

## 第3章

# MOS 増幅回路の基礎

机の横に置いてある FM チューナの選局ボタンを希望の放送局に合わせると、スピーカからはいつもの DJ の声が聞こえてきます。このようにふだん何気なく使っているチューナの中にも、放送局から送られてくる微弱な信号を増幅したり、電波から希望の放送局の信号を取り出したりして、それを大きく増幅してスピーカから元の音を再生する機能があります。このような増幅回路は、チューナだけでなく、テレビ、携帯電話、パソコンなどのさまざまな電子機器の中で使われています。本章ではアナログ回路の中でもっとも基本的な回路である「増幅回路」を取り上げて説明します。

### 3.1 基本増幅回路

アナログ信号を増幅するには強力な助っ人(能動素子)が必要です。第2章で紹介した MOSFET は、増幅回路の助っ人として頻繁に使用されています。MOSFET にある三つの端子のうち二つの端子を入力端子と出力端子に割り当てると、最後に一つの端子が残ります。この残った端子を一定の電位に固定することで3種類の増幅回路ができます。つまり、ソース、ゲート、ドレインのどれかを固定電位に接続する端子とすれば、ソース接地、ゲート接地、ドレイン接地の3種類の増幅回路ができます。

端子が接地(GND)とは限らない固定電位に接続されるのに、なぜ「接地」という名前が付くのでしょうか。これは電気回路の授業で学んだように、増幅される信号にとって、電位が一定の端子は交流的には接地とみなすことができるからです。なお、MOSFET の入出力端子の割り当てとしては、電氣的に絶縁されてい

表 3-1 各種の増幅回路

	ソース接地	ゲート接地	ドレイン接地
ソース	固定電位	入力端子	出力端子
ゲート	入力端子	固定電位	入力端子
ドレイン	出力端子	出力端子	固定電位

るゲート端子は入力端子としてしか使えないので、表 3-1 のような増幅回路の組み合わせが可能となります。

この章では、MOSFET の寄生キャパシタが特性に影響を及ぼさない低周波領域における増幅に焦点を絞って話を進めます。寄生キャパシタが問題となる高周波領域における増幅については、第 4 章で詳しく紹介します。

### 3.1.1 ソース接地増幅回路

表 3-1 に示した増幅回路の中で、ソース接地増幅回路はアナログ回路でもっともよく利用されます。最初にこのソース接地回路の増幅機能について説明をします。

第 2 章で述べたように、ほとんどのアナログ回路では MOSFET を飽和特性領域(第 2 章の図 2-4 を参照)で動作させています。この飽和特性領域では、ドレイン電圧  $V_{DS}$  を変化させてもドレイン電流  $I_D$  はほとんど増えません。言い換えると、出力抵抗  $r_o$  がきわめて大きいバイアス条件下で MOSFET を動作させているのです。以下では増幅の原理を理解しやすくするため、まず出力抵抗  $r_o (= v_{ds}/i_d)$  を無限大と仮定して説明をします。ただし  $v_{ds}$  はドレイン-ソース間電圧、 $i_d$  はドレイン電流の微小変化量を表します。以下では、 $v$ 、 $i$  などの小文字は微小変化量を表すことにします。後半では現実に戻り、出力抵抗を有限の値に戻して電圧利得を計算します。

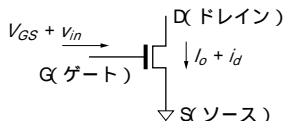


図 3-1 ソース端子を接地した n チャンネル MOSFET の小信号応答  
ゲートに信号  $v_{in}$  を入力するとドレイン電流が  $i_d$  変化する。ソース接地 MOSFET は電圧 電流変換素子として動作する。ただし、 $i_d = g_m v_{in}$  とする。