



AP研究会  
2012.11.16

# マルチパスリッチ環境を 実現する電波反射箱 [IV]

## -反射箱内の周波数依存性-

Fatahuddin Tamrin\* 大島 一郎\*\* 唐沢 好男\*

\* 電気通信大学

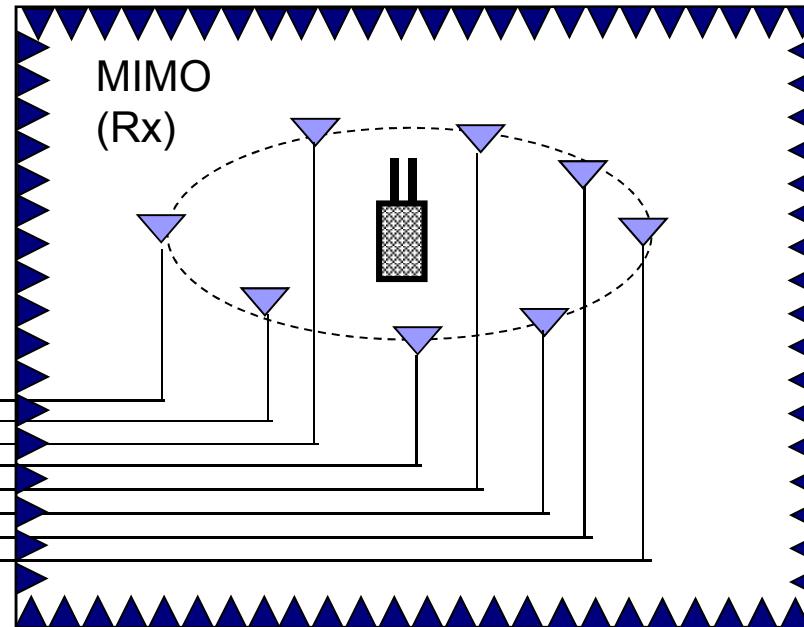
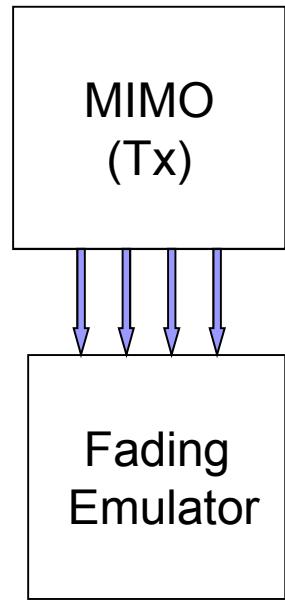
先端ワイヤレスコミュニケーション研究センター(AWCC)

\*\* 電気興業



## 発表の内容

- 1) MIMO-OTAとは
- 2) 電波反射箱とは
- 3) 電波反射箱の基本特性(周波数特性)
  - 受信強度分布
  - 遅延スプレッド
  - 空間相関
  - XPR
  - クワイエットゾーン
- 4) 応用例
- 5) まとめ



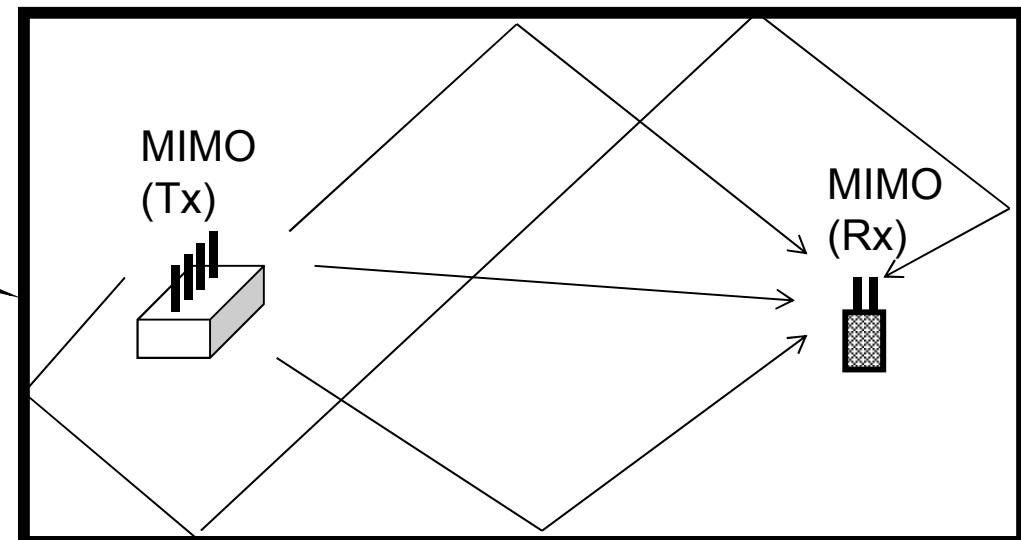
## MIMO-OTA の2方式

フェージング  
エミュレータ型 (FE)

- 種々の機能を入れやすい
- パラメータ制御の柔軟性
- 高構築コスト

電波反射箱型  
Reverberation Chamber (RC)

- 遅延を伴う、マルチパス  
リッチ環境
- 低構築コスト
- パラメータ制御の非柔軟性



## 4mx2mx2mの電波反射箱(Reverberation Chamber)



なぜ、 $4(m) \times 2(m) \times 2(m)$ のサイズか？

- 遅延の大きさが $1\mu s$ 以上であるマルチパス環境を作りたい
- 人間が入って作業しやすい
- 屋内に設置できる
- $2(m) \times 1(m)$ の定尺サイズのパネルで組み立てたい

# 実験の方法

## 測定パラメータ

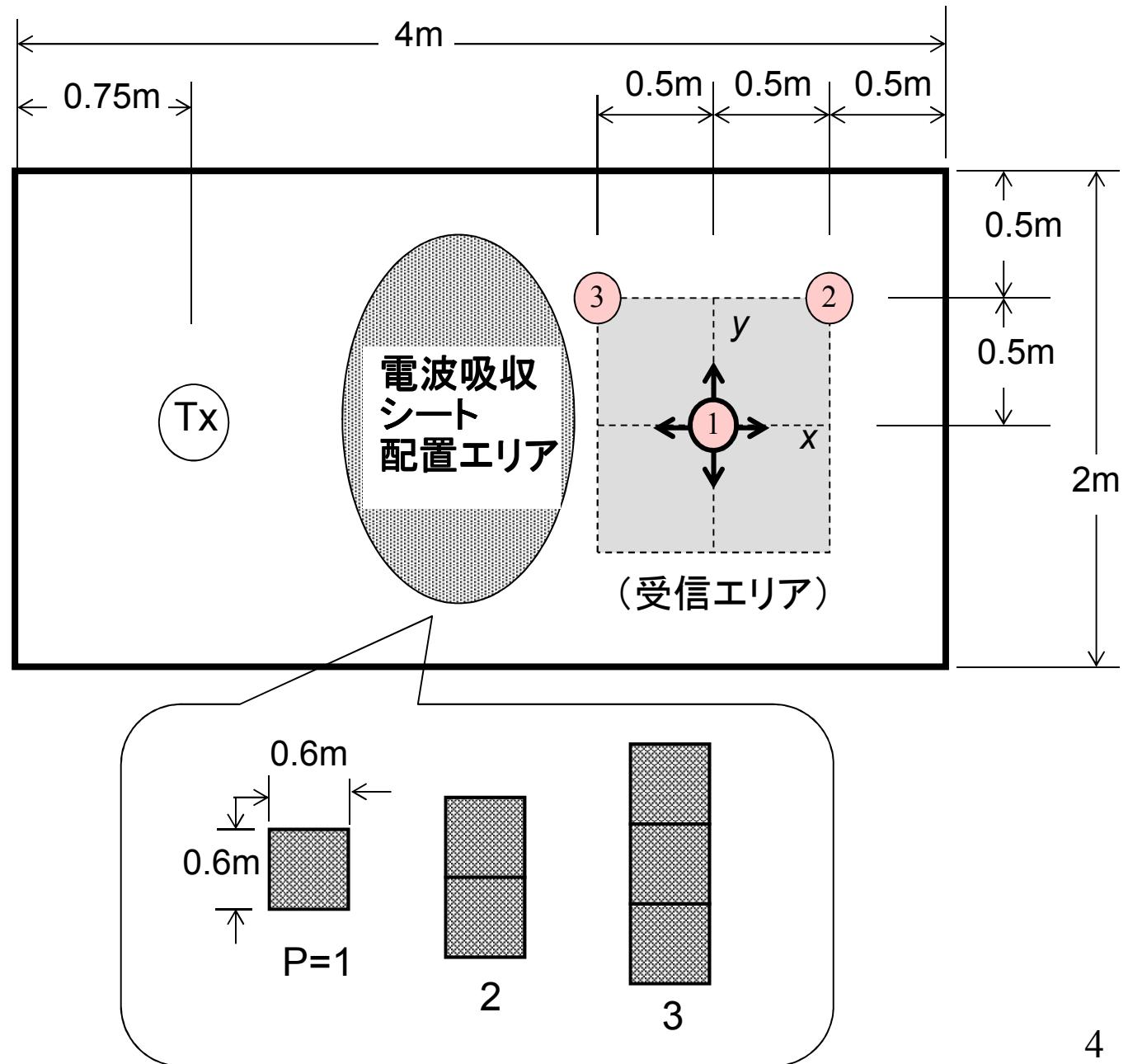
1.  $f = 5, 3.5, 2, 0.8$  GHz

2. 送受信偏波  
 $V \rightarrow V, V \rightarrow H$

3. 空間移動方向  
 $y$ 基本,  $x, z$

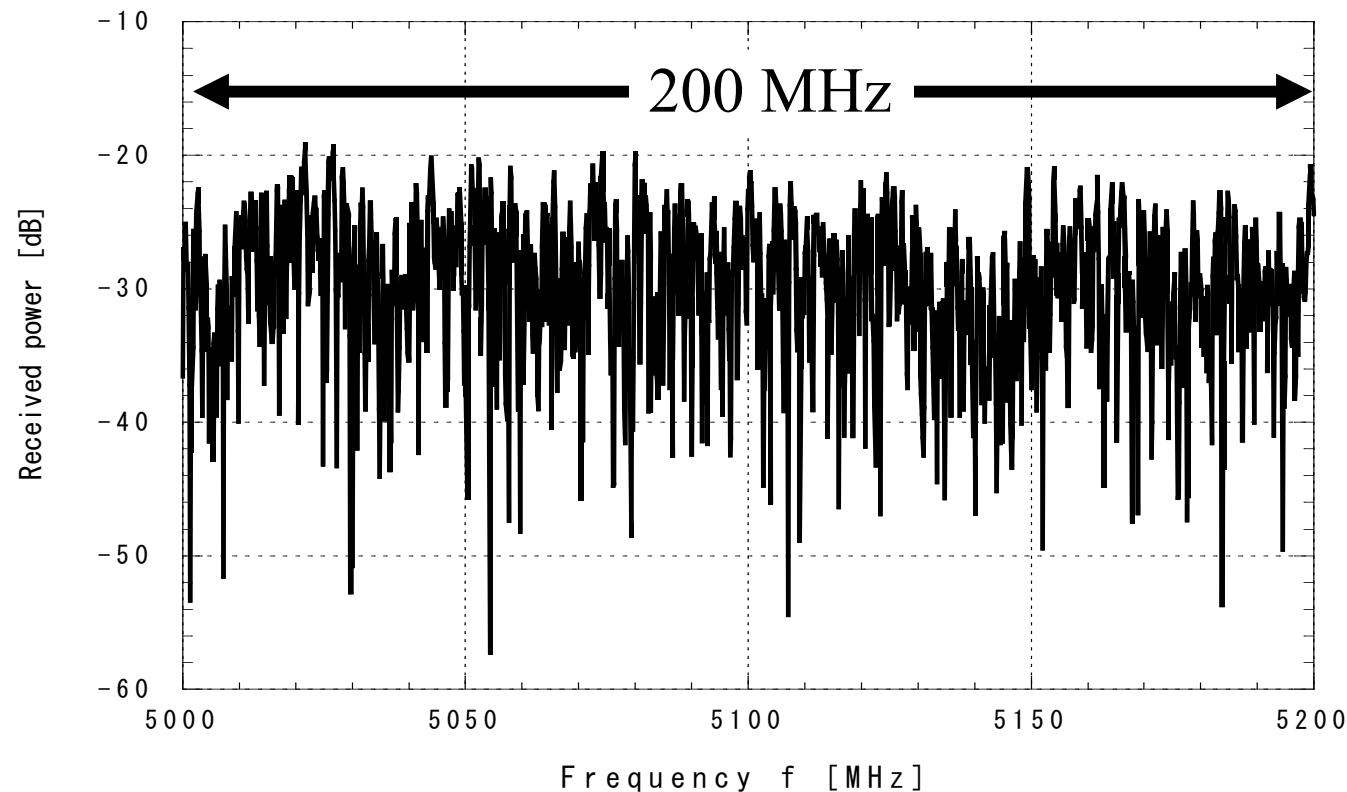
4. 吸収シート  
 $0 \sim 3$

5. 測定ポジション  
 $①, ②, ③$



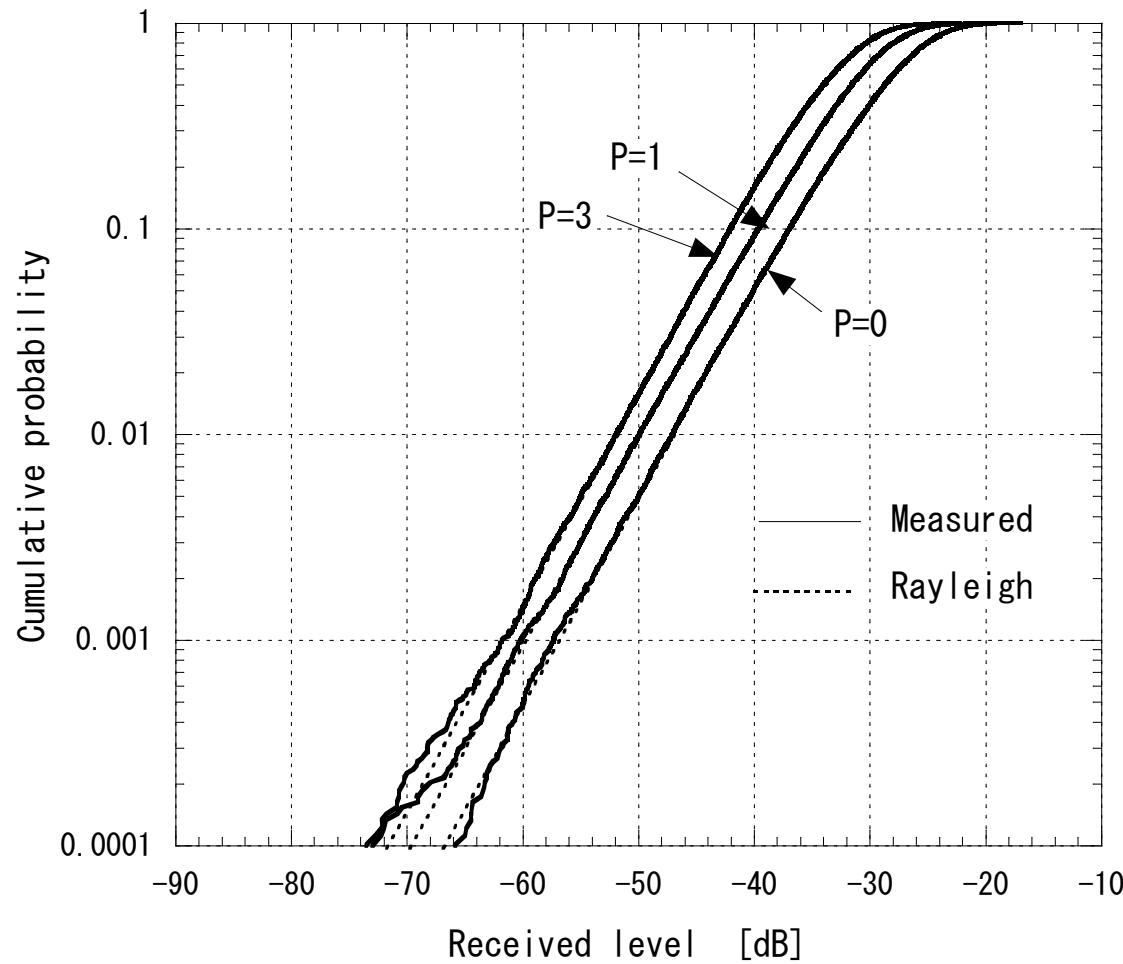
# 基本ブロックデータ

測定基本データ(生データ)の一例 (周波数 5 GHz, 偏波 V-V, 移動方向 y,  
シート数 0, ポジション ①)



- ・周波数軸上に、レイリーフェージングが発生している(1,601ポイント)
- ・空間的に測定位置をずらして、ブロック数を多くし(ブロック数:61)、総合データ数を増やす

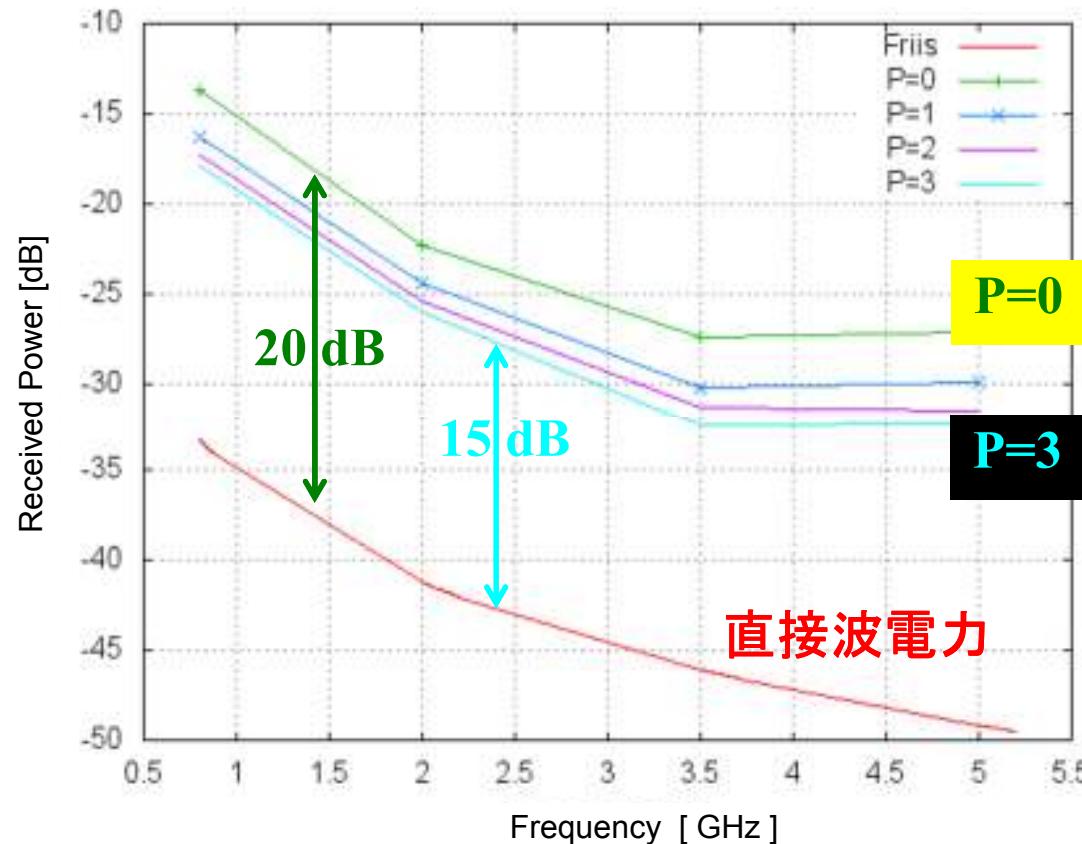
## 受信レベル



周波数 5 GHz  
偏波 V-V  
移動方向 y  
ポジション ①

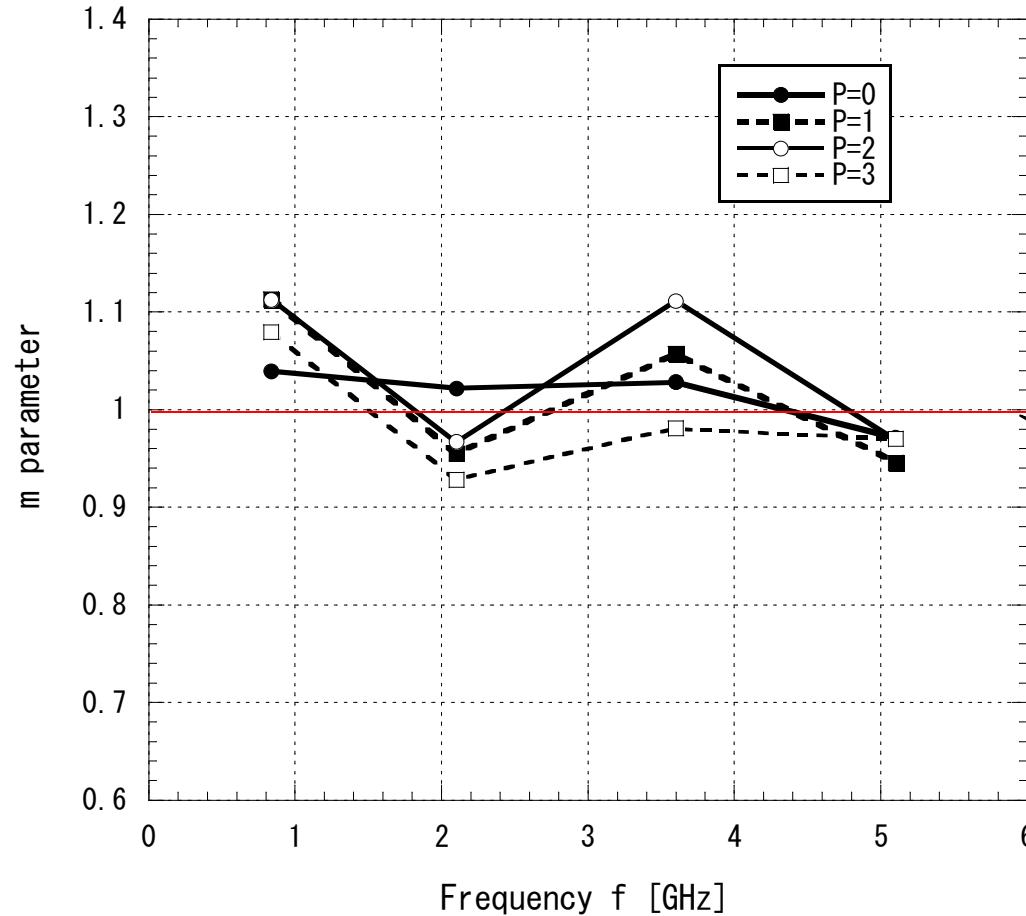
吸収シートの有無によらずレイリーフェージング環境が実現できていることがわかる

## 平均受信レベルの周波数依存性(送信出力を基準とした受信電力)



- ・周波数が小さいほど平均受信レベルは大きくなる( $f^2$ の特性に近い)
- ・吸収シート無では、直接波のレベル(Friisの公式で計算)より20dB(100倍)以上強い
- ・吸収シート3枚入れても15 dB以上、マルチパス電力が強い

## 受信振幅のm分布近似におけるパラメータm値

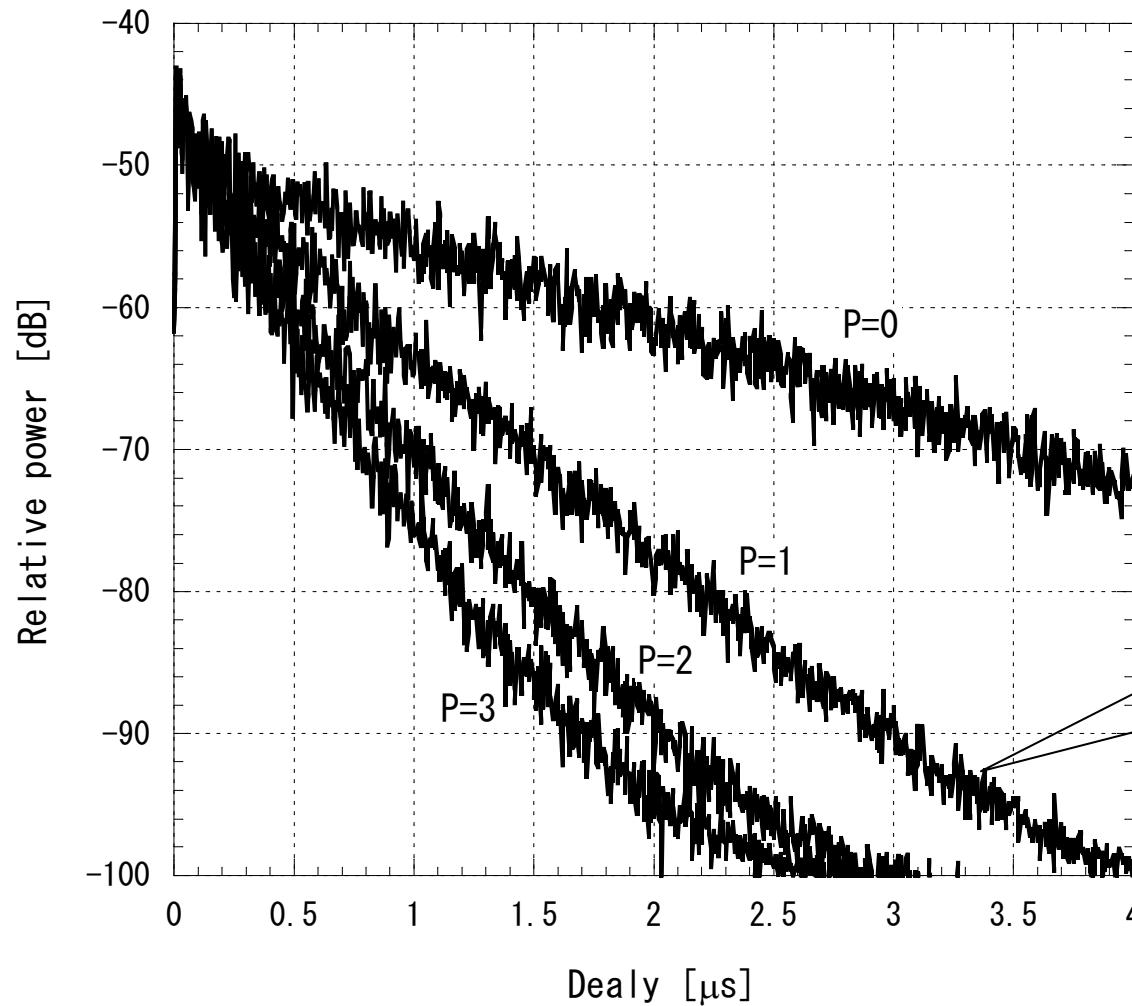


偏波 V-V,  
移動方向 y,  
ポジション ①

レイリー分布では  
 $m=1$  になる

- P=0では、m=1(レイリー分布の理論値)に対して $\pm 0.05$ 以内の誤差で一致
- P=0~3 の範囲でも、 $\pm 0.1$ の誤差で収まっている
- きわめて正確な、レイリー分布が実現されていると結論できる

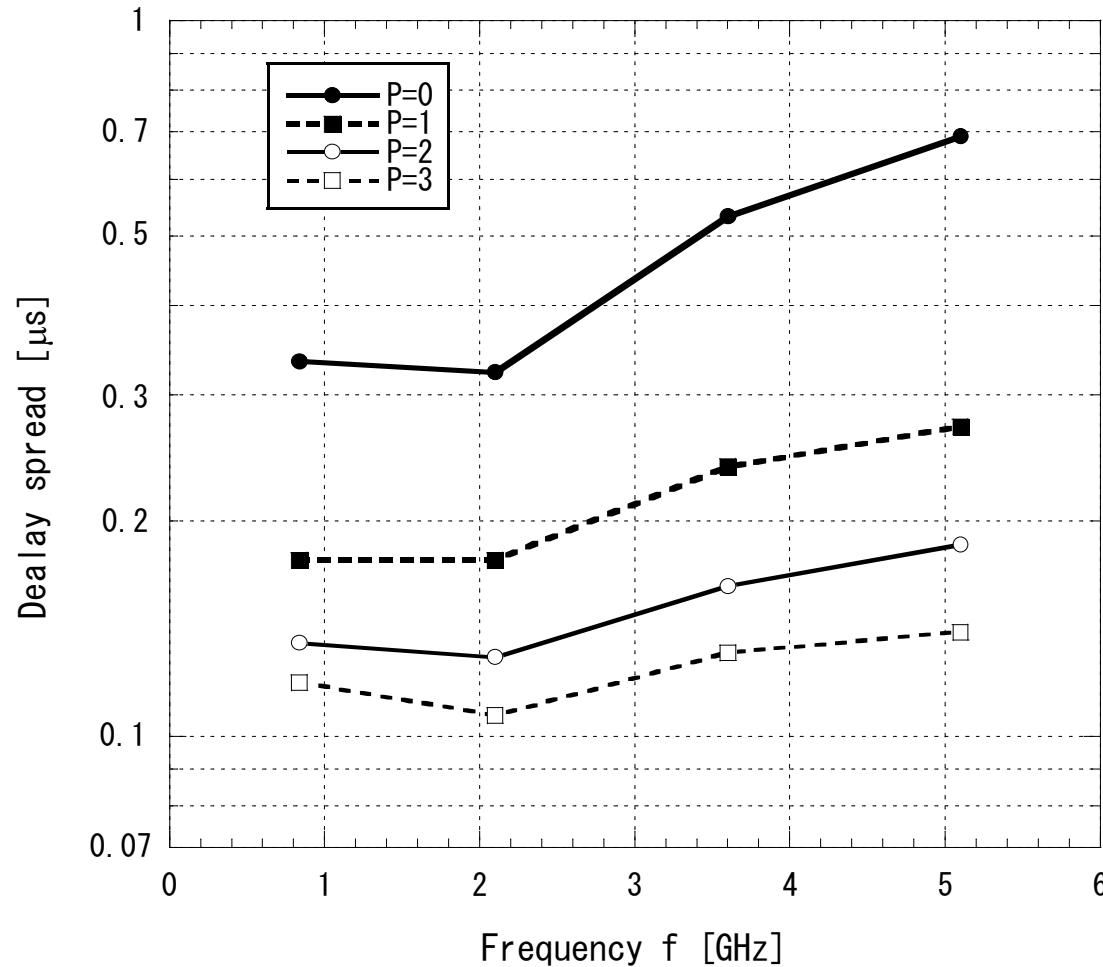
## 遅延特性の吸収シートによる制御



$f = 5\text{GHz}$   
Pol. : V-V

吸収シートで  
遅延特性を大きく  
制御できる

## 遅延スプレッドの周波数依存性



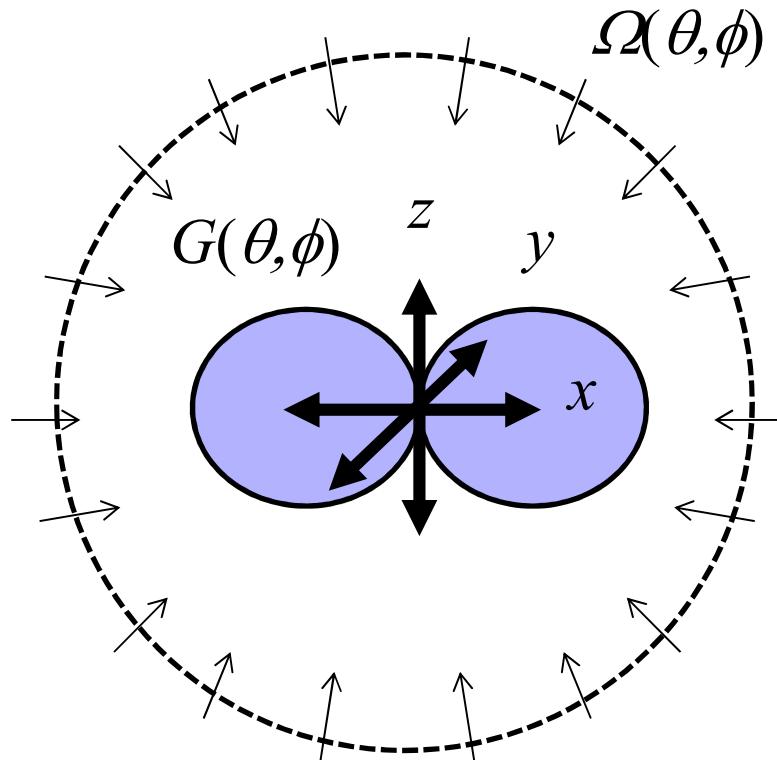
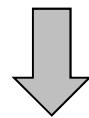
偏波 V-V,  
移動方向 y,  
ポジション ①

この周波数特性はどう説明できるか？

## 空間相関:理論

$$\Omega(\theta, \phi) = \frac{1}{4\pi}$$

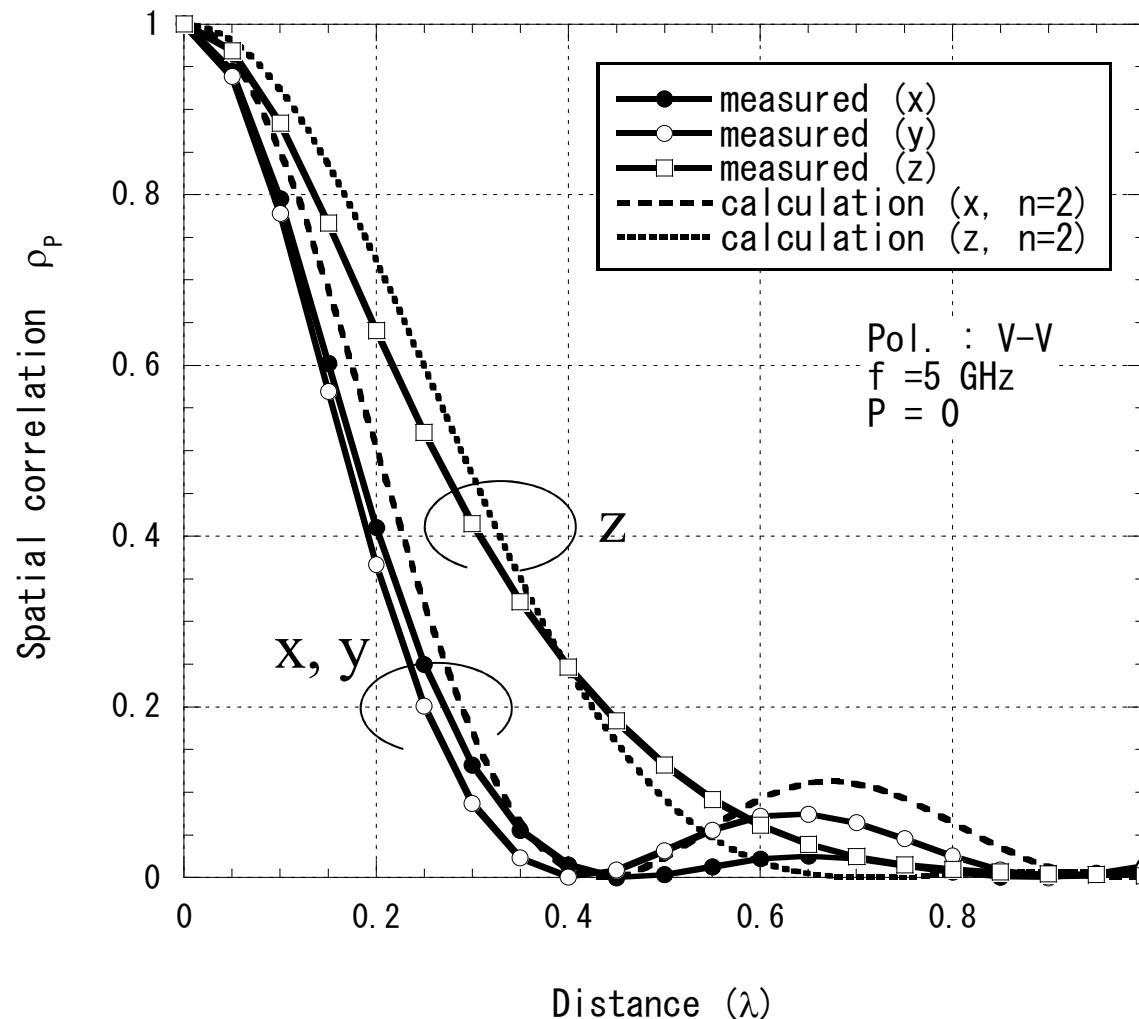
$$G(\theta) = \cos^n \theta$$



$$\rho_{a,x}(\Delta x) = {}_1F_2\left(\frac{n+2}{2}; 1, \frac{n+3}{2}; -\frac{k^2 \Delta x^2}{4}\right)$$

$$\rho_{a,z}(\Delta z) = {}_0F_1\left(; \frac{n+3}{2}; -\frac{k^2 \Delta z^2}{4}\right)$$

## 空間相関：測定値と理論値との比較



空間的に3次元での  
一様分布に、かなり  
近いと結論して  
良いであろう

# 交差偏波特性

$$XPR = \frac{\langle P_{V-V} \rangle}{\langle P_{V-H} \rangle}$$

f	2	5		
P	0	3	0	3
XPR (dB)	2.15	4.69	-0.83	2.61

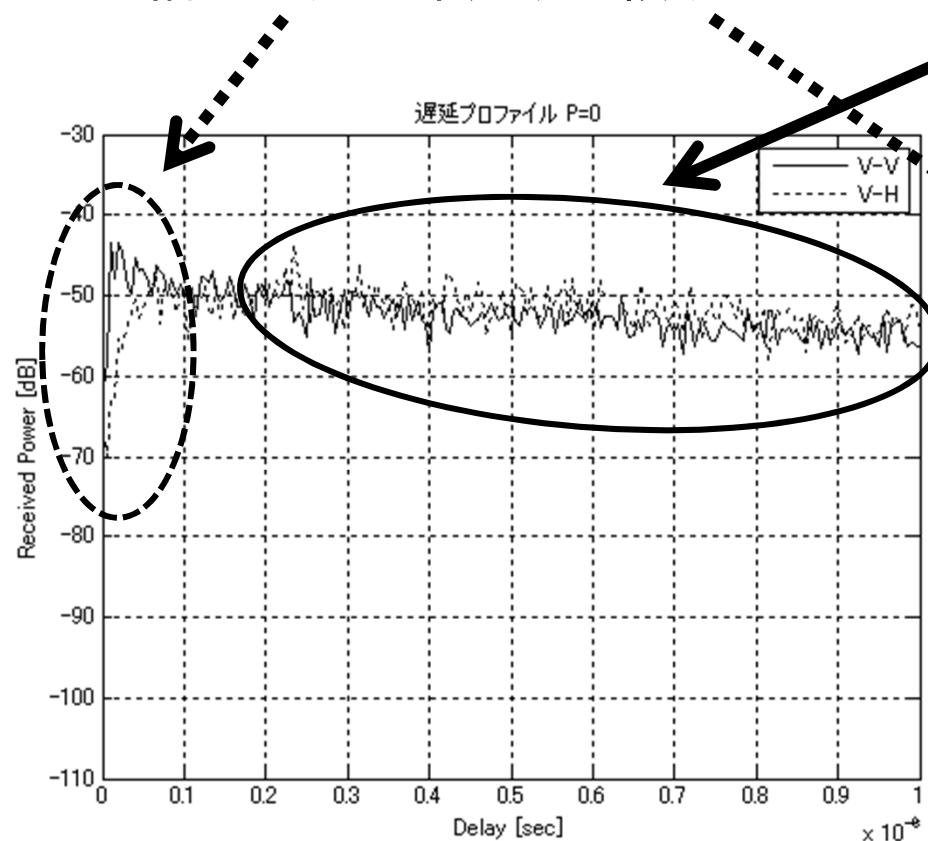
主偏波成分が  
やや優勢

主偏波成分と交差偏  
波成分がほぼ対等

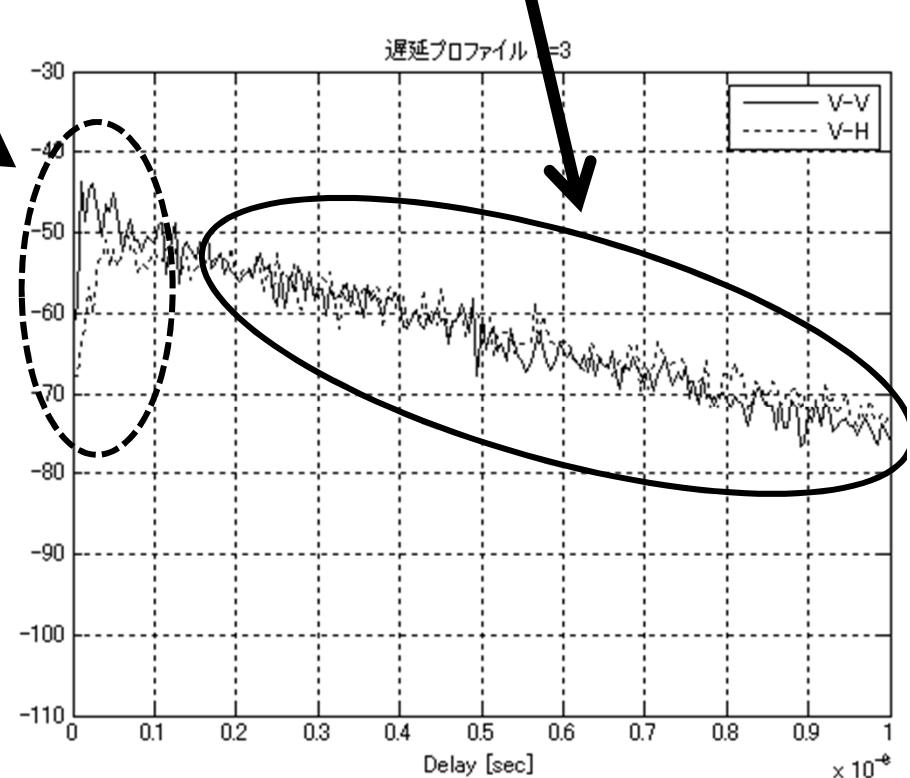
主偏波成分が  
やや優勢

# 交差偏波特性測定結果の解釈

主偏波成分が卓越する領域



主偏波成分と交差偏波成分  
がほぼ対等の領域



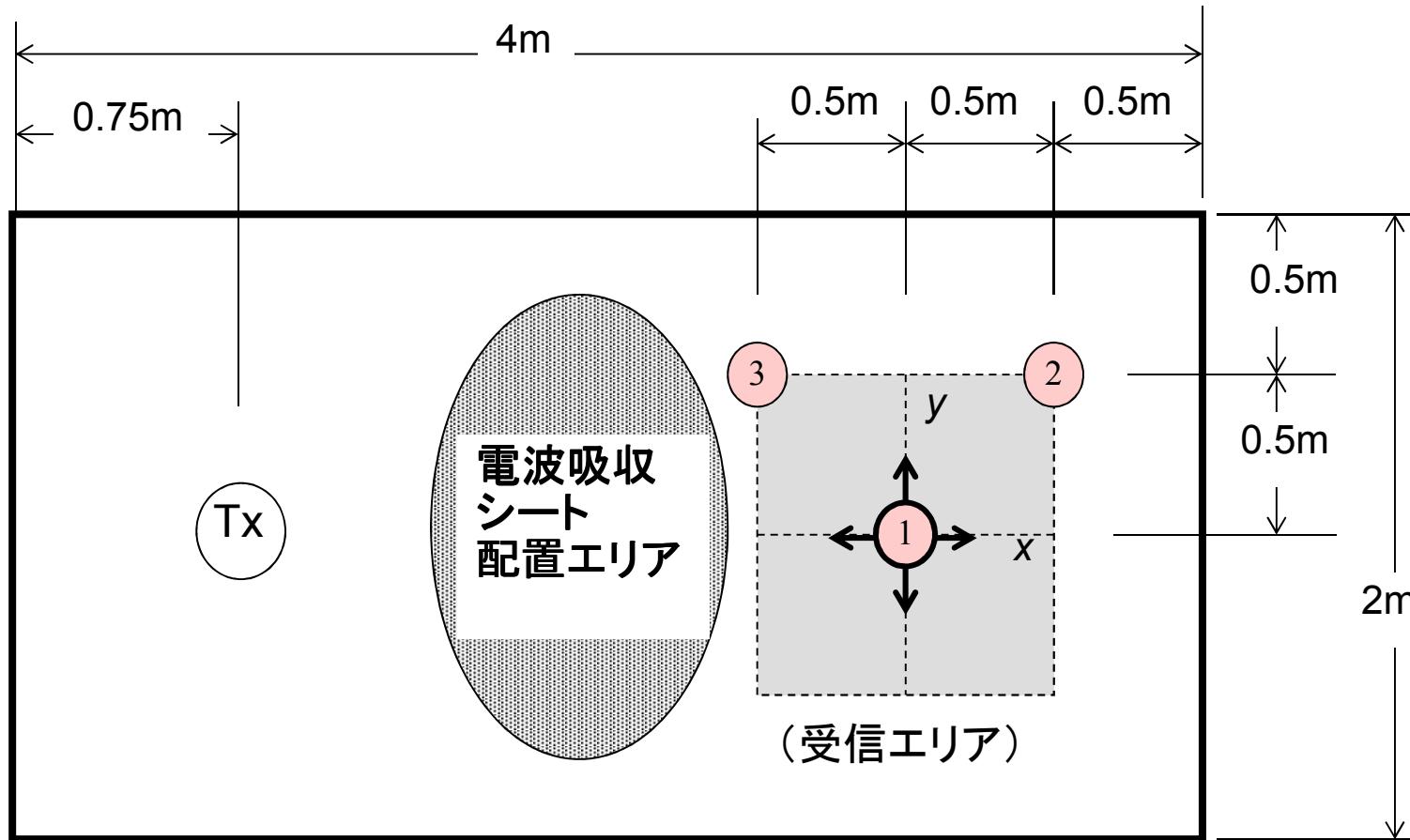
$$XPR = -0.8 \text{ dB}$$

主偏波成分と交差偏  
波成分がほぼ対等

$$XPR = 2.6 \text{ dB}$$

主偏波成分が  
やや優勢

## 統計的性質が一定のエリア(クワイエットゾーン)



- ①, ②, ③の統計的な性質は、ほとんど同じ
- 少なくとも  $1m \times 1m$  のエリア(=十分な広さ)に測定端末配置可能

## 電波反射箱の特徴が活かされた利用例

シンプルなものにも、シンプルな使い方がある

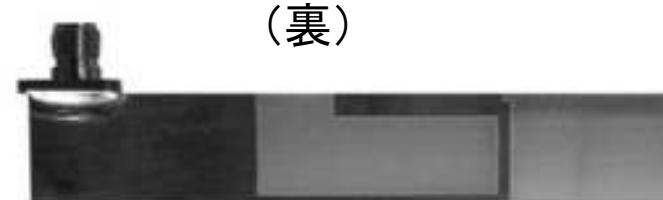
例1 超広帯域アンテナで構成されるMIMOシステム  
(コグニティブ無線応用)のマルチパス環境での  
通信路容量評価

例2 MIMOアンテナカップリング特性

# 超広帯域アンテナの通信路容量特性評価には電波反射箱が適している: その例

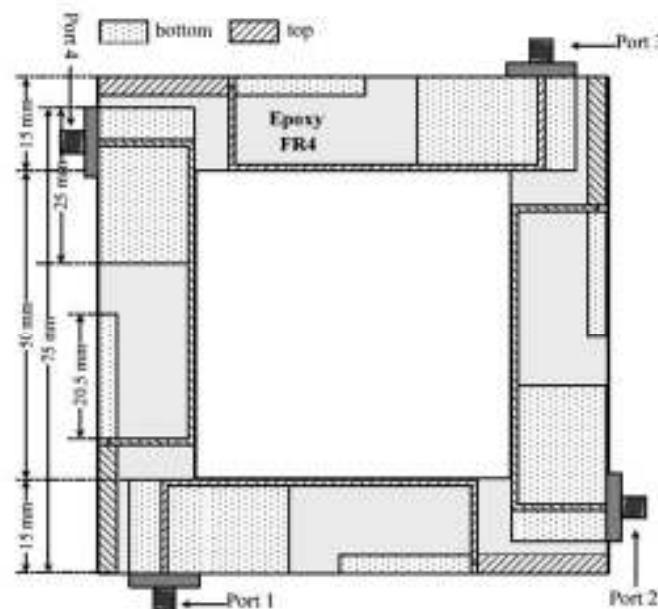


(表)

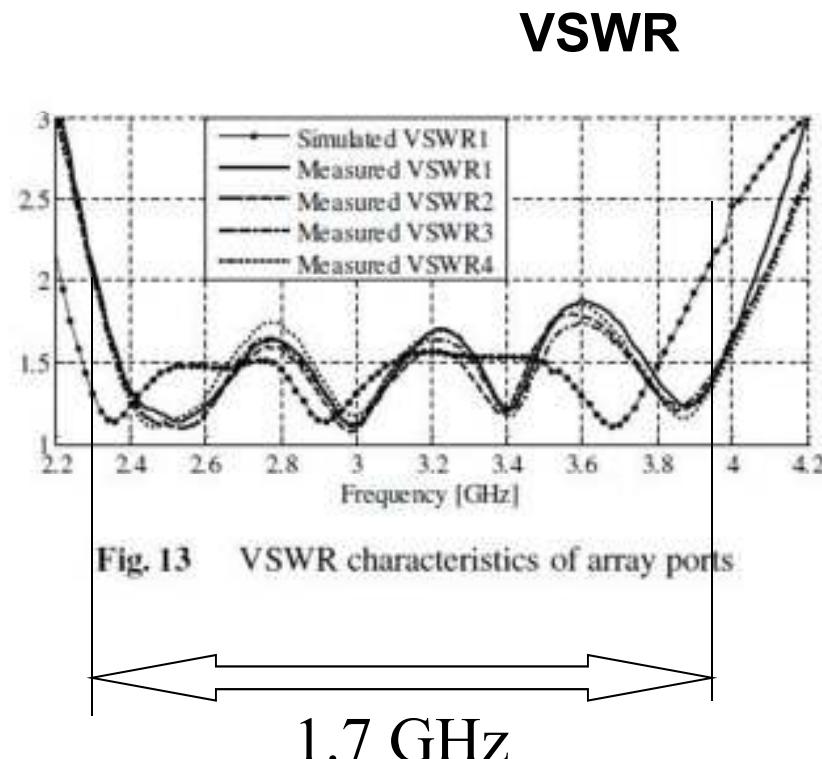


(裏)

超広帯域アンテナの基本構造



4 × 4 MIMOアンテナ構成

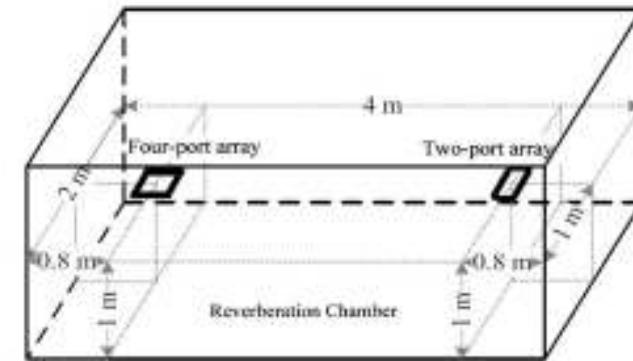
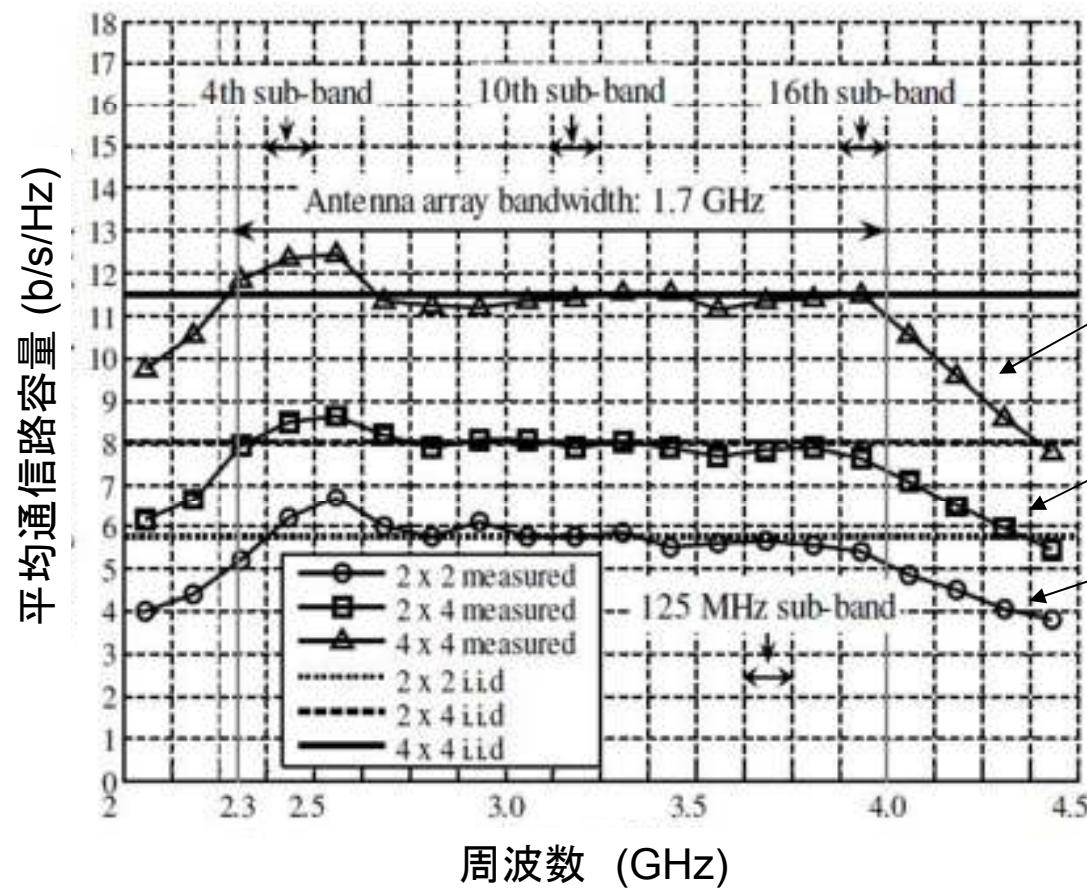


このアンテナのマルチパス環境での  
4x4 MIMO伝送特性(通信路容量)を  
広帯域にわたって測定したい



## 超広帯域アンテナのコグニティブ無線応用: その特性評価

### マルチパス環境での通信路容量の周波数特性



4 × 4

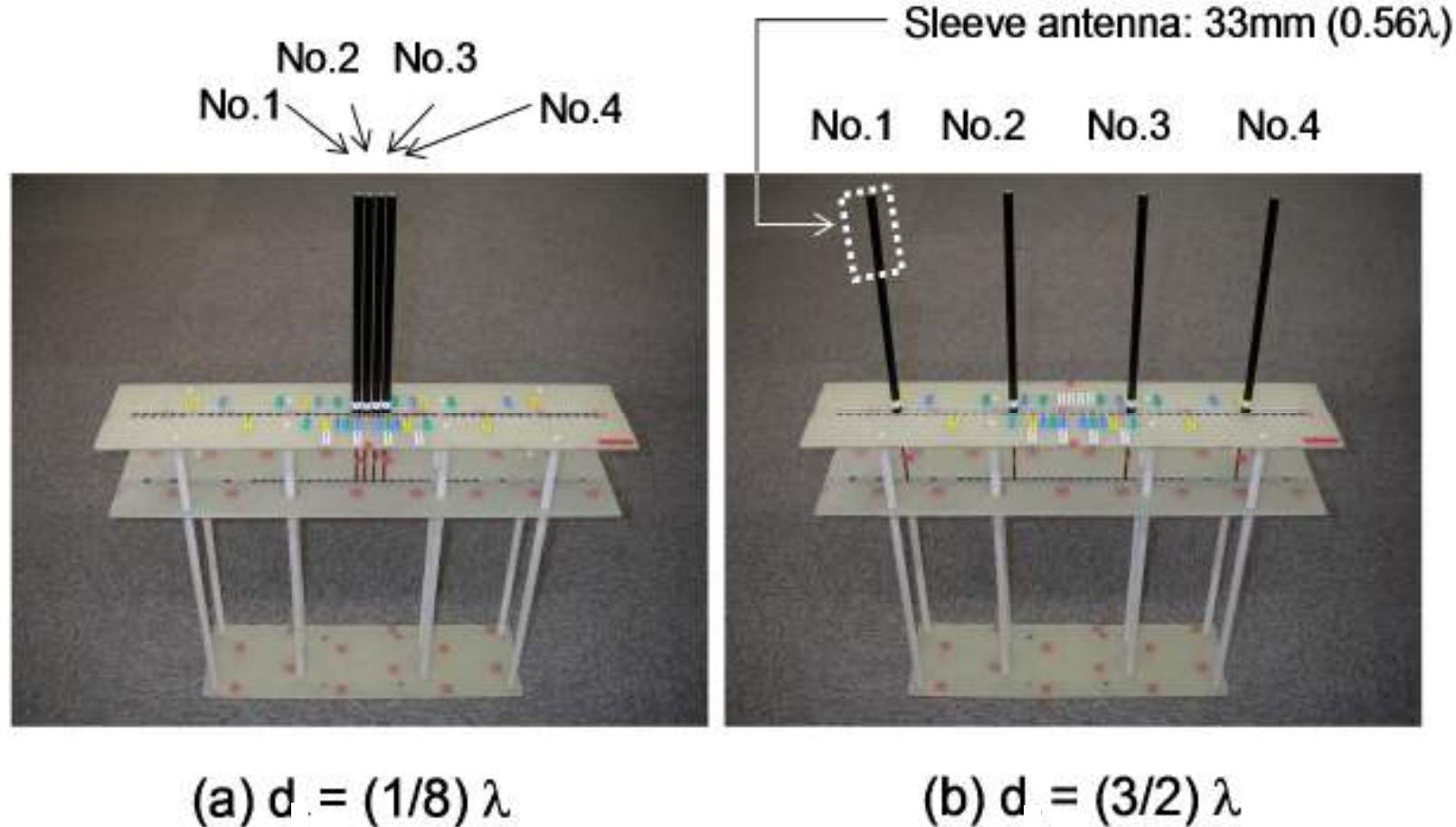
4 × 2

2 × 2

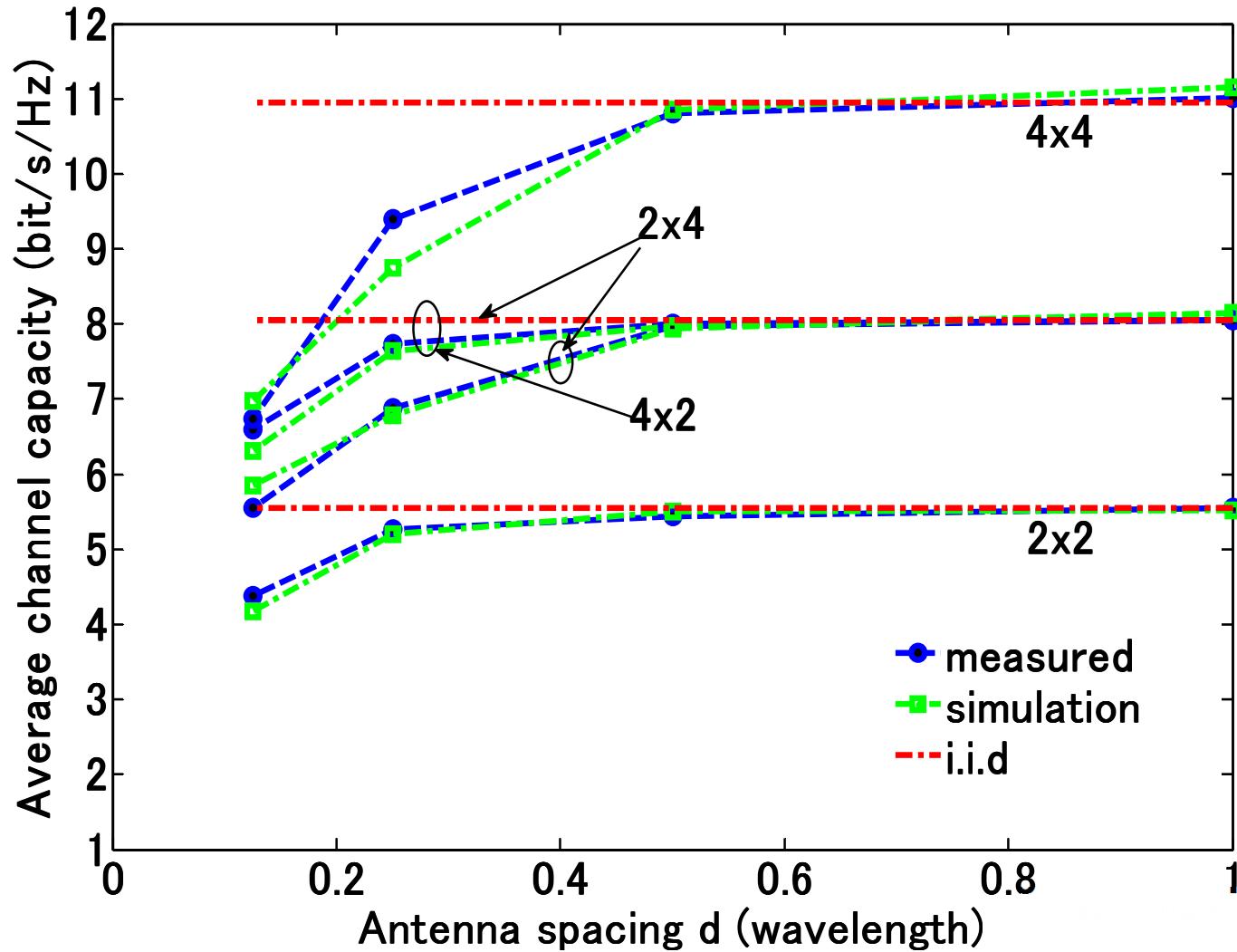
電波反射箱は  
こういう測定に  
有効

シンプルなものにも、シンプル  
な使い方がある!!

## MIMO 通信路容量のアンテナ間隔依存性測定



## MIMO 通信路容量のアンテナ間隔依存性測定：測定結果



## まとめ

- 1) 電波反射箱での各種特性を、5GHz, 3.5GHz, 2GHz, 800MHzで測定した
- 2) 今回の測定で、電波反射箱の特性をほぼ明らかにすることができた
- 3) 電波反射箱は、簡易な測定系であるが、それが力を発揮する応用例がある

### OTA測定法のまとめ：フェージングエミュレータ方式 vs 電波反射箱

#### フェージングエミュレータ：

環境パラメータの制御に柔軟性がある(利点)

測定が大掛かりになる(欠点)

#### 電波反射箱(Reverberation Chamber)

測定が簡易(利点)

超広帯域伝送での伝送特性評価ができる(絶対的な優位性)

環境パラメータの制御が容易でない(欠点)

両者は一長一短あり、目的によって使い分けられるべき

3GPPの標準化とは別に、自分たちの研究の道具として有用

*Thank you very much for your kind attention*

