

# 700MHz帯を用いた安全運転支援システム実現に 向けた技術課題

技術課題に関するアドホックグループ

# 本報告の内容

- 検討の前提と論議した技術課題
- 各技術課題の概要
- 解決案・アイデアの具体例
  - 主として下記の課題を解決する3つのアイデア*
  - 車車・路車共用方策
  - シャドウイング・自システム間干渉
  - 米欧の方式との整合性確保
- 技術課題の検討内容の例
  - 下記の課題の検討状況(他の検討会・システムの事例も含む)*
  - 他システムとの干渉
  - 米欧の方式との整合性確保
  - 情報セキュリティ

# 技術課題の抽出にあたっての前提条件

※ITS無線システムの高度化に関する研究会作業班 第4回 資料4-5より抜粋

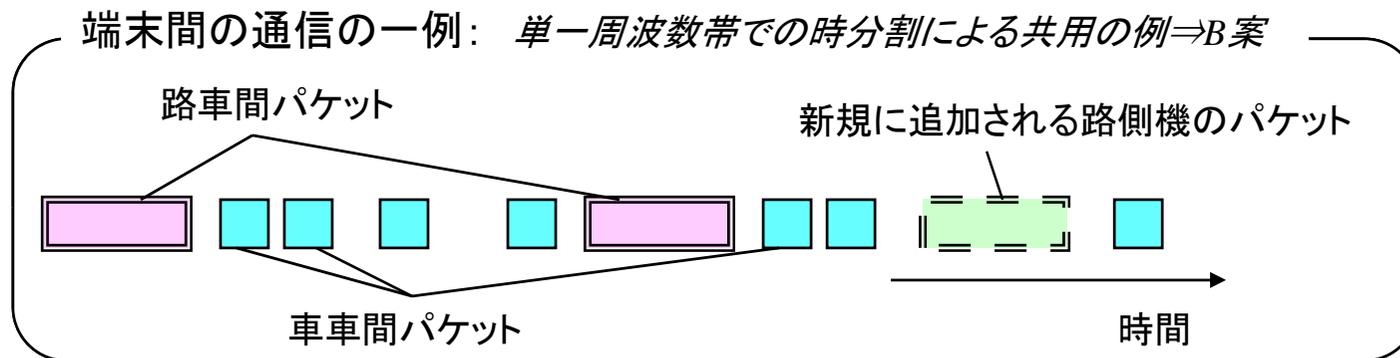
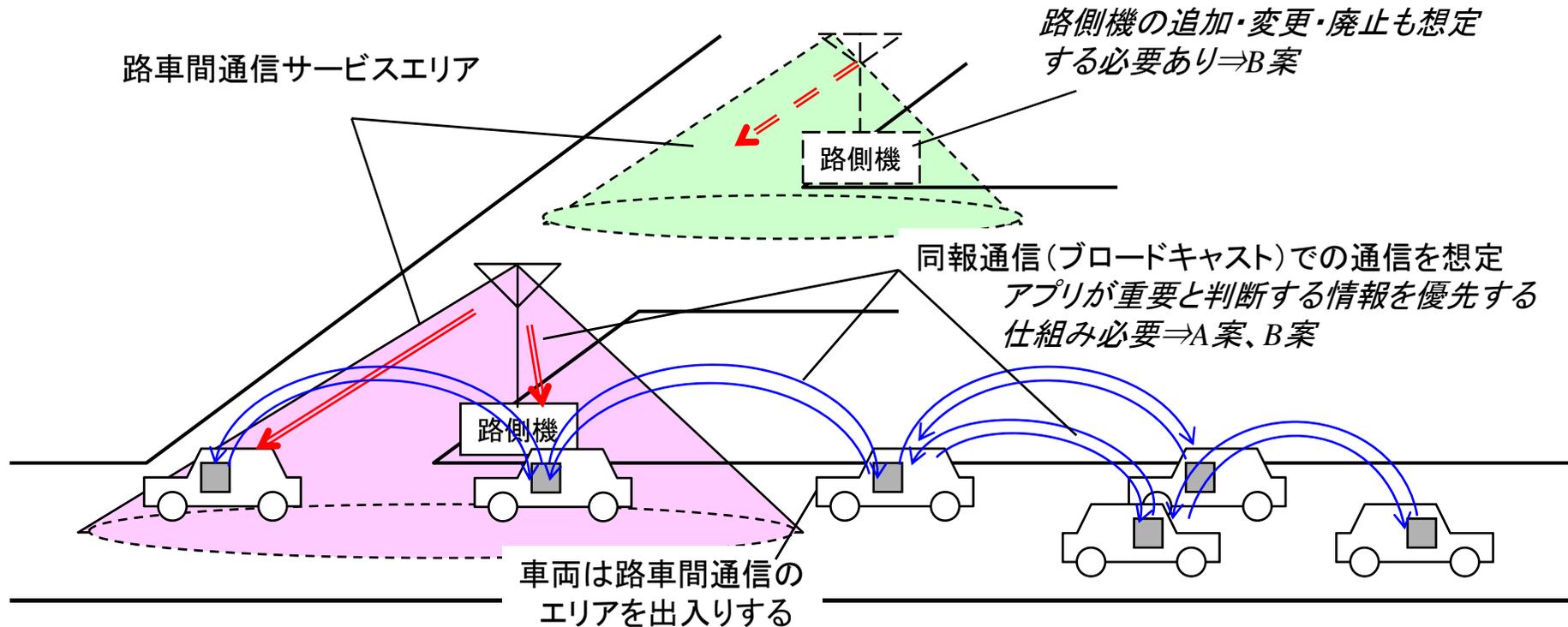
1. 700MHz帯を優先して実用化検討を進める
2. 車車間通信と路車間通信の共用を図る
  - － 時分割多重方式等により車車間と路車間が同時利用
  - － 路車間エリア等では必要に応じて路車間を優先
3. 米国及び欧州の方式と調和を図る
  - － 米欧と日本とでは周波数帯は異なる
  - － 日本で検討中のアプリに基づく要求条件を満たす
4. 隣接する他システムとの干渉などの課題を解決
5. 安全運転支援を前提に進めるが、環境負荷低減や交通円滑化などのサービスへの活用も可能

# 本アドホックグループでの検討課題

## アドホックグループ内で検討を行った課題

1. 車車・路車共用方策
2. 他システムとの干渉
3. シャドウイング・自システム内干渉(隠れ端末問題含む)
4. 米欧の方式との整合性確保
5. 位置情報の精度
6. 情報セキュリティ

# 1.車車・路車共用の実現イメージ

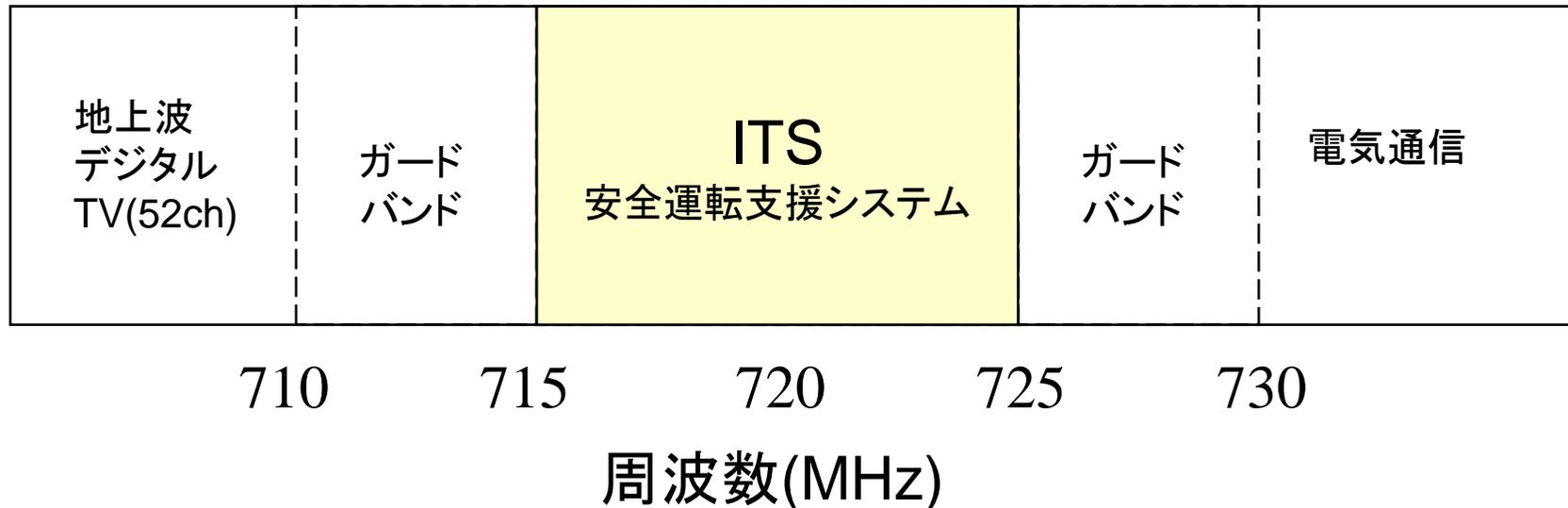


路側機・車載機が連携して、車車間と路車間の通信を切り替えられる仕組みが必要  
⇒アドホックメンバより解決案・アイデアの例示あり(A案、B案)

※ただし利用イメージ・アプリを明確にした後、要求仕様に基づいた実用性検討が必要 5/34

## 2.他システムとの干渉に関わる課題

### ■700MHz帯安全運転支援システムと隣接する他システム



- ・地上波デジタルTVならびに電気通信(携帯電話)との干渉が懸念される
- ・安全運転支援通信システム実用化のための調査検討会／実験作業班にて具体的な調査検討を実施中

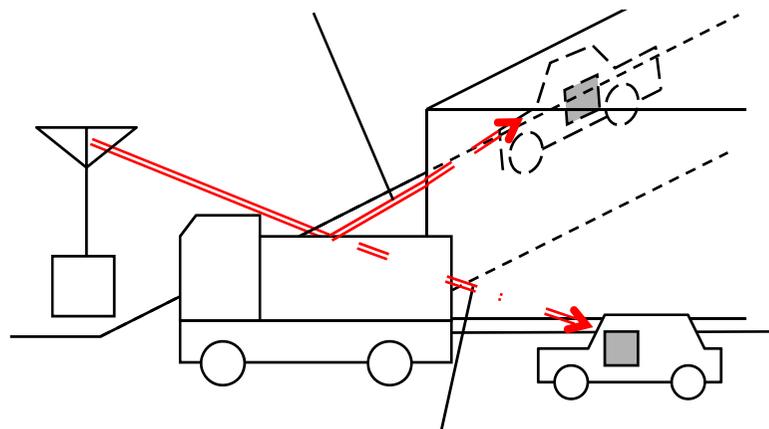
調査検討は継続中だが、ITS単独での技術検討は限界

⇒放送事業者、電気通信事業者とITS関係者が相互に検討する場が必要

### 3. シャドウイングと自システム内干渉に関する課題

#### シャドウイング

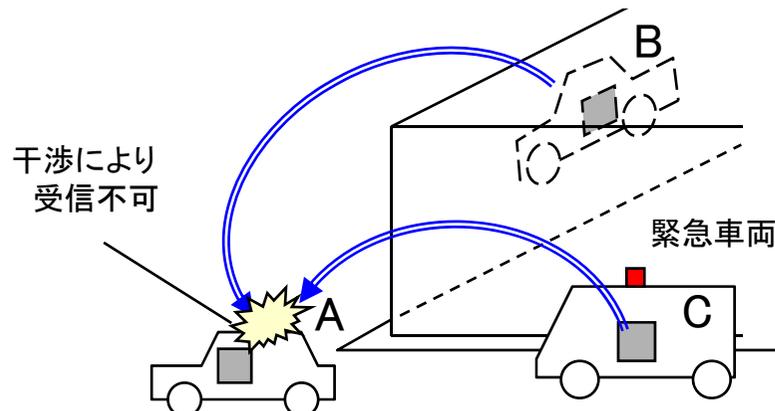
反射による想定外の場所への情報伝搬を想定したシステム設計⇒C案



大型車両の遮蔽による情報の一時的途絶 (シャドウイング)

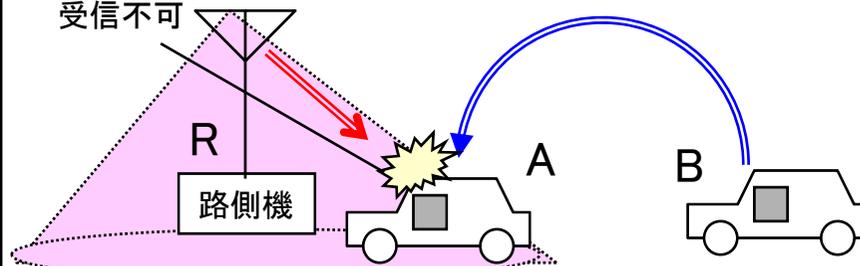
#### 隠れ端末によるシステム内干渉

干渉により受信不可



車車間通信相互の干渉防止⇒B案 (BとCとは隠れ端末関係)

干渉により受信不可



車車間と路車間通信の干渉防止⇒B案 (RとBとは隠れ端末関係)

通信状態の一時的な変動や途絶を抑制する仕組みが必要

⇒アドホックメンバより解決案・アイデアの例示あり(B案、C案)

※ただし100%の通信成功率を前提にすることは現実的ではなく、利用イメージ・アプリの検討必要

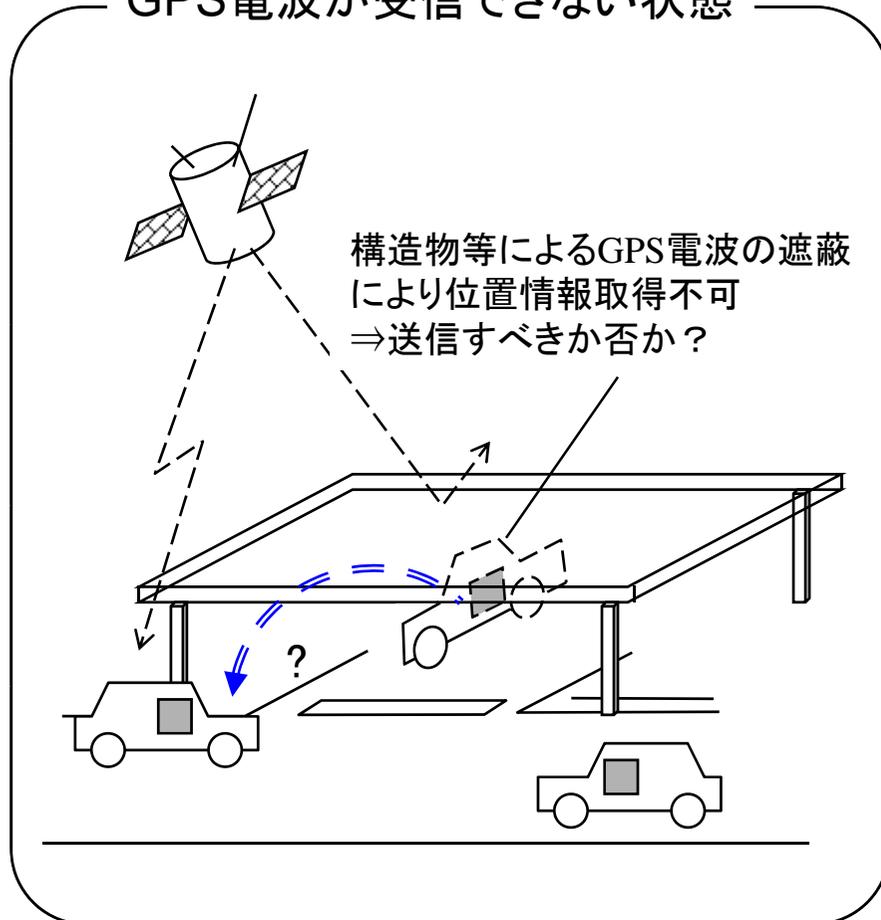
## 4.米欧の方式との整合性 -方式の比較-

	日本	北米	欧州
規格・委員会	RC006※ベース	IEEE802.11p/1609.x draft	C2CCC/ETSI ES202 663 draft
使用周波数	715～725MHz	5.850～5.925GHz	5.875～5.905MHz(割当済分)
ch数	10MHz × 1ch	10MHz × 7ch (20MHz幅オプションあり)	10MHz × 3ch(割当済分)
変調方式	直交周波数分割多重方式(OFDM)		
伝送速度	3～18Mbit/s	3～27Mbit/s(10MHz幅)／ 6～54Mbit/s(20MHz幅)	3～27Mbit/s
送信電力	20dBm(給電)	23～33dBm(EIRP)	
アクセス方式	CSMA/CA		
アクセス制御拡張	DCF (Distributed Coordination Function)	DCF、加えてPCF(Point Coordination Function)の扱いも検討中	
隠れ端末対策	検討中	RTS/CTSによる優先制御も使用可能	
時刻同期		GPSにより標準時刻(UTC)を取得し、TSF(Time Sync. Function)を使って同期	検討中
通信形態	単向同報通信 (ACKなしのブロードキャスト)	単向同報通信、一対多通信、単信一対一通信 (ACKなしのブロードキャスト、マルチキャスト、ACKありのユニキャスト)	
上位プロトコル	今後検討必要	WAVEプロトコル、IP	C2CCC独自、IP

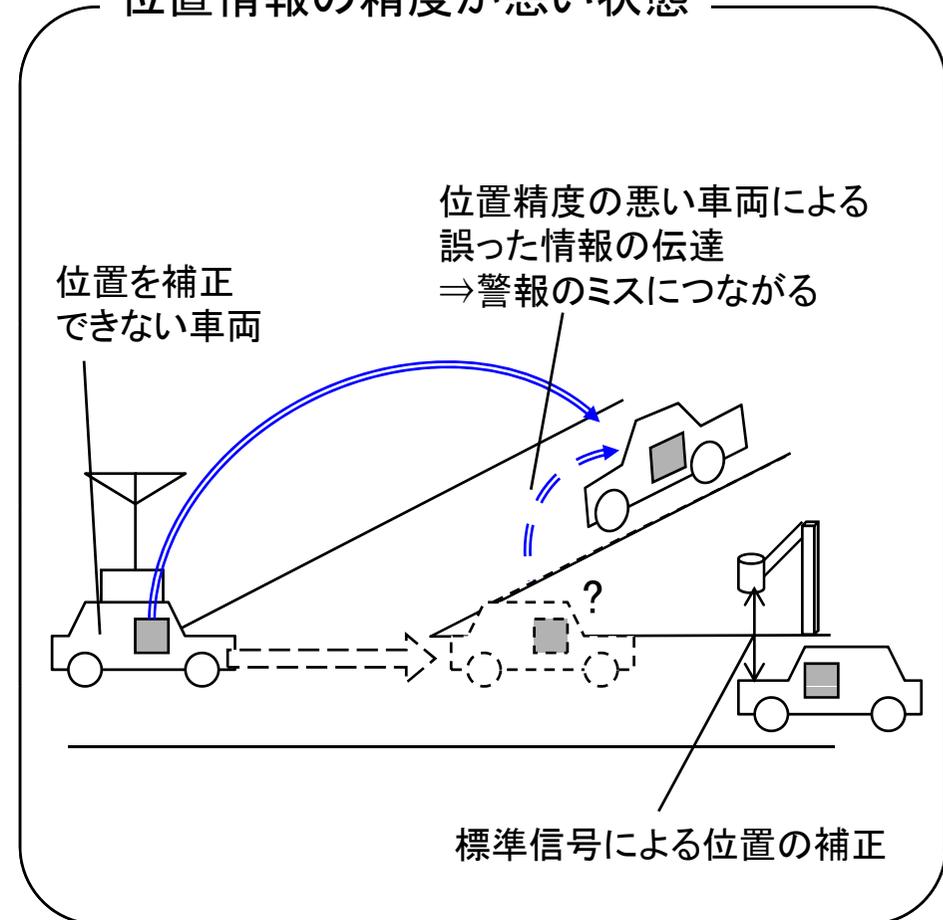
日本で検討中のRC006の変調方式・アクセス方式は、米欧で検討中の方式との共通性あり  
 ⇒技術課題解決のために、メンバより例示された解決案・アイデアは、米欧の方式との整合性が意識されている

## 5.位置情報の精度に関わる課題

GPS電波が受信できない状態

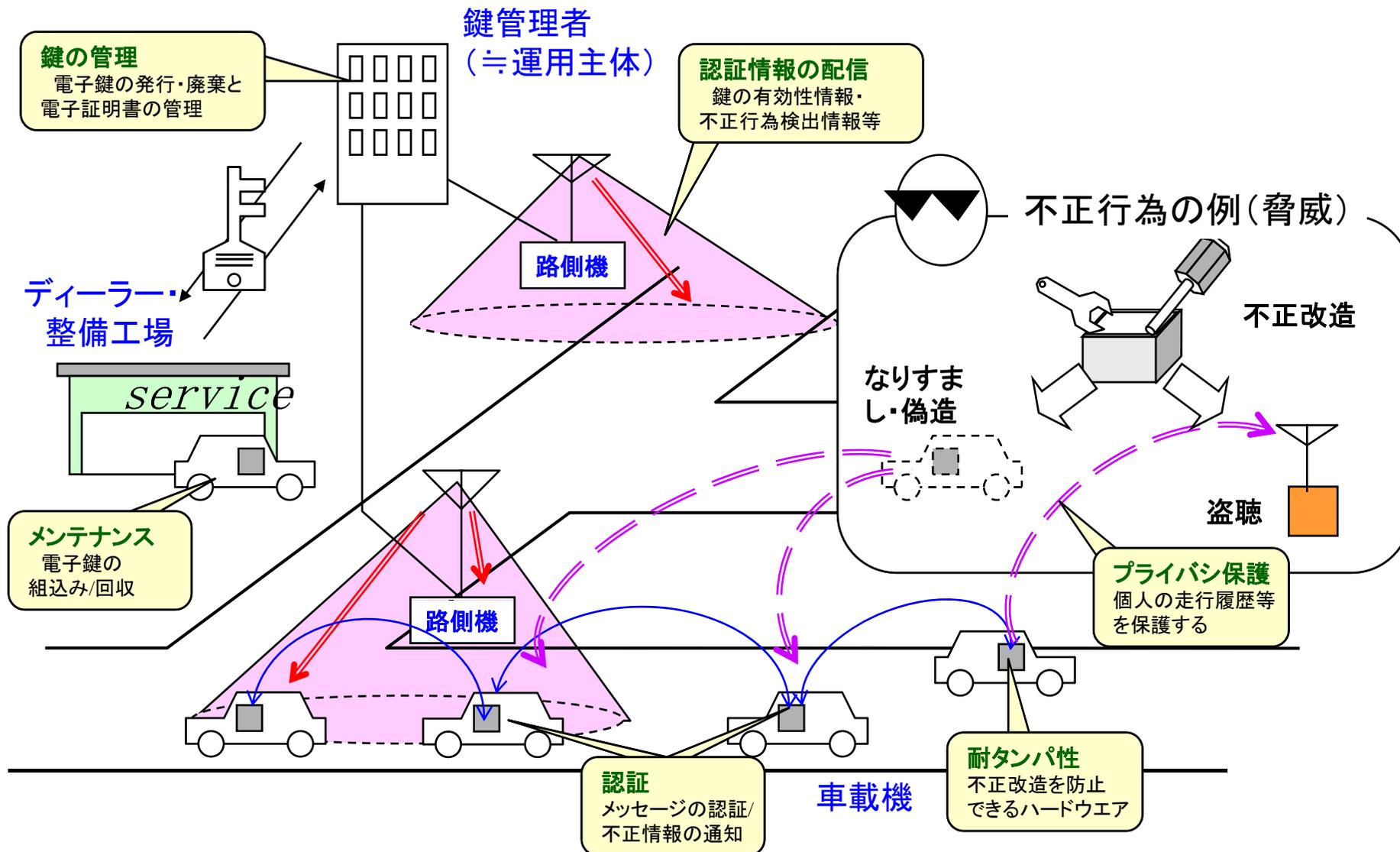


位置情報の精度が悪い状態



位置情報を取得できない車両や、取得した情報の精度が悪い車両が存在する  
⇒利用イメージ・アプリの要求条件に合わせた通信制御方法の検討が必要

# 6.情報セキュリティに関わる課題



脅威に対抗するためのこれら技術に関する責任分担を、運用主体・機器提供者・ユーザーの三者間で明らかにする必要あり

⇒情報セキュリティの専門家による検討が必要

# 解決案・アイデアの例

アドホックグループメンバーから提案された具体例のご紹介

# 技術課題に対する解決案・アイデアの例示

本アドホックグループのメンバより提案された主な解決案・アイデア

案	解決しようとする主な課題	概要
A案	1. 車車・路車共用 4. 米欧の方式との整合性	通信成功率を上げるべき送信機(例えば路車間通信)の送信頻度を上げる。あるいはバックオフ時間を短くする。 バックオフ制御は米規格IEEE802.11方式を参考にする。
	・重要なパケットの送信を優先させる方式	
B案	1. 車車・路車共用 3. 自システム間干渉 4. 米欧の方式との整合性	路側機を時間同期させ、車車間通信と路車間通信とを時間的に分離。 路車間通信の管理情報をFI(Frame Info.)として路側機から配信し、車載機がこれを転送することによって、周辺車が管理情報を共有する。 時間同期や通信制御には米規格IEEE802.11に記載の拡張手段を用いる。
	・車車・路車共用のために必要な管理情報の共有 ・重要なパケットの送信を優先させる方式 ・特定の車両からの隠れ端末干渉対策	
C案	3. シャドウイング・自システム間干渉	路側機に指向性アンテナを導入し、ビーム制御を行う。 路側機側を時間的に同期させ、異なるタイミングで送信することにより、路側機相互の干渉を回避する。
	・アンテナによるシャドウイング・隠れ端末対策 ・路車間相互の干渉対策	

1.車車・路車共用方策、3.シャドウイング・自システム間干渉、4.米欧の方式との整合性を中心に解決案あり

## [参考1] A案 -前提条件-

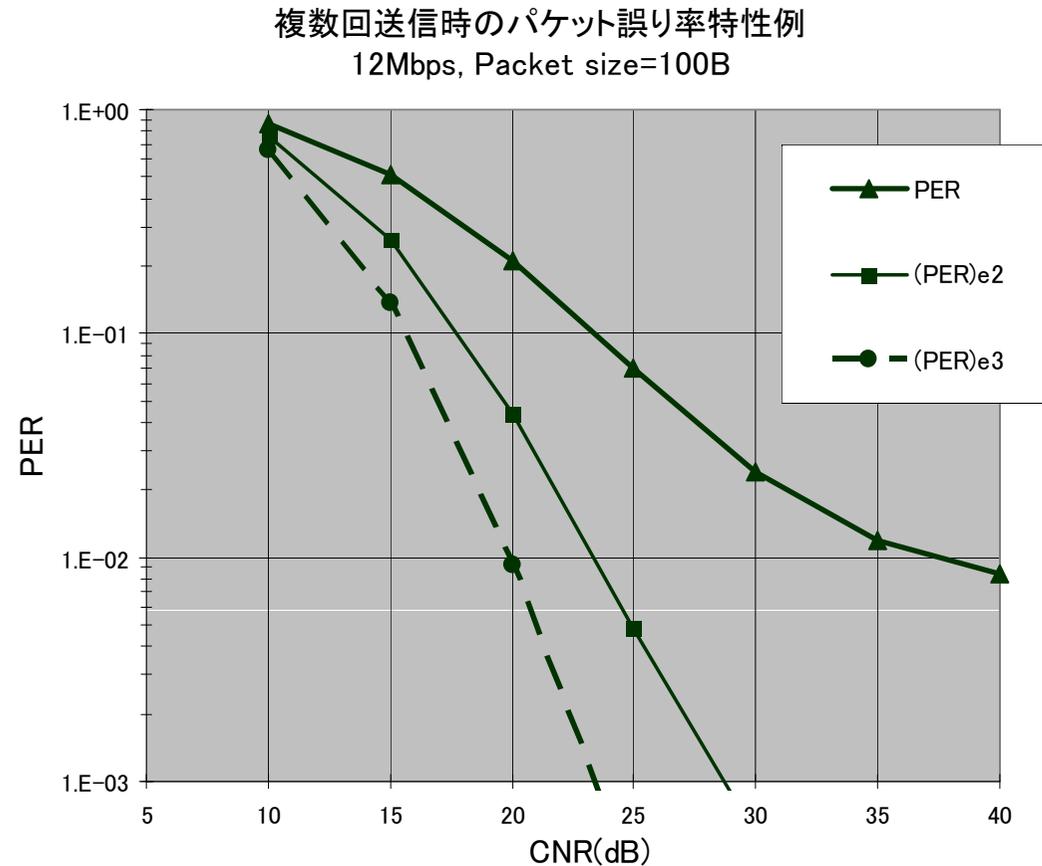
- 通信方式はRC-006を前提とした検討を行う。
  - 変調方式およびアクセス方式はIEEE802.11-2007／ARIB STD-T71: OFDM+CSMA/CAをベースとする。
  - 車車間通信と路車間通信が同じチャネル(周波数)を共用する。
  - 路車間エリア等では必要に応じて路車間を優先する。
- 通信トラヒックとしては、ショートパケットの交換が中心となる。
  - 安全運転支援に必要な情報の交換がベースとなる。
  - リッチコンテンツの送受信を行うためには他チャネルの利用を考える必要があり、将来的な検討課題とする。

## [参考1] A案 -解決案に対する提案-

- 基本的には路側機からの送信頻度を上げることで車載機へのパケット到達率を向上できると考える。
- もし路側機からの送信データが常に優先度が高いという前提であれば、CSMA/CAのバックオフの値を小さく設定することで、路側機送信の優先が可能である。
- 本来、安全運転支援システムを実現するうえでパケットの衝突が頻繁に起こる状況はできるかぎり避けるべきで、そのような状況が想定される場合には輻輳回避策の検討が必要ではないか。(車載機の送信間隔制御、送信電力制御等)

# [参考1] A案 -複数送信に対する通信誤り低減効果-

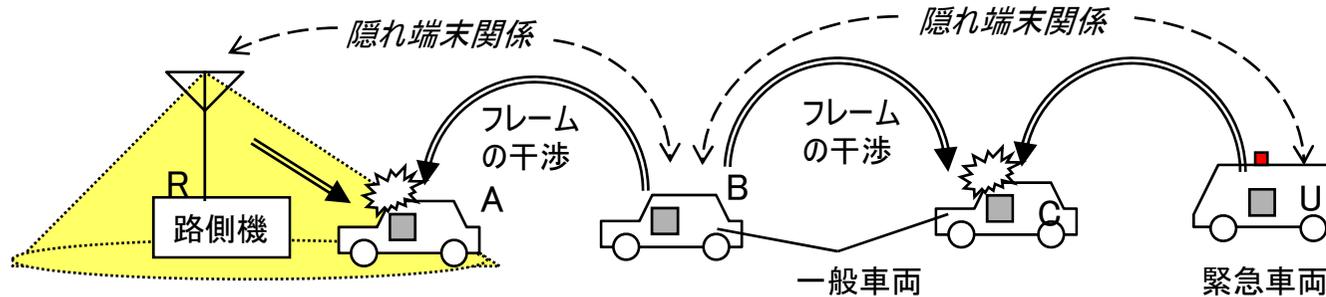
- 車車・路車共用する際に、路側機から車載機へのパケットのみ複数回送信することで、全体の通信トラヒック量に大きな影響を与えず、路車間通信の誤り率低減、信頼性向上が可能。
- 以下に、フェージング環境下でのPERをもとに、2回連続誤りおよび3回連続誤りの場合のカーブを重ねて示す。



# [参考2] B案 -概要-

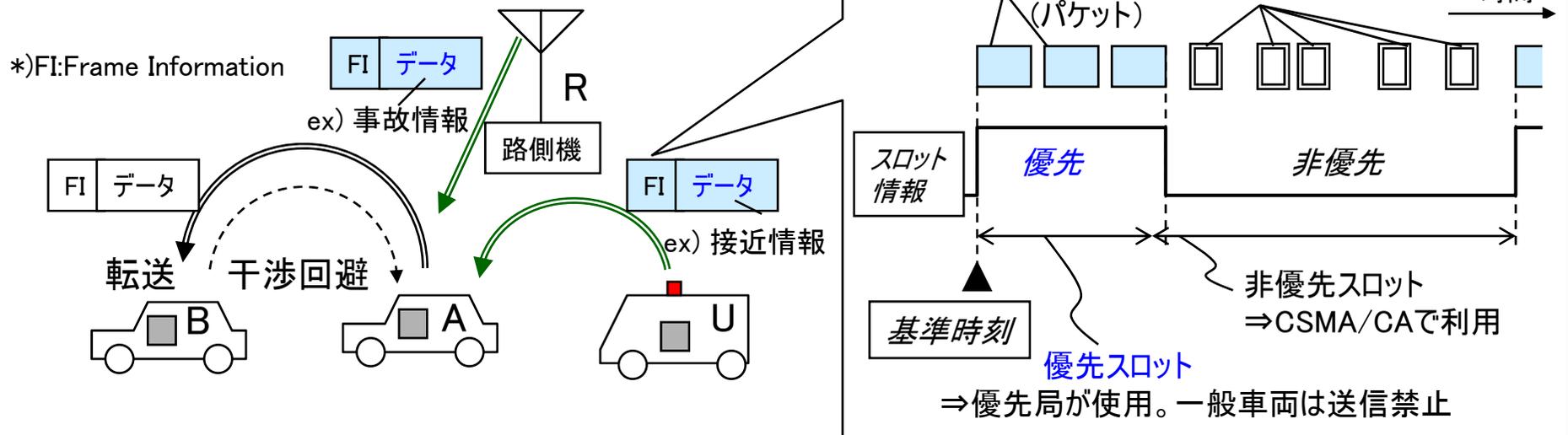
- 時分割により車車間と路車間を分離し、優先フレーム(路車間通信)の通信成功率を向上させる

## ■車車・路車共用の際の問題点



安全運転支援上重要と思われる情報が、一般車両の送信により干渉を受ける

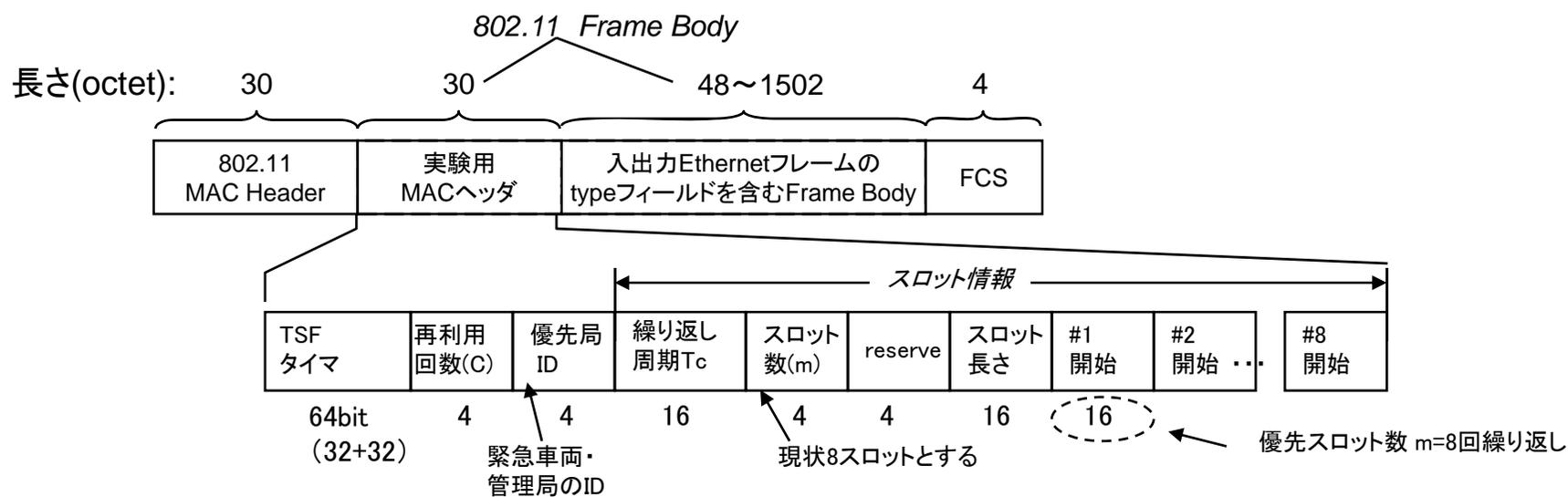
## ■解決案:優先フレーム送信機能



## [参考2] B案 -実装例-

- RC006の実験用MACヘッダの部分にFI(Frame Information)を実装

### ■FIの実装例

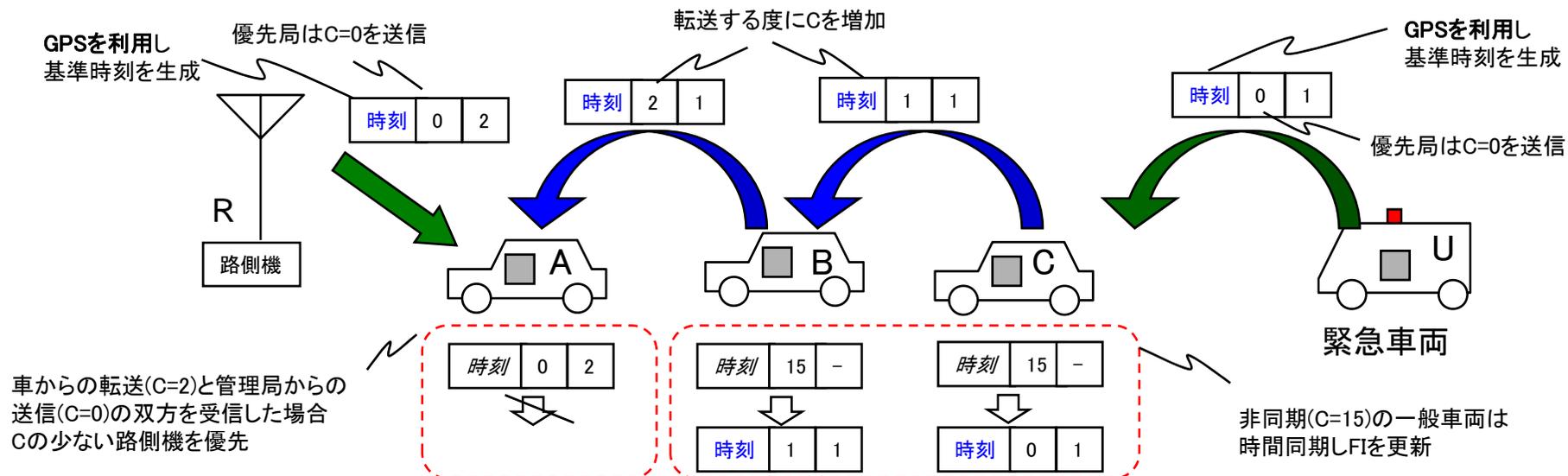


# [参考2] B案 -FIによる管理情報の伝搬の仕組み-

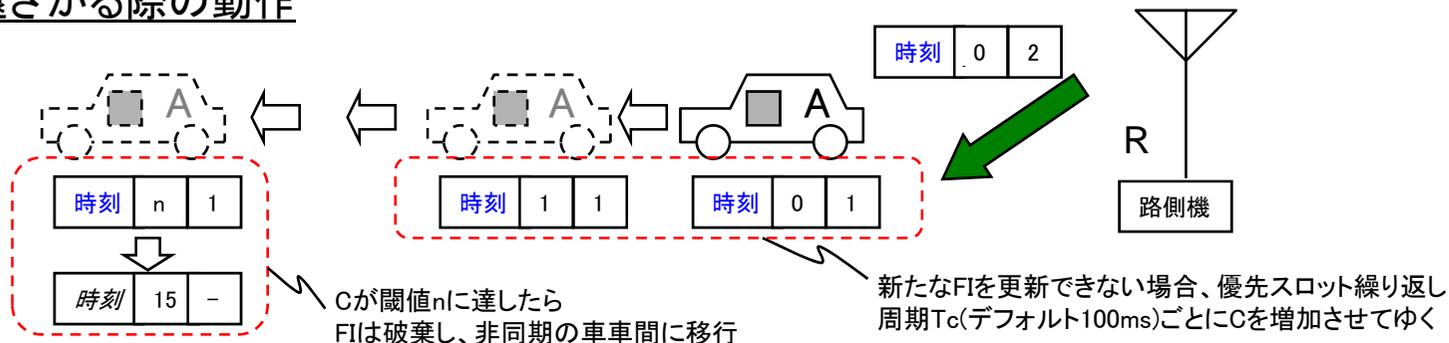
## ■制御に使うFIフィールド



## ■路側機、緊急車両が存在する場合のFIの転送

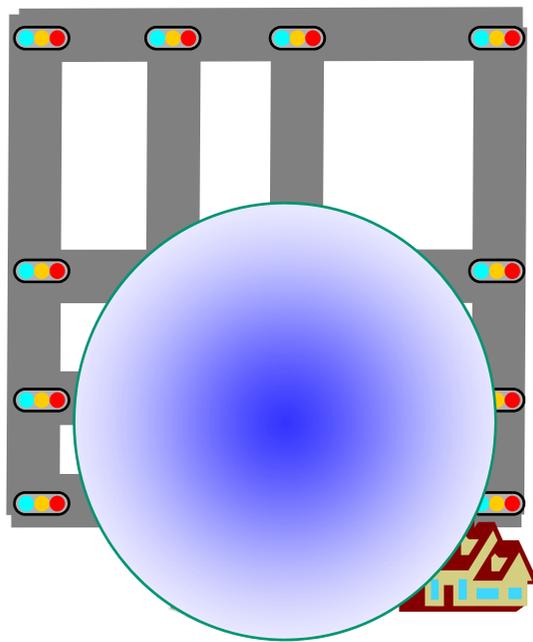


## ■優先局から遠ざかる際の動作

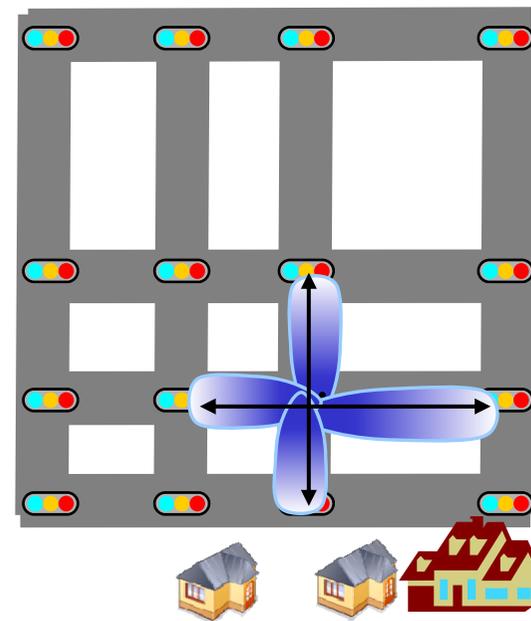


## [参考3] C案 -隣接chTV放送エリアでの干渉防止-

- 路側機のアンテナのビームを制御し、家庭のTVアンテナの干渉を防止



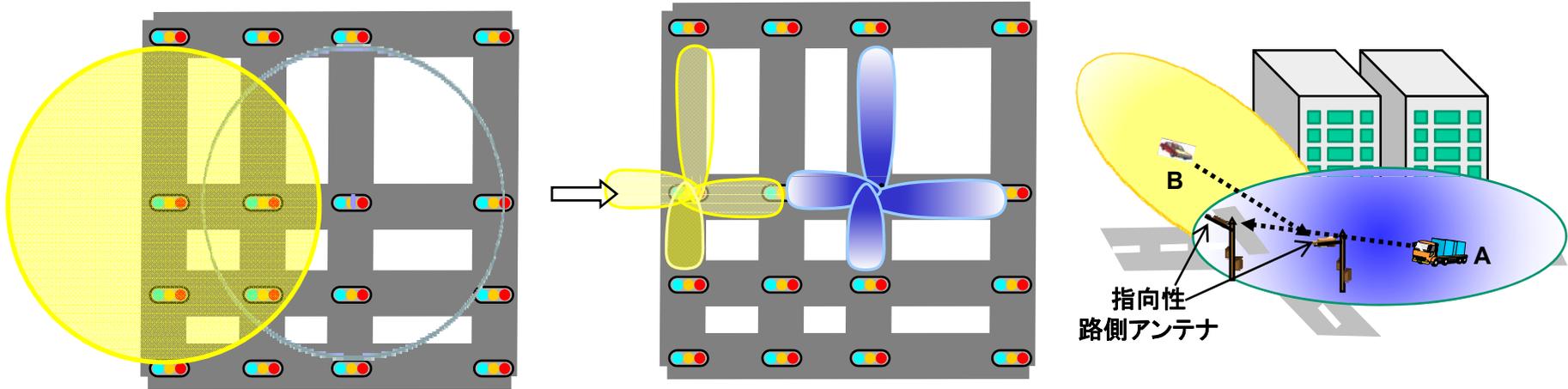
無指向性アンテナ



指向性アンテナによるビーム制御

## [参考3] C案 –シャドウイング低減、隠れ端末対策–

- 路側機のアナテナのビームを制御し、建物等のシャドウイングと干渉を回避



無指向性アンテナ

路側アンテナによる干渉回避

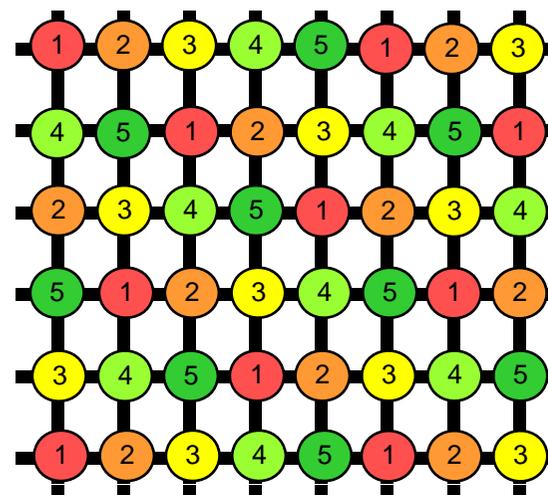
# [参考3] C案 一路車間通信の相互の干渉対策一

- 路側機を時刻同期し、路側機相互の干渉がないように配置する

- 各路側機に専用の送信時間スロットを割り当てる
- 路側機間で時刻同期をとり、決められたスロットにて送信する



路車間通信の時間スロット割り当て



例えば、上図のようなスロット割当を、統括的に、または路路間通信などにより自律的に行う

路側機の配置と使用スロット

# 隣接する他システムとの干渉 に関する検討状況

安全運転支援通信システム実用化のための調査検討会／実験作業班  
での検討状況のご紹介

# ITSと隣接システムとの干渉の相互関係

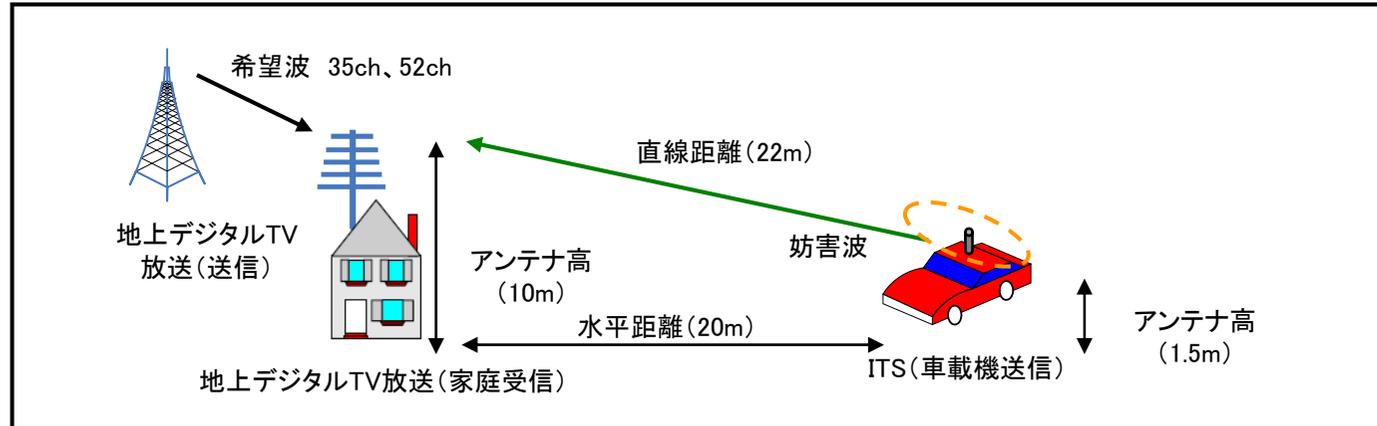
マトリクスで干渉形態を洗い出し、13の形態を抽出しモデル化。  
 内、⑤⑧③⑩について基礎実験を実施。

			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）	階層1						⑤	
		階層2						⑥	
		家庭受信						⑦	
		中継局受信						⑧	
		GF受信						⑨	
	ITS （車載機受信）	屋外近接受信	①	②	③	④		⑩	
		屋外環境						⑪	
		車内近接受信							
	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	

# 干渉形態のモデル化の例 1/2

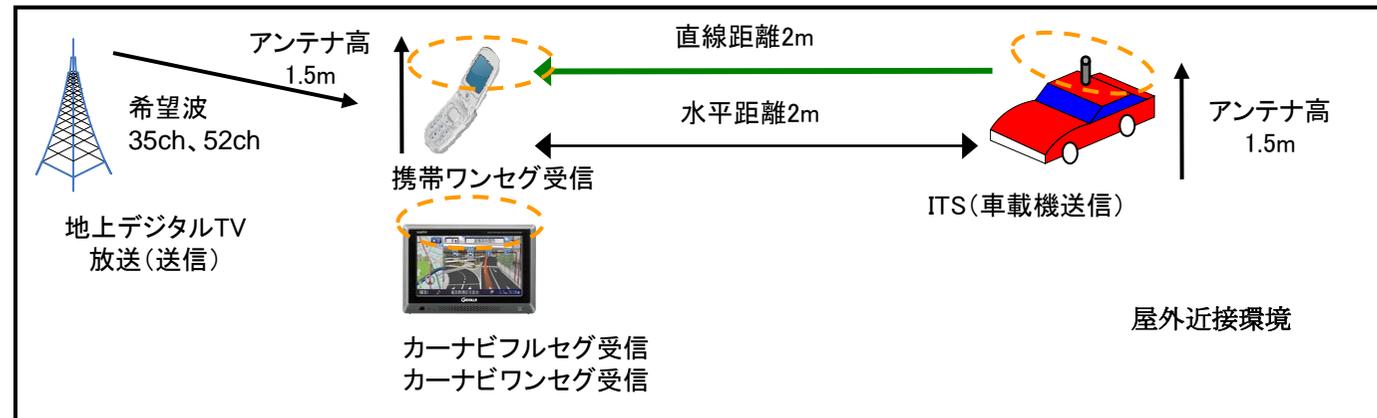
※基礎実験を実施したモデルは以下の通り

⑤ ITS  
↓  
地上デジタルTV放送  
(家庭用受像機)



- ※1. 与干渉局と被干渉局の距離: 与干渉局及び被干渉局の垂直指向性と電波伝搬損失特性を合算した総合伝搬損失が最小(干渉が最大)となる距離を算出し最悪値条件として適用。
- ※2. TVアンテナ高: 「電気通信技術審議会答申, “地上デジタルテレビジョン放送方式の技術的条件”を参照。
- ※3. ITSアンテナ高: 「情報通信審議会・情報通信技術分科会・電波有効利用方策委員会, “VHF/UHF帯における電波の有効利用のための技術的条件”を参照。

⑧ ITS  
↓  
地上デジタルTV放送  
(屋外近接)

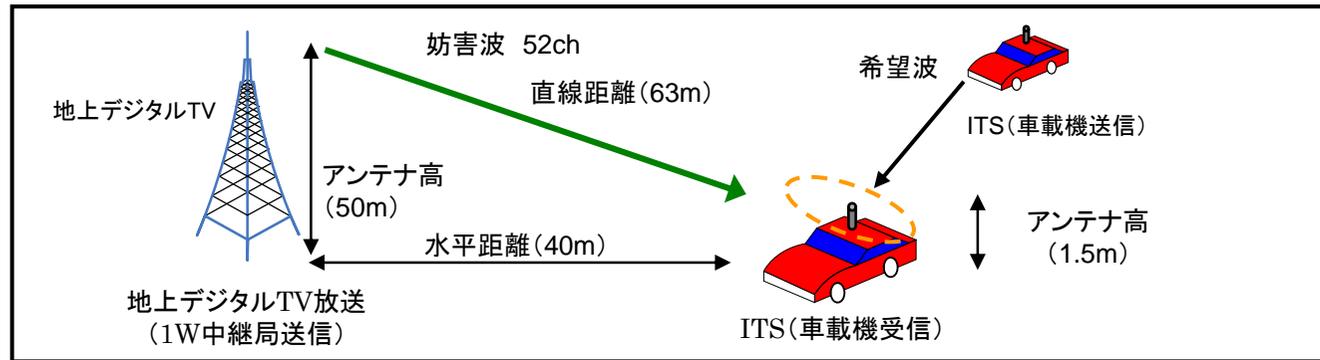


- ※1. 与干渉局と被干渉局の距離: 車道にITS、歩道に携帯端末配置を想定し、(車幅1.8m)/2+1mを近接状態とし、最悪値条件として適用。但し、使用環境によっては、更に近接する場合もあり得る。
- ※2. 携帯端末アンテナ高: ITU-R M.2039を参照。
- ※3. ITSのアンテナ高: 上記と同じ。

# 干渉形態のモデル化の例 2/2

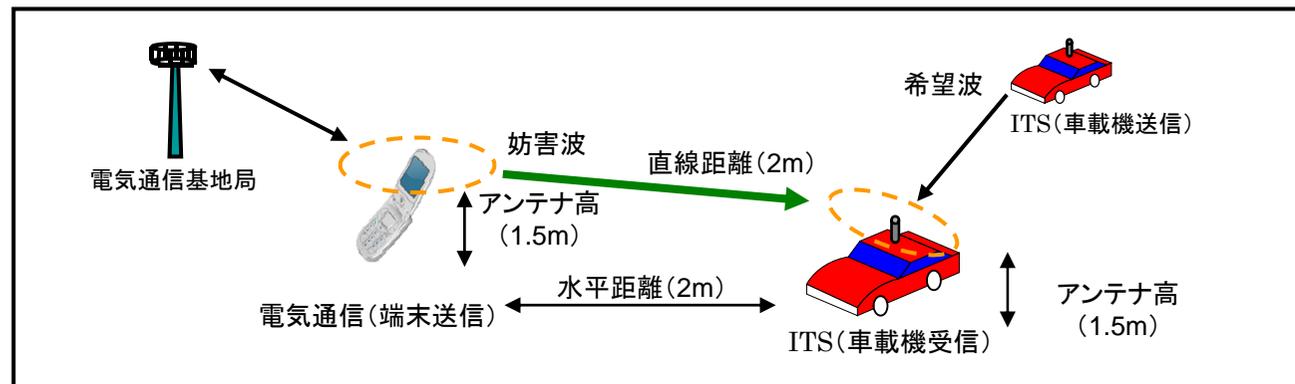
※基礎実験を実施したモデルは以下の通り

③  
地上デジタルTV放送  
↓  
ITS



- ※1. 与干渉局と被干渉局の距離: 与干渉局及び被干渉局の垂直指向性と電波伝搬損失特性を合算した総合伝搬損失が最小(干渉が最大)となる距離を算出し最悪値条件として適用。
- ※2. TVアンテナ高: 「電気通信技術審議会答申, “地上デジタルテレビジョン放送方式の技術的条件”を参照。
- ※3. ITSアンテナ高: 「情報通信審議会・情報通信技術分科会・電波有効利用方策委員会, “VHF/UHF帯における電波の有効利用のための技術的条件”を参照。

⑩  
電気通信  
↓  
ITS



- ※1. 与干渉局と被干渉局の距離: 車道にITS、歩道に携帯端末配置を想定し、(車幅1.8m)/2+1mを近接状態とし、最悪値条件として適用。但し、使用環境によっては、更に近接する場合もあり得る。
- ※2. 電気通信(端末)アンテナ高: ITU-R M.2039を参照。
- ※3. ITSアンテナ高: 「情報通信審議会・情報通信技術分科会・電波有効利用方策委員会, “VHF/UHF帯における電波の有効利用のための技術的条件”を参照。

# 米欧の方式との整合性確保 に関する検討例

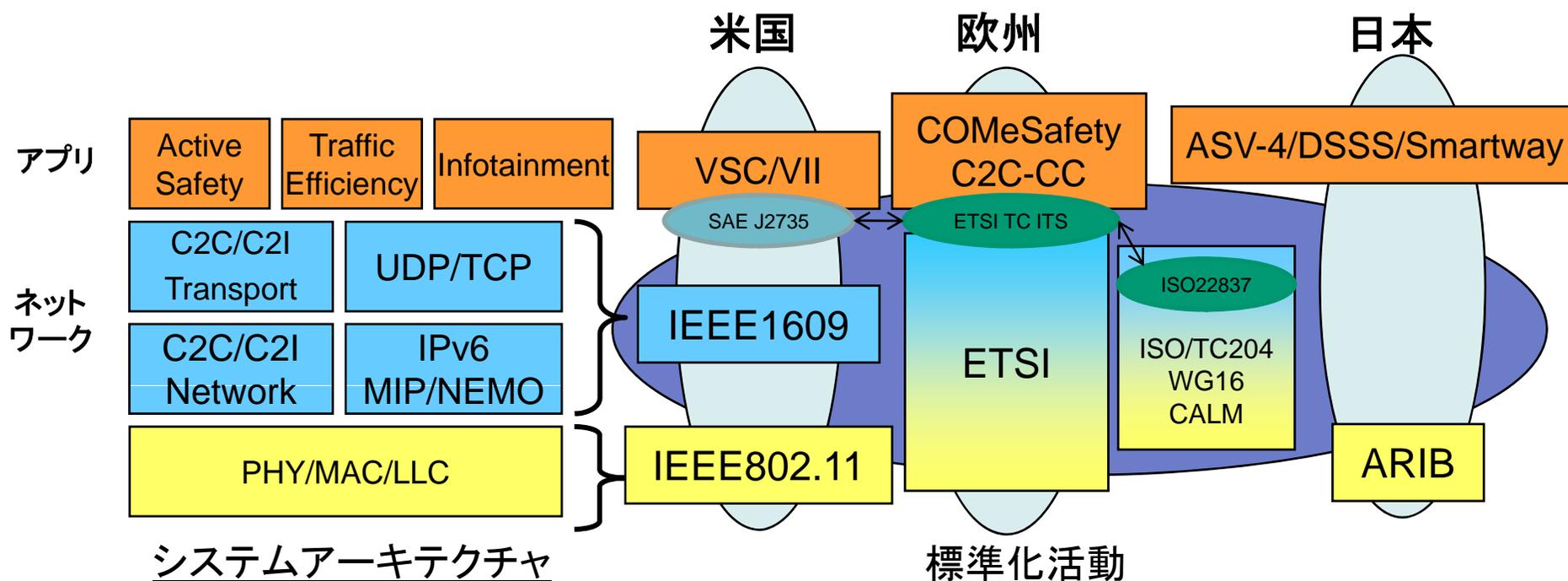
アドホックグループメンバーからの調査・検討結果のご紹介

## 欧米協調の動き

- 米国規格策定作業中のIEEE802.11pをベースとする通信規格を欧州でも採用予定。
- 米国と同じ5.9GHz帯を欧州側でも割り当て決定。
- ISO, IEEE, ETSIメンバによる合同ワークショップが開催された。(2008年9月): “Joint Workshop on 5.9 GHz Vehicular Communications”
  - 5.9GHz帯路車間・車車間通信システムについて欧米プロジェクト等の情報共有とグローバルな標準化に向けた協調検討を実施。
  - ISO/TC204/WG16, IEEE 802.11p・1609, ETSI TC ITSの連携に向けた検討が始まった。
- この欧米協調の動きは、ITS路車間・車車間通信システムのグローバル標準にとって大きな影響があると考えられる。

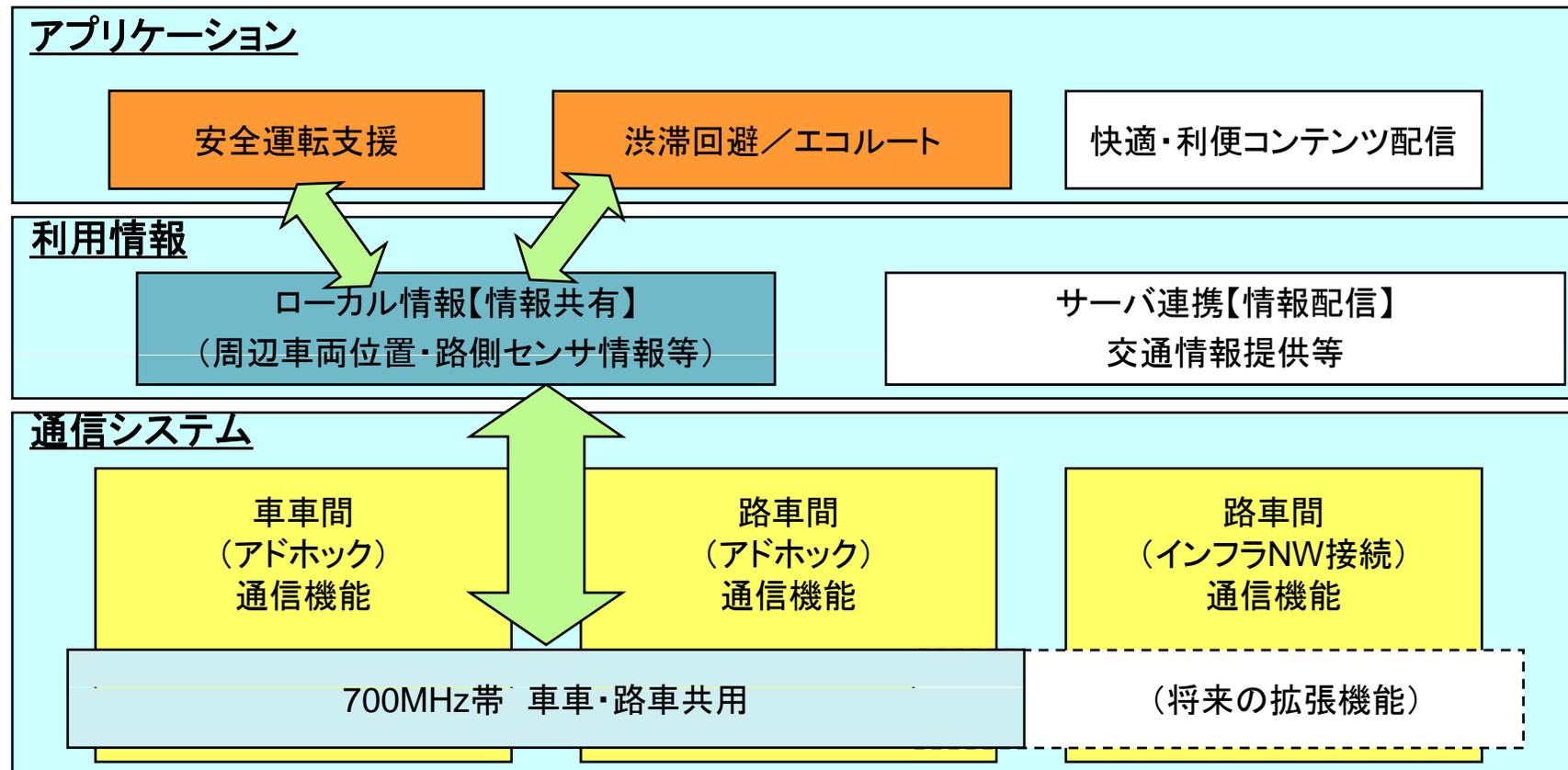
# 路車間・車車間通信の標準化活動

- 欧米と国内では周波数帯が異なるが、通信方式は可能な範囲で整合をとるべき。RC-006をベースとした検討を進めるべきと考える。
- 国内でもネットワーク層を含めた検討が必要ではないか。
- また、複数アプリに効率よく対応するためにメッセージセットの検討および標準化も重要と考える。



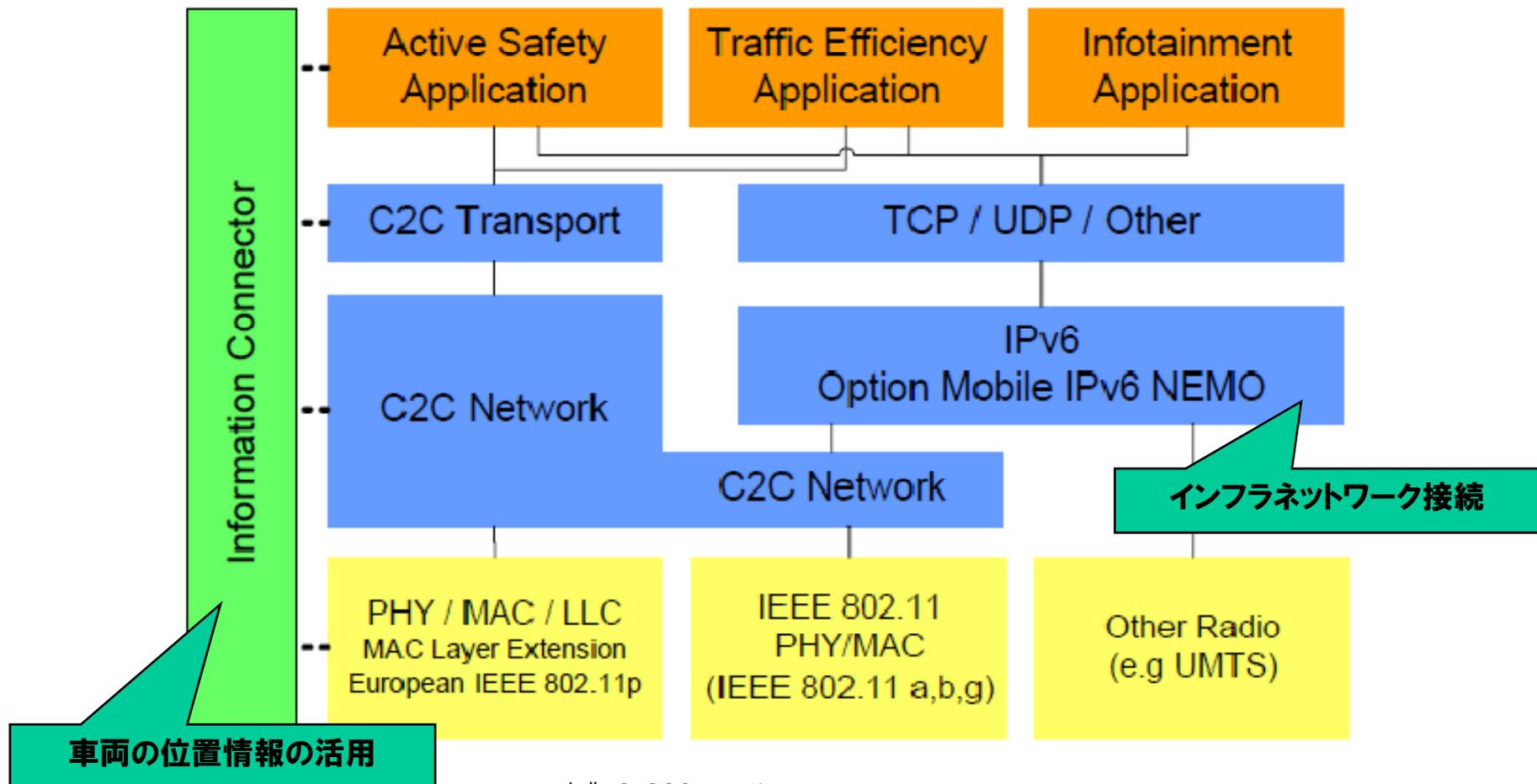
# 車車間・路車間通信の利用情報の有効活用

- 700MHz帯車車間・路車間通信により車載センサおよび路側センサ等の情報交換・情報共有システムの実現を期待する。
- このシステムで利用する情報を予め整理しておき、安全運転支援以外のアプリケーションにも共通利用することが望ましい。
- 将来的には欧米の複数チャネル利用システムのような拡張性を検討しておくことも重要と考える。



# 欧州C2Cシステムアーキテクチャ

- IPおよび非IPネットワークを含むアーキテクチャとしたうえで、具体的な検討は非IPでの安全アプリを優先して研究開発を進めている。
- 車車間通信では位置情報を活用することによりアドホックネットワークの効率化、信頼性向上を目指している。



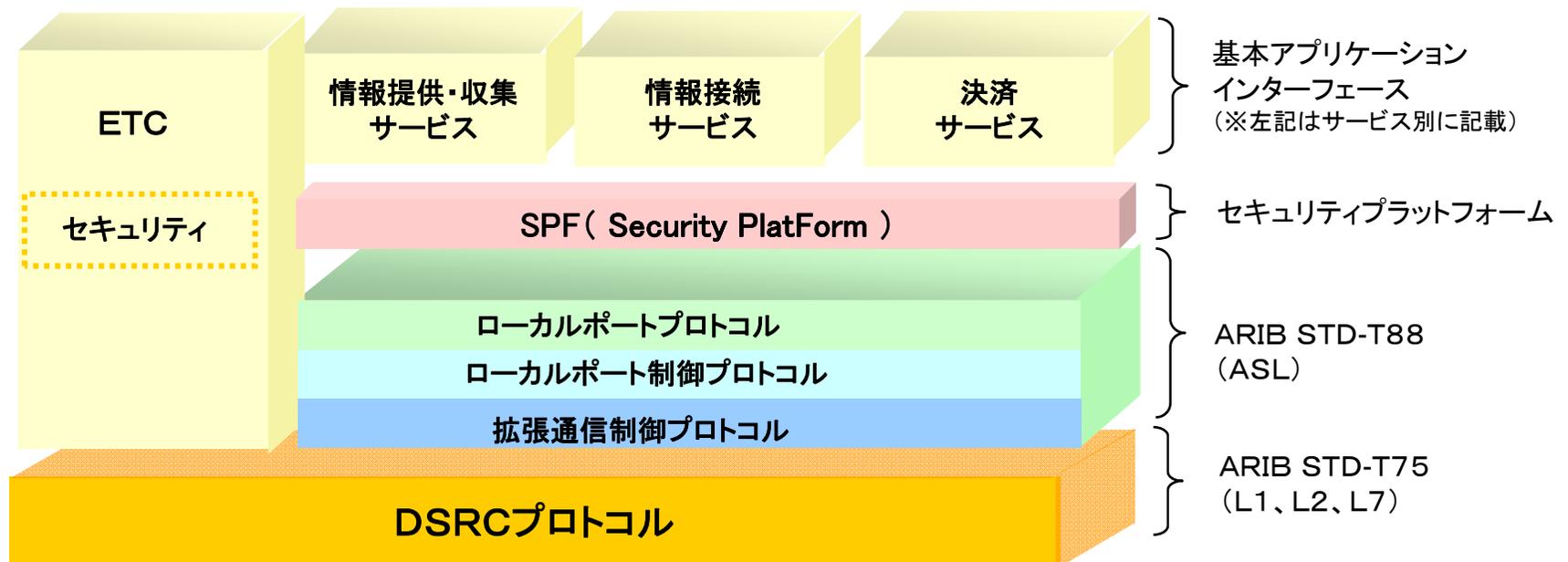
# 情報セキュリティ技術に関する類似例

DSRCにおけるセキュリティ対策事例のご紹介

# DSRCセキュリティの概要 (Security PlatForm) 1/2

SPFは、多種のセキュリティ機能の組合せが可能で、上位のDSRCアプリケーション(ETCを除く。)で共通的に使用するセキュリティ機能

## <DSRCシステムの機能構成の概略>



# DSRCセキュリティの概要 (Security PlatForm) 2/2

DSRCにおけるセキュリティの必要性(例)

- 情報提供 … 正当な路側機からの情報提供であることを担保する必要あり
- 情報収集 … 個人情報の送信など、正当な車載器から正当な路側機への情報提供であることを担保しつつ、情報内容の秘匿が必要
- 決済 … 決済情報の秘匿が必要

上記の要求を満たすため、SPFは、共通的に使用するセキュリティ機能として、①相互認証機能、②データ認証機能、③暗号化 の機能を備えている。

	①相互認証機能	②データ認証機能	③暗号化機能
概要	通信のはじめに、相手方の正当性を確認	やりとりするデータが伝送路上で改ざん等されていないことを検証	やりとりするデータを第三者が理解できない暗号文に変換
対抗できる脅威	なりすまし	改ざん	盗聴
処理イメージ			

# まとめ

	技術課題	解決案／検討状況	実用化に向けて必要な検討事項
1	車車・路車共用方策	送信頻度・優先権の向上、車車と路車の時分割分離などのアイデア提案あり。	利用イメージ・アプリを明確にし、その要求仕様下での実用性の検証が必要。
2	隣接する他システムとの干渉	調査検討会・実用化作業班にて検討中。ただし、ITS関係者単独での技術検討には限界あり。	放送事業者・電気通信事業者とITS関係者が相互に検討できる場が必要。
3	シャドウイング・自システム内干渉	通信品質などを改善できるアイデア提案あり。ただし通信成功率100%を前提としたアプリは現実的ではない。	通信性能の限界を明確にし、利用イメージ・アプリの要求仕様との整合を図る必要あり。
4	米欧の方式との整合性確保	米欧の方式の整合性を意識した解決案の提示あり。	将来的には米欧の標準化団体との連携も必要。
5	位置情報の精度	GPSの位置精度に関わる課題があり。通信だけでなく、アプリの設計にも関わる課題。	利用イメージ・アプリの要求条件に合わせた通信制御方式の検討が必要。
6	情報セキュリティ	路車間通信(DSRC)でのSecurity Platformの実現例もあるが、本システムでは車車間通信ならではの課題もあり。	運用主体・機器提供者・ユーザの三者の責任分担を明確化する必要あり。情報セキュリティの専門家を交えた検討が必要。