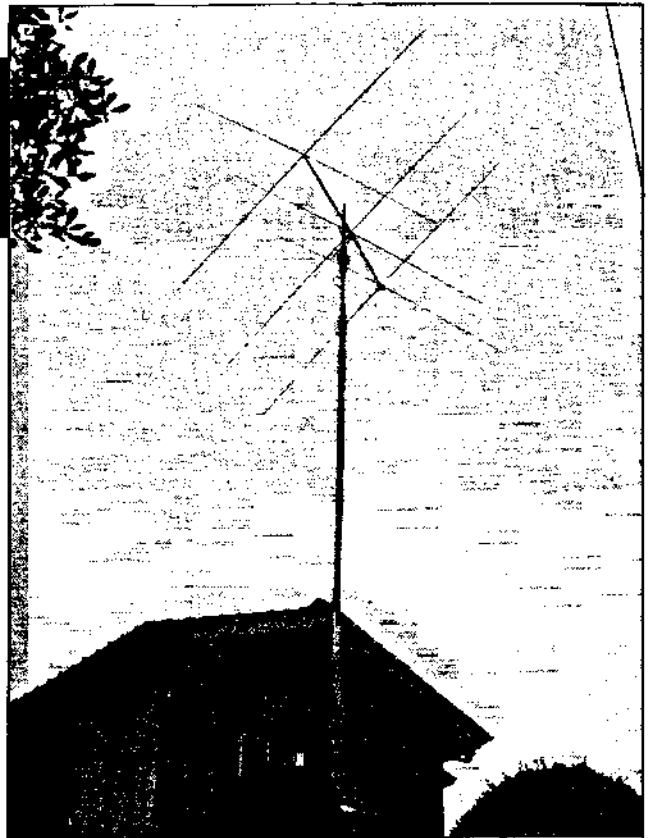


# HF帯 円偏波アンテナの効果を解明

## 28MHz帯 円偏波アンテナの実験

JG1LDV 白子 悟朗



### 1. まえがき

円偏波アンテナでの送受信は、電波の乱反射、屈折、回折などによる偏波面の乱れが原因となることが知られており、信号の強弱の幅を軽減することに役立っています。特に近頃では宇宙通信、移動体通信には不可欠なアンテナのタイプの一つになっています。

当局はこの5、6年、28MHz帯で固定局、モービル局<sup>1)</sup>、最近ではウォーキングハム(QRP 1W)局を運用して多くの国内、海外の各局とのQSOを楽しんでいます。このバンドでの

円偏波アンテナの利用に興味をもち、いくつかの実験を経て、対モービル用、オースカー通信用、Es、スカットD X通信用にと平均的に良好な結果が得られましたので、3エレメントクロス八木アンテナの実験結果を中心に、その成果を紹介します。

### 2. 実験の着眼点と移り変わり

#### (1) 着眼点

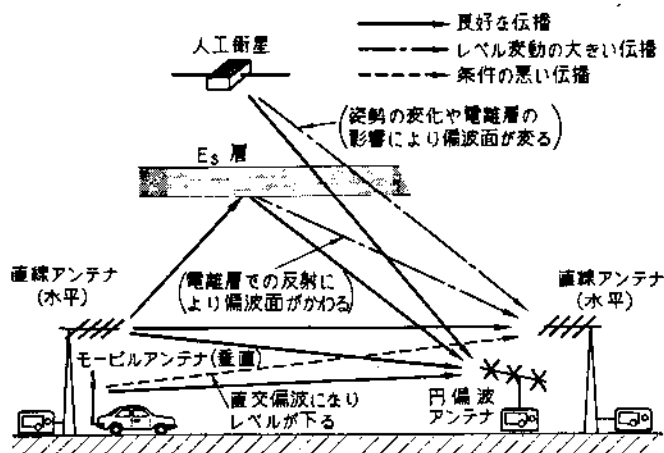
円偏波アンテナの利点は、普通次のようにいわれています。

- ・偏波面の乱れた信号に対して良い。
- ・水平、垂直いずれのアンテナに対して同等の交信ができる。

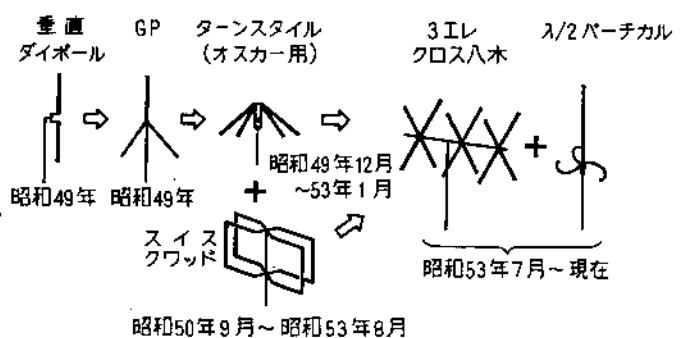
・マルチパスによる干渉が少ない。  
このようすを概念的に第1図に示します。

そこで、これらの効果を段階を追って体験するために、人工衛星を用いた通信実験からはじめました。ちょうどアマチュア無線家が使用できるオースカー衛星は28MHz帯、144MHz帯、430MHz帯をバンドプランとしていますので、これらの電波を使用することにより長期的かつ、ある程度定量的なデータを取得できると考えたからです。これで円偏波アンテナを体験したあ

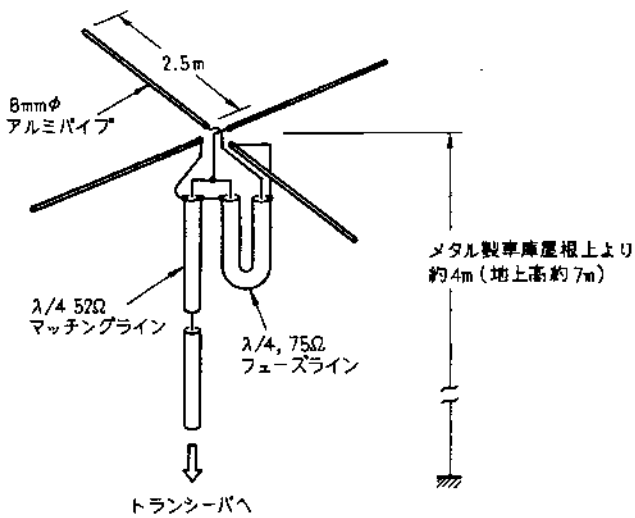
第1図 各種電波に対する円偏波アンテナの効用



第2図 筆者の固定用28MHz帯アンテナ実験の移り変わり



(注記：モービル局の開局は昭和50年4月<sup>(1)</sup>)



第3図 10m用ターンスタイルアンテナの概略図

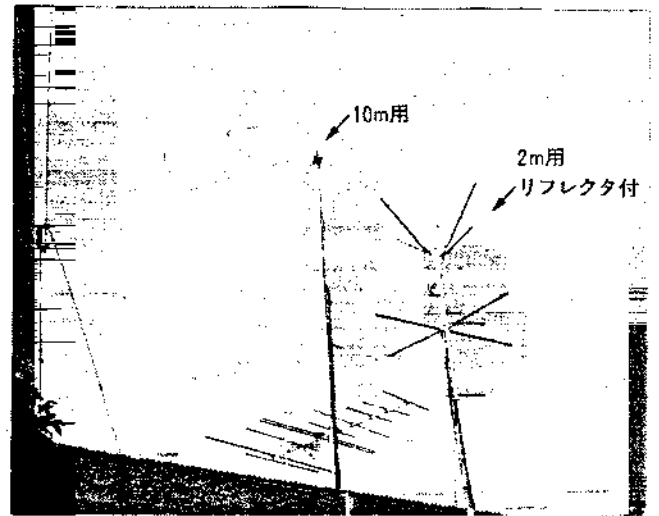


写真1 ターンスタイルアンテナ

と本格的なビームアンテナを作ることになりました。第2図は各バンドでの数多くのアンテナ実験から28MHz帯のアンテナ実験の移り変りを示したものです。

(2) オスカー通信での円偏波アンテナの実験

オスカー衛星からの電波は衛星自身のスピンのため、2~3分間くらいの周期性フェージングがあります。このフェージングは偏波面の変化によるものが大勢をしめ、これを少なくするためには円偏波のアンテナを使う<sup>(2)</sup>ことが最適です。

オスカー用の円偏波アンテナの実験は天頂向きのターンスタイルアンテナで行いました。写真1にその外観をしめします。実験データは29MHz帯の衛星からのテレメトリ・ビーコン波を受信し、同時に水平ダイポールでの受信レベルとの比較を行いました。数多くのデータからの一例を第4図に示し

ます。水平ダイポール(約5m高)での受信レベルが衛星のスピンのによって大きなフェージングをともなっているのに対し、ターンスタイルアンテナによる円偏波受信では非常にスムーズな受信ができており、円偏波アンテナの効果が明らかです。同様な実験を145MHz帯のテレメトリ・ビーコン波を用いても行い相互の取得データの吟味から、また、この間、水平系ビームアンテナのスィスクワッドを使用したり、モバイル移動局を運用した総合的見地から28MHz帯における固定局間、移動局相手のQSOに円偏波の利用が効果ありとの見通しがつきましたので、いよいよ円偏波ビームアンテナの製作にふみきました。

3.3 エLEMENT・クロス八木アンテナの実験

(1) クロス八木アンテナの円偏波給電

円偏波のアンテナは理想的には“ヘリカル”で実現できればよいのですが、

28MHz帯ではヘリカルの直径が大略3mにもなるので実用的ではありません。

そこで2組の八木アンテナを直交させ、相互に90°の位相差をつけて給電し、偏波を回転させて円偏波を得る方法を採用しました。この方法での円偏波の代表的な作り方は第5図に示す各種が知られていますが作りやすさ、調整のしやすさ、小形・軽量面から(a)のフェーズライン法<sup>(3)</sup>を実験しました。

(2) 3 ELEMENT・クロス八木アンテナの構成

3 ELEMENT・クロス八木といってもELEMENT数は6 ELEMENTあり、構造的にはビークアンテナの部類に入りますので、製作にあたっては安全性

オスカー電波受信特性の一例

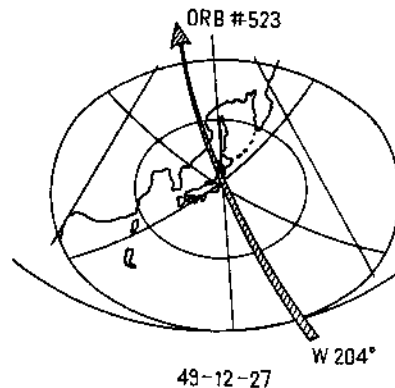
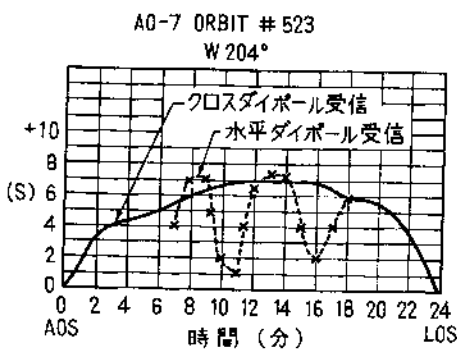
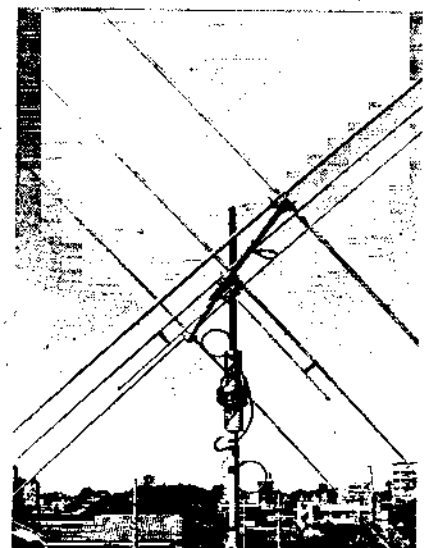
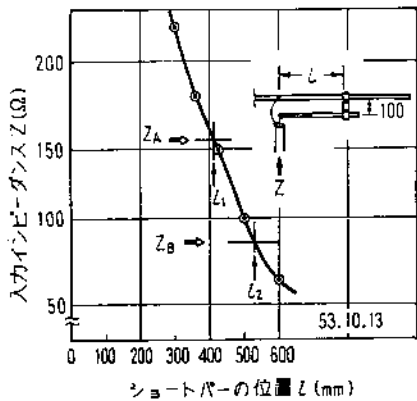


写真2 アンテナのクローズアップ





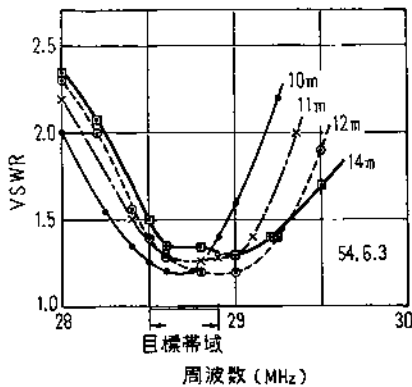
第8図 ガンマ・マッチングのインピーダンス特性

ロケーションを含めた総合的な結果ですので、同様な実験をしても再現の度合はかわるものの、傾向としては妥当なものと思われるかと考えています。

② ビーム・パターン

アンテナの性能はなんといってもビーム・パターンで評価されます。送信目的には効率がよく利得が大きいこと、受信用には受信機の感度がよくなればなる程、周囲からの雑音、目的外方向からの干渉波を極力ひろわないなどのために、利得があると同時にサイドローブの小さいことが要求されます。

本円偏波アンテナには上記の要求に加えて偏波指向性の良否が問題にされます。この偏波指向性(電波の偏り)を測定するには、直線指向性をもつビー



第9図 VSWR特性

ムアンテナをブームの軸回りに回転させて電波の強さを読みとれなくてはなりません。このような回転直線偏波アンテナを設備するアマチュア無線局は皆無といって良いぐらいですが、幸いなことにローカルのJA1PKKが、使用中のダイポールアンテナをわざわざ軸回転させてくださって予備実験をすることができたばかりでなく、28MHz帯モービル運用でアクティブなJI1DTFが仰角可変装置で4エレメント八木アンテナを軸回転させてくださるといふ協力にめぐまれ、念願のこの周波数帯では例のない偏波指向性を測定することができました。

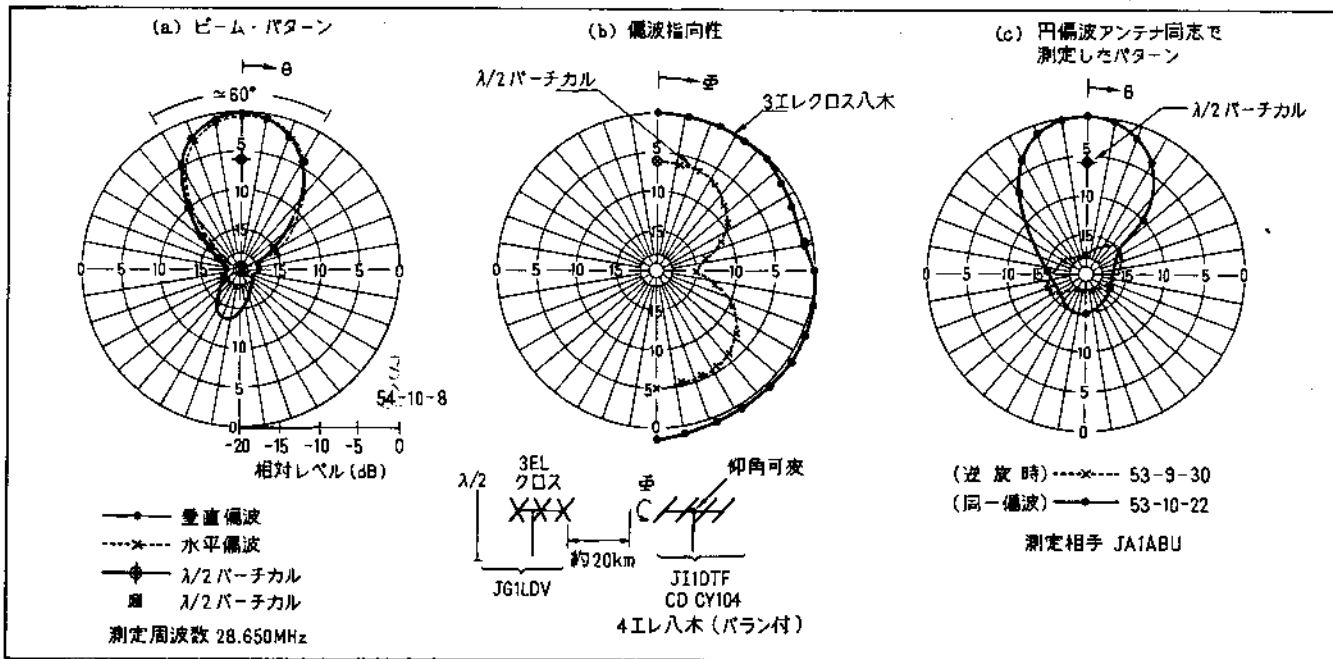
第10図は本アンテナの諸ビーム・パターンを示します。(a)図は水平面内バ

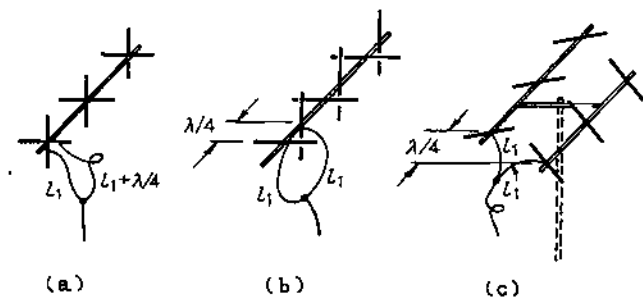
ターンですが水平・垂直の両偏波に対してほぼ一致した適正な特性が得られています。図中にはクロス八木アンテナの近くに設置したλ/2バーチカルでの測定値をプロットしましたが、これとの比較値からも満足できる利得が得られていることがわかります。(b)図は前述の方法で測定した偏波指向性です。この図には同時に測定したλ/2バーチカルのデータもプロットしてありますので、両者の対応から明らかのように、驚異といって過言でないぐらい素晴らしいデータが得られています。

バーチカルアンテナの場合は偏波が直交するΦ=90度の付近では、すどい落ちこみが理論通り表われており、測定伝播路中での偏波の乱れが非常に少ないことを証明しています。このような条件下で測定したクロス八木の円偏波率は、2dB以内とVHF~UHF帯のアンテナでも最上級にあげられるほどの良い結果です。

(c)図には円偏波アンテナを使用する場合の注意を喚起するデータを示します。このデータは円偏波同志のアンテナでQSOする場合、もし円偏波の回転方向が異なったらどうなるかを明らかにしています。この実験は当局より若干おくれでメーカー製の4エレメントクロス八木アンテナを使用したJA1A

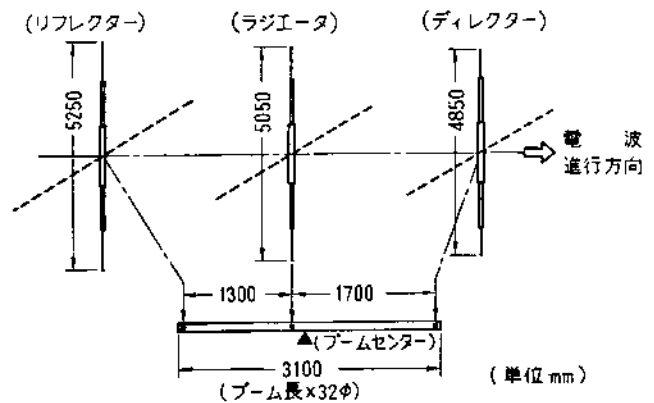
3エレメント クロス八木アンテナのビームパターン





(a) フェーズライン法  
(b) 交差エレメントの  $\lambda/4$  配置法  
(c)  $\lambda/4$  ずらしたスタック配置法

第5図 八木系アンテナの円偏波給電の方法例



第6図 3エレメント八木アンテナの構造、寸法 (単位 mm)

を第一に、一人でも組立、調整ができるよう極力、小形・軽量になるよう各部の諸元を決め、材料の再利用、工夫も行いました。

写真2、第6図に完成した外観、構造・寸法をしめします。一見して明らかのようにアンテナとしてはナローズペース・タイプですが、上記製作方針と立地条件の制約から妥協したものです。このアンテナは写真3のようにペリスコープ型クランクアップタワー(WILSON TT-45、給電点高さ9m~13m可変)に装着し、巻き上げ機構には上下操作時以外は安全カバーをつけました(写真4参照)。また、アンテナ強度を維持するために必要以上の肉厚をもち、重量のある構造にするよりも、適正な材料を使用した上で特にパイプの接続部分に十分な配慮をした方が、丈夫で軽いものが実現できます。一般に強風に対する強度対策はするものの、微風におい

ても意外な共振がエレメント、ブームに発生して、長い間には主に接続点に金属疲労が出て、これが強風で折れるといったケースがあります。本アンテナでは接続点の組立ては、セルフタッピングネジを数多く使用してガタの要因が出ないように注意しました。使用したネジの総数は100本をこえました。

第7図に給電部分の詳細を示します。フェーズラインの構成は幾通りかありますが、本実験は構造的に一番簡単なものとししました。

### (3) 調整およびデータ

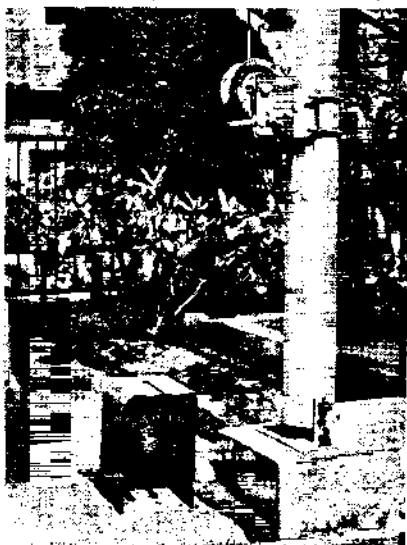
測定器は特別なものを使用せず、ディップメータ、アンテナインピーダンスメータ、VSWRメータ、トランシーバの範囲で、エレメントの共振、VSWRの調整は長期間、根気よく行いました。この作業にはアンテナの小形・軽量化、クランクアップタワーの採用が役立ちました。

#### ① インピーダンス調整の要点

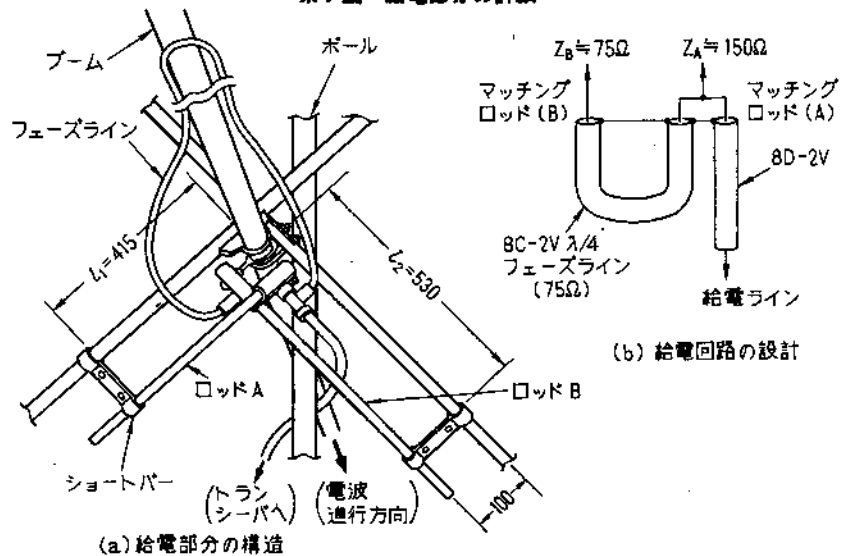
2組の八木アンテナを第7図(b)のように励振しますので、ガンママッチのショートスタブの位置はロッド(A)、(B)で異なることになります。第8図は一つのマッチング部を使用して、ショートスタブの位置をかえて入力インピーダンスを測定したものです。総合調整をやる前のショートスタブの位置の目安を出すためにも、ぜひ測定しておきたいデータです。本アンテナの最終調整後の位置を図中にプロットしてみましたが、大略適正な位置にあることがわかります。

第9図は完成した時のVSWR特性です。データはアンテナの高さを変えて取得しましたので、VSWRや帯域特性の変化がよくわかります。調整をだいたい10mのところで行いましたので、高くなると中心周波数が高い方に移行し、かつ複雑な変化をしますが、実際の運用には支障ない範囲と思われれます。これらのデータは周囲の

写真3 クランクアップ巻上機構と安全カバー(地面においてある部分)

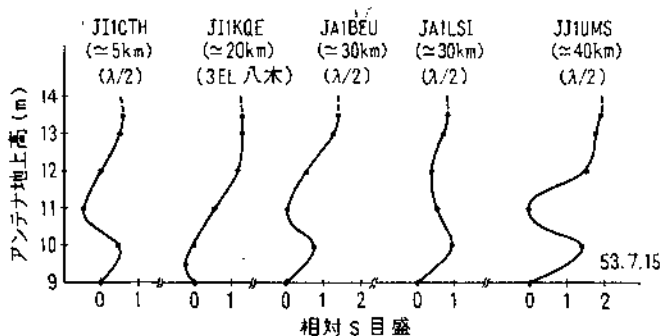


第7図 給電部分の詳細

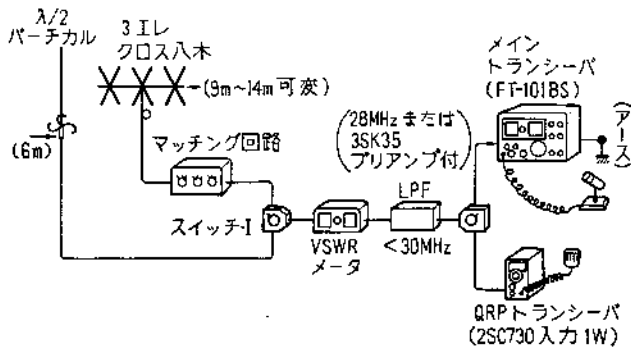


(a) 給電部分の構造

(b) 給電回路の設計



第11図 アンテナの高さと各地点での受信レベル変化



第12図 JG1LDVシャックの10メーター運用の構成

B Uとの間で行ったもので、図中に示すように偏波の回転方向が逆になりますと、15dB以上の偏波損失がおき、大変悪い組み合わせとなります。今後、円偏波系のアンテナが広く用いられる場合を考えると、偏波の旋回方向は約束ごととして決めておくべきと考えます。

③ アンテナの高さについて

アンテナの高さはアンテナの性能に意外な影響を与えます。第9図で紹介したように、VSWRが10mをこえた高さでも複雑に変化しましたが、第11図は距離、アンテナ形式の異なる各局とJH1QIBの協力を得て行ったアンテナの高さと受信レベルの変化の実験結果です。周囲のロケーションの差異はあるものの一様の傾向として、このバンドでのアンテナの高さは13m以上は必要のようです。アンテナの高さは意外な結果をひきだすこともありますので、アンテナの上げ下げが可能な局はぜひ試してみてください。

以上、3エレメントクロス八木アンテナの実験結果の概要を紹介してきましたが、これらの取得データからアンテナの諸性能をまとめてみると次のようになり、実用性のあるHF帯円偏波アンテナが実現できたといえましょう。

- ・利 得(a) 8dBI以上 注dBI：絶対利得、(λ/2アンテナとの実測比から)
- (b) 10dBI以上 (半値角からの計算による)
- ・F/B比(a) 14dB以上 (垂直偏波に対し)
- (b) 18dB以上 (水平偏波に対し)
- ・F/S比 18dB以上 (両偏波に対し)

- ・円偏波率 2dB以内
- ・偏 波 左旋円偏波
- ・VSWR 1.5以下(50Ω, 28.3~29.3 MHz)

4. 運用の成果

当局が運用中のシャックの構成は第12図、写真5の通りで、最近ではQRP 1Wの設備変更もでき、28MHz帯のとりこになっているところです。

3エレメントクロス八木アンテナを使用しだして、1年半を経過しましたが全般的な感觸として耳が良くなったといえます。特にQSBの幅が小さくなったことから平均的にQRKが上がり、グラウンドウェーブによるモービル局とのQSOの距離範囲が一段と広がりました。しかし、ノイズが多い時には、単一偏波の場合に比らべひろいこみ量がふえることとなりますので、受信機のノイズブランカ特性の改善が必要になりましたが、円偏波アンテナの効用は実感としても十分ありました。

第13図は本アンテナの運用効果を定量的に示すデータの一つで、28MHz帯ビーコンとして貴重な存在であるW6IRTビーコン波(4)を受信した結果です。受信レベルの強さはアンテナ形式、立地条件(高さ、場所)が異なりますので評価の対象にはなりませんが、レベルの幅に注意すると円偏波アンテナのメリットがはっきりします。

DXからの電波も偏波性QSBが多いことも理解できます。また、ロングパスによるエコーのかかった電波に対しても、単一偏波で受信した場合よりもQRKが上がる感じがします。もちろんEs、スキヤックが発生した場合に

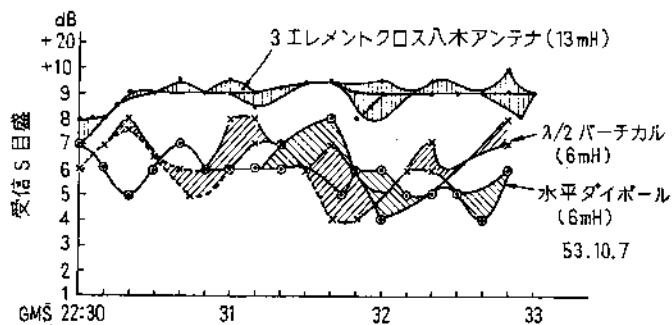


写真5 筆者シャック全容

は、何らこれ以上注文をつけることはありません。

第14図は当局を中心にしたGW-QSO実績の一例を示しました。

当局のロケーションは都内の南西部で、海拔約30mあるものの周囲は住宅地も、最近では3~10階クラスの建物が増えてきており、かならずしもよい立地条件とはいえません。また、アンテナの高さも最大13m強という程度ですので、数多くのアマチュア無線局の平均的レベルにやっとといったところでしょう。しかし、3エレクロス八木アンテナを使用しだしてから偏波面の相違による損失(直交偏波になるとSレベルで3~5くらい)をまったく意識することがなくなり、水平系の多い固定局に対しても、垂直系のモービル局に対しても予想以上の遠距離QSOができるようになりました。その範囲はモービル局相手では半径50kmはQRK5で、モービル側のロケーションがよければ100km以上も走行中のQSOができること



第13図 各種アンテナによるW6IRT10メータービーコンの受信比較

があります。また、固定局同志のQSOでは関東一円のお福島、新潟、長野、静岡も若干コンディションにも左右されますが、GW-QSOの範囲となりました。

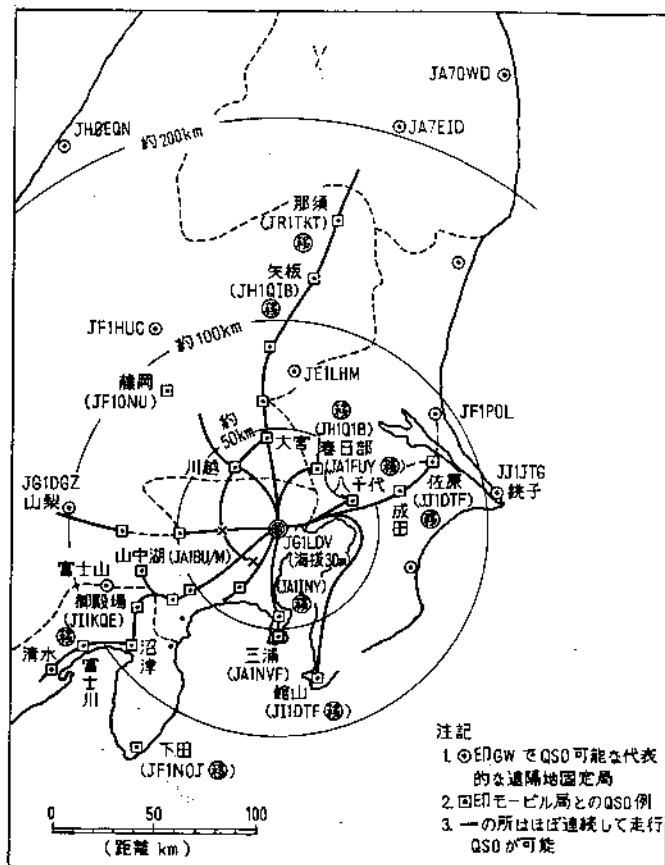
モバイル局も運用している体験から、本誌で発表<sup>(1)</sup>した“モバイルアンテナ実験”でも述べましたように、固定局が具備するアンテナ要件をこのアンテナは十分満足してくれています。一つのおよい例としては、当局は最近QRP 1W(入力)も運用(54年7月設備変更済)していますが、コンディション、タイミングなどはいえ数か月の間で限られた時間の運用で、AJDをWKDし、DXとのQSOもW、U、(ヨーロッパ地域も含む)、VK、の数10局と行っており、やはりアンテナの効用によるものと考えています。

以上、運用成果の一端を紹介し、また、かなり独断的な本アンテナの評価をしましたが、もちろん当局より立地条件が良かったり、(地形、アンテナ高さ)単一偏波アンテナで利得、効率の良いビックアンテナを使用しておられる局

はいくらでもあり、すばらしいQSOの成果を上げています。

本実験報告は単にアンテナの優劣を決めるためにまとめたものでなく、HF帯で円偏波アンテナの効果かどのように得られるかを目的にしたもので、その点では読者の皆様には一通りのご理解はいただけると幸いです。

最後になりましたが、円偏波アンテナの使用上の注意として第10図(c)のデータの説明でふれました偏波の回転方向の統一に心がける必要があることを再度述べます。これは円偏波アンテナの使用者が増え、円偏波アンテナ同志



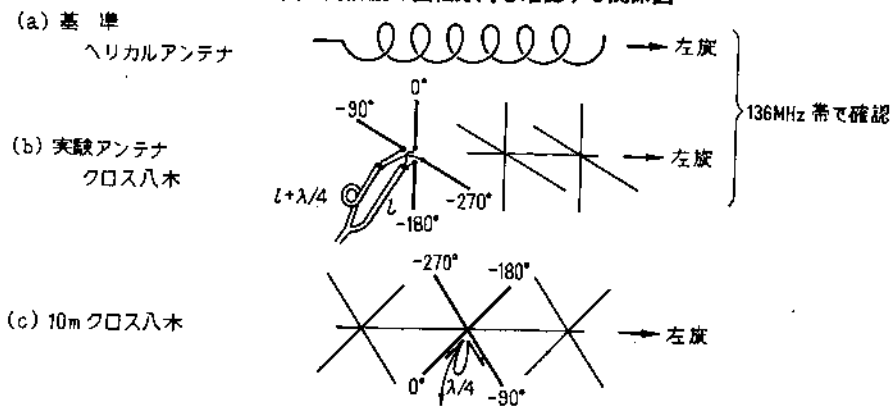
第14図 → JGILDVを中心としたGW-QSO実績の一例

のQSOが行なわれる場合のことです。

偏波の回転方向を右、左に任意に切替える構成をくむことはできますが、そこまで準備することはないと思います。当局の偏波の回転方向は現在左旋にしてありますが、その確認は136MHz帯のヘリカルアンテナを使用した実験結果から構造的に置換したものです。第15図に関係図を示します。

本レポートを終るにあたり、本文で紹介させていただいた実験協力の各局、3エレ・クロス八木アンテナの製作のきっかけをつくってくださったJA8NHR OMにお礼を申し上げます。

第15図 円偏波の回転方向を確認する関係図



参考資料

- (1)本誌59年1月号 小野、白子 “28MHz帯モバイル用アンテナの実験と体験”
- (2)CQham radio 51年白子 “人工衛星電波の特性と受信について”
- (3)73Magazine oct '61 “Dobule Diversity Beam ANT”
- (4)本誌59年8月号 白子 “W6IRTビーコン局”