

TAD Reference Oneについて

パイオニア株式会社
ホームエンタテインメントビジネスグループ
斉藤 天伸

はじめに

TAD (Technical Audio Devices) ブランドのプロ用ドライバーユニットは、プロフェッショナルスタジオモニタースピーカーとして、世界の録音現場の第一線で揺るぎない地位を築いてきました。

1978年に米国で発売されて以来、四半世紀が経った現在でも、世界中の著名な録音スタジオに採用され、多くのトップアーティストからレコーディングおよびデジタル・リマスター用モニタースピーカーとして大変高い信頼と評価を集めています。

一方近年では、SACD、DVD-Audio などの高品位フォーマットの登場などにより、家庭内における再生環境が飛躍的に向上しています。厳しいプロの世界で培われ、評価されてきた TAD の圧倒的な性能の本領を、ホームユースにおいても発揮できる環境が整いつつあるといえます。

そうした時代背景に応えるべく、TAD ブランドでのコンシューマー用スピーカーシステム TAD Reference One を開発いたしました。そこに注ぎ込まれた技術の一端についてご紹介いたします。



写真1 TAD Reference One

筆者プロフィール

■ 斉藤 天伸 (さいとう たかのぶ)



九州芸術工科大学

音響設計学科卒

パイオニア(株)入社。

以来、スピーカーの設計・開発に従事。

2001～05年まで台湾に赴任。中華の味には少しうるさい。帰国と同時に TAD コンシューマープロジェクトに参画し、現在に至る。

TAD の DNA

“綿密な理論検討と正確な実験に裏打ちされた工学的なアプローチ”、TAD の名に刻み込まれた設計思想です。基礎理論に忠実な最適設計を具現化するという目標に対しては、一切の妥協を廃してきました。例えば、当時の測定技術の未熟さや工作機械の精度の問題に突き当たったときには、その全てを新調し作り出すことから始めてきたほどです。

そのような成果の結集が、世界初のベリリウム振動板を採用したコンプレッションドライバーの TD-4001 や、16 インチウーファの TL-1601a といった、今なお世界最高水準といえる TAD を代表するドライバーの開発に結びついたのでした。



写真2 TAD ドライバーユニット群

さらに、これらのドライバーユニットを用いた理想的なシステムとして、Exclusive model 2401 twin / 2402 を発表。ホーンシステムを用いた広帯域コンプレッションドライバー+ウーファーというシンプルな 2way によって新しい時代のモニターシステムに要求される性能を具体的に示しました。

TAD がプロフェッショナルの世界で評価された要因は、圧倒的な高性能と共に、それを支える高い精度と品質の安定性です。例えば、コンプレッションドライバーでは、部品や治具の精度をミクロン単位まで追い込み、さらに機械では測定できない微細な感覚を、熟練工によってひとつひとつ調整し作りに上げています。

これにより、たとえ振動アッセンブリーを交換することになっても、それ以前と変わらぬ特性・音質を保証できるのです。

設計開発から生産・管理にいたるまで、全ての段階において、一切の妥協なく基本に忠実であることに徹する、それこそが TAD の DNA です。

TAD Reference One の開発

TAD Reference One の開発に当たっては、これまで培ってきた、TAD の設計概念・生産技術をベースに、さらにコンシューマー用として家庭で再生される条件を考慮し、音像と音場を高次元で両立した世界最高峰のスピーカーを作ることとを使命としました。



写真3 TAD システムのレコーディングスタジオへの導入例

音像と音場の高次元での両立

多くのスピーカーシステムは、広帯域再生のために複数のスピーカーユニットを用いたマルチウェイシステムとしています。その場合、多くは軸上特性に比べて、角度がずれた方向での特性パターンは乱れが生じています。これは、音源位置やクロスオーバーにおける指向特性が、ユニットごとに異なることに起因します。

実際の聴取環境において、聴取ポイントは必ずしも軸上に位置しているわけではなく、またリスナーの耳には直接音だけでなく、壁や床面からの反射や回折現象などによって生じる間接音も到達します。

軸上をずれた角度の特性バランスが、軸上特性のそれと大きく異なっていると、音像定位がふらついたり、音場空間の再現性が損なわれるといった影響を受けやすくなります。

明確で安定した音像の定位と、自然な音場空間の表現。TAD Reference One の開発ではこのふたつをより高次元で両立することを目指しました。

この目的に対する物理的な要求は以下のとおりです。

- ・1 ポイントからの超広帯域再生
- ・その幅広い帯域内において、位相特性および指向減衰特性がスムーズであること

TAD プロでは、広帯域コンプレッションドライバー+ホーンという組み合わせによって、その目的を達しています。その広帯域再生思想を進化させ、さ

らにコンシューマー用システムとしてよりふさわしい手法として、直接放射型の同軸スピーカーを開発しました。この先進的な同軸スピーカーをCST(Coherent Source Transducer)ドライバーと呼んでいます。



写真4 CSTドライバー

CSTドライバーのミッドレンジ振動板は、トゥイーターの指向性パターンを制御し、クロスオーバー帯域におけるトゥイーターとミッドレンジの指向性パターンを一致するように綿密に設計されています。

理想的な指向特性を実現するために、一般的な16cm口径のコーンに比べて非常に浅形な形状となっています。一般的には、コーンを浅形にすると形状的な強度が弱くなり、特性の低下を招いてしまいます。しかし、蒸着ベリリウムという優れた材料を用いることで、この理想的な形状を成し得ることができました。

CSTドライバーは、大口径の振動板と、先進的设计手法により、250～100kHzという超広帯域再生能力を獲得しています。そして、その全帯域に渡って乱れることなくきれいに減衰する指向放射パターンを併せ持つことを可能にしました。

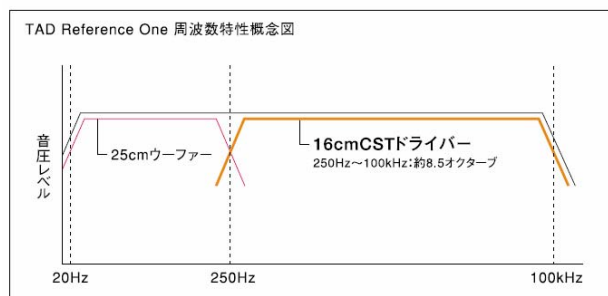


図1 分割周波数特性の概念図

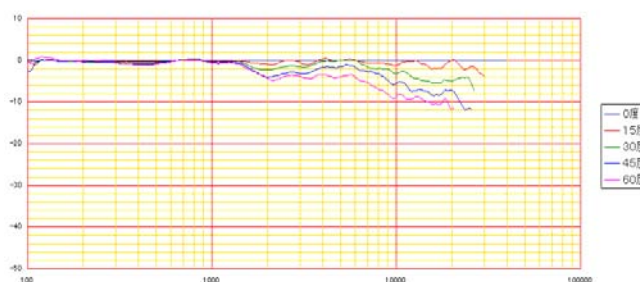


図2 CSTドライバーの0度を一定基準とした指向特性

理想を追求した振動板素材

CSTドライバーのミッドレンジとトゥイーターの振動板材料には共にベリリウムを使用しています。ベリリウムは振動板として実用可能な金属材料のなかで、最も軽量かつ高剛性という中高域用振動板に必要な性質を合わせ持つ優れた材料です。

Material	Density (g/m3)	Young modulus (*E10N/m2)	Velocity (m/s)	Inner loss (-)
Aluminum	27	7	5092	0.003
Titanium	44	11.9	5201	0.003
Beryllium	185	28	12302	0.005
Magnesium	1.78	4.5	5028	0.006
Boron Alloy	4.5	23	7149	0.005
Paper	0.2-0.8	0.03-0.6	1200-3750	0.02-0.1
Ceramic Carbon	1.4	3.5	5000	0.005
Ceramic Graphite	1.8	18	10000	0.01
Crystalized Diamond	3.4	90	16270	0.014

図3 ベリリウムの物性

TADのベリリウム振動板の製法は蒸着法でパイオニアのオリジナル技術です。

蒸着法の優れている点は、材料の基本物性を保ちながら、金属としては異例なほどの内部損失を持つことです。共振を抑えるファクターである内部損失は、蒸着法によって霜柱状に生成される粒子の結合によって、より大きなものとなります。

これにより、蒸着ベリリウム振動板はスムーズな周波数レスポンスをもち、大変素直で澄んだ音を再生することができます。

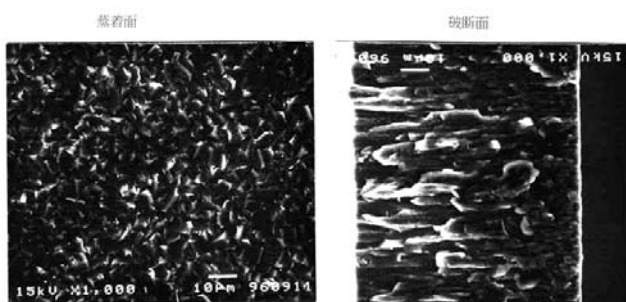


写真5 蒸着ベリリウムの拡大写真 (左:表面、右:断面)



写真6 25cm ウーファー

パイオニアでは、蒸着ベリリウムダイアフラムの生産において、30 余年にわたる実績を持っています。

この歴史の中で培った技術を集約させ、蒸着ベリリウムとしては世界最大級となる、口径 16cm スピーカー用のコーン型振動板を開発しました。

また、CST ドライバーのトゥイーターには、HSDOM (Harmonized Synthetic Diaphragm Optimum Method) という振動板形状を最適化する技術を導入しました。有限要素法解析を駆使して、可聴帯域外で生じる分割振動のバランスを的確にコントロールすることにより、100kHz までの超高音域再生を可能にしています。

トータルのリニアリティーを徹底追求

高性能な CST ドライバーに対して、低音域を支えるウーファーは、トータルのリニアリティーを徹底的に追求しました。大振幅のときでも動作が安定していて、しかも振幅が制限されることが無く、波形を正しく再生すること。そのために新規にショート・ボイスコイル/ロングギャップタイプの OFGMS (Optimized Field Geometry Magnet Structure) 磁気回路を開発しました。

ショート・ボイスコイル/ロングギャップは、磁束密度が一定の磁気ギャップの中に常にボイスコイルが位置するため、原理的にリニアリティーが非常に優れた磁気回路構造です。しかし実際には、磁路を形成する鉄材の磁気抵抗によって、ギャップ内に僅かながら磁束密度の勾配が生じてしまいます。

コンピュータによる磁気回路の解析を繰り返し、ボイスコイルの外に位置するプレートにスリットを設けることで、37mm 厚みのロングギャップでありながらその間の磁束密度を均一化することに成功しました。(世界初。特許申請中)

この構造は磁性体の性質から生じる電流のひずみを減らす効果があり、歪を 10dB 以上改善しています。

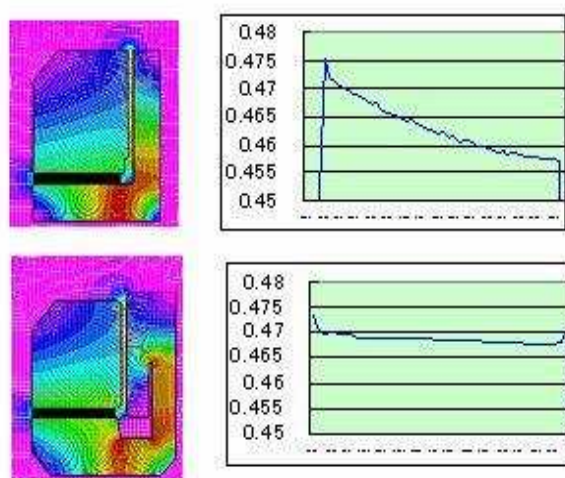


図4 磁気ギャップの磁束分布シミュレーション
(上:従来タイプ 下:OFGMS / 単位: Tesla)

OFGMS 磁気回路によってもたらされる、30mm にもわたるリニアな駆動力に対応するために、サスペンションも開発しました。コンピュータ・シミュレーションによる応力解析によって、最適な形状・材質を算出し、これを対称配置としたデュアル・ダ

ンパーとしています。

エッジはサスペンションの一部であると同時に音質にも多に影響を与えるパーツです。大振幅のときにも音崩れが無く安定な動作をする、TAD プロでも定評のあるコルゲーションエッジを採用。抜けの良い低域と同時に、滑らかな中域の再生を両立させています。

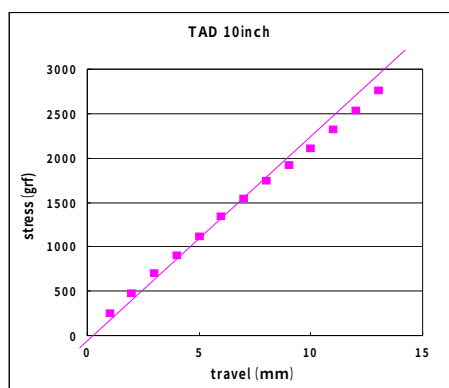


図5 サスペンションのリニアリティ特性

ゆるぎない安定性と高い制振効果

ドライブユニットの優れた性能を最大限に発揮するために、エンクロージャーは徹底的に無共振化を追及しました。航空機の翼や大型船舶の構造をヒントに、異質材料によるラミネート構造を巧みに使用し、全体の強度を極限にまで引き上げる構造が新 SILENT (Structurally Inert Laminated Enclosure Technology) エンクロージャーです。



図6 新 SILENT
エンクロージャー

厚さ 21mm の樺 (バーチ) 合板を骨組みとして強

固な枠組みを構成し、高周波加熱プレス成型した厚さ 50mm の側板と最大 137mm の CNC 加工合板を張りあわせて形成されています。

後方に向かって絞り込んだティアドロップ形状は、音波の回折が低減され音場表現に優れるとともに、エンクロージャーの不要共振と内部定在波の排除にも貢献しています。

さらにエンクロージャー全体を後方に 4 度傾け、150kg にもおよぶ総質量の重心位置を、スピーカーを支えるベースの中心付近に来るようにしました。これにより、強力なウーファーの駆動力の反作用を確実に受け止め、ゆるぎない安定性と高い制振性を得ることが可能となります。

このスラントレイアウトにより、すべてのドライバユニットからリスナーの試聴位置までの距離がほぼ等しくなるために、タイムアライメントがしっかりと取れることになります。

工芸品としての美しさ

エンクロージャー部の仕上げには、立体的な奥行き感のある美しい斑を持つ、ポメラサペリの突き板を使用しています。

ポメラサペリは工芸的な価値を持つ家具や、特別仕様の高級ピアノなどにまれに使われる材料です。この希少な美しい空が出ている材料は、通常 40cm 程度の幅のものしか流通していません。TAD Reference One のエンクロージャーサイズに見合った大判のものを探し出すために、丸太の状態から材料をスライスし、側面は一枚ものの持つ美しさに仕上げることにこだわりました。



写真7 ポメラサペリの空

この大判の突板を、エンクロージャーの曲面に貼り合わせる外装加工は、非常に難易度の高いものでした。度重なる試行錯誤の結果、大型の専用プレス装置を開発しました。こうして、この大型で流麗な曲面を持つエンクロージャーにポメラサペリの美しい外装を身にまとうことが出来ました。

このポメラサペリを保護し、さらに奥行きのある空の美しさを引き出すために、入念なポリエステル下地塗装とクリア鏡面仕上げを施しました。塗装工程は全 20 工程以上におよび、熟練した職人により丁寧に時間をかけ、およそ 3 週間かけて仕上げられます。

おわりに

「基本に忠実な技術こそ本物の技術であり、技術志向に傾くことなく、常に音質を最重視する技術こそ本物の技術である」 — Bart N. Locanthi。

TAD プロジェクト創世記の技術顧問であった故・Locanthi 氏の言葉はパイオニアの開発陣の中に常に生きつづけています。

技術のための技術ではなく、音質追求のための基本の積み重ねの検証結果として、21 世紀時代のコンシューマー向けスピーカーの“Reference”となるものを世の中に提示したい。その想いを具現化したものが TAD Reference One なのです。

TAD Reference One の仕様

形式 : 3 ウェイ位相反転式フロア型

ドライブユニット :

ウーファー : 25cm コーン型×2

ミッド/トウイーター : 16cm コーン型/3.5cm
ドーム型

再生周波数帯域 : 21Hz~100kHz

クロスオーバー周波数 : 250Hz, 2kHz

出力音圧レベル : 90dB (2.83V, 1m)

最大出力音圧 : 115dB

インピーダンス : 4 Ω

適合アンプ出力 : 50W~300W

外形寸法 : 554(W)×1293(H)×698(D)mm

質量 : 150kg (1 台)