



# 電磁界シミュレータで見る 2.4GHz帯の電磁波干渉問題



メカニズムを理解すれば対策方法も見えてくる

小暮裕明

ここでは、電磁界シミュレータを使ってワイヤレス通信において電波干渉が発生するメカニズムを解説する。電磁界シミュレータを用いることで、目に見えない電波の挙動を視覚的に把握することができる。例えば、アンテナの近くに障害物を置くことによって、電波の反射や回折がどのように起こるのかを理解すれば、障害物に対する適切なアンテナやアクセス・ポイントの設置場所が見えてくる。本稿では、実際に筆者がオフィス内のワイヤレスLANシステムのモデルを作って、シミュレーションを行った。  
(編集部)

ワイヤレス通信で使われる電波は、3,000GHz(ギガヘルツ)以下の電磁波です。ここで電磁波とは「時間的に変動する電界と磁界が空間を伝わる波」のことであり、紫外線や赤外線、可視光なども電磁波です。電波は金属表面で反射したり、障害物を回折するといった性質があり、閉じられた空間内ではこれらの干渉が発生しやすくなります。進行波と反射波の合成は定在波を生じさせ、特定の位置で電波が弱くなり、通信の妨げにもなります。これらの状況は、アンテナの周りにある障害物の寸法や形状、材質によって大きく変化するため、予測は難しいといえます。

電磁界シミュレータは、マクスウェルの電磁方程式をパソコンで計算することによって、空間の複雑な電磁現象を高い精度で解くソフトウェアです。一般には回路基板や不要放射などの解析に使われていますが、本稿ではオフィス内のワイヤレスLANシステムを想定したモデルを作ってシミュレーションしてみました。読者のみなさんには電波の反射・回折によって電波干渉が発生するメカニズムを理解していただきたいと思います。

Bluetooth や ZigBee といった近距離のワイヤレス通信システムや一部のRFIDシステムも2.4GHz帯なので、同時に稼

働すると混信障害が発生します。しかし、これは電磁界シミュレータで解く問題ではないので、ここでは割愛します。

## 1 アンテナから旅立つ「電波」とは

携帯電話やワイヤレスLANのアクセス・ポイントで使われるアンテナに、ダイポール・アンテナがあります。図1に示すような中央に給電した導線で、その長さはほぼ1/2波長です。これは1880年代にヘルツが実験した、いわゆるヘルツ・ダイポールの動作がもとになっています(詳細は、本誌2004年11月号のpp.139-146、および2005年1月号のpp.128-135に掲載された連載記事「もう一度学ぶ電磁気学の世界」、第7回、第8回を参照)。シンプルな構造で放射効率に優れた方式で、アンテナの基本形の一つとして現在も使われています。

2.45GHzで共振させるためには、1波長が約12cm(光速÷2.45GHz)なので、アンテナの長さを6cmにします。

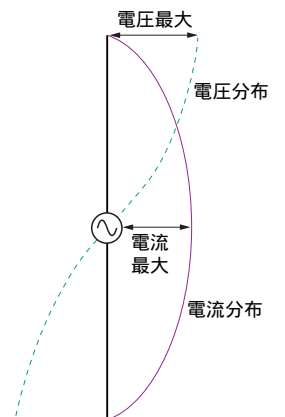


図1  
ダイポール・アンテナ  
ダイポール・アンテナは中央に給電した導線。図は、ほぼ1/2波長の長さで共振しているダイポール・アンテナの電圧・電流分布を示す。

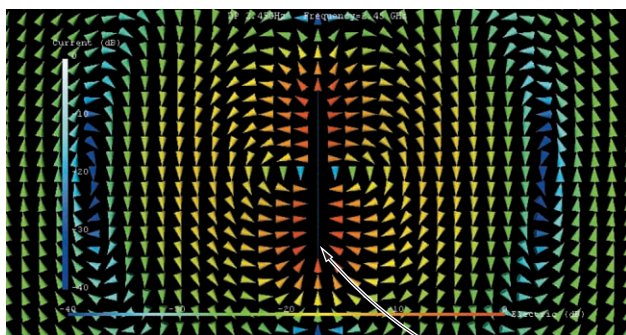


図2 電磁界シミュレータで得た電界ベクトル

電磁界シミュレータ「Micro-Stripes」を用いて、アンテナを含む面に小さな円すい形で表示させた。

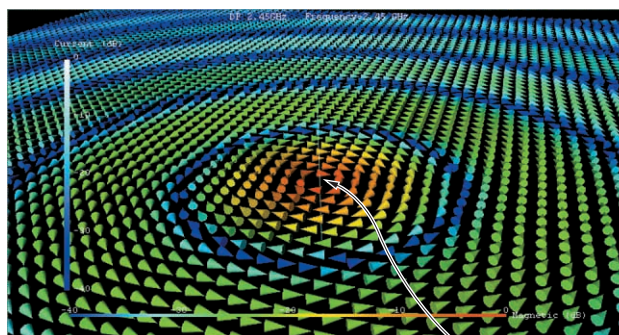


図3 位相を90°ずらしたときの磁界の分布

アンテナの中心を含む水平面を表示したもの。磁界の向きはある間隔をおいて逆転している。

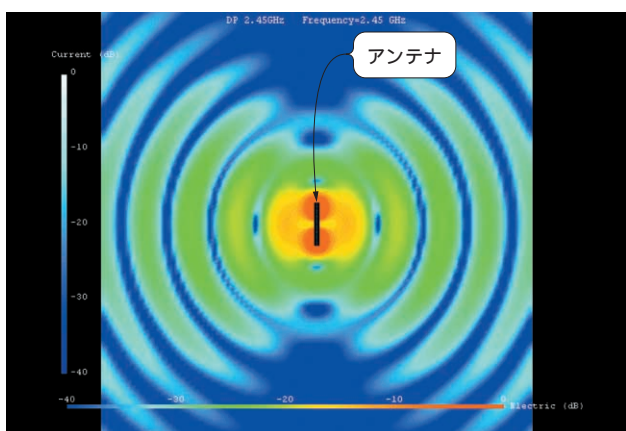


図4 電界強度を色で表示

アンテナ線の上下方向に少し離れると、電界の強い領域がなくなることがわかる。

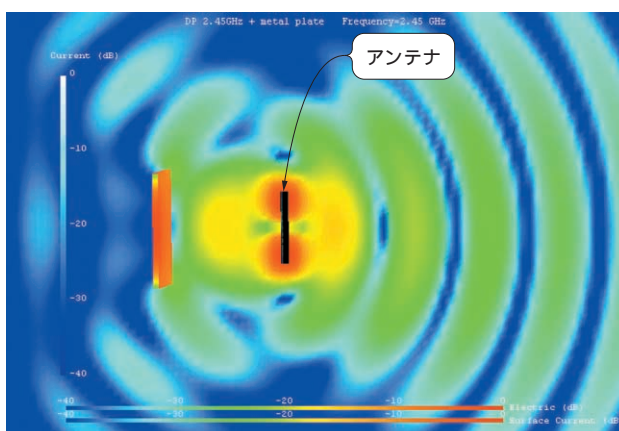


図5 電波は障害物を越えるのか？

アンテナの左側10cmのところにあるアルミ板(外形寸法10cm×10cm、厚さ5mm)を置いたときの電界を示す。アルミ板の左側の電界は弱くなっているが、完全になくなったわけではない。

図2は、電磁界シミュレータ「Micro-Stripes<sup>注1</sup>」で得た電界ベクトルを小さな円すい形で表示しています<sup>(1)(2)</sup>。電界は電位の勾配なので、その向きを考えれば、この瞬間は上部に正、下部に負の電荷(双極=ダイポール)をイメージできます。図3は、位相を90°ずらしたときの磁界のようです。円形ループ状に分布していますが、磁界の向きはある間隔で逆転しています。強い領域と弱い領域は、まるで水面の波紋が広がるようです(シミュレーション結果において、色は電界や磁界などの強度を表している。暖色になるほど強度は強くなる)。

### ● 電波の正体

図4は図2の電界強度を色で表しており、より広い領域

を表示しています。アンテナ線の上下方向に少し離れると、電界の強い領域がなくなることがわかります。一方、水平方向へは、ある角度で電界の強い領域が伝わっています。

電界ベクトルと磁界ベクトルは互いに直交しており、アンテナから波長程度離れると位相がそろってきます。これらによって移動する電磁エネルギー(ポインティング電力)が、空間へ旅立つ電波の正体なのです(詳細は本誌2005年3月号、pp.88-96に掲載された同連載記事の第9回を参照)。

以上は、アンテナが自由空間にあるものとしてシミュレーションした結果です。周りに障害物はまったくないので、アンテナから旅立った電波は気持ち良く(?)宇宙の果てに旅立つことができます。

### ● 電波は障害物を越えられるか

では、アンテナの近くに金属の板(障害物)があると、電

注1: Micro-Stripesは、TLM(transmission line matrix)法による3次元電磁界解析ソフトウェア(参考文献(1)を参照)。Micro-Stripesに関するWebサイトは「<http://www.microstripes.com/>」。