

# もう一度学ぶ電磁気学の世界



## 第8回

## 電磁界シミュレータで電波を描く

小暮裕明



前回はマクスウェルの方程式によって存在が予想された「電磁波」について学びました。彼の時代には、現在のワイヤレス・コミュニケーションのめざましい進展は思いもよらなかったことでしょう。携帯電話の線状アンテナは、シンプルな微小ダイポールの連続と解釈できることはすでに述べました。ところが近傍にできる電磁界は複雑なので、多くの教科書で長い間扱われていませんでした。幸いなことに、いまではパソコンがマクスウェルの方程式を解き、アンテナの周りの電磁界を描いてくれます。離散的な解法ではありますが、その成果を手がかりとすれば、アンテナやEMI (electro-magnetic interference) の問題の解決を図ることができます。しばらくベクトル演算による説明が続いたので、ここで一休み。今回は式を使わずに説

明します。

(筆者)

### 1. 線状アンテナの電磁界シミュレーション

#### ● 微小ダイポールと線状アンテナ

さまざまなくふう<sup>1</sup>が凝らされている携帯電話のホイップ・アンテナですが、半波長ダイポール・アンテナとして動作しているものが多いようです。

図1は、中央給電の半波長ダイポール・アンテナが動作しているときの電流と電圧の分布を表しています。導体の先端は電流が流れませんから、両端がゼロで中央が最大になる正弦波の電流分布と考える方法<sup>注1</sup>があります。ま

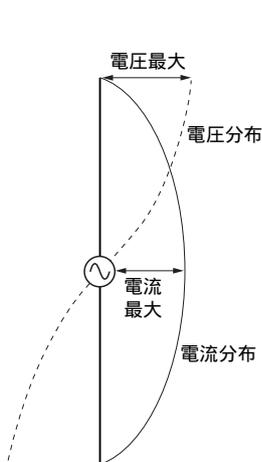


図1 中央給電の半波長ダイポール・アンテナの電流と電圧の分布

導体の先端は電流が流れないので、両端がゼロで中央が最大になる正弦波の電流分布と考えられる。

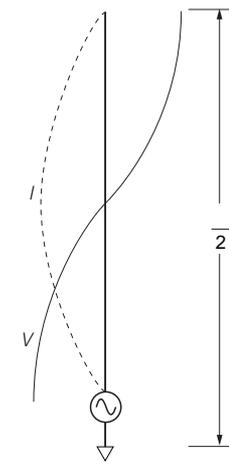


図2 携帯電話のホイップ・アンテナを引き出したときの動作状態

給電位置は下端だが、電流と電圧の分布は図1と同じになる。給電点のインピーダンスは高くなるので、整合回路を用いる。

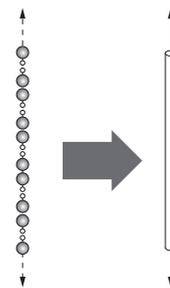


図3 微小ダイポールを連ねたダイポール・アンテナのモデル

ダイポール・アンテナは微小ダイポールがつながっているものと考えられる。

注1：アンテナに生じる起電力と電流の積から放射される電力を求め、給電電流の2乗で割り、放射インピーダンスを求める方法を起電力法という。

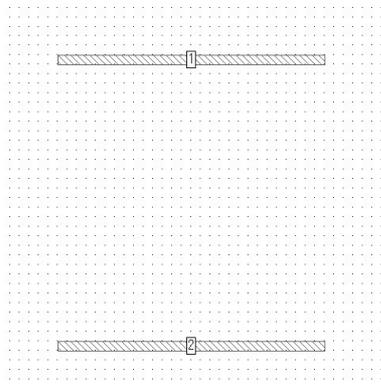
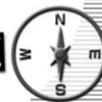


図4 半波長ダイポール・アンテナのモデル

長さ70mmのエレメントが2本ある。Sonnet Lite の例題ファイルに収録されているモデル(twoarray.son)である。

た図2は、携帯電話のホイップ・アンテナを引き出したときの動作状態を想定しています。この場合の給電位置は下端ですが、電流と電圧の分布はやはり図1と同様になっています。

これらの値を計算によって求めることができれば、給電点のインピーダンス<sup>注2</sup>がわかるので、どのような線路で給電すればよいか、マッチング回路が必要か否かなど、設計上重要な情報が事前に得られます。

そこで図3に示すように、このダイポール・アンテナを微小ダイポールがつながっているものと見なし、電磁気学的に解く方法を考えます。連続しているアナログの電流分布を微小部分に分けて、デジタル的に表現しているので、これはデジタル・コンピュータに向いている方法です。

### ● 電磁界シミュレータの手法——周波数領域の解析

市販されている多くの電磁界シミュレータは、いくつかの異なる手法を採用していますが、デジタル・コンピュータでマクスウェルの方程式を離散的に解くという点では一致しています<sup>2)</sup>。

図4はSonnet Lite の例題ファイルに収録されている半波長ダイポール・アンテナのモデル(twoarray.son)です<sup>注3</sup>。長さ70mmのエレメントが2本ありますが、これは両方に給電したときの動作を調べるための問題です。ここではアンテナがどのように解かれるのかという点に着目するので、1本のエレメントを考えれば十分です。



図5 サブセクションのようす

中央の番号1はポート番号。左側と右側のエレメントを分けて描き、ポート(internal port)を設定すると中央給電になる。

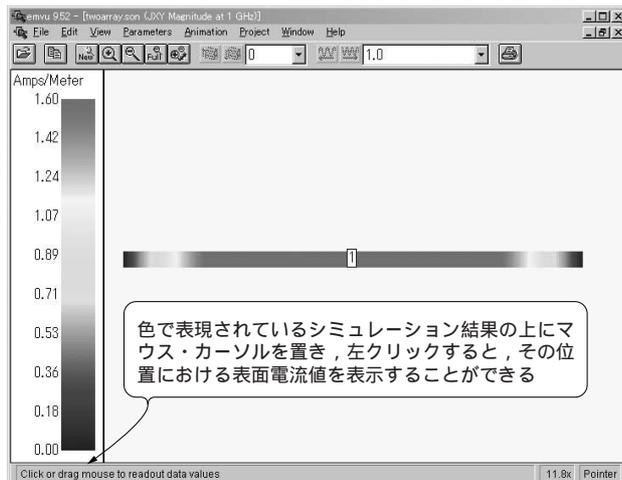


図6 表面電流の表示

画面上では、表面電流の大きさを色で表現している。

図5は離散化の状態を示しており、Sonnetではこれらの領域をサブセクションと呼んでいます。中央の番号1はポート番号です。二つのサブセクションの境界に端子を付けたこととなります。モデルを作る際にも、左側と右側のエレメントを分けて描き、このようなポート(internal port)を設定すると、図1のような中央給電になります。

Sonnetはモーメント法による電磁界シミュレータです。この手法のゴールは、モデルを構成する金属の各サブセクションにおける表面電流分布<sup>注4</sup>を求めることです。モーメント法は正弦波の信号を励振したときの定常状態を解く周波数領域の手法で、有限要素法や境界要素法<sup>3)</sup>もその仲間といえます。

図6はシミュレーション結果の表示です。画面上では、表面電流の大きさを色で表現しています。マウスの左ボタンをクリックすると、その位置における表面電流値が画面

注2：2端子回路に交流電圧 $V$ を加えたときに流れる電流が $I$ であるとき、 $Z = V/I$ をその回路のインピーダンスという。抵抗 $R$ 、リアクタンス $X$ の直列回路のインピーダンスは $Z = R \pm jX$ となる(符号は $X$ が誘導性ならば+、容量性ならば-)。インピーダンスの逆数をアドミタンスといい、 $Y = G \pm jB$ ( $G$ はコンダクタンス、 $B$ はサセプタンス)で表す。

注3：Sonnet Liteの最新版や日本語マニュアルは、次の日本語Webサイトから無償でダウンロードできる。http://www.sonnetsoftware.co.jp/free/index.html

注4：表面電流とは、導体表面に分布する電流である。単位はA/m(アンペア/メートル)。一般に電磁界シミュレータでは金属モデルの固体内部を計算しないため、電流はすべて金属表面に分布するとして解析する。