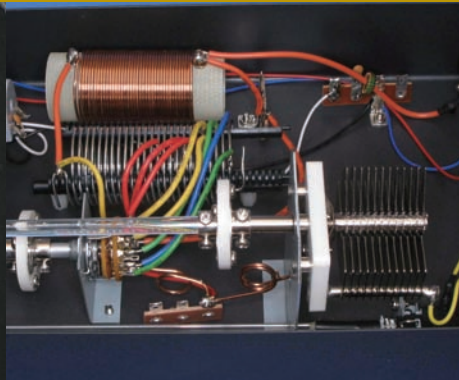
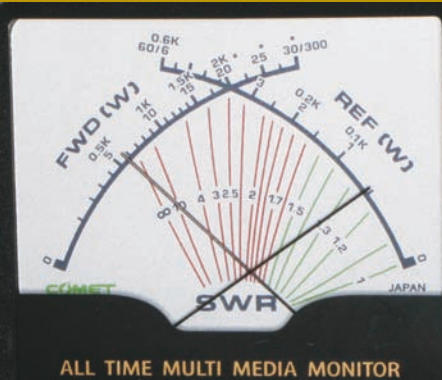


アンテナ・チューナ 活用入門

見本

便利な小箱でアマチュア無線の楽しみを広げよう

JA8CCL 木下 重博 / JH5MNL 田中 宏 [共著]



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/hanbat/books/15/15851.htm>
購入方法 <http://www.cqpub.co.jp/order.htm>

はじめに

本書はHFでアマチュア無線を楽しんでいる方、これから楽しもうと思う方が、アンテナ・チューナを活用してより幅広く楽しむために必要な知識とノウハウをまとめたものです。

第1章では、アンテナ・チューナの活用に必要な基礎的な知識を、今まで多くの人に語られてきた考え方に基づいて解説しています。

第2章では、「よく飛ぶアンテナ・システムの構築」をテーマに、アンテナの動作原理、アースの考え方、そして、SWRが高い場合のロスについての誤解などを、ソフトウェア・シミュレーションや実験データで明らかにしながら、一生ものの基礎知識として伝授。

第3章以降は、チューナ・タイプ別に活用方法を解説。例えば、オート・アンテナ・チューナを使ったワイヤ・アンテナについて、チューナの取扱説明書を見ただけではわからない現場仕込みのノウハウや考え方を披露します。

ぜひ本書を参考にアンテナ・チューナを活用したよく飛ぶアンテナ・システムを構築して、HFのあちらこちらでオン・エアしてみませんか？

第1章

アンテナ・チューナの基礎知識



電線1本でHFオールバンドでオン・エアしたい! コンパクトなアンテナでも楽しみたい, そんな, ちょっと無理難題とも思えてくる問題を解決してくれるのが, アンテナ・チューナというアイテムです. この章では, このアンテナ・チューナについての基礎的な知識やノウハウをお伝えします.



1-1 アンテナ・チューナとは

アンテナ・チューナ(以下, チューナ)とはアンテナ側の給電点と給電の同軸ケーブル, もしくは送信機と同軸ケーブルの間で整合をとる装置です(タイトル写真). おもにHF(短波)のトランシーバ(無線機)と組み合わせて使うことで, アンテナの関係で送信できなかった周波数でも送信できるようになり, アマチュア無線の楽しみを広げることができます.

トランシーバのアンテナ端子につなぐ同軸ケーブルやアンテナは, トランシーバが指定するインピーダンス(通常は50Ω)に合ったものを使う必要があります.

トランシーバが指定するインピーダンスに合わせることを「整合」する, 「チューニング」をとる, 「マッチング」をとるなどと言います. 整合する電子回路のことをこれらの単語の後に「回路」を付けて, 「マッチング回路」などと呼びます. チューナはこのようなマッチング回路の一種です.

トランシーバの進化の歴史とチューナの関係

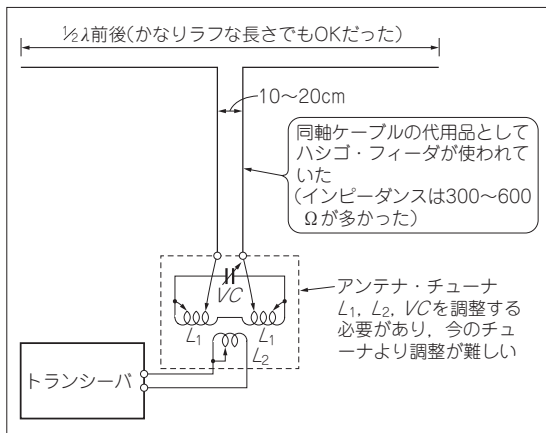
チューナの歴史は古く, 無線機が登場した初期の時代から使われてきました. 動作原理から見た進化は少ないのですが, トランシーバの増幅素子やアンテナへの給電方法が変更されたタイミングで, 回路が少しずつ進化してきました.

トランシーバにつなぐアンテナ・システムをト

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/15/15851.htm>

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

図1-1 ハシゴ・フィーダで給電するダイポール・アンテナ



ここ20年ほどアンテナの給電方法に大きな変化はありませんが、マイクロ・コンピュータ(マイコン)による調整プロセスの自動化が進むなど、使い方が一気に多様化して、商品として売られているチューナのバリエーションも豊富になりました。

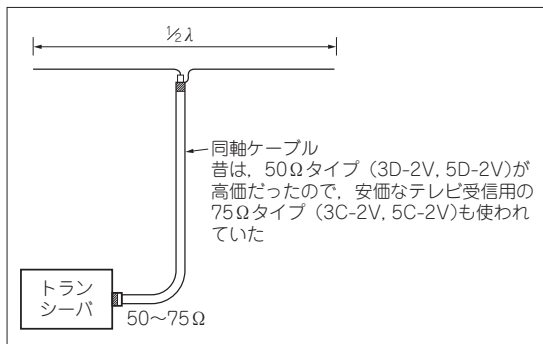
そのおかげで、商品名は「アンテナ・チューナ」でも、見た目も使い方も異なる商品が販売されているので、どんなアンテナ・システムで使えるのか十分に把握して選定する必要があります。まずは、チューナの歴史に大きな変化を与えた出来事を紹介しながら、利用目的にあったチューナを選定して、効果的に使う方法を考えていきたいとします。

① アンテナへの給電方法の変化

同軸ケーブルが普及する前は、図1-1のようなハシゴ・フィーダがアンテナの給電によく使われていました。特徴として、インピーダンスが無線機とフィーダの間でかけ離れており、フィーダの波長に対する長さによっても特性が大きく変化するため、チューナが必要でした。

簡単に言えば、チューナがアンテナの一部として動作しており、チューナなしでは送信ができない

図1-2 同軸ケーブルで給電するダイポール・アンテナ



いという状態である一方で、エレメントの長さも大まかでよく、最後はチューナで整合すれば問題なしという、アンテナ・システムとしては、ひじょうにラフな時代でした。

図1-2のダイポール・アンテナのような同軸ケーブル給電を使ったアンテナが普及すると、無線機とアンテナのインピーダンスが等しくなり、チューナがなくてもアンテナと直接つなぐことができるようになりました。システムとしてはシンプルになりましたが、アンテナ本体と同軸ケーブルを無線機のアンテナ端子のインピーダンス(50Ω)に合わせるための微調整が絶対に必要となったのです。しかし、アンテナの設置場所や短縮率の影響により、アンテナの調整だけではインピーダンスが希望どおりに維持できない場合もあるので、補助的にマッチングをとる道具として、チューナが盛んに使われるようになりました。

② 終段電力増幅回路の素子の変化

トランシーバの送信部、終段電力増幅回路(ファイナル)に使われている素子が真空管(写真1-1)から半導体(写真1-2)に変化した時代を境に「無線機の自動化」が加速しました。

というのも、真空管の時代は、図1-3のように真空管(数kΩのインピーダンスをもつ)とアンテナ

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/15/15851.htm>
購入方法 <http://www.cqpub.co.jp/order.htm>

第2章

よく飛ぶアンテナ・システムの構築

ここでは、チューナ利用の応用編として「良い(=よく飛ぶ)アンテナ」には何が必要なのかチューナの活用を意識しながら、考えていきます。内容は入門者より上の方向けになりますが、具体的なモデル・アンテナでシミュレーションを行い、その計算結果や実測値を使って、直感的に理解し知識を得られるように解説していきます。



2-1 よく飛ぶアンテナ作りのために

基礎を知ってよく飛ぶアンテナを作る

アンテナ・チューナのうち、給電点に設置して使うオート・アンテナ・チューナ(写真2-1)はとても便利な道具で、適当な長さのアンテナ・エレメントとアースを接続してチューニングをとればほとんどのバンドで送受信ができます。基本も基礎知識もほとんどいらない、誠に便利な道具です。

ところが、いくら簡単と言ってもアンテナとしての条件を満たさなければ、電波はさっぱり飛んでくれません。とりあえずは使えても、使っていくうちにやはり少しでも遠くの局と交信したいという欲が出てきます。そして、いろいろな試行錯誤をしたくなります。ほとんど基礎知識が不要と思われるチューナですが、よりよく使おうとすると、アンテナの基礎知識が必要になってきます。

本章では、物理的な厳密さより直感的な理解のしやすさを優先しました。例えば、SWRは定在波比なので厳密には1:1.5のように比で書き表し

ますが、本項ではSWR 1.5もしくは $SWR=1.5$ と省略して表記しています。

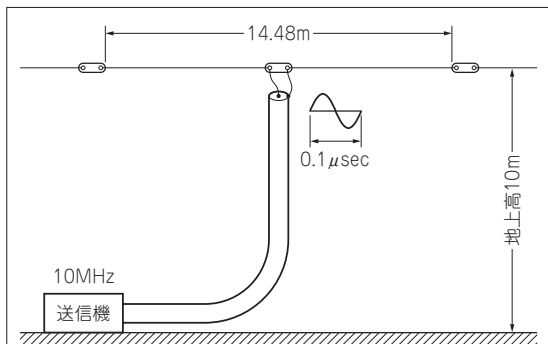
アンテナ・エレメントの長さと同調

アンテナは、空中に張った電線がアンテナのエレメントとして動作して、立派にアンテナになります。電子回路の部品の中でもこれ程単純な部品はないでしょう。しかし、なぜ空中に張った電線から電波が出るのかを理解しないとよ



写真2-1 屋外型アンテナ・チューナ
給電点に設置するタイプのアンテナ・チューナの例(CGアンテナ CG-3000)

図2-1 10MHz ダイポール・アンテナ



いアンテナは作れません。

例えば、HFの10MHzで振幅 $2V_{p,p}$ (ピーク・トゥ・ピーク)の交流信号を送信する場合を考えてみます。10MHzは1秒間に10,000,000回、 $0.1 \mu\text{sec}$ (マイクロ秒)を一周期として正、負に正弦波で変化する交流信号です。

この信号を図2-1のような全長14.48mのダイポール・アンテナに給電すると、図2-2のような電流が定在波としてエレメントに生じ、その電流の振幅が周期 $0.1 \mu\text{sec}$ (マイクロ秒)に1回増減するので、電波がエレメントから放射されます。電流分布の計算はアンテナのシミュレーション・ソフトMMANA*を使って計算させたものです。表示された電流分布は、ある一瞬を図で表現したもので、実際には電流の山の高さが $0.1 \mu\text{sec}$ 周期で刻々と変化します。イメージとしては、縄とびの縄を縦に振ったように変化します。

アンテナの解説でよく出てくるおなじみのパターンですが、なぜこのような電流分布が生じるか、その理由を考えていきます。例えば、送信機から送られた10MHzの信号は、アンテナの給電点で図2-1の中に書いた波形のように $0.1 \mu\text{sec}$ を1周期として電圧が刻々と変化します。ある時点で右側

図2-2 10MHz ダイポール・アンテナの電流分布

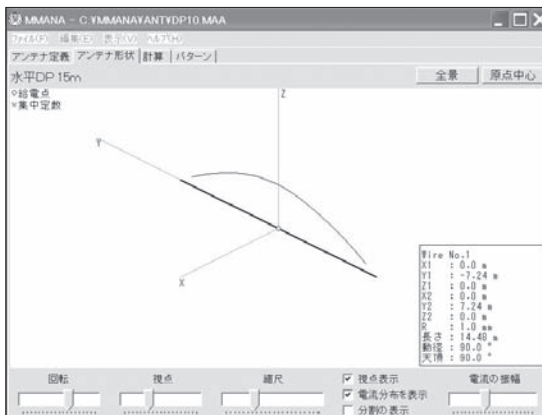
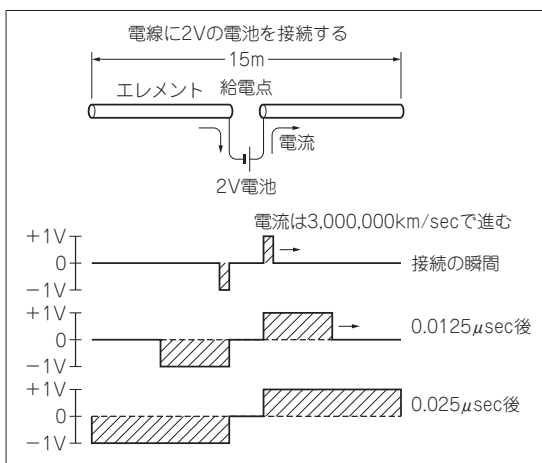


図2-3 電線に2Vの電池を接続

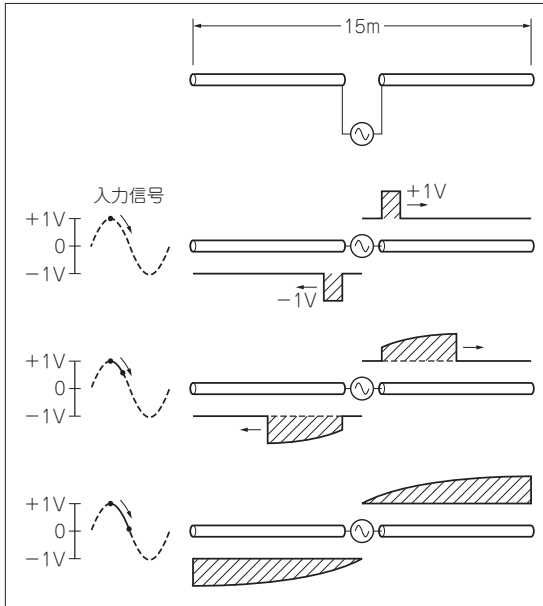


のエレメントには $-1V$ の電圧が印加されるとします。右側のエレメント全体に $+1V$ 、左側のエレメント全体に $-1V$ の電圧が同時に印加されるかと言えばそうではありません。例えば、直流だと2Vの電池に7.5mの線を左右2本接続して電圧を測ると、電池側で測っても、7.5mの電線の先端で電圧を測っても、同じ2Vになりますが、ただしそれは電池を接続して、ある時間経過した後の話です。

電気の流れる速さは光の速さと同様で、1秒間に30万kmと気の遠くなる程の速さで進みます。しかし速度があるということは、図2-3のよ

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。
<http://shop.ccpub.co.jp/hanbai/books/15/15851.htm>
 MMANA-JE3HHT 解説PDF作成したPDFファイル
<http://www.ccpub.co.jp/order.htm>
 購入方法 Webサイトで購入可能 <http://www3.ocn.ne.jp/~je3hht/mmmana/>

図2-4 電線に交流電源(周波数10MHz)を接続

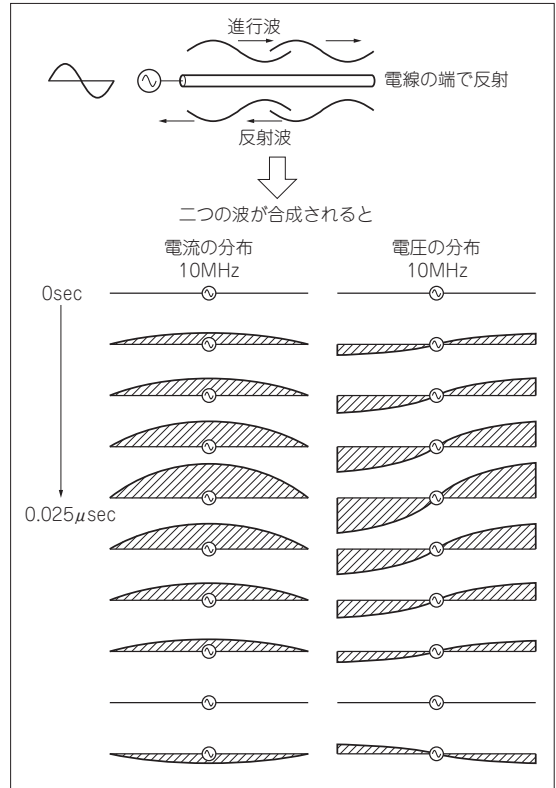


うにアンテナに電池を接続した瞬間、アンテナの端まで電流が一瞬にして届くわけではありません。直流でも、交流でも電気の伝わる速さと同じで、電池の場合0.025 μ secかかってエレメントの端まで到達します。とても早いと思う電気の移動速度も0.025 μ secの時間では7.5mしか進まないのです。

0.025 μ sec経過後はエレメントのどの部分をとっても電圧は同じになります。直流であっても、ごく短い時間では電気の移動する速さを考慮する必要があります。実際に高速のパルスを扱う回路の場合には、こうした伝達速度を考慮して設計する場面が結構あります。

図2-4のように同じ電線に10MHzの交流信号を加えると、1サイクル(周期)が0.1 μ secなので、例えばその1/4サイクルは0.025 μ secの時間に電気が進める距離は直流場合と同じで7.5m。給電点で

図2-5 定在波



給電点の電圧がそれから0.025 μ sec経過し、電圧がちょうど0Vになったとき、エレメントの端で電圧がようやく1Vになります。給電点から流れてきた電気はどこに行くのかというと、そこから先は電気の流れる場所がないので、端から反射して給電点に向かって戻ってきます。

給電点からエレメントの先端に進む波を進行波とすると、先端で反射して戻ってくる波は反射波です。

この二つの波は、給電点に10MHzの交流が印加され続ける限り両方が連続して進行します。給電点からエレメントの先端までの距離が波長の1/4の場合、つまり両方のエレメントの長さを合計すると1/2波長になるダイポール・アンテナの上を、進

行する波と反射する波の電圧を足し合わせると、エレメントには波が左右に動くというよりは、給電点からの距離によって電流や電圧の最大高さが決まる。縄とびの縄を横から見たように、まるで波の移動が止まり振幅だけ変化しているかのように見えます。

このように一見止まって見えて、左右に動かない波のようすを「定在波」と呼びます。

一見止まって見えますが、その中身は連続して進行する波と、連続して反射する波が合成されたものです。このようすを紙面で表示するのは難しいのですが、進行波と反射波が同時に連続して存在して定在波が発生するのです。

定在波がアンテナ・エレメントに発生すると電流の強さと極性が図2-5のように刻々と変化し、電流によって発生する磁界も刻々と変化します。磁界は空間に電界を発生させ、その電界が空間に変位電流を流し、空間に磁界を発生させ、その連鎖が遠方まで伝わっていきます。これが電波です。

電波の発射と反射

ダイポール・アンテナが電波を発射できるのは、エレメントの先端で反射が起き、エレメントに進行する波と反射する波によって発生する定在波のおかげです。一般に定在波というとSWR(日本語では定在波比)を思い出しますが、同軸ケーブルの中で発生する定在波も、アンテナ・エレメントに生ずる定在波もまったく同じ意味合いのものです。アンテナ・エレメントの端では100%の反射が起こっています。

SWRでいえば無限大なのですが、もしアンテナ出力 = 進行波 - 反射波だとしたら、アンテナに

流的に考えるとそう思えますが、引き算する両方は交流なので、足し引きに位相を考慮する必要があります。

進行波の位相も、波反射波の位相も、時間とともに10MHzでは0.1 μ sec周期で変化するので、進行波と反射波の合成は0ではなく、図2-5のような動きをする定在波に変化するのです。反射によってエネルギーの消耗は発生しないのです。

ロンビック・アンテナのような進行波形アンテナを除き、多くのアンテナはエレメント端での反射を利用して、エレメントに定在波を発生させることで電波を発射します。

エレメントの場所とインピーダンスの変化

■ インピーダンスとは？

直流回路では抵抗は電圧 ÷ 電流で決まります。交流回路では抵抗に相当する値をインピーダンスと呼びます。

エレメントに定在波が発生したときに、給電点からの距離によって、図2-5のように電流と電圧の比率が異なります。定在波の生じたアンテナ・エレメントのそれぞれの場所のインピーダンスをオームの法則の「抵抗 = 電圧 ÷ 電流」という式で考えると、給電点で低く、エレメントの端で高くなります。

交流回路でいうインピーダンスは、直流回路でいう抵抗成分だけでなく、虚数分の jX という成分も含めて扱うのと直流回路の抵抗とは意味が少し異なるので、それらを区別するためにインピーダンスと呼びます。

抵抗みたくないものと理解してもよいでしょう。インピーダンスの高い部品は高周波が通過しにくくなります。

送り込んだエネルギーは消滅してしまいます。直
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/15/15851.htm>
購入方法 <http://www.cqpub.co.jp/order.htm>

第3章

屋外型アンテナ・チューナの活用

アンテナ・チューナには、ワンタッチで自動的にチューニングを行ってくれるオート・アンテナ・チューナと、運用者自らが手動で調整するマニュアル・アンテナ・チューナがあります。調整のプロセスを自動化したことで、押しボタンを一つ押すだけでチューニングが可能となったことから、無線機に内蔵または無線機のそばに置く屋内型チューナははもちろん、屋外に設置するタイプも普及しています。ここでは屋外設置型のアンテナ・チューナをテーマに、その原理や使い方のコツを展開します。

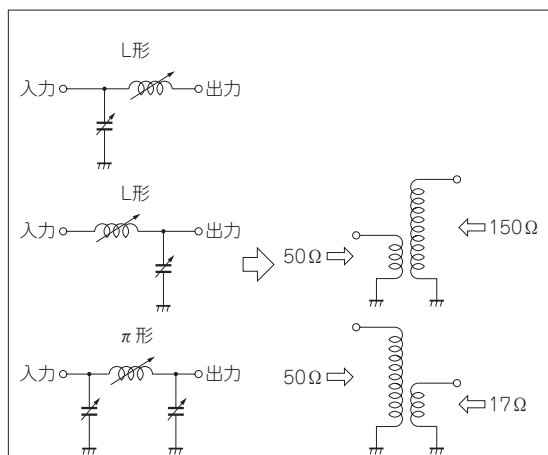


3-1 アンテナ・チューナの基礎知識

アンテナ・チューナの役割と動作原理

第1章の復習になりますが、アンテナ・チューナ(以下、チューナ)は、アンテナ側の給電点と給電用の同軸ケーブル、もしくは送信機と同軸ケ

図3-1 アンテナ・チューナの回路



ーブルの間で整合をとる装置で、一般に使われている不平衡型(片側接地方式)のチューナでは、図3-1のようにL型か π 型の回路が使われます。

チューナはアンテナと送信機のインピーダンスを合わせる装置なので、チューニングが完了している状態では、使用する周波数における送信機の実出力インピーダンス50 Ω に対して、アンテナが50 Ω に見えるように、あたかもトランスが挿入されているかのように働きます。

回路の基本形はL型(形がL字型という意味)でコイルが直列に、コンデンサが並列に挿入され、コンデンサはコイルの右か左のどちらかに接続されます。 π 型はその変形で、コイルの左右にコンデンサが付くタイプですが、どちらかのコンデンサの容量を0にすればL型の回路と同じになります。

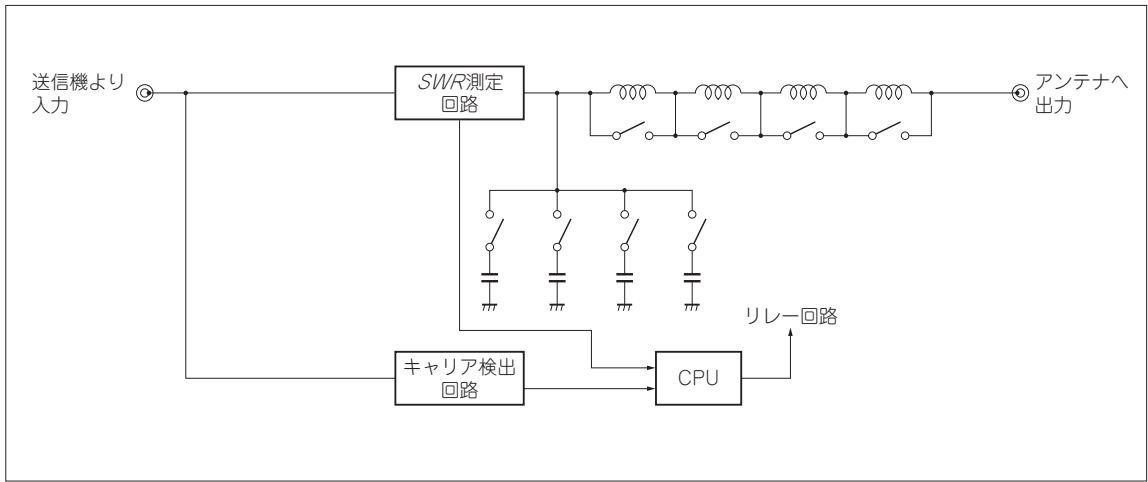
チューニングが完了したチューナは目的とする周波数において、左右の違うインピーダンスをお

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/15/15851.htm>

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

図3-2 オート・アンテナ・チューナのしくみ



互いが同じインピーダンスで接続されているかのように見えます。π型のマッチング回路は一昔前の真空管の送信機の出力部に普通に付いていた「πマッチ」と同じです。「πマッチ」を手動で調整してアンテナとマッチングを取る作業は、送信前の儀式のように行っていましたが、実は、送信機のインピーダンスと接続したアンテナのインピーダンスをマッチングさせていたのです。

このπマッチのおかげで7MHzのダイポール・アンテナに簡単に21MHzの電波を乗せることが

できました。現代のトランシーバ(無線機)は、この回路が内蔵され、調整が自動化されたか、または外部のチューナがこの機能を果たしています。

例えば、SWR=3のアンテナの場合、そのインピーダンスは150Ωまたは17Ωですが、チューナを介して、それが50Ωに見えるようにします。チューニングについては手動チューナの場合、送信機側に入れたSWRメータでSWRを監視しながらSWRが1に見えるようにバリコンを動かしたり、コイルのタップを切り替えたりします。

オート・アンテナ・チューナのしくみ

オート・アンテナ・チューナのしくみを図3-2に、内部写真を写真3-1に示します。

図3-2に示すのは、L型と呼ばれる回路で、コンデンサが送信機側に接続された場合を示していますが、実際のチューナでは、リレーによって、コンデンサがアンテナ側に接続もできるようになっています。

コンデンサの容量(C)はリレーのON/OFFの組み合わせで増減し、コイルは分割したコイルをた

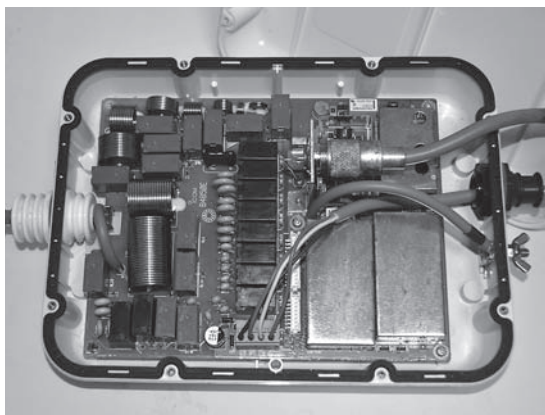


写真3-1 屋外型オート・アンテナ・チューナの内部(アイコム)

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/15/15851.htm>
 購入方法 <http://www.cqpub.co.jp/order.htm>

CQ出版社

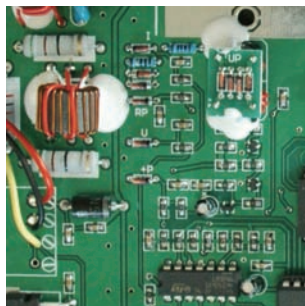
内容・購入方法などにつきましては以下のホームページをご覧ください。
内容 <http://shop.cqpub.co.jp/hanbai/books/15/15851.htm>
購入方法 <http://www.cqpub.co.jp/order.htm>

ISBN978-4-7898-1585-7

C3055 ¥2400E

CQ出版社

定価：本体2,400円（税別）



アマチュア無線運用シリーズ

アンテナ・チューナ活用入門

便利な小箱でアマチュア無線の楽しみを広げよう

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/15/15851.htm>

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

見本