



# モード多重伝送におけるモード結合の モンテカルロシミュレーション

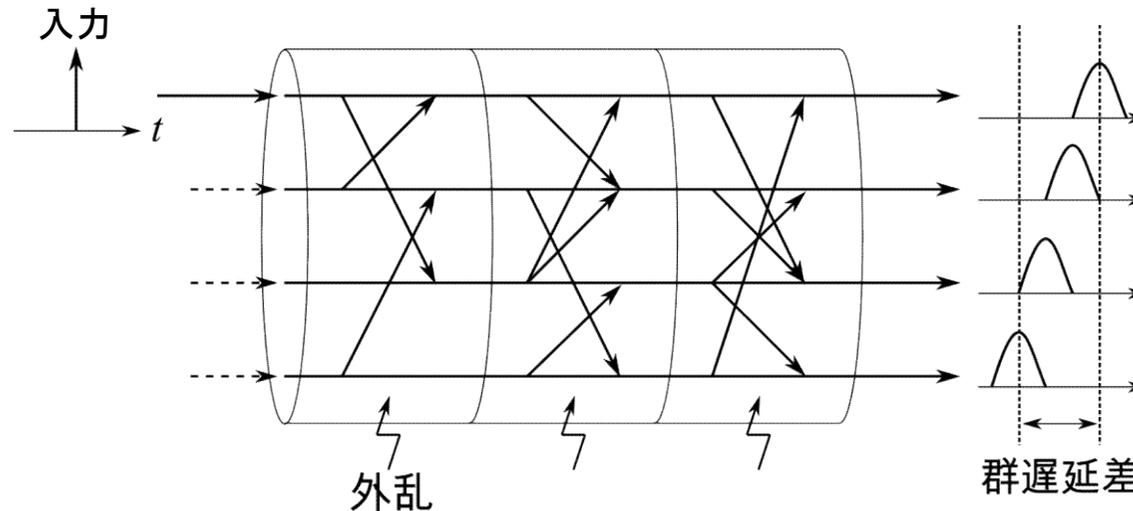
砂本英大 五十嵐浩司  
大阪大学大学院工学研究科

研究概要: マルチモードファイバ(MMF)におけるモード結合の  
モンテカルロシミュレーションモデルの提案

モード分割多重伝送方式におけるMIMO信号処理の計算量増大の原因となる  
群遅延差やインパルス応答広がり の理解を得ることが目的

# モード分割多重伝送方式における モード結合

マルチモードファイバ(MMF)を用いたモード分割多重伝送方式では、  
伝送性能悪化の原因となるモード結合が生じる(MIMO信号処理で補償)



モード結合は長手方向にランダムな外乱によって誘導

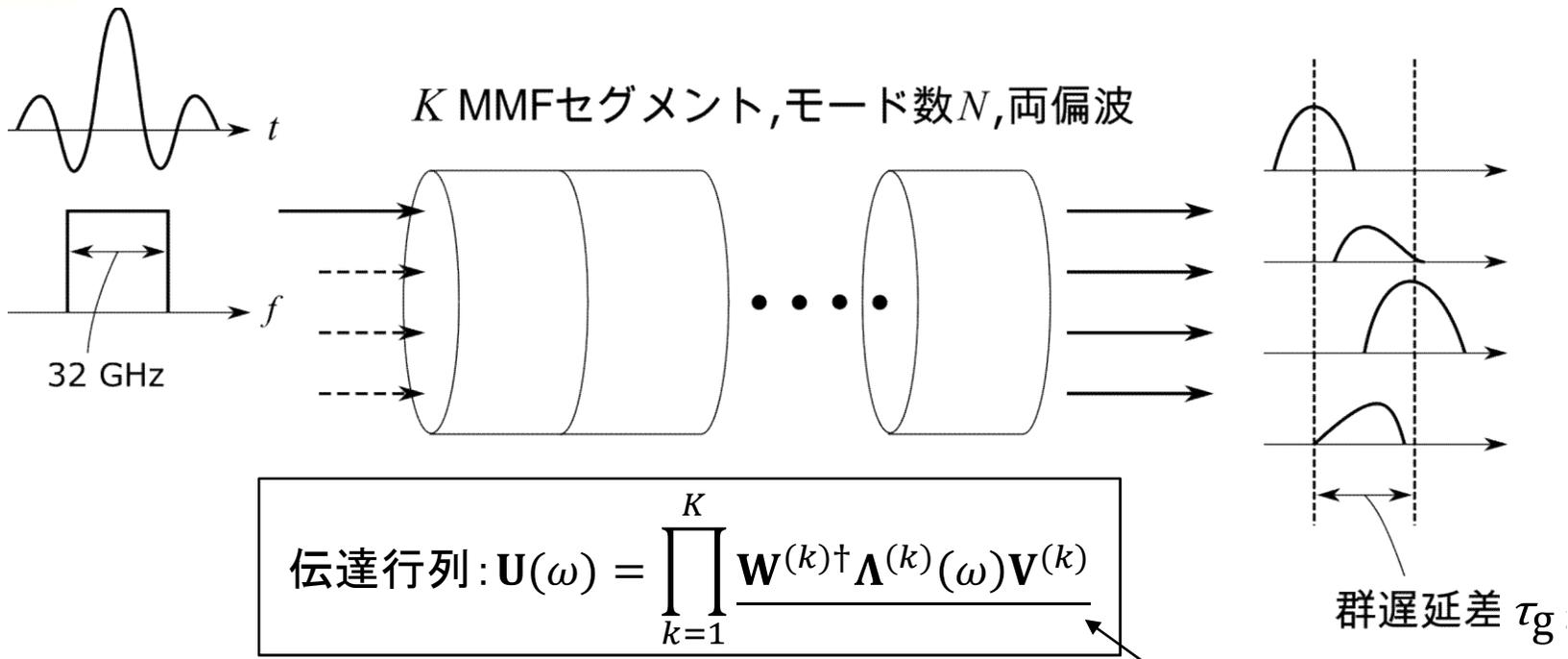
- 確率・統計に基づきモデル化
- 出力モード間の群遅延差やインパルス応答の確率的性質を議論

群遅延差やインパルス応答の確率変数を直接計算・理解することは困難



OSAKA UNIVERSITY

# シミュレーションモデルの提案



$\mathbf{W}^{(k)}, \mathbf{V}^{(k)}$ : ランダム特殊ユニタリ行列,

$$\boldsymbol{\Lambda}^{(k)}(\omega) = \text{diag}[\exp(j\tau_1\omega), \exp(j\tau_2\omega), \dots], \quad \tau_i = \frac{N - 2i}{2} \tau, \quad \tau = 1 \text{ (ps)}$$

$k$  番目セグメント行列

群遅延差・インパルス応答を試行回数毎に算出可能



直感的な理解につながる



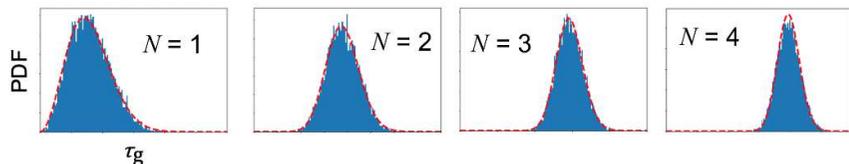
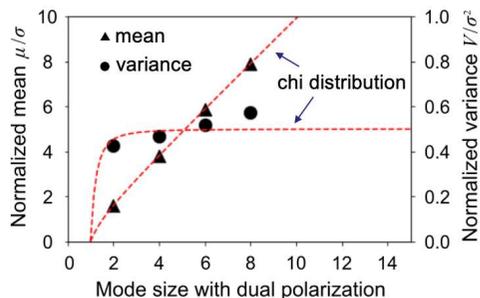
OSAKA UNIVERSITY

# シミュレーション結果と妥当性

## 群遅延差計算結果

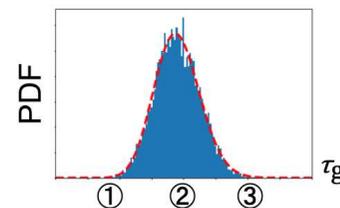
確率・統計に基づくモデルでは、全セグメントでの群遅延差はカイ分布に従う

シミュレーションを用いて、群遅延差  $\tau_g$  の平均  $\mu$  と分散  $V$  を計算

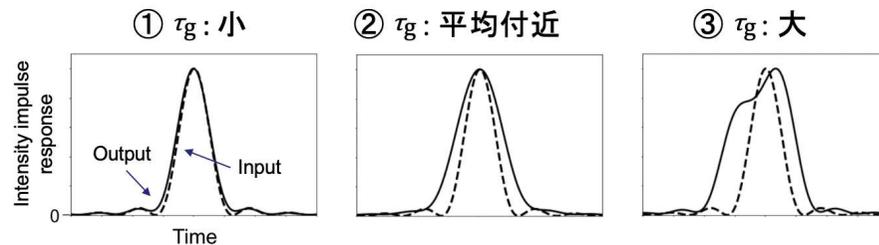


理論と同様の傾向を確認

## 強度インパルス応答計算結果



モード数  $N = 2$   
セグメント数  $K = 10$



群遅延差に比例して  
インパルス応答広がりが大きくなる

各試行で群遅延やインパルス応答を算出各種パラメータの関係を直接計算



群遅延差・インパルス応答に対して直感的な理解が得られた