



アドホックネットワーク研究会
(H20.05.15)

自律分散制御システムの同期確立問題
- 搦め手からのアプローチ -
ITS車車間通信への地デジ信号利用を例として

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)

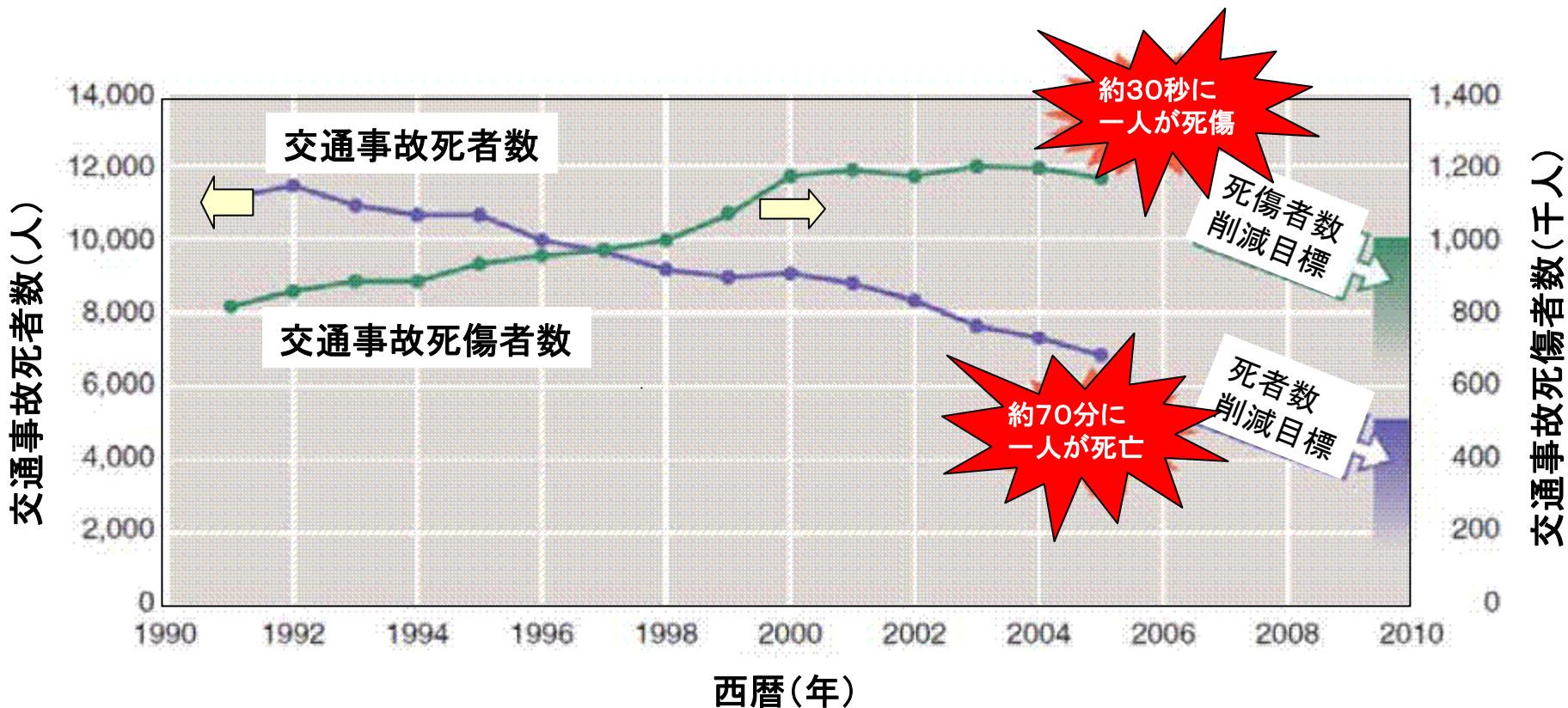


講演の内容

- 交通事故を防ぐ技術としての車車間通信 (ASV)
- 自律分散制御システムにおける同期問題
- 同期システムのメリット
- 外部信号を利用した同期信号確保 (地デジ信号利用の例)
- 利用しやすい外部信号とは



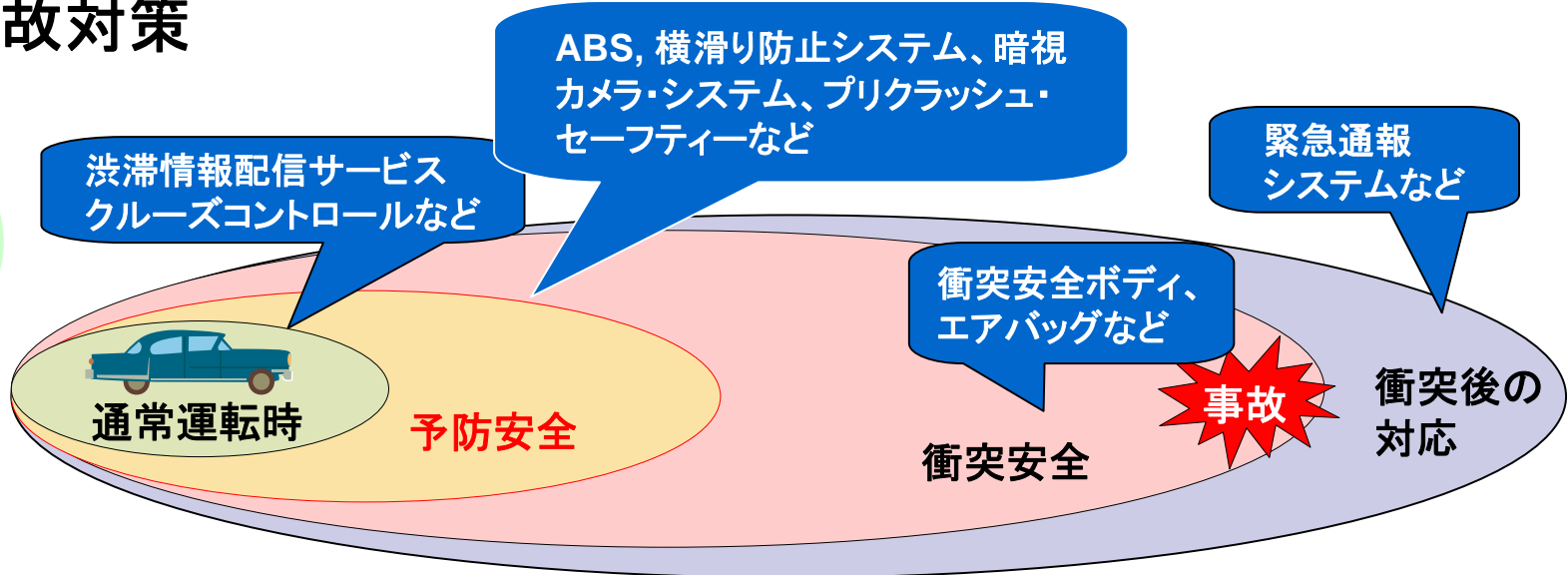
交通事故死者数・死傷者数と削減目標



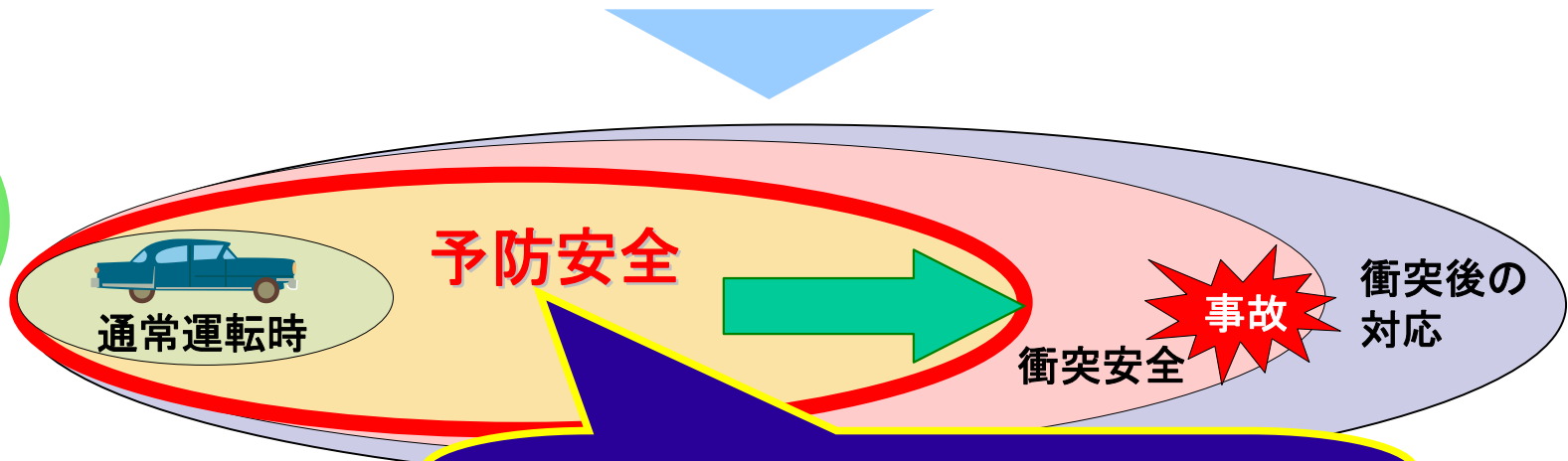


事故対策

これまでの自動車



これからの自動車

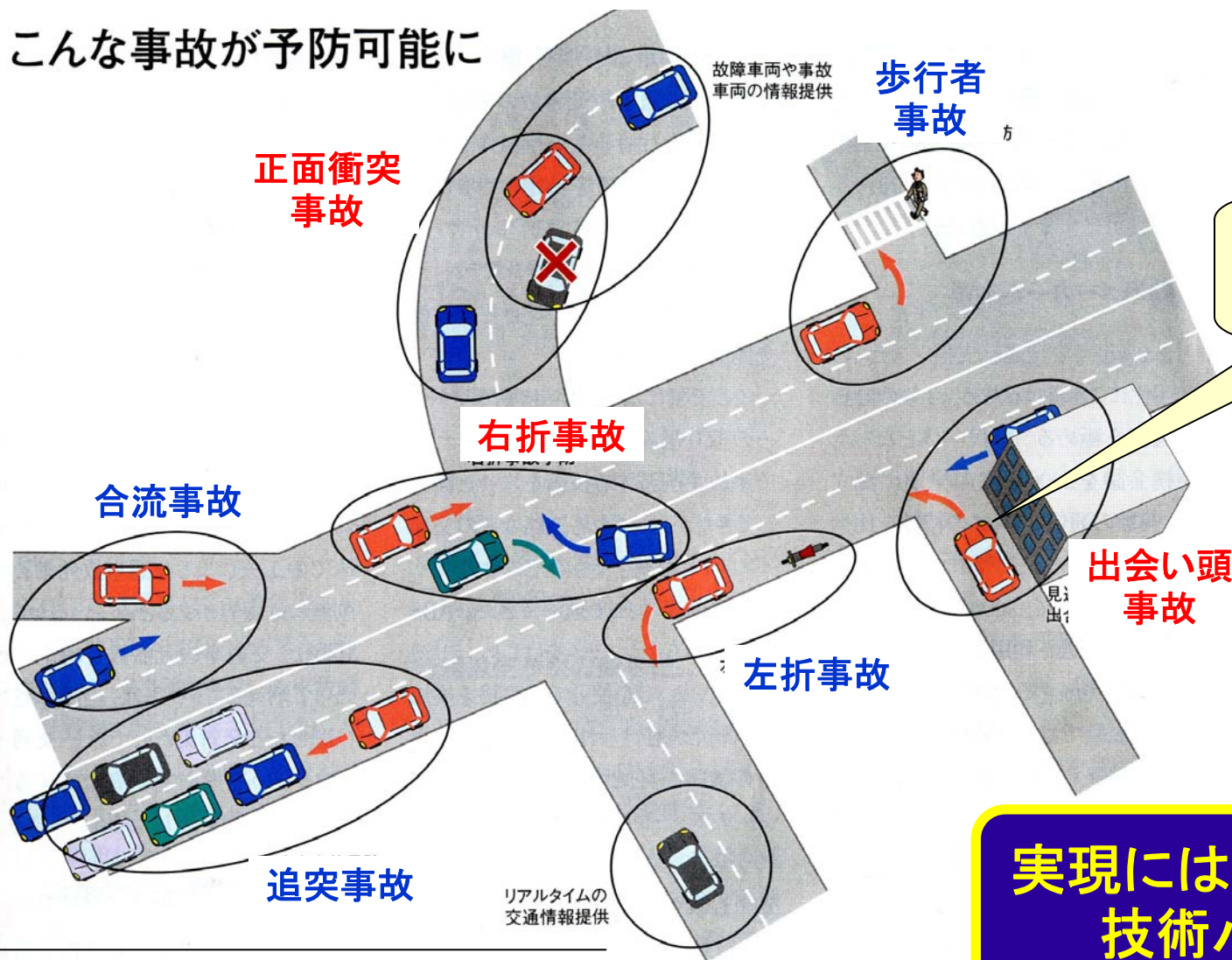


ワイヤレス情報通信技術に基づく
車々間情報交換システムがこのエリア
を拡大する



■ 車々間通信による情報交換が実現されると

こんな事故が予防可能に

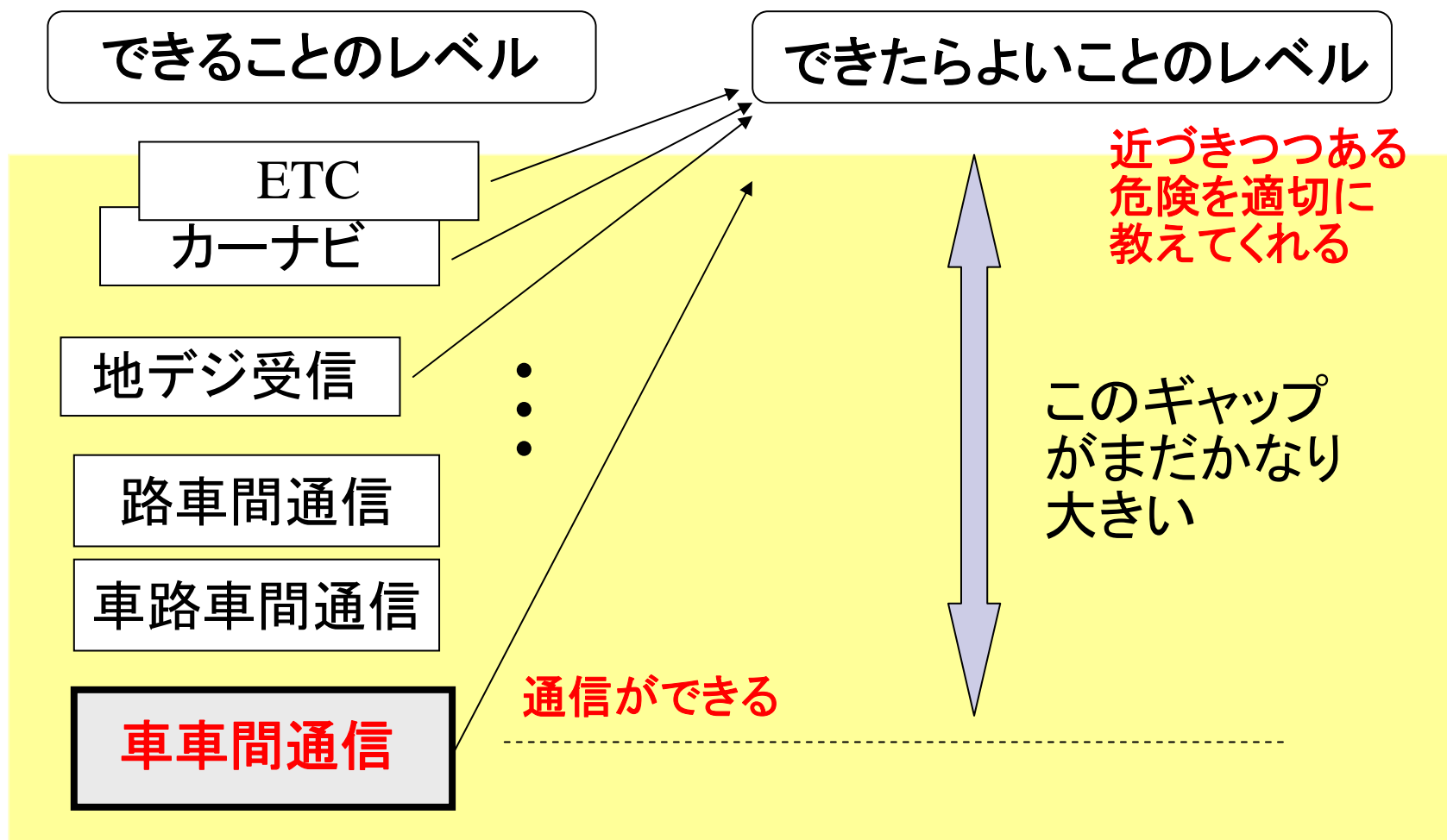


電波カーブミラー

実現には非常に高い技術ハードル



ITS: 現実(できること) と 理想(できたらよいこと)





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

今年の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

ITS車々間通信技術(お互いの位置情報を交換し合う)

真に危険な情報の選択(人間工学)

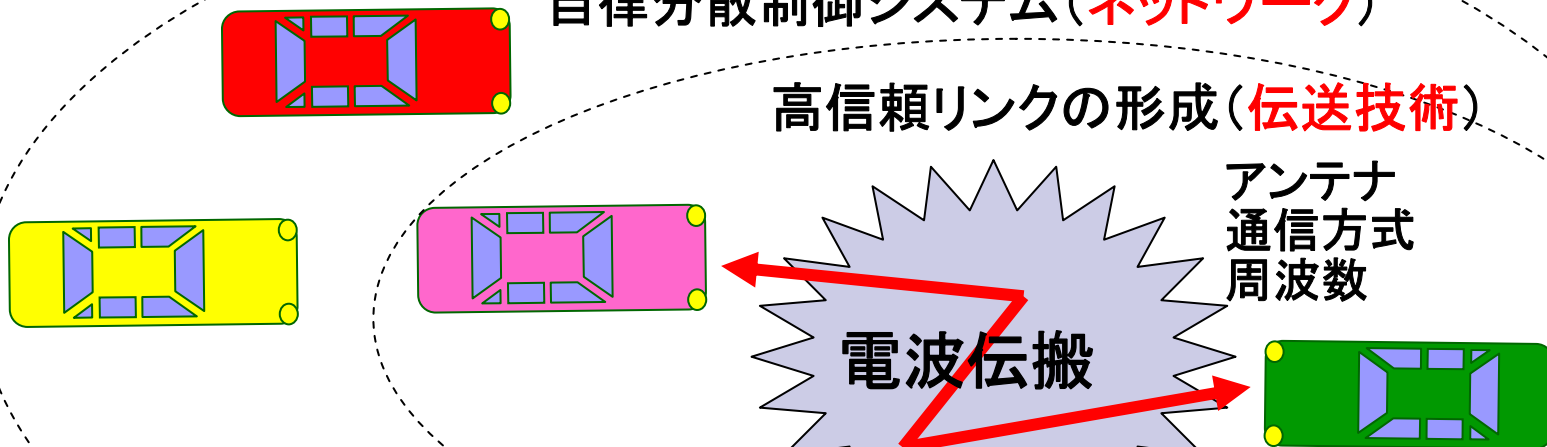
車群ネットワーク
自律分散制御システム(ネットワーク)

高信頼リンクの形成(伝送技術)

アンテナ
通信方式
周波数

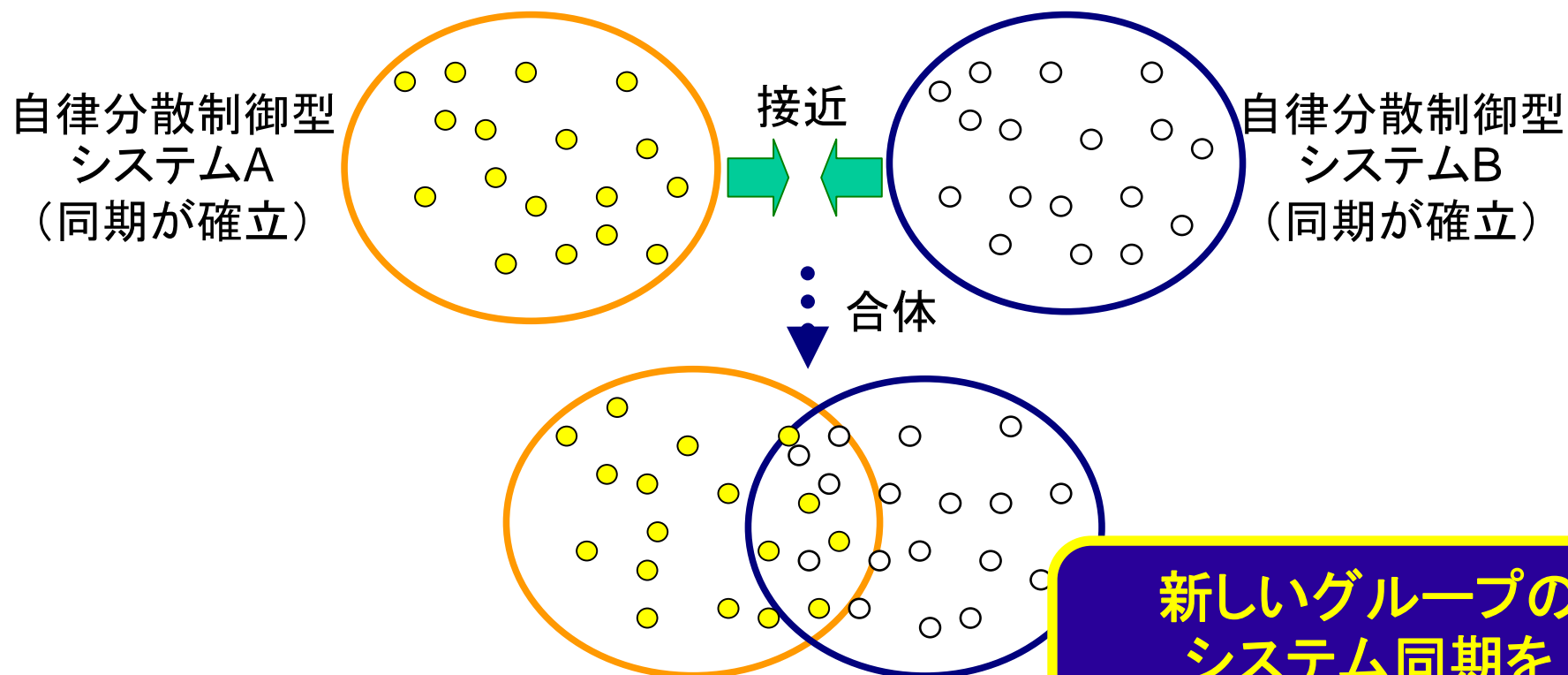
電波伝搬

カーナビ(GPS)で得た
自車位置情報を、
周囲車両に知らせあう



自律分散制御システムにおける 同期確立問題

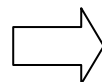
■ 課題





同期システムと同期信号

非同期 自律分散
制御システム
(e.g. CSMA
CSMA/CA)



同期型 自律分散
制御システム
(e.g. TDMA
D-TDMA)



同期の確立

同期タイミング信号の取得

自システ
ム内での
同期確立

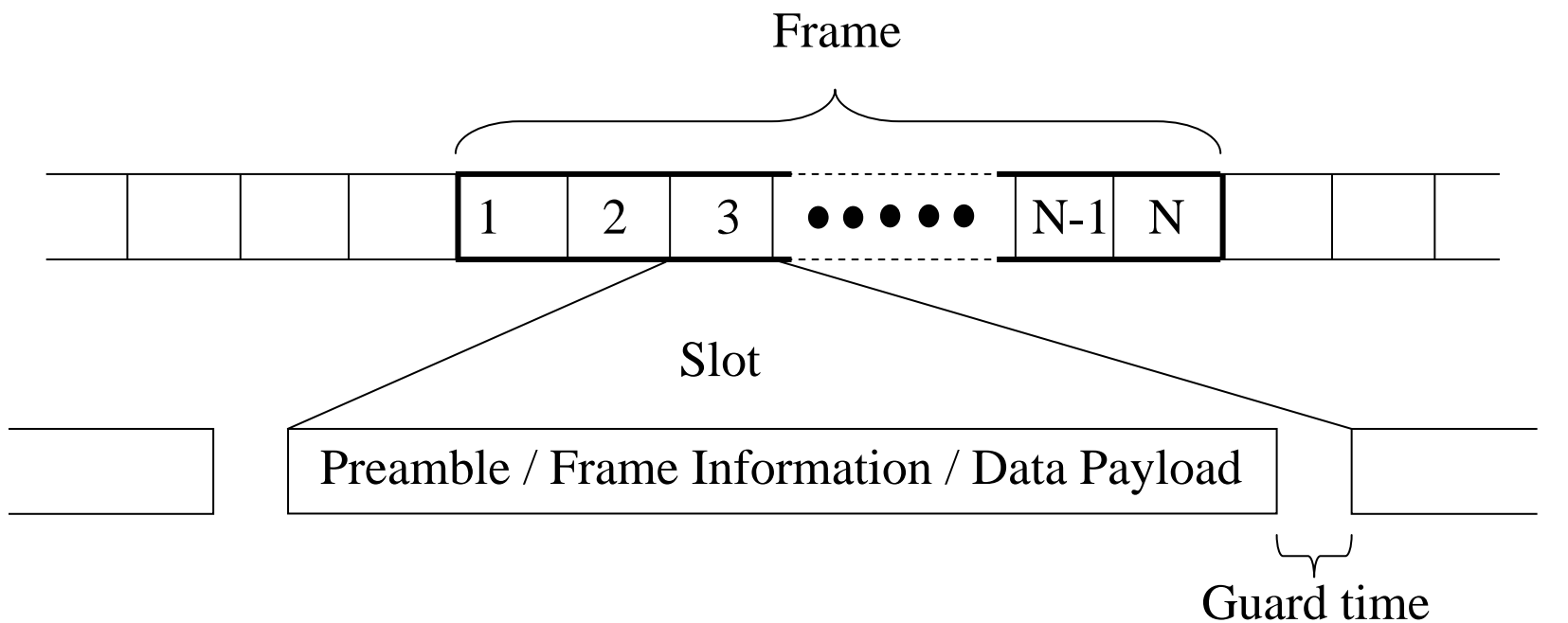
and/or

外部信号
の利用

タイミングのずれによる
効率の低下
隠れ端末問題への
回避が困難

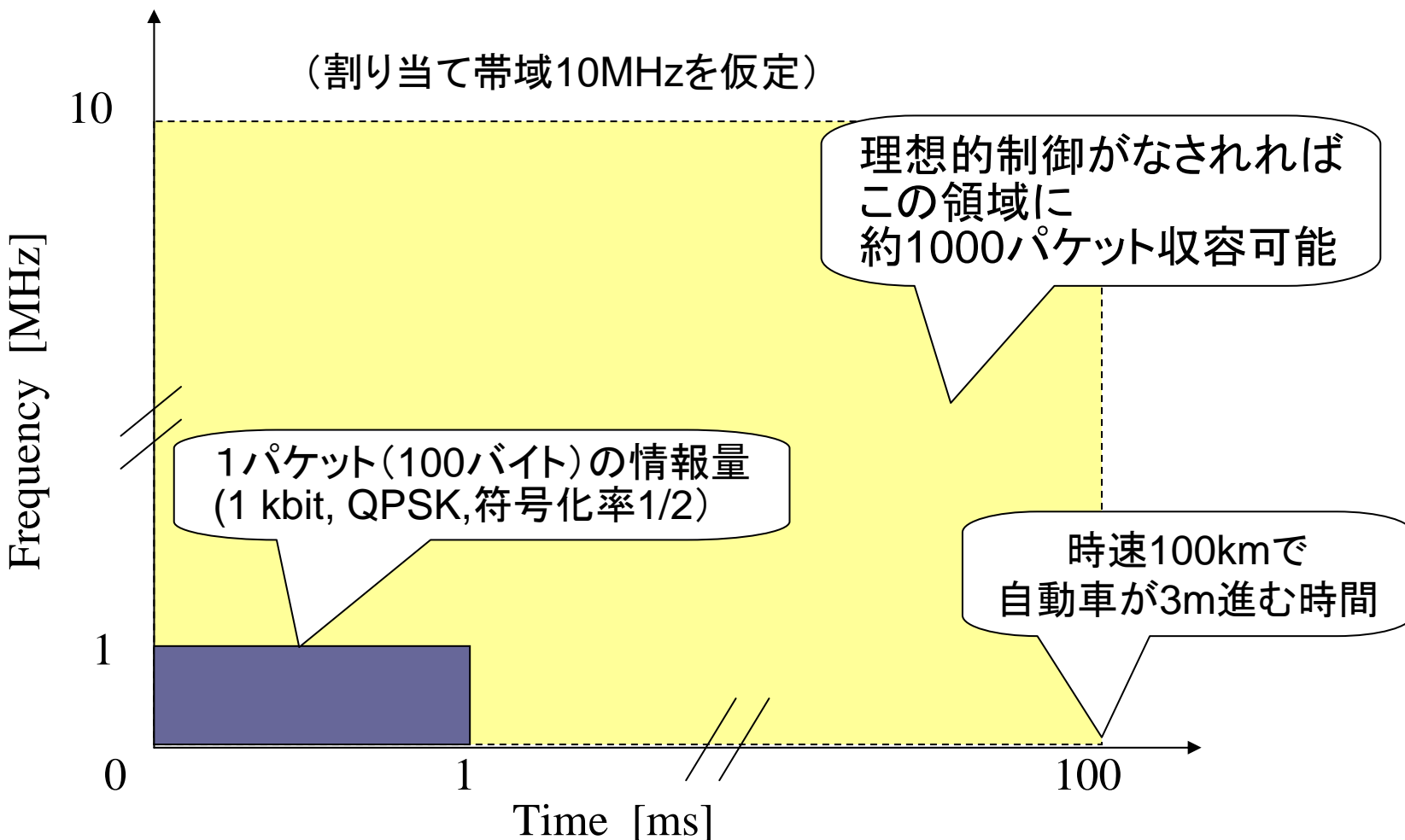


TDMA型同期システムの例





理想的な制御時の情報収容量



効率をあげるためには同期型システムが理想



仕切り役のいない車群での効率的情報交換 自律分散制御システム



同期確立が重要



同期確立の方法

- 自己システム内での同期確立
- **外部システムを利用した同期確立**
 - GPSを利用する方法(正確な1秒パルス等)
 - **地上デジタル放送のガードインターバル(GI)を利用する方法**

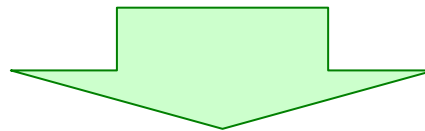


■ 車々間通信システムの同期確立

□ 外部情報の利用

- 地上デジタル放送のガードインターバルは約1m秒毎

**地上デジタル放送波のOFDMガードインターバル
周期情報を利用した車々間通信システムの提案**



実際の測定データにより、検出可否や精度を調査

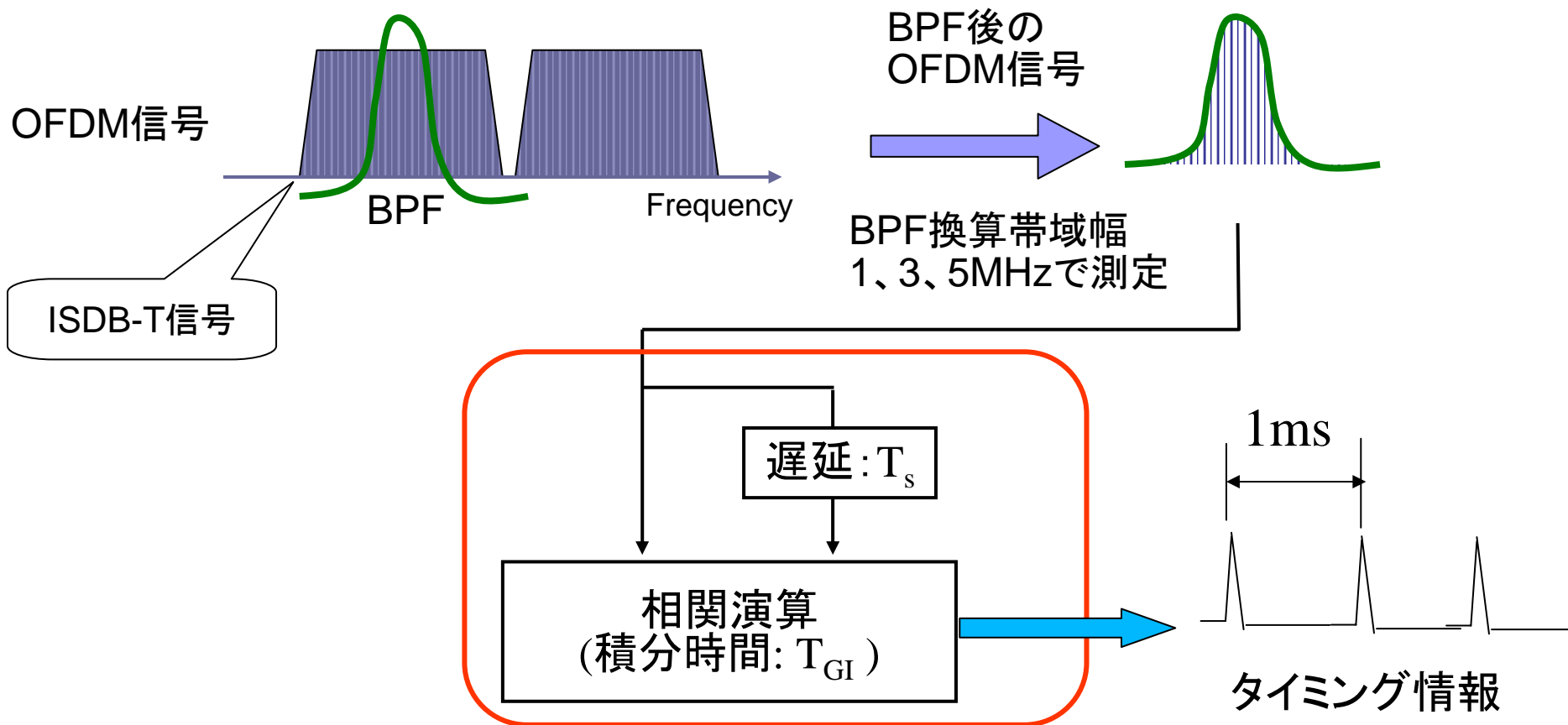


■ 放送波概要 (ISDB-T)

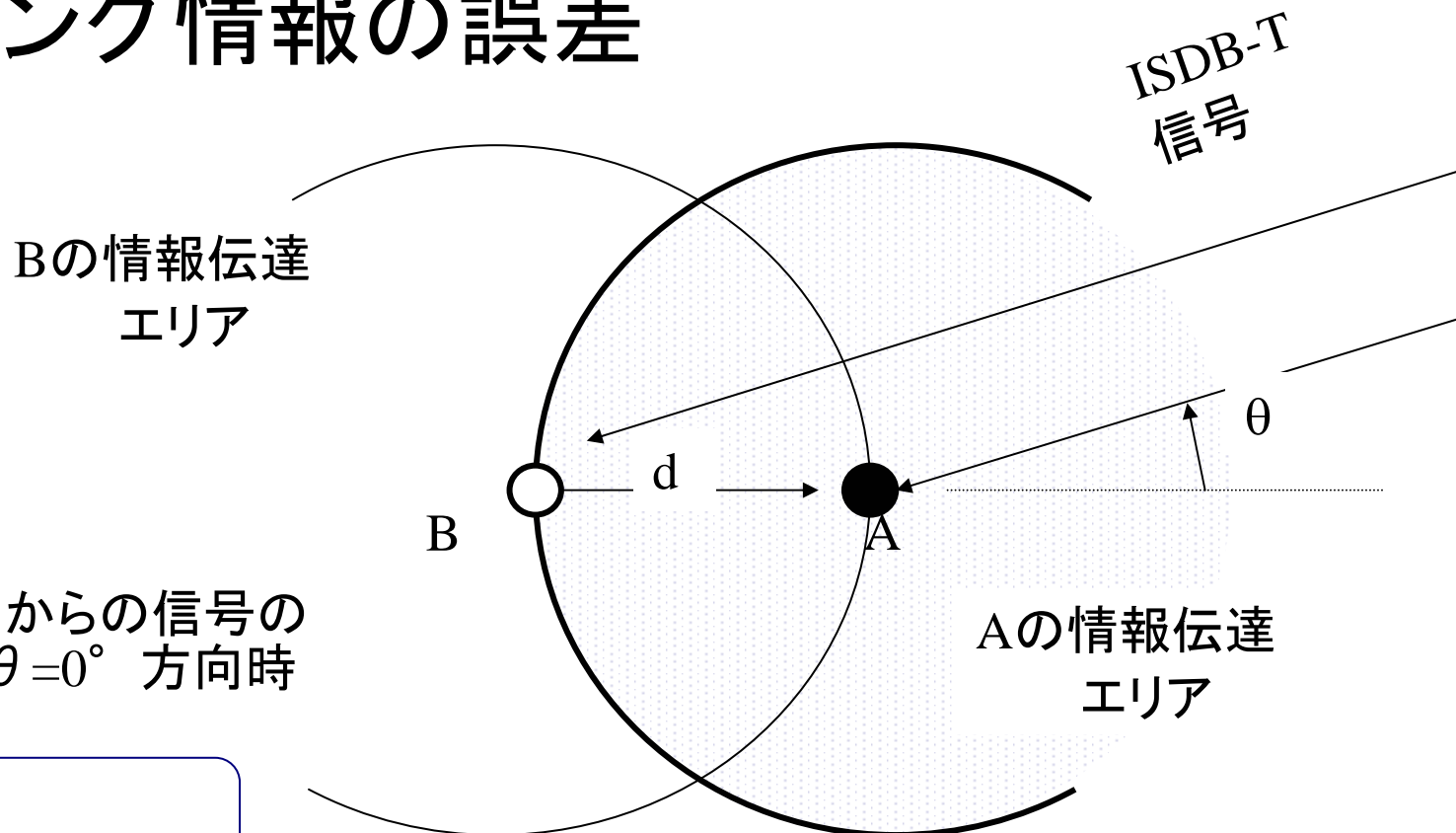
帯域幅	5.572 MHz
有効シンボル長(T_s)	1,008 μ s
ガードインターバル長(T_{GI})	126 μ s
サブキャリア数	5,616
セグメント数	13
変調方式	64QAM(12セグ)、 QPSK(ワンセグ)
受信信号チャンネル	27ch(NHK-G)、 557.142857MHz



地上デジタル放送波を利用した同期 信号の取得



自動車間の距離差に伴う タイミング情報の誤差



Aにとって、Bからの信号の
最大誤差は $\theta = 0^\circ$ 方向時
(距離差 $2d$)

$d = 100\text{m}$
距離差 $2d \Rightarrow 0.6\mu\text{s}$ 程度

マルチパスや低CNRの影響を実測データから確認



実験エリア

調布市界隈
東京タワーから
約20km







検討対象

Case	平均CNR	伝搬環境／受信状況
1	40 dB以上	マルチパス無し (誤りなく受信)
2	20 dB前後	1.4 μ 秒程度の大きな遅延波 (TV受信可否ボーダー付近)
4	0 dB程度以下	受信波のスペクトル認識困難 (TV受信不能)

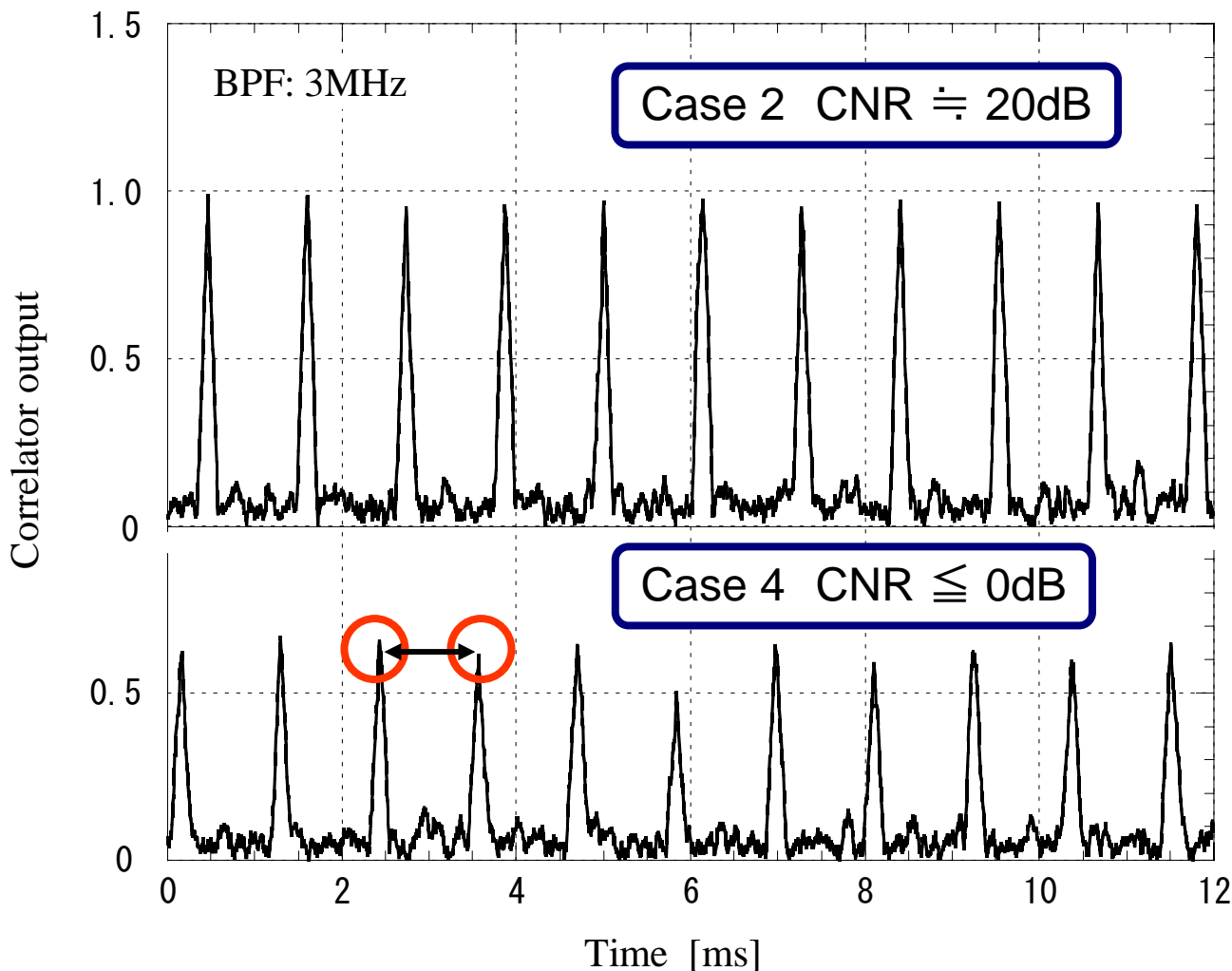
Case 1: 電通大建物屋上

Case 2-4: 電通大・多摩地区にて移動受信

・各約2秒間の受信データ(GI:2000ポイント分)

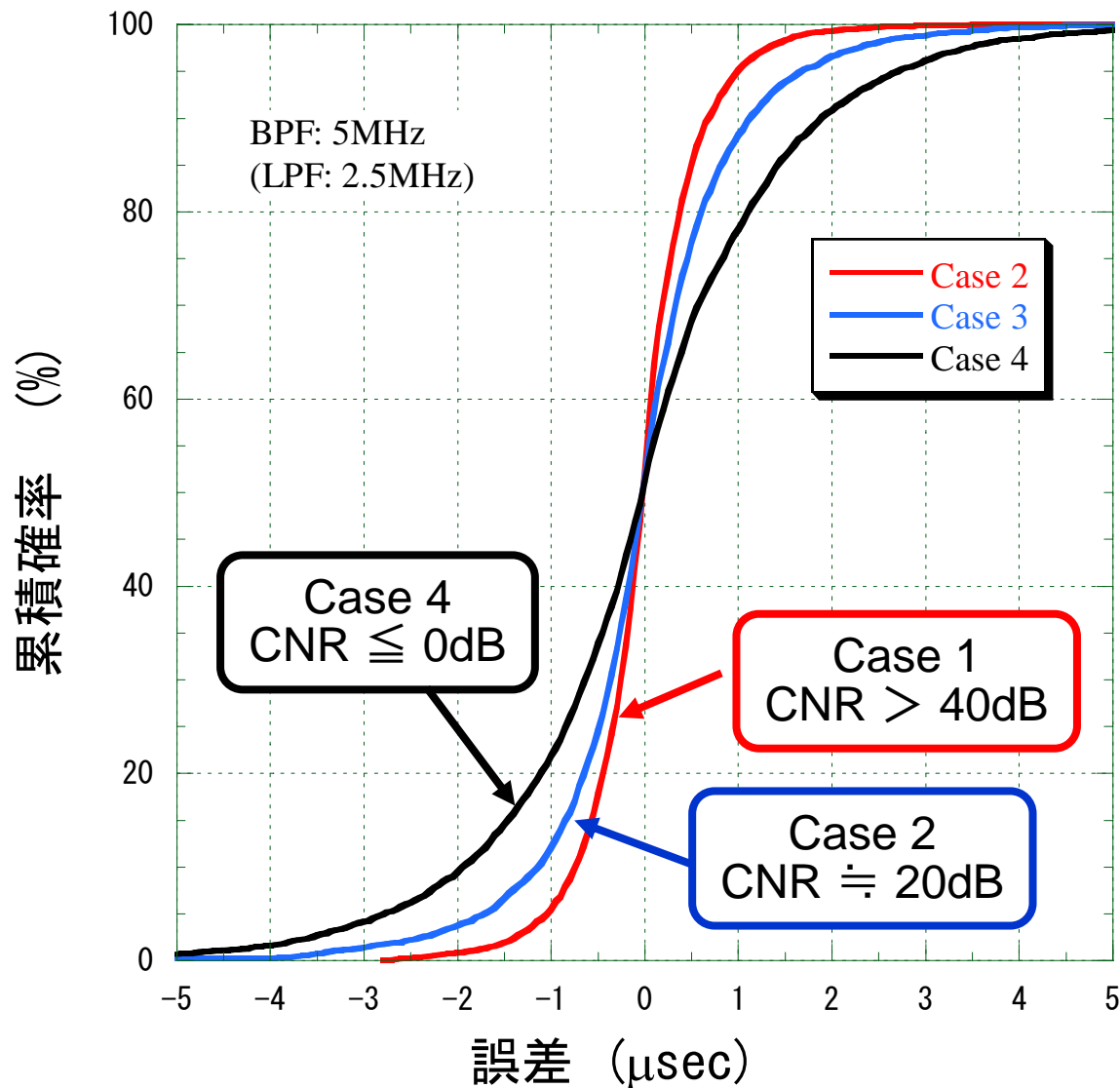


信号処理結果 (GI 相関出力結果)





信号処理結果 (タイミング間隔誤差の統計的評価)

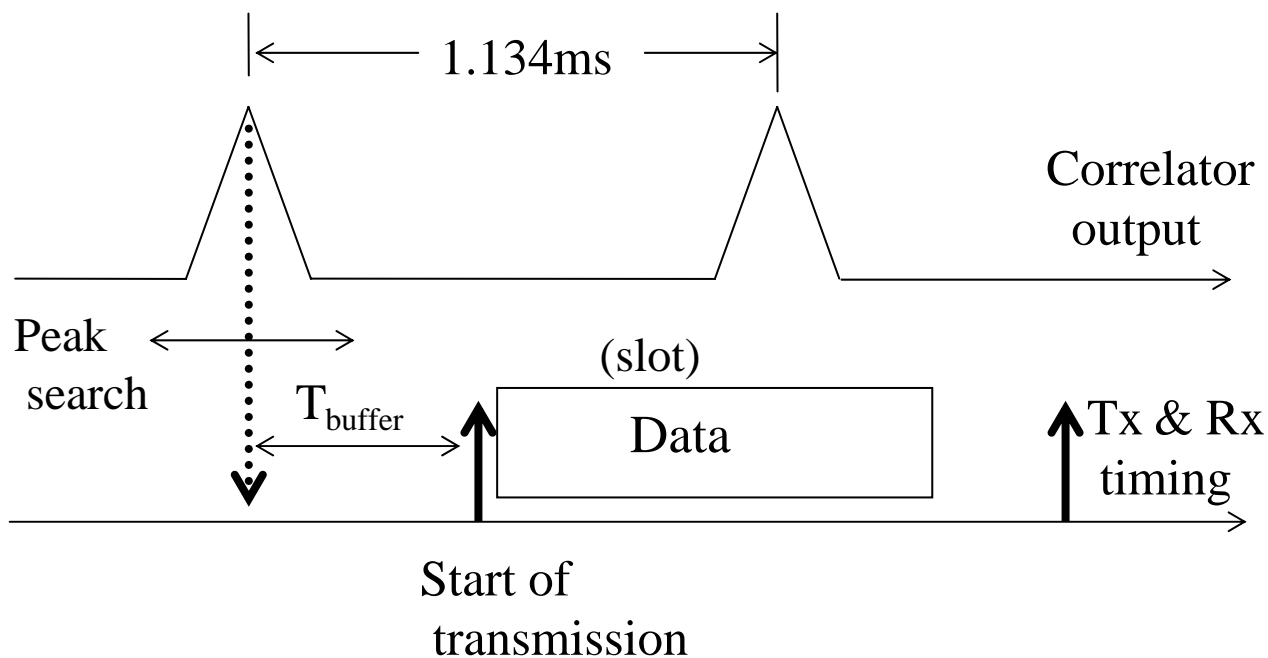


	1-99%幅
Case 1	$\pm 1.5 \mu\text{s}$
Case 2	$\pm 2.5 \mu\text{s}$
Case 4	$\pm 4.5 \mu\text{s}$

低CNR環境下においても
5 μ 秒程度の誤差



ピーク値検出からタイミングパルスの生成





地デジGI利用同期システムのまとめ

- 地上デジタル放送波の利用により、**1.134ms**間隔で**10 μ s**以内の誤差で同期信号用パルスが得られる
- この手法を用いた伝送方式により、自律分散制御型の車々間通信ネットワークにおける同期問題の、少なくとも主要な部分の問題が解決できる

地上デジタル放送波のGI情報は、周辺の端末にとって、1ms毎に聞こえる太鼓の音

→パケット送出の同期信号として有望



同期信号として使いやすい外部信号とは

- 至る所に溢れている(=どこにでもある)
- 存在が保証されている(=いつでもある)
- 世界中で利用できる
- 簡易な装置で利用できる
- タイミング精度がよい
- サイクリックな信号の場合は周期が(ある程度)長いほどよい
(周期が短いと、その周期を超える長さに対して、
不確定さが生じる)

可能性のある信号

- 地デジ放送波(GIタイミング、その他の同期信号)
- GPS(1秒パルス)
- 種々の通信波・放送波(何がどこまで使えるか)



耳を澄ませば聞こえてくる
リズムを刻む太鼓の音が

