

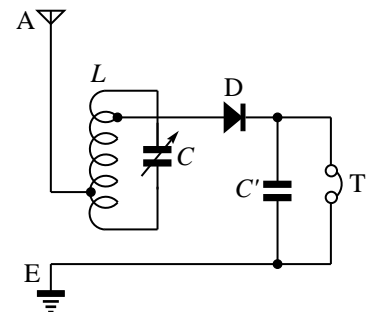
受信機のおつりかわり

わたくしたちはいろいろな受信機を使っています。しかし、これらの受信機は長い間の発達過程を経て改良されてきたものなのです。ここでは、それらの歴史をふり返りながら、なぜそのような改良が行なわれなければならなかったかを考えるとともに、わたくしたちの受信機を選び方について調べてみることにいたしましょう。

受信機の発達

1. 鉱石受信機から二極管検波受信機へ

マルコーニが無線通信に成功した1895年、最初に実用された受信機は第1図にその一例を示したような回路のものでした。もちろん、当時は真空管は発明されていませんでした。また、現在では、鉱石検波器といえはゲルマニウム・ダイオードが常識になっていますが、当時は、コヒーラとよばれた金属粉とか閃亜鉛鉱^{せん}またはガレナ石とよばれる鉱物に鉄針を立てたものが用いられていました。しかし、このような古典的な受信機であっても、



第1図 鉱石受信機の回路

- (1) アンテナとアースによって受信地点に送られてくるすべての電波をとらえて受信機に導き入れること
- (2) 受信機に導き入れられた種々の電波のうちから、受信を希望する電波だけを選び出すこと

および、

- (3) 選び出した電波から元の信号を取り出すこと

という仕事をしているのです。すなわち、アンテナやアースの構造などは現在のものとほとんど同一ですし、図中の L と C は希望する電波を選び出す仕事をしています。そして、高周波電流の中からもとの信号をとり出す仕事は鉱石検波器が引受けています。

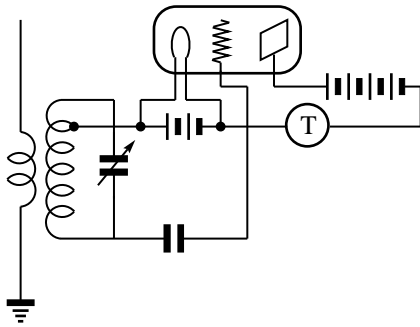
ここで、受信機の性能を決める四つの基準について調べておきます。その第1は、どの程度まで弱い電波を受けることができるかということで、感度

という言葉で表わしています。第2は、どれだけ近い周波数にある電波を分離して受けることができるかということです。これは選択度(または分離度)とよばれています。第3の性能は、送信側で電波におり込んだ信号をどれだけ元のまま再現できるかということで、忠実度といいます。そして、最後の性能は安定度とよばれ、どれだけ楽に受信できるかということを示しています。

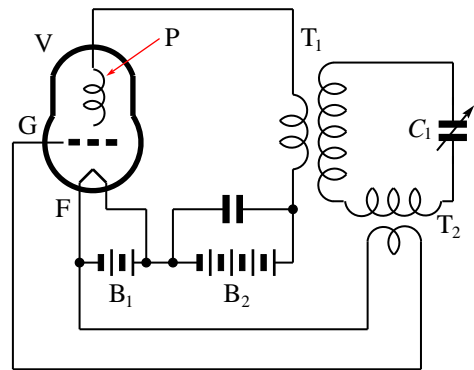
それでは、今の鉱石受信機の性能をこれら四つの表現で調べてみますと、感度については、アンテナやアースを初めとして、各部品に最高のものを用いたとしても、あまり良くはありません。また、選択度は L と C で構成されている共振(同調)回路の良さ(これを Q という文字で表わしています)で決まりますが、いずれにしても、共振回路が1個しかありませんし、そのうえ、感度を上げるために大きなアンテナが接続されていますので、これも選択度の点から見ると悪いということになります。最後の忠実度は、入力電波はかなり強く、鉱石検波器に1V以上の電圧が加わったときにはかなり良いのですが、それ以下ではあまり良いとはいえないのです。また、安定度は鉱石さえよければよいことになります。したがって、ごく近くのところからの電波しか受信できないのです。

その後、1904年にフレミングが“フレミング・バルブ(弁)”という二極真空管を発明したため、これが鉱石検波器の代りに用いられましたが、感度はほとんど変わりませんでした。これは鉱石検波器にしても二極管にしても増幅作用がないのですから当然のことです。しかし、当時のような動作が不安定な鉱石検波器に代って真空管(valve)で検波しているということは大変な安定度の進歩で、特にVという字を用いて区別をしていました。これが、今でもよく使われる0-V-2とか1-V-2のVの始まりなのです。いうならば、0-D-0が0-V-0になったのです。

1906年になりますとド・フォレーによって三極管が発明され、彼はこれをオーディオン(audion)と名付けました。そして、それが増幅作用をもっていることが発表されたのでした。第2図は当時の文献に発表された回路図で、今から見ますとグリッドが何の役にもたっていないようですが、これは、発明直後まだグリッドの作用があまりはっきりわからなかったためであろうと思います。いずれにしても、1904年の二極管の発明から10年間に、電子管の基本作用である、整流、検波、増幅などの諸作用が次々と発見されたのです。また、1913年にはアームストロングにより再生回路が発明され検波器の感度を著し



第2図 オージオンによる受信機



第3図 マイスナーの発振回路

く向上させました。そして、1913年にはメイスナーによって第3図のような発振回路の実験が行なわれたのです。このときの周波数は約500kcで出力は12Wでした。この発明は、受信機の性能とは直接関係はありませんが、それまで用いられてきた火花送信機で作られていた電波に代って新しい形の電波(不減衰電気振動)の発生が可能となったのです。現在、わたくしたちが用いている振幅変調の電信や電話の符号がA1, A3となっているAの意味は、それまでのスパークによる雑音のような電波と比べずっとよいということに付けられたもので、従来のものはB電波とよばれるようになり第二次大戦まで船舶局の一部では用いられていました。

二極管はすぐ受信機に応用されましたが、本当に真空管が受信機に実用されだしたのは、メイスナーの発振器が発明された以後でした。たまたま1914年には第一次欧州大戦が始まったために、軍用としてその開発が急がれたのです。そして、高真空ポンプの発達とともに1922年ころまでには現在のものとほぼ同性能の真空管が完成されたのです。

受信機としての発達は、それまで軍用とか有線通信の中継用として考えられていましたが、大衆のものとしての発達が始まったのは、1920年、アメリカでラジオ放送を始めてからでした。

2. 0-V-0から0-V-2へ

放送という業務は、送りっぱなしの通信ですが、相手局は各家庭・工場その他その放送を受信しようとする人たちによって作られます。したがって、ある計画にしたがって放送局が設置されれば、それによって定まる電波の強さに応じて、放送局から遠い場所ほど受信機の感度を高くしなければならないのです。ですから、0-V-0の次に開発された受信機は、それに三極管による低

周波増幅を1段または2段つけたものでした。また、検波管自身も二極管でなく三極管にして、これに再生をかけて感度を上げることが考えられました。0-V-1 や戦前わが国の標準型ラジオ受信機であった並^{なみさん}3や並^{なみよん}4はこれらの進歩した回路といえるのです。また、これらの要求にしたがって真空管も1920年にはUV200, 201を初めとし199や201AさらにはUX226とよばれるものが開発され、1927年には傍熱管のハシリであるUY227という三極管が開発されたのです。これは電源を交流化するために必要なことでした。

3. 0-V-2 から 1-V-2 へ

0-V-1 より 0-V-2 の方が感度がよいのはあたりまえの話で、当然 0-V-3 を考えたわけです。しかしここに思いがけない困難が出てきたのです。といいますのは、感度を上げるために増幅度を増せば増すほど、モータ・ボートイングとよばれるポコポコという発振が起ったり、マイクロホニックとかハウリングとよばれる真空管電極の振動による発振になやまされたのです。これは、それまでは、すべて受話器に頼っていたのが放送を楽しむという点からラウド・スピーカを用いるようになり数人が同時に受信できるように大きな出力が得られるまでに増幅度が上がったこととなります。また、当時の方がよく何球ラジオといって球数にこだわるのもこの原因なのです。

しかし、なんとかして受信機の感度を上げたいという欲望はすてきれず、また、放送局が増すごとに混信という問題がもち上がってきたのです(選択度の向上)。そこで、この二つを同時に満足するよう高周波で増幅することが考えられました。もちろん、当時は三極管しかありませんでしたので、ちゃんとした中和回路をつけ“ニュートロダイン”という商品名の受信機も市販されました。また、当時は真空管の値段がべら棒に高かったため、1球でも減らしたいというところから、検波管を再び鉍石(もう固定式とよばれるものにはなっていました)にしたり、高周波増幅と低周波増幅を1本の球で行なわせたレフレックス形とよばれる受信機ができたのもこのころです。

これらと並行して、中和のいらぬスクリーン・グリッド四極管が1927年UX222, UY224として登場してきました。いわゆる1-V-1の時代がやってきたのです。また、1930年にはUY235というバリ μ 管ができました。

4. スーパーヘテロダイン受信機へ

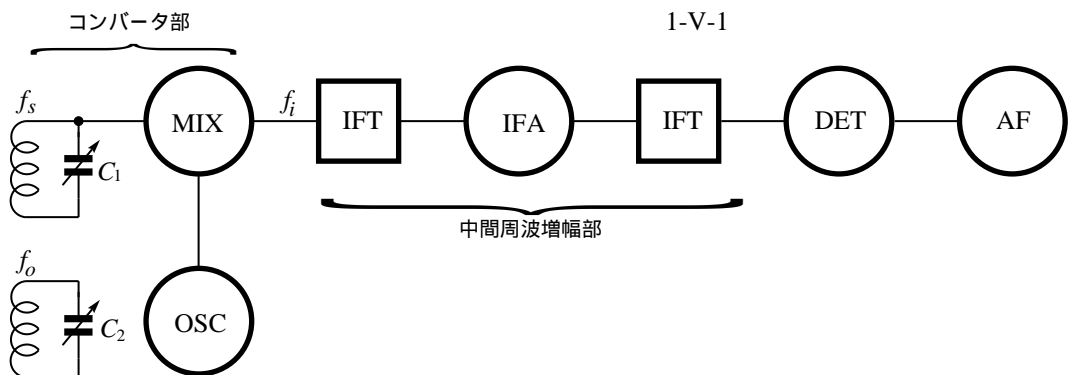
前に調べた低周波増幅にも限界があるように、高周波増幅も当時としては2段が限度でした。ですから、当時としては2-V-2が最高級受信機であったわけです。しかし、人間の欲望には限りなく、第3の増幅方式として開発され

たのが、1919年にアームストロングが特許出願をしたスーパーヘテロダイン方式とよばれるものでした。これは、第4図のように受信電波をいきなり検波せず、中間周波とよばれる低い高周波数の電波に直して、ここで増幅したあと低周波に直すわけです。いままでの表現を用いるならば1-V-1-V-2(高周波1段、中間周波1段、低周波2段増幅)としてもよいでしょう。最初のVは正しくは周波数変換管なのですが、当時はこれも検波管とよんでいました。したがって後のVを第2検波管とよんだのです。この名称は現在でも用いられています。

スーパーヘテロダイン方式が発明されたのは、このような純技術的なことからではなく、第一次世界大戦中、連合軍の用いていた長波受信機で、ドイツ軍が用いていた中短波帯をも受信しようということからだという説もあります。いうならば、コンバータ+親受信機というわたくしたちがよく使う考え方です。

スーパーヘテロダイン受信機にしますと、おのおの周波数の違った三つの部分で安定な増幅ができるため感度は著しく向上しました。それと同時に同調回路の数が多くなり、しかも中間周波増幅部では周波数が一定であるところから、いわゆる中間周波トランスという一次・二次回路をととも共振(同調)させた回路を用いることができますので、その選択は格段によくなりました。周波数変換の専用管である5グリッド管の2A7が作られたのが1933年であり、八極管(三極・五極複合管)が作られたのも同じ年でした(1936年にはビーム出力管6L6が発明された)。

この方式は、いま調べた長所もありますが、同時に今迄の受信機(これをストレート受信機という)になかった欠点ももっています。それは、イメージ妨害とよばれる現象なのです。この方式が開発された当時は長波中波全盛時代



第4図 スーパーヘテロダイン方式

でしたので、中間周波数 f_i は 20 ~ 50kc 程度に選ばれました。ご承知のとおり、入力信号の周波数 f_s 、局部発振周波数 f_o および f_i との間には $f_s \sim f_o = f_i$ という関係がなければなりません。元則としては $f_s > f_o$ でも $f_s < f_o$ でもその動作は全く同じですが、一般には、 f_s を決定するバリコン C_1 と f_o を決めるバリコン C_2 とを単一調整にする関係から $f_s < f_o$ にとっています。もし、 f_s の電波を受信しようとしているときに $f_o + f_i$ という他の周波数の強い電波が到来したり、 f_s を決める同調回路の選択度が悪い場合には、 f_s の代りにまたは f_s と混信して $f_o + f_i$ という信号も受信してしまうことになるのです。これがイメージ妨害とよばれるスーパーヘテロダイン方式の欠点なのです。

たとえば、第4図の受信機で f_i を 455kc とし、 $f_s = 28000\text{kc}(28.0\text{Mc})$ としましょう。そうすれば、 $f_o = f_s + f_i = 28455\text{kc}$ になり、イメージ周波数はさらに 455kc 高い 28910kc となります。そして、もし、同調回路の実効 Q を 60(かなりよい値です)としますと、これを 28000kc に同調させた状態での 28910kc の減衰度は約 0.264、デシベルで表わせれば約 10.5dB にしかありません。一般に、耳で二つの信号を分離することができる限度は 20dB(0.1) の差が必要といわれており、その内容まで判断できるのは 40dB(0.01) の差が要求されるといわれています。したがって、455kc の 28Mc におけるイメージ選択度はほとんどないと考えてよいでしょう。この理由から、戦前の標準放送帯だけの受信機では f_i として 175kc が用いられ、戦後は短波帯(10Mc 付近まで)を含めて 455kc になってきたのです。なぜならば、いくら選択度のよい IFT を用いても、いったん f_i に変換されてしまった信号は増幅されてしまうからなのです。

これを改善するためには、高周波側において同調回路の数を増すか、 f_i を高くしてイメージ周波数をうんと離すかしなければなりません。しかし、前者の方法では同調回路の Q を無理に大きくとることはできませんし、数を増すといっても、安定に増幅できる限度は2段までですから、同調回路は3個以下が普通でしょう。もちろん、ある特定の周波数だけならば6個程度にまで増すことは可能ですが、ある周波数帯を連続して受信するときには実現は困難です(6連バリコンが必要です)。このような無理をするよりも、確実なのは後者の方法を採用することで、だいたいの目安は、最高受信周波数の 1/10 程度を f_i にすればよいのです。

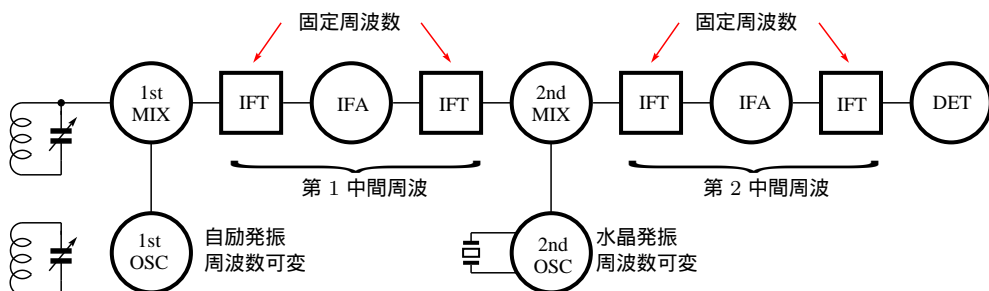
ですから、最高 30Mc の受信機ならば f_i は 3Mc 付近に選びなさいということです。

一方、 f_i を高くすればするほど IFT の選択度は悪くなりますから分離が悪

なくなってしまう。最近では、メカニカル・フィルタやクリスタル・フィルタが発達し、わたくしたちも入手可能にはなりましたが、前者ではまだ1Mc以下しか実用されていません。後者は10Mc付近まで実用されていますが高嶺の花的存在です。そのようなこととは無関係に、短波帯の混信はますますひどくなり、プロの世界では放送局を除いた無線電話は次第にSSBに切り替えられつつあるのです。ハム・バンドも同様で、大都会ではローカル局との通信には50または144Mcでなければとても実用にならないという声も高いのです。しかし、多くのハムの方はローカル局(それも144Mcでは毎日同じ局)だけしか通信できないとしたら、その楽しみはウント減ってしまうのではないのでしょうか。こうなると受信機の f_i を下げるより方法はないのです。

5. ダブル・スーパーヘテロダイン受信機へ

イメージをおさえながら選択度を高めるといふ、相反する要求を解決したのがダブル・スーパーヘテロダイン方式で、その構成の一例を第5図に示しておきます。すなわち、第1中間周波数を最高受信周波数の約 $1/10$ にとることによってイメージ妨害を排除するとともに第2中間周波数を第1中間周波数の $1/5 \sim 1/10$ にとることによって良好な選択度特性を得ようとするものです。第1局部発振器は、シングル・スーパーヘテロダイン方式と同様に自励発振で受信バンドに対応した周波数を発振させますが、第2局部発振器は第1・第2中間周波数が共に固定なので普通水晶発振器が用いられます(発振周波数 = 第1中間周波数 \pm 第2中間周波数)。



第5図 ダブルスーパーヘテロダイン方式

ダブル・スーパーヘテロダイン方式は、アームストロングがこの方式を発明し、特許を得たときにすでに考えられていた方式なのですが、これが一般の受信機にあまり実用されなかったのは、構成その他が複雑である他に第1、第2局部発振器という2組の発振器が同一シャーシ内にあるために引き起す妨害が無視できないためでした。しかも、当時はオールウェーブ受信機全盛時代ですから、受信周波数は必ず連続していなければなりません。たとえば、

第1 中間周波数を 2300kc とし, 第2 中間周波数を 250kc にとってみましょう。そうすると, 第2 局部発振器の発振周波数は 2550kc または 2050kc となります。いま, 前者を使用したとすれば, 2550kc の高調波は 5100, 7650, 10200, 12750, 15300, 17850, 20400, 22950, 25500, …kc となりますので, この受信機の感度がよければよいほど, 実際に入力信号がないのに受信機からは常時これらの周波数では電波が受信できることになるのです。これが偽の (spurious) 信号妨害というもので, もし, これらの周波数付近で本当の入力信号があった場合にはビート音が発生するのです。

これを防止するためには, 第2 局部発振器の高調波勢力を可能な限り少なくし, 第2 周波数変換管以外の場所への回り込みを極力おさえなければなりません。しかし, これを実現するためにはかなりの努力が必要で, 特に自作機などではかなり無理ということになります。オールウェーブ形のダブル・スーパーヘテロダイン受信機があまり発達しなかったのはこの理由なのです。

戦後の動向

1. 必要な受信周波数帯

ここで, わたくしたちの受信機を設計するため, もう一度家庭用ラジオを振り返ってみましょう。最近のラジオは, ほとんどがスーパーヘテロダイン方式を採用し, 標準放送帯と 3.5 ~ 10Mc 程度の短波帯が受信できるようになっています。そして, 前者では 535 ~ 1605kc のバンド一杯に各放送局の電波が受信できます。しかし, 後者では, 受信バンドのごく一部で放送あるいはアマチュア無線の通信が受信できるだけで, その他の大部分は一般の人が受信しても了解できない電信ばかりです。その上, ダイアルのツマミを回してある局に同調させる操作は短波帯ではかなり難かしいのが普通です。なぜこのようになるのでしょうか。

第1 表は標準放送と短波帯放送バンドに割当てられた周波数帯, バンド幅および最高周波数と最低周波数の比を示したものです。これからわかるように, 標準放送では周波数比が 3 ですから, これを一つのバンドとして受信するためには, 同調バリコンの最大容量と最小容量の比は少なくとも $3^2 = 9$ 以上でなければなりません。この理由から, 普通は最大容量が 430pF で最小容量 11pF 程度のものが使われています。これだけですと, その比は 3.9 倍もあるのですが, 実際に受信機として組み込んだ場合には, 真空管の入力容量が 10pF 前後, およびバンド・スイッチや配線などの漂遊容量が 20pF くらいこ

第1表 各放送バンド

メータ バンド	周波数帯 (MC)	バンド幅 (kc)	周波数比
77	3.9 ~ 3.95	50	1.013
49	5.95 ~ 6.2	250	1.041
41	7.1 ~ 7.3	200	1.041
31	9.5 ~ 9.775	275	1.029
25	11.7 ~ 11.975	275	1.021
19	15.1 ~ 15.45	350	1.021
16	17.7 ~ 17.9	200	1.011
13	21.45 ~ 21.75	300	1.012
11	25.6 ~ 26.1	500	1.018
標準放送	535 ~ 1605kc	1070	3.00

れに加わりますので、容量比は約 10 程度になるのです。

これに対して、短波帯での周波数比は、最大の 49m バンドで 1.04 にすぎません。したがって、もし、標準放送波帯と同じように、短波の放送バンドをダイヤル一杯に広げようとするれば、バリコンの容量比は $1.04^2 \approx 1.08$ で、最小容量を約 40pF としても最大容量は 43.2pF とわずか 3.2pF だけ動かせばよいこととなります。しかし、家庭用ラジオ受信機の場合は、コイルだけ切替えてバリコンはそのままですから、一つのバンドで低い方を 3.5Mc にとれば 3 倍の 10.5Mc までカバーしてしまうのです。この結果、一般家庭の方々はもちろん、わたくしたちでも短波放送局に正しく同調をとることは難かしくなってしまうのです。第2表は VHF 帯までの各アマチュア・バンドで、その周波数比は 160m および 6m バンドを除き 1.02 程度で、これも極めて狭いことがわかります。

第2表 各放送バンド

メータ バンド	周波数帯 (MC)	バンド幅 (kc)	周波数比
160m	1.8 ~ 2.0*	200	1.11
80	3.5 ~ 3.575	75	1.02
40	7.0 ~ 7.1	100	1.013
20	14.0 ~ 14.35	350	1.025
15	21.0 ~ 21.45	450	1.022
10	28.0 ~ 29.7	1,700	1.025
6	50.0 ~ 54.0	4,000	1.08
2	144.0 ~ 146.0	2,000	1.015

* わが国では 1907.5 ~ 1912.5kc

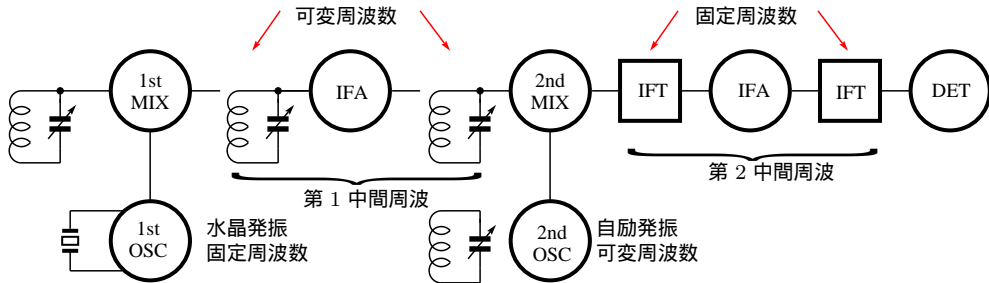
こう申し上げてきますと、“それならバンド・スプレッドをつければよいではないか”というご意見が出てくることと思います。それでは、3.5～10.5Mcの2バンド受信機を例にしますと、3.5Mcを450pFで同調させるとすれば、コイルのインダクタンスは4.6 μ Hとなりますので、3.5～3.575Mcバンドではバリコンの変化量は約20pFになります。一方、9.5～9.775Mcバンドではわずかに4pFしか必要としません。ですから、20pFのスプレッド・バリコンで3.5～3.75Mcを100の目盛一杯に展開できても9.5～9.775Mcでは20目盛でカバーしてしまいますので、スプレッド効果は1/5に落ちてしまいます。逆に高い方でちょうどよくしようとすれば、低い方ではスプレッドが効かないという結果になってしまうのです。

このような欠点を改良したのが、戦後わが国でも実用された2セクション・バリコンの使用で、最大容量430pFのバリコンを240pFと190pF程度に2分割し、535-1605kcの標準放送波帯を受信するときには430pFとして使い、短波帯のときは190pFの方だけを使うわけです。しかし、これでも受信バンドの延びに2.2程度になるだけで、しかも、バンド・スプレッドに関しては前と全く同じということになります。

2. オールウェーブ形から専用受信機へ

家庭用ラジオの短波帯が、いわゆるお飾りの的についているのはあきらめるとしても、わたくしたちが、短波放送やアマチュア局の電波を楽に受信しようとするためには、思いきって不用なところを切ってしまったらどうかということが次の段階として考えられました。いわゆるオールウェーブではなくなるのですが、受信操作はずっと楽になるわけです。

このような目的で戦前からある有名な受信機は、米国ナショナル社製のHROとよばれるものです。当時のものは高周波1段、中間周波2段という今から見れば標準的な構成なのですが、500°に展開できるPWダイヤルと3本1組のパックになったプラグイン・コイルなどは、昭和15年ころにはまさに高嶺の花でした。そして、さらに今問題にしている特定のバンド(ハム・バンド)だけは、プラグイン・コイルの接続を替えるだけで各バンド共に専用受信機にすることができたのです。家庭用受信機でも、各放送バンドだけを受信するようにしたものにエマーソン社その他のものがありました。ただし、このような考え方をしたものは当時はあまり一般的ではありませんでした。この理由は、一つには、必要のないバンドも全部カバーしている、いわゆるオールウェーブという名前に購売者が飛びついていったことと、二つには、バンド



第6図 コリンズ式ダブルスーパーヘテロダイン

を狭くすればするほど高い安定度が要求されたからなのです。

スーパーヘテロダイン方式は、オートダイン方式に比べて感度・選択度・忠実度・安定度がすぐれていますので、通信型受信機だけでなく、家庭用ラジオまでこの方式を採用していることはご承知のとおりです。前者では、選択度に重点がおかれ忠実度は了解度が悪くならない程度まで落されます。後者はその逆ですからある程度の忠実度が要求されます。しかし、ローカル局の放送を楽しむ場合と異なり、短波放送ではいつでも Hi-Fi 受信を望むことは相当困難です。このような理由から、以前のオールウェーブ受信機では $\pm 15\text{kc}$ 程度の広帯域から $\pm 0.1\text{kc}$ という狭帯域まで帯域幅を可変にしたものが多かったのですが、最近の通信型受信機では、標準放送帯を除くと共に必要なバンドだけを必要最小限度の帯域幅で受信できるように変わってきています。

3. コリンズ型ダブル・スーパーヘテロダイン

いま調べたように、受信機がある目的とするバンドだけを受信するようになると共に近接選択度がますます改善されてきますと、それにつれて局部発振器の安定度がより厳重に要求されるようになってきました。すなわち、第5図の方式のダブル・スーパーヘテロダイン受信機では、第1局部発振器が自励発振のため、受信周波数が高くなればなるほどその不安定度によって引き起される周波数変動が問題になってくるのです。たとえば、第1中間周波数 f_{i_1} が 2300kc 、第2中間周波数 f_{i_2} を 250kc としましょう。そして、 28Mc 帯を受信するとすれば、第1局部発振器の発振周波数 f_{o_1} は $f_s + f_{i_1} = 30.3\text{Mc}$ に選ばなければなりません。 f_{o_1} の安定度は自励発振器のためせいぜい 10^{-3} 程度しかありませんから、その漂動は 30.3kc を覚悟しなければなりません。これだけ動かれますと、 455kc の Hi-Fi 用 IFT でもその通過帯域外にハミ出してしまう。まして、 250kc ではなおさらです。

数年前 Q5'er として 50kc の IFT が市販され、多くの方々によって実験されましたが、スタンバイをすると相手の信号が聞こえなくなりダイヤルを再調

整したという方も多いと思います。また、28Mc以上の自励式コンバータでも同じ現象を起すことが多いのです。このような欠点をなくし、しかも受信バンドがどう変わっても常に同じバンド幅だけを受信しようという受信方式が米国コリンズ社によって開発されました。第6図がこの方式の構成例で第5図の方式と異なるところは、第1局部発振回路を水晶発振とし、第1中間周波および第2局部発振回路を可変周波数としたことです。水晶発振器の周波数安定度は 10^{-6} 程度と考えるとよいのですから、前と同じ30.3Mcを発振させたとしても、その漂動は 30.3c/s にすぎないのです。ただし、第2局部発振器が自励ですから、こちらの安定度は 10^{-3} 程度ですが、この場合の発振周波数 f_{o_2} は $f_{i_1} + f_{i_2} = 2550\text{kc}$ にすぎませんので、その漂動は2.55kcと前者に比べて格段によくなります。

もちろん、この受信方式は、前者に比べて第1中間周波部分を可変にしなければならぬこと、各バンドごとに水晶発振子を必要とすること、スプリアス関係は前より発生頻度が多く、あまりバンドの帯域幅を広くとれないことなどの多くの欠点があります。

このPDFは、
『CQ ham radio』1967年7月号
をもとに作成した。
ラジオ関係の古典的な書籍及び雑誌のいくつかを
ラジオ温故知新
<http://fomalhaut.web.infoseek.co.jp/index.html>
に、
ラジオの回路図を
ラジオ回路図博物館
<http://fomalhaut.web.infoseek.co.jp/radio/radio-circuit.html>
に収録してある。参考にしてほしい。