

## 第 1 章

# 高効率電力変換技術「D級増幅」の実際

～スイッチングによる交流増幅があたりまえの時代に～

「デジタル・アンプ」という名称の高効率なオーディオ・アンプが、  
注目を集めています。

ON/OFF を繰り返すスイッチング技術を採用したためデジタルと  
名づけられていますが、正しくはD級増幅方式といいます。

本章では、D級アンプが誕生した背景を紹介します。

## 1-1 スイッチング技術の波がオーディオ機器にもやってきた

### エネルギーを無駄使いせずにする「スイッチング技術」

私たちの生活は、すでに大量生産、大量消費、大量廃棄というバブリーな形態から、地球環境への負荷をできるだけ低減しつつ、持続的に発展する「循環型社会」へと移行しつつあります。

このような社会環境の中で、省エネと高性能を両立できる技術が求められています。そんな技術の一つとして、「スイッチング」と呼ばれるテクノロジーが注目されています。そして、本書の主役であるD級パワー・アンプにも、この技術が使われています。

現在では、「スイッチング技術」がエアコンや冷蔵庫、洗濯機、照明器具(インバータ蛍光灯)などの家庭電化製品からハイブリッド自動車にいたるまで、私たちの生活になくてはならない技術として深く入り込んでいます。

### スイッチング技術を使えば小型軽量と大出力を両立できる

産業分野では、消費されている電力の多くが電車や工場の巨大なモータを駆動するために使われていると言われていました。したがって、この分野の電力の利用効率を上げることは以前からとても重要なテーマで、早くからスイッチング技術が導入されました。

電子回路の分野でも、比較的大きな電流を扱う部分から導入されました。スイッチング技術がその力を遺憾なく発揮している電子回路といえば、すべての分野の電子機器に使われているスイッチング電源でしょう。

とくに、パソコンに搭載されている高速のマイクロプロセッサに大電流を供給する電源には必須の技術になりました。スイッチング電源を使うことによって、電力の使用効率が上がるだけでなく、大きな放熱器や冷却ファンから解放されました。

スイッチング技術を使えば高効率に電力を利用できるので、装置の小型軽量化と大出力化を両立できます。

このような背景の中で、スピーカを駆動するためのオーディオ用パワー・アンプにもスイッチング技術が利用されるようになりました(図1-1)。

## 1-2

## D級パワー・アンプの可能性は無限

### オーディオ機器にもスイッチング化の波がきた

最初スイッチング技術は、巨大な商用の電源トランスと電解コンデンサを使った電源回路の高効率化を目的に利用されました。そして、パワー・アンプ・システムを小型軽量化する道が開けました。



【図1-1】D級パワー・アンプは小型で大出力！

これと並行して、ポータブルのCDプレーヤやMDプレーヤ、携帯電話、ノート・パソコンといった音声インターフェースをもつ携帯機器が爆発的に普及しました。携帯機器は、小型軽量であることはもちろん、電池が長持ちすることを強く求められました。そして、機器の中でも電力消費の大きいパワー・アンプの効率化が課題になったのです。

そこで登場したのが、電源だけでなく、アンプの増幅回路自体にもスイッチング技術を導入した「D級パワー・アンプ」です。D級パワー・アンプは、オーディオ出力の小さいノート・パソコンなどの携帯用機器から本格的に使われ始めました。

現在は、100 Wの大出力アンプを8チャンネルぶんも内蔵するホーム・シアタ用のAVシステムにも搭載されるようになりました。

DVDソフトの爆発シーンなどで、体を揺さぶるほどの低音を再生するパワー・サブウーハのアンプには、D級パワー・アンプがうってつけです。なぜなら、発熱が許されない密閉された筐体を使って、数百Wという大きな電力を出さなければならぬからです。

### 音を扱うシステムがすべてデジタル化される日は近い

従来のレガシー・タイプのアナログ・アンプとニュー・タイプのD級パワー・アンプを比較すると、そのメリットは一目瞭然です。そうです！これからはD級パワー・アンプの時代なのです(図1-2)。

ただ、D級パワー・アンプがすべての面でレガシー・タイプのアンプより優れて



(a) 従来のアナログ・アンプ...大きくて重い、そして熱が出る

(b) D級パワー・アンプ...軽くて小型なのに大出力

[図1-2] これからはD級パワー・アンプの時代

いるわけではありません。

D級パワー・アンプの最大の弱点はノイズです。アンプ内部で大きな電流の流れをバチバチとON/OFFするので、出力端子や電源、周囲の空間へノイズを撒き散らしてしまうのです。D級パワー・アンプの設計では、このノイズをいかに低く抑えるかが鍵です。

## C o l u m n 1

### 世界初のD級HiFiオーディオ・アンプSONY TA-N88

1977年に、ソニーから世界初のステレオD級パワー・アンプ TA-N88(写真1-A, 写真1-B)が発表されました。高さ80mmの薄い筐体で、250W + 250Wという当時としては破格の大出力を実現していました。

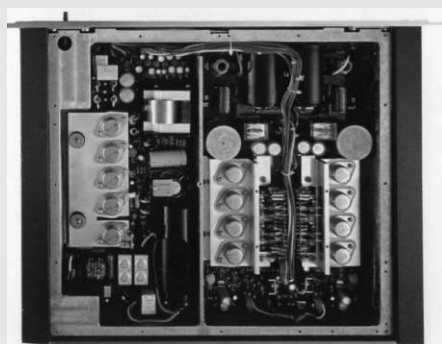
図1-Aに示すのは、TA-N88の回路を簡略化したものです。信号変調方式はPWMです。500kHzのキャリア信号を入力信号と出力からのフィードバックの差分とともに積分して、その出力をコンパレータでPWM信号に変換しています。フィードバックを採用することで、Hi-Fiオーディオとして十分に通用する性能を達成していました(表1-A)。

TA-N88には、V-FETという現在のパワーMOSFETのさきがけとなった接合型のコンプリメンタリ・パワーFET 2SJ28と2SK82を採用していました。V-FETは、パワー素子でありながらジャンクションFETと同じディプリーション型なので、カット・オフさせるために負のゲート電圧が必要でした。そこで、スイッチング電源にフローティング出力巻き線を用意して対処しています。

TA-N88の誕生から20年以上経った今、スイッチングに適したパワーMOSFET



【写真1-A】世界初のデジタル・アンプTA-N88の外観 [ソニー(株), 180,000円]

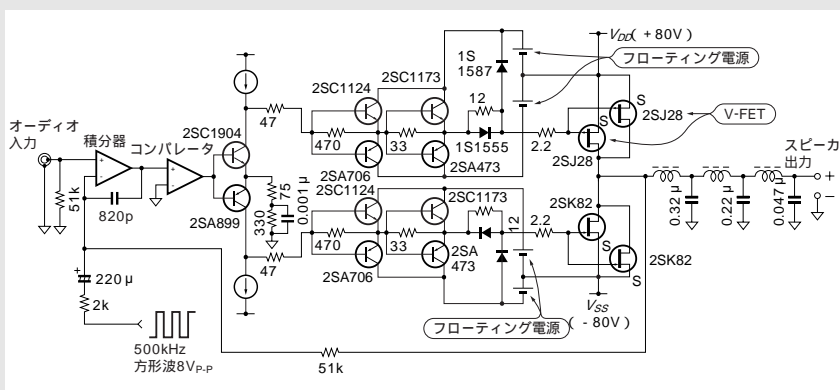


【写真1-B】TA-N88の内部のようす  
(写真提供：香川県 西村和浩氏)

今後、D級パワー・アンプは、ノイズという弱点を克服して、携帯機器だけでなく、放送機器や屋外ライブ用の大音響SR(Sound Reinforcement)システムまで、音が必要なすべての機器に使われることになるでしょう。

デバイスが普及して低価格になり、さらに変調技術や誤差補正技術の進歩によって、D級パワー・アンプはいよいよ本格的な普及に向けて大きく前進し始めました。

(本田 潤)



[ 図 1-A ] TA・N88 のパワー・アンプ部の回路

[ 表 1-A ] TA・N88 の主なスペック

項目	条件	数値
出力@ $R_L = 8 \Omega$ , $THD = 0.5\%$	1 kHz	250 W + 250 W
	20 Hz ~ 20 kHz	160 W + 160 W
SN比		110 dB
周波数特性	+ 0.5 dB , - 1 dB , 8	5 Hz ~ 40 kHz
入力感度	50 k	1.4 V <sub>RMS</sub>
ダンピング・ファクタ	1 kHz , 8	20
サイズ		480[ W ] × 80[ H ] × 360[ D ]mm
質量		11 kg