AWCC

電気通信大学

第52回　目黒会 移動体通信研究会
2009.08.06

ITS車車間通信の研究開発動向と課題：～安全運転を支援する電波カーブミラー～

唐沢好男
電気通信大学
先端ワイヤレスコミュニケーション研究センター（AWCC）

［講演要旨］

「**できたらよい**」ということと「**できること**」の**ギャップ**は、その時代の初めにはいつも大きい。そしてそれを近づけるのが、研究であり、技術開発である。本テーマの**車車間通信**も、そのギャップは、まだ、かなり大きい。

最近の**カーナビ**は便利である。自分の位置は正確にわかるし、目的地までのルートも瞬時に教えてくれる。「その先の交差点を右に曲がってください」というカーナビの声を素直に聞いていれば、迷うことがない。「できたらよい」と「できること」がかなり近づいている例、といえる。

２１世紀は**安心・安全社会の実現**が課題になっている。**交通事故のない車社会**もそのひとつである。交通事故がおきない仕組みづくりには、さまざまな技術分野での開発努力が必要であるが、**通信技術**が果たすべき役割は大きい。交通事故の大半は、事故直前の一瞬の不注意によるヒューマンエラーといわれており、**予防安全の技術**がきわめて重要になる。直面する危険を知らせてくれるものが電波であり、通信である。

そこで、「できたらよい」である。カーナビがもう一働き、**近づきつつある危険を教えてくれたらよい**であろう。見通しの悪い交差点で、ビル影から現れる自動車に対して「右から車が近づいています」と教えてほしい。細い曲がりくねった道で「前方から車が来ます」と教えてほしい。しかし、見通しのよい対向車線から近づく車を、「前方から車がきます」といちいち言われれば、うるさいだけで、スイッチを切ってしまうだろう。**知りたい情報（＝近づきつつある危険）だけを教えてくれる**のが、この場合の「できたらよい」である。見えない危険を電波が教えてくれる、まさに「**電波カーブミラー**」である。

最初の一歩は、**お互いの車の位置を知らせあい、相互に認識すること**である。自分の位置はカーナビ（GPS）で取得できているので、後はそれを短時間で交換し合えばよいことになる。その手段が**電波のチカラ**、すなわち**ワイヤレス情報通信**であり、車車間通信である。確実に、相手に情報を送りたい、また受けたい。それを「できること」に近づけるのが、**電波伝搬・アンテナ・通信方式の研究**である。電波の伝わりやすさや情報を運ぶ力は周波数によって異なるので、それに適した周波数による通信システムの設計が必要になる。

また、車同士の通信では、携帯電話のような通信システムと違い、基地局に相当する仕切り役がいないので、お互い勝手に情報を出し合うと、電波がぶつかり合って、情報交換効率が悪くなる。**グループメンバー（車群）が離合集散する自律分散制御システム**になり、ネットワークの研究も大事である。でも、このような技術的隘路を切り開いてゆくのは、少し時間がかかるかもしれないが、「できること」と言えよう。最後の難関、「**危険なものだけ選んで教えてくれる**」はどう乗り越えてゆけばよいのだろうか。車車間通信は**先進安全自動車（ASV）の理想**にどこまで近づけるのであろうか。

本講演では、上記問題解決に向けて行われている**車車間通信の研究・開発**の最前線を紹介する。

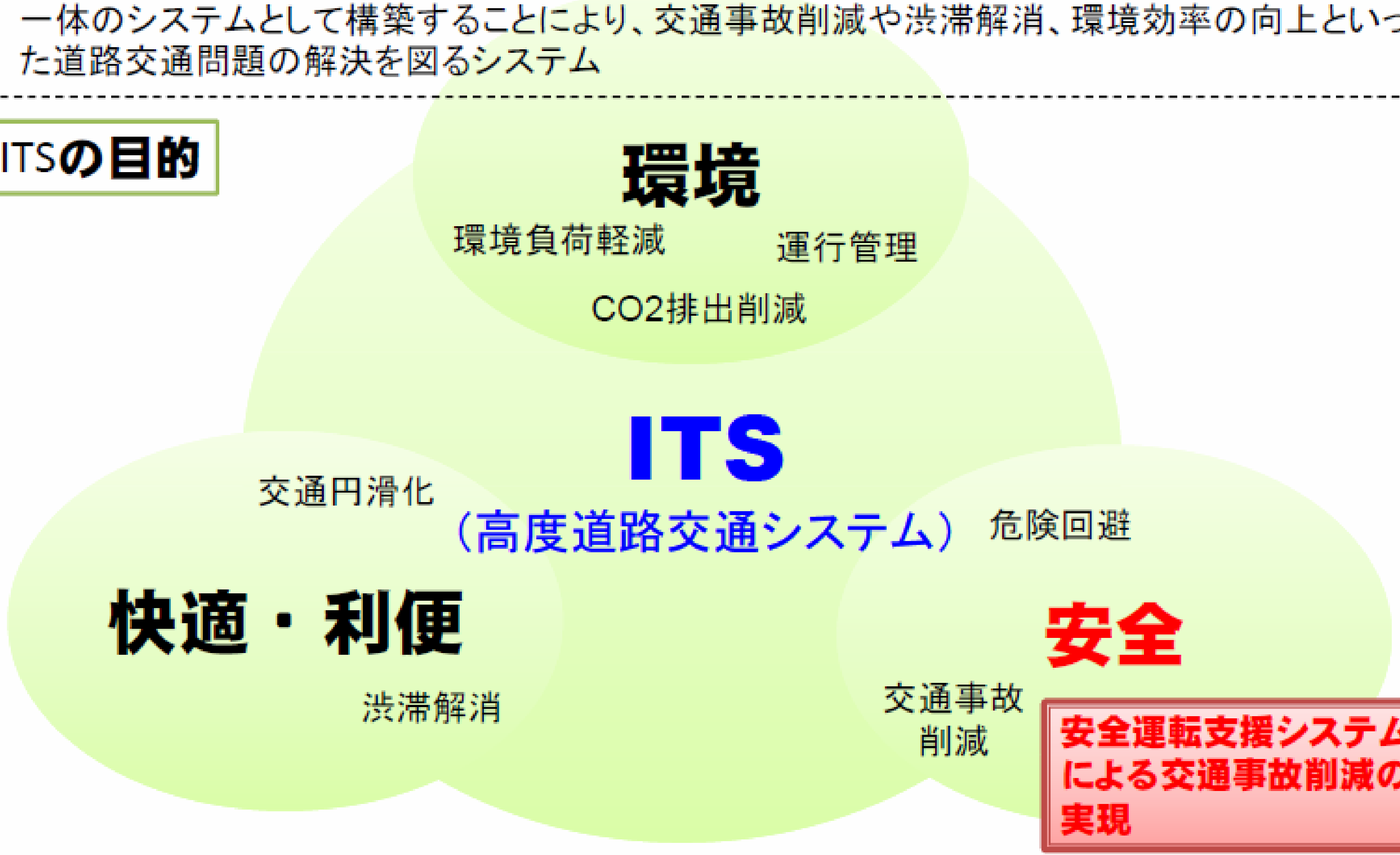
講演内容

- 交通事故を防ぐ技術としての車車間通信
- 国の取り組み
  国土交通省:ASV
  総務省:ITS無線システムの高度化に関する研究会
- 車車間通信の利用イメージ
- 技術課題
- いくつかの研究紹介
  車車間通信伝搬モデル
  MIMO
  車車間通信コンテンツ:自車位置情報を正確なものとする為に
- 導入・普及シナリオ

ITS（高度道路交通システム）とは

ITS（Intelligent Transport Systems）とは、情報通信技術を用いて「人」「道路」「車両」を結び、一体のシステムとして構築することにより、交通事故削減や渋滞解消、環境効率の向上といった道路交通問題の解決を図るシステム

ITSの目的

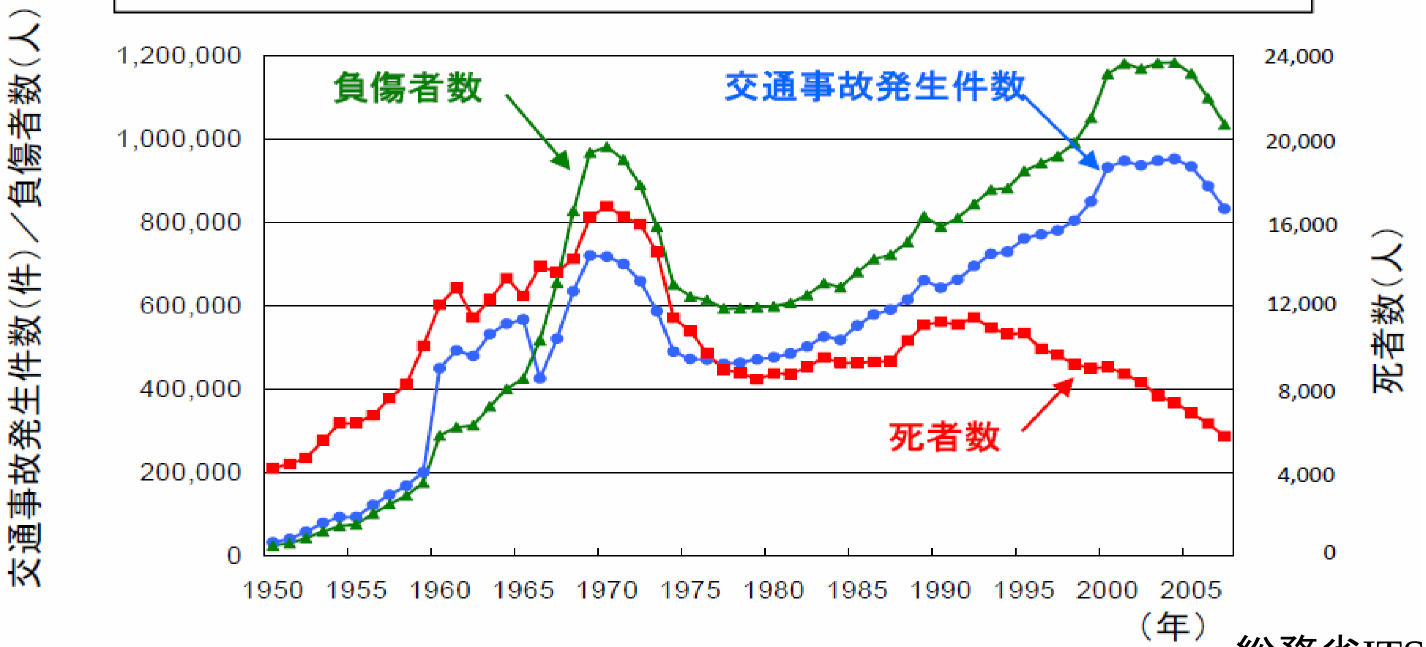


安全運転支援システムによる交通事故削減の実現

総務省ITS研究会報告書より

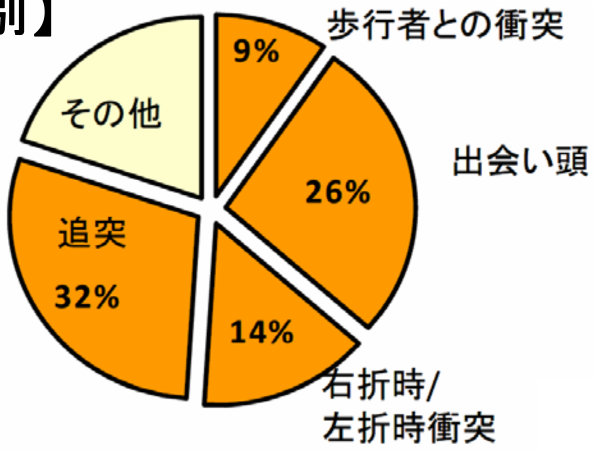
交通事故発生状況の推移と発生割合

2008年死者数:5,155人 、 2008年死傷者数:950,659人

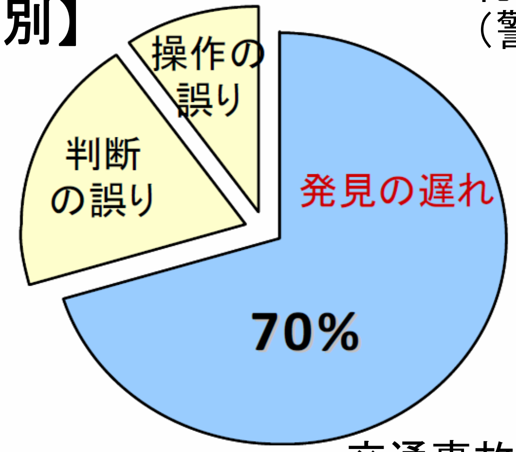


総務省ITS研究会報告書
(警察庁統計より)

【類型別】

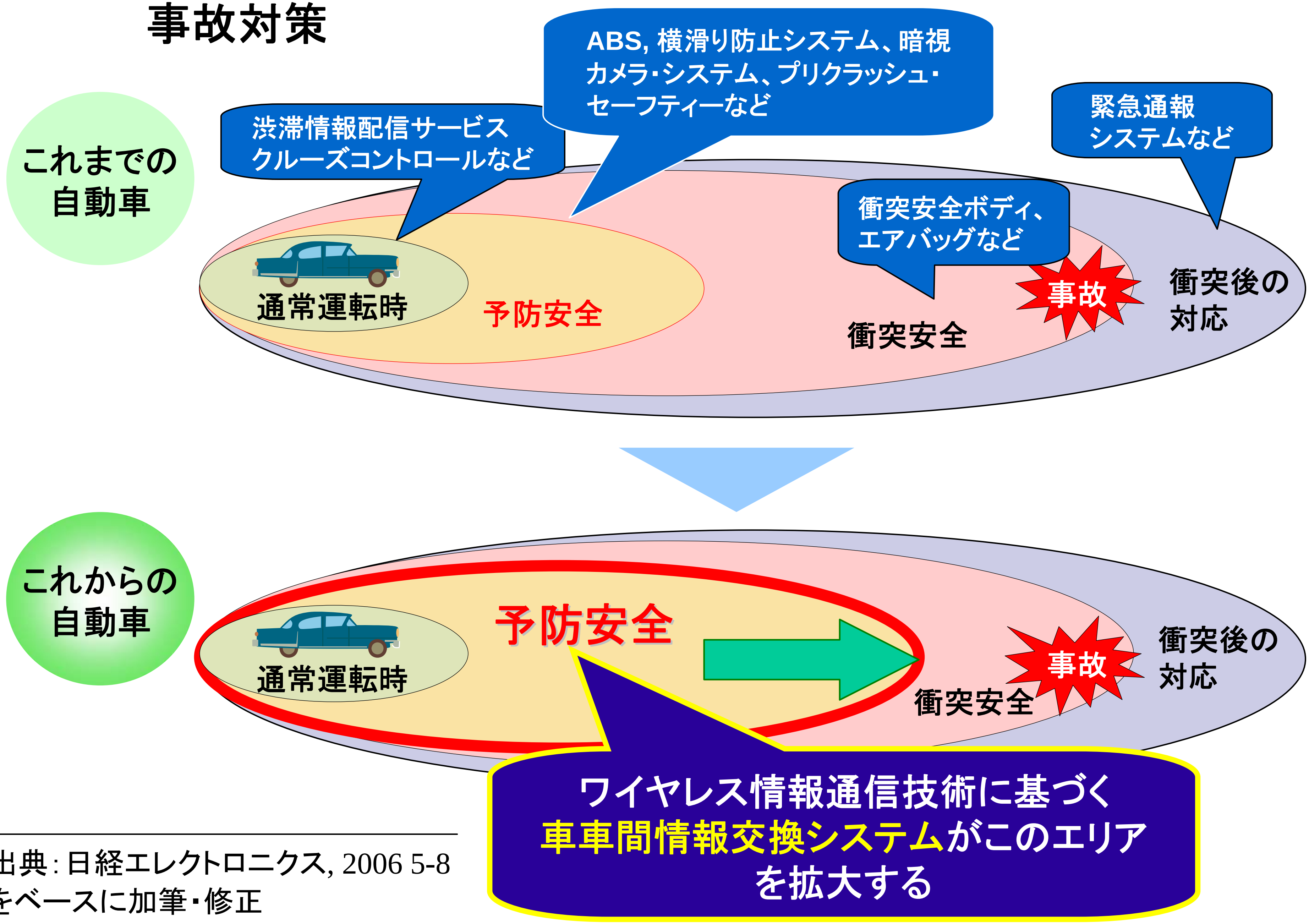


【要因別】



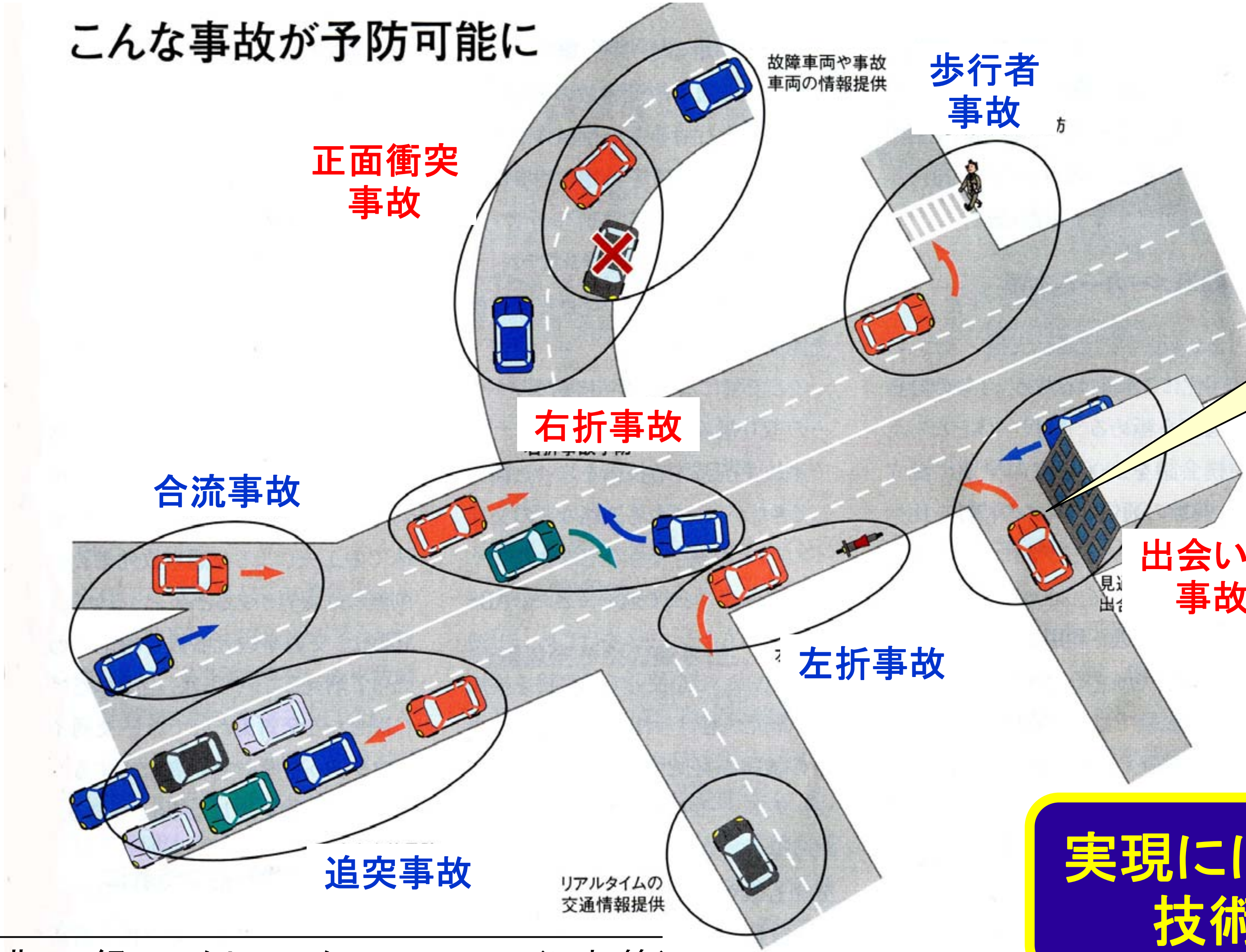
交通事故統計年報H16版
(財)交通事故総合分析センター

事故対策



出典: 日経エレクトロニクス, 2006 5-8
をベースに加筆・修正

■ 車車間通信による情報交換が実現されると

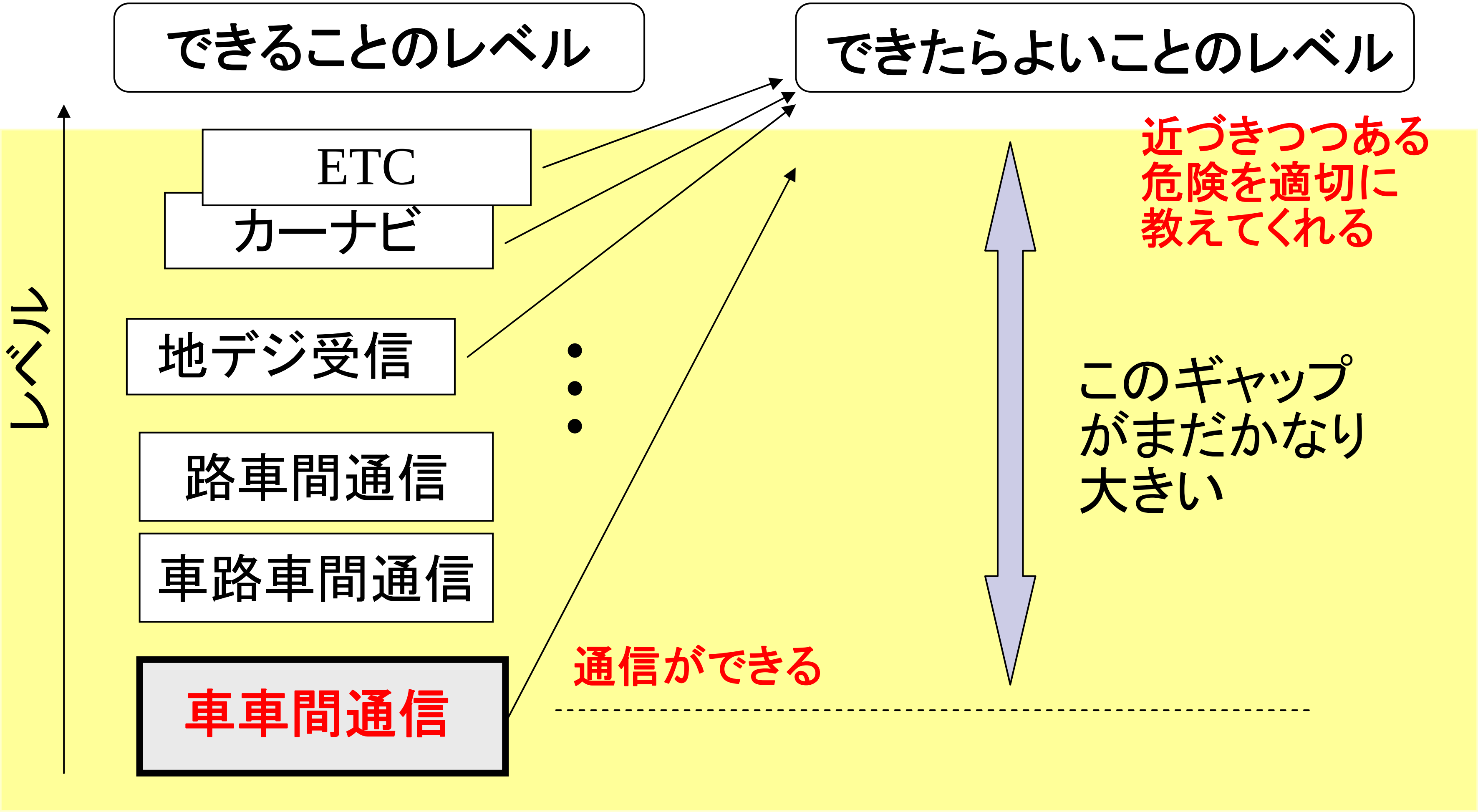


電波
カーブミラー

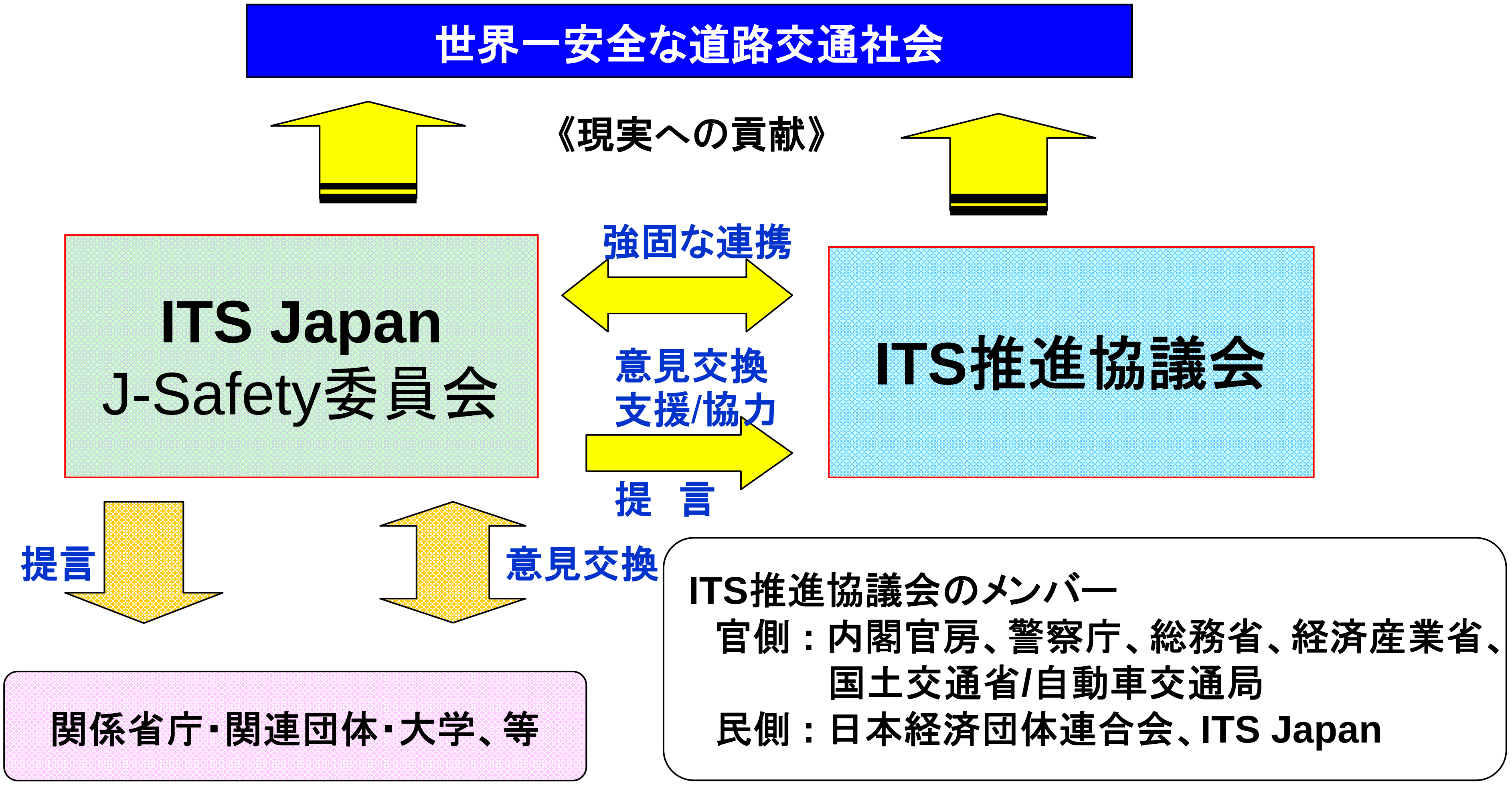
実現には非常に高い技術ハードル

出典: 日経エレクトロニクス, 2006 5-8(に加筆)

ITS: 現実(できること) と 理想(できたらよいこと)



官民連携による推進体制



国土交通省のASVプロジェクト

ASV: Advanced Safety Vehicle
（先進安全自動車）

1991年からスタートし、現在、第4期（2006～2010）に入っている

第4期の目玉は**通信利用型安全システム**の開発・実用化
具体的には**車車間通信技術**の確立

昨年の3月から、交差点周辺において
5.8GHz帯、700MHz帯電波を用いた実証実験を始めている
（今年の2月にお台場で、大規模実証実験を実施）

総務省
「ITS無線システムの高度化に関する研究会」

「車車間通信」等の無線システムに求められる要求条件等を 明確化することを目的として、平成20年10月から平成21年6月まで開催され(*)、報告書(**)を取りまとめた。

700MHz帯車車間通信を中心とする
ITS安全支援無線システムの

- 利用イメージ
- 通信要件
- 技術課題
- 導入・普及シナリオ

*) 研究会（親会・作業班会）の資料、審議内容は
http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/chousa/its/index.html

**) 報告書（本スライドでは、「総務省ITS研究会報告書」として引用）の全文は
http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/14422.html

ユビキタス特区におけるITS関係プロジェクト

対象プロジェクト	提案組織	対象地域	利用周波数
車車間通信による安全運転システム	デンソー、網走市	網走市	700MHz帯、5.8GHz帯
EV/PHEVタウン実現に向けた歩車 間通信 による車両接近通知システム	青森県、YRP	青森県、六ヶ所村	315MHz、429MHz、700MHz、950MHz、3.4～4.8GHz、5.8GHz帯
路車間+車車間通信によるインフラ強調安全運転支援システム	トヨタ自動車、他8社	つくば市 横須賀市	700MHz帯、5.8GHz帯
路車間+車車間通信によるインフラ強調安全運転支援システム	トヨタ自動車、他8社	豊田市、長久手町	5.8Hz帯
路車間+車車間通信によるインフラ強調安全運転支援システム	富士通、トヨタ自動車、トヨタIT開発センター	木更津市	700MHz帯
車車間通信用周波数利用技術の実証	沖電気、豊田中央研究所、NICT	つくば市 横須賀市	700MHz帯、5.8GHz帯
モバイルWiMAX等を活用したサーバー型運転支援サービス	マツダ	広島市	携帯電話用周波数、2.4GHz、2.5GHz
カー・エレクトロニクス・サービス	北九州市	北九州市	700MHz帯、5.8GHz帯

総務省ITS研究会報告書より

本年7月より
総務省　情報通信審議会　情報通信技術分科会

ITS無線システム委員会

がスタート

諮問内容

ITS無線システムの技術的条件
（700MHz帯安全支援通信システムの技術的条件）

2012年7月以降の実用化を目指す

■ 出会い頭衝突防止

総務省ITS研究会報告書より

■ 追突防止

総務省ITS研究会報告書より

■ 右折時衝突防止

総務省ITS研究会報告書より

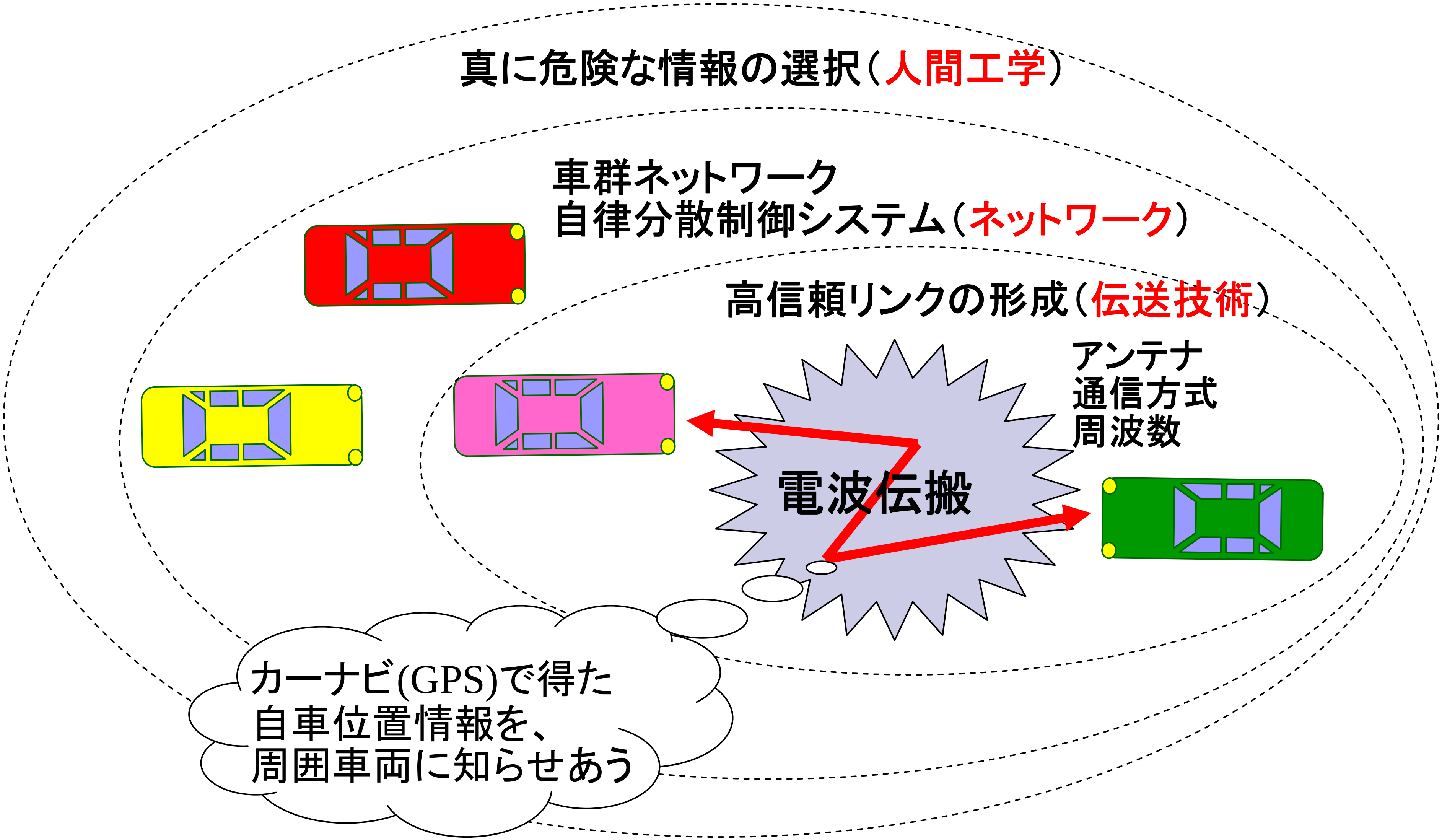
日米欧における無線システムの比較

	日本*	北米	欧州
規格・委員会	RC-006	IEEE802.11p/1609×daft	C2CCC/ETSIES202 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	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

*) 日本は、他に5.8GHz帯:up-link, down-link各35MHz(5MHz間隔で7キャリア)
DSRC:規格:RC-005

総務省ITS研究会報告書より

ITS車車間通信技術（お互いの位置情報を交換し合う）



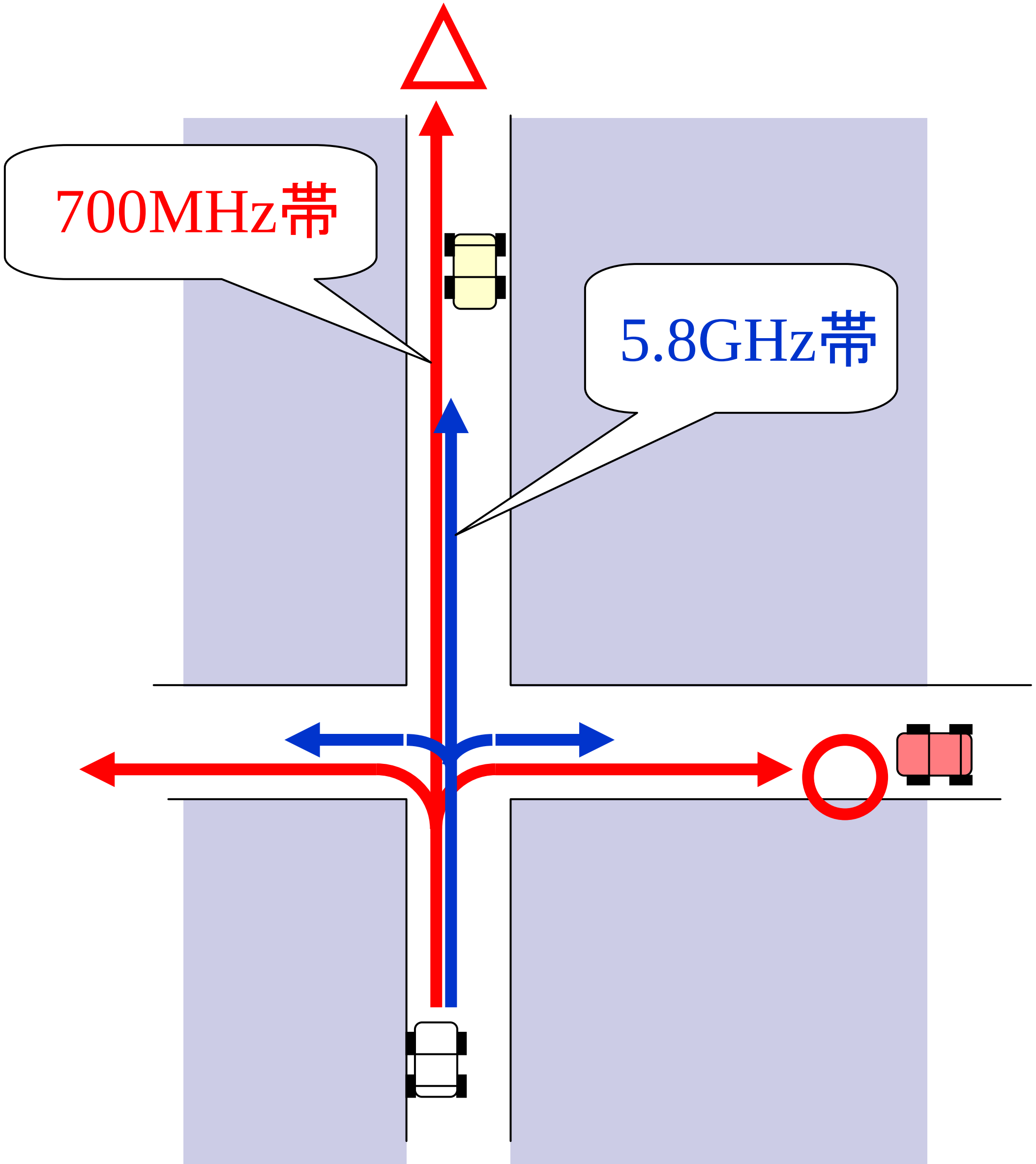
技術検討項目（技術的課題）

1）電波伝搬（交差点での回り込み、大型車両遮蔽、など）
2）通信方式（ダイバーシチ、MIMO-STBC、OFDM, など）
3）アクセス方式・通信ネットワーク
（自律分散制御：混信のない通信； CSMA/CA, TDMA）
4）車車間通信と路車間通信の共用方式
5）他システム（700MHz帯：地デジ、移動通信）との共存
6）位置情報の精度
7）情報セキュリティ

技術検討項目（技術的課題）

電波伝搬（交差点での回り込み、大型車両遮蔽、など）

ITS路車間通信・車車間通信に用いられる周波数とその特徴



700MHz帯
（地デジ化後の空き周波数）

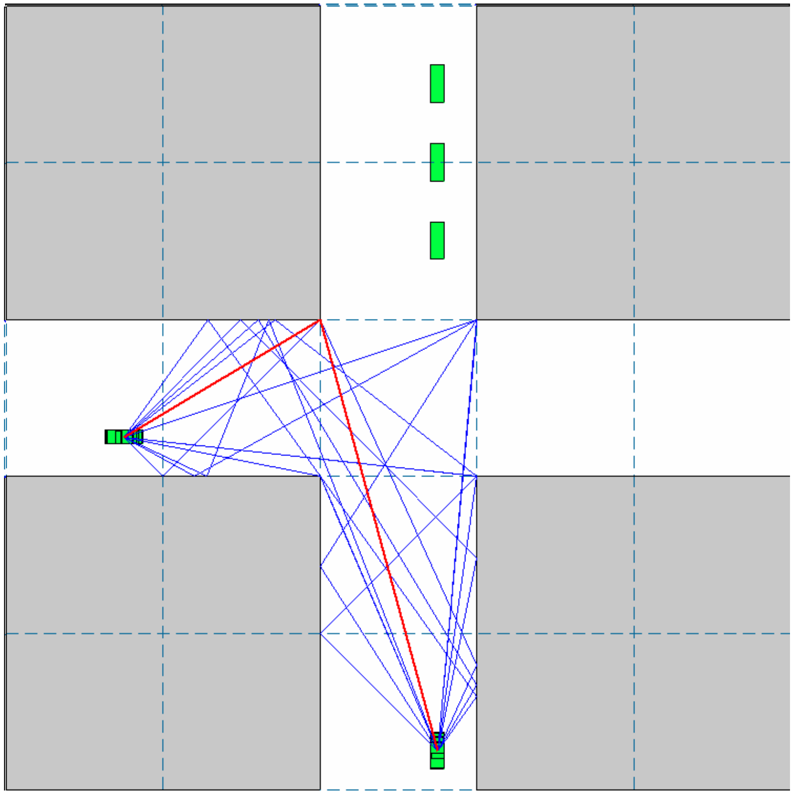
- 交差点で回り込んでよく飛ぶ（○）
- 直線部分で飛びすぎ？（△）
- 帯域が10MHzしかない（△）
- 車車間通信向き

5.8GHz帯(DSRC)

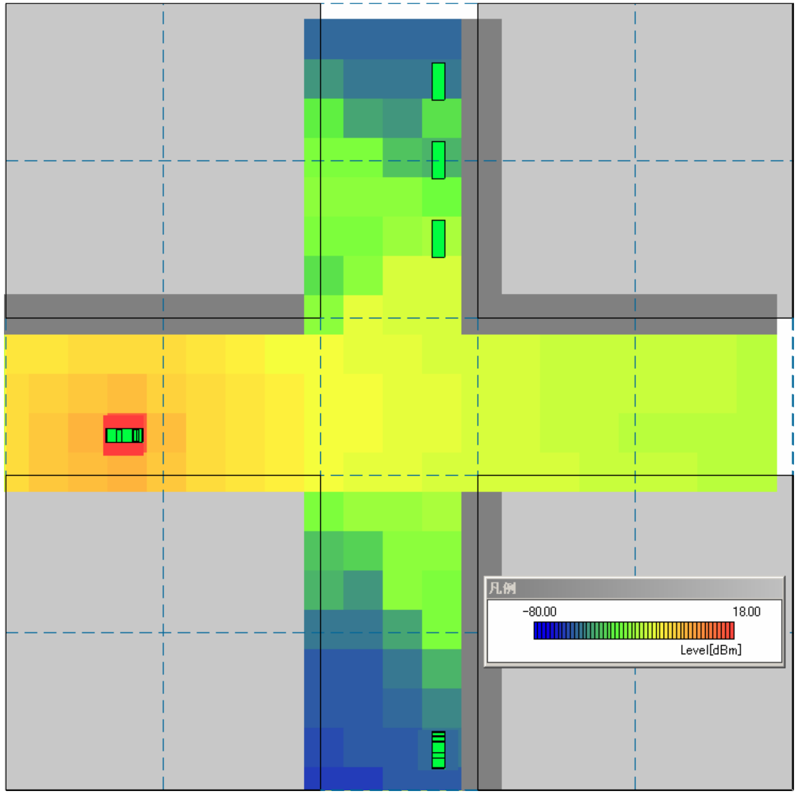
- 特定スポット内高速大容量通信用
- up-link/down-link 夫々35MHz（5MHz x 7ch分）
- 交差点で回り込みが小さい
- 路車間通信向き

電波伝搬の問題と解析：レイトレーシング（アニメーション）

[レイトレーシング]



[信号強度可視化]

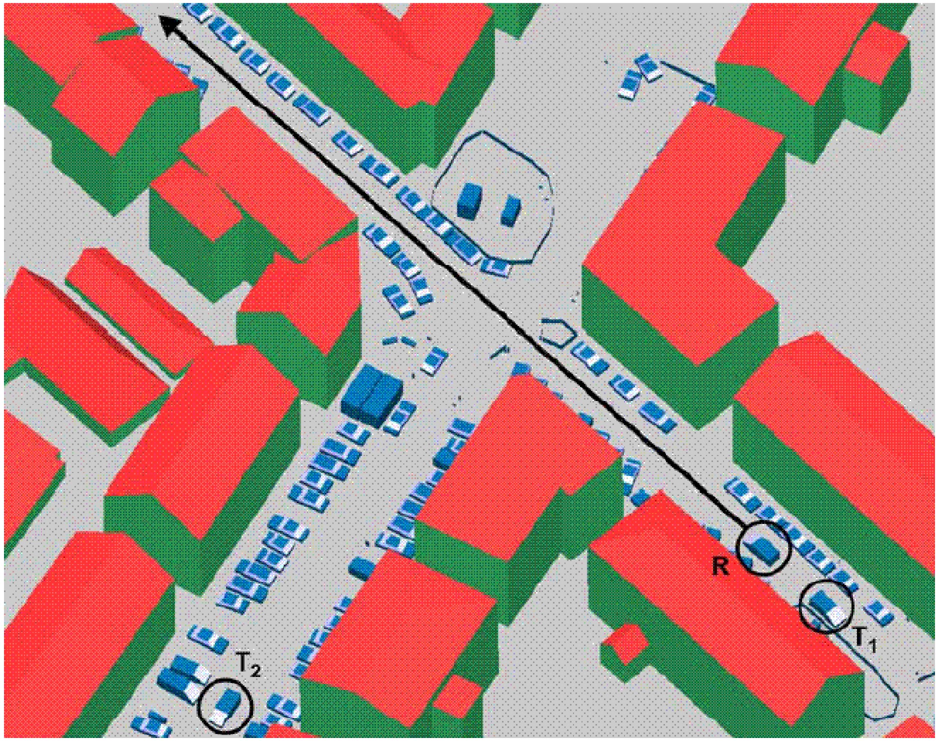


© 構造計画研究所
KOZO KEIKAKU ENGINEERING Inc.

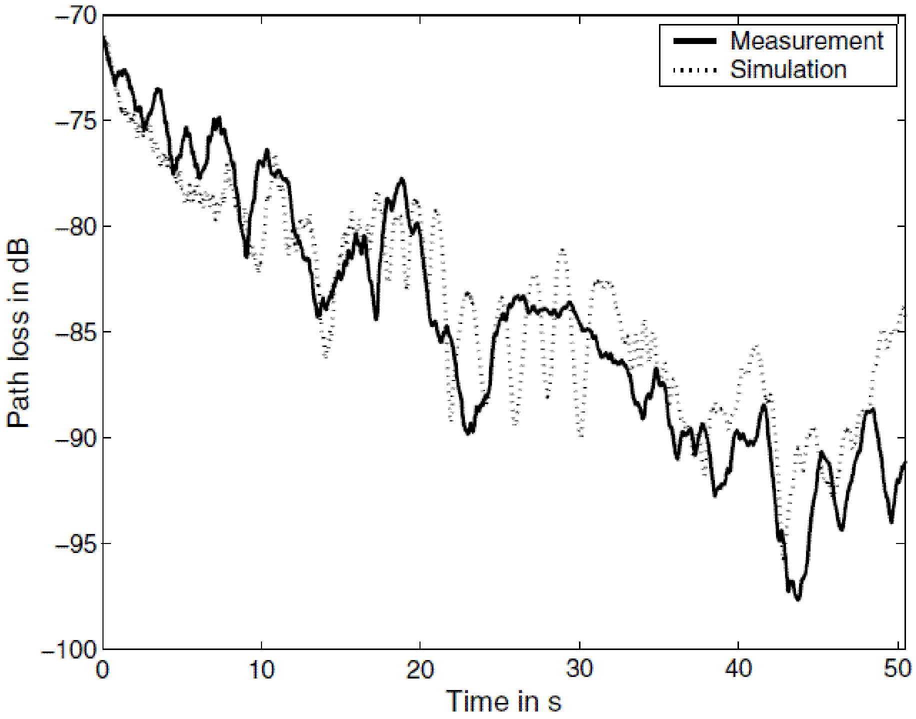
車車間通信：電波伝搬の研究例（ドイツ、Karlsruhe大学）

（レイトレーシング結果と実測地の比較： f = 5.2 GHz）

（環境）



（結果）

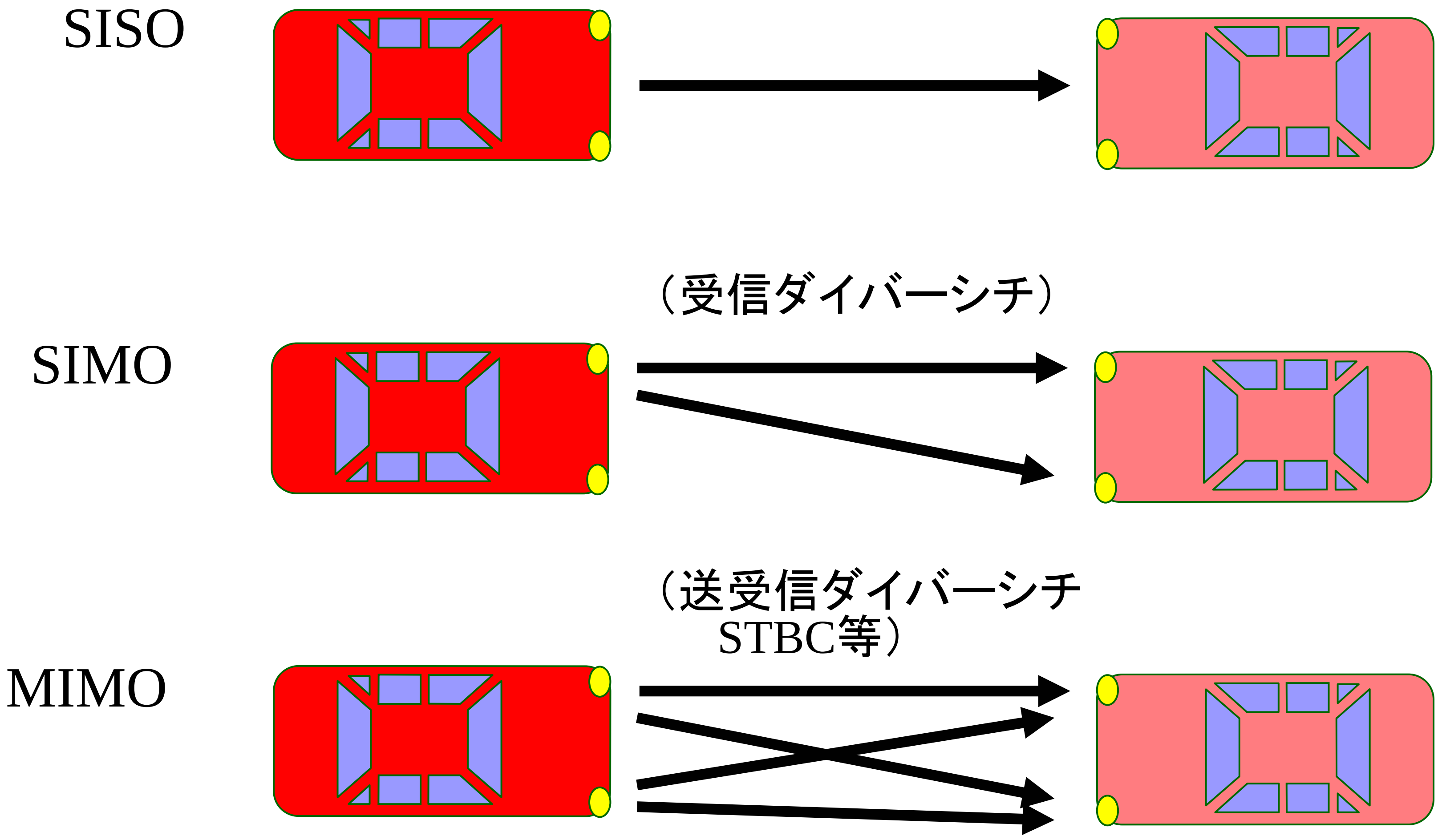


J. Maurer, et al., IEEE VTC2004 Fall,.

技術検討項目（技術的課題）

通信方式（ダイバーシチ、MIMO-STBC、OFDM, など）

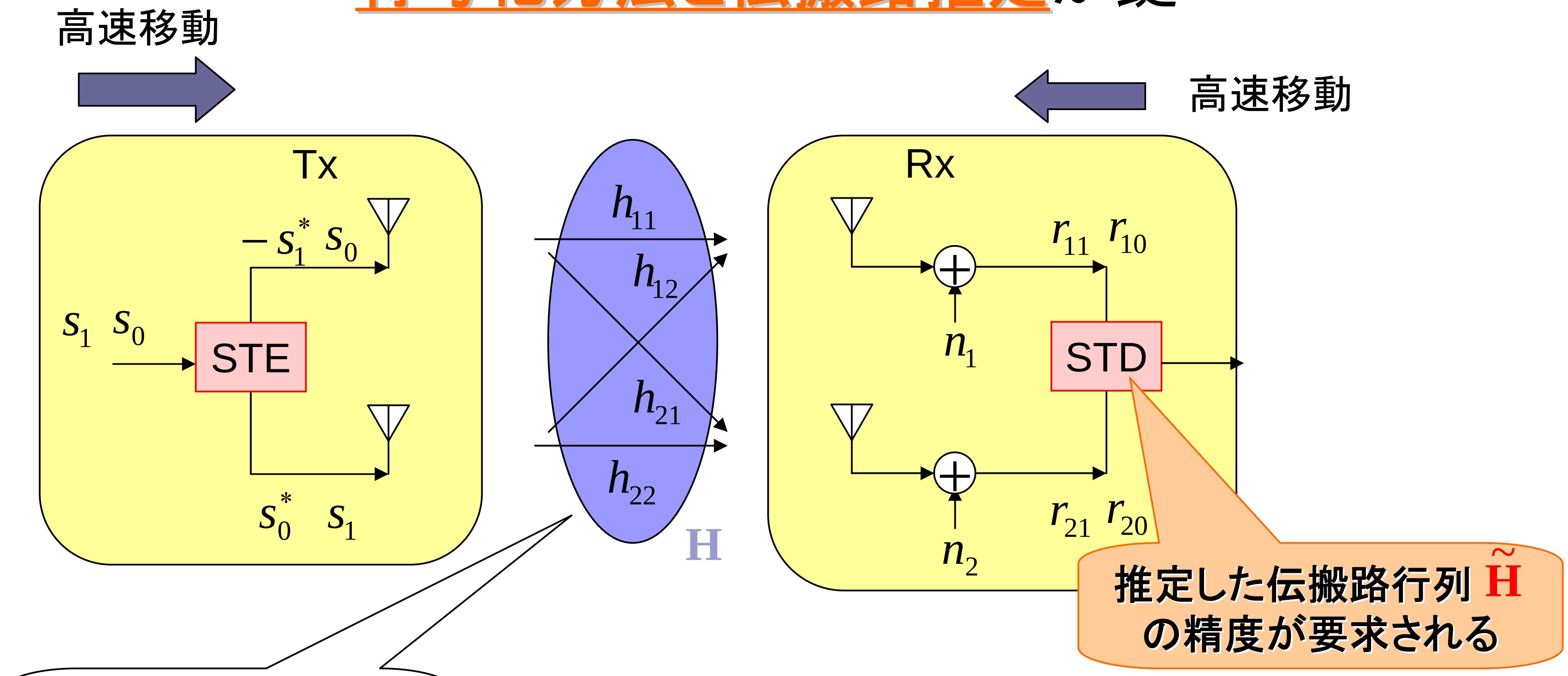
車車間通信のアンテナ構成



高信頼化を目指すMIMO通信方式

⇒時空間符号化（Space-Time Block Coding）

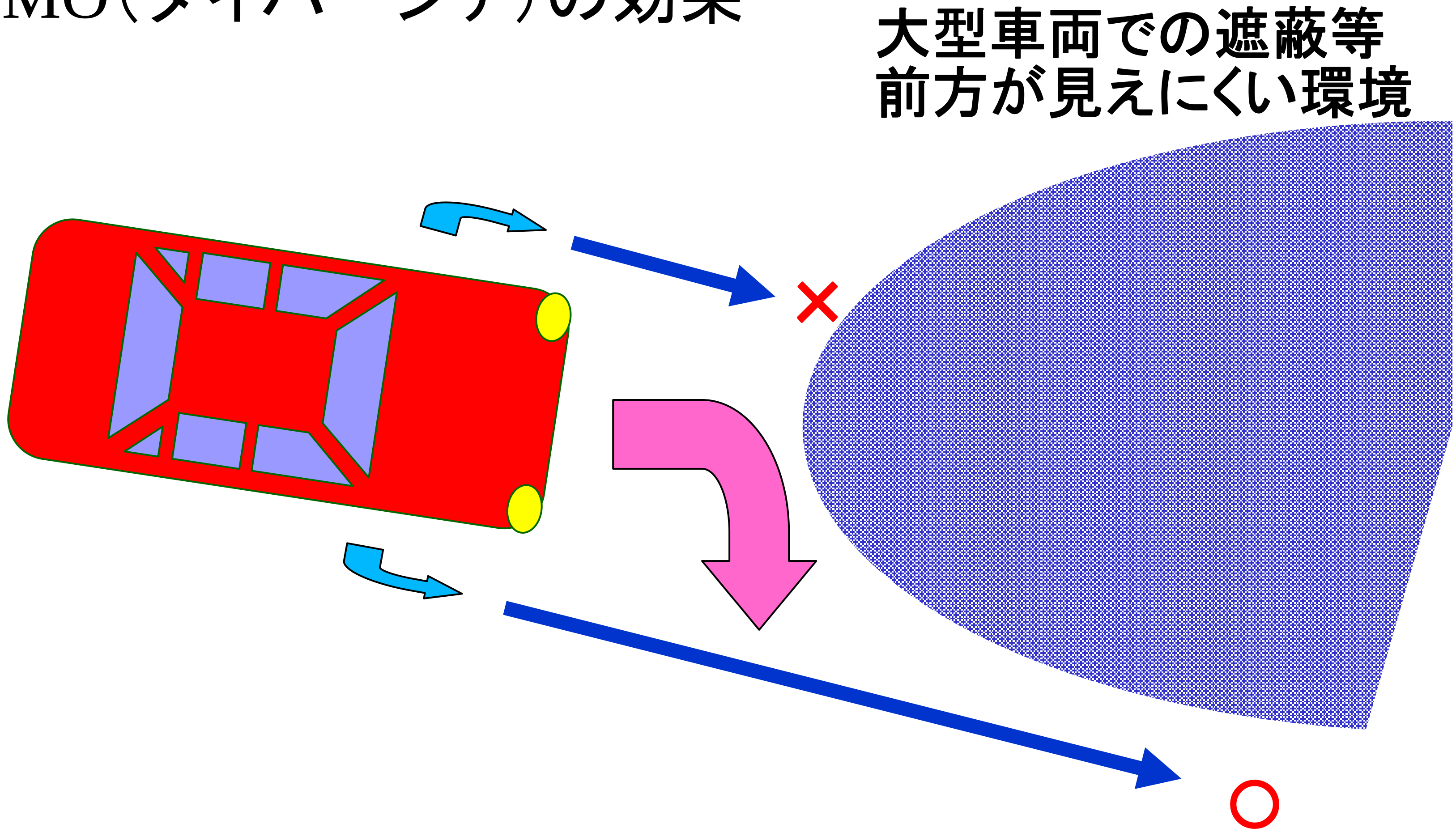
符号化方法と伝搬路推定が鍵



高速フェージングに対する対策が研究課題

伊藤他、信学論B, 2006.09.

MIMO（ダイバーシチ）の効果



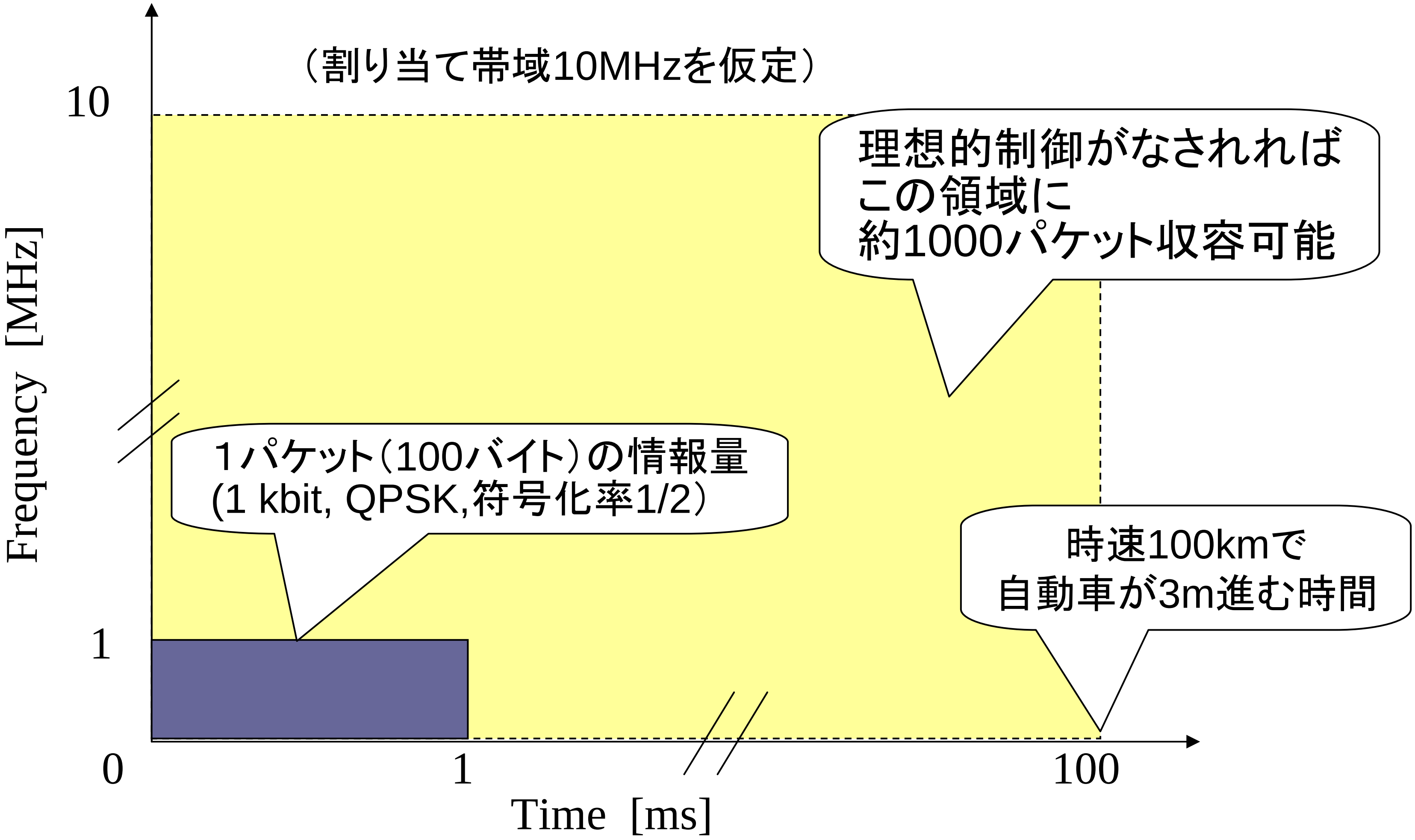
車の左右の2ヶ所（例えばドアミラーの裏面）にアンテナを置くと、
どちらかのアンテナで、見通しが得られる場合があり
前方が見えにくい環境の時には、ダイバーシチ効果が大きい
（ちょうど左右のドアミラーで安全が確認できるように）

技術検討項目(技術的課題)

アクセス方式・通信ネットワーク

（自律分散制御:混信のない通信; **CSMA/CA, TDMA**）

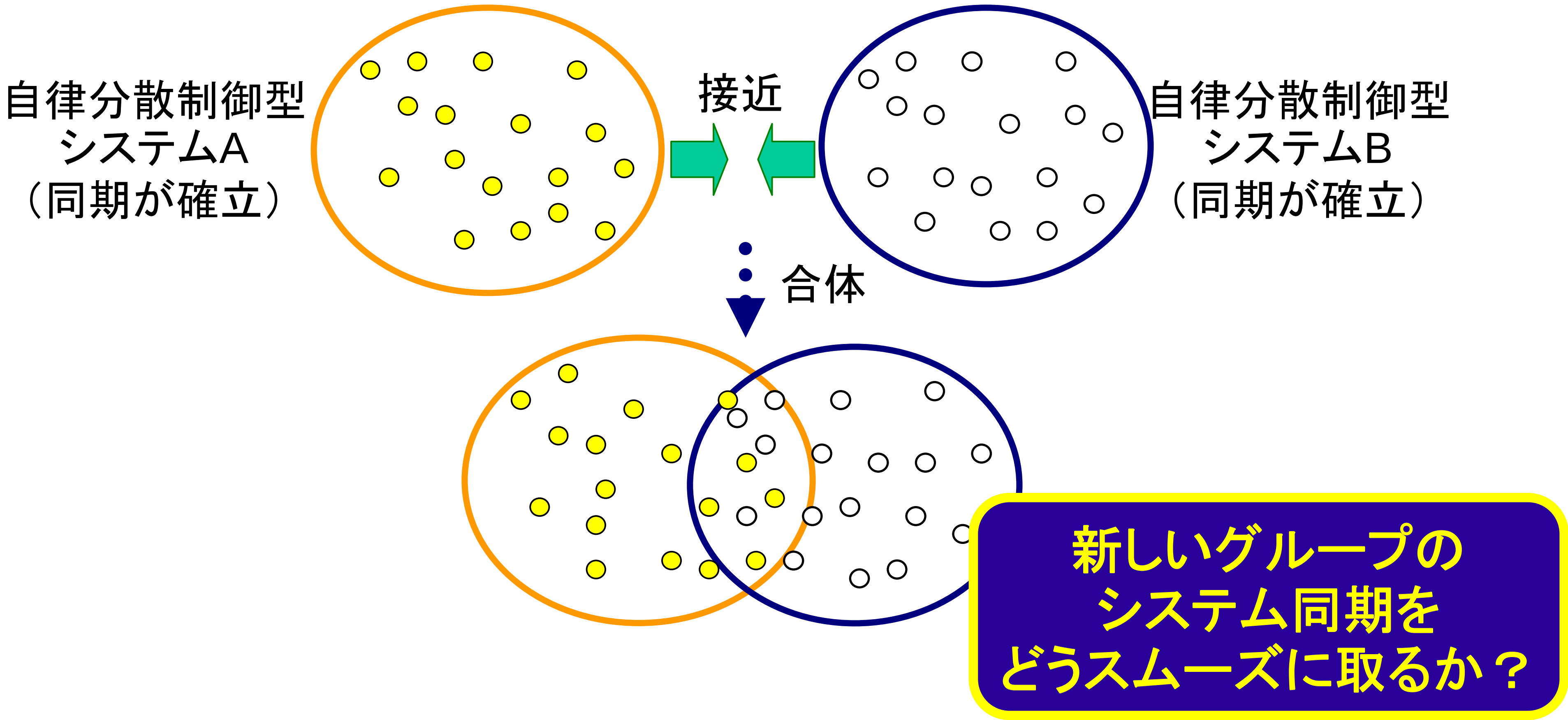
理想的な制御時の情報収容量



混信を防ぎ効率をあげるためにはアクセス制御方式の検討が重要

自律分散制御システムにおける同期確立問題

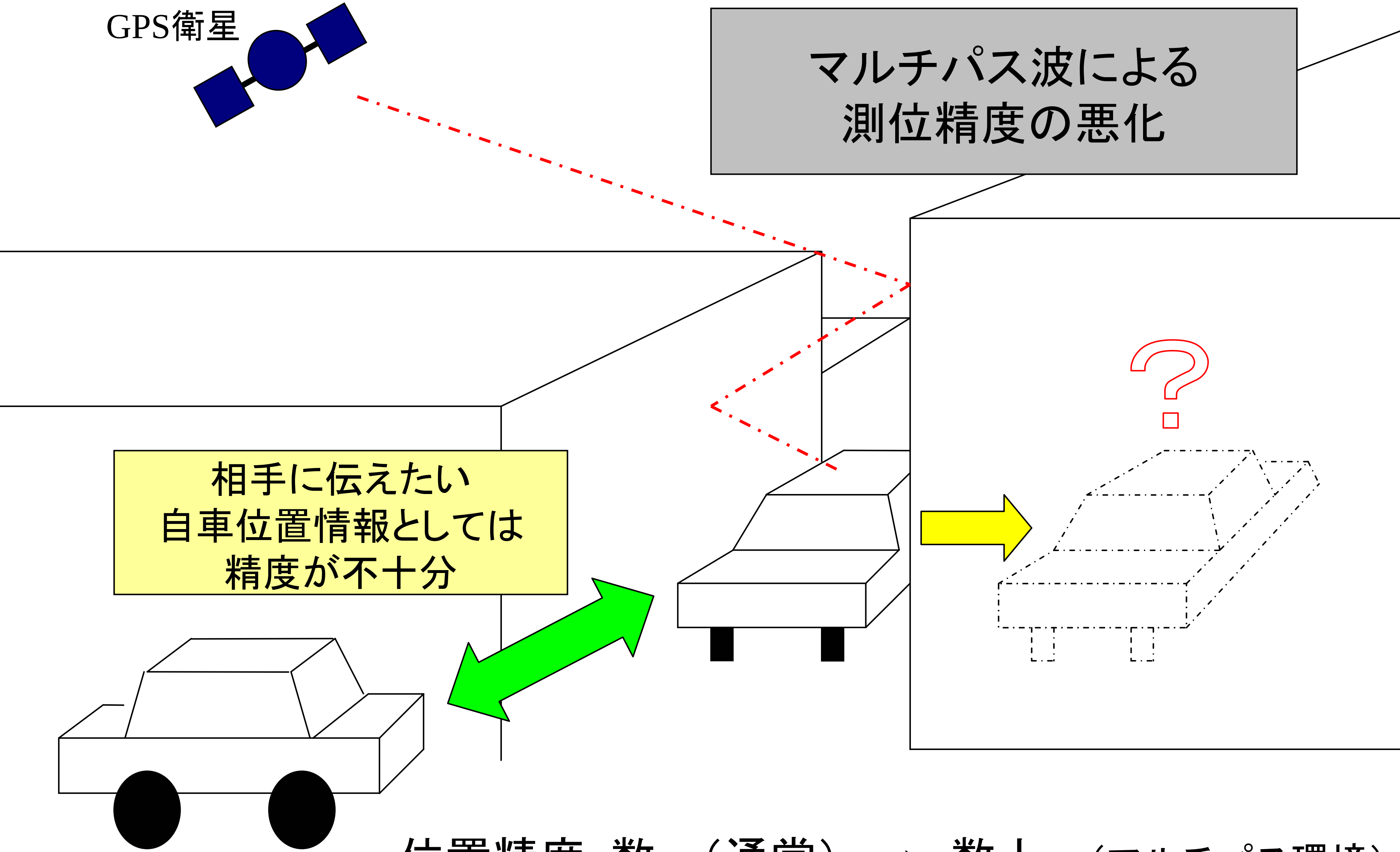
- 課題



技術検討項目（技術的課題）

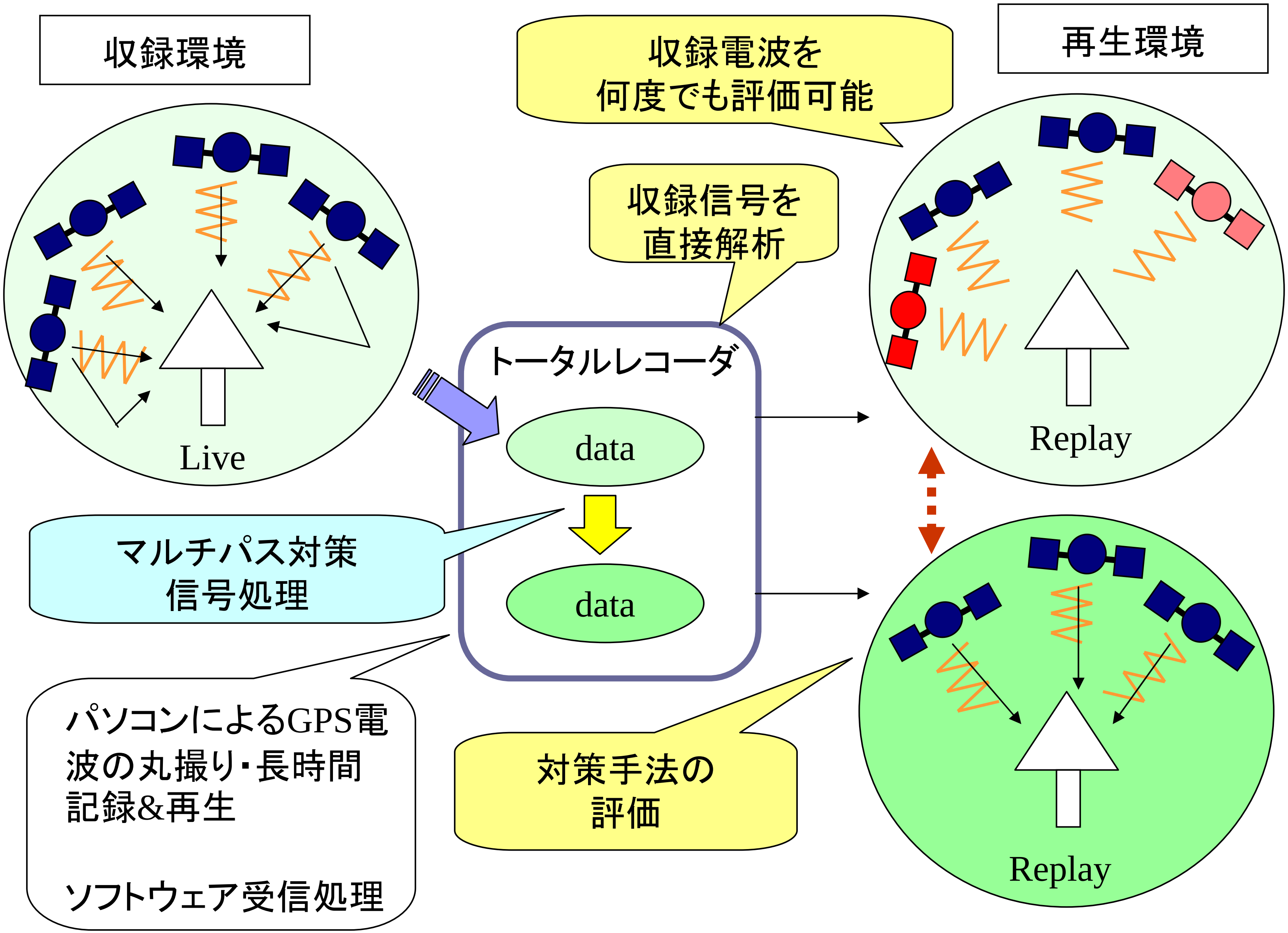
位置情報の精度

車車間通信のコンテンツ:自車位置情報＋α

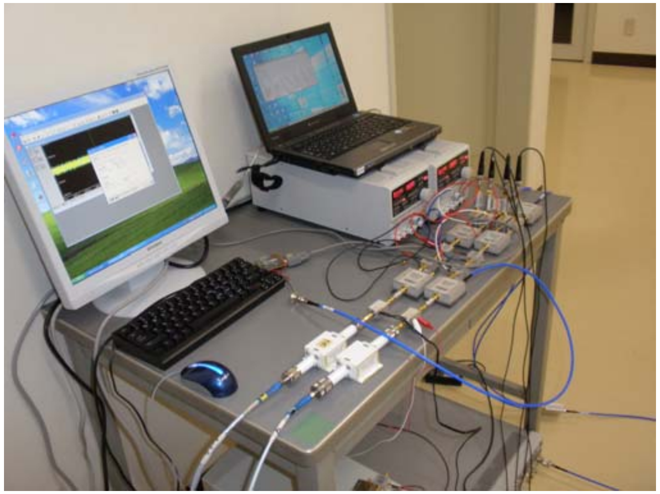


位置精度:数m（通常） → 数十m（マルチパス環境）

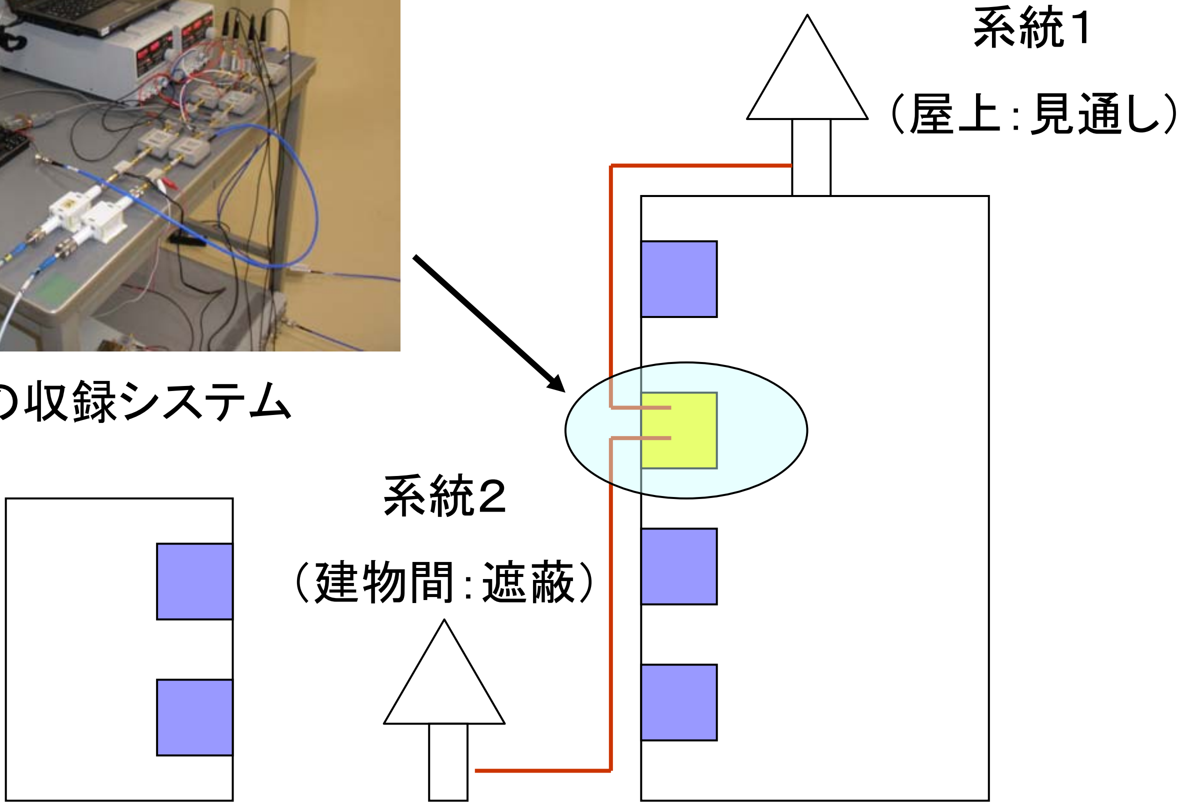
研究事例紹介：パソコントータルレコーディングによる系統的解析評価



解析対象信号の収録場所



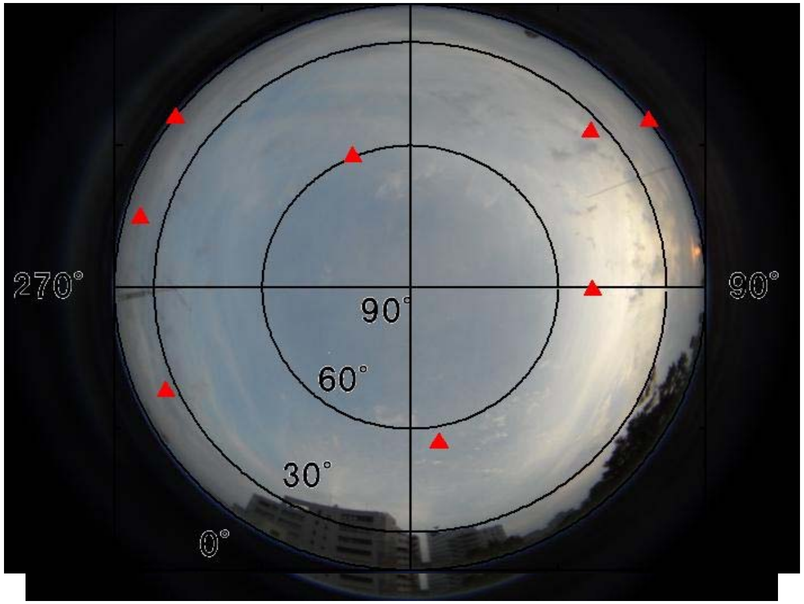
2系統の収録システム



系統1・系統2について、同時2系統収録を行う。

魚眼レンズカメラで見上げた時の衛星位置

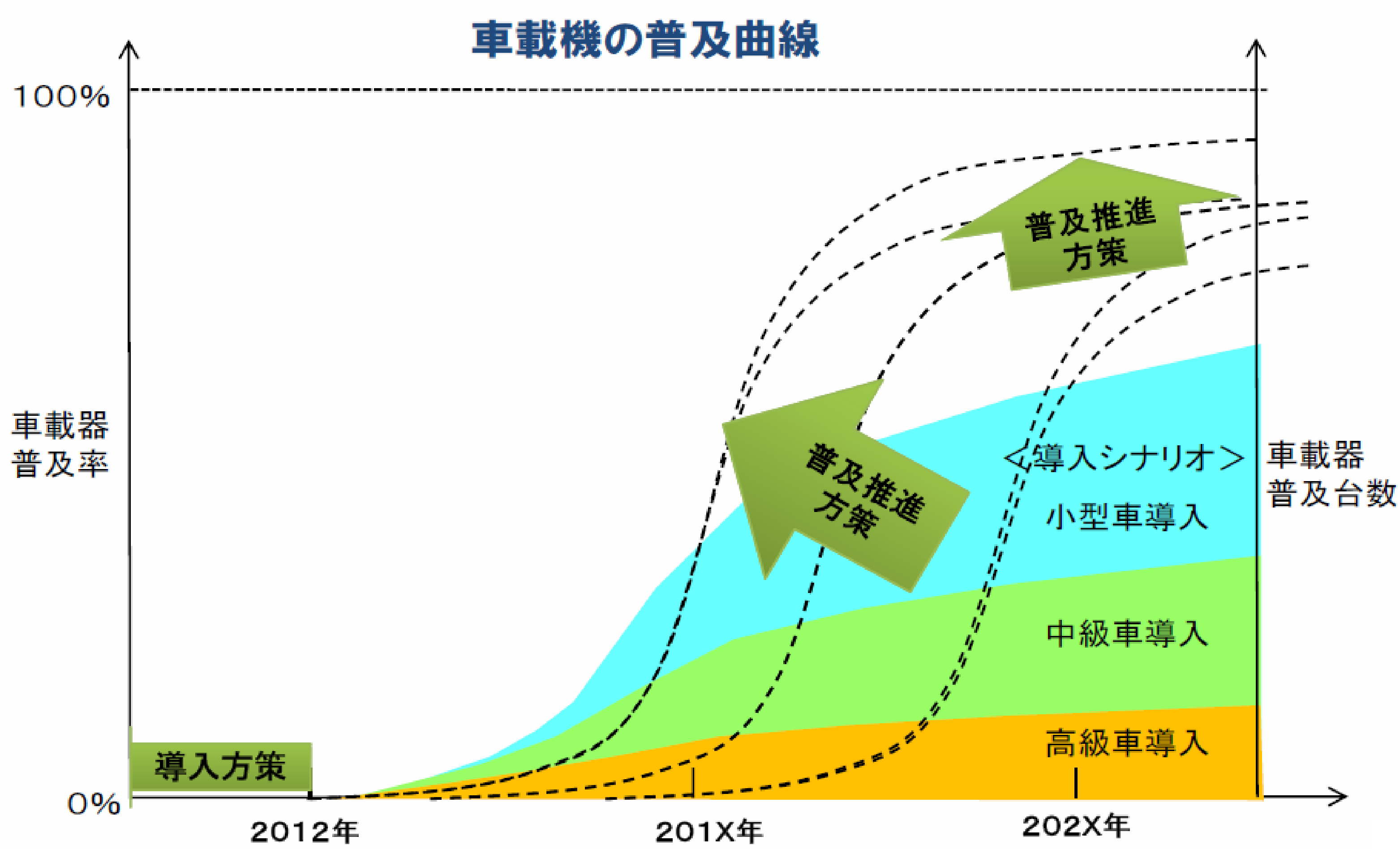
【屋上】



【遮蔽環境】

▲:解析対象時の
GPS衛星の位置

GPS-TR フィールド収録走行ルート (2009/4/27)



車載器の普及曲線と導入・普及推進方策の関係
（エアバッグ、ETC、カーナビ、VICS、衝突防止レーダ
などとの性格の違い）

総務省ITS研究会報告書より

ITS安全運転支援無線システムの推進方策

導入方策

いつでも利用可能な実証実験環境の整備
- ・業界団体を中心に、車車・路車共用方式のガイドラインを早急に検討
- ・2009年度に実験環境構築、体制の整備を推進

適時適切な国際調和
- ・ITS世界会議等の国際的な場での情報交換
- ・ITU－R等への標準化提案の推進

安全運転支援システムの技術的条件の早期策定
- ・技術的条件の検討に向けて、2009年度中に情報通信審議会に諮問
- ・ITS及び放送・電気通信事業者等の関係者で電波干渉検討を実施

円滑な導入に向けた産学官の連携
- ・ITS推進協議会における検討
- ・ITSフォーラムにおいて、導入方策を推進するための検討の場を設置

ITS安全運転支援無線システムの導入・普及に向けては様々な方策の推進が必要

普及方策

速やかな普及の促進

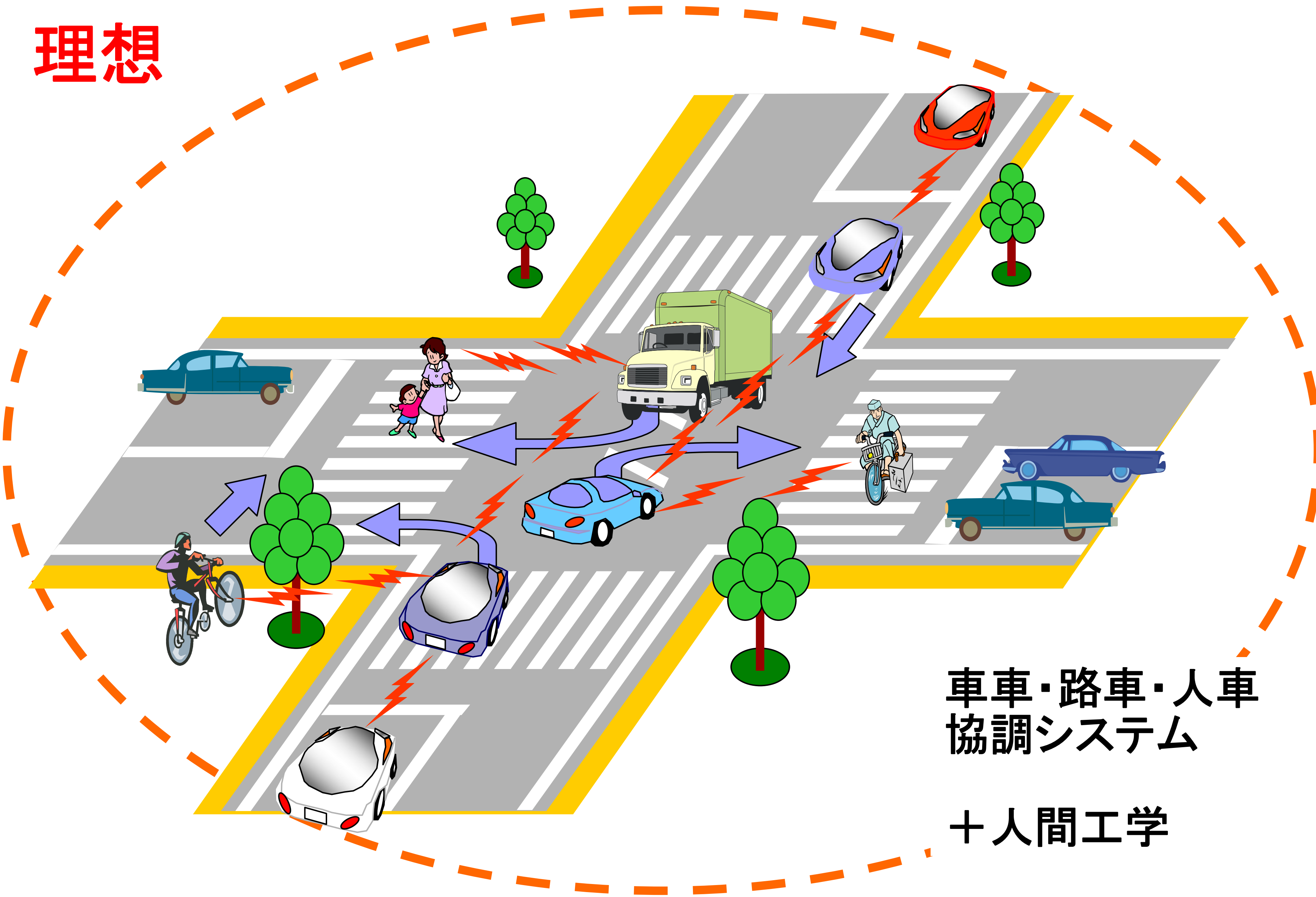
安全運転支援サービスの効果・利便性のPR
- ・2012年頃の導入に合わせたサービス認知度の向上
- ・自動車メーカによる標準装備の検討

サービスの拡大・向上
- ・高齢者等を考慮した技術開発及び歩行者への情報提供の実現
- ・車載器の導入時期に合わせた路側インフラ等の環境整備

インセンティブの提供
- ・税制面や自動車保険等による優遇措置の検討

総務省ITS研究会報告書より

理想



車車・路車・人車
協調システム

＋人間工学