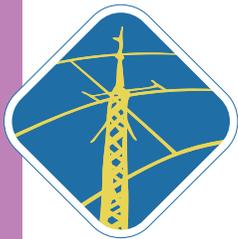


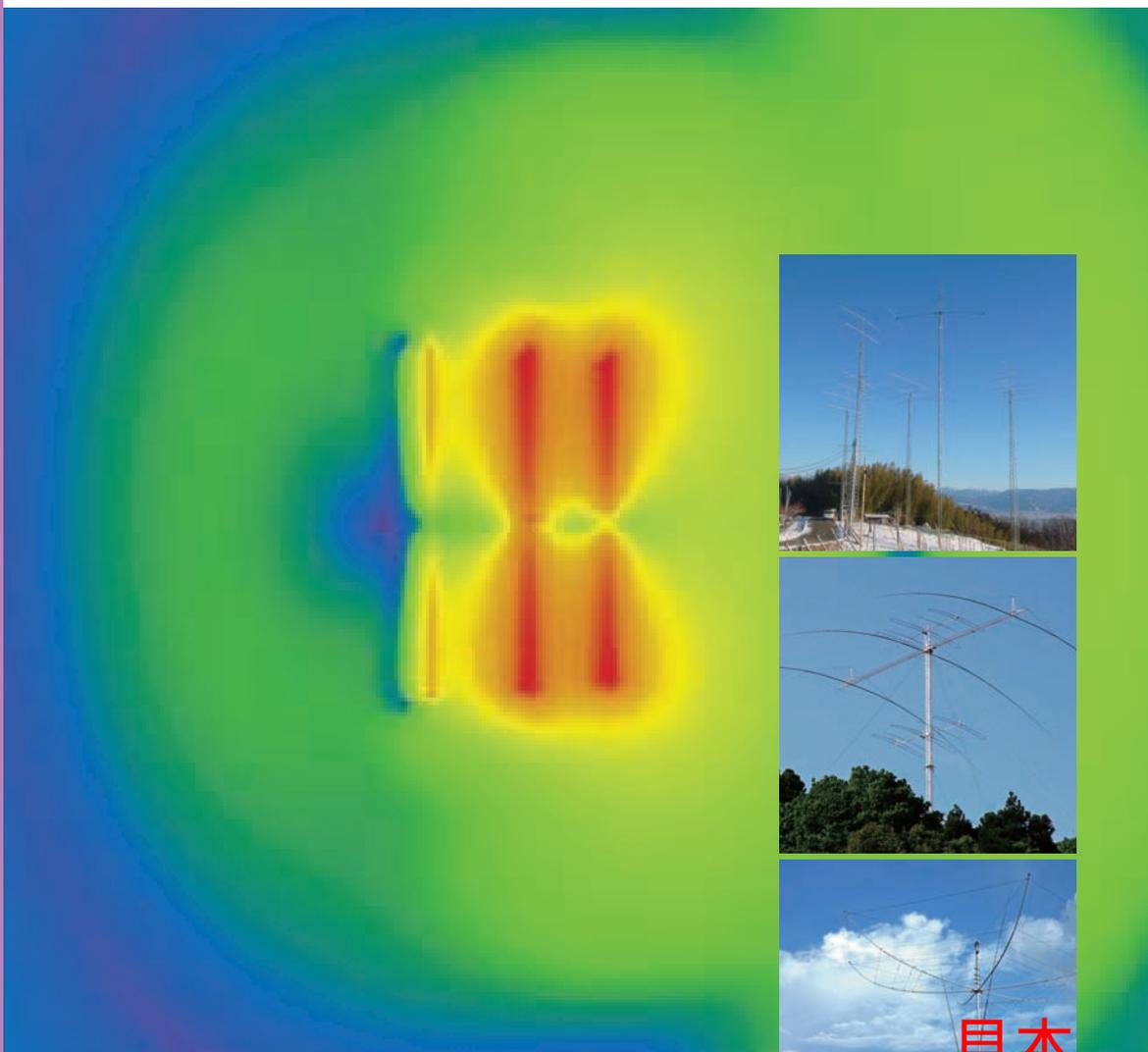
アンテナ・ハンドブック
シリーズ



アマチュア無線の ビーム・アンテナ

仕組みと技術を解説

JG1UNE 小暮 裕明 [共著]
JE1WTR 小暮 芳江



見本

CQ出版社

ANTENNA HANDBOOK SERIES

カラー
でわかる

ビーム・アンテナ

THE WORLD OF "BEAM ANTENNAS"

の世界

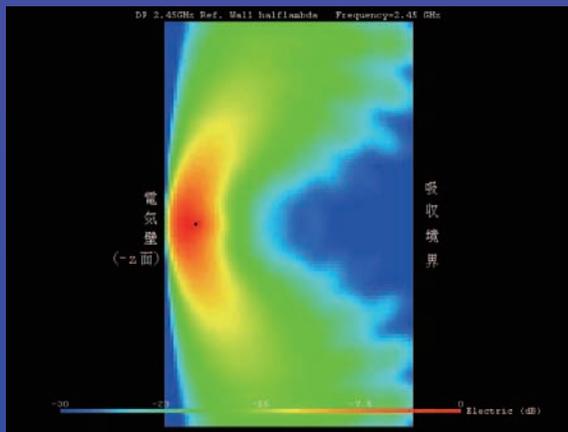
本書では、電磁界シミュレータで得た多くのグラフィックスで、ビーム・アンテナの世界を旅しています(このカラー・ページで、各章をブラウズできます)。

第1章

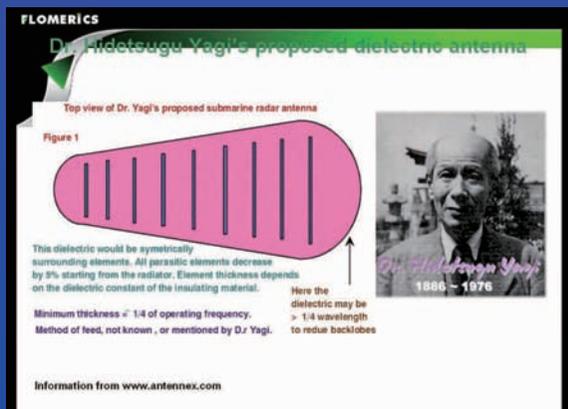
イタリアのマルコーニは、無線通信の商用化に成功しました。相手局が増えるとビーム・アンテナが必要になりましたが、当初は長波が使われていたため、高利得のビームは、八木・宇田アンテナの発明を待たなければなりませんでした。



ヘルツが作った放物線反射板付きのアンテナ
(ドイツ博物館で筆者ら撮影)



アンテナの後方 $\frac{1}{2}$ 波長(6.2cm)に金属壁がある場合の電界分布(実効値表示)



八木博士が提案した潜水艦用の誘電体八木アンテナ

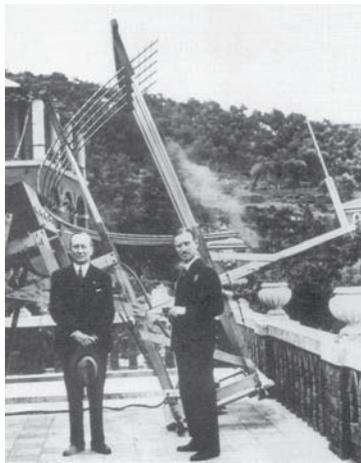


UHF (670MHz) 帯の八木・宇田アンテナ
(写真提供: 富士通仙台開発センター 本郷広信氏)

1 章

ビーム・アンテナの歴史

マルコーニは、無線通信の商用化に成功しました。相手局が増えるとともにビーム・アンテナが必要になりましたが、当初は長波が使われていたため、高利得のビームは、八木・宇田アンテナの発明を待たなければなりません。接地型ビーム・アンテナの元祖は、ストーンやマルコーニのアンテナですが、実はヘルツが作った放物線反射器付きヘルツ・ダイポールは、非接地型のビーム・アンテナだったのです。



マルコーニ（写真左）は、イタリアのジェノバ近く、リビエラ地方に宿泊して実験を繰り返して放物線配置で反射器を付けたアンテナで、500 MHzの通信（150 km）に成功した（1933年）

1-1

ストーンの配列アンテナ

初めは接地型アンテナ

無線通信の商用化には、イタリアのマルコーニ（1874～1937年）が大きく貢献しているといえます。彼は、天才ヘルツの実験を再現することから独学で新発想のアンテナを開発し、その特長は「接地型アンテナ」とも呼ばれ、大地を通信路の一部にしてしまうという大胆な発想にありました。

写真1-1は、マルコーニが開発したアンテナです。いずれも大地にアースを取って、地球に電流を流しています。これらは円柱アンテナ（上）とハーブ・アンテナ（下）です。実際に使われたのはハーブ・アンテナのほうで、大西洋横断通信に成功しました（1901年）。

図1-1は、この巨大ハーブ・アンテナの電磁界シミュレーションの結果です。エレメントの最上部までの距離は何と48mもあり、写真1-1（上）の円柱タイプが強風で壊されたというのも納得できます。

また、図1-2は放射パターンです。天頂方向にくびれ（ヌル）があり、周囲は全方向へ放射していることがわかります。周波数は820 kHzと推定されているので、波長は約366mです。1/4λ（波長）のモノポール・アンテナとして動作していますが、48m高

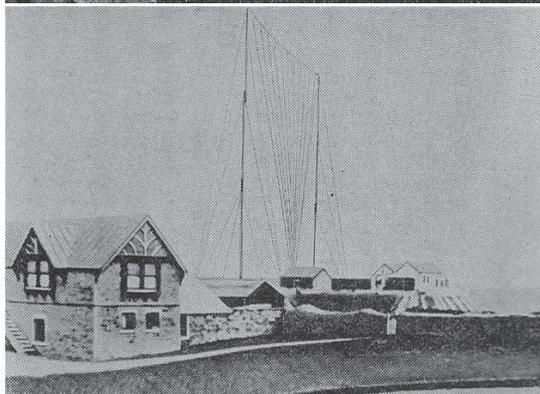
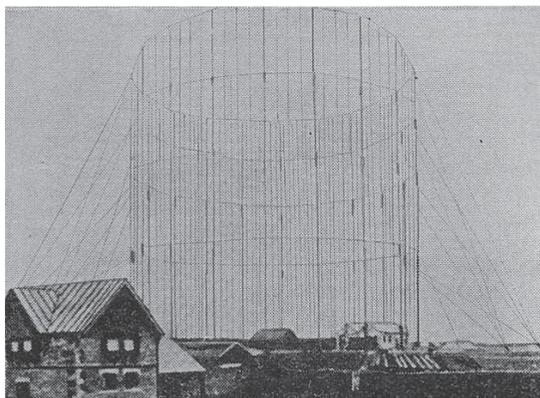


写真1-1 マルコーニが開発した円柱アンテナ（上）とハーブ・アンテナ（1901年）

2
章

ハムの憧れの的は、何といってもそびえるタワーに載った大型のビーム・アンテナでしょう。YAGIアンテナの動作原理によれば、エレメント数を増やすほど利得(ゲイン)が高くなります。しかし、HF帯などではエレメント自体が長く、それらを支えるブームの長さにも限りがあるでしょう。それでは、何エレメントが最も経済的なのでしょうか？



6本のタワーに各バンドのYAGIアンテナがそびえる
(JR1AIB 井上OMのアンテナ・ファームの一部)

2-1 HF帯のYAGIアンテナ

HF帯用アンテナの移り変わり

第1章で述べたように、最初の八木・宇田アンテナ(以下、YAGIアンテナと記す)は、UHF(670MHz)帯で実験されました。これは実験に手ごろな寸法で、当時の超短波への挑戦的な研究にもマッチしていたためかもしれません。そのおかげで、YAGIアンテナは世界中のテレビやFM放送受信用のアンテナと

して、現在も大活躍しています。

ハムのHF帯は、例えば7MHzでは波長が40mと長く、 $\frac{1}{2}$ 波長ダイポール・アンテナとして動作するエレメントは、YAGI向きではありません。

図2-1は、「アンテナ・ハンドブック」(CQ出版社)に載ったアンケート結果で、「もっとも良いと感じたアンテナ」に対する回答の集計です。左半分に示す1970年の結果は、2エレCQ(キュービカル・クワッド)

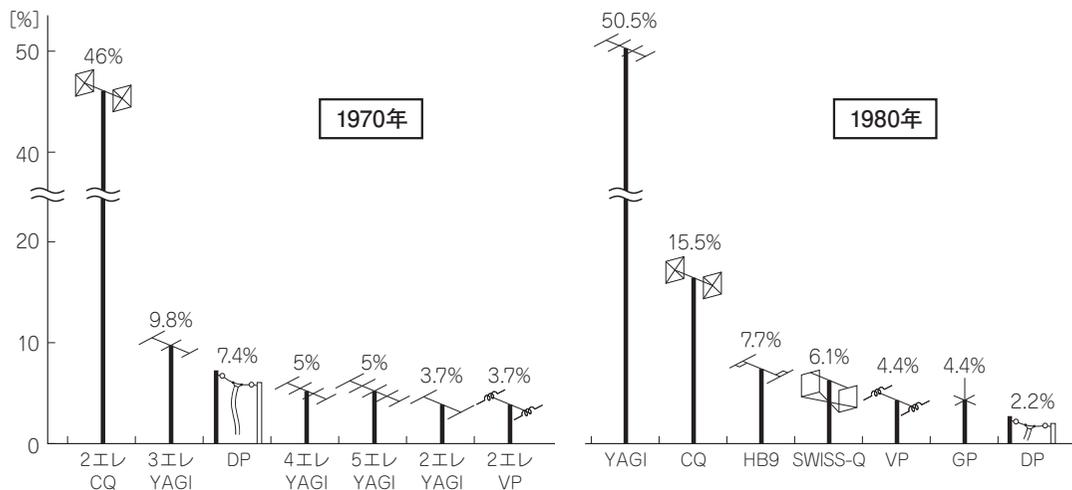


図2-1 「アンテナ・ハンドブック」(CQ出版社)に掲載されたアンケート結果

3 章

ビーム・アンテナの実際

UHFやマイクロ波帯では、YAGIアンテナだけではなくパラボラ・アンテナも使われます。波長が短いので、アンテナ本体の寸法もタワーや屋上に置けませんが、HF帯は住宅事情によっては全体の寸法に制約があります。HF帯もさまざまなビーム・アンテナが使われていますが、それらを最適状態に追い込む方法はあるのでしょうか？



UHF (670MHz) 帯の八木・宇田アンテナ (東北大学電気通信研究所の展示)

3-1

反射器付きアンテナ

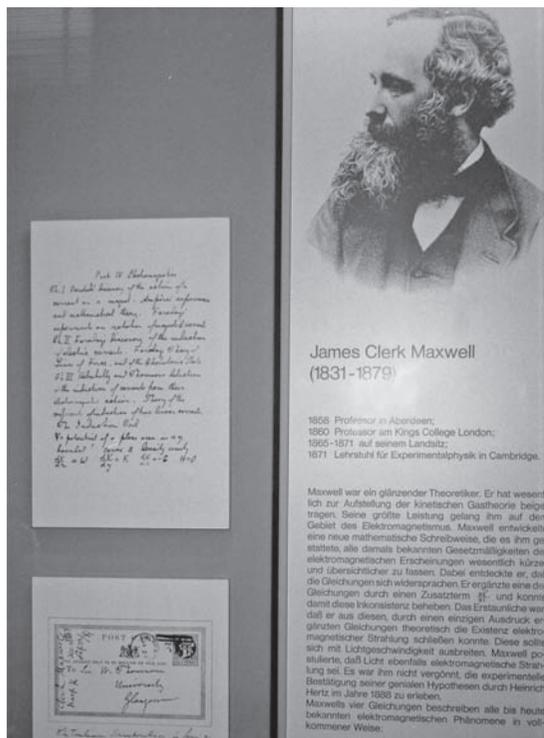


写真3-1 マクスウェルの肖像と直筆の手紙 (ミュンヘンのドイツ博物館で筆者ら撮影)

反射望遠鏡のアイデア

私たちが電波を使ってQSOを楽しめるようになったのは、世界で初めて電磁波の存在を予言したイギリス (スコットランド) の物理学者、ジェームス・クラーク・マクスウェル (1831~1879年) のおかげです (写真3-1)。

マクスウェルは、小さいときから絵を描いて一人遊びに夢中になる少年でした。図3-1は、14歳のマクスウェルが考案した「卵形を描くためのコンパス」です。円を描くコンパスは昔からありましたが、彼

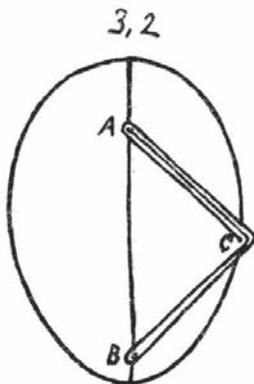


図3-1 14歳のマクスウェルが考案した、糸と留めピンによる卵形の作図

市販のビーム・アンテナ その1 (フルサイズ編)

4 章

市販のビーム・アンテナで満足できるのは、何といてもフルサイズのエレメントでしょう。寸法は理論的な計算結果とよく合いますが、最も大きなアンテナともいえるので、HF帯では広い空間が必要です。3.5/3.8MHzのフルサイズ多エレメントYAGIも見かけるようになり、ハムのビーム・アンテナ熱も極まれりといえそうです。



クリエート・デザイン 4エレメント18MHz YAGIアンテナ

4-1 YAGIアンテナ

モノバンドYAGI

第3章で調べたように、多エレメントのYAGIは、最大の利得を実現するために、細かい最適化の作業が必要です。市販のアンテナは、十分時間をかけて最適化を行って製品にしているのです、設置ただけでカタログの性能は期待できます。

ここで注意が必要なのは、カタログの仕様が測定値なのか、あるいはシミュレーションの結果なのかをはっきりさせることです。

市販のビーム・アンテナでわかりやすいのは、フルサイズのモノバンドYAGIの利得でしょう。Innov Antennas製3エレメント28MHz OP-DES Yagi(写真4-1)のWebカタログの一部には、次のような記述があります。

Performance

Gain : 7.47dBi@28.500MHz
F/B : 13.44dB@28.500MHz
 Peak Gain : 7.50dBi
 Gain at 10m above Ground : 12.64dBi
 Peak *F/B* : 14.23dB
 Power Rating : 5kw
 SWR : Below 1.3:1
 from 28.000MHz to 28.800MHz

Gainなどの数値が小数点以下第2位まであって、いかにも精度が高そうです。しかし、測定環境は明記されていないので、実測値ではないことがわかります。

Webの資料として図4-1のような画面が表示されるので、これは、右上に示されているEZNEC

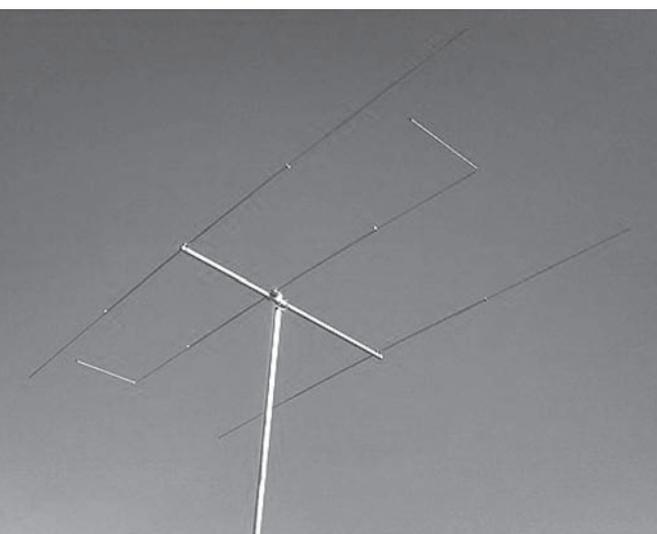
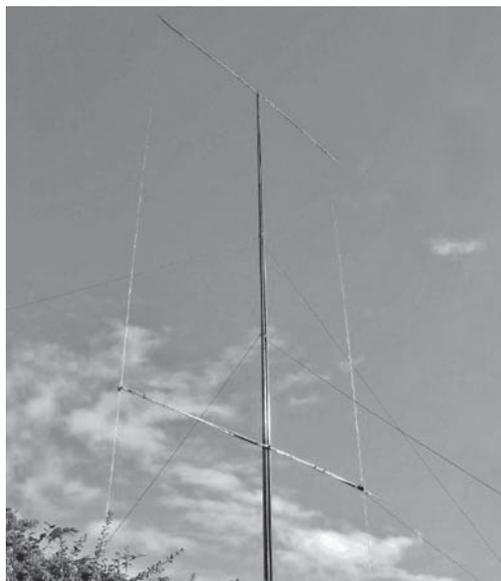


写真4-1 InnovAntennas 3エレメント28MHz OP-DES Yagi
放射器のエレメントが直角に曲がっている

5 市販のビーム・アンテナ その2 (コンパクト編)

5章

HF帯用のビーム・アンテナは、どうしても広い設置スペースが必要です。そこで、前方利得はある程度犠牲にしても、 F/B が得られるコンパクト・ビーム・アンテナが数多く設計されています。エレメントの形状を工夫すれば専有面積を小さくできますが、エレメント同士が接近することによる悪影響も克服しなければなりません。



GW4MBNによる20m用垂直Moxonアンテナ
Moxonアンテナ・プロジェクトのWebサイト
(<http://www.moxonantennaproject.com/>)より

5-1

折り曲げビーム・アンテナ

Σ ビーム・アンテナ

省スペース化のために、エレメントを折り曲げる技法があります。本項ではその仲間といえるビーム・アンテナを順に紹介します。

少し自慢話のようになりますが、写真5-1は筆者(JG1UNE)が考案した Σ (シグマ)ビーム・アンテナです。1978年ごろ、会社の独身寮の屋上で運用し、その後、CQ ham radio 1980年2月号「 Σ -Beamアンテナ&V-Beamのバリエーション」に掲載されま

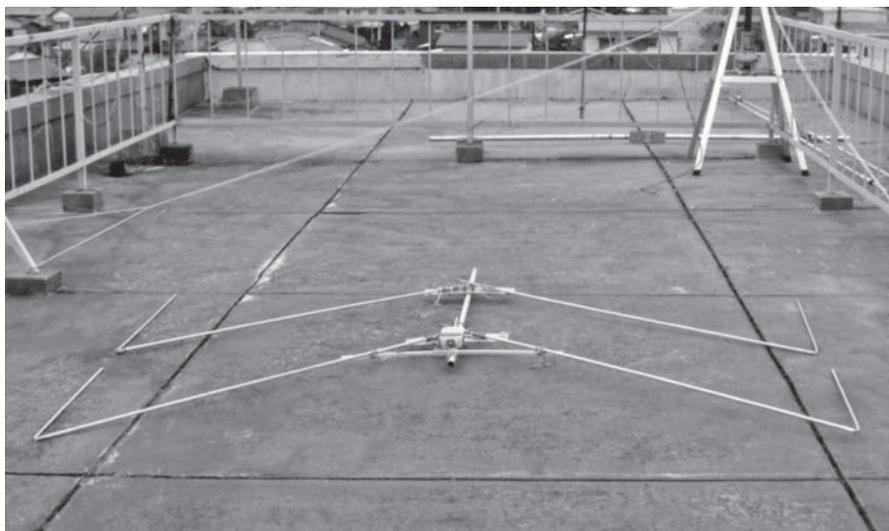
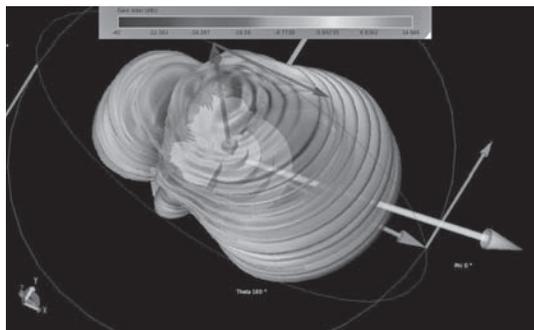


写真5-1
筆者(JG1UNE)が考案した Σ (シグマ)ビーム・アンテナ

ビーム・アンテナのシミュレーション

6章

本章では、電磁界シミュレーションを使ってビーム・アンテナの特性を解説しています。YAGIアンテナは、給電エレメントに流れる電流によって発生する電磁界が、近くにあるほかのエレメントに誘導電流を流すため、空間を伝わる電磁界を正確に計算する必要があります。また、大地は電波を反射するので、その特性に応じた反射波も合成する必要があります。



ビルの屋上に設置されたYAGIアンテナからの放射パターン(XFdtdを使用)

6-1

電磁界シミュレーションとは

電波は電界と磁界の波

アマチュア無線は、アンテナなしでは話になりません。それだけ重要なわりには、国試のアンテナ(空中線)の問題数は限られています。

図6-1は昭和34年の電話級(4アマ相当)の国試問題の一部です。筆者は中学生のときにこれを勉強しましたが、(A)と(B)はまったく別のアンテナ(装置?)に思えました。

図6-2は、やはり当時の国試問題です。アンテナ

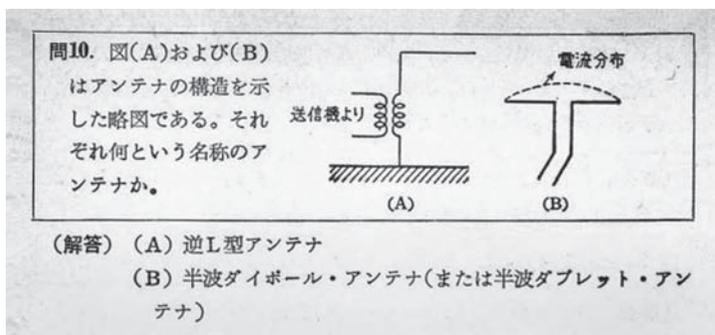


図6-1
昭和34年の電話級国試の問題と模範解答
当時は記述式試験だった

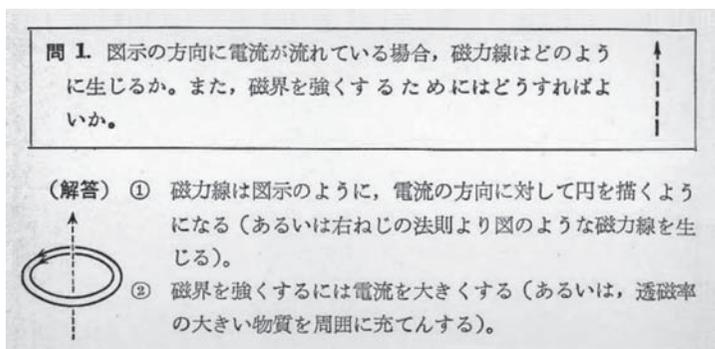


図6-2
もう一つの問題と模範解答
初級とは思えない解答記述

7 ベランダのビーム・アンテナ

章

ベランダに設置できるフルサイズのビーム・アンテナは、V/UHF帯やマイクロ波用に限られます。しかし、エレメント自体を小型化すれば、HF帯でもあきらめることはありません。筆者らは長年、ベランダにコンパクトなビーム・アンテナを設置できないかと格闘していますが、2本の釣り竿アンテナやMLA（マグネチック・ループ・アンテナ）の位相差給電によるビーム・アンテナは、その結論の一つなのです。



ベランダの手すり近くに、垂直と水平に設置したMLA（Field_ant製MK-3）

7-1

ワイヤ・アンテナでビームを実現

ベランダでビームとは無謀な…

筆者らは長年のアパマン・ハムですが、集合住宅



写真7-1 1エレメントのタテ長クワッド・アンテナ

の屋上は使えないので、ベランダに何とかアンテナを設置して楽しんでいます。

V/UHF帯やマイクロ波帯の運用では、YAGIやパラボラ・アンテナをベランダに置くことは可能です。しかし、ハムの醍醐味は何といってもDX QSOです。そこでHF帯のビームということになりますが、ベランダのスペースは高さ2m強なので、最上階に住まう場合を除けば無謀な要求なのです。

筆者らは幸い3階建ての最上階なので高さ制限はゆるいのですが、ベランダの長手方向は5mほどです。電波防護指針をチェックして、隣家への距離を考慮すると、アンテナを置ける場所はさらに狭まります。

UNEクワッド登場

写真7-1は、1エレメントのタテ長クワッド・アンテナです。図7-1に寸法を示します。給電点が下辺の端にあるのがミソです。一般のクワッド・アンテナは正方形で、対称位置に給電します。しかし、入力インピーダンスは100Ω以上になるため、マッチング回路が必要になってしまいます。

また、これをタテ長にしたSKYDOORというFBなアンテナが、JA1HW0局から発表されています。こちらも給電部にコンデンサとバランが必要なので、

ISBN978-4-7898-1597-0

C3055 ¥2400E

CQ出版社

定価：本体2,400円（税別）



9784789815970



1923055024007

アンテナ・ハンドブック
シリーズ



アマチュア無線の ビーム・アンテナ

内容・購入方法などにつきましては以下のホームページをご覧ください。

内容 <http://shop.cqpub.co.jp/hanbai/books/15/15971.htm>

購入方法 <http://www.cqpub.co.jp/order.htm>

見本