

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 1

© Leigh Turner VK5KLT

訳者：小暮裕明 JG1UNE 2013/11/11

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。*前段部のみですが、後日その 2 を予定。
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。

アマチュア無線の世界では、従来の大きい HF アンテナと比べ、ちっぽけなマグネチック・ループ・アンテナ (以下 MLA : 訳者による) が本当によく働くということを秘密にしておいた方がよいかもしれません。この記事の目的は、自作ループ成功例の実用的な情報を広めて、ループの主な特性とユニークな特徴を数え上げることです。MLA は、テーブルの上や屋根裏/天井ロフト、野外のベランダ、高層マンションのバルコニー、屋根、またスペースの制約があるどんな所にも収容することができます。

限られた設置スペースで、小型ながらも効率の良い HF 用アンテナというものは、多くの熱意あるアマチュア無線家が求める「聖杯」のようなものでしょう。郊外の住宅用地から、リタイヤ後のより狭い土地あるいはクランクアップ・タワーを建てるのに厳しい規則がある地域社会に移り住んで、大好きな趣味を将来あきらめざるを得ない状況に直面するアマチュア無線家には、このような探求と関心はことのほか強いでしょう。このような制約があっても、アマチュアには実用的で実行可能な手段が現にあり、人目につかないように、室内運用や持ち運びもでき、設置場所にも思いやることのできる小さい MLA を使って、アクティブに趣味を続けることができます。この文書は、HF 局を操作する熱心なアマチュアが、以前使っていた高いタワーやお気に入りのビームアンテナ、大きな G5RV やロングワイヤーを使わずに、このようなちっぽけなアンテナで、どのようにしたら十分動作させることができるか議論しています。最悪の場合でも、信号強度の実用上の違いは、もし優れた設計でうまく設置されていれば、S が 1 つ程度といったところでしょう。

Google インターネットサーチエンジンを使って MLA をざっと検索すると、すぐに当惑するほど多くの資料が見つかるでしょう。本記事は、読者が、広範囲でときに対立しているようなさまざまな情報をご理解いただく上でお役に立つでしょう。潜在能力を全て引き出す電氣的小型のループを作り、オンエアで最高の性能を得るために必要な、実用的な知識の重要なエッセンスをご理解いただくよう、お手伝いいたします。

いくつかの(ありのままの)事実:

適切に設計・組み立て・設置された、直径 1m の小型ループは、10m/15m/20m のトライバンド・ビームを除き、どんなタイプのアンテナよりも等しいか、ときには優れており、1 波長以上の地上高がある最適化された 3 エレメントのビームより、最悪 S で 1 つ (6dB) 悪い程度です。MLA は、例えば 40m から 10m の HF 帯で、実に真価を発揮します; しばしば、最もよい従来のアンテナに匹敵するくらいで、おどろくほどの性能です。簡単に配置できて、固定してループをチューニングすれば、長く日常使お

うというアンテナにとっておきで、ロバスト（頑健）で信頼できるゼネラル・カバレッジ通信の防衛業務や軍事、外交、船上での HF 通信にも欠かせないと思われま。80m と 160m のトップバンドでは、一般に小型のループ・アンテナの性能は、特に、最適な状態には及ばないほどの地上高に設置された水平ダイポールで得られる性能を超えます。これは、どんな HF アンテナに対しても一般的な立地上の制約です。

例えば大地に対して調整されている短い垂直ホイップやフルサイズの垂直アンテナと比較したときのスモール・ループの実用的な利点は、グラウンド・プレーンすなわち大地の影響がなく、効率的な運用ができるということです；このユニークな特性は、80m や 160m の HF 帯でオペレーする、小型で限られたスペースのアンテナとしては、特筆すべき意味があります。

それでは、どこが問題なのでしょう；もしスモール・ループがそんなによいアンテナなら、なぜ皆が持っていないのか、高いタワーと従来のアンテナをなくさないのか？ 自然の法則すなわち電磁気学を避けることはできませんが、唯一避けがたい犠牲といえば、電氣的小型のアンテナでオペレーするときの狭い帯域幅なのです。低効率というよりは、むしろ瞬時帯域幅というのが基本的な制約で、スモール・ループのトレードオフです。

どんなに小さくてコンパクト（波長に対して）なアンテナも、本質的には狭帯域で、HF 帯に与えられている動作周波数に同調を取る必要があります。MLA ユーザは、7MHz で 10~20kHz 程、すなわち 0.2% あまりで満足しなければなりません。使いたいスポットの周波数範囲で簡単に同調できるのであれば満足です。バンド内 QSY で、このような敏感な同調を実行するために、離れた位置や屋根の上に設置したアンテナでは、少し工夫が要りますが、ハムが間に合わせ的に作ったものとしては、例えば図 15、16（訳者注：英文の全文を参照）が有名です。

小型の垂直アンテナとスモール・ループを比較すると、グラウンドの状態と大地の損失をコントロールする代わりに、ループの放射エレメントと同調用のコンデンサーと接続部のオーミック・ロスといった導体損失は、たやすくコントロールできます。

小型の送信ループ(STL)アンテナは、全周が 1/8 波長以上と定義されますが、1/3 波長以下ともいわれ、ループにわたってほぼ一定の電流が分布し、構造的には集中定数のインダクタンスとしてふるまいます。短い垂直アンテナやダイポール・アンテナとは異なり、ループは端子から見込むとインダクティブリアクタンスを示すので、コンデンサーひとつで都合よく同調と整合が得られます。ループの自己インダクタンスとキャパシタンスで、高Qの並列同調回路を形成します。放射抵抗はループのリアクタンスに比べて小さいので、アンテナのQは非常に高く、VSWRの帯域幅は非常に狭いです。高Qになるのは、ループ・アンテナが低損失で高効率であることを示しています。共振周波数において電力がループに供給されると、集中定数の導体とキャパシタの損失 I^2R と明らかな熱としての消費を除けば、ほとんどの電力は放射されます。適切な設計で注意深く作れば、これらの直列等価回路の損失は無視できるか、少なくとも十分小さくすることができ、比較的小さいHFアンテナ構造でも、結果的に高放射効率と良好なアンテナ性能を達成することができます。これは素晴らしいことです！

垂直方向に設置した STL アンテナは、8 の字のドーナツ形放射パターンの最大はループ面上にあって、ヌルはループ面に垂直な方向にあります。垂直方向に設置したループは、大地の面近くでも完全によく機能します。水平に取り付けると、アンテナのパターンは等方で、ヌルは真上と真下にあります。水平方向に設置したループは、かなり大きい地面の損失を避けるために、地面から何波長も高くする必要があります；従って、この設置方向は稀な場合です。

ループの放射抵抗によって流れる電流は、結局、電磁放射に変換される高周波電力になります。伝搬している電波は、それが存在するためには、磁界と電界で成り立っています。STL の場合、強い磁界はループ導体はかなり強い高周波電流を通すことによって発生します。そして、この磁界はその結果、これにともなう電界を空間に発生し、電磁波の本質である E (電界) と H (磁界) の要素を与えることとなります。これが、用語「マグネチック・ループ」アンテナの由来です。

しかし、スモール・ループの放射抵抗は、フルサイズの共振型 1/2 波長ダイポール・アンテナの放射抵抗に比べて極めて小さいので、損失と放射抵抗を好ましい比率にするには、「トリッキー (巧み)」で挑戦的な、実用的なループ設計と自作によってのみ、達することができます。アンテナの放射抵抗によって流れる電流を 2 乗して放射抵抗に掛けると、実際に放射される電力の大きさが定まります。スモール・ループの放射抵抗は比較的低い (数百 mΩ) ので、適度な電力を放射するためには、大電流 (数十 A) が必要です；そこで、アンテナの入力電力の大部分が放射界に変わる高効率を達成するためには、有害な損失抵抗として寄与する源の全てを熱エネルギーとして消費させずに、すべての損失に寄与している源を、放射抵抗に比べて低く保つ必要があるのです。

大きいサイズのスプリット・ステーター (図 1 参照) あるいは同じようなバタフライ型のエア・バリコン、また、できれば真空コンデンサーを利用して、同調コンデンサーを低損失にできます。つぎに、ループ・エレメント用に、直径を最適にした銅パイプを選び、注意深くコンデンサーを溶接または銀鑑で接続して、幅広の銅ベルトで固定するなどして、導体損を調整することができます。送信機 100W のドライブで、数十 A の高周波電流が流れ；特に低い HF 帯のスモール・ループで、無効電力 (VAR) はループ導体と同調コンデンサーに行き来します。

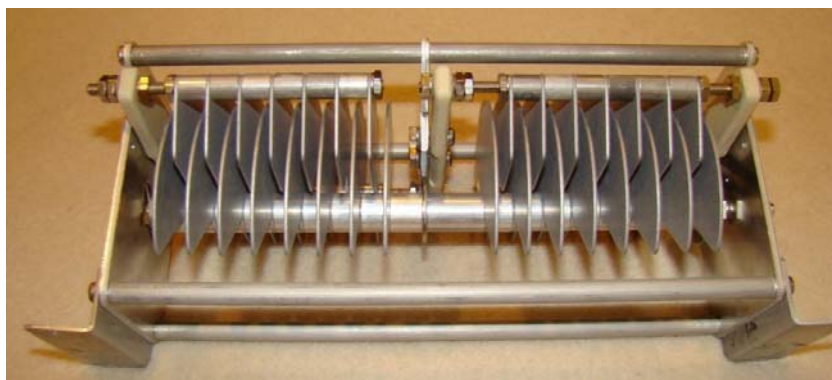


図 1 大きいサイズのスプリット・ステーター エア・バリコン

エア・バリコンの場合、コンデンサーの損失は、ローターと積層のスペーサーに至るステーター・プレートとを溶接することでさらに低下し、その他の接触抵抗が累積しないようにできます。ループの端子に接続する場合、バタフライ構造は巧みに働き、本質的に高周波電流路中にある損失の多い回転接点の問題を解消します。この構成は、ローターのプレートが 2 つのスプリット・ステーター部分の間

でのカップリング（結合）を可変でき、相当量の高周波電流を運ぶ、損失があるローター・ワイパーの接触を使わなくて済みます。固定のステーター・プレート部は直列で高効率なので、総合すると高周波破壊の電圧定格値を2倍にもできます。ループ・アンテナが高Qの共振回路であるという事実から、同調コンデンサーには数kVの高周波電圧が加わり、予防策を講じなければなりません。適切な設置と同調部を適切に選べば、400W PEP以上を扱うことができる送信用のスモール・ループ・アンテナは、たやすく実現できます。旧式の銀メッキされたmil-style（軍様式）のステーターとローターの構成は、アルミによる構成よりも低損失です。これらも、自作できます。



図2 低損失 可変真空コンデンサー

図2と3の写真は、低損失の可変真空コンデンサーです。容量を調整するバーニア付きで、通常36回転かそれ以上でキャパシタンスの範囲を移動し、ループの同調素子として使えば導体損と誘電体損を極めて低くできます。



図3 高kVAの可変真空コンデンサー

(了)