



MWE2011
1 Dec. 2011

MIMO-OTA測定 「したいこと」と「できること」

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)

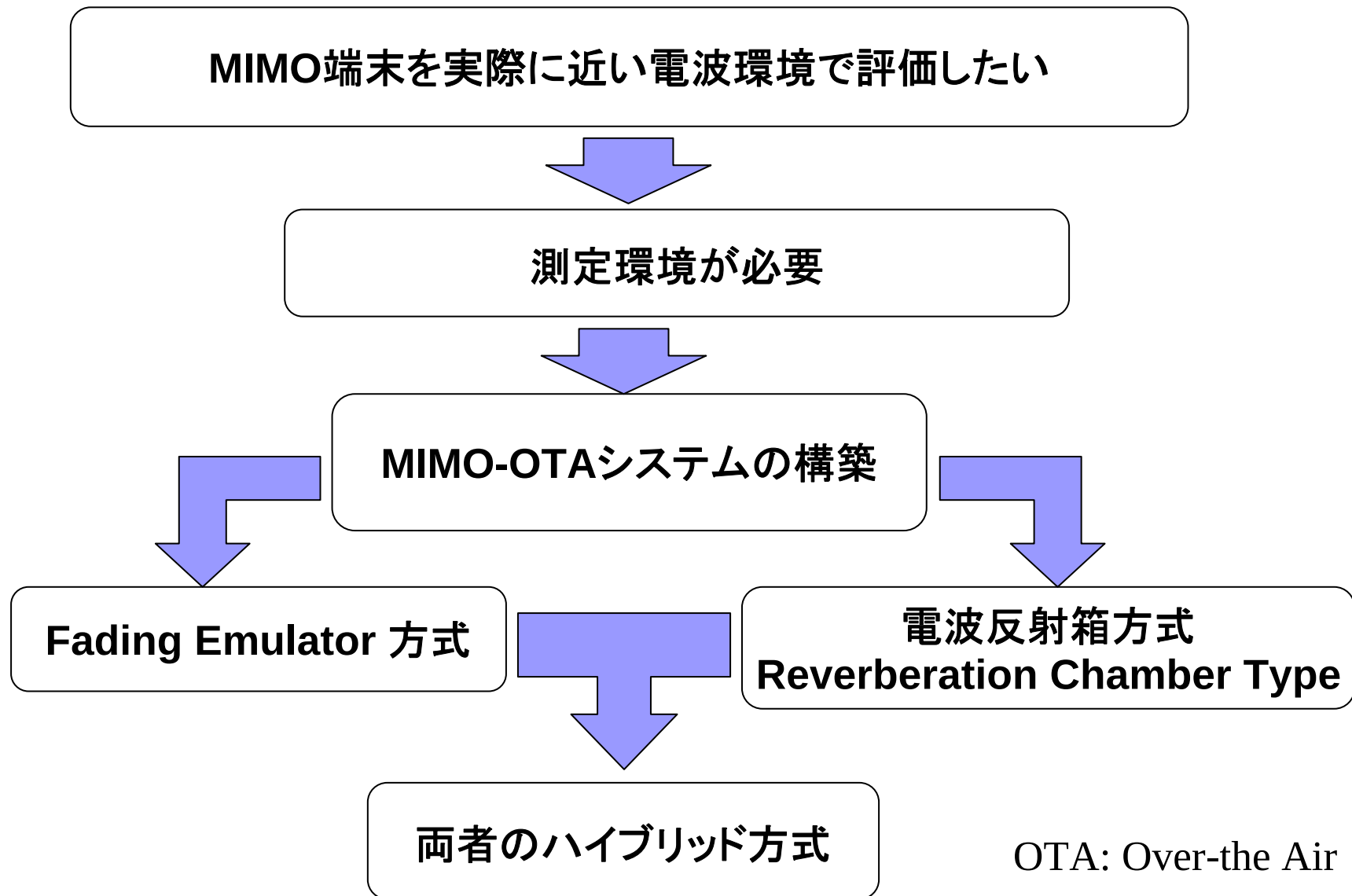
講演の内容

- 1) MIMO-OTAとは
- 2) MIMO-OTAでしたいこと
- 3) Reverberation-Chamber-Type (電波反射箱)OTA
- 4) フェージングエミュレータ型OTA
- 5) まとめ(「したいこと」と「できること」)

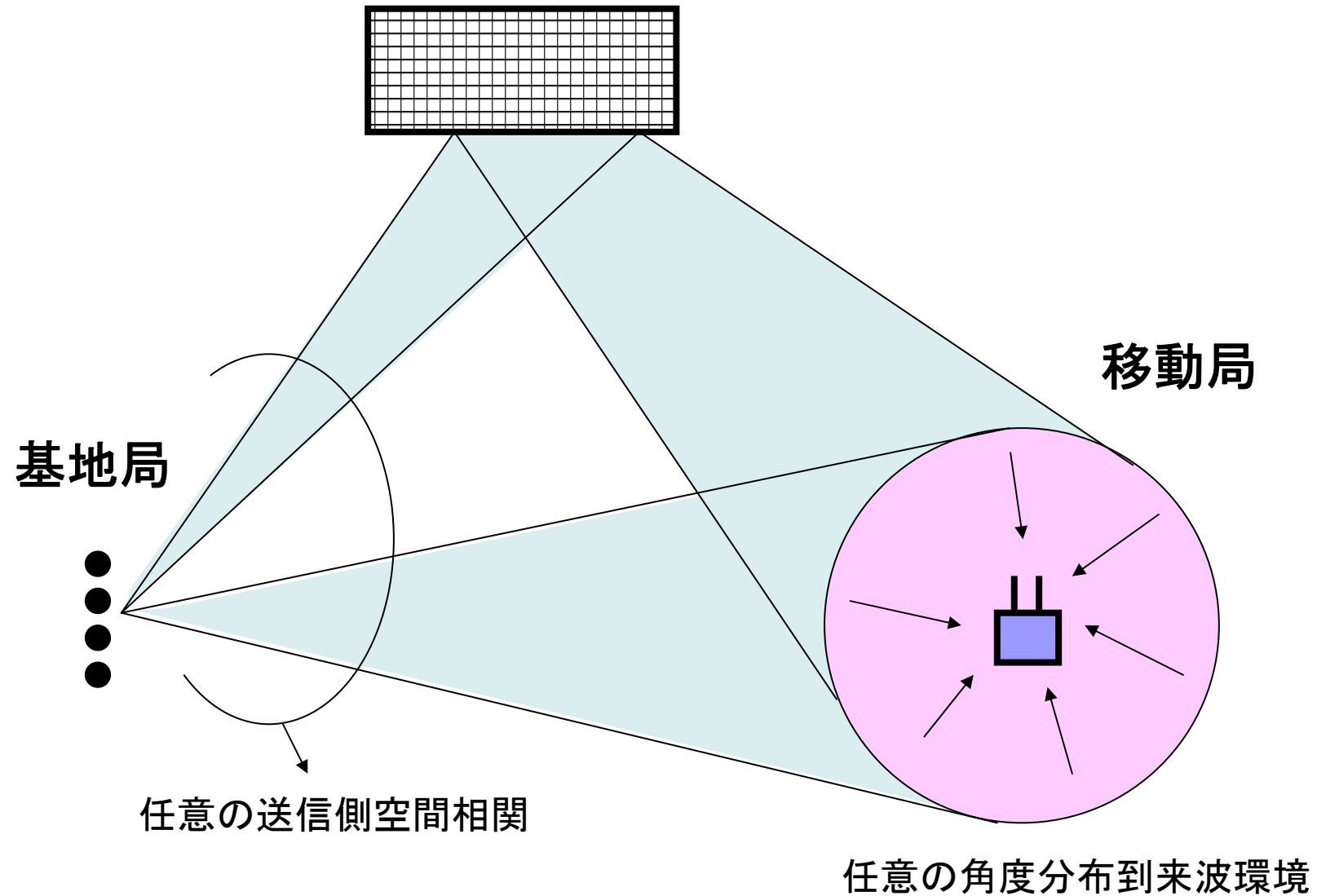
MIMOの研究動向

- 情報伝送方式
 - システム応用
 - 装置開発(基地局、端末)
- かなり、
研究開発が
進んできた
-
- **MIMO端末特性評価環境構築と測定法**

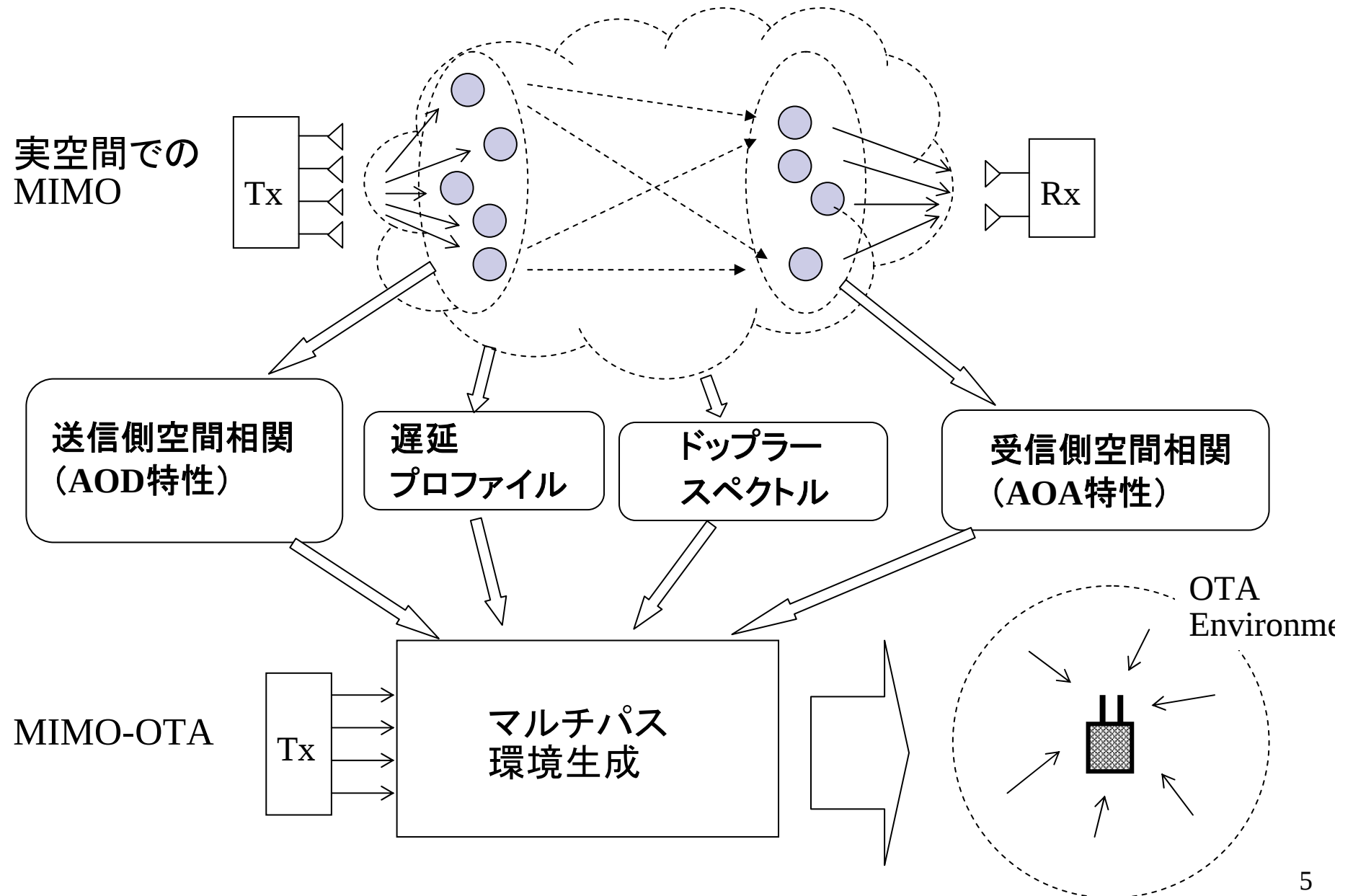
ニーズが高まってきている
まだ、研究が薄い
標準測定法の必要性



MIMO伝搬環境の例



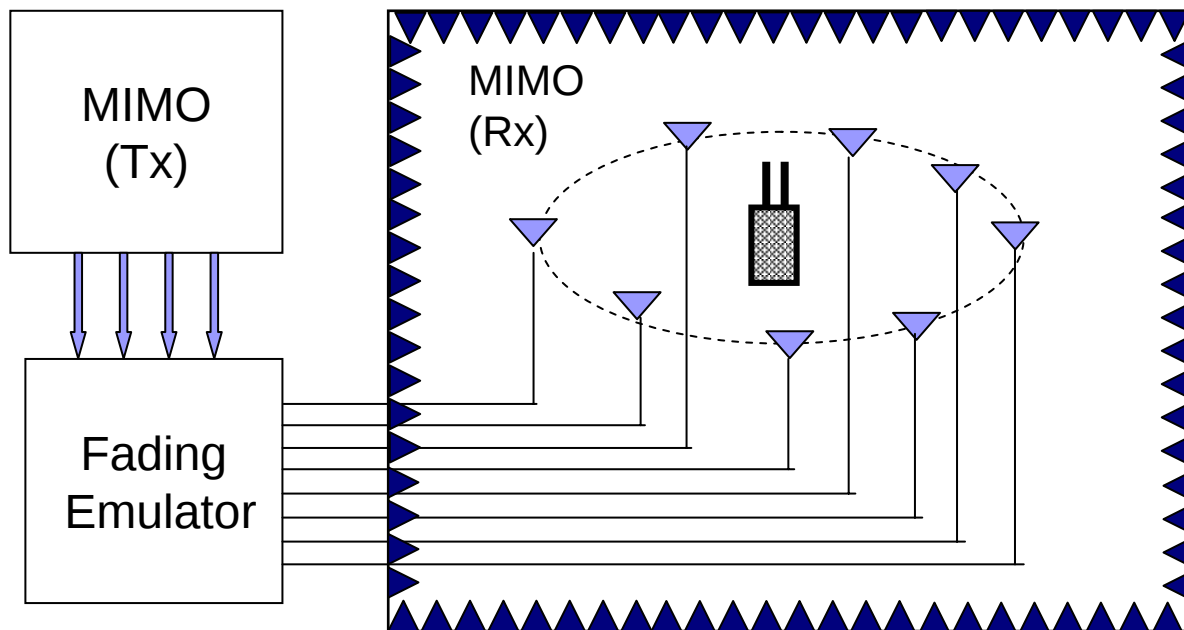
MIMO-OTA 測定系に対する要求条件



したいこと【具備すべき機能】

- ①送受信アンテナ間伝搬路の振幅・位相変動が目的とする確率分布になる
 - ②MIMOチャネル行列の特異値(相関行列では、固有値)が目的とする確率分布になる
 - ③時間変動が目的のパワースペクトルになる
 - ④基地局側の空間相関特性が実現できる
 - ⑤移動局側の空間相関特性が実現できる
 - ⑥伝搬路の交差偏波特性(XPD)が制御できる
 - ⑦指定の遅延プロファイルが実現できる
- また、伝搬特性とは別の要求条件として
- ⑧測定システムが安価に構築できる
 - ⑨測定が容易に行える
 - ⑩下り・上り両回線での評価ができる

MIMO-OTA の2方式

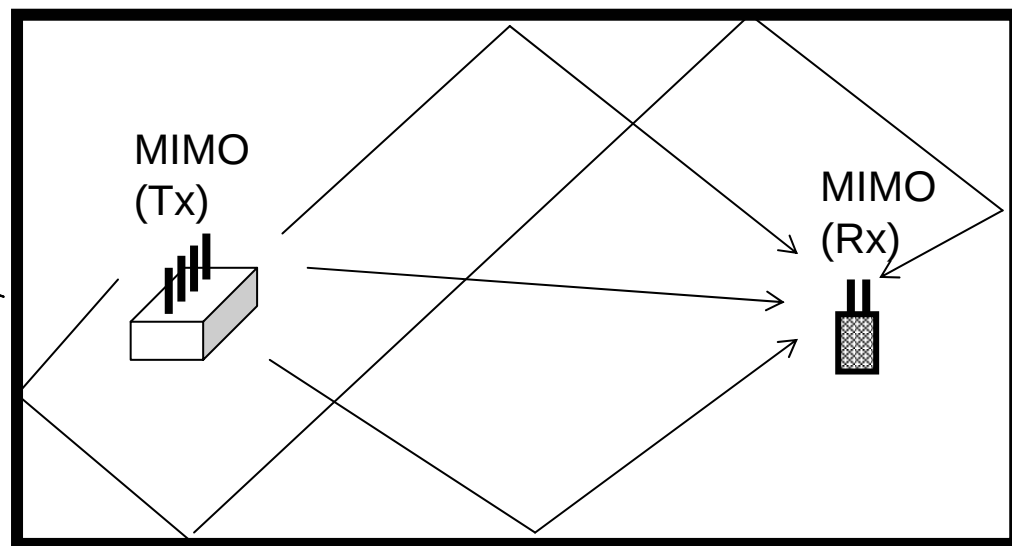


フェーディング
エミュレータ型 (FE)

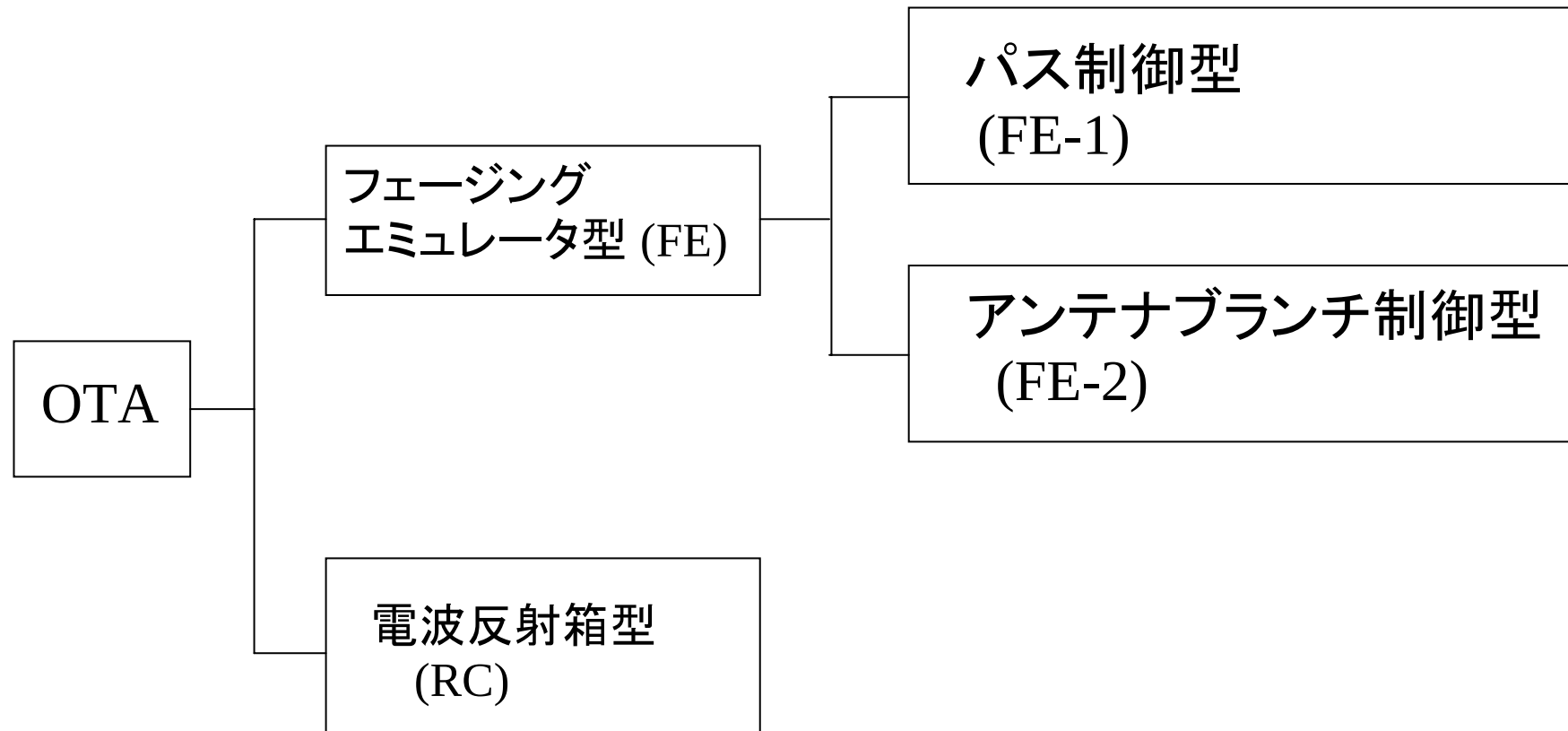
- 種々の機能を入れやすい
- パラメータ制御の柔軟性
- 高構築コスト

電波反射箱型
Reverberation Chamber (RC)

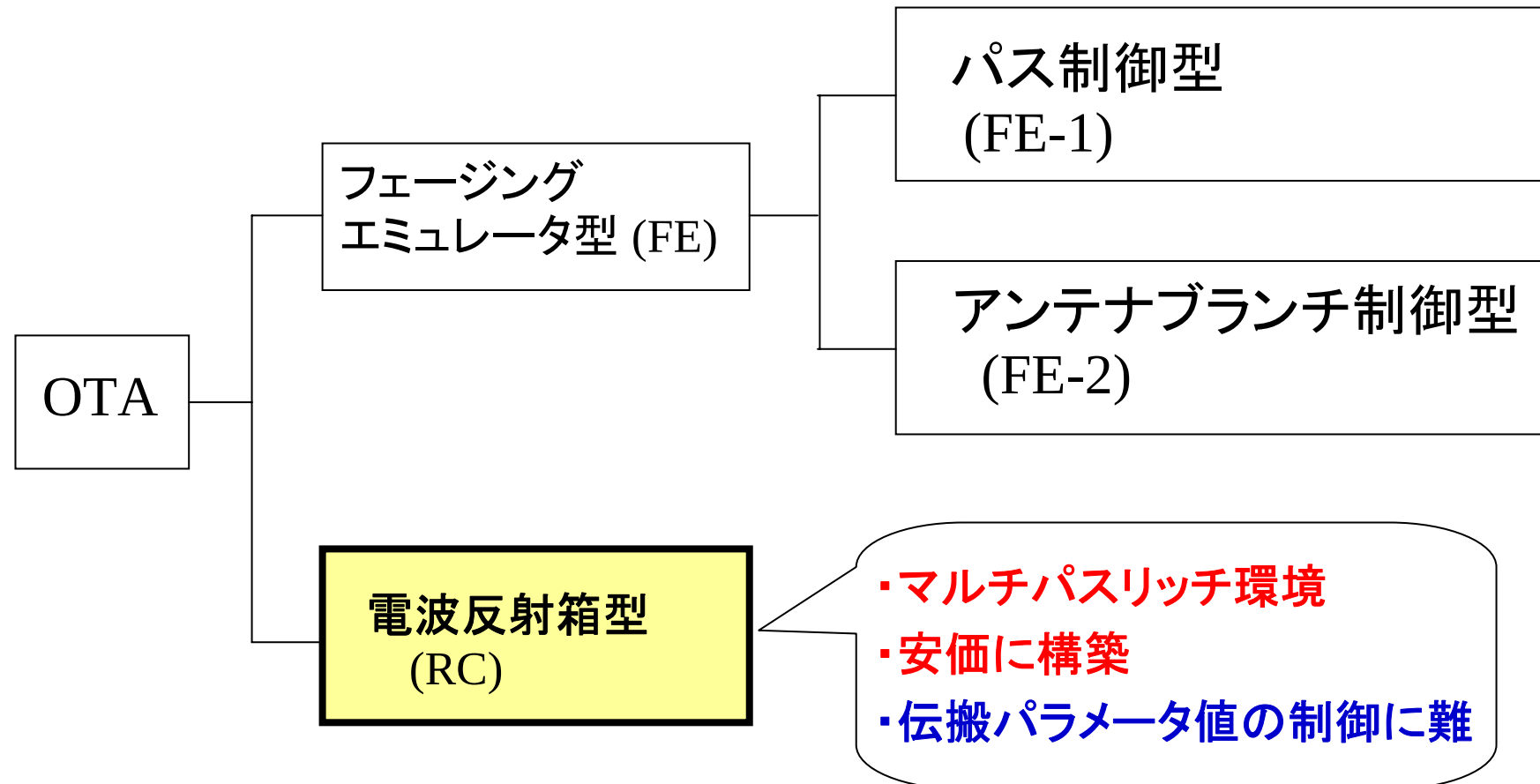
- 遅延を伴う、マルチパス
リッチ環境
- 低構築コスト
- パラメータ制御の非柔軟性



MIMO-OTA測定評価システム



MIMO-OTA測定評価システム

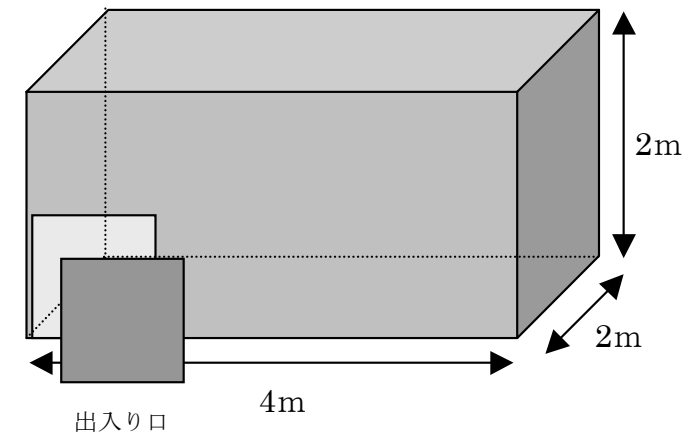




電波反射箱 (Reverberation Chamber)

6面反射板で囲まれた部屋

その内部

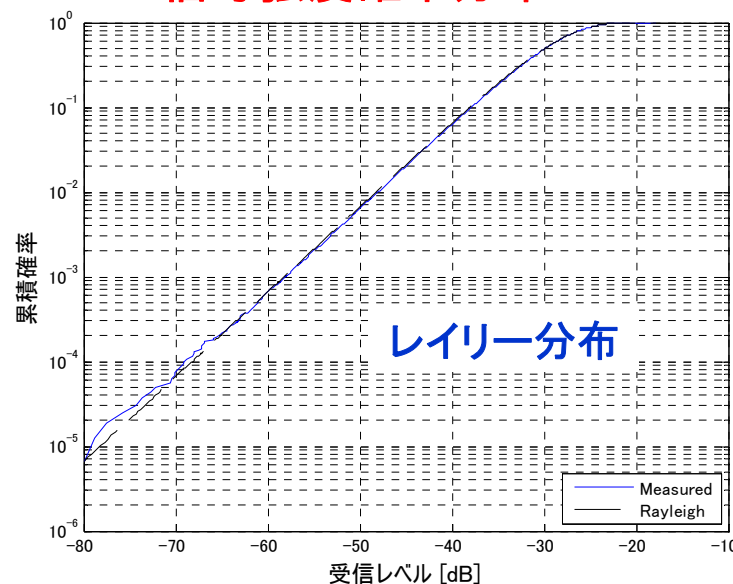


- 構築容易
- 安価

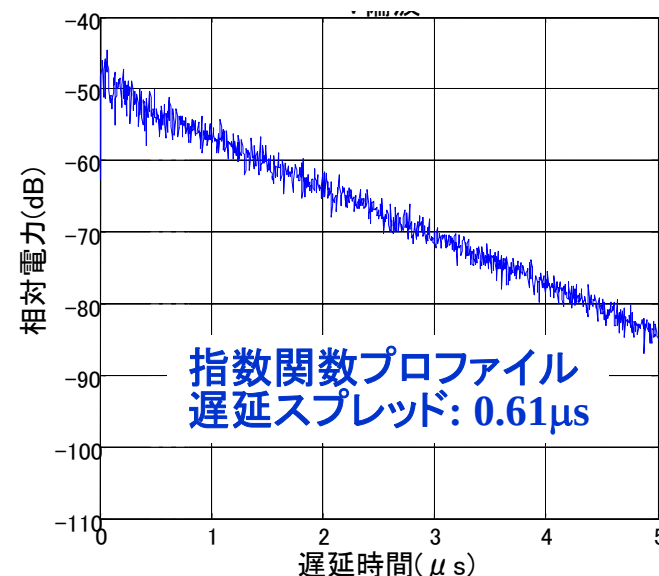
構築した電波反射箱の基本特性

$f = 5\text{GHz}$

信号強度確率分布



遅延プロファイル



空間相関特性

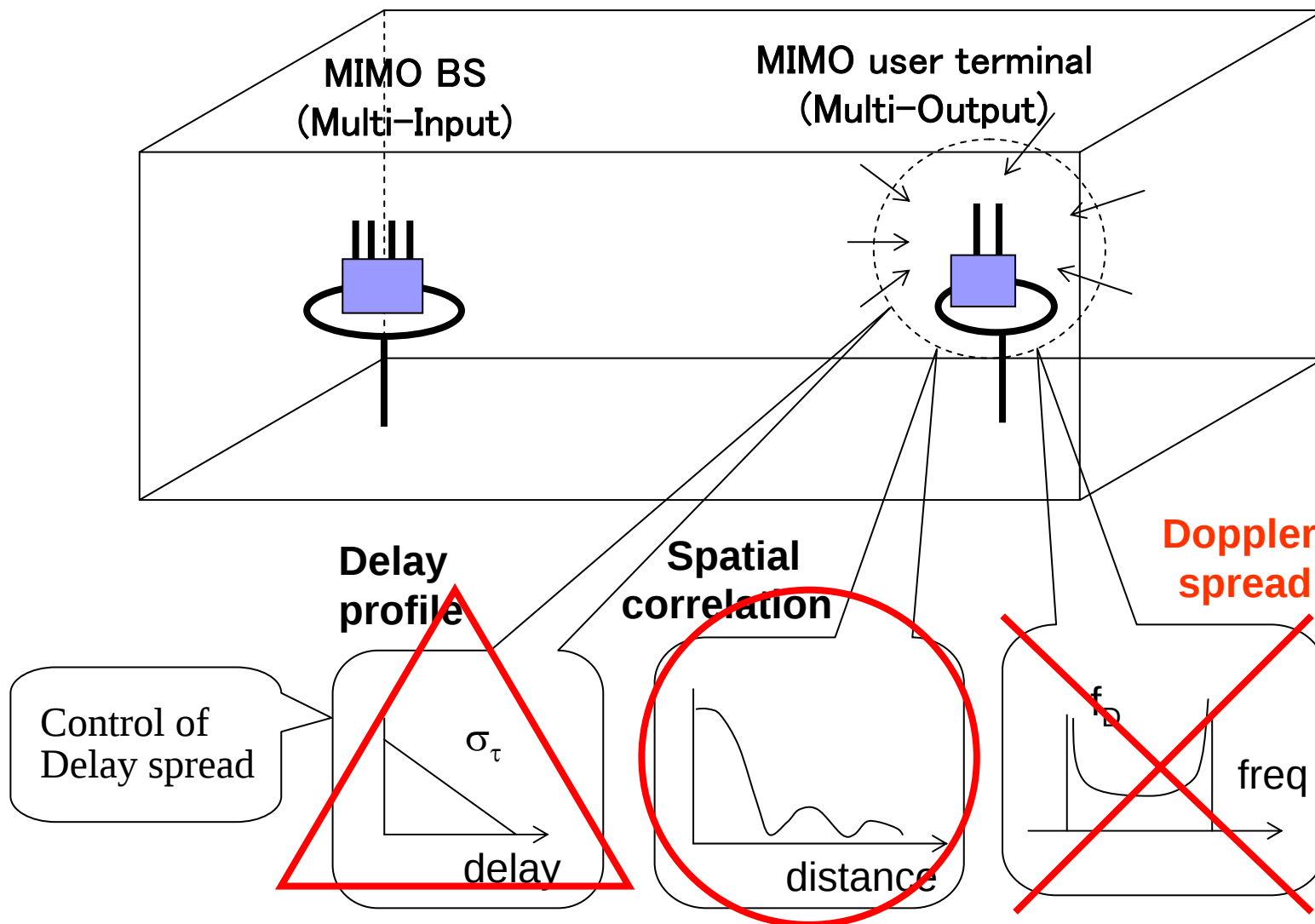


交差偏波特性

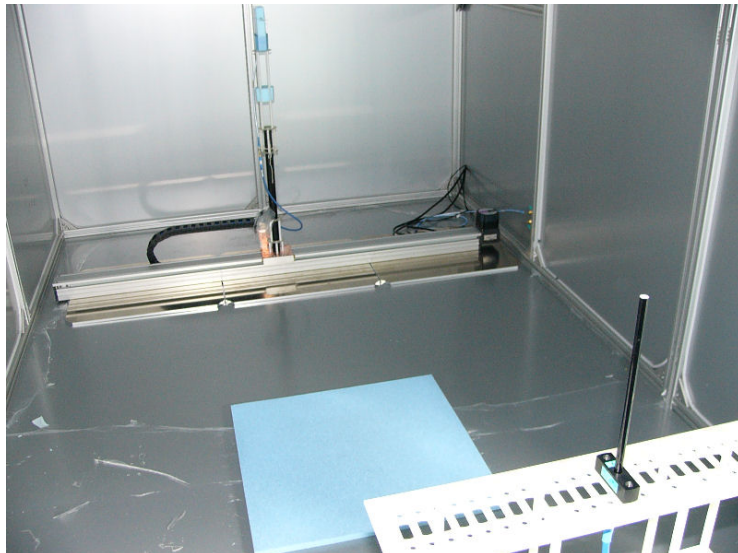
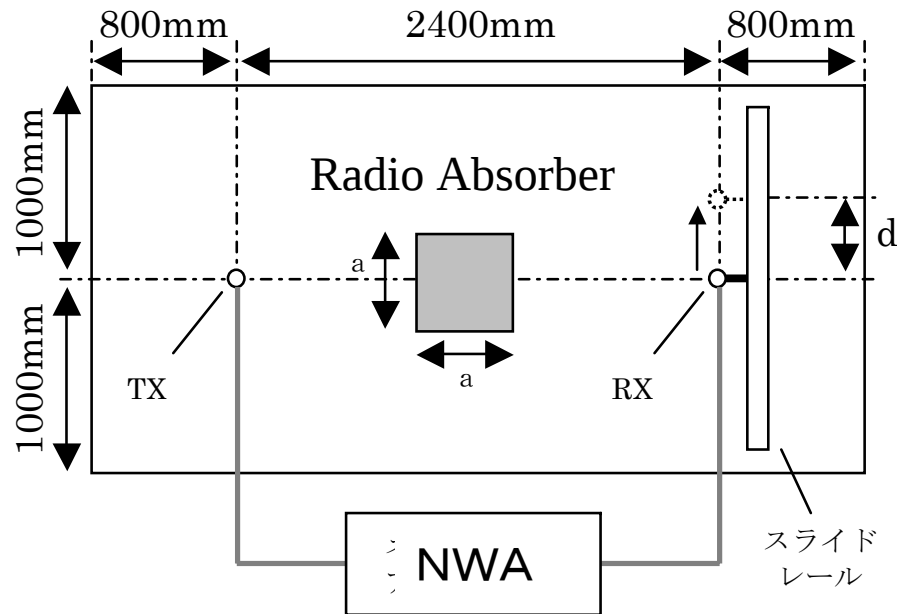
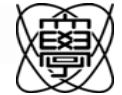
XPD=1.5dB

見通し内環境でありながら、
周波数領域で見た振幅分布は
レイリーフェージング
(=見通し外環境)
→ マルチパスリッチ環境

電波反射箱での「できること」と「できないこと」

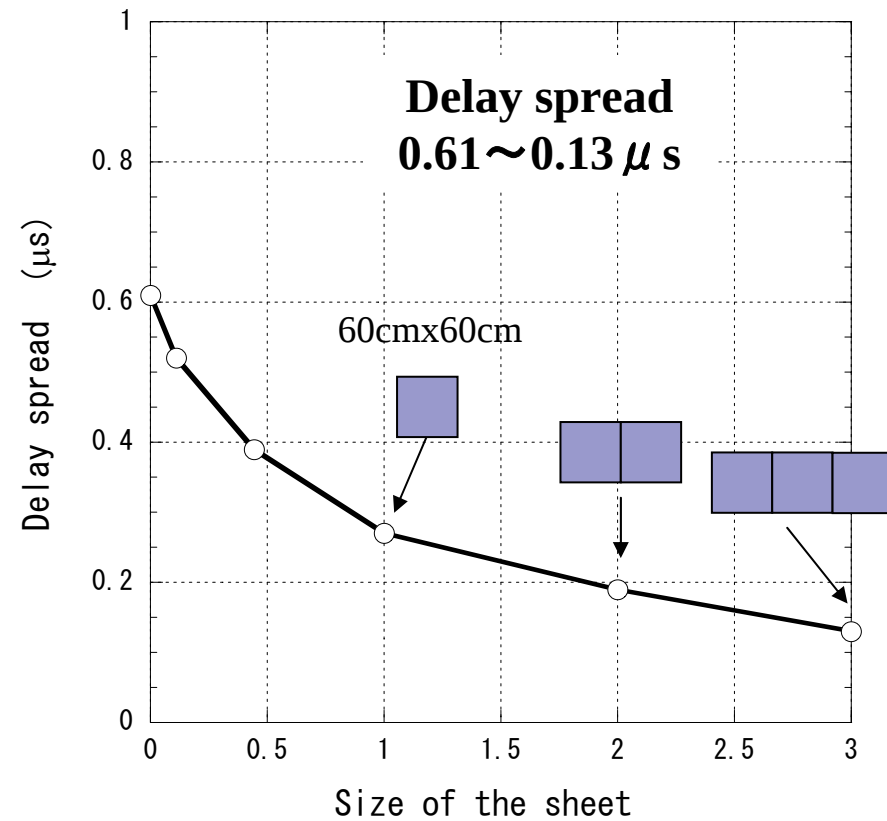


求められる電波環境

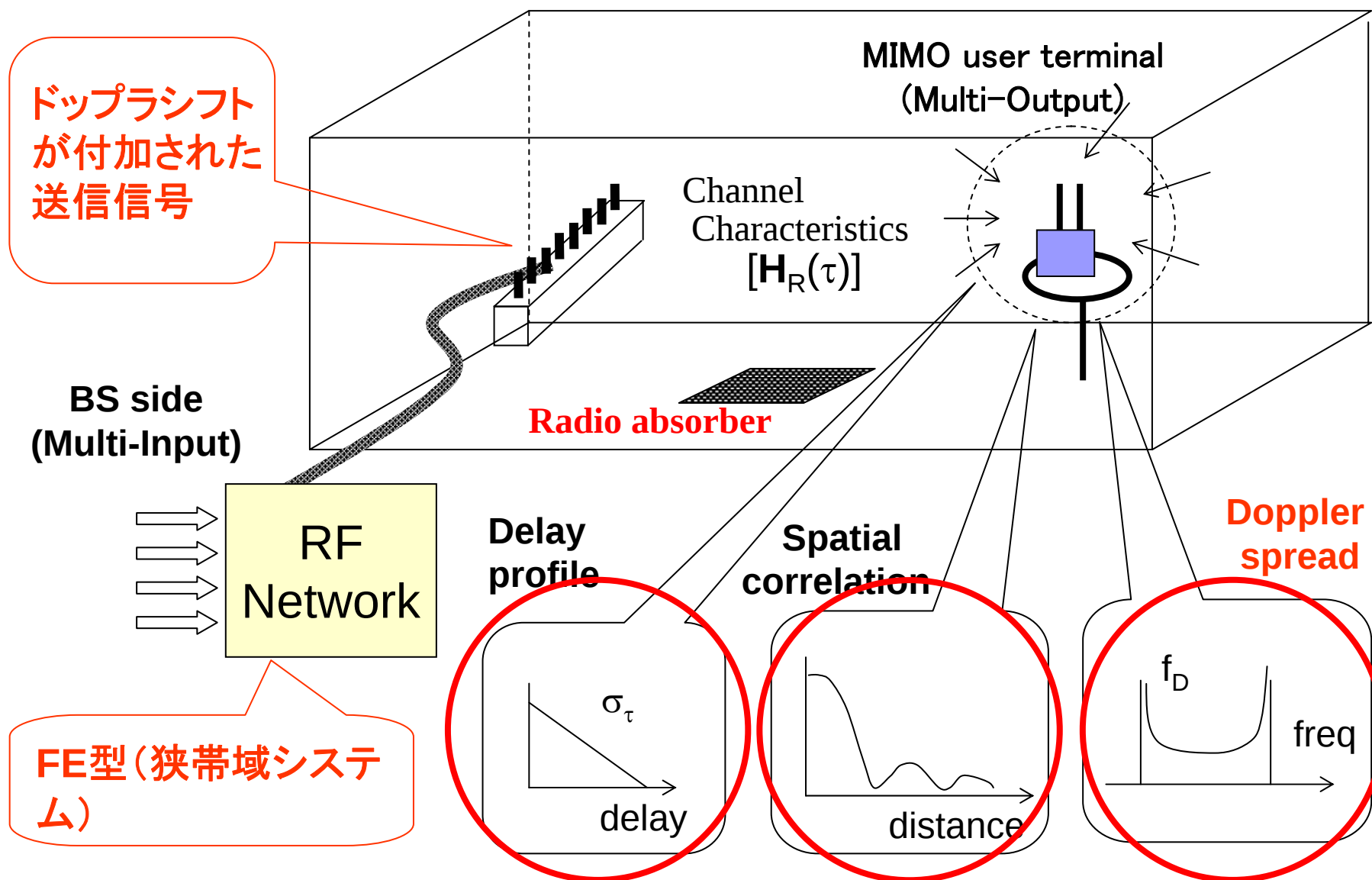


遅延スプレッドの制御

急所に小さい電波吸収シートを置き、
その大きさに遅延スプレッドを制御

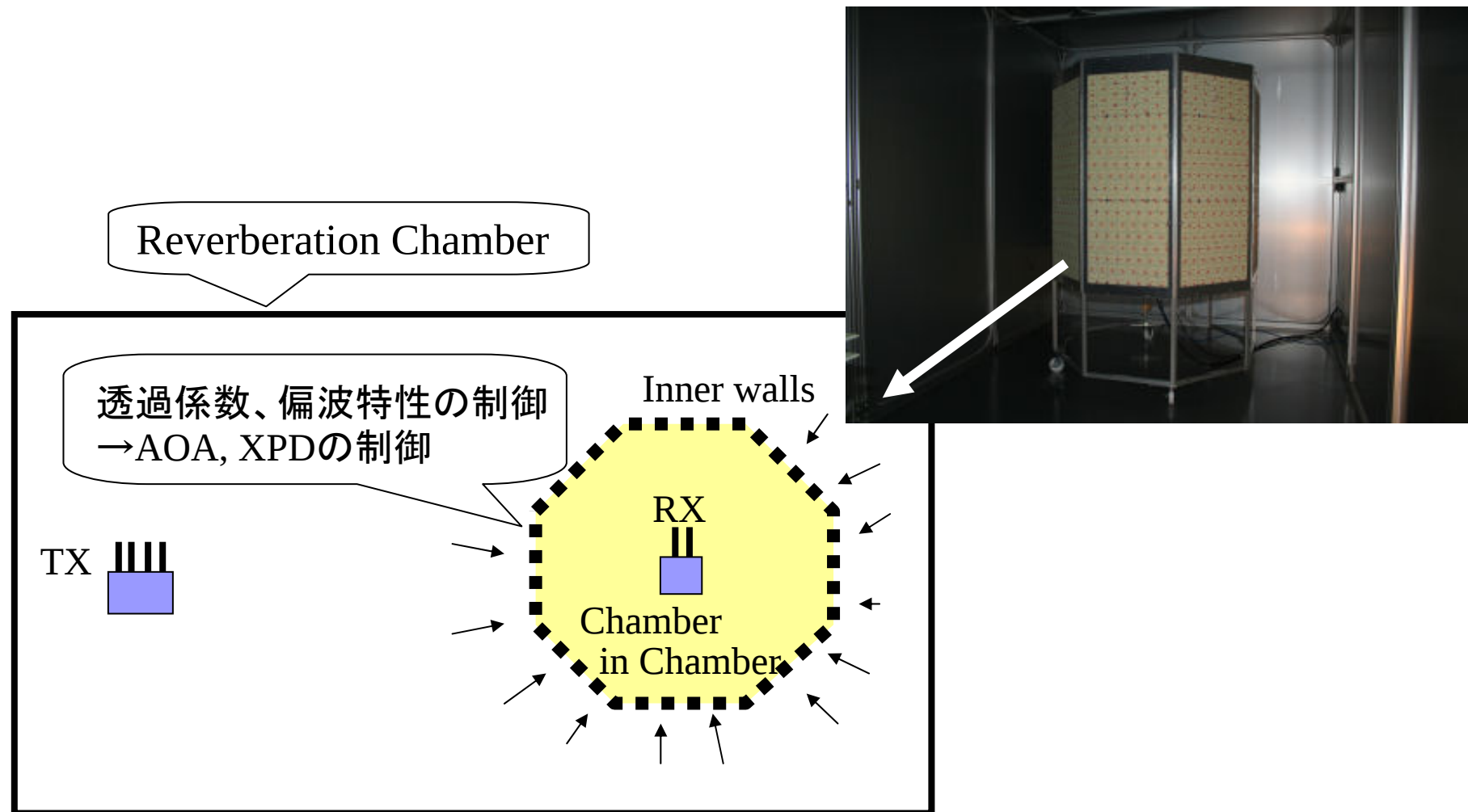


FE型とのハイブリッド方式: 高速フェージング環境の実現

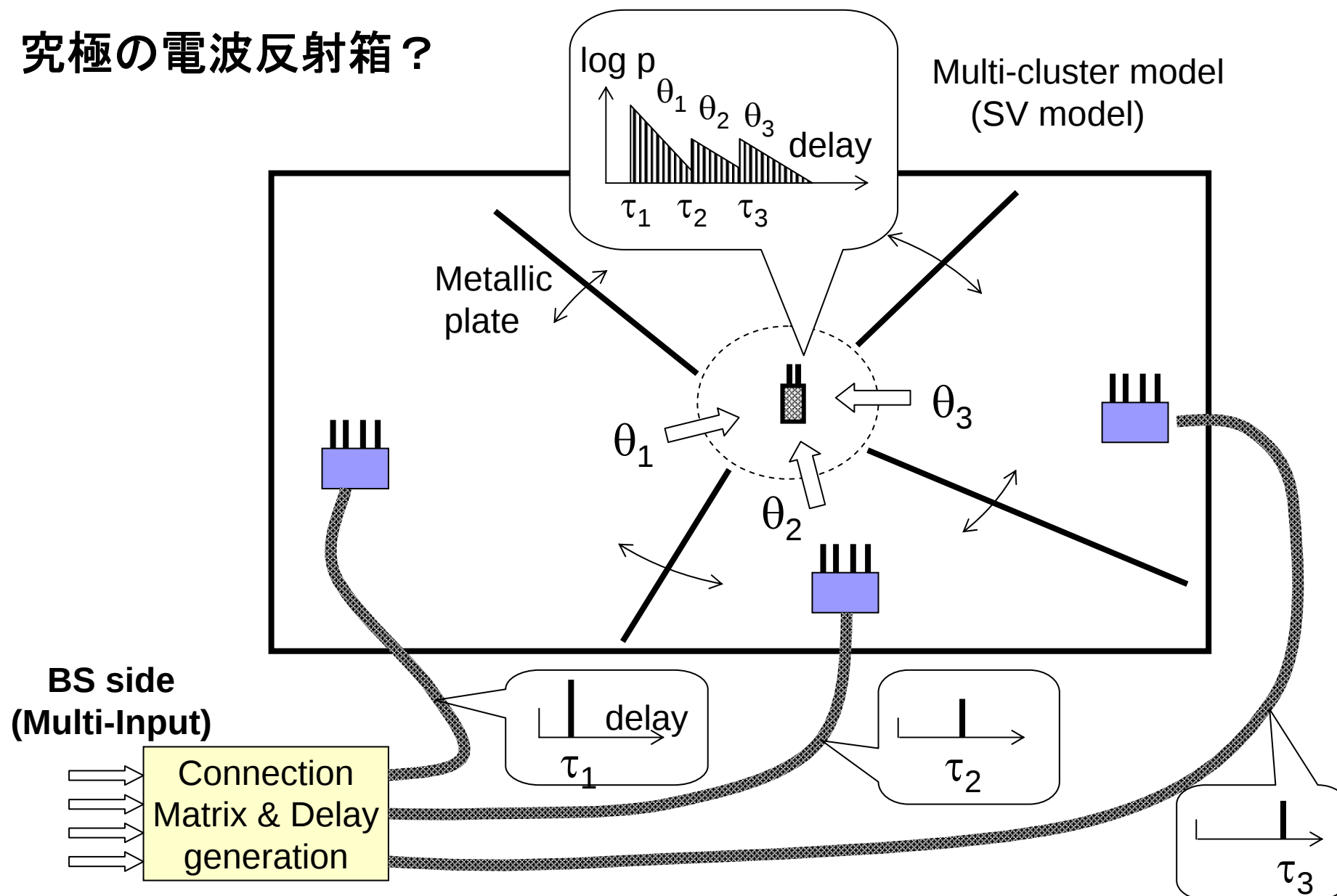


Radio environment to be realized

2重電波反射箱：環境特性のさらなる制御



究極の電波反射箱？



電波反射箱の特徴が活かされた利用例

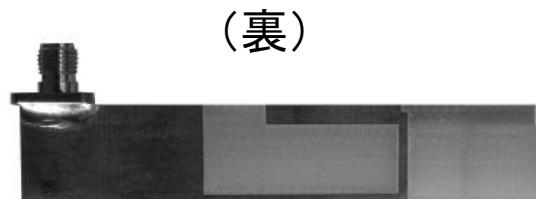
シンプルなものにも、シンプルな使い方がある例：

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

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

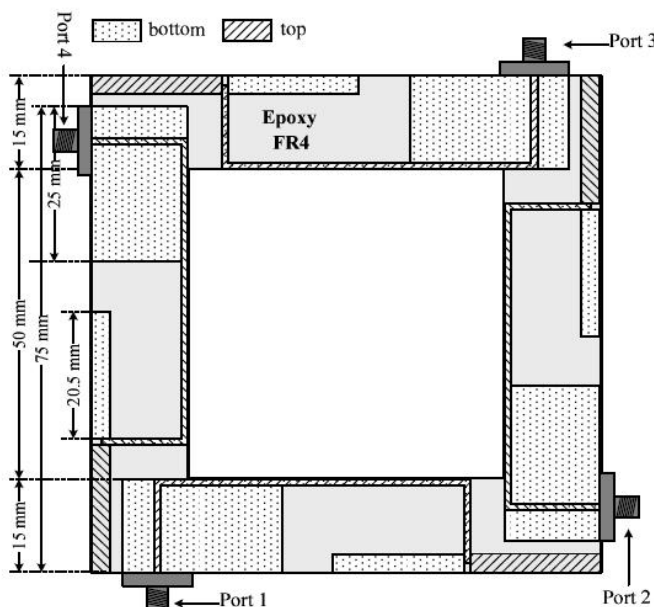


(表)



(裏)

超広帯域アンテナの基本構造



4 × 4 MIMOアンテナ構成

VSWR

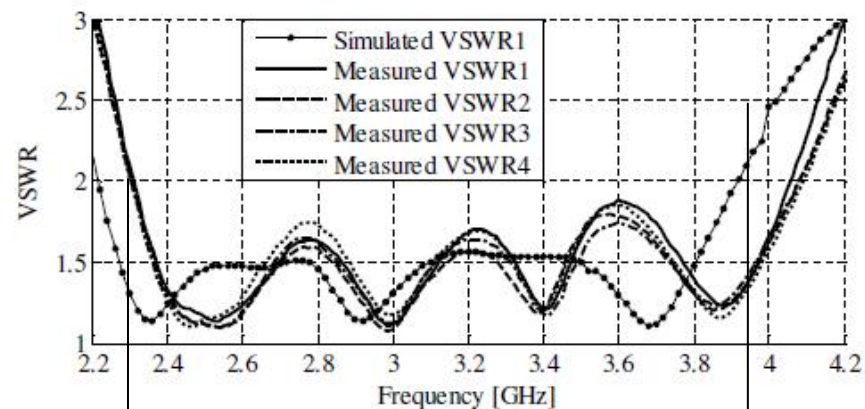


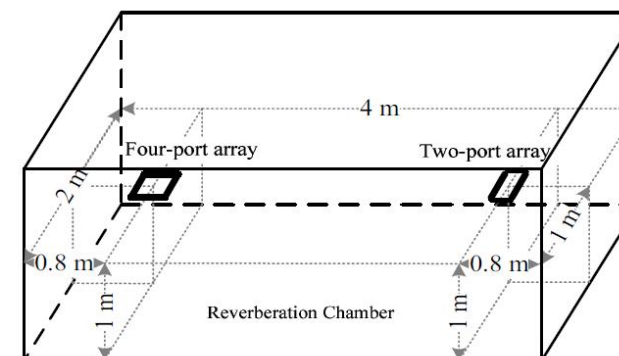
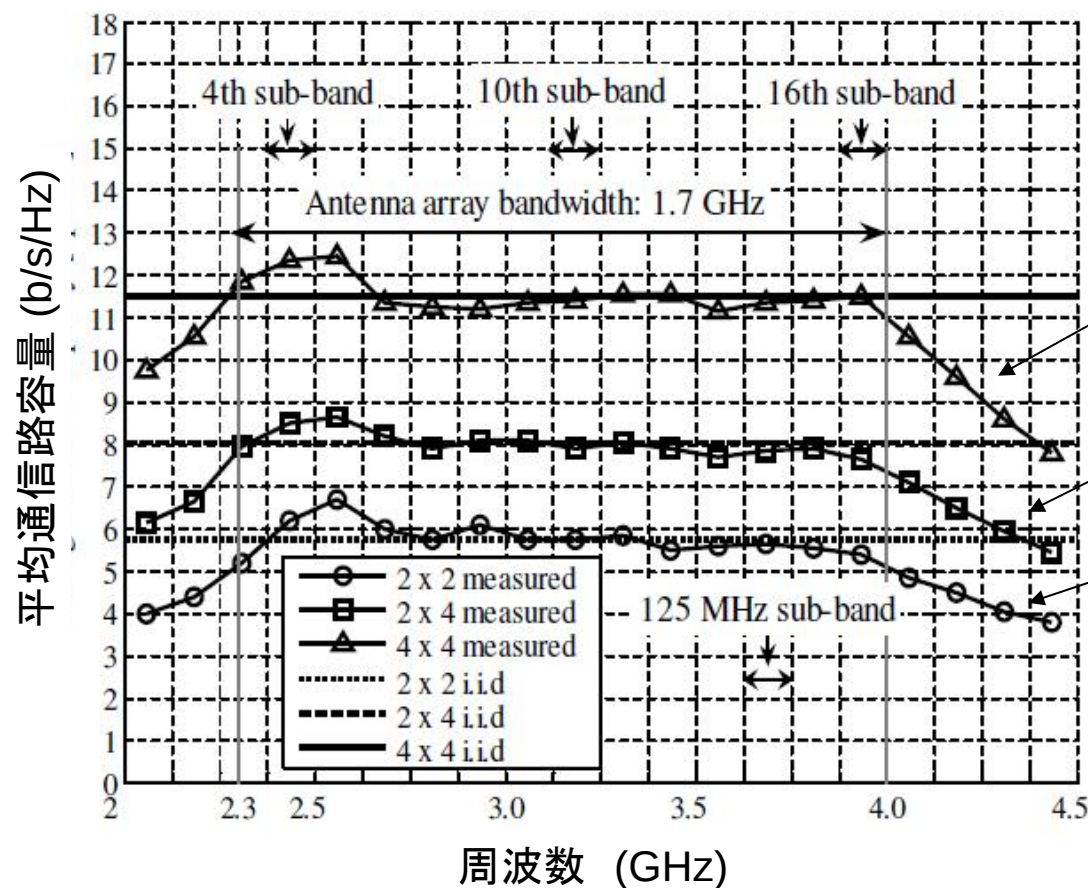
Fig. 13 VSWR characteristics of array ports

1.7 GHz

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



電波反射箱は
こういう測定に
有効

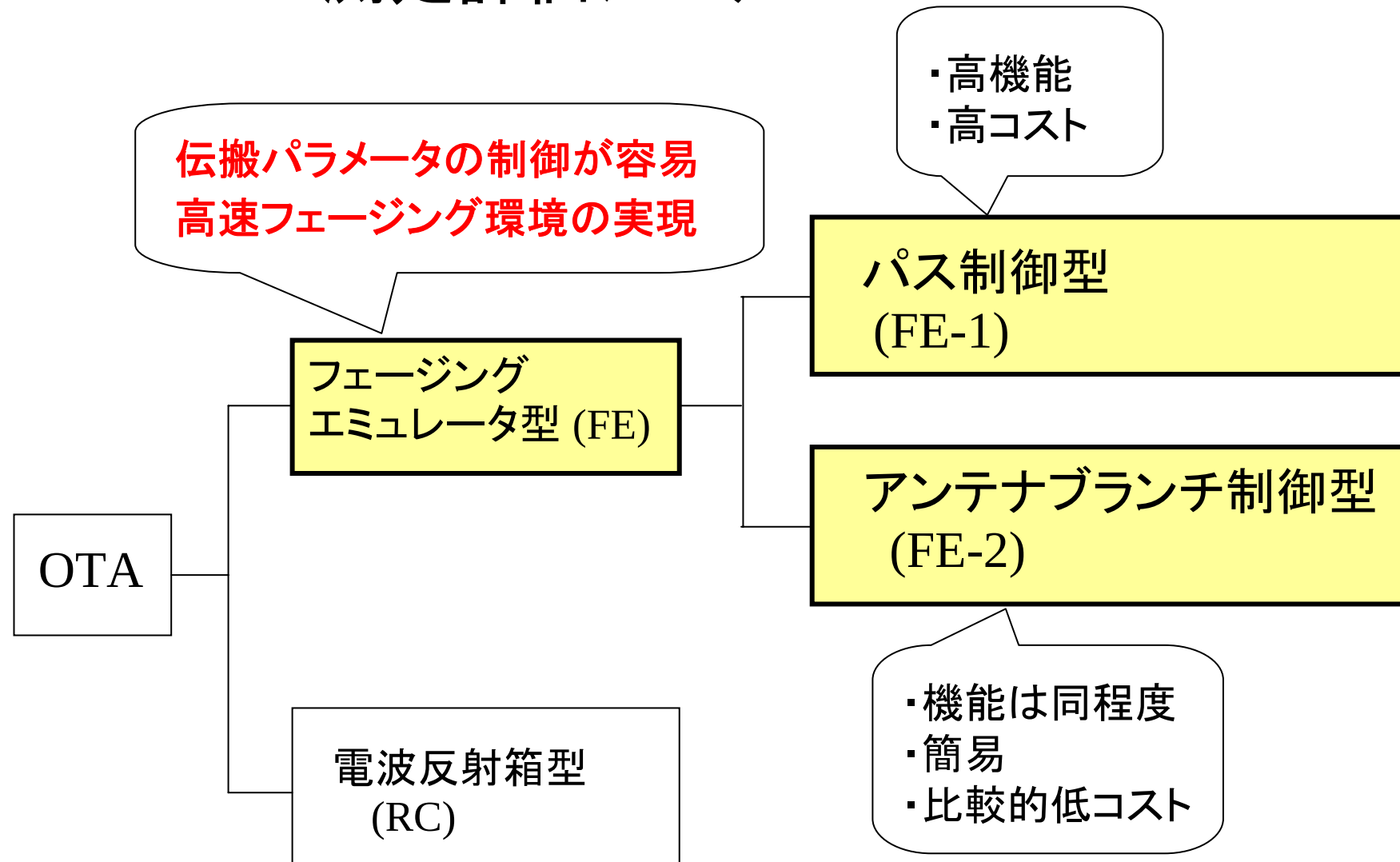
4 × 4

4 × 2

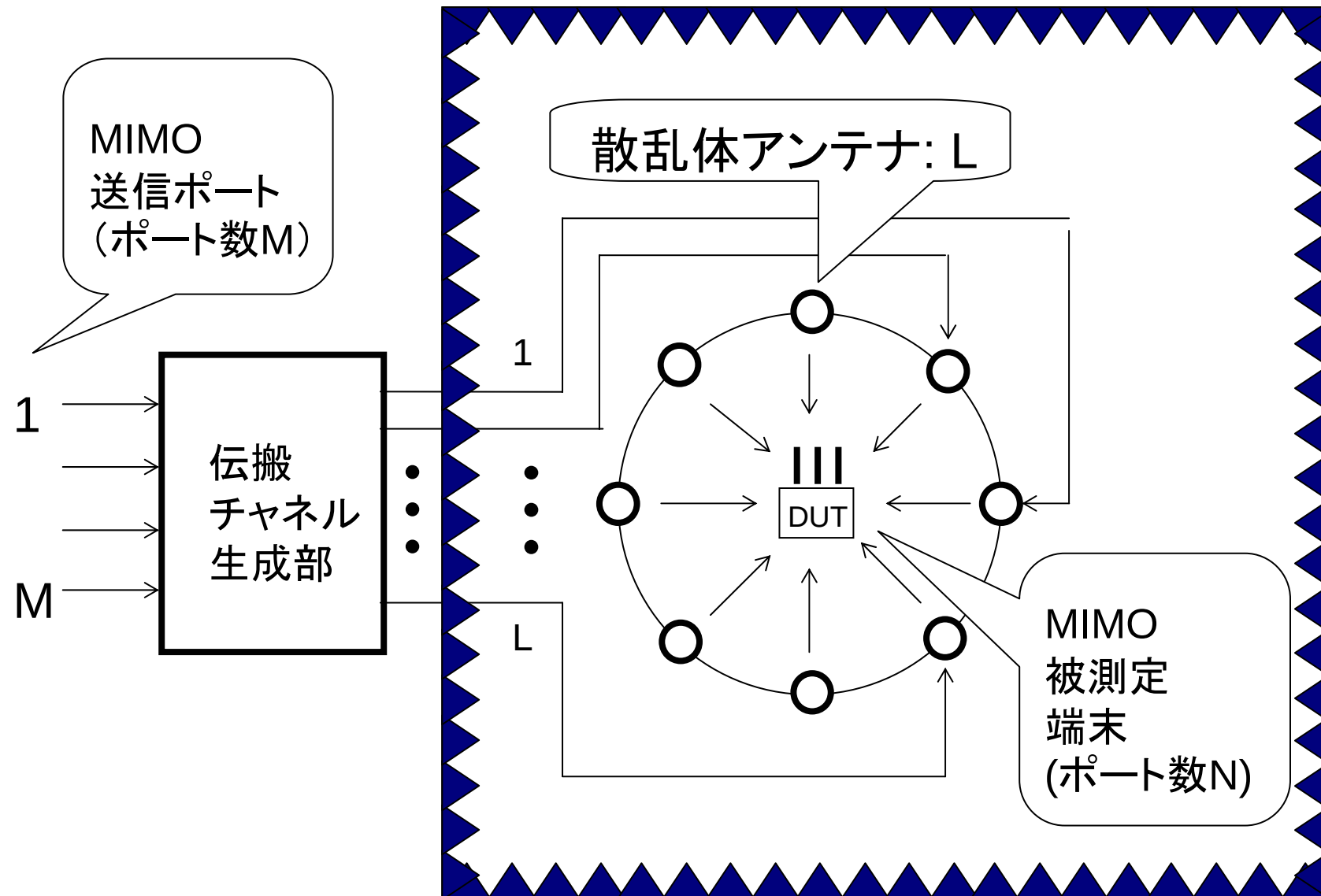
2 × 2

シンプルなものにも、シンプル
な使い方がある!!

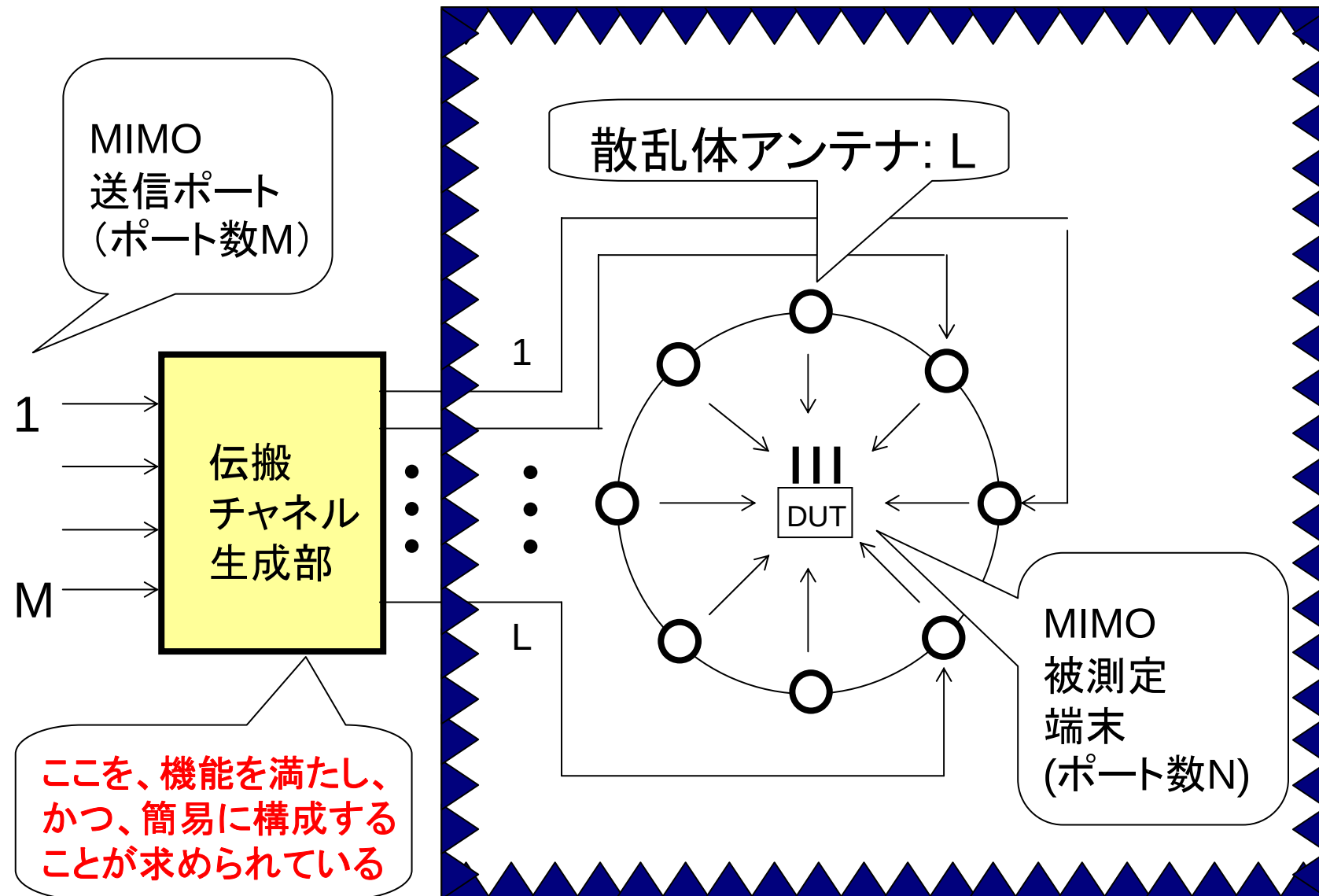
MIMO-OTA測定評価システム



フェージングエミュレータ(FE)タイプOTA: 全体構成

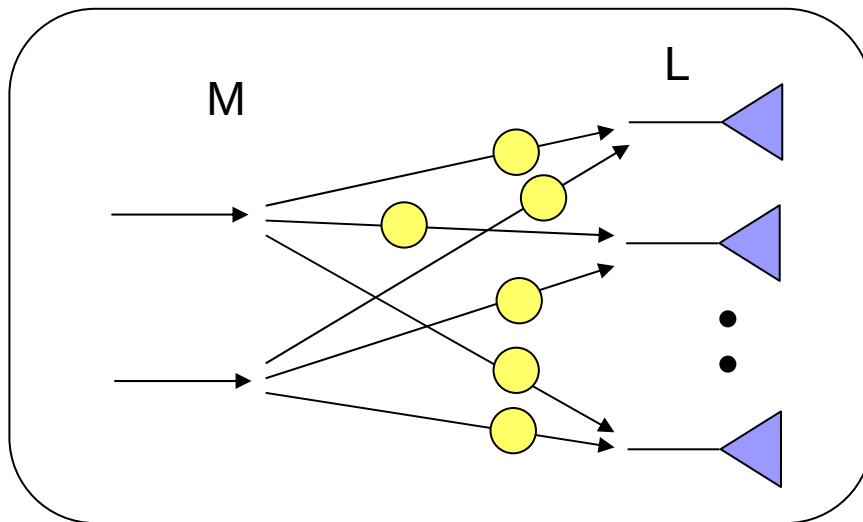


フェージングエミュレータ(FE)タイプOTA: 全体構成



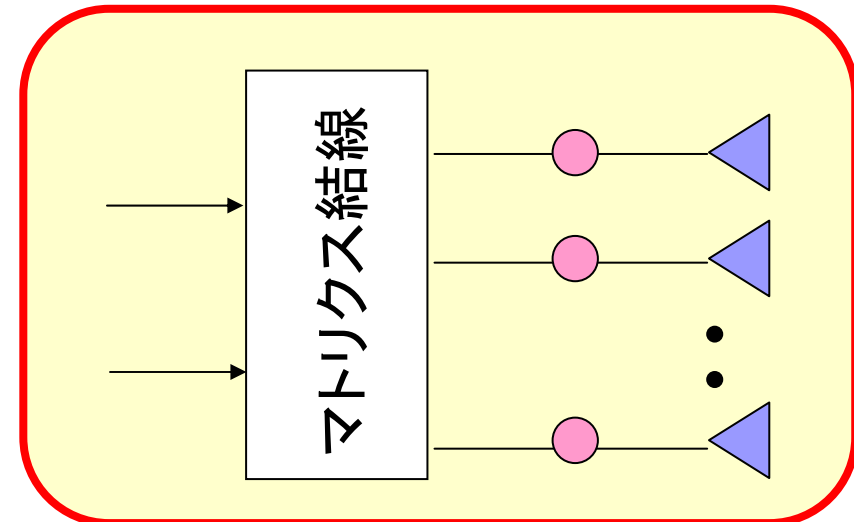
信号処理部の基本構成

パス制御型



- ・伝搬チャネルの特性(遅延や振幅・位相変動)を、パス単位で一括制御[●]。
- ・高柔軟性、高性能、高価格

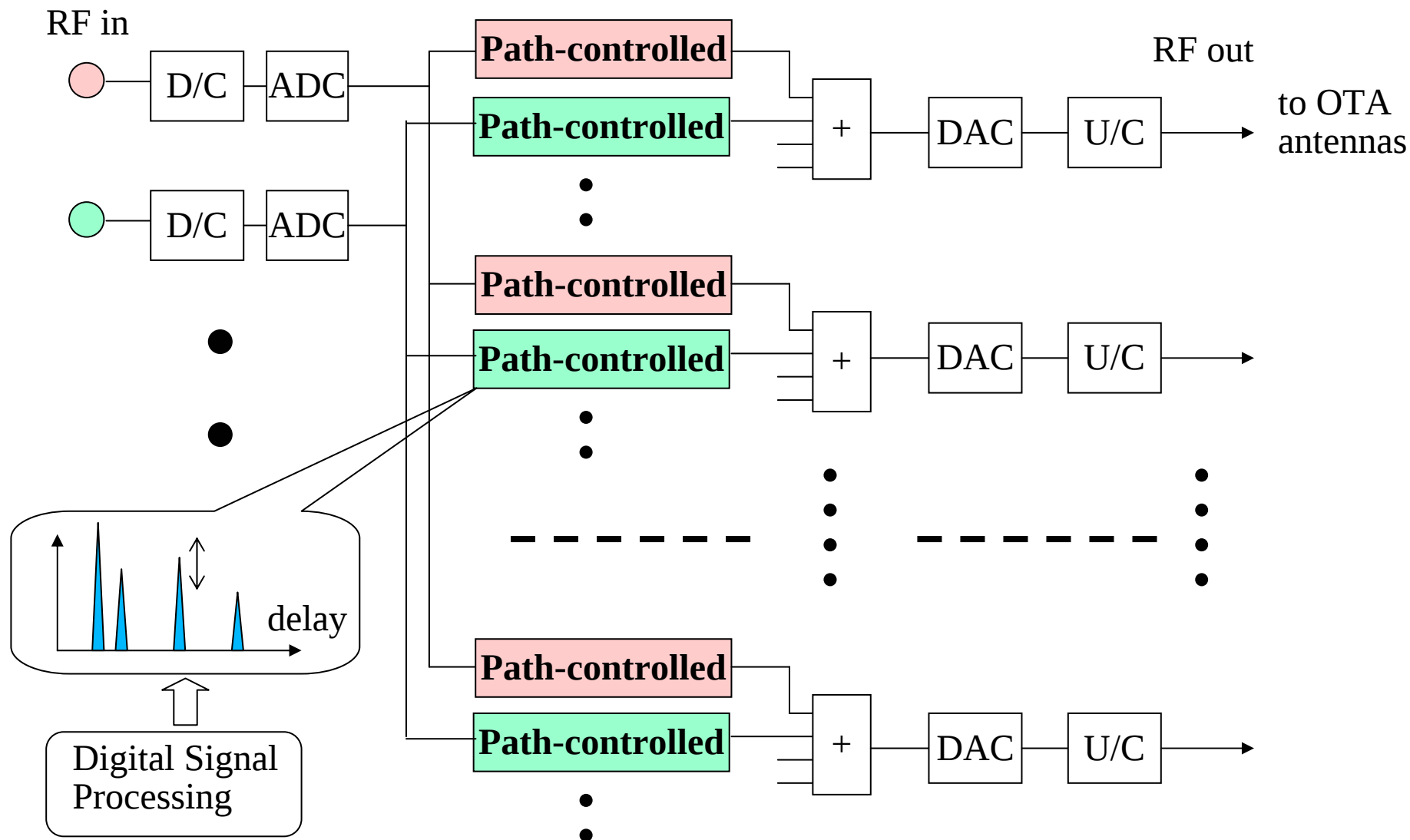
アンテナブランチ制御型



- ・伝搬チャネルの特性を、アンテナブランチ単位で、機能を分担して制御(●)。
- ・機能と性能は従来方式と同等。構成簡易、低価格

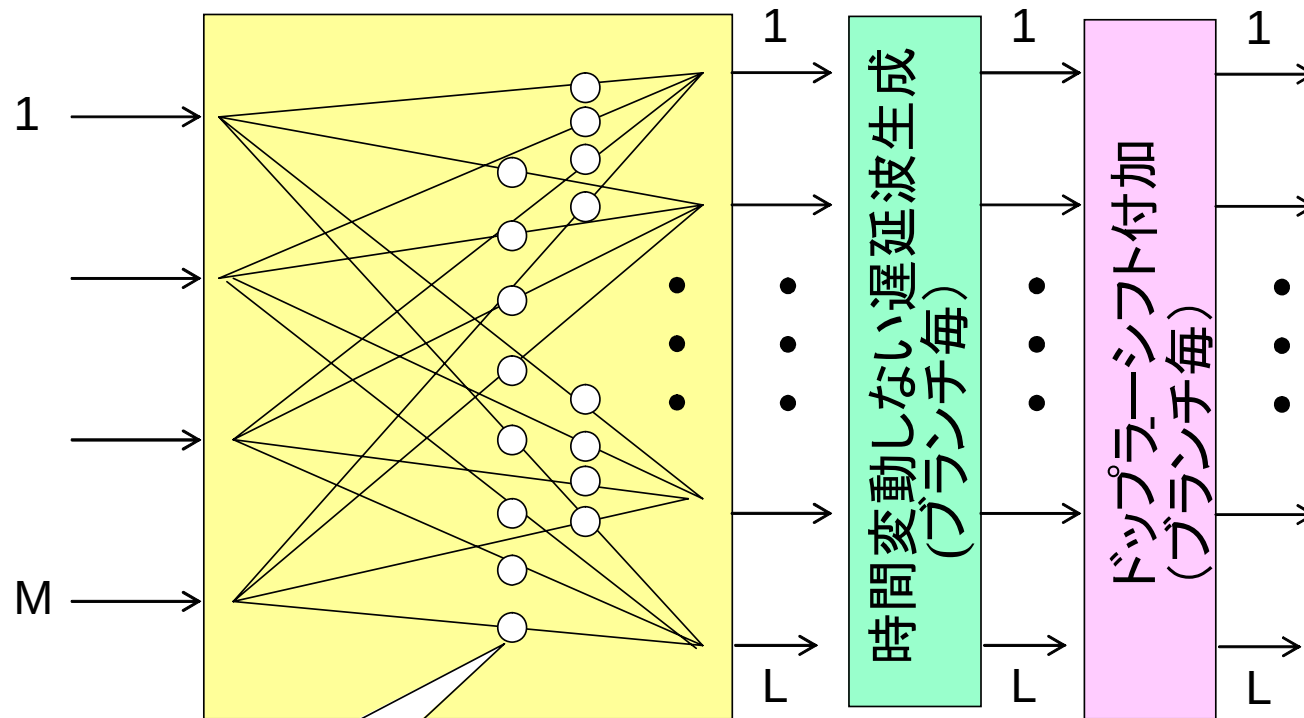
パス制御型 (FE-1)

[Almost Full Functions]

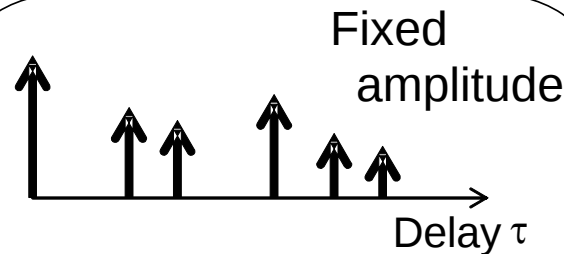


FE-2型(アンテナブランチ制御型:提案方式)

特徴: 機能分担し、夫々に時間変動制御をどこにも含まない

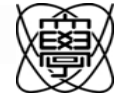


WH符号での固定結線
(送信側無相関変動)



$$+ f_{Dl}$$

OTA部での空間合成により
レイリー変動が生み出される

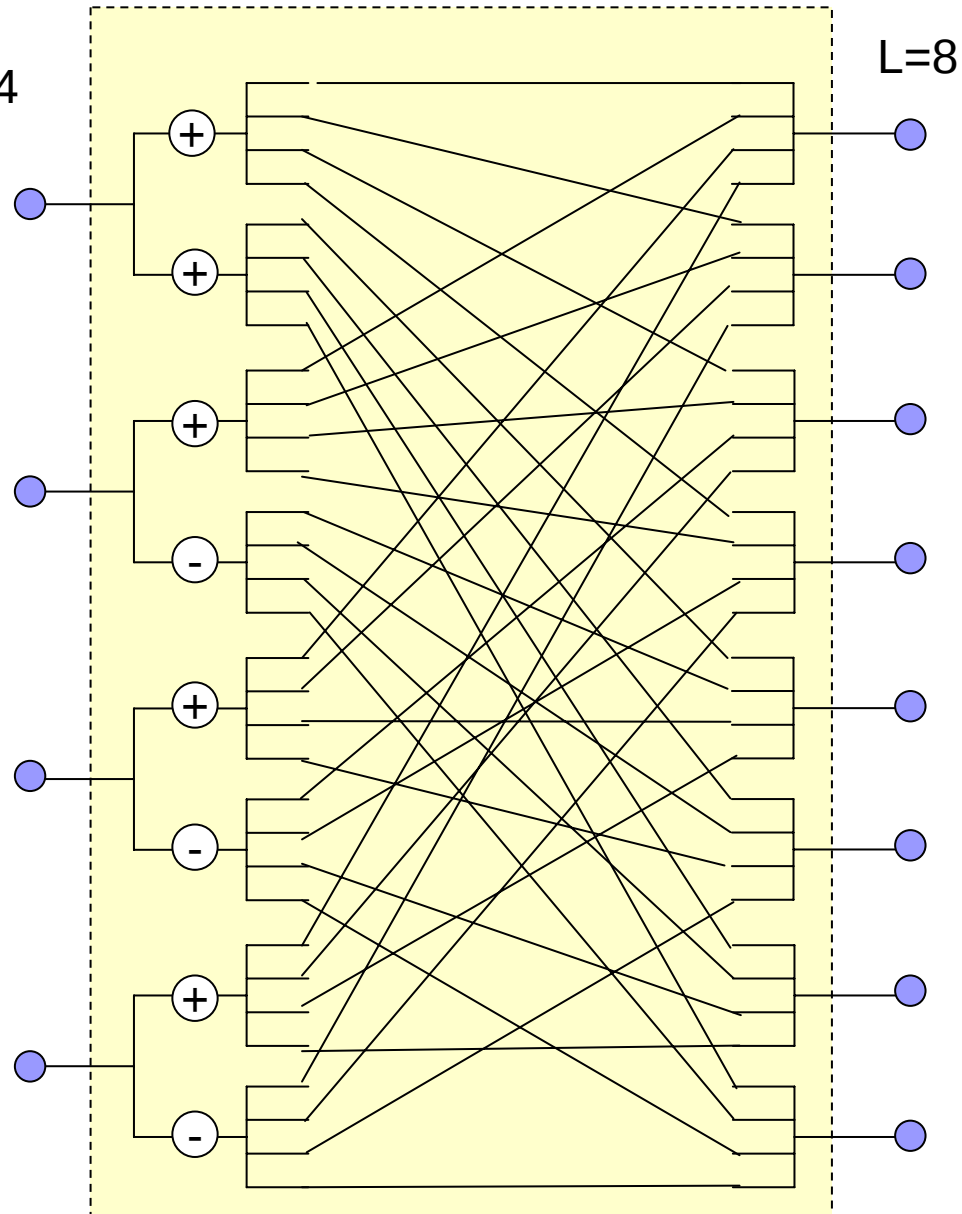


Connection Matrix

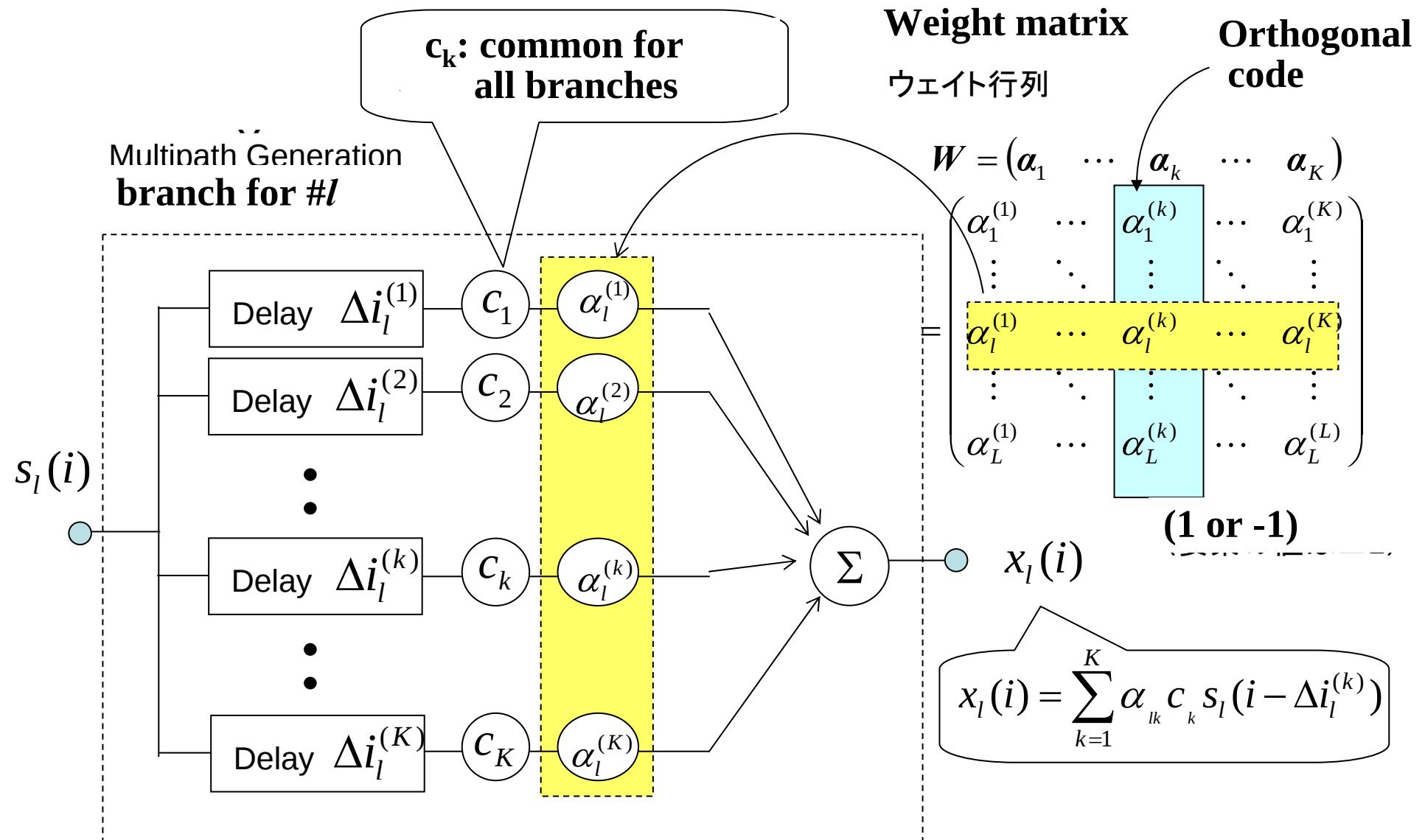
WH code

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 & -1 \end{pmatrix}$$

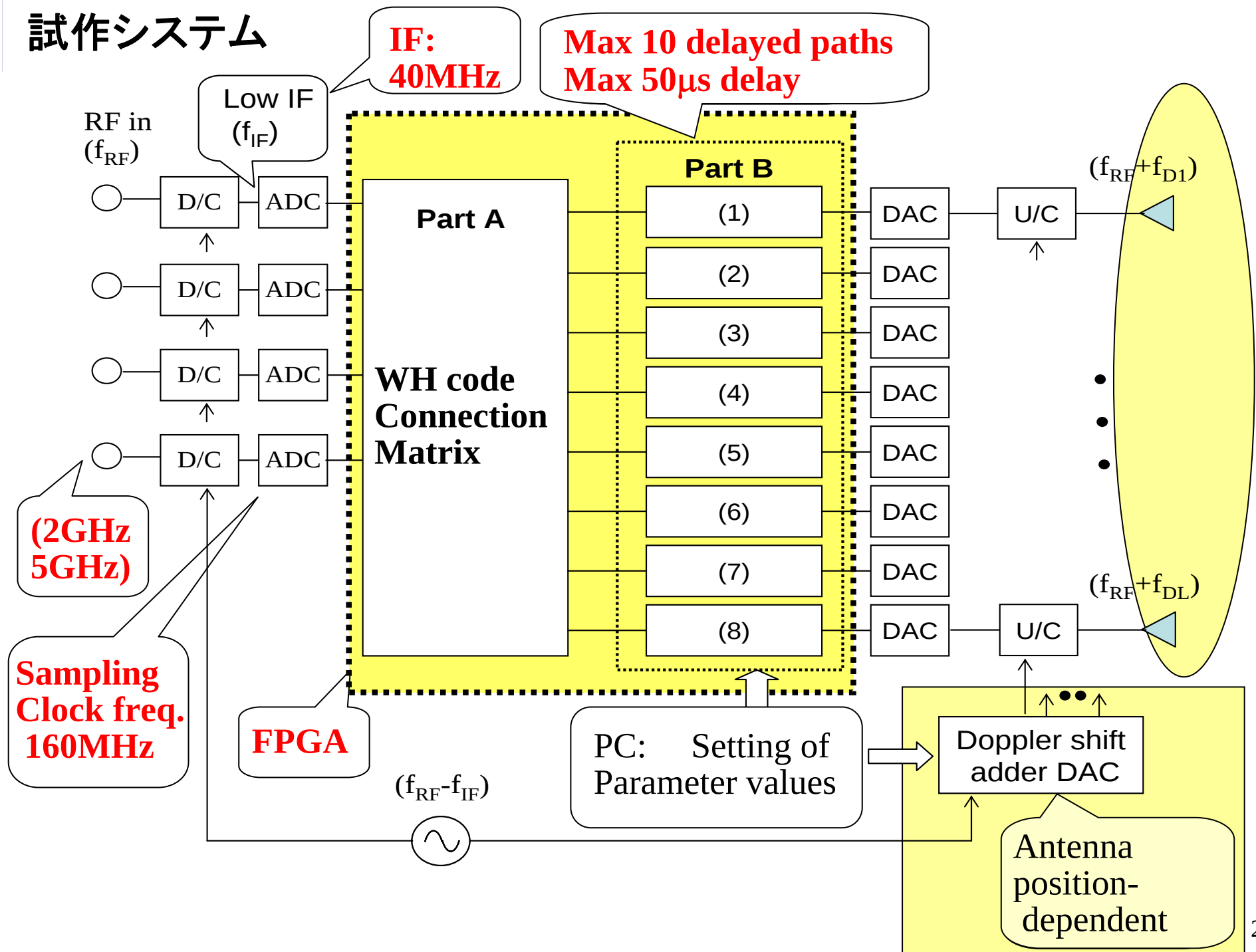
M=4



プローブアンテナのブランチ毎での遅延波生成

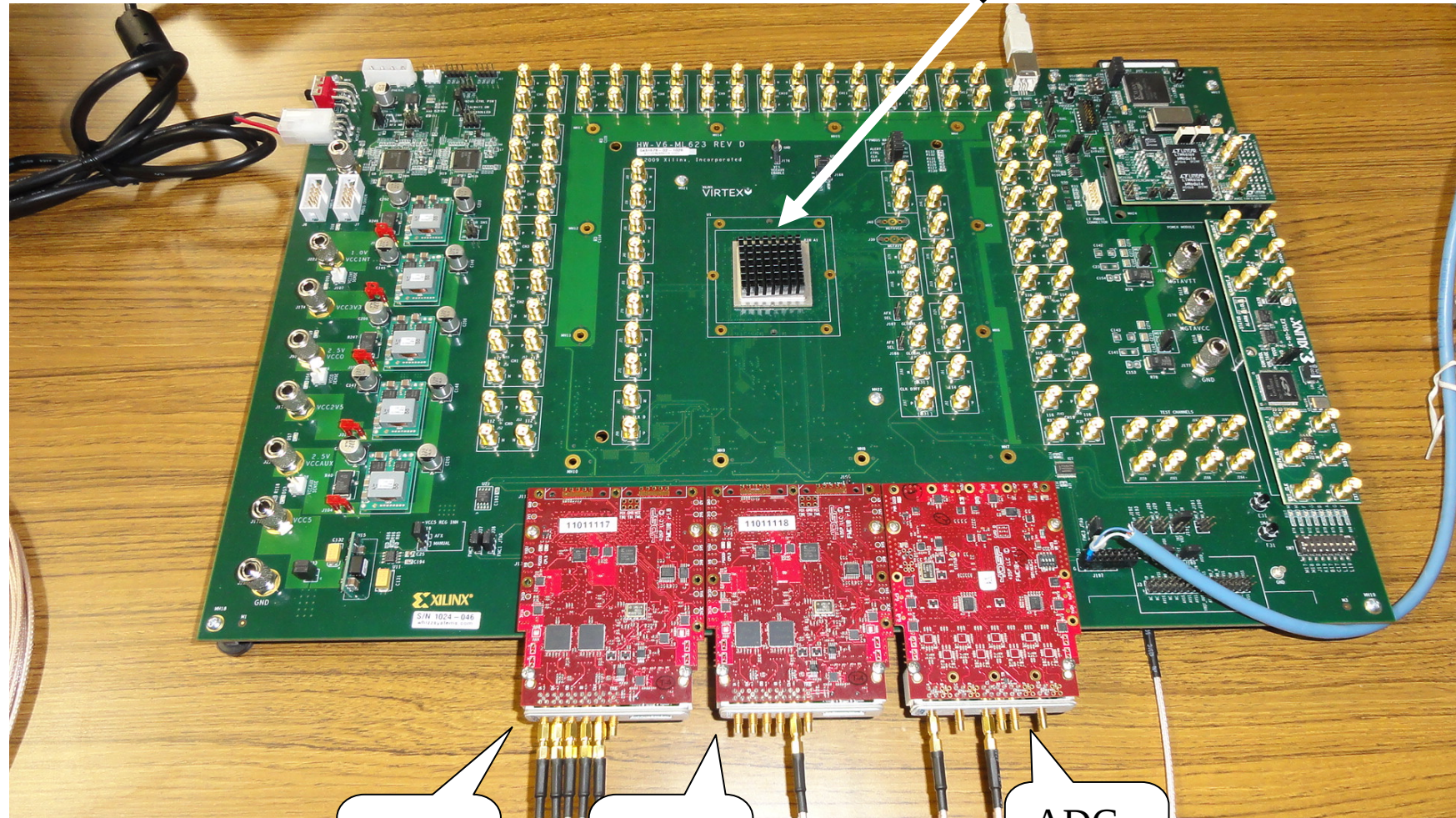


試作システム



FPGA implementation of Part A and B

FPGA: LX240T



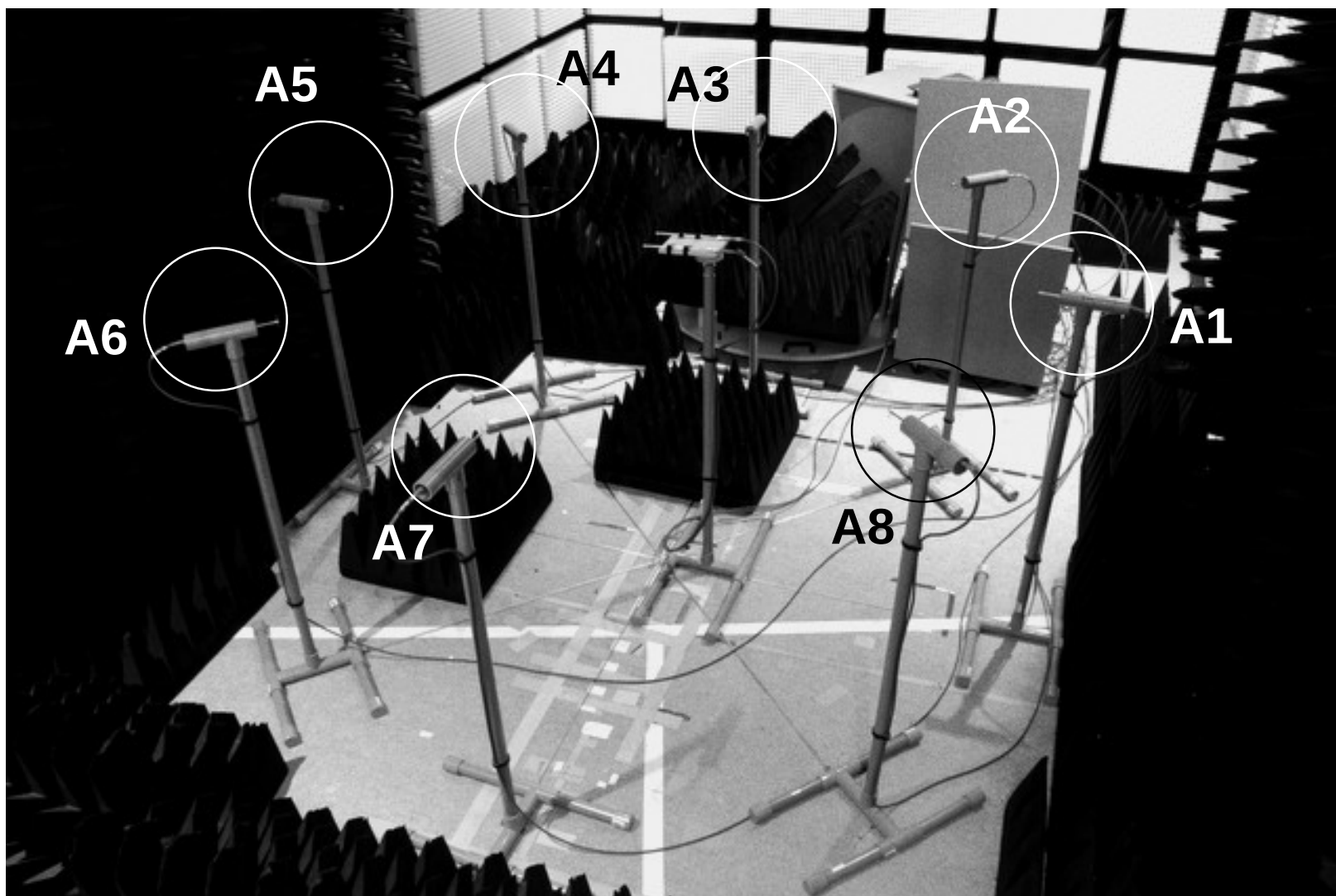
DAC
ch 1-4

DAC
ch 5-8

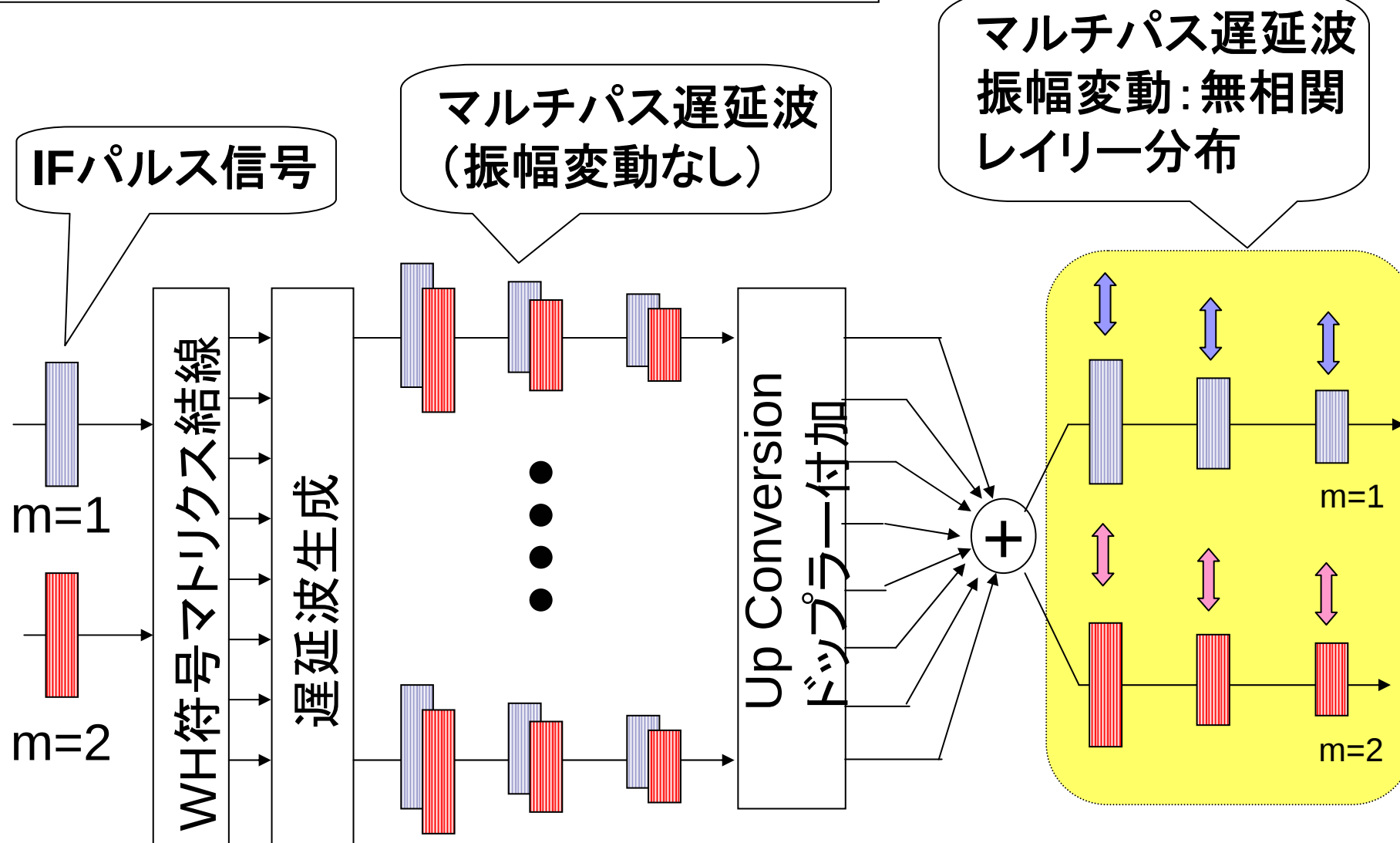
ADC
ch 1-4



Experiment in an Anechoic Chamber (2x8x2; $f=5\text{GHz}$)



FE2型MIMO-OTAシステムの基本動作

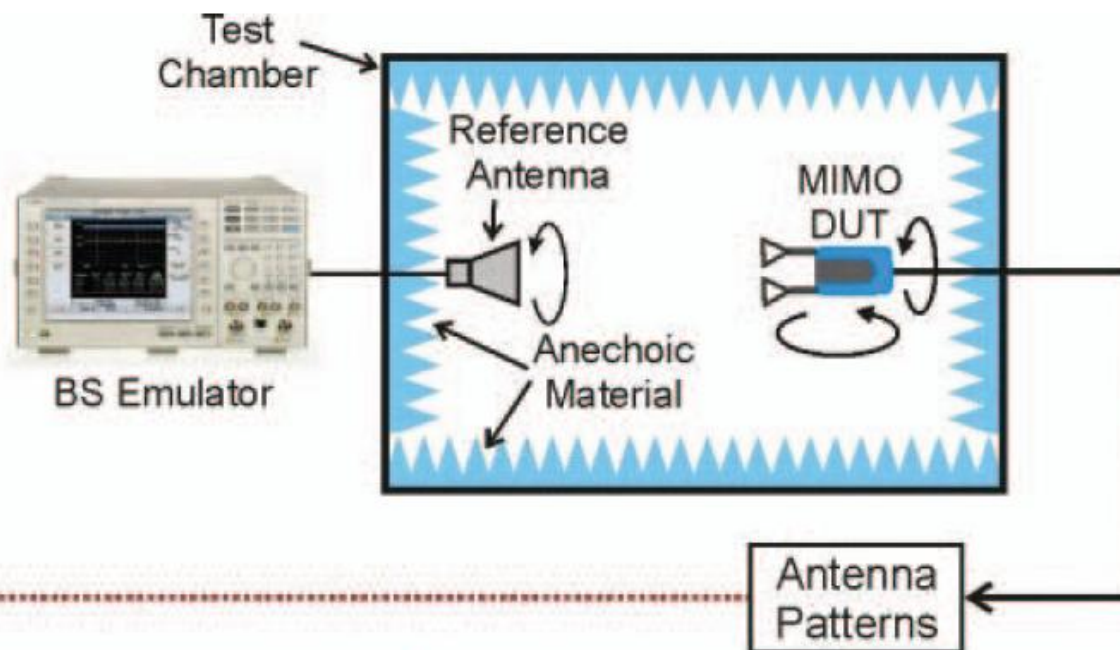


2ステージ法による簡易型MIMO-OTA評価システム構成法

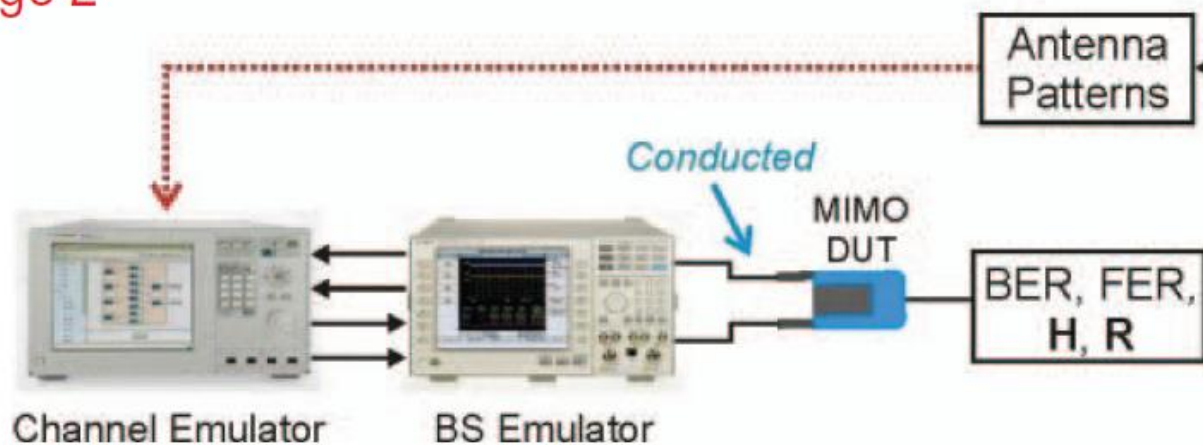
簡易構成型MIMO-OTA構成へ、2-Stage法を組み入れ、
全体として、より簡易に評価系を構成する

2ステージ法のイメージ(Agilent社提案)

Stage 1

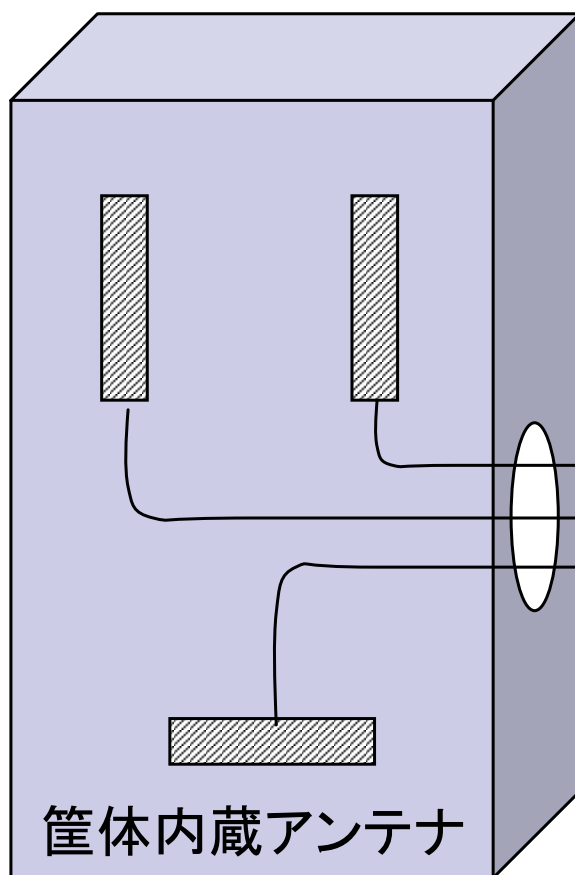


Stage 2



2ステージ法ができるための条件

測定端末(DUT)筐体



条件1: アンテナ出力が
エレメント単位で
取り出せる

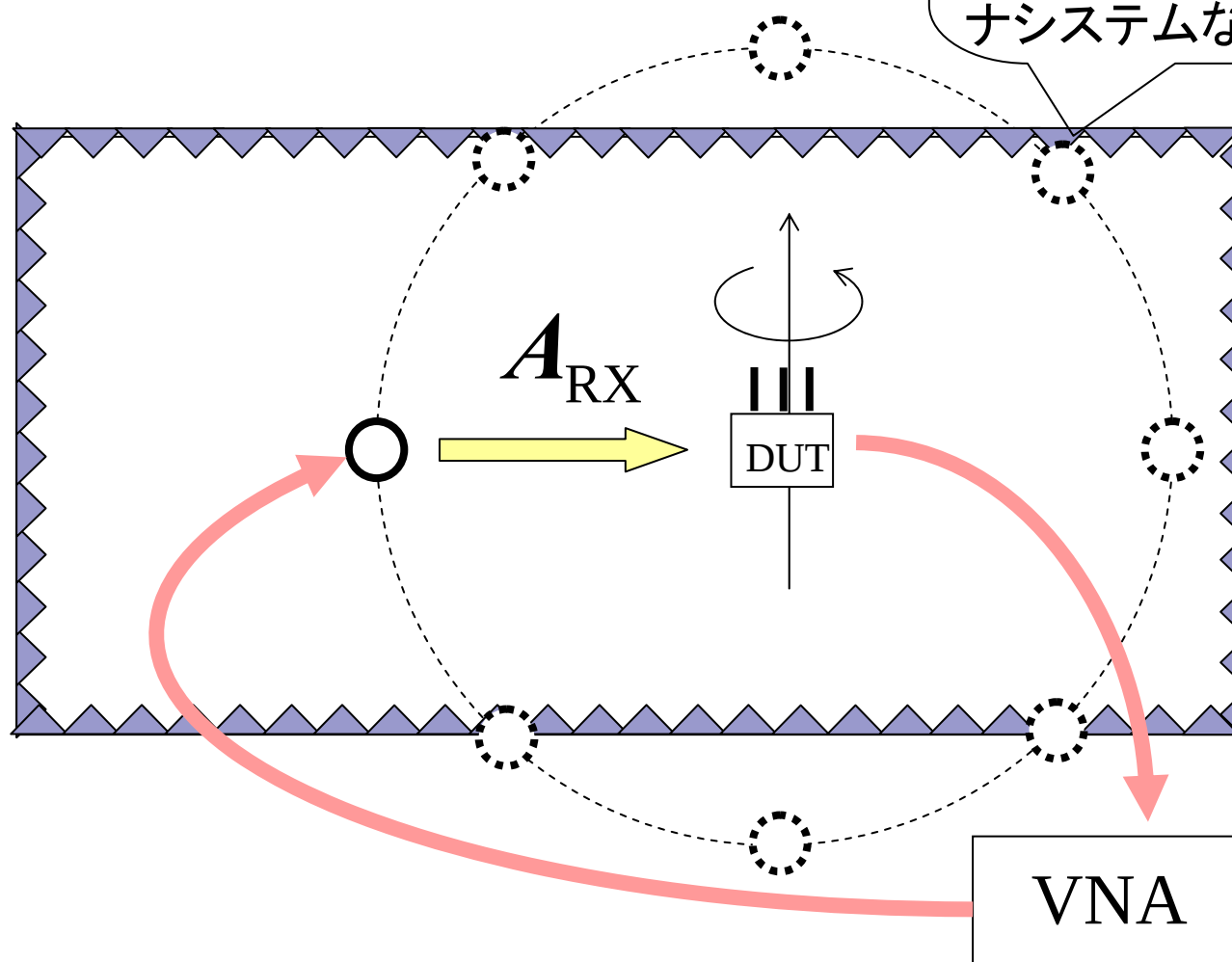
条件2: 給電線の影響が、
アンテナパターンやインピー
ダンスなどの受信特性に影
響を与えない

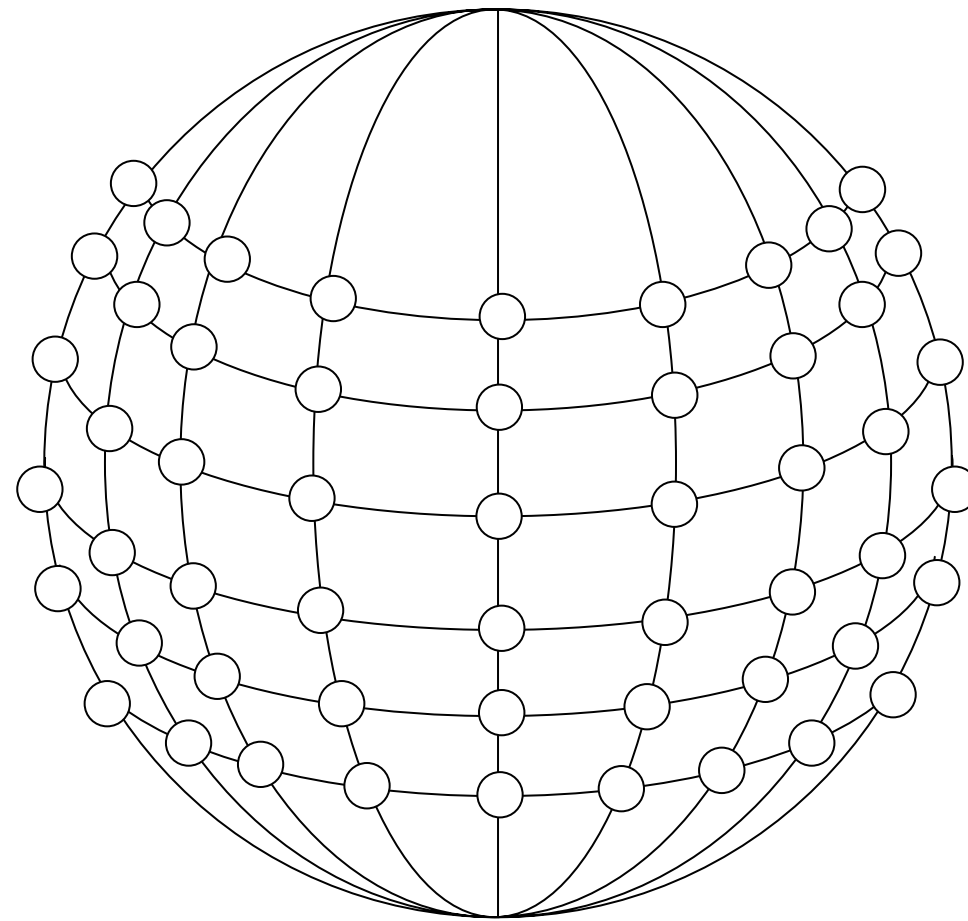
2ステージ法： 第1ステージでの測定

$L=8$ であれば、8方向のみのアレー測定でOK

行列 $A_{RX} \{N_r \times L\}$ のデータ取得

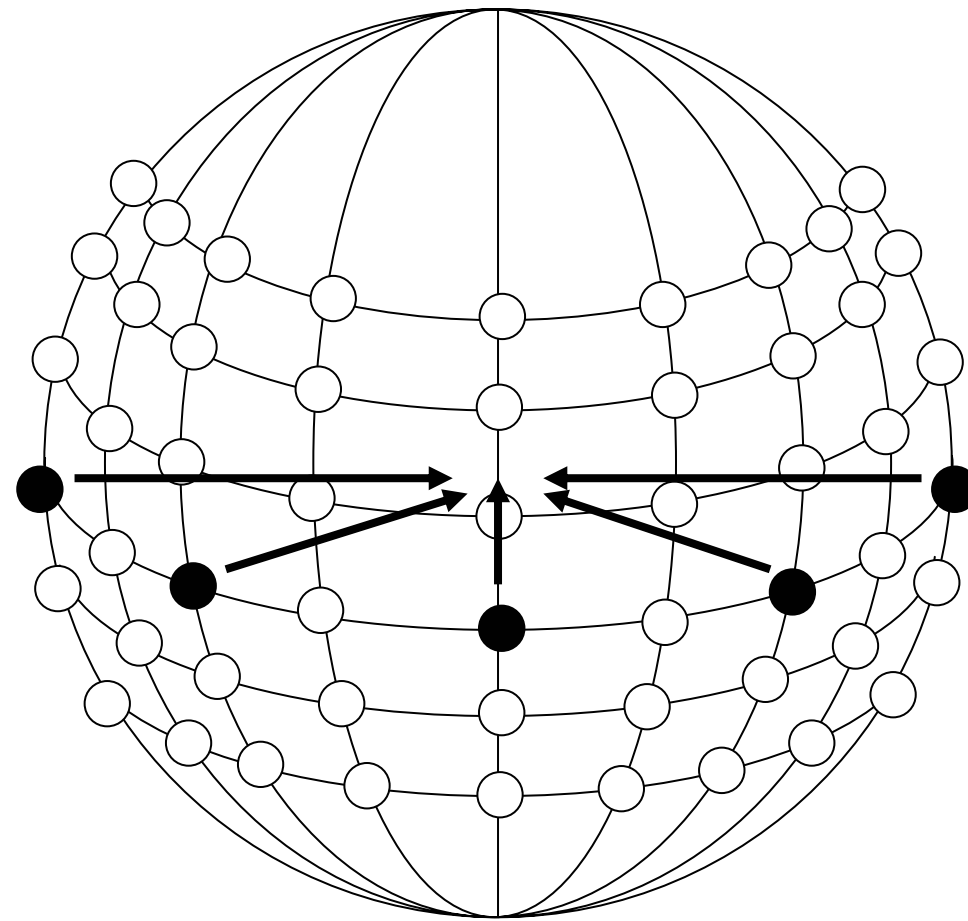
電波暗室内にプローブ
アンテナを配置できるス
ペースがない
例えば、自動車に取り
付けられた大規模アンテ
ナシステムなど





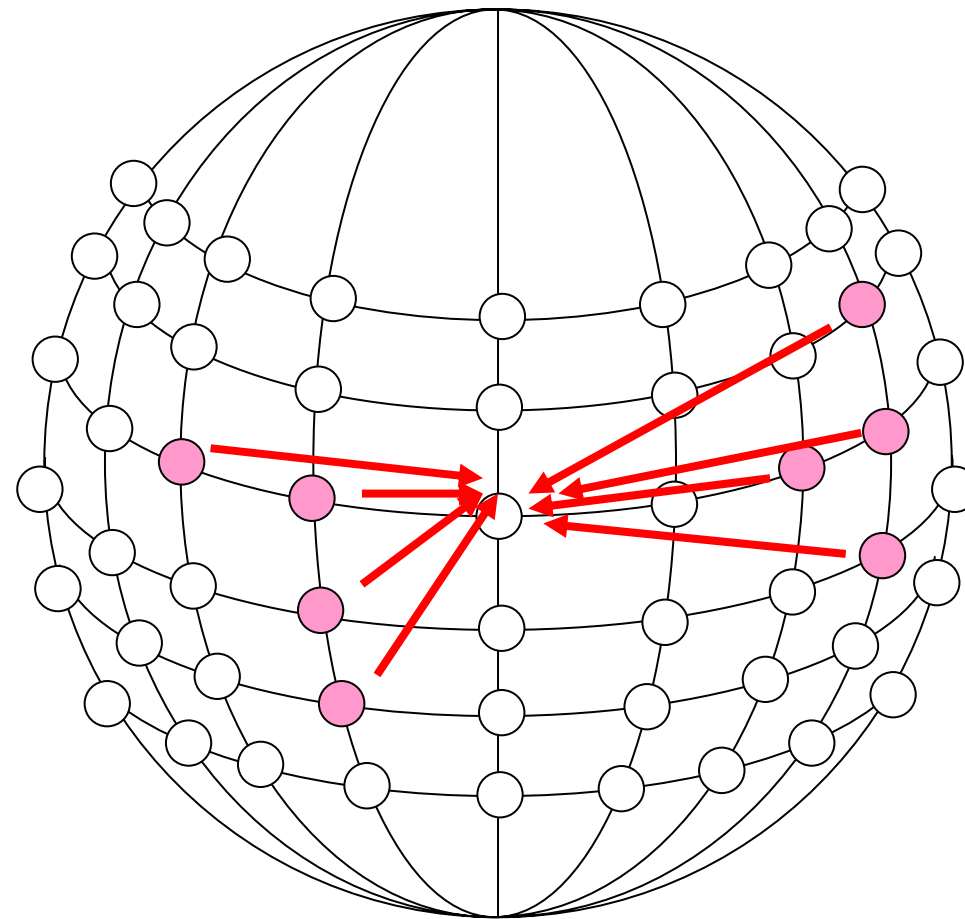
- All measurement points
- Two-dimensional uniform arrangement (L=8)
- Three-dimensional arrangement

3次元にチャネル特性を測定しておく、
3次元到来波環境でのMIMO-OTA評価が可能になる



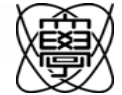
- All measurement points
- Two-dimensional uniform arrangement ($L=8$)
- Three-dimensional arrangement

3次元にチャネル特性を測定しておく、
3次元到来波環境でのMIMO-OTA評価が可能になる

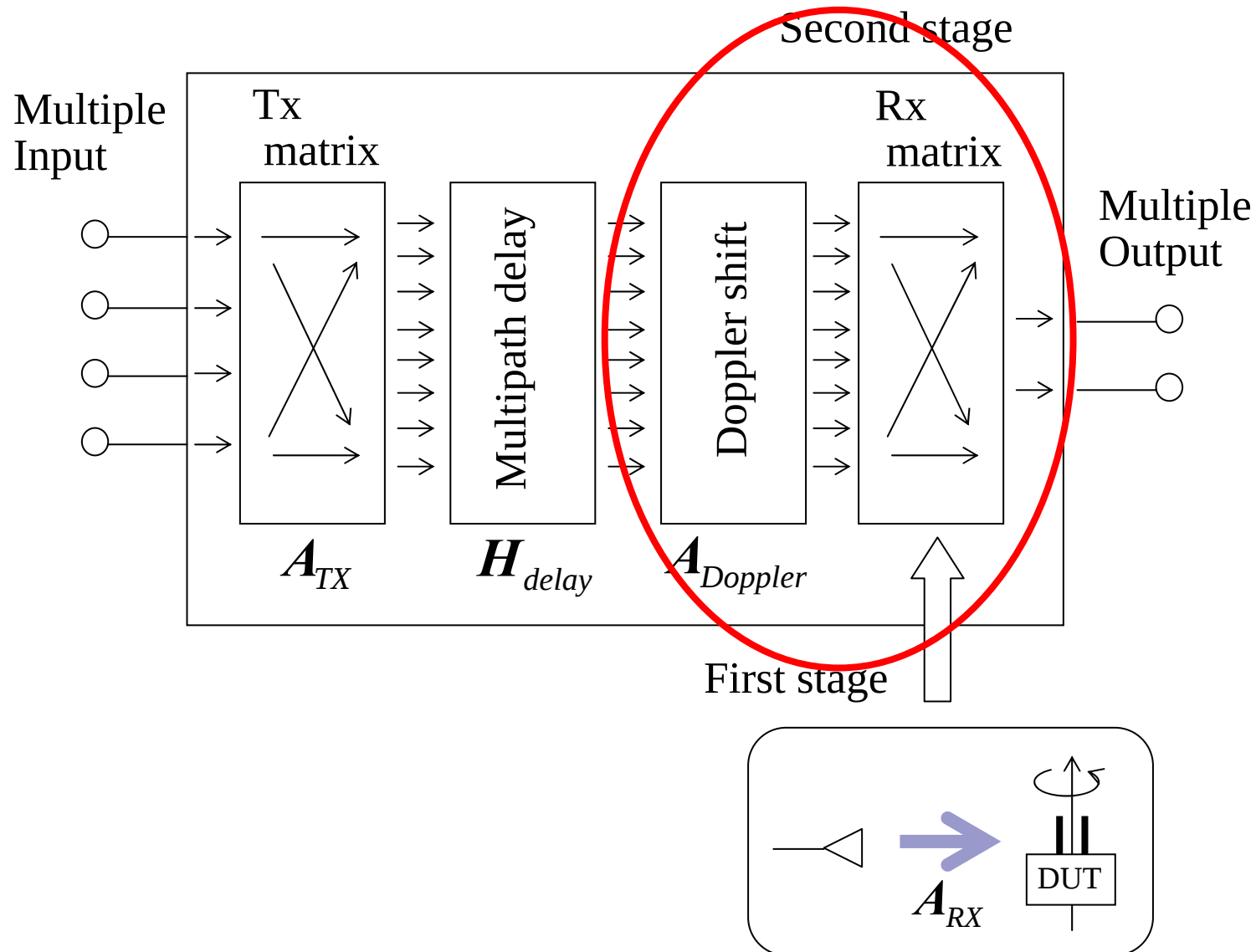


- All measurement points
- Two-dimensional uniform arrangement ($L=8$)
- Three-dimensional arrangement

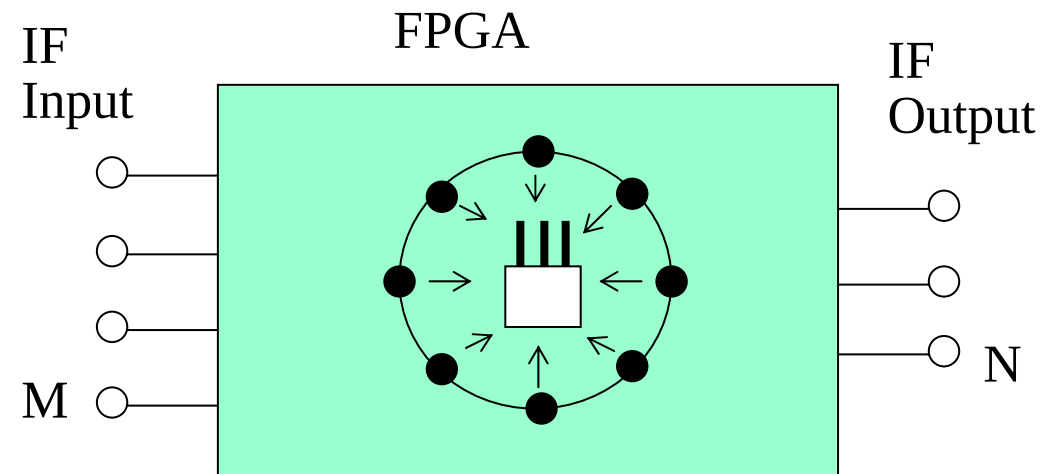
3次元にチャネル特性を測定しておく、
3次元到来波環境でのMIMO-OTA評価が可能になる



2ステージ法を取り入れた提案構成 (FE-2型簡易構成)



一つの理想



IF帯信号(実数信号)をIF帯のまま
実数領域の信号処理を簡易にしたい

したいこと【具備すべき機能】

- ①送受信アンテナ間伝搬路の振幅・位相変動が目的とする確率分布になる ○
 - ②MIMOチャネル行列の特異値(相関行列では、固有値)が目的とする確率分布になる ○
 - ③時間変動が目的のパワースペクトルになる ○
 - ④基地局側の空間相関特性が実現できる △
 - ⑤移動局側の空間相関特性が実現できる ○
 - ⑥伝搬路の交差偏波特性(XPD)が制御できる △
 - ⑦指定の遅延プロファイルが実現できる ○
- また、伝搬特性とは別の要求条件として
- ⑧測定システムが安価に構築できる △→○
 - ⑨測定が容易に行える △→○
 - ⑩下り・上り両回線での評価ができる ×→△

MIMO-OTA: まとめ

- MIMO-OTA: どのような構成にしてもオールマイティなものはない
- それに近づけようとすればするほど、複雑で、大変なものになる
- MIMO-OTAに過大な期待をしない
(関所の役割: パスしたからといって、良いものとは限らないが、
良くないものは、パスしない)
- 自分たちに必要なものを、自分たちでつくろう
(大学の低予算環境でも、実現できた
→ 大学展示コーナーで、試作システムの紹介を行っています)

Thank you very much for your kind attention

