



## 第3章 小さな信号を適切な大きさまで増幅する

# 音声信号を増幅する アンプの設計

★実験に必要な測定器：デジタル・マルチ・メータ、  
低周波発振器、ひずみ率計(オーディオ・アナライザ)  
★あると便利な測定器：ネットワーク・アナライザ

川田 章弘  
Akihiro Kawata

### マイク・アンプの設計に挑戦

これまでの説明で、信号を増幅する理由は理解できたかと思います。本章では、とても小さな信号を増幅する**マイク・アンプ**を作ってみます。

カラオケなどで気軽に使うマイクから出てくる信号って、そんなに小さいの？と思う人も多いと思います。どのくらいの信号が出てくるのか？についても、アンプを設計しながら学んでいきましょう。

● **エレクトレット・コンデンサ・マイクロホンを使う**  
使用するマイクロホンは、写真3-1に示すような**エレクトレット・コンデンサ・マイクロホン(ECM**：Electret Condenser Microphone)です。あまり聞いたことがないと思う人も多いかもしれませんが、実はメジャーなマイクロホンです。秋葉原などの電子部品小売店でも簡単に手に入ります。

● **マイクロホンにはいろいろな種類がある**  
マイクロホンにはいろいろな種類があります。昔からよく目にするのは、**ダイナミック・マイクロホン**でしょう。皆さんがマイクと聞いて思い浮かべる、あの

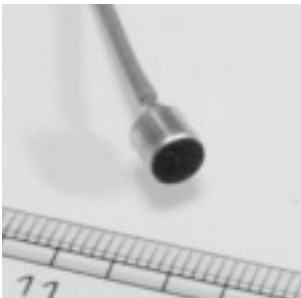


写真3-1  
使用するエレクトレット・  
コンデンサ・マイクロホンの  
外観 [KUC1323(ホシデン)]

屋台のアイスクリームのような形をしたマイクロホンは、ほとんどがこのダイナミック型です。このマイクロホンは、**コイルと磁石を使ったダイナミック・スピーカ**と同じ動作原理(磁界の中をコイルが動くことによって発生する起電力を取り出す)のマイクロホンです。スピーカと同じ原理ですから、マイクロホンにアナログ信号を加えれば、当然、音が出ます。

しかし、**ECMは、エレクトレット振動膜(高分子フィルムをコロナ放電などによって帯電させた振動膜)で構成されたコンデンサのあとにハイ・インピーダンス入力のバッファ回路が入っている**ので、音を出すことはできません。

### ■ アンプのゲインを考えるには 音の知識が必要

表4-1に文献(1)から引用した音圧レベルと実際の音の代表例を示しました。この表から、通常の会話は、およそ70 dB SPL程度だと知ることができます。

● **音の大きさを表す SPL とは**  
**SPL(Sound Pressure Level)とは、20  $\mu$ Paの音圧を0 dBとしたときの音の圧力のこと**です。

本誌でも、dBmやdBVなどの表現をよく目にすることがあると思いますが、これらの単位にも当然基準が存在し、dBmは1 mWの電力を基準とした値、dBVは1 V<sub>RMS</sub>を基準とした値です。

デシベルにはいろいろな基準がありますので、初めて聞いたdB単位であれば、堂々と基準を聞きましょう。かく言う私も、dBcという単位を初めて知ったとき、先輩に聞いたものです。ちなみに、dBcは、基準となる信号(キャリア)に対してどのくらいの大きさか?を表しています。高調波ひずみ(第2章で説明)などのレベルを表すときに使用されます。

### Keywords

マイク・アンプ、エレクトレット・コンデンサ・マイクロホン、ECM、音の大きさ、SPL、dB SPL、dBm、dBV、dBc、dB/Pa、ゲイン、オフセット電圧、入力インピーダンス、周波数特性、THD、雑音、SNR、FDM、TDMA、CDMA

● マイクロホンの感度の単位「dB/Pa」

ECMの感度の単位は、dB/Paで記載されています。0 dB/Paは、1 Paの音圧がECMに加わったときの電圧が1 V<sub>RMS</sub>になることを示しています。

今回使用するECMは、KUC1323(ホシデン)です。KUC1323の感度は、-45 dB/Paです。もし、同じECMが入手できなくても、ECMはだいたい同じような感度ですから使えると考えてよいでしょう。

## 仕様を決める

まずゲインや周波数特性、入力インピーダンスを考えます。

### ■ マイク・アンプのゲインを決める

● 通常の会話で得られるECMからの出力電圧はとも小さい!

通常の会話の音をECMに加えたときに、ECMから得られる電圧を計算するために、70 dB SPLをPaに換算します。dB SPLの定義から、

$$70 \text{ dB SPL} = 20 \times 10^{-6} \times 10^{\frac{70}{20}} \dots\dots\dots (3-1)$$

$$\approx 63.2 \text{ mPa}$$

です。また、ECMの感度は-45 dB/Paですから、1 Paの音圧がECMに加わったときに生じる電圧は、

$$1 \times 10^{\frac{-45}{20}} = 5.62 \text{ mV}_{\text{RMS}}/\text{Pa} \dots\dots\dots (3-2)$$

です。

上記の二つの値から、通常の会話でECMに生じる電圧は、次のようになります。

$$5.62 \times 10^{-3} \times 63.2 \times 10^{-3} = 355 \mu\text{V}_{\text{RMS}} \dots (3-3)$$

ここで、会話の音圧レベルがランダム(正規分布)に変化すると仮定して、RMS値をピーク・ツー・ピーク値(P-P値)に変換します。RMS値を6.6倍すればよいので、

$$355 \times 10^{-6} \times 6.6 = 2.3 \text{ mV}_{\text{P-P}} \dots\dots\dots (3-4)$$

です。小さいと思いませんか?

ちなみに、音楽などの音響信号は、音圧レベルの小さな音ほど発生頻度が高くなりますので、この換算はかなり余裕をみたものです。したがって、この程度の電圧を想定しておけば、ちょっと声が大きかった場合でも、アンプの出力が飽和してしまう可能性は低くなくと考えられます。

一方、ECMへの入力信号に正弦波を仮定すると、RMS値を $2\sqrt{2}$ 倍したのがP-P値ですから、

$$355 \times 10^{-6} \times 2\sqrt{2} = 1.0 \text{ mV}_{\text{P-P}} \dots\dots\dots (3-5)$$

です。

● 予想される入力電圧と適切な出力電圧からゲインを求める

これらの結果から、今回は2.3 mVと1.0 mVの間をとり、通常の会話によってECMからは1.65 mV<sub>P-P</sub>程度の電圧が生じると考えることにします。

次に、このECMの出力電圧を、+5 V単電源動作

表3-1<sup>(1)</sup> 音圧レベル [dB SPL] と実際の音の例

音圧レベル [dB SPL]	代表例
140	近くの銃声
120	音の大きなロック・グループの演奏
100	近くの叫び声
80	にぎやかな通り
70	通常の会話
50	静かな会話
30	小さなささやき声
20	夜の田園地帯
6.5	1 kHzでの平均絶対閾
0	基準レベル

