

車載用タイムドメインスピーカの開発

Development of Automotive Time Domain Speaker

柴田 清誠 Kiyosei SHIBATA
宗 亮輔 Ryouzuke SOU
川 井 雅 人 Masahito KAWAI



要 旨

当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さまざまな分野で高く評価されてきた。

そしてこの2008年6月、これらホームオーディオ開発で培ったタイムドメイン理論を適用し、車室内で本格的なサラウンドシステムが構築できる車載用タイムドメインスピーカを発売した。

今回開発したのは、サラウンド系スピーカ3機種（センタスピーカ、サテライトスピーカ、チューンナップサブウーハ）であり、それぞれに、グランドアンカ、フローティング、R2R構造など当社独自技術を織込み、これまでにない空間再現性に優れた音を実現している。

ここでは、その車載用タイムドメインスピーカの開発背景や、それらを実現するための独自技術について説明した後、車載用システムでの取組みについて述べる。

Abstract

The "ECLIPSE TD" series, Fujitsu Ten home audio system, is based on "Time Domain Theory" that is different from the conventional theory, and has been highly praised in various fields beyond the home audio use. In June 2008, we released automotive time domain speakers that provide a real surround system in a car by adapting the time domain theory cultivated through this home audio development.

The new products are three surround speaker models (center speaker, satellite speaker and tune-up subwoofer). Each of them is equipped with our unique technologies such as a ground anchor, a floating structure, and a R2R structure, and the sounds produced by these products are more excellent than ever in spatial reproduction.

This paper explains the development background of the automotive time domain speakers and our unique technology to achieve them. Then it goes on to explain our challenges for the automotive system.

1

はじめに

当社のホームオーディオシステム『ECLIPSE TD』シリーズは2001年に発売して以来、国内外のオーディオ専門誌などで高く評価され、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の方々からも広く愛用されている。

そして、2008年6月にこの技術を応用した車載用TDスピーカーシリーズ3機種（センタスピーカ：TDX700C、サテライトスピーカ：TDX700S，チューンナップサブウーハ：TDX700W）を発売し、車載用タイムドメインスピーカとして発売直後より高い評価を得ている。

ここでは、商品開発の背景から開発コンセプト、それらを実現するための独自技術について説明した後、車載用システムでの取組み例などを述べる。

2

商品設定の背景

2.1 ホーム用製品の現状

前章にも述べたとおり、当社はホームオーディオシステムを2001年に発売して以来、多くの製品を開発してきた。

現状のラインナップはフルレンジスピーカ4機種とサブウーハ2機種が有り、いずれも市場で高く評価されている。以下に、これらECLIPSE TDシリーズの独自技術と音の特徴を述べる。



図1 ホーム用ECLIPSE TDシリーズ
左：TD712z（フルレンジスピーカ）
右：TD725SW（サブウーハ）
Fig.1 Home Use ECLIPSE TD Series
Left: TD712z (Full range speaker)
Right: TD725SW (Subwoofer)

2.2 ECLIPSE TDシリーズの独自技術

波形の正確な再生に悪影響を及ぼす原因の一つとしてスピーカの“響き”がある。その“響き”の主要因である不要振動を極限まで抑制するために開発されてきた技術には主につぎの3点が挙げられる。

(1) グランドアンカ

グランドアンカと呼ぶ金属の錘をスピーカユニットの背

面に配置し、その慣性質量によってスピーカユニットの反作用を抑え、振動板が正確に空気を押すことが可能な構造を採用している。

(2) フローティング構造

エンクロージャとスピーカユニットの機械的接点をなくし、スピーカユニットの振動をエンクロージャに伝えにくくするフローティング構造を採用している。これによりエンクロージャ固有の振動を抑えることで、スピーカ固有の不要音を最低限に抑えることが可能となった。

(3) エッグシェルエンクロージャ

卵形のエンクロージャ形状を採用することで、エンクロージャ内に平行に向かい合う面がなくなったため、定在波の発生を抑えることが可能になった。またバツフル面が丸くなり、角がなくなることで、音（球面波）が拡がる過程で発生する回折波の発生も抑えることが可能になった。

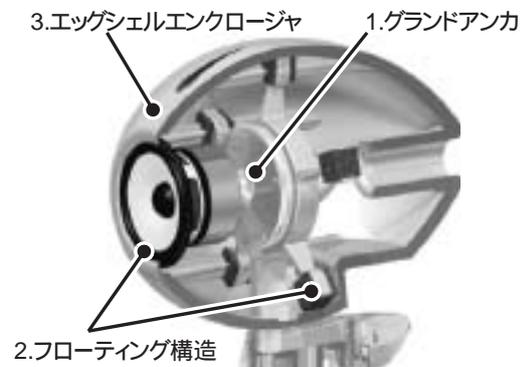


図2 TD712zの内部構造
Fig.2 Internal Structure of TD712z

2.3 ECLIPSE TDシリーズ音の特徴

ECLIPSE TDシリーズは波形の正確さを追求しており、そ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

（不要な響きに微細な表現が埋もれない）

(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

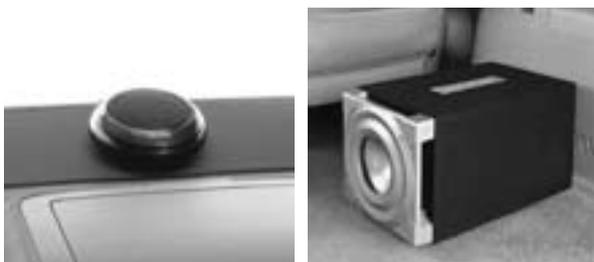
（スピーカが存在が薄れ、空間から音が聴こえる）

2.4 カーオーディオニーズの変貌

つぎにカーオーディオサウンドシステムのニーズについて述べる。近年、カーナビ需要の上昇と共にカーオーディオのユーザニーズも、従来のオーディオ機からナビ/オーディオ一体機へと変化していった。それに伴い、車室内で2chステレオ音源だけでなく、5.1chサラウンド音源を楽しむユーザも増えている。当社もアフターマーケット製品として、ナビ/オーディオ一体機（AVN）を1998年より発売しており、現状のラインナップの半数にサラウンドデコード機能を搭載している。

2.5 車室内音響のサラウンド化

純正システムでのスピーカ搭載は未だ4スピーカシステム（フロント，リア）がメインであり、センタスピーカ，サブウーハがはじめから搭載されている車両は少ない。そこで、各オーディオメカからアフターマーケット製品として、簡単にアドオンできるセンタスピーカ，サブウーハが数多く発売されている。



センタスピーカ (E505CSP:2005年発売) サブウーハ (E703TSW:2003年発売)

図3 センタスピーカ・サブウーハ製品
Fig.3 Center Speaker and Subwoofer

また、車室内という特別な音響空間では、リアスピーカの音質向上に対する要求も多く存在する。運転席，助手席をリスニングポジションとした場合、リアスピーカと試聴者との間にはシートがあり音の障害物となる（図5）。このため、5.1chサラウンドシステムを構成しても、その効果は得られにくい。その改善案として、各オーディオメカからサテライトスピーカが数多く発売されている。

サテライトスピーカは音の発生位置を天井吊りにより、上方へ移動させることで、最適な車室内音響空間を実現することができる。これらもセンタスピーカ，サブウーハと同様に簡単にアドオンできる構造となっている。



サテライトスピーカ (E505SSP:2005年発売)

図4 サテライトスピーカ製品
Fig.4 Satellite Speaker



a) リアアスピーカの場合 b) サテライトスピーカの場合

図5 サテライトスピーカの効果
Fig.5 Effect of Satellite Speaker

3

開発の狙い

従来製品では、4スピーカシステムにアドオンして音場補正をするなど補助的な使われ方が主流であった。そのため、音質よりは簡単にアドオンできる小型化，薄型化に特化した製品開発が行われていた。しかしながら、近年では先に述べたように、車室内のサラウンド化が進むにつれ、ホームオーディオと同レベルの臨場感、ナチュラル感といった音質面の要求が高まってきている。

そこで、今回の製品開発の狙いを、“いかに車室内でホームオーディオの音が再現できるか”とし、当社ホームオーディオで好評を頂いているタイムドメイン技術を車載へ応用することで車載用としてこれまでにない空間再現性に優れたスピーカの開発を行うことにした。

4

開発概要

4.1 センタスピーカ (TDX700C)・サテライトスピーカ (TDX700S) の開発

4.1.1 開発の前提条件（視認性の確保）

センタスピーカはダッシュボードの中央へ取付けられるため、前方の視認性確保のために全高を低く抑える必要がある。そこで、実際にダッシュボードにさまざまな高さのスピーカを搭載し、前方視認性を検証した結果、全高80 mm以下であれば実用上問題ないことがわかった。図6（左）に全高80 mmのスピーカを搭載した場合の前方視認性検証の様子を示す。

サテライトスピーカはDピラー付近に取付けられるため、後進時の視認性確保のために全幅を小さく抑える必要がある。同様にさまざまな大きさのスピーカを車室内に持ち込み検討をおこなった結果、幅100 mm以下であれば実用上問題ないことがわかった。図6（右）に全幅100 mmのスピーカを搭載した場合の後方視認性検証の様子を示す。



前方の視認性

後方の視認性

図6 ドライバ席からの視認性検証
Fig.6 Visibility Verification from Driver Seat

以上の検討結果から、センタスピーカは全高80 mm、サテライトスピーカは全幅100 mmとし、これらに納まるスピーカユニットとしては、構造的に成立する上限となる口径 5 cmとして開発に着手することとした。

4.1.2 開発課題

今回の製品を開発するにあたって、ホームオーディオ製品で培ったタイムドメインの技術をそのまま適用できれば理想的である。しかし、車載用を考えたとき、前述のとおり外形寸法に制約がある。それを踏まえたうえで、スピーカユニット開発と構造開発の両面から空間再現性に優れた車載用タイムドメインスピーカの開発に取り組んだ。開発課題を要約するとつぎの2点が挙げられる。

(1) 小口径スピーカユニットの再生帯域の確保と空間再現性の向上

車載用として寸法制約があるなかで、いかに広帯域かつ空間再現性に優れた音を実現するか

(2) タイムドメイン構造の構築

車両の振動に配慮ながらタイムドメインの技術を活かした構造を構築する

これらの課題に対する具体的な開発内容を以下に説明する。

4.1.3 課題解決のための方策

(1) 小口径スピーカユニットの再生帯域の確保と空間再現性の向上

まず、基本特性である再生帯域について検討を行った。目標再生帯域としては、映画のセリフやボーカル帯域をカバーする120 Hz ~ 20 kHzを再生する必要があり、5 cmのスピーカユニットの場合、特に低域特性の確保が課題となる。

そこで、ユニットf0、エンクロージャ容積、パスレフダクト寸法の最適化によって目標の低域特性が得られるかをシミュレーションにより検討した(図7)。その結果、

5 cmでも目標とする再生帯域が確保できることが確認できた。

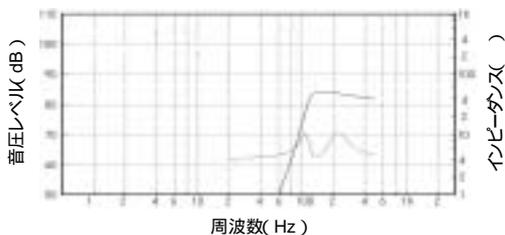


図7 低域再生シミュレーション
Fig.7 Simulation of Bass Reproduction

つぎに、タイムドメインスピーカとして空間再現力を高めるためにスピーカユニットの開発に取り組んだ。以下にその概要について述べる。

空間再現力を高めるためには、振動板を入力信号に対していかに正確に動作させるかが重要となってくる。そこで、まず、エッジ材質に低硬度のゴムを採用し、支持系の改善をおこなった。ゴムエッジは、比較的ロスが大きいため不要な共振が発生しにくい。さらに、応答速度が速いため正確な振幅特性が得られる(図8)。

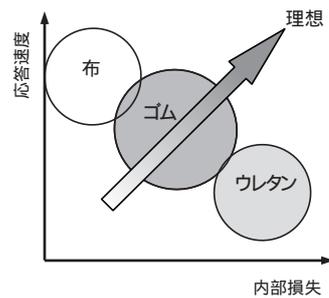


図8 エッジ材質の選定指標
Fig.8 Index for Edge Material Selection

つぎに、コンビネーションドームキャップ(図9)を採用し、振動系のレスポンス向上をはかった。これは、キャップをボイスコイルボビンに直接接着し、振動板をキャップに接着する構造であり、ボイスコイルボビンからキャップに直接駆動力が働くことで、キャップが振動板に対して遅れることなく動作するため非常に良好な過渡応答が得られる。

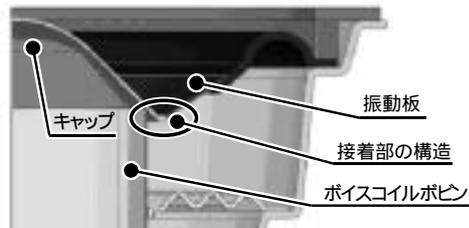


図9 コンビネーションドームの解説図
Fig.9 Figure for Explanation of Combination Dome Cap

以上のアイテムを織り込むことにより、タイムドメインスピーカとして最適なスピーカユニットが開発できた。図10に聴感評価結果を示す。当社従来品と比較して、特に明瞭感、ナチュラル感といった空間再現性に関わる要素が大きく改善している。

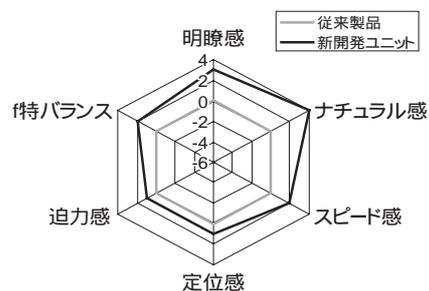


図10 聴感評価結果
Fig.10 Listening Evaluation Result

(2) タイムドメイン構造の構築

まず、センタスピーカのタイムドメイン構造について説明する。音の立上りを改善するグランドアンカには比重の大きい亜鉛ダイキャストを採用し小容積のなかで十分なアンカ効果を確保した。さらに、車載用センタスピーカの場合

合、車両へ接する取付け面が比較的大きくなるため、そこから車両振動が伝達されエンクロージャが不要共振を発生させるおそれがある。そこで、ボトムプレートとエンクロージャの接合部に緩衝材を挟み込み、車両に対してエンクロージャをフローティングさせる構造を構築した。また、スピーカユニットの振動に対するフローティング構造としてはホームオーディオと同様の制振性の高い緩衝材を採用した。すなわち、スピーカユニットとエンクロージャの間には樹脂系緩衝材を、ステーとエンクロージャの間には繊維系緩衝材を挟み込みフローティング構造を実現している。これによりエンクロージャから放射される不要音を最低限に抑えることが可能となった。外観形状については、半卵形形状として、車両への取付け面を確保しつつ、内部定在波や回折音を低減している。センタスピーカの断面構造図を図11に示す。

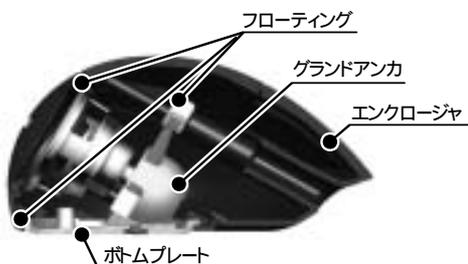


図11 センタスピーカ (TDX700C) 構造図
Fig.11 Figure of Center Speaker Structure (TDX700C)

サテライトスピーカのグランドアンカは、比重は比較的小さいものの、低コストで加工性のよいアルミダイキャストを採用した。サテライトスピーカの場合、質量の大きい外磁型磁気回路を採用しているためトータル質量により十分なアンカ効果が得られると考えたためである。さらに、センタスピーカと同様に、車両振動の影響を低減するため、ブラケットとエンクロージャの間に緩衝材を挟み込み、車両からエンクロージャを完全にフローティングさせた。また、スピーカユニット、ステーのフローティング部には樹脂系緩衝材および繊維系緩衝材を採用している。外観形状についてはホームオーディオのデザインを完全に踏襲した卵形形状とし、内部定在波や回折音を低減している。サテライトスピーカの断面構造図を図12に示す。

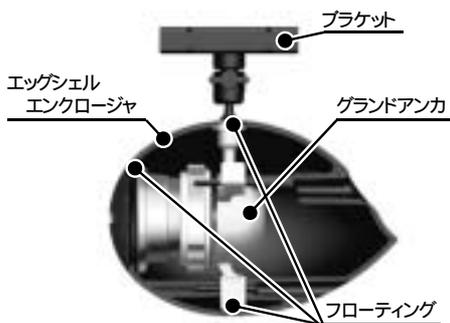


図12 サテライトスピーカ (TDX700S) 構造図
Fig.12 Figure of Satellite Speaker Structure (TDX700S)

以上、センタスピーカ、サテライトスピーカそれぞれに対し、ホームオーディオ『ECLIPSE TD』シリーズで培ったタイムドメイン構造、すなわち「グランドアンカ」、「フローティング構造」、「エッグシェルエンクロージャ」を余すことなく適用し、車載用としてこれまでにない空間再現性に優れたスピーカとしての完成度を高めている。

4.1.4 効果の確認

センタスピーカおよびサテライトスピーカのインパルス応答特性を図13・14に示す。スピーカユニット開発および構造開発の結果、それぞれ、当社従来品と比較してインパルス応答特性を大幅に向上させることができた。

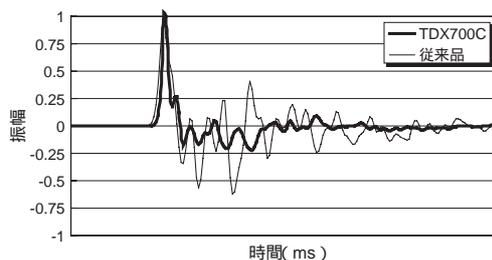


図13 インパルス応答特性 (TDX700C)
Fig.13 Impulse Response Characteristics (TDX700C)

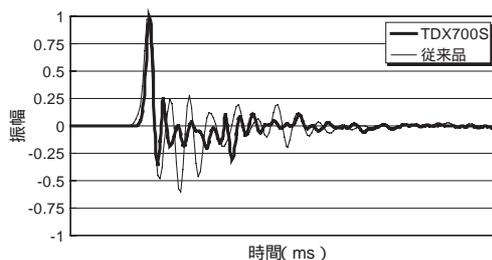


図14 インパルス応答特性 (TDX700S)
Fig.14 Impulse Response Characteristics (TDX700S)

4.2 チューンナップサブウーハ (TDX700W) の開発

4.2.1 開発課題

今回、開発するクラスのチューンナップサブウーハの場合、基本的にラゲッジルームに搭載されることが前提であるため小型化の要求はそれほど厳しくない。しかし音質面では、近年のサラウンド化の流れを受けて、ナチュラルでスピード感のある低音を求める声が高くなってきている。そこで今回、このような音質要求に対応するため、当社独自のタイムドメイン技術を適用し、スピーカユニット開発と構造開発の両面から過渡特性に優れたチューンナップサブウーハの開発に取り組むこととした。開発課題を要約するとつぎの2点である。

- (1) スピーカユニットの過渡応答の向上
タイムドメインスピーカとして音のナチュラル感、スピード感の向上
- (2) タイムドメイン構造の構築
車載用として走行振動に耐えうるタイムドメイン構造の構築

4.2.2 課題解決のための方策

(1) スピーカユニットの過渡応答の向上

従来のチューンナップサブウーハでは、口径 20 cmクラスの大型スピーカユニットを用いて低域の量感と迫力感に重点をおいた製品開発が行われていた。しかしながら、口径を大きくすると振動系重量が重くなるため過渡応答特性が悪くなり音のスピード感が低下してしまうというデメリットがある。そこで、今回の製品の狙いを“ナチュラルでスピード感のある低音再生”としてまずスピーカユニット開発に取組んだ。音のスピード感を高めるための方策はつぎの三つが考えられる。

振動系重量を小さくしてレスポンスをよくする。

支持系を最適化し振幅リニアリティを確保する。

磁気回路を強化し駆動力を高める。

これら3項目に対し、以下に具体的な開発概要を述べる。

振動系重量の低減

振動系重量低減に関しては、口径を 20 cmから 16 cmに小型化することにより従来品より約30%の軽量化を実現した。このとき、口径を小さくすることによって低域の量感不足となる懸念があるが、これに対してはスピーカユニットを2本使用することで 20 cm相当の振動板面積を確保し、従来品と同等の低音感を維持するよう対応した。

支持系の最適化

一方、振動系重量の低減には、最低共振周波数 (f_0) が上昇し低域が出なくなるという副作用がある。これに対しては、ダンパのステイフネスを小さくすることで f_0 上昇を抑えた。さらに、大振幅に対応すべくダブルダンパを採用し、ローリングを抑え振幅リニアリティを向上させている。また、エッジは高硬度のゴムエッジとし、応答性のよいスピード感のある低音を実現している。

磁気回路の強化

磁気回路は、100 mmの大型マグネットにより十分な磁束密度を確保するとともにボイスコイルを4層巻とし効率よく駆動力が発生できるようにした。

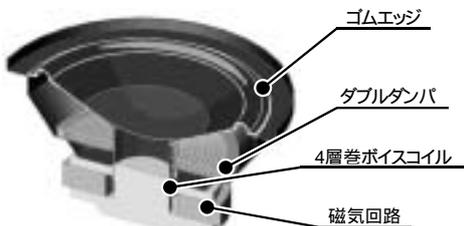


図15 スピーカユニット外観
Fig.15 Appearance of Speaker Unit

以上のアイテムを織り込むことにより、過渡特性に優れたスピーカユニットが開発できた。図16は従来製品(口径 20 cm)と開発品(口径 16 cm)のスピーカユニットのトーンバースト応答特性である。これより開発品(16 cm)のほうが第1波~2波の立上り特性がよいことがわかる。

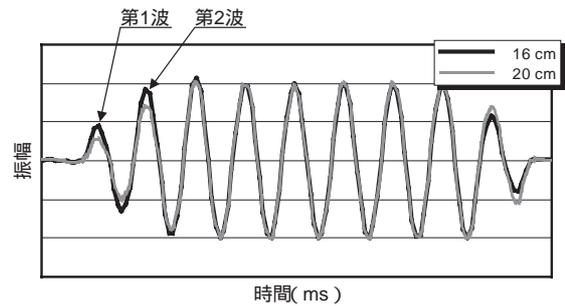


図16 トーンバースト応答特性
Fig.16 Tone-Burst Response Characteristics

(2) タイムドメイン構造の構築

チューンナップサブウーハTDX700Wには、スピーカユニット2本を背面对向型で搭載するR2R構造を採用している。R2R構造とは、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よう磁気回路部がシャフトにより連結された構造であり、非常に優れた制振効果を得られる。また、この構造は、グランドアンカが不要であるため、軽量に設計でき、かつ製品から発生する不要振動は極めて小さく抑えられるため車載用として最適な構造であるといえる。

さらに、今回は、車載用ということで走行振動に耐え得るシャフト構造を新規開発した。従来のホームオーディオで採用しているシャフトは、ジョイントの両端に逆ネジが設けられており、ジョイントを回すことで両端に接続されたスピーカユニットがある設定位置まで引込まれ、キャビネットへの組込みが完了する仕組みとなっていた。しかしながら、この構造では、車両の走行振動によりジョイントのネジ緩みが発生する可能性があった。そこで、ジョイントを上下2分割し、シャフトを挟み込み、ボルト/ナットで締め込むことで、2本のスピーカユニットに接続されているシャフトどうしを強固に固定できる構造とした。チューンナップサブウーハの断面構造図を図17に示す。

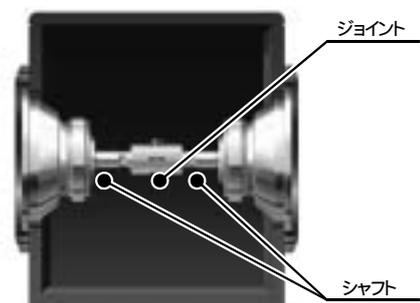


図17 チューンナップサブウーハ (TDX700W) 構造図
Fig.17 Figure of Tune-up Subwoofer Structure (TDX700W)

4.2.3 効果の確認

従来品とTDX700Wの立下り特性を図18に示す。本図は、左下に特性が伸びるほど不要残響が多いことを現しており、今回開発したTDX700Wが、不要残響が少なく立下り特性に優れたスピーカであることがわかる。

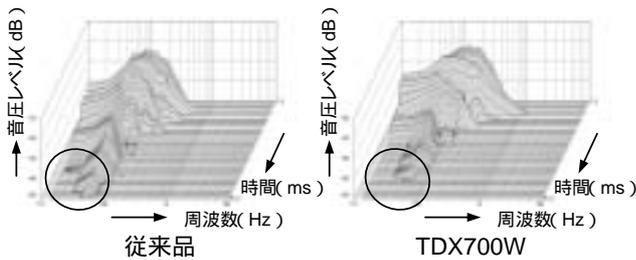


図18 チューンナップサブウーハの立下り累積スペクトラム特性
Fig.18 Pulse fall cumulative spectrum of Tune-up Subwoofer

5

開発結果

5.1 製品仕様

今回開発した製品仕様を表1~3に示す。また、それぞれの製品の周波数特性を図19~21に示す。いずれも、カーオーディオとして5.1chサラウンドシステムを構築するために十分な音響性能を満足している。

表1 センタスピーカ (TDX700C) 製品仕様

Table 1 Product Specifications of Center Speaker (TDX700C)

スピーカ口径	5 cm
定格入力 / 瞬間最大入力	20 W / 60 W
再生周波数帯域	120 ~ 30 kHz
出力音圧レベル	83 dB
インピーダンス	4
外形寸法	W129 × H80 × D154 mm
質量	約400 g

表2 サテライトスピーカ (TDX700S) 製品仕様

Table 2 Product Specifications of Satellite Speaker (TDX700S)

スピーカ口径	5 cm
定格入力 / 瞬間最大入力	20 W / 60 W
再生周波数帯域	120 ~ 30 kHz
出力音圧レベル	83 dB
インピーダンス	4
コード長	6 m
外形寸法	W100 × H148 × D146 mm
質量	600 g

表3 チューンナップサブウーハ (TDX700W) 製品仕様

Table 3 Product Specifications of Tune-up Subwoofer (TDX700W)

スピーカ口径	16 cm×2
入力端子	LINE IN(1系統),スピーカ入力(1系統)
内蔵アンプ最大出力	120 W(60 W+60 W)
再生周波数帯域	30 ~ 200 Hz
出力音圧レベル	82.5 dB
ローパスフィルタ	40 ~ 200 Hz(可変); -12 dB/oct.
電源電圧	DC14.4 V(マイナスアース車用)
最大消費電流	10 A
外形寸法	W300 × H350 × D350 mm
質量	約9.8 kg

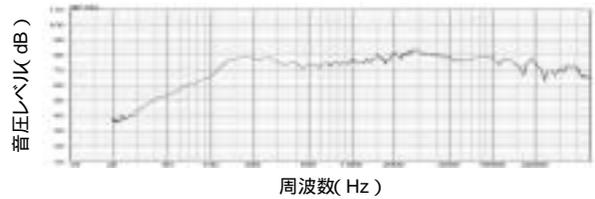


図19 周波数特性 (TDX700C)
Fig.19 Frequency Response (TDX700C)

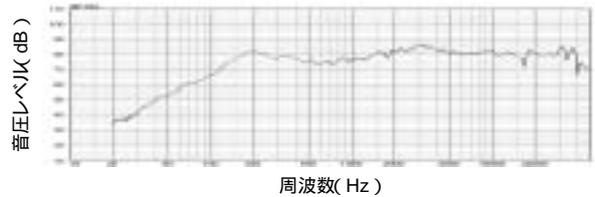


図20 周波数特性 (TDX700S)
Fig.20 Frequency Response (TDX700S)

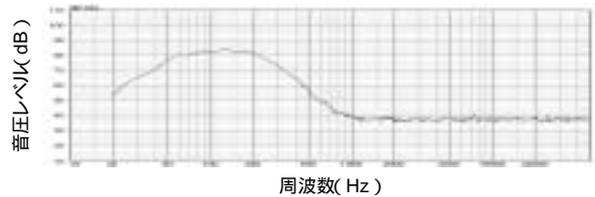


図21 周波数特性 (TDX700W)
Fig.21 Frequency Response (TDX700W)

5.2 製品外観



図22 製品外観
Fig.22 Appearance of Product

6 車室内サウンドシステム

6.1 システム構成例

今回開発した車載用タイムドメインスピーカにより車室内サウンドシステムを構築する場合、図23のような構成が考えられる。

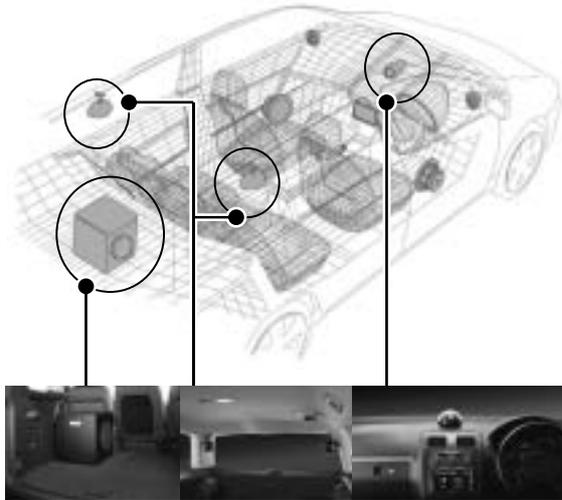


図23 システム構成例
Fig.23 Example of System Structure

このようなシステムにおいて、車室内でより最適なサウンド環境を実現するためには、H/Uが持つ各種オーディオパラメータをそれぞれの車室内空間に最適な値にチューニングする必要がある。そこで、これらのチューニング作業をユーザが容易に行える機能として、“ECLIPSE TDモード”を開発した。つぎに、“ECLIPSE TDモード”について説明する。

6.2 ECLIPSE TDモードの開発

ECLIPSE TDモードとはAVN778HDに搭載されているオーディオ機能であり、H/Uが持つオーディオパラメータ(パラメトリックイコライザ、クロスオーバーなど)の最適値をボタン一つで呼び出すことができ、ユーザが容易に最適な音響チューニングを行うことができる機能である。

これらのオーディオパラメータは、さまざまな車型に対して今回開発したセンタスピーカ、サテライトスピーカ、サブウーハの性能を最大限に発揮できるよう汎用性の高い値を算出しH/Uのメモリにあらかじめ登録されている。また、タイムアライメントと各チャンネルのレベルについて

は、取付け条件に大きく左右されるため、オート測定機能での対応としている。ユーザは、まずECLIPSE TDモードにより汎用的なパラメータを呼出し、つぎにオート測定機能によりその車両特有の特性をチューニングするだけでタイムドメインスピーカによる空間再現性の高いサウンドシステムを実現することができる。



図24 ECLIPSE TDモード
Fig.24 ECLIPSE TD Mode

7 おわりに

以上、車載用タイムドメインスピーカの開発の狙いと特徴について述べてきた。

一般に、スピーカ製品の音作りに取り組むとき、スピーカユニットの仕様だけをどれだけ煮詰めても、それを収めるエンクロージャやそれに付随する構造物に配慮がなければ決してよい音には辿り着けない。また逆に、エンクロージャにどれだけ手を加えても、スピーカユニットの性能以上の音にはならない。タイムドメインスピーカは、スピーカユニット開発と構造開発とを高いレベルで融合させ、徹底的にピュアでナチュラルな音を追求した他に類を見ないユニークな製品である。

今回開発したのは、サウンド系の3機種であり、これにより車室内においてホームオーディオさながらのサウンドシステムを構築することが可能となった。今後は、ラインナップを充実させ、より多くのお客様に“ECLIPSE TDの音”を聴いて頂けるよう開発に取り組んでいきたいと考える。

最後に、サテライトスピーカのブラケット設計や、エンクロージャ部品の設計開発および外観仕上げなどに関し、仕入先関係者の皆様の多大なるご協力の結果、今回の製品を完成させるに至りました。ここに、心より感謝の意を表します。

筆者紹介



柴田 清誠
(しばた きよせい)

1998年入社。以来、車載用OEMスピーカ開発、音響システム開発を経て、市販スピーカ開発に従事。現在、CI本部音響事業部 音響技術部に在籍。



宗 亮輔
(そう りょうすけ)

2005年入社。以来、市販スピーカ開発に従事。現在、CI本部音響事業部 音響技術部に在籍。



川井 雅人
(かわい まさひと)

1984年入社。1988年迄、車載用ステレオの機構設計に従事。以来、車載用スピーカの開発設計に従事し現在に至る。現在、CI本部音響事業部 音響技術部 チームリーダー。