



電界&磁界アンテナによって水平偏波の
FM放送波の到来方向を探る!

電波方向探知器の実験

漆谷 正義

Masayoshi Urushidani

はじめに

電波の到来方向を探知するのに、ホイップ・アンテナとループ・アンテナを組み合わせた方法があります。GPSナビがなかった当時、船舶や航空機の電波航法の一つとして、中波ラジオ放送局や中波ラジオ・ビーコン局の位置を頼りにする方法がありました。港に行くと、現在でも直径数十cmのループとホイップを組み合わせた方探アンテナを装備した船舶を見かけます。また、1960年代に入ると米陸軍などの兵士が前線から基地へ帰投するために、携帯型方向探知用アンテナを使うようになりました。これはVHF帯を使ったもので、中波帯と同様に垂直偏波の発信源の位置を探るものでした。

本稿では、動作原理を学ぶため、方向探知器を試作・実験していただきました。この方式の対象としては中波ラジオ送信所が一般的ですが、ここではFM放送局の方向探知に挑戦していただきました。当初、FM局の多くが水平偏波であることを失念していて、筆者の漆谷さんにはお手数をおかけしてしまいました。しかし、本稿でご紹介いただくように、この方式によって水平偏波でも電波の到来方向を探知することができることがわかりました。

〈編集者〉

*

本稿では、電波の性質を利用した簡単な方向探知器を製作します。FM送信所やTV局を探して、フォックス・ハンティング(電波の発信源を狐に見立てて探す遊び)をして見るのも面白いでしょう。

なお、今回の製作は当初想定していたほど簡単ではなく、種々の検討・変更・改善が必要でした。そこで失敗談を交えつつ、検討経過に沿って紹介しましょう。

電波に関する予備知識

■ 水平偏波と垂直偏波

最初に、本製作に必要な最小限の予備知識について

触れます。電磁波は、前々世紀にマックスウェルが明らかにしたように、電界と磁界が互いに直交して光の速度で伝搬して行く横波です。図1にこのようすを模式的に示します。

図(a)のように電界が地面に平行に伝搬するものを「水平偏波」、図(b)のように電界が地面に垂直に伝搬するものを「垂直偏波」と呼んでいます。この二つが回転しながら伝搬する「円偏波」や「楕円偏波」もあります。

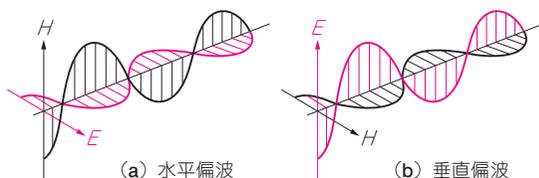
さて、FM放送の周波数は76～90 MHzのVHF帯です。そして大半のFM送信所のアンテナは水平偏波です。

■ 電界アンテナと磁界アンテナ

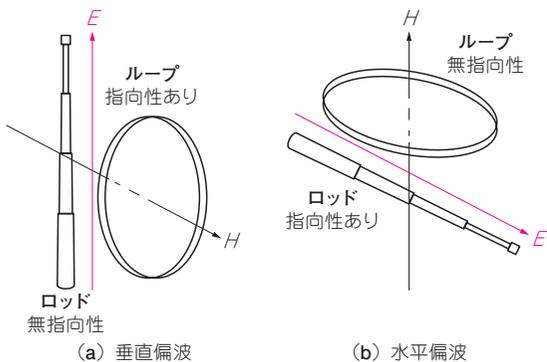
アンテナには、電波の電界成分を検出する「電界アンテナ」と、磁界成分を検出する「磁界アンテナ」があります。前者の代表例がダイポール・アンテナで、ロッド・アンテナもこの仲間です。後者の代表例がループ・アンテナであり、AMラジオに使われているバー・アンテナがこの仲間です。

ダイポールのような電界アンテナは、たいていの教科書に載っており、種々のアンテナの原型でもあります。一方、磁界アンテナはAMラジオのバー・アンテナ以外に見かけることはほとんどありませんし、解説記事も多くはありません。

電界アンテナの原理は、図2のように、電界方向に電線(ロッド)を張ると、電荷が誘起され、高周波の交流電圧として取り出すことができるというものです。また、ループ面に垂直に磁界の変化があると電磁誘導によりループに電流が流れます。これが磁界アンテナの原理です。ループ面を貫く磁束が多いほど誘起され



〈図1〉 水平偏波と垂直偏波



〈図2〉電界アンテナと磁界アンテナ

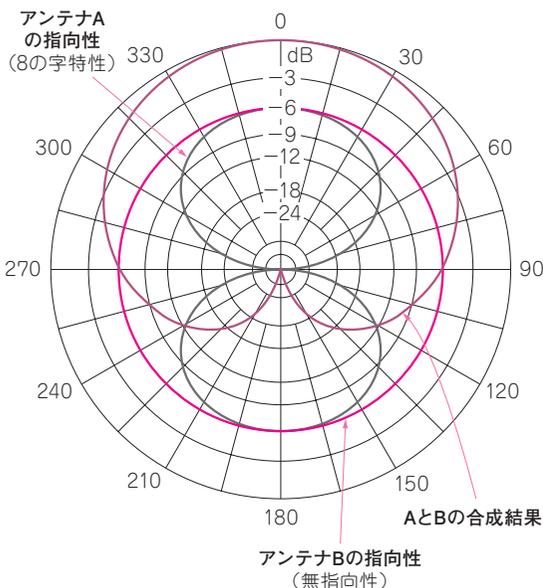
る電圧は大きくなります。

このように垂直偏波と水平偏波では、各々のアンテナの指向性パターンが入れ替わります。

製作した方向探知器の動作原理

■ 電界アンテナと磁界アンテナの特性を組み合わせるとカージオイド特性を得る

図2(a)において、ロッド・アンテナは無指向性で、ループ・アンテナに指向性があります。このようすを図3に示します。今、指向性のある方をA、無指向性の方をBとします。アンテナAの指向性は「8の字」のように、電波の到来方向(0°)とその逆方向(180°)で最大、直角方向(90°と270°)で最小となります。一方、



〈図3〉電界アンテナと磁界アンテナの出力を加算したときの指向性

アンテナBは指向性がないので、どの方向でも同じ値となります。

アンテナAの8の字特性は、上と下で重要な違いがあります。それは、アンテナ出力の位相がお互いに180°異なるということです。これは図2において、ループまたはロッドを180°回すと磁束の方向、または電界の方向が逆になるからです。

そこで、アンテナAとアンテナBの出力を加算すると、電波の到来方向で最大、逆方向で最小になるようなハート形(カージオイド曲線)の指向性となります。

この関係は、図2の(a)と(b)で本質的に同じです。違うのは、電界アンテナと磁界アンテナの役割が入れ替わることだけです。

■ 水平偏波に対応したアンテナ構成にする

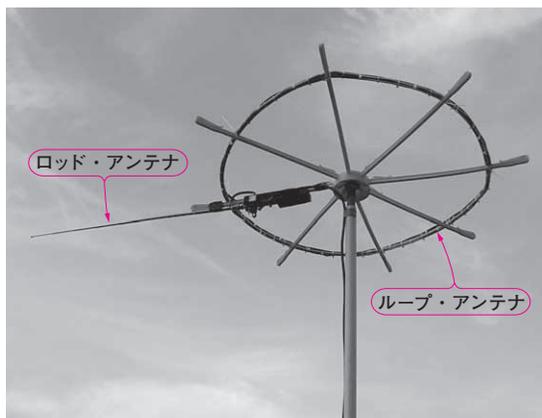
前に述べたとおり、FM放送のほとんどが水平偏波で送信されています。そこで図2(b)のようなスタイルで二つのアンテナを組み合わせることになります。つまり、ロッド・アンテナとループ・アンテナを地面に水平に配置します。写真1が製作したアンテナです。

図4は、電界アンテナと磁界アンテナの結合方法の一例です。

まず、磁界を検出するループ・アンテナは、電界成分が入って来ないように、全体を静電シールドする必要があります。「ファラデー・シールド」とも呼ばれます。図(a)は1次側にコンデンサを入れて同調させています。図(b)は2次側で同調を取っています。

磁界アンテナとは別にロッド・アンテナを設けて電界成分を検出します。センス・アンテナともいいます。この二つの成分を混合するわけですが、ここで二つのアンテナ信号の位相を一致させる必要があります。

ここで注意することは、磁気ループ・アンテナの信号位相は、電磁誘導の原理から、電界アンテナと90°



〈写真1〉水平偏波に対応した方向探知アンテナの実験(ロッド・アンテナでは期待した指向性が得られなかった)