



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)

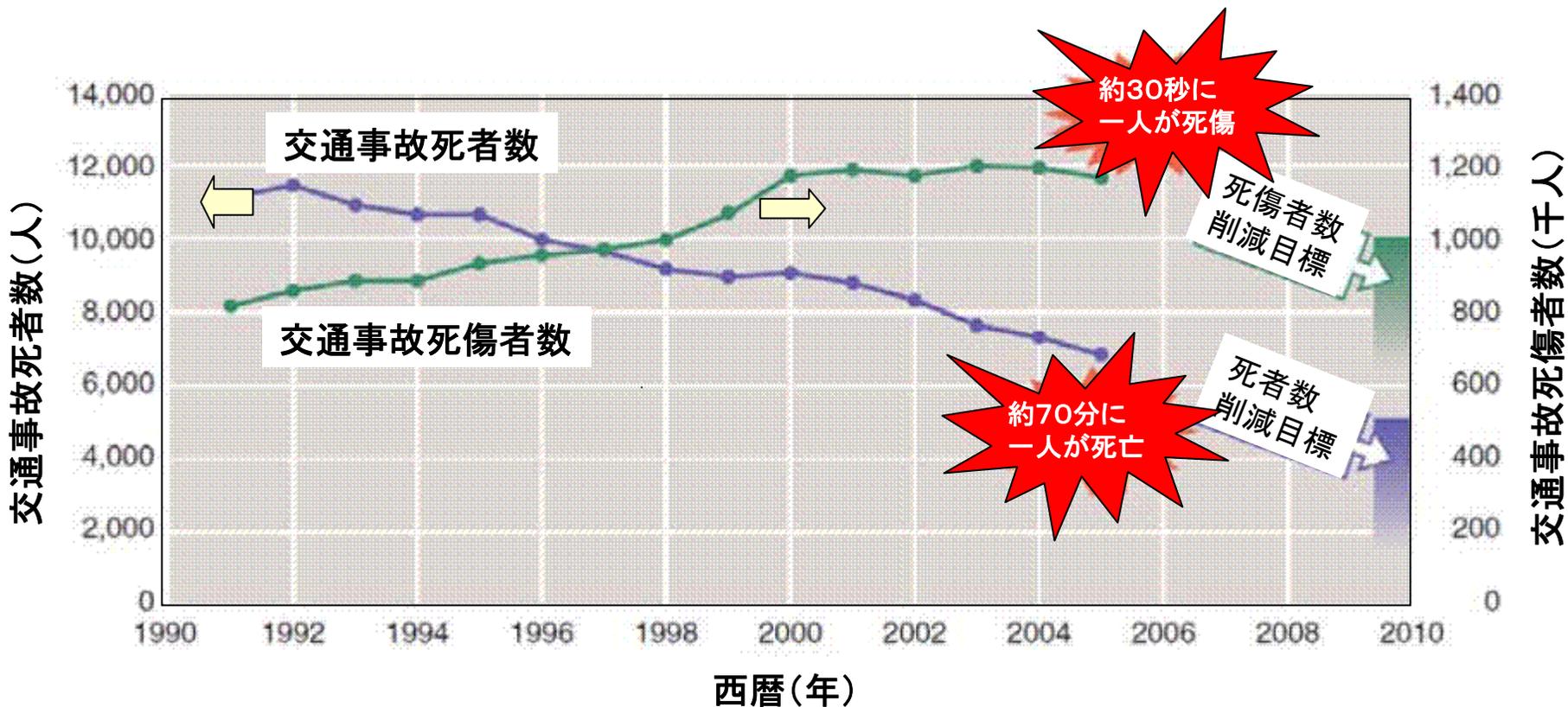


# 講演の内容

- 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



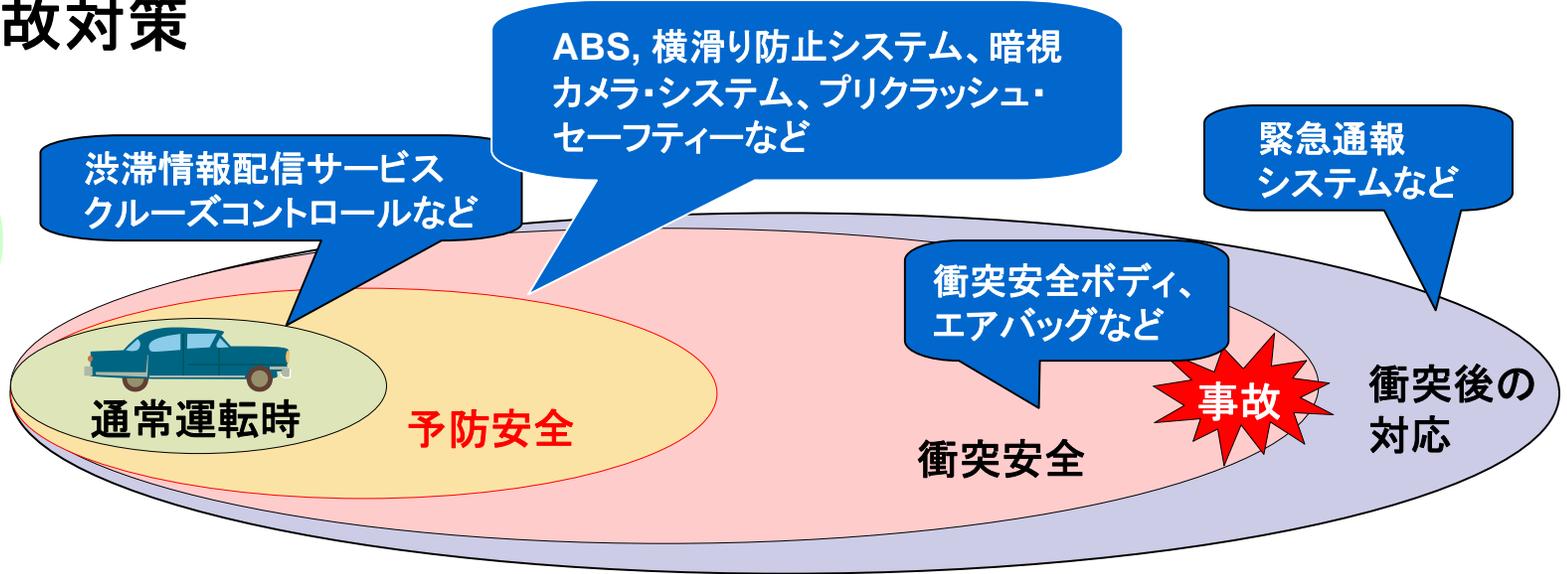
# 交通事故死者数・死傷者数と削減目標



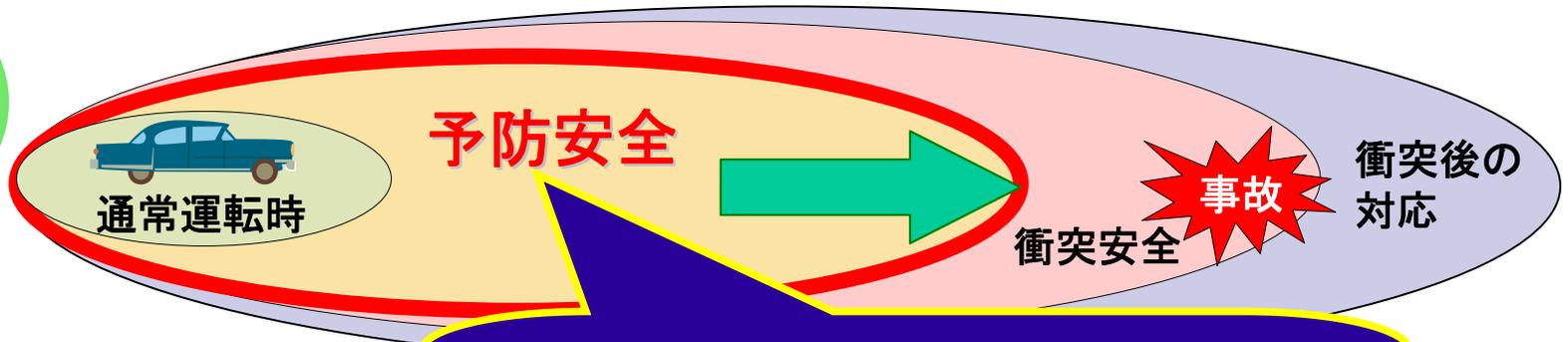


# 事故対策

これまでの自動車



これからの自動車

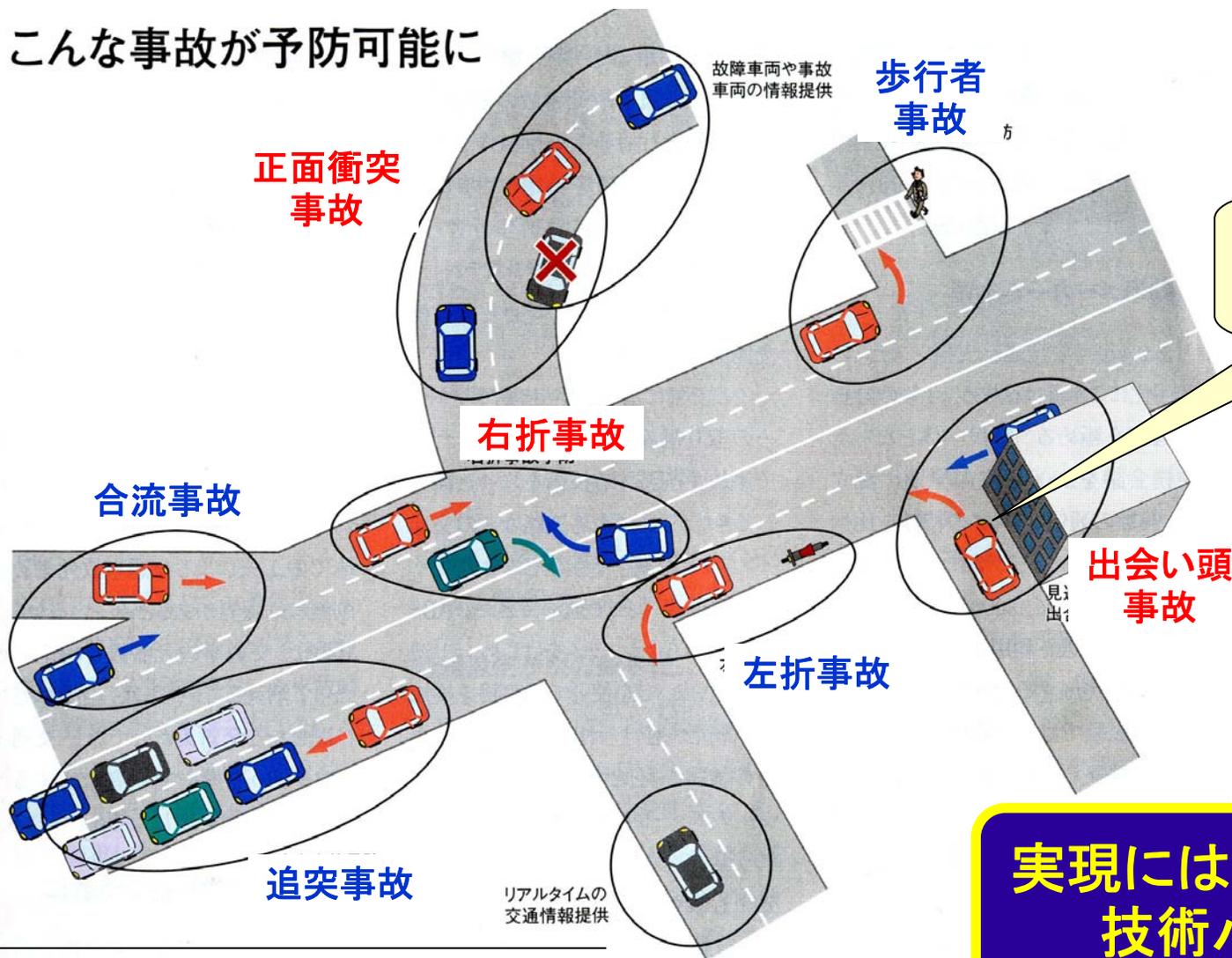


ワイヤレス情報通信技術に基づく  
車々間情報交換システムがこのエリア  
を拡大する



# ■ 車々間通信による情報交換が実現されると

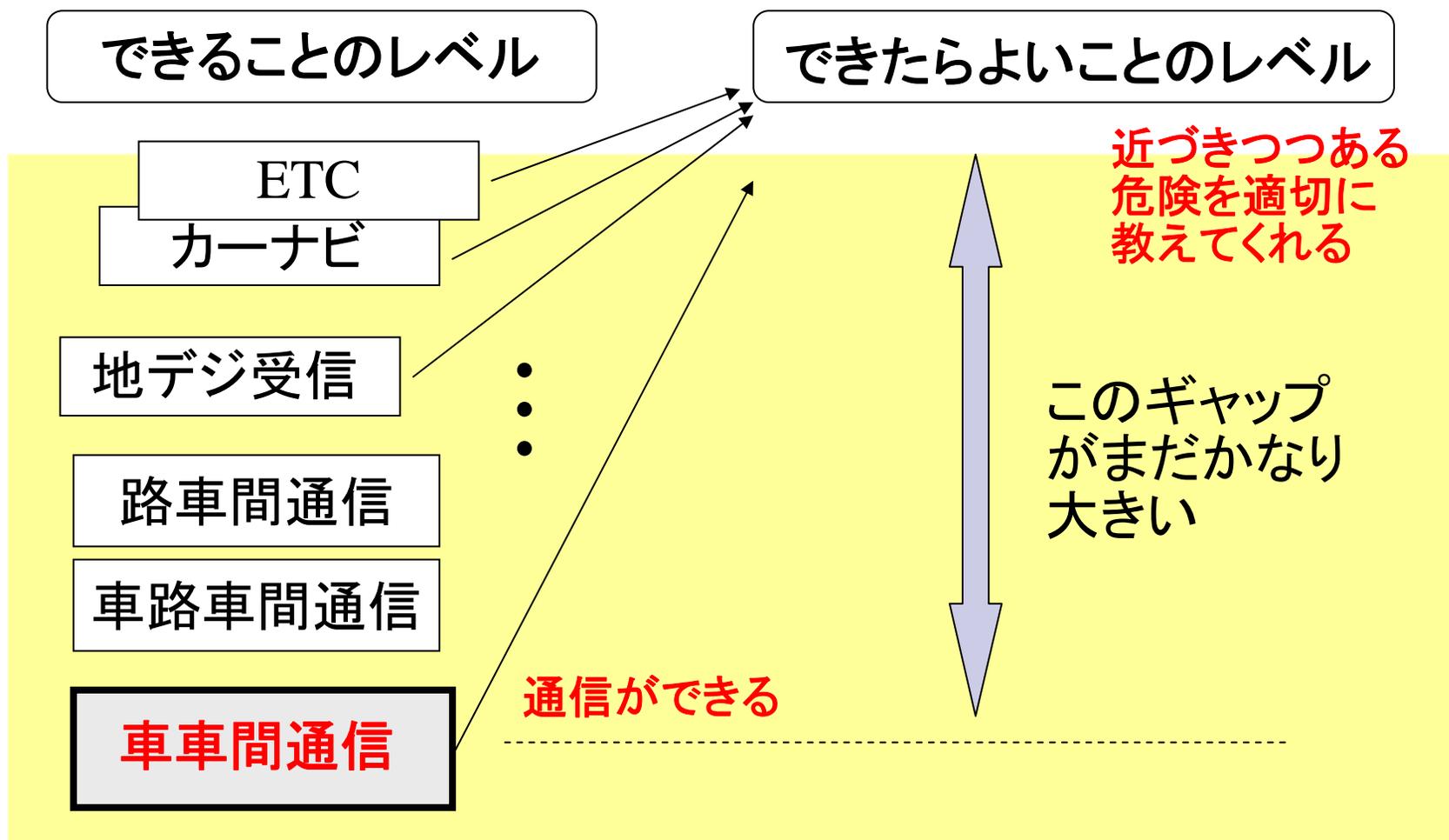
こんな事故が予防可能に



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)

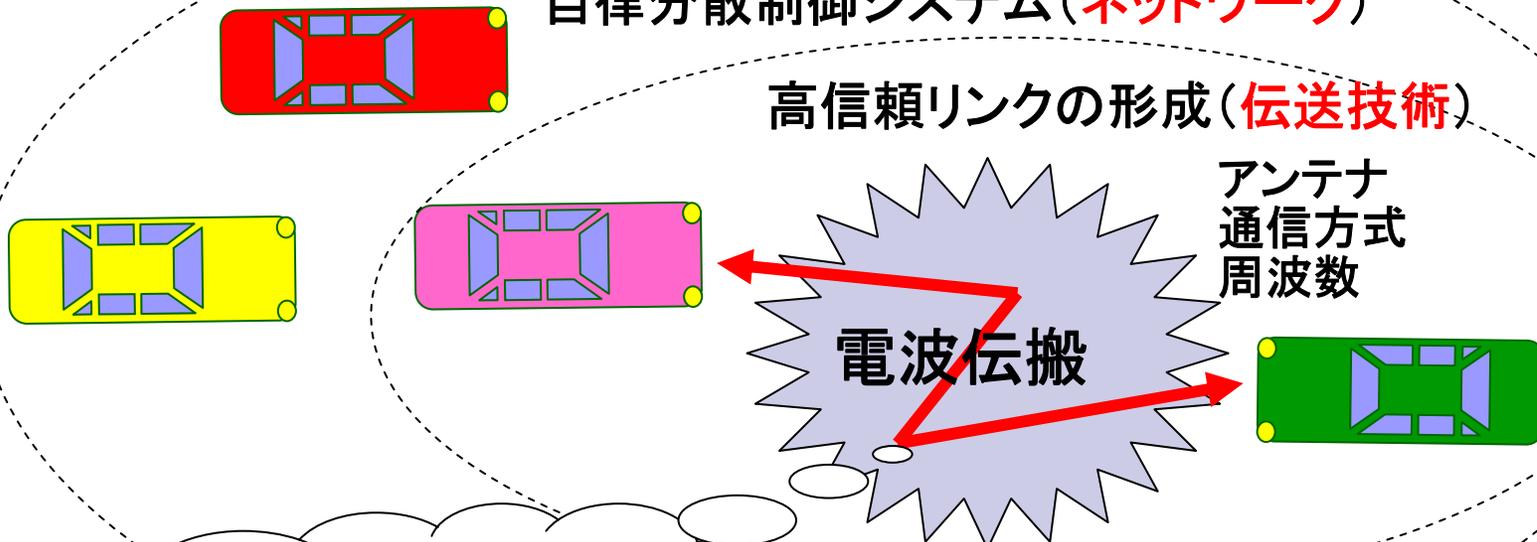
車群ネットワーク  
自律分散制御システム(ネットワーク)

高信頼リンクの形成(伝送技術)

アンテナ  
通信方式  
周波数

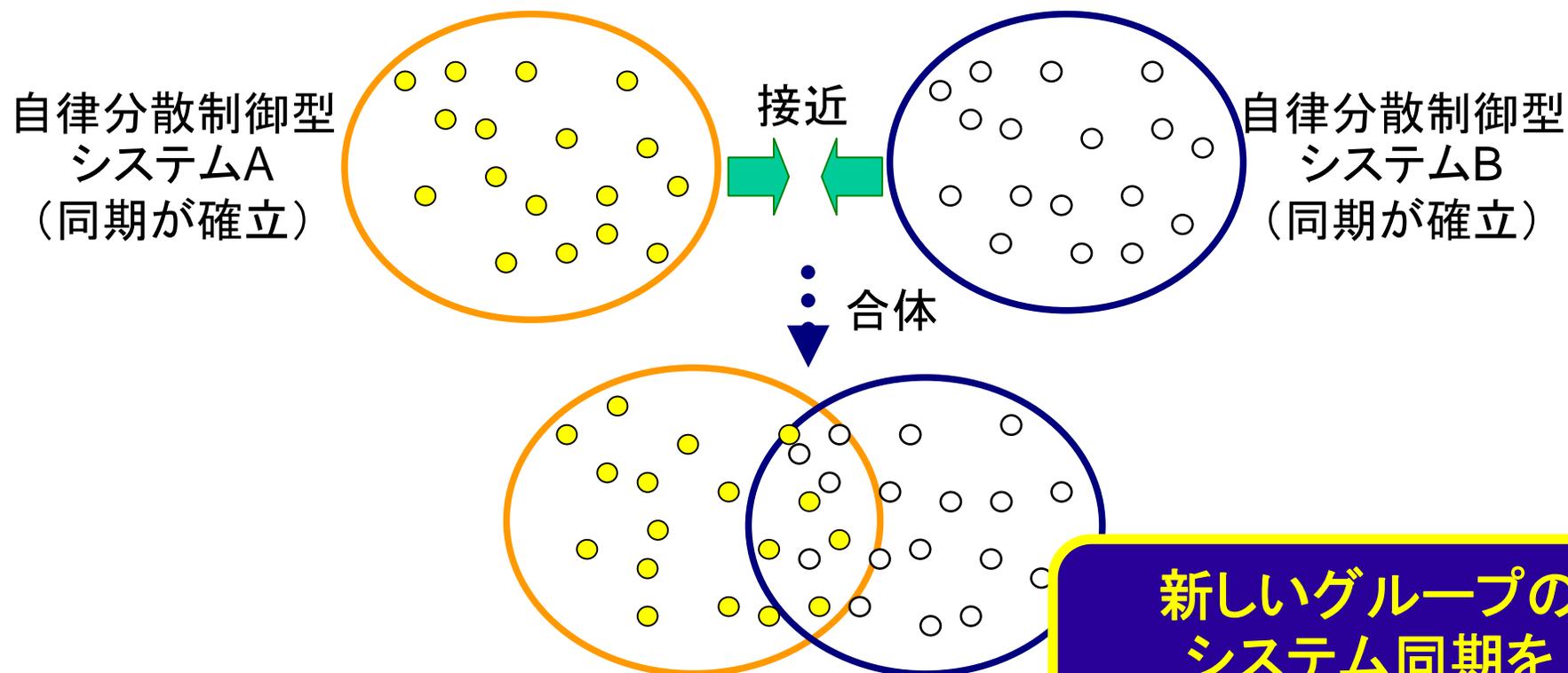
電波伝搬

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

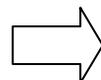
## ■ 課題





## 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

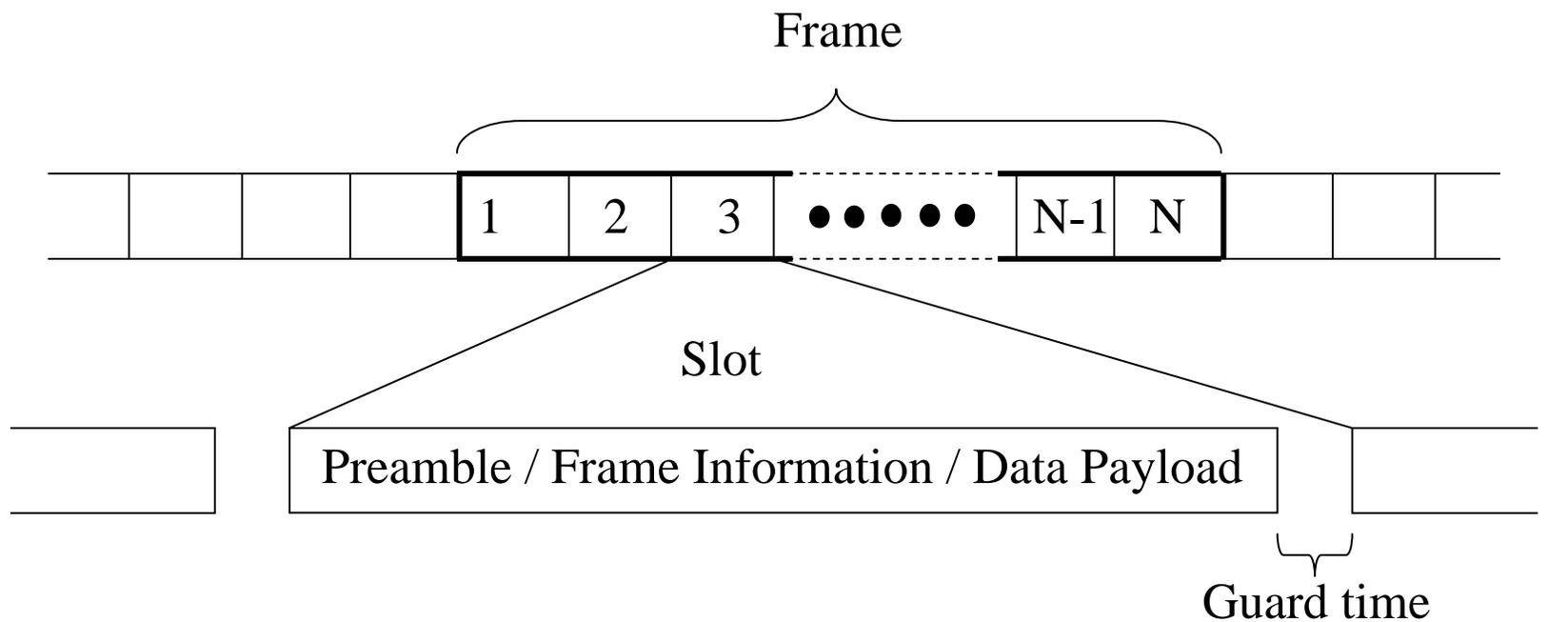
and/or

外部信号  
の利用

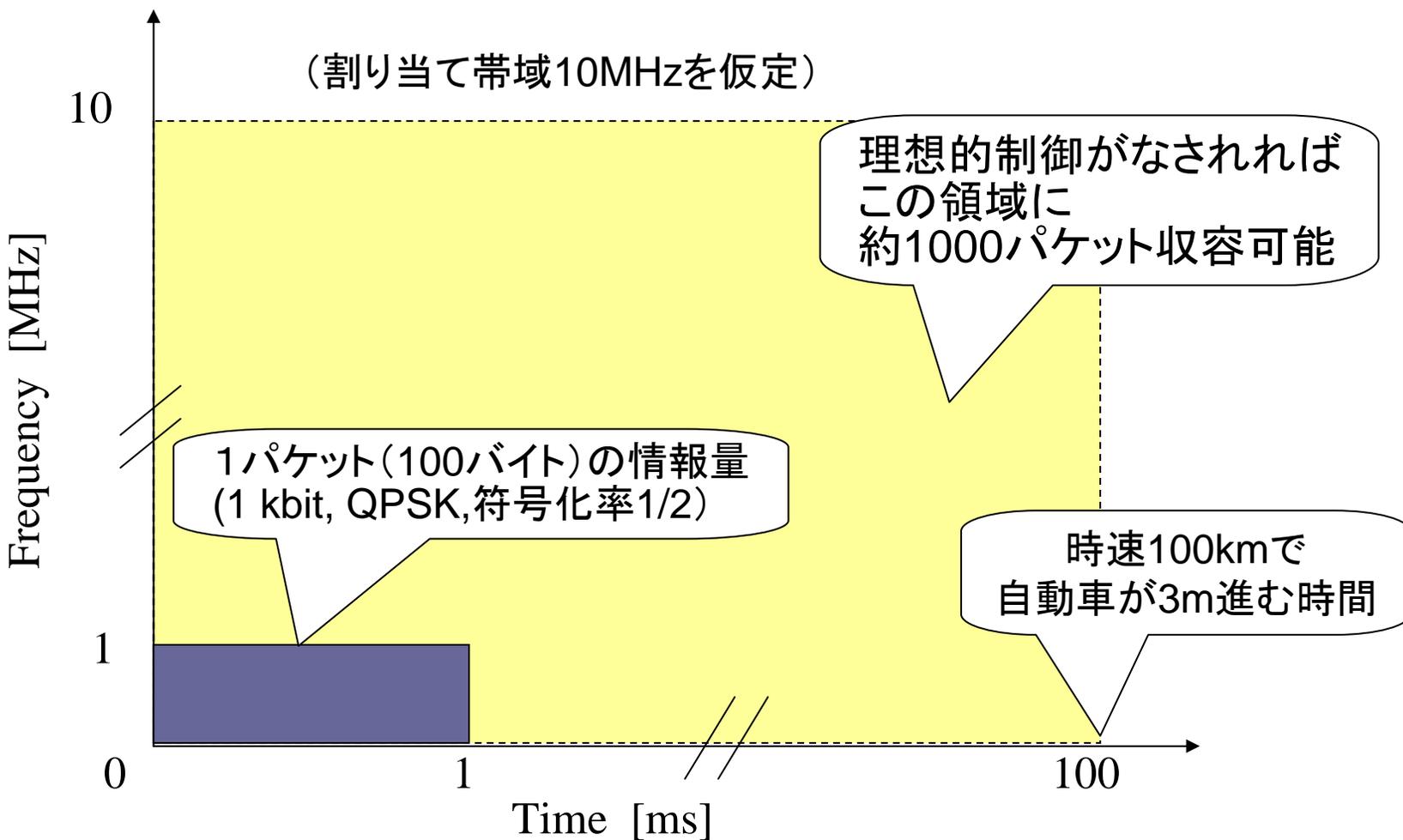
タイミングのずれによる  
効率の低下  
隠れ端末問題への  
回避が困難



## 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**

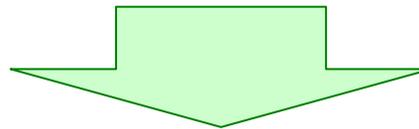


## ■ 車々間通信システムの同期確立

### □ 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**

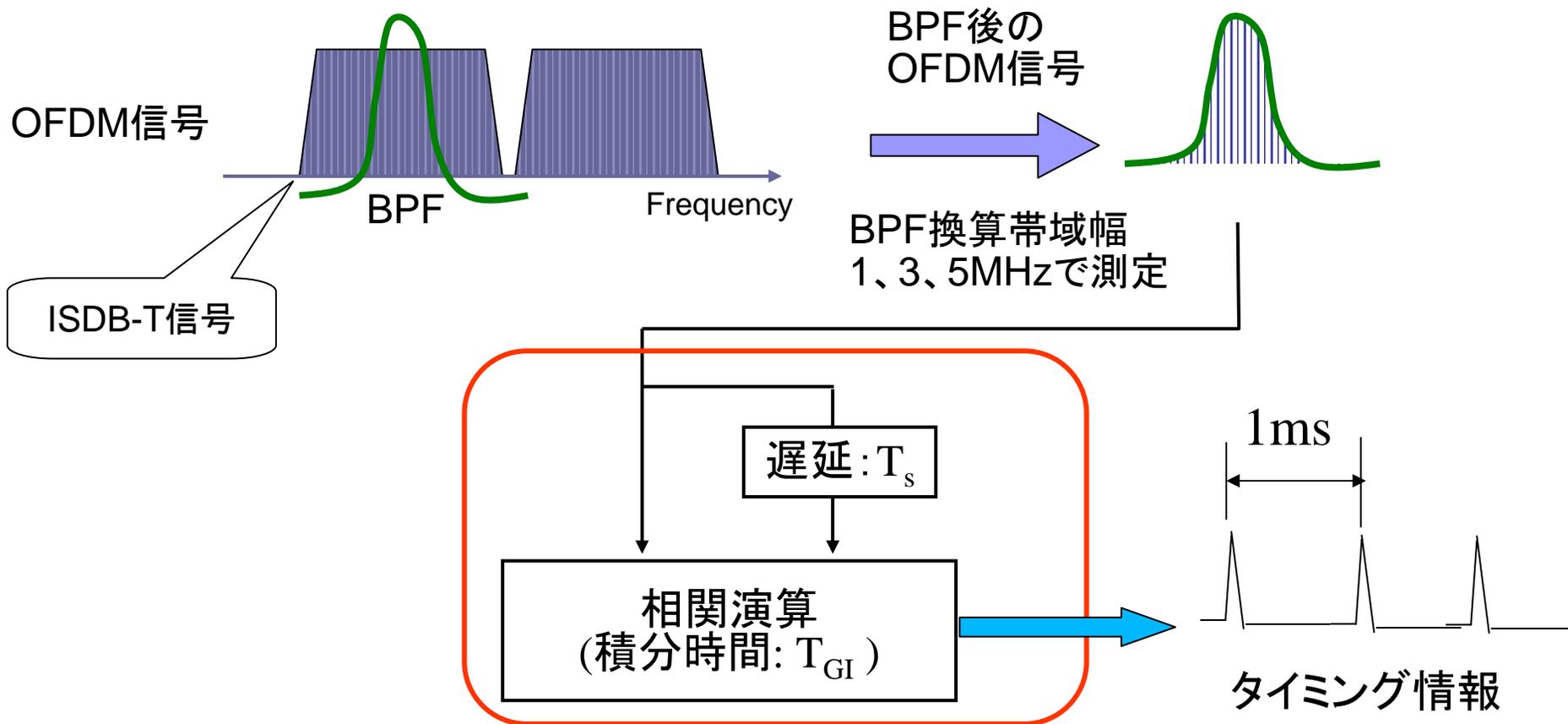


## ■ 放送波概要 (ISDB-T)

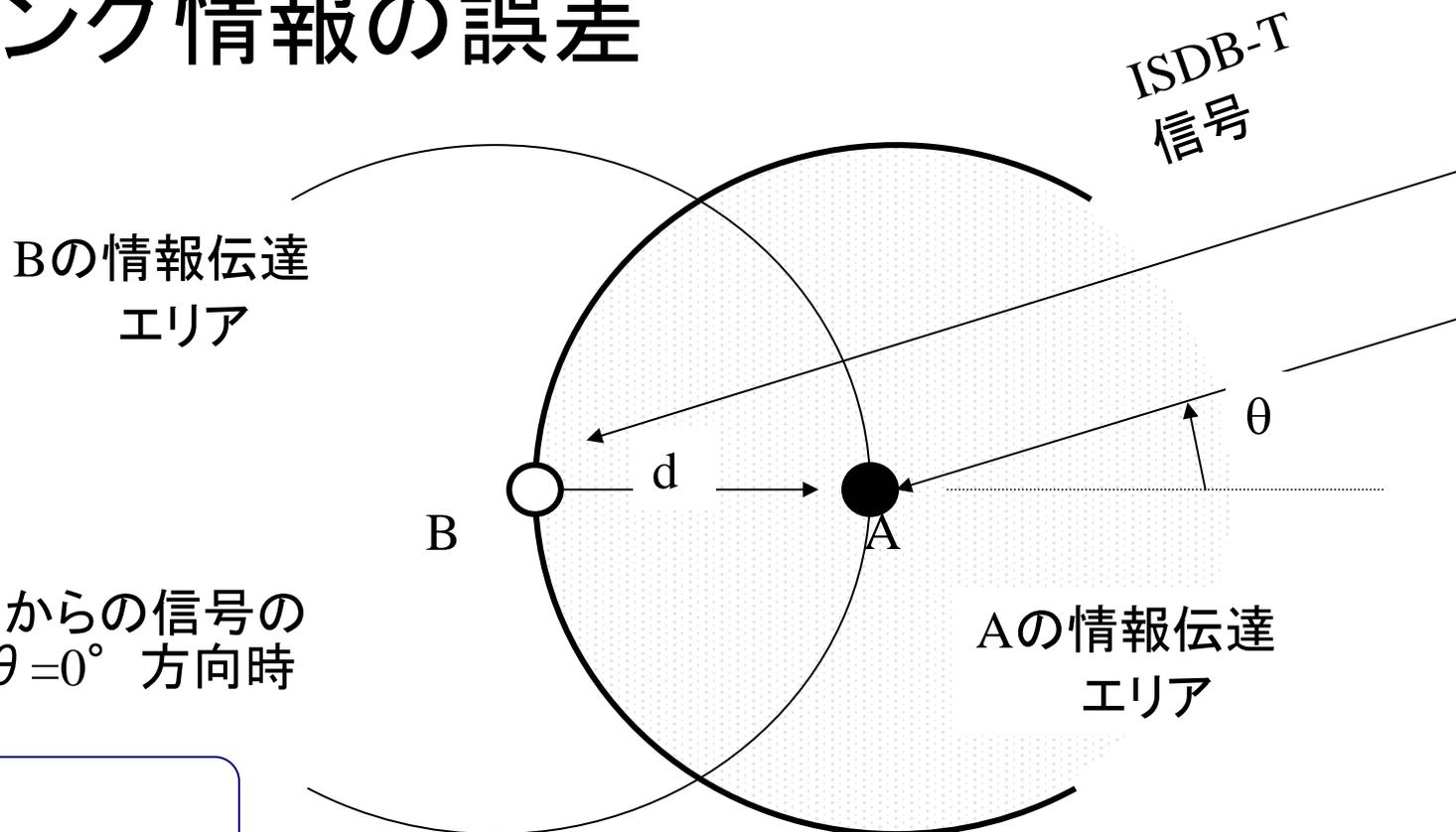
帯域幅	5.572 MHz
有効シンボル長( $T_s$ )	1,008 $\mu$ s
ガードインターバル長( $T_{GI}$ )	126 $\mu$ s
サブキャリア数	5,616
セグメント数	13
変調方式	64QAM(12セグ)、 QPSK(ワンセグ)
受信信号チャンネル	27ch(NHK-G)、 557.142857MHz



# 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 $\mu$ 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)

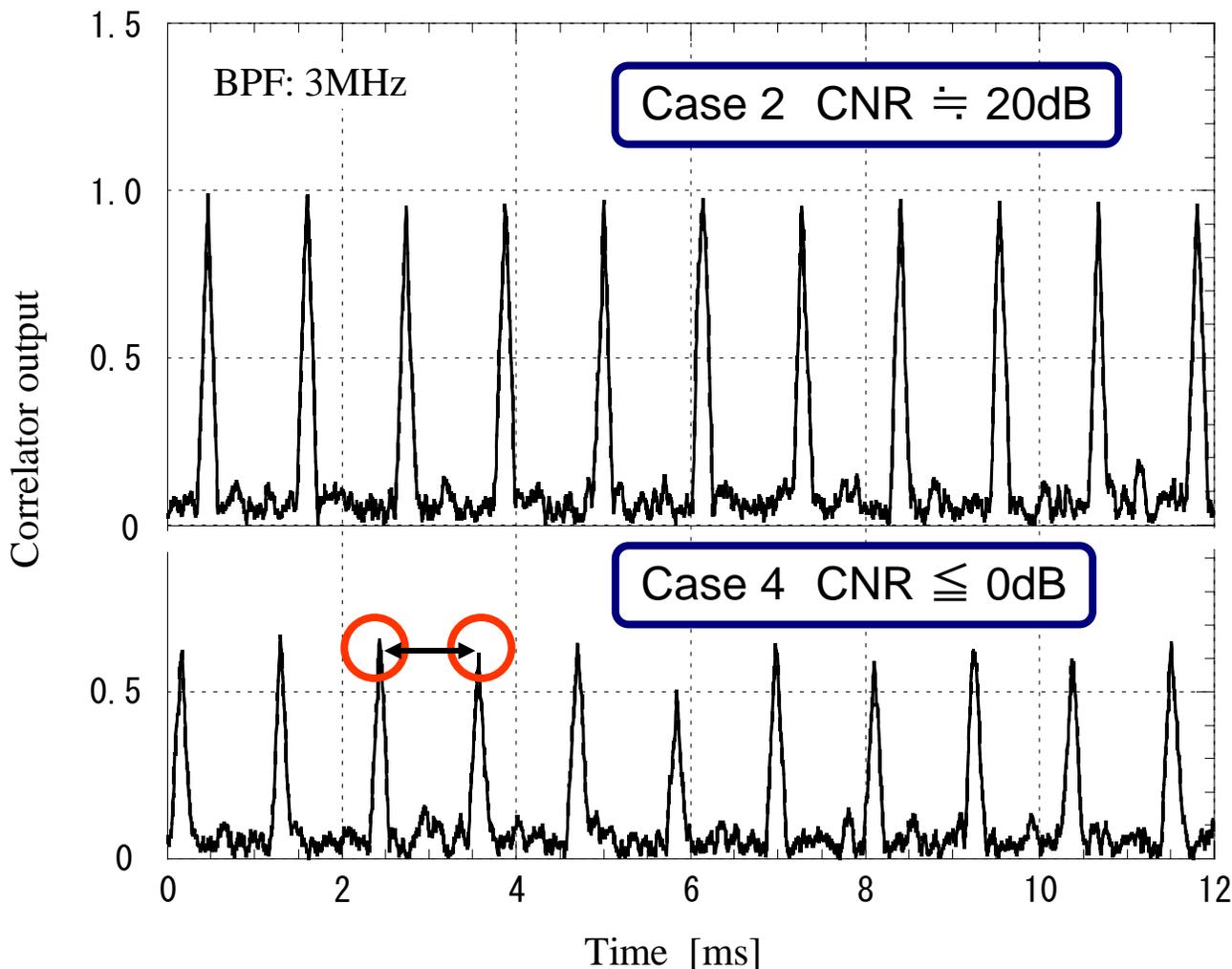
Case 1: 電通大建物屋上

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)

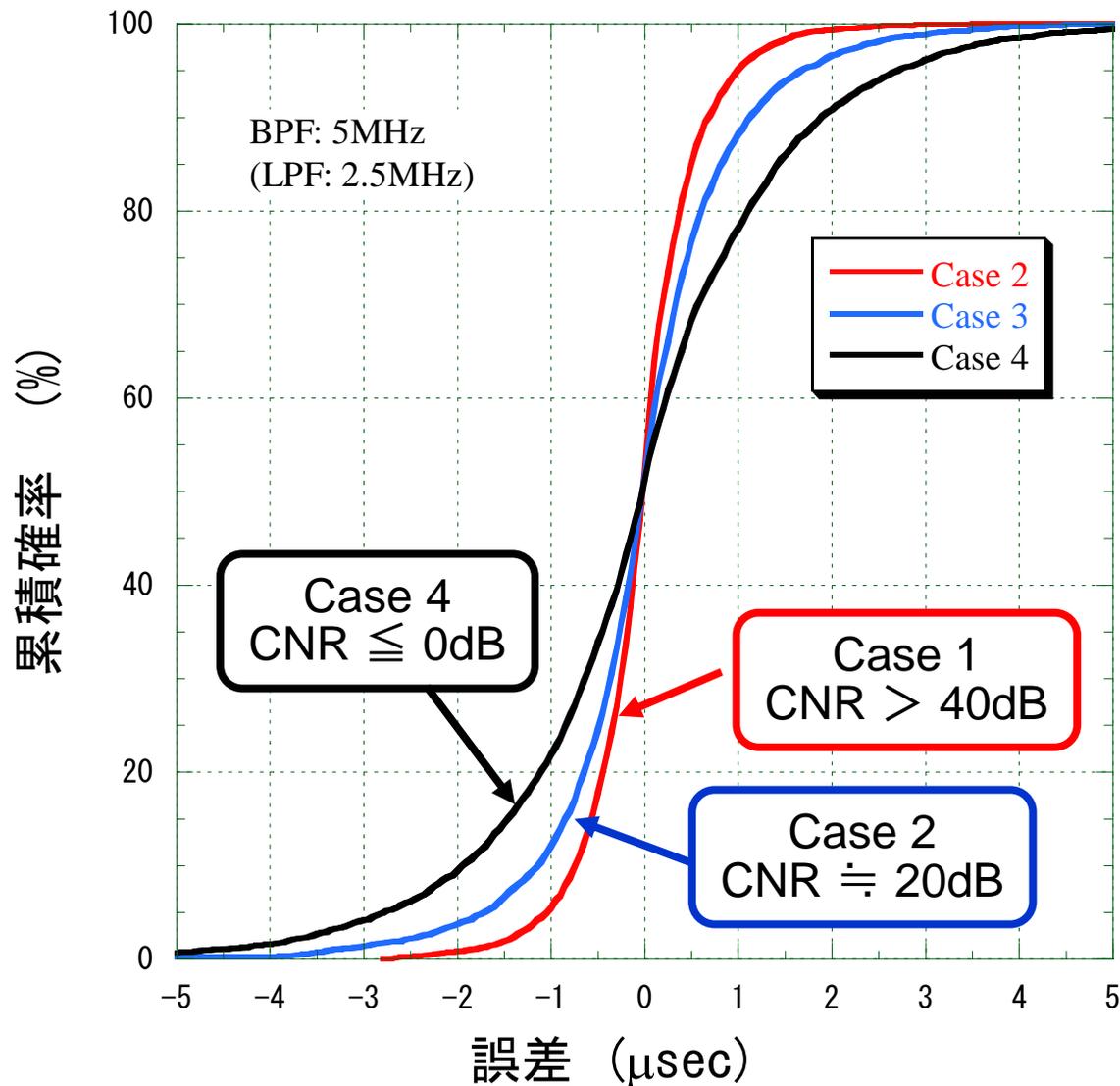


# 信号処理結果 (GI相関出力結果)





# 信号処理結果 (タイミング間隔誤差の統計的評価)

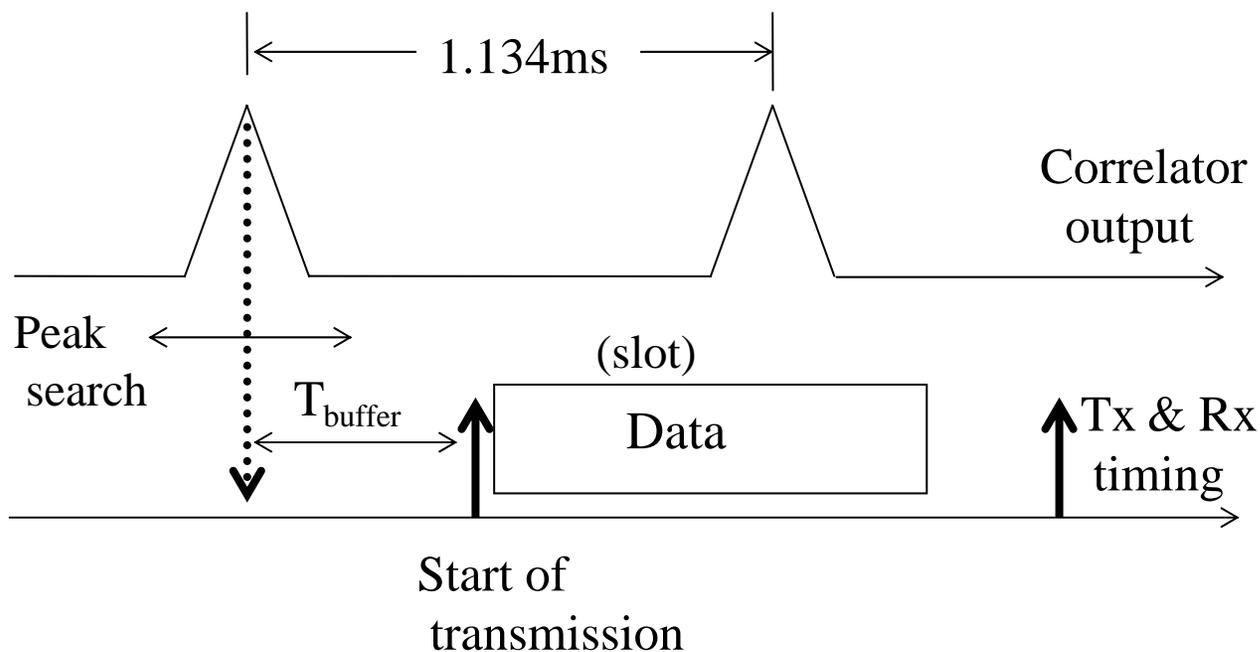


	1-99%幅
Case 1	$\pm 1.5 \mu\text{s}$
Case 2	$\pm 2.5 \mu\text{s}$
Case 4	$\pm 4.5 \mu\text{s}$

低CNR環境下においても  
5  $\mu$  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  $\mu$ 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

