

家庭用ドルビーアトモス規格に世界初対応したデノン

株式会社ディーアンドエムホールディングス
グローバルプロダクトディベロップメント
AVR 開発・サウンドマネージャー
高橋 佑規

家庭用ドルビーアトモスに世界で初めて対応したデノン

デノンは 2014 年の 7 月 16 日に AVR-X5200W を出荷しました。これが世界で初めてドルビーアトモスに対応したホームユース用途の AV レシーバーです。これによりこれまで映画館でしか体験することが出来なかった、オブジェクトベースの立体音響をホームシアターでも体験することが出来るようになりました。AVR-X5200W は日本国内では未発売のモデルでしたが、その翌々月の 9 月には AVR-X4200W を発売しました。その後もトップエンドモデルである AVR-X7200WA、エントリークラスの AVR-X1200W、ミドルクラスの AVR-X2200W を発売し全てのラインナップにおいて、ドルビーアトモスを体験することが可能となっています。

最新の動向としましては、2016 年の 5 月に最新モデルとして AVR-X1300W、AVR-2300W をプレスリリース致しました。勿論これらのモデルについても、ドルビーアトモス対応となっております。



世界初 家庭用ドルビーアトモス対応機 DENON AVR-X5200W (北米向け)

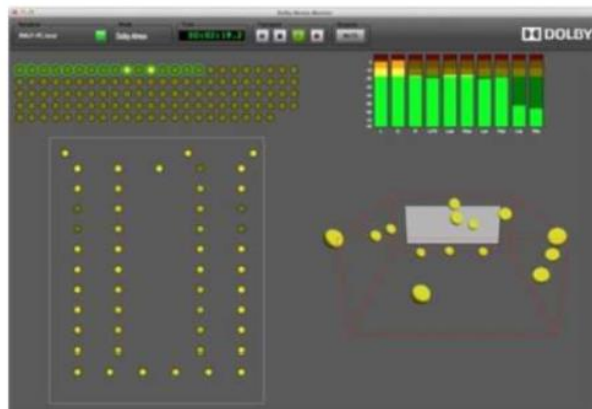
ドルビーアトモスとは

ドルビーアトモスは米国ドルビーラボラトリーズが開発したサラウンドの音声規格です。ドルビーラボラトリーズは 1965 年に音響技術者のレイ・ドルビー氏によってロンドンで設立されました。設立当初はテープ用のノイズリダクション技術、高域特性の改善技術等に従事していましたが、1975 年に映画用のマルチチャンネルサラウンド技術の先駆けとなる「ドルビーステレオ」を発表し映画業界に参入しました。その後も、80 年代には同所が研究した音声高効率圧縮符号化技術を利用したマルチチャンネルサラウンドフォーマットである「ドルビーデジタル」、更に 2000 年以降にもロスレス圧縮技術 MLP を採用した「ドルビー True HD」を発表し、現在に至るまで常に業界のデファクトスタンダードとなる規格を提案し続けています。

そのドルビーラボラトリーズが 2012 年の 4 月に「オブジェクトベース」の考え方をマルチチャンネルサラウンドフォーマットに持ち込んだものが「ドルビーアトモス」です。日本国内では

2016年5月現在、ドルビーアトモス対応のブルーレイディスクのタイトルは22タイトルを超え、今後更に増えることが期待されます。

ドルビーアトモスが「オブジェクトベース」と呼ばれるのに対し、それまでのドルビーTrue HDは「チャンネルベース」と呼ばれます。チャンネルベースでは、マルチチャンネルの信号は5.1チャンネルもしくは7.1チャンネルというようにチャンネル数の信号としてディスクに記録されますが、ドルビーラボラトリーズは、このチャンネルベースの方式には表現力において本質的な限界があると語っています。この限界に対する解決策として、音源であるスピーカーの数を増やすこと、またはフロアだけでなくスピーカーを天井などに3次元に配置することが考えられますが、映画館や、家の環境においては空間の制約から様々なケースを想定しなければなりません。また将来的な拡張性を考えた場合、チャンネルベースでこれに対応し続けていくことは得策ではありません。しかし、ここにオブジェクトベースの手法を持ち込むことであらゆる制約が取り払われました。ドルビーラボラトリーズは「我々のゴールはオーディオチャンネル数の制約から自由に解き放たれるフィルムワークス（映画製作）である」と説明しています。図はコンテンツ製作者用に作られたマニピュレートツールの画面です。このツールを使用することによりコンテンツ製作者は、よりソフィスティケートされた形で思い通りの表現をコンテンツに刻むことができます。黄色の球体がオブジェクトですが、ここにチャンネルの概念はありません。



ドルビーラボラトリーが提供するドルビーアトモスのマニピュレートツール
(Dolby Lab. Dolby Atmos for the home theater 2014(参考文献 1)参照)

もちろん、多くのメディアが指摘するように、天井や壁の高い位置にスピーカーを配置すること自体がオブジェクトベースではありません。しかし、3次元にスピーカーを配置することがドルビーアトモスの醍醐味であり、ドルビーラボラトリーズが意図しているものです。実際にドルビーラボラトリーズは、「実際の生活において我々が感じる音は、我々の周囲のあらゆる場所で鳴っている」と、頭上のスピーカーの配置の高い重要性を言及しています。

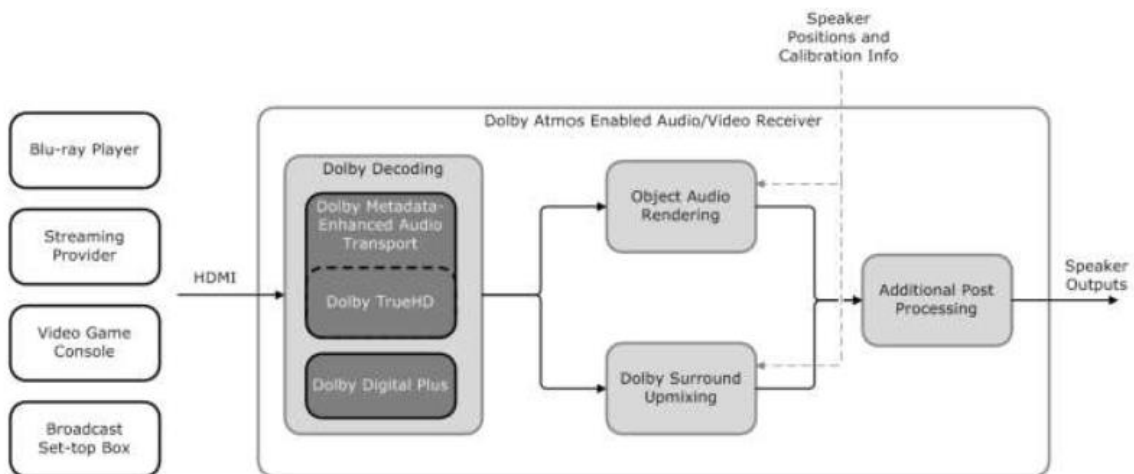
ドルビーアトモスは、「ベッド」と呼ばれる移動やピンポイントの定位を必要としない音源と、そのベッドと同時に発声される「オブジェクト」（家庭用のオブジェクト数は非公表、劇場用は最大118個）により構成されます。これらの信号は、AVレシーバーによって「レンダリング」と

いう処理により、各々の再生環境に合わせたスピーカーの構成にリアルタイムで振り分けられます。ベッド及びオブジェクトとそのメタデータで構成されるドルビーアトモスにおいて、レンダラー（ホームシアターでは AV レシーバー）は頭脳のような存在であるといえるでしょう。これらの情報は、従来のドルビーTrueHD やドルビーデジタル Plus の形式で Blu-ray ディスクに記録されますので、HDMI バージョン 1.3 以上に対応したプレーヤーやケーブルを持っているユーザーは、そのまま機材を変更することなくドルビーアトモスを導入することができます。



ベッドとオブジェクトのイメージ

(Dolby Lab. Dolby Atmos next generation audio for cinema White paper issue3(参考文献 2) 参照)



ドルビーアトモスの再生ワークフロー

(Dolby Lab. Dolby Atmos for the home theater 2014(参考文献 2)参照)

ドルビーアトモスが目指したもの、そしてデノンが目指したもの

ドルビーラボラトリーズは、ドルビーアトモスの導入にあたり下記 3 つのポイントでの改善を目指しました。

- ・ オーバーヘッドスピーカーより生成されるサウンド
- ・ オーディオクオリティとティンバーマッチングの改善
- ・ 空間のコントロールと分解能の向上

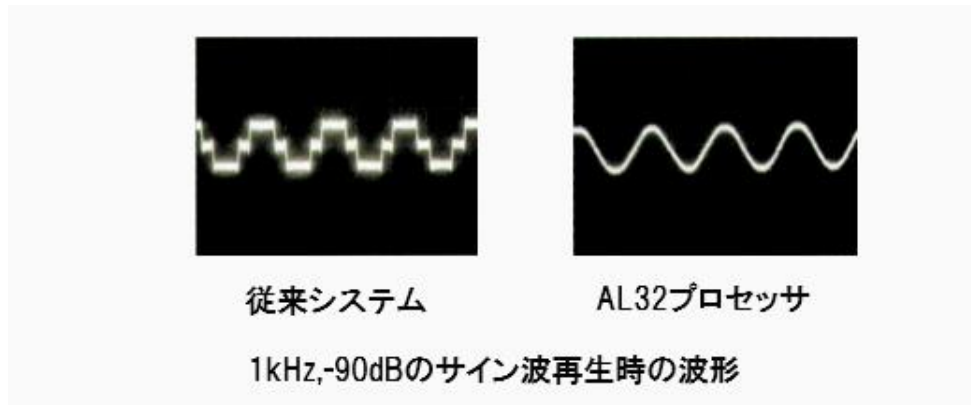
ここでいうティンバーマッチングとは、各スピーカー間でのティンバー（音色）のマッチングのことです。ドルビーアトモスは、従来のシステム以上にスクリーンチャンネル（センターチャンネル）やサラウンドチャンネル、またオーバーヘッドチャンネルにおいてもメインスピーカーと対等な関係を目指しスクリーンから部屋の隅々まで、自由に動きまわるフルレンジサウンドを可能とすることを目指しています。これらの内容は、デノンがこれまで進めてきた AV レシーバーの開発コンセプトから外れるものではなく、それを更に一層推し進めるものでした。

ドルビーアトモス対応 AV レシーバーに要求される実力とは

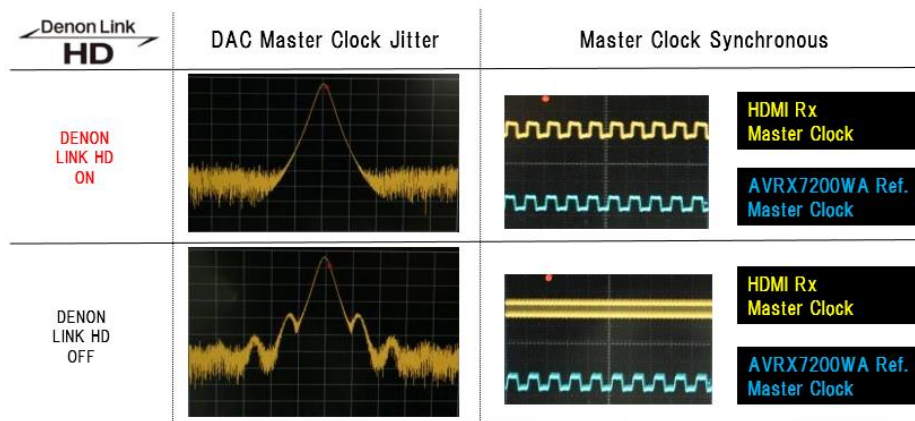
前述のとおり、ドルビーアトモスを実現するに当たり、まず AV レシーバーとして従来には無かったレンダリング機能が要求されますので、DSP の処理能力を向上させる必要があります。ドルビーアトモス非対応の AVR4520 がアナログデバイス社製の 32bit SHARC プロセッサを 3 機搭載していたのに対して、AVR-X7200WA では同プロセッサを 1 つそのまま追加して 4 機でこの問題に対応しています。余裕を持った演算処理能力でストレス無くレンダリング処理を行うこと、これが再生空間のコントロールと分解能の向上にまず必要であると考えます。実は開発当初、従来の 3 機の DSP で実現することにトライして、DSP の動作周波数の調整、電源電圧の管理など細かな設計を行っていましたが、結果的には 4 機の DSP で余裕を持って演算させることが最も良いという結論に達しました。この結果、AVR-X7200WA においては好評を頂いておりますデノンオリジナルのビット拡張技術である AL32 プロセッシングを全てのチャンネルにおいて搭載することが可能となり、PCM 信号だけでなく、ドルビーTrueHD や DTS-HD マスターオーディオ、ドルビーアトモスの信号に対しても 32 ビットの信号にアップコンバートして再生することを実現しています。また、ドルビーアトモスの信号伝送に使用される HDMI では一般的にジッターの多さが分解能低下の要因となっていますが、ジッターリデューサーを搭載することによりジッターの削減には最新の配慮を行っています。更にデノン製ブルーレイディスクプレーヤー DBT-3313BT と組み合わせ、DENON LINK HD によりマスタークロックを同期させることにより、図のようにジッターを低減することが出来ます。



AVR-X7200WA の DSP 基板 上部に見える 4 つのデバイスが 32bit SHARC プロセッサ

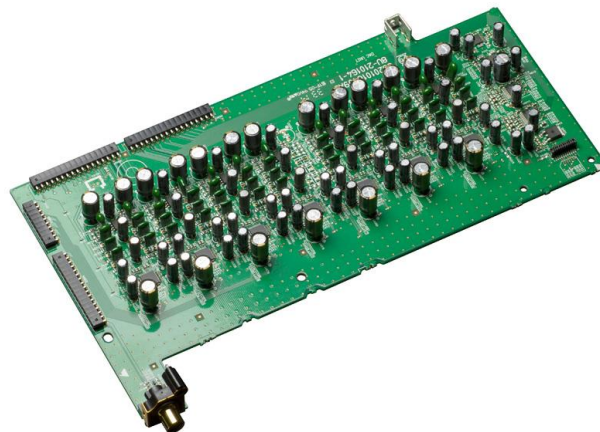


AVR-X7200WA では全てのチャンネルに AL32 プロセッサを搭載した



DENON LINK HD のクロック同期により HDMI のジッターが改善される様子

また、DA コンバータについては、従来モデルのように DSP ボードと一緒に搭載するのではなく、独立した専用基板に構成することで理想的な部品選定、レイアウトを実現しています。DSP や HDMI などのデジタル系のデバイスから基板のレイアウトを分離することにより、ノイズを低減しデジタルコンテンツの再生における分解能が向上しました。

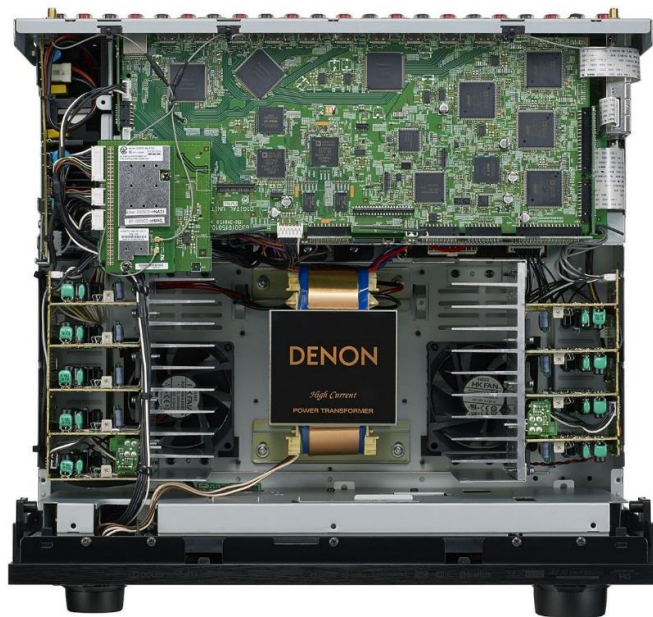


独立基板化された AVR-X7200WA の 11.2ch DA コンバータボード

ティンバーマッチングの改善に対しては、従来からデノンのパワーアンプ、マルチチャンネルAVレシーバーで培ってきた全チャンネル同一クオリティのパワーアンプを搭載することで実現しています。AVR-X5200WやAVR-X7200WAでは、モノリスパワーアンプコンストラクションという9個のまったく同じレイアウトのパワーアンプ基板を採用し、全ての電源供給を電源の根元から独立させるという実にオーセンティックにて理想的な構成を実現しています。また、AVR-X7200WAではパワートランスをセットの中心に配置し、パワーアンプ基板がそれを取り囲むような形で左右対称のシンメトリックな構成としています。これは、往年のオーディオファンにも馴染みのハイエンドアンプを思い出されるのではないのでしょうか。古くは1970年代のPOA-3000、2004年に発売したAVC-A1XVなどでも採用していたレイアウトです。

パワーアンプは、出力デバイスにデノンオリジナルのDHCT (DENON HIGH CURRENT TRANSISTOR) を用いることにより、アナログアンプが持つクリアで重厚なサウンドを実現しました。ドルビーアトモスのようにダイナミックレンジの広いオーディオソースを再生する際には、スピーカーを駆動する出力デバイスは急激に内部温度が上昇しますが、DHCTは温度補償回路をトランジスタの内部に配置し瞬時に温度補償を行っています。これにより安定したバイアス特性を実現することが出来、温度が急激に上昇してもオーディオ特性、得に歪み特性が大きく変動することがありません。また、DHCTは薄膜技術を応用したデバイスであり、通常のトランジスタよりも放熱の効率が高く安定した大電流、大出力を可能としています。大出力サラウンドの源となる電源はショットキーバリアダイオードと、大容量のカスタムメイドブロックキャパシタ ($\phi 50\text{mm}/22000\mu\text{F}/80\text{V}$ 耐圧品) を採用し、マルチチャンネル再生時にも出力が低下しない設計としています。またそれに加え、全てのチャンネルに個別に温度検出回路を設置し、トランジスタの発熱状態を常にモニタリングすることで従来のAVで必要であった電流リミッターを排除することに成功しています。これにより、十分な電流の瞬時供給能力も確保しています。

更に、昨今ではスピーカーの公称インピーダンスが低いものが増えていきますので、 4Ω 負荷にも対応しました。 $4\sim 16\Omega$ のスピーカーを選ぶことが可能です。



AVR-X7200WA の左右対称の内部構造



チャンネル毎に基板を独立させたモノリスアンプコンストラクション



パワーアンプ出力デバイス DHCT(DENON HIGH CURRENT TRANSISTOR)の外観



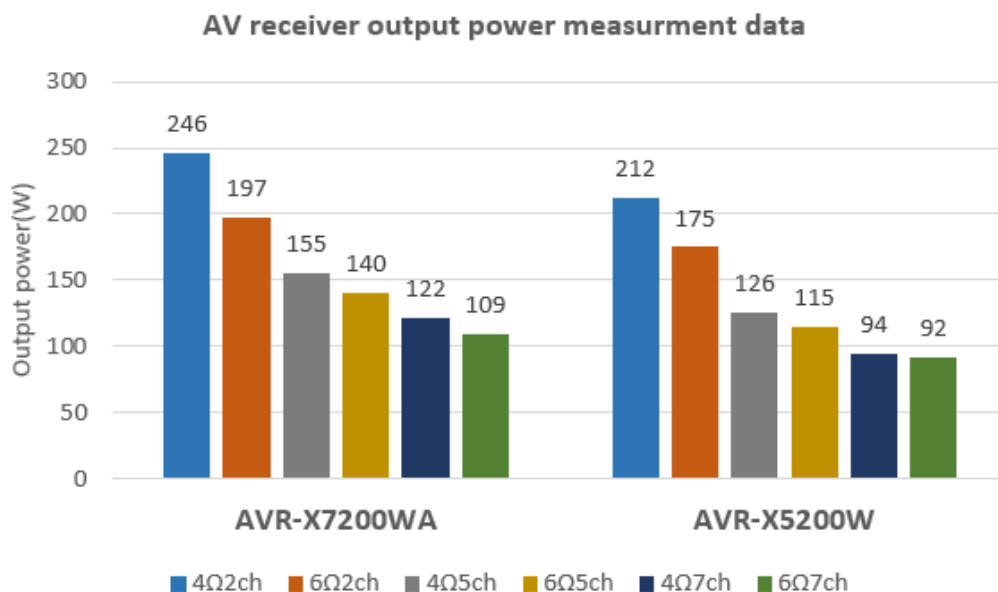
AVR-X7200WA で採用したカスタムメイドのブロックコンデンサ



AVR-X7200WA レシーバーのセンターにマウントされたパワートランス

図は、AVR-X7200WA、AVR-X5200W のマルチチャンネル動作時の出力測定結果です。(参考文献 3,4) 5チャンネル、7チャンネルと出力チャンネル数を増やすと、2チャンネル出力時と比

べて出力は低下しますが、7チャンネル出力時でも AVR-X7200WA で全チャンネルにおいて1チャンネルあたり 100W 以上、AVR-X5200W でも 90W 以上は確保できていることが分かります。ドルビーアトモスの作品に見られる傾向としては、コンフィギュレートされた全てのチャンネルにおいて高分解能なフルレンジサウンドが縦横無尽に飛び回る印象ですが、チャンネル数が増えなくても制限をかけることなくスピーカーを駆動する能力が要求されます。これに対し、デノンの AV レシーバーはしっかりとした駆動力でドルビーアトモスの再生をサポートします。

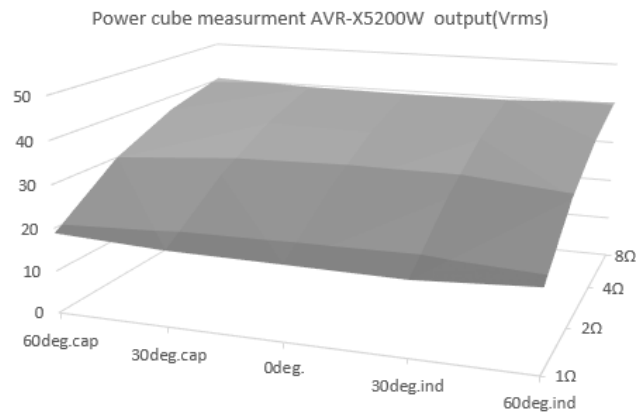


マルチチャンネルでの出力測定

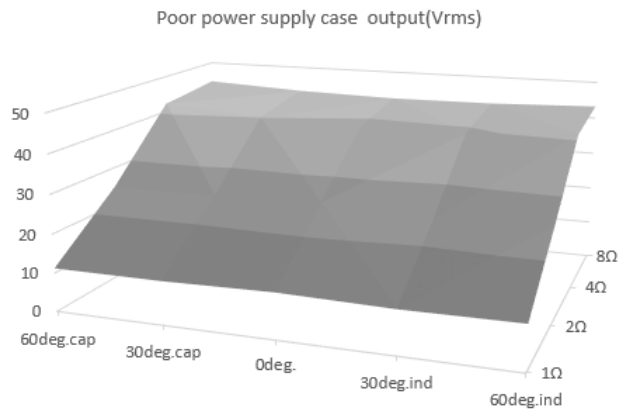
(ドイツ Audio vision 誌測定データ 2014年11月号、2015年5月号より抜粋)

図はパワーキューブという測定器を使用して測定したアンプの出力です。(参考文献5)パワーキューブとは、あらゆるスピーカーの負荷を想定する為に、純抵抗だけでなく容量性負荷や誘導性負荷など位相が変化する負荷にて測定した場合の出力を3次元にプロットしています。AVR-X5200W の評価結果では、負荷インピーダンスが小さくなったとき、また、負荷インピーダンスの位相が変化した場合でも出力が急激に低下しないことが分かります。電源が弱い例においては、1Ω負荷において全体的に出力が低下している様子が分かります。また、電源が強力な場合でも、電流リミッターがかかる場合には、出力に容量性負荷や誘導性負荷が接続される際に電流の位相が、電圧に対して進んだり遅れたりする為、意図した出力が得られないことがあります。

勿論、良いサウンドは全て測定から来る物ではありませんが、基本性能をしっかり押さえて設計を行うことは、良いサウンドを得られる条件の一つであり重要なポイントであると考えています。



AVR-X5200W パワーキューブ測定によるアンプの評価
 (スウェーデン Hammabio 誌測定データ 2014年12月号より抜粋)

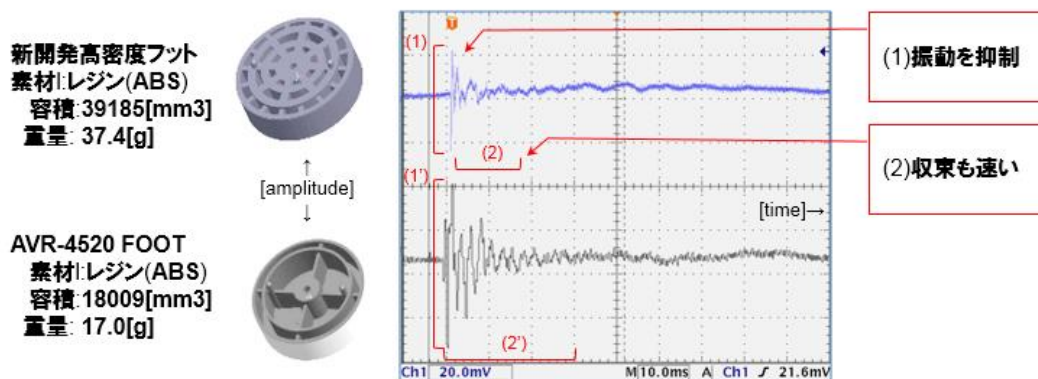


パワーキューブ測定による悪いアンプの評価例 電源が弱い場合
 (スウェーデン Hammabio 誌測定データ 2014年12月号より抜粋)

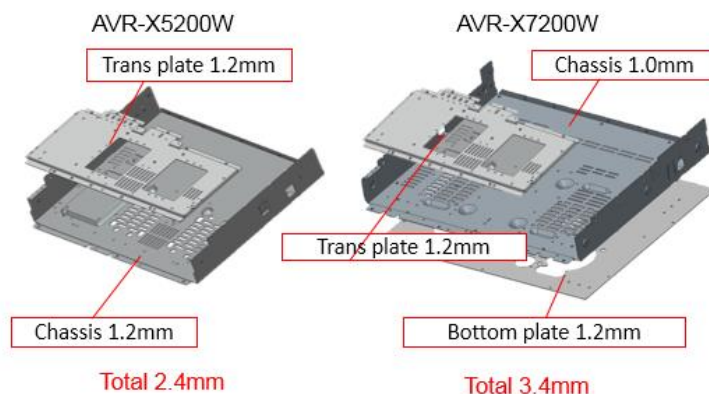


パワーキューブ測定による悪いアンプの評価例 電流リミッターの設定が悪い場合
 (スウェーデン Hammabio 誌測定データ 2014年12月号より抜粋)

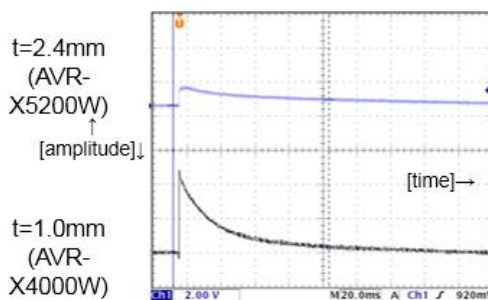
機構的なアプローチとしては、フットの新規開発、シャーシを多層化することによる剛性の強化があります。これらの2つのアプローチにより、メカニカルグラウンドを安定させ余計な振動を極力排除することでダイナミクスレンジの広い、ドルビーアトモスの再生をサポートしています。



新旧フットにて衝撃を受けたときの耐性の比較



多層レイヤー化による、シャーシ剛性の強化



AVR-X5200W シャーシの厚みと外からの衝撃に対する振動耐性の比較



デノンのトップエンド ネットワーク AV レシーバー AVR-X7200WA 外観

ユーザーの立場から見た使い易さとは

実際にドルビーアトモスを製品に搭載するに当たっては、様々なお客様のシチュエーションを考慮し、使い易さというものを追求しなければなりません。これまで既にホームシアターを構築されてきたお客様が、更にスピーカー追加すること想定し、拡張性とセッティングの自由度を重視したユーザーインターフェイス仕様を搭載しました。AVR-X7200WA、AVR-X5200W ではオーバーヘッドスピーカーを4つ配置したときの組み合わせにおいて、様々なトップスピーカーとハイトスピーカーを組み合わせたことが可能な仕様となっています。

メーカー	モデル	内蔵 アンプ	最大同時 プロセッ シング数	5.1.2アサイン時	7.1.2アサイン時	5.1.4アサイン時			7.1.4アサイン時		
						TOP1 FH	TOP1 TF	TOP1 TM	TOP1 FH	TOP1 TF	TOP1 TM
DENON	AVR-X7200WA	9	11.2	FH TF TM TR RH	FH TF TM TR RH	TM TR RH	TR RH	RH	TM TR RH	TR RH	RH
A社		11	11.2	FH TF TM	FH TF TM	TM RH	TR	-	TM RH	TR	-
B社		9	9.2	FH TM	FH TM	-	TR	-	-	-	-
C社		9	11.2	FH TF TR RH	FH TF TR RH	TR RH	TR RH	-	TR RH	TR RH	-

あらゆる設置条件を考慮した様々な配置の選択が可能

FH:フロントハイト、RH:リアハイト、TF:トップフロント、
TM:トップミドル、TR:トッリア

以上の様に、デノンはマルチチャンネルサラウンドにおける最新フォーマットであるドルビーアトモスへの対応を積極的に行い、デジタルオーディオやパワーアンプの開発を従来から積み重ねてきたオーディオマインド溢れるオーセンティックな設計手法により進めてきました。またそれは技術的な側面だけではなく、お客様の視点に立ったインターフェースのおいても取り組んでおります。

2016年2月にはドルビーアトモスだけでなく、DTS社から発表されたDTS:X対応へのアップグレードを世界で初めて開始しました。デノンはオーディオマインドに根差しつつ、最新のフォ

ーマットにいち早く対応する商品開発を続けて参りますので今後ともよろしくお願ひ致します。

高橋佑規

株式会社ディーアンドエムホールディングス グローバルプロダクトディベロップメント
AVR 開発グループ サウンドマネージャー

2001年:日本コロムビア研究開発センターに入社。デノンブランドにおけるステレオアンプPMAシリーズの開発担当を経て、AVRシリーズの開発に従事。アナログオーディオ、パワーアンプの回路設計、またAVR製品全般の音質評価の取り纏めを担当する。

参考文献

1. Dolby Atmos for the home theater 2014
2. Dolby Atmos next generation audio for cinema White paper issue3
3. German Audio vision magazine Nov. 2014
4. German Audio vision magazine May. 2015
5. Sweden Hemmabio magazine Dec. 2014