

第2章 AM検波

AM変調された信号から音声信号を取り出すことをAM検波といいます。AM検波の代表的なものはダイオード検波です。以降で製作するラジオでも主にダイオード検波を使用します。ダイオード検波は見た目は簡単ですが動作は複雑であり、特に簡易ラジオでのダイオード検波の動作は結構厄介なものです。

●AM波とは

電波となる高周波を搬送波とよびます。AM中波放送では526.5～1606.5kHzが用いられています。この搬送波を音声信号で振幅変調したものがAM波です。音声信号に応じて搬送波の振幅が変化します。AM波を図2-1に示します。ここでは、わかりやすいように搬送波を粗く描いていますが、音声信号の1周期に搬送波が1000周期ぐらいありますので、実際は真っ黒に描くべきものです。

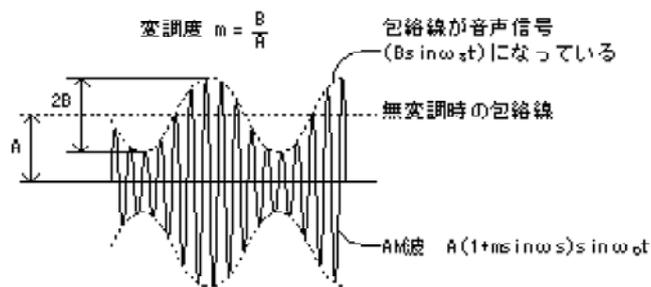


図2-1 AM波

搬送波を $A \sin \omega_c t$ 、変調波である音声信号を $B \sin \omega_s t$ とします。

このときAM波 e_{AM} は $e_{AM} = A(1+m \sin \omega_s t) \sin \omega_c t$ となります。

ここで m は変調度とよばれ、 $m = \frac{B}{A}$ です。

$$\begin{aligned} \frac{e_{AM}}{A} &= \sin \omega_c t + m \sin \omega_s t \sin \omega_c t \\ &= \sin \omega_c t + \frac{m}{2} (\cos(\omega_c - \omega_s)t - \cos(\omega_c + \omega_s)t) \end{aligned}$$

となりますので、AM波は ω_c 、 $\omega_c - \omega_s$ 、 $\omega_c + \omega_s$ の三つの周波数からできているのが、わかります。

以上は音声信号を単一の周波数としましたが、実際の音声信号はいろいろな周波数を含んでいます。すなわち音声信号のスペクトルは広がりをもっています。ですからAM波のスペクトルは図2-2のようになります。搬送波の周波数をはさんで、対称の領域が二つできます。上側を上側帯波、下側を下側帯波といいます。AM波のスペクトルは、音声信号の帯域幅によって、このように広がります。AM放送は9kHzおきにチャンネルが設定されていますので、この帯域幅があまり広がることは許されません。ですから、音声信号の帯域幅は7.5kHzに制限されています。私達はAMラジオから、あまり高音が出ていないことを知っていますが、その主な理由はここにあります。

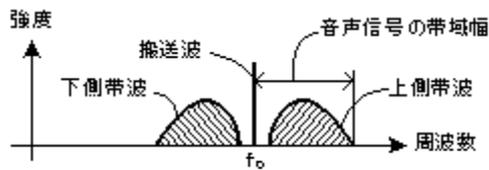


図2-2 AM波のスペクトル

●AM検波

ラジオを作るにはAM波から音声信号を取り出す必要があります。AM波から音声信号を取り出すことを検波とよびます。検波の方法には、いろいろな方法があります。前述した図1-29のピークホールド回路も検波です。同期検波という、やや高度な検波もあります。しかし、最も一般的な方法は以下の方法です。

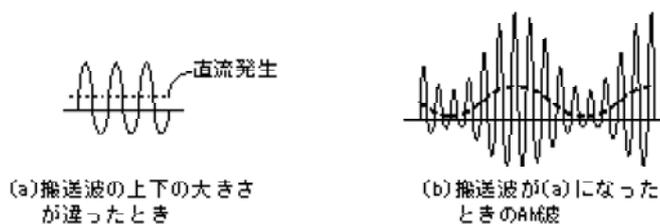


図2-3 AM検波

搬送波の上下で振幅の大きさを変化させたとします。このとき直流が発生します。この様子を図2-3(a)に示します。AM波は $A(1+m\sin\omega st)\sin\omega ct$ でした。 $\sin\omega ct$ に直流が発生すると、当然音声信号 $\sin\omega st$ の成分が発生します。この様子を図2-3(b)に示します。破線がこの音声信号です。この方式では、交流の半波整流のように下の振幅を0としたときが、最も大きな音声信号成分が得られます。コンデンサで一番上の値を保持すれば、さらに大きな音声信号成分が得られます。これが包絡線検波です。包絡線検波を具体的に行うには、一般的にダイオードを用います。以降でいろいろなラジオを作っていきますが、主にこのダイオード検波を用いています。以下ダイオード検波について述べていきます。

●ダイオード特性

まずダイオードの特性を知る必要があります。ダイオード検波に使用するのは小信号用のダイオードです。小信号ダイオードには主に、ゲルマニウム、シリコン、ショットキバリアがあります。これらの電圧・電流特性を調べることにします。使用した各ダイオードを写真2-1に示します。可変抵抗で電流の値を変えて、ダイオードに流れる電流と、ダイオード両端の電圧を測定します。図2-4は実際に私が測定したものです。

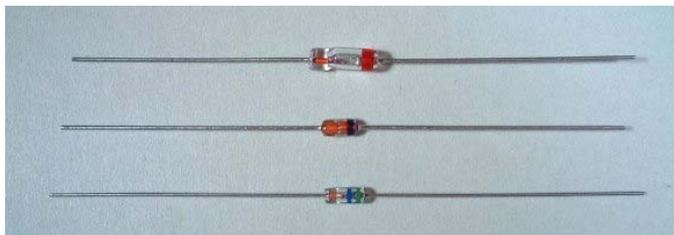


写真2-1 電圧・電流特性を測定した各ダイオード
 上からゲルマニウム(1N60相当品)、シリコン(1S2076A)
 ショットキバリア(1SS97)

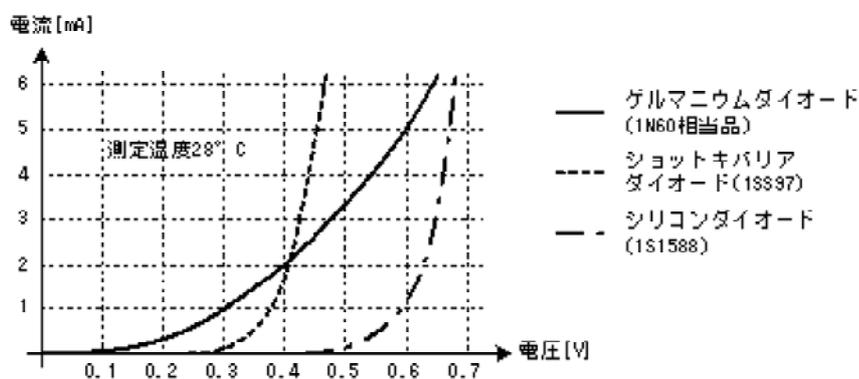


図2-4 各ダイオード電流-電圧特性

シリコンとショットキバリアでは、0.3V以下ではほとんど電流が流れません。ところが以降で作る簡易ラジオでは、検波するAM波は0.1V以下です。ですから、簡易ラジオにはこれらのダイオードは使用できません。ただしバイアス電圧をかけるという方法を用いれば使用は可能ではありますが、これは面倒です。というわけで、簡易ラジオではゲルマニウムダイオードの独壇場となります。

簡易ラジオでは、検波するAM波は0.1V以下といいました。ですから、この領域の特性を見る必要があります。図2-5にこの部分を拡大したものを示します。ダイオードに逆電圧をかけたときを、破線で示しました。検波は順方向と逆方向の差で行われるものです。10mV以下では、これらの差はありませんので、10mV以下の領域ではダイオードとして機能しません。さらに、この領域では流れる電流もわずかですから、検波効率が極めて悪いことが容易に想像されます。

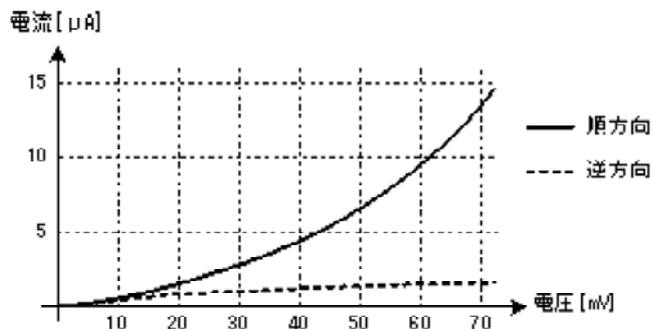


図2-5 ゲルマニウムダイオード電流-電圧特性(小電圧部分)

●ダイオード検波

図2-6がダイオード検波回路です。もちろんダイオードはゲルマニウムダイオードが使用されます。コンデンサCに搬送波の先頭値を充電します。このCの容量には最適値がありますが、それは後述します。抵抗Rは、搬送波が小さくなったとき、コンデンサの電荷を放電するためのものです。この回路の入力と出力の波形を図2-7に示します。出力は、このように充電と放電を繰り返しています。また、図に示すように、出力は完全にAM波のピーク値になっているわけではありません。入力が0.1V以下の小さい電圧のときは、ダイオードに流れる電流が極めて小さいので、出力は入力に比べもっともっと小さくなります。

ところで以降で検波出力について述べますが、検波出力といった場合、次の二つが考えられます。

- ①無変調時のDC電圧値
- ②音声信号のピーク値の電圧

ここで問題は、②は変調度によって変化することです。ですから今後、検波出力の大きさを述べるときには①を使用したいと思います。以後、単に「検波出力」といった場合は、①の無変調時のDC電圧値とします。実は、表1-1のV3は①でした。ただしコンデンサで切られていてDC電圧が0のときは、②を使うしかありません。このときは「音声信号のピーク値」と明記することになります。この値は変調度によって変化することに注意が必要です。

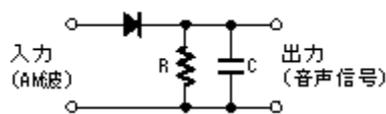


図2-6 ダイオード検波

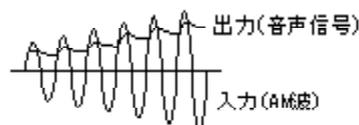


図2-7 ダイオード検波波形の細部

ここで、抵抗Rをどのように選ぶべきかについて説明します。抵抗Rが最適値に比べ大きいとき、入力が小さくなったときに出力がついていけなくなります。その様子を図2-8に示します。この音声信号の歪みは、ダイヤゴナル歪みとよばれています。図2-9に示すように、音声信号の角周波数を ω_s としたとき最大の傾きは $B\omega_s$ です。一方、コンデンサが放電される場合を図2-10に示します。このときのコンデンサの両端電圧の最大の傾きは v_0/CR です。変調度 $m=1$ 、つまり変調度100%では $B=v_0$ となりますので、 $\omega_s=1/CR$ のとき、コンデンサの放電と音声信号の最大傾きは同じになります。抵抗Rを決定するには、音声信号の周波数 f_s ($\omega_s/2\pi$)を1~2kHzぐらいにして、 $\omega_s=1/CR$ より決定

すればよいこととなります。実際、音声信号はもっと高い周波数を含んでいますが、高い周波数は変調度が100%になることはないので、1~2kHzで十分です。ただし、この方法は目安を与えるにすぎません。実際入力小さくなったときの底ではダイヤゴナル歪みが多少発生しますし、多くの周波数を含んでいるときは、音声信号の最大傾きも、もっと複雑です。ですから、この目安で抵抗Rを決め、実際に音を聞いて最終の抵抗値を決定する必要があります。

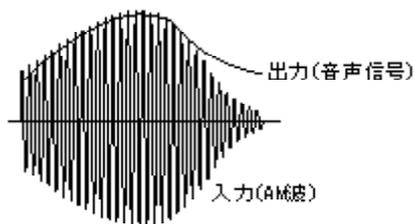


図2-8 ダイヤゴナル歪み

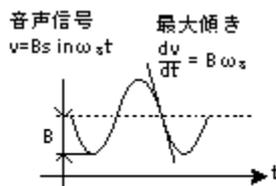


図2-9 音声信号の最大傾き

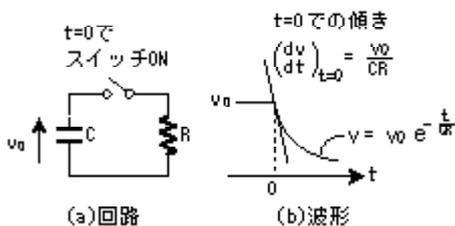


図2-10 コンデンサの放電特性

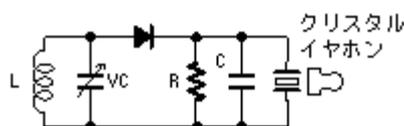


図2-11 ゲルマニウムラジオ

以上、放電用の抵抗について説明しましたが、これはダイオードに十分大きい電圧がかかっている場合です。第3部スーパーヘテロダイナミックラジオが相当します。第2部の簡易ラジオでは、ダイオードにかかる電圧が0.1V以下と小さく図2-5のダイオード特性になります。この場合、ダイオードに流れる逆電流も無視できなくなるので、以上の放電用の抵抗は不要か、もっと大きい抵抗で十分となります。

●ゲルマニウムラジオ

第1章、図1-31のバーアンテナの共振回路に、図2-6のダイオード検波回路をつなぐとラジオになります。音は非常に小さいのでクリスタルイヤホンで聞きます。これが、電源を使わずに電波のエネルギーのみでイヤホンを鳴らす、最も簡単なラジオです。通称、ゲルマニウムラジオとよばれています。図2-11に回路を示します。LはバーアンテナSL-55GTです。

クリスタルイヤホンの詳細は第3章増幅回路で述べますが、ここで要点のみ述べておきます。現在入手できるクリスタルイヤホンは圧電素子を振動子にしたもので、インピーダンスはほぼ容量であり、その値は0.02μFあります。これは私の実測値ですが、かなり大きな容量です。両端のピーク電圧が50mVもあれば、十分な音量で聞くことができます。ピーク電圧1mVが限界で、なんとか音と認識できる音量です。これ以下では全く聞こえません。

では、図2-11のゲルマニウムラジオでC局が聞こえるでしょうか。検波回路をつなぐ前の共振回路の出力は、ピーク値で約5mVです。前述したように、ゲルマニウムダイオードは10mV以下ではダイオードとして機能しませんので、図2-11の回路ではC局は全く聞こえません。ではD局はどうで

しょうか。D局はC局の約10倍の電界強度ですので、検波回路をつなぐ前の共振回路の出力はピーク値で約50mVあります。なんとか聞こえそうですが、残念ながら全く聞こえません。クリスタルイヤホンはピーク電圧で1mVあれば、なんとか音として認識できると述べました。ということはD局を**図2-11**で受信しても、検波出力である音声信号のピーク値は1mVも出ないということになります。

この理由を考えてみます。クリスタルイヤホンは0.02 μ Fあると述べました。ですからCは不要です。ダイアゴナル歪みを考慮すると、Rは5k Ω ぐらいが必要ですが、検波回路の入力電圧が50mVと小さいときは、逆方向電流も効いているので、こんなに小さな抵抗は不要です。100k Ω ~500k Ω の値で十分です。このとき共振回路からみて検波回路のインピーダンスがいくらになるか、という問題に答える必要があります。

まずダイオードが理想的な場合を考えます。つまり、正の電圧で抵抗0、負の電圧で抵抗 ∞ のときです。コンデンサ0.02 μ Fは搬送波にとって、ほとんどショート状態ですので、非常に小さいインピーダンスになると考えてしまうかもしれませんが、間違いです。たしかに、初めは非常に小さいインピーダンスですが、徐々にコンデンサ両端の電圧が上がりますので、コンデンサのインピーダンスの影響がなくなってきます。ただし、コンデンサ両端の電圧が十分上がる入力で、検波回路がドライブされているという条件も必要です。ここでは理想的なダイオードで考えていますので、入力のピーク値、つまり実効値の $\sqrt{2}$ 倍の直流電圧がコンデンサに充電されます。そうすると、 $\sqrt{2}$ の2乗つまり2倍の電力がRで消費されますので、共振回路からみた検波回路のインピーダンスはR/2になります。ただし実際は、ダイオードの順方向電圧のためにコンデンサ両端の電圧は入力のピーク値よりも小さくなりますので、共振回路からみた検波回路のインピーダンスはR/2よりも大きくなります。また、ダイオードの順方向電圧のためにダイオードでも電力を消費しますので、もっと複雑になります。このように実際は複雑ですが、だいたいRぐらいと思っておけばよいでしょう。なお、検波回路が以上のように等価的な抵抗で考えられるのは、共振回路でドライブされているからです。これは**図1-21**で説明した通りです。通常の電源でドライブされれば、検波回路はただの非線形回路です。

ダイオードの特性が理想的な特性とは程遠く、かつ非常に大きいインピーダンスの電源で検波回路をドライブしたときは、検波回路のインピーダンスを見積るのは非常に困難です。困難ですが、大雑把にいて、だいたい次のようになります。コンデンサの電圧はほとんど上がりませんので、コンデンサのインピーダンスはほぼ0と考えてもよいでしょう。ダイオードの抵抗は20mVのところでは電圧/電流を計算すると、順方向で13k Ω 、逆方向で25k Ω になります。ですから、共振回路からみた検波回路のインピーダンスは、だいたい数十k Ω と考えてよいと思います。検波回路をつなぐ前の共振回路の出力は約50mVでした。この出力インピーダンスは210k Ω です。そうすると、検波回路をつないだ瞬間、共振回路の出力は1/10ぐらいに低下し、5mVぐらいになってしまいます。こうなると、ダイオードとして機能しませんので、検波出力は0になってしまいます。以上が、バーアンテナSL-55GTを用いたゲルマニウムラジオでは、強力なD局ですら全く聞こえなかった理由です。

ここで、入力が小さいときのダイオード検波についてまとめておきます。

- ・入力が100mV以下になると、ダイオードとしての機能が非常に悪くなります。また、逆方向の電流も無視できなくなります。**図2-4**だけを見れば、入力が100mV以下のときダイオードとして働くのが、むしろ不思議なぐらいです。

- ・ダイオードとしての機能が悪いので、コンデンサを十分充電できなくなります。その結果、コンデンサが負荷となり、検波回路の実効的なインピーダンスが下がります。ダイオードの機能が十分で、かつコンデンサが十分充電されますと、コンデンサは負荷にはなりません。
- ・直接、共振回路に検波回路を接続した場合は、共振回路に低いインピーダンスが接続されることになり、共振回路のQが低下して共振回路の出力が大幅に低下します。

とにかく、簡易ラジオでは入力小さいので、検波出力は驚くほど小さくなります。だいたい値として、検波出力と入力の比は1/10~1/100ぐらいとっておけばよいでしょう。これを計算で求めるのは容易なことではありません。ここは、実測するのが一番確実です。この実測は、以降の具体的なラジオでしていきたいと思います。

●倍電圧検波

図2-12に倍電圧検波回路を示します。この回路は倍整流回路として、交流から直流を得るときに、よく用いられます。倍整流回路では出力インピーダンスが十分小さいトランスでドライブされますので、確かに2倍近い出力が得られます。しかし簡易ラジオの検波回路として用いるときは、出力が2倍になるのを期待して用いられるものではありません。簡易ラジオでは、何度も述べるように入力電圧が非常に小さくなります。そしてダイオードは図2-5で示す特性のところで使用されます。このときの特徴は、逆電流も順電流に比べ無視できないくらい流れ、理想的なダイオードとは程遠い特性になります。また、順方向の電流も極めて小さく、コンデンサの充電に非常に時間がかかります。以上のために簡易ラジオに図2-12を用いても、検波出力が2倍になるのは全く期待できません。例えば、図2-11のゲルマニウムラジオに用いると、D2が負荷になるために、かえって検波出力が小さくなります。

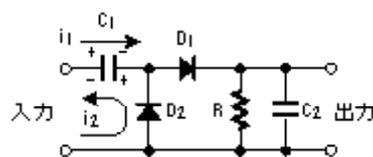


図2-12 倍電圧検波

しかしながら、簡易ラジオでは図2-12の回路が使用されます。これは以下の理由によります。共振回路に、直接に検波回路をつなぐことはできませんでした。ですから、共振回路の出力をトランジスタ回路で増幅した後、検波回路につなぐことになります。このとき、そのトランジスタ回路のコレクタに検波回路を接続します。ダイオードD1には直流を流せません。直流を流すとダイオードの動作点が移動して、それこそ小さい入力ではダイオードとして機能しなくなるからです。そこでトランジスタ回路のコレクタに検波回路を接続するには、C1を用いて直流を切る必要があります。このとき電流*i*₁によって図のようにC1に電荷がたまります。ここでもしD2がないと、この電荷が放電されず、正常な検波ができなくなってしまいます。D2があると、電流*i*₂によって、この電荷が放電されるので、正常な検波ができるようになります。D2のかわりに適当な値の抵抗を用いても動作はしますが、その抵抗が負荷となりますので検波出力が小さくなります。やはりD2を用いる方がすぐれています。

●トランジスタ回路をドライブ

ここで、ダイオード検波回路の平滑用コンデンサについて考えます。図2-13に出力インピーダンス R_o の電源をつないだときのダイオード検波回路を示します。まず、入力電圧が大きく D_1 の動作が理想に近いときを考えます。 D_1 で整流された半波の電圧で C_1 が充電されますが、時定数 C_1R_o で充電されます。もし、抵抗 R とコンデンサ C の直列回路を直流で充電するならば、90%充電するのに、時定数 CR の約2倍の時間がかかります。このダイオード検波では半波の直流ですので、90%充電するのは、もっと時間がかかり、だいたい時定数 C_1R_o の10倍くらいかかります。以上を考えて対象の音声信号の周波数に十分追従できる、つまり理想的な包絡線検波になるようにするには、 C_1 は十分小さい容量にする必要があります。この C_1 の電荷を放電するのが R_1 でしたから、 R_1 は R_o に比べ十分大きくなります。

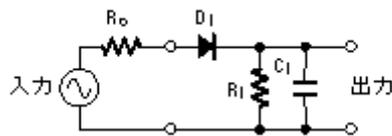


図2-13 出力インピーダンス R_o の電源でダイオード検波をドライブ

ところがです。実際のラジオでは検波回路にトランジスタ回路が接続されますので、以上のように簡単にはなりません。以下、検波回路にトランジスタ回路が接続された場合を考えます。その回路を図2-14に示します。トランジスタ回路に接続するためには C_2 が必要です。 C_2 がないとトランジスタ回路と検波回路の直流が影響し合って、どちらも動作できなくなります。この C_2 には C_1 に比べて十分大きい容量が必要です。

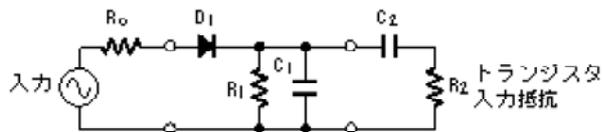


図2-14 トランジスタ回路をドライブ

トランジスタ入力抵抗 R_2 については第3章で詳しく説明しますが、だいたい $5k\Omega \sim 10k\Omega$ です。ですから、図2-13の回路で最適に R_1, C_1 を決定しても、このような抵抗が並列に付いてしまうので期待する動作をしなくなります。例えば図2-13の回路で最適な R_1 が $100k\Omega$ とすると、 $5k\Omega \sim 10k\Omega$ の抵抗 R_2 が並列に付いてしまいますので、最終的に得られる検波電圧は極端に小さくなってしまいます。また、 C_1 の電荷が非常に速く放電され、リップルが非常に大きくなってしまいます。リップルとは図2-7に示す上下の変動のことです。ですから、このリップルを減らすためには C_1 を大きくしなければならなくなります。

検波回路にトランジスタ回路が接続されるときに考慮すべきことをまとめると以下となります。

1. 図2-13では、まずコンデンサ C_1 の容量を決定しましたが、図2-14では抵抗 R_2 が先に決まっていますのでコンデンサの容量は後で決定することになります。

2. 放電用の抵抗R1の決定は結構厄介です。大きすぎると、R2の値が変わることによる検波出力の変動が大きくなります。また、後述する負の先頭歪みを考慮すると、小さい方がよいということになります。ただし、小さすぎると検波出力が小さくなってしまいます。だいたいR2ぐらいか、やや小さいぐらいが妥当となります。
3. 以上の抵抗で、対象となる音声信号の応答性(周波数特性)、検波出力のリップル、ダイアゴナル歪みを考慮してC1を決定します。ただし、すべて満足するのは困難ですので適当な妥協が必要です。
4. 検波出力の大きさは1.～3. で必然的に決定してしまいます。

図2-14の各定数の決定について述べましたが、ダイオードの特性も絡んできますので、計算で求めるのは非常に困難です。ですから、実際は実験で求めることとなります。なお、以上は入力が大きく、ダイオードが理想に近いときです。入力が0.1V以下となる簡易ラジオの場合はさらに複雑となり、とても計算では求められず、実験的にしか決定できません。

ところで図2-14の回路には、ひとつ厄介な現象があります。それは負の先頭歪みです。これは、C2により検波回路の直流負荷と交流負荷が違ってくることにより発生します。図2-15で、この負の先頭歪みについて説明します。

C2には無変調入力の際の検波出力が、図の極性のように充電されます。この直流電圧を v_0 とします。C2は大きい容量ですが、 v_0 は十分時間が経ったときに充電される値です。ここで入力電源の出力インピーダンス R_o を小さいとしますと、 v_0 はほぼ入力の無変調時の電圧になります。入力の変調信号が小さくなったとき、図のように電流が流れてR2両端には負の電圧が発生しますが、このときの電源はC2両端の電圧 v_0 です。ここで、入力が0[V]になったときを考えます。このときのR1の両端電圧は $v_0 R_1 / (R_1 + R_2)$ [V]となります。入力が0[V]になったときのR1両端の電圧が $v_0 R_1 / (R_1 + R_2)$ [V]となるということは、入力が0[V]から $v_0 R_1 / (R_1 + R_2)$ [V]になるまではD1が働かないということです。ただし、D1の順方向電圧を0[V]としています。つまり、入力が0[V]から $v_0 R_1 / (R_1 + R_2)$ [V]になるまでは出力が同じということになります。その結果、(b)のように底が切られた波形になってしまいます。この歪みが負の先頭歪みです。この歪みを小さくするには、R2に比べてR1を小さくする必要があります。

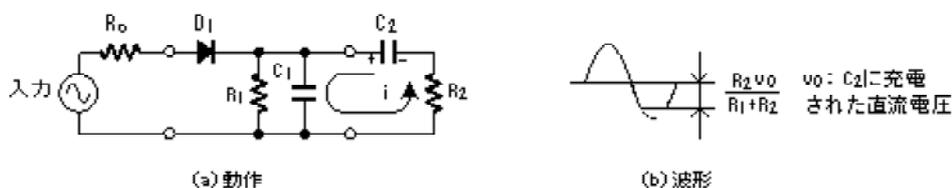


図2-15 負の先頭歪み

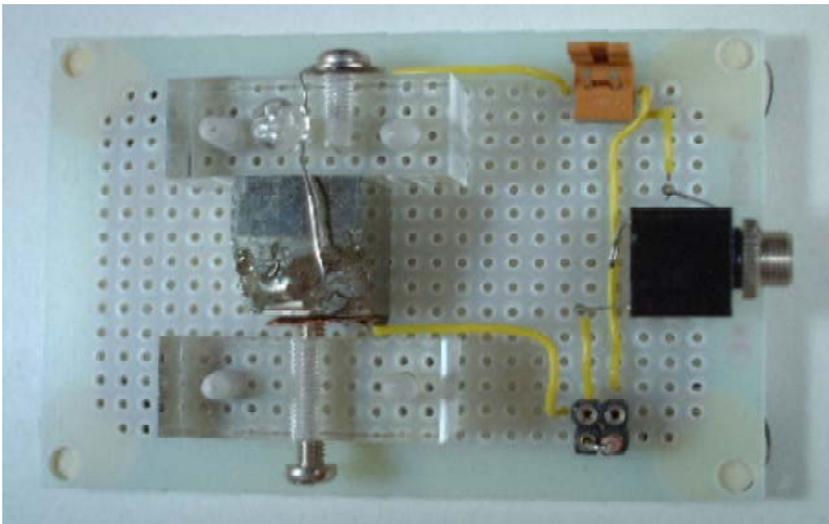
以上の説明では入力電源の出力インピーダンス R_o を小さいとしましたが、この R_o が大きい場合どうなるでしょうか。このときは入力の無変調時の電圧は、 v_0 よりかなり大きくなります。ですから、負の先頭歪みが発生する範囲、0[V]から $v_0 R_1 / (R_1 + R_2)$ [V]は、入力の電圧に比べ割合が小さくなります。つまり、入力電源の出力インピーダンス R_o が大きいと、負の先頭歪みは発生しにくいのがわかります。なお、負の先頭歪みを考慮する必要があるのはダイオードが理想に近い場合です。以降で製作するラジオではスーパーヘテロダイナミックラジオが対象ですが、その検波回路は R_o

が大きい場合に相当しますので、この負の先頭歪みを気にする必要はあまりありません。

■ちょっと道草1 黄鉄鉱ダイオード

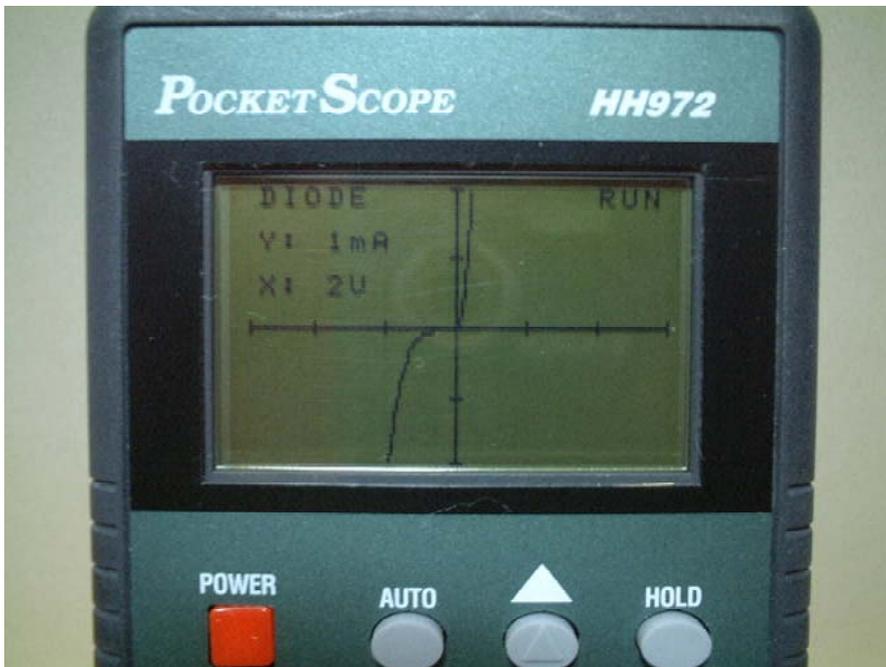
鉱石ラジオという言葉聞いたことはないでしょうか。これはゲルマニウムラジオに鉱石検波器を使うものです。ある種の鉱石、例えば黄鉄鉱や方鉛鉱に針を接触させると検波ができるようになります。なぜ鉱石に針を接触させるとダイオード特性が発生するのでしょうか。ショットキバリアダイオードになるのではないかとはいわれますが、おそらくこれは間違いです。自然の鉱石の表面は非常に複雑で、純粋に理由を考えるのは困難です。ですから、よくわからないというしかないようです。

写真M1-1は私が製作した黄鉄鉱の検波器です。黄鉄鉱は鉄の硫化物で、鉱物標本を取り扱っている店では必ず入手できる標準的な鉱物です。

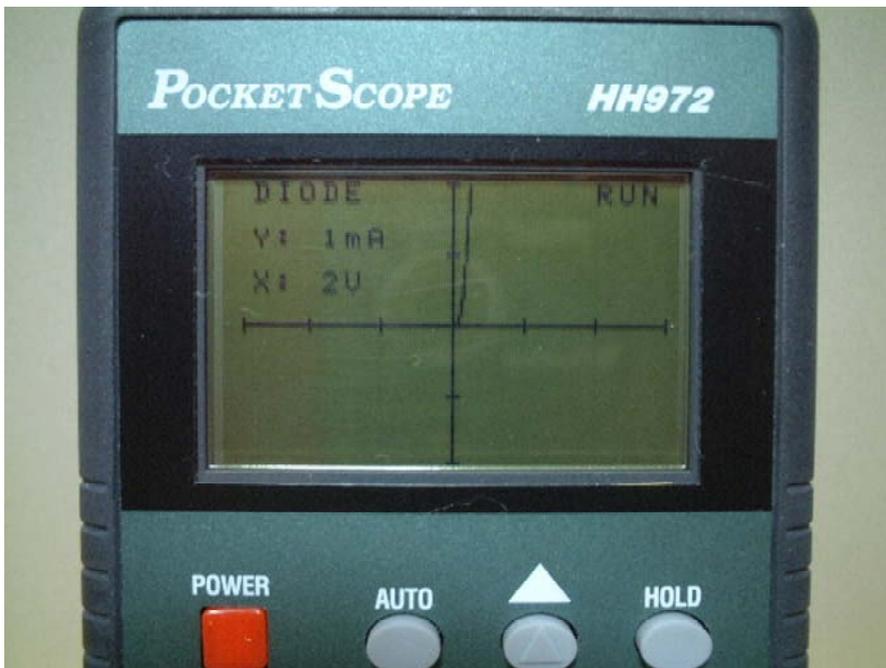


写真M1-1 製作した黄鉄鉱の検波器

写真M1-2はこの黄鉄鉱の検波器の特性を調べたものです。針がプラスです。参考として**写真M1-3**にゲルマニウムダイオードの特性も示します。このレンジでは逆方向電流は確認できません。



写真M1-2 製作した黄鉄鉱の検波器の電圧電流特性

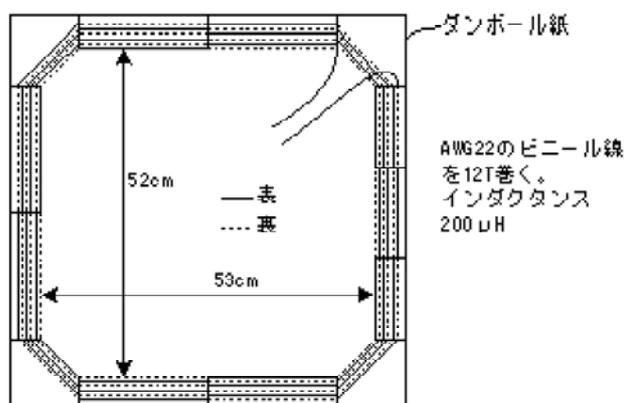


写真M1-3 ゲルマニウムダイオードの電圧電流特性(参考)

黄鉄鉱の検波器は、原点付近では確かにダイオード特性があるのがわかります。しかし、ゲルマニウムダイオードに比べれば検波作用は、やはり劣ります。ゲルマニウムラジオでは、ゲルマニウムダイオードでも音を出すのはむずかしいのですから、この黄鉄鉱の検波器ではなおさらです。ですから私はスーパーヘテロダインラジオのIF出力に、この黄鉄鉱の検波器をつないでラジオを楽しんでいます。鉱石スーパーといったところでしょうか。

■ちょっと道草2 大ループアンテナによるゲルマニウムラジオ

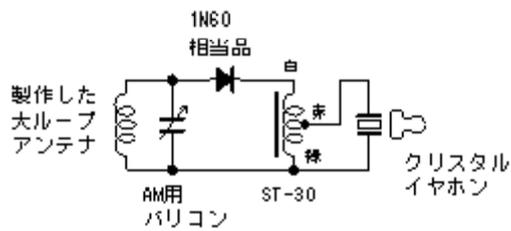
バーアンテナSL-55GTを用いたゲルマニウムラジオでは、私の家の中ではどの局も聞こえませんでした。せめてD局とE局を聞こえるようにしたくなりました。そこで大ループアンテナを製作することにしました。図M2-1に製作した大ループアンテナを示します。ダンボール紙に切り込みを入れ、いわゆるスパイダー巻きにしました。第1章で製作した写真1-4の空芯コイルに比べて面積は約200倍です。なお、数字は詳しく示してもあまり意味がありませんので、大雑把な数字を使います。巻き数が1/10になりますので、結局、発生電圧は写真1-4の空芯コイルに比べ20倍になります。発生電圧はコイルの面積と巻き数に比例します。AM用バリコンを使うとして、共振回路のためにはコイルのインダクタンスはほぼ同じにする必要があります。コイルのインダクタンスはコイルの面積に比例し、巻き数の2乗に比例します。以上より、発生電圧はコイルの面積の平方根に比例するようになります。これは、あくまで目安ですが、つい発生電圧がコイルの面積に比例するように考えてしまいますので注意が必要です。



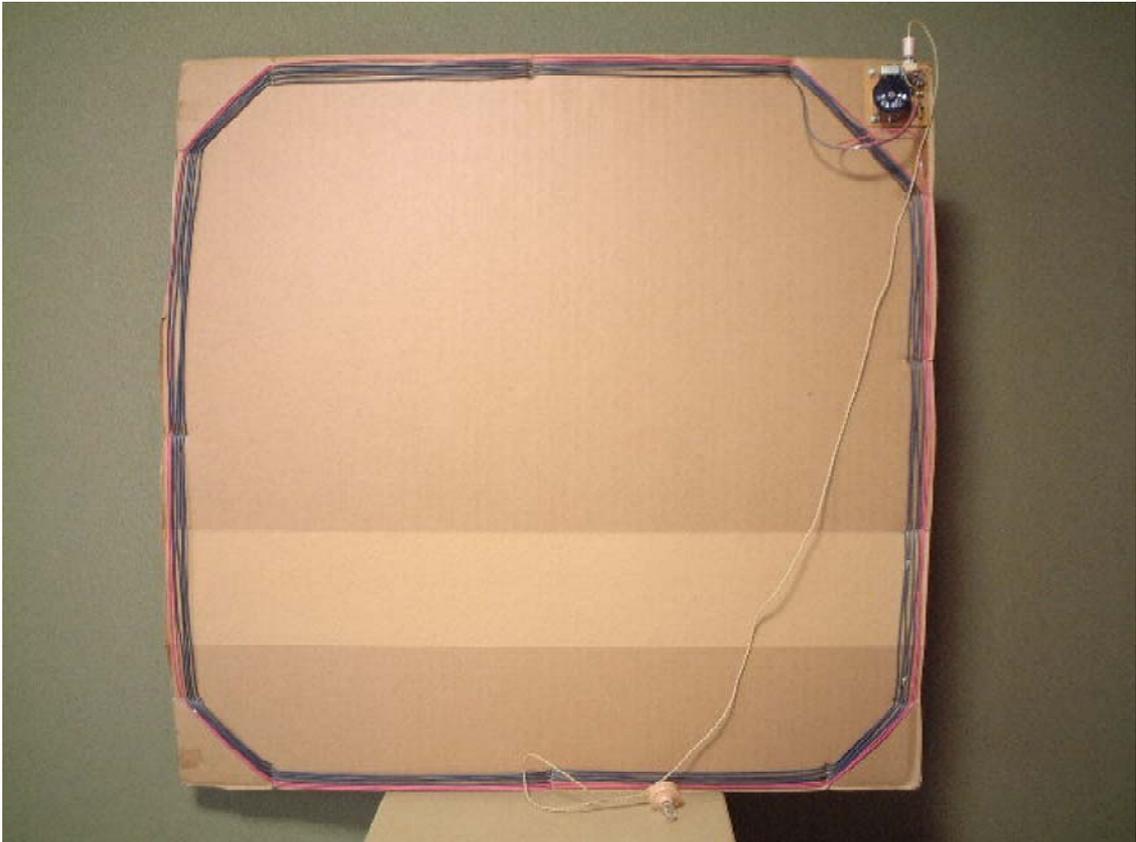
図M2-1 製作した大ループアンテナ

この製作したループアンテナのインダクタンスは200μHでした。AM用バリコンを使うとしたら、もう少し大きくしたいところです。今回はE局がぎりぎり聞こえればよいので、このままにしています。E局より下の局を聞くためには、あと3~4T巻き足す必要があります。

ゲルマニウムラジオは電波のエネルギーでクリスタルイヤホンを鳴らすものです。ここで、図1-24を思い出してください。共振回路からエネルギーをとると、共振回路の帯域が広がり選局特性が悪くなります。ですからゲルマニウムラジオでは必然的に選局特性が悪くなります。ゲルマニウムラジオで選局特性を気にするのは邪道だと私は思います。音量のみを気にするべきだと思います。ということで少しでも音を大きくするようにしたゲルマニウムラジオの回路を図M2-2に、製作したものを写真M2-1に示します。



図M2-2 大ループアンテナの
ゲルマニウムラジオの回路



写真M2-1 製作した大ループアンテナのゲルマニウムラジオ

クリスタルイヤホンの容量は $0.02\mu\text{F}$ あります。この容量を小さくすれば共振回路の負荷が小さくなり、検波出力が増えます。そのためにST-30を用いました。こうすることにより検波出力は2倍近く大きくなります。ST-30の高周波での等価回路は複雑ですので、実際はこのように単純ではないでしょうが、確実に検波出力が2倍近く大きくなります。なお、ここに図2-12の倍電圧検波回路を用いると、もっと大きな検波出力が得られると思われるかもしれませんが、かえって検波出力は小さくなってしまいます。

検波回路を接続する前の共振回路の出力は、D局で1Vに達します。しかしクリスタルイヤホンの両端の音声信号のピーク値は70mVぐらいにしかありません。検波出力では100mVぐらいでしょう。このように共振回路に直接検波回路をつけたときの検波効率は非常に悪いものです。それでも、このラジオでは、D局がうるさいくらいに聞こえます。E局も十分な音量です。C局ですら、十分ではありませんが、そこそこ聞こえます。残念ながら選局特性は非常に悪く、バリコンのどの位置でもD局が聞こえてしまいます。



ふじひら・ゆうじ

RFワールド・ウェブ・ブックス「ラジオで学ぶ電子回路」第9章 再生・超再生ラジオ

(C)Yuji Fujihira 2009

<http://www.rf-world.jp/>