

タイムドメインスピーカTD307の開発

Development of Time Domain Speaker: TD307

浜田一彦	Kazuhiko Hamada
平本光浩	Mitsuhiro Hiramoto
三木好州	Yoshikuni Miki
小脇宏	Hiroshi Kowaki



要 旨

2000年よりタイムドメイン理論によるスピーカの開発及び商品化を行ってきた。本スピーカは、その斬新なデザインや入力に忠実な音質で国内外から高い評価を獲得している。2003年にはエントリ機として小型のタイムドメインスピーカTD307を発売したが、その後市場において低域再生能力や取付性の更なる向上について要求があり、後続機の開発・発売への期待が高まっていた。

後続機TD307は、スピーカユニットの口径φ6.5cmを継承しながらエンクロージャ容積を増大させ、低音再生帯域を120Hzから100Hzに拡大した。また取付（角度調整）機構を大幅に見直し、首振り角度を±30°から-25°～+90°に拡大し、市場ニーズにマッチした商品として2007年4月に販売を開始した。発売以来、市場での評価も良くオーディオ誌においてアワードを獲得することができた。

Abstract

FUJITSU TEN has been developing and launching the speakers based on Time Domain theory since 2000. This speaker series is highly praised in the market all over the world for its novel design and accurate reproduction of original sounds. Since the release of TD307 in 2003, a compact Time Domain speaker as an entry model, we have recognized the market needs for higher capability of bass reproduction and more flexibility of installation, with expectations of developing and releasing a new model of the series.

This succeeding model TD307 has enlarged enclosure capacity, with inheriting the φ6.5cm-speaker units, and expanded the bass reproduction range to the lower-limit of 100Hz, which used to be 120Hz. Also, this model has succeeded dramatically in improving the installation structure (angle adjustment) with the neck angle range from -25° to +90°, which used to be ±30°. With these improvements, this model was released in April 2007 as the products satisfying the market needs. Since the release, it has been praised in the market, and won various awards in audio magazines.

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。

そして2007年4月、シリーズのエントリーモデルである「TD307」のモデルチェンジを行ない、「TD307」を発売することとなった。先代のモデルである「TD307」も2003年6月に発売して以来、他の「ECLIPSE TD」シリーズ同様に国内外のオーディオ雑誌などで様々なアワードを獲得したが、新しい「TD307」も発売直後より高評価を得ている。

ここでは、ECLIPSE TDシリーズの核となるタイムドメイン理論や、そ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、開発背景・モデルチェンジにおける改良点や業界での評価状況などを述べる。

2

ECLIPSE TDシリーズの現状

2.1 シリーズ製品構成

現在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, TD307）とサブウーハ2機種（TD725sw, TD316sw）である。これらの機種は同じ音作りのコンセプトに基づいて開発してきた。

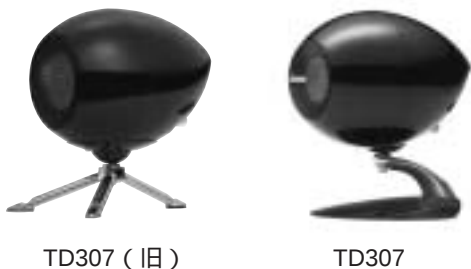


図-1 製品写真
Fig.1 Photos of Products

2.2 ECLIPSE TDシリーズの音作りコンセプト

従来のスピーカの多くは、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「時間軸における空気の動きを正確に再現する」という「タイムドメイン理論」を重視した音作りを行なっている。

従来でもマルチウェイスピーカにおいて各スピーカユニットからの音の到達時間を揃えるなど、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更に徹底さ

せ、タイミングだけでなく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する考え方である。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、どのような周波数を含んだ波形でも正確に再生することができることになる。

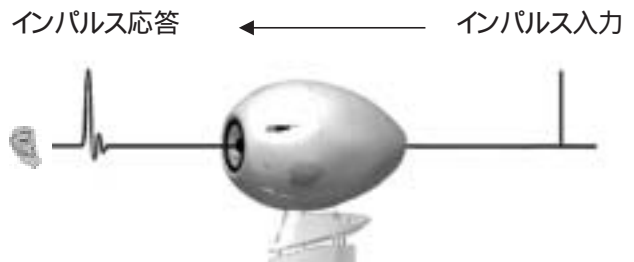


図-2 インパルス応答
Fig.2 Impulse Response

2.3 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としてスピーカの“響き”がある。その“響き”の主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には主に次の三つが挙げられる（図-3）。



図-3 TD307 (旧) の内部構造
Fig.3 Internal Structure of TD307(Previous Model)

(1) グランドアンカ

スピーカユニットの反作用をグランドアンカの慣性重量で抑えることで、波形の立ち上がりを崩させない。また反作用による振動（不要音発生原因）も抑制する。

(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から浮かせることで、スピーカユニットの振動の伝達を妨げ、不要音発生を抑制する。

(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、ラウンドバップルによる回折効果(不要反射)を抑制する。

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。

(不要な響きに微細な音が埋もれない。)

(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。

(スピーカの存在感が薄れ、空間から音が聞こえる。)

こういったECLIPSE TDシリーズの特徴は、エントリーモデルであるTD307(旧)でも引き継がれており、英国のオーディオ専門誌“What Hi-Fi?”での5つ星や、クリエーターの音楽製作コンピュータとして名高いMacの“Macworld”誌の“Editors Choice 2005”を獲得するなど、海外でも高い評価を得た(図-4)。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シリーズを採用するなど、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認められている。



図-4 TD307PA(アンプパッケージ)

"Macworld"誌"Editors Choice"獲得

Fig.4 TD307PA (Speaker & Amplifier Package)

Awarded "Editor's Choice" of "Macworld" Magazine

3

開発経緯

3.1 旧モデルの改良要望

TD307(旧)は発売以来、先述のように高評価を得ているが、ユーザからは改良の要望も上がってきていた。なかでも以下の2点が比較的多い要望であった。

もう少し低音が出て欲しい。

天井だけでなく壁にも設置したい。

上記の改良要望を織り込むにはドライバユニットの改良や一部の機構の変更程度では困難であったため、全てのパーツを一新することにした。

3.2 改良要望解決への課題

3.1の要望に対して、旧モデルの良さを活かしながらか改良するためには次のような課題があった。

いかにエンクロージャのサイズアップを抑えつつドライバユニットとの調整にて低音感を向上させるか

いかに外観への違和感を持たせずにスピーカ単品で壁・天井設置を可能にするか

の低音感向上のためには、ある程度エンクロージャの容積を大きくして、低域におけるドライバユニットの駆動容易性を上げる必要があるが、あまり大きくすると本モデルの特徴である設置しやすさを損なうことになる。

また、設置バリエーションを増やす機構を安易に持たせると、複雑な外観により美観を損なう懸念がある。

そこで許容できるエンクロージャサイズと壁付け可能な構造、そして優れた外観のデザインを維持することを目標に改良検討をした。

なお、課題の対策として考えられる構造は、下図-5の角度調整部(太矢印)を変更して調整範囲を拡げることであるが、拡げれば拡げるほど外観上に目立ってくるため違和感があるようになってしまう。そこが解決できれば一気に課題との両方を克服できるだろうと考えた。

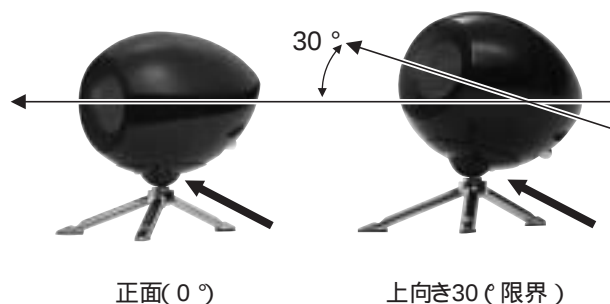


図-5 調整角度限界

Fig.5 Limit of Angle Adjustment

4

TD307の開発

3.1で述べた課題を解決するため、TD307の開発において次の効果を上げる検討を行なった。

1. 低域再生限界の拡張
2. 角度調整範囲の拡張
3. 取り付け性の向上

以下に開発詳細について記載する。

4.1 低域再生限界の拡張

一般的にスピーカの低域再生限界を拡大するには、次のような手法により設計する。

スピーカユニットの最低共振周波数 (f_0) を低くする。

エンクロージャ容積を大きくする。

バスレフ共振効果を大きくする。

ただし、背反事項として

振動系質量を大きくする必要があり、過渡応答特性が悪くなる。

外形寸法が大きくなり使いやすさ（設置性）が悪くなる。

バスレフ共振効果を大きくすると管共鳴の影響により過渡応答特性が悪くなる。

等があげられる。

TD307（旧）は前述のとおり使いやすさ（設置性）を優先し小型化・軽量化に重点をおいた商品であり、その取り回しの良さが好評であったが低域の再生において、もっと豊かな低域の再生に対する要望があった。

そこでTD307 では外形寸法を見直し、デザイン性も考慮して、容積を約1.5倍（TD307（旧）比）とし、低域再生限界の拡張をはかった。

ユニット f_0 、エンクロージャ容積、バスレフダクト寸法はシミュレーションにより導出した（図-6）。

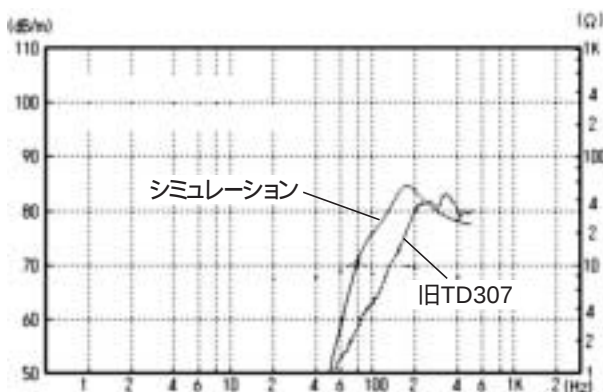


図-6 低域再生シミュレーション
Fig.6 Simulation of Bass Reproduction

また、スピーカユニットについては支持系を中心に見直しを図り、低域における大振幅に対しストレス無く駆動できるよう改善を行ったことにより最低共振周波数を約80Hz引き下げることが出来た。

こうして設計されたTD307 は、TD307（旧）の低域再生限界が120Hzであったのに対し、100Hzからの再生が可能となり、より豊かで高品位な低域を得ることが出来た。下の図は周波数特性の比較（図-7）で、目標どおり低域再生限界が拡張されている。

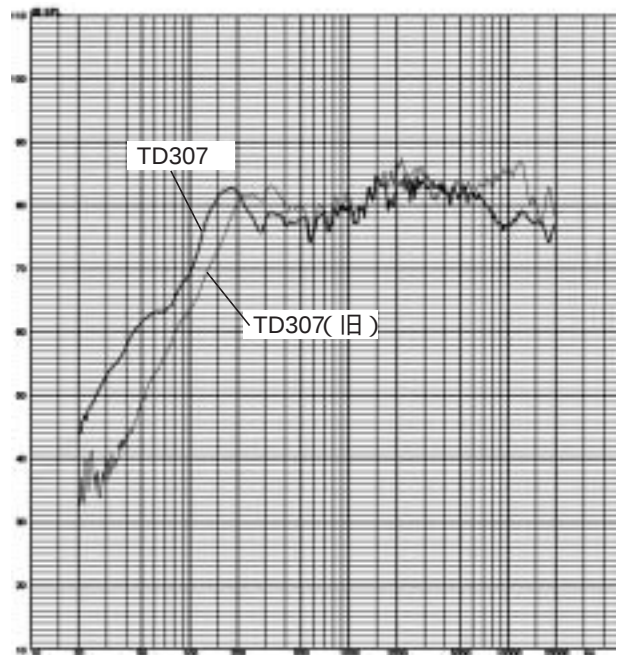


図-7 周波数特性の比較
Fig.7 Comparison of Frequency Response

4.2 スピーカの角度調整機能

TDスピーカの特徴の一つである高い空間再現性を存分に発揮するには、スピーカの設置角度（上下）や方向（左右）を聴取位置に向け設置することが必要である。スピーカの設置方向は、スピーカ設置の際に聴取位置に向けて簡単に設置することが出来るが、設置角度については設置場所や設置する部屋の状況に応じて自在に調整できることが望まれる。

TD307（旧）の設置角度は $-30^{\circ} \sim +30^{\circ}$ の範囲で可変できる構造で、聴取位置の床からの高さに応じて角度を調整することが出来た。

さらに、壁取り付けでは壁からの角度が 30° まで可変可能で、サテライトスピーカなどのように壁を背にした聴取位置に対しても角度調整を可能としていた。

スピーカの角度調整範囲を大きくすればするほど設置の方法による聴取位置の制限を無くすることができるが、その反面、調整部の可動範囲を大きくとる必要があることから角度調整構造部の寸法が大きくなり、製品全体が大型化し商品のコンセプトから外れてしまう。

そこでTD307 では、小型でどんな聴取位置にもスピーカを向けられるような角度調整機構を開発した。

TD307 の角度調整部は次頁図-8のようにステー、ジョイントボルト、ボトムカバー、ネック、固定ボルトから構成される。

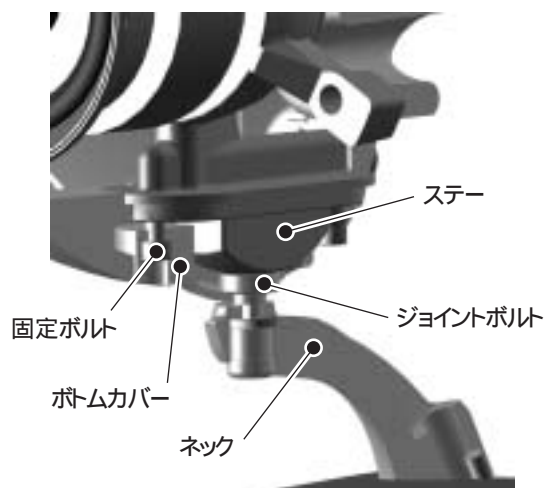


図-8 角度調整部
Fig.8 Angle Adjustment Mechanism

ネックに固定されたジョイントボルトの先端をボトムカバーとステーで挟み込み、固定ボルトを締め付け固定する。角度を調整する際は固定ボルトを緩め、任意の角度に傾け、再度固定ボルトを締め付け固定する。

可変角度は $-25^{\circ} \sim +30^{\circ}$ でありTD307 (旧) より小さいが、ネックの取り付け方向を変えることにより $+35^{\circ} \sim +90^{\circ}$ の可変も可能となり、聴取位置の自由度が広がった。

下図はTD307 のネック取り付け方向の違いによる角度調整範囲の変化を示す (図-9)。

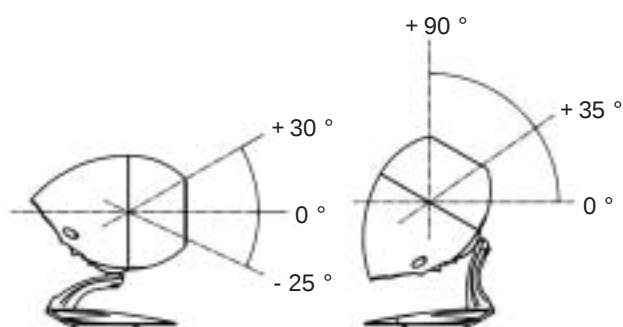


図-9 ネック取り付け方向の違いによる角度調整範囲の変化
Fig.9 Shift in Angle Adjustment Range by the Assembly Direction of Neck

また、角度調整範囲が拡大されたことにより図のように取付のバリエーションを増やすことが出来た (図-10, 11)。

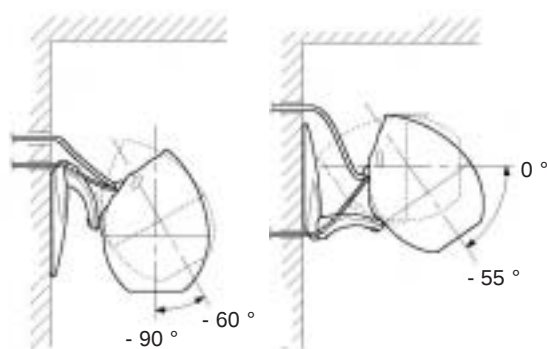


図-10 壁取り付けのバリエーション
Fig.10 Variations of Installation on a Wall

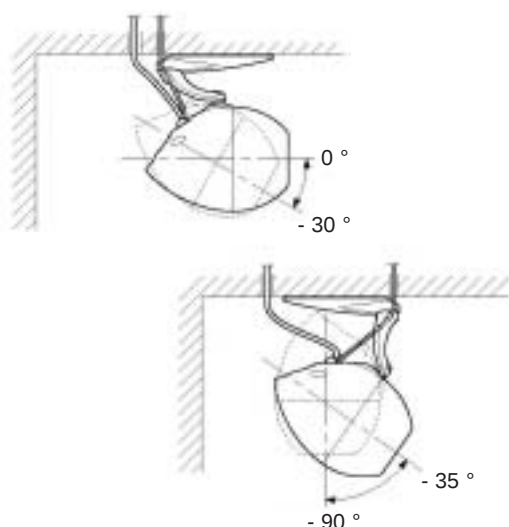


図-11 天井取り付けのバリエーション
Fig.11 Variations of Installation on a Ceiling

スピーカユニットの軸上を聴取位置とした場合TD307 (旧) との聴取範囲の比較を下図に示す (図-12, 13, 14)。

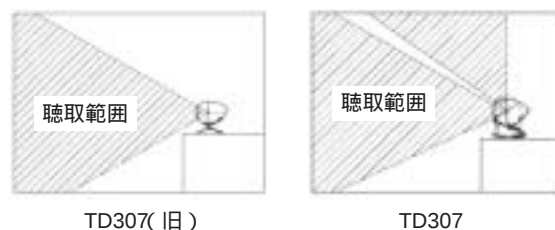


図-12 卓上設置の聴取範囲の比較
Fig.12 Comparison of Listening Area in Case of Setting on a Desk

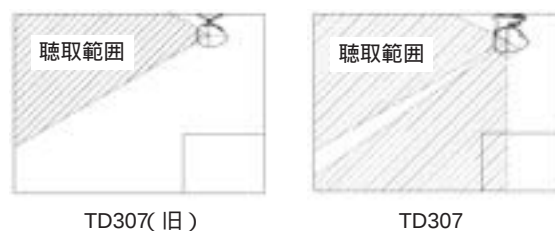


図-13 天井設置の聴取範囲の比較
Fig.13 Comparison of Listening Area in Case of Installation on a Ceiling



図-14 壁設置の聴取範囲の比較

Fig.14 Comparison of Listening Area in Case of Installation on a Wall

4.3 取り付け構造

TD307 はTD307(旧)と同様に天井や壁への取り付け穴がついている。TD307(旧)ではベース部は三脚形状でありその先端に取り付け穴がついていたため、取り付けの際に一度穴を開けてしまうと取り付けからの微調整が出来ず、穴あけ作業は細心の注意を必要としていた。TD307ではベース部をプレス鋼板に変更し長円穴を設けることで、取り付け作業時の煩雑さを大きく改善することが出来た。取り付け穴の違いを次の図に示す(図-15)。

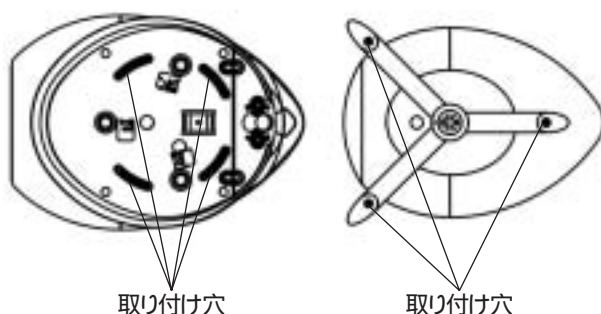


図-15 TD307 TD307(旧)取り付け穴

Fig.15 Installation Holes of TD307 and TD307(Previous Model)

4.4 開発結果

TD307IIの開発結果を下記にまとめる。

1. 低域再生限界の拡張...120Hz→100Hz
2. 角度調整範囲の拡張... $\pm 30^\circ \rightarrow -25^\circ \sim 90^\circ$
3. 取り付け性の向上.....左右 固定→調整可

4.5 主な仕様

TD307IIの外観(図-16)および主な仕様は次の通りである。

	TD307(旧)	TD307II
スピーカユニット	$\phi 6.5\text{cm}$	$\phi 6.5\text{cm}$
インピーダンス	8 Ω	8 Ω
再生周波数帯域	120Hz～20kHz	100Hz～25kHz
外形寸法	W120×H162×D160 (mm)	W130×H195×D176 (mm)
質量	1.2kg	1.5kg



図-16 外観

Fig.16 Appearance of TD307 (Standard)



図-17 外観

Fig.17 Appearance of TD307 (with D5, Exclusive Speaker Stand)

5

市場評価

こうして開発したTD307IIは2007年4月に発売し、そのサイズからは想像できないほどの質の高い音楽を聞かせるという評価を得られ、オーディオ誌においてアワードをいくつか獲得することができた。

5.1 国内外のオーディオ誌の評価

2007年9月時点における、国内外オーディオ誌のアワード獲得状況は下記の通り。

1. "What Hi-Fi?"誌(英国)5つ星(August 2007)

コメント抜粋

eclipseが運ぶサウンドはとてもクイックかつナチュラル

で、まるでスタジオにミュージシャンと一緒にいるかのようだ。

2. 音元出版社（国内）ビジュアルグランプリ2007夏

- ・銅賞
- ・ホームシアター大賞



図-18 TD307TH（シアターパッケージ）

Fig.18 TD307TH（Theater Package）

5.2 デザインアワードの評価

2007年10月1日にグッドデザインアワード2007が発表され、TD307PAIIがアワード獲得できた。



図-19 TD307PA（アンプパッケージ）

Fig.19 TD307PA（Speaker & Amplifier Package）

6

終わりに

以上、今回モデルチェンジを行なったエントリモデルTD307IIの開発について、タイムドメイン理論に基づく製品技術などにも触れて述べた。

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。

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。エントリモデルTD307IIの開発によってより多くのユーザにナチュラルな音を体験して頂きやすくなった。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用した製品を増やしてゆきたい。

下記、製品名・固有名詞は各社の登録商標です。

「ECLIPSE」...富士通テン株式会社

筆者紹介



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 音響技術部に在籍。



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 音響技術部に在籍。



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に在籍。



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 チームリーダー。