	ITS FORUM RC-005 2.0版による	IEEE802.11p準拠	
データリンク層	アクセス制御	CSMA/CA	ランダムバックオフ制御
	スロットタイム	13us	
	IFS時間	32us以上	アプリ(パケット)タイプに応じて変更可能
	最大コンテンツウィンドウ	15以上	
	プロトコルデータ単位	ITS FORUM RC-005 2.0版による	IEEE802.11p準拠

#### ③新たな無線通信方式の性能調査

テストコースおよび公道（都市部、市街地、郊外）において、各アプリタイプを想定した1対1通信実験、N対N通信実験を実施し、目標通信エリア内における通信品質実現可否の条件を確認した（図4）。

- アプリタイプ1、3および4のアップリンク（パケットサイズ100byte）に対しては、通信要件を達成。
- アプリタイプ2および4のダウンリンク（同1500byte）については、パケット分割処理によりパケットサイズ500byte以下にすることで目標通信エリア内における通信品質を確保。

表1 新たなサービスのアプリタイプと通信要件一覧

項目	アプリタイプ1	アプリタイプ2	参考: ARIB STD-T109	アプリタイプ3	アプリタイプ4	参考: ARIB STD-T75
アプリタイプ	車両制御通信	動画等のIP通信	安全運転支援	伝送速度向上	通信エリア拡張	安全・快適走行支援
サービス例	自動走行(隊列)	自動走行(隊列)	交差点衝突事故防止等	道路・観光情報等	車両情報収集(ブローブ)	ETC、ITSスポット、他
通信形態	車車間通信	車車間通信	車車間通信	路車間通信	路車間通信	路車間通信
通信品質	PER<1E-3	PER<1E-2	PER<1E-1@1000byte	PER<1E-1	PER<1E-1	BER<1E-5
通信範囲	50m	50m	200m程度	30m程度	50m程度	30m程度
通信台数	4台	4台	2~300台	路側:1台、車両:3台	路側:1台、車両:52台	最大8台
パケットサイズ	50byte	最大1500byte	100byte	路側、車両共に最大1500byte	路側:1500byte、車両:100byte	ASK:64byte、QPSK:192byte
通信頻度	20msec	20msec	100msec	路側:6.67msec、車両:20msec	路側、車両共に100msec	2.34~7.03msec
通信容量	80kbps	2.4Mbps	0.016~2.4Mbps	3.6Mbps	535kbps	ASK:73kbps、QPSK:213kbps
通信遅延	20msec	数百msec	100msec	通信頻度と同じ	100msec	通信頻度と同じ
アンテナ指向性	無指向性	無指向性	無指向性	路側:指向性、車両:無指向性	無指向性	指向性



1対1通信実験(郊外)

N対N通信実験

図4 通信性能実験風景

④新たな無線通信方式と既存DSRCシステムとの干渉条件調査シミュレーション評価および実験により、干渉の影響を無くすための共用条件を、所要干渉減衰量およびシステム間離隔距離として算出し、その課題を整理した(図5)。

- 新たな無線通信方式の車載器と既存DSRC路側機との間の干渉パスの干渉の影響が大きい。
- ETC料金所システムに比べて、路側機のアンテナ指向性が広く、真横近くに向けられたITSスポットシステムの方が、干渉の影響は遠方に広がる。
- 干渉を軽減する手段としては、同一チャンネル干渉、隣接チャンネル干渉に対しては、送信電力の低減、もしくは指向性アンテナ等による空間減衰などが有効。離調周波数が10MHz以上の干渉においては、受信機フィルタ減衰量の改善などが効果的。

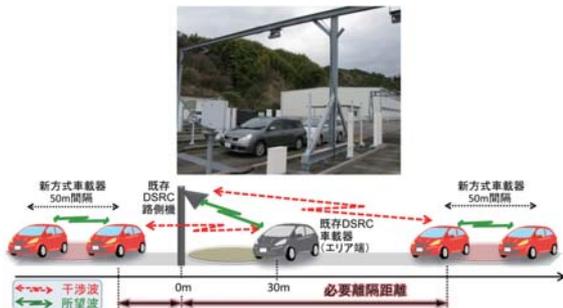


図5 干渉実験構成

以上より、自動走行等の新たなサービスを実現するための5.8GHz帯を利用した新たな無線通信方式の基礎検討と既存DSRCシステムとの共用条件に関する目処付けを達成した。今後は、新たな無線通信方式による新たなサービスと既存システム／サービスを共存させるために必要な周波数共用技術の検討をさらに進め、DSRCを対象としたITS無線通信の高度化の実現を目指す。

## 今後の展望

自動走行システムを始めとする安心・安全な道路交通社会の実現に向けて、ITS無線通信の重要性はさらに高

まっている。これまでにOKIが取り組んできたITS無線通信の研究開発成果を、自動走行を代表とする新たなITSサービスに寄与するものとするために、DSRCをターゲットにITS無線通信の高度化の技術開発とその実用化を進めて行く。また、車車間通信等を単なる位置や制御状態を取得するセンサーの代替手段と捉えるのではなく、M2Mコミュニケーションとして高度に活用することで、より安全・快適・高信頼な自動走行を可能とするITS無線通信の実現を目指していく。すなわち、熟練ドライバーが行っている先読み情報の提供だけでなく、ドライバー間のアイコンタクトを活用した運転のような制御を可能とする、より高度な無線通信技術への取り組みである。また、これらの新たな無線技術によるITSサービスを広く普及させるために、ITS専用通信以外の無線通信システムとの連携も検討していく。◆◆

## 参考文献

- 1) ETC総合情報ポータルサイト  
<http://www.go-etc.jp/fukyu/index.html>
- 2) 国土交通省  
[http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/spot\\_dsrc/index.html](http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/spot_dsrc/index.html)
- 3) ITS Japan  
[http://www.its-jp.org/document/8th\\_forum\\_doc/3-uchimura.pdf](http://www.its-jp.org/document/8th_forum_doc/3-uchimura.pdf) (2013年11月26日)
- 4) 浜口雅春, 他: 車々間通信実用化に向けた大規模実証実験への取り組み, OKIテクニカルレビュー215号, Vol.76, No.2, pp.70-73, 2009年10月
- 5) 金子富, 浜口雅春: 歩車間通信システムの開発, OKIテクニカルレビュー218号, Vol.78, No.1, pp.72-77, 2011年10月
- 6) 浜口雅春, 星名悟: 大型車隊列走行向け車車間通信の開発, OKIテクニカルレビュー220号, Vol.79, No.2, pp.54-57, 2012年11月
- 7) 大山卓, 他: 災害時車両アドホックネットワーク技術の開発, OKIテクニカルレビュー222号, Vol.80, No.2, pp.46-49, 2013年11月
- 8) 内閣府  
[http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/keikaku/6\\_jidousoukou.pdf](http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/keikaku/6_jidousoukou.pdf) (2014年5月23日)

## 筆者紹介

中林昭一: Shoichi Nakabayashi. 社会システム事業本部 交通・防災システム事業部 無線技術研究開発部  
浜口雅春: Masaharu Hamaguchi. 社会システム事業本部 交通・防災システム事業部 無線技術研究開発部