

第5章 ITS 安全運転支援システムの実現に向けて

5.1 実用化に向けた課題

5.1.1 技術的課題

ITS安全運転支援無線システムについて、前章までに、システムの在り方、利用イメージ、通信要件などについて紹介した。本章ではこれらを受けて、本システムを実用化するに当たって解決すべき課題について述べる。

実用化に向けた課題は、技術的課題と運用上の課題とに大別できる。技術的課題については、第2章で述べたように、車車間通信と路車間通信との共用可能なシステムとすること、および2012年から利用可能となる700MHz帯を用いること、を前提にして課題を列挙した。また、具体的な方式については、国際的協調も考慮し、変調方式にはOFDMを、アクセス方式にはCSMA/CAをそれぞれ用いる前提で検討を行った。あわせて第3章で述べた利用イメージ、第4章の通信要件も考慮した。

運用上の課題については、利用イメージを前提とし、本システムをどのように運用管理すべきかについてまとめた。

(1) 技術的課題

上記に述べた前提条件を考慮すると、技術的課題として検討すべき事項は、主として下記の5つにまとめることができる。

- ア 車車間通信と路車間通信との共用方策(以下「車車・路車共用」という。)
- イ 他システムとの共存
- ウ シャドウイングと自システム内干渉
- エ 位置情報の精度
- オ 情報セキュリティ

このうち、ア、イ、ウについては、車車間通信と路車間通信との共用可能なシステムを700MHz帯で実現するという前提に関連の深い課題であり、実用化に向けて課題を解決すべく重点的な検討が必要である。また、エ、オについては、ITS安全運転支援無線システム全体に関わる課題であり、利用イメージや通信要件も含めて検討を進めていくことが重要である。

以降本章では、これら5つの技術的課題について、課題の概要と検討の状況、実用化に向けた対応方針について、順に説明する。

ア 車車・路車共用

車車・路車共用が実現された際のイメージを図 5.1-1 に示す。

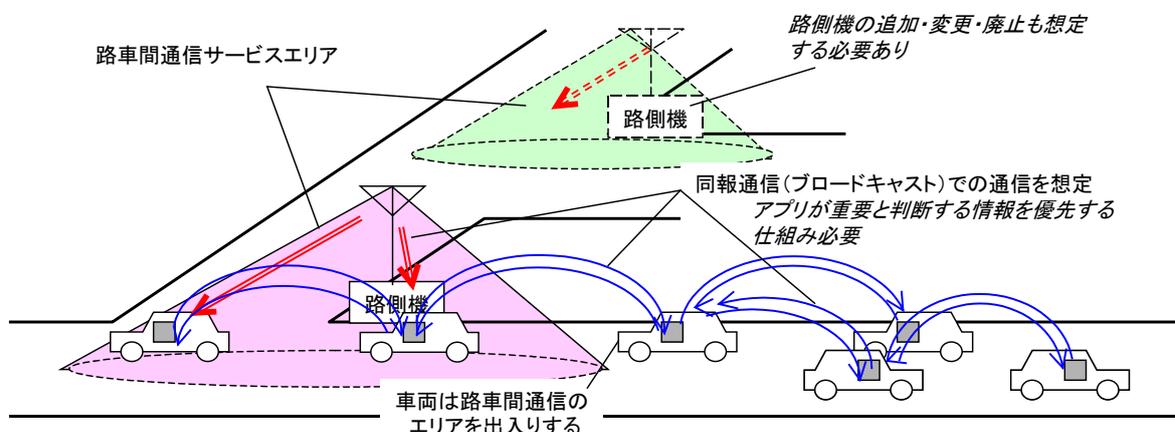


図 5.1-1 車車・路車共用の実現イメージ

各車両には無線機が搭載されており、車相互に車車間通信を行っている。車車間通信の環境では、すべての車両は基本的に同じ周波数チャネルを利用し、周囲の車に対して一斉に自車の情報を伝える同報通信(ブロードキャスト)が基本となると想定される。これは、安全運転支援においては、無線機単独ではどの車両が危険で、どの車両が安全かを判断できないため、相手を特定した通信が困難なことによる。

この状況に加え、例えば交差点付近など、道路の主要箇所には路側機が設置され、路車間通信を使って安全運転支援に必要な情報が提供される。この路車間通信においても、情報の提供先は特定の車両とは限らないため、通信エリアに存在するすべての車両に届くように同報通信を行っている。

以上の状況において各車両は、路側機の電波が届かないエリアでは、車車間通信のみを実施するが、路側機の電波が届くエリアに入ると車車間通信に加えて路車間通信も行う必要が生ずる。このため、車車・路車間通信を効率よく切り替える、あるいは、共存させる車車・路車共用方策が必要となる。

加えて、通信を行う端末数が多くなった場合、通信路が混雑し一部の情報が遅れて届く、あるいは届かなくなる場合も想定される。このような際には、アプリケーションが安全運転支援上重要性の高いと判断したデータを、優先して送受信できる仕組みが必要である。さらには、長期的な運用を考えると、新たな路側機の追加や、設置場所変更、廃止などに対する対応も必要である。共用方策導入においてはこれらの要件も考慮することが望ましい。

車車・路車共用の方策として検討されている一例を図 5.1-2 に示す。この例は、時分割多重により車車間通信と路車間通信とを共用する方法である。一般に、異なる形態の通信を共用する場合には、時間、周波数、符号により各々の通信を区別し、多重化する方法が知られている。

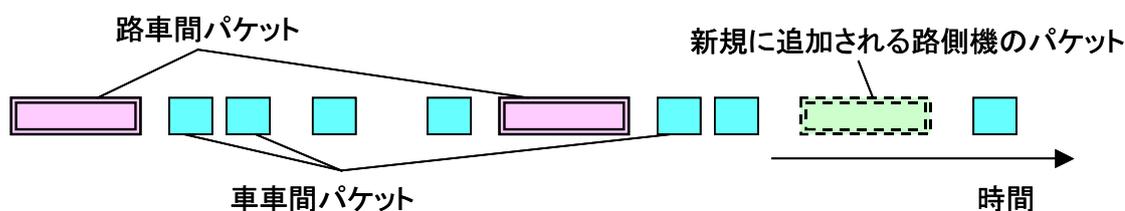


図 5.1-2 車車・路車共用方策の一例

ここで、本報告で検討中のシステムの前提条件を考慮すると、利用できる周波数が 10MHz と比較的狭く、さらに、車車間・路車間いずれの通信も同報通信を基本としているため、すべての端末が同一の周波数を利用する方式が望ましいため、周波数分割の方式は不利だと考えられる。また変調方式として OFDM 方式を用いることを前提にすると、符号による分割も困難である。この結果、共用方策としては時分割多重が有利であるといえる。

図 5.1-2 の例では、車車間通信と路車間通信への時間の割当て方については言及していない。しかしながら、システム運用上重要と考えられる情報について、送信する権利を高い確率で取得して優先的に送信させる方法や、送信するパケットに制御情報を付加して優先度を通知する方法などが検討されている。これらの手法により、アプリケーションが重要だと判断した情報を優先的に送信することや、路側機の改廃に対する対応などの課題が解決できると期待される。今後、これらの手法の具体化と効果の検証に早急に取り組む必要がある。

イ 他システムとの共存

700MHz 帯にて本システムを実現するためには、隣接する周波数帯を使用する他のシステムとの共存条件を明確化する必要がある。図 5.1-3 に ITS 安全運転支援システムとそれに隣接するシステムがそれぞれ使用する周波数を示す。



図 5.1-3 ITS 安全運転支援システムとそれに隣接する他システムの周波数

ITS 用途には、710MHz～730MHz のうち、10MHz 幅が割当てられているが、これより低い周波数にある地上波デジタル放送及び高い周波数にある電気通信のガードバンド幅を検討する必要がある、できる限り ITS 用途の帯域を低い周波数側に配置することとされている。したがって、これら地上波デジタル放送、電気通信と ITS との干渉量を推定し、共存を図るための検討を早急に実施する必要がある。

干渉量の推定のために、干渉形態をモデル化する検討が始まっている。図 5.2-4 にモデル化の例を示す。このモデルでは、それぞれのシステムの利用シーンを想定し、他システムが ITS に与える被干渉、ITS が他システムに与える与干渉が発生しうる状況を定義している。

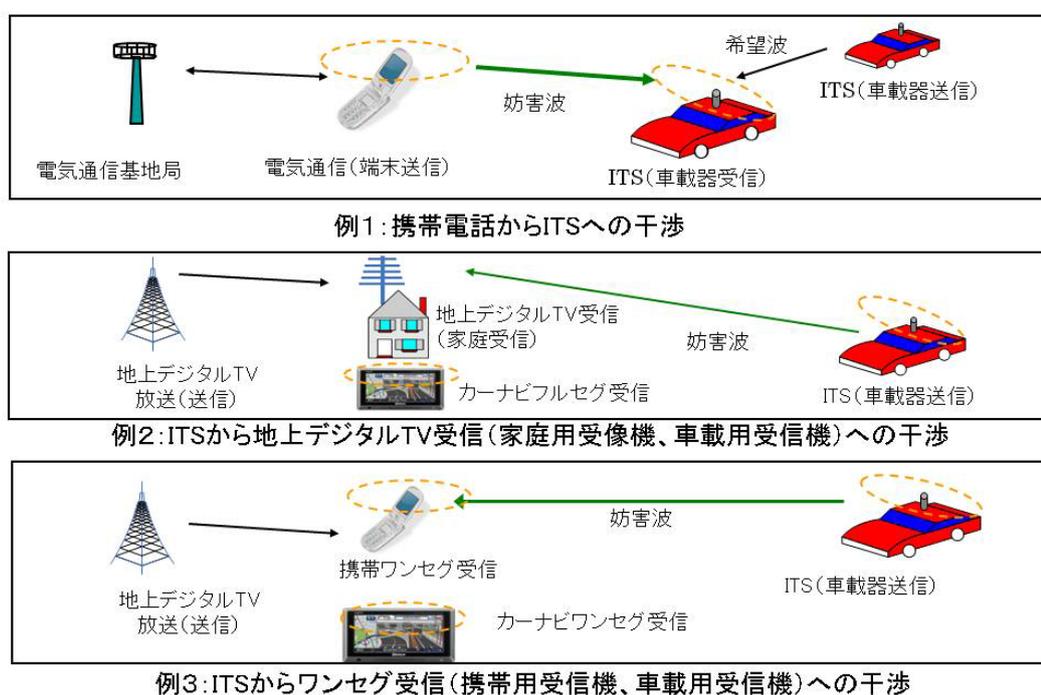


図 5.1-4 他システムとの干渉形態のモデル化

さらに、干渉量の定量的な検討を実施するために、想定される干渉の組み合わせを整理する取組がなされている。図 5.1-5 に干渉の組み合わせを整理した図を示す。現在、図中の①～⑬の組み合わせについて、干渉量の詳細な検討が行われつつある。

他システムとの共存条件の明確化という本課題を解決するために、干渉量の定量的な検討をさらに進めるとともに、今後、放送事業者、電気通信事業者、並びに ITS のシステムに関わる関係者が連携した検討が必要である。

		与干渉						
		地上デジタルTV放送 (送信)				ITS (車載機送信)	電気通信 (端末送信)	
		10kW 親局 送信	10W 中継局 送信	1W 中継局 送信	50mW ギャップフィル (GF) 送信			
		階層1	階層2					
被 干 渉	地上デジタル TV放送 (受信)	家庭受信	/				⑤	/
		中継局受信					⑥	
		GF受信					⑦	
		屋外近傍受信 ※1					⑧	
		車内近傍受信 ※2					⑨	
	ITS (車載機受信)	屋外環境	①	②	③	④	/	
		屋外近傍受信	/					⑩
		車内近傍受信						⑪
	電気通信 (基地局受信)	マクロセル 基地局受信	/				⑫	/
		マイクロセル 基地局受信					⑬	

※1 屋外近傍受信: フルセグ受信、ワンセグ受信を対象

※2 車内近傍受信: カーナビによるフルセグ受信、ワンセグ受信を対象

図 5.1-5 干渉形態の相互関係をまとめた例

ウ シャドウイングと自システム内干渉

本システムは、無線により車相互に、あるいは路側機から情報を取得する。このため、周囲の環境により電波伝搬の状況が変化した場合には、通信性能に影響が及ぶ可能性がある。これらの問題点をまとめて図 5.1-6 に示す。

第1の問題は、シャドウイング及び反射である。トラックなどの大型車両が存在する場合、大型車両は電波を遮り、また別の方向に反射することがある。この場合、大型車両の陰に隠れた車では、遮蔽による情報の一時的途絶が発生する。これがシャドウイングである。加えて、大型車両で反射した電波は、想定しない場所に届いてしまう可能性もある。このような不要反射も、届いた先の車の通信を妨害する可能性がある。

第2の問題は、隠れ端末である。本システムではアクセス方式として CSMA/CA 方式を用いる前提で検討が進んでいる。CSMA/CA 方式は、車載無線機や路側機がお互いの送信状態を監視しながら、送信タイミングの調停を行う方法であり、端末の存在が認識されている際には簡便かつ有効に動作する。しかしながら、図 5.1-6 に示すようにお互いの存在を認識していない端末が複数存在する場合には、両者が同時に送信した際に干渉が発生する可能性がある。これらお互いの存在を認識しない端末を隠れ端末と呼ぶ。

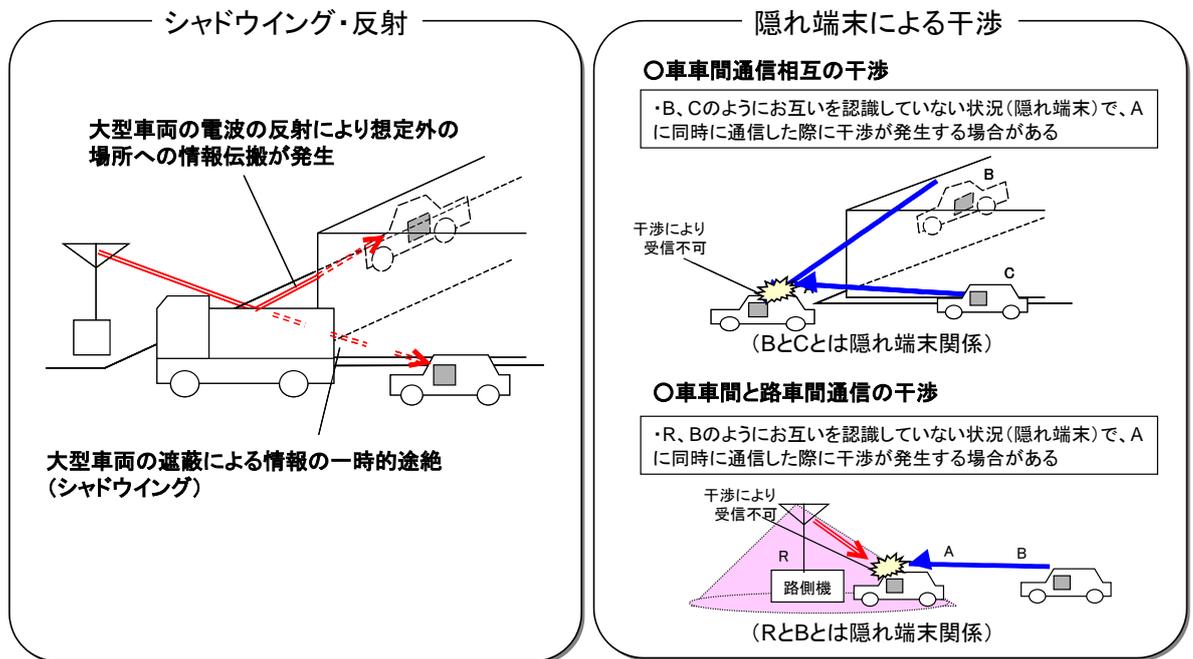


図 5.1-6 シャドウイングと自システム内の干渉の例

以上の問題により、ITS システムでは、自らのシステム内でも干渉が発生する可能性がある。このため通信状態の一時的な変動や、通信そのものの途絶に対応する必要がある。対策案として、シャドウイングについては、アンテナの指向性制御等が、隠れ端末については、特定の端末の送信予定時間を周囲に通知する仕組み等が、それぞれ提案され、検討が進んでいる。

今後は、これら解決案の具体化と効果検証を行う必要があるが、通信媒体として電波を使う以上、100%の通信成功率は達成できないため、通信性能の限界を明確にした後、利用イメージ・アプリケーションからの要求仕様との整合を図り、通信が途絶した際のアプリケーションの動作を規定することも重要である。

エ 位置情報の精度

本システムでは、各車両は自車の位置を検出し、その位置を無線通信にて他車に伝達し、安全運転支援をする際の基本情報として利用する。このため位置情報の精度はシステムの実用性に関係の深い課題である。図 5.1-7 に位置精度に関わる課題を示す。

車両の位置情報の検出には、一般的にはGPS²⁵を利用することが想定されている。しかしながら、例えば屋根付きの駐車場を走行する車などは、GPS電波を受信できず、位置情報を取得できない場合がある。本システムに関するこれまでの検討

²⁵ GPS : Global Positioning System(全地球測位システム)

では、このように自車位置が取得できない車が信号を送信すべきか否かに関する具体的な論議がなされておらず、今後検討が必要である。

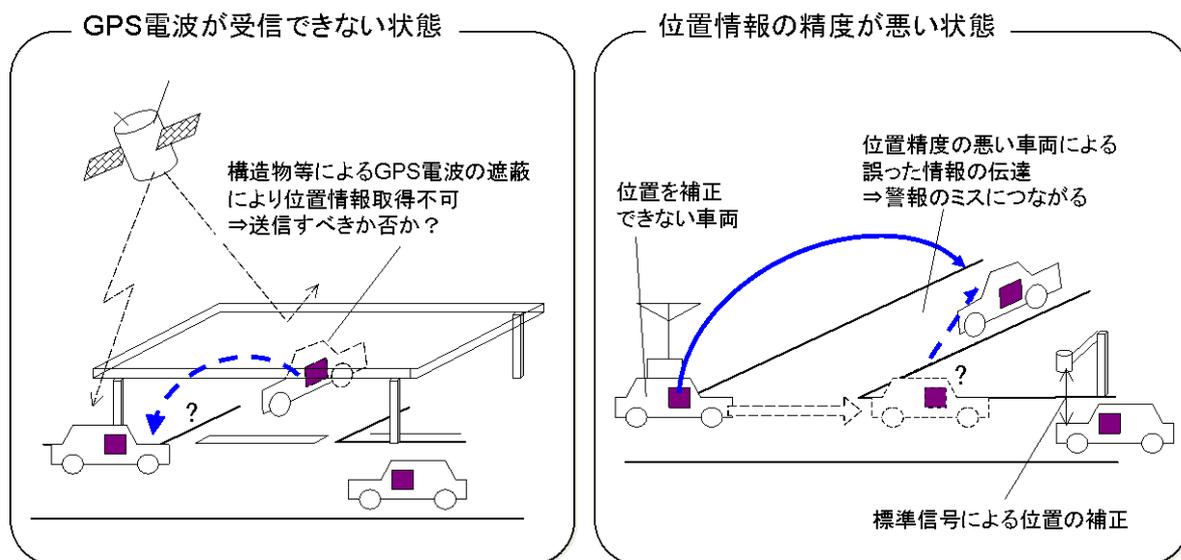


図 5.1-7 車両位置情報の精度に関わる課題

また、状況によっては、位置は取得できているがその精度が著しく悪い場合も想定される。例えば、標準信号による位置の補正を前提としたアプリケーションにおいて、標準信号を受信できなかった車や、建物反射があるマルチパス環境での GPS 受信や GPS 受信機等の故障により誤った位置の情報を保持している車がこの不具合例である。この場合、当該車両が精度の悪い位置情報を送信すると、受信した車が本来出すべきタイミングと異なるタイミングで警報を出すなど、システムに悪影響を与える可能性がある。

以上のように、位置情報の欠落や精度低下は実際のシステム運用時に発生する不具合であり、これら不具合の発生時にアプリケーションやシステムがどのように動作すべきか、無線機はどのように通信を制御すべきかについて、検討を行う必要がある。

オ 情報セキュリティ

第 3 章で述べたように、本システムでは安全運転を支援するために、車両の走行に関わる様々な情報の提供が検討されている。このため、情報セキュリティも重要な課題と言える。情報セキュリティに関する方策を立案するには、システム全体の定義、セキュリティを脅かす脅威の分析、それぞれの脅威に対する対策立案、対策の運営管理などのステップを確実に実施する必要がある。

図 5.1-8 に現時点で想定される本システムの構成を示す。図中には脅威や対策の例もあわせて示す。ただし、これらの脅威や対策は、インターネットでの商取引や

既存の路車間通信 (DSRC) で検討されている技術を参考にした例示であり、情報セキュリティの専門的な分析に基づく検討は現時点では実施されていない。

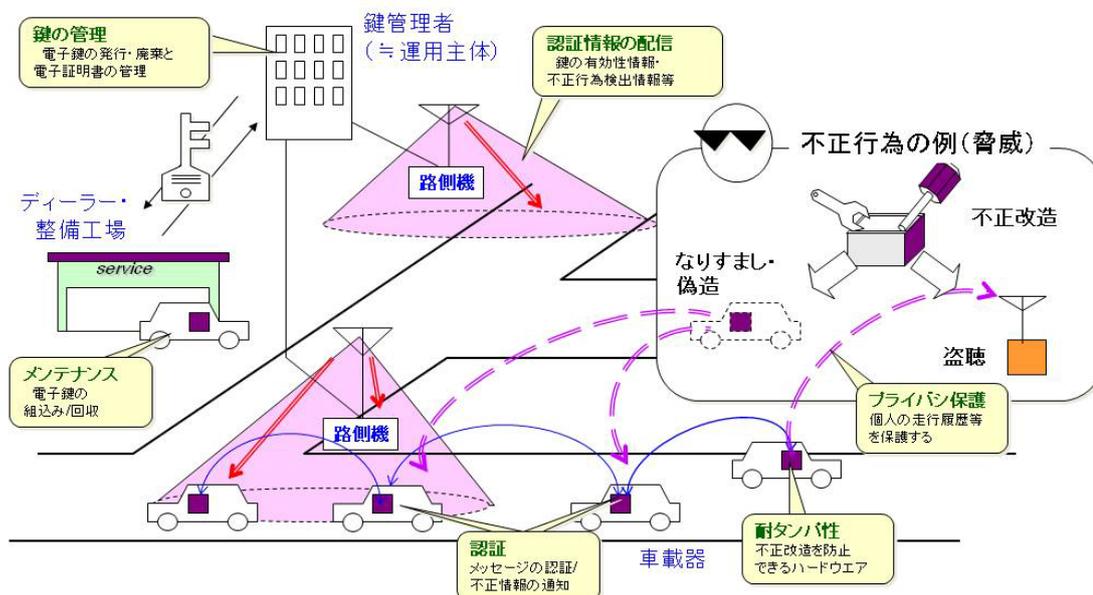


図 5.1-8 システムの全体構成と脅威、対策の例

図に示すように、本システムは路側の情報を管理する運用主体、車両そのものや路側機・車載器などの機器を提供する者(機器提供者)、実際に本システムを利用するユーザが並存するシステムである。本システム実現のためには、情報セキュリティの専門家によるシステムの分析を行うと共に、サービスに応じて適切なセキュリティ許容レベルについての検討や、脅威に対する対策についての責任分担を、運用主体・機器提供者・ユーザの三者で明確にする取組が重要である。

以上、ITS 安全運転支援システムの実現に向けた、5 つの技術的課題について詳細を説明したが、これらのうち、特に車車・路車間共用と、他システムとの干渉については特に重点的に取り組む必要がある。具体的には、車車・路車共用については共用のための具体的な方式の開発と実用性検討が必要であり、他システムとの共存については、放送事業者、電気通信事業者、及び ITS のシステムに関わる関係者が連携して干渉抑圧に向けて検討する必要がある。

他の 3 つの課題に関しては、自システム内干渉抑制のための技術開発など、無線機に関わる部分の改良に加えて、無線機そのものや GPS 等のシステムで利用するセンサが所望の動作をしなかった際の対応、悪意のユーザからシステムに対して攻撃を受けた際の対策など、アプリケーションソフトの仕様に関わる検討も必要である。これら課題については、システムの利用イメージや通信要件も考慮した検討を行うべきである。

(2) その他の課題

700MHz 帯周波数を用いた安全運転支援システムその他、5.8GHz 帯を用いたシステムの今後の現状及び今後の方向性についても整理する。

現在、5.8GHz 帯を用いた無線システムは、ETC や駐車場入退出管理等の DSRC 方式による路車間通信を使ったサービスが展開されている。今後、高速道路などにおいても、同方式を用いた安全運転支援サービスが提供される見込みである。

こうした DSRC 方式による路車間通信を活用したサービスは2009年度からの全国展開が予定されており、これを円滑に進める観点から、5.8GHz 帯は当面は現行の技術基準を維持していくことが重要である。

また、路車間通信の利用を促進するため、現行制度に関して不断の見直しを継続的に行うと共に、将来の高度化された車車間通信への活用を念頭に、必要な研究開発や技術課題の検討を継続していくことが重要である。

その後、DSRC 方式による路車間通信サービスの全国展開の状況、研究開発の進捗状況、欧米における5.9GHz 帯の ITS の実用化状況、700MHz 帯の実用化における利用状況等を踏まえ、周波数の有効利用の観点から、DSRC 方式の高度化等の可能性を含め、5.8GHz 帯の ITS による利用の在り方について再検討することが必要である。

5.1.2 運用上の課題

安全運転支援通信システムの実用化に向けては、無線通信方式等の技術的な検討のみならず、円滑にサービス提供を行うため、サービス内容、運用管理の方式について、システム運用上求められる機能毎に整理していくことが必要である。

車車間・路車間通信を円滑に行うために必要な機能として「サービス・コンテンツ管理」、「機器管理」を想定した場合、「サービス・コンテンツ管理」については、例えば、サービスの信頼性や品質を確保することが重要であり、車両の位置情報などの入力情報の管理や車車間・路車間通信に関する認証の管理について検討していくことが考えられる。また、無線設備としての「機器管理」については、他のすべての無線機（携帯電話、無線LAN、ETCなど）と同様、電波法令に従い、他の無線機器等に混信や妨害を与えないよう技術適合性証明を受けることなどが不可欠である。

安全運転支援通信システムにおける車車間通信システムは、既存の通信システムにはない新しい通信システムであり、サービス内容、運用管理の方式にも新たな考え方が必要である。今後、システム運用体制、システムのセキュリティ管理の在り方などについてはサービス提供方法の検討に合わせて、官民の連携により検討していくことが必要である。

5.2 ITS 無線システムの更なる高度化に向けて

安全運転支援のためのITS無線システムでは、安全運転支援のためだけでなく、将来的に新たなアプリケーションが拡大されることが想定されることから、先行的な技術開発を行うことが重要である。このため、継続的に技術開発を進め、システムをさらに高度化していくことが重要である。本節では、マルチホップ転送技術、車群通信技術、コグニティブ無線技術、歩車間通信技術の4つを取りあげる。

(1) マルチホップ転送技術

無線通信システムにおいて、送信端末と受信端末の間に位置する第3の端末を中継して信号を届かせる技術がマルチホップ転送技術である。送受信端末間に大きな電波の減衰、遮へい、干渉などが存在する場合においても電波の到達距離を伸ばし、通信品質の改善とサービスエリアの拡大を可能とする。中継端末が複数にわたる場合もあり、しばしばバケツリレーに例えられる。

欧州では、通信エリアの拡大を図るためにマルチホップ転送技術の導入が検討されており、日本でも基礎検討が進められている。

車車間通信へのマルチホップ転送技術の適用で期待される利点は、建物や大型車両などの障害物を越え、見通し伝搬や回折伝搬の到達範囲外に信号を届かせることができ、パケット到達率が向上することであり、一回の送信でより遠方の自動車まで信号を届かせることができるため、サービスエリアを拡大や信頼性の向上などが期待できる。一方、中継端末の数が増えることで、通信トラフィックが急増・輻輳することなども考えられるため、実用化に向けて過度に冗長な転送を減らし、待ち時間が不要でかつ高速なレスポンス性をそなえた通信方式などを開発する必要がある。

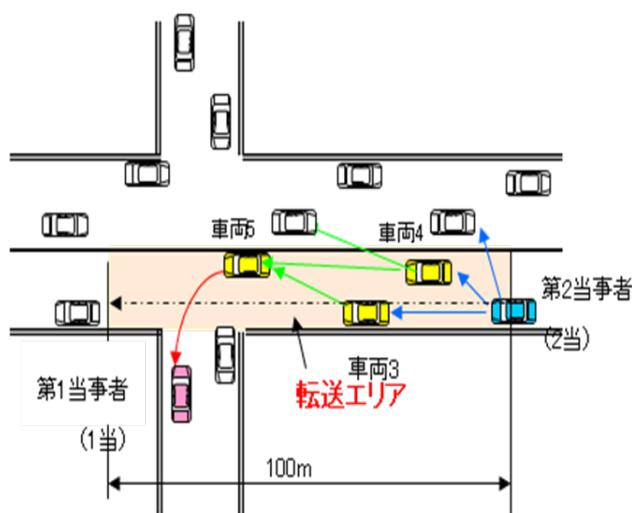


図 5.2-1 位置により中継車両の範囲を限定したマルチホップ転送

(2) 車群通信技術

車群通信とは、車の群を 1 つの単位として、自律・階層的に通信管理を行う方法である。車群を管理する代表者(マスター)は、車群内通信を用いて取得した車の位置情報等を、車群間通信を用いて他の車群と交換する。車群通信技術を活用することにより、ITS 用に割当てられた複数の周波数を有効活用することでシステム容量を増大することが可能となるなど、周波数の有効利用を図ることが可能である。

今後、周波数の有効利用のため、車群通信技術の利用に向けた技術開発を進める必要がある。

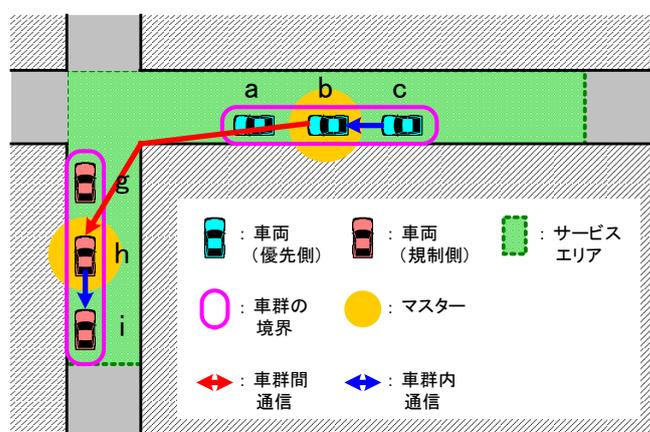


図 5.2-2 車群構成

(3) コグニティブ無線

移動通信システムにとって使い勝手のよい 6GHz 以下の帯域は、極めて稠密に利用されており、深刻な電波の逼迫状況が生じている。逼迫している電波をより有効かつ効率的に活用しつつ特にニーズの高い移動通信に必要な周波数帯域を確保するために、移動通信システムにおける周波数の高度利用を実現する技術の一つとしてコグニティブ無線技術の研究が進められている。コグニティブ無線技術とは、無線の利用状況を認識(cognitive)し、その状況に応じて他のシステムに干渉を与えることなく、周波数帯域、タイムスロット等の無線リソース並びに通信方式を最適化しリソース割当てを行うことにより、周波数有効利用を図りながら高いスループットを実現するための技術である。

自動車等の移動体の通信特性は時々刻々と変化するが、コグニティブ無線技術が適用されることにより、高速移動時の回線品質確保、他システムとの干渉回避に有効であると考えられる。

例えば、図 5.2-3 に示すように無線機を搭載した複数の車が、車間距離を信号レベルに基づいて認識し、最適な通信条件になるよう適応的に変調方式の切り換え等を行うことが考えられる。コグニティブ無線技術を ITS に適用した場合、通信環境の良

ユーザは少ないリソースで効率的に通信を行うことが可能となる一方、通信状況のよくないユーザには多めのリソースを与えてエラー耐性の高い方式を使用することができる。また、他システムからの隣接チャネル間干渉を受ける可能性が高いエリアでは、周波数を変更することでその影響を自律的に軽減することが考えられる。

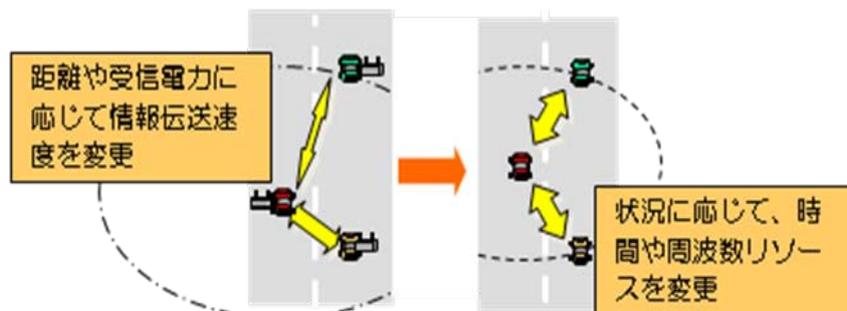


図 5.2-3 コグニティブ無線技術の ITS への適用例

(4) 歩車間通信技術

交通事故による死亡者数の5割弱を占める歩行者事故(自転車事故を含む)を防ぐことが重要であり、現在は交差点などに取り付けられた路側カメラを利用したシステムの実用化が図られつつある。また、自律型のシステムとして車載カメラや車載レーダによる歩行者検知システムも開発されている。一方で、路側カメラのない交差点などでの歩行者衝突事故やカメラやレーダでは検知の困難な事故に対応するため、例えば、歩行者と車両が直接通信を行う歩車間通信技術により、車両の運転者側にだけでなく自転車を含む歩行者側にも注意喚起が可能なシステムの開発が必要である。

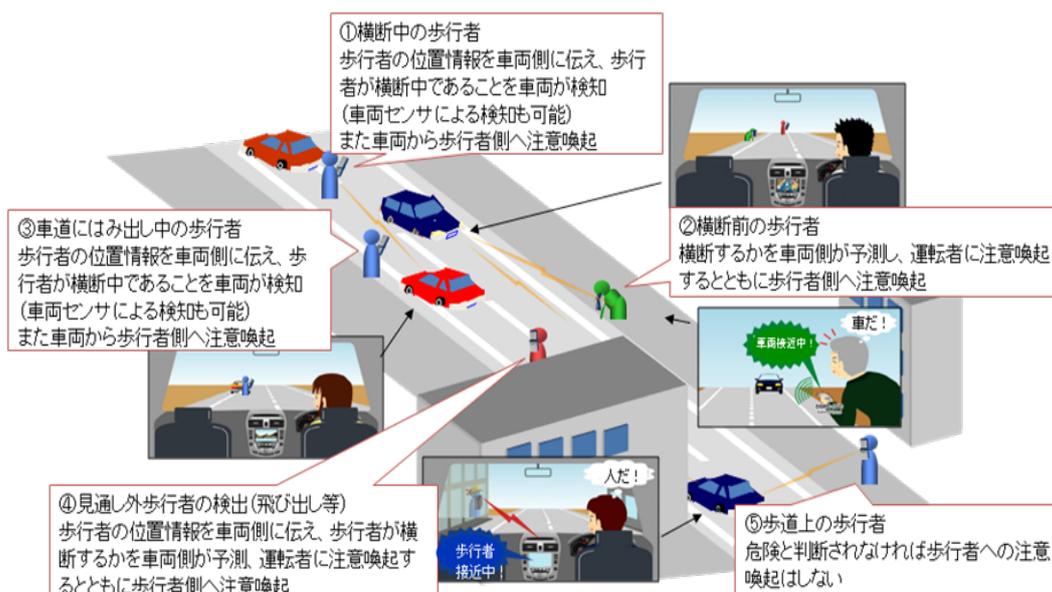


図 5.2-4 歩車間通信システム例

5.3 ITS 無線システムの拡張性について

安全運転支援のために取得した情報を、環境負荷軽減や交通の円滑化などのサービスに活用していくことは、ITS 無線システムの導入・普及の促進および電波有効利用の観点から有効と考えられる。

それには、図 5.3-1 で示したように、当初より安全運転支援から渋滞回避／環境負荷軽減等のアプリケーションへのシステム拡張性を配慮した無線システムとしておくことが大切である。さらに、将来的には 700MHz 帯の車車・路車共用の車載器や路側機からの情報交換・情報共有を可能とし、快適・利便コンテンツの配信等への活用を可能にしていくことが重要であり、必要な技術開発やサービスの検討を継続的に行う必要がある。

また、システムの機能の追加等に柔軟に対応できる仕組みをあらかじめ考えておくことが重要である。例えば、新しいアプリケーションが追加された際に、車載器の本体システムを丸ごと新しくするのではなく、ソフトウェアのバージョンアップなどにより簡易に対応できることなどが考えられる。ただし、車両での安全性の確保やアプリケーション品質の保証などに対処が必要である。

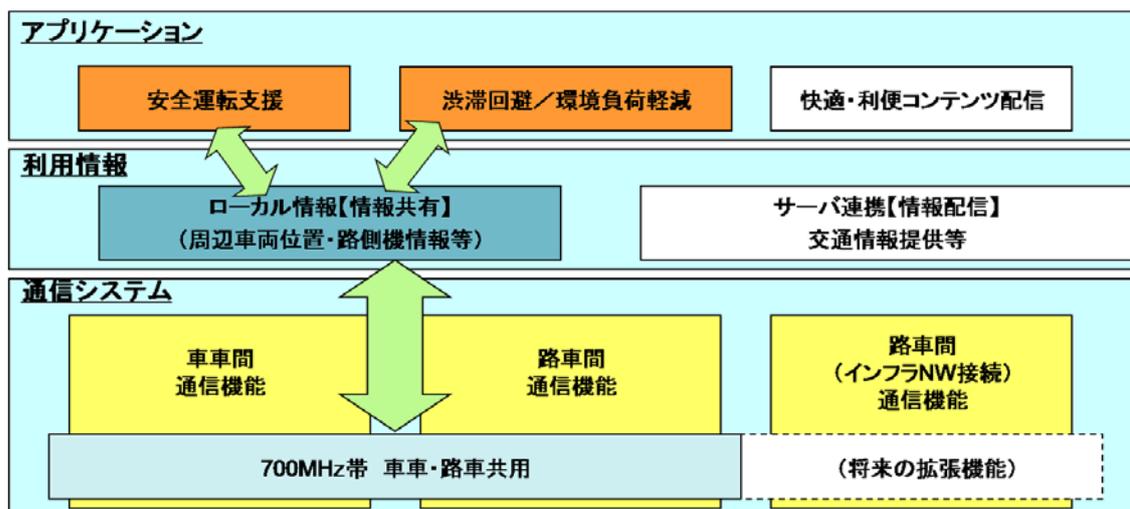


図 5.3-1 車車間・路車間通信の利用情報の有効活用