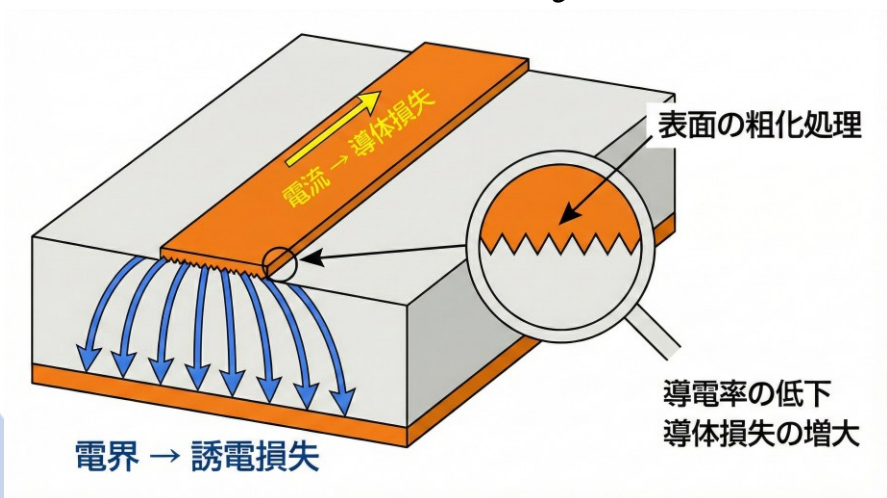


# BCDRを用いた基板の誘電損失と 表面粗さによる電気伝導性の測定

5E 春日研究室 柳原魁人

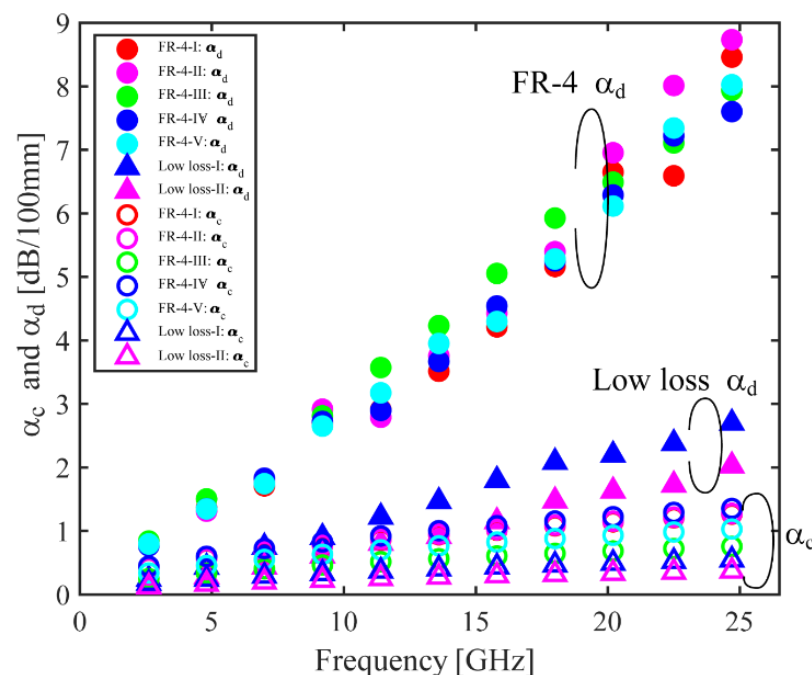
# 研究の背景

- 次世代通信技術は高速・大容量データ送受信が必要
- 高周波ほど通信容量増大 → 100 GHz帯での通信性能が必須
- 信号減衰の原因：誘電損失 $\alpha_d$  + 導体損失 $\alpha_c$
- 従来：誘電損失 $\alpha_d$ を測定・検討
- 課題：導体損失 $\alpha_c$ における表面粗さの影響は未検討



$$\alpha_c = \frac{\sqrt{(\pi f \mu) / \sigma}}{Z_0 W}$$

$$\alpha_d = \frac{\pi f \sqrt{\epsilon_{\text{eff}}}}{c} \tan \delta$$



# 本研究の目的

## 目的

- 表面粗さによる電気伝導性への影響を明らかにする。

## やったこと

- BCDR法によるMEGTRON6の複素誘電率測定
- BCDR法によるMEGTRON6の導電率測定
- 減衰定数の算出と表面粗さの影響評価

標準銅箔を使用

→ 複素誘電率測定

→ 実基板銅箔を使用

→ 導電率測定

↓  
減衰定数算出



# 測定対象の材料

基板名	メーカー名	公称厚	用途
L-6504C2 (FR-4)	東芝ケミカル	0.3mm	高耐久性、高熱伝導性、 低価格であり、1GHz 以下の帯域でよく使わ れる。
R-5775GH (MEGTRON6)	パナソニック	0.3mm	1GHz以上・高速通 信向け高性能材料。

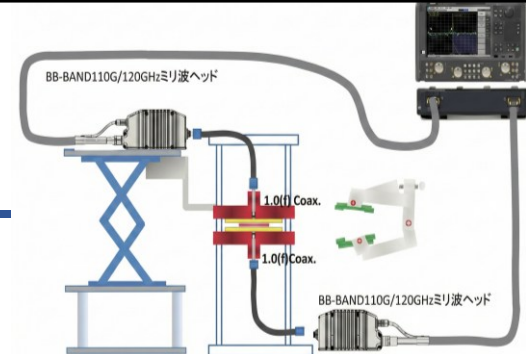
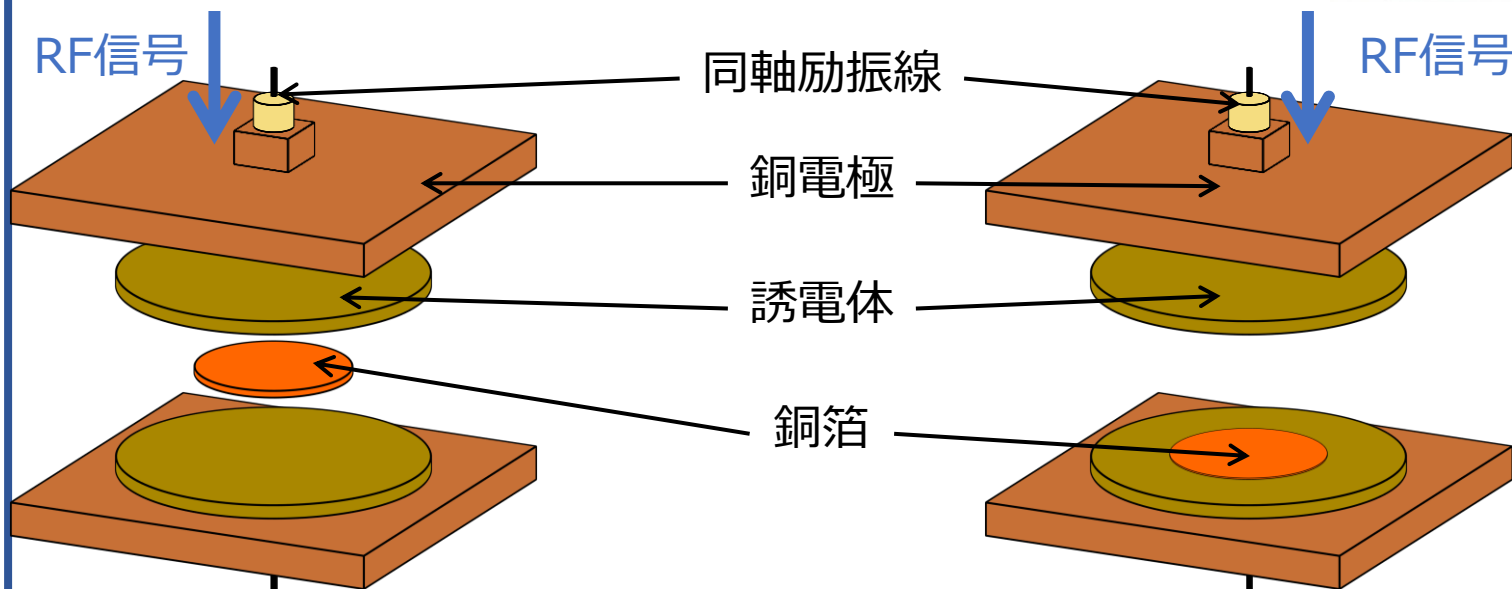
## 【MEGTRON6の特徴】

- 高周波用低損失基板材料
  - 高速通信機器に使用
- 正確な特性評価が必要



# 測定原理と手順

## 平衡円板共振器法



① エッチング処理で銅箔  
除去した基板 + 標準銅箔  
→ 基板の複素誘電率を測定

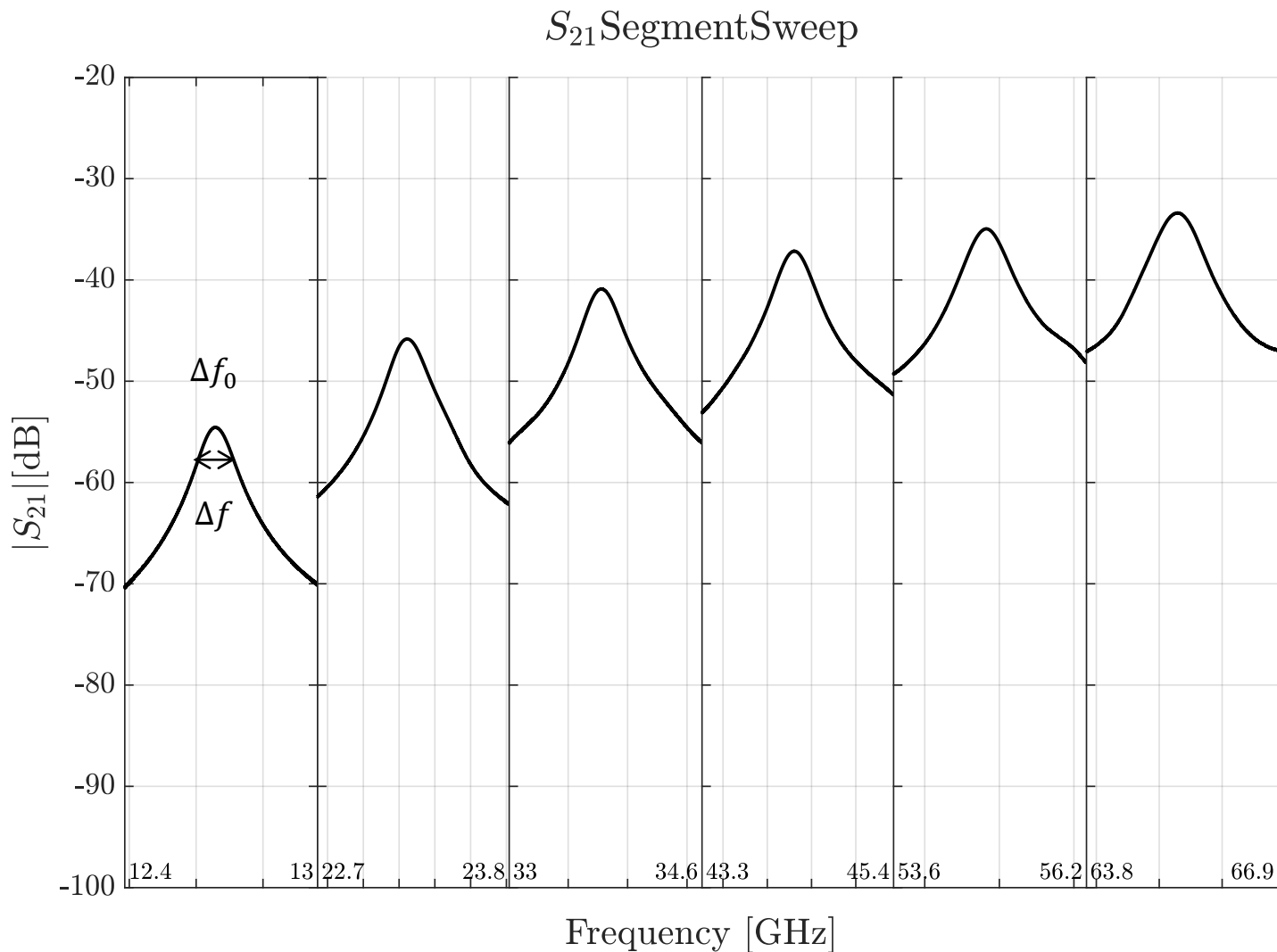
② 実基板の銅箔を残した状態で測定  
→ ①の誘電率を基準に  
実効導電率を算出



長野高専 春日研究室

Kasuga Lab. National Institute of Technology, Nagano College

# Sパラメータの測定結果



共振ピークの周波数と鋭さ (Q値) から

誘電率と損失特性を評価

長野高専 春日研究室

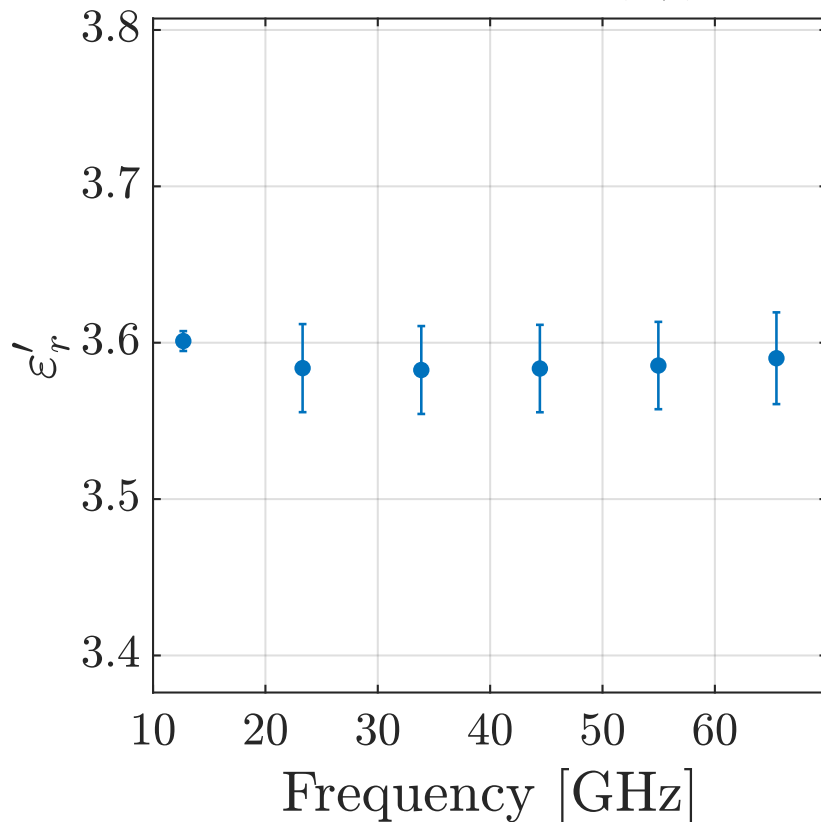
Kasuga Lab. National Institute of Technology, Nagano College

$$Q = \frac{f_0}{\Delta f}$$

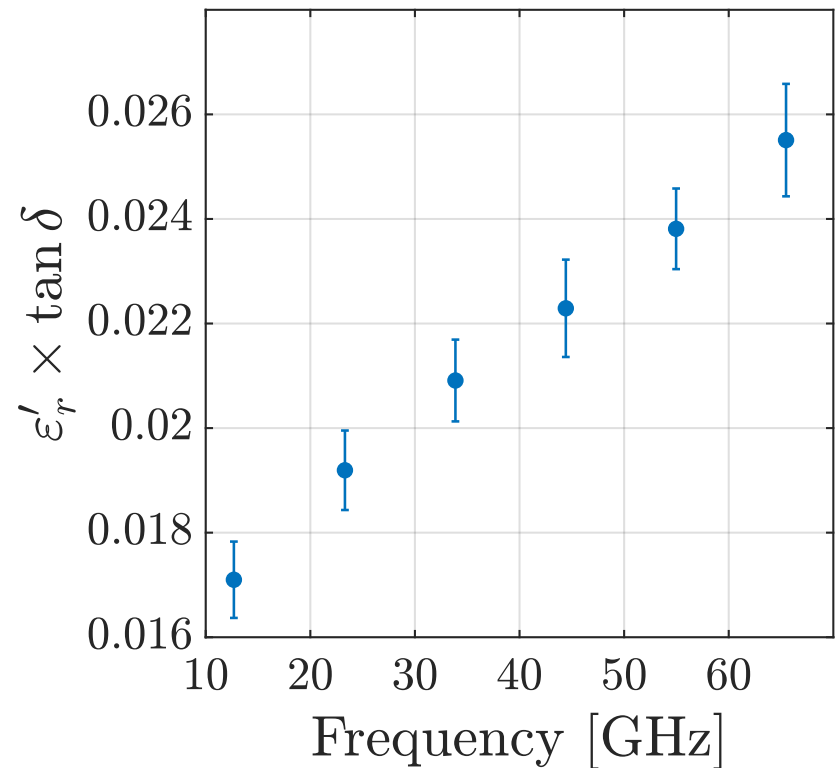


# 複素誘電率の測定結果

Permittivity( $\epsilon'_r$ )



Dielectric Loss( $\epsilon'_r \tan \delta$ )



$$\epsilon_r = \epsilon'_r(1 - j \tan \delta) = \epsilon'_r - j\epsilon'_r \tan \delta = \epsilon'_r - j\epsilon''_r$$

$$\tan \delta = K \left( \frac{1}{Q_u} - \frac{1}{Q_c} \right)$$

左：比誘電率 ( $\epsilon'_r$ ) はほぼ一定

右：誘電損失 ( $\epsilon'_r \tan \delta$ ) は周波数とともに増加

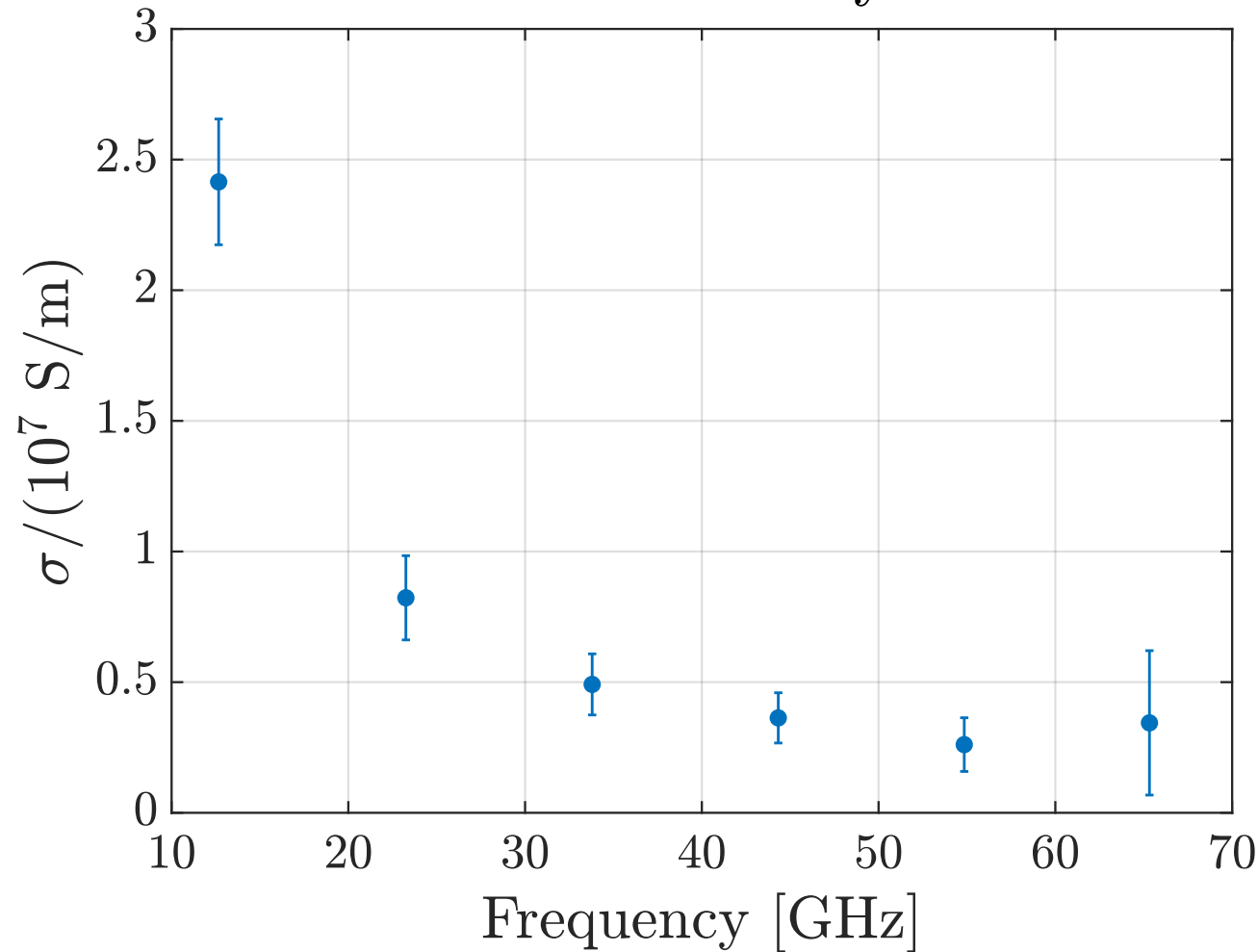


長野高専 春日研究室

Kasuga Lab. National Institute of Technology, Nagano College

# 導電率の測定結果

## Conductivity



周波数が高くなるほど実効導電率が低下

→ 表皮深さの減少と表面粗さの影響



長野高専 春日研究室

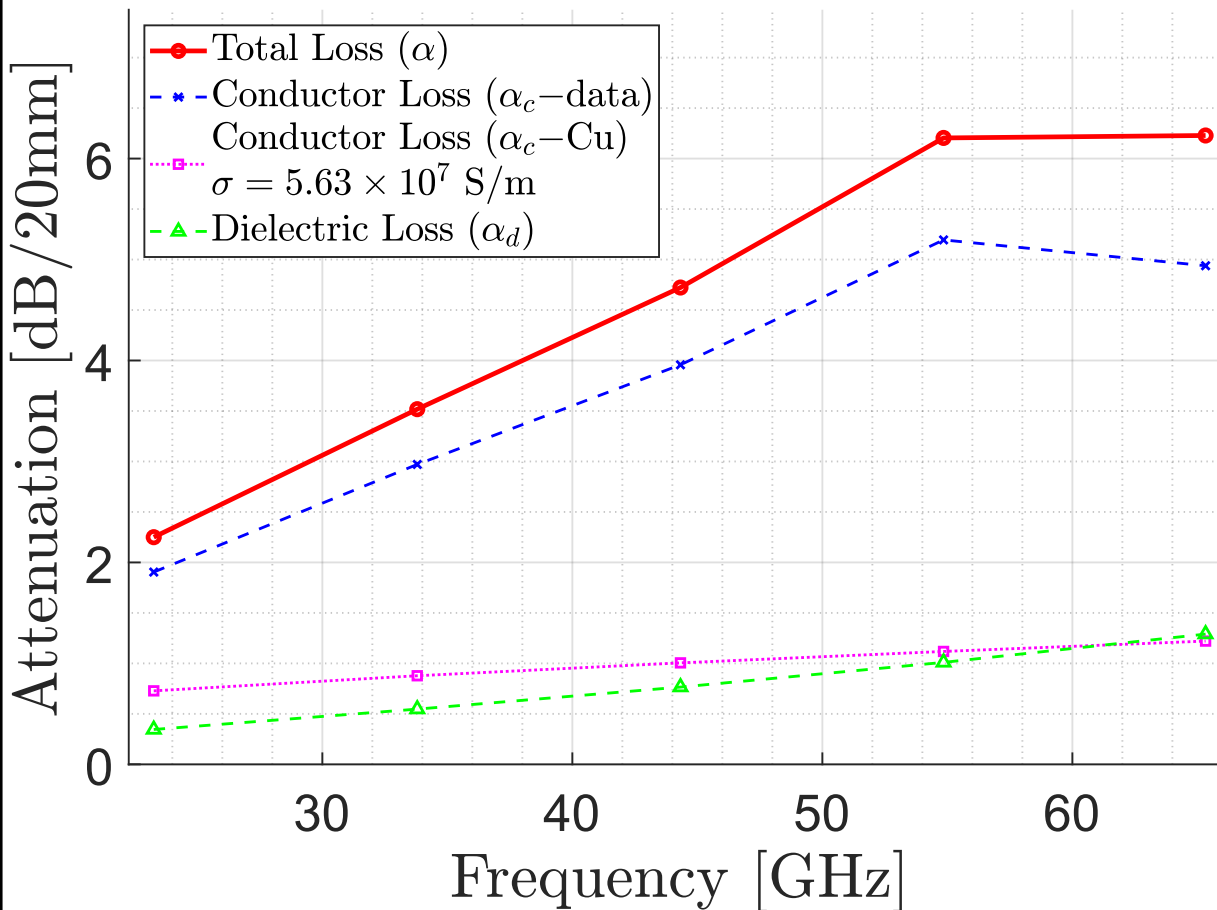
Kasuga Lab. National Institute of Technology, Nagano College



# 減衰定数と従来手法の比較

## Attenuation Constant Simulation

( $W = 0.220$  mm,  $H = 0.1000$  mm,  $T = 18.0$   $\mu$ m)



$$Z_0 = \frac{87}{\sqrt{\epsilon'_r + 1.41}} \ln \left( \frac{5.98 H}{0.8 W + T} \right)$$

$$\epsilon_{re} = \frac{\epsilon'_r + 1}{2} + \frac{\epsilon'_r - 1}{2} \left( 1 + \frac{10H}{W} \right)^{-1/2}$$

$$\alpha = \alpha_c + \alpha_d$$

$$\alpha_c = 0.173 \frac{\sqrt{\pi f \mu_0 \rho}}{Z_0 W} \quad [\text{dB}/20 \text{ mm}]$$

$$\alpha_d = 0.173 \frac{f \pi}{c} \epsilon''_r \sqrt{\frac{\epsilon_{re} - 1}{\epsilon'_r - 1}} \quad [\text{dB}/20 \text{ mm}]$$

### 減衰定数の比較結果

- ・ 実効導電率使用時は高周波域で増大
- ・ 従来モデルとの顕著な差
- ・ 今後：FDTD解析で妥当性を検証



長野高専 春日研究室

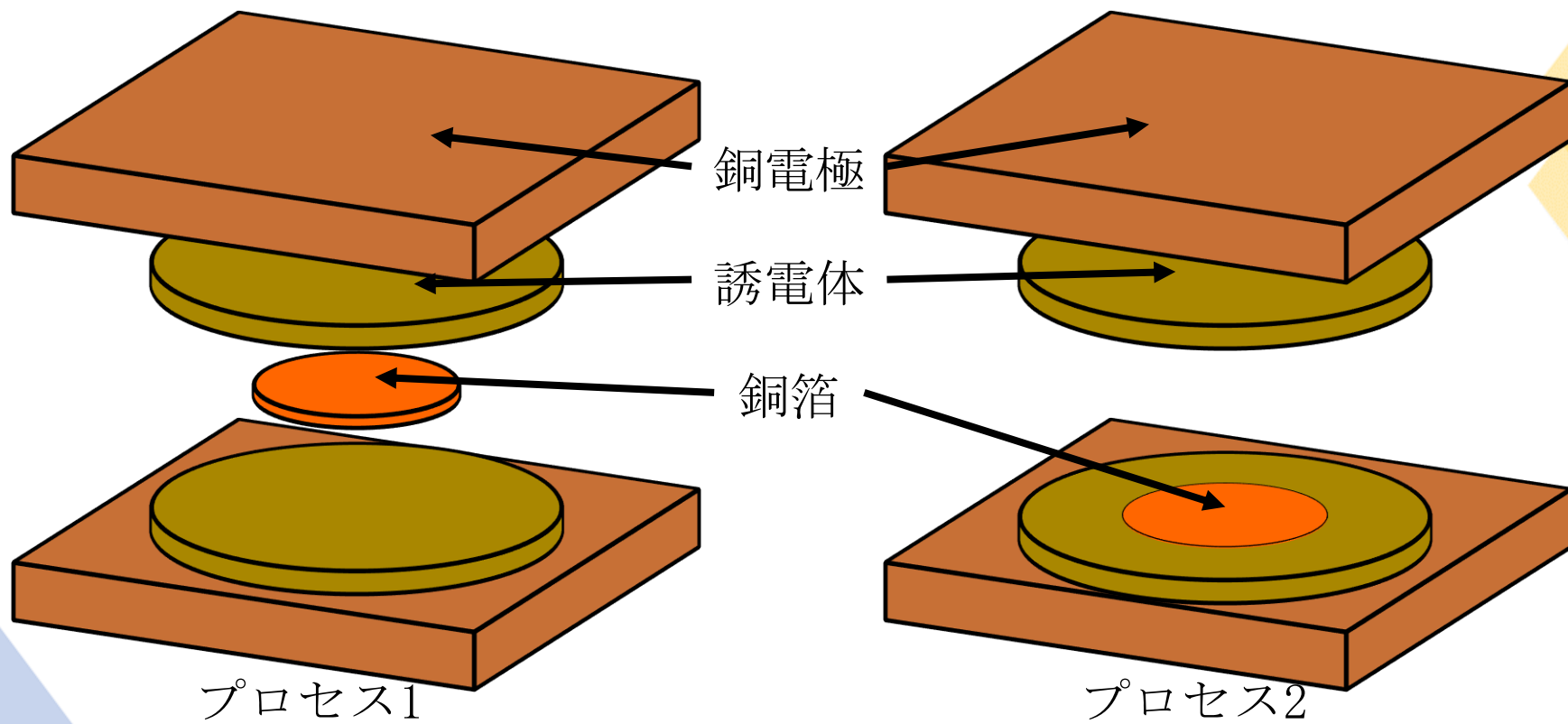
Kasuga Lab. National Institute of Technology, Nagano College

# まとめ

## 成果

- BCDR法によりMEGTRON6の導電率を測定
- 導電率から減衰定数を計算
- 高周波で従来モデルとの顕著な乖離を発見
- 課題：
- 測定結果の妥当性をFDTD解析で検証が必要







長野高専 春日研究室

*Kasuga Lab. National Institute of Technology, Nagano College*