

ETC料金所におけるリアルタイム 電波伝搬測定システムの開発

Propagation measurement system for
Electronic Toll Collection Systems (ETC)

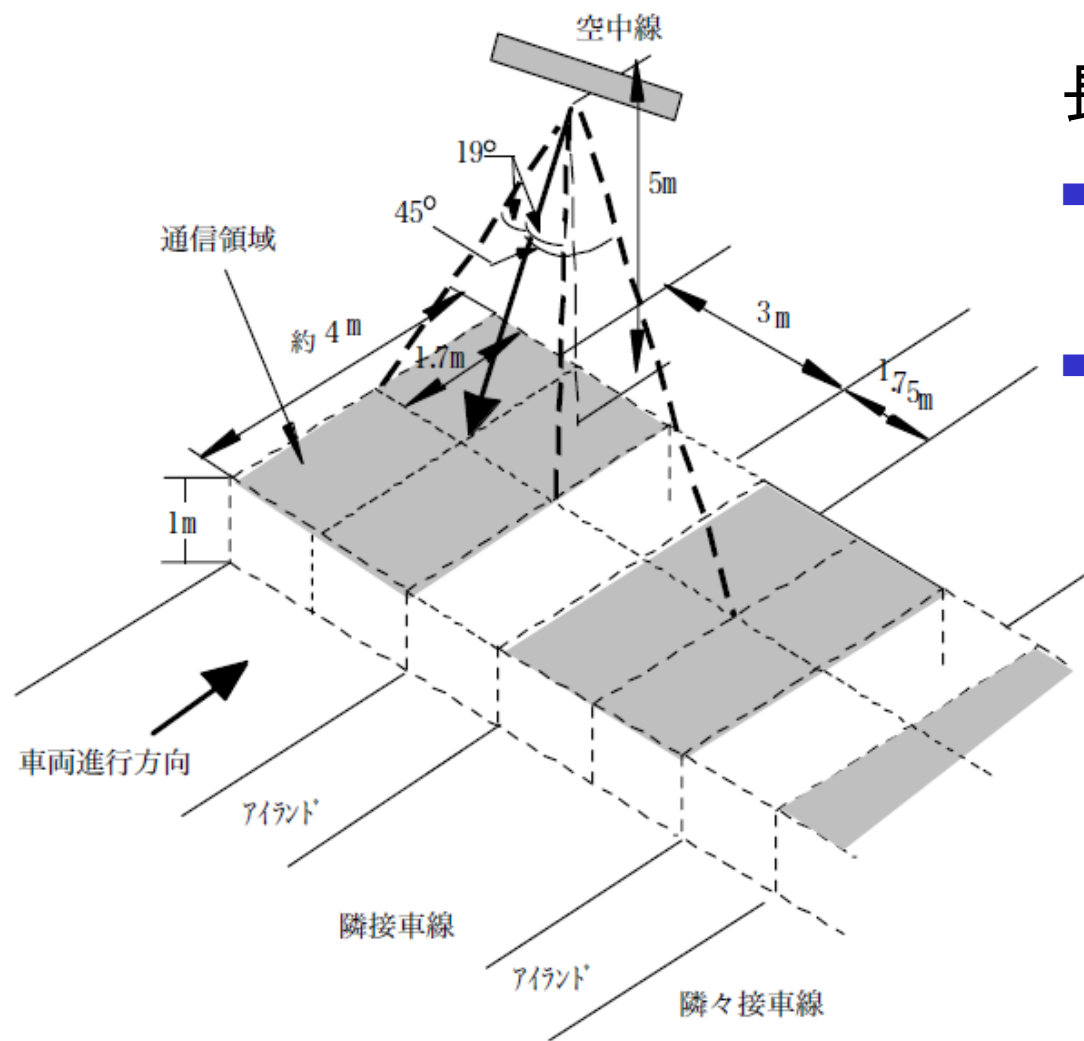
Minseok Kim

**Propagation Laboratory
Tokyo Institute of Technology**

ETC(自動料金收受システム)



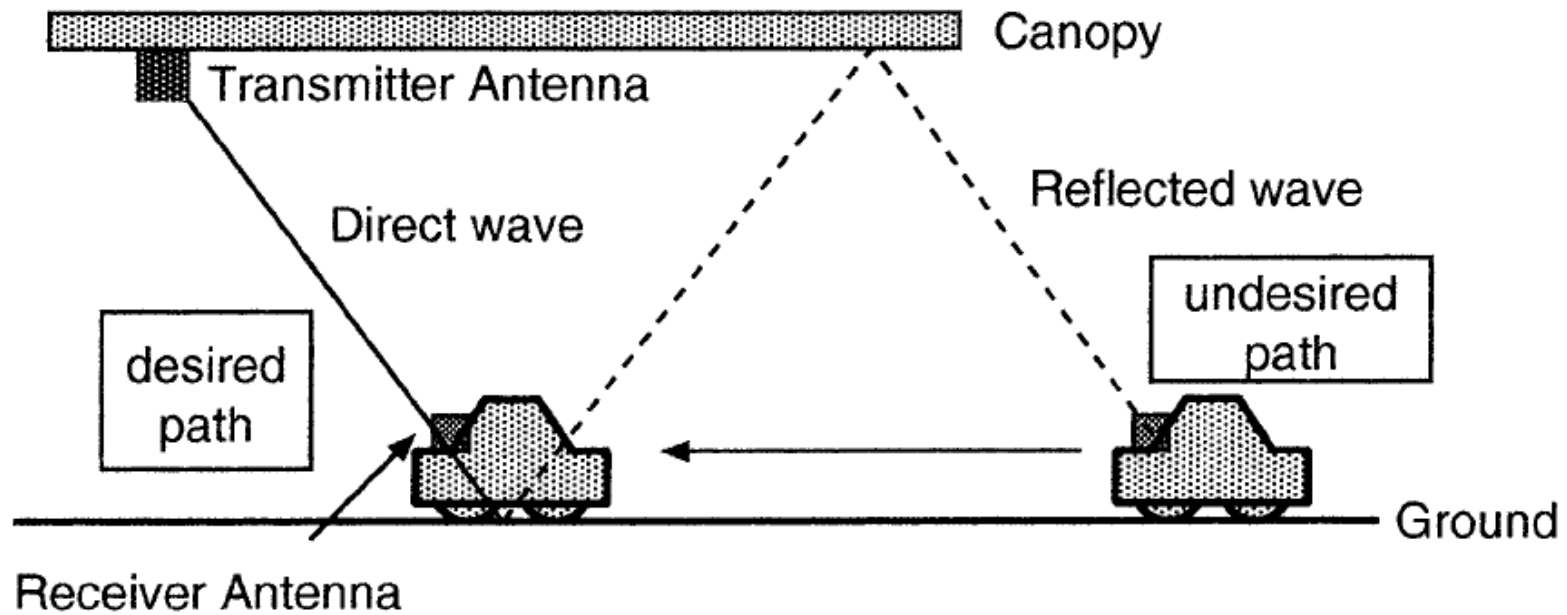
ETCゲートの通信領域



長方形の通信領域

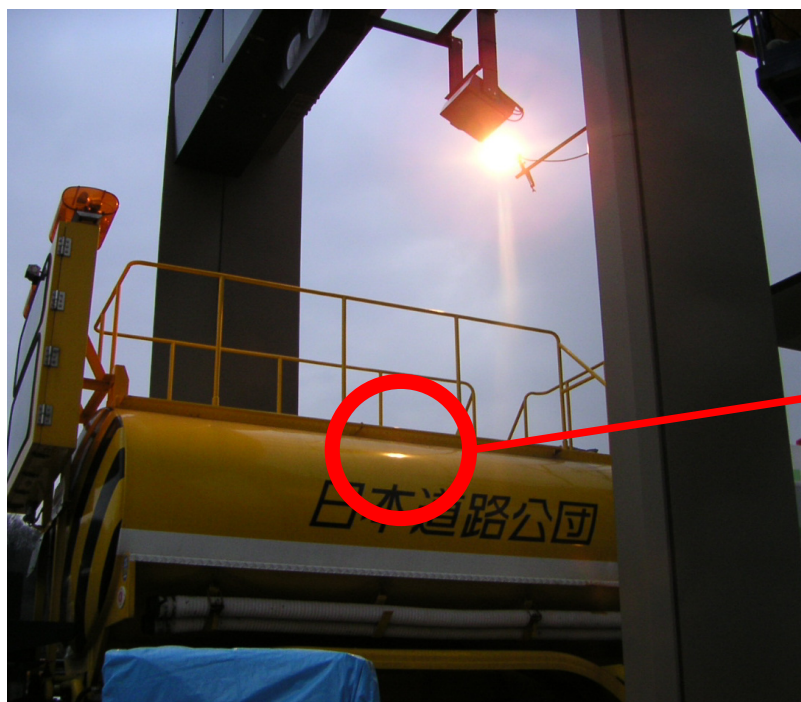
- マルチパスは無視
⇒オーバーリーチ
- 指向性のサイドローブは無視
⇒隣接レーンへの漏れ込み

マルチパスによるオーバーリーチ



大型車の散乱による隣接レーン干渉⁵

幾何光学的手法による散乱点同定



電波吸収体による対策



直張り補助マット
タイプの取付け



ETCガントリー下
部への取付け



パイプ ラス 構造の
屋根への取付け



音波も併せて吸収する
電波音波吸収体

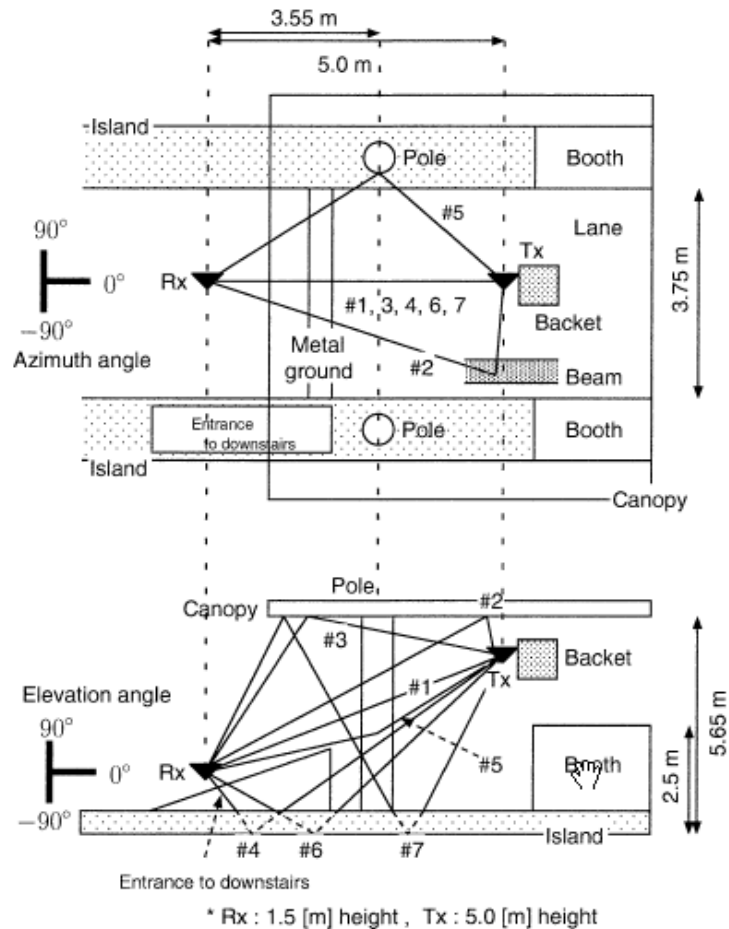


料金所横に設置された
透明電波吸収体



高入射角対応の不燃
タイプの電波吸収体

伝搬経路の同定



- アレーアンテナと広帯域信号を使用
- 伝搬経路毎の減衰量同定が可能
 - 吸収体施工の診断
 - 経年変化の診断

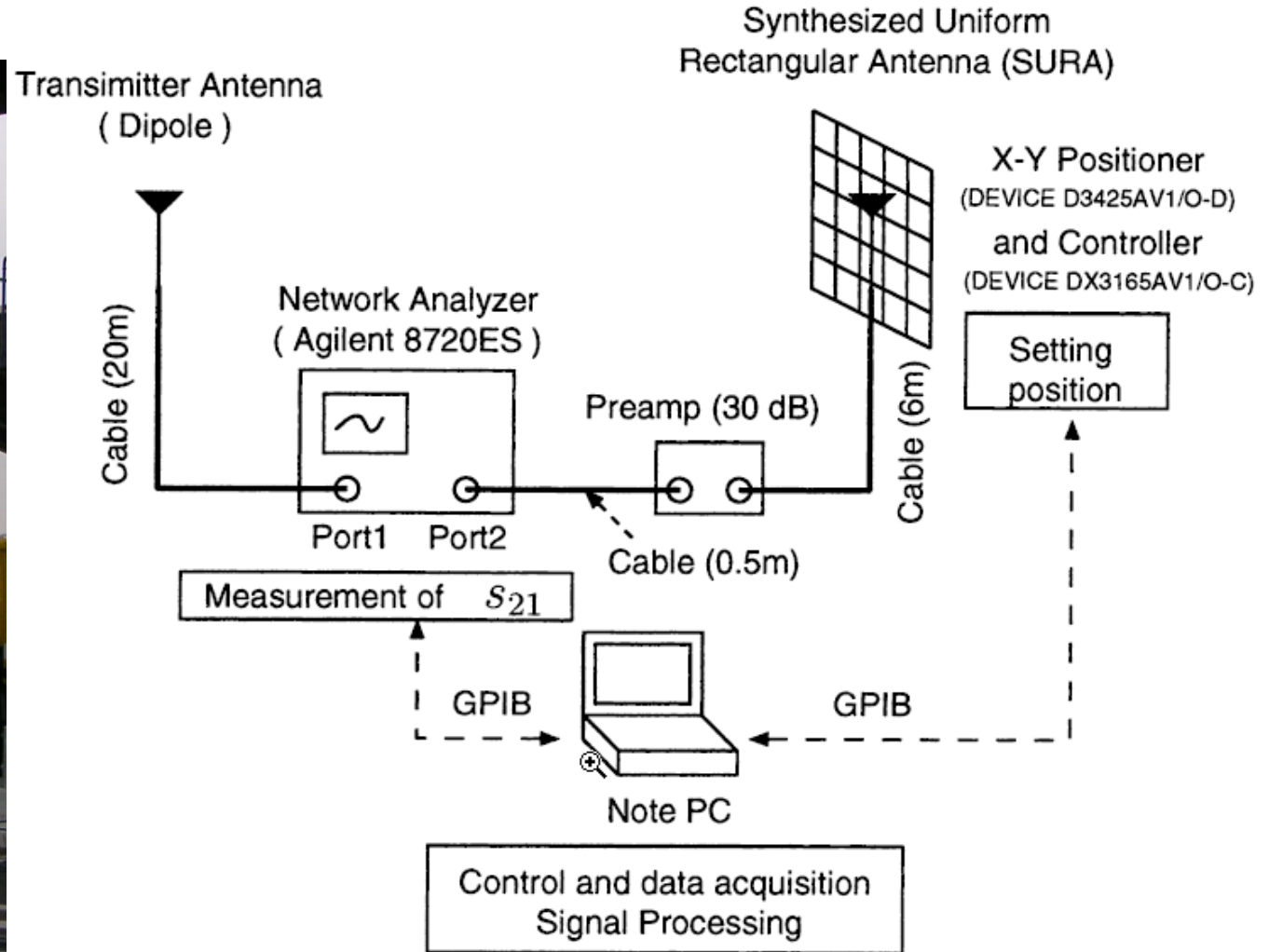
従来の測定法



- ・ ベクトルネットワークアナライザとアンテナポジショナ
 - ゲート閉鎖, 長時間測定 / 外部からの干渉波

従来の測定法

9



- ベクトルネットワークアナライザとアンテナポジショナ
 - ゲート閉鎖, 長時間測定 / 外部からの干渉波

本研究の目的

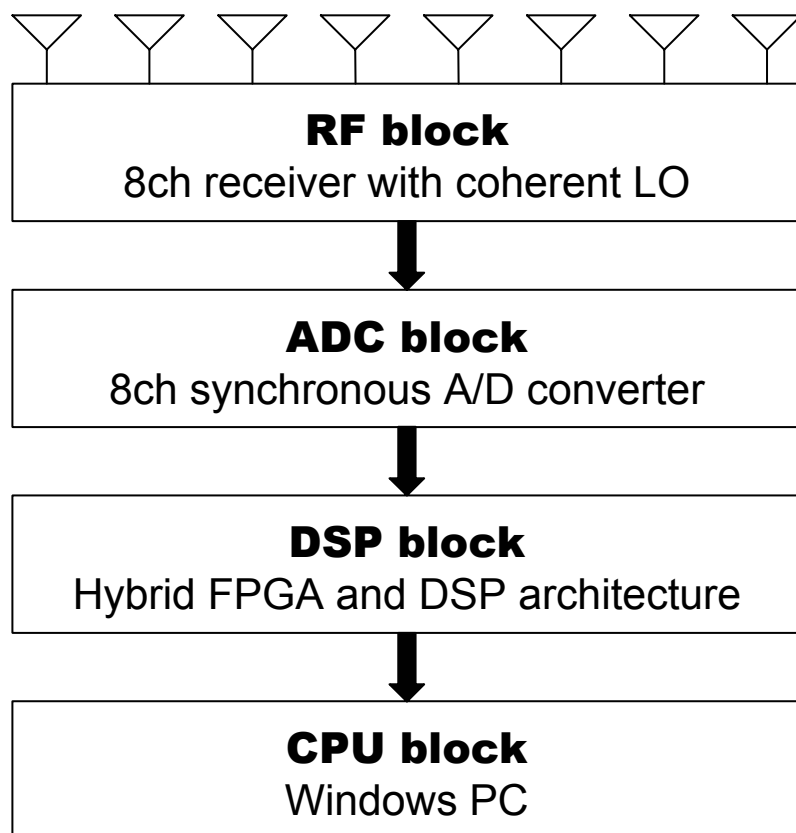
伝搬経路同定装置の実現

- 多重波分離:アレー受信機
- ETC実信号を使用:遅延は測定しない
- リアルタイム測定:ゲート閉鎖なし

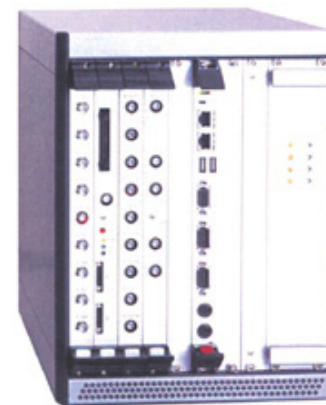
本報告の内容

- ・ 測定装置の構成
- ・ 測定原理
- ・ 信号処理の概要

測定装置の構成

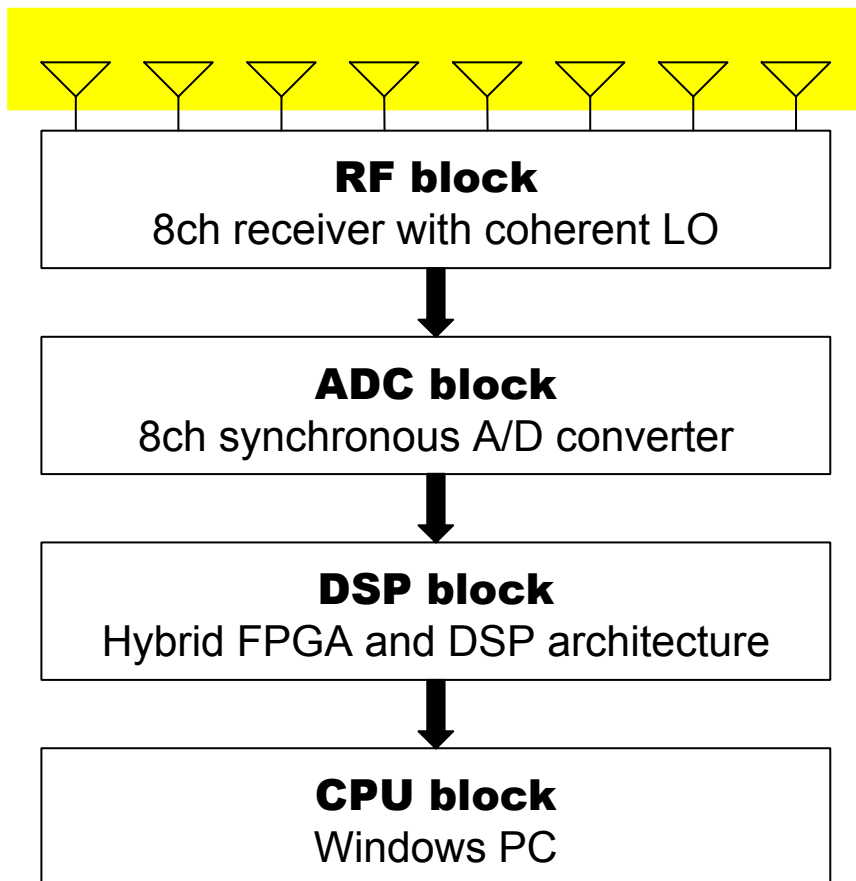


- MIMOソフトウェア無線
テストベッドの受信部を利用
- 光電製作所 E-1070



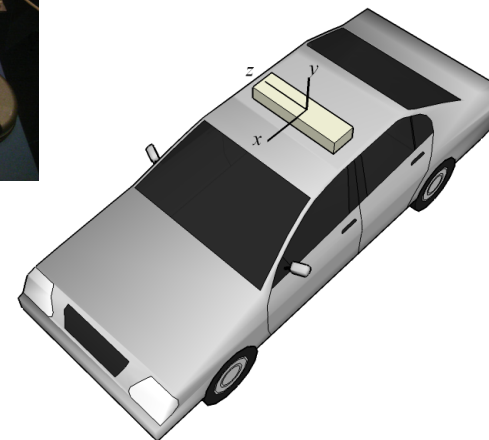
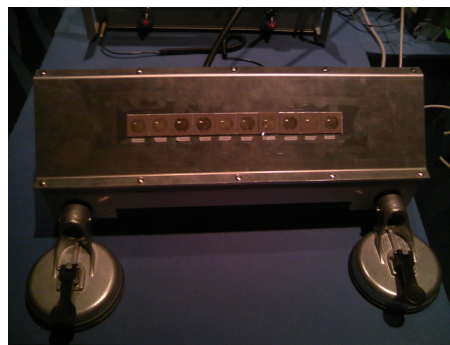
- アレーアンテナとRFは新規開発

測定装置の構成

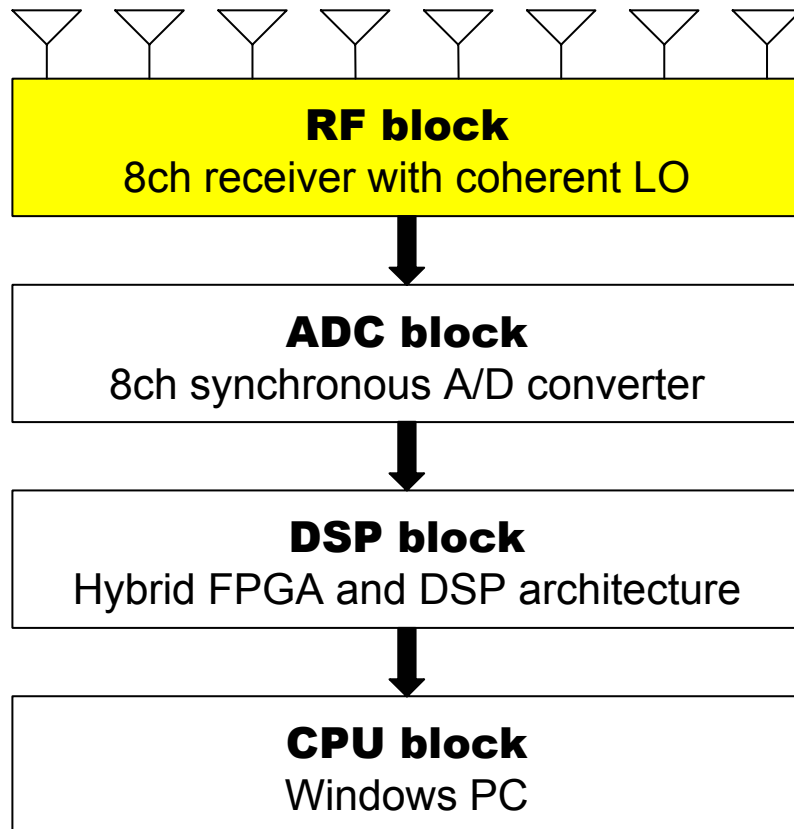


8素子アレーアンテナ

- 素子数=チャンネル数
- 円偏波
- 半波長リニアアレー
- 自動車屋根に取り付け



測定装置の構成

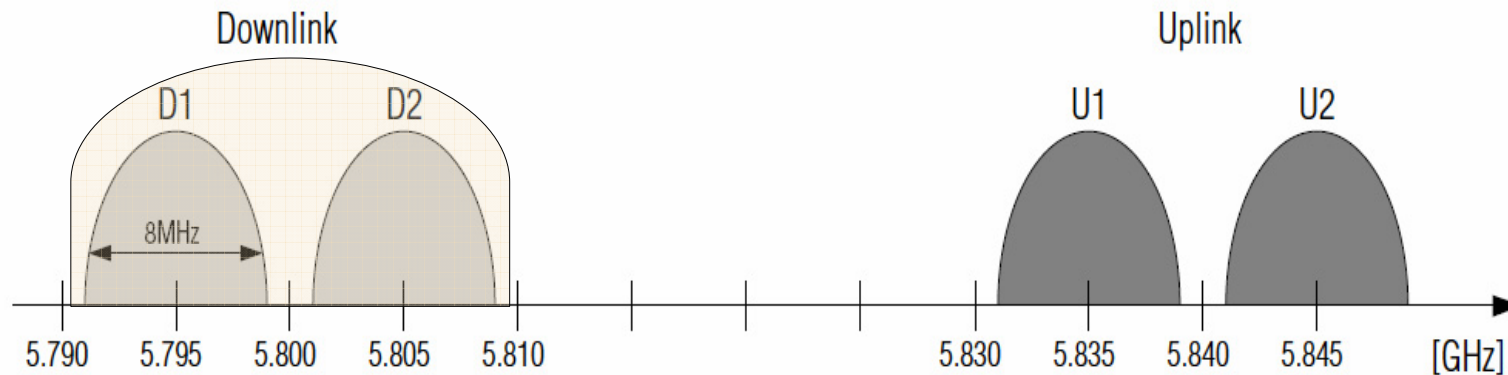


RFボード

- 共通LO
- ETC 2チャンネルを受信
 - 中心周波数
5.795 / 5.805 GHz
 - 占有帯域幅
4.4 MHz
- 最大入力 -10 dBm

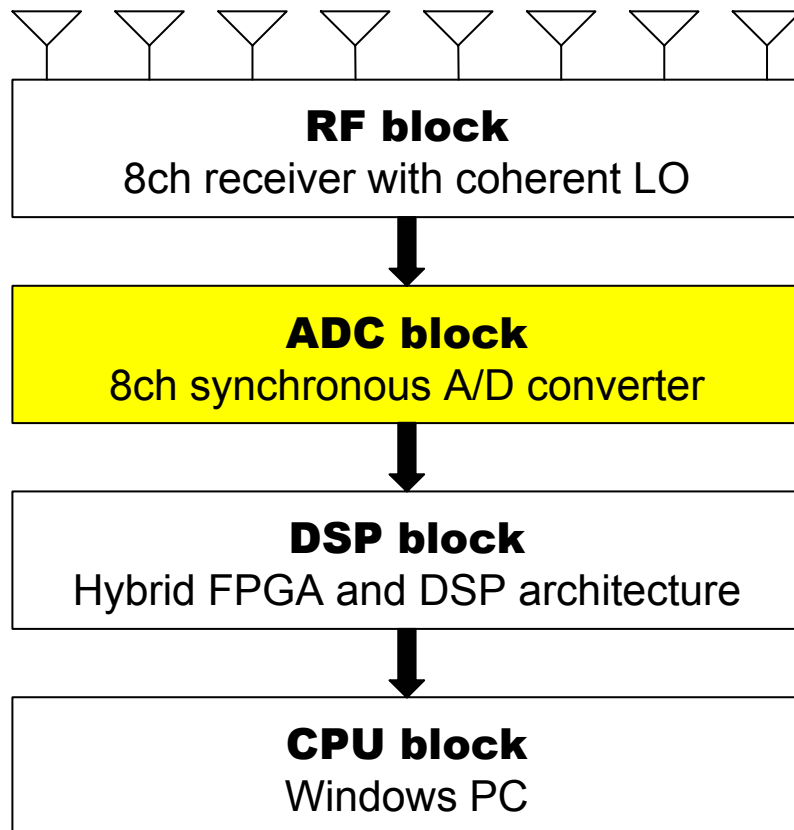
ETC信号仕様

受信機のLO=5.780GHz



Modulation	ASK split phase coding (binary, duty 1/2)
Symbol rate	1024 k symbol/s
Carrier frequency	D1:5.795 GHz, D2:5.805 GHz
Roll off filter	cosine roll off, $\alpha = 1$
Occupied bandwidth	4.4 MHz
Rx power range	-39.6 ~ -60.5 dBm
Rx threshold	-70.5 dBm

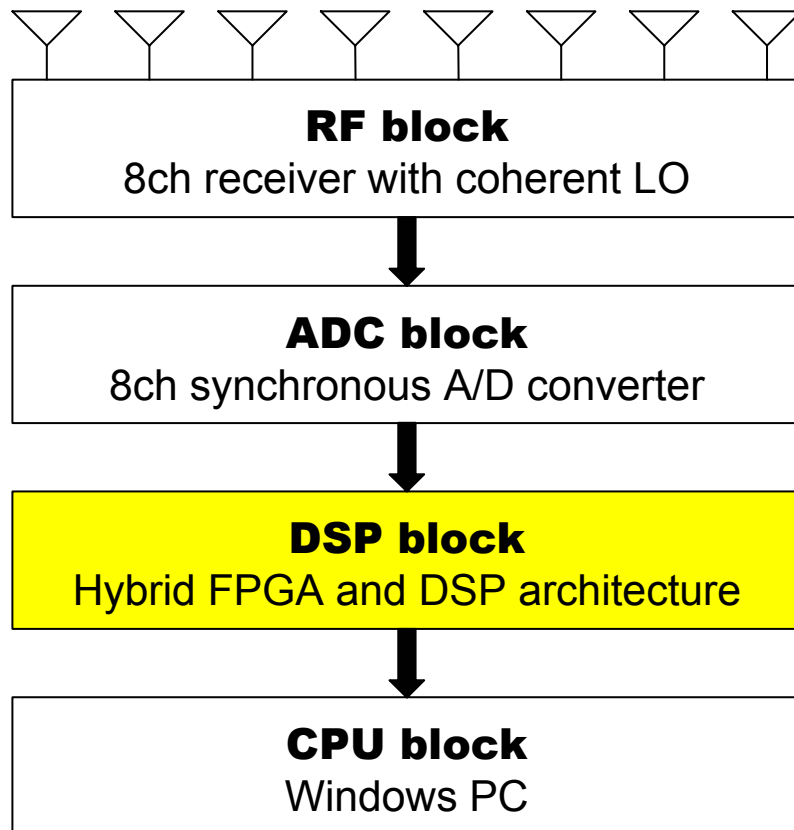
測定装置の構成



ADCボード

- 8ch 同期サンプリング
 - 20~80 MHz, 14 bit
- 低IF信号を入力
 - チャンネル数節約
- FIFOメモリ
- FPGA
 - デジタルダウン
コンバージョンなどの
高速な処理

測定装置の構成

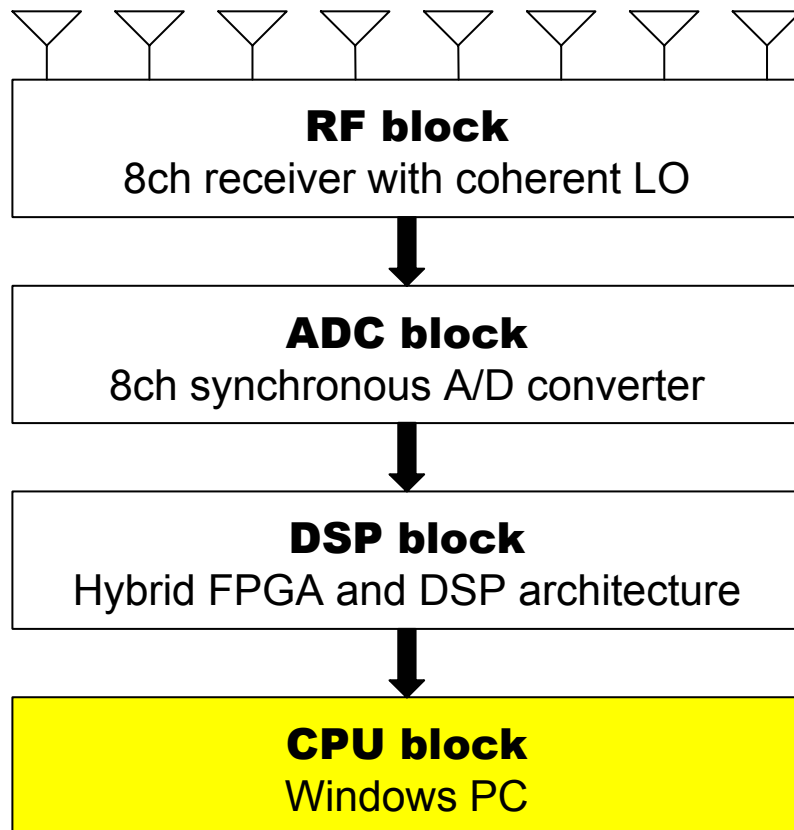


DSPボード

- ハイブリッドアーキテクチャ
 - FPGA:
単純で高速な処理
 - DSP:
複雑な処理
- 本システムでは単にバッファメモリとして使用予定

測定装置の構成

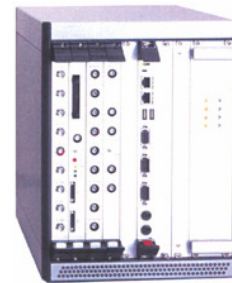
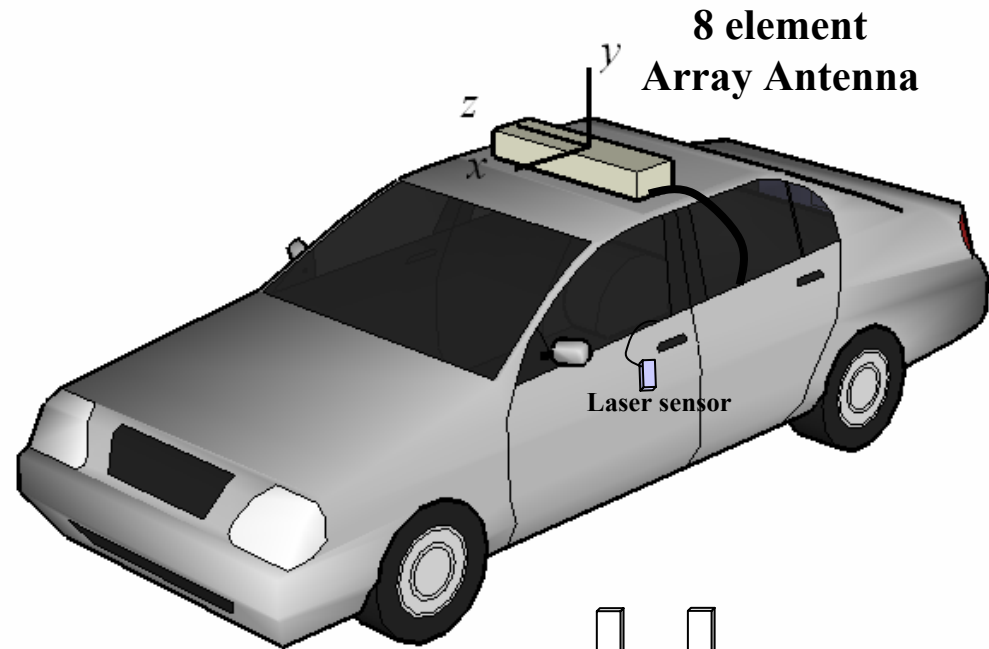
17



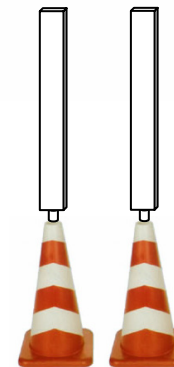
CPUボード

- Windows PC (cPCI)
 - 各ボードの設定
 - ユーザインタフェース
 - 非リアルタイムデータ処理

測定設備

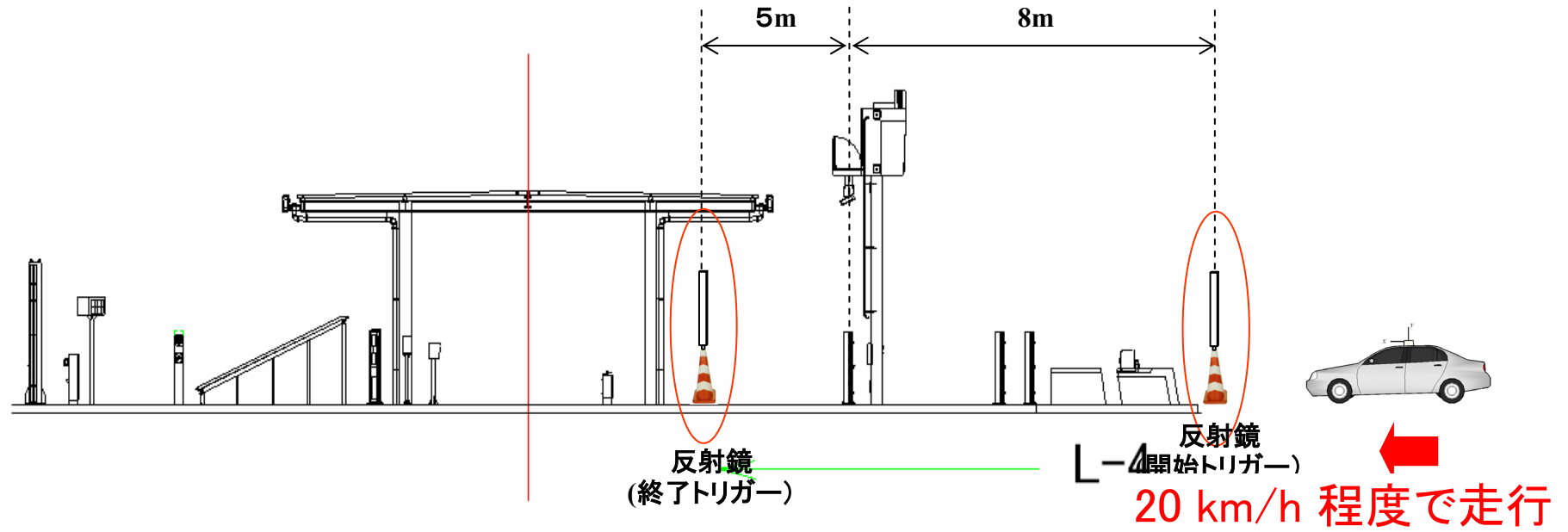


サウンダー(光電製)



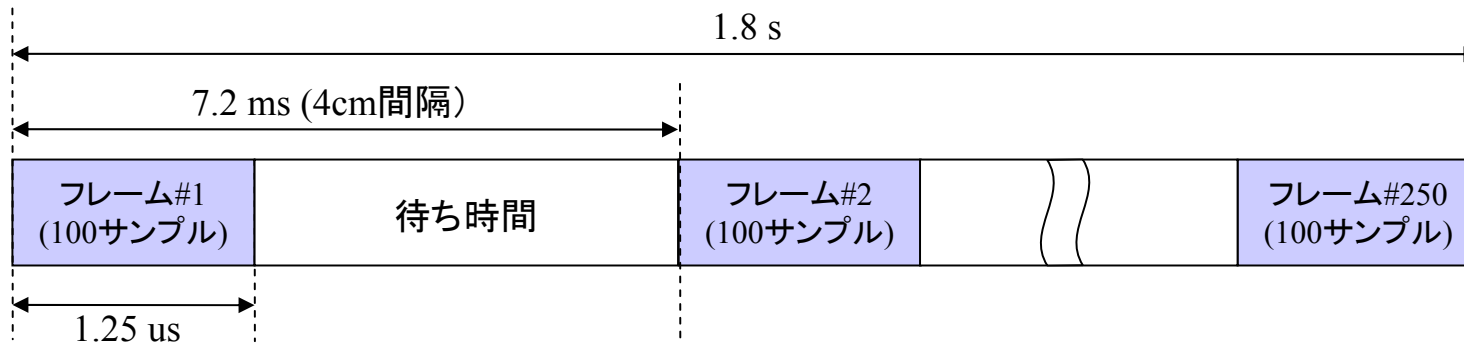
反射鏡×2

測定方法

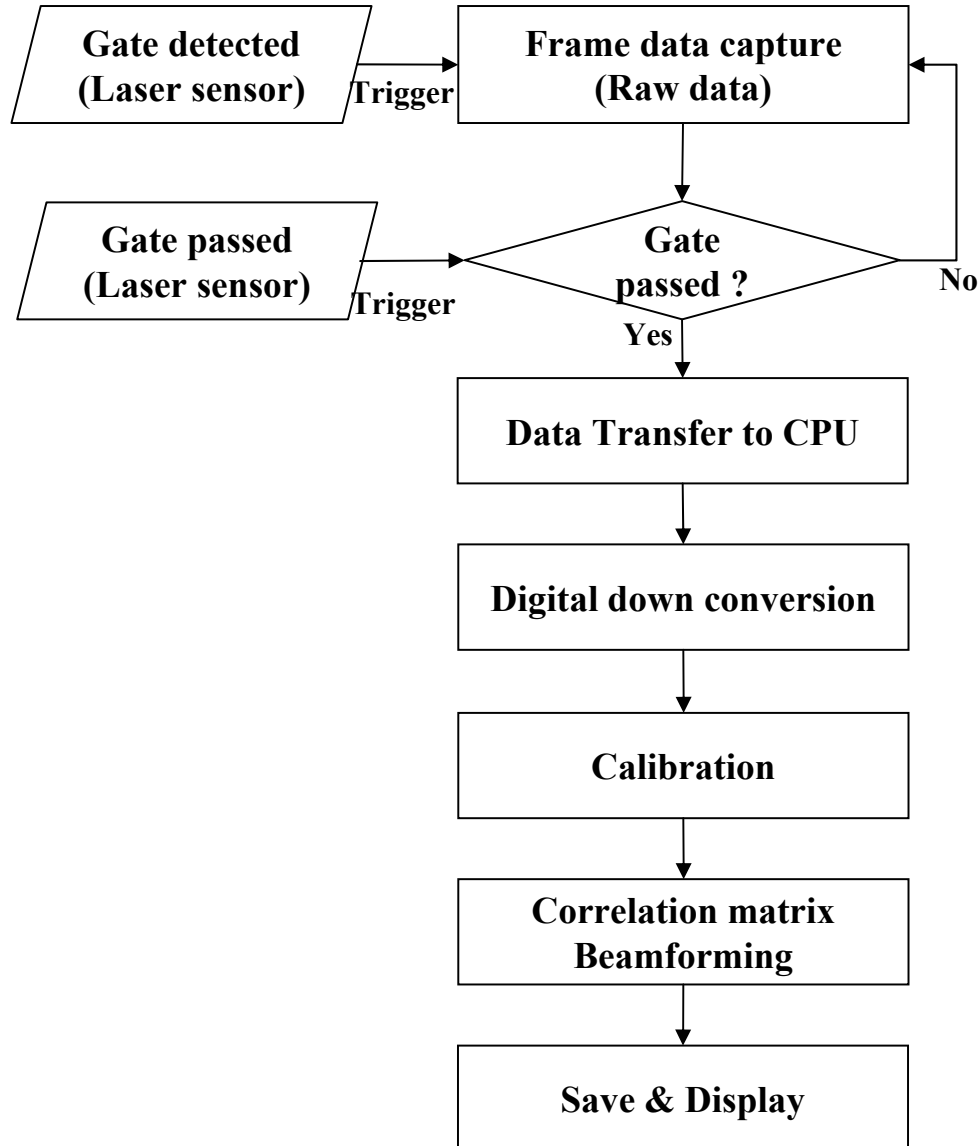


X=0 [meter]
測定開始トリガー

X=10 [meter]
測定終了トリガー



信号处理手順

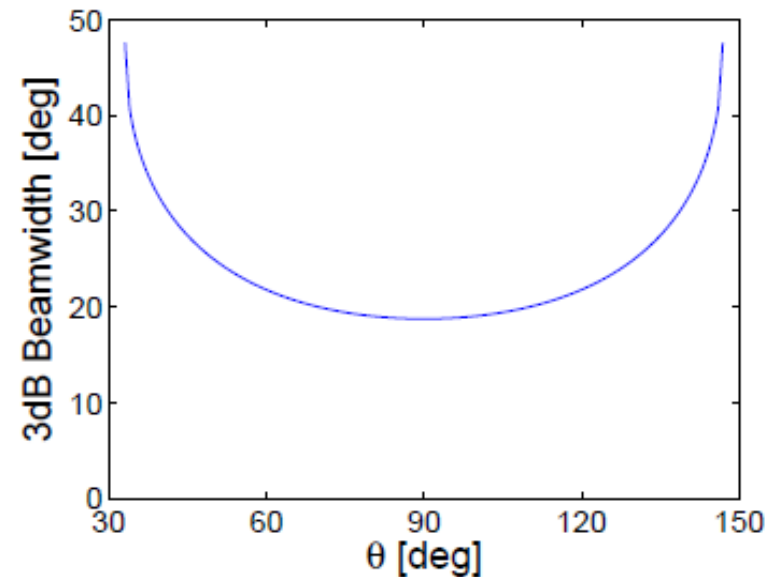
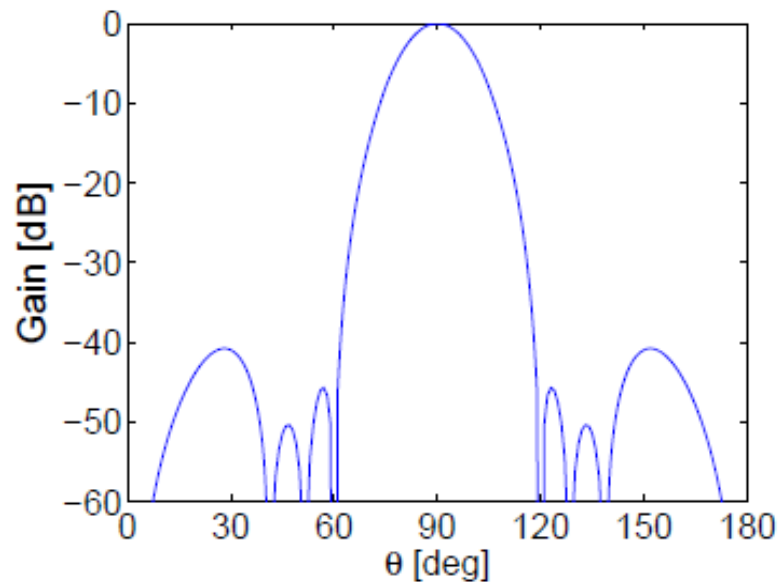


信号処理

ビームフォーミング

$$P(\theta) = \mathbf{w}^H(\theta) \cdot \hat{\mathbf{R}} \cdot \mathbf{w}(\theta)$$

- ハミング窓関数
 - 分解能を犠牲にしてサイドローブを40dB以下に下げる



信号処理

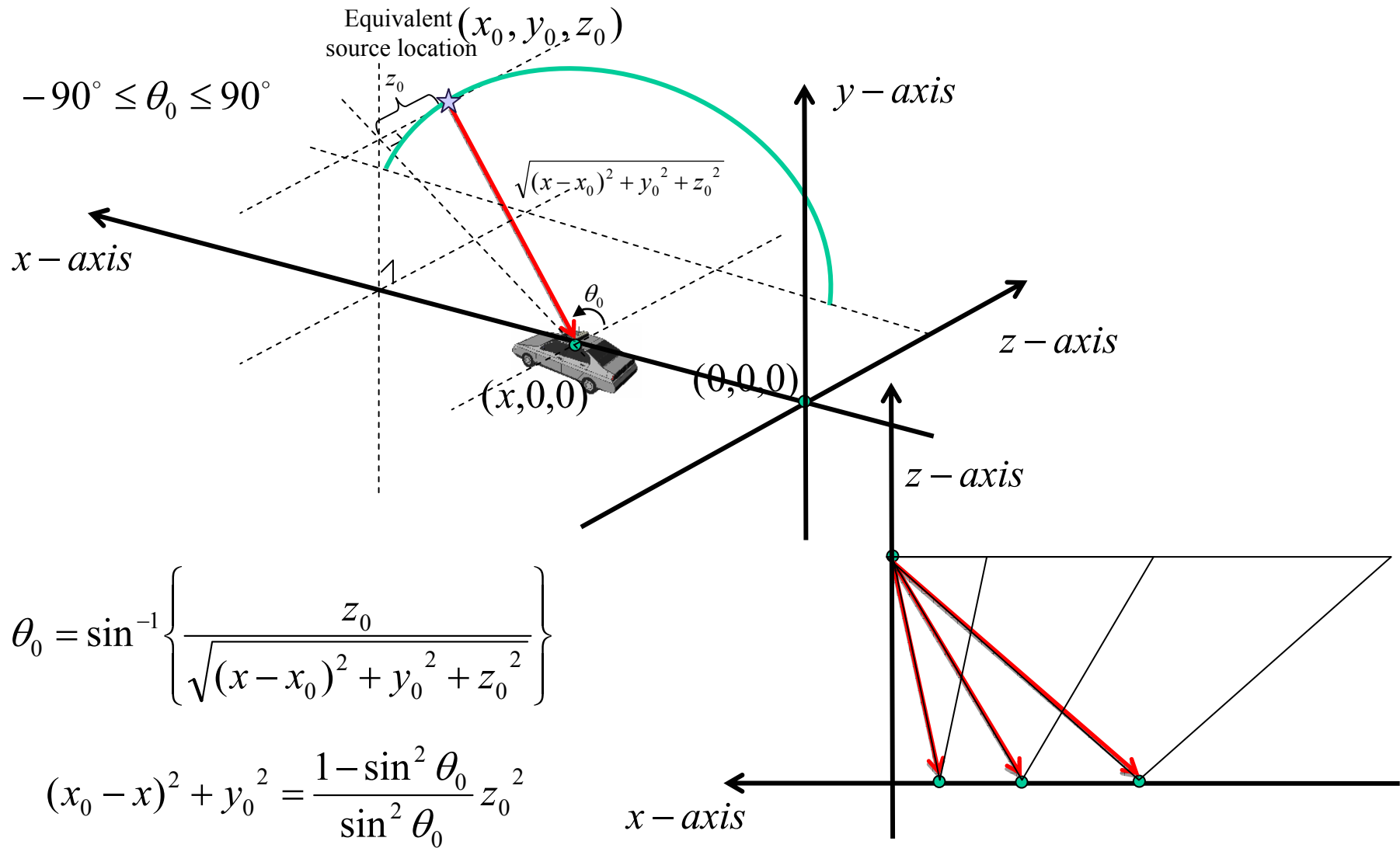
等価波源点の同定

- リニアアレー単体では1軸方向推定しかできない

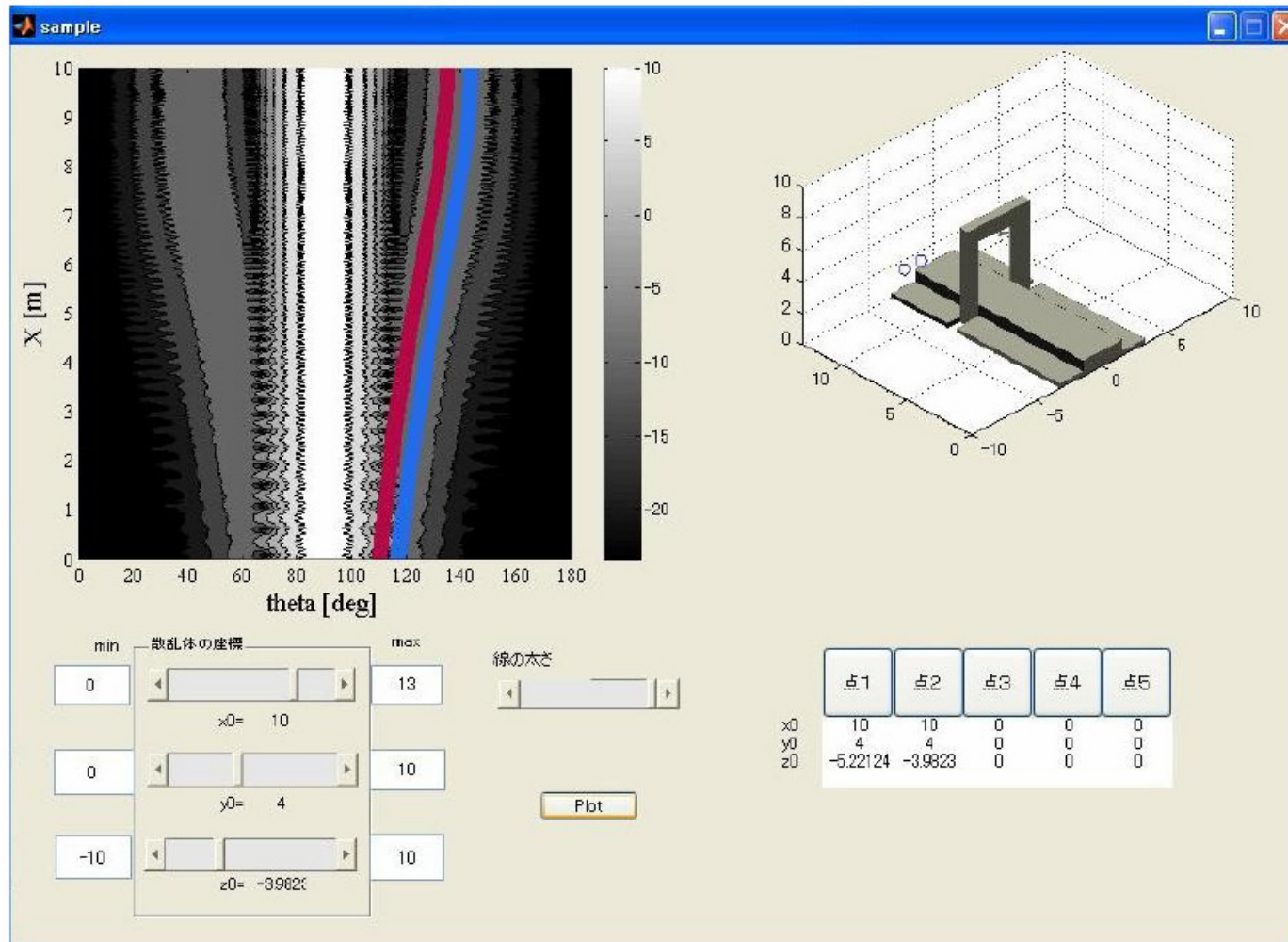


- 連続測定による等価波源点の同定
 - 異なる測定点の信号をコヒーレント合成することは困難.
 - ピークの場所変化から推定

到来方向の推定



ビームフォーミング出力



正面と左右にピーク: 分離受信は可能
 直接波と天井・路面反射波は分離不可

測定系のキャリブレーション

アレーアンテナとケーブル

- 固定的な特性とみなす
- マニフォールドデータを暗室で事前に測定

受信機

- 温度特性の影響：オンサイトでの校正が必要
- 標準信号発生器が必要：全8チャンネル

まとめ

ETC料金所におけるリアルタイム電波伝搬測定装置

- ソフトウェア無線テストベッドを用いたアレー受信機
- 仕様とデータ処理の流れ
- シミュレーションによる動作予測

現在のステータス

- ・ フィールド(料金所もしくは模擬サイト)での試験
- ・ データの解析