

タイムドメインスピーカTD712zMK2の開発

Development of Time Domain Speaker: TD712zMK2

浜田一彦	Kazuhiko HAMADA
柴田清誠	Kiyosei SHIBATA
三木好州	Yoshikuni MIKI
宗亮輔	Ryousuke SOU
川井雅人	Masahito KAWAI



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およ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。2004年にはフラッグシップモデルとしてTD712zを発売したが、その後市場において低域再生能力や設置性のさら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712zMK2は、スピーカユニットの口径φ12 cmを継承しながらスピーカユニット設計の見直しとエンクロージャ容積の増大により低音再生帯域を40 Hzから35 Hzに拡大した。また角度調整機構を大幅に見直し、エンクロージャ底面を3点のスパイクで支え、その中央を1個の専用のネジで引き込む構造とし、工具なしで手動調整が可能なユーザフレンドリなフラッグシップモデルとして2009年2月に販売を開始した。

Abstract

FUJITSU TEN has been developing and launching 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 input sounds.

Since the release of TD712z as a flagship model in 2004, we have recognized the market needs for higher capability of bass reproduction and easier installation, with expectations of developing and releasing a new model of the series.

Our new model 712zMK2 has extended the bass reproduction range to the lower-limit of 35Hz, which used to be 40Hz, by reviewing the speaker unit design and enlarging the enclosure capacity while retaining the 12cm-speaker units.

Also, this model has succeeded dramatically in improving the angle adjustment structure: supporting the bottom of the enclosure by three spikes and requiring only one pulling screw centrally placed. With these improvements, this model was released in February 2009 as a user-friendly flagship model with toolless and hand-adjustable structure.

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にも広く愛用されている。

中でもフラッグシップモデルとして2004年に発売されたTD712zの後継機種であるTD712zMK2は、2009年2月の発売以来高い評価を得ている。

ここでは、当社ホームオーディオ製品の現状を述べた後、商品開発の背景から開発コンセプト、開発結果について述べる。

2 ECLIPSEホームオーディオスピーカの現状

2.1 音作りのコンセプト

ECLIPSEホームオーディオスピーカのコンセプトは正確な波形の再生による正確な音の再生である。

従来のHi-Fiスピーカが、いかに低い音から高い音までをフラットに歪みなく再生するかといった周波数特性を重視しハイパワー・ワイドレンジの方向で、音づくりをしてきたのに対し、ECLIPSEでは音の発生から消滅までいかに空気の動きを正確に再現するかといった時間特性を重視し正確・ナチュラルな音づくりを行っている。

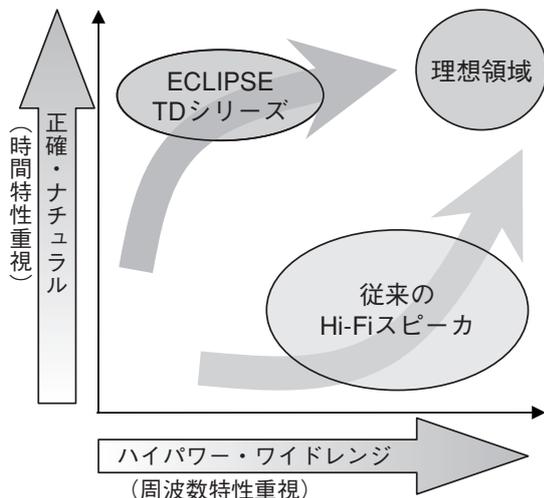


図1 音作りのコンセプトマップ
Fig.1 Concept Map in Sound Creation

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およぼす原因の一つとしてスピーカの不要な“響き”がある。その“響き”の主要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音の放射を低く抑さえることで、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、剛性が上り、音(球面波)が拡がる過程で発生する回折波も抑えることが可能になった。

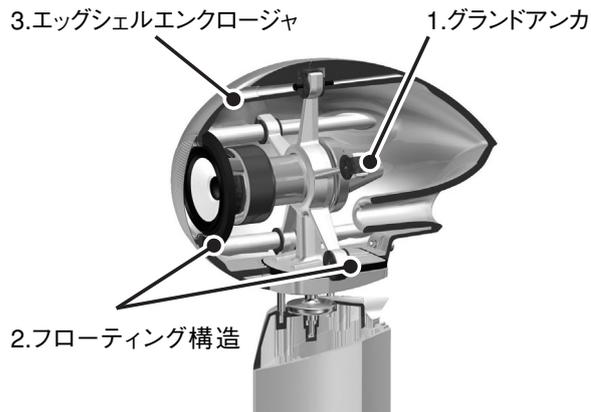


図2 TD712zMK2の内部構造
Fig.2 Internal Structure of TD712zMK2

2.3 ECLIPSE TDシリーズ音の特徴

波形の正確な再生を追求した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
(微細な表現が不要な響きに埋もれない)
- (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
(スピーカの存在が薄れ、空間から音が聴こえる)

3

開発経緯

3.1 旧モデル (TD712z) の評価・課題

旧モデルは前述のような音作りのコンセプトに基づき、理想領域を目指したモデルであったが、従来のHi-Fiスピーカと比べて低域不足という指摘が寄せられた。

また、旧モデルは試聴位置を調整する機能として図3に示すようなエンクロージャの角度を調整する機能を搭載していたが、調整箇所が4箇所あり工具による調整が必要なため簡易化の要望が多かった。

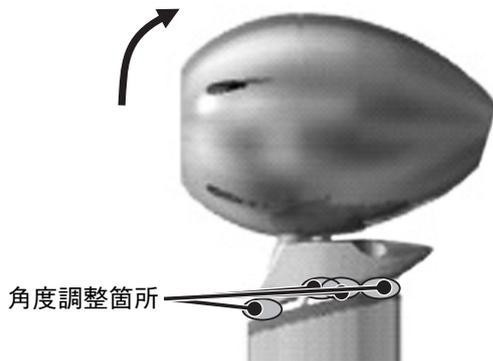


図3 TD712zの角度調整機能
Fig.3 Angle Adjustment Function of TD712z

3.2 開発コンセプト

前項で述べた課題を解決し、フラグシップモデルとして、より理想領域へ近づくためモデルチェンジを行うこととなった。新モデルの開発コンセプトは、下記のとおりである。

- ①フラグシップモデルとして、波形の正確さは旧モデルから維持～向上させ、かつワイドレンジ化を図る。
- ②角度調整をより簡単にし、設置の作業性を高める。

また、デザイン面に関しては、2005年以降発売したモデル (TD510, TD508II, TD307II) で採用した有機的エンクロージャフォルムがデザイン的に高く評価されている為、本モデルにも採用しモデルチェンジに合わせて統一化を図ることとした。



図4 2005年以降に発売したTDシリーズスピーカ
Fig.4 TD Speaker Series Released Since 2005

4

TD712zMK2の開発

3.2で述べたコンセプトを実現するため、TD712zMK2の開発においてつぎの検討を行った。

- 1. 低域再生限界の拡張
- 2. インパルス応答特性の維持～向上
- 3. 角度調整の容易化

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

旧モデルは前述のような音作りのコンセプトに基づき、理想領域を目指したモデルであったが、従来のHi-Fiスピーカと比べて低域感が不足がちであるため低域再生限界の拡張という要望があった。

一般的にスピーカの低域再生限界を拡大するための手法のひとつとして、スピーカユニットの振動系の質量を増加させ最低共振周波数 (fo) を低くすることがあげられる。ただし、振動系質量を大きくすると、背反事項として過渡応答特性、特に音の立ち上がりが悪くなることが予想される。

そこでTD712zMK2では、単純にスピーカユニットの振動系質量を増加させる方策をとらず、ステイフネス (振動板の動きにくさ) を減少させることにした。これには、振動板の動きに対するスピーカボックス内の背圧の影響を小さくする必要があり、デザイン性も考慮して容積を約1.5倍 (旧モデル比) とし、低域再生限界の拡張を図った。

増加したエンクロージャ容積に対してスピーカユニットのfoなど (設計) 定数については、約5 Hzの低域再生限界の拡大を目標に低域再生シミュレーションにより導出した (図5)。

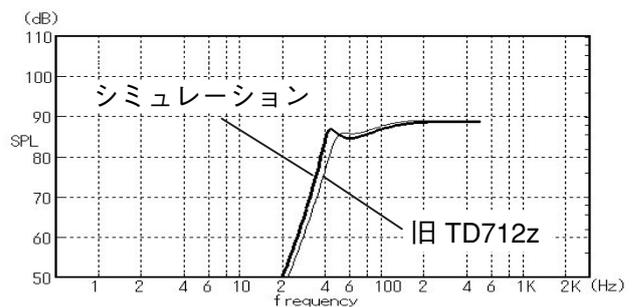


図5 低域再生シミュレーション
Fig.5 Simulation of Bass Reproduction

こうして設計されたTD712zMK2は、旧モデルの低域再生限界が40 Hzであったのに対し、35 Hz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できた。次頁の図は周波数特性の比較 (図6) で、目標どおり低域再生限界が拡張されている。

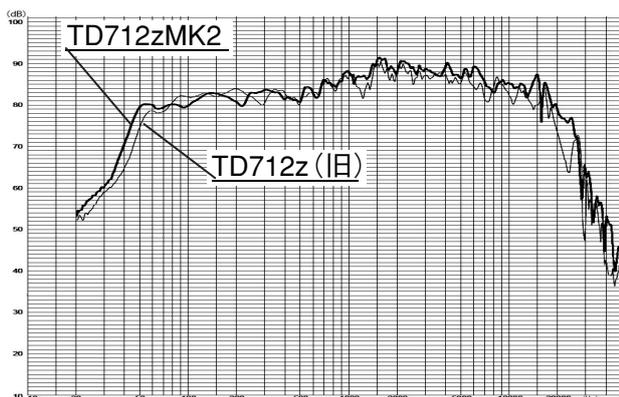


図6 周波数特性の比較

Fig.6 Comparison of Frequency Response

4.2 インパルス応答特性の向上

タイムドメインスピーカでは、音の時間波形、すなわちインパルス応答特性がどれだけ正確に再生できるかに主眼をおいて開発されている。TD712zMK2の開発におけるインパルス応答特性向上の着眼点とそれに対する方策はつぎのとおりである (表1)。

表1 インパルス応答特性向上の着眼点と方策

Table 1 Point and Method for Improving Impulse Response

着眼点	方策
立上り	磁気回路の強化
立下り	振動板の内部損失UPによる不要共振の低減
波形忠実度	支持系の前後振幅の対称性向上

4.2.1 磁気回路の強化

今回の開発にあたり、グラウンドアンカには従来品と同様に安価で加工性のよい鉄材を選定した。しかしながら図7のように鉄材をスピーカユニット背面に直接組み付けると、磁束漏洩が発生する。これは、振動板の駆動力の低下につながり、インパルス応答の立上り特性に悪影響を与える。そこで今回、図8のように、スピーカユニットとグラウンドアンカとの間に非磁性体のスペーサを挿入することで磁束漏洩を最小化する構造を採用した。さらに、スピーカユニットとグラウンドアンカとの距離に関して磁気漏洩の影響がでない最適値に設定し、かつ、グラウンドアンカ固定ネジには非磁性体のステンレスネジを採用するなど、細部に渡って対策を施した。この結果、磁気回路の効率が改善され、従来比約10%の磁束密度UPを図ることができた(1.1T→1.25T)。

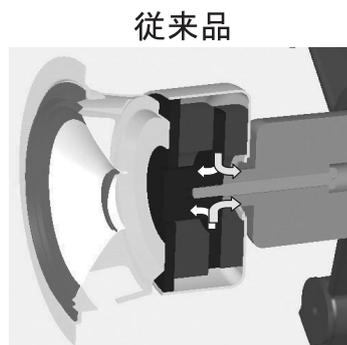


図7 従来品の磁気回路-グラウンドアンカ構造

Fig.7 Conventional Magnetic Circuit / Grand Anchor Structure

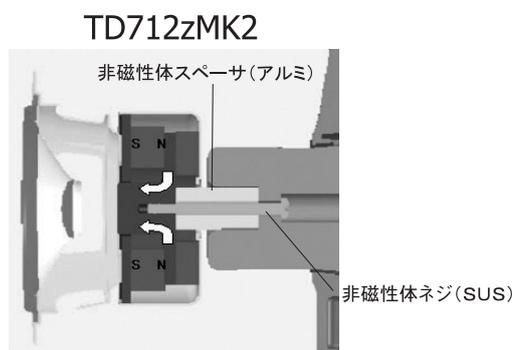


図8 開発品の磁気回路-グラウンドアンカ構造

Fig.8 Developed Magnetic Circuit / Grand Anchor Structure

4.2.2 振動板の内部損失UPによる不要共振の低減

振動板については、従来品はグラスファイバー層で成形されていたが、本開発ではグラスファイバの裏面に内部損失の高いコットンを貼付け一体成形された二層構造 (内部損失 約25倍) とした。図9・10は振動板違いのインパルス応答特性を表している。これにより、二層構造の振動板のほうが不要な共振が大幅に低減できていることが確認できる。

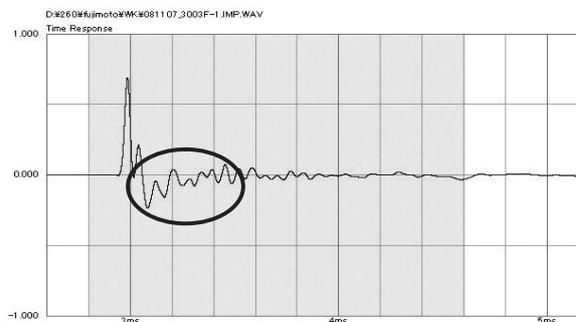


図9 インパルス応答特性 (振動板: グラスファイバー層)

Fig.9 Impulse Response (cone: one layer of fiberglass)

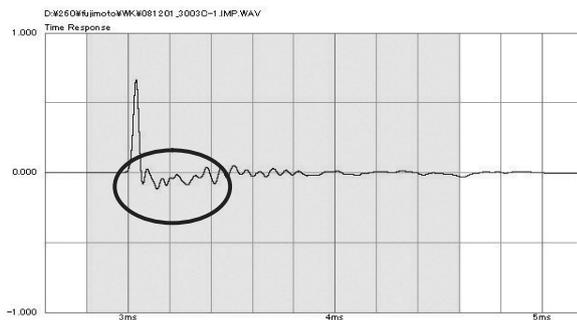


図10 インパルス応答特性 (振動板: グラスファイバ+コットン 二層)
Fig.10 Impulse Response (cone: dual layer of fiberglass and cotton)

4.2.3 支持系の前後振幅の対称性向上

音の時間波形を正確に再生するためには、入力信号に対して、スピーカ振動板の支持系の前後振幅の対称性を向上させる必要がある。

まず、エッジについては、従来のスピーカでは、一般的なロールエッジを採用していたが、これは、一般的に前方向には動きやすく、後ろ方向には動きにくいという傾向があった。そこで、本開発では振幅のリニアリティが優れたコルゲーションエッジを採用した。また、コルゲーションエッジは振幅量の確保が課題であるため、大出力時まで前後振幅の対称性が確保できるようシミュレーションにより形状を最適化した (図11)。

つぎに、ダンパについても前後振幅の対称性の高いコルゲーション形状をシミュレーションにより導き出した (図12)。図13にシミュレーション結果を示す。前振幅 (グレー線) と後振幅 (黒線) が重なっており、対称性が保たれていることがわかる。

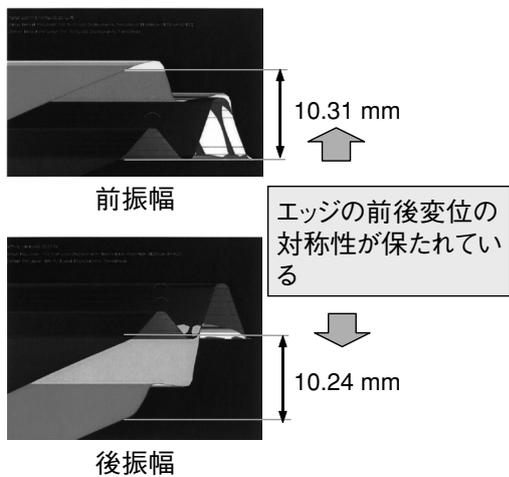


図11 エッジの振幅シミュレーション
Fig.11 Simulation of Surround Amplitude

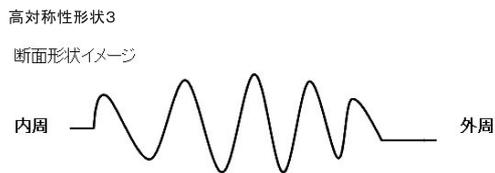


図12 ダンパ断面形状
Fig.12 Cross-section Shape of Spider

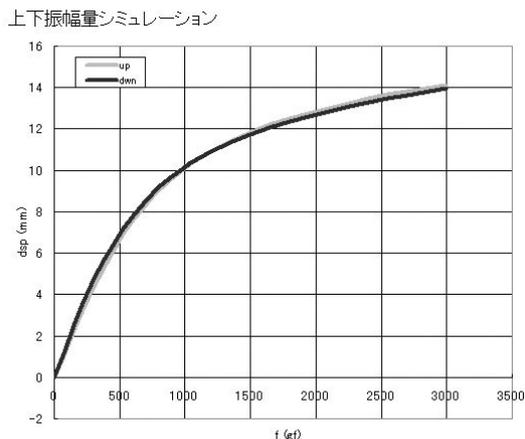


図13 ダンパの振幅シミュレーション
特長
上下各14 mmに至るまでの振幅の対称性と、1 kgf以下での振幅量も極めて優れている。

図13 ダンパの振幅シミュレーション
Fig.13 Simulation of Spider Amplitude

以上のとおり、エッジ・ダンパについてシミュレーションにより最適形状を求められた。本形状にて試作サンプルを作成し、効果確認をおこなった。図14・15は従来品と開発品の前後振幅特性を表している。従来品は前後の振幅量にズレが発生し周波数によって山谷のあるエッジ共振が出ているのに対し、開発品では、前後の振幅特性が一致し、山谷も是正されていることがわかる。

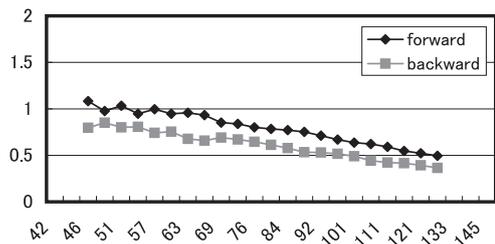


図14 従来品の振幅特性
Fig.14 Amplitude Characteristics of Conventional Product

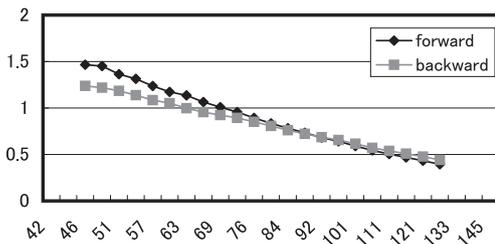


図15 開発品の振幅特性
Fig.15 Amplitude Characteristics of Developed Product

4.3 スピーカの角度調整構造

TDスピーカの特徴の一つである空間再現力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できるが、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。

TD712z（旧）の設置角度は0～+12°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できた。ただし、その方法は非常に煩雑で、3本の引きネジと1本の押しネジの合計4本のネジの調整が必要であり、またその調整には工具（六角レンチ）を何度も抜き差しすることが必要となっていたため、角度調整の容易化が求められていた（図16）。

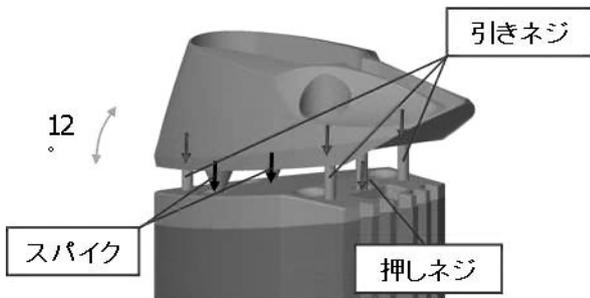


図16 TD712z（旧）角度調整機構

Fig.16 Angle Adjustment Structure of TD712z (Previous model)

そこでTD712zMK2では、3本のスパイクを支柱上部に設け、1本の引きネジによってスピーカボックスをスパイク上に固定させる構造を採用した。引きネジはエンクロージャ底部の溝にネジ頭部をひっかけ、支柱上部にねじ込むことによってスパイク上に引き込んでスピーカを固定する。また、引きネジの軸中央付近はφ60 mmの円盤形状をしており、その外周をつかんで手でねじ込むことができるため工具が不要となる。これらにより1本で数分間かかっていた角度調整時間を10 s前後にまで短縮することができた（図17）。



図17 TD712zMK2 角度調整機構

Fig.17 Angle Adjustment Structure of TD712zMK2

4.4 主な仕様

TD712zMK2の外観（図18）および主な仕様はつぎの通りである。

表2 主な仕様
Table 2 Specifications

	TD712z(旧)		TD712zMK2	
	レギュラー	ショート	レギュラー	ショート
スピーカユニット (cm)	φ12		φ12	
インピーダンス (Ω)	6		6	
再生周波数帯域 (Hz)	40～20k		35～26k	
外形寸法 (mm)	W347× H988× D384	W347× H600× D384	W347× H1000× D431	W347× H611× D431
質量(kg)	25	18	25	18



TD712zMK2（レギュラー）



TD712zMK2（ショート）

図18 外観
Fig.18 Appearance

5

終わりに

以上、今回モデルチェンジを行ったフラッグシップモデルTD712zMK2の開発について、タイムドメイン理論に基づく製品技術にも触れて述べてきた。

ECLIPSEでは2001年のホームオーディオ市場参入以来、数多くのモデルを市場に投入し、すべてのモデルにおいて統一した音作りのコンセプトで開発してきたが、市場参入から9年目に入り、正確な音の再生で、アーティストの思いをあるがままに届けたいという当社の思いに共感していただけるミュージシャンやレコーディングエンジニアのユーザーが年々増加している。今回のモデルはフラッグシップモデルではあるが、これに留まることなく、今後も技術の向上を目指してよりよい製品開発を目指して行きたい。

最後に本モデルの開発にあたり、関係された社内外関係者の皆様に心より感謝の意を表します。

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・OEM本部 第一事業部 音響開発部在籍。



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、車載・ホーム市販スピーカ開発に従事。現在、CI・OEM本部 第一事業部 音響技術部在籍。



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・OEM本部 第一事業部 音響技術部在籍。



宗 亮輔
(そう りょうすけ)

2005年入社。以来、車載・ホーム市販スピーカ開発に従事。現在、CI・OEM本部 第一事業部 音響技術部在籍。



川井 雅人
(かわい まさひと)

1984年入社。以来、音響機器の開発設計に従事。現在、第一事業部QCD企画部チームリーダー。