

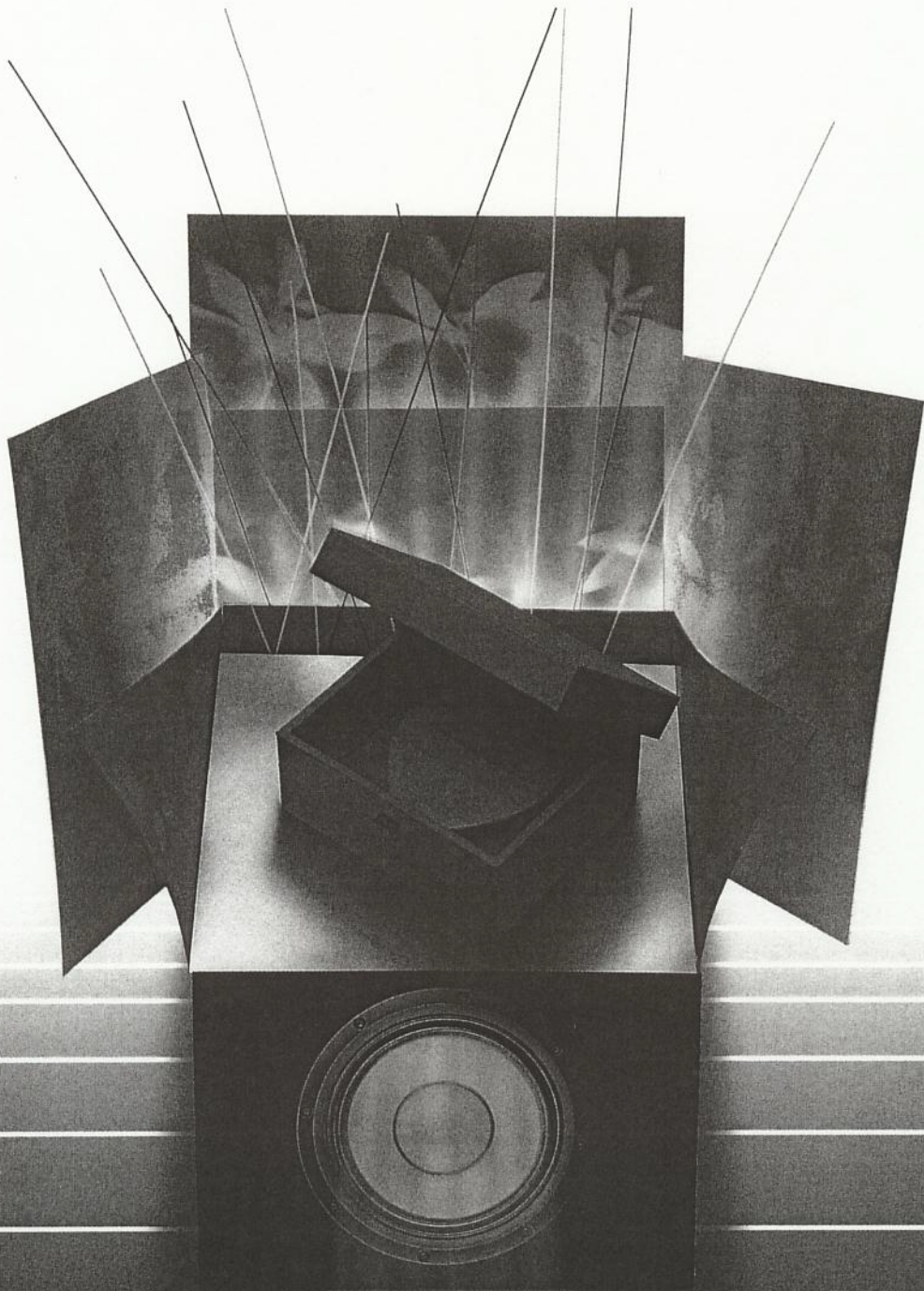
Audio Accessory

特集・いま充実の小型スピーカー、その主カシステム39機種を聴く

●スピーカースタンドの実力チェック／小型スピーカーの実力を発揮させるスタンド使いこなし

●特集2・新世代増幅方式アンプの試聴と研究

●重点アクセサリ研究・最新オーディオケーブル・ブランド動向●江川三郎実験室●ビンテージ・オープンリールデッキ●大繁盛!福田屋



最近話題の新世代アンプの試聴と研究1

新增幅方式アンプ・デジタルアンプの実力を探る各社新世代アンプ代表モデル8機種を試聴

小型、高効率だけでなく よりピュアなクオリティを実現する 方式・モデルが登場した

スペース、コスト、効率といった視点から、アンプの次世代と目される新增幅方式や通称デジタルアンプが
続出し始めた。最近では2chのハイエンド・ピュアオーディオ用も数多く登場し話題を集めている。
ここではそれらのモデルにスポットを当て、各方式の特徴、音質上の特色、実力をチェックする。

TEST@TEXT 石田善之



「オーディオコンポネットの要」といわれるアンプの世界は、一方に伝統の2chピュアオーディオがあり、もう一方にはホームシアター化が進んでマルチのAVアンプの存在がある。そして最近では、さらに「第3の動き」ともいうべく、ニューテクノロジーに支えられた新しい展開が見られる。今回はその「第3の動き」に注目して実際に製品に触れ、音を聴きレポートしたい。

このアンプの変化のキーワードに「デジタル技術」を挙げることでさそうだ。1982年にCDが登場し、これを機として、それまでのLP再生主体からCD再生を中心とした考え方に変わった。さらに遡れば、モノラルからステレオへの変化の時代があり、真空管からトランジスタへという変遷もあった。

オーディオ環境の変化により、アンプの形も当然変わってくるのである。

いずれにしてもオーディオの根本は、記録された音楽を「好きなときに好きなところで再生」して楽しみたいというものであり、時代とともにその要求は高まって、技術はどんどん進歩して今日の姿がある。

1998年にデンマークのタクトオーディオから21世紀に向けて完全デジタルアンプ「ミレニアム」の登場があり、大きな話題になった。世紀をはさんでアンプの世界に新しい技術の台頭に期待をかけたわけである。

現行のアンプは完成度が非常に高い。これは低価格の入門層を意識した機種はもちろん、ハイエンドとされる世界のセパレートアンプも同様である。大型電源に支えられ、ひ

たすら音の純度を追求し続けてきたわけだが、パーツ類も含め現行の考え方、現行の技術では、ほぼ性能を引き出しきったのではという背景も手伝い、一気に新しい製品に対しての動きが芽生え始めた、というのが現実であろう。デジタル技術が、新しいアンプの世界を切り開き、商品化が動き出したのである。

新世代アンプの種類

電源、増幅段、デジタル処理と
いくつかの概念が混在している

「デジタルアンプ」という呼び方がある。広い意味で、デジタル技術を活用しているアンプを意味しているようだが、これからはもう少しその表現の意味するところを明確にす

るべきだろう。
ボクが考える「デジタルアンプ」とは、純粹にデジタル信号を受け止めて、スピーカーをドライブする寸前までデジタル化されているアンプである。

デジタル技術を広く活用したという意味では、CD登場当初にも「デジタルアンプ」という表現があつて、DACを組み込んでCDプレーヤーなどのデジタル信号をダイレクトに受け止められることを意味していた。この表現は今日も「デジタルプリア」として残っている。デジタル技術を活用し、DSPと組み合わせる。デジタル技術を整える技術であり、おそらく今後一つの流れとして継続されていくことだろう。しかし最終的にはアナログ信号として取り出すわけで、具体的にはグライコ機能

(CD) ●クロシェビッツ(チェンバロ)「バッハ/ゴールドベルグ変奏曲」ACCORD DICA-24022 ●クバストホフ(バスバリトン)「シューベルト/白鳥の歌」グラモフォン UCCG-1052 ●ブルーレス指揮ベルリンフィル「ラヴェル/ダフニスとクロエ」グラモフォン ●ローズマリー・クルーニー(ヴォーカル)ピクチャーエンタテインメント グレイト・ジャズ・トリオ ピクチャーエンタテインメント ●ブルーレス指揮ウィーンフィル「マーラー/交響曲第3番」グラモフォンUCCG1136~7 (SACD) ●ヨーロッパ・ジャズ・トリオ+パン・ルーラー(ギター)「悲しみのアンジー」MY MYGL-90002 ●グラディ・テイト(ヴォーカル)「オール・ラブ」エイティエイツVIRGL-8802

やチャンネルバイダー、さらにはタイムディレイなど、さまざまなものが考えられる。

もう一つ別な意味からデジタル技術を活用したアンプとして、例えばデンマークで開発されたICE POWERなどは、スピーカーをドライブする部分のデバイスとしてデジタル技術が活用されている。

また、アンプには当然ながら電源が必要になるが、ここに使われているデジタル技術は信号そのものをデジタル化するわけではない。デジタルと親戚のような関係といえるだろうか、スイッチング電源を用いるという技術である。

スイッチング電源を用いたアナログアンプという存在があるし、信号系列は純粋なデジタルであっても電源部は従来どおりのコンベンショナルなものもある。また、デジタルアンプとスイッチング電源という組み合わせも存在する。

今回こうしたさまざまな形のアンプを実際に紹介して音質をレポートしたい。

試聴にあたって

CD、SACDを高品位レファレンス系を使い試聴

デジタル技術を活用したアンプといつてもさまざまな形があり、それぞれ組み合わせられていくコンポーネントも変わってくるが、最終的にスピーカーをドライブするという意味からは、共通である。

まずはスピーカーの選択である。今回、試聴するアンプは数万円から数百万円まで価格ゾーンが非常に広い。しかしその可能性を聞き取ろうということなので、スピーカーは高度ですべての可能性を受け入れられるレファレンススピーカー、JBLのK2 S.9800を選択した。

また、プログラムソースを送り出すCDと

SACDを聴くため、共通のコンポとして、ドライブはアキユフェーズのDP-85を選んだ。通常のアナログ出力のほか、コアキシヤルによるデジタル出力と、アキユフェーズ独自の高速高密度伝送のHS-Linkも備えている。デジタル出力には、光トランスリンクもある。DP-85と組み合わせ、より高度なアナログ信号を得ていくことを目的として、もう1機種、同じアキユフェーズのDA-101も用意した。

またパワーアンプ試聴のためのプリアンプとして、アキユフェーズのC-2800、プリアンプに対してのチェック用に、やはりアキユフェーズのモノラルパワーアンプM-8000を使用する。

信号の受け渡しはアンバランスとバランス、両方が使える機種に対しては、同じタイプの接続ケーブルを用いてチェックした上、状態の良いほうでレポートする。

試聴プログラムはいずれも聴きなれたものばかりで、クロシェビッツのチェンバロ独奏でバッハの「ゴールドベルグ変奏曲」、クバストホフのバスバリトン、ピアノ伴奏でシューベルトの「白鳥の歌」、オーケストラはブルーレス指揮のベルリンフィルでラヴェルの「ダフニスとクロエ」、ローズマリー・クルーニーのヴォーカル、グレイト・ジャズ・トリオ、さらに新しいアルバムとしてブルーレス指揮、ウィーンフィルでマーラーの「交響曲第3番」を加えている。

SACDはヨーロッパ・ジャズ・トリオ+パン・ルーラーのギターで「ジャンゴ」、グラディ・テイトのヴォーカルで「オール・ラブ」などである。

独奏のチェンバロやピアノ伴奏の音楽では音場表現というか、空間のサイズも重要なチェックポイントで、単に奥行きと広がりだけでなく、天井の高さまで情報満載のアルバムである。オーケストラはそのダイナミズム、

特にトゥッティ部分での総エネルギー量、大太鼓のローエンドでの音の形など、ジャズヴォーカルはセンター定位や全体の音楽のノリなどを、SACDでは十分な情報量からより細部に至るまでの表現、ジャズ独特のシンク感などをじっくりチェックしたい。

まとめ・試聴の感想

今後の期待絶大の実力だが、複雑な気持ちもある

今回は8機種、さまざまな形態のアンプを聴いたが、価格的にも大きな差があり、ひとくくりするのは無謀かつ無理は承知の上での取材となった。

大まかに言うと、アンプの流れを変えることなく従来のスタイルにこだわったグループと、積極的に新しい方向を提案しようというグループに分かれそうである。デジタル技術をどこに活用したアンプなのか、メリットがあるのかなど、これが音質の良さに結びつかないのであれば、私たちオーディオファンにとって単なる人騒がせであり、話題だけで終わってしまおう。

その技術がどこに活用されていると、音さえ良ければそれでよいという考え方もあり、オーディオの世界ではこれが主流かもしれない。しかし一方で、従来の技術で完成された物量投入型のアンプを、変えてしまいう実力があるのか、どのくらいの実力なのか、非常に興味深い。

個々の製品に関してはレポートの通りだが、注目したいモデルを2機種取り上げたい。一つはタクトのM2150ADである。純粋なデジタルアンプと呼べるのは、唯一このモデルで、デジタル信号を直接受け入れる音質的なメリットが非常に大きいと感じさせられた。このアンプの場合、アナログパーツは出力段にあるLとCによるローパスフィルター

だけである。しかしデジタル信号だから音が変わらない、というのは正しくない。デジタルアンプであっても、作り手や活用する技術によって当然音は変化する。しかしながら今後への期待はこれまた絶大なものがある。もう一つはフライングモールのDAD-M1である。アナログ信号を受け入れる形態で、これまでの電源部と出力段にデジタル技術を導入することで省スペース・省エネを文字通り実現し、格段に可能性の高さを感じさせる。

今回の試聴は小型化も興味深いテーマだった。極端だが、クライマックスのアルミ引き抜き筐体はこのアンプを組み込んだらどうなるだろう、あるいはジェフ・ロウランドの筐体であればさらなる変化するのはなかるうか、などと想像した。

その作りはスピーカーミナルも、入力のコネクタあるいはポリリウムなど、いずれも簡易型に見えてしまう。音質的な対策などはほとんど配慮されなかったのである。しかし、それでいてキチンと100Wの音を聴かせている。省スペースや省エネがオーディオにとってどの程度重要なのか、社会的な要求と趣味であるオーディオとのギャップである。

メーカーあるいは業界は今後こうした問題に直面していくことになるだろう。しかし、デジタルアンプあるいはスイッチング電源という言葉の響きには、今のところまだ昔のイメージに引きずられがちである。ボク自身、今回の取材を経て、それを完全に払拭することができたが、音というものは聴いてみなければ分からない。しかしながら、「オーディオは音さえ良ければ」というのが原則ではあっても、「それでは形が小さくても良いのですか」と問われると、「ハイ」とは答えにくい。複雑な思いである。

DAD-M1

FLYING MOLE/フライングモール

¥40,000

ハガキサイズで160Wの大出力を持つ モノラルパワーアンプ

新世代アンプを聴く

Bi-Phase Fusion Technology方式

PROFILE

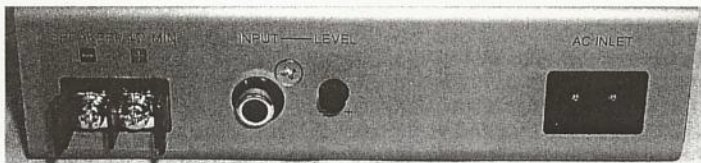
驚異の総合変換効率85%を誇り、高周波化、高速化とともにアンプ部と電源部の回路融合による小型化を可能にした。スタイリッシュなルックス、高音質で高性能な、自然空冷と密閉構造のDCアンプを実現。

SPEC

●定格出力：160W/4Ωモノラル、100W/8Ωモノラル ●周波数特性：DC～50kHz(+0、-3dB)/8Ω、DC～25kHz(+0、-3dB)/4Ω ●歪率：0.02% THD (1kHz 50W出力時) ●入力感度：1V ●インピーダンス：10kΩ ●SN比：120dB (400Hz～30kHz PBF) ●消費電力：20W (1/8パワー出力時、100W/8Ω)、30W (1/8パワー出力時、160W/4Ω) ●質量：約730g ●サイズ：150W×41H×106Dmm ●取り扱い：(株)フライングモール



本機のリアパネル



構成と魅力 新しいデジタル技術が 超小型のアンプを実現

最新のテクノロジーがアンプのサイズと形を変えてしまった。8Ωで100Wの出力が得られるが、そのサイズはおおよそハガキ大で厚みが約4cm、重量は730gと、手のひらに乗る。

最大のポイントはデジタル技術にあるが、電源部とアンプ部を融合した新技術Bi-Phase Fusion Technologyである。

オーディオ信号を0.2MHz～5.0MHz

Hzに変換する特殊な変調方式によるアンプ部の高周波化と、0.2MHzの固定周波数によるフル共振型電源回路方式が採用され、小型化が実現している。

アナログ信号から高速ワンビットデジタル信号への変調器としてのIC、ワンビット信号電圧から大電流への変換ドライバーとしてのIC、そして固定方式のキヤリア周波数0.2MHzの電圧電流共振型DDコンバーターのICなどで構成されている。信号はデジタルとアナログとそれぞれにNFBを持つ。

周波数特性はDCから50kHz、また全高調波歪率0.02%とスペック的にもなかなか素晴らしい。入力1Vのアンパランスで、入力ボリュームも備えている。ただ、限られたサイズということもあり、スピーカー出力端子はプラスチックドライバーを用いてのねじ込み式で1系統である。

接続と音

完全モノラル構成で 素晴らしい音場性

従来のアンプの大半はヒートシンクと電源だったが、DAD-M1は電源効率が高いためにヒートシンクの必要がない。同様に大型のパワートランスやそれに伴う大型のケミコンなどもない。あまりの小型サイズに驚嘆させられる。

外観とは全く不釣り合いな組み合わせになるが、リファレンスのリアアンプ、C/D/SACDを組み合わせての試聴にな

る。スピーカーも38mmウーファアの大型で組み合わせとしてのバランスが悪いのだが、出てきた音は実に立派なものである。朗々と堂々としたサウンドで、聴いているうちにアンプのサイズや形態のことを忘れてしまう。従来のハイファイアンプの感覚そのもの、それ以上かもしれない。完全にモノラルアンプであるため、音場性は大変に素晴らしい。

チェンバロが伸びやかに広がる様子など、まさに大型モノラルアンプ並みの広い空間性を感じさせる。チェンバロも少々太めを思わせるくらい重心の低い安定度の高さが印象的である。繊細感はやや薄めだが、細かい音を出さないという点ではない。

音楽曲では声の柔らかさ、体温を感じさせるふくよかさ、深々とした声など、身体の厚みを感じさせる。柔らかさやとろりとした味わい深さなど、硬さとなる要素はカケラも感じさせない。セパレーションが良いことからオーケストラも広がりや奥行きが見事で、中低域が厚くスケールも大きい。表現としては大らかで窮屈さがない。大太鼓のローエンドも実はすごい力でズシンとくる。ナミのアンプでは得られない力感がある。相対的に重心が低いため、スカッとした抜けのよい音ということではないが、SACDを聴いてもそれなりに解像度の高さによる味わい深さがある。

最近話題の次世代アンプの試聴と研究②

最近話題の次世代新增幅方式アンプの特徴と区分と展望
各社新世代アンプ・デジタルアンプ・電源を解説する

デジタル増幅、スイッチング電源は高効率、かつハイクオリティなサウンドを実現し始めた

スペース、コスト、効率といった視点から、次世代アンプ群が注目されている。新增幅方式やデジタルアンプ、スイッチング電源などである。過去のイメージを払拭し、新たにアナログを凌ぐクオリティも実現し始めた。ここではそれら方式ごとの特徴と差別化、電源の採用例を分かりやすくおさらいする。

TEST&TEXT 柴崎 功

マルチチャンネル・サラウンドシステムの普及に伴って、省エネ・省資源・省スペースという観点からデジタルアンプが見直され、アンプもアナログからデジタルへと移行しつつある。

高効率ゆえに、小型軽量で大出力が実現できるデジタルアンプやスイッチング電源は、1970年代半ばに「D級アンプ」とか「スイッチングアンプ」、あるいは「D級電源」とか「パルス電源」という名で登場して一時話題を呼んだが、音質的な理由であまり普及せず、1980年代以降はハイファイオーディオ界からすっかり影を潜めてしまった。

しかし半導体や回路技術が進歩し、チップ部品の登場で、放射ノイズを減らせる高密度実装が可能となった。最近では高級アナログ

アンプに負けない性能と音質を備え、しかもデジタルアンプならではのメリットも備えた「良いとこ取り」のデジタルアンプが登場し、アナログ電源を凌駕したスイッチング電源も登場して、デジタルアンプやスイッチング電源を見直す時期がやってきた。

そこでデジタルアンプやスイッチング電源をおさらいし、注目される製品群を、写真とキャプションで紹介する。

アナログアンプとデジタルアンプ デジタル増幅は主に2方式 PWMとPDMがある

半導体アンプを例にとると、従来からあるアナログアンプは、図1のように出力段トランジスタの内部抵抗を人力信号に対応し

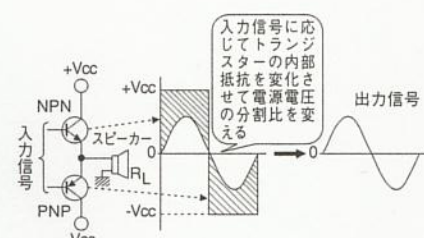


図1 アナログアンプの増幅原理

て連続的に変化させ、直流電源からスピーカーに流れる電流を制御する。A級アンプの場合は、出力された信号以外の斜線の部分はトランジスタの電力損失となるため、電源利用率が悪く、出力トランジスタの発熱も大きい。だからアナログアンプには、大容量の電源と、大きな放熱器が必要なのである。別の表現を

すると、図2aのように、出力要素子(トランジスタやFET)を可変抵抗器として用い、直流電源をその抵抗値変化により変調して、入力信号に対応した出力信号を作り出すのがアナログアンプである。

それに対してデジタルアンプは、図2bやcのように、出力要素子を可変抵抗器ではなくスイッチとして利用し、信号周波数に対して十分に高い周波数(数百kHz以上)で高速スイッチングする。だから「スイッチングアンプ」と呼ばれるのだ。

また、A級動作、B級動作、C級動作に次いで登場したので、「D級動作アンプ」とか「Dクラスアンプ」とも呼ばれている。

ちなみに、この後に登場した電源電圧切り換え式の高効率アナログアンプは、「E級動

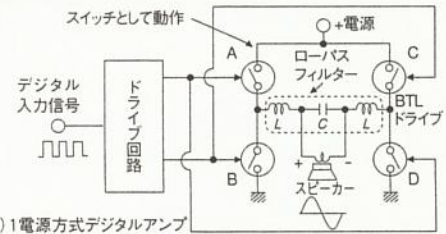
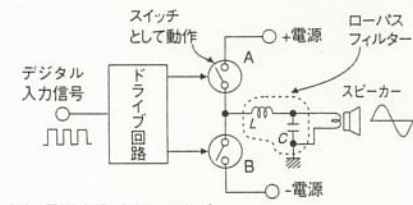
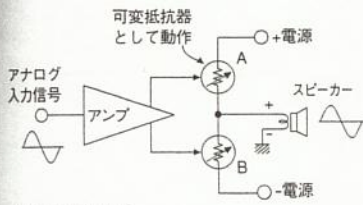


図2 アナログアンプとデジタルアンプ

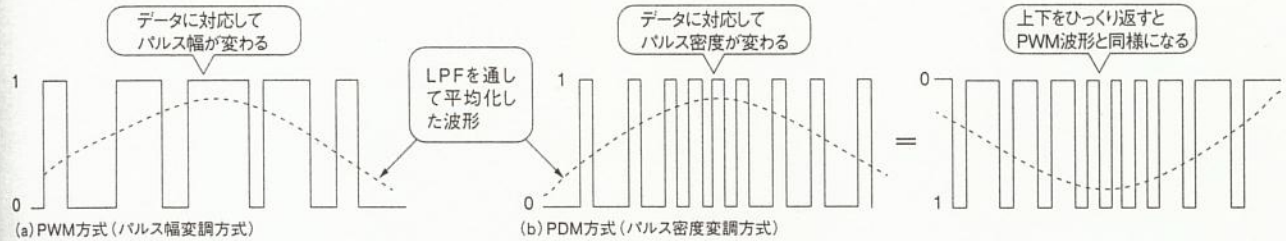


図3 PWMとPDMの比較

デジタルアンプとは「Eクラスアンプ」と呼ばれている。

デジタルアンプは、出力段素子がオンとオフという2段階動作、言い換えると2進数の1と0に対応する動作をするので、「1ビットアンプ」とも呼ばれる。ただしこの場合は、後で述べるPDM方式デジタルアンプのみを1ビットアンプと呼ぶメーカー(シャープ)と、PWM方式とPDM方式のデジタルアンプを総称して1ビットアンプと呼ぶメーカー(フラインクモールなど)があるので、「1ビットアンプ」という呼び方は誤解を招きやすい。そこで、ここでは「デジタルアンプ」という表記に統一することにする。

デジタルアンプの場合は、出力段のトランジスタやFETは、オン/飽和状態またはオフ(遮断状態)という両極端の状態を用い、その中間のリニア動作領域は使わない。

このため、出力段素子のリニアリティは出力に影響しなくなるし、オン/オフ動作なので、オンして電流が流れる期間に素子に電圧がほとんどかからず、電源電圧がモロにかかるオフ期間には電流が流れないので、電圧と電流の積である電力損失は非常に少なく、かつ発熱量が激減し、電源の利用効率も上がるといふメリットがある。

デジタルアンプの出力段には、図2bの2電源でシングル出力の方式と、図2cの1電源でプッシュプル型デュアル出力方式、つまりBTLドライブ方式がある。

1電源の場合にはBTLドライブするのは直流分をキャンセルするため、ドライブ回路により、対角線の素子(AとDおよびBとC)同士が連動してオン/オフ制御される。

2電源方式は、+電源と-電源が必要であるが、出力段素子が2石で済み、2台のアン

「PWMとPDMの違い」

両方式とも本質的には同じもの時間幅の変化が間引きの変化かだ

デジタルアンプのバルス変調方式には、図

デジタルアンプの出力段には、図2bの2電源でシングル出力の方式と、図2cの1電源でプッシュプル型デュアル出力方式、つまりBTLドライブ方式がある。

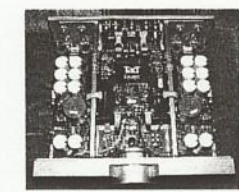
1電源の場合にはBTLドライブするのは直流分をキャンセルするため、ドライブ回路により、対角線の素子(AとDおよびBとC)同士が連動してオン/オフ制御される。

2電源方式は、+電源と-電源が必要であるが、出力段素子が2石で済み、2台のアン

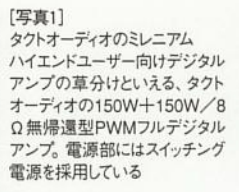
デジタルアンプのバルス変調方式には、図

両方式とも本質的には同じもの時間幅の変化が間引きの変化かだ

デジタルアンプのバルス変調方式には、図



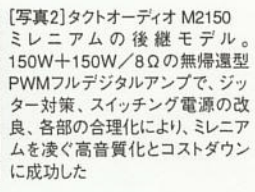
【写真3】TIの30W+30Wデジタルアンプ基板
タクトオーディオと同じクイビット技術を採用した、30W+30W/8Ω無帰還型PWMフルデジタルアンプICの評価基板。手の平サイズの基板で、中央付近にある2個のICがパワースイッチングICである。高効率で発熱が少ないため、放熱器なしで30Wも取り出せる



【写真4】パナソニックのSA-XR25
TIの最新型フルデジタルアンプドライバーIC、TAS5182を採用した、192kHz対応の無帰還型PWMフルデジタルAVアンプ。この薄型筐体の中に、100W/6Ωのパワーアンプを6チャンネルも内蔵している。もちろん電源部はスイッチング電源だ



【写真2】タクトオーディオ M2150
ミレニアムの後継モデル。150W+150W/8Ωの無帰還型PWMフルデジタルアンプで、ジッター対策、スイッチング電源の改良、各部の合理化により、ミレニアムを凌ぐ高音質化とコストダウンに成功した



【写真5】ソニーのデジタルアンプ試作機
ソニーが2001年夏に試作公開した、100W+100W/8Ωの無帰還型PWMフルデジタルアンプ。Sマスター方式の自社製ICとパワーモジュールを採用。写真の試作機はアナログ電源であるが、スイッチング電源を採用した試作機もあるとのことだ

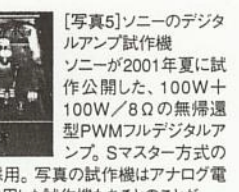
デジタルアンプのバルス変調方式には、図

両方式とも本質的には同じもの時間幅の変化が間引きの変化かだ

デジタルアンプのバルス変調方式には、図



【写真7】シャープ SM-SX200
5.6MHzという高速スイッチングで分解能を改善した、150W+150W/8Ωの帰還型PDMデジタルアンプ。電源部にはスイッチング電源を採用している



【写真5】ソニーのデジタルアンプ試作機
ソニーが2001年夏に試作公開した、100W+100W/8Ωの無帰還型PWMフルデジタルアンプ。Sマスター方式の自社製ICとパワーモジュールを採用。写真の試作機はアナログ電源であるが、スイッチング電源を採用した試作機もあるとのことだ



【写真6】ソニー HT-SL7
自社開発のICと100W/8Ωパワーモジュールを採用した、ホームシアターシステム。本体部には100W/8Ω無帰還型PWMフルデジタルアンプを5チャンネル搭載。スイッチング電源を採用してスリムに仕上げられている



【写真8】ジェフロウランド Model302
アンプ部には「アイスパワー」と称する帰還型PWMデジタルアンプのモジュールを2個、電源部には力率補正回路付きスイッチング電源モジュールを2個搭載した、300W/8Ωのデュアルモノラル構成。

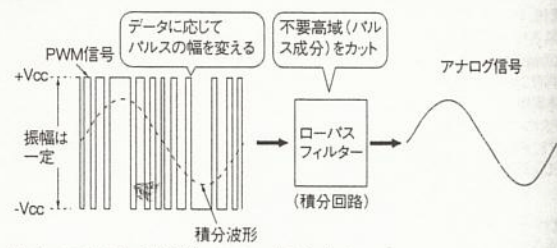


図4 PWM方式デジタルアンプのしくみ

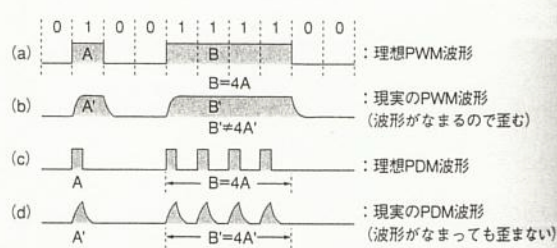


図5 PWMとPDMの比較

「時間幅」も同じパルスを用い、パルスの「密度」、すなわち出現頻度を変化させて信号レベルを表現する方式である。大レベル時にはパルスの密度を高め、小レベル時には密度を下げるというように、パルスの出現頻度をコントロールするのである。

PWMは、振幅方向は1ビットであるが、パルス幅が複数あるので、時間軸方向は多値、すなわちマルチビットである。それに対してPDMは、振幅方向も時間軸方向も1ビットなので、リアル1ビットだと言う人が多い。ではPWMとPDMは根本的に違うものなのだろうか？ 実は、本質的には同じものなのである。

視点を変えると、PDMは信号レベルに応じてパルスの間引き率を変えたものと見ることが出来る。大レベル時はパルスの間引き率を減らし、小レベル時は間引き率を増やすというわけだ。だから間引きした部分は多値、

すなわちマルチビットとなる。その証拠に、PDM波形を上下反転すると、図3右端のように、PWM波形と同じ形になる。

つまりPDMの時間軸は、パルスに着目すれば完全1ビットであるが、パルスがない部分(間引き部分)に着目すればPWMと同様にマルチビットであり、本質的にはPWMと同じ類いのものなのである。世間には、このトリックを見破れない人が意外と多いようだ。

PDMのメリット

波形成まりの心配がなく
高周波スイッチングが可能

スイッチング周波数を比較すると、PWMデジタルアンプが数百kHzであるのに対し、PDMデジタルアンプは数MHzと高いが、これはPDMが波形崩れの影響を受けにくいからである。

実際のスイッチング素子は、電極間に存在する静電容量が無視できないため、オンオフしてもすぐに出力電圧が増減するのではなく、図5のように立ち上がりや立ち下がりがなまりやすい。この波形成まりは、スイッチング周波数が高くなるほど顕著になる。

PWMの場合は、信号レベルでパルス幅が変化したが、幅が広いパルスは波形成まりによる面積減少、言い換えるとエネルギーロスが少なく、幅が狭いと波形成まりによるエネルギーロスが多く、これが歪みになる。このため、低歪率再生を目指すなら、波形成まりが無視できる周波数範囲でスイッチング

しなければならぬ。

それに対してPDMは、パルスの幅も高さもみな同じで、密集度合いが違うだけである。このためパルス波形成まりがなまるとしても、なまっただけにみな同じ形なので、パルスがN個集まればN倍の面積となり、波形成りに起因する歪みが発生しにくいというメリットがある。

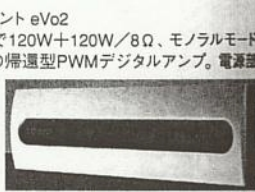
だからPDMの場合には、数MHzという高いスイッチング周波数が実現可能なのである。

デジタルアンプの基本構成

1ビットDACのパワーアップ版 そしてローパスフィルターが基本

デジタルアンプは、一口で言うと1ビットDACのパワーアップ版、すなわち1ビット型パワーDACなので、図6に示す基本構成になっている。

入力信号処理回路は、アナログ入力の場合にはレベル調整や信号増幅など、入力信号をスイッチング信号の生成に適した状態にした後、必要に応じてイコライジングする回路である。



【写真10】ベルカント eVo2
ステレオモードで120W+120W/8Ω、モノラルモードで360W/8Ωの帰還型PWMデジタルアンプ。電源部はアナログ式±2電源で、1500VAの大型トランスを採用



【写真9】アイスパワーモジュール ICE250A
B&Oの250W出力ICEパワーモジュール。PWM変調回路、パワースwitching回路、出力フィルターのすべてが7cm角の小型基板に収納されている。Model302に搭載されているのはワンランク上の500WモジュールICE500Aで、一回り大きい8cm角基板だ



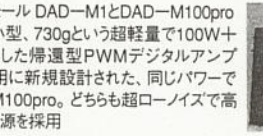
【写真12】オンキョー DTA-7
120W/8Ωの帰還型PWMデジタルアンプを7チャンネル搭載したパワーアンプ。電源部には、大容量の平滑コンデンサーを用いたスイッチング電源を採用している



【写真11】ボーズ BDA-2502
業務用に開発された、2Uサイズで250W+250W/8Ωの帰還型PWMデジタルアンプ。デジタルアンプ部にはモジュールが採用されているそうであるが、詳細は不明である。電源部にはアナログ電源を採用



【写真13】フライングモールド DAD-M1とDAD-M100pro
葉書サイズという超小型、730gという超軽量で100W+100W/8Ωを実現した帰還型PWMデジタルアンプDAD-M1と、業務用に新規設計された、同じパワーで530gと軽いDAD-M100pro。どちらも超ローノイズで高効率のスイッチング電源を採用



【写真14】ヤマハ MX-D1試作機
500W+500W/8Ωの帰還型PWMデジタルアンプ。PS電源と称する超ローノイズで高効率のスイッチング電源を搭載。再生帯域100kHz、歪率0.003%、S/N120dBというアナログハイエンドアンプ並みの高性能を、デジタルアンプで初めて実現した



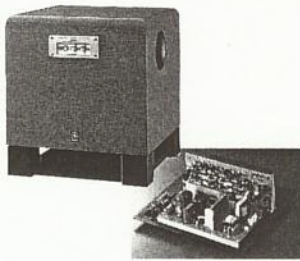
【写真15】アキュフェーズ DC-330
192kHz/24ビット信号やSACD信号に対応した、超高速DSP搭載したデジタルプリアンプ。デジタル信号の段階で音量や音質調整などの各種信号処理を行い、高性能DACでアナログ信号に変換する

デジタル入力型デジタルアンプの場合には、デジタルインターフェースで伝送された信号のデコード処理や、必要に応じて信号の加工を行う回路である。

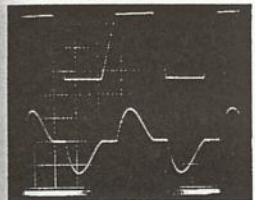
次のスイッチング信号生成回路は、入力信号を、その振幅瞬時値に対応した幅のパルスに変換するPWM(パルス幅変調)処理、あるいは、振幅瞬時値に対応した出現密度のパルスに変換するPDM(パルス密度変調)処理を行う回路である。前者はPWMプロセッサ(あるいはPWMモジュレーター)、後者はPDMプロセッサと呼ばれる。

パワースwitching回路は、直流電源をF

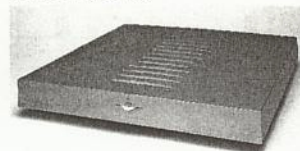
【写真16】ヤマハPST-SW800と内部の回路基板
18Hzの超低域まで再生でき、800Wアップ内蔵で63,000円という驚異の低価格を実現したアクティブサブウーファ。PSアンプと称する高効率アナログアンプと、PS電源と称するスイッチング電源の採用でこの価格を実現した



【写真17】ヤマハPS電源の波形
上が電圧波形で下が電流波形。電圧共振と電流共振を交互に行って、このようにリングのまったくない綺麗なスイッチング特性を実現した



【写真18】リン クライマックス・ソロの外観と内部
小型形状で500W/8Ωのハイパワーを実現した、モノラルのAB級アナログアンプ。スイッチング電源と冷却ファンの採用で、このような小型化を達成



【写真19】コード SPM6000
スイッチング電源を採用した、750W/8ΩのモノラルAB級アナログアンプ。コードは微小信号を扱うフォノイコライザにまで、高性能スイッチング電源を採用している



【写真20】ハルクロ dm68の内部
力率補正回路付き大型スイッチング電源を採用した、225W/8ΩのモノラルAB級アナログアンプ。1kHzで0.2ppm以下という驚異的な超低歪率を実現!上の段がアンプ部で、下の3段重ねのブロックが電源部である

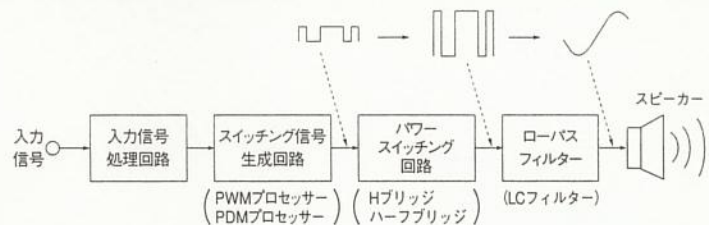
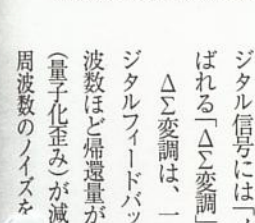


図6 デジタルアンプの基本構成

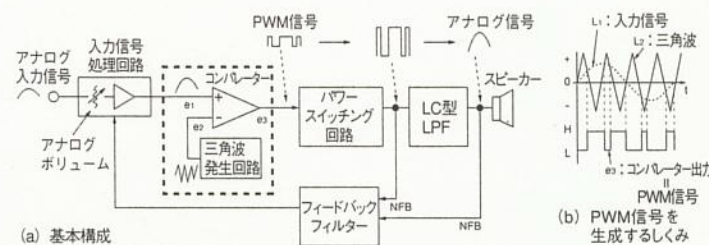


図7 アナログ波形比較型PWMデジタルアンプのしくみ

ETなどでスイッチング(オン/オフ)して、出力電圧を制御する回路である。
ローパスフィルターは、電源をスイッチングして得たパルス波形をならして、綺麗なアナログ波形に整える回路である。ここには大きな電流が流れるので、低インピーダンスで電力ロスの少ない「LCフィルター」が用いられる。

アナログ波形比較型PWM

長い歴史を持ち、最近
高性能デジタルアンプが登場

長い歴史を持ち、高度に練り上げられてきたアンプが、図7のアナログ波形比較型PWMデジタルアンプである。

これは、スイッチング信号生成回路にコンパレータ(電圧比較器)と三角波発生回路を用いたアナログ処理方式で、出力段のパワースイッチング回路のみがデジタル処理とな

っている。

図7bはアナログ/デジタル変換動作で、コンパレータの入力端子に入力信号、入力端子に高周波の三角波を入れて電圧を比較し、信号の瞬時値が三角波の瞬時値よりも高くなったときに、コンパレータからハイレベルの出力が出る。その結果、信号の瞬時値に比例した時間幅を持つPWM波形が生成されるという仕組みだ。

この方式は、特性を改善するために、通常は出力側から入力側に負帰還を施す構成になっている。

現在では、入力信号処理回路や、破線で囲んだPWMプロセッサに様々な工夫が凝らされて、非常に高性能のデジタルアンプが登場している。

この方式は、ヤマハやフライングモールのデジタルアンプ、B&OのICE(アイス)パワーモジュールに採用されている。

ノイズシエーピングとその特性

低い周波数のノイズを減らす
ローパス型フィードバック

デジタルアンプは、スイッチング周波数が高いほど高ダイナミックレンジが実現できるが、出力素子の特性上、スイッチング周波数には限界がある。

そこで実用になるスイッチング周波数で必要なダイナミックレンジが得られるよう、デジタル信号には「ノイズシエーピング」とも呼ばれる「 $\Delta\Sigma$ 変調」が施される。

$\Delta\Sigma$ 変調は、一口で言うとう「ローパス型デジタルフィードバック」である。これは低い周波数ほど帰還量が増えるので、量子化ノイズ(量子化歪み)が減少する。その代わり、低い周波数のノイズを「シエー

ピングノイズ」と呼ばれる高い周波数のノイズが増加する。

$\Delta\Sigma$ 変調は、デジタル帰還回路のローパスフィルターの次数によつて、N次のものをN次 $\Delta\Sigma$ 変調、あるいはN次ノイズシエーピングと呼ばれる。

図8はノイズシエーピング特性の比較である。フィードバック(ノイズシエーピング)を掛けないと、量子化ノイズの周波数分布はフラットになっているが、ノイズシエーピングと呼ばれるデジタルフィードバックを掛けると、その次数が高くなるほど低い周波数の量子化ノイズが減少し、高い周波数のノイズが増加する。

$\Delta\Sigma$ 型PWMデジタルアンプ

無帰還で低歪のフルデジタルアンプ

最近のオーディオソースはデジタルが主流なので、入口から出口までデジタルのまま処理するフルデジタルアンプが増えてきた。こういったフルデジタルアンプの大半には、図9の「 $\Delta\Sigma$ 型PWMデジタルアンプ」が用いられている。

スイッチング信号生成回路は、入力されたPCM信号を低ビットのPCM信号に変換する回路と、その出力データをもとにPWM信号を作り出すPWM変換回路で構成されている。

ビット変換回路には、オーディオ帯域の再量子化ノイズを高域に追いやつて、ビット圧縮によるS/N劣化を軽減するために、マルチビット出力の $\Delta\Sigma$ 変調器(ノイズシエーパー)が用いられる。

PWM変換回路は、 $\Delta\Sigma$ 変調器の出力データをそのまま単純にPWM信号に変換した

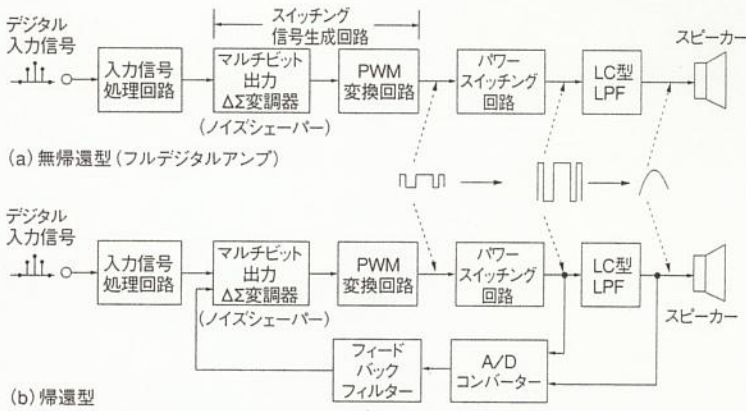


図9 ΔΣ型PWMデジタルアンプのしくみ

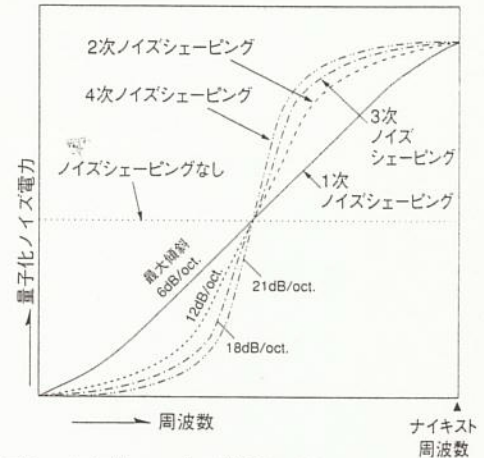


図8 ノイズシェーピング特性の比較

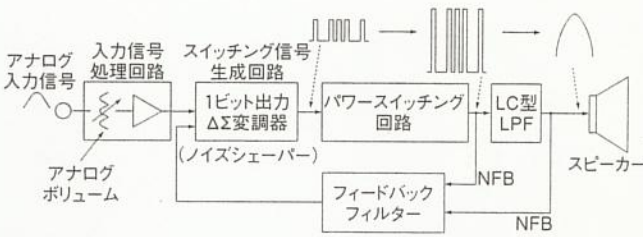


図10 ΔΣ型PDMデジタルアンプのしくみ

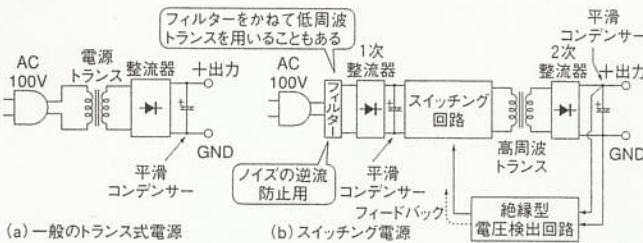


図11 スイッチング電源の基本構成

のでは変換誤差が多い。そこで、PWM変換誤差やスイッチング回路で発生する誤差を予測し、逆補正してからPWM信号に変換するなどのリニアリティ改善策が採られ、無帰還で低歪率のデジタルアンプが実現されている。フルデジタルアンプは、タクトオーディオ、ソニー、パナソニック、TIなどが採用している。

なお、図9bのように出力側からΔΣ変調器に負帰還を掛ける方式もあるが、この場合台は帰還回路にA/Dコンバータが入るので新たな歪み発生要因が加わる恐れがある。それに、フルデジタルアンプとは呼べなくなってしまう。

ΔΣ型PDMデジタルアンプ 通称1ビットアンプとして知られ シャープやトライパスが代表例

「ΔΣ型1ビットアンプ」とも呼ばれるΔΣ型PDMデジタルアンプは、シャープと米國トライパス社が採用している方式で、図10の構成になっている。

入力にはアナログ信号、またはDSB(ダイレクト・ストリーム・デジタル)と呼ばれる、アナログ的性質を備えた1ビットのデジタル信号で、アナログ入力信号処理回路で必要に応じて加工され、スイッチング波形生成回路に送られる。

スイッチング波形生成回路は、1ビット出力のΔΣ変調器で、ここでアナログ信号がPDMデジタル信号に変換される。そしてこのPDM信号でパワースイッチング回路が駆動され、ローパスフィルタでパルス成分を除去した信号がスピーカに供給される。

通常は、リニアリティを改善するために、出力側からΔΣ変調器に負帰還が掛けられる。写真1-15は、代表的なデジタルアンプと、その概要説明である。

デジタルアンプの将来展望 アナログハイエンドに匹敵する SN比、歪率など高性能が実現

デジタルアンプは効率が90%以上と高く、発熱が少なく、小型・軽量・省エネのアンプが実現できるので、マルチチャンネルの時代には打ってつけである。

このため、AV用マルチチャンネルアンプにはほとんどデジタルアンプが採用されている。また、1990年代後半から回路技術や実装技術が急速に進歩して、音質の面でもアナロ

グアンプに引けを取らない製品が増えてきた。

しかも、最近はその特性が大幅に向上して、例えばヤマハM・X・D1では、定格出力500W+500W/8Ω、ダイナミックパワー1kW+1kW/8Ω、再生帯域100kHz、歪率0.003%、S/N120dBというように、アナログのハイエンドアンプに匹敵する高性能が、デジタルアンプでも実現できる時代となった。

現段階はメーカー間格差が大きいので、デジタルアンプの音質にはピンからキリまであるが、アナログアンプを凌駕する高音質デジタルアンプも続々登場してきた。

スイッチング電源のしくみ 電源リップルが少なく DC電圧も安定化される

アナログ電源とも呼ばれる一般のトランス式電源は、図11aのように、電源トランスで100VのAC電源を所定の電圧に変えてから整流器で整流し、DC電源を作るといったシングル構成になっている。

それに対してスイッチング電源は、100VのAC電源をそのまま整流してDC電源を作り、そのDC電源を高周波でスイッチングして高周波のAC電源を作る。それから高周波トランスで絶縁と変圧を行って整流し、負荷に供給するDC電源を作るのである。

こうすると、高周波に変換してから整流するので電源リップルが小さくなるし、その際DC電圧を検出してスイッチング回路にフィードバック制御を掛けるので、DC電圧も

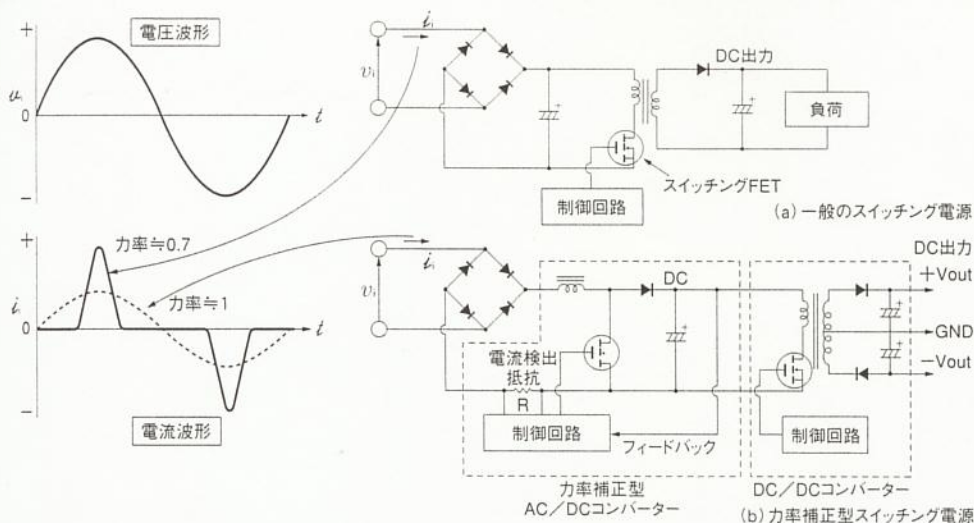


図12 スイッチング電源のAC電流波形比較

安定化される。

通常は、AC入力と一次整流器の間に、整流ノイズがACラインに流出しないようフィルタを設けるが、ジェフ・ロウランド302のように、フィルタの代わりに昇圧トランスを設けて、AC100VをAC200Vに上げる場合もある。

スイッチング電源の場合、一次整流電圧

が高いほどスイッチング素子(FET)のオフ

期間が長くなって発熱が減り、音質面で躍動感が出るというメリットがあるのだ。また、昇圧トランスが一種の高周波フィルタとなるので、一次整流ノイズがACラインに流出するのを防ぐ効果もある。

写真16以降は、スイッチング電源を採用したアナログアンプの代表例である。

ローノイズ化スイッチング電源

最近では驚くほど綺麗なスイッチング波形が得られる

スイッチング電源は、かつては「パルス性ノイズの発生源」ということで嫌われたものである。

しかし最近では、共振現象を巧妙に利用して、リングングなどの乱れがまったくない、目を疑うほど綺麗なスイッチング波形の電源が増えてきた。

その代表的なのがヤマハのPS(パワーストリーム)電源である。これは電圧共振と電流共振を交互に行って、電圧がゼロになった瞬間にスイッチングFETをオンにし、電流がゼロになった瞬間にFETをオフにして、写真17のように綺麗なスイッチング波形を実現している。

力率補正型スイッチング電源 ハルクロやジェフが採用する 高性能PFC付スイッチング電源

一般のスイッチング電源は、図12aのようにAC電源をいきなり整流して一次DC電源を作り、そのDCをPWM制御のFETでスイッチングして、二次DC電源を作り出している。

この方式だと、整流回路にはAC電圧のピ

ーク付近しか電流が流れないので、実線のよ

うに大きなピーク値のバース状AC電流が流れ、力率は0.7前後という低い値になる。力率とは、有効電力(W)を見掛けの電力(VA)で割った「有効電力比率」のことである。

力率が0.7の場合は、例えば実際に消費する電力が70Wでも、100W相当の歪んだAC電流が流れてしまい、AC電源を汚す要因となる。

一般のアンプのコンデンサーインプット型整流回路も同様で、AC電源を整流すると、このように鋭くてピーク値の高い電流が流れる。そしてAC電源を汚すと同時に、低力率のため、無効電力が増加するという問題がある。

純抵抗負荷の場合は、リア負荷でしかもエネルギーを蓄えないので、電圧と電流が同位相でかつ相似形となる。この場合は、力率が最高値である「1」となる。

力率補正型スイッチング電源は、一例を挙げると図12bのように、一次整流器と一次平滑コンデンサの間に、直列インダクタンスと並列スイッチングFETで構成されるアクティブフィルタを設けて、AC電流がAC電圧と同じ形、すなわち力率が「1」に近くなるよう補正している点が大きな違いである。

すなわち、AC電流とAC電圧を常時監視してFETをPWM制御でコントロールし、折れ線近似でAC電流がAC電圧波形と相似になるように、AC/DCコンバーターで制御するのである。

その次に、このDC電源をDC/DCコンバーターで再スイッチングし、トランスで絶縁してから整流して、より安定なDC電源を作り出すという、2段階構えのスイッチング方式になっている。

力率補正回路は、「パワーファクターコレクタ

」の頭文字を採って「PFC」と呼ばれるが、PFC付きスイッチング電源は電流波形が歪まないで、AC電源を高周波ノイズで汚すことがなく、音質的に大きなメリットがある。

PFC付きスイッチング電源を積極的にPRしている製品には、ジェフ・ロウランドの302や、ハルクロdm68がある。ちなみにdm68の力率は、0.98とのことだ。

スイッチング電源の将来展望 超低歪を実現した電源も登場 電源のデジタル化は必至だ

スイッチング電源は、これまでは小型化・軽量化・省エネ化を主目的として用いられてきたが、音質追求の目的で巨大なPFC付きスイッチング電源を搭載した製品も登場した。その代表例が、写真20のハルクロdm68である。

本体内の約4分の3のスペースをスイッチング電源が占めているが、これは8Ω負荷で225W供給できる高いDC電圧と、1Ω負荷に1200W供給できる大電流供給能力を確保したためであろう。このスイッチング電源は切り換えなしで、85~270Vという広範囲なAC電源電圧に対応できる設計になっている。

dm68は、このように巨大で大出力のスイッチング電源を搭載しているが、ルートヘルツあたり0.005mVという驚異的低ノイズと、1kHzで0.00002%(0.2ppm)という超低歪率を実現して、世界中のオーディオマニアを「アッ」と驚かせた。アンプだけでなく、電源の分野にも、「高音質」を目的としたデジタル化の波が押し寄せているのである。