

# ループアンテナを用いた OAM 多重通信に関する研究

三宅 久之助

電気通信大学

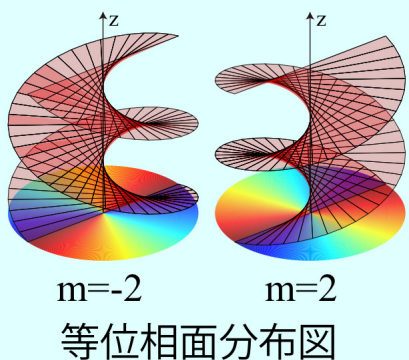
## ループアンテナによる OAM 波生成方法

### OAM(Orbital Angular Momentum) 通信

#### ◆一般的な OAM 波の特徴

- $2m\pi$  で回転するらせん状の位相分布
- リング状の電界強度分布
- 磁気量子数  $m$  が異なると独立で空間に存在可能

$$m = \begin{cases} 0, +1, +2, +3 \dots +\infty \\ -1, -2, -3 \dots -\infty \end{cases}$$



#### ◆ループアンテナを用いた OAM 通信

- 円形ループアンテナ単体で OAM 波放射
- ループの長さによって単一モードの OAM 波放射
- $\pm m$  のモードの OAM 波を重ねて放射

給電 ← 給電

$m=1$   $m=2$   
単一モード時の電流分布

### ループアンテナによる OAM 波の生成

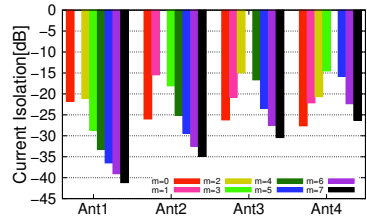
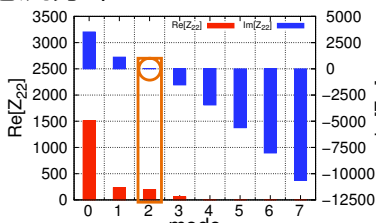
電流分布:  $I(\varphi) = \sum_{m=0}^{\infty} I_m \cos(m\varphi)$  (電流展開係数)

放射電界:  $\begin{bmatrix} E_r \\ E_\theta \\ E_\varphi \end{bmatrix} = \sum_{l=1}^{\infty} \sum_{m=0}^l \begin{bmatrix} A_1(r, \theta, l) \sin m\varphi \\ A_2(r, \theta, l) \sin m\varphi \\ A_3(r, \theta, l) \cos m\varphi \end{bmatrix}$  (m 以外の電流展開係数が 0)

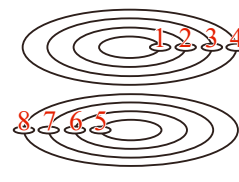
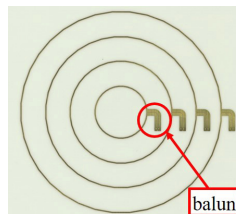
m 次単一の OAM 波を放射

### m 次単一の電流分布

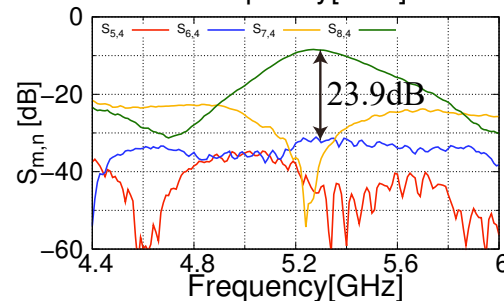
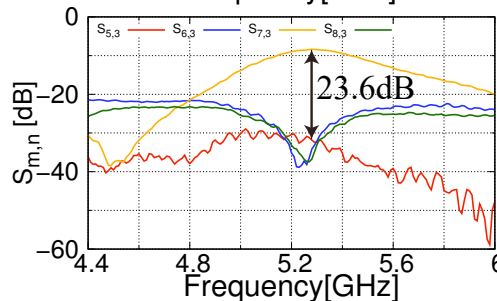
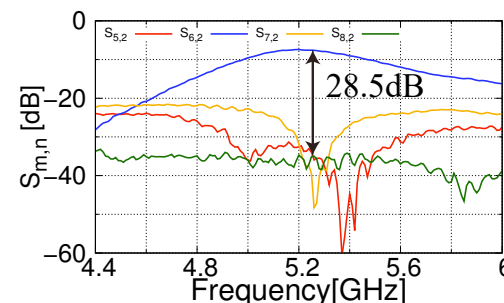
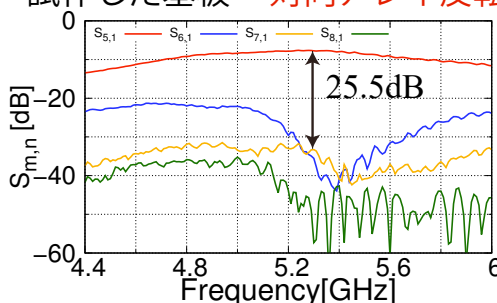
$$I_2^m = \frac{V_2}{Z_{22}^m}$$



## 近距離 4 チャンネル OAM 通信



導体幅: 0.4mm  
 ループ半径  
 Port 1&5: 8.4mm Port 2&6: 16.5mm  
 Port 3&7: 24.4mm Port 4&8: 32.5mm  
 端子インピーダンス: 200Ω  
 基板: FR-4  
 厚さ: 0.1mm 比誘電率: 4.8 誘電正接: 0.01



通信距離 1cm において  
 通過アイソレーション 23.6dB 以上を達成

## 近距離 8 チャンネル OAM 通信

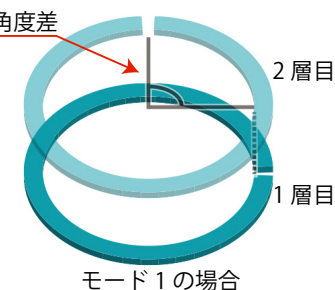
同一ループ半径間の誘導電流

$$I_{p_{i+4}} \approx \frac{Y_{i,i+4}^{\pm i}}{1 + Y_{i,i}^{\pm i} R_p} V_i = \frac{2\xi_{i,i+4}^i \cos\{m_i(\varphi_{ei} - \varphi_{ei+4})\}}{1 + Y_{i,i}^{\pm i} R_p} V_i$$

端子方位差を利用して誘導電流を抑制

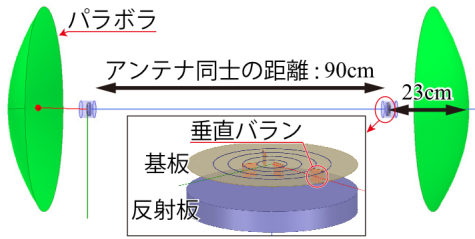
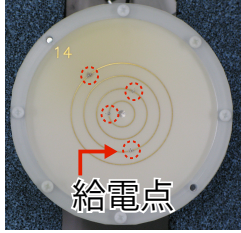
$$\varphi_{ei} - \varphi_{ei+4} = \frac{(2l+1)\pi}{2m} \Rightarrow I_{p_{i+4}} \approx \frac{2\xi_{i,i+4}^i \cdot 0}{1 + Y_{i,i}^{\pm i} R_p} V_i = 0$$

端子方位の角度差

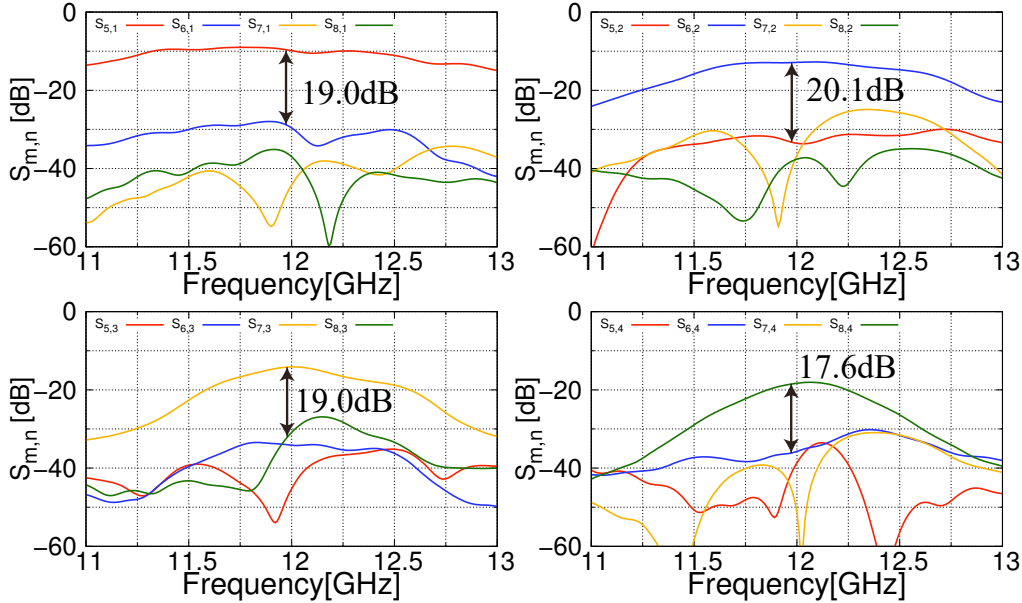


# 遠距離 4 チャンネル OAM 通信

実測 90cm 通信



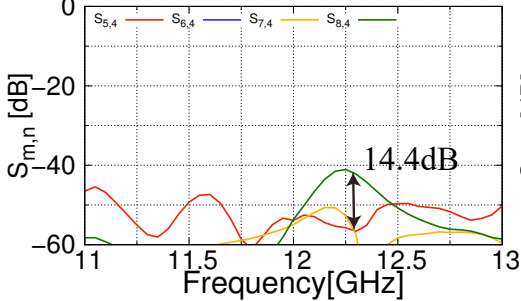
導体幅: 0.4mm  
 ループ半径  
 Port 1&5: 3.5mm  
 Port 2&6: 6.85mm  
 Port 3&7: 10.3mm  
 Port 4&8: 13.75mm  
 端子インピーダンス: 100Ω



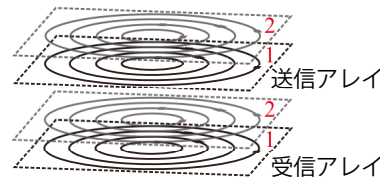
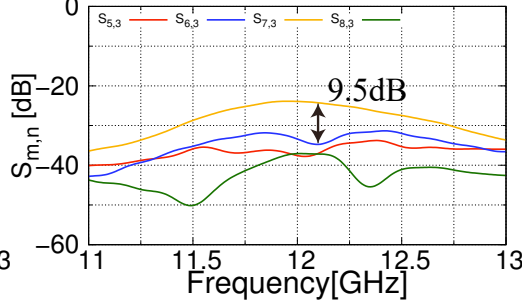
周波数 12.0GHz において通過アイソレーション 17.6dB 以上を達成

1m 以上シミュレーション及び実測

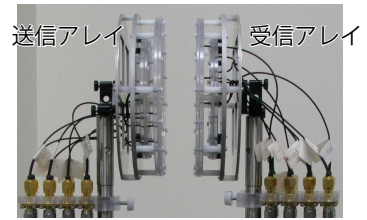
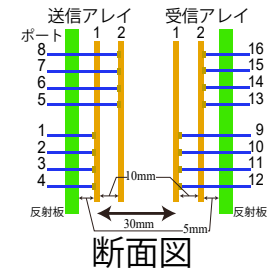
シミュレーション 10m



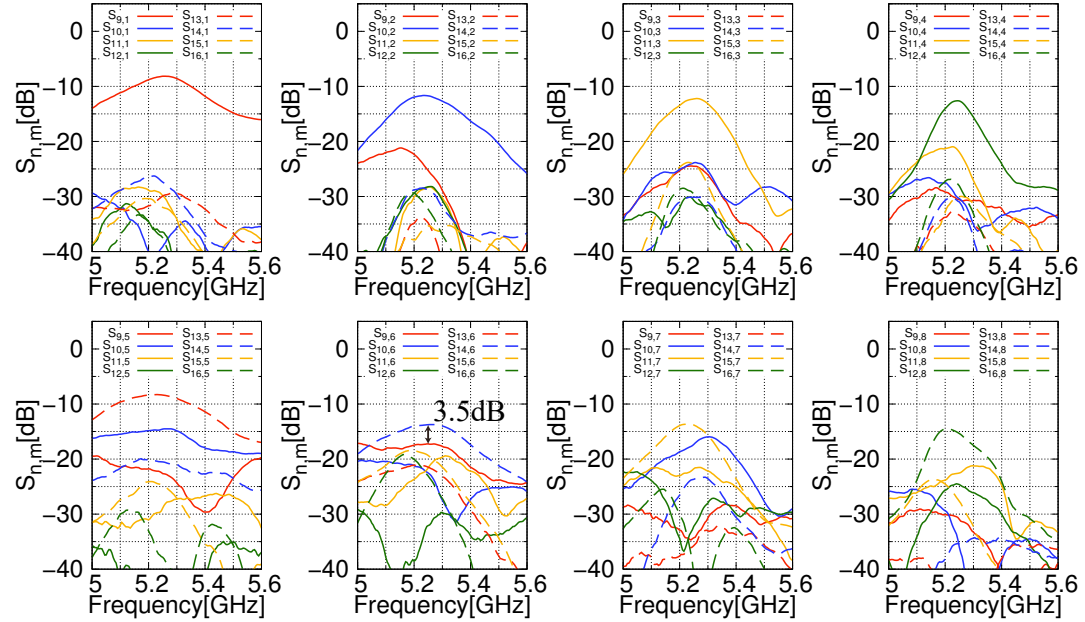
実測 3.2m



2層のアレイ



測定系



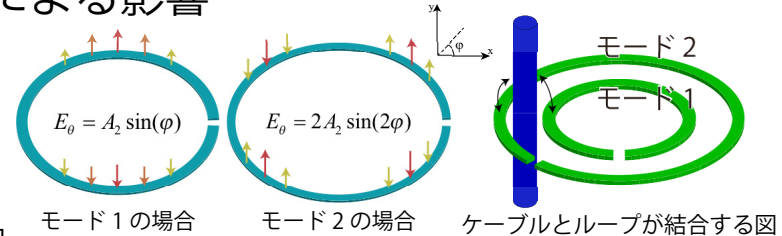
通信距離 3cm 周波数 5.25GHz において

通過アイソレーション 3.5dB 以上を達成

給電ケーブルによる影響

垂直方向電界

$$E_{\theta} = A_2(r, \theta) \cdot m \sin(m\varphi)$$



ケーブルに電流を励起

再放射された電界で  
ループ同士結合

