

安心安全ITS用 無線システムに関する 要求条件検討について

2004年10月6日

トヨタ自動車株式会社

目次

1. 既存の無線システムの発展形

(1) 自律型システム

(2) インフラ協調型システム

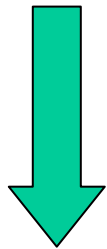
2. ITS専用に新たに開発する無線システム

(1) インフラ協調型システム

1. 既存無線システムの発展形(自律型)

(1) 自律型システム

ミリ波レーダの現状



ミリ波利用
自律型システムの
発展形

適用サービス	現行規格
<p>(快適) ACC(Advanced Cruise Control) など</p>	<p>・許容帯域幅は500MHz以下 (ARIB STD T48)</p>

適用サービス(案)	規格拡張(案)
<p>(快適) に加えてさらに (安全) PCS(Pre Crush Safety) 車間制御による安全走行 など</p>	<p>・許容帯域幅は3GHz以上* ・ミリ波通信の車両応用</p>

【注*】現状レーダより高い距離分解能を得るための開発が進められており、短パルス方式やUWB方式などでは3GHz以上の周波数帯域が必要となる。欧米の研究・開発動向を見ても76~79GHzの3GHz幅を活用して高分解能レーダ機能を実現しようとしている。

1. 既存無線システムの発展形(インフラ協調型)



(2) インフラ協調型システム

基本的な考え方

➤ ARIB STD-T75にて既に規格化されたDSRCの利活用

- ✓ 情報提供スポットサービスに最適なDSRCは①ETCで広く利用され(累計約831万台の車載器セットアップ*1)、また、今後は②新VICS(双方向)、道の駅等情報接続サービス、公共駐車場決済サービス、③スマートプレートなど、安全・安心以外の多様なサービスの実現も検討されている。通信メディアの乱立回避、安全・安心ITSの早期実現の観点から、既存DSRCを最大限活用し、上記サービスと共存して、提供可能な限定的な安全・安心サービスを実現化(次ページ参照)。

(*1 : 2005年9月10日時点)

➤ DSRCの基本仕様概要

- 周波数 : 5.8GHz帯(5.770-5.850GHz)
- 無線アクセス方式 : TDMA-FDD (TDMA多重数:8以下)
- 変調方式 : $\pi/4$ シフトQPSK
- 伝送速度 : 4,096kbps/5MHz, ch
- キャリア数 : アップリンク:7ch/ダウンリンク:7ch
- 無線通信距離 : ~30m(クラス2、見通し内)
- 通信ゾーン : ~30m x 30m(タイプ4)
- 端末移動速度 : ~180km/h
- 端末同時アクセス数 : ~8台



安全・安心サービスの一部は提供も可能性はあるが、無線ゾーンサイズ、同時アクセス数、伝送速度などの点でサービス内容が制限される

1. 既存無線システムの発展形（インフラ協調型）



適用サービス

- ① 道路規制情報利用サービス
- ② 停止・低速車両情報提供サービス
- ③ 路面情報提供サービス

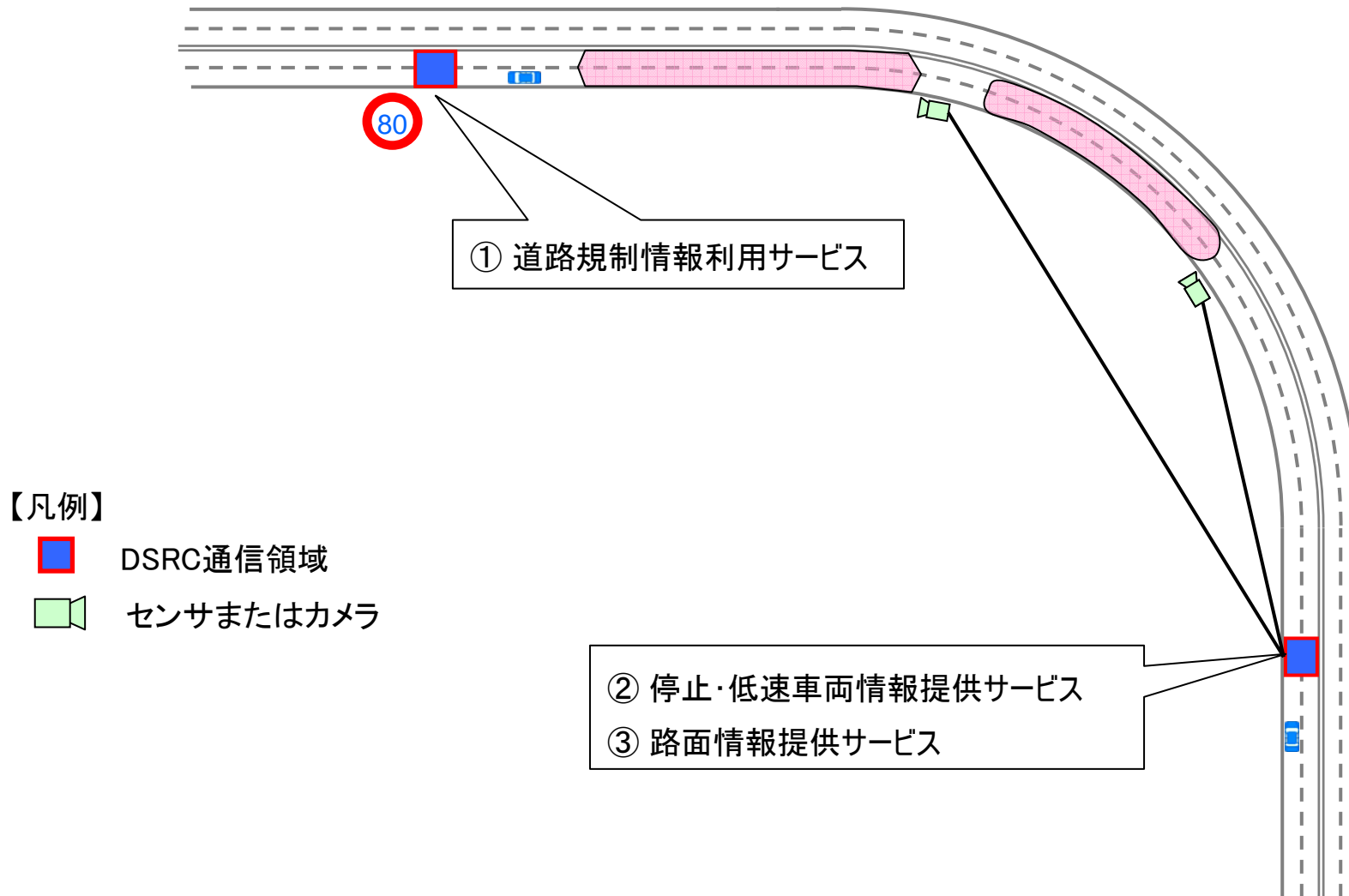
DSRCは孤立セルによる狭域スポットでの通信システムであり、その特性から、単路に於ける静的情報提供のシステムとして実現性がある。

（制約事項）

- ✓ 狭域スポット通信では、走行車両へのリアルタイムの動的情報の提供は難しい。
- ✓ 詳細な位置情報が求められる介入制御アプリケーションへの適用は難しい。
- ✓ スポット通信領域通過後の状況変化に対応不可（上記②のサービスで、通信領域通過後の急速な渋滞延長など）。

1. 既存無線システムの発展形(インフラ協調型)

DSRCによるインフラシステム構成案(イメージ図)



2. 新たに開発する無線システム(インフラ協調型)

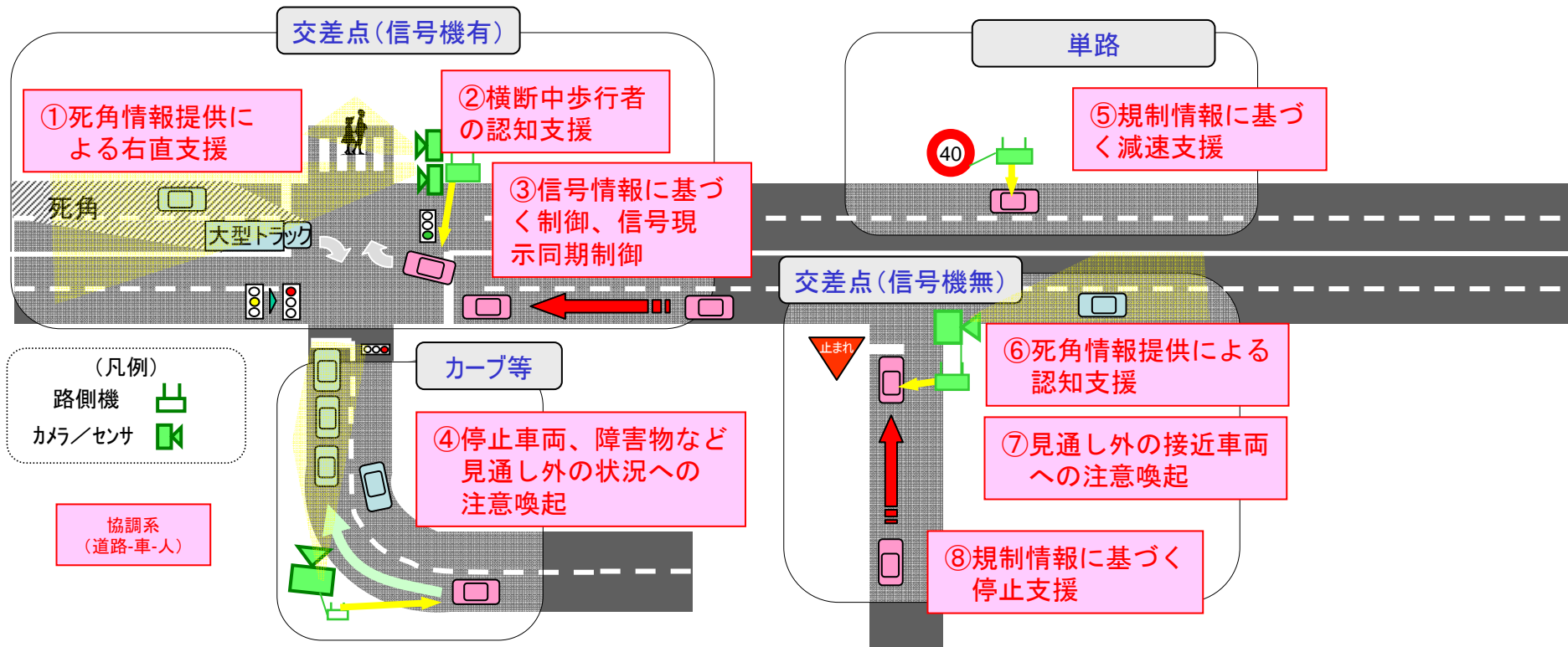


(1) インフラ協調型システム

路側インフラは社会コストの観点も踏まえて効果の高い場所に設置される。路側インフラが設置されない箇所では車車間通信、歩車間通信でサービスを実現する。

したがって車両は路車間通信と車車間／歩車間通信の両方を同時並列して導入することが大切。

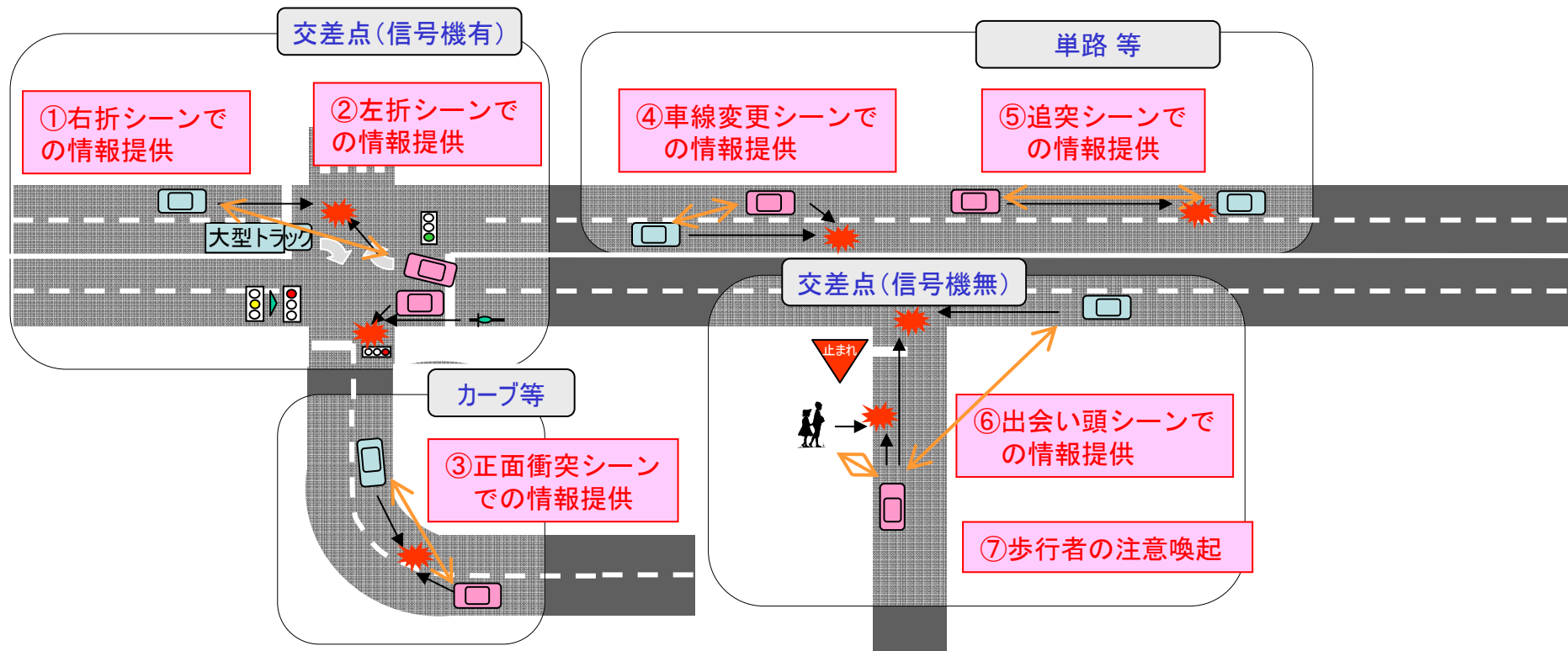
路側インフラが設置されている場所の提供サービス(例) → **路車間通信でサービスを実現**



2. 新たに開発する無線システム(インフラ協調型)



路側インフラが設置されていない場所の提供サービス(例) → 車車間・歩車間通信でサービスを実現



2. 新たに開発する無線システム(インフラ協調型)



提案システムの概要

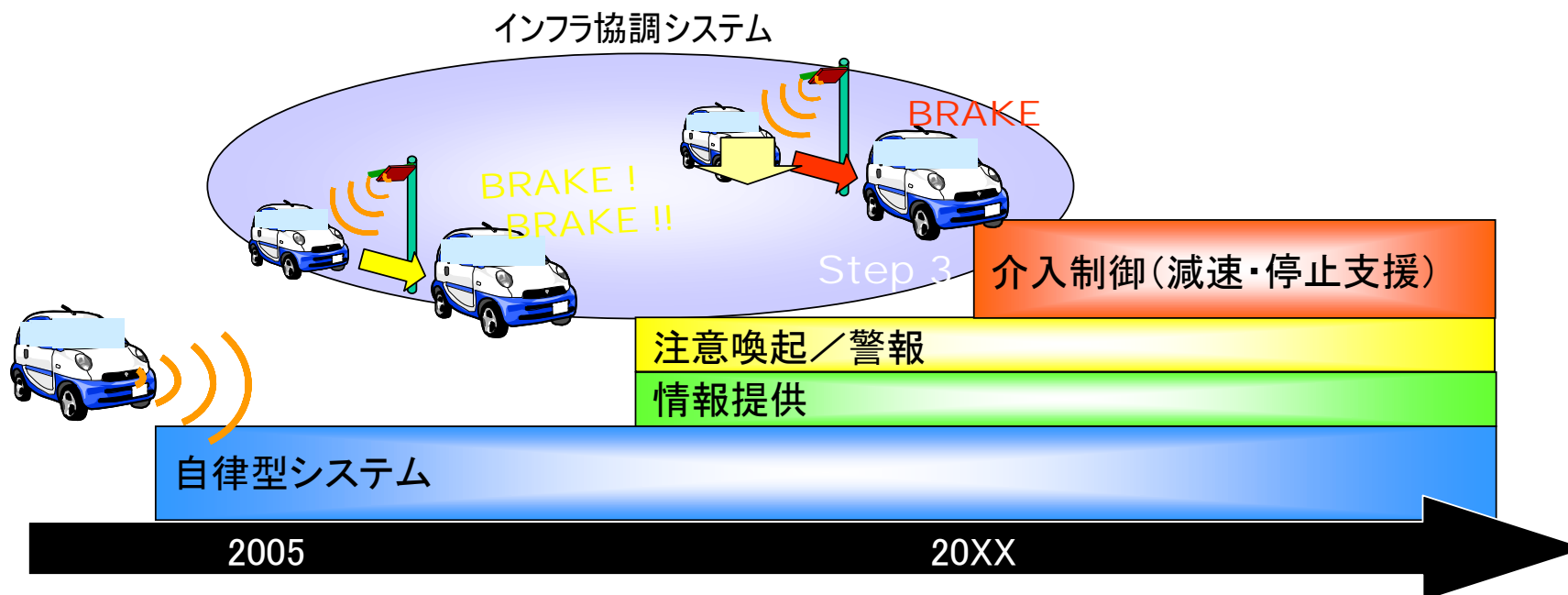
路車／車車間通信を利用した安全システムは特徴が互いに補完関係にあるため、交通事故削減効果の観点から、周波数・通信方式を一本化して1つのシステムとして普及させることが重要

	利点	欠点
路車間通信	<ul style="list-style-type: none">・路側通信インフラの設置された場所では確実に動作（普及率に影響されない）・管制情報等、確実な情報	<ul style="list-style-type: none">・路側通信インフラの設置されていない場所では動作しない
車車間通信	<ul style="list-style-type: none">・路側通信インフラがなくても相手車両が通信機を搭載していれば動作可	<ul style="list-style-type: none">・システムの効果が普及率に大きく依存（相手車両が通信機を搭載していなければ動作しない）・車両位置情報等、誤差を含んだ情報

2. 新たに開発する無線システム(インフラ協調型)



自律型とインフラ協調型の位置付け



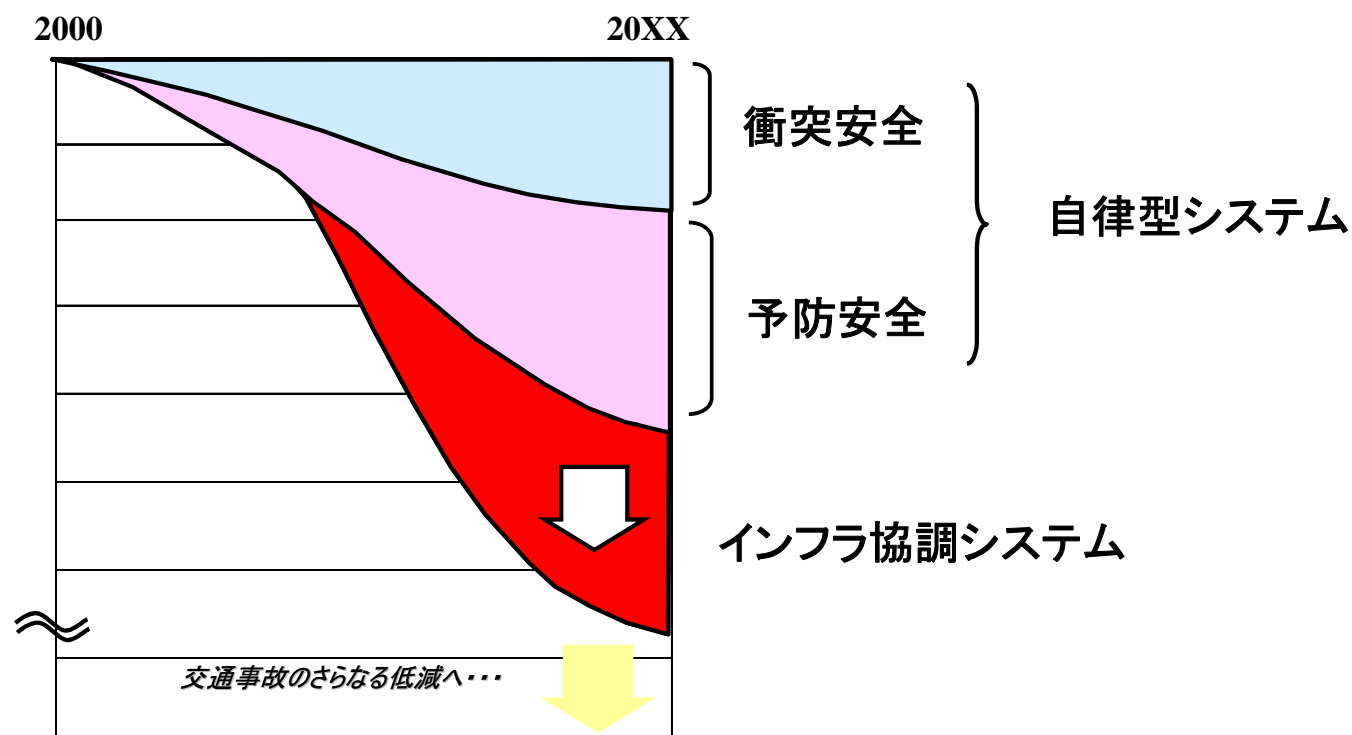
自律型安全システムは、自車両から直接観測できる範囲内の交通事象をシステムが検知し、ドライバーの認知を支援する。

インフラ協調システムでは、自車両から直接見えない範囲の交通事象をインフラ機器(路側設備や他車両に搭載された機器や歩行者が携帯する機器も含む)が捉え、その情報を無線通信により車両が受け取り、運転者への注意喚起・警報や、介入制御を実現する。

2. 新たに開発する無線システム(インフラ協調型)



自律型+インフラ協調型による事故削減効果



自律型システムでは自車両から直接観測できる範囲の交通事象だけを対象としているのに対し、インフラ協調システムでは自車両から直接観測できない範囲まで対象が広がり、事故低減効果が積み増される。

2. 新たに開発する無線システム(インフラ協調型)



サービス種別毎の路車間伝送容量の例

必要となる伝送容量(bps)を情報種別毎に以下の式にて算出

$$\text{伝送容量} = \text{単位データ量(Byte)} \times 8\text{bit} \div \text{データ送信間隔(sec)}$$

No	サービス名	提供場所	情報種別	情報内容	単位データ量※	データ送信間隔	伝送容量
1	信号情報	信号あり交差点	管制情報	管制情報	1500Byte	100msec	120kbps
2	道路規制情報	信号なし交差点		道路形状情報			
3	死角画像情報	信号あり交差点	画像情報	画像情報	12500Byte		1Mbps
4	接近車両情報	信号なし交差点	センサ情報	車両等情報	2800Byte		230kbps
5	停止・低速車両情報	単路		道路形状情報			
6	横断歩行者・自転車情報	信号あり交差点					

※ 各情報内容毎の単位データ量については、AHS、ASVでの検討結果をベースにした想定値

2. 新たに開発する無線システム(インフラ協調型)



路車間伝送容量算出のための前提条件(案)

アプリケーションデータ	管制情報	1500Byte
	画像情報	12500Byte
	センサ情報	2800Byte
道路環境	<ul style="list-style-type: none"> ・50mメッシュ、但し幹線道路(片側3車線)を200mごとに設置(東京都銀座の道路配置を参考) ・幹線道同士の交差点には信号機を設置 	
サービスの配置	<ul style="list-style-type: none"> ・幹線道路同士の交差点には、信号情報、死角画像、接近車両情報、歩行者・自転車検知情報を、各方路に対し提供 ・幹線道路と細街道の交差点には、幹線道路交差点間の1箇所に道路規制情報、死角画像、接近車両情報を、非優先道路に対し提供 	
通信可能範囲と周波数リユース距離	<ul style="list-style-type: none"> ・交差点から各方路に対して150mの通信エリアを整形(トラックによるシャドウイングの影響を考慮し送信出力を決定) ・所要C/N=20dBを確保可能な距離を周波数リユース距離と定義し、2GHzを前提に850mと仮定 ・但し、画像情報については20m程度のスポット通信エリアを個別に整形することで交差点毎に周波数リユースが可能と仮定 	
通信形態	路車間通信のアップリンクは車車間通信を利用することとし(車車の情報を路が傍受)、路車間の容量計算には含めないこととする	

※ AHS、ASVでの検討結果をベースにした想定値

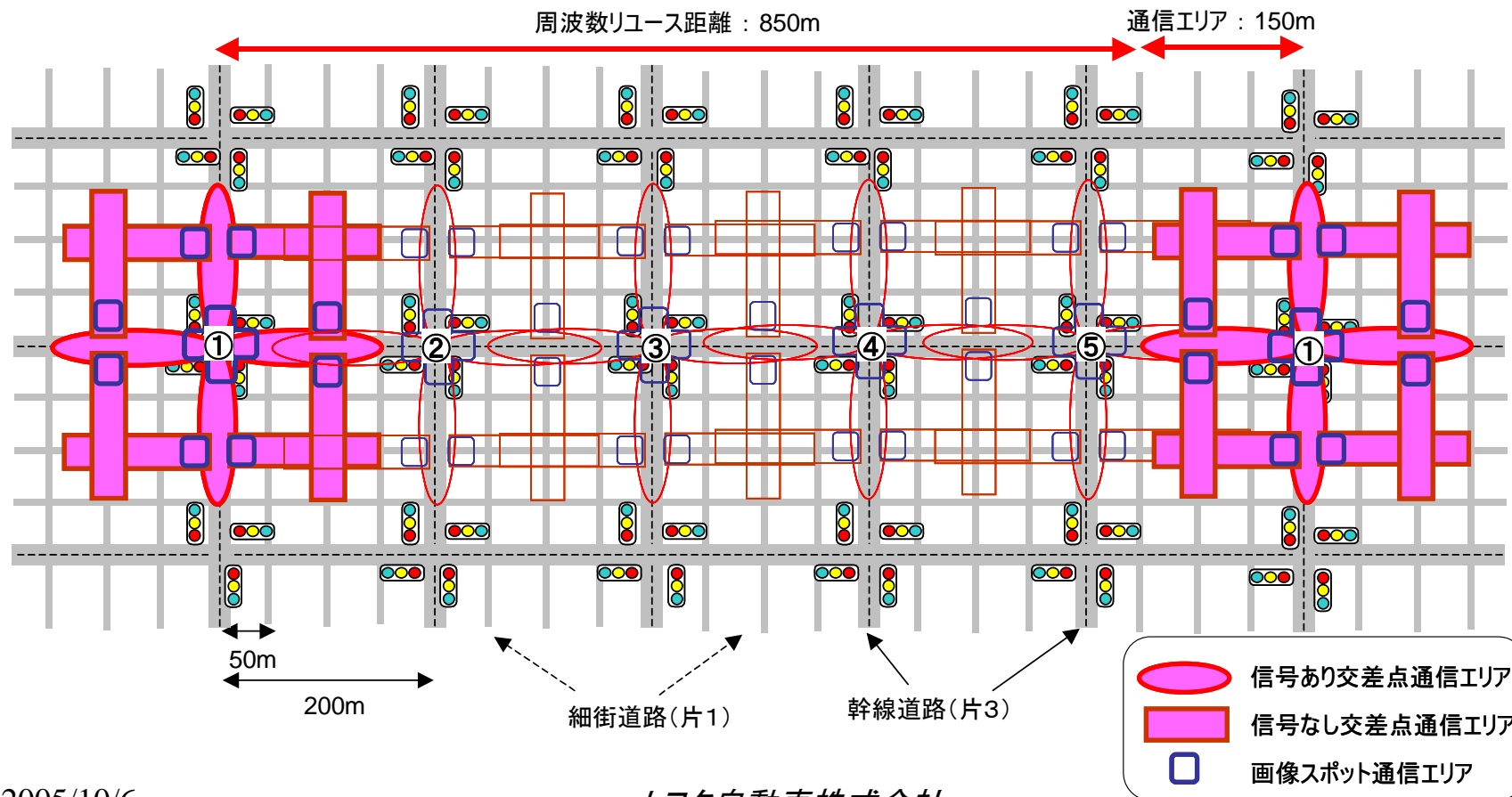
2. 新たに開発する無線システム(インフラ協調型)

路車間通信エリアと必要リユースチャンネル数(案)

信号あり交差点通信エリアのリユースチャンネル数：4方路×5幹線道路=20チャンネル

信号なし交差点通信エリアのリユースチャンネル数：2方路×2方路×5幹線道路=20チャンネル

画像スポット通信エリアのリユースチャンネル数：4チャンネル

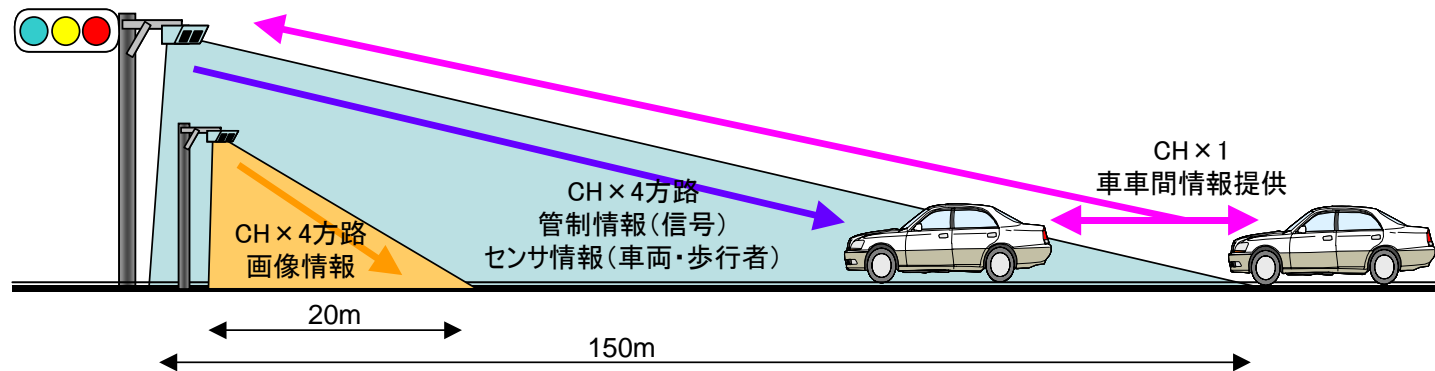


2. 新たに開発する無線システム(インフラ協調型)

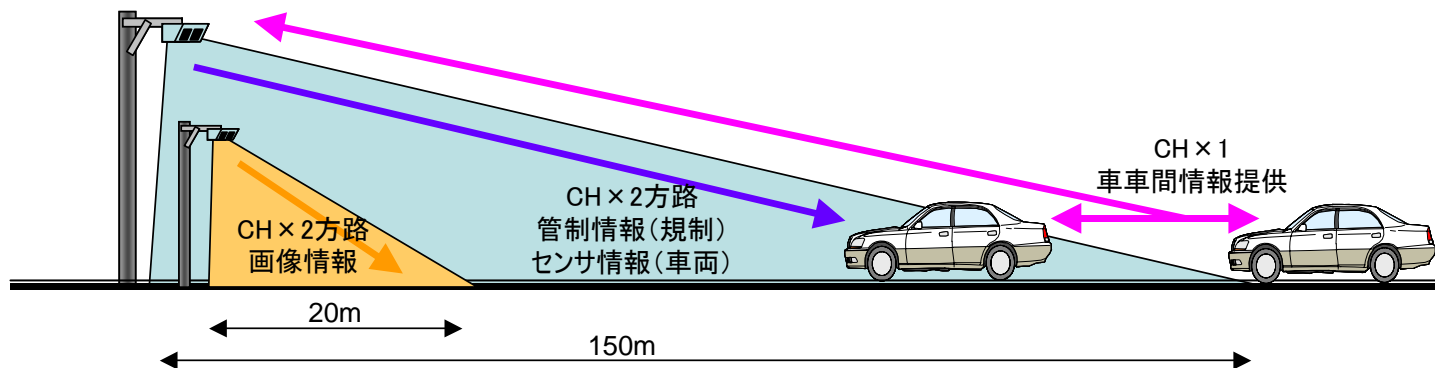


路車・車車通信形態(案)

(1) 信号あり交差点通信エリア



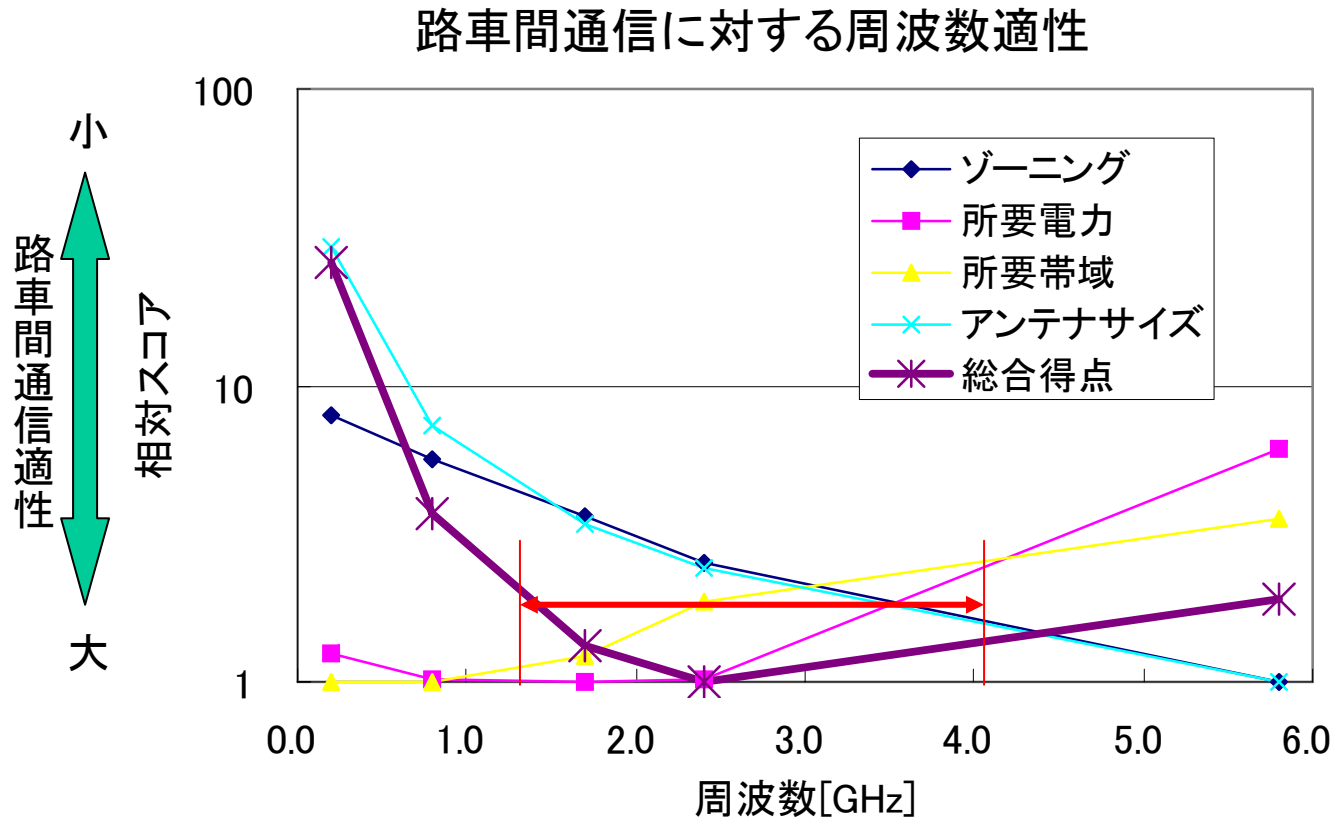
(2) 信号なし交差点通信エリア



2. 新たに開発する無線システム(インフラ協調型)



路車間通信に対する周波数適性



2GHz~4GHzの範囲が路車間通信に適性が高い。(回線設計を元に試算)

2. 新たに開発する無線システム(インフラ協調型)



路車間所要周波数帯域の試算(案)

- (1) 信号あり交差点通信エリアの伝送容量
単位伝送容量：管制情報 + センサ情報 = 350kbps
必要リユースチャンネル数：20CH
必要伝送容量：350kbps × 20CH = 7Mbps
- (2) 信号なし交差点通信エリアの伝送容量
単位伝送容量：管制情報 + センサ情報 = 350kbps
必要リユースチャンネル数：20CH
必要伝送容量：350kbps × 20CH = 7Mbps
- (3) 画像通信エリア
単位伝送容量：画像情報 = 1Mbps
必要リユースチャンネル数：4CH
必要伝送容量：1Mbps × 4CH = 4Mbps
- (4) 合計
 $((1)+(2)+(3)) \times 1.1$ (ヘッダー等マージン) \approx 20Mbps
- (5) 所要周波数帯域の試算
適用可能な周波数利用効率を1bit/s/Hzとした場合

路車間通信に所要の周波数帯域 = 20MHz

2. 新たに開発する無線システム(インフラ協調型)



車車間通信の伝送容量(案)

アプリケーションデータ	200Byte (うち冗長分100Byte)
送信頻度	100ms
車両台数	最大1780台 (車間時間1秒を想定して算出)
道路環境	50mメッシュ、但し幹線道(片側3車線)と主要道(片側2車線)を200m毎に配置 (東京都銀座の道路配置を参考)
自車位置	幹線道路同士の交差点内 (通信対象台数最大)
通信可能範囲	車両前後方450m、前方200m伝搬後回折25m
アクセス制御	CSMA
パケット到達率の目安値	80% (2回のうち1回は衝突なくパケットを受信できる確率が95%以上)

2. 新たに開発する無線システム(インフラ協調型)



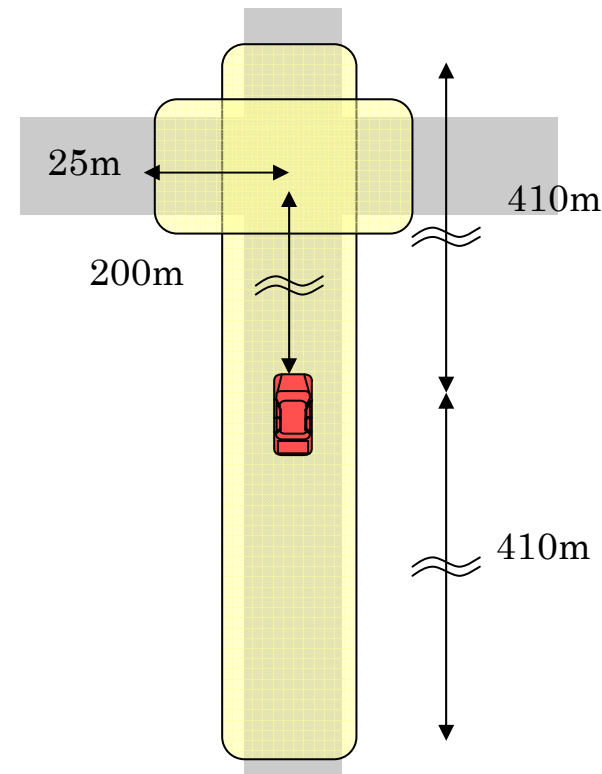
車車間通信の通信エリア(案)

ASVで検討されているアプリケーションを実現するために図に示す通信エリア※を確保する必要がある

車両前方: 410m

車両後方: 410m

交差点回折: 前方200m伝搬後、回折25m

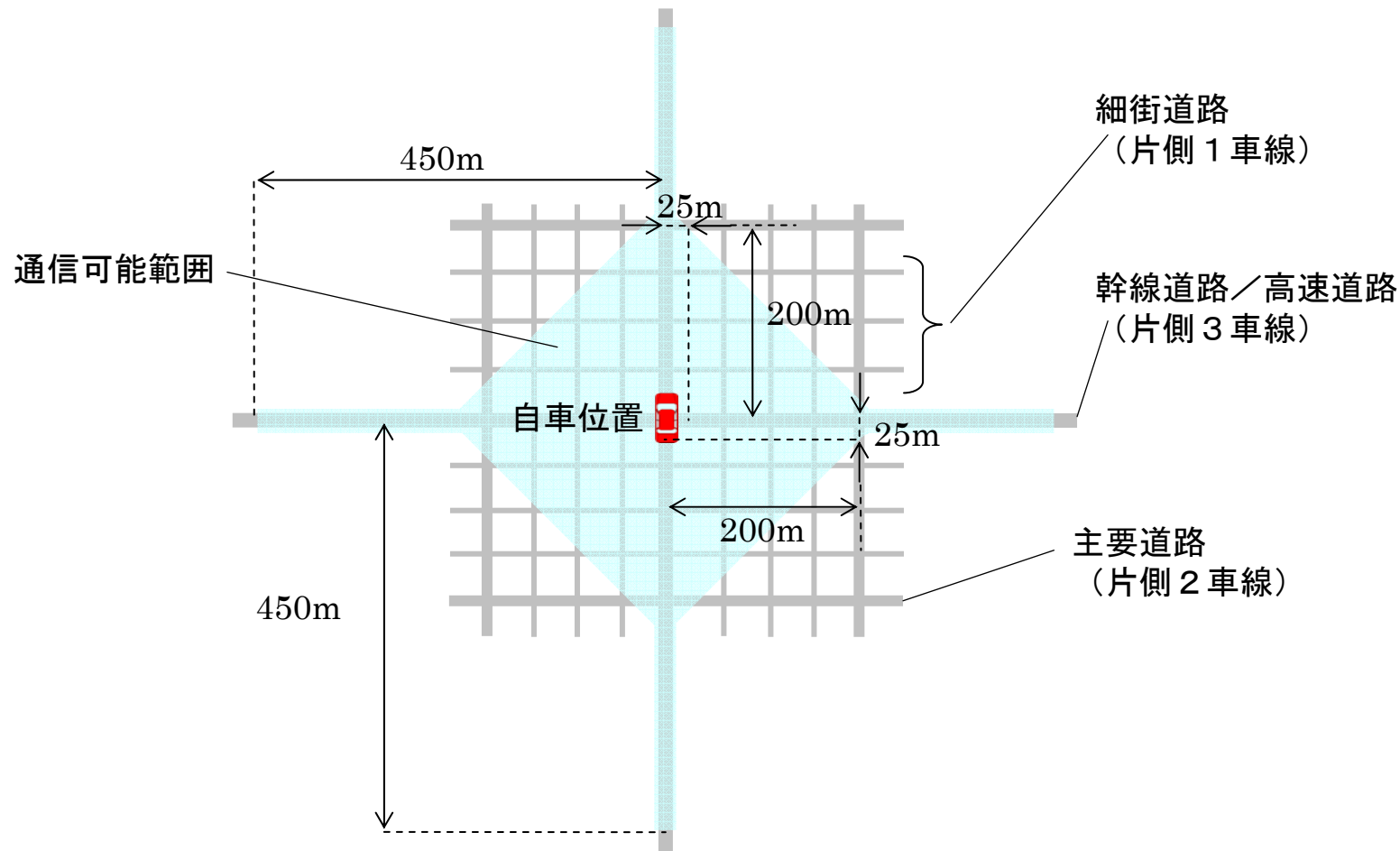


※電波の届く(所要CNRを上回るCNRが得られる)エリア

2. 新たに開発する無線システム(インフラ協調型)



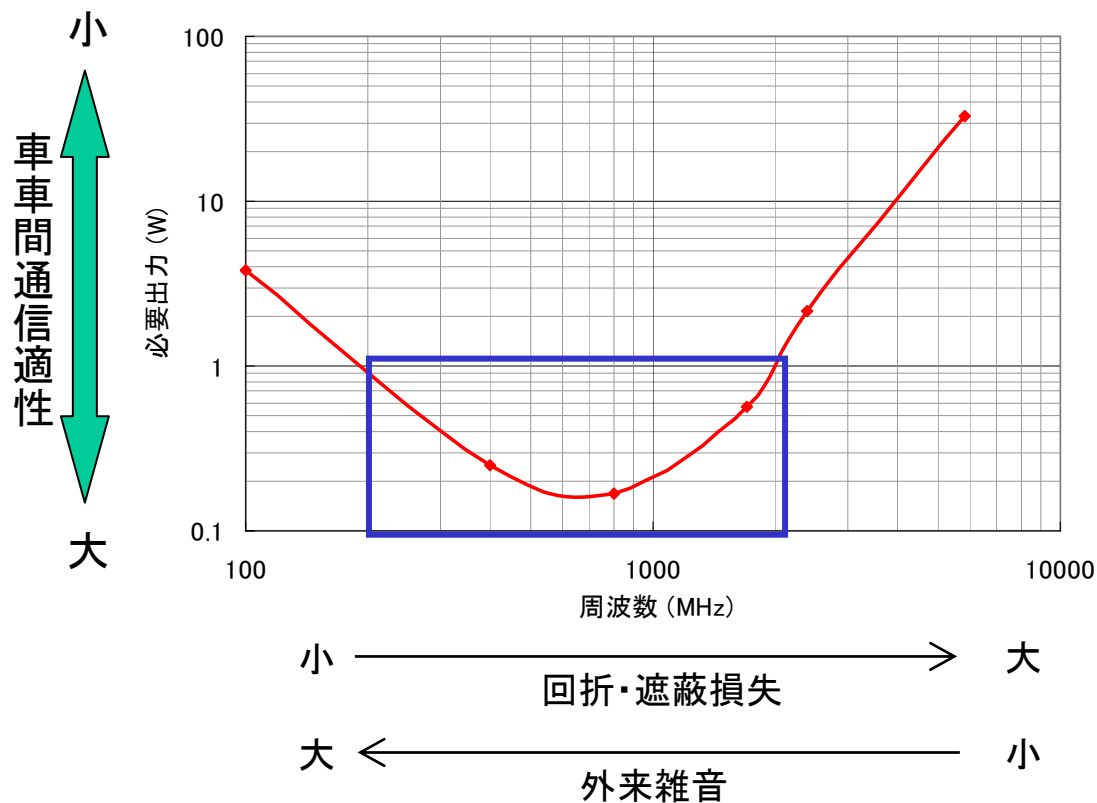
車車間通信の通信可能範囲(案)



2. 新たに開発する無線システム(インフラ協調型)



車車間通信の周波数適性(案)

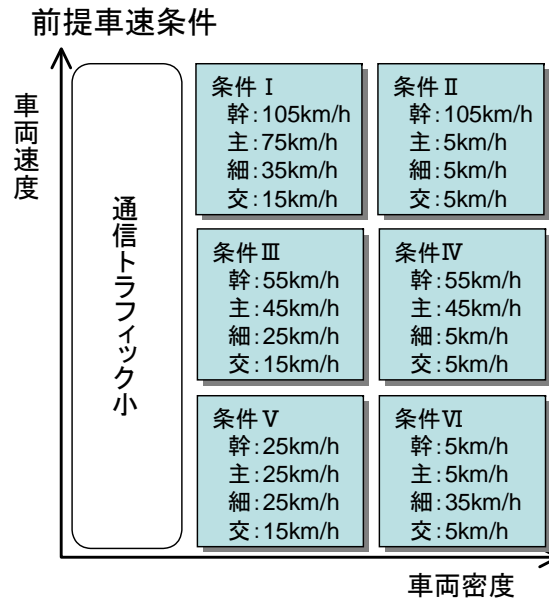


電波伝搬実験結果より、ASV通信システムの通信エリアをカバーするための出力電力を推定。
200MHz～2GHzの範囲が車車間通信に適性が高い。

2. 新たに開発する無線システム(インフラ協調型)



車車間通信の所要周波数帯域(案)



効果見積もり



通信可能範囲内の車両台数が非常に多い場合でも、車速に応じた送信周期制御によって、パケット到達率の低下を防止できることをシミュレーションで確認した。

送信周期の切替を20km/h毎に行った場合、16Mbps以上の伝送容量でパケット到達率80%を確保可能。

周波数利用効率を1bit/s/Hzとした場合、車車間通信用として**20MHz × 1チャンネルでサービスが実現可能**。

2. 新たに開発する無線システム(インフラ協調型)



インフラ協調に最適な周波数の検討

	200MHz	800MHz	2GHz	4GHz	6GHz
見通し外伝搬	大	大	中	小	小
特徴	・シャドウイング 小 ・見通し外まで通信可能				・ゾーン整形 容易
車車間通信 (見通し外通信サービス含)	適用可能			利用困難 (所要送信電力過大)	
路車間通信	利用困難 (小ゾーン整形不向き)		適用可能		

2GHz前後の周波数帯が、路車間通信／車車間通信の共用システム実現に最も適している

2. 新たに開発する無線システム(インフラ協調型)



インフラ協調システムに必要な周波数帯域のまとめ

路車間通信用	20MHz
車車間通信用	20MHz
合計	40MHz

40MHzの連続した帯域があれば路車間／車車間通信の共用システムが実現可能といえる

【注】

1. 周波数利用効率を1bit/s/Hzとした場合の試算値である。
2. 2GHz帯の利用を仮定して試算した。
3. 上表では、路車間通信と車車間通信を別々に試算し、両者を合計した。
路車間通信と車車間通信で周波数を共用する場合には、オーバヘッド分が増加する可能性もあるが、無線方式の工夫によりそれらを吸収できるものと仮定する。

インフラ協調システムの運用開始時期(案)

2010年ころより社会実験開始