

セリカ “ スーパライブサウンドシステム ”

CELICA “Super Live Sound System”

黒 崎 哲 也 ⁽¹⁾	川 井 雅 人 ⁽²⁾	貴伝名 忠 司 ⁽³⁾
Tetsuya Kurosaki	Masato Kawai	Tadashi Kidena

大 歳 裕 之 ⁽⁴⁾	豊 嶋 茂 ⁽⁵⁾
Hiroyuki Ootoshi	Shigeru Toyoshima

要 旨

近年、車載用のオーディオシステムの音質向上に対するユーザ要求が高まり、純正オーディオにおいても“良い音”が車作りの重要な条件になってきている。

1989年8月、我々はトヨタ自動車㈱と共同でフルモデルチェンジを迎えるセリカに“スーパライブサウンドシステム”を開発した。このシステムは世界一の音作りを目指し、従来技術にとらわれることなく全く新しい発想・新技術・新素材を積極的に導入し、車両の開発段階から自動車メーカーと協力して造り上げたものである。

本稿では、開発のねらい、システム内容の紹介、市場での評価等について、①純正だからこそ実現できた点、②音へのこだわり、の2点にポイントを置きながら述べる。

Over the past several years, more and more car owners have been demanding better sound quality in the audio systems installed in their cars. Along with this, factory-installed audio systems offering superb sound have become indispensable among automobile makers.

In August of 1989, we announced the Super Live Sound System, jointly developed with Toyota Motor Corporation, for exclusive use in the newly remodelled CELICA. To make sure that the system would be one of the most sophisticated in the world, we cooperated with the automaker from the earliest developmental stage of the vehicle, incorporating new technologies, new materials and completely new concepts.

This paper describes the development objectives, and gives an outline and a market evaluation of the system, with an emphasis on two points: 1) the features made possible by factory installation and 2) our uncompromising dedication to excellent sound reproduction.

(1)～(4) 第一オーディオ本部技術部

(5) 第二オーディオ本部技術部

1. はじめに

近年、車載用オーディオがますます高級化・多機能化していく中、“音質”に対するユーザの要求も高まっている。特に後付けオーディオとしてスピーカ、ヘッドユニット、アンプ等、各コンポーネントの性能向上は目覚ましいが、いくら個々を良くしても、車の性格に合った、車室内空間を活かした“音作り”では難しい面があり、車両側と協力したシステム設計が必要となってくる。その点で純正オーディオはまさに天与の土壤と言えるのである。

我々は1989年8月、トヨタ自動車㈱と共同でフルモデルチェンジを迎えるセリカに“スーパーライブサウンドシステム”を開発した。このシステムは大迫力・広帯域・高音質再生を主眼に、大口径20cmウーファを始めとするマルチウェイスピーカ（計10コ）を総合最大出力220Wの大出力アンプでドライブしており、個々の構成パーツ1ヶに至るまで随所に音質にこだわった本格派設計を実現している。

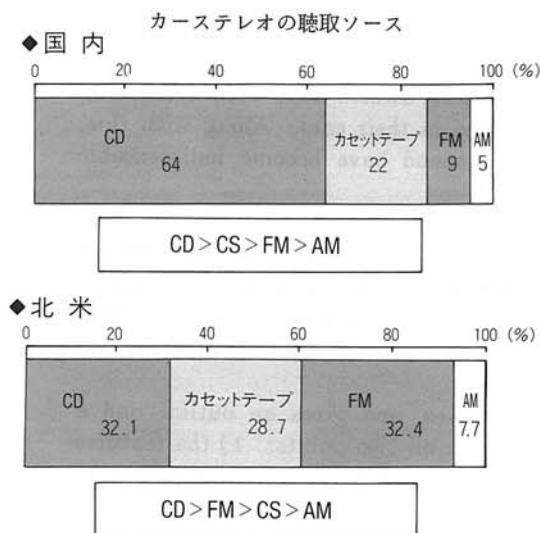
ここでは、セリカの“音作り”を車両企画段階からラインオフに至る経緯に沿って、①純正だからこそ実現できた点②音へのこだわり、の2点にポイントを置きながら紹介していく。

2. システム構想

2.1 市場ニーズの動向

我々は1985年8月、セリカの前モデルに対し、当時としては画期的なバスレフ型ボックスによる4スピーカーシステムに、車両形状に合わせて車室内空間特性を補正するフィックス・イコライザ内蔵のハイパワーアンプを搭載した“ライブサウンドスピーカシステム”を開発した。その後カーオーディオの進歩は目覚ましく、高級化・多機能化は着実に進んでおり、ここ一年、ホームオーディオではもうレコードと完全に入れ替わったコンパクトディスク（以後CDと呼ぶ）は、その低価格化に伴い車載用にも一段と浸透してきている〔図-1参照〕。

カセットのようにソースの録音状態によらず、いつでも安定したHi-Fiサウンドを楽しむことの



車載用CDプレーヤ出荷台数推移予測

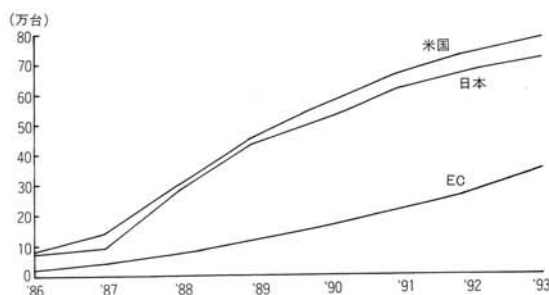


図-1 カーオーディオの市場動向

Fig. 1 Market trend of car audio systems

できるCDの普及につれ、車載向オーディオの音質向上が急務となり、市販システムはもとより純正システムの中にも、それらを意識したハイグレードな音質を実現するものが現れ始めた。ただ、スピーカロケーションについては、まだ車室内の空間スペースの利用にとどまっており、スピーカの性能をフルに発揮させることのできる車両一体の設計が必要となってきた。

2. 2 最高の音質を求めて

3年にもおよんだセリカ“スーパーライブサウンドシステム”の開発は、「世界一の音」を目指し従来のカーオーディオでは達成できなかった、

①大迫力 ②広帯域 ③高音質 の三大要素に加え純正システムでしか実現することのできないセリカにふさわしい④車の個性に合った音作り、を目標としている。そして従来技術にとらわれることなくすべてのコンポーネントを一から見直し音質最優先で構成素材・部品の選定・新技術・回路方式の導入を行った。また従来であれば、お決ま

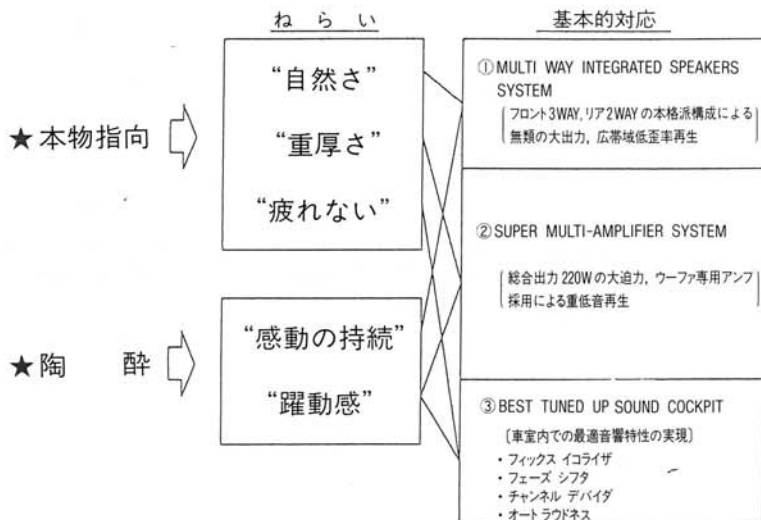
りのように与えられていたスピーカレイアウトを見直し、車の構想段階から目標を達成するために必要な仕様のユニットを音響的にあるべき位置に優先的にレイアウトすることから開発が始まった。これにより、フロントドア20cmウーファやリア8ℓボックススピーカ等、従来では到底成立し得なかったスピーカシステムが車両と一体の形で実現したのである。もちろん実現にあたってはフロントドアのパワーウィンド化、内装トリム一体デザイン等、カーメカとオーディオメカが一体となって、高性能カーオーディオシステムを開発するというトヨタ自動車株の強い意志と協力があってこそ実現出来たものであり、最高の音へのこだわりがここにスタートしたのである。実現に向けてのねらい〜方策を表-1にまとめた。

2. 3 今なぜ10スピーカか!?

スピーカシステムの方式は大きく2つに分かれる。フルレンジユニットを基本に音のつながり・定位感を重視したシングル方式と、ウーファ、ス

表-1 セリカの音作りコンセプトとその対応

『豊かな質感の創造』



コーカ、ツィータ等ユニットの帯域を分割した広帯域再生、音の分解能・質感の向上を狙ったマルチウェイ方式である。セリカでは最高の音を実現するため潜在能力の高い後者方式を採用。締りのある重低音再生と低域の空間定位を重視し大口径20cmウーファをフロントに、音楽の核となるボーカル（中音）域を充実させるためスコカを専用化、加えて高域の広帯域化・分解能向上を狙いドームツィータを採用し、フロント3ウェイ、リア2ウェイのマルチウェイシステムとした。更に、低域再生能力向上のためウーファアンプを専用化、マルチアンプドライブにより低域の向上のみならず、中高域への干渉をなくしクリアな再生を狙っている。

以上のようにして、従来、車の中では特に難しいとされて来たマルチ化に挑戦し、純正としては世界初の本格派マルチウェイ10スピーカシステムが誕生したのである。

2. 4 評価方法

車のオーディオシステムを構築していくにあたり、その測定・評価も重要なウエイトを占める。今回のセリカでは、定量評価・官能評価の両面から評価を進める中、表-2の3項目に特に重点を置き新システムへの対応を図った。

内容を簡単に説明する。①フロントドアウーファでは従来にない大口径ウーファの採用により、ドアの剛性アップ、ドアイナー・サービスホールのシールによる気密化等、スピーカエンクロージャとしての性能確保が重要となったため、低域周波数レスポンス、高調波歪率の両データと聴感での低域音質評価を並用し評価を行った。②音質評価会では、従来の国内での関係者による評価会だけではなく、市場での適合性を確認するため、主な仕向地である北米において現地米人パネラによる競合車との比較試聴会を実施した。加えて最高の音を造り上げるため、国内・北米それぞれでオーディオ評論家によるコンサルティングを受けハイエンドユーザにも十分受け入れられる音質であることも確認した。更に今回マルチ化に伴って計10コのスピーカを使用しているため、③音場空間特性の評価を専用ソースを選定して実施し、とすればマルチ化の欠点となり兼ねない音のつながりや空間定位感を重点的に評価した。

3. セリカ“スーパライブサウンドシステム”

3. 1 全体システム構成

セリカ“スーパライブサウンドシステム”はヘッ

表-2 今回の重点評価 測定項目

No.	測定・評価項目	ね ら い	内 容
①	定量 フロントドアウーファの車室内f特性、歪率特性	フロントドアウーファのエンクロージャとしての構造評価 (シール・剛性・ビビリチェック)	・車室内f特性(低域レスポンス) ・車室内歪率特性(成分別) (ドア剛性・ビビリ)
②	官能 北米) 音質評価会 国内)	仕向地別に音質適合性を確認する	・競合車との対比較法 (一般パネラー) ・オーディオ評論家評価会
③	音場空間特性評価	空間定位・音場バランスのチェック	・専用評価ソースによるステレオ感、前後バランス等空間音場のチェック

ドユニット〔CDプレーヤ+CS/AR一体機〕、パワーアンプ、それに計10コのスピーカで構成されており、すべて本システム向に新規開発したものである。車には図-2のレイアウトで車両一体の形で搭載されており、各ユニット個々の性能がフルに発揮できるよう車にも音優先の斬新な設計

がなされている。フロントドアウーファやリアボックススピーカ等はその好例であり、我々は最終的に車に取り付けた状態で所望の性能が出せるよう、オーディオコンポーネントと車の両方に造り込みを行った。それら詳細については次章以降で述べる。

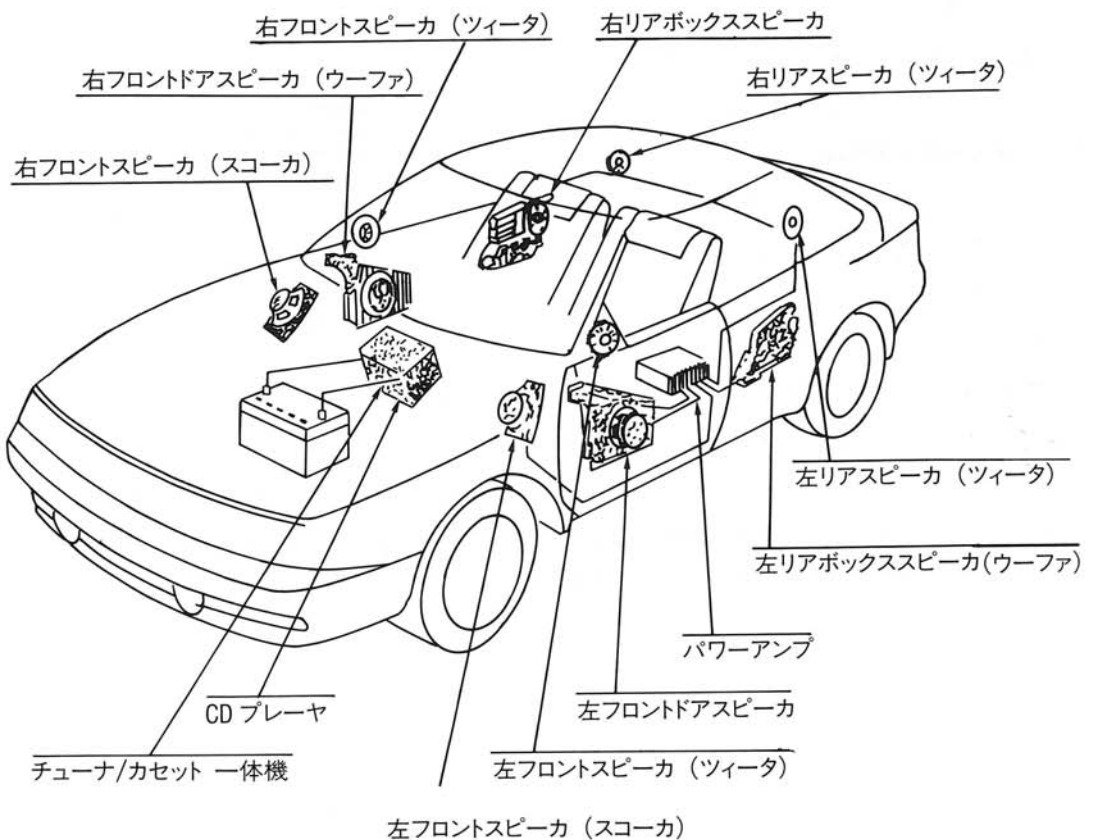


図-2 車室内レイアウト図

Fig. 2 Car interior layout

システム仕様は、フロント中高域とリア全域を30W×4chのパワーアンプでドライブすると共に、フロントウーファには50W×2ch ディスクリット・パワーアンプを採用し、マルチユニット・パイアンプ構成をとっている。そしてフィックスイコライザ・フェーズシフタ、スピーカネットワーク、スピーカ振り角等を駆使して全体の音場・音色のチューニングを行うと共に、各コンポーネントの構成素材・部品を吟味し、音を良くするための新素材・オーディオ用パーツ等を積極的に導入することにより音の質感の向上を狙っている。全体のシステム回路ブロックを図-3に示す。

3. 2 スピーカシステム

3. 2. 1 車と一体となった構造設計

車室内の居住性を損なうことなく、どこまで高いレベルの音づくりが可能かをテーマとし、車両の初期開発段階からシステムを作りこんだ。

1) フロントドア20cmウーファ

従来では得られなかった真の重低音再生を実現するため、フロントドアに大口径20cmウーファを設置した。また、その能力を有効に発揮させるためドアインナーのサービスホール（3ヶ所）を鉄

板とウレタンスポンジを一体化した音響シールド板で完全に密閉し、ドア内部の空間を大容量エンクロージャとして積極的に利用した。更にユニットの取付には専用的高剛性サブバッフル板を配し、それをインナに、ドアトリムをサブバッフル板にそれぞれ強固に固定することにより、不要共振・びびりを排除する構造をとった（図-4）。今回のようにドアマウントスピーカでのドアのシール

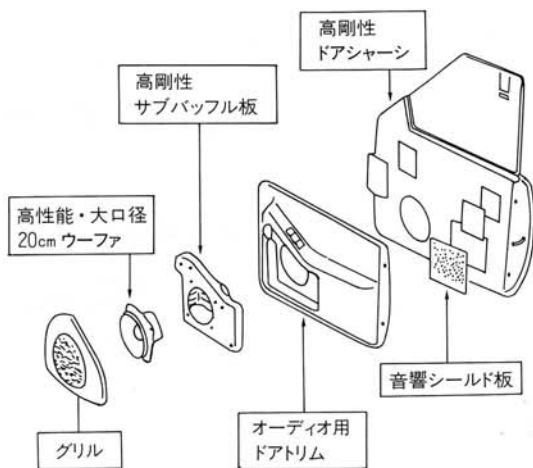


図-4 フロントドアウーファ取付構造図

Fig.4 Front door woofer installation drawing

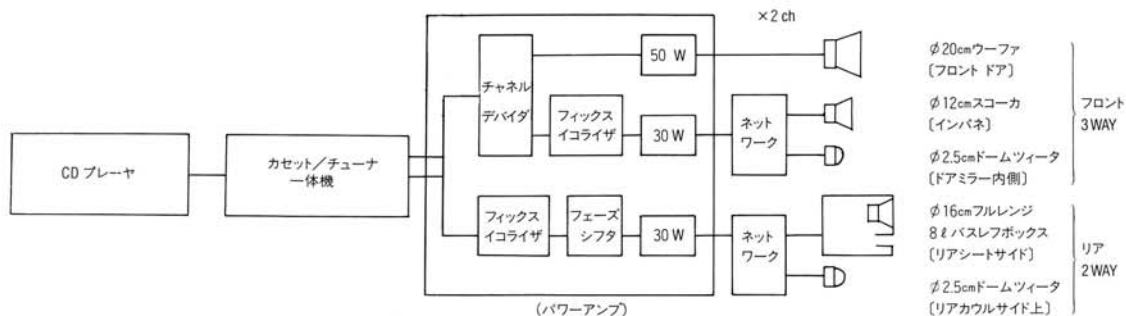


図-3 システム各路ブロック図

Fig.3 System diagram

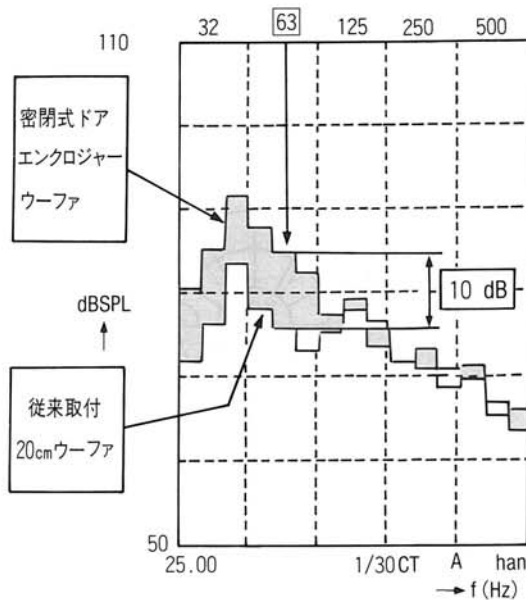


図-5 ドアシールによる低域改善効果

Fig.5 Improvement of low frequency response by door seals

効果は大きく、セリカでは80Hz以下の低音域で約10dBもの音圧改善効果をもたらしている(図-5)。

2) フロントツイーター

車載用として新開発の小型(外形φ35mm)ドーム型ユニットを、左右ドアミラーの内側に設定。取付位置をリスナの耳の高さに近づけ、ユニットの指向性を考慮しながら振り角度を28°として左chのユニットは右側のリスナを、右chのユニットは左側のリスナにユニットの軸が向くようにクロスさせて設定し、拡がり感と左右のステレオ定位感を向上させた(図-6)。

またグリルには高域の減少を抑え、音のヌケを良くするためパンチングメタルを使用している。

3) リア8ℓボックススピーカ

大容量8ℓバスレフ方式エンクロージャに、φ16cmフルレンジユニットを配し、リアシート両

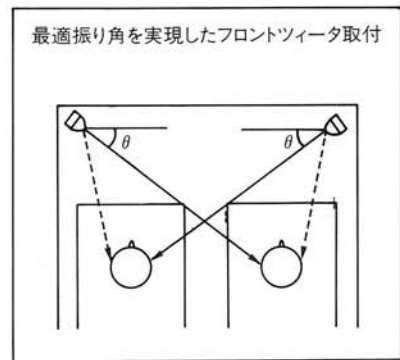


図-6 ツイータのレイアウト図

Fig.6 Tweeter layout

横にリアトランク容量を狭めることなく設定した(図-7)。

フルレンジユニットの取付角度は、前席リスナに対して拡がり感を重視したクロス設定とし、リアシート後方のツイータと相まってリスナの後方音場を形成している。また、ユニット中央部にはリアからの中高域で音場が引っ張られることのないよう、ディフューザ(拡散板)を配し、中高域成分を拡散させることにより拡がり感・臨場感を更に向上させた

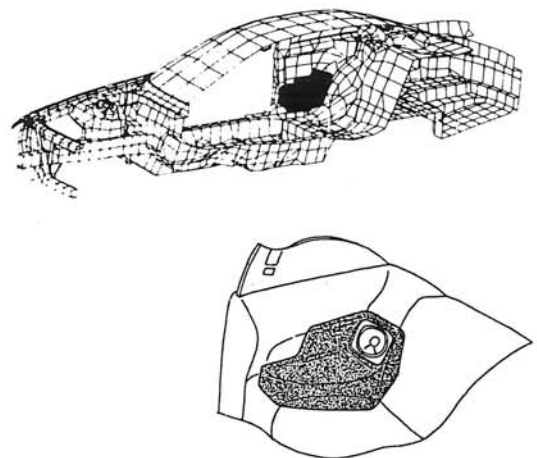


図-7 リヤスピーカのレイアウト図

Fig.7 Rear speaker layout

3. 2. 2 スピーカユニット

1) パルプオープンコーン

フロントウーファ、スコーカ、リアフルレンジの各ユニットの振動板に新開発のパルプオープンコーンを採用した。

これは、従来のプレスコーンに製法上の工夫を凝らしたもので、漉き上げたコーン紙に熱を加えて強制乾燥を行うことによりコーン紙自体の断面に空気層を持たせたものである。その結果、従来のプレスコーンに比べて同等重量であるにもかかわらず剛性が高く、内部損失が大きい等、振動板材料として適した物性値を有する（表-3）。

音質上のメリットとして、低域の過渡応答・しまり感の向上をもたらすが、セリカでは、パルプオープンコーンの有するもう1つの特徴であるボーカル域の豊かさ・張り・厚みといった中音域の充実をも狙ってコーン形状ユニットすべてに採用し、音色の統一を図った。

2) スترونチウムマグネット

フロントドアウーファを除くすべてのユニットにストロンチウムマグネットを採用した。

従来のバリウムフェライトマグネットに比べ磁束密度が20%高く、それによって磁界制動力が

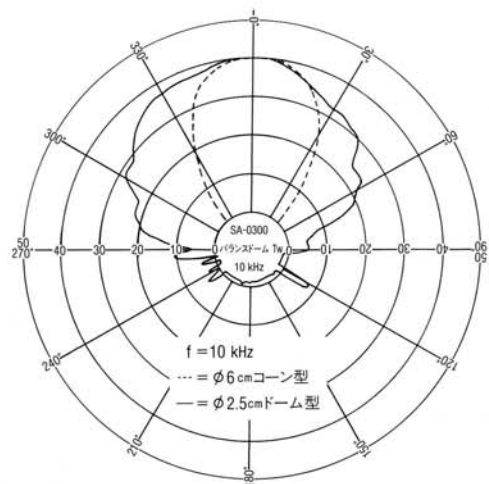


図-8 ツィータの指向特性の比較

Fig. 8 Comparison of directional characteristics of tweeters

高まり過渡応答が向上すると共に、全帯域において再生音圧が約1 dBアップする。特に車両スペース上の制約の強いフロントツィータにおいては、小型ながら高性能化を実現した。

3) セミハードドームツィータ

フロント・リアツィータには一般にセミハードと呼ばれる樹脂系の振動板を有するドーム型ユニットを採用した。

特徴として、音の伝播速度が速く過渡応答特性に優れるポリイミド振動板を使用。紙コーン型のツィータに比べ広帯域であり、指向特性が大幅に改善された（図-8）。更に磁性流体をギャップ内に充填することによりボイスコイルの温度上昇を抑え、ユニットの耐入力アップを図った。

表-3 コーン紙の物性値比較

種別	物性値	重量	ヤング率	内部ロス($\tan \delta$)
プレスコーン		7(g)	1.3×10^{10} (dyne/cm ²)	0.02
オープンコーン		7.6(g)	1.4×10^{10} (dyne/cm ²)	0.04

3. 3 ヘッドユニット

3. 3. 1 CDプレーヤ

CDプレーヤでは1 DINサイズの中に新開発のφ8 cm/12 cmディスク用コンパチブル・デッキを搭載し幅広いソフトへの対応と耐振性の向上を図った。特に、音響面においては

- ①4倍オーバーサンプリング方式採用による高域歪の改善
- ②音響用コンデンサ採用による音の情報量向上等、回路構成から部品1点に至まで高音質設計を行った。

3. 3. 2 CD/AR一体機

一体機のデッキ部には、新開発のフルロジックデッキ(DK-76)を採用。デッキ動作時のメカニカルノイズを下げて感性品質を向上させると共に、音質面での多くの改良を図った。

- ①磁気ヘッドに高音質のアモルファスナローギャップヘッド(1 μm)を採用。当社独自のデュアルアジマス機構と相まって広帯域再生[20~22 kHz](±3 dB)を実現した(図-9)。
- ②電子ガバナーマータを採用し、音の濁りの原因となるモータノイズを低減した(従来比-6 dB)。

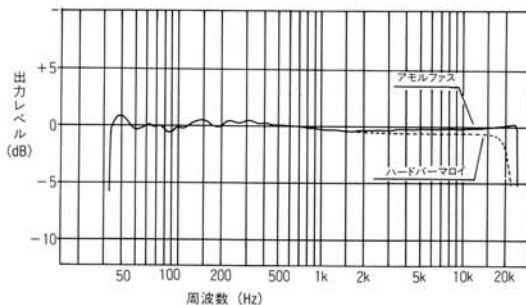


図-9 磁気ヘッドの局波数特性の比較

Fig. 9 Comparison of frequency response of magnetic heads

- ③イコライザアンプをデッキ部に搭載して小信号ラインの配線を最短化し、外来ノイズの影響を抑えた。

- ④音響用コンデンサ採用による音の情報量向上。

FMチューナ部では、差動ピーク検波方式を採用し、単同調コイルにダブルチューンQ検波並みの低歪率を達成。スペースファクタを上げながらホームチューナ並みのHi-Fi特性を実現した。またダイバーシティシステムにより、走行時でも安定したFM受信が楽しめる。

3. 3. 3 パワーアンプ

パワーアンプでは、“最高の音質”を実現するため従来技術・規格にとらわれることなく徹底したHi-Fi設計、高音質パーツの導入を図った。

- ①総合最大出力は220W [30W×4ch+50W×2ch (EIAJ)]と大出力であり、ウーファ専用50Wディスクリートアンプを含むマルチバイアンプ構成である。
- ②電源部はアンプ入力段からイコライザ段、パワーICアンプ段、ディスクリートアンプ段と3電源を有しており、特に、ディスクリートウーファアンプにはレギュレーション特性に優れたPWM方式のDC/DCコンバータを採用した。
- ③ローノイズ化と音の情報量向上のため、一般に広く用いられているチップ部品を一切排除した。かわりに、ディスクリート抵抗、フィルムコンデンサを使用し、加えて最高級音響用ケミコン、ローノイズOPアンプ等、部品一点に至るまで吟味を重ね高音質部品を使用した。
- ④プリント基板には、パターンでの電力損失を減らしレギュレーションを向上させるため、一般品の2倍の銅箔厚(70 μm)コンポジット基板を採用した。加えてアンプ部と電源部を完全に独立設計とし、パターンニングに工夫を凝らす

により、内部のコンバータノイズや外来車両雑音の混入を防いでいる（図-10）。

3. 5 システムチューニング

3. 5. 1 ネットワーク

車載用システムではホーム用と異なり、マルチウェイ化したスピーカを同一平面状に配置することはスペースの制約上非常に難しい。セリカにおいてもフロントの各ユニットは離れた位置にあり、これらを通常の上下共通のクロスオーバー周波数で分割した場合、音楽が音階（周波数）によって定位位置が上下する、位相が不自然で逆相感を伴う、等の併害が発生する。我々は各ユニット間で音のつながりと定位感が最も自然となるオーバーラップしたクロスオーバー周波数を設定することにより、これらの問題を解決した（図-11）。

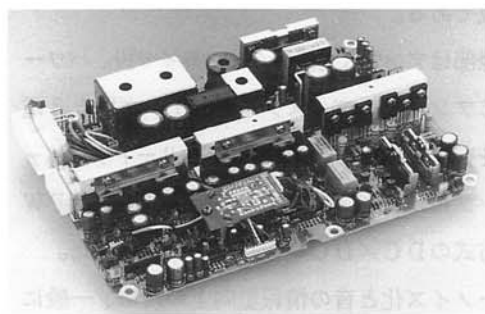


図-10 パワーアンプの基板及び外形写真
Fig. 10 Power amp and its PC board

3. 5. 2 イコライザ

セリカではイコライザとしてフィックスイコライザとチャンネルデバイダの2つの回路を用いている。前者は車室内空間に特有の音響伝播特性のピーク、ディップを補正したり、スピーカシステムと合わせて、その車の個性に合った音作りを行っている。後者はフロントウーファとスコカをつなぐための回路であり、クロスオーバー周波数を200～300Hzの帯域でオーバーラップさせ、両端を-6dB/octで遮断することにより中低域の自然な音のつながりを実現している（図-12）。

セリカでは、スピーカシステムでの音作りに加え、両回路を用いてチューニングすることにより躍動感と迫力を兼ね備えた“セリカにふさわしい音”を実現した。

3. 5. 3 フェーズシフト

車室内では聴取位置が限定されるため、その位置において各スピーカからの位相が一致しないことがある。この場合、いくらイコライザでブーストしても打ち消し合う波と両方のレベルが上がる

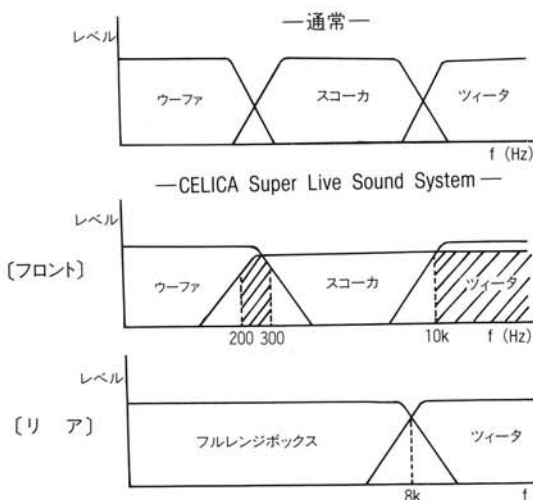


図-11 ネットワーク特性
Fig. 11 Network characteristics

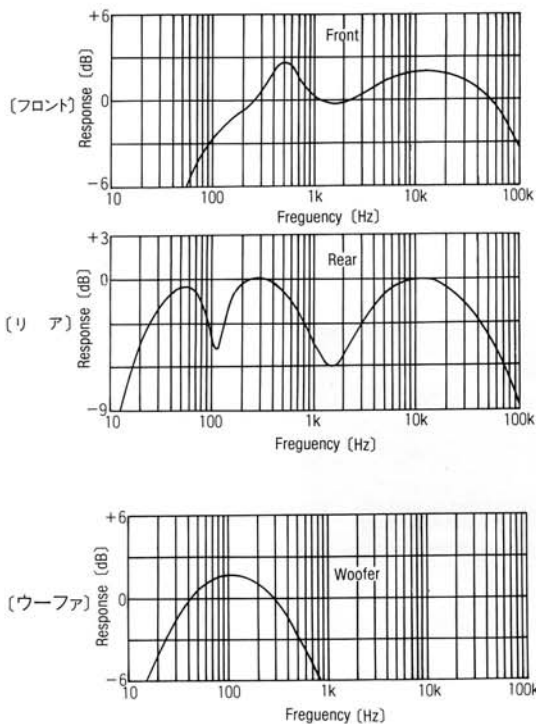


図-12 イコライジング特性

Fig. 12 Equalizing characteristics

ため、結果、合成された聴取信号は一向に改善されない。また、この現象は周波数によって異なり、車室内では波長が聴取位置からフロント、リアスピーカーそれぞれまでの距離差に相当する約500Hz以下の周波数において発生する。

セリカでは、リアchに125Hzにて+90deg位相を進ませる一次系のフェーズシフタを挿入して、低域の位相合わせによる音圧アップと空間定位のコントロールを行っている(図-13)。

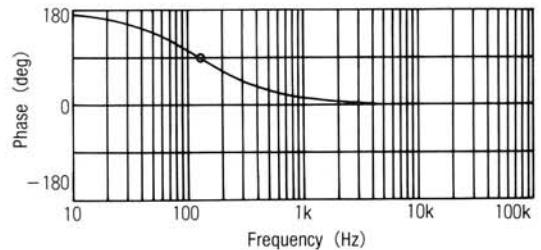


図-13 フェーズシフタ特性

Fig. 13 Phase shifter characteristics

4. お わ り に

以上、セリカ“スーパーライブサウンドシステム”の音作りについて、開発の経緯とシステムの内容の紹介を交えながら述べた。

発売前の号口試作車での最終評価では、北米における現地米人パネラ評価会で競合他車を十分に凌駕、国内および米人のオーディオ評論家にもセリカの音作りとして高い評価をいただいた。開発当時、純正オーディオの常識ではとても考えられなかった大口径マルチスピーカーシステムが今、ここに誕生したのである。

発売以来、市場での反響は大きく、予想をはるかに上回る装着率となっており、セリカらしいインパクトのある音作りが、市場のHi-Fiニーズと合致して評価された結果であると嬉しいかぎりである。

セリカで培って来た新技術・新素材等のノウハウは、今後の他車の音作りへ継承すると共に、更にシステム全体に磨きをかけて超Hi-Fiの領域へと飛躍して行きたい。

謝 辞

今回の開発に多大の御協力をいただいた、トヨタ自動車株式会社殿、米国トヨタ自動車販売株式会社殿に、この場をおかりして深く感謝いたします。



ヘッドユニット



10スピーカーシステム

セリカ“スーパーライブサウンドシステム”のヘッドユニットと10スピーカーシステム