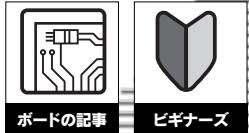


もう一度学ぶ電磁気学の世界

第11回

13.56MHz RFID タグのしくみ

小暮裕明



前回(2005年4月号, pp.136-144)は、日本でも制度化が進む900MHz帯で期待されるRFIDタグのアンテナについて調べました。ユビキタス社会の到来で欠くことのできないアンテナですが、使用する周波数によって動作原理が異なります。RFIDタグは900MHzのほかに13.56MHz(写真1)がすでに使われていますが、その波長は22mもありますから、半波長ダイポールでは実装できません。そこで登場するのが今回詳しく調べる微小ループ・アンテナです。エレメントの長さは波長に比べて十分小さくてもよいのですが、RFIDタグの寸法ほど小さくなるとさすがに放射効率はきわめて低く、アンテナというよりもコイルの磁気誘導を利用した通信と考えられます。(筆者)

1. 微小ループ・アンテナ

● 微小ループのシミュレーション

今まで調べてきたアンテナは、ヘルツ・ダイポールの動作原理に基づくもので、給電点から伸びた2エレメントの

先は開放端でした(図1(a))。両端の間に形成される電界を広く空間に分布させ、ループ状の電界(電気力線)が押し出されることで電磁波が作られることがわかりました(本誌2004年11月号, pp.139-146の連載第7回を参照)。

図1(b)は、ダイポール・アンテナの両エレメントを折り曲げ、先端を短絡した回路とも考えられますが、全長が波長に比べて十分短いものを、微小ループ・アンテナと呼びます。どの程度を微小とみなすかは議論が分かれるところですが、一般的に波長の1/10以下を指すようです。

図2は全長220mm(横70mm, 縦40mm)の微小ループをSonnet Lite^{注1}でシミュレーションしたモデルです。ポートは前回(本誌2005年4月号, pp.136-144の連載第10回)のダイポール・アンテナで使用した内部ポート(internal port)にしています。

13.56MHzではエレメント表面の電流は図3のようになります。四隅の先端部を除けば、ほとんど同じ値になっています。ただしこのモデルは、Sonnet Liteのメモリ制限であ

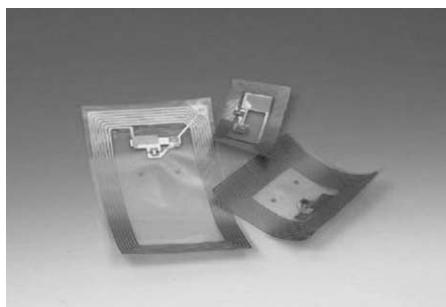
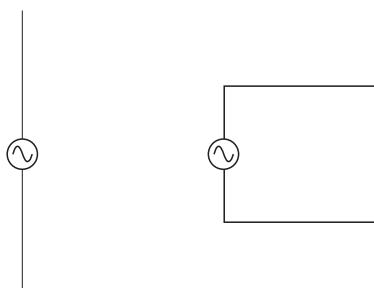


写真1 13.56MHz タグの例

米国 Texas Instruments 社の Tag-it.

注1: 無償版のSonnet LiteはSonnet技研のWebサイト(<http://www.sonnetsoftware.co.jp/>)からダウンロードできる。電磁界シミュレーションの使用事例については、参考文献(1),(2)を参照。



(a) 電界型アンテナ：
ダイポール・アンテナ

(b) 磁界型アンテナ：
微小ループ・アンテナ
(ループ長が1/10 以下)

図1 微小ループ・アンテナ

微小ループ・アンテナは、ダイポール・アンテナの両エレメントを折り曲げ、先端をショートさせた回路と考えができる。

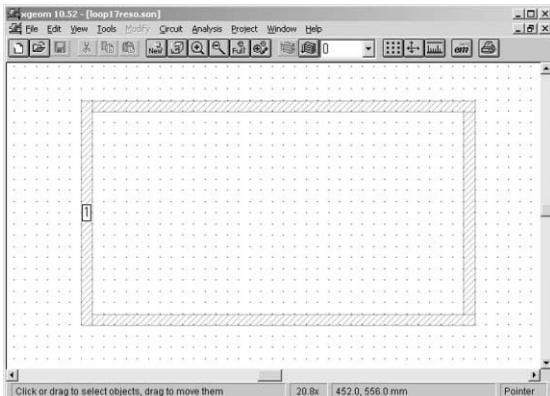


図2 微小ループ

Sonnet Lite のモデル . セル寸法は x, y とも 2mm , Box 寸法は 1024mm \times 1024mm . Box Top と Bottom を Free Space に設定 . 誘電体層は上下とも 50mm 厚で比誘電率は 1(空気) のままにしている .

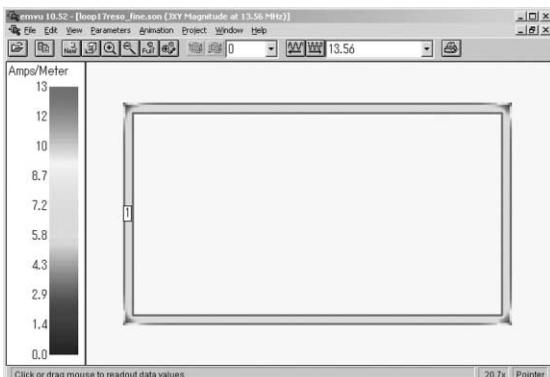


図4 エレメント表面の電流の詳細解析

Sonnet Professional による解析結果 . エレメントの縁に沿った強い電流分布が認められる .

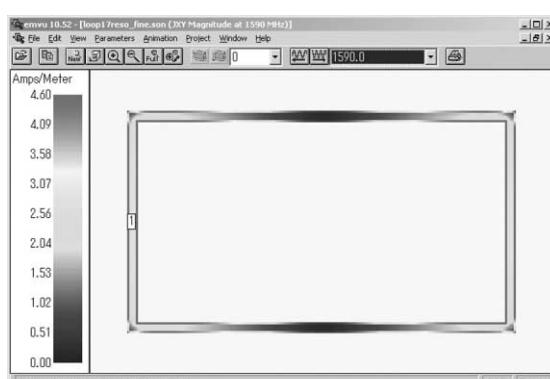


図6 エレメント表面の電流分布

ポート付近と , 対向するエレメントの同じ位置で電流値が最大になっている .

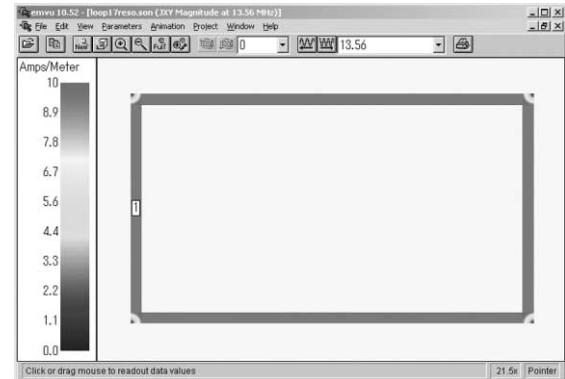


図3 エレメント表面の電流の解析

Sonnet Lite による解析結果 . 四隅の先端部を除けば , ほとんど同じ値になっている .

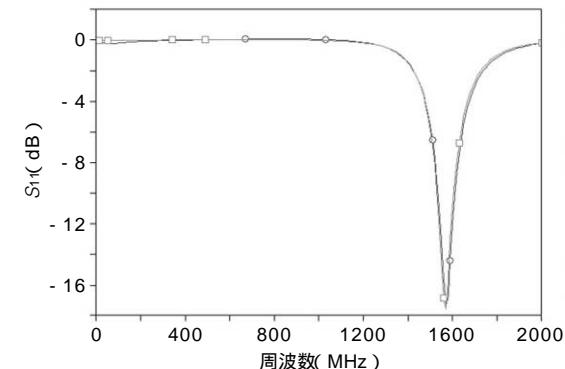


図5 Sパラメータの比較

セルを細かくしたほうが , より現実に近い結果が得られるが , Sパラメータで比較した場合 , 両者の誤差は小さい .

る 16M バイト以内で動くように , 2mm 幅の粗いセルに設定してあり , エレメントの幅方向を一つのセルで表現しています . 制約のない Sonnet Professional 版で , 例えば幅方向を五つのセルで分割すると , 図4 に示すようなエレメントの縁に沿った強い電流分布が認められます .

高周波では線路の縁に電流が偏る現象が見られますから , セルを細かくしたほうが , より現実に近い結果が得られるといえます . しかし , Sパラメータで比較した場合 , 両者の誤差は図5 に示す程度ですから , Sonnet Lite でも十分役に立ちそうです .

図5 は 13.56MHz よりもはるかに高い周波数である 2GHz まで , ABS スイープ機能³ を使って得た広帯域の結果です . S_{11} (反射係数) が非常に小さくなる 1.6GHz 付近では何が起こっているのでしょうか .

図6 はこの周波数におけるエレメント表面の電流分布で