

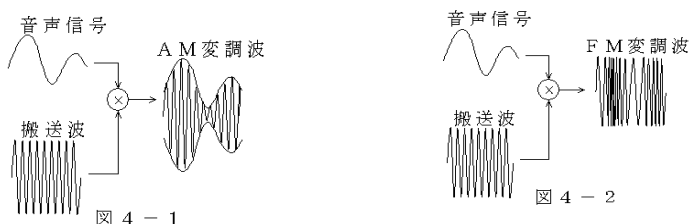
## 1. ラジオの原理

最も単純なラジオ放送は、音声を電気信号に変え、そのまま電波にして送信する方法である。しかし、この方法には難点が2つある。まず、ヒトの耳に聞こえる音の周波数 $f$ は20kHz [Hz] ~ 16000 [Hz] 程だから、そのまま電波にすると、電波の速さが光の速さ $c$ と同じ  $30\text{万k} (30 \times 10^7)$  [m/s] であることから、波長は、

$$= \frac{c}{f} = \frac{15000000 (15 \times 10^6)}{16000} \sim 18750 \text{ [m]}$$

となる。アンテナの大きさはおおよそ電波の波長の  $0.5$  程度必要である。従って、アンテナの長さは750000m (7500km) ~ 9.38km と幅が大きく、すべての音域の周波数に対応できないことがわかる。ラジオの受信回路も同様である。さらに困ってしまう点は、電波の届く範囲には1つの放送局しか設置できないことである。2つ以上の放送局では常に **混信** してしまうのである。したがって、この方法は無線電が發明された当時の火花放電とモールス信号による送信の時代ならば許されるが、現代には不向きと言える。

そこで現在では、放送局ごとに監督官庁から割り当てられた周波数の電波に、音声信号などを混ぜて送信し、受信側でもその音声信号を取り出すということが行われている。この割り当てられた周波数を放送局の **周波数** と言っている。この周波数のもとの正弦波を **搬送波** といい、音声信号などのいわば荷物を運ぶ役目をしている。 **搬送波** に音声信号などを混ぜることを一般に **変調** といい、変調の方式には **AM変調** (AM), **FM変調** (FM), 位相変調 (PM) などがある。



## (2) 変調方式

振幅変調 Amplitude Modulation 略して **AM**

もともと正弦波だった搬送波の振幅を音声波形 (AMラジオ) や映像パターン (TV) などの信号に応じて変化させる方式をいう。図4-1は音声をマイクで電気信号に変換し、その信号を変幅器にかけて搬送波を変調し、送信される時の波形の様子を図解した。

周波数変調 Frequency Modulation 略して **FM**

搬送波の周波数を音波の波形 (FMラジオやTVの音声) に応じて変化させる変調方式をいう。周波数変調器に信号が入らないときの周波数 (中心周波数) が、搬送波の周波数である。FM放送は、その仕組みからAMよりも広い周波数帯域を必要とするので、AMラジオの搬送周波数 (数百kHz) よりも高い周波数 (数10MHz) が使われる。また比較的簡単な回路でも高音質の送信機が製作可能で、FMワイヤレスマイクも自作できる。

(参)

ラジオ、テレビの搬送波は **高周波** (無線周波数 Radio Frequency 略して RF) と呼ぶ30kHz以上の周波数の電波である (電波法で決まっている)。

音波 (20kHz ~ 20Hz) と同じ周波数の電波や電気信号は **低周波** (Audio Frequency 略して AF) という。

## 2. 受信機の原理

一口で言えば、「様々な放送局からやってくる電波をアンテナで受け、その中で、特定の放送局の電波だけを受信機内部に導き (同調)、搬送波から音声信号を取り出し (検波)、信号の振幅を大きくして (増幅)、スピーカで音に変える。」ことが、受信機の原理である。ラジオの製作は、理屈なしでおこなえば中学生でも可能であるが、その中で使われている原理は大変高度であり、高校生のレベルを超えている。さらに、トランジスタ1個で作る簡単なラジオの回路を設計する事は、大学で電子工学を学んだ者にとってもかなり大変な事である。そこで、原理を定性的に解説する。

### (1) 各部とはたらきと主な部品

最も単純な受信機であるストレート受信機を例にとって解説する。

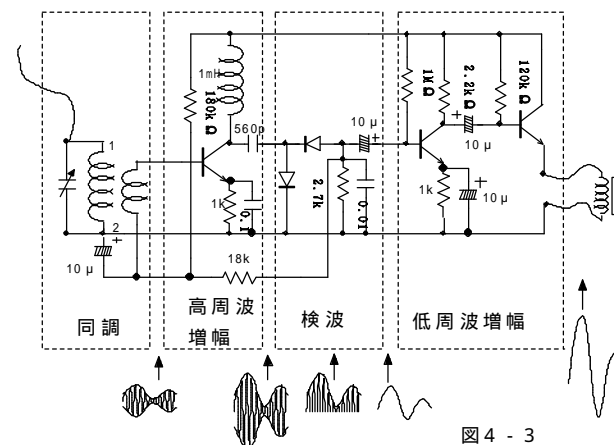


図4-3

### 受信

色々なアンテナが用いられるが、受信する周波数によって最適なアンテナがある。アンテナ素子の長さは受信する電波の波長の1/2が基本の単位になる。FMラジオやテレビでは **超短波 (VHF)** や **極超短波 (UHF)** が用いられ、波長が短いので、小型のアンテナですむので、感度の良い **八木アンテナ** が用いられている。

AMラジオは **中波 (MF)** なので、波長は300m程度あり、極めて大型のアンテナが必要になり、理想的なアンテナは実現不可能である。しかし、AMラジオでは、粉末磁性体の棒にエナメル線を巻き付けたアンテナコイル (フェライトバーアンテナコイル) が電波の磁界に高感度に反応するので、適当な長さのアンテナ線だけで十分実用になる。

### 同調

アンテナコイルと **可変コンデンサ (バリコン)** を用いる。インダクタンス  $L$  [H] のコイルと電気容

量  $C$  [F] のコンデンサからなる回路は、 $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$  の周波数で **共振** するので、 $C$  を変えることで、ある特定の電波だけ共振させて強く受けることができる。この働きによって空中を飛び交う色々な電波の中から1つだけを選び出している。

### 増幅

古くは3極真空管、5極真空管などを用いたが、現在はトランジスタであり、高周波増幅、中間周波増幅、低周波増幅とそれぞれの段階ごとに増幅回路が配置されている。最近はこちらすべての機能が1つのICで実現されている。

### 検波 (復調)

AM受信機では、古くは2極管などを用いたが、現在は半導体ダイオード (ゲルマニウムダイオード) を用いている。搬送波や中間周波の周波数に比べて音声信号などの周波数は小さいから、ダイオードの整流作用を用いて+側だけ取り出した後、コンデンサなどで少し平滑してやると、音声信号だけになる。

FM受信機では、一種のフィルターである周波数弁別器を通して音声信号だけ取り出す。

## (2) 受信機の種類

### ストレート受信機

受信の原理のままの受信機である。製作は容易で、昔は科学好きの少年は必ず自作して楽しんだ。しかし、受信機としては必ずしも満足できる物ではなかった。その理由は、

- ・ **感度が悪い**。高感度になると動作が不安定になる。
- ・ **選択度が悪い**。周波数が近い電波を完全に分離することが出来ず混信する。

等の根本的な問題があり、必ずしも実用にはならないからである。

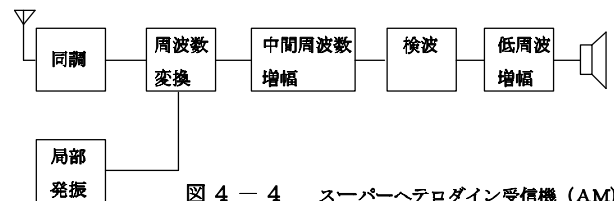


図 4 - 4 スーパーヘテロダイン受信機 (AM)

### スーパーヘテロダイン受信機

ストレート受信機の問題点を改善するために考案された受信機で、最も一般的な方式である。その構成は、受信した電波を検波しないで**中間周波に変換**して検波する。この方式を**ヘテロダイン方式**といい、中間周波が高周波のものを特に**スーパーヘテロダイン**という。

スーパーヘテロダイン受信機では、ある放送局の電波 (周波数  $f_0$  [Hz]) を受信すると、受信機内部で  $f_1$  [Hz] の信号を発信する。受信電波との積をとると、 $f_1 - f_0$  [Hz] の信号を作り出すことができる。そして、どんな放送局の電波を受信しても  $f_1 - f_0 = 455$  [kHz] になるように、放送電波を受信して同調するとき  $f_1$  を調節している。(そのために2連バリコンで同調回路の共振周波数と、発振回路の発信周波数を同時に変化させる)。

複雑になるがこの様な方式をとると、受信機内ではその後の増幅・検波を、どんな放送局の場合でも、455kHzで行うことができ、回路設計と部品の特性をそれに合わせればよく、安定で**高感度**のものが作れる。また、455kHzにのみ同調する増幅器なので、**選択度**が上がり、**混信**に強い受信機となる。この455kHzを**中間周波数** (Intermediate Frequency, IF) といい、中間周波増幅器の性能でラジオの性能が決まる。

## (3) AM受信機とFM受信機

FMはAMに比べて大変音質がよい。これは構造的に**雑音を取り除く**ことができるためである。FM変調波は、音声によって**周波数**が変化し、**振幅**には全く情報が乗せられていない、従って振幅を一定にそろえる回路 (**振幅制限器**) をもうけても問題ない。振幅制限器に通すとある値以上の振幅をカットするので、雑音のほとんどを取り除くことができる。AMでは振幅そのものに音声信号を乗せているため、振幅制限器を取り付けることができない。

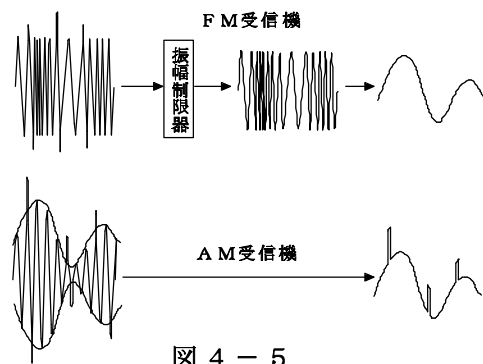


図 4 - 5

## (4) AM受信機の各部のはたらき

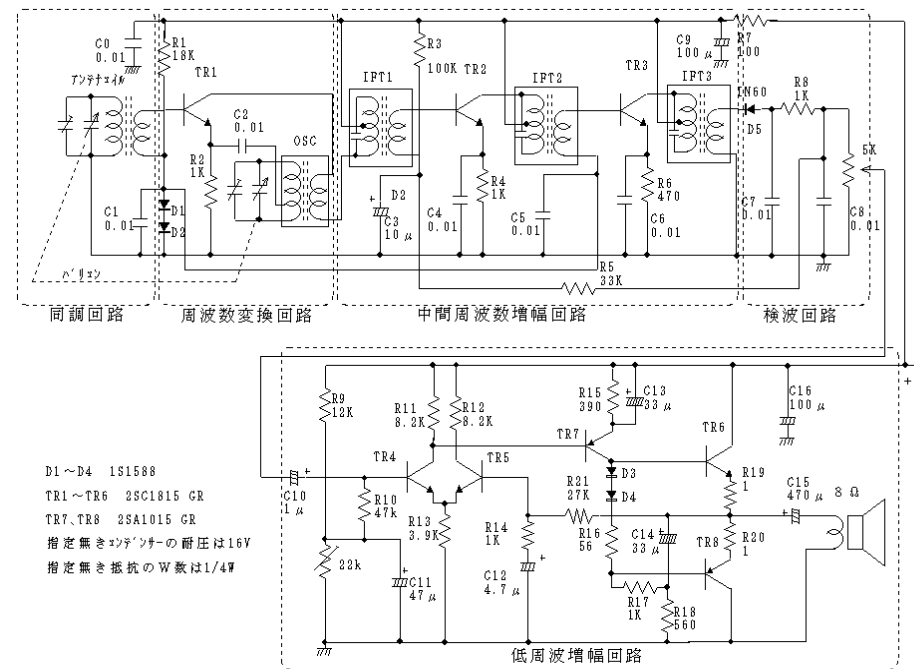


図 4 - 7 AMラジオ全回路

### 同調回路

**アンテナコイル**と**バリコン**で、希望する放送局の電波だけ同調して取り出す。**バリコン**には選局ダイヤルが固定されている。

### 局部発振器 OSC

アンテナコイル部のバリコンと連動するバリコンがあって、受信周波数より455kHzだけ常に高い周波数の局部発振を行うようにしている。調整は赤くペンキを塗ったトランスで行う。会社出荷時にある程度調整してあるので、製作途中でむやみにトリマを回さないこと。

### 中間周波トランス IFT - A (黄), B (白), C (黒)

前段の信号を次の段へ伝える。そのとき、455kHzの**中間周波**のみ伝えるように、磁性体コアのネジ込み状態を変えて、コイル部のインダクタンスを調整する。粗い調整は会社出荷時に行っているの、OSC同様むやみに回さないこと。

### 中間周波増幅

音声信号の混じった455kHzの中間周波をトランジスタで2段増幅している。

### 検波

**ダイオード** (1N60) によって行われる。中間周波の中に入っている音声信号を取り出す。

### 自動利得調整器 Auto Gain Control 略して AGC

電波の弱いときはTR2の増幅率を高め、強すぎるときは抑えるはたらきを抵抗R5にもたせている。

### 音量調整

スイッチ付き可変抵抗器 5k でボリュームを調整する。

### 低周波増幅

5個のトランジスタを使った本格的なオーディオアンプで、歪みが少なく、周波数特性が広い高音質な増幅器である。

### スピーカ

電流変化となった音声信号で駆動される。