

# 電磁界解析による無線LAN用デュアルバンド・ 広帯域 偏波共用 誘電体共振器アンテナの設計

## 概要

誘電体共振器アンテナには、低損失、高効率、小型など、有用な特性が数多くあります。この例では、異なる周波数帯でデュアル偏波性能を実現する2つの類似した円筒形の誘電体共振器アンテナ（DRA）を、XFDTDを使用してシミュレーションしています。1つ目のアンテナは、DCS（Digital Cellular System 1.71～1.88GHz）と無線LAN（2.4～2.48GHz）の周波数帯をカバーするデュアルバンドアンテナです。2つ目のアンテナは、無線LANとWiMAXの一部の帯域（最大2.69GHz）をカバーする広帯域アンテナです。どちらのアンテナも、今回参照した論文[1]に掲載されているもので、ここで提示される結果は、論文に掲載されている測定値とよく一致しています。

## モデルとシミュレーション

この2種類のアンテナの共通デザインとして、厚さ1.57mmの基板（比誘電率=2.33）上の銅製グラウンドプレーンの上に、円筒形の誘電体共振器（比誘電率=6.85、高さ=50.5mm、半径=22mm）が設置されています。基板端のポートで給電される2本のマイクロストリップライン（MSL）が基板裏側にあり、1本のMSLは誘電体共振器の側面にある小さなストリップに接続された同軸プローブと接続し、もう1本は、誘電体共振器の下にあるグラウンドプレーンに空けられたスロットとの結合を介して誘電体共振器を励起します。図1はモデル全体を示していて、2つのポートは基板端に明るい緑色で表示されています。

デュアルバンドアンテナでは、グラウンドプレーンに空いた2つの垂直なスロット（図2に見える）がポート2のMSLと結合し、同軸プローブはポート1のMSLと接続します。

広帯域アンテナ（図3）も同様ですが、ポート2のMSLはインピーダントランス形状となり、スロットが異なるサイズの曲線スロットとなっています。

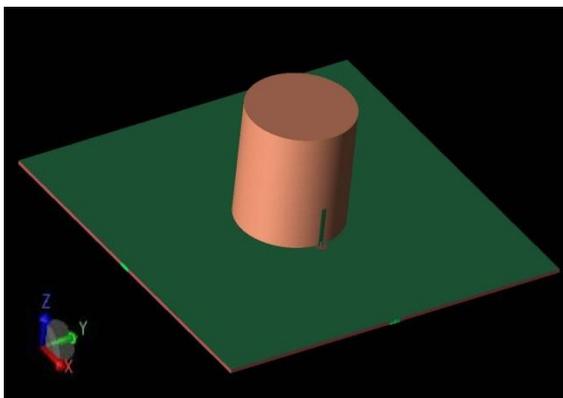


図1：解析対象の3次元ビュー  
誘電体共振器に貼られた短いストリップと同軸プローブとの接続が見え、基板端の2つのポートが薄緑色で示されている

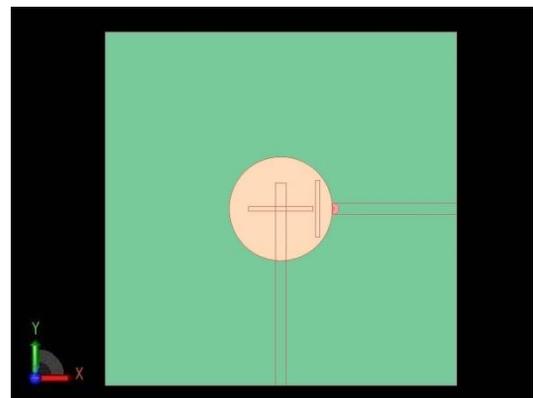


図2：デュアルバンドアンテナの上面図  
2本のMSLと、2つのスロットと同軸プローブが示されている

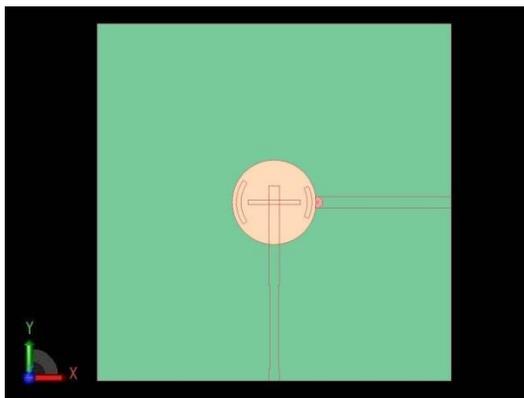


図3：広帯域アンテナの上面図

ポート1側はデュアルバンドアンテナと共通  
ポート2側は、MSLにインピーダンストランスが追加され、スロットは異なるサイズの曲線スロット2本となっている

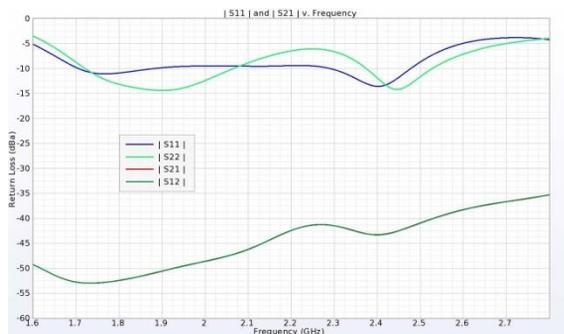


図4：デュアルバンドアンテナのSパラメータ

1.71~1.88GHzと2.4~2.48GHzの範囲で動作する領域を示している  
ポート間のアイソレーションは35dB以下

### デュアルバンドアンテナ

図4に示すデュアルバンドアンテナのSパラメータには、対象となる2つの動作帯域（DCS用と無線LAN用）の周辺で-10dBからそれ以下の浅いヌルが見られます。クロスカップリングを示すS21プロットでは、35dB以下のアイソレーションを示しています。誘電体共振器の直上の利得を周波数に対してプロットしたものが図5で、ポート毎に給電した利得の結果は、どちらのポートからの給電でも、低い側（DCS用）の帯域で約7dBi、高い側（無線LAN用）の帯域で約8.5dBiを示しています。図6は、同様にポート毎に給電した放射効率とミスマッチ損失を含むシステム効率を周波数に対してプロットしたもので、どちらのポートとも約90%以上であることがわかります。また、互いの放射パターンの独立性を表すエンベロップ相関は、 $5 \times 10^{-5}$ 未満の値を示していて、優れたアイソレーションを示しています（図7）。



図5：デュアルバンドアンテナの直上の点における利得

どちらのポートからの給電でも、動作周波数の低い側の帯域で7dBi付近、高い側の帯域で8.5dBi付近となっている



図6：デュアルバンドアンテナの放射効率とシステム効率

どちらの帯域でもシステム効率90%付近であり、良好な効率を示している

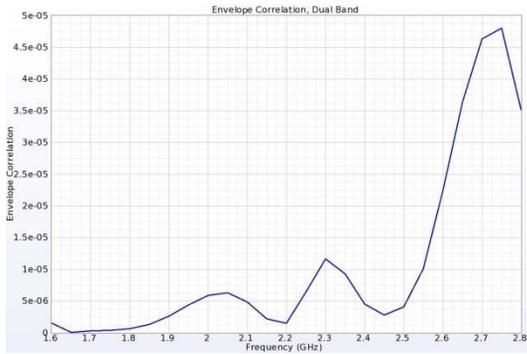


図7：デュアルバンドアンテナのエンベロープ相関値  
2つのポートの間に高いアイソレーションがあることがわかる

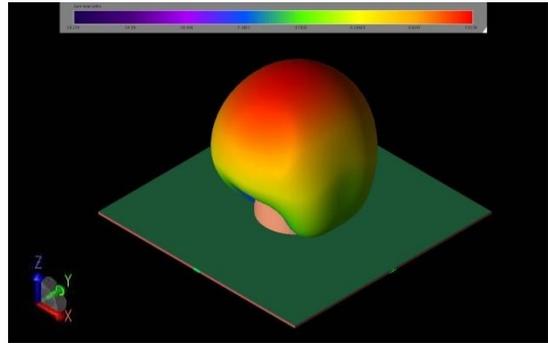


図8：デュアルバンドアンテナの1.8GHzにおける3次元利得パターン  
グラウンドプレーンの上側にピーク約7dBiのブロードなローブがある

図8は、1.8GHzにおけるデュアルバンドアンテナの3次元放射パターンを示しており、グラウンドプレーン上の良好で均一なカバレッジを示しています。図9と図10に示す、利得パターンのXZ面カット図では、1.8 GHzにおける $\theta$ 指向性の利得が、ポート1給電では $\phi$ 指向性の利得よりも著しく高く（図9）、一方でポート2給電では $\phi$ 指向性の利得が支配的であることがわかります（図10）。一方で、YZ面では、1.8GHzにおいて、ポート1給電では $\phi$ 方向の利得が支配的であるのに対し（図11）、ポート2給電では $\theta$ 方向の利得が表れています（図12）。無線LAN帯域である2.45GHzでの結果では、XZ面では図13と図14に同様の挙動が見られます。図15では、ポート1給電では偏波間のアイソレーションが小さくなっていますが、ポート2給電ではまだ強いアイソレーションが示されています（図16）。

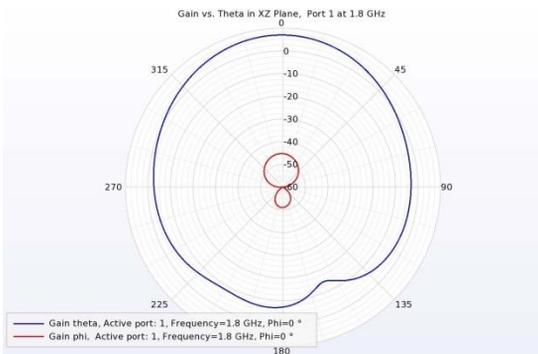


図9：デュアルバンドアンテナの1.8GHzにおけるポート1給電のXZ面利得  
 $\theta$ 方向による強い同一偏波利得と、40dB以上低下した交差偏波利得を示している

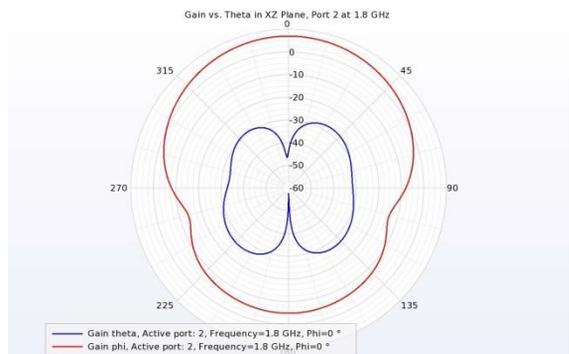


図10：デュアルバンドアンテナの1.8GHzにおけるポート2給電のXZ面利得  
 $\phi$ 方向からの強い同一偏波であり、アンテナの二重偏波であることを示している

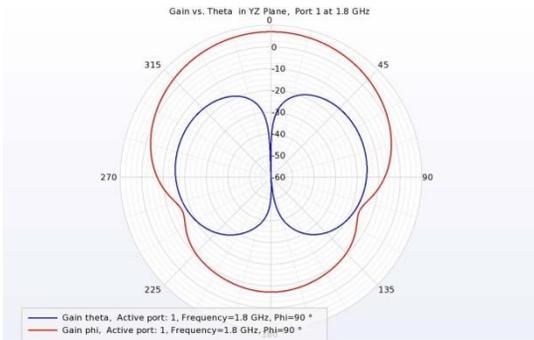


図11：デュアルバンドアンテナの1.8GHzにおける  
 ポート1給電のYZ面利得  
 YZ平面では、ポート1の $\theta$ 方向の利得が減少し、  
 $\phi$ 方向の利得が支配的になっている

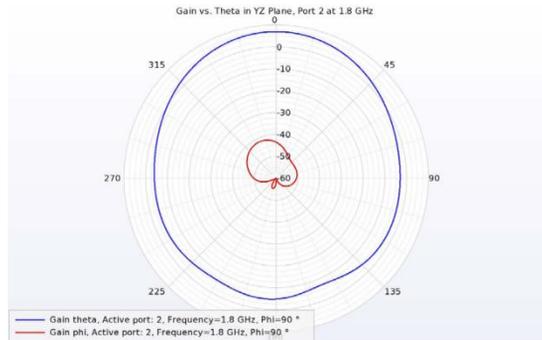


図12：デュアルバンドアンテナの1.8GHzにおける  
 ポート2給電のYZ面利得  
 ポート1給電とは逆に、 $\theta$ 方向の利得が強く、 $\phi$   
 方向の利得が非常に少ないことを示している

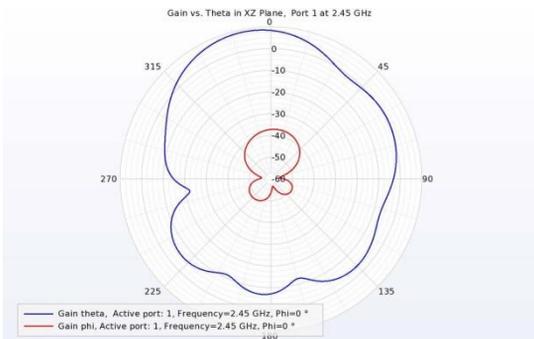


図13：デュアルバンドアンテナの2.45GHzにおける  
 ポート1給電のXZ面利得  
 ポート1給電では $\theta$ 方向の利得が強く、 $\phi$ 方向の  
 利得は少ない

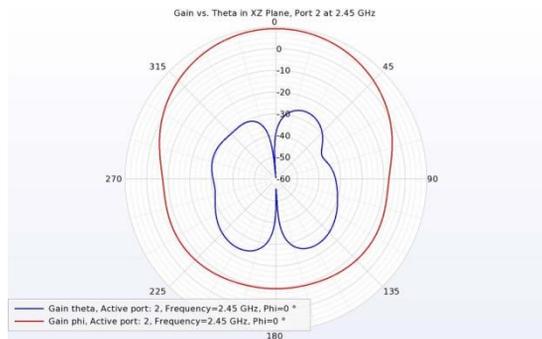


図14：デュアルバンドアンテナの2.45GHzにおける  
 ポート2給電のXZ面利得  
 ポート1給電とは逆に、 $\phi$ 方向の利得が強く、 $\theta$   
 方向の利得が少ないことを示している

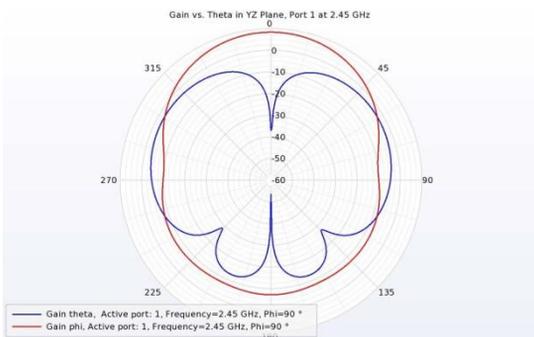


図15：デュアルバンドアンテナの2.45GHzにおける  
 ポート1給電のYZ面利得  
 同一偏波と交差偏波の利得があまり分離しておら  
 ず、 $\phi$ 方向の利得が支配的である

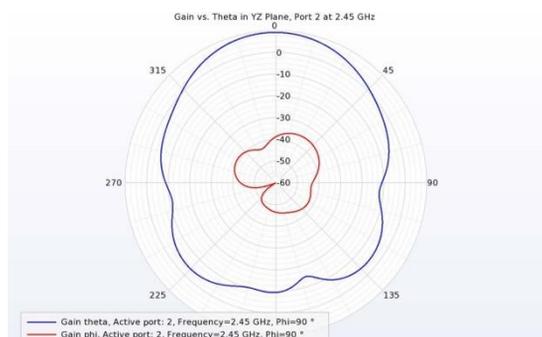


図16：デュアルバンドアンテナの2.45GHzにおける  
 ポート2給電のYZ面利得  
 ポート2給電では $\theta$ 方向の利得が支配的である

## 広帯域アンテナ

広帯域アンテナのSパラメータは、図17に示すように、対象となるすべての周波数帯において、各ポートによる給電でのリターンロスが-10dB以下であり、S21として現れるアイソレーションは-45dB以下となっています。誘電体共振器の直上の利得は、2.5GHzで約5.2dBiという値から、2.7GHzで8.5dBiを超える範囲を示しています（図18）。図19に示される放射効率・システム効率は、対象となるすべての範囲で各ポートからの給電ともに非常に高い値を示していますが、これは、この設計での両ポートの入力のマッチングが良好であることが一因です。

また、図20は互いの放射パターンの独立性を表すエンベロップ相関で、極めて低い数値を示しており、偏波間の優れたアイソレーションを示しています。このアンテナの2.4GHzにおける3次元利得パターンを図21に示しますが、グラウンドプレーン上を広くカバーしています。

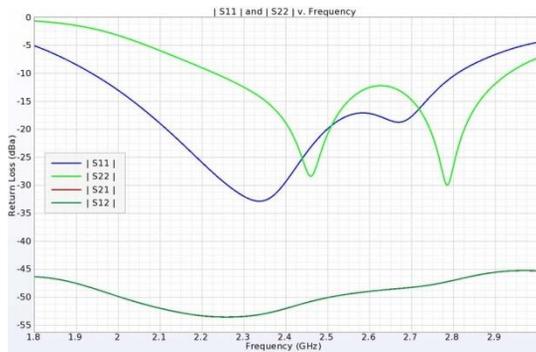


図17：広帯域アンテナのSパラメータ  
 どちらのポートからの給電においても、2.25～2.8GHzの範囲でリターンロスが-10dB以下となり、対象となる帯域以上をカバーしている  
 2ポート間のアイソレーションは-45dB以下となっている

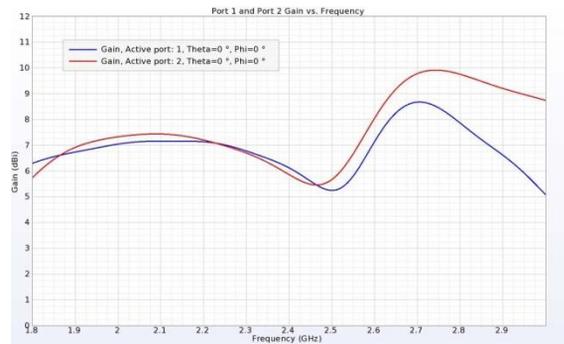


図18：広帯域アンテナの誘電体共振器の直上の利得  
 このアンテナの帯域で5.2～10dBiの利得が得られている



図19：広帯域アンテナの放射効率とシステム効率  
 この広帯域アンテナは非常に効率的で、対象となる帯域でミスマッチ損失含むシステム効率が100%近くになっている

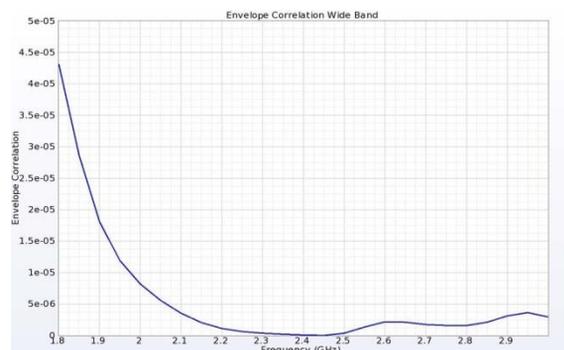


図20：広帯域アンテナのエンベロップ相関値  
 エンベロップ相関は極めて低く、2つのポートの利得パターン間のアイソレーションが非常に良好であることを示している

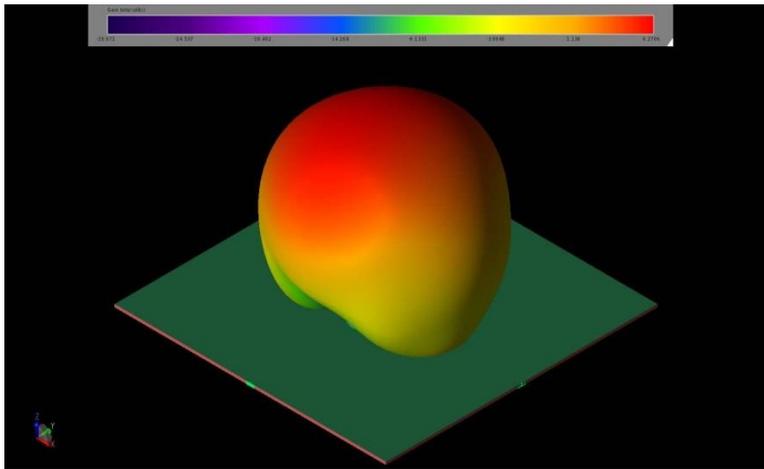


図21：広帯域アンテナの3次元利得パターン  
2.4GHzでは、デュアルバンドアンテナと同様のブロードなローブを示している

## 結論

誘電体共振器アンテナは、低損失や高効率など有用な特性を備えており、無線LANや様々な無線通信の用途に適しています。

この例では、デュアルバンドおよび広帯域設計の偏波共用アンテナが、ポート間と放射パターン間のアイソレーションが良好で、優れた性能を発揮することが示されています。

### [1]

Y. X. Sun and K. W. Leung, "Dual-Band and Wideband Dual-Polarized Cylindrical Dielectric Resonator Antennas," in IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 12, pp. 384-387, 2013, doi: 10.1109/LAWP.2013.2251993.

[全ての事例はこちら](#)  
[お問合せ等はこちら（製品HP）](#)