

電磁界解析による5Gと4Gアンテナの相互作用の評価

はじめに

本解析事例では、スマートフォンに860MHzの4Gアンテナと28GHzの5Gアンテナアレイが接近して設置されている場合の、各アンテナのパフォーマンスと相互作用を評価している。FDTD法を使用した解析には、電磁界解析ソフト [XFDTD](#) を用いた。

4Gアンテナは広帯域な有効範囲を持つ必要があり、それに対して5Gアンテナアレイはエレメント間の位相シフトを変化させることでビーム方向を制御する必要がある。本解析では、4Gアンテナはスマートフォンの上部に逆L型アンテナとして設置、5Gアンテナアレイは4個の八木・宇田アンテナを用いて4Gアンテナの近くに設置した。この例で解析するアンテナのデザインは参考文献 [1] より引用している。

解析モデル

解析モデルを図1に示す。スマートフォンは、150 x 70 x 1mmの接地ボードをPCBとした簡易化された形状とした。接地ボードとして銅シートを用いその一端にアンテナを設置した。4Gアンテナは接地ボードの真上に逆L型で設置されており、その断面は1 x 1mm、短辺と長辺はそれぞれ6mmと70mmとした。給電として接地ボードと短辺の間に電圧ソースを設けた。

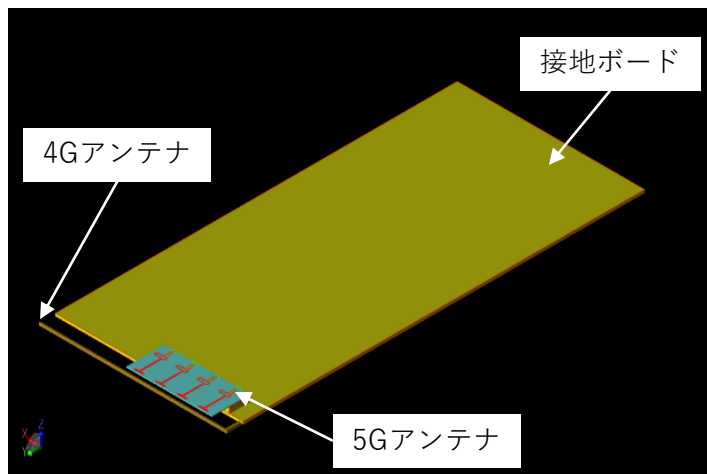


図1：スマートフォンの3次元CADモデル。4Gアンテナ及び5Gアンテナアレイは接地ボードの左側に設置されている。

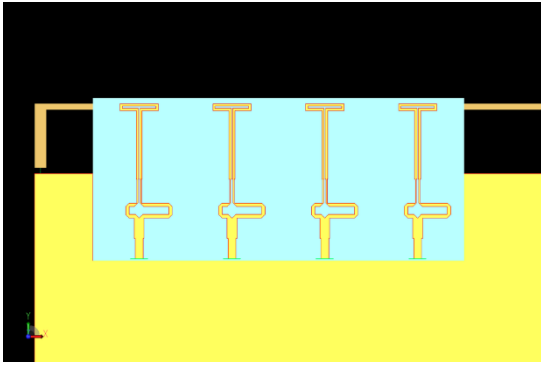


図 2 : 誘電体基板に設置されている 4 個の八木・宇田アンテナからなる 5 G アンテナアレイの CAD モデル。逆 L 型の 4 G アンテナはこの裏側に配置されている。

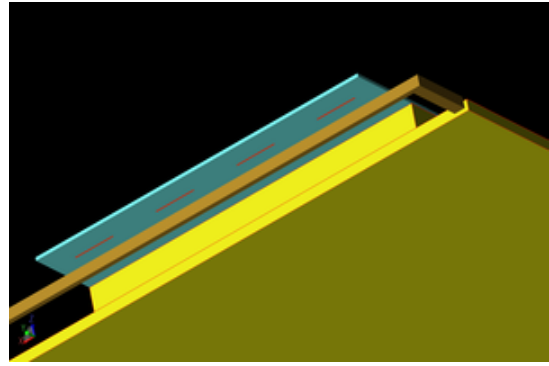


図 3 : アンテナシステムを下側から見た図。4G と 5G エレメントの間隔及び誘電体基板の裏面が確認できる。

図 2 に示すように 5G アンテナアレイは 4 個の等価な八木・宇田アンテナから構成されている。4 個のアンテナは厚さ 0.3mm の基板（比誘電率 = 3.6、誘電正接 = 0.006）上に設置され、厚さ 2.2mm の導体ブロックを挟んで接地ボードから離れている。図 3 に八木・宇田アンテナの裏面を示す。それぞれの 5G エレメントの給電は [XFDTD](#) の機能にある Nodal Waveguide を用いた。

解析空間の FDTD メッシュは、オートメッシュ機能を使って基板の厚さ方向が 5 セル、最も小さい導線部分が 5 セルに分割されるように設定した。さらに、メッシュの線がモデルのエッジに揃う機能（fixed point）を使用した。

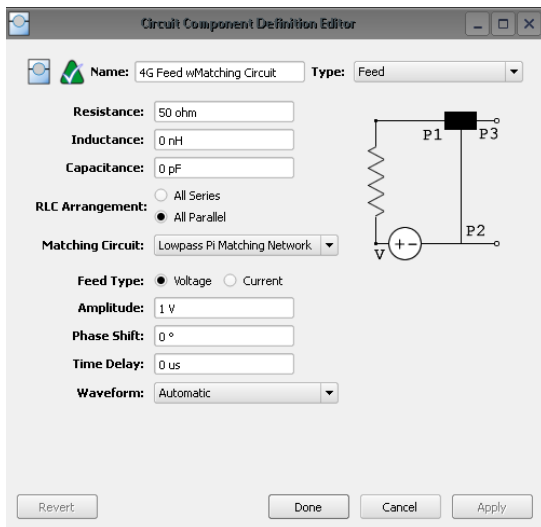


図 4 : 4G アンテナで使用されるマッチング回路のネットリストのメニュー。ネットリスト回路は 2 個のコンデンサと 1 個のインダクタから構成されている。

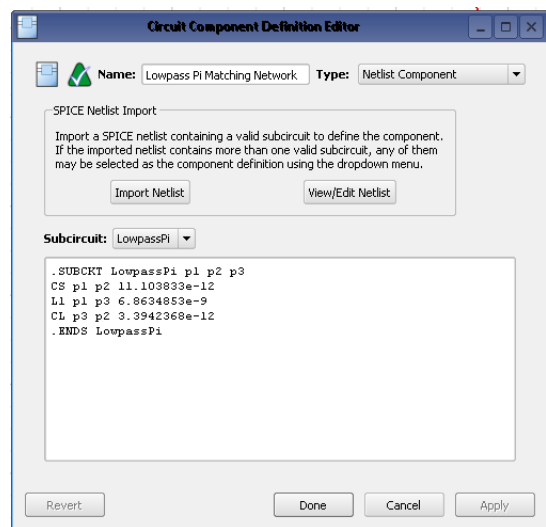


図 5 : 4G アンテナのマッチング回路を表すメニュー。

解析結果1：4Gアンテナ

4Gアンテナベースと接地ボードの間に50Ωの給電ソースを設置した。初期状態ではこの給電ソースとアンテナはマッチングせず、S11パラメータは共振しないことを示している。1回目のシミュレーションでアンテナシステムのインピーダンスを計算し、2個のコンデンサと1個のインダクタからなるローパスπマッチングネットワークを挿入し、回路最適化機能（circuit element optimization）を用いてそれぞれの回路素子の特性を調整した。マッチングネットワークの構成要素を定義するため、図4で示すスパイス書式のネットリストで表現されている部分回路をインポートする。これにより、図5に示すようにマッチング回路として部分回路を給電ソースに追加した。

このようにマッチング回路を導入し、FDTDシミュレーションとともにcircuit element optimizationの計算を行った結果（図6）を確認すると、S11パラメータに明らかな改善がみられた。また、4Gアンテナの3次元放射パターンを図7に示す。パターンは広帯域なカバレッジを持ち、最大利得は2.7dBiとなった。

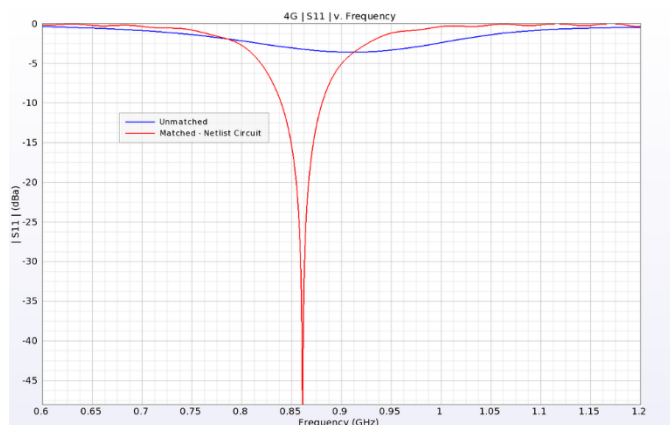


図6：マッチングを行う前と後の4GアンテナにおけるS11パラメータ（リターンロス）の比較。

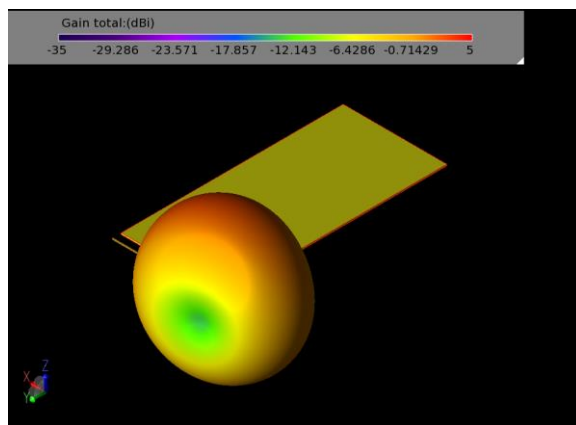


図7：4Gアンテナの3次元放射パターンはデバイス周りに均一な指向性を持ち、最大利得は2.7dBi。

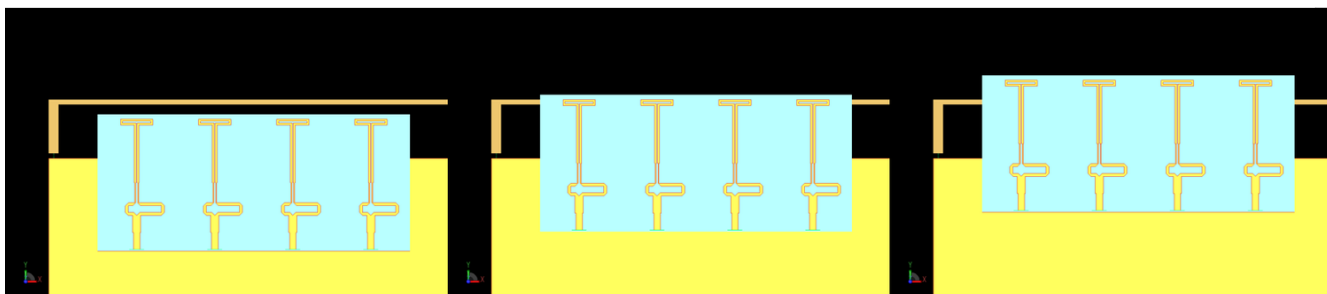


図8：4Gアンテナに対して5Gアンテナアレイを3種類の配置で解析する（左から右）。
(i) 5Gアレイが4Gアンテナの2mm下にある場合、(ii) 5Gアレイが4Gアンテナと同じ高さにある場合、(iii) 5Gアレイが4Gアンテナの2mm上にある場合。

解析結果 2 : 5Gアンテナ

次に4Gと5Gのアンテナの相互作用を評価するため、5Gアンテナアレイの配置を変化させてシミュレーションを行った。図8に3つの配置を示し、計算結果を図9と図10に示す。ここで5Gアンテナエレメント間の位相シフトは無しとする。図9及び図10から、5Gアンテナアレイが4Gアンテナより2mm下側にある配置ではXY平面及びYZ平面での放射パターンに変動がみられた。

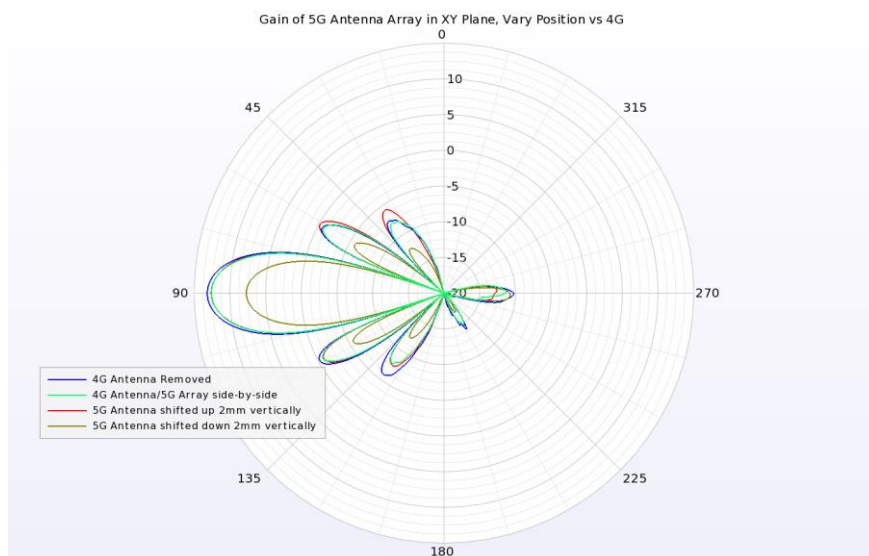


図9：接地ボードに平行なXY面における5Gアンテナアレイの放射パターン（エレメント間の位相シフト無し）。5Gアンテナアレイが4Gアンテナの高さと一致するとき（図8(ii)）や上側にあるとき（図8(iii)）のパターンは4Gアンテナが無い場合と同様。5Gアンテナアレイが4Gアンテナより下側（図8(i)）にある場合にアンテナ利得は影響を受けることがわかる。

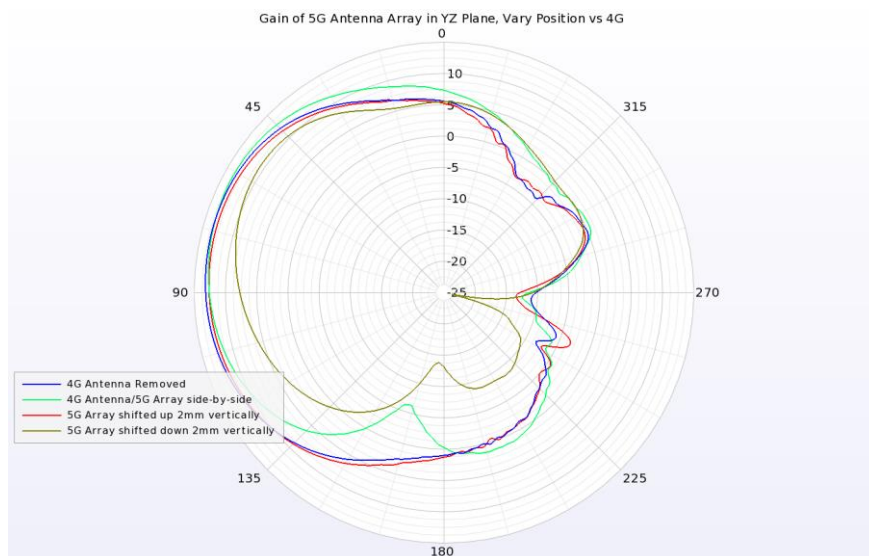


図10：接地ボードに垂直なYZ面における5Gアンテナアレイの放射パターン（エレメント間の位相シフト無し）。図9と同様に5Gアンテナアレイが4Gアンテナより上側にあるときのパターンは4Gアンテナが無い場合と同様。この時5Gアンテナアレイが4Gアンテナの高さが一致するときの放射パターンは多少影響を受け、さらに5Gアンテナアレイが下側にある場合は大きく影響を受けることがわかる。

逆に5Gアンテナアレイが4Gアンテナより上側にある場合の放射パターンは4Gアンテナが無い場合と同様であった。また、両アンテナの高さが一致するとき5Gアンテナアレイの放射パターンにはほとんど影響がみられない。加えて、5Gアンテナアレイの配置を変えた時の4Gアンテナの放射パターンの変化を図11に示す。この結果より4Gアンテナの放射パターンは大きな影響を受けないことがわかる。

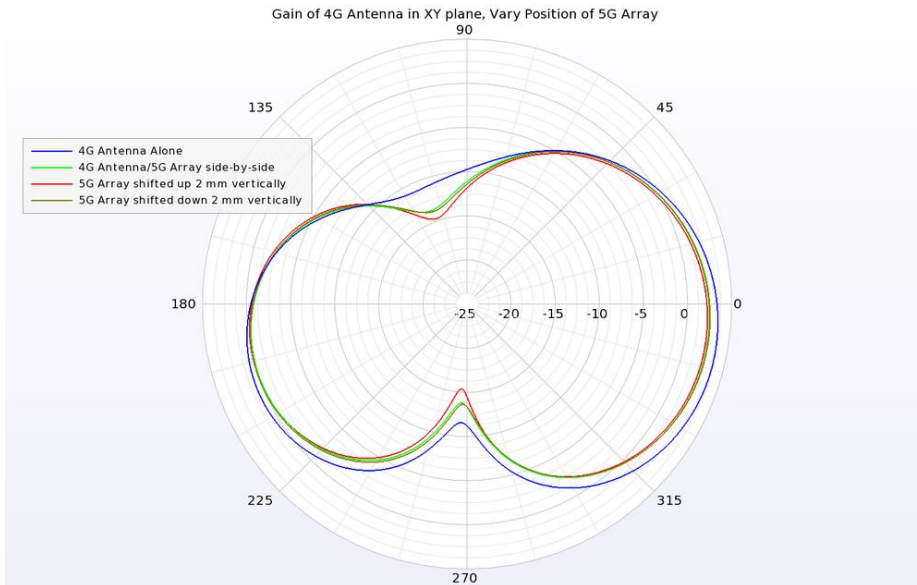


図11：4GアンテナのXY面における放射パターン。5Gアンテナアレイの配置にそれほど影響を受けない。

次に5Gアンテナアレイを4Gアンテナより上側に配置し、各アンテナエレメントに位相シフトを持つ28GHzのsin波パルスを与えた。図12と13に位相シフトが無い場合と120度の場合の結果を示す。位相シフトが無い場合の最大利得は12.5dBiで、3dBのビーム幅は17度となり、サイドロブレベルは0dBi以下となった。位相変位が120度の場合ビームの最大利得の方向は、位相シフトが無い場合に比べXY平面内で24.5度回転する。

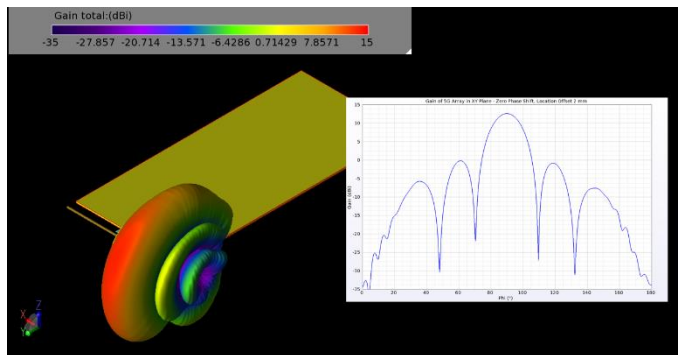


図12：位相シフトが無い場合の5Gアンテナアレイの3次元放射パターン。最大利得は12.5dBiであり、ビーム幅はXY面において17度である。

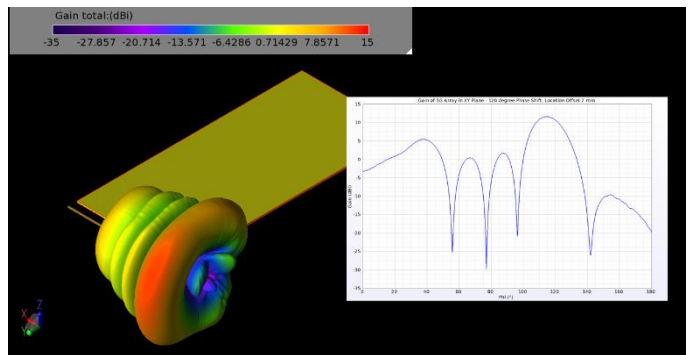


図13：位相シフトが120度の場合の5Gアンテナアレイの3次元放射パターン。XY面で24.5度のビームチルトを示す。

最後に、位相シフトを-180, -120, -60, 0, 60, 120度と変化させることで最大利得の方向が変化することを図14に示す。このように、位相シフトによりビーム方向を制御することができる。

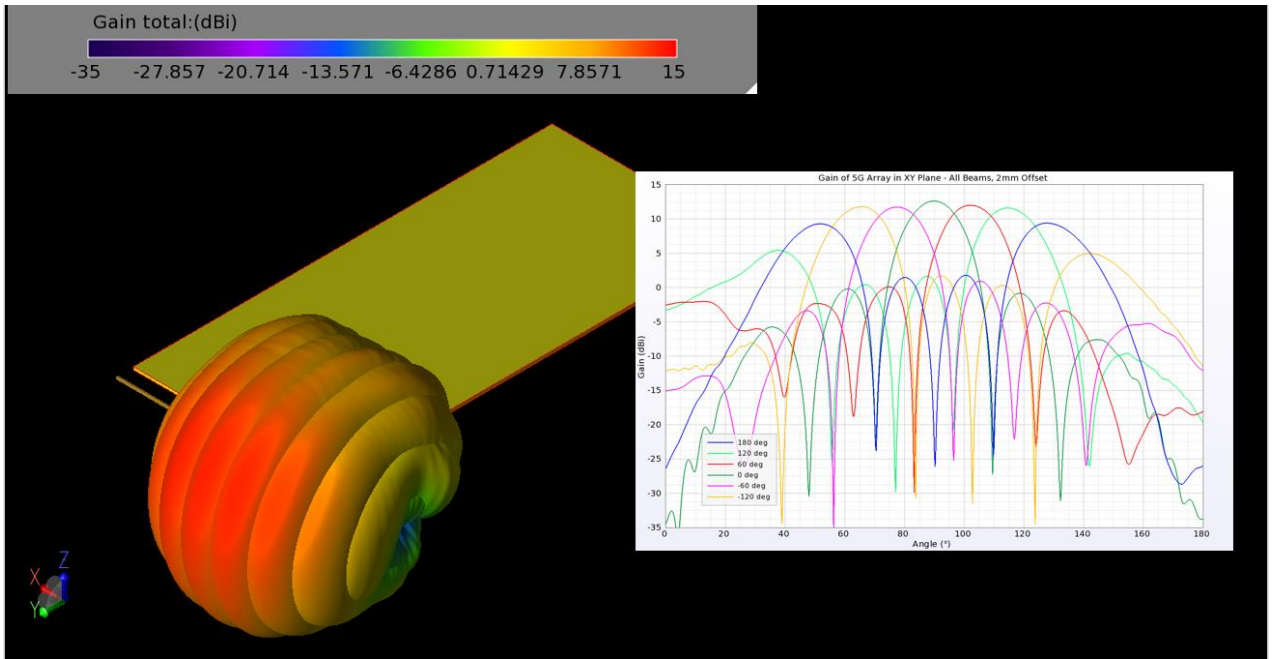


図14： -180, -120, -60, 0, 60および120度の位相シフトの場合の5Gアンテナアレイの3次元と2次元放射パターン。

まとめ

本解析では、簡易化したスマートフォンのモデルに4Gアンテナと5Gアンテナアレイを設置し、5Gアンテナアレイの配置を変化させてFDTD法を用いた電磁界解析を行った。解析結果から、5Gアンテナアレイが4Gアンテナより2mm上側にある場合が最もパフォーマンスがよく、アンテナ同士の相互作用が小さくなることが確認された。

[全ての事例はこちら](#)

[お問い合わせ等はこちら（製品HP）](#)

[1] T. Yamagajo, Y. Koga, M. Kai, T. Tonooka, H. Sumi, and M. Hoshino, “A Nobel 4G and 5G Antenna Solution for Future Smartphones,” IEEE Antennas and Propagation Society Int. Symp., pp. 1785-1786, 2018.