

ドーム突起コンクリート壁を用いた 電磁波の遮蔽・吸収

背景

- 建物内で**多重反射**による遅延波での**通信環境の劣化**
- 建物からの壁等を**透過**し、外部への**情報漏洩**

対策

コンクリート壁の**表面形状**を工夫することで、**コスト**を抑え、**電磁波の遮蔽・吸収特性**を持たせる

室内無線通信の環境作り
エラー率の軽減 デッドポイントの解消

3次元FDTD法 解析モデル

セルサイズ
1 × 1 × 1 ~ 5 [mm]

セル数
合計 約640,000個

時間ステップ
0.67ps

解析方

壁内外の電界分布
正弦波入射 (2.5GHz)

解析条件

- **波源**: 平面波を**垂直入射**
(直線偏波の遠方波源)
- **周波数**:
2.5GHzを中心とし**1~5.5GHz**
(PHS・無線LAN・MMAC)
- 壁は**無限**に連なる。
壁前後方は**無限自由空間**。
- **コンクリート比誘電率**:
 $\epsilon_r = 6 - j0.2$
(十分乾燥した状態)

突起サイズの最適化 壁厚c=20cm, 2.5GHz

高さh
半径r=3.0cm

高さhの変化による各電力
(半径r=3.0cm 固定)

高さh=3.0cm
半径r

半径rの変化による各電力
(高さh=3.0cm 固定)

ドーム突起壁 解析構造

壁厚c

ドーム突起

$$\frac{x^2}{r^2} + \frac{y^2}{r^2} = \frac{z}{h}$$

平面部分の壁の厚さ **c**

突起 高さ **h** 半径 **r**

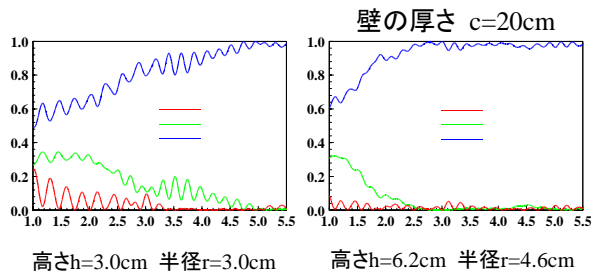
突起サイズの最適値 2.5GHz

突起サイズによる各電力 (壁厚c=20cm)

突起 高さh 半径r[cm]	反射電力	透過電力	損失電力
h=3.0 r=3.0	0.05	0.24	0.71
h=6.2 r=3.0	0.02	0.16	0.82
h=3.0 r=4.6	0.08	0.14	0.78
h=6.2 r=4.6	0.00	0.02	0.98
平面壁	0.15	0.31	0.55

平面壁を上回る高い損失電力
突起サイズを変化させることで損失電力が上昇

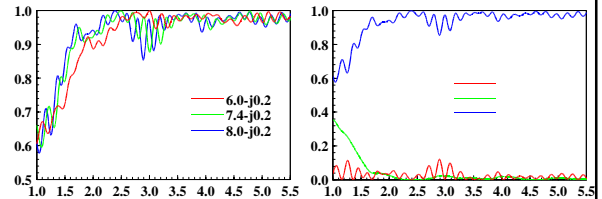
反射・透過・損失電力の周波数特性



高さ $h=3.0\text{cm}$ 半径 $r=3.0\text{cm}$ 高さ $h=6.2\text{cm}$ 半径 $r=4.6\text{cm}$
 1~5.5GHz帯域において損失電力が平均**0.11**上昇
 2.5GHz無線LAN, 5.2GHzMMACに対応

ドーム突起壁による周波数特性

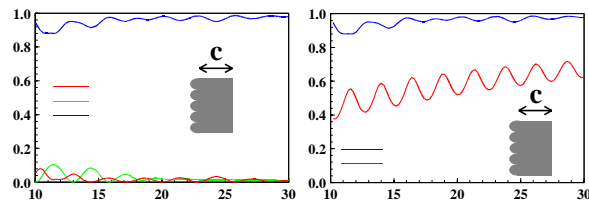
誘電率変化による
損失電力 8.0-j0.2での
反射・透過・損失電力



高さ $h=6.2\text{cm}$ 半径 $r=4.6\text{cm}$ 壁の厚さ $c=20\text{cm}$

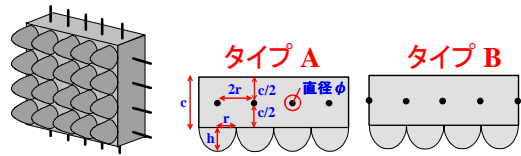
壁の厚さcの変化による各電力 2.5GHz

最適化を施した突起での各電力 同じ壁の厚さcでの平面壁での
(高さ $h=6.2\text{cm}$ 半径 $r=4.6\text{cm}$) 損失電力の比較



壁の厚さ $c=10\sim 30\text{cm}$ で平均損失電力が**0.96**
 平面壁を上回る高い損失電力

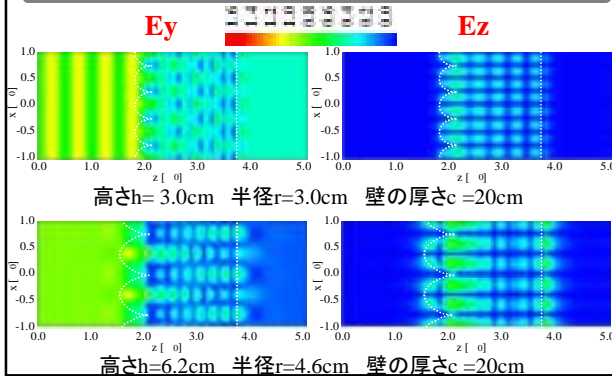
鉄線直径φ変化による損失電力



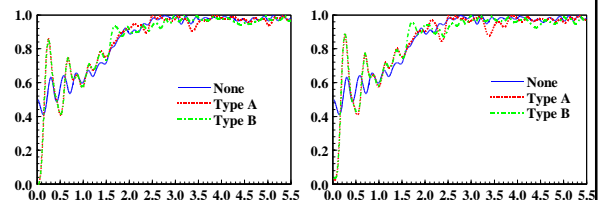
	鉄線直径 ϕ [mm]					
	2mm	4mm	6mm	8mm	10mm	12mm
タイプ A	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99
タイプ B	0.95	0.95	0.94	0.94	0.93	0.92
鉄線無し	0.98					

突起 高さ $h=6.2\text{cm}$ 半径 $r=4.6\text{cm}$
 壁厚 $c=20\text{cm}$ 周波数2.5GHz

壁内外での電界分布 E_y, E_z 成分 2.5GHz



鉄線挿入方法による損失電力の周波数特性

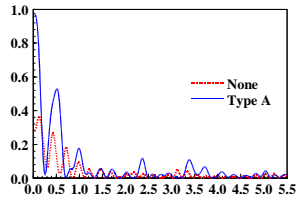


鉄線直径 $\phi=6\text{mm}$ 鉄線直径 $\phi=10\text{mm}$

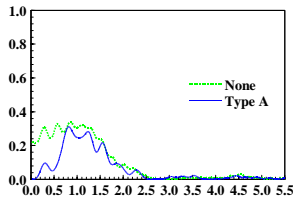
(高さ $h=6.2\text{cm}$ 半径 $r=4.6\text{cm}$ 壁厚 $c=20\text{cm}$)

鉄線挿入による周波数特性

反射電力

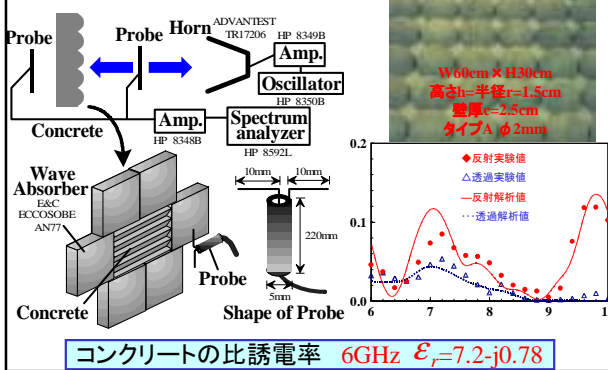


透過電力



高さ $h=6.2\text{cm}$ 半径 $r=4.6\text{cm}$ 壁の厚さ $c=20\text{cm}$
 タイプA $\phi=10\text{mm}$

実験 反射電力・透過電力 6~10GHz で測定



まとめ

- ドーム突起壁は最適化な突起サイズで、広帯域幅広い壁の厚さで遮蔽・吸収効果が得られる。
- コンクリートの誘電率変化時でも、2.5GHz無線LAN・5.2GHzMMAC帯域において遮蔽・吸収特性を保证する物である。
- 鉄線を挿入しても高周波帯域では特性が維持される
- 実験よりシミュレーションの有効性が確認された。

今後の課題

- 斜入射時の検討
- レイ・トレース法を用いての部屋全体としての解析
 より現実に近づけての解析
- コストの低い・施工の容易な形状の提案・解析