

# 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 2

© Leigh Turner VK5KLT

訳者：小暮裕明 JG1UNE 2013/11/17

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 2 です。

[http://www.ahars.com.au/documents/the\\_underestimated\\_magnetic\\_loop\\_hf\\_antenna\\_vers%201.1.pdf](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。

### 給電と整合：

ループ・アンテナは、外見はシンプルですが、放射パターンや偏波特性は、平衡・不平衡どちらの方法で給電されているかによって複雑です。ループの共振部に給電して整合を取る方法や、ループ・エレメント自体の形状的な要素や釣り合いなどに加え、グラウンド面の配置などは、すべて実験のための「土壌」でしょう。整合方法には、直列コンデンサーやトランス結合のシールドされたファラデー・ループ、ガンマ・マッチ、トロイダル電流トランス (CT) などがあり；それぞれ長所があります。

これらを選ぶのは、実は詰まるところ好みの問題で、ガンマ・マッチもファラデー給電もうまく動作します。しかし、対称面の底部に位置する (同調コンデンサーに向かい合う) ファラデー・シールド・ループや CT で、電氣的に対称なループとなり、良好な FB 比とヌルを持つ放射パターンを備えることができます。さらに、わずかにパターンを非対称にすると、ガンマ・マッチで結果的に有害なコモンモード電流が給電線の外側の網線を流れて、給電線からのスプリアス放射や、受信機が外来のノイズを受けるのを防ぐために、フェライトのデカップリング・バランでチョークとアイソレーションが必要になります。設置する場所によっては、アンテナの対称性と平衡性を乱す、ループ近傍にある導電物にも左右されます。

エレガントでシンプルな、トランス結合のファラデー・ループによる結合法で、 $50\Omega$  の信号源が補助ループに給電されます；この他に、反射されるリアクティブにふるまう成分はないので、結合/整合の部品は必要ありません。(メイン・ループは、共振点では  $R_{rad}$  と  $R_{loss}$  成分が直列で、純抵抗に見える。) メイン・ループの導体は、空間に 1 回巻いた大きな高周波用トランスとして動作し、一方、小さい 1 回巻ループは、同軸ケーブルで給電され、もう一つの巻線として働きます。

この小さいループを見込んだインピーダンスは、一次共振コイルの直径だけで決まります。一般に、ループの直径比が 5:1 で完全な整合が得られ、メイン・ループの同調周波数比でいえば 10:1 あるいはそれ以上の範囲です。主ループと給電用ループの結合回路間で、共振している主ループの高リアクティブな近傍界によって単なるトランス作用が発生し、大変うまく磁束を集めて、小さい方の同調していないループは切り離されます。磁束が集中する度合いは、主ループが同調しているときの Q の関数で、周波数によって変動しますが、言い換えれば、操作範囲の最低周波数で最も高い Q であれば、その範囲の最高周波数では最も低い Q を示します。Q 値のこの変化は、主放射ループの損失抵抗の和で変化し、

周波数に依存します。小さい方のループの効率的な給電インピーダンスは、その直径/領域の比率と、それを切る磁束数によってコントロールできます；従って、小さい方のループを見込んだインピーダンスは、基本的には周波数に依存しません。これは直感的には、給電用ループが最低動作周波数の波長に比べて極めて小さければ非常に高Qなので、それを切る磁束数は大きく、これに反して、共振周波数が高くなって、給電用ループが動作周波数の波長の一部ほどに近づくと、Qが低下するので、磁束の結合は減ります。

上の記述は、概念的な観点から、何が起きているかを想像する助けになり、この給電方式で何が起きているのかわかるでしょう。

純粋なループ・モードと 8 の字パターンの対称形で深いヌルを追究する場合は、完全に平衡なファラデー・トランスを、広帯域インピーダンス整合ループに 5:1 の直径比で結合するのが、給電構造として好ましい選択でしょう。下の図 4 は、ファラデー給電ループの構造を示しています。RG-213 か LDF4-50 を巻いて給電ループを作れば、しっかり取り付けられます。

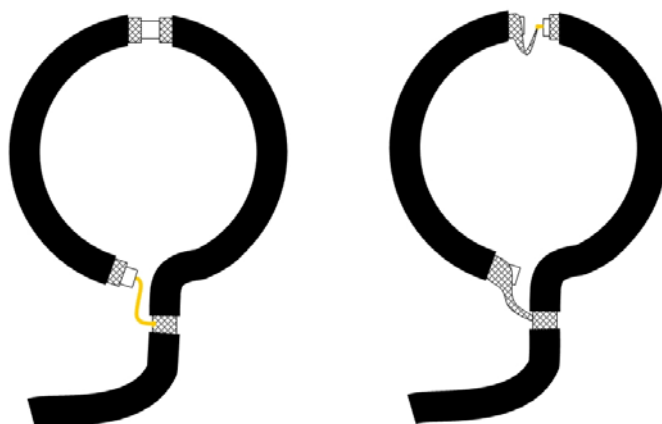


図 4 シールドされたファラデー・ループ 2 案

シールド/ファラデー・ループのもう一つのバリエーションは、下の図 5 に示す、よりシンプルな、シールドなしのループです。ループは、上部の同調コンデンサーとは反対の底部の中央に置き、同軸ケーブル外導体は、主ループの中央のニュートラル点で接続するという選択肢もあります。

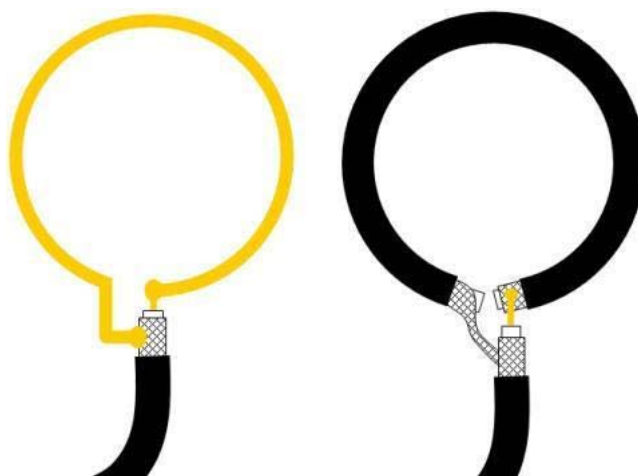


図 5 シールドされていない結合用ループ

ループのバランスは、近傍の電界が伝えるノイズを受け入れないようにするために重要です；一方、

スモール・ループは主に H-field (磁界) を検出しやすいので、電氣的にバランスが悪いと望ましくないコモンモード電流が給電線に流れ、放射パターンがゆがみ、E-field (電界) の感度を悪くします。このような、外導体外側の電流は、図 6 に示すフェライトコア・バランのコモンモード・チョークで、理論的には簡単に取り除くことができます。

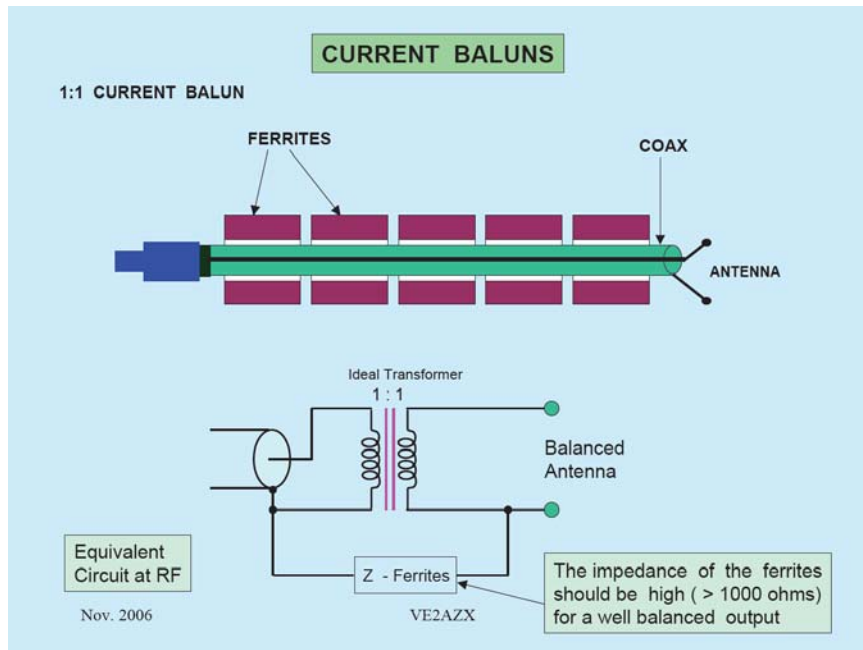


図 6 コモンモード電流チョーク/バラン



図 7 複数巻き高電力コモンモードチョークバラン



図 8 シンプルなコモンモード・チョークの構造

ここに示した様々な同軸バラン・チョークの構造は、Amidon 製か同等のフェライト mix 43 ( $\mu = 850$ )

または mix 61 で、コアをスタックにして、ループの接続点に近い同軸給電線の場所に付けます。



図9 コモンモード・チョークの別の構造

ガンマ・マッチによる方法を下の図10に示します。これは基本的には、同軸の外導体がループ中央のニュートラル点に接続されているタップ付きオートトランスで、内導体は調整できるガンマ・チューブを経由して、ループ導体の電圧と電流比が  $50\Omega$  に整合する点に接続されています。この配列にすると、本来的にループがアンバランスで非対称なので、放射パターンがわずかにゆがみ、ガンマ・マッチによる給電は、結果としてファラデー・ループによる整合や電流トランスによる給電とのトレードオフになります。

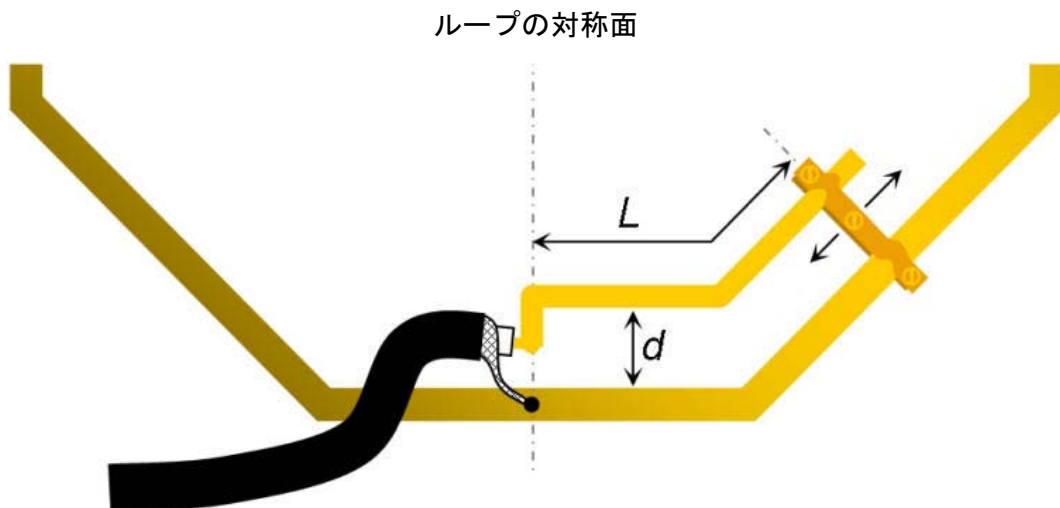


図10 非対称のガンマ・マッチ

上図の構造のパラメータとスライドするショート（短絡）ストラップは、ループの共振点で、実際に移動させながら VSWR が 1:1 になるようにします。

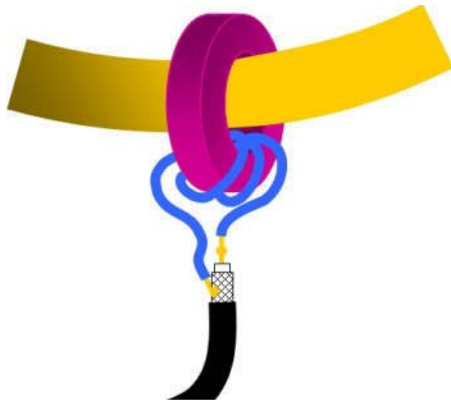


図 11 ガンマ給電の実装技法

電流トランスを配置するときには、もちろんループの放射抵抗と全損失抵抗の和を、 $50\Omega$  給電同軸ケーブルと整合させなければなりません。ループの寸法や操作周波数によっては、ループ自体の給電点インピーダンスは  $50$  から  $100$  ミリ $\Omega$  くらいと低く、従ってインピーダンス・トランスの比率はおおよそ  $1000$  から  $500$  になり、巻き数比  $N$  は  $30:1$  から  $22:1$  にする必要があります。ここで比率が「 $1$ 」というのは、単にループ・チューブ導体がトロイダル・コアの中央窓（口）を通り抜ける場合です。

Amidon FT-140-43 (23ID=mm), FT-240-43 (35ID=mm) などのフェライト・トロイダルコアは、下の図 12（次ページ）に示すように、同調コンデンサーと正反対にあるループ導体にぴったり付けます。複数回巻きは、適当な巻き数で  $50\Omega$  給電線に整合が取れます。ループ導体は、それ自体が効率的な単巻きの二次側巻線です。正しく操作するには、二次側のリアクタンスが給電線インピーダンスの  $2$  倍以上になるように、確実にコアの透磁率  $\mu$  を十分高くし、その上、コアの材質は動作周波数で低ヒステリシス損失のものにします。フェライト mix 43 は比透磁率が  $850$  で、この要件を満たします。このシンプルな給電方法は、 $1.5\text{mm}^2$  PVC被覆銅線で巻き、二次巻きに均等に分配されれば、 $100$  から  $200\text{W}$  のドライブ・レベルで、大変良く動作します。

1: N 比 CT



1:1 給電

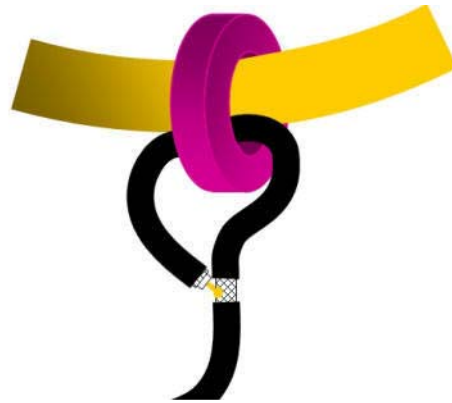


図 12 トランス結合の理論的かつ実用的な実現方法

図 12 の右上に示す、興味深いバリエーションの一つは、給電同軸ケーブルを 1 回巻いてトロイダル・コアを通して、1:1 のトランスを構成しています。これは、効率的に 50Ω インピーダンスの同軸ケーブルを、ループの極めて低いインピーダンスの一部に直列に配置しており、その結果、いくらか不整合による損失があります。一方、より緻密な N 巻きの CT 技法は、よりよい結果をもたらします。

(了)