

# **交通弱者に対する電子タグによる 安全運転支援システム**

平成19年6月7日

**関東学院大学工学部  
井原 俊夫**

# 目次

1. 交通弱者の事故についての現状
2. 電子タグを用いたITS応用技術の研究開発プロジェクトについて
3. 所要技術
4. 試作システム
5. フィールド実験の状況
6. まとめ

# **1. 交通弱者の事故についての現状**

# 1-(1)IT新改革戦略

## IT新改革戦略(H18.1策定)

世界一安全な道路交通社会 — 交通事故死者数5,000人以下を達成—

[目標]

「インフラ協調による安全運転支援システム\*」の実用化により、交通事故死傷者数・交通事故件数を削減する。  
( \* 車両からは直接見えない範囲の交通事象に対処すべく、車両がインフラ機器(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)との無線通信により情報を入手し、必要に応じて運転者に情報提供、注意喚起、警報等を行うシステム)

[実現に向けた方策]

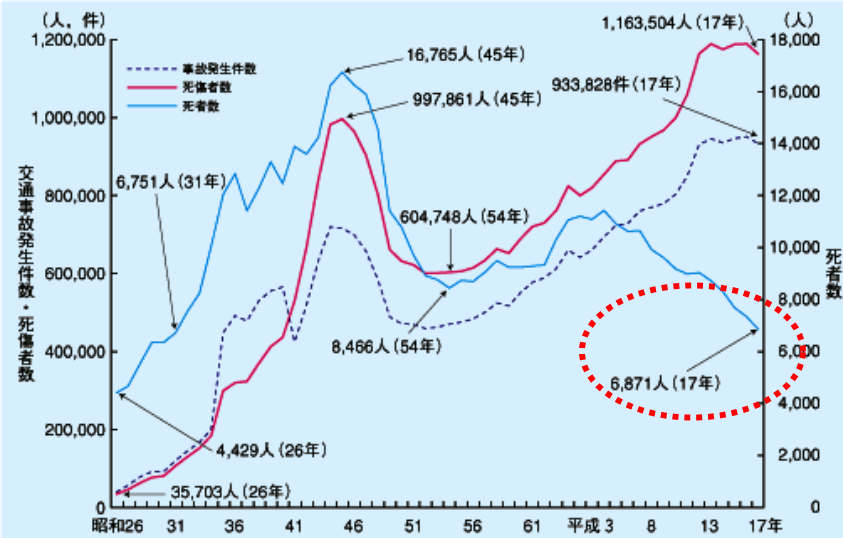
1. 交通事故の未然防止を目的とした安全運転支援システムの実用化を目指し、2006年の早期に官民一体となった連携会議を設立し、複数メディアの特性の比較検討を含む効果的なサービス・システムのあり方や実証実験の内容について検討する。
2. 上記検討を踏まえ、2008年度までに地域交通との調和を図りつつ特定地域の公道において官民連携した安全運転支援システムの大規模な実証実験を行い、効果的なサービス・システムのあり方について検証を行うとともに、事故削減への寄与度について定量的な評価を行う。
3. 2010年度から安全運転支援システムを事故の多発地点を中心に全国への展開を図るとともに、同システムに対応した車載機の普及を促進する。
4. 歩行者の交通事故死者数削減に寄与するための「歩行者・道路・車両による相互通信システム」について、官民連携により2010年度までに必要な技術を開発する。



**交通事故削減に向けた官民一体となった取組みの推進**

# 1-(2) 交通事故発生状況(1)

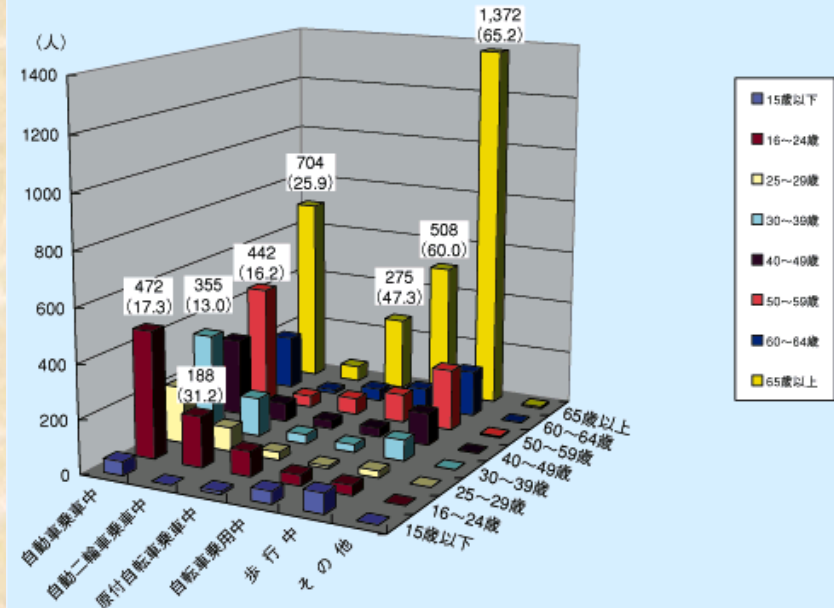
第1-1図 道路交通事故による交通事故発生件数、死傷者数及び死者数の推移



注 1 警察庁資料による。  
 2 昭和41年以降の件数には、物損事故を含まない。  
 3 昭和46年までは、沖縄県を含まない。

出典:H18交通安全白書

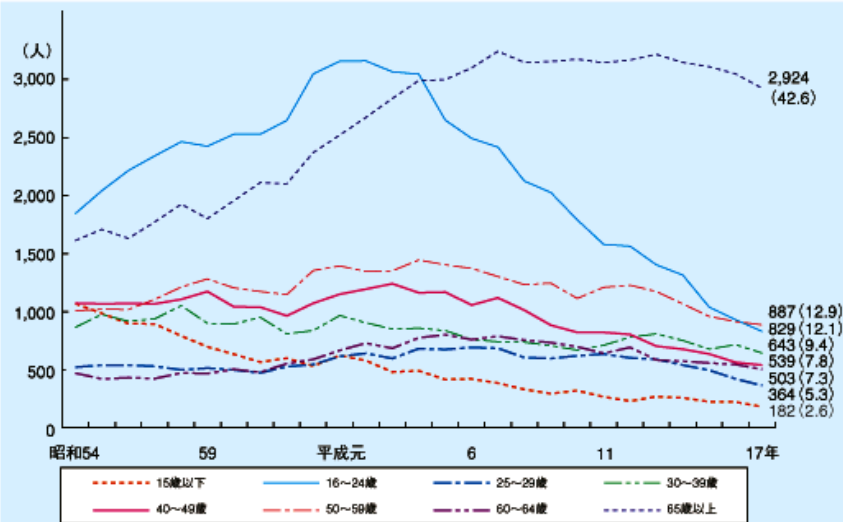
第1-15図 平成17年中の状態別・年齢層別交通事故死者数



注 1 警察庁資料による。  
 2 ( ) 内は、それぞれの状態別死者数の合計に対する構成率 (%) である。

出典:H18交通安全白書

第1-9図 年齢層別交通事故死者数の推移



注 1 警察庁資料による。  
 2 ( ) 内は、年齢層別死者数の構成率 (%) である。

出典:H18交通安全白書

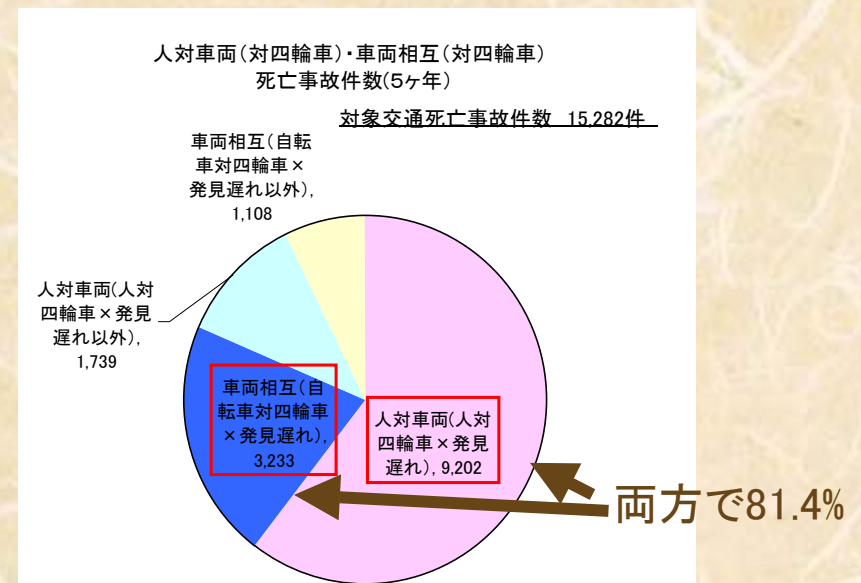
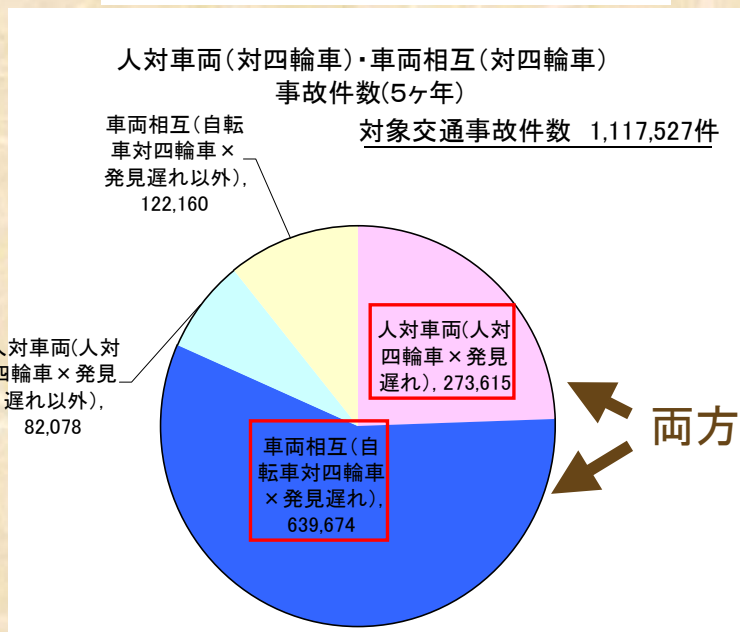
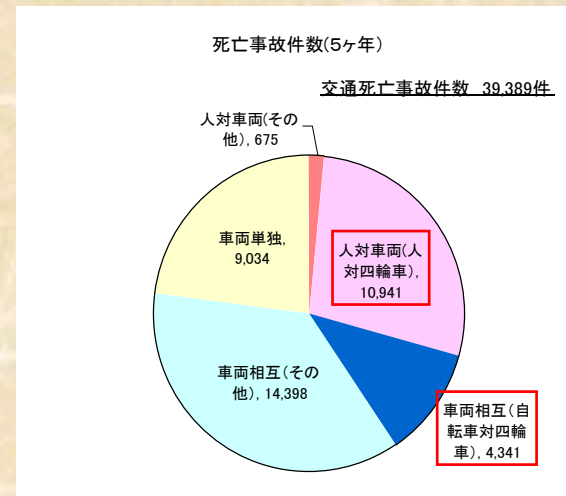
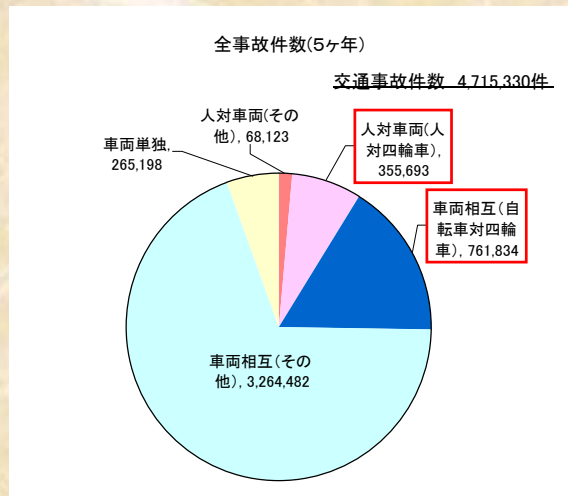
官民一体の取組⇒**死者数の激減**

[課題]

- ① 高齢層死者数の横ばい
- ② 高齢歩行者、自転車搭乗者の死者数突出

**高齢歩行者等への対策が必要**

# 1-(3) 交通事故発生状況(2)



全事故のうち23.7%が人対車両および四輪車対自転車の事故(全死亡事故のうちの38%)  
上記事故のうち、発見遅れによるものが80%以上。(判断ミスも含めると98%以上)

➡ 運転者への注意喚起が事故削減に効果的

# 1-(3) 交通弱者とは

## 交通弱者の定義

### 1. 交通事故被害者の観点

クルマ社会において交通事故の被害に遭いやすい者、特に歩行者、自転車を目指す。

(出典: Wikipedia、岐阜県警交通事故統計HP)

### 2. 移動制約の観点

障害者、高齢者、妊婦、乳幼児を伴った者、子供等、生活を営むことにおいて移動に不便を感じる者

(出典: 交通弱者の移動便宜増進法、韓国)



## 交通弱者の交通特性(高齢者を観点として)

### 【心理特性】(精神活動能力の低下)

- 状況への適応力が弱い ⇒ 的確な状況判断の欠落。
- 頑固 ⇒ 交通ルール、流れより自己の信念を優先。
- 体力の過信 ⇒ 青壮年時と同様の体力保持と錯誤。
- 甘えの態度や気持ち ⇒ 周囲に対する危険回避行動の依存。
- 危険予知能力が低い ⇒ 生活道路での安全不確認。

### 【生理特性】(視力、身体能力の低下)

- 危険発見の遅れ ⇒ 周囲の交通状況の目視、傾聴による確認が不十分。
- とっさの行動が困難 ⇒ 瞬発的な危険回避行動の遅れ。
- 判断時間の延長 ⇒ 複雑な交通環境に即時判断力が低下。



### 《社会的施策》

- ・交通弱者への教育・啓発活動
- ・道路等交通インフラの充実

### 《システムの施策》(ITS)

- ・運転者への交通弱者情報による注意喚起
- ・車両情報の交通弱者への伝達による注意喚起

# 1-(4) ITSサービスの概観



## 《ITSとは》

最先端の情報通信技術を用いて人と道路と車両とを情報でネットワークすることにより、交通事故、渋滞などといった道路交通問題の解決を目的に構築する新しい交通システム。  
 (出典:国土交通省道路局ITS推進室HP)



(出典:国土交通省道路局ITS推進室HP)



# 1-(5) ITSサービスの内容

サービス項目	システム名（主な稼動中のシステム）	システム目的
ナビゲーションシステムの高度化	道路交通情報通信システム (VICS)	情報提供
自動料金収受システム	ノンストップ自動料金収受システム (ETC)	自動料金収受
安全運転の支援	走行支援道路システム (AHS)	運転支援
	安全運転支援システム (DSSS)	交通管制
	先進安全自動車 (ASV)	運転支援
交通管理の最適化	新交通管理システム (UTMS)	交通管制
	駐車場案内システム	情報提供
道路管理の効率化		交通管制
公共交通の支援	公共車両優先システム (PTPS)	交通管制
	交通需要マネジメント (TDM)	交通流制御
	デマンドバス	交通流制御
	パークアンドライド	交通流制御
商用車の効率化	共同配送	物流効率化
	ロケーション管理システム	物流効率化
歩行者等の支援	歩行者等支援情報通信システム (PICS)	交通管制
緊急車両運行支援		交通管制

**ITSによる「歩行者等の支援」の拡充**  
**緊急の課題**

# 1-(6) 歩行者ITSの取組事例

プロジェクト	進捗	主体	対象	目的	概要
PICS	稼動中	UTMS	主に 高齢者 障害者	交通管制 事故防止 バリアフリー	道路を横断しようとする視覚障害者（白杖など）を感知して、信号表示や場所等を音声で知らせ、横断の安全を確保する。
I-Safty	社会実験実施	日産自動車	主に 子供	事故防止	プローブ情報等と連動した車載機で、アクティブ型電子タグによる子供の接近情報を運転者に注意喚起として通知
自律移動支援	実証実験実施	自律移動支援推進プロジェクト	交通弱者全般	バリアフリー	「移動経路」、「交通手段」、「目的地」などの情報を、ユビキタス機器等の多様なツールを活用し、利用者に適応した形で提供する。
ユニバーサルシティ	研究開発中	NICT けいはんな	主に 高齢者 障害者	バリアフリー	移動支援のための実世界情報の取得、バリアフリー情報の提供、及び知的移動端末の実現
電子タグITS応用	研究開発中	NICT 横須賀	交通弱者全般	事故防止	車載機により、アクティブ型電子タグによる視界外の歩行者等の位置情報を運転者に注意喚起として通知

事故防止の対策としては

- ・交通管制（信号制御） ⇒ 交通弱者への情報提供
- ・情報提供（注意喚起） ⇒ 運転者への情報提供

2種類のアプローチ

# 1-(7) 運転者への情報提供

情報階層	意義	放送等	路車間	車々間	歩車間	車単独
第1層 広域情報	市以上の広域の経路誘導を行ない、渋滞回避を行なう	V I C S	V I C S プローブカーシステム			
第2層 地域情報	町単位程度の地域での交通安全を確保する交通規制等の通知を行う。		プローブカー		I - S a f t y	
第3層 局所情報	交差点周辺程度の単位で事故防止を行う。衝突防止、標識看過防止等の通知を行なう。		A H S A S V SKY Prj DSSS	国交省	<u>電子タグ</u> <u>I T S 応</u> <u>用</u>	A H S A S V
第4層 視野情報	車両からの見通し範囲の危険要因を検出通知し事故防止を行なう。		DSSS		P I C S	A H S A S V 各自動車メーカー

主なプロジェクトの取組状況

歩行者の情報を運転者へ通知する通信(歩車間)について、特に

**「交差点近傍局所(視界外)の事故防止を観点とした取組が遅れている」**

のが現状。

# 1-(8) 取組の必要性

IT新改革戦略の達成目標  
**交通事故死者数  
5,000人以下**



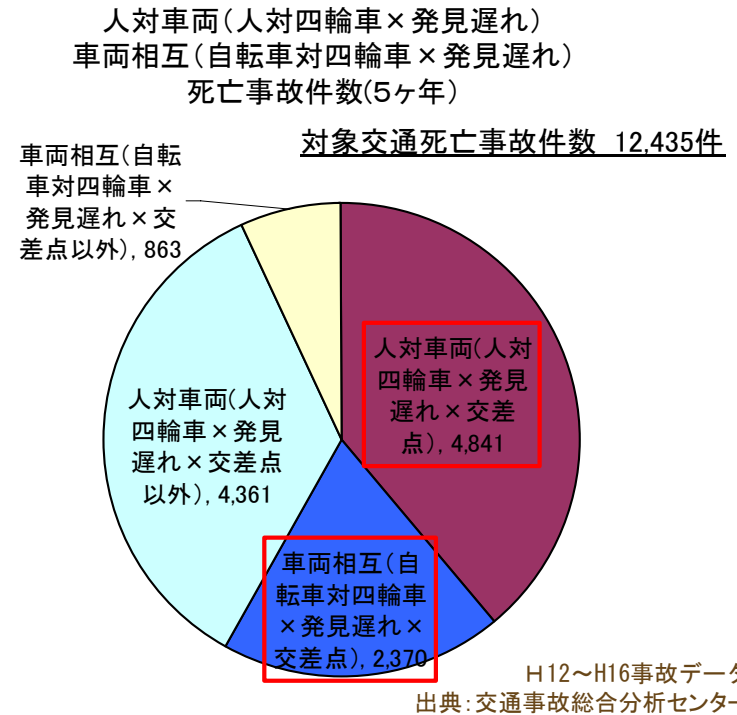
**高齢者の  
交通弱者の死者数の削減**



交差点近傍での高齢者  
存在情報の車両への通知  
が  
**死者数削減に有効**



**電子タグを用いた  
ITS応用技術の研究開発**



## **2. 電子タグを用いたITS応用技術の 研究開発プロジェクトについて**

## 2-(1) 必要性と対策

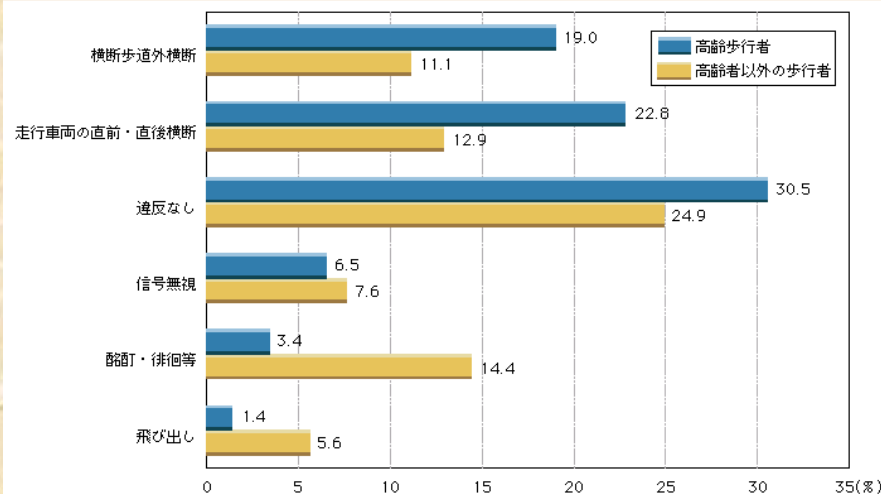
### 「高齢者の交通モード別の安全行動等に関する調査研究」

(高齢者の自転車走行の傾向)

- ・停止距離は長くなる
- ・回避行動に要する時間は長くなる
- ・発進時のふらつき、交差点横断時の安全確認や一時不停止
- ・走行位置が不安定
- ・視線が下向き

出典:自動車安全運転センター

歩行中の主な法令違反別死者数 (H16)



出展: H17警察白書

運転者の視界外の存在  
運転者の想定外の行動

### <対策>

運転者への交通弱者情報の通知

- ・存在(視界外)
- ・属性(高齢者、身障者等)
- ・詳細位置
- ・進行方向、速度(滞留)

⇒ **危険予知情報**

プライバシー保護への考慮

事故削減への貢献

## 2-(2)プロジェクトの目標

1mW／950MHz帯**アクティブ型電子タグ（RFID）**の技術と柔軟にタグ検出エリア設定が可能な125KHz**LF信号装置**の技術をITSに応用。

交通弱者の使用する車椅子・歩行補助車・自転車等に取り付けた電子タグの個体情報や検出エリアで検出した位置情報を、危険予知情報として、路側通信装置または車載機に情報配信する。

配信された危険予知情報の運転者に対する注意喚起により、交差点等の出会い頭の事故や右左折衝突事故など、交通弱者の交通事故削減に資するシステムの実現を目指す。

## 2-(3)プロジェクトの概要

平成17年6月

総務省施策「ユビキタスITS」の一環として、独立行政法人情報通信研究機構の拠点研究として、横須賀ITSリサーチセンターを研究開発拠点として活動

体制:総括責任者 1名、常勤研究員 3名、特別研究員 2名  
期間:平成17年度～平成19年度(3年間)



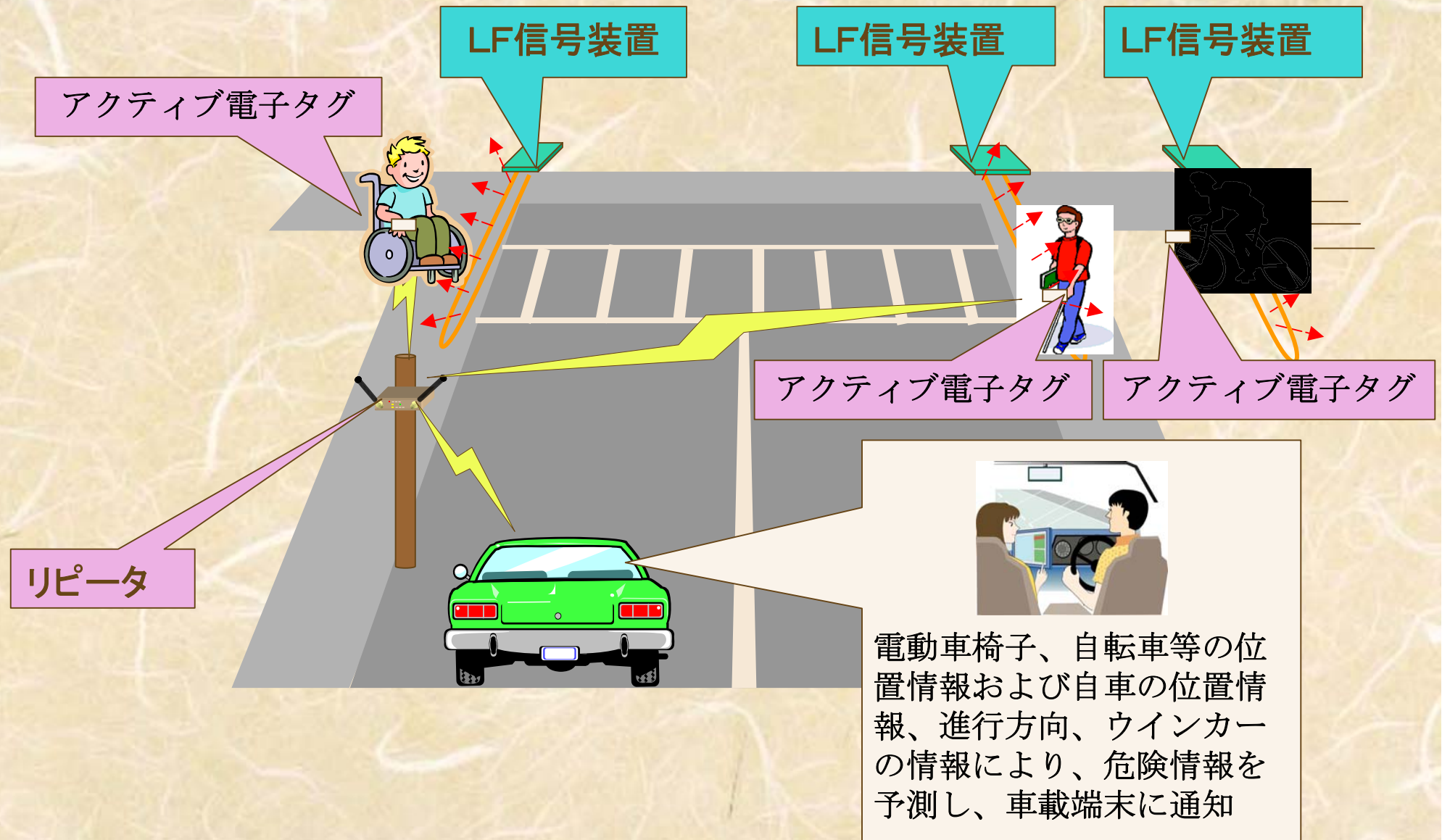
### 横須賀ITSリサーチセンターの沿革

- 平成11年10月 通信放送機構直轄研究拠点として開所  
直轄研究「ITS実現のための情報通信技術の研究開発」を実施
- 平成14年 3月 同プロジェクト終了
- 平成14年 6月 直轄研究「インターネットITS」の研究開発を実施
- 平成16年 4月 通信放送機構と通信総合研究所が統合され情報通信研究機構が発足
- 平成17年 3月 同プロジェクト終了
- 平成17年 6月 拠点研究「電子タグを用いたITS応用技術の研究開発」を実施

現在に至る



## 2-(4)システム概要



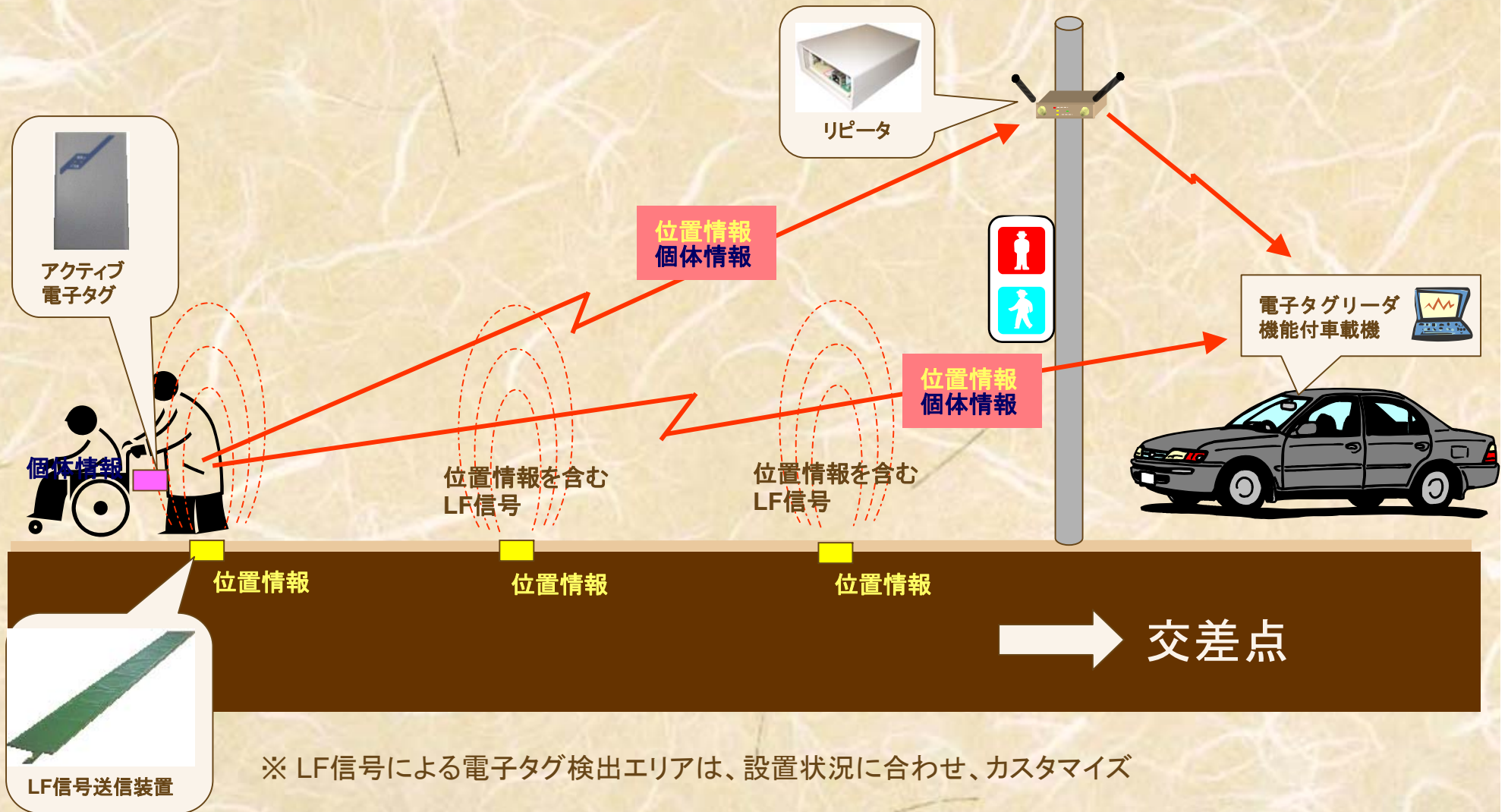
## 2-(5) 達成レベル

サブテーマ	内容	到達目標
<b>個体情報通知制御技術</b>	<p>電動車椅子やベビーカー、自転車などの個体情報(属性)を識別し、車のドライバーなど情報受信者に対する通知を行うため、各個体に実装されたRFIDタグに個体情報を付与しておき、交差点などの検出エリアに侵入した際、個体情報と高精度な位置情報を通知する技術を研究開発する。</p>	<p>通知された情報を基に交差点に接近する車両に対して適切な情報を提供するモデルシステムを検討・試作し、実用性を評価・検証する。</p>
<b>対象物位置・進行方向検出技術</b>	<p>交差点付近の対象者(対象物)の位置と進行方向を検出するため、実際に横断歩道などを渡っている場合や交差点に接近している際の移動情報(進行方向、速度等の状況)を検出できる技術について研究開発する。 また、RFIDタグの検出技術を利用し、障害者などの対象者(対象物)が、自己位置情報に基づく周辺情報(障害者用トイレなど)や最適経路情報(段差、エレベータ、スロープなど)を提供できる技術を研究開発する。</p>	<p>高精度な位置測位方式を確立し、進行方向検出機能と合わせて高度な情報を車両や障害者等へ提供するモデルシステムを構築し、有効性、実用性を評価・検証する。</p>
<b>可変ID方式個人情報保護技術</b>	<p>RFIDタグによる固体情報識別において、プライバシー侵害のないように個人情報などを保護するためのRFIDタグのID情報保持方法等の個人情報保護技術について研究開発する。</p>	<p>可変ID方式などを組み込んだ個人情報保護方式を確立する。また、モデルシステムに機能を実装することで方式の有効性、実用性を評価・検証する。</p>

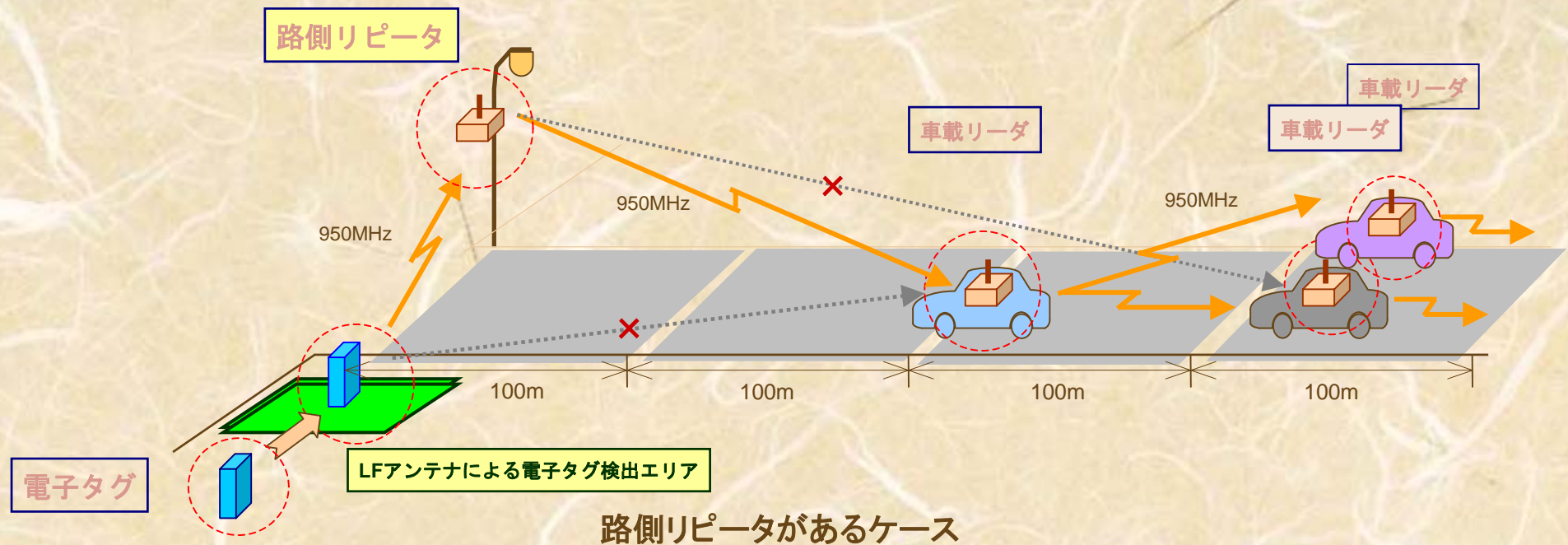
### **3. 所要技術**

### 3-(1) 交通弱者情報の車両への伝達

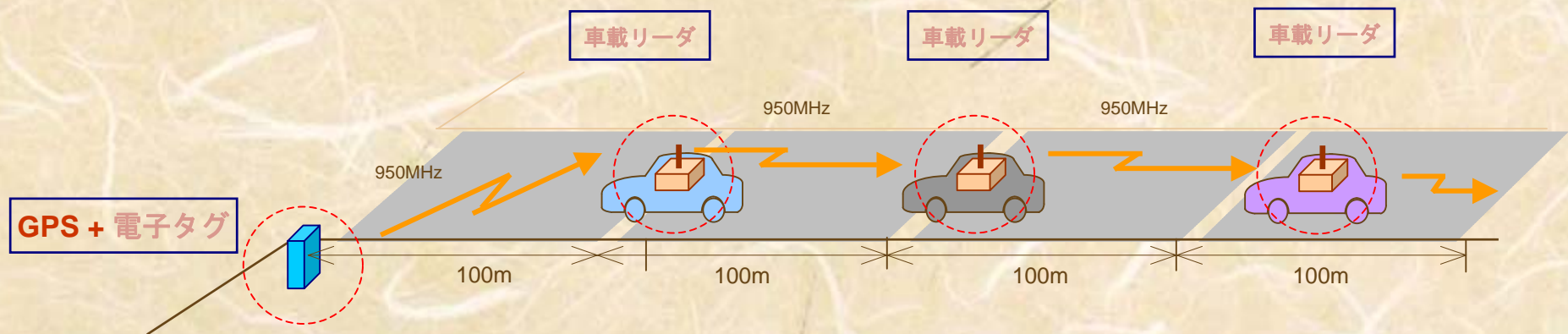
1. 路面等に設置したアンテナによるLF信号(位置情報を送信)による電子タグ検出エリアを設定。
2. 電子タグは、検出エリアに入るとLF信号により励起され、LF信号から位置情報を取得。
3. 電力タグは、自身が持っている個体情報と取得した位置情報を結合し交通弱者情報をUHF信号で送信。
4. 路側リピータ、または車載タグリーダーにて交通弱者情報を受信。



### 3-(2) マルチホップ同報配信



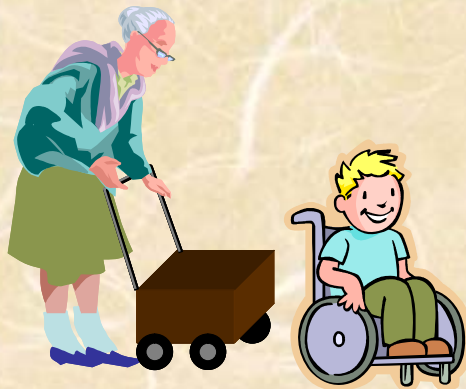
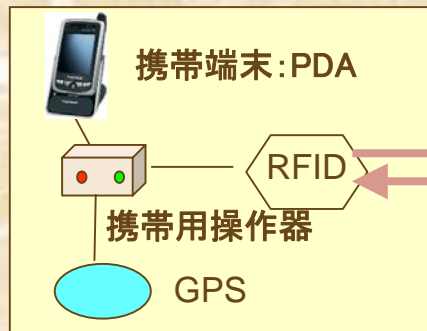
路側リピータがあるケース



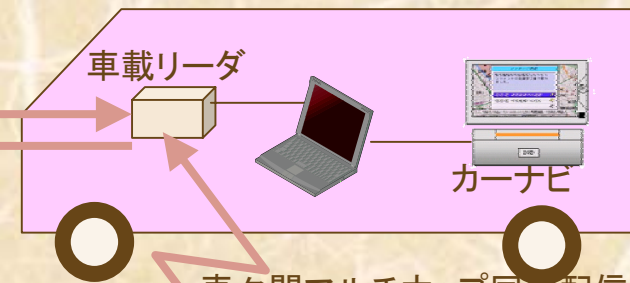
路側リピータがないケース

# 3-(3) 双方向通信

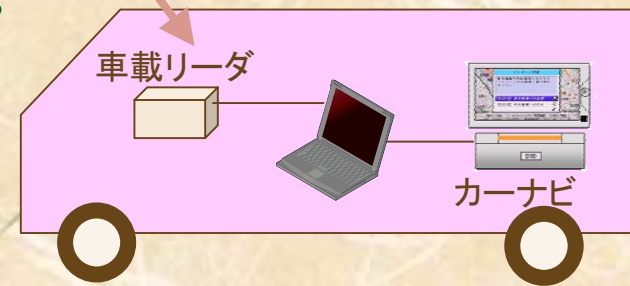
## 歩行者側



## 車両 A



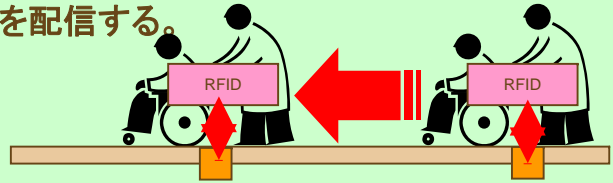
## 車両 B



車々間マルチホップ同報配信

### 3-(4) 移動方向・速度の検出(1)

個々の位置検出領域での検出タイミング等で移動体の進行方向・スピード等の状況を認識し、周辺の車両に最適な情報を配信する。



位置検出領域B

位置検出領域A

【リピータ】  
自転車の位置情報、  
個体情報を受信

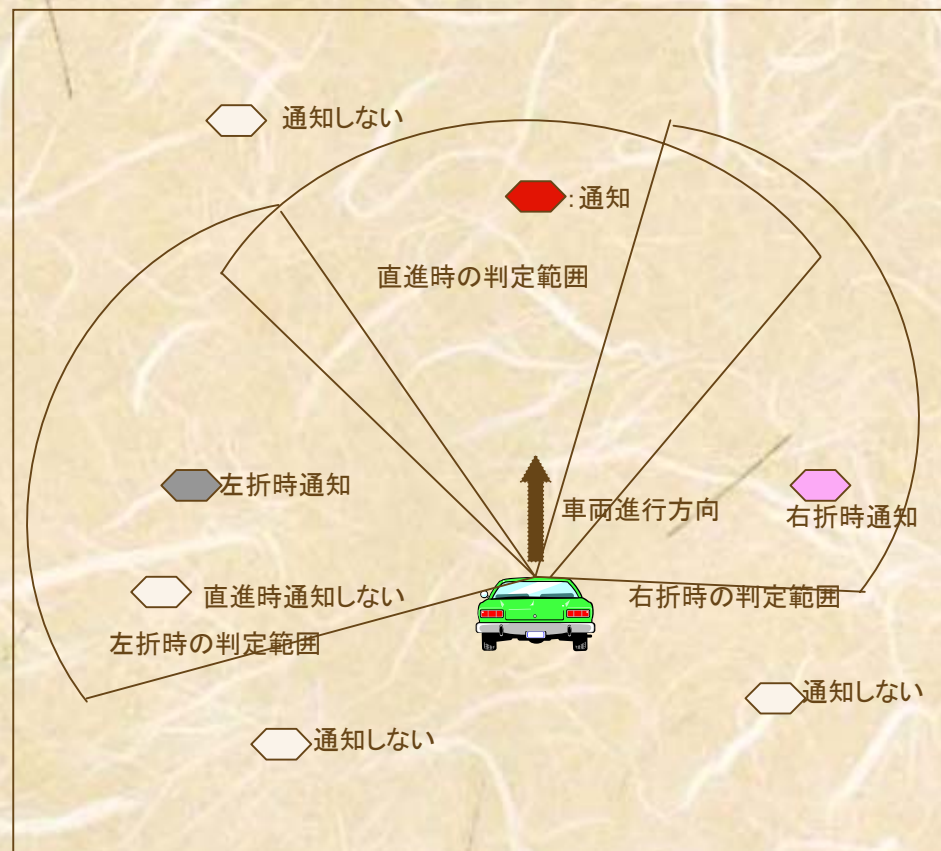


【LF信号装置】+【RFID】  
自転車の固体情報を認識し、  
位置情報を付加して  
タグリーダーに送信

### 3-(4) 移動方向・速度の検出(2)

#### 【運転者へ通知するか否かの判断方法】

危険通知対象となるかどうかの判断は、直進および右折、左折(方向指示器からの情報)ごとに距離と車両の進行方向に対する相対角度で判断する。



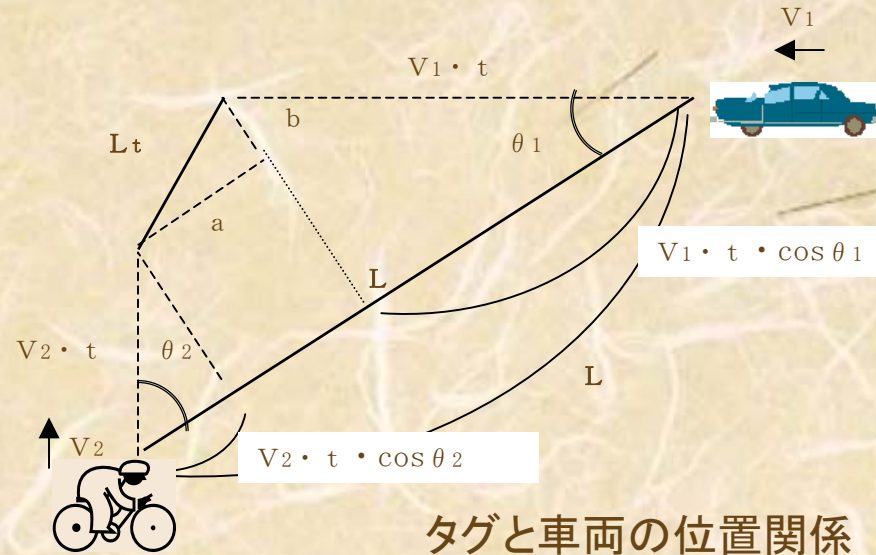
判断方法の例



# 3-(4) 移動方向・速度の検出(3)

## 設定パラメータ

- ・車両の速度:  $V1$
- ・タグの速度:  $V2$
- ・車両の進行方向とタグへの向きとの角度:  $\theta 1$
- ・タグの進行方向と車両への向きとの角度:  $\theta 2$
- ・車両とタグの間の距離:  $L$
- ・車両とタグの間のニアミス距離  
(それ以上近づくと危険となる距離):  $Lc$



### ① $Lt=Lc$ という $t$ が存在する条件

$$L \leq \frac{Lc \sqrt{V1^2 + V2^2 + 2 V1 \cdot V2 \cos(\theta 1 + \theta 2)}}{|V1 \cdot \sin \theta 1 - V2 \cdot \sin \theta 2|} \dots\dots\dots \textcircled{a}$$

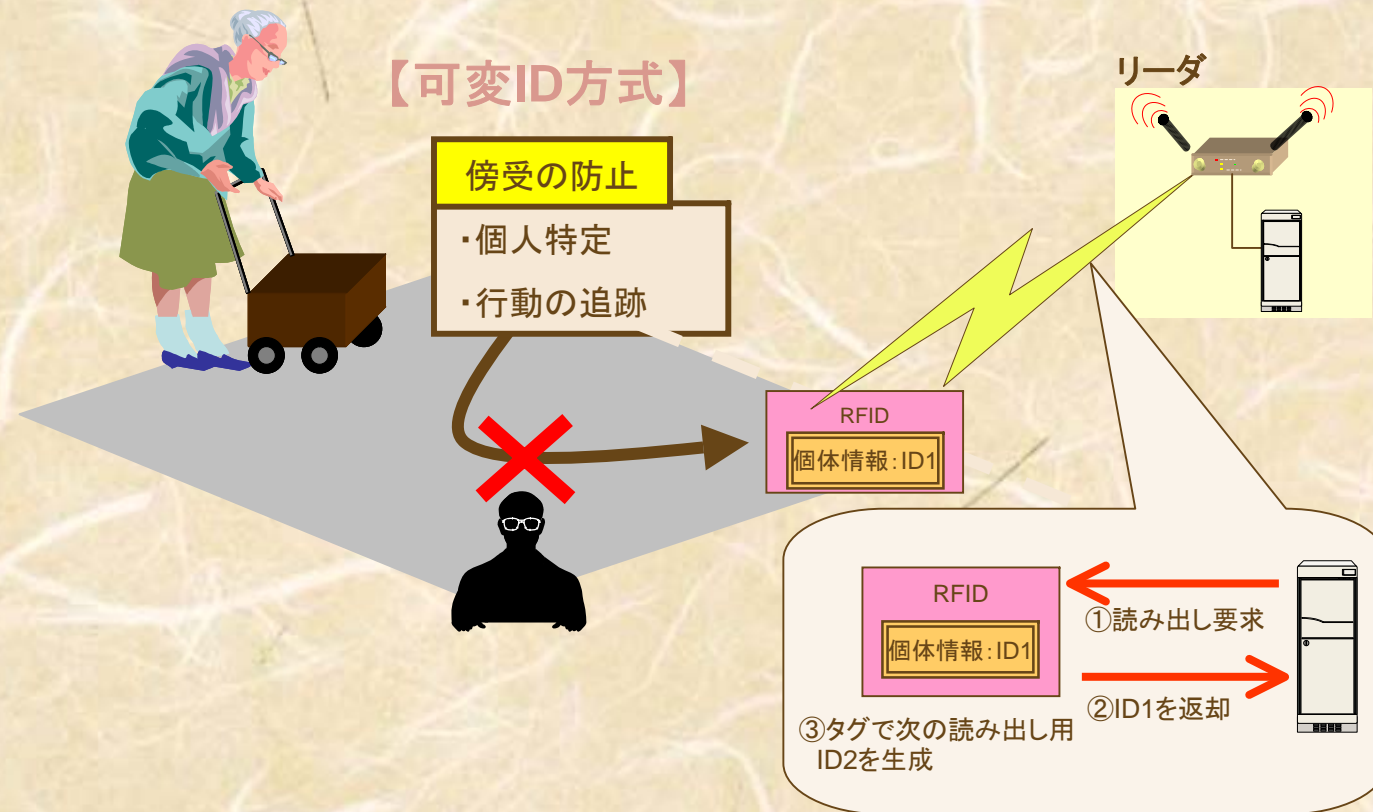
$$L (V1 \cdot \cos \theta 1 + V2 \cdot \cos \theta 2) > 0 \dots\dots\dots \textcircled{b}$$

### ② その時の $t$ の値

$$t = \frac{L (V1 \cdot \cos \theta 1 + V2 \cdot \cos \theta 2) - \sqrt{L^2 (V1 \cdot \cos \theta 1 + V2 \cdot \cos \theta 2)^2 - (V1^2 + V2^2 + 2 V1 \cdot V2 \cdot \cos(\theta 1 + \theta 2)) (L - Lc)^2}}{V1 \cdot \cos \theta 1 + V2 \cdot \cos \theta 2}$$

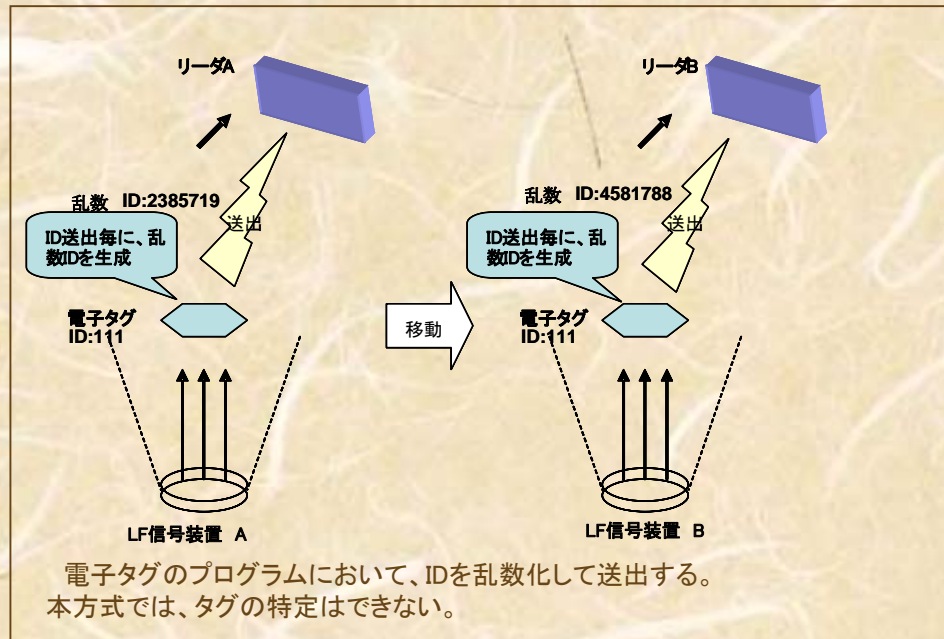
### 3-(5) 個人情報保護(1)

読み出すごとにIDを変えて所有者の追跡問題を解決する。

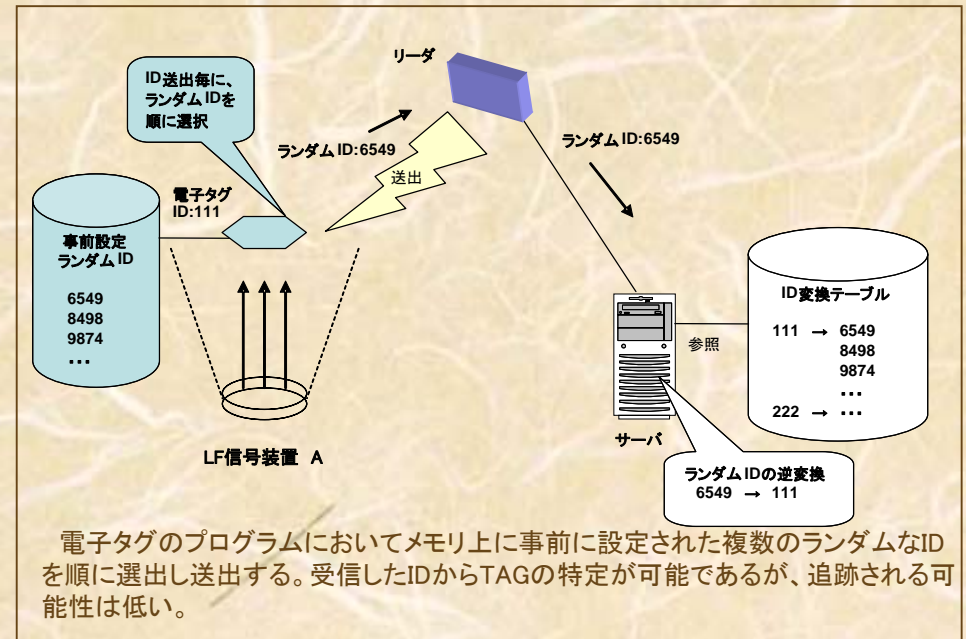


# 3-(5) 個人情報保護(2)

## 乱数方式

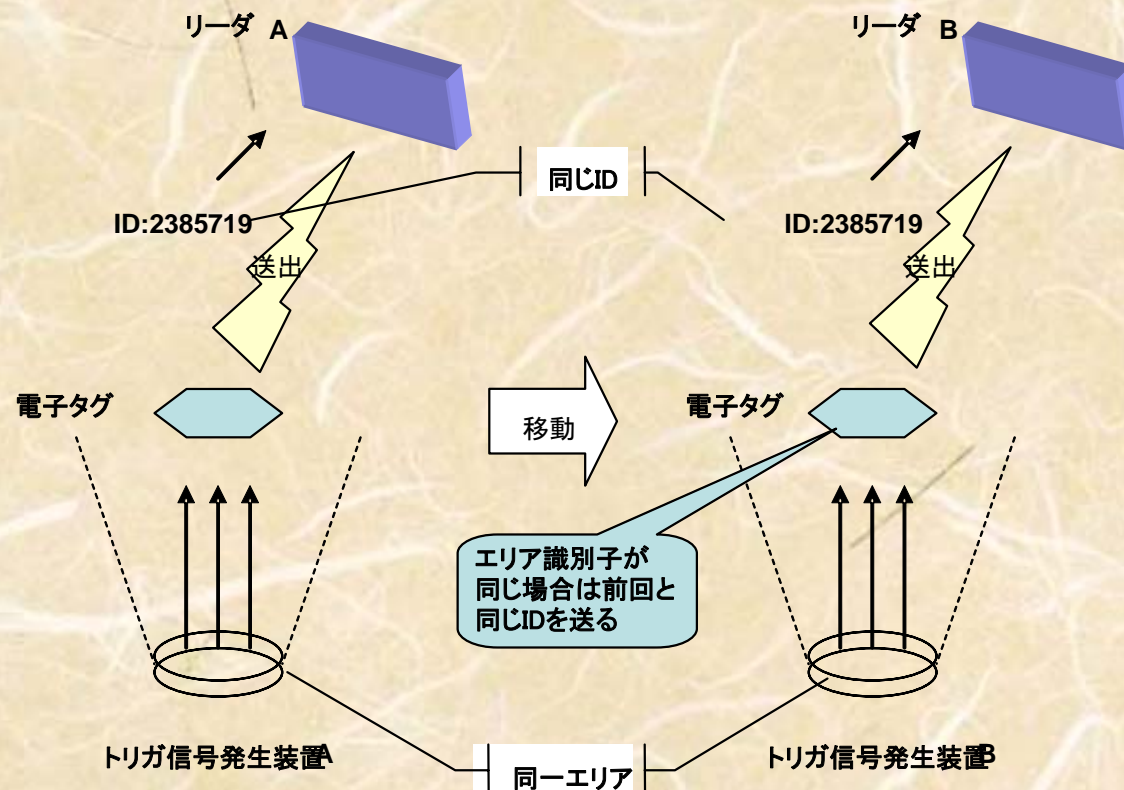


## 事前設定方式



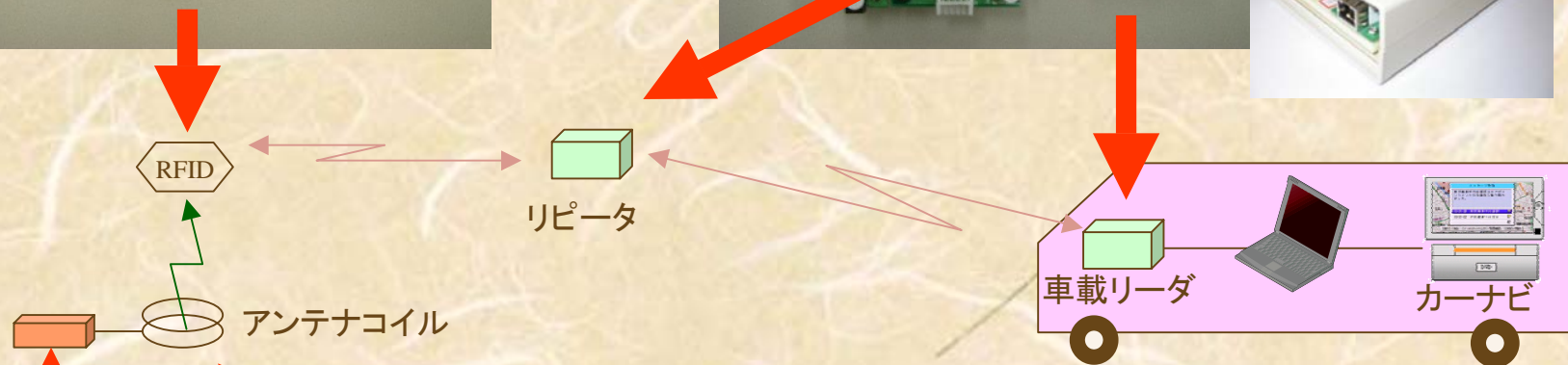
### 3-(5) 個人情報保護(3)

可変ID方式の場合、毎回異なるIDを送出するために、必要な場合に、その個体の移動方向・速度を検出できないという問題が生じる。本技術では、この対策として、特定の狭いエリア内では、IDを変更しないというエリアIDの概念を導入する。



## **4. 試作システム**

# 4-(1) 試作装置の概観



## 4-(2) 試作装置の諸元

### 電子タグの諸元

No.	項目	諸元
1	RF-IC	CC-1000 (Chipcon製)
2	使用周波数 (UHF帯)	950MHz帯 (951~955MHz)
3	チャンネル	951.2MHz~954.2MHzまでの200kHz間隔 16波のうちの1波
4	電波の型式	F1D
5	空中線電力	1mW (0dBm)
6	空中線電力偏差	上限20%, 下限80%以内
7	空中線利得	-5.5dbi (チップアンテナ)
8	周波数偏差	$\pm 20 \times 10^{-6}$ 以内
9	占有周波数帯域幅	200kHz以下
10	スプリアス強度	-39dBm以下
11	変調速度	最大19200bps (マンチェスタコード変換による)
12	変調方式	FSK
13	電源電圧	3V (Ni-MH充電電池使用時3.6Vから降圧、 ACアダプタ使用時5.0Vから降圧)
14	形状	100mm(W)×28mm(H)×63mm(D)
15	重量	200 g (電池含む)

### LF信号装置の諸元

No.	項目	諸元
1	LF受信方式	電磁結合
2	LF受信周波数	125 kHz
3	LF受信アンテナ	コイルアンテナ, 感度1mv rms.
4	LF受信対応変調方式	OOK (ON/OFF Keying)
5	LF受信対応変調速度	2.4kBaud
6	シリアルIO	RS-232/V.28, 480kbps max., EH-5 (JST)
7	形状	350mm(W)×200mm(H)×250mm(D)

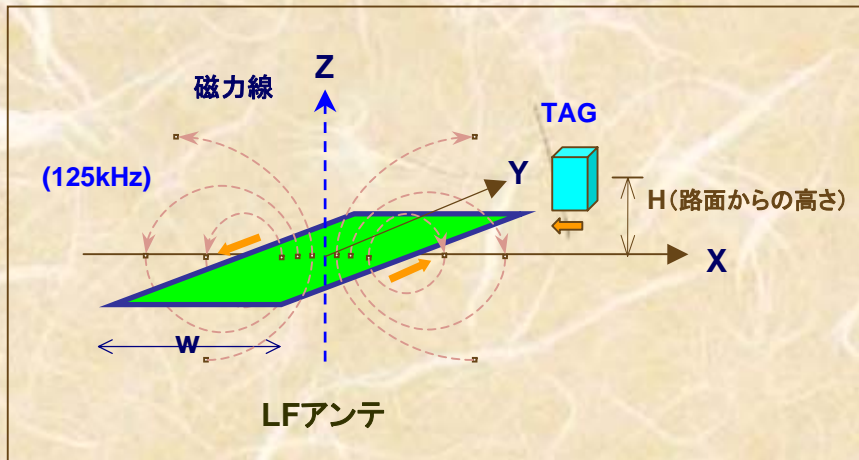
## **5. フィールド実験の状況**



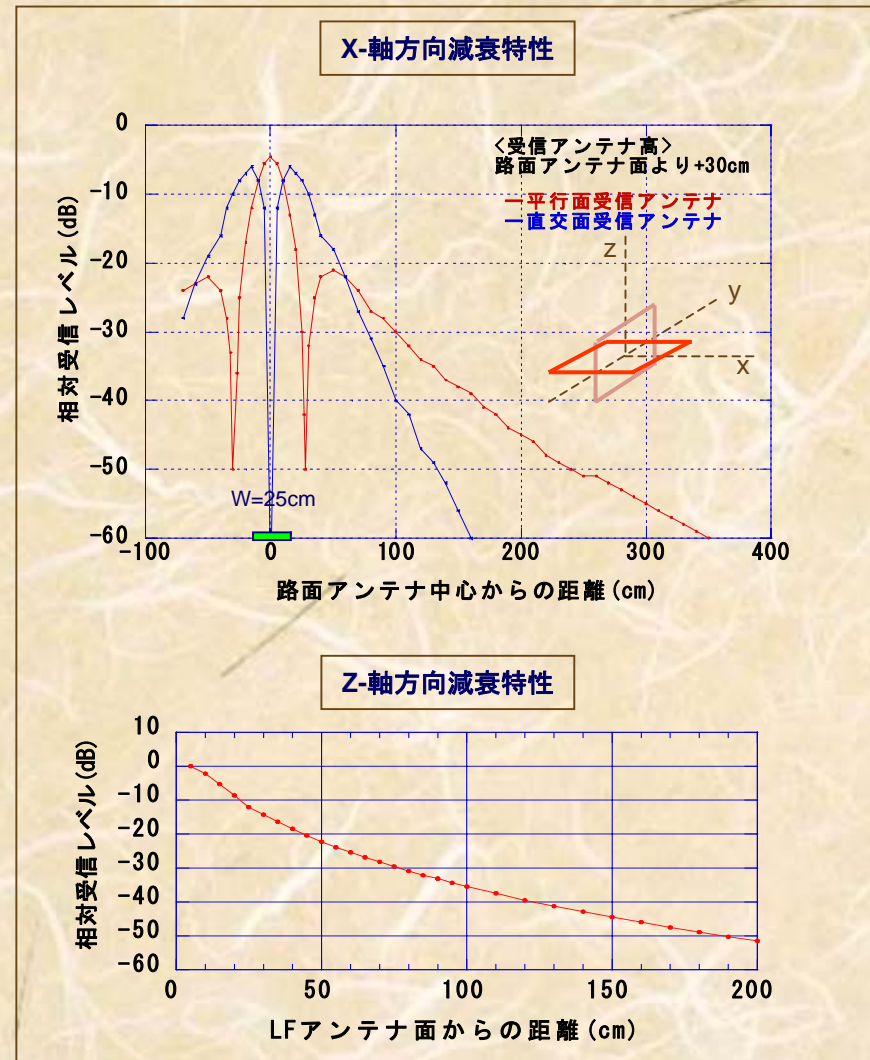
# 5-(1) 電子タグ位置検出(1)

## LFによるタグ検出エリア位置検

### LFアンテナによる磁界分布



### LF アンテナの長波発射特性(例)



### LF アンテナによる位置検出の問題点

受信アンテナの使用条件によるレベル偏差が大きい

- ・電子タグ携行方向固定: 不可能
- ・タグ取付高さの変化: ~100cm (距離減衰約35dB増加)

受信感度を制限できない → 受信エリアが広がる

位置検出誤差が増大

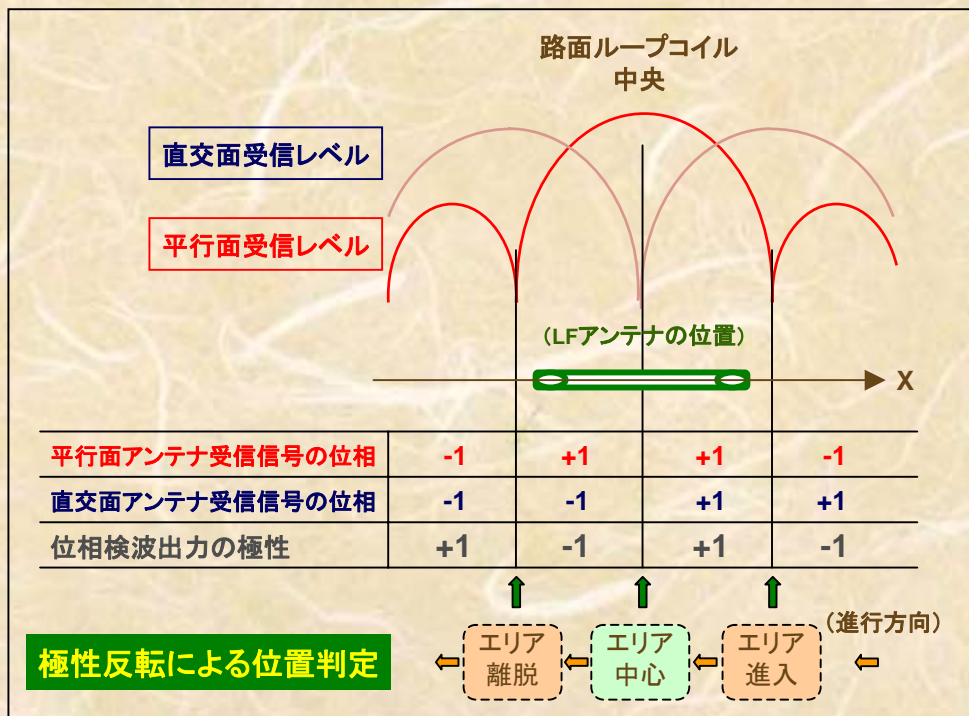
# 5-(2) 電子タグ位置検出(2)

LF信号を用いて特定エリアへの出入りを正確に検出するため、受信レベルに依存しない位置判定処理技術を開発

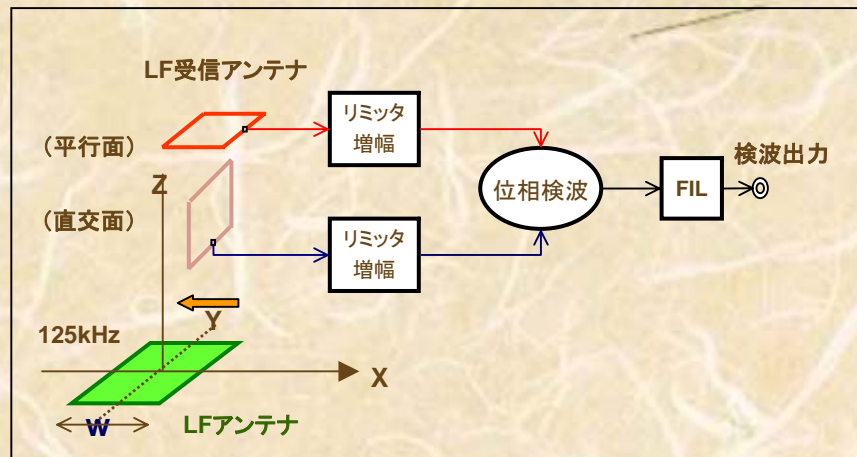
## ループコイルエリアの位置判定方法

- ・受信アンテナ面の向きによる受信信号の直交性を利用して、路面ループコイルの端部(近傍)を検出
- ・受信レベルによる検出ではなく、受信キャリア位相の反転特性(受信レベルのNull点)を利用して確実な検出を実現

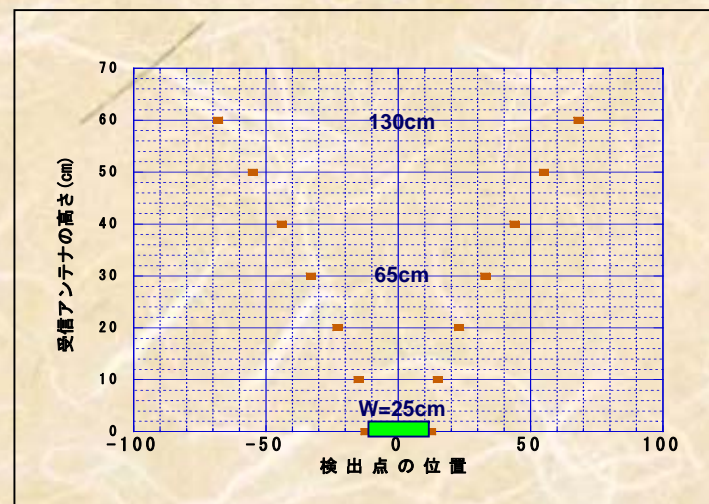
## 位置判定のアルゴリズム



## 受信信号処理回路の構成



## 受信アンテナ高による検出点の変化例



## 5-(3) LFアンテナ設置環境

### 電子タグ検出エリアの屋外設置の耐環境性の検証

LF信号装置のLFアンテナの設置による影響を検証・評価した。

- ・路面埋設の評価  
コンクリートブロックを通したLF伝搬の検証
- ・雨天状況の評価  
プラスチック水盤を通したLF伝搬の検証

コンクリートブロックを経由した伝搬		
センサ高	80cm	100cm
ブロックなし	219.3mv	116.3mv
1段	155.2mv	88.1mv
2段	148.7mv	85.6mv
3段	150.8mv	88.2mv

プラスチック水盤を経由した伝搬	
センサ高	80cm
水なし	776mv
水深1cm	772mv
水深3cm	773mv
水深5cm	770mv
水深20cm	779mv

### ・遮蔽物による影響

遮蔽物の有無によるレベル変化を確認  
但し、遮蔽物の厚さによるレベル変化は僅少

### ・雨水等による影響

水層の厚さによるレベル変化は僅少



路面埋設でも電子タグ検出エリアの形成が可能



# 5-(4) 丁字路における電子タグ検出エリアの配置

「見通しの悪い生活道路（道幅：5.5m未満）における、歩行者や自転車の飛び出しによる交通事故」を未然に防ぐための電子タグ検出エリアのモデル化。

## << 許容時間:3秒 >>

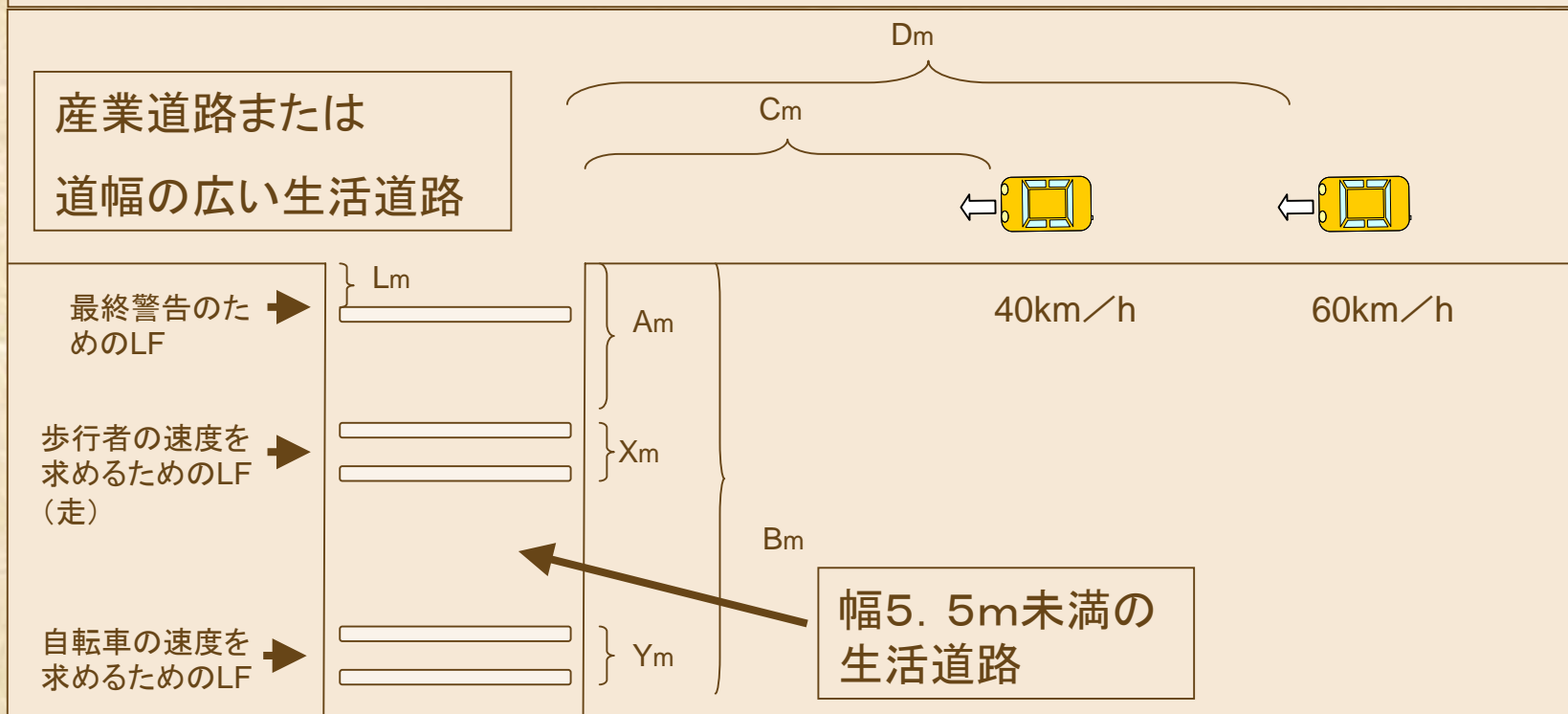
自動車の運転者が飛び出しに気付き車を避けることが可能な最低限の時間。（右表以上の伝達距離が必要）

出典：豊田中央研究所R&Dレビュー Vol.33 No.1

種別	速度	速度（秒速）	3秒で進む距離
車	60km/h	16.7m/sec	50m
	40km/h	11.1m/sec	33m
自転車	20km/h	5.6m/sec	17m
人（走る）	240m/min	4m/sec	12m
	180m/min	3m/sec	9m
人（歩く）	100m/min	1.7m/sec	5.1m

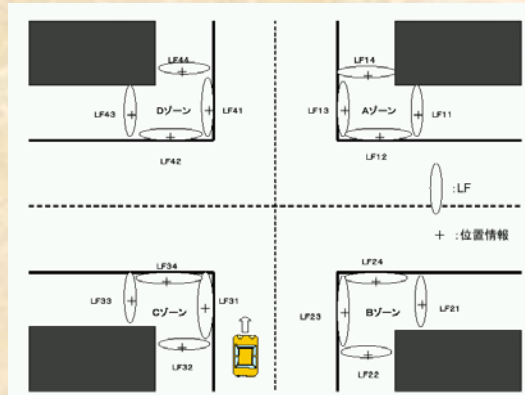
### 飛び出し事故に着目した実験環境

★歩行者等の速度は2つのLF間の平均速度 → 正確な速度測定のためにはLF間隔は狭いほど良い

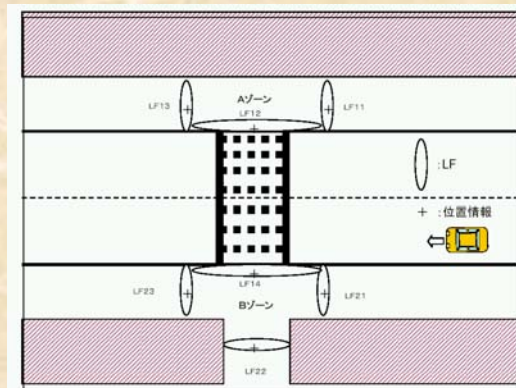


# 5-(5) 交差点における電子タグ検出エリア配置の検討

## 電子タグ検出エリア設定のバリエーションの検討

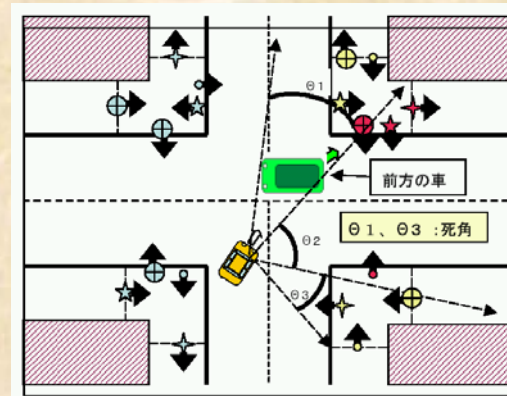


大規模交差点モデル



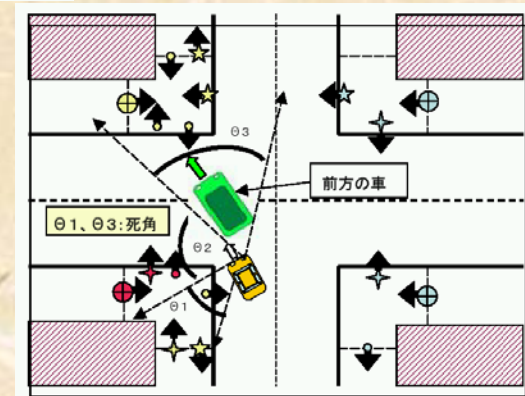
単路モデル

## 死角による影響の検討

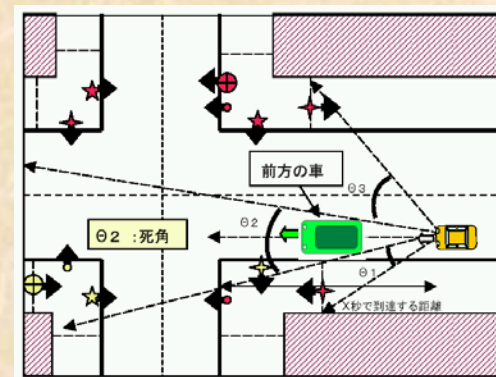


交差点における右折

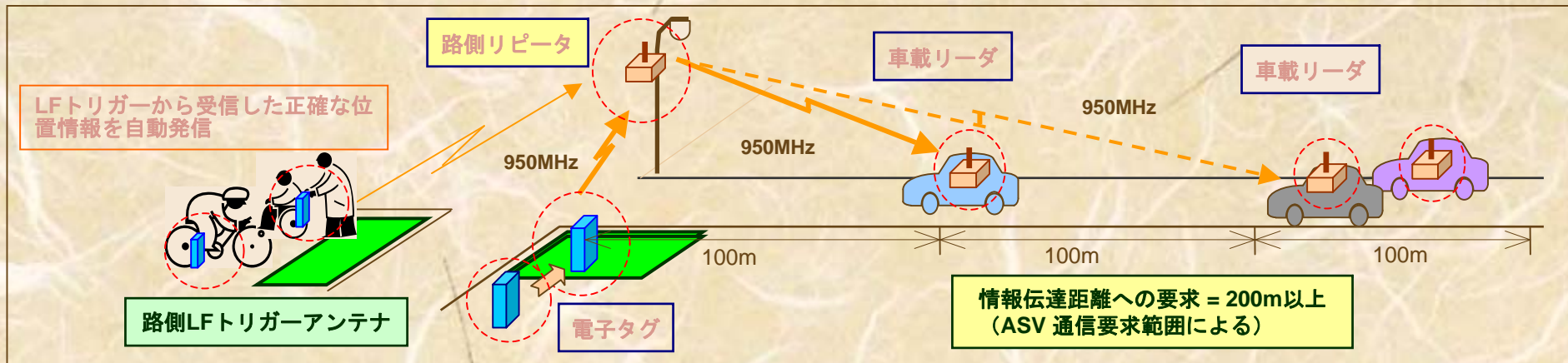
交差点における左折



交差点における直進

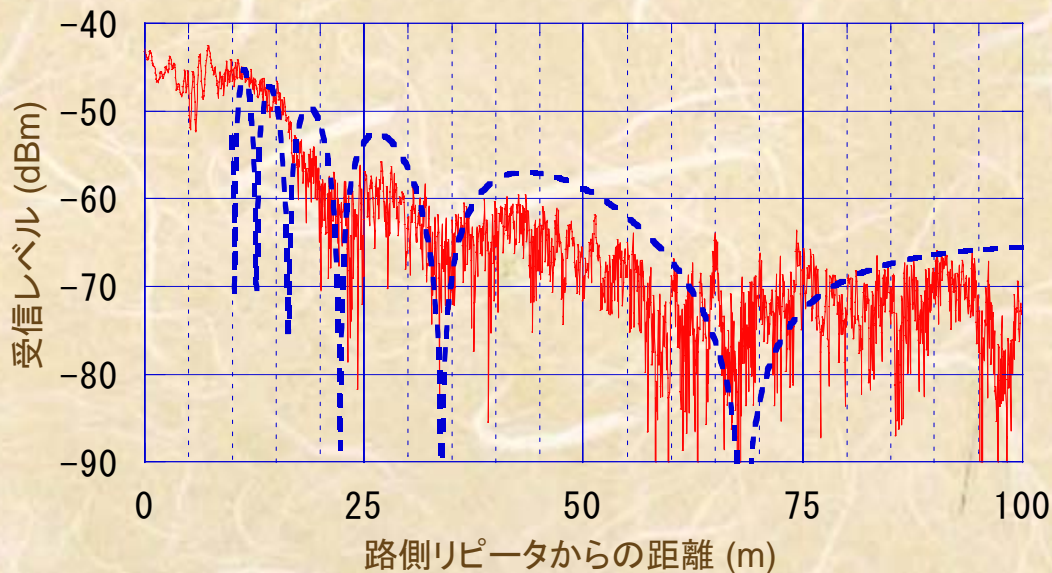


# 5-(6) 電子タグから車両への情報伝達距離の要求と問題点



## 路車間通信における受信レベル距離変動特性例

(破線は2波モデル(路面反射)計算値)



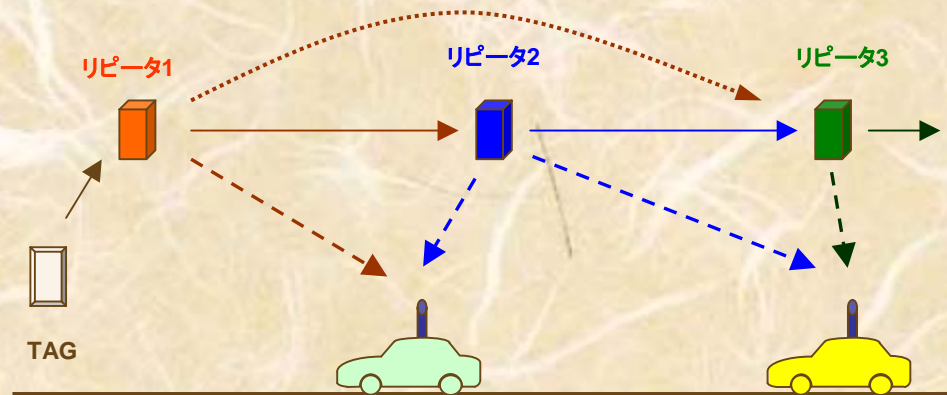
## 路車間通信の問題点

- 激しい干渉性フェージング(路面反射等)により通信途絶点が発生
- 通信距離を大きくするために送信電力を大きくしても、フェージングによるピーク減衰の救済は困難 (安定な通信距離≒50mと推測)
- 1つのリピータで200m以上の伝達距離を実現するのは困難
- 車々間転送による距離確保は、中継車両が不在の場合は不可 (路車間通信の補完機能と位置づけられる)

測定条件	
周波数	951.6MHz
送信出力	1 mW
アンテナ高	4.5/2.4m
アンテナ利得	2 dBi

# 5-(7) マルチホップ複数路側リピータによる複局受信構成の提案

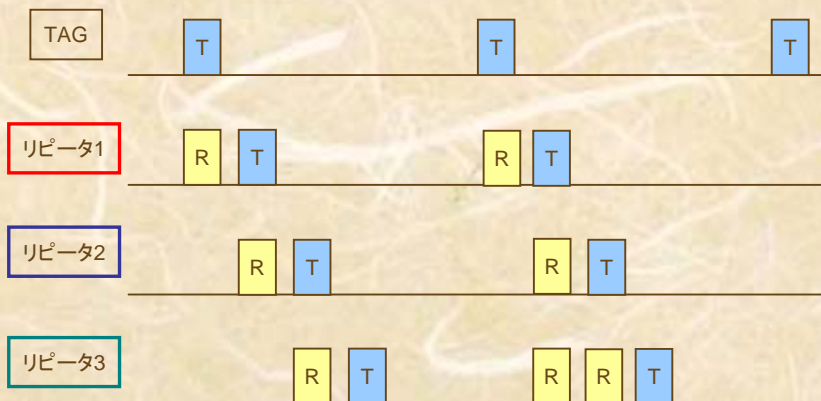
## マルチホップ路側リピータ経由複局受信構成



## 路側リピータに要求される機能

- 新規受信情報をマルチホップ同報転送
- 無指向性アンテナによる前後への放射
- 衝突回避機能(CSMA/CA)、送信待機機能

## リピータの送信条件

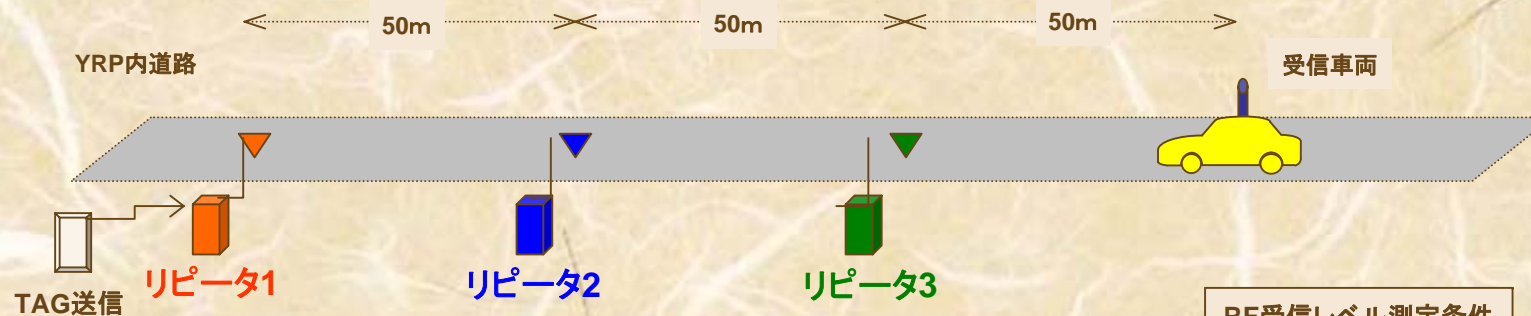


リピータ1→リピータ3へ飛越し  
受信があっても、CSMAと待機  
時間設定により順次送信

## 本構成の効果

- エリアの拡張が容易  
リピータ間の中継回線や集中制御が不要  
なりリピータを複数配置するだけで、低コストで  
確実な通信エリアを構築可能
- フェージング対策として有効  
車両は複数のリピータから、同一情報を異  
なる経路、異なる時間に重複受信できる機会  
を持つ
- 大型車両による遮蔽対策として有効  
前方の見通しを遮蔽されても、後方からの  
受信機会をもつ

# 5-(8) 複数路側リピータによる屋外試験系の構成



リピータ1アンテナ



リピータ2アンテナ



リピータ3アンテナ



測定道路の状況



受信車両

RF受信レベル測定条件

	リピータ1&2&3	受信車両
周波数	951.6MHz	
リピータ送信出力	1 mW	-
アンテナ高	4.5 m	2.4 m
アンテナ利得	2 dBi	2 dBi

タグからのデータ送信条件

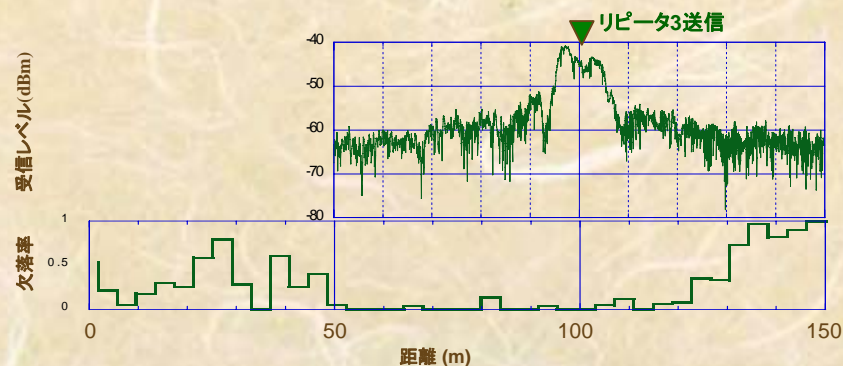
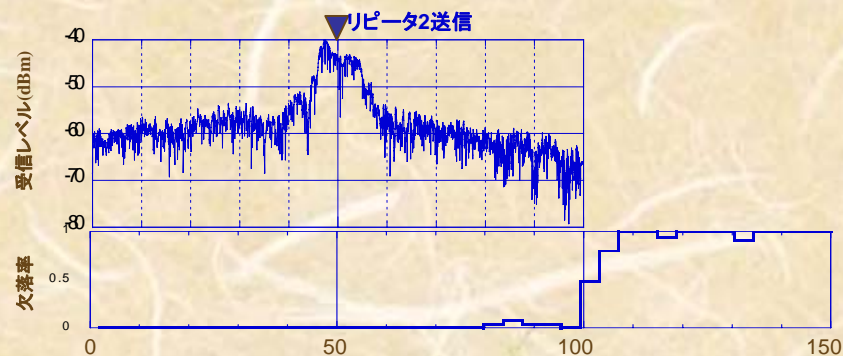
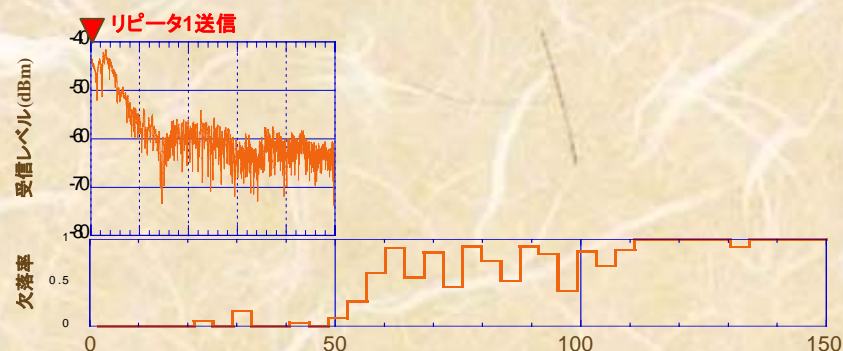
変調方式	FSK
変調速度	38.4kbps
占有帯域幅	200kHz
データ伝送速度	19.2kbps
データ長/バースト	約 20ms
データ送信周期	0.5秒



# 5-(9) 受信欠落改善効果(3リピータ構成路車間通信)

## 個別リピータ受信特性(上:受信レベル/下:受信欠落率)

- ・路側アンテナに近い(15~20m)ところでも受信ミスが発生
- ・1リピータあたりの受信エリアは約±50m以下と小さい



## マルチホップ3リピータ構成による受信欠落改善特性

- ・個別受信で受信欠落が発生していた区間でも、複数の路側リピータから同一情報を受信することにより、受信ミスを解消  
(ルートダイバーシティ及び時間ダイバーシティ効果による)



## マルチホップ複局リピータ構成のメリット

- ・リピータを設置するだけで、通信の信頼性を大幅に向上可能
- ・通信エリアの拡張を容易に実現可能
- ・路側リピータエリアでは車載リーダーの中継送信を抑制可能  
(タグに近いエリアではタグ送信との衝突回避に有効)

## 欠落率の測定方法

- ・タグから送信周期=0.5秒で連続送信し、低速度走行により受信欠落を測定
- ・走行速度=約1.3 km/H
- ・受信データ数=837個 / 419秒間 / 150m区間
- ・データ処理区間長=約3.8m毎に欠落率を集計  
(受信データ数=平均21個 / 区間)

# 5-(10) 走行時の受信データ欠落発生状況(3リピータ路車間)

・複局受信の効果が、走行時にも安定に得られることを確認した

データ送信周期 = 0.5秒

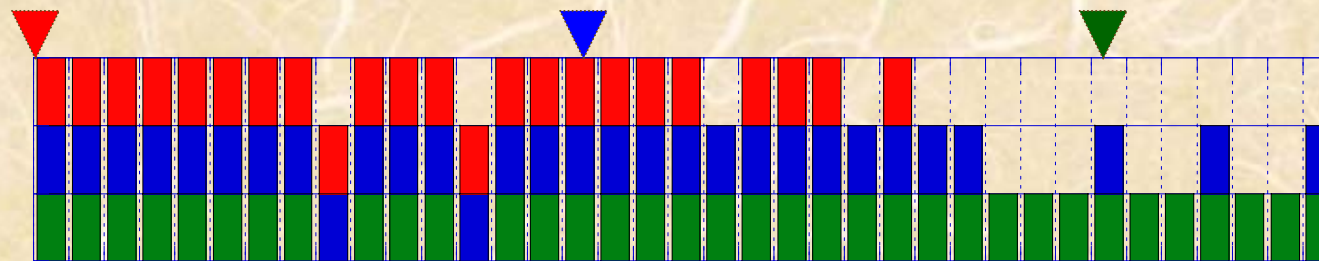
- リピータ1から正常受信
- リピータ2から正常受信
- リピータ3から正常受信

約25km/h 走行時のタグ送信データの受信状況

リピータ1

リピータ2

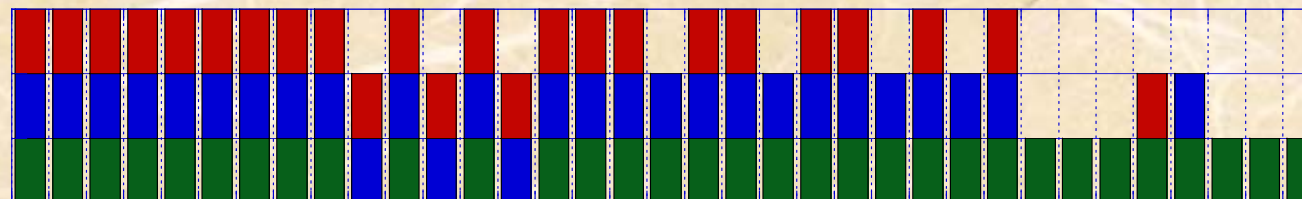
リピータ3



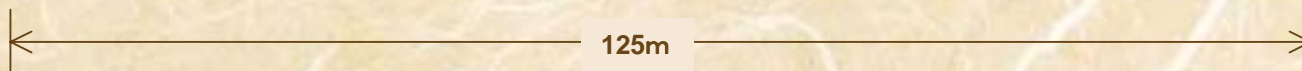
(データ数=37個)



走行方向



(データ数=35個)



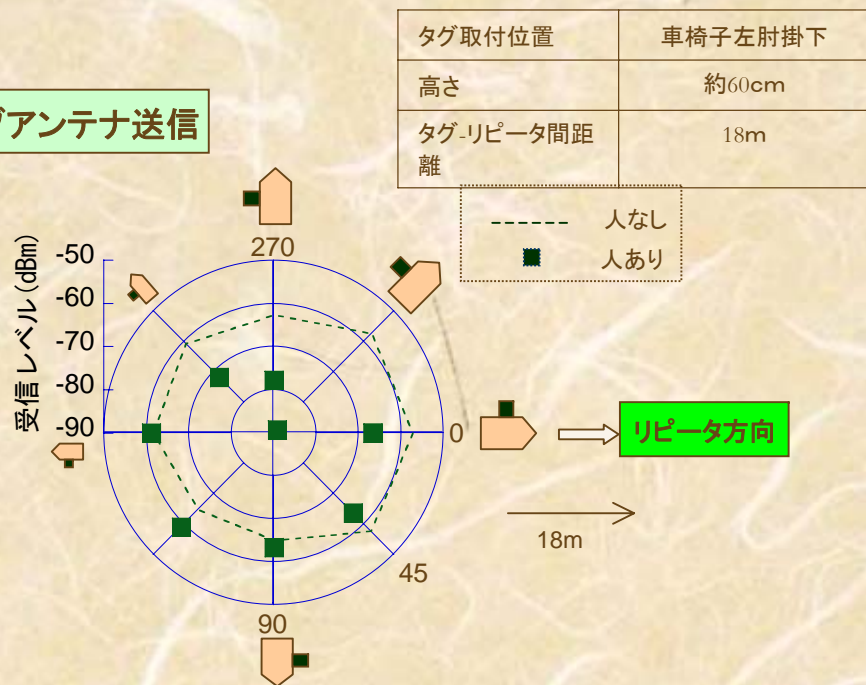
125m

最低 一つのリピータからの受信に成功

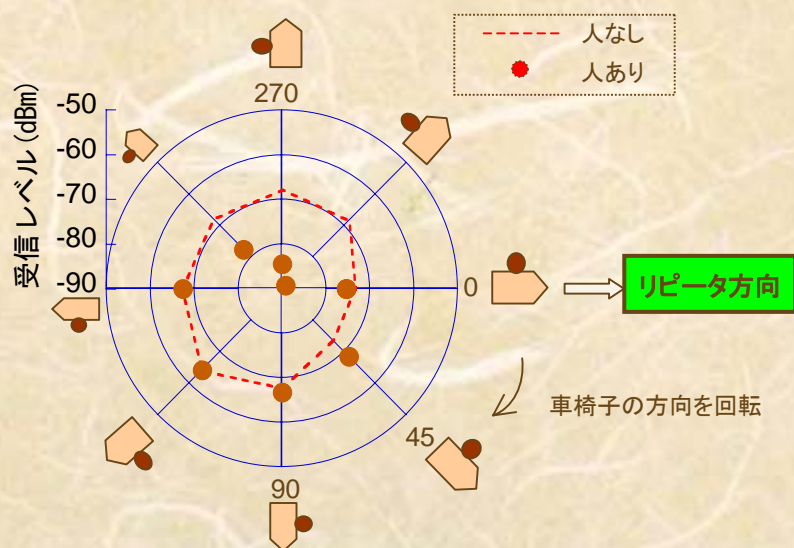
(注)本データは、距離パルスを使用していないので、横軸は不確定

# 5-(11) 受信レベル変動特性(タグを車椅子へ装着時の向きの影響)

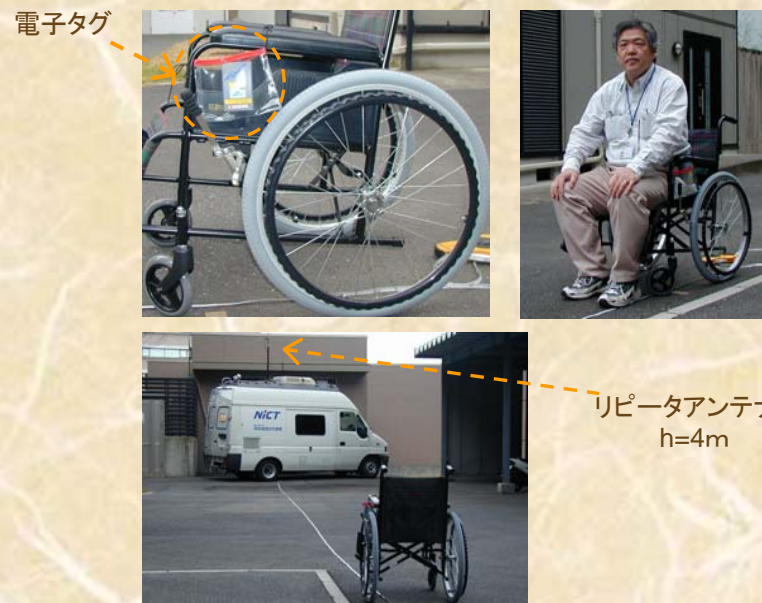
## スリーブアンテナ送信



## 誘電体チップアンテナ送信



## 車椅子への電子タグの実装状況



## 車椅子の向きによる影響の測定作業中の受信レベル変動(チップアンテナ送信)



- ・車椅子に座った状態では、リピータへの電波方向が人体で遮られる影響が極めて大
- ・周辺での人の動きの影響もあり
- ・装着方法(位置、高さ、向き)についての検討が今後の課題

# 5-(12) マルチホップによる同報転送制御アルゴリズム

## 要求条件

- ・通信距離の短いタグからの情報を200m以上遠方まで確実に伝達できること
- ・多数の車両への情報伝達に要する時間が短いこと

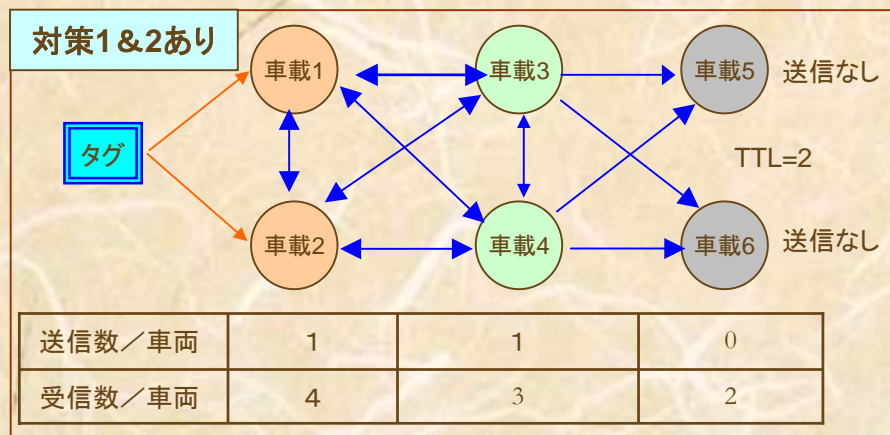
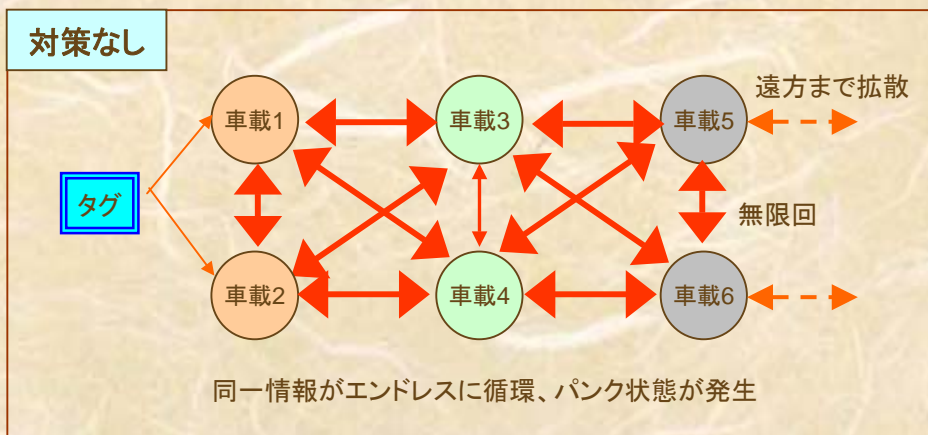
## 選定した通信形態

- ・送信は同報通信(通信時間の短縮のため)
- ・受信時にACKを返送しない
- ・各車両は、受信した情報を同報モードで再送信
- ・送信時、衝突を軽減するため、他が送信中か否かの検出(キャリアセンス)後に送信を行う
- ・タグ及び車載装置は送受同一周波数を使用
- ・アンテナは無指向性アンテナ(UHF帯)

## 課題と対策

課題1	同一情報が通信可能車載装置間でエンドレスに循環
対策1	タグ送信情報IDにより、各車両では既送信情報の再送を行わない(重複送信の禁止)
課題2	必要エリア外まで情報が拡散
対策2	情報毎に中継回数(累積)をカウントし、指定値以上の転送を行わない(再送回数の制限)
課題3	隠れ端末等による送信の衝突
対策3	ランダム時間差送信 周辺車両からの重複受信による改善(連送と同じ効果)

### マルチホップ同報配信による情報の流れの例

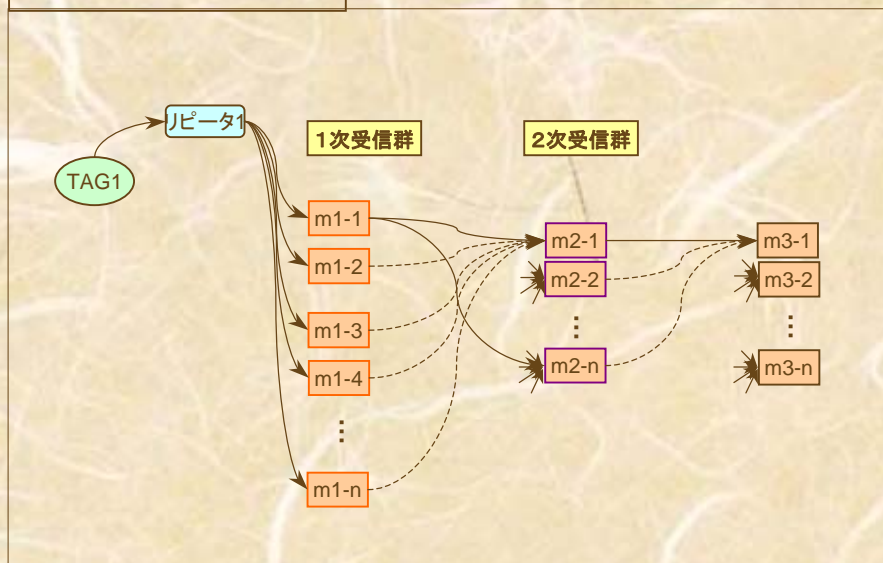


## 5-(13) マルチホップ同報転送制御アルゴリズムの機能追加

	従来	問題点	新機能
輻輳対策	重複送信の禁止 (新規情報の転送義務)	車両数が多くなると <b>不要な送信による輻輳</b> が発生	転送義務解除機能による送信規制
衝突対策	CSMA/CAによる衝突回避	車両数が多くなると <b>不要な送信による衝突</b> が多発	
		車両数 $m=2$ で <b>全衝突</b> が発生 (発生確率が大、後続への転送不可)	複数路側リピータ構成による送信規制
		タグと車載リーダ間で <b>隠れ端末衝突</b> が発生	
転送ミス対策	なし	後続車両への転送ミスによる <b>マルチホップ機能の中断</b> が発生	転送確認機能による再送信

# 5-(14) 輻輳回避対策

## 従来構成の問題点

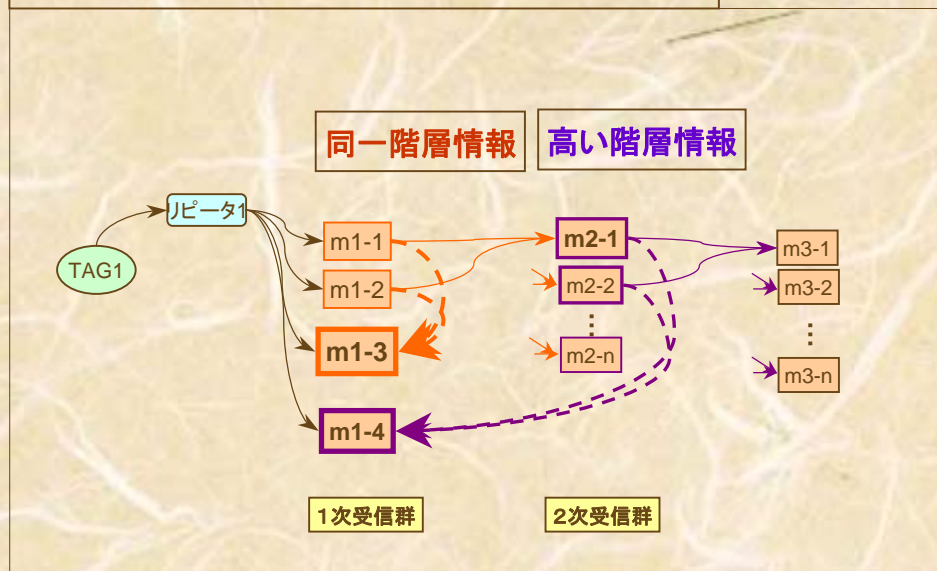


■ 車載リーダ数が増加したとき、全車載リーダが転送義務を実行することによる輻輳が発生  
(最低1台が正常に転送できればOK、その後は無駄な送信)

■ 全車載リーダの送信完了まで電波を占有した場合、2次受信群の送信が遅れ、伝達遅延が発生

■ 不要な送信による衝突が多発  
(隠れ端末衝突の原因となる)

## 転送義務の解除による不要な送信の削減

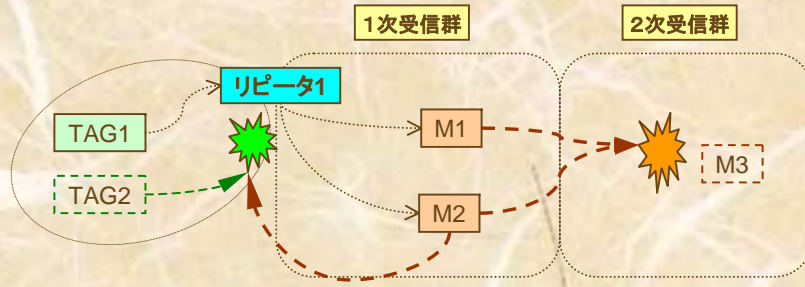


□ 車載リーダ **m1-3** は、待機中に自分の送信予定と**同一階層情報**がm1-1等から送信されているのを検知した(例: 2回)場合、これ以上の送信が不要であると判断し、送信を中止。

□ 車載リーダ **m1-4** は、待機中に自分が送信予定より**高い階層の同一情報**がm2-1等から送信されているのを検知した(例: 2回)場合、これ以上の送信が不要であると判断し、送信を中止。  
(本対策は、複数リピータが無いところで有効)

# 5-(15) 衝突回避対策

## 従来構成の問題点



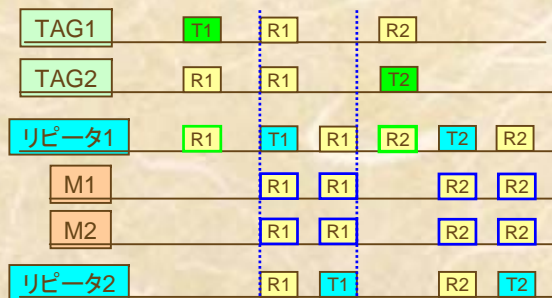
### 隠れ端末衝突

- TAG1の発信に続いてTAG2が送信する場合、先行するTAG1情報を転送するM1,M2の送信とTAG2送信とが衝突
- リピータ1はTAG2の情報受信に失敗し、TAG2情報の伝達ができない

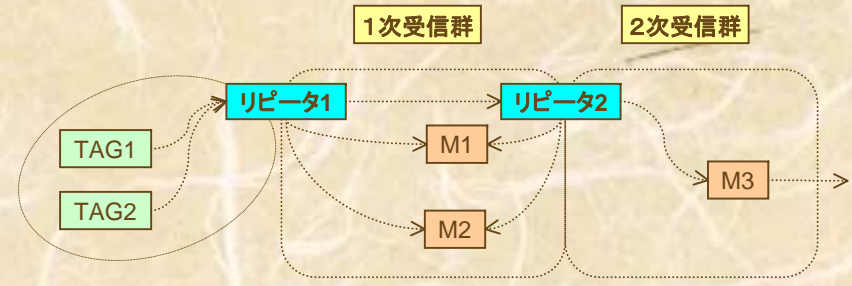
### m=2衝突問題

- 車両台数が2のとき、同時送信による衝突が発生した場合、後続車両へ情報伝達できない状況が発生
- ・送信ランダムステップ数Nのとき、発生確率は1/N

## 制御タイムチャート例



## 複数リピータエリアでの転送義務の解除



### 送信規制

## 複数リピータの設置による衝突回避

- 車載リーダは、リピータからの受信であることを判定した場合、複数リピータからの受信に備えて送信を一定時間**送信を待機**
- 待機中に他のリピータ(リピータ2)から同一情報を連続受信した場合、リピータ設置の中間に在圏すると判断し、受信情報の**転送義務を解除**

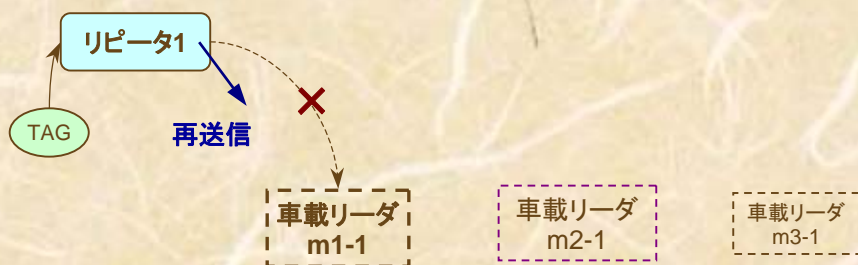
## 本構成の特徴

- ・m=2衝突の解消: 情報伝達の信頼性が最も要求されるタグ近傍エリアで、車載リーダの在圏台数に関係なく安定な通信を保証
- ・タグの隠れ端末衝突を回避: タグ送信情報のリピータ1エリアでの確実な受信を保証

# 5-(16) 転送ミスリカバリー対策

## 転送ミスリカバリー対策

### 次階層への伝達確認が出来ないとき再送信



■ 先頭の車載リーダm1-1で受信ミスが発生すると、**後続車両への情報伝達が不可**となる

□ 自分の送信(転送)した情報が、次階層で転送が行われたか否かを検知し、一定時間内に検知できない場合は、転送ミスが発生したと判断し、**再度同一情報を送信**

□ 再送信機能はタグ、路側リピータ、車載リーダの全てに搭載

### その他の受信/転送ミスリカバリー対策

#### (1) 既に効果を確認した対策

- 複数リピータからの複局受信
- ベースバンド切替アンテナダイバーシティ受信  
(擬似的方法による確認のみ、装置化検討が必須)

#### (2) 今後フィールド実験により効果を確認する対策

- 同一情報の連送
- 次階層への伝達未確認時の再送信
- 誤り訂正  
(装置化検討が必須)



# 5-(17) 運転者への通知

電子タグ検出エリアによる交通弱者の検出

- ・位置情報
- ・交通弱者の属性



電子タグの進行方向・速度の算出



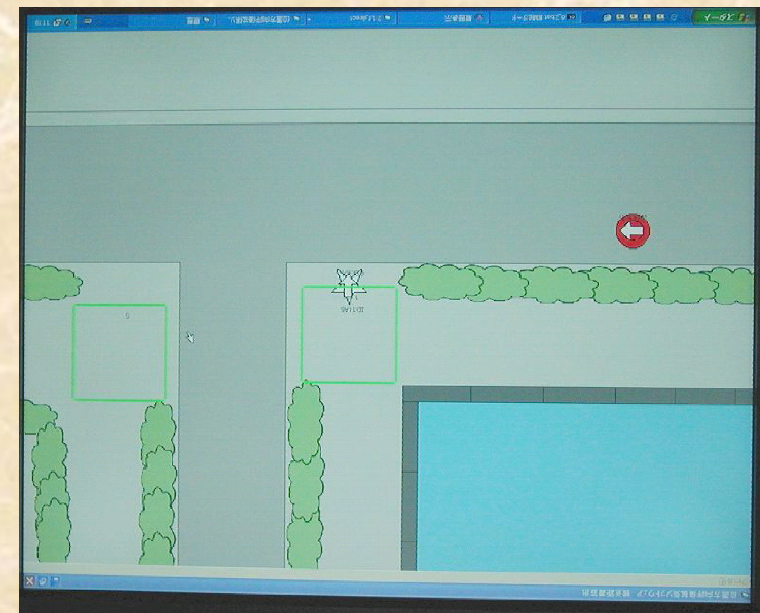
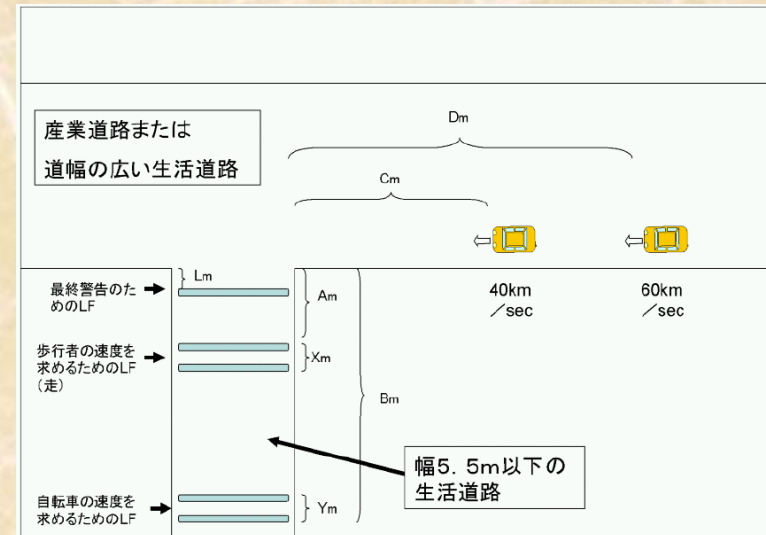
地図上へのマッピング

- ・詳細位置
- ・進行方向
- ・移動速度
- ・属性種別
- ・ニアミス



車載機(カーナビ)地図上への表示  
音声による注意喚起

通知頻度、表示方法について  
運転への影響を配慮



## 6. まとめ

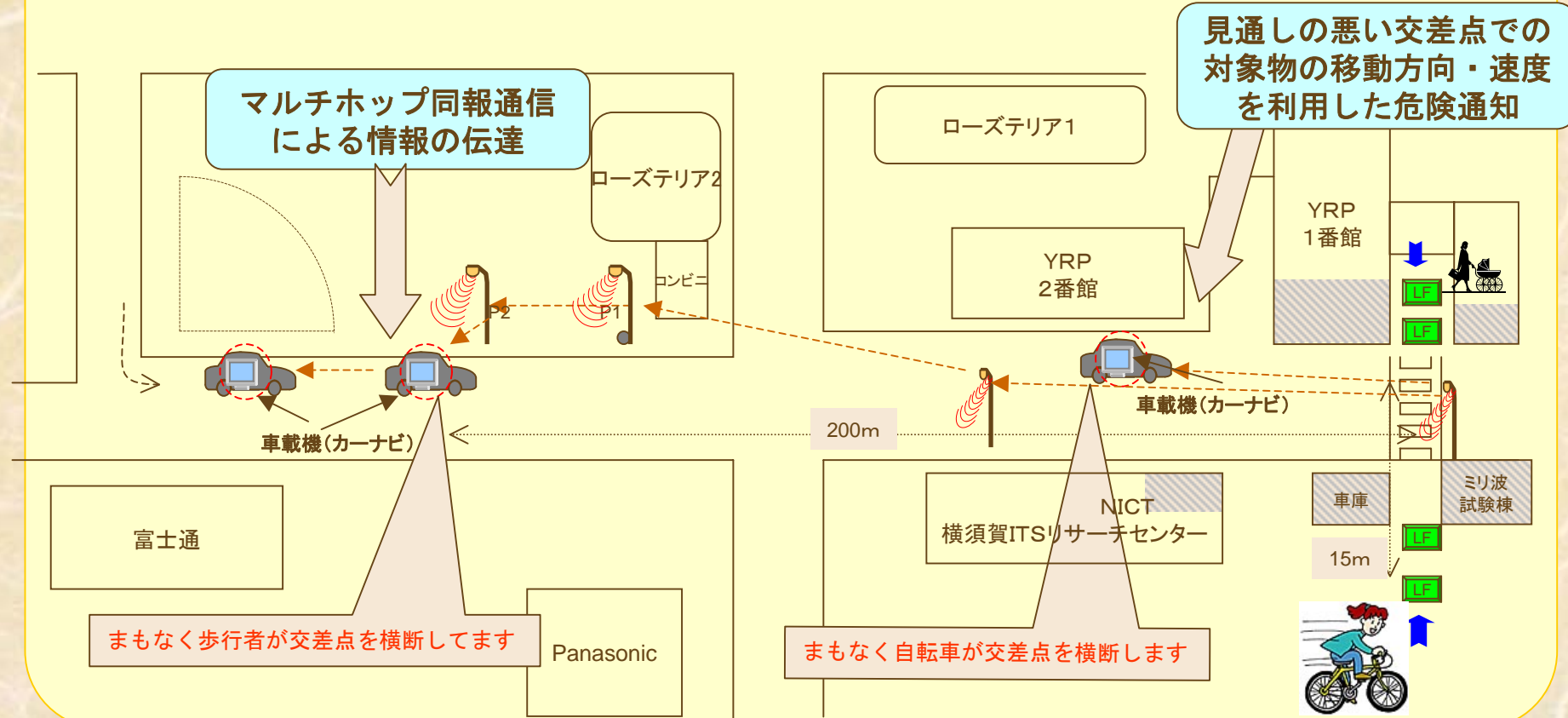
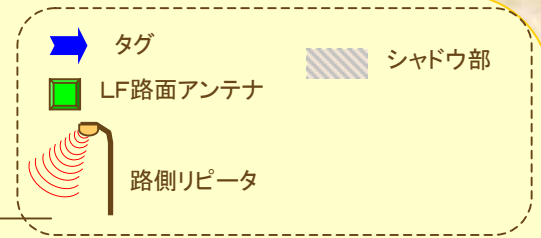
# 6-(1) 実証実験

## 実施概要(予定)

時期:平成19年度下期 場所:横須賀ITSリサーチセンター(YRP)

### 【デモ概要】

見通し悪い交差点点での飛び出し事故防止の  
車両等を利用したデモを実施



## 6-(2) 今後の技術課題

カテゴリ	課題	内容	備考
検出エリア	検出エリアの精度	LF電波域内での電子タグ検出位置の精度向上	
	検出間隔	電子タグ検出保証のためのLF電波送出タイミングのパラメータ調整	
	LF検出エリアの配置	多様な事故パターンに対応する検出方法のバリエーション検討	
電子タグ	処理速度の向上	チップ性能の向上による処理速度	
電波伝搬	UHF帯電波到達域の拡大	フェージング環境下における1mw出力での電波到達域の拡大	
	情報伝達保証	パケット欠落頻度の更なる削減の対策	
セキュリティ	乱数生成	推定不可能な乱数体系の電子タグへの実装	
HMI	運転者への通知頻度	情報通知が「狼少年」とならないための通知方法	
	運転者への通知方法	情報通信による注意散漫とならないための通知方法	

## 6-(3) 実用化に向けての課題

### (1) 周波数帯

**情報の即時性を鑑み、帯域確保⇒伝送速度向上が可能な周波数帯の検討**

### (2) 車載機

**ユビキタスツールとしての電子タグの情報取得が可能となる車載機の普及**

### (3) 電子タグの携行

**交通安全のみならず、多様なキラーコンテンツの普及が鍵(バリアフリーとの連携など)  
電子タグの単価軽減にもプラスに作用**

### (4) インフラ設置

**コスト低減のため、路面埋設以外の方法も考慮が必要  
電子タグ検出エリア動作のための給電(省電力化、太陽光給電等の検討)**

### (5) 機能の補完

**事故削減の効果向上のため、視野範囲の認識、地域の交通情報との連携が必要**

**御静聴ありがとうございました。**