

SONY

マルチチャンネルインテグレートアンプ

TA-DA5400ES



TA-DA5400ES Technical Notes



ハイビジョン時代にふさわしい、音と映像を徹底して追求。 マルチチャンネルインテグレートアンプの新たな到達点

ブルーレイディスクの登場は、アンプに大きな変革をもたらしました。

きわめて高品質なリアPCMマルチチャンネルに加えて、そのデータを変化させずにロスレス圧縮記録する「ドルビーTrueHD」や「DTS-HDマスターオーディオ」といった新サラウンド記録方式。そして1080pの高精細なハイビジョン映像の再現。

そのために、ソニーはデジタルアンプ「S-Master PRO」の開発で得られたノウハウと最新のアナログ技術を融合させ、新世代のアナログアンプ「広帯域パワーアンプ」を完成。「アンプの新時代」の扉を開きました。

さらに、業界につねにジッタ低減の重要性を提案し続けるソニーならではの「低ジッタ型・ロスレスデコードエンジン」に加え、HDMI伝送に伴うジッタ発生を原理的にゼロにする「H.A.T.S. for HDMI」や、

すべてのデジタル信号のジッタを大幅に低減する「ジッタ・エリミネーション回路」を開発し、

高精細なハイビジョン映像にふさわしい、臨場感豊かなサウンドを追求しています。

TA-DA5400ESは、これらの優れたオーディオ技術と最新のデジタル技術を結集し、完成。

優れた高音質、高画質に加え、より快適に使える操作性も備えました。

ハイビジョン時代のリアルな音と映像の喜びを、TA-DA5400ESがお届けします。

アナログマルチチャンネルインテグレートアンプ

TA-DA5400ES

希望小売価格 262,500 円 (税抜価格 250,000 円)

■ワイヤレスリモコン RM-AAL015、単子リモコン RM-AAU038、音場補正マイク



価格には、配送・設置調整・工事費、使用済み商品の引き取り費などは含まれていません



INDEX

[Chapter1 「第2世代 低ジッタ型・ロスレスデコードエンジン」&「第3世代 広帯域パワーアンプ」]	■32ビット精度でスーパーオーディオCDの高音質をありのままに再現……………P.10
■デコード時にDSPが発するノイズを抑え、ジッタ発生による音質劣化を改善……………P.03	[Chapter5 フルHDアップスケーリング 他]
■DSP基板上に専用の電源を直近に配置……………P.03	■GENESIS社の高性能映像処理チップ「FLI8668-LF」を採用……………P.11
■最新の製造設備によるBGA実装……………P.03	■わかりやすいメニューで直感的な操作ができる……………P.12
■振動に強く、信号経路も短くなる表面実装型トランジスタ……………P.04	■自由に映像・音声入力を割り当て……………P.12
■従来のアナログパワーアンプの音質劣化の原因……………P.04	■A/Vシンク(リップシンク)も入力ごとに調整可能……………P.12
■広帯域パワーアンプの高音質の理由……………P.04	■HDMI出力時でも映像を見ながら設定や操作が行える「GUIプレッディング」……………P.13
[Chapter2 「デジタル・レガート・リニア」]	■「ウォークマン」と接続できる「デジタルメディアポート」……………P.13
■お気に入りのCDやDVDライブラリーを今後も高音質で楽しむために……………P.05	[Chapter6 「D.C.A.C.(ベアマッチング式自動音場補正システム)」]
■A/D変換の不完全による帯域外ノイズの発生……………P.05	■短時間で高精度なスピーカーセッティングを自動で行える……………P.14
■音声圧縮による帯域外ノイズの発生……………P.06	■一般的なリスニング環境の音響特性……………P.14
■ノイズ折り返しによるビートの発生……………P.06	■31バンド・グラフィック・イコライザーによる音響特性の補正……………P.14
■急峻なデジタルフィルターによるリングングの発生……………P.06	■高精度アルゴリズムにより、32ビット精度の補正を実現……………P.15
■非可逆圧縮音声にとって理想的なD/A変換処理「デジタル・レガート・リニア」……………P.07	■サービスイアを拡大する「ベアマッチング技術」……………P.15
■「デジタル・レガート・リニア」の動作仕様……………P.07	■三種類のターゲット特性……………P.15
[Chapter3 HDMI入出力端子&ジッタ・エリミネーション回路]	■「D.C.A.C.」の測定技術(1) トーンメロディーによるスピーカー判定……………P.16
■1080p映像信号やHDオーディオ信号の入出力に対応……………P.08	■「D.C.A.C.」の測定技術(2) TSP(Time Stretched Pulse)による音響測定……………P.16
■HDオーディオだけでなく、音楽CDやDVD、	■「D.C.A.C.」の測定技術(3) 2点マイクロホン法の優位性……………P.16
DSD音声信号をより高音質で再生……………P.08	■違和感や音質劣化を感じない自然な補正……………P.16
■高音質要素を集中した「for AUDIO」入力……………P.08	[Chapter7 ホリゾンタルFBシャーシ & 高音質無鉛はんだ]
■信号のジッタを除去し、S/Nに優れた高音質再生に貢献する	■フレームをビーム(梁)で補強し剛性を高めるホリゾンタルFBシャーシ……………P.17
■新開発の「ジッタ・エリミネーション回路」……………P.09	■ホリゾンタルFBシャーシの強度の高さを試す……………P.17
■デジタルPLLとアナログPLLを組み合わせることで、	■音質にこだわったオーディオ用無鉛はんだを採用……………P.18
■信号に含まれるジッタの除去量を大幅に向上……………P.09	■ソニーのオーディオ製品で採用してきたはんだについて……………P.18
[Chapter4 H.A.T.S. for HDMI & 32ビット DSD DAC]	■錫の微量含有元素に吟味を加え、音質を向上……………P.18
■HDMI端子を使って、双方向伝送(フロー制御)を実現……………P.10	□製品外観、付属品……………P.19

最新のロスレス圧縮音声の高音質を引き出す回路設計や、デジタルアンプに匹敵する音像フォーカスを実現した「第3世代 広帯域パワーアンプ」

TA-DA5400ESには、ブルーレイディスクに採用されたロスレス圧縮音声をより高音質で再生するための、独自の回路設計をはじめ、アナログアンプの弱点を克服した「広帯域パワーアンプ」など、最先端の高音質技術が結集されています。

臨場感あふれるサラウンド音場、ステレオ再生の明瞭なステージ感を、リアルに再現します。

ロスレス圧縮音声方式本来の高音質を再現する「第2世代 低ジッタ型・ロスレスデコードエンジン」

◎デコード時にDSPが発するノイズを抑え、ジッタ発生による音質劣化を改善

ブルーレイディスクで採用された新しいサラウンド方式、「ドルビーTrueHD」と「DTS-HDマスターオーディオ」は、ともにロスレス圧縮を採用しています。これは、デコード後の音声データが完全に復元されるもので、元のPCMデータと比べて情報の欠落が一切ありません。しかし、一般的にはロスレス圧縮をデコードした音声は、データ上は変わらないはずのリニアPCM音声よりも音質が劣化して聴こえがちです。この原因は、圧縮データを元のPCMデータに復元するときにDSPが高速で大規模なデコード演算を行うため、大量のノイズを発生することにあります。このノイズがD/A変換に使用するマスタークロックに影響を与え、音質に有害なジッタ発生の原因になってしまうのです。

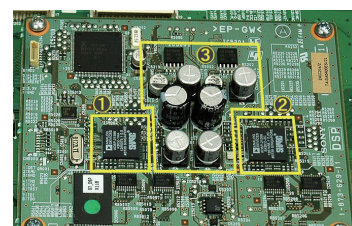
そのためTA-DA5400ESでは、DSP周辺のコンストラクションに改良を加えました。DSPの動作にともなうノイズの発生を可能な限り排除して、オーディオ出力の音質劣化の原因となるジッタの発生を小さく抑え、ロスレス圧縮本来の高音質を最大限に生かすのが、「第2世代 低ジッタ型・ロスレスデコードエンジン」です。

◎DSP基板上に専用の電源を直近に配置

デコード演算を行うDSPを実装した小基板(写真1)上には、そのDSP専用の電源も合わせて搭載しています。電源をDSPの直近に配置することにより、電流経路が短くなり、電流経路から輻射される電磁ノイズを少なくします。また、電源が低インピーダンスになるため、電圧が安定し、DSPの信号波形の乱れも少なくなります。数値演算そのものは信号波形にリングングやノイズが混入しても正しく行なわれます。これがデジタル演算方式のメリットです。しかし、リングングやノイズは外部に電磁ノイズを輻射するため音質上大切なD/Aコンバーター部のマスタークロックにジッタを発生させる原因となります。これを防止するためにDSP内外のデジタル信号波形を美しく保つことは音質的にとても大切なのです。

◎最新の製造設備によるBGA実装

DSPの基板への実装はBGA(ボールグリッドアレイ)という方法で行っています。これはリード線を使わず、DSPデバイス下面に装備されたDSPと直結した電極をプリント基板に直接はんだ付けする方法です。信号経路が最短となり、波形の乱れや電磁輻射も少なくなります。BGA実装は精度の高い最新の製造設備が必要で、主に小型機器やハイスピードのパソコンのような超高速機器の製造に使われています。ソニーでは、それらと同等の精度を持つ大規模な最新設備でTA-DA5400ESをはじめとするアンプ製造を行うことにより、エントリーモデルのアンプまで一貫してこのBGA実装を可能にしました(TA-DA5400ESへの実装の導入により、STR-DG820までBGA実装ができるようになりました)。



●写真1: デジタルボード上に配置されるDSP基板。デコーダー用DSPを含む2つのDSPはBGA実装されているため、一般的な実装では側面にあるリード線が見えない。DSPの間にあるのが専用の電源部

さらなる改良を加え、より広帯域化した「第3世代 広帯域パワーアンプ」

◎振動に強く、信号経路も短くなる表面実装型トランジスタ

TA-DA5400ESには、前作TA-DA5300ESで搭載された「第2世代 広帯域パワーアンプ」をベースに、さらに改良された「第3世代 広帯域パワーアンプ」(写真2)を搭載しました。外見上は第2世代のものによく似ていますが、従来は初段の増幅素子にリードタイプのトランジスタを使用していたのに対し(写真3)、第3世代ではリードのない表面実装型トランジスタに変更しています(写真4)。トランジスタを表面実装することで、まずトランジスタ自身の振動が発生しません。初段のトランジスタは振動にとっても敏感なので、音質への影響も無視できないのです。また、リードがないためプリント基板との距離が短く、内部のチップの性能も向上しているため、増幅帯域が約7%拡大しています。

◎従来のアナログパワーアンプの音質劣化の原因

広帯域パワーアンプは、TA-DA3200ESで増幅帯域が130kHz、TA-DA5300ESで150kHzの性能を実現していましたが、TA-DA5400ESの「第3世代 広帯域パワーアンプ」では、160kHz(いずれも typical値)の性能を有しています。この増幅帯域が広いことは音質上きわめて有効です。

図1aのグラフは、一般的に周波数特性と呼ばれるレベルのレスポンスを表にしたものです。レスポンスが3dB下がっている部分(A付近)までの周波数を一般にアンプの帯域と呼んでいます。デジタルアンプ以前のこのクラスのパワーアンプの代表的な帯域は約100kHzでした(青色の特性)。この周波数は約20kHzとされる可聴帯域より十分高いので基本的にすべての音を聴きとることができます。

しかし忘れられがちなのが位相の回転(遅れ)です。位相の回転は低い周波数で始まります。これが図1bのBの周波数。これはAの約1/10の周波数であり可聴帯域内に入っています。

この位相の遅れは、一定不変であれば音質を阻害しません。しかし音声信号により遅れ量が増えたり、チャンネル間で異なる位相遅れが起こったりすると、良好なステレオイメージや音のフォーカス感が阻害されてしまいます。

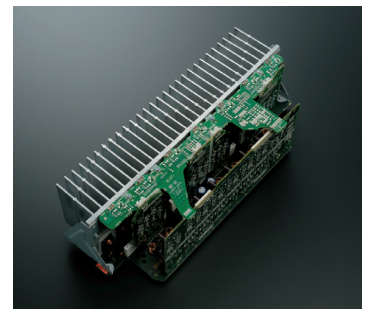
この位相変化が大きく起こるのがアナログパワーアンプ。音楽波形の大小に合わせて瞬間的に高熱を発生し、それが原因で増幅帯域が常に変動する性質を持っています。音楽の音量が急に上がると、直後にアンプの温度が上がり増幅率が減少します。そのため帯域が広がるのです(図1a)。その結果位相も変動しますが(図1b)、これが耳で聴こえる周波数帯域で発生することが問題なのです。なぜなら、位相とは波形が出力されるタイミングのことですから、大きな音を出した瞬間にトゥイーターが前に移動してしまうのと同じことになるのです。しかもよくないことに、この移動は各チャンネルが勝手に別々に変化します。なぜならそれぞれのチャンネルは扱う信号が常に違う波形、違う周波数成分を持っているからです。その結果、たとえば音像フォーカスのボケやコーラスの濁り、そしてシンバルの音色が単調になりがちといった音質劣化が発生していたのです。

◎広帯域パワーアンプの高音質の理由

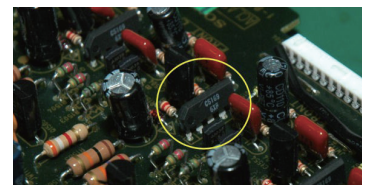
図2のグラフは、TA-DA5400ESに搭載した「第3世代 広帯域パワーアンプ」の周波数特性です。周波数特性(図2aのA部)は160kHzにまで高められています。したがって位相が遅れはじめる周波数は16kHz以上となります(図2b)。この周波数まで高くなると人間は位相差を検知しにくくなりますので、位相の遅れを感じることもなく、音質が大幅に向上します。これが広帯域パワーアンプの高音質の原理です。広帯域パワーアンプの音質の特徴は、まず音像フォーカスがよいことです。ステージ上の楽器やコーラスでは一人ひとりの位置が正確にわかります。また、コーラスは左右の位相差に敏感で、少しでもずれるとすぐに音像がぼやけてしまいますが、広帯域パワーアンプではそれが発生しません。シンバルの音色もシンバルごとに、あるいは演奏者ごとに多彩な響きを持っていることがよくわかります。

実はこの位相変動は、デジタルアンプ「S-Master PRO」ではまったく起こりません。したがってフォーカス感や音色がとてもよいのです。そんなデジタルアンプに匹敵する音像フォーカス感を広帯域パワーアンプは実現しています。つまり、広帯域パワーアンプは「S-Master PRO」を開発したソニーの耳が作りだした最新のアナログパワーアンプなのです。

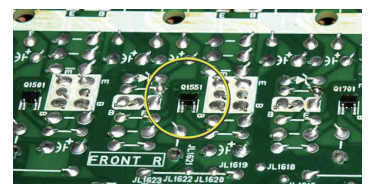
ここで紹介した周波数帯域は、内部のパワーアンプ単独の特性。TA-DA5400ES全体としての帯域は100kHzとなっていて、内部のパワーアンプ単独の特性は外部からは測定できません。理由は信号経路の途中にノイズカット用のローパスフィルターが入っているため。このローパスフィルターは発熱変動がないので位相変動も起こりません。また、外部から入る高周波ノイズからアンプを守っており、音質的に有益なものです。



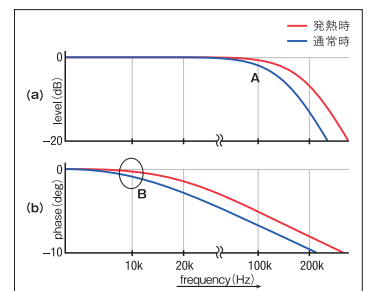
●写真2: TA-DA5400ESに搭載された「第3世代 広帯域パワーアンプ」の外観



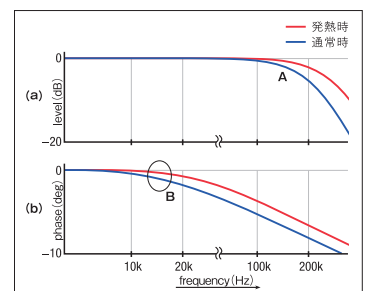
●写真3: リードのあるトランジスタを使っている「第2世代 広帯域パワーアンプ」の初段回路



●写真4: リードのないトランジスタを表面実装した「第3世代 広帯域パワーアンプ」の初段回路



●図1: デジタルアンプ以前のアナログパワーアンプの周波数特性



●図2: 「第3世代 広帯域パワーアンプ」の周波数特性

古いCDやDVD、デジタル放送の圧縮音源を高音質化する 「デジタル・レガート・リニア」搭載。

最新のHDオーディオだけでなく、従来の音源もより高音質で再生できます

膨大なタイトル数を誇るCDやDVD、そしてさまざまな映像コンテンツが毎日放送されるデジタル放送、これらの音源をより高音質で再生するために新開発の「デジタル・レガート・リニア」を搭載。

古いPCM録音や圧縮音源ソースが抱える音質阻害要素を取り除くことで、本来の高音質を再現。

お気に入りのCDやコレクションしたDVDも、よりクリアな音質で楽しめます。

古いCDや圧縮音源のソースの音質阻害要素を取り除く、「デジタル・レガート・リニア」

◎お気に入りのCDやDVDライブラリーを今後も高音質で楽しむために

ブルーレイディスクに採用されたリニアPCMのマルチチャンネル、「ドルビーTrueHD」や「DTS-HDマスターオーディオ」などのロスレス圧縮方式の音声は、映画フィルムの音質（ドルビーデジタル記録）を完全に凌駕しています。これらの新しいサラウンド方式が普及することで、家庭でも映画館に迫る高品質なサラウンド再生が可能になりました。しかし、これまでにコレクションしてきたCDやDVDソフトが不要になってしまうわけではありません。古いけれども気に入った演奏のCDもあり、DVDソフトも今後もリリースされ続けるでしょう。

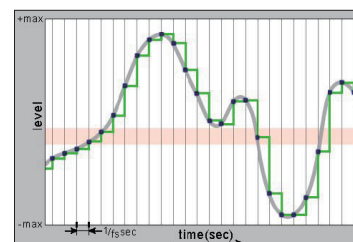
TA-DA5400ESでは、最新のサラウンド方式や高音質規格だけでなく、こうした従来の音源をより高音質で再生することにもこだわりました。ソニーでは、CDやDVD、デジタル放送に採用される圧縮方式であるAAC音源の音質を阻害する要素を取り除くことで、ソフトが本来持っている音質を最大限に引き出せると考えました。その結果生まれたのが、「何も付け加えないで圧縮音源を修復する」という新発想の音質改善技術「デジタル・レガート・リニア」です。

◎A/D変換の不完全による帯域外ノイズの発生

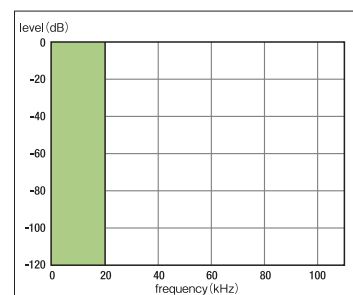
一般にデジタルオーディオは、まず元のオーディオ信号をサンプリング周波数の1/2（オーディオ帯域）までに帯域制限します。これを行わないとエイリアシングが起り、元信号にない信号が再生されることで異音が発生します。これはアンプやスピーカーを破損する原因にもなります。帯域制限をした後は、一定の時間間隔（ $1/f_s$ 秒間隔）でアナログ量をデジタルの数値に置き換えて波形を記録します。

たとえば図1では、灰色で示されたアナログ波形が緑のデジタル情報に置き換えられていく状態を示しています。アナログ波形には細かい凹凸がありますが、あらかじめローパスフィルター（アンチエイリアシングフィルター）を適用。したがって、一番波形が細かい部分でもサンプリング周波数の半分（ $f_s = 44.1\text{kHz}$ の場合は、 22.05kHz まで）の凹凸しかありません。このように、帯域制限されたアナログ量が正確にデジタルデータに変換されている場合、デジタルデータの持つオーディオ情報は図2の緑の範囲に入っています。ところが、A/Dコンバーターが不完全であったり、音声信号を圧縮することでデジタルデータを変形したりしてしまうと、オーディオ帯域の外側にノイズが広がってしまいます。

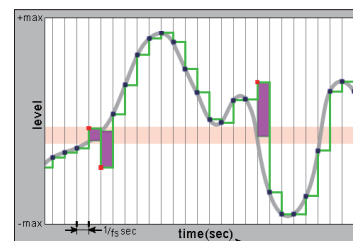
たとえばA/Dコンバーターの性能が悪いために、図3の赤い部分でアナログ量とかけ離れたデジタルデータが出力されたとします。このようなことは近年のA/Dコンバーターではほとんど見られませんが、初期のCDではよく見られた現象です。このような場合、誤差部分は波形が損傷しているのと同じでまったく帯域制限されていないため、もとの波形は緑のオーディオ帯域に収まっているのに、図4のように無限大の周波数まで広がるノイズ成分が現れてしまいます。



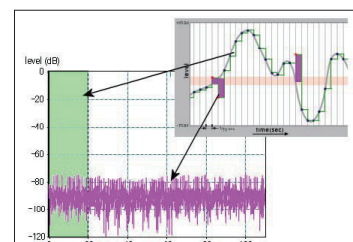
●図1：A/D変換の模式図。一定の間隔でアナログ量をデジタル値に置き換えていく



●図2：正しくA/D変換が行われた場合の、デジタルデータが持つオーディオ情報は22.05kHz以下の部分のみになる（サンプリング周波数44.1kHzの場合）



●図3：A/D変換のミスにより、アナログ量と関係のないオーディオ帯域外のデータが出力された場合



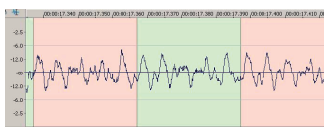
●図4：波形が破損した部分のオーディオ帯域外のデータは広い周波数帯にノイズとして現れる

◎音声圧縮による帯域外ノイズの発生

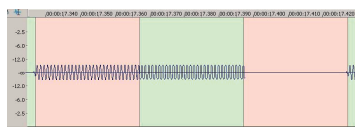
次にAAC、MP3、ドルビーデジタルなどの非可逆圧縮（ロッキー圧縮）と呼ばれるデジタル音声信号の場合です。

一般的に非可逆圧縮では、最初の元のオーディオ波形を20~40ミリ秒ごとに分割（図5）。次に、分割された各断片に含まれる周波数成分の振幅と位相が解析されます。その後、勢力の小さい周波数成分を記録しなかったり、記録精度（ビット数）を減らしたりして情報を間引き。音声の圧縮は主にこの間引きにより記録情報を減らしているわけです。これらは他に音量が大きいなど、耳に入りやすい周波数成分があるから起こること（聴感マスキング）で人間には間引いたことは分かりにくいという理論で行なわれます。

ここで、あるひとつの周波数成分に注目していると、断片ごとにひずみが増えたり、波形がなくなったりします（図6）。これは先の不完全なPCM波形同様に波形に不連続性が生じるため、オーディオ帯域外の成分を含むようになります。この精度劣化は動的に起こるので、周波数成分も動的に変化しますが、広い周波数にノイズが発生することがあります（図7）。



●図5：非可逆圧縮でのA/D変換の行程。圧縮のため一定の時間ごとに波形が分割される。図ではそれぞれの断片を赤と緑で区別している



●図6：情報を間引かれたため、信号波形の乱れや、断片ごと欠落した部分が生じた周波数成分（1075Hz・15dB）の例

◎ノイズ折り返しによるビートの発生

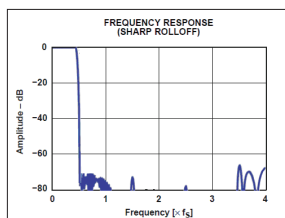
これまで示したふたつの帯域外ノイズは、可聴帯域外のためにあまり問題視されていませんでした。しかし、この成分はサンプリング周波数の1/2 ($f_s = 48\text{kHz}$ の場合は24kHz)で折り返されるため、実際のノイズ波形分布は可聴帯域内にも現れます。また現在のD/Aコンバーターの主流はオーバーサンプリング型ですが、オーバーサンプリングを行うと、さらに $f_s, 2f_s, \dots$ での折り返しが発生し、ノイズ波形が複雑になります（図8）。

この複雑なスペクトラムのうち、サンプリング周波数 ($f_s = 48\text{kHz}$)の周辺はノイズ波形が折り返されているため、同じ大きさの周波数が近接して多数存在。これらの周波数が干渉しあい、その差成分が人間の耳にビート音として聴こえてしまいます。

このサンプリング周波数周辺の帯域外ノイズの分布は、オーバーサンプリングデジタルフィルターで減衰することができますが人間の聴感には敏感なのでなかなか除去できません。また無理に減衰させようとして急峻なフィルターを使うと、次に示すリングングの発生が問題になります。

◎急峻なデジタルフィルターによるリングングの発生

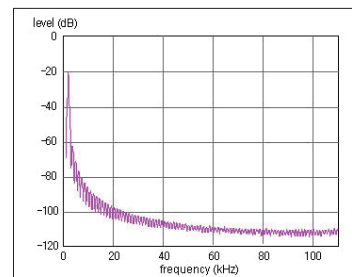
図9はアンプでごく普通に使われているデジタルフィルター（シャープカットオフ特性）代表例。特長はサンプリング周波数の1/2近傍の狭い周波数範囲でシャープに減衰させていることです。このような特性のフィルターに帯域制限されていない波形（キズのある波形）を入力すると、リングングが発生します。



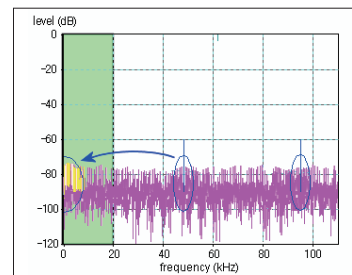
●図9：シャープカットオフ特性を持つデジタルフィルターの周波数レスポンス

図10は波形の損傷が再生に与える影響を解析するために作ったサンプル波形です。基本は正弦波（純粋な単音の周波数波形）ですが、一周周期に一回程度データを欠落させてあります。図11はその周波数を解析したものです。

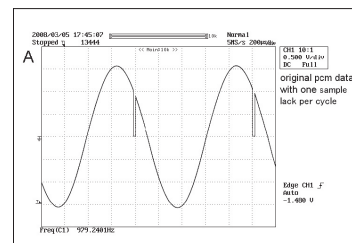
このサンプル波形をシャープカットオフ特性を持つデジタルフィルターに入力すると、図12のような波形が出力されます。元のサンプル波形の欠損部分を中心にリングングが発生していることがわかります。このリングング自体は可聴帯域内の振動ではないので、基本的には人間の耳に聴こえるものではありません。しかし回路や部品は余分なノイズ成分を扱うことになり、半導体の非線形部分で整流や混変調が起こるようです。このため、音質劣化や、いわゆるデジタル臭いといわれる音質の硬さの原因となります。



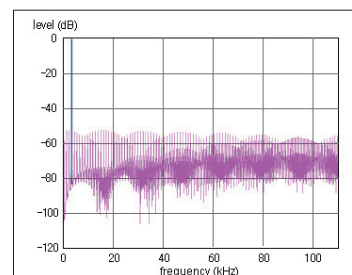
●図7：波形の乱れや欠落が原因で発生するノイズの例



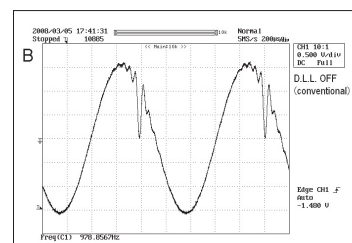
●図8：帯域外ノイズが折り返されることで、可聴帯域内にもノイズスペクトラムが現れてしまう。黄色い部分は耳にビート音として聴こえてしまうノイズ成分



●図10：検証のため、部分的に波形を欠落させたサンプル波形



●図11：サンプル波形の周波数を解析したもの。青い線が元の正弦波の波形分布。ピンクの複雑な波形分布は、波形の欠落が原因で発生した帯域制限されていない成分



●図12：シャープカットオフ特性を持つデジタルフィルターで処理した場合のサンプル波形

このリングングは波形の損傷のないデジタルデータでは発生しません。たとえば近年の性能の良いA/Dコンバーターを使って制作されたCDやブルーレイディスクに記録されたHDオーディオでは、シャープカットオフ特性のデジタルフィルターを使って再生しても問題は発生しません。しかし、一般に録音が悪いとされる古いPCM録音や、DVDやデジタル放送に使われる非可逆圧縮は、少なからず存在する損傷部分ごとにリングングが発生し、音質を劣化させます。

◎非可逆圧縮音声にとって理想的なD/A変換処理「デジタル・レガート・リニア」

このように古い録音のCDや非可逆圧縮信号のD/A変換処理では、データの欠損が原因のビートやリングングの発生を避けられません。これらを改善するためには、(1)あらかじめサンプリング周波数付近の帯域外成分を大きく減衰させる。(2)リングングの発生しない特性のデジタルフィルターでロールオフ処理を行う。その後で、D/Aコンバーター用オーバーサンプリングを行うことが必要になります。この二つの処理をDSP上で実現するのが、「デジタル・レガート・リニア」処理です。

図13は「デジタル・レガート・リニア」が動作しているときの、DAC出力までの総合フィルター特性。サンプリング周波数($f_s=48\text{kHz}$)の部分でとても大きな減衰があり、サンプリング周波数の2倍付近($2f_s=96\text{kHz}$)以上ではノイズが完全になくなっています。

図14は「デジタル・レガート・リニア」から出力された後のノイズの分布です。サンプリング周波数とその2倍の周波数の近くにあるノイズは、 -200dB 以下まで減衰。これによりビート障害が防止されます。

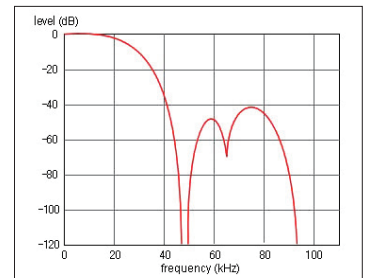
図15は先ほどのサンプル波形を「デジタル・レガート・リニア」に入力したときのグラフ。リングングの発生がないことがわかります。

「デジタル・レガート・リニア」処理後の音の特徴は、音色が自然で豊かになること。音楽やそれが演奏される音場が広がり、臨場感が高まります。特にデジタル放送(AAC)の音質改善は大きく、クラシックの音楽番組は瑞々しい音があふれ、映画では音響効果の深みが増し、迫力のあるサウンドが得られます。またDVDの圧縮音声や、1980年代以前の古いデジタル録音のCDを再生してみると、音の硬さや、音場感の向上といった音質改善効果を実感できるでしょう。

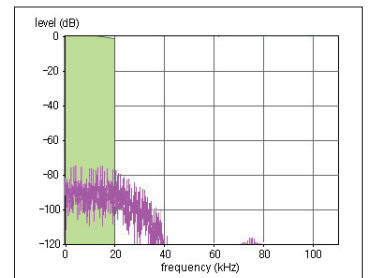
◎「デジタル・レガート・リニア」の動作仕様

「デジタル・レガート・リニア」は以下の信号が入力されたときに動作します(AUTO時)。(1)サンプリング周波数が 44.1kHz の2chPCM信号を再生する場合。(2)ドルビーデジタルやDTS信号などの非可逆圧縮の音声信号をアンプでデコードして再生する場合。ただし音声のデコードをブルーレイディスク/DVDプレーヤーなどで行ってリニアPCMに変換してから、HDMI経由で送られてきた場合は、 $f_s=48\text{kHz}$ 以上のPCM信号となるので、「デジタル・レガート・リニア」は動作しません。(3)アナログ入力をA/D変換した信号を再生する場合。サンプリング周波数が 48kHz 以上のリニアPCM音声や、スーパーオーディオのDSD信号を再生する場合は、「デジタル・レガート・リニア」は常に動作しません。

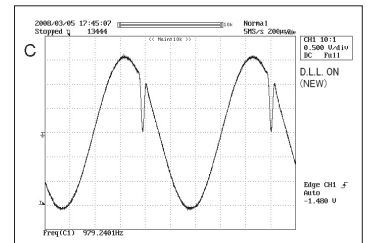
なお「デジタル・レガート・リニア」には情報量のロスはありません。AUTO時では録音の良い最新のCDでも「デジタル・レガート・リニア」は動作しますが、音質への妨害などはありません。ただしスローロールオフ系のフィルター処理のため周波数特性が 20kHz 付近で数dB程度ですが減衰します。CD再生でこれが気になる場合は、オーディオ設定で「デジタル・レガート・リニア」をオフにすることができます。この設定は入力ファンクションごとに記憶されます。なお、入力信号のストリーム情報が切りかわると表示管にストリーム名が表示されますが、そのあとに「デジタル・レガート・リニア」が動作する場合は「D.L.L. ON」という表示を4秒間行います。



●図13:「デジタル・レガート・リニア」動作時の総合フィルター特性。 $f_s=48\text{kHz}$ のときのものを示している



●図14:「デジタル・レガート・リニア」で減衰されたノイズの分布



●図15: サンプル波形を「デジタル・レガート・リニア」で処理した場合の波形

さまざまな映像・音声信号に対応するHDMI端子を装備。 徹底したジッタ対策を行うことにより、 HDMI入力の音声信号もより高音質で再生

ハイビジョン時代のAV機器の主要な入出力インターフェースであるHDMI端子は、豊富な入出力を備えるだけでなく、1080p信号やHDオーディオ信号などに幅広く対応。DSDマルチチャンネル信号のダイレクト入力にも対応しています。新開発の「ジッタ・エリミネーション回路」により、徹底した高音質化も図っています。

映像・音声信号をデジタルのまま高精度にやりとりできる6入力・2出力のHDMI端子

◎1080p映像信号やHDオーディオ信号の入出力に対応

HDMI入出力は、入力6端子、出力2端子で構成されています(写真1)。入力6系統すべてで好きな入力を割り当てることができます。出力2系統はフロントパネルで選択して使います。

映像面については、豊かな色再現を可能にする「x.v.Color」、最大12ビットまでの映像信号をやりとりできる「Deep Color」に対応しています。

さらに、TA-DA5400ESはファロージャ製の映像技術「DCDi シネマ技術」を搭載した映像処理チップの最新・最上位バージョンを搭載することにより、アナログ映像入力信号を1080pまでアップスケーリングするほか、高品位なGUI画面を元のビデオ画面に重ねて表示できます。

また、HDMIが持つCEC信号ラインにも対応。映像機器同士とアンプを統合的にコントロールできる「ブラビアリンク」により、液晶テレビ(ブラビア)のリモコンでTA-DA5400ESの音量を調節するなど、快適に操作できます。

◎HDオーディオだけでなく、音楽CDやDVD、DSD音声信号をより高音質で再生

音声信号については、HDオーディオと呼ばれる最新のサラウンド方式に対応しています。対応ストリームは、24ビット192kHz8チャンネルまでの非圧縮のリニアPCM、「ドルビーTrueHD」、「DTS-HDマスターオーディオ」などロスレス圧縮ストリーム、もちろん従来のロッキー圧縮(AAC、ドルビーデジタル、DTS)にも対応しています。

また、スーパーオーディオCDの1ビットDSD信号のダイレクトストリーム入力にも対応し、高性能な32ビットDSD-DACシステム(10ページ参照)を開発・搭載することにより、スーパーオーディオCDに記録されている情報をありのままに再現します。

◎高音質要素を集中した「for AUDIO」入力

6系統のHDMI入力端子は、規格的にはすべて同じ機能を持っています。しかし、HDMI入力部内部で使われているデバイスには、シリコンチップ上の信号配線や電源との距離、プリント基板上での配置などから音質の違いが生じます。そこで素性のよい端子がより高音質になるように設計要素を集中させるのが「for AUDIO入力」技術です。

TA-DA5400ESはスイッチャーデバイスに高性能なソニー製デバイスを搭載。「for AUDIO入力」はIN 5に設定しました(IN 5の次に音質が良いのはIN 2となります)。



●写真1: 豊富な6系統の入力に加え、液晶テレビ(ブラビア)とビデオプロジェクターなどの使い分けがしやすい2系統の出力を持つHDMI入出力

◎信号のジッタを除去し、S/Nに優れた高音質再生に貢献する新開発の「ジッタ・エリミネーション回路」

TA-DA5400ESは、すでに解説した「第2世代 低ジッタ型・ロスレスデコードエンジン」に加えて、もうひとつのジッタ対策が施されています。それが新開発の「ジッタ・エリミネーション回路」(写真2)。この回路もデジタル基板上に配置されています。

ジッタの除去は、入出力デバイスに内蔵されたクロック抽出用のアナログPLL回路で行うのが一般的です。図1はアナログPLL回路の概念図です。マスタークロックを生成するのはVCO(電圧制御振動器: Voltage Controlled Oscillator)。発振出力は1/Kに分周され、位相比較器でマスタークロックとタイミングを比較されます。また入力側のマスタークロックと出力側のマスタークロックは整数比Kの関係となります。

図2はループフィルターのカットオフ周波数のグラフ例。ループフィルターは、アナログ信号の位相比較結果の高域をカットするもので、このフィルターのカットオフ周波数よりも高い周波数ではVCOは制御されません。一方カットオフ周波数より低い周波数のジッタ成分はVCOの出力がそれを追いかけてしようとします。つまり入力信号に含まれるジッタがそのまま出力に現れてしまいます。したがって、ループフィルターのカットオフ周波数を低くすれば、それより上の周波数のジッタは除去されます。カットオフ周波数を下げると音質が良くなるのです。

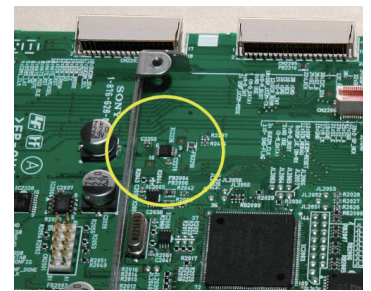
しかし、フィルターの特性は通常2次(12dB/oct)であり、高域成分はカットオフ周波数以上でいきなりゼロになるわけではありません。つまりジッタは完全に除去できないのです。またカットオフ周波数を下げすぎるとロックアップに時間がかかり実用的でなくなります。

◎デジタルPLLとアナログPLLを組み合わせることで、信号に含まれるジッタの除去量を大幅に向上

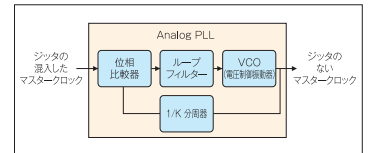
図3はTA-DA5400ESに搭載した「ジッタ・エリミネーション回路」の原理図。この回路もアナログPLLを持ちます。しかし、その目標クロックは入力マスタークロックではなく、クリスタル精度のタイミング・リファレンス。このアナログPLLはカットオフ周波数を高くして、タイミング・リファレンスの低いジッタに追従させています。

一方、この回路はアナログPLLとは別にデジタルPLLも持っています。入力マスタークロックとVCOは、このデジタルPLLで比較されます。比較結果がデジタルフィルターでハイカットされるのが特徴です。デジタルフィルターのハイカット特性は急峻なので、ジッタ除去量も十分に大きく、たとえば1kHzの揺れを持つジッタは従来の1/100以下になります(図4)。

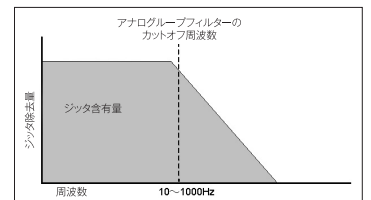
「ジッタ・エリミネーション回路」を搭載したことにより、優れたS/N感と美しい音色を再現できます。特にHDMI入力された信号は、映像信号の影響によるジッタ妨害を受けやすいので、改善度も大きいと言えます。



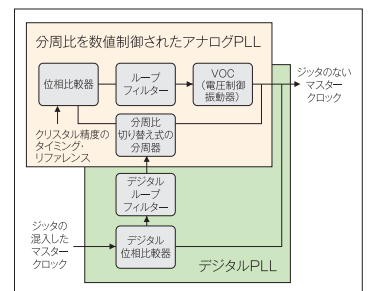
●写真2: デジタル基板上の「ジッタ・エリミネーション回路」



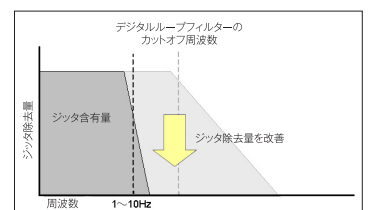
●図1: 一般的なアナログPLL回路の概念図。通常は単独の回路ではなく、インターフェースICに内蔵されている



●図2: ループフィルターのカットオフ周波数の特性



●図3: 「ジッタ・エリミネーション回路」の概念図。赤色の部分はアナログPLL、緑色の部分はデジタルPLLで構成されている



●図4: デジタルループフィルターのカットオフ周波数の特性

スーパーオーディオCDのDSD信号を高精度にデジタル伝送する 「H.A.T.S. for HDMI」を新採用。 DSD信号の豊かな情報量を失わない信号処理を実現し、 スーパーオーディオCD本来の高音質を再現

TA-DA5400ESは、スーパーオーディオCDの高音質再生にもこだわりました。

ジッタ発生のない高精度な伝送方式「H.A.T.S. for HDMI」や

DSD信号の情報をそのままニアPCM信号に変換する「32ビット DSD DAC」で高音質を追求。

ステレオソースはもちろん、マルチチャンネルソースでもスーパーオーディオCDの優れた表現力を堪能できます。

双方向通信でアンプとプレーヤーが同期して動作。データを高精度に転送できる「H.A.T.S. for HDMI」

◎HDMI端子を使って、双方向伝送(フロー制御)を実現

TA-DA5400ESでは、CDのデジタル信号はもちろん、スーパーオーディオCDの音声信号をHDMI接続でDSDデータのままデジタル伝送できます。HDMI端子の伝送帯域は165~350MHz(Ver.1.3a)と広帯域なので、スーパーオーディオCDのマルチチャンネルDSDデータのダイレクト伝送が可能です。ここで、対応するスーパーオーディオCD/CDプレーヤー、SCD-XA5400ESと組み合わせると、その伝送に、H.A.T.S. for HDMI(High quality Audio Transfer System for HDMI)という新方式の伝送を使うことができ、きわめて高品質なスーパーオーディオCD/CD再生が可能となります。

H.A.T.S. for HDMIは、双方向通信によりアンプとプレーヤーが通信を行いながらオーディオデータの転送速度をコントロールする技術です。アンプは内蔵のデータバッファに貯めこまれるオーディオデータの量を常に監視し、バッファが空にならないよう、あるいは溢れないようにデータ量に応じてプレーヤーからのデータ転送速度をコントロールします(図1)。

D/A変換自体はD/Aコンバーター近傍にあるマスタークロックのタイミングで行われるので、データ伝送時に発生するジッタは混入せず、楽器の実体感と高音質はもちろん、広い音場に染み渡るように広がる空気感までも再現するクリアな音質を獲得しています。

*H.A.T.S. for HDMIは、映像をともなわないソフト(スーパーオーディオCD、CDなど)を再生の場合のみ動作する技術です。

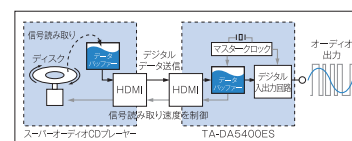
DSDデータの情報量を損なわずにPCMデータに変換する「32ビット DSD DAC」

◎32ビット精度でスーパーオーディオCDの高音質をありのままに再現

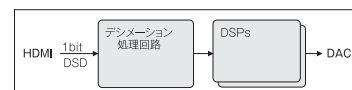
TA-DA5400ESに入力されたDSDデータは、アンプ内部でPCM信号に変換(デシメーション処理)されます。これは、アンプ内で自動音場補正機能「D.C.A.C.」などのデジタル信号処理を行うためには信号がPCM信号でないと演算処理ができないため、必須の処理。このDSD-PCM変換処理は一種のデジタルフィルターで、通常FIRフィルターでは64fs($f_s=2.8\text{MHz}$)も的高速データ列を処理する必要があり、一般に使われるDSPでは演算不可能で、従来はDSPの外部に専用のデバイスを追加して行っていました(図2)。しかし、このデバイスは内部アーキテクチャーが古いため、デシメーション結果が24ビット精度に達成しておらず、音質的に改善の余地がありました。

TA-DA5400ESでは、DSPでデシメーション処理を行う新しい手法「32ビット DSD DAC」方式を開発。独自のアルゴリズムにより高速データ列をDSPでデシメーション処理することを可能としました(図3)。この方式は一回のフィルター演算で64fsのデータを一気に4fsに落としますので、数回に分けて処理を行う一般的な方法に比べても、情報量の欠落がほとんどありません。その結果として32ビットもの高い分解能を獲得。スーパーオーディオCDのDSDストリームは、中域ではほぼ30ビット、低域はそれよりやや大きく、高域はそれよりやや少なくなります。したがって32ビット分解能は、ほぼDSDの情報量を失わない性能です。

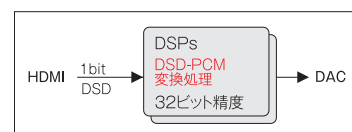
図4は「32ビット DSD DAC」のフィルター特性。30kHzまではほぼフラットなレスポンスで、それ以上の高域ではなだらかに減衰していきます。これとアンプのDAC出力にあるアナログローパスフィルターの組み合わせで、スーパーオーディオCDの規格をまとめたスカーレットブック推奨の減衰特性を得ています。



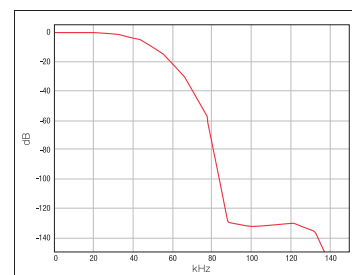
●図1: H.A.T.S. for HDMIによるデジタル伝送の概念図



●図2: 従来搭載されていたDSD-PCM変換処理の回路イメージ。専用のデバイスで変換処理を行った後、DSPに入力される



●図3: TA-DA5400ESのDSD-PCM変換処理の回路イメージ。DSP内部でデシメーション処理を行うことで32ビット精度の分解能を実現



●図4: 「32ビット DSD DAC」のフィルター特性

すべての映像をハイビジョン解像度で出力する 「フルHDアップスケーリング」、 使いやすいGUI機能など、画質、操作性の面でも優れた実力を備えています

TA-DA5400ESでは、高音質に加えて画質面にも力を注ぎました。

特にDVDをはじめとするSD映像(従来解像度の映像)がアナログ映像入力された場合、これらはハイビジョンの解像度である1080p信号にアップコンバートが可能です。

このためDVDソフトの再生でも、従来より高精細で色鮮やかな映像を堪能できます。

さらに、GUIによる快適な操作も進化し、各種設定や調整がよりわかりやすくなります。

あらゆる信号を1080p信号に変換するフルHDアップスケーリング

◎GENESIS社の高性能映像処理チップ「FLI8668-LF」を採用

TA-DA5400ESでは、入力されたすべてのアナログ入力映像信号を1080pまでアップスケールしHDMI端子から出力できるほか、アナログコンポーネント出力端子からも1080iまでの出力が可能です。

アナログ入力からHDMIへの映像アップコンバート処理では、自動で映像解像度を設定。接続したテレビやプロジェクターに合わせて最適なアップコンバート映像を出力します。この映像処理を行うLSIにGENESIS社の「FLI8668-LF」を採用(写真1)。このLSIは、ファロージャ製のプログラムを搭載し、アップスケーリング、I/P変換をはじめ、コンポジット信号の3次元Y/C分離やTBC機能を備えています。さらに、3Dノイズリダクション機能やMPEGノイズリダクション機能、原色そのままの色を再現する「アドバンスド・カラー・マネジメント」機能により、DVDなどのSD映像をハイビジョン映像に近い高画質で再現できます。

特にスケーリングには、最新の「ファロージャ DCDi シネマ技術」(写真2)を採用。ビデオ素材、フィルム素材ともに斜め線のギザギザが目立たない、なめらかな輪郭の映像を楽しめます。内部プログラムの性能向上により、前作TA-DA5300ESよりも良好な画質を実現しました。また、この映像処理用LSIは、「GUIプレンドッキング」やピクチャー・イン・ピクチャーなどのビデオ処理も行います。



●写真1: 映像処理用LSIに採用されたGENESIS社の「FLI8668-LF」



●写真2: 高画質技術「ファロージャ DCDi シネマ技術」のロゴマーク

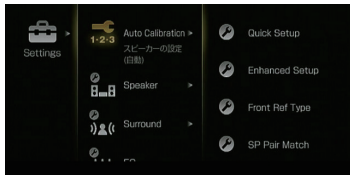
より使いやすくなったGUI(グラフィカル・ユーザー・インターフェース)

◎わかりやすいメニューで直感的な操作ができる

TA-DA5400ESは、わかりやすいアイコン表示による直感的な操作メニューを採用。これらを使って、画面を見ながら手軽にさまざまな機能の設定や調整が行えます(写真3)。

設定メニューには、(1)自動音場補正(D.C.A.C.)設定 (2)スピーカー設定(マニュアル)(写真4) (3)サラウンド設定 (4)イコライザ(EQ)設定 (5)オーディオ設定 (6)映像設定 (7)HDMI設定 (8)システム設定が用意されています。

(1)自動音場補正(D.C.A.C.)設定(写真5)では、「クイックセットアップ」と、視聴する位置ごとの細かな設定ができる「エンハンストセットアップ」の2種類を用意。簡単に設定を行う場合と、さらに細かく設定する場合とで使い分けができます。



●写真3: TA-DA5400ESの操作メニュー画面



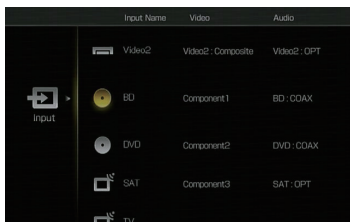
●写真4: スピーカー設定(マニュアル)の設定画面。接続するスピーカーのインピーダンスなどを設定できる



●写真5: 自動音場補正(D.C.A.C.)設定画面。ユーザーに合わせて「クイックセットアップ」と「エンハンストセットアップ」の2種を用意

◎自由に映像・音声入力を割り当て

入力端子の設定では、各入力に割り当てられた映像入力、音声入力を一覧して確認できます(写真6)。それぞれの入力信号の割り当ては自由に設定可能。CD再生時にはほかの映像を表示して映像を見ながら音楽を聴けるようにするなど、ユーザーの使い方に合わせた映像と音声入力の組み合わせができます(写真7)。「マルチチャンネル音声入力」に、HDMIやコンポーネント入力の映像を割り当てすることも可能です。



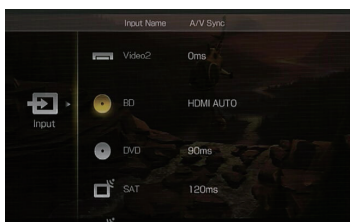
●写真6: 入力設定画面。それぞれの入力ごとに割り当てられている映像/音声入力を一覧できる



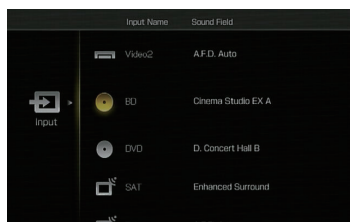
●写真7: 各入力ごとに、映像/音声入力を自由に割り当てられる

◎A/Vシンク(リップシンク)も入力ごとに調整可能

A/Vシンク(リップシンク)も入力ごとに独立して調整可能。接続されている映像機器ごとに映像と音の微妙なズレを補正できます。それぞれの設定値は入力選択画面からオプション・メニューを呼び出すことで一覧表示できます(写真8)。HDMI接続の場合はA/Vシンクの値(遅延量)を自動で行うことも可能です(映像機器が対応している場合に限り)。さらに、映像入力には映画系のサウンドフィールド、音楽系サウンドフィールドをそれぞれリンクできます。入力を切り替えるだけで、選択したサウンドフィールドへの切り替えも連動します(写真9)。



●写真8: A/Vシンクの設定値一覧画面。それぞれの入力ごとに映像と音のズレを補正できる



●写真9: 各入力ごとにリンクされたサウンドフィールドの一覧表示画面

◎HDMI出力時でも映像を見ながら設定や操作が行える「GUIブレンディング」

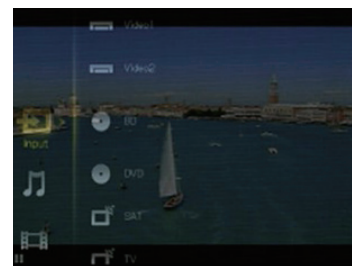
前作TA-DA5300ESでは、テレビとAVアンプのHDMI端子以外で接続している場合には、現在視聴している映像を確認しながらGUI操作ができました(コンポーネント接続、S端子接続、コンポジット接続時)。TA-DA5400ESでは、GUI操作をさらに進化させ、HDMI接続時でも映像にGUI画面を重ねて表示する「GUIブレンディング」を実現(写真10)。メニュー画面の重ね合わせ表示のほか、音量の調整もHDMI入力を選択時でも画面にボリューム表示ができます。ボリュームの大きさを視覚的に確認できるよう、ボリュームバーを表示します(写真11)。

このほか、オプション・メニューの項目を整理して、より使いやすくしています。通常の使用ではあまり使わない機能やリモコンにダイレクト操作ボタンのある機能をメニューから削除。アンプの設定や操作は、GUIメニューを使わずに本体の表示パネルで行うこともできるように設計してあります。したがって、モニターやプロジェクターの電源を切った状態や未接続の場合で、本体のみですべてのセットアップができます。

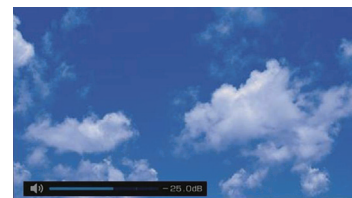
◎“ウォークマン”と接続できる「デジタルメディアポート」

TA-DA5400ESには、“ウォークマン”を手軽に接続できる「デジタルメディアポート」(DMPORT)端子を装備。別売のデジタルメディアポートアダプターTDM-NW10/BT10を接続すると、対応する“ウォークマン”^{*}の音楽を手軽に高音質で再生。このほか、TDM-NW10は“ウォークマン”を置くだけで充電も可能です。

^{*}対応ウォークマンについては、AV/Hi-Fiオーディオホームページ(sony.jp/audio/)のサポートページ内「DMPORT接続情報」をご覧ください
^{*}“ウォークマン”、“Walkman”はソニー株式会社の登録商標です



●写真10:「GUIブレンディング」により、HDMI入力の映像でもGUI画面の重ね合わせ表示が可能



●写真11:音量調節時のボリュームバー表示

リスニングルームの音響特性を高精度に測定・補正し、音の再現性を向上。 映画制作の現場でデザインされた音をそのまま、家庭環境で再現する 「D.C.A.C.(ペアマッチング式自動音場補正システム)」

ソニーの高度な音場測定技術を元に完成した自動音場補正システム「D.C.A.C.」。

室内の定在波の影響などを改善し、より自然で広いサウンドステージを実現。

その測定は、独自のペアマッチング技術や高性能な2点マイクロホンで精度を高めました。

高精度な測定と補正を短時間で行うことにより、手軽に最良の音響特性へ設定できます。

ソニーの高度な音場測定技術を駆使し、高精度な測定・解析・補正を行う「D.C.A.C.」

◎短時間で高精度なスピーカーセッティングを自動で行える

ソニーは独自の音場効果プログラム「デジタルシネマサウンド」や「デジタルコンサートホール」の開発に貢献した高度な音場測定技術を持っています。「D.C.A.C.(ペアマッチング式自動音場補正システム: Digital Cinema Auto Calibration)」は、この測定技術を全面的に取り入れて構築した極めて性能の高い測定・解析・補正システムで、プロ用にもなかなか存在しない性能を有しています。「D.C.A.C.」は、短時間で高精度に現在のオーディオリスニング環境を測定。TA-DA5400ESでは、31バンド32ビット精度の高音質グラフィック・イコライザーを使用してリスニング環境の音響特性をより精密に補正します。「D.C.A.C.」自身も測定信号の改良が年々加えられており、特に低域の測定精度が向上しています。「D.C.A.C.」は、トーン信号とTSP信号を使用した正確な測定に加え、7.1チャンネルすべての測定を30秒以下の短時間で行えます。さらに、リスニングエリア中央での測定だけで、広いリスニングエリアで効果が得られるペアマッチング処理、2点マイクロホンを使った測定により、人間の耳の感覚に違和感を与えない補正ができるなどの特長があります。

◎一般的なリスニング環境の音響特性

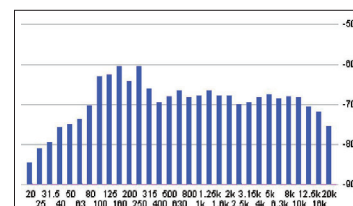
「D.C.A.C.」では、まず各スピーカーごとの周波数特性を正確に測定します。測定結果は周波数変化に対して連続的に得られますが、それを1/3オクターブごとに集計したものが図1。1オクターブは「ドレミファソラシド」に相当するので、棒グラフ1本はピアノの鍵盤2～3個分に相当するきめ細かさとなっています。この狭い幅で解析した周波数特性でも、棒グラフ1本ごとに複雑な凹凸が存在することがわかります。たとえば、400Hz付近と3kHzにくぼみがあり、低域の盛り上がった部分の中にも200Hzの大きなくぼみがあります。これらにはスピーカー自体の特性も含まれていますが、ほとんどはスピーカーからの音が壁などに当たって反射し、元の音波と合成されたことが原因。つまり各周波数ごとに直接音と室内の反射音の干渉が起こっているわけです。

次に、低域の大きな山は部屋の定在波。定在波は前後、左右などの並行する壁面で発生するほか、三次元的な音波の往復によっても発生し、比較的近い周波数に並んで現れます。そのため、この低域は中域に比べて強くなりやすく、音楽鑑賞に支障をきたします。

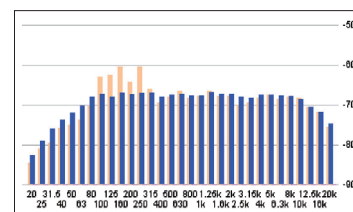
◎31バンド・グラフィック・イコライザーによる音響特性の補正

TA-DA5400ESに搭載されている「D.C.A.C.」では、このような複雑なリスニング環境の周波数特性の凹凸を1/3オクターブバンド(31バンド)のグラフィック・イコライザー(D.C.A.C.イコライザー)により補正します。図2は、「フラットモード」を使った場合の補正結果。まず低域の複雑な山がほとんど完全に除去されています。一般に定在波の影響が大きいと、その帯域が不自然に強調され、より低い低音域が聞き取りにくくなります。しかし補正後は定在波の影響が取り除かれるため、同じスピーカーとは思えないほど低域の表現力が増したように聞こえます。また中域にあった凹凸も適切に処理されています。

総合周波数特性は、100Hzから10kHzまでの特性がおおむね3dB以内に入っています。こうしたフラットな特性は、人間の声をその人本来の声で聴いたり、楽器も本来の美しい音色を聴いたりするために重要になります。また、オーケストラの楽器パートごとのバランスも整って聞こえます。このため2チャンネルステレオに適用しても霧が晴れたような爽やかなステージ感が得られます。



●図1：一般的な家庭の音響特性の測定結果。160Hz前後の低域が定在波の影響で信号が盛り上がっていることがわかる



●図2：「D.C.A.C.」のグラフィック・イコライザーで補正を行った場合。60Hz～10kHzの範囲でほぼフラットな特性に補正できている

サラウンド再生ではさらにステージの奥行き感が正確に再現されます。その理由は、フロントとサラウンドの音量感が、録音制作者の意図したバランスどおりに再生されるからです。

◎高精度アルゴリズムにより、32ビット精度の補正を実現

「D.C.A.C.」で用いているグラフィック・イコライザーは、ソニー開発研究所で作られた最新の高精度アルゴリズムにより、(1)隣接バンドの上げ下げに関係なく、常にバンド内データは32ビット精度を保つ。(2)扱うバンド(1/3オクターブ)内で位相変化がまったく起こらない。という性能を実現しています。

◎サービスエリアを拡大する「ペアマッチング技術」

「D.C.A.C.」は、原則的に1カ所で測定を行い、その特性を元に補正。補正の精度は高度なアルゴリズムのおかげで極めて高精度にすることができます。ところが、部屋の実態はたった10cmずれただけでも大幅に変化してしまう性質があり、極端なケースでは測定した1カ所以外ではかえって音のバランスが崩れてしまうことになりかねません。映画館やダビングシアター(映画の制作スタジオ内にある視聴用シアター)の音場補正では、こうした欠点を除去するため、6点または9点のマイクを使って、その平均特性がフラットになるように補正。つまり、1カ所での補正は採用されないのです。

「D.C.A.C.」に採用された「ペアマッチング技術」は、測定を1カ所で行うだけでも多点マイク測定を行ったのに近い、自然で広いサービスエリアを実現する技術。図3は、サービスエリア拡大のイメージ図です。部屋の中央で測定したとして、シングルマイクロホンの測定による補正が赤エリアです。2点マイクロホンによる補正は主に音色のクセを除去する効果が目的ですが、サービスエリアも黄色のエリアまで拡大します。ペアマッチング技術によるサービスエリア拡大はもっと大きく、補正の効果を感じ取れる範囲は緑のエリアまで拡大し、リスニングルームの広い範囲で音響特性の整ったサウンドが得られるのです(ペアマッチング後はシングルマイクロホンの測定でもほぼ緑のエリアとなります)。

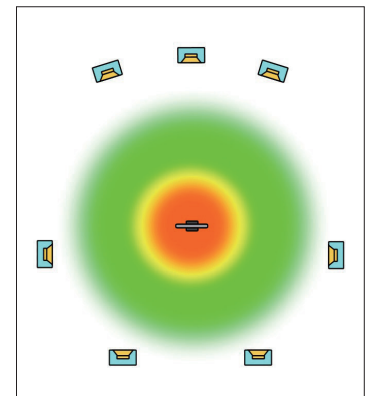
◎三種類のターゲット特性

「D.C.A.C.」はただひたすら平坦な特性を得ることだけを目指しているわけではありません。目的や好みに合わせて選べる三種類のターゲット特性を用意しています。

「フラットモード」は、アンプに接続されているすべてのスピーカーをフラットな特性にするモード。サラウンドスピーカーやセンタースピーカーに対してはもちろん、オーディオ的に音質にナーバスになりがちなフロント2チャンネルに対しても周波数特性補正を行います。つまり、再生装置を根本から補正するモード。このモードのメリットは、定在波の除去にあります。30平方メートル前後までの広さのリビングルームの定在波は100Hzより上に現れることが多く、不明瞭な低音や重低音の聴きとりにくさの原因となっています。「フラットモード」で定在波を除去すると、まず音のこもり感が消えて、スカッとした音に変化。また今まで聴こえていなかった重低音が聴こえてきます。これは定在波の周波数の干渉がなくなった結果です。

「フラットモード」はあらゆる音場補正の基本ですが、楽しい音とはかぎりません。人間の住む環境に定在波はつきものであり、その定在波を完全に取り去ることは必ずしも楽しい音を作ることに直結しないからです。そこでソニーのアンプの音質チューニングを行っている試聴室の特性をモデルに、よくコントロールした定在波と、比較的大型のスピーカーの低域特性をサンプリングしたターゲット特性が「エンジニア・リファレンスモード」。17畳以下のリスニングルームをお使いの場合はまず「フラットモード」をお試しください。定在波が消え、驚くほど明快なサウンドステージが現れるでしょう。次に「エンジニア・リファレンスモード」をお試しください。これで大きな部屋と大きなスピーカーによるサラウンド音場を感じられます。あとはそれぞれのモードを聴き比べ、好みにあったものを選ぶといいでしょう。

最後に「フロント・リファレンスモード」。2チャンネルユーザーがマルチチャンネル再生をはじめようとする場合、サラウンドスピーカーの増設は頭痛のタネ。多くの場合、フロント2チャンネルはよく調整された高価なスピーカーを使っているため、同じ音のサラウンドチャンネルを追加することは、難しい問題と言えます。これを解決するのが「フロント・リファレンスモード」。このモードではフロントスピーカーの特性が測定されると、その周波数特性の平均値をまず作ります。そして「D.C.A.C.」音場補正はサラウンドスピーカーの周波数特性だけを操作して、その音をフロントの音色に合わせます。



●図3：サービスエリア拡大のイメージ図。「ペアマッチング技術」により、適正な効果が得られる範囲が緑のエリアまで拡大される

ESシリーズのオーディオ技術が生み出した高剛性シャーシ 「ホリゾンタルFBシャーシ」、 音質にこだわった無鉛はんだの採用など、 あくなきこだわりで、アンプの音をさらに表現力豊かにする

アンプの重量を支え、内外の振動による影響を排除するシャーシ構造には「ホリゾンタルFBシャーシ」を採用。合理的な設計により、高い剛性を実現し、電源トランスや各オーディオ基板を強固に支えます。さらに、はんだの質にもこだわり、独自の「高音質無鉛はんだ」を開発。アンプに使用するあらゆるパーツを吟味して、音質を練り上げています。

ESシリーズの高音質技術を受け継いだ、高剛性コンストラクション

◎フレームをビーム(梁)で補強し剛性を高めるホリゾンタルFBシャーシ

FB(Frame and Beam)シャーシは、外周フレームと底板に加え、前後に渡した梁(ビーム)により全体の強度を高めたシャーシ構造です。ESシリーズでは、従来から剛性の高いFBシャーシをアンプやプレーヤーなどに採用してきました。TA-DA5400ESはもっとも新しい構造を採り入れた「ホリゾンタルFBシャーシ」を採用。両サイドのフレーム部分をつなぐように、横方向にビームを配置することで、シャーシ強度を飛躍的に高めています。

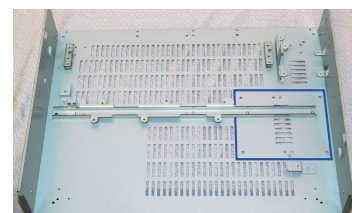
写真1はTA-DA5400ESの基本シャーシです。中央にはコの字断面形状のビームを配置。ビームの右端に電源トランスが配置されています。この構造は重い電源トランスの重量を直接ビームで支える極めて合理的な構造。ビームが支える重量は、強度の高い両端の折り曲げ部分で4個のインシュレーターに分散されます。振動の発生源である電源トランスを安定して支えることができ、回路基板への振動の悪影響を遮断します。

◎ホリゾンタルFBシャーシの強度の高さを試す

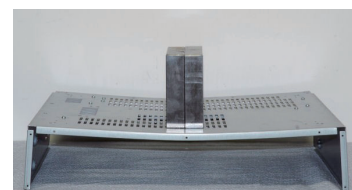
一般的なシャーシとホリゾンタルFBシャーシの強度を比較してみます。写真2はビームを持たない一般的なシャーシの中央に5kgの重りを乗せた上で、設置した台ごと10cm落下させたときの結果です。ビームが存在しないシャーシは素材自体に強度がないので、簡単にゆがんでしまいます。

写真3は、「ホリゾンタルFBシャーシ」に同様の衝撃を加えた結果です。衝撃の痕跡はほとんどありません。この違いは、通常のシャーシの場合、衝撃が加わったときの変形が塑性変形領域に入り、復元できない変形が残ってしまったためです。しかし、「ホリゾンタルFBシャーシ」は変形量が小さく、弾性変形領域にとどまるためバネのように衝撃を吸収して元の状態に戻っているのです。

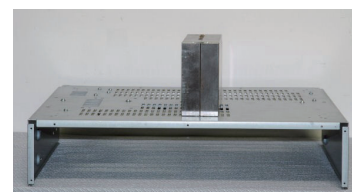
こうした剛性の差が音質に与える影響は少なくありません。剛性の高いシャーシが内外の振動を遮断し、振動の影響を受けやすいパワーアンプへ伝えないため、瞬間的に発せられる音、たとえば太鼓の打音や、ピアノの打鍵音の迫力がかなり改善されています。また、シャーシに振動が長時間残らないためか、中高域の明瞭度も向上しています。



●写真1: TA-DA5400ESの基本シャーシ。中央部で横に配置されている部品がビーム。青い線は電源トランスの搭載位置を示している



●写真2: 一般的なシャーシに重りを乗せ、10cm落下させたときの衝撃の様子



●写真3: 同様に「ホリゾンタルFBシャーシ」に重りを乗せ、10cm落下させたときの衝撃の様子

あらゆるパーツを見直し、徹底して高音質を追求

◎音質にこだわったオーディオ用無鉛はんだを採用

オーディオ製品の開発において、使用するパーツを吟味することは、最終的に音を仕上げる上で重要な工程となります。TA-DA5400ESでは、コンデンサーや抵抗といったパーツだけでなく、各部品を接続するはんだにも注目しました。すべての部品とプリント基板の接続に使われるはんだは、オーディオ機器の製造上もっとも重要なパーツとも言えます。一台のアンプの中で信号が通過するはんだ付けの箇所は、ディスクリットで構成されているアンプの内部まで数えると数百か所以上となります。したがって、はんだそのものの質は、オーディオ機器にとって非常に重要なものと言えます。

◎ソニーのオーディオ製品で採用してきたはんだについて

ソニーのオーディオ製品で使用されてきたはんだは、大きくわけて三種類あります(写真4)。ひとつは環境対応をする以前のもので、錫40%と鉛60%で構成されています。はんだのメーカーによって若干異なりますが、この組成のはんだは一般的に音質がおとなしく、特に問題なく使われてきました。しかし、現在は鉛入りのはんだを使うことはできません。そこで2003年から2006年までは無鉛はんだが使用されました。一般的に無鉛はんだは、硬質でひずみが多い音質になりがちですが、このとき採用した無鉛はんだは、数十点にも及ぶはんだサンプルを試聴して選定した、この時期もっとも音質の良いはんだでした。

◎錫の微量含有元素に吟味を加え、音質を向上

ソニーでは、2007年モデルから、さらなる自然な音質を目指してソニーオリジナルの高音質はんだを開発しました。その結果、完成したのが「Lead Free Solder For Sony Audio」です。はんだの主な組成である錫は、単独では表面に微細なクラック(ひび割れ)を持つ無数の突起が発生し、表面が荒れやすいという性質があります。一方、電気信号は高い周波数ほど導体の表面を流れる性質(表皮効果)があります。この性質はオーディオ帯域でも顕著に表れ、およそ10kHz以上の信号はほとんどが金属の表面を流れます。したがって錫主体のはんだの表面を電流が流れると、高域と低域の伝送状態が変わり、音色が悪く聴こえるのです。

写真5はそれぞれのはんだを溶かしたのですが、左の有鉛はんだの表面は特に異常はありません。ゆるやかな凹凸はありますが、荒れているようには見えません。中央は市販の無鉛はんだで、表面に細かい凹凸がたくさんあります。しかし、無鉛はんだとしてはかなり良い部類に入ります。右がソニーオリジナルの高音質無鉛はんだの表面ですが、きわめて良い状態になっています。この新はんだの主成分は錫と銅。錫は採掘後精製して純度を高めますが、不純物は必ず残ります。この不純物の濃度と組成をコントロールし、さらに微量元素の添加を行うことで結晶構造を良好にしています。銅は錫の融点を下げる目的で0.7%ほど添加されますが(この割合で錫と銅の結晶が起り融点が下がります)、添加される銅はプリント基板の銅箔とまったく同じもの。

新はんだの音質は、自然で豊かな質感と微妙なニュアンスの描き分けに優れ、鉛入りのはんだ時代にはなかった豊かな表現力を持っています。音楽を聴くことが楽しくなるような音を再生するには欠かせないパーツです。



●写真4: ソニーのオーディオ機器に採用されたはんだ。左から有鉛はんだ、無鉛はんだ、高音質無鉛はんだ

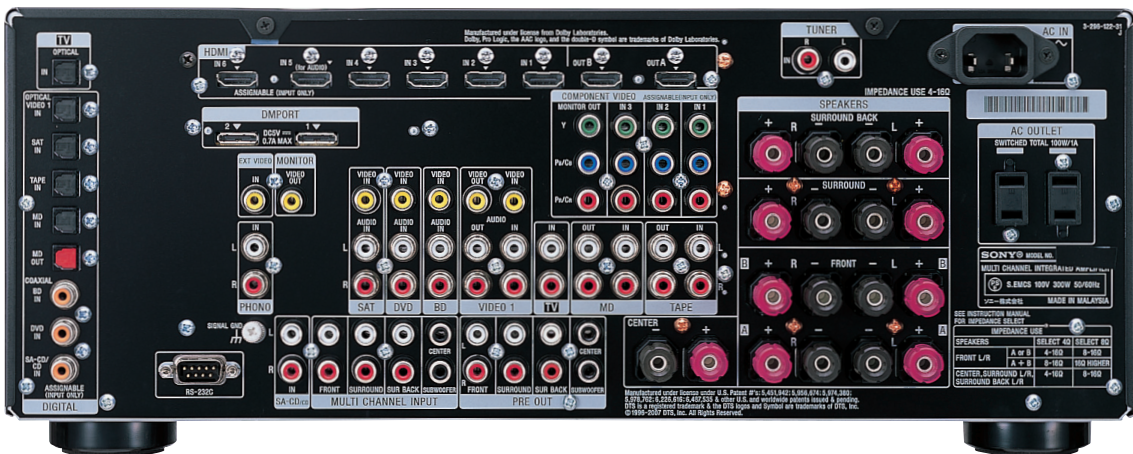


●写真5: それぞれのはんだを溶かして粒状にしたもの。表面の質感にそれぞれ違いがある

[前面]



[背面]



[リモコン]



ワイヤレスリモコン
RM-AAL015

簡単リモコン
RM-AAU038

[音場補正マイク]



◎TA-DA5400ESの主な仕様

●対応サラウンドフォーマット	: ドルビーデジタル、ドルビーデジタルEX、ドルビーデジタルプラス、ドルビーTrueHD、DTS/DTS 96/24、DTS-ES マトリックス6.1、DTS-ES ディスクリット6.1、DTS-HD マスターオーディオ、DTS-HD ハイレゾリューションオーディオ、MPEG-2 AAC、ドルビープロロジック II、ドルビープロロジック II x、DTS-NEO6	●全高調波ひずみ率	: フロント0.09%以下(8Ω負荷、120W+120W、20Hz~20kHz)
●サラウンドモード (マルチチャンネル)	: ノーマルサラウンド、シネマスタジオEX A/B/C、ヘッドホンシアター、バーチャルマルチディメンション	●周波数特性	: 10Hz~100kHz ± 3dB (8Ω時、スーパーオーディオCD入カースピーカー出力間)
●サラウンドモード (ステレオ)	: デジタルコンサートホールA/B、ホール、ジャズクラブ、ライブコンサート(ライブハウス)、スタジアム、スポーツ	●トーンコントロール	: フロントBASS ± 10dB(100Hz) フロントTREBLE ± 10dB(10kHz) センターBASS/TREBLE サラウンドBASS/TREBLE
●定格出力 (20Hz~20kHz、8Ω)	: フロント120W+120W、センター120W、サラウンド120W+120W、サラウンドバック120W+120W	●自動音場補正システム	: ベアマッチング方式、 1/3オクターブバンド・グラフィック・イコライザー方式
●実用最大出力 (JEITA 4/8Ω)	: フロント150W+150W、センター150W、サラウンド150W+150W、サラウンドバック150W+150W	●電源	: AC100V、50/60Hz
●スピーカー適合インピーダンス	: 4Ωまたはそれ以上	●消費電力	: 300W
		●ACアウトレット	: 連動2系統
		●外形寸法(幅×高さ×奥行)mm	: 430×175×430mm
		●質量	: 約17kg

●仕様および掲載の写真類は設計段階のものであり、実際の商品と異なる場合があります

ソニー株式会社/ソニーマーケティング株式会社

2008.12
記載内容2008年12月現在