

ドローンのアンテナ設計

有限会社ソネット技研
石飛 徳昌

2012年7月5日

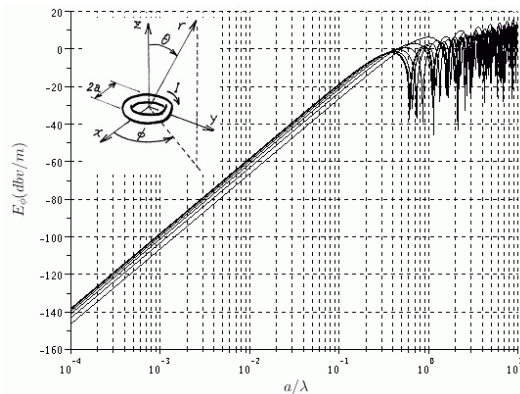


図1 電流ループの大きさ a/λ と放射電界の関係

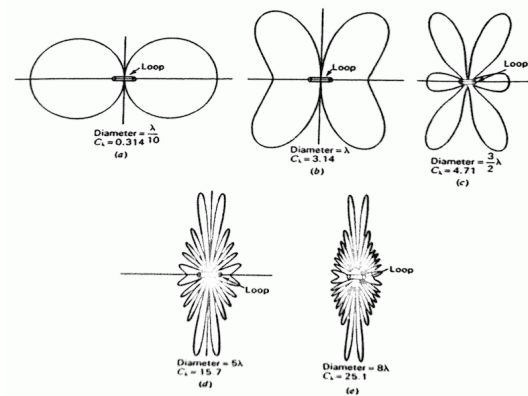


図2 電流ループの大きさと放射パターンの例
小さなアンテナは8の字だが、大きなアンテナは非常に複雑になる。

1 程々の大きさを目指そう

図1には、リング状導体の大きさと放射される電波の強さの理論値です。グラフの横軸は物理的な大きさでなく、波長に対する大きさの比です。^{*1}

このグラフから

波長よりずっと小さいアンテナ 放射はとても弱いです。巻こうと、曲げようと、何か新しい構造であろうと、特別な材料であろうと、小さいアンテナのパフォーマンスは非常に悪くなります。

波長と同程度のアンテナ 一般的なアンテナです。放射効率が良くほとんどのアンテナ理論は、この領域を前提にしています。

波長よりずっと大きいアンテナ 高性能で、放射は強く、一方向に鋭い放射や通信相手の方向に追従する設計も可能です。

が判ります。波長と同程度の“程々の大きさのアンテナ”なら設計は楽で速くて安く済みます。

2 大きさと放射パターン

図2には、図1に対応する放射パターンを示します。^{*2}

ほとんどの方が“ちょっと小さめ”を望まれるでしょう。そうであれば、図1の左上の二方向だけの放射です。この形はアンテナの大きさや形状にほとんど依存しません。

^{*1} 半径 $a = 3(\text{mm})$ のリング状導体に $3(\text{mA})$ の電流が流れた場合の 3m 離れた点での電界強度の計算値を文献 [1] “6-6 far-field patterns of circular loop antennas with uniform current.” に従って計算しました。

^{*2} 文献 [1] “6-6 far-field patterns of circular loop antennas with uniform current.” より図 “Far-field patterns of loops of $0.1, 1, 1.5, 5,$ and 8λ diameter. Uniform in-phase current is assumed on the loops.”

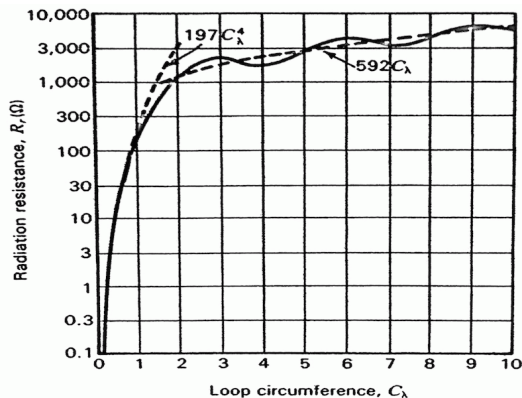


図3 ループの大きさ $C_\lambda = 2\pi a/\lambda$ と放射抵抗 R_r の関係
現実的な放射抵抗が得られるのはせいぜい $0.1 \sim 1$ λ の範囲

3 大きさと整合

図3には図1に対応する放射抵抗を示しています。^{*3} 大きさが小さいと放射抵抗は極端に小さく、大きさが大きいと放射抵抗は振動します。アンテナの構造によってはこの傾向は少し変わりますが、いずれにせよ、小さいアンテナの放射抵抗は極端な値で、SWRは極端に大きく事実上整合できなくなります。“程々の大きさのアンテナ”なら扱いやすい放射抵抗が得られ、整合が楽です。

4 正しい測定は無理

図4は、悪い測定例です。^{*4}

図2(a)と図2(e)が重なりあつてできています。図2(e)は波長よりずっと大きな物からしか起こりません。この測定ではアンテナと測定器の間のケーブルからの放射が起こっているのです。このようなアンテナ以外の何かの影響は測定者のスキルに強く依存します。つまりほとんどの方にとって正しい

^{*3} 文献 [1] “6-8 radiation resistance of loops” より図 “Radiation resistance of single-turn circular loop with uniform, in-phase current as a function of the loop circumference in wavelength C_λ ”

^{*4} これは私自身が若い頃測定したデータです。公開されたデータの中からですら、このような例を見つけることは難しくありません。

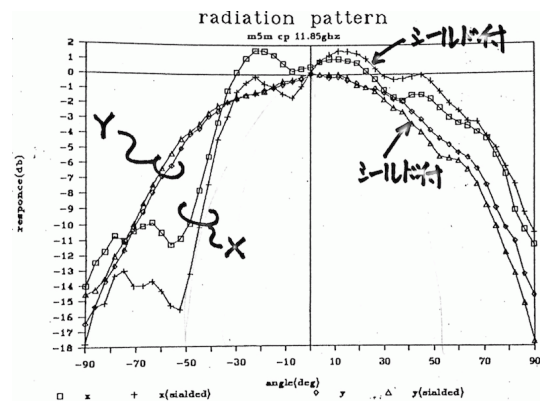


図4 良くない測定の例

測定は無理です。

5 おすすめの本

この文書は [2] の要約です。詳しくはそちらをご覧ください。

さらに先に進むには、文献 [3] をおすすめします。アンテナ測定の新しい手法や実務、アンテナ設計に必要な理論もコンパクトに説明しています。

文献 [1] はアンテナについての古典的な教科書です。初版は 1957 年、2002 年に third edition が出版されています。英文ですが、あらゆる形式のアンテナの動作や設計チャートが豊富で関係ありそうな部分を拾い読みするだけでも有益です。amazon で購入できます。

参考文献

- [1] J.D. Kraus, R.J. Marhefka, and B.A. Munk, Antennas : for all applications, 3rd ed edition, McGraw-Hill, 2002.
- [2] 石飛徳昌, “Sonnet によるアンテナ解析のガイドライン,” Sonnet でアンテナを解析する場合に考慮すべき点をまとめた文書. <http://www.SonnetSoftware.co.jp/support/tips/antenna.pdf>, 2012.
- [3] 石井 望, アンテナ基本測定法, コロナ社, 2011.