

タイムドメイン理論を応用したプレミアムサブウーハの開発

Development of Premium Subwoofer based on Time Domain Theory

三	木	好	州	<i>Yoshikuni Miki</i>
平	本	光	浩	<i>Mitsuhiro Hiramoto</i>
浜	田	一	彦	<i>Kazuhiko Hamada</i>
小	脇		宏	<i>Hiroshi Kowaki</i>



要 旨

弊社のホームオーディオシステム「ECLIPSE TD」シリーズは、「タイムドメイン理論」という従来とは異なる考え方を採用し、2001年4月の発売以来、家庭用という枠を超えて様々な分野で高く評価されてきた。

そしてこの2006年4月、25cm口径のスピーカユニットを2個組み込むというユニークな構造の大型サブウーハを「ECLIPSE TD」シリーズ最高峰として発売した。本品と現行スピーカとを組み合わせたシステムは、「ECLIPSE TD」シリーズの考え方を極めた1つの完成形であり、その音はオーディオ雑誌などから賞賛を得て、様々なトップアワードの獲得に至っている。

今回はそのサブウーハの独自構造と技術の解説を、開発背景や現行機種との比較も織り込みながら述べていきたい。

Abstract

With the adoption of a new approach, Time Domain theory, which is completely departing from conventional concept, ECLIPSE TD series have earned high reputation since its debut in April 2001, not only for home use but also for various other uses. April 2006 saw the release of new ECLIPSE TD audio system, with a large subwoofer uniquely featured with two built-in 25cm-aperture speaker units. This new ECLIPSE TD audio system comes as a combination of a new subwoofer and conventional speakers, and has been introduced as a representation of a completion of the theory that lies behind all ECLIPSE TD audio systems. The sound quality was highly praised in audio magazines upon its release and was granted various top-class awards among all the audio systems available on the market. This paper describes unique structure and technologies adopted for this subwoofer, while providing background of the development and comparisons with the conventional subwoofer.

1

はじめに

弊社のホームオーディオシステム「ECLIPSE TD」シリーズは、2001年4月に発売して以来、国内外のオーディオ専門誌等で高く評価され、一般のオーディオマニアだけでなく、世界のトップスタジオやトップアーティスト達からも広く愛用されている。

これまでの製品はフルレンジスピーカ、つまり1つのスピーカユニットで全帯域を再生させることで、より忠実な空気の動きを再現することを狙っていたが、今回は重低音域にタイムドメイン理論を採用したサブウーハを開発することで、現行製品と組み合わせたステレオあるいはサラウンドシステムとして殆ど全ての帯域をカバーできるスピーカシステムが得られた。

今回、ECLIPSE TDシリーズの核となるタイムドメイン理論や、これを実現するための製品技術についてあらためて概要を解説した後、これらの延長線上として今回開発されたサブウーハのテクノロジーと、その結果得られた製品に対する市場での評価について紹介する。

2

ECLIPSE TDシリーズの現状

2.1 シリーズ製品構成

これまでのシリーズ製品構成は、フルレンジスピーカ4機種（TD712z, TD510, TD508 II, TD307）とサブウーハ1機種（TD316sw）である。これら全ての機種は同じ音作りのコンセプトに基づいて開発されてきた。



TD712z

TD307とTD316sw

図-1 製品写真

Fig.1 Photos of ECLIPSE TD series

2.2 ECLIPSE TDシリーズの音作りコンセプト

従来のオーディオ製品の多くは、いかに「低い音から高い音までフラットに歪み少なく再生するか」という「周波数特性」を重視した音作りを行なってきた。それに対しECLIPSE TDシリーズは、いかに「空気の動きを正確に再現するか」という新しい概念「タイムドメイン理論」を重視した音作りを行なっている。従来でも各スピーカユニッ

トからの音の到達時間を揃える等、時間に着目した理論や製品はあったが、タイムドメイン理論はこれらを更に徹底させ、入力された波形を時間領域で正確に再生することが、音の再生について理想的であると考え。そして、その波形正確性を評価するためにインパルス応答を用いている。インパルスは全ての周波数成分を含んでおり、インパルスを正確に再生することができればどのような波形でも再生することができる。

インパルス応答 ← インパルス入力

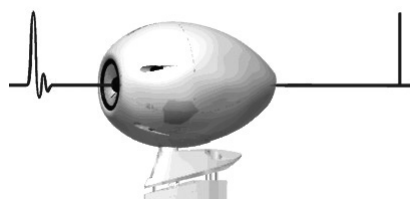


図-2 インパルス応答

Fig.2 Impulse response

ここで、インパルスの再生を『空気の動き』で考えてみる。下の図は音の波形と空気中の粒子をモデル化した様子である。①の音が無い状態では均等に並んでいるが、②の正弦波のような音がある状態では密と粗の部分ができる。そして③のインパルスの状態は一瞬に高圧縮されることになり、いかに正確に再生することが難しいか分かる。逆にこの難しいインパルス波形を、可能な限り正確に再生できれば、どのような波形でも再生できると考えられる。

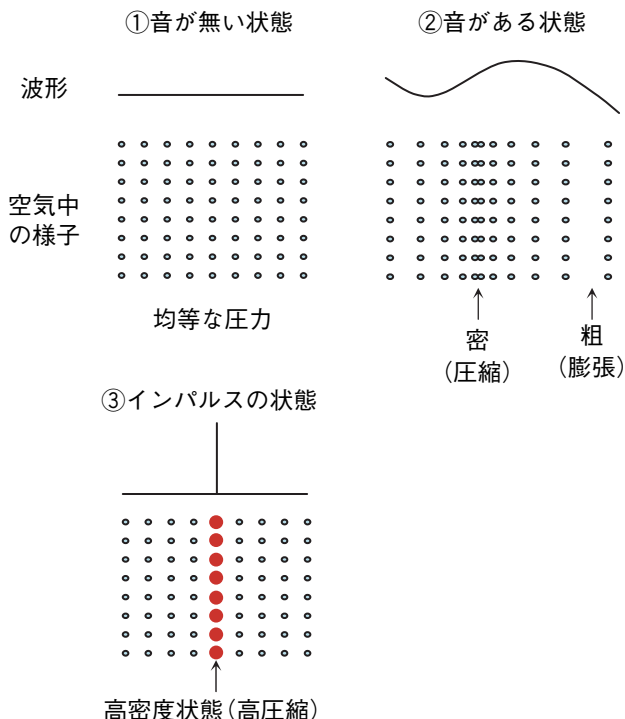


図-3 音の波形と空気中の様子

Fig.3 Waveforms of sound and the conditions of air

2.3 ECLIPSE TDシリーズの独自技術

波形の正確さに悪影響を及ぼす主な原因として、スピーカエンクロージャの“響き”がある。その“響き”の原因である振動や反射、共振を極限まで抑制するために開発されてきた技術は主に以下の3つである。(図4)

1. グランドアンカー

従来はエンクロージャにスピーカユニットを取り付けていたが、スタンドにディフュージョンステーとグランドアンカーを介してスピーカユニットを固定することによって、反作用による振動(不要音発生)を抑制

2. フローティング構造

更にスピーカユニットをエンクロージャに対して非接触とすることで、振動伝達により生じる不要音を抑制

3. エッグシェルエンクロージャ

エンクロージャ内部に生じる定在波(残響)および、サウンドバッフルによる回折効果(不要反射)の抑制

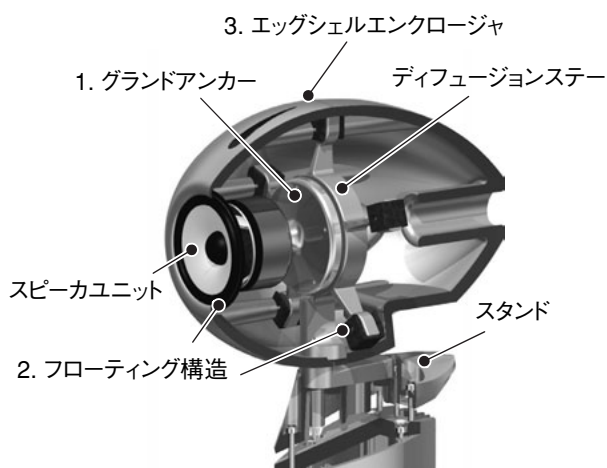


図-4 TD712zの内部構造
Fig.4 Internal structure of TD712z

2.4 ECLIPSE TDシリーズの音の特徴

波形の正確さを追求したECLIPSE TDシリーズの音の特徴は主に以下の3点が挙げられる。

1. 明瞭性が高まる。

(不要な音に埋もれていた微細な音が聞こえる。)

2. スピード感・キレが高まる。

(音の立上り立下りが素早い)

3. 空間再現性が高まる。

(スピーカの存在感が薄れ、空間から音が聞こえる。)

こういった現ECLIPSE TDシリーズの特徴ある音は、英国のオーディオ専門誌“What Hi-Fi ?”での5つ星を始めとし、国内でも様々な雑誌で高い評価を得た。またクラシックギタリストのジョン・ウィリアムズ氏がコンサートでのPA用としてTDシリーズを採用されたり、トップアーティストやトップスタジオに導入されるなど、様々な音楽関係者から高評価を得ている。

3

開発経緯

3.1 新サブウーハ開発経緯

ECLIPSE TDシリーズの音の特徴である空間再現性の高さは、音がリスナー周囲に現れるサラウンド音源において、より分かりやすい。しかし、サラウンド音源では最もメジャーな5.1ch音源の0.1chを再生する際、シリーズトップのTD712zとシステム構成できるサブウーハをラインナップしていなかったため、市場要望が常に挙がっていた。そこで、その要望に十分に応えられるハイパワーサブウーハの開発を開始した。

3.2 現状サブウーハの課題

従来のECLIPSE TDシリーズサブウーハであるTD316swは、2.3で述べたフローティング構造とグランドアンカー結合によって不要振動抑制を行っていたが、スピーカユニットの口径は16cmと比較的小口径であった。これはTD316swと主に組み合わせるスピーカが口径7cmのTD307であり、最適な寸法として16cmを選択したためである。(図5)



図-5 TD316swの内部構造
Fig.5 Internal structure of TD316sw

しかし、今回開発するサブウーハでは、口径30cm前後を必要とするため、次の課題が想定された。

1. スピーカユニットの過渡応答悪化の改善

スピーカユニットが大口径になるほど、振動系重量が増え、過渡応答が悪化してしまう。

2. スピーカユニット反作用増大の抑制

スピーカユニットが大口径化するほど、その反作用は増大する。それ故、反作用抑制には大重量のグランドアンカーが必要となり、エンクロージャの内部容積を確保するために製品が大型化する。また、製品重量も大幅に増加する。

4

新サブウーハ概要

3.2で述べた課題を解決するため、次の効果を上げる検

討を行なった。

1. スピーカユニットの過渡応答向上開発
2. スピーカユニット反作用の抑制構造開発

以下に開発詳細について記載する。

4.1.1 スピーカユニットの過渡応答向上

従来の考え方では、サブウーハの低域再生限界を拡大するには、38cm程度の大口径スピーカユニットが必要になるが、これほど大口径では過渡応答が悪くなり、TD712z等のスピーカと組み合わせると低域の遅れ感があった。そこで同等の低域再生帯域を確保しながら過渡応答を高めるため、このクラスのサブウーハとしては小口径である25cmスピーカユニットを2個使用することにより、口径約35cm相当の振動板面積を確保でき、過渡応答の良い低音再生が可能となった。(図6)

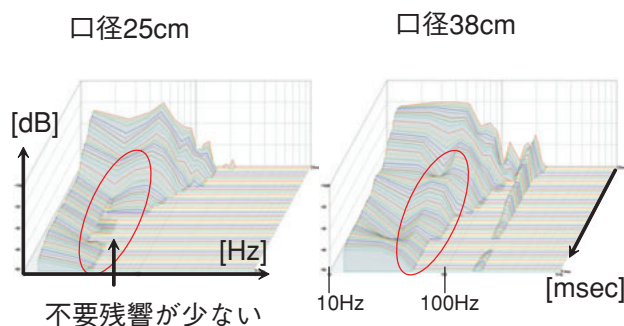
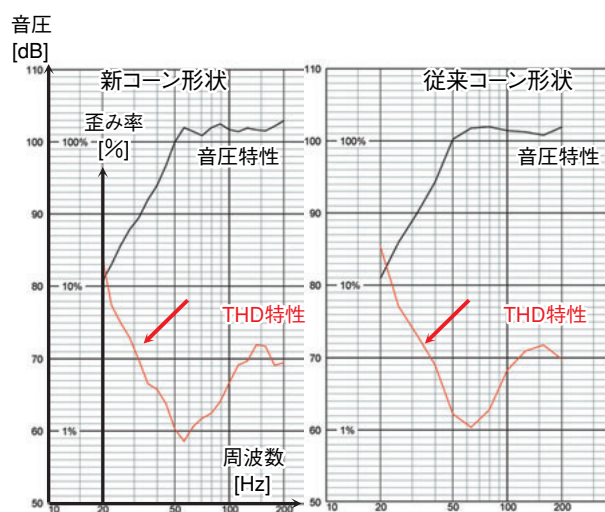


図-6 立下り累積スペクトラム比較

Fig.6 Comparison of cumulative spectra (at the falling edge)

4.1.2 コーン形状

従来のスピーカユニットのコーン形状は、カーブドコーンを採用していたが、低域の再生における歪みを抑制するため、コーン形状を最適化することによって従来に比べて歪みを最大約3割低減することができた。(図7)



矢印部の歪みが低減している

図-7 歪み (THD) 特性比較

Fig.7 Comparison of Distortion (THD) Characteristics

4.2.1 スピーカユニット反作用の抑制構造

従来の構造では、スピーカコーンが空気を押す際に発生する反作用を抑制するために、スピーカユニットの背面に、スピーカユニット振動系質量の数百倍の質量を持つグラウンドアンカーが必要であった (図8)。

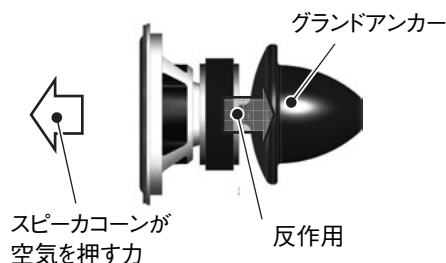


図-8 従来構造

Fig.8 Conventional structure

ところが25cm口径のスピーカユニットで同構造を構成するには非常に巨大なグラウンドアンカーが必要となり、製品としての成立性が困難である。そこで、新サブウーハでは2個のスピーカユニットの背面同士をアルミシャフトで結合することで、それぞれの反作用を相殺する構造を採用した。本構造では、2個のスピーカユニットを同相駆動させることにより、それぞれのスピーカユニットで発生する反作用を互いに打ち消しあうため、グラウンドアンカーが不要となり、製品全体の軽量化、及びエンクロージャ全体の振動を極めて小さく抑える事ができた。(図9)

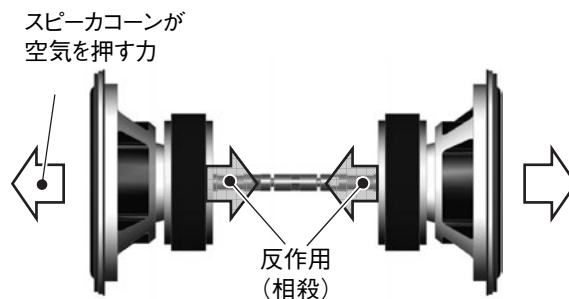


図-9 背面对向結合構造

Fig.9 Structure that two back sides jointed facing opposite

4.2.2 フローティング構造

新サブウーハではさらに不要振動の抑制効果を高めるために、TD712zなどと同様のフローティング構造を採用した。しかし、従来構造と異なりグラウンドアンカーとディフュージンステーが無いため、今回新たに次のようなスピーカユニットをフローティング固定する構造を開発した。

まずスピーカユニットの背面同士を結合するアルミシャフトを、エンクロージャ内に固定された支持板の穴で受けることによって固定した。更にアルミシャフトと支持板の接触部に繊維系緩衝材を介し、またフレームとエンクロ

ジャ間にはエンクロージャに貼り付けられた樹脂系緩衝材を介して接触するため、2個のスピーカユニットとアルミシャフトはエンクロージャからフローティングされた状態になる。(図10)

エンクロージャは30mm厚のMDF^(※1)を用い、強固な筐体による不要な振動・響きの抑制を図っている。

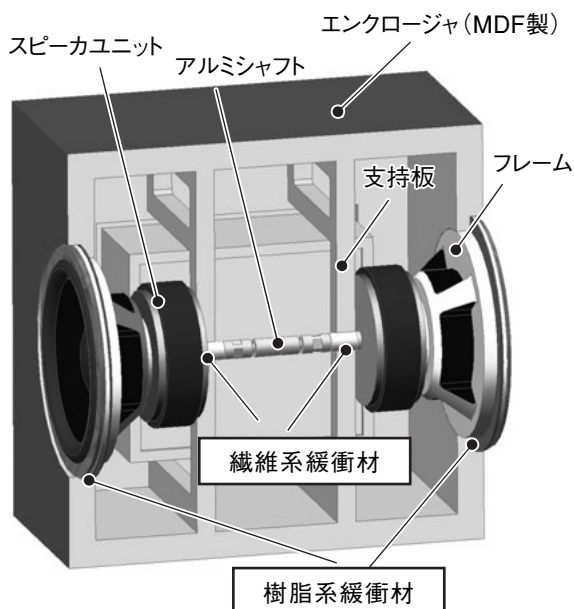


図-10 フローティング構造
Fig.10 Floating Structure

本構造の採用によりスピーカユニット振動のエンクロージャへの伝達を抑制でき、従来製品（市販されている38cm口径製品）に比べてエンクロージャ壁面の振動を93%抑制できた。(図11)

(当社スタジオにてピンクノイズを90dB SPL再生時)

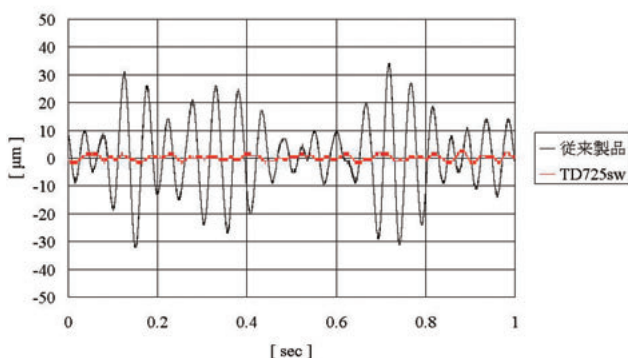


図-11 エンクロージャ振動比較
Fig.11 Comparison of the enclosure vibrations

4.3 主な仕様

今回開発したTD725swの外観（図12）および主な仕様は次の通りである。



図-12 外観（リモコン付）
Fig.12 Appearance (with Remote Control Unit)

- ・スピーカユニット：口径25cm×2個
- ・内蔵アンプ出力：500W
- ・再生周波数帯域：20Hz～200Hz
- ・外形寸法：W517×D503×H473（mm）
- ・質量：約42kg

外観形状はほぼ立方体となっており、他のECLIPSE TDシリーズとイメージは異なっているが、200Hz以下のサブウーハの再生帯域ではエンクロージャ内で発生する定在波やエンクロージャの角で発生する回折現象の影響は低いため、最大限の容積を確保するために効率の良い形状を採用した。

また内蔵アンプには高効率なデジタルアンプを採用し、最大定格出力500Wという十分な音量を確保しつつ、非動作時の省電力化も図っている。

5

開発結果

こうして2006年4月に発売したTD725swは、ECLIPSE TDシリーズの音の特徴を備えた製品として高い評価を得ている。

5.1 音質

まず音質としては次のような結果が得られた。

1. 狙い通りの過渡応答の早い音で、打楽器や弦楽器などの低音表現力が非常に高い。
2. エンクロージャの振動が、手で触れて分からないほど抑制され、フローリングなどの設置床への接触による振動伝達も少ないため、にごりのない低音を再生できる。またリスニングルーム以外への音漏れの心配も少なく、設置が容易である。

(※1) MDFとは中質繊維板（Medium Density Fiberboard）の略。木材チップを繊維状まで分解し接着剤で固めた素材。適度な内部損失をもち、不要な響きを持ちにくい。

5.2 国内外の雑誌の評価

5.1のような音質が認められ、2006年9月時点における国内外雑誌社からのアワード獲得状況は下記の通りである。

1. "What Hi-Fi?"誌 (英国) 5つ星 (October 2006)

2. 音元出版社 (国内)

- ・ビジュアルグランプリ2006銀賞
- ・サブウーハ部門賞
- ・ホームシアター大賞
- ・批評家大賞

3. "HiVi"誌 (国内)

サブウーハ部門第1位 (夏のベストバイ2006)

世界トップクラスの演奏家のスキルを家庭で体感出来る事で、将来音楽家を目指す子供達のスキルアップや、あるいは音楽愛好家の楽しみに少しでも貢献することが出来ればという想いで、製品作りを行ってきた。これからも世界で評価されるこだわりの製品作りを続けて行き、今後は家庭だけでなく車の中にもこの技術を活かした製品を増やしてゆきたい。

6

終わりに

今回は新しく開発したサブウーハを中心に、タイムドメイン理論に基づく製品技術について述べてきた。

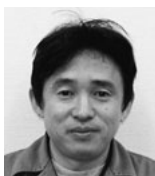
オーディオは趣向品であり、人それぞれに好きな音があるので、タイムドメイン理論の様に正確だから必ずしも万人が楽しめるとは限らない。特に従来の周波数特性を重視した音作りの製品は、どちらかという周波数特性やパワー感を軸としたオーディオ的な迫力感を求める人々に魅力的な製品作りであったと思われる。これに対してタイムドメイン理論の製品は、ナチュラルであるが故に従来オーディオファンにはやや物足りなく感じられる事もあるが、その代わりナチュラルが故の心地よさ、楽器の音色の自然さ、そして何より音楽家の重視する音のキレ、演奏のスキルの違いを余す所無く再現してくれる点を重視している。

筆者紹介



三木 好州
(みき よしくに)

1997年入社。以来、ミリ波レーダシステム開発を経て、2001年よりホーム用スピーカ開発に従事。現在、CI本部 音響事業部 音響システム企画部在籍。



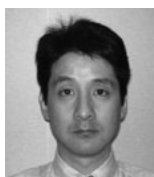
平本 光浩
(ひらもと みつひろ)

1982年入社。以来、車載音響システム開発を経て、2001年よりホーム用スピーカ開発に従事。現在、CI本部 音響事業部 音響技術部在籍。



浜田 一彦
(はまだ かずひこ)

1986年入社。以来、車載オーディオ機構設計、音楽ソフト開発を経て、2001年よりホーム用スピーカ開発に従事。現在、CI本部 音響事業部 音響技術部在籍。



小脇 宏
(こわき ひろし)

1985年入社。以来、デジタル信号処理等のオーディオ技術開発を経て、2000年よりホーム用スピーカ開発に従事。現在、CI本部 音響事業部 音響システム企画部 市販企画チームリーダー。