

# 人体の腕の動きによる 携帯電話放射パターンへの影響と現象解析

## はじめに

本稿では、人体モデルのヒップに設置された携帯電話の放射パターン、リターンロス、インピーダンスや効率などのパフォーマンスの変化をFDTD法を使用した電磁界解析で分析する。解析に使用した携帯電話モデルは、接地ボードとトリプルバンドアンテナから構成されている折り畳み式で1.9 GHzでリターンロスが低くなるように調整されている。人体モデルは、Visible Human Projectに基づいた男性モデルを5 mm立方体メッシュで表現したものであり、その物性値は1.9 GHzに調整されている。この人体モデルを様々なポジションに設定し、携帯電話への影響を分析する。

## 解析条件

図1に示すように、携帯電話は人体モデルの骨盤の右側に設置している。この時、ベルトを着用している状況を再現するため携帯電話は直接人体モデルの表面に触れていない。携帯電話の詳細な形状を正しく表現するため、人体モデルで使用されている5 mmのFDTDメッシュよりも細かいものを用いる必要がある。ここでは最少サイズとして0.1667 mmのメッシュを用いる。また、人体モデルの手足の位置を変えるためにVariPoseというソフトウェアを用いる。それぞれの位置における携帯電話のアンテナ特性はXFDTDで解析する。

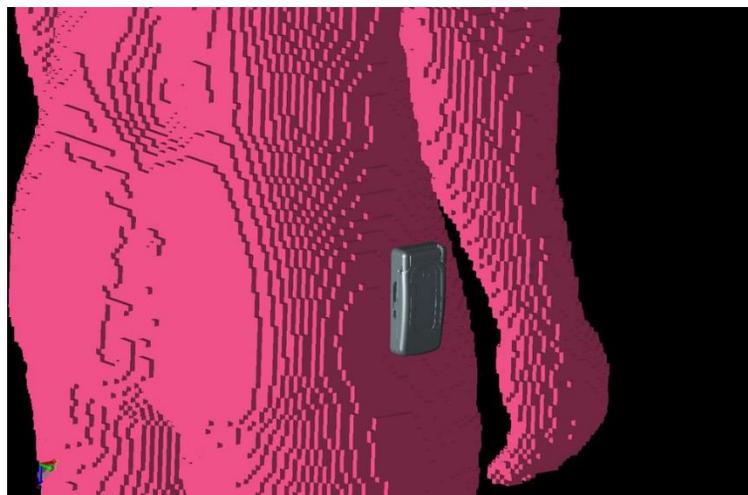


図1：VariPose人体モデルのヒップに設置された携帯電話（グレー）

## 解析シナリオと結果

最初の例として、人が歩くときの影響を調べるため人体モデルを左脚前（図2）、ニュートラル（図3）と右脚前（図4）の三つの姿勢の場合で解析する。すべての解析で携帯電話が直接人体モデルの表面に接触することはないが、ニュートラル（図3）や右脚前（図4）では手が携帯電話の近くを通る。左脚前（図2）では右手が携帯電話の前側にあり、図5で示すようにこの時のアンテナ利得が人体モデルの右側面で最大となる。



図2：歩行中の人体のポジション1を示す。左脚が前で、右腕が携帯電話の前方にある。



図3：歩行中の人体のポジション2を示す。ニュートラルな位置で両脚は揃っており、両腕は垂れている状態。

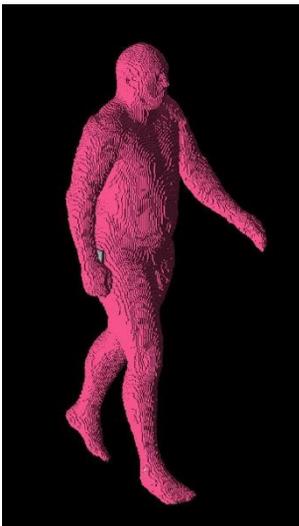


図4：歩行中の人体のポジション3を示す。右脚が前で、右腕が後ろ。携帯電話の大部分は右手で覆われている。

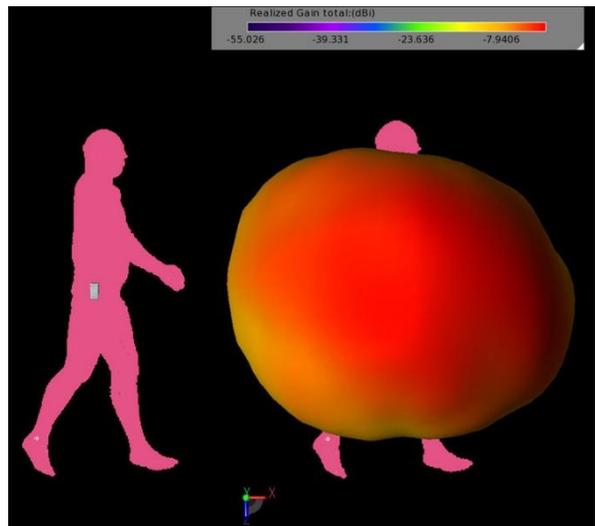


図5：ポジション1における放射パターン。人体の右側での利得が最大となる。

ポジション2（図6）とポジション3（図7）では右腕が携帯電話の近くにあり、その影響でアンテナ利得が減少し、その指向性が前方から後方に変わる。また、表1に示すように、リターンロスやインピーダンスは身体の位置にそれほど影響を受けないが、効率は腕が携帯電話の近くに来るとき大きく減少する。図8と図9に3つのポジションにおける水平平面と垂直平面でのゲインの2次元プロットを示す。

表 1

Case	Return Loss	Resistance	Reactance	Efficiency
Position 1	-24.543	49.721	-5.914	15.35%
Position 2	-24.103	47.77	-5.685	9.01%
Position 3	-26.001	49.585	-4.979	9.95%

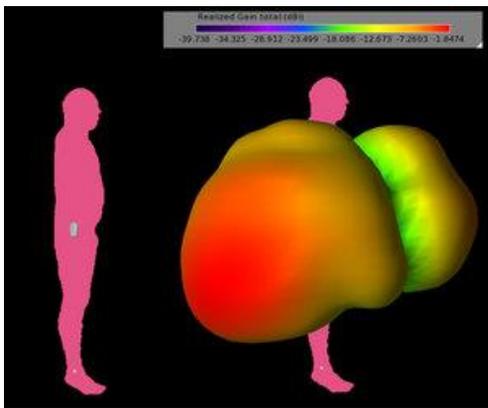


図6：ポジション2における放射パターン。右腕によって携帯電話の放射パターンは妨げられ、最大利得の方向は後方にシフトしている。

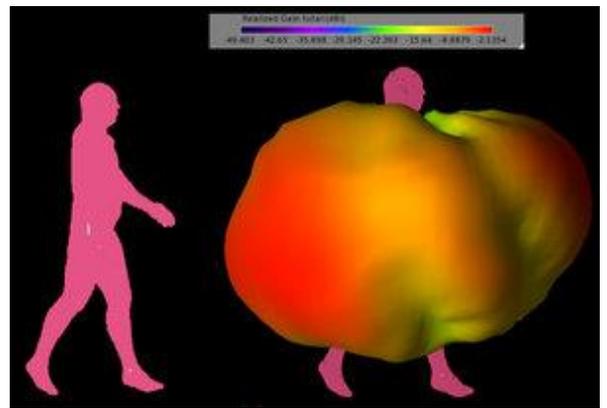


図7：ポジション3における放射パターン。右腕が携帯電話を覆っている。右腕の位置がほぼ同じため放射パターンがポジション2の放射パターンと同様である。

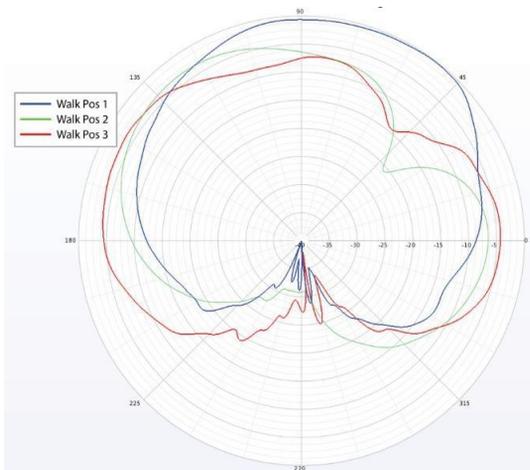


図8：3つのポジションの垂直平面における放射パターン。このプロットでは人体は0度方向に向いており、携帯電話は90度方向に設置されている。

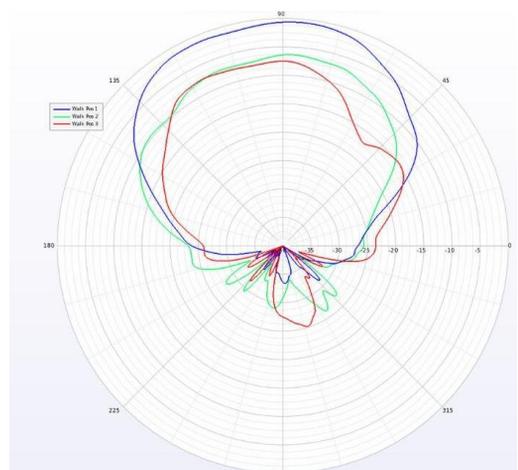


図9：人体モデルに平行な平面上の放射パターン。携帯電話は90度方向に設置されている。

最初の解析によって、腕の位置が携帯電話の効率に大きく影響を与えることが明らかにされた。次の解析では、その影響の定量評価のため、腕を10度ずつ回した11個のポジションにおけるアンテナ効率を調べる。図10に11個のポジションにおける腕と携帯電話の位置関係を示す。

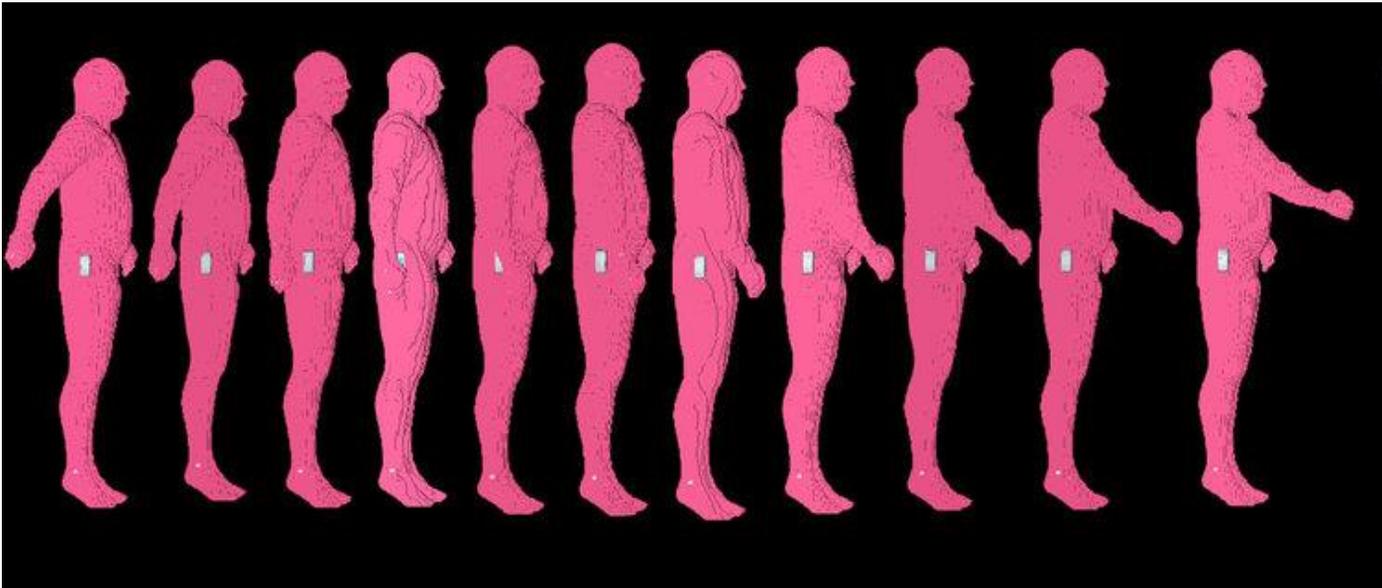


図10：シミュレーションで使用した運動している腕の11個のポジション。一番左からポジション1～11の順。

携帯電話の放射パターンは腕の空間位置の影響を受ける。図11に腕が携帯電話の最も後方（ポジション1）にある場合の放射パターンを示す。図12は腕がポジション4にある場合で、放射パターンは大きく異り、最大利得が前方向にある。図13が示すポジション10では腕は携帯電話の前方にあり、その時の最大利得は再び横方向にある。図14に11個のポジションにおける放射パターンを合わせて示す。ここで白い矢印はそれぞれのポジションにおける最大利得の方向を表し、アンテナ特性は腕の動きに影響を受けることは明らかである。11個のポジションにおける水平平面と垂直平面での利得の比較のため、図15と図16に2次元プロットを示す。

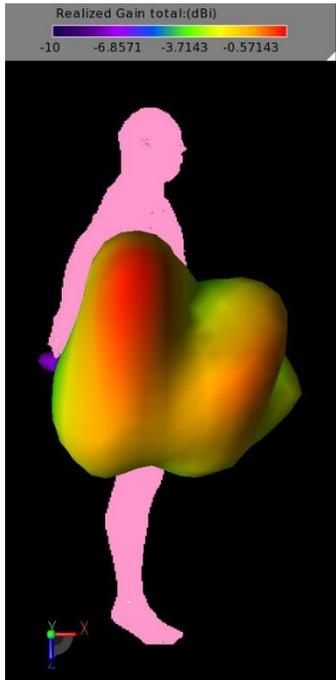


図 11：右腕が後方にあるポジション1での放射パターン。腕が放射パターンを妨げないため最大利得の方向は人体の真横にある。

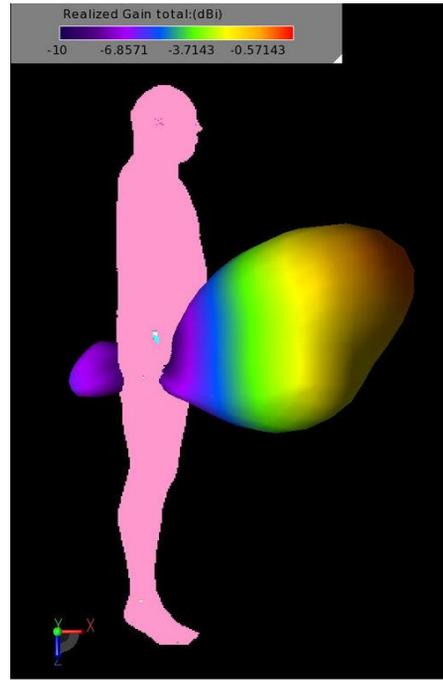


図 12：右腕が携帯電話の放射パターンを妨げているポジション4での放射パターン。最大ゲインの方向は人体の前方にある。

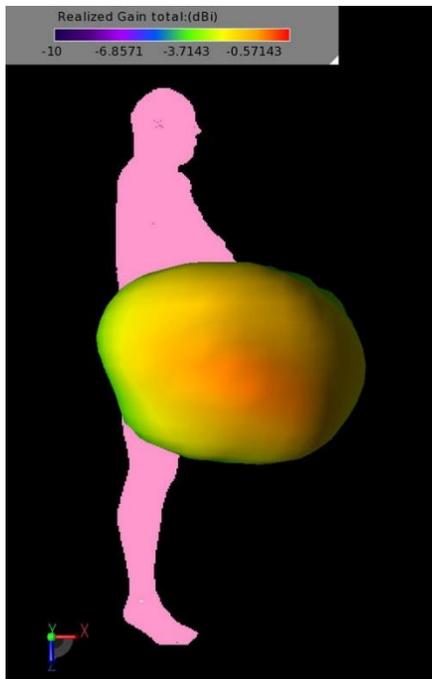


図 13：右腕が携帯電話の前方にあるポジション10での放射パターン。放射パターンは影響を受けるが、最大利得の方向は人体の横方向にある。

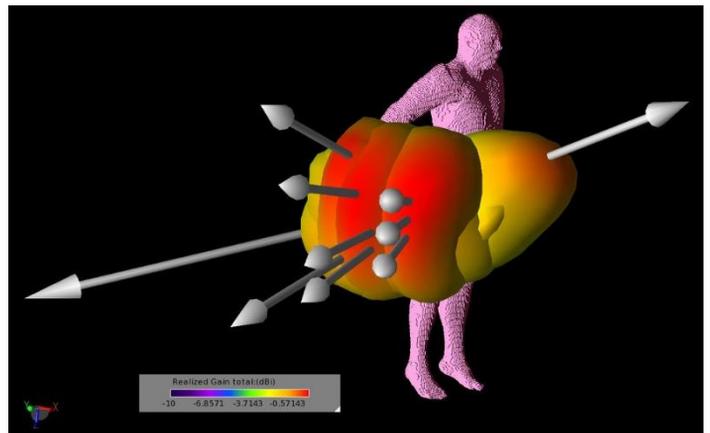


図 14：右腕の11個のポジションにおける放射パターン。矢印は最大利得の方向を示し、腕の位置によって大きく影響受けることがわかる。

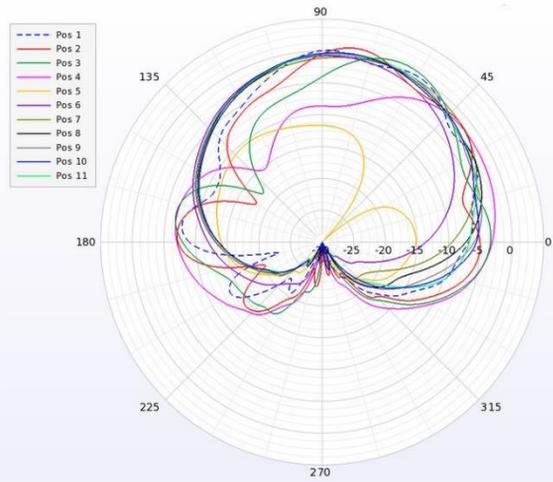


図 15：右腕の 11 個のポジションの垂直平面における放射パターン。このプロットでは人体は 0 度方法に向いており、携帯電話は 90 度で設置されている。

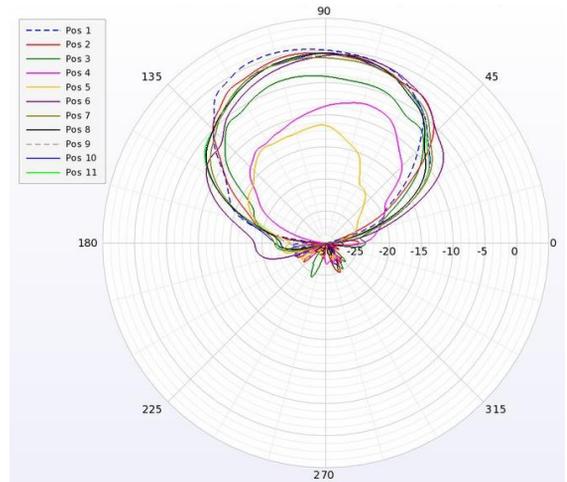


図 16：右腕の 11 個のポジションでの、人体モデルに平行な平面上における放射パターン。携帯電話は 90 度に設置されている。

### まとめ

給電点におけるリターンロスやインピーダンスは腕の動きの影響をそれほど受けない。図 10 に示される 11 個のポジションにおけるリターンロス、インピーダンスと効率を表 2 に纏める。この表からわかるように、腕が携帯電話を覆っているポジション 5 では効率が大きく下がる。

表 2

Case	Return Loss	Resistance	Reactance	Efficiency
Position 1	-22.722	49.357	-7.254	14.52%
Position 2	-22.910	49.387	-7.101	14.35%
Position 3	-23.321	49.418	-6.773	13.72%
Position 4	-24.669	50.546	-5.858	12.61%
Position 5	-20.141	46.868	-9.045	2.39%
Position 6	-22.484	47.906	-7.071	13.64%
Position 7	-22.492	49.150	-7.414	15.07%
Position 8	-22.670	49.265	-7.367	15.31%
Position 9	-22.615	49.302	-7.335	15.45%
Position 10	-22.625	49.290	-7.325	15.40%
Position 11	-22.617	49.294	-7.332	15.31%

本稿では、VariPoseとXFDTDを使用して歩行中の人体に装着されたデバイス（携帯電話）のパフォーマンスを分析する方法を示しました。

[全ての事例はこちら](#)

[お問い合わせ等はこちら（製品HP）](#)