

セラ “スーパーライブサウンドシステム”

SERA “Super-Live Sound System”

“FUNKY” ショック

トヨタ自動車株式会社
製品企画統括部
チーフエンジニア

金子 幹 雄



セラの開発プロジェクトは、チームメンバーの選定から始まった。同じような見方・考え方の集団では、まとまりが良くても平凡な結果しか出ない恐れがある。一方、異なる思考やキャリアの持ち主が集まった場合、まとめは困難でも逆に発展性のある斬新なモノが生まれる可能性が高い。セラのチーム作りは後者の考えに従ったものであり、トヨタ社内の企画・技術担当メンバーだけでなく、広く社外の人にも参画してもらった。

そんな中で富士通テンの開発担当者との出会いは非常に印象的であった。クルマのコンセプトであり、時代のキーワードでもある「Live and Performace」を提案したところ、彼等は大いに共鳴してくれた。おかげで従来の常識を破って、狭い車室内にも拘わらず Super Live なサウンドを創成してくれた。まさにDSPモードの“FUNKY”ショックであった。

そうして車両開発も最終段階に進み、いよいよ著名なオーディオ評論家による実車試聴会が行われることになった。しかし、その前日になって突然狙い通りの音が再現できなくなってしまった。富士通テンとトヨタのエンジニアが必死になって調べるが原因不明。私は何も判らずにハラハラと見守っているだけだった。夜遅くなってようやく原因は左右のスピーカの単純な組付ミスによるものと判明し、翌日の実車試聴会はバッチリ合格、先生方からはカーオーディオの新潮流の先駆であるとお賞めの言葉を頂いた。富士通テンとトヨタの担当者にとっては、ライブなドラマの感激の一コマであったに違いない。

ナワバリ意識や身内意識が強いと、異なる価値観を受け入れることが難しい。異なる発想や性質を融合することによって新しい合金が生まれる。これからも、さらに感動的な“FUNKY”ショックを体験させて頂ければ、と期待している。

加藤 茂樹⁽¹⁾ 浜井 正明⁽²⁾ 清水 孝夫⁽³⁾
 Shigeki Kato Masaaki Hamai Takao Shimizu

勝丸 桂二郎⁽⁴⁾
 Keijiro Katsumaru

要 旨

1990年3月、筆者らは、トヨタ自動車㈱と共同で、同社より発売された新機種セラのオーディオとして“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、市販車として初めて、Digital Signal Processor（以下DSP）による音場制御を搭載し、従来のカーオーディオにはない「臨場感」のある音楽再生を実現した。セラの音場制御では、実際の演奏会場で得られる音響データを基本にしながら、車室内音響特性に合わせて最適な音場効果が得られるように、スピーカの配置と制御内容に工夫を加えている。また、基本となる直接音の再生品質にも注意を払い、ヘッドユニット、パワーアンプ、スピーカシステムについて高音質設計を行っている。これらにより、セラの開発コンセプトである“ライブ&パフォーマンス”に相応しい新オーディオを実現した。

In March 1990, In cooperation with Toyota Motor Corporation, we developed the “Super-Live Sound System”, installed in the new Toyota SERA. Our system uses a Digital Signal Processor (DSP) to control the sound field so that it gives listners a “presence” as compared with conventional car audio equipment.

We measured sound characteristics of various types of halls as well as vehicle interiors to design the speaker arrangement and digital sound control.

We also achieved the natural reproduction of original or unprocessed sound.

The main unit, power amplifier, and speaker system were designed to give high quality of reproduction. As a result, we produced the new audio system that fits in with SERA's concept: “Live and High-Performance.”

(1)～(4) 第一オーディオ本部第一技術部

表-1 ヤングの特徴

世代としての3つの特徴	モノに落とし込んだときの要件
1. 飽食 (物に囲まれた)	意外性 面白感覚 非日常性
2. 音・映像 (感性が鋭い)	
3. カタログ (情報が鋭い)	目立ちたがり 変身願望
	Live & Performance

1. はじめに

近年カーオーディオの発展には目覚ましいものがあり、ユーザニーズの多様化指向に対応して、新しいシステムが次々と発売されている。また音質についても、その基本である、車室内空間における最大音圧レベルの確保、再生周波数帯域の拡大、再生周波数帯域特性の平坦化をねらって、種々の新技術が導入され、向上が図られてきた。

しかし、カーオーディオには、再生音場が狭く音響的に特殊な条件であることから、音楽再生にとって重要な「臨場感」を得にくいという問題がある。今までこの点について、アクティブな方法を用いて十分な改善検討を加えたシステムは少なかった。

1990年3月、筆者らは、トヨタ自動車㈱と共同で、同社より発売された新車種セラのオーディオとして“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、市販車として初めて、DSPによる音場制御を搭載し、従来のカーオーディオにはなかった「臨場感」と「奥行き感」のある音響再生を実現した。

本稿では、セラ“スーパーライブサウンドシステム”について、車室内音場制御において最も効果的な制御を行うため、①車室内の音響特性を含めた一体化設計を行ったこと、また、②基本となる直接音の再生品質の向上に十分配慮した設計を行ったことなどを中心に、定量的な評価結果もまじえながら紹介していく。

2. 開発の背景

2.1 ライブ&パフォーマンス

世の中の個性化、多様化というトレンドを背景にして、1983年トヨタ自動車㈱では、次世代ヤ

ングへのヒット商品の開発という目標を掲げ、ヤングプロジェクトというスタディチームが結成された。ここでの様々なリサーチから表-1のようなヤングの特徴が次第に浮き彫りになってきた。

そこから生まれたのが、セラのコンセプト“ライブ&パフォーマンス”つまり、臨場感と演出心である。このテーマは、デザイン上のアイデアにつながり、大きなガラス面を持つドーム型のキャビンとこれを実現するためのガルウィングドアを持つ、ライブ感覚あふれる車が誕生することになった。さらにこの車に相応しい、新しいオーディオの開発が求められ、この大役を当社が協力して進めることになった。

2.2 カジュアル&ファンキー

音楽は今や、ヤングのライフシーンにはなくてはならない存在である。したがって、“ライブ&パフォーマンス”をコンセプトするセラにとって、搭載するオーディオは非常に重要なアイテムであった。

一方、1988年当社では、従来の車室内ステレオ再生に、DSPによるデジタル信号処理を応用し、人工的に反射音を付加して「臨場感」を得る音場制御の開発が、製品への応用段階にまで進んでいた。車室内で今までにはなかった臨場感溢れる音場空間を創成するこの技術は、セラのコンセプトと非常によく一致するものであった。このような背景から、セラのオーディオに市販車として

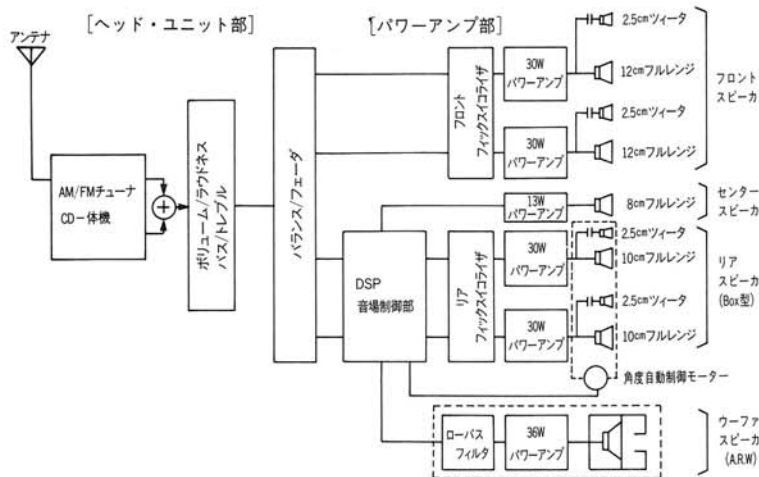


図-1 システム・ブロック図
Fig. 1 System block diagram

初めて、DSPによる音場制御システムを搭載することが決定された。

音場制御によって創成する音場空間には、種々のものが考えられるが、ここでは、全く響きの異なる2種類の音場に絞り込み、そのイメージから“カジュアル・モード”および“ファンキー・モード”と名付けられた。そして、“サウンド・ワーク機能”として開発を進めることになった。

3. システム

3.1 システムの構成

図-1に、セラ“スーパーライブサウンドシステム”のシステム・ブロック図を示す。その構成は、ヘッドユニット部、パワーアンプ部、フロントスピーカ、センタースピーカ、リアスピーカ、ウーファスピーカに大別される。

まずヘッド・ユニット部は、FM/AMチューナ付きCDプレーヤーとプリアンプを1DINサイズにまとめた一体機である。つぎに、パワーアンプ部は、DSP音場制御回路と車室内音響特性を補正するイコライザ回路を内蔵し、センタースピー

カ駆動用1チャンネルを含む5チャンネルのパワーアンプで構成される。

フロントスピーカは12cmフルレンジと2.5cmツイータの2ウェイ構成、センタースピーカは8cm(逆コーン型)フルレンジ、またリアスピーカは10cmフルレンジと2.5cmツイータのボックス型2ウェイ構成で、DSPによる“サウンド・ワーク機能”の音場モードの切り換えに合わせて、スピーカの主軸の角度がモータで自動的に変わる機構を内蔵している。そして、ウーファスピーカには音響共振型(Acoustic Resonance Woofer: ARW)を採用しており、12cmのドライブ・ユニットと駆動用パワーアンプを内蔵している。

以上のシステムの車室内における配置図を、図-2に示す。

3.2 ヘッドユニット

3.2.1 仕様

ヘッドユニットは、CDプレーヤー(φ8cm/12cmディスク対応)とFM/AMチューナの1DIN一体機であり、その外観と性能を図-3に示す。以下にその機能の特長について述べる。

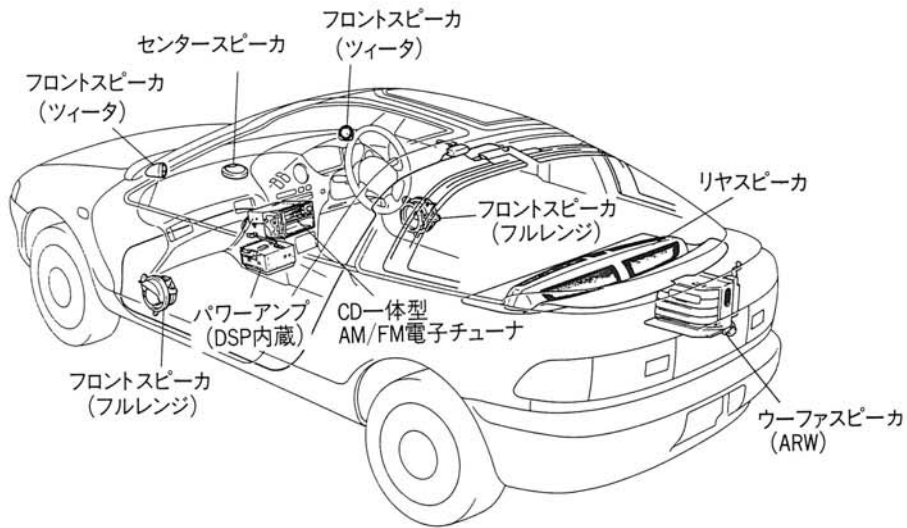


図-2 車室内配置図

Fig. 2 Car interior layout

1) DSPサウンド・ワープ機能

本機の最大の特長は、システムの目玉であるDSP音場制御のコントロール機能を持っていることである。ワープ鉤によって、前述したカジュアルとファンキーの2つの音場モードを切り替えることができ、さらにレベル鉤によって、各モードにおける音場効果量を可変することができる。

2) ソースのダイレクトチェンジ

CDプレーヤ、チューナおよびカセットデッキ

(オプションで接続可)の各ソースは、ACC電源がONしていれば、どのような状態でもモード鉤を押すことによってダイレクトに選択することができる。

3) 機能別照明

夜間、CDプレーヤ、チューナの各モードにおいて、操作の可能な鉤のみ照明をする機能別照明を行っており、これは、夜間の鉤の操作性を飛躍的に向上させるものである。

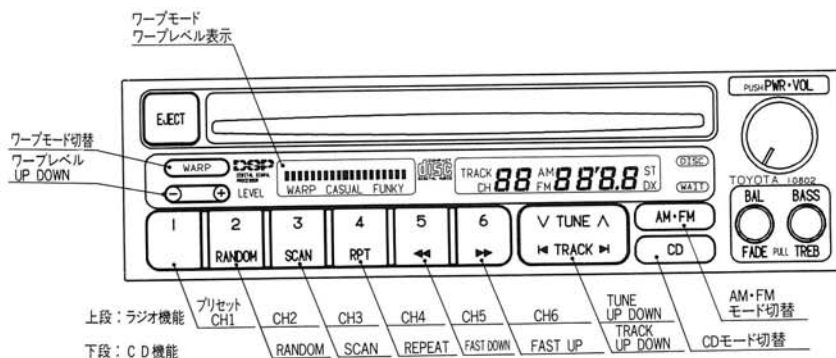


図-3 1 DIN 一体機の外観と機能

Fig. 3 Exterior view and functions of head unit

3. 2. 2 主要技術

本機は、先に述べたような機能・性能・意匠を実現するために、高密度設計や高音質化設計のための技術を駆使しており、次にその主要技術について紹介する。

1) 高密度化への対応

従来、CDP (CDプレーヤ) のシステムは1DINサイズのCDとAR (オートラジオ) / CS (カセットデッキ) 一体機の組み合わせ、あるいは、2DINサイズのCD / AR / CS一体機が主流であったが、本機は、CDPにAR、音質調整機能、DSPコントロール機能が付加されており、合わせてアンテナジャック、CS接続用DINコネクタなどが増え、高密度化が設計としての重要課題であった。

高密度化の主要方策としては、

- ① チューナ部は、RF～オーディオ出力部までを一体化したフロントエンドを採用。
- ② アンテナジャック、CS接続用DINコネクタは、出来るだけ小スペースに納まるよう取り付け角度を垂直とした。
- ③ CDPのLPF部や電子ボリューム部の主要オーディオ回路をHIC化した。(図-4参照)
- ④ 前面部は、多機能化による釦や表示の増加

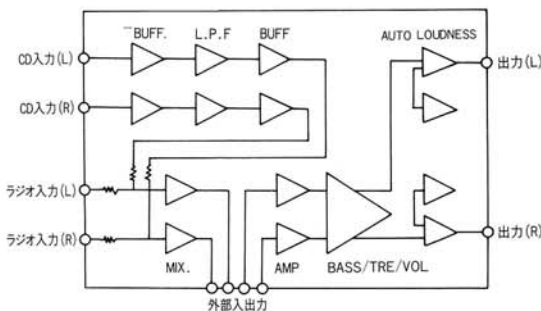


図-4 オーディオ回路のHIC化
Fig. 4 New preamplifier HIC

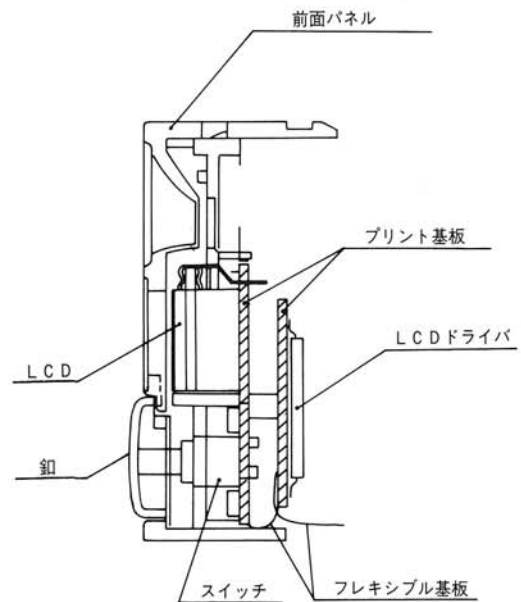


図-5 前面部の構造
Fig. 5 Front panel Structure

に対応するために、表示部と表示ドライバ部の二重一体化構造をとった。(図-5参照)

- ⑤ デッキ部は、小型LSIの選択、SMD、250 μ mパターンの採用により、奥行きを約7mm短くした。

2) 高音質化への対応

DSPによって音場制御効果を引き出すには、基本となる直接音の再生品質にも十分考慮する必要がある、これらに対応するために、

- ① CDPのデジタルフィルタに4倍オーバーサンプリング方式を採用し、高域の音質を改善。
- ② ローノイズ電子ボリュームIC (従来比-4dB) やオーディオ用高性能OPAMPの採用、また小信号パターンの最短化によりローノイズ化を実現。
- ③ 半導体インダクタによる低域共振型のオートラウドネス回路採用により、小音量時のラ

表-2 パワーアンプの主要性能

項 目	フロント	リ ア	センター
最 大 出 力	30W	30W	13W
THD (1W)	0.04%	0.04%	0.05%
再生周波数帯域	10~50kHz	10~50kHz	10~50kHz
S/N比 (フラット)	70dB	70dB	74dB
チャネルセパレーション	60dB以上	60dB以上	60dB以上
適合負荷	4Ω	4Ω	8Ω

ウドネス補正を可能とした。

3. 3 パワーアンプ

3. 3. 1 仕 様

パワーアンプの主要性能を表-2に示す。

3. 3. 2 回路構成

パワーアンプはFixed EQ部、Power AMP部、DSP部、制御部、電源部から構成され、以下に回路構成上メインとなるDSP部を中心としてその特長を述べる。

- 1) デジタル信号処理部には、当社オリジナルの24bit浮動少数点演算方式のDSP・LSIの採用により、きめ細かい反射音や残響音の生成を実現した。
- 2) アナログ入力信号をDSPで処理できるデジタル信号に変換するA/Dコンバータには、1bit MASH方式採用によりS/N比の向上や歪率の低減を図った。
- 3) DSPで処理した信号をアナログ信号に変換するD/Aコンバータには4倍オーバーサンプリングデジタルフィルタを採用。
- 4) DSP回路周辺のリニア回路、すなわちLPF、アナログMIX回路には、ローノイズOPAMP、PPフィルムコンデンサ、音響用ケミコンなどを採用し、高音質化を図っている。また、リニ

ア回路の電源にはDC/DCコンバータを採用し、±2電源で駆動することにより、高ダイナミックレンジ化を実現している。

- 5) DSP制御には、8bitマイコンを使用し、ヘッドユニット内のメインマイコンとシリアル通信を介して、釦操作、表示情報を伝達しながらDSPを制御して音場制御を実現している。

3. 3. 3 達成技術

DSPのシステムを構成する上で設計上、特に苦心した技術について紹介する。

- 1) ボリュームリミッタ回路の採用（ノイズの低減）

システムにおける最大入力状態は、CD：0dBレベルの最大ボリューム再生時であるが、これに対し一般の音楽CDの平均レベルはかなり低くなっている。したがって、CD：0dB最大ボリューム時をA/Dコンバータの最大入力（フルビット）にあわせると、実用領域では、S/N、歪率の劣化を招いてしまう。そこで、これを改善するためにボリューム・マージンも考慮し、CD：-10dB最大ボリューム時にA/Dコンバータがフルビットとなる様に信号を持ち上げる。この時、CD：-10dB以上に相当する信号がA/Dコンバータに入力されない様に図-6の様な入出力特性を持ったリミッタ回路を採用し、A/Dコンバータの最大入力レベル以上の入力を制限している。そして、同時に、DSPブロックとしての利得を1に保つため、CD：-10dB以下の信号が入力されたときに利得が1となるようD/Aコンバータの出力で信号を減衰させる。これによって、A/D変換以降に発生したノイズは減衰され、実用領域でのS/Nの改善に有効となる。

- 2) DSPブロックのHIC化（ノイズ低減）

デジタル信号処理に用いるクロックパルスは、

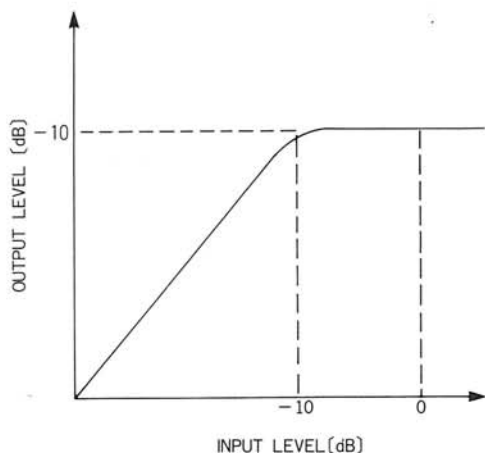


図-6 ボリューム・リミッタ回路の特性

Fig. 6 Volume limiter amplitude response

多くの高調波成分を含んでおり、これが伝導、放射によってチューナに対し妨害を与える。DSPは高速処理のため、数+MHzというクロックパルスを多く使用しており、チューナに対しかなり悪影響を及ぼす。そこで今回、DSP、DSP用水晶、メモリ等をHIC化し、ノイズの低減を図った。HIC化による効果の要因としては

- ① 実装面積を小さくすることができ部品やパターンからの輻射エネルギーの低減や他部品との干渉を少なくすることができる。
- ② 4層基板の使用により、アースパターンの強化ができ、アースの高周波インピーダンスを下げるができる。
- ③ HICの各端子にビーズフィルタを挿入することで、他への伝導ノイズを低減することができる。

などがあり、改善効果としては、-10~-20dBのノイズ低減が実現できた。

3. 3. 4 音場制御の検査

DSPの音場制御が正常に動作しているかどうかの検査は、デジタル信号処理部の伝達関数を利用して行っている。音場制御では、多数の遅延回

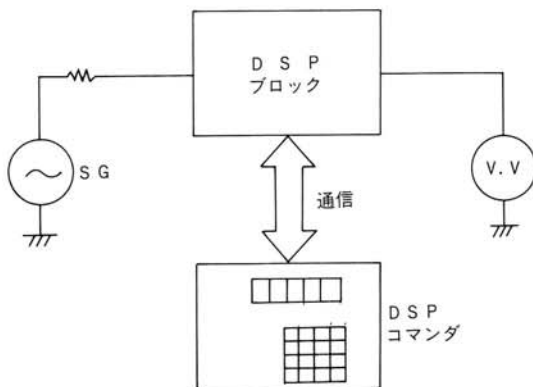


図-7 DSP音場制御回路の測定

Fig. 7 Testing the DSP circuit

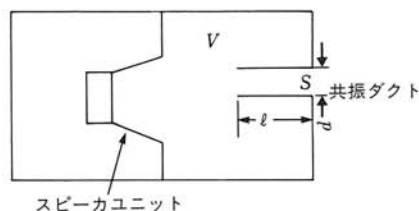
路の組み合わせで反射音を生成しているため、各出力は入力に対して周波数毎に異なった位相特性を持つ。また、同じ出力ラインでも音場制御のパターン(カジュアル、ファンキー)が変わった時は位相特性が変化する。したがって、レベル、位相差が顕著に出る周波数を求め、その周波数の正弦波を入力することで、各出力のレベルを測定して検査している。測定ブロック図は、図-7のとおりで、既存の測定器で可能である。

3. 4 スピーカシステム

セラ“スーパーライブサウンドシステム”のスピーカシステムには、パルプオープンコーンのフルレンジ、ポリイミド振動板のツィータなど、セリカ“スーパーライブサウンドシステム”のスピーカシステムに採用し、高音質化に寄与した素材を継承して使用している。ここでは、さらにセラのスピーカシステムに初めて採用した新技術について述べる。

3. 4. 1 ウーファスピーカ

音楽再生にとって、低音の再生は大変重要である。しかし、セラのようなコンパクトサイズの車は、低音の再生に有利な大型のスピーカを取り付



$$\text{共振周波数 } fr = \frac{C}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{S}{\ell e V}}$$

- ・ ℓ : ダクトの長さ
- ・ S : ダクトの断面積
- ・ V : 容積
- ・ C : 音速
- ・ ℓe : ダクトの有効長 ($\ell + 0.8d$)
- ・ d : ダクトの直径

図-8 ARWの原理図

Fig. 8 A.R.W structure

けることが困難であり、従来このクラスでは、低音の不足したオーディオシステムが多かった。

そこでセラでは、音響共振型（ケルトン型）のウーファ（Acoustic Resonance Woofer : ARW）を採用した。このウーファは、図-8のような基本構造になっており、ヘルムホルツの共振現象を利用して、ダクト内の空気を仮想的に振動板として働かせて音を放射する。このため、つぎのような特長がある。

- 1) 小型・高効率：口径12cmスピーカーと7ℓのボックス容量で、特定の帯域では従来の口径16cmスピーカーと20ℓのボックス容量のシステムに等しい低音再生が得られる。
- 2) 低歪率：ダクト内の空気が振動板として働くため、スピーカユニットの歪を直接空間へ放射し難く、本質的に低歪率である。

図-9は、無響室でARWの音圧周波数特性を口径12cmスピーカーだけの場合と比較したもので、必要帯域において、平均6dBの能率向上の効果をj得ている。セラでは、ARWでj得られる音響的バンドパス特性を、あらかじめ測定しておいた車室内の伝送特性に合わせて設計することにより、

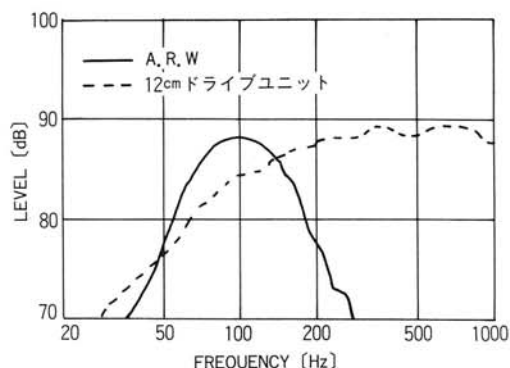


図-9 ARW無響室音圧周波数特性 (1W・1m)

Fig. 9 A.R.W frequency response

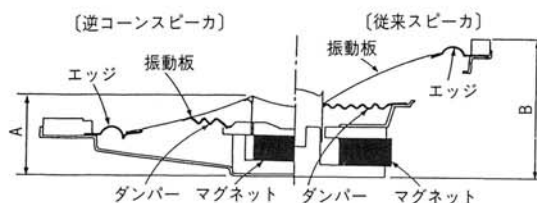


図-10 センタースピーカの構造図

Fig. 10 Center loud speaker structure

目標とする総合特性を実現し、豊かな低音感をj得ている。

3. 4. 2 センタースピーカ

音場制御の効果音を再生するため、インストゥルメンタルパネルの中央付近に補助スピーカを設置した。ここでは、取付け条件の関係から逆コーン型のユニットを使用した。その断面図を図-10に示す。従来型の同口径のユニットと比較して、約3/5 (A/B) の薄型になっている。また、広指向性であることから、自然な効果音の再生をj得ている。

3. 4. 3 リアスピーカ

リアスピーカの特徴的な所は、カジュアル、ファンキーの2つのモードに合わせて、向きが上下2ポジションに切替わることである(図-11)。これは、各モードに適した「臨場感」を与えるために、スピーカの角度を変えることで、リアガラスに反

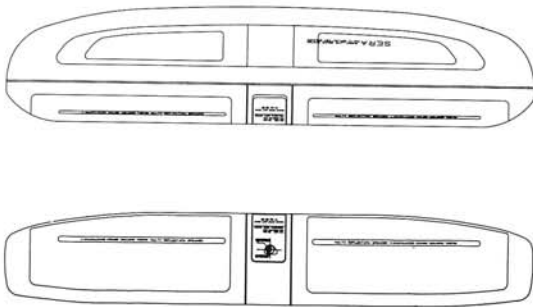


図-11 リアスピーカの外觀図
Fig. 11 Rear loud speaker

射させた広がりのある音とストレートに届く音を切替えるものである。これにより、DSPの音場制御効果を増すことが可能となっている。

このスピーカの設定に際し、車側の条件であるリアガラスの角度を考慮した上で動作角度を 45° とし、モード切換が自然な形となる様に2ポジション間の移動時間を2秒とした。今回このスピーカの駆動機構には、モータを駆動源とし、ベルトおよび歯車減速機能を用いている。

まず、この駆動機構として具備すべき条件としては、次の様な事が挙げられる。

1) スピーカが2ポジションの間を移動する時に、スピーカの重心の移動により、モータに掛かる負荷変動が起こるが、これにより、モータの回転スピードが変わってはならない。(前述の設定条件2秒による。)

2) 熱、振動等の車室内の環境条件に耐え得ること。

以上の様な条件を考慮して、モータにはカセットデッキで実績のある、電子ガバナモータを採用した。これは、ある範囲内の負荷変動であれば、回転スピードが一定という特長を持っているものである。

また、耐振動に関しては、スピーカの各ポジションでスピーカにバイアスを掛ける構造となってい

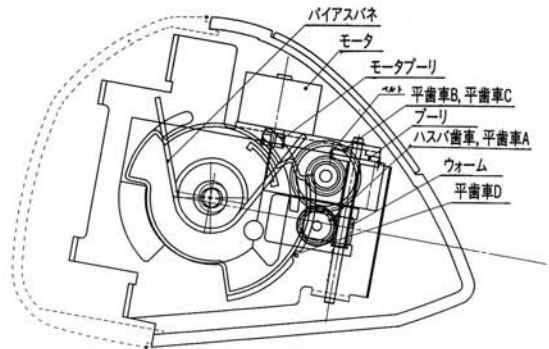


図-12 リアスピーカの構造図
Fig. 12 Structure of rear loud speaker

る。(図-12)これにより、振動条件下でスピーカの位置が変わる、あるいはギヤのバックラッシュによるガタ付きを無くす事が可能である。

4. 車室内音場制御

車室内音場制御システムの紹介にあたって必要となる、車室内とコンサートホールの音場の違いや、当社の車室内音場制御方式については、すでに既刊のリポートに述べられている。したがってここでは、セラの音場制御システムの特徴に絞って紹介していく。

4. 1 セラの音場制御システムの構成

セラの音場制御システムの音響設計を行うにあたり、つぎのようなコンセプトを決定した。

- ① 従来のカーオーディオでは得られなかった「臨場感」と「奥行き感」のある音響再生を得る。
- ② 基本となる直接音の音質を重視する。
- ③ 前方定位システムとする。
- ④ 実際の演奏会場で得られる音響データを考慮して制御パラメータを決定する。
- ⑤ 音場パターンは必要最小限の2モードにし、効果音レベルの増減のみ可能にして、多くの音楽ソースへの対応と操作の簡単化を両立させる。

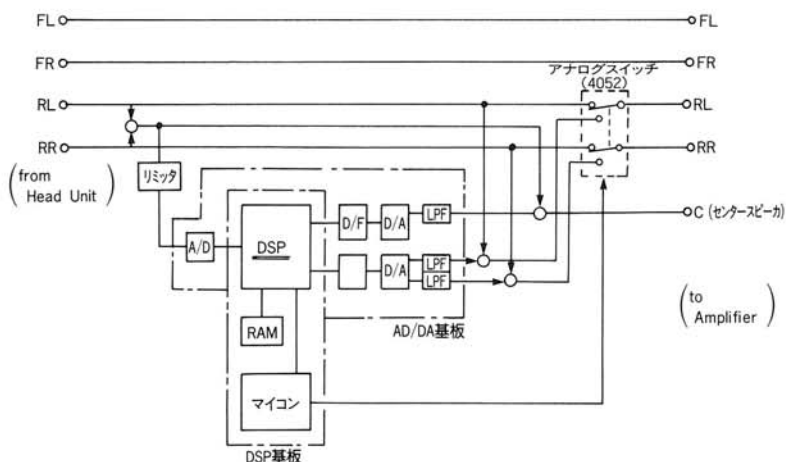
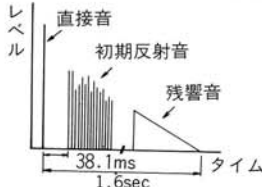
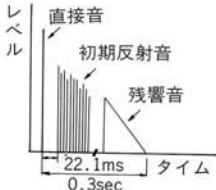


図-13 DSP信号処理ブロック図

Fig. 13 Block diagram of digital signal processing

表-3 音場制御の内容

			カジュアルモード	ファンキーモード
“2つの音場”の音のねらい			- 平坦で広帯域な感じの再生音 - ボーカル帯域を重視した前方定位感のある音場バランス - 適度な残響のあるホールをイメージした音場	- タイトでパワフルな低音を伴った再生音 - 音につつままれるような音場バランス - ライブハウスをイメージした音場
音場制御の内容	フロントスピーカ	信 号	直 接 音	←
		レベル	0dB	←
	センタースピーカ	信 号	初期反射音 + 残響音	直接音 + 初期反射音 + 残響音
		レベル	—	—
	リヤスピーカ	信 号	残 響 音	初期反射音 + 残響音
		レベル	−4.5dB (向き : UP)	−4.5dB (向き : DOWN)
	ウーファスピーカ (ARW)	信 号	LPF : 150Hz, −12dB/oct	LPF : 150Hz, −12dB/oct
		レベル	+6dB	+10.5dB
初期反射音遅延時間		38.1ms	22.1ms	
残 響 時 間		1.6sec	0.3sec	
反 射 音 の 構 造				

以上をもとに、図-13の信号処理ブロックに示すような音場制御システムを構成した。メインプロセッサは、当社のオリジナルDSP (FT8800) を使用している。また、2つのモードにおける制御内容を表-3に示す。

車室内で音場制御の効果を最大限に発揮させるため、前方からの効果音を再生する補助スピーカをインパネセンターに配置している。この特長としてつぎの内容が挙げられる。

- ① 前方への「奥行き感」が得られ易い。
- ② 車で問題となる、非対称ステレオ聴取による音場の左右バランスの偏りを補正し易い。

また、リアに配置したボックス型スピーカは、既に述べたように、音場制御の2つのモードに連動して効果音の放射角度を自動的に可変するようになっており、モードによる音場効果の差を増強すると同時に、パフォーマンスとしても重要な要素になっている。

4. 2 音場制御の評価

4. 2. 1 測定評価

セラの音場制御システムによる効果を、近接4点法を用いて測定した。これは、近傍に設置した4本のマイクロフォンから得られる、インパルス応答のわずかな違いに着目して、受音点からみた反射音の到来する方向、強さ、および時間を測定する方法で、早稲田大学の理工学研究所で開発されたものである。

本測定法で得られたセラの車室内の運転席でのインパルス応答、および反射音の指向性分布図を以下に示す。図-14は、音場制御を行わない時、図-15は残響時間の長い“カジュアルモード”、図-16は残響時間の短い“ファンキーモード”の時の測定結果である。

音場制御を行わない時、車室内のインパルス応

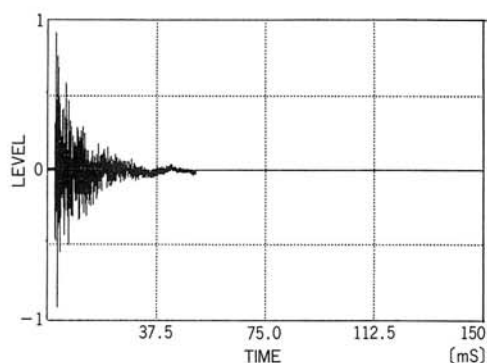


図-14 車室内インパルス応答
(ステレオ再生、“DEFEAT”時)

Fig. 14 Impulse response in the car interior
(Stereo reproduction)

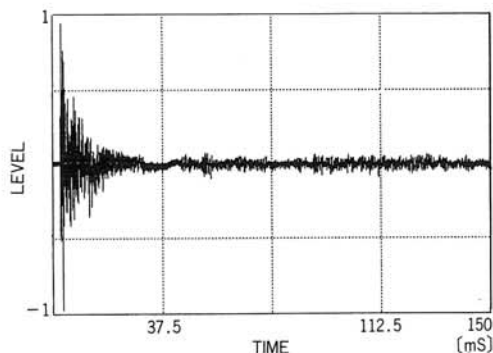


図-15 車室内インパルス応答
(音場制御“CASUAL MODE”時)

Fig. 15 Impulse response in the car interior
in “CASUAL MODE”

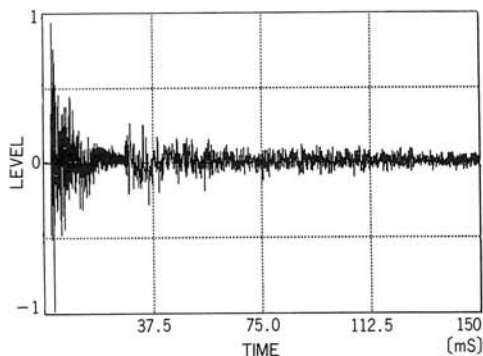


図-16 車室内インパルス応答
(音場制御“FUNKY MODE”時)

Fig. 16 Impulse response in the car interior
in “FANKY MODE”

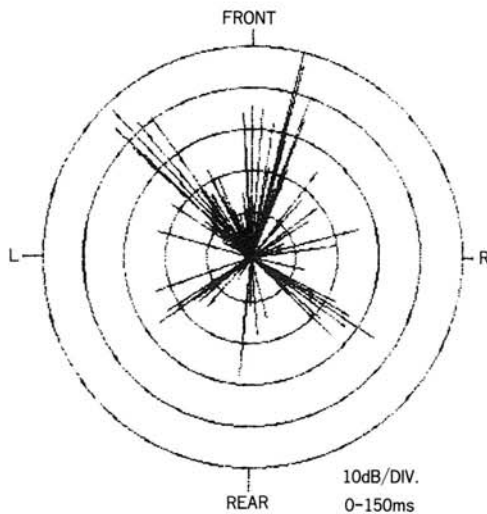


図-17 指向性分布図 (“DEFEAT” 時)
Fig. 17 Directional pattern in the “DEFEAT”

答(図-14)を見ると約40msで収束しており、残響時間は著しく短い。そして、直接音に対し初期反射音がごく近接して到来している。また、指向性分布図(図-17)を見ると、反射音がスピーカの方に集中して偏りを生じている様子が分かる。

一方、音場制御を加えた時のインパルス応答は“カジュアルモード”(図-15)では約40msから“ファンキーモード”(図-16)では約20msから初期反射音が付加されており、制御の効果と2つのモードの差がはっきり出ている。また、指向性分布図(図-18、図-19)には、反射音が多くの方角から到来して、偏りが改善されている様子が確認される。なおこれらの測定は、音場制御の効果音レベルの初期設定値で行った。

4. 2. 2 聴感評価

音場制御の効果音レベルの最適値は、ソースによって異なる。最適な状態に調整すると、もともとソースの持つ音色に潤いを与え、音はスピーカを離れて、時にはウィンドガラスの向こうにまで

拡がって行くような錯覚を覚えるほどである。

“カジュアルモード”は、メロディラインの美しい流れるような曲によく合う。自然な拡がり感と奥行き感で、近代的な設計をされたホールのイ

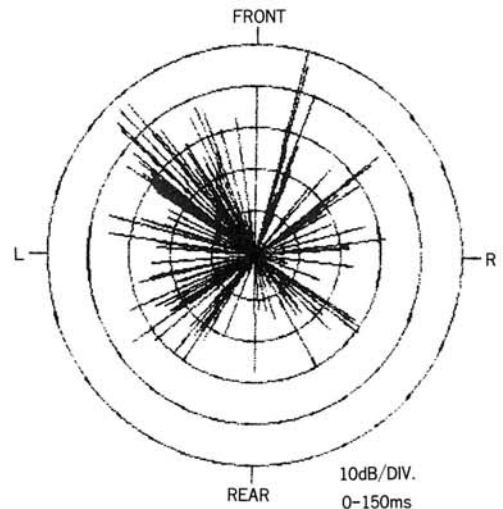


図-18 指向性分布図 (“CASUAL MODE” 時)
Fig. 18 Directional pattern in the “CASUAL MODE”

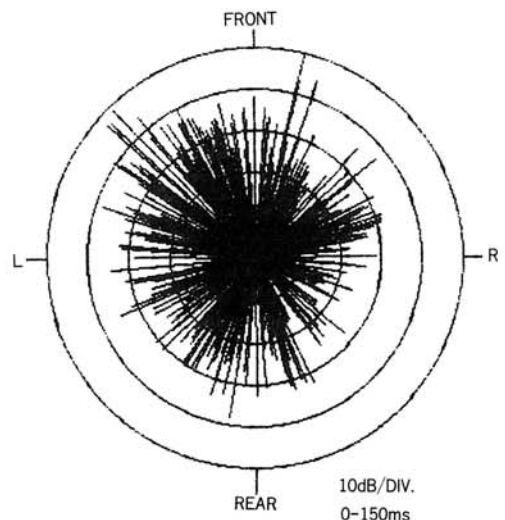


図-19 指向性分布図 (“FUNKY MODE” 時)
Fig. 19 Directional pattern in the “FUNKY MODE”

メージに近い音場を実現している。

“ファンキーモード”は、激しいリズムを刻むような曲によく合う。ライブ録音のソースを聴くとウォーターフロントのプレイスポットでのコンサートをきいている感じが出てくる。

逆に音場制御がない場合を聴き直してみると、今までの音が物足りなく「臨場感」が著しく不足するように感じてしまう。

5. お わ り に

以上、市販車で初めてDSPによる音場制御技術を導入し、狭い車室内で「臨場感」のある音響再生を実現したセラ“スーパーライブサウンドシステム”を紹介してきた。このシステムは、セラの発売と同時に全く新しいカーオーディオとしてヤングの話題をさらうことになった。また、音楽再生にとって「臨場感」の再現が重要である事を再認識させられる結果になり、ここに紹介したような音場制御システムがこれからのカーオーディオの主流になるものと確信している。

なお、車室内音響特性を含めた音場制御システムの検討はまだ始まったばかりであり、今後、初期反射音構造の最適化や残響音の音質向上等の検討をかさね、より効果のある音場制御システムの開発を進めて行きたい。

参 考 文 献

- 1) 1990 3/8 TOYOTA Press Information “SERA”; トヨタ自動車(株)編
- 2) 長野、本島、平野、“車室内音場制御と音場解析”; 富士通テン技報, Vol. 7 No. 2 (Oct. 1989)
- 3) 渡邊、高谷、福田、“DASPの応用製品(サウンドプロセッサ)”; 富士通テン技報, Vol. 7 No. 2 (Oct. 1989)
- 4) 遠藤、山崎、伊藤、“近接4点法による室内空間情報の把握とその展開”; 建築音研資料A A85-21, (1985. 7)