

An Overview of the Underestimated Magnetic Loop HF Antenna

過小評価されているマグネチック・ループ HF アンテナの概要 — その 4

© Leigh Turner VK5KLT

訳者：小暮裕明 JG1UNE 2013/11/30 Rev.2

この文書は、執筆者である Leigh Turner 氏の許可を得て翻訳しています。一部に意訳が含まれますが、ほぼ原文(下記 URL)どおりに訳しています。原文の著作権は Leigh Turner 氏に属し、訳文は小暮裕明に属します。個人で楽しまれる以外に、出版物等に使用される場合は、Leigh Turner 氏または小暮裕明にご連絡ください。*今回は、その 4 です。

http://www.ahars.com.au/documents/the_underestimated_magnetic_loop_hf_antenna_vers%201.1.pdf

*Leigh Turner 氏と小暮裕明は、IEEE (米国に本部を持つ電気電子技術学会) の正会員です。

効率と損失に関するいくつかの言葉:

ほとんどのアンテナ・システムは電氣的に完全な対称ではないので、結果として、電流はシステムの一部に流れて、電流が流れて欲しくないところにも巡ります。そのような外来的な要素は、システム全体の損失を大きくします。環境による損失については、ループを大地から絶縁するのが最も難しく、その電氣的な環境は、低い HF 帯ではほとんど不可能です。それは同軸ケーブルの外導体外側や、アンテナの近くにあるパイプのような導体や電線に流れるコモンモード電流です。

ループの導体長が 0.25λ に近づくと、STL*は最大の効率に達成します。これは、放射抵抗がより高く、それによる Q の低下によって、VSWR 帯域幅が最も広く、同調コンデンサーにかかる電圧も最も低いということに対応しています。*STL: 小型送信ループ (その 1 を参照)

効率は、放射されているエネルギーの影響をある程度受け、つまりループ近くの物体に吸収され、例えば鉄や鋼鉄のような材質でエネルギーが吸収され、渦電流とヒステリシス損を多く誘導します。

また、効率は地球の土の導電率の関数です。STL アンテナが、ラジアルすなわちグラウンド面を必要としなくても、いったん高周波エネルギーが放射されれば、他の全ての放射物に対するのと同じ物理法則に左右されます。

大地の導電率が良いほど、結果的に、反射される垂直偏波の信号は増え(近傍界ではなく遠方界で)、従って、望ましい放射の低打ち上げ角で、直接波の信号は合成されて強められます。

垂直のスマール・ループは、非常に良く反射する面や地面、海水の近くでオペレートするとき、ある条件下では信号強度が 2 倍までになります。それは、垂直のループは特別だからで、おまけに、バーチカルや短縮ホイップのように、真上にヌルがあるというアンテナ・パターン上の不利な点がないからです。

ループ・アンテナ性能を左右する大地の効果:

ダイポール・アンテナが大地に水平に置かれているとき、地中にできる電氣的「イメージ (影像)」

は位相が逆です。その結果、もし水平ダイポールの地上高が $1/4$ 波長以下になると、システム全体にかなり高い損失が発生しますが、それは、完全ではない大地で電力が失われることによって、損失抵抗が急に増えるのと同時に、急激に放射抵抗が減少するためです。これは、大地上に不十分な高さで設置されたダイポールにはよく知られた、ダブルパンチのシナリオで、不十分な地上高(多くのハム用アンテナによくある制約)のダイポールの性能が悪化します。

対称的に、大地上の垂直設置の・ループ・アンテナのイメージによる高周波電流は、このループとは「同相」です。従って、垂直設置のループの性能は、大地の影響を比較的受けません。実際、電磁波の磁気成分は、地面と空間の境界で最大なので、大地の近くで、ループが近接した誘導場(ループ直径かその倍)の外にあるとき、通常、ループの性能が最も高くなります。しかし、送信/受信の方向に、電力線やビルなど、近くに導体が在る場合；本来ループは、対象とする信号経路に、ささげる物が無い状況になるような地上高を選ぶのが望ましいでしょう。

ビルの屋上に設置された垂直ホイップと垂直設置の・ループの性能を比較すると、一般に、垂直と水平の放射パターンについては、ループが明らかに勝者だと言われるかもしれません。それは、ビルの屋上に向けてドライブされたホイップ・アンテナのパターンが、一般に、ある精度では全く予測できないからです。というのは、アンテナとアース間にあるいくつかの導電性パス(経路)に、垂直方向の電流が上下に流れるからで；それぞれのパスは、複数のヌルとローブがある放射パターンの原因になります。

平衡な・ループ・アンテナは、しかし、そのような問題は本質的に心配ありません。というのは、垂直ホイップ/モノポール・アンテナのグラウンド・リターン電流がアンテナ回路として欠けている半分を形成するのに対して、ループ・アンテナの下のグラウンドはそうならないということです。従って、グラウンド(地球)へ向かう複数の電流路はループで取り除かれます。もちろん、ループ、ホイップとも高く上げると、グラウンド(あるいは水面)上の高さによっては、よく知られている干渉効果を受けることがあります。 *Balanced (訳者注：「平行な」ではない)

波長の約 $1/3$ 以上の寸法を有する、反射が起きる金属物体が、ループ・アンテナからの距離およそ 2 波長未満の距離にあると、さまざまな周波数で、特定方向に定在波の「ヌル」をつくる可能性があります。もしアンテナを金属の屋根の上に取り付けるつもりなら、避けるべきいくつかの周波数について、もしある方向に望ましくないヌルがある場合は、ビルの屋根の縁での回折障害を考えるべきです。通常、最も良いアンテナの設置位置は、所望の信号方向で見た、そのような伝導性の屋根の縁近くでしょう。

ところが、良好なグラウンド上に垂直方向に設置したループは、質が悪い(損失の多い)大地上よりもはるかに効率的で、大地あるいは人工のグラウンドに対してチューニングして給電した垂直の短縮ホイップよりは、はるかにクリティカルではありません。後者の垂直ホイップの場合、達成可能なアンテナ効率、完全にグラウンド・プレーン・システムやラジアル・マットの品質に依存しています。

ループの指向性：

垂直方向に設置されたループ・アンテナは、ループ面で最大に受信できる双方向性のパターンを示すと一般的に信じられています。非常に低い仰角(約 10 度以下)で届く垂直偏波の空間波と地上波の信号についてはそのとおりですが、高角度の空間波(約 30 度以上)、通常その偏波は、電離層内での自由電子の「ファラデー回転」によって、あるランダムな割合で垂直から水平へ回転しているものですが、この受信については、実はそうではありません。

45 度を超える角度では、ループの応答はループの面に 90 度の方位角から来る水平偏波側にシフトします。従って、短距離の通信リンク、すなわちおよそ 500km 未満では、通常、受信はループを 90 度回転すると最良で、このときループ面は到来する方位角に垂直となります。

ループで、どの方位角の位置が、7MHz あたりより低い周波数で、500km 未満のパスに対して、夜間の受信が最も良いかを予測するのは簡単ではありません。それは、上空波と地上波の信号が両方とも優勢だからで、不規則に重ね合わされて、予想以上に深刻なフェージングを発生させるからです。たいていトライアンドエラー(試行錯誤)は最も良い解決法で、アンテナをどの向きにすると、平均信号強度が高く、かつ厄介なフェージングが最小になるか歩み寄れるでしょう。一般に、500~1000km を超える距離で最も良い方向は、ループ面が到来している信号の向きにあるときです。

さらに、低い仰角におけるループの両サイドにあるヌルは、上空波伝播が同時に存在するとき、フェージングを緩和するために地上波信号を“null out”する(無くす)ために使われるでしょう。これに比べ、垂直ホイップは頭上にヌルがあり、従って、近・中距離では役に立ちません。

地上高が 0.15λ 未満の垂直設置のループは、仰角面内で天頂角がほぼゼロ度まで良好にカバーしており、ループをほとんどの距離範囲で使えるようにします。約 20 度より高い仰角では、上空波信号を受信するとき、ループは全方位でほぼ無指向性です。

平均的なグラウンド上のループは、完全導体のグラウンド上のときとは対照的に、例えば約 5 度といった非常に低い仰角(打上げ角)でのレスポンス(応答)は、通常 10dB かそれよりさらに、完全グラウンド上で得られるはずの応答より劣ります。多分ここで注記しておくべきなのですが、ループの直下のグラウンドというのは、主に高い仰角領域の応答にだけ影響するものであって、低い仰角領域でのループの性能は、アンテナからはずっと離れた半径の円周辺部のグラウンド特性で決まるものだという事です。

(了)