

新型セリカ用オーディオシステム

Audio System for New Celica

勝丸 桂二郎⁽¹⁾ 竹縄 清次⁽²⁾ 緒方 俊彦⁽³⁾
Keijiro Katsumaru Seiji Takenawa Toshihiko Ogata

大和一之⁽⁴⁾ 安藤 軍一⁽⁵⁾ 寺畑 純一⁽⁶⁾
Kazuyuki Yamato Gunichi Ando Junichi Terahata

要 旨

近年カーオーディオに対するユーザニーズは基本機能としての受信特性の向上、車室内の音響特性の向上、音像・音場制御、ブランクスキップ、曲頭出し等の付加機能の追加など高級化指向の一途をたどっている。

これらユーザニーズを先取りし、厳しいオーディオ戦争に勝ち抜くためには、狭い車室内での臨場感の増大、付加機能の追加と操作・視認性の確保など相反する特性を満足する種々の技術開発を行い、対応してゆかねばならない。

今回、トヨタ自動車㈱と協同開発したオーディオシステムは、特に音響システムと機器の操作方法に新しい技術を織り込んだもので、新型セリカ等に搭載され、国内外より好評を得ている。

Recently, user's requirement for car audio has been highly sophisticated such as improvement of radio reception and sound quality in the car cabin, and adding new features like blank skip, automatic program selector (APS) etc.

In order to meet these requirements and serve severe car audio business, we, as a manufacturer, have to develop new technologies to overcome the contrary, that is more functions keeping easy operation and better visibility.

Here we introduce some of new technics, corporately developed with TOYOTA MOTOR CORPORATION, which were successfully developed and installed on Celica 85 and other new models.

(1), (2) 商品企画室

(3), (4), (6) 第一技術部

(5) 第二機構技術部

1. はじめに

過去、カーオーディオはカーラジオ、カーステレオと一般的に呼ばれ、単に情報の入手、BGM程度に考えられていた。しかし10年程前より米国市場では、FM局の激増、大出力局増加など環境がめまぐるしく変貌し、それまであまり問題にされていなかった混信や雑音に対し不満を持つユーザが現れはじめた。これらの市場動向と軌を一にして、当社と関係する自動車メーカ、エンドユーザより受信性能向上の要求が高まり始め、当社としてこれらの要望に対し、妨害特性、強入力特性など、多々改良を加えてきた。さらに、これら受信性能の向上と共に近年の米国市場は、よりよい音質の要求も非常に高まっており、84年型キャラクターの画期的なモビルサウンドはその一端を表わすものといえる。

当社も、8年前よりカーラジオ、カーステレオをホームシステムに匹敵するカーオーディオに変貌させるため、グラフィックイコライザの導入、ダイナミックレンジの拡大、スピーカ特性の改良など音質作りに力を注いで来た。一方、国内ユーザのカーオーディオに対する要望も高級化の一途をたどっており、もはや車にとってのオーディオは付属品ではなく、重要なセールスポイントとなってきた。

これらの背景のもとに、自動車用の音として、基本的に発想を考え直し、車内の音響特性を重要視したサウンドシステムの開発を実施した。すなわち、本オーディオシステムの設計にあたり、自動車メーカが車両案画を始めると同時に、自動車メーカと協同でオーディオコンセプトについて協議し、コンセプトの具体化を図ると同時に新規開発したコンピュータのソフトウェアにより、車室内音響特性を徹底的に分析するという車との一体同時設計を行った。

また、市場ニーズである多機能化を取り入れる際には、人間工学的見地から、ダブルファンクションスイッチ、フラットフェイス、集中ディスプレイ表示などを採用し、操作性、視認性の向上を図った。これらの技術を盛り込んだ製品は、'85年8月より、トヨタセリカ、コロナ、カリーナのライブサウンドシステムに採用され、市場で好評を得た。ここでは、主にこのシステムの音作りと操作性の向上に主眼をおいて報告する。

2. システム概要

2.1 システムの構成

このオーディオシステムは、ラジオ/ステレオ一体機、フロント、リア各スピーカに車室内空間を加え、車両全体との調和を図った設計を行った。

具体的なハード構成は、従来からのPLLシンセサイザ方式、AMステレオ、FMステレオ電子同調ラジオに、①新しくアコースティックフレーバ・トーンコントロール回路を加えた、フルロジックコントロール・オートリバーサカセットステレオの一体機本体と、②1.5ℓパッシブラジエータ方式のボックスタイプ・フロントスピーカと③3ℓバスレフ方式のボックスタイプ・リアスピーカより構成した。

本オーディオシステムのブロックダイアグラムを図-1に、車両への取付状態を図-2に示す。

2.2 機能

このシステムは、主要市場である北米のユーザニーズに答えるべく、本体とスピーカのシステムを強化し、オーディオにとって不利といわれる車室内を、最高のリスニングルームに変貌させ、^{*}車室内の新しい音^{*}を実現した。

また、走行中さけることのできない、電界強度の変化やアンテナなどから混入するノイズに対しても、各種最新受信回路を搭載して^{*}常にベストチューニング^{*}することを実現した。

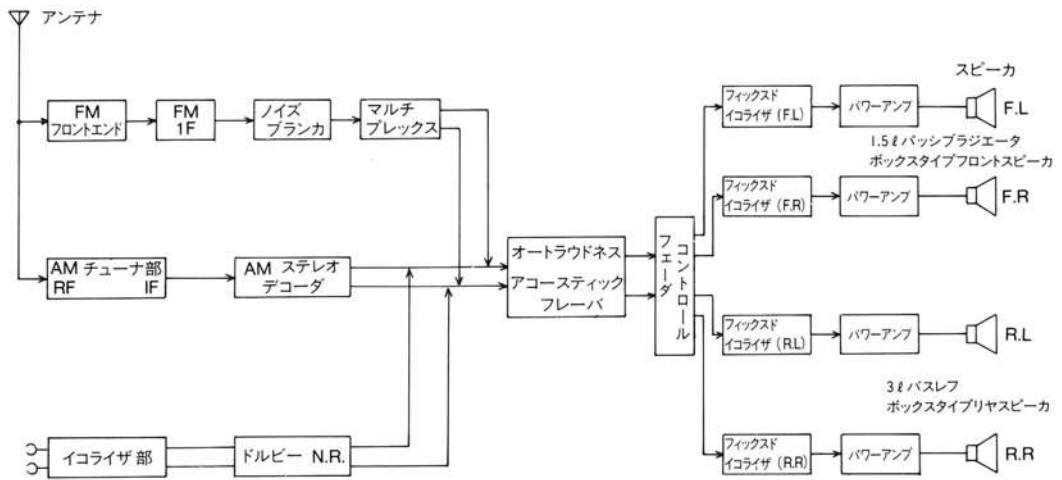


図-1 ブロックダイアグラム

Fig. 1 Block diagram.

さらに運転中のドライバへの細やかな配慮で
“操作性・視認性の向上”を実現した。

具体的には、

1) “車室内の新しい音”に対する機能として

① 車の形状、内装材の種類、スピーカの取り付け位置などによって乱された音場特性を最適にする“フィクストイコライザ”の採用。

② ユーザの好みの音質が、ワンタッチで設定で

きる“アコースティックフレーバ”の採用。

③ 豊かな低音を実現するために、音量レベルに比例して低域を増強する“オートラウドネス”の採用。

④ 車室内の形状に合せ、狭い空間で最大の効果を発揮するため、フロント、リヤ共に、小型ながら重低音を再生することができるボックススピーカの採用。

2) “常にベストチューニング”する機能として

① 電界強度に応じて、自動的にステレオセパレーションをコントロールし、S/Nを改善する“ASC（自動分離度調整）回路”、弱電界時に発生するノイズを減少させる“ATC（自動音質調整）回路”の採用。

② 一時的な音の途切れを解消する“ソフトミュート回路”、大入力の変調による歪を抑える“A/GC回路”の採用。

③ アンテナなどから混入するパルス性ノイズを減少させる“ノイズブランカ”、相互変調を減少させる“デュアルゲートMOSFET”の採用。

3) “操作性・視認性の向上”に対する機能として

① 一つのスイッチ/釦に複数の機能をもたせ、

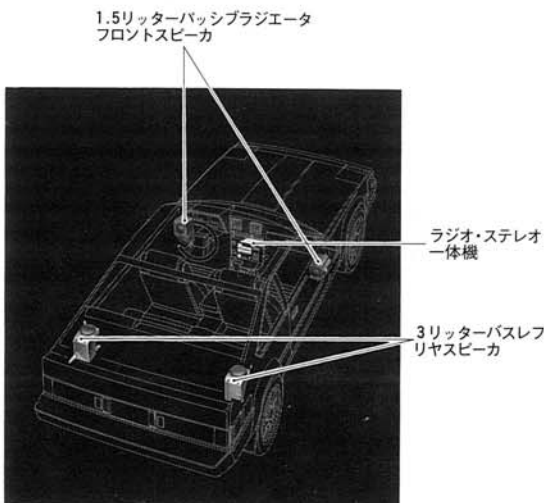


図-2 車両への取付状態

Fig. 2 System layout on a vehicle.

大型化を図ったフェザータッチの「ダブルファンクションスイッチ」の採用。

② 意匠面スペース中で1/3をさいた「マルチファンクションディスプレイ」の採用。

などの機能を多数搭載した。

本体機能一覧表を表-1に示す。

3. 車室内の音づくり

3.1 音づくりのねらい

米国市場では、迫力のある音や、広がり感のある音に人気が集まっているようである。これらの事を電気的特性に置き換える事は容易ではないが音づくりのねらいを次の2点とした。

表-1 本体機能一覧表

各部	機 能	操作部の有無
チューナ部	① 4通りの選局方式	○
	(1) ワンタッチ選局方式 (AM・FM各5局)	
	(2) マニュアル方式	
	(3) シーク方式	
	(4) スキャン方式	○
	② AMステレオ切換	○
	③ AM帯域幅切換	○
	④ ASC、ATC、AGC、ノイズブランカ回路	—
	⑤ ウィークシグナル・インジケータ	—
デッキ部	① 前後9曲まで選曲可能のAPS	○
	② リピート	○
	③ ブランク・スキップ	○
	④ モータローディング、モータエジェクト	—
	⑤ ドルビーB	○
	⑥ オートテープセレクト	—
	⑦ デュアル・アジャスト・アジマス	—
	⑧ キーオフ・ピンチローラ・リリース	—
	⑨ エマージェンシ・エジェクト	○
	⑩ シーケンシャル・テープラン	—
オーディオ部	① フィックスドイコライザ	—
	② アコースティック・フレーバ	○
	③ パス・トレブル	○
	④ オート・ラウドネス	—
	⑤ 20W×4chのハイパワーアンプ	—
ディスプレイ部	① マルチファンクション・ディスプレイ	—
	② フルナイト・イルミネーション	—

1) 全音量域での低音感の充実

2) 音像の定位感と臨場感の両立

3.2 具体的対応

前述のねらいを実現するための基本方針として

1) 直接音を主体とするフロントスピーカの音と間接音を主体とするリヤスピーカの音をミックスさせ、リアルな音場を再生する。

2) フロントスピーカには、パッシブラジエータ方式を採用し、1.5ℓでもパワフルな低音を再生する。リヤスピーカは3ℓパスレフ方式の採用でさらに豊かな低音を再生する。

3) 再生音量によって、特性が変化するイコライザ(オートラウドネス)回路によって、聴感の低音感を補償し、小音量時でも迫力のある再生音を得る。

4) アコースティックフレーバ、フィックスドイコライザ、およびオートラウドネスの採用。

などを実施した。次に、新技術であるオートラウドネス、アコースティックフレーバおよびフィックスドイコライザ回路について述べる。

3.2.1 オートラウドネス回路

人間の耳は、周波数によって異なる聴感特性をもっている。図-3のフレッチャー・マンソンのカーブのように、周波数が低くなるほど音量不足を

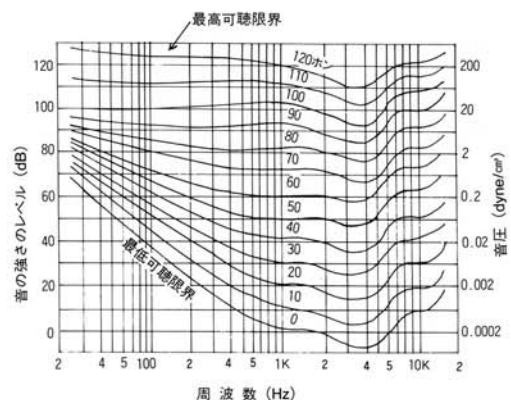


図-3 フレッチャー・マンソン特性

Fig. 3 Frecher manson characteristics.

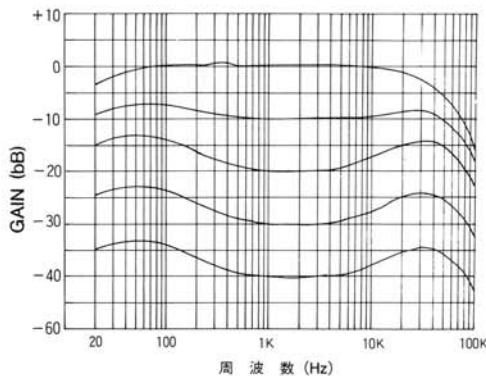


図-4 一般のラウドネスコントロール
Fig. 4 Conventional loudness control.

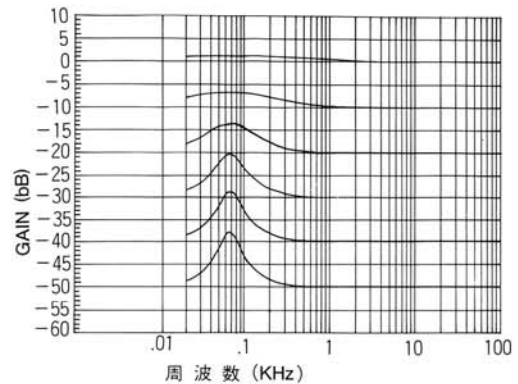


図-5 オートラウドネス
Fig. 5 Automatic loudness.

感ずるという特性である。この特性を補正し、どんな音量でもつねに適正な音圧特性が得られるように動作させるのが、オートラウドネスコントロールである。

一般のラウドネスコントロール回路は、CR部品による一次フィルタで形成されており、補正カーブのQが固定になっている。そのため図-4のようにブースト量が大きくなると、Qが固定であるため、補正しなくてもよい中域周波数までブーストされ、こもり感のある音になっていた。

今回採用したオートラウドネス回路は、

半導体インダクタを使用することにより、LCの二次フィルタを形成している。これにより、後に述べるが、回路構成上、Qが可変できるため、図-5のように低音量時、ブースト量を大きくしたいときは、Qを急峻にして、忠実な補正カーブが実現できるようになった。

従来のラウドネスコントロールでは量感のある音づくりをする時、低音をブーストすると、こもり感を生じるため、ブースト量に制約があった。しかし、新回路採用により量感あふれる音をクリアなまま再現することに成功した。

基本回路を図-6に示す。VOL抵抗のRV1と、共振回路のQを決定するRV2が連動し、R

V1の抵抗値が小さくなると、RV2も小さくなり、Qは大きくなる。この回路の伝導関数は次の式で表わされ、図-5の特性を示す。

$$H(S) = A \left(\frac{1 + SC(Rf + R + A \cdot RV_1) + S^2 LC}{1 + SC(Rf + A \cdot RV_2) + S^2 LC} \right)$$

ここで、Aはボリュームの減衰量を示す。

3. 2. 2 フィックスドイコライザ

フィックスドイコライザとは、車室内の複雑な構造により乱された車室内伝達周波数特性をフラットにイコライジングする回路である。これにより、低音と高音のバランスが良くなる。

フィックスドイコライザ特性決定の具体的手法および各ポイントでの周波数特性を、それぞれ図

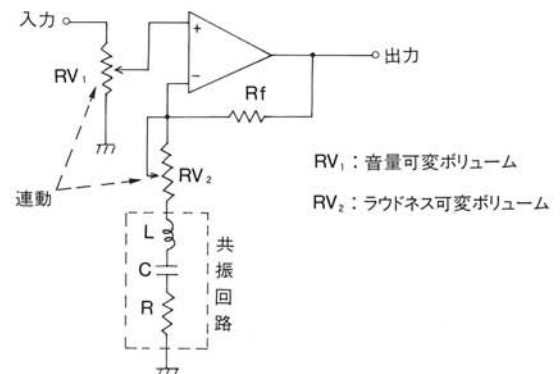


図-6 オートラウドネス基本回路
Fig. 6 Circuit diagram for automatic loudness.

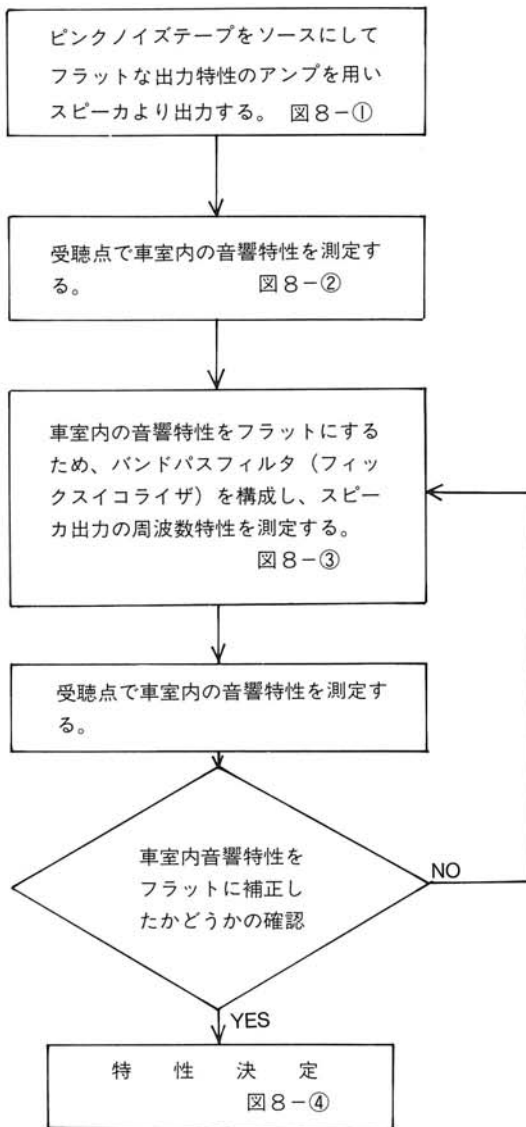


図-7 フィックスドイコライザ特性決定
フローチャート

Fig. 7 Flow chart for "fixed equalizer"
characteristics.

図-7および図-8に示す。図-7で、フィックスドイコライザを通した形で特性を測定確認する理由は、車室内構造が複雑なため、フラットアンプ時に測定した車室内周波数特性の逆特性を、そのままイコライザ回路で実現しても、結果がフラットにならない場合が多いからである。

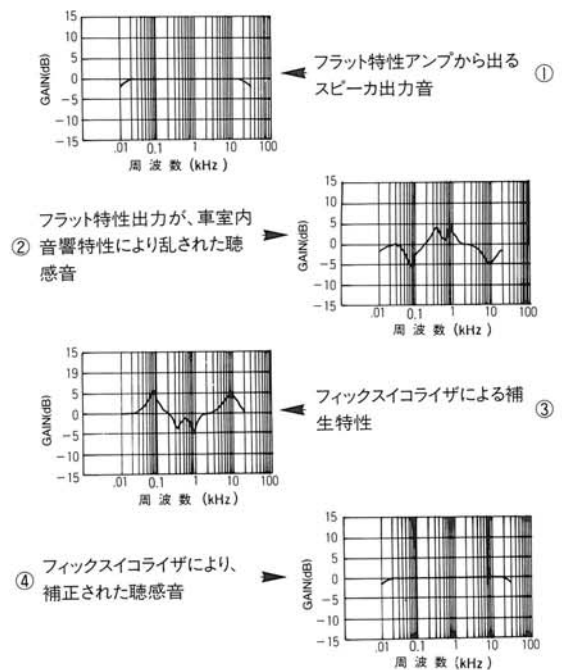


図-8 フィックスドイコライザ効果
Fig. 8 Fixed equalizing effect.

基本回路は、オートラウドネス回路とよく似ており、半導体インダクタを使った共振回路を使用している。図-9に基本回路を示す。この基本回路を組合せて必要なイコライジング特性を作り出す。

3. 2. 3 アコースティックフレーバ

ユーザが好みの音を選びたいという要求と、操作性の向上を考慮して、5種類にパターン化され

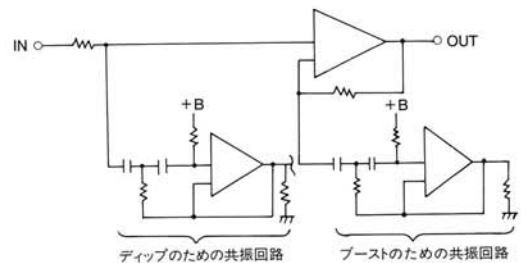


図-9 フィックスドイコライザ回路
Fig. 9 "Fixed equalizer" circuit.

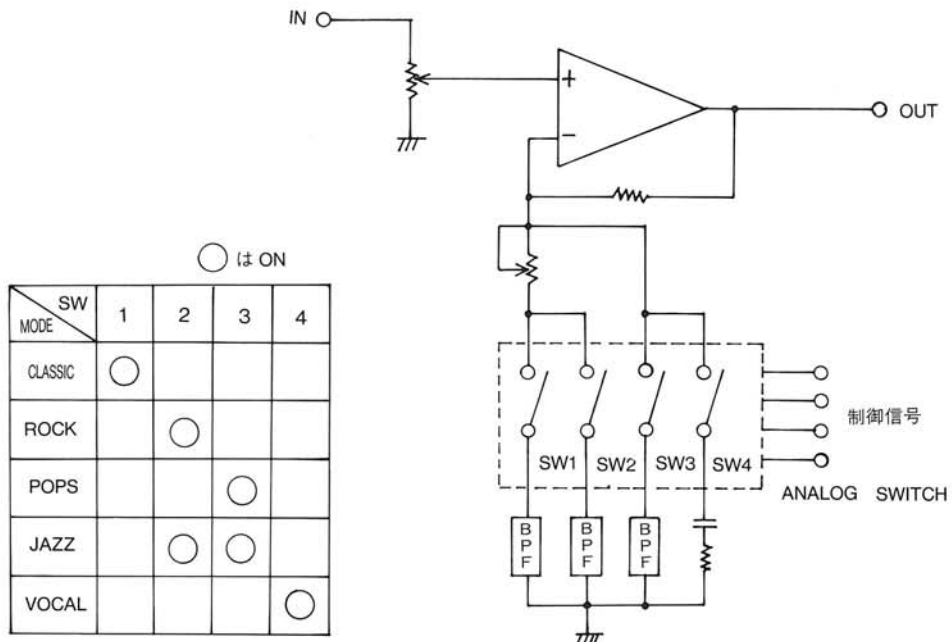


図-10 アコースティックフレーバ基本回路
Fig. 10 Circuit diagram for "acoustic sound flaver".

た音が、一つの釦で選べるアコースティックフレーバ回路を採用した。基本回路はオートラウドネス、フィックスドイコライザとよく似ており、図-10に回路を示す。

オートラウドネス、フィックスドイコライザ、アコースティックフレーバ回路で、中心となる共振回路のL成分は、全て半導体インダクタを使用した回路としている。この理由は、オーディオ帯域で安定な共振回路を作るためには、大きなL値が必要であり、コイルを使用するとスペース、重量の面で不利な点である。また、仕様変更があった場合の定数変更が比較的容易であり、フレキシブルな設計が可能となるからである。

4. 操作性とデザイン

4.1 概要

操作の単純化、簡易化と、デザインのファッション性、斬新性をねらいとし、

- 1) 釦の大型化（操作性向上）
 - 2) 機能の自動化（操作釦の削減）
 - 3) 夜間操作の視認性向上
 - 4) 操作部、表示部の分離（メリハリのあるデザイン）
 - 5) 操作、表示機能のグループ化（操作性向上）
 - 6) 大型ディスプレイの採用（視認性の向上）
- を実施した。以下にその特徴を述べる。

4.2 釦の大型化

限られた前面スペース内で釦を大きくするために、1つのスイッチに2つの機能を持たせるダブルファンクションをラジオ操作とカセット操作スイッチに採用した。ダブルファンクションスイッチ部の構成について図-11に示す。

4.3 機能の自動化

4.3.1 サーチ感度自動切換

従来、手動操作で行っていたサーチ感度切換をマイコンによる自動切換とし、操作のわずらわし

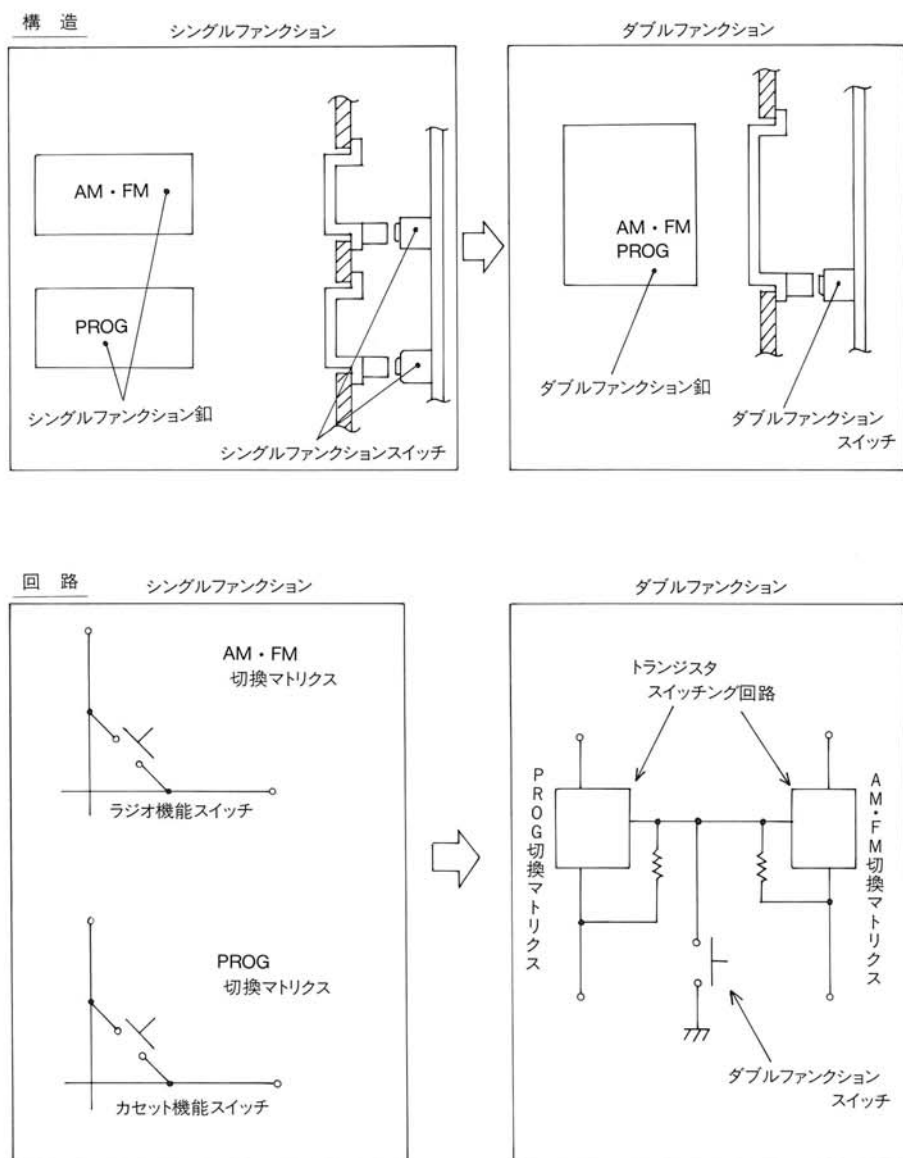


図-11 ダブルファンクションスイッチ部の構成
Fig. 11 Construction for dual mode switch part.

さをなくすと同時に鉤の削減を図った。すなわち、サーチ開始時はローカル感度から始まり、受信可能な局がなく、サーチ開始時の周波数を再度サーチすると、ローカルより感度のよいディスタント感度に自動的に切換って、サーチを継続する機能を採用した。また、ディスタント感度からローカル感度への復帰を、受信後一定時間とするこ

とにより、一層使いやすくした。

4. 3. 2 メモリ操作

ラジオ局の周波数をプリセットする際、従来は受信周波数を合わせた後、メモリスイッチをONし、さらにプリセットスイッチをONしてプリセットしていた。それを、書き込みおよび、呼び出しの操作を、プリセットスイッチのONの時間に

より識別し、2秒未満のONの場合は呼び出し、2秒以上のONの場合は書き込み機能とした。これにより、メモリ釦を操作パネル面より削除した。

4. 3. 3 シーク操作

メモリ操作と同様に、シーク操作もマニュアルTUNEスイッチのON時間により自動的にTUNEからシークに、機能切換を行わせた。つまりTUNEスイッチを2秒以上ONさせるとシーク動作に切り換わる。

また、メモリ操作とシーク操作の動作確認がしにくいため、メモリおよびシークの開始時に、操作音が出るようにした。

4. 3. 4 テープ種別自動識別

カセットテープのイコライザ特性を自動的に識別し、クロームテープまたはメタルテープ再生時

には表示部に“METAL”と表示する。

以上の機能の自動化により、サーチ感度切換釦、メモリ釦、シーク釦、メタル釦をパネル面から削除し、操作の繁雑さを解消した。

4. 4 夜間照明の充実

全ての機能表示を夜間照明付とし、主要操作釦には、釦内に機能表示した。さらに、つまみの周囲全周にリングライトを設定した。

これらにより、夜間の操作性が非常に向上した。また、ダブルファンクション釦においては、モード別に照明の切り換えを行い、視認性を向上させた。(図-12)

4. 5 前面部レイアウト

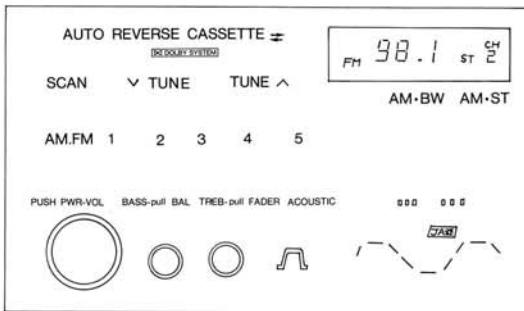
まず操作部と表示部の分離、次にその各々の中で、機能別にグループ化配置をねらったレイアウトを採用した。さらに、表示部に全体の1/2以上のスペースをさき、ファッション性を向上させている。(図-13)

5. 一 体 機 構 造

基本的に「サブ基板の定数変更のみで、多車種の車室内音響特性を最適に出来る構造」とする考え方をとった。そのため図-14に示す様に、本体部とアンプ部の分離構造とした。すなわちアンプ部にフィックスドイコライザ用のユニット基板を設定し、それを変えるだけで種々の車種へ容易に適用できる構造とした。現在前述の方策を用いたセットが、セリカ、コロナ、カーナ、スーブラなど計8車種に採用されている。(国内向も含む)

また本体内部は、プリント基板をマザーボード方式とし、各機能毎のユニット基板を直結コネクタにて接続する構造とした。その結果、内部配線用コードが大幅に削減され信頼性の向上に大きく寄与している。同時に組立工程においても組立作業性が向上した。

ラジオ受信時照明内容



カセットプレー時照明内容

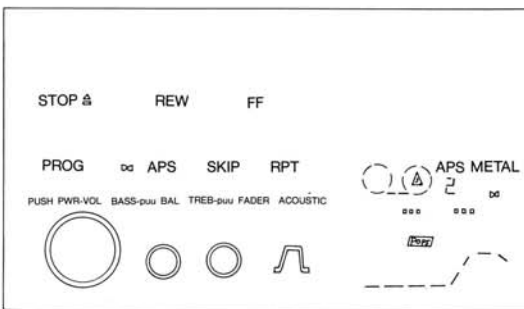


図-12 夜間照明

Fig. 12 Night illumination.

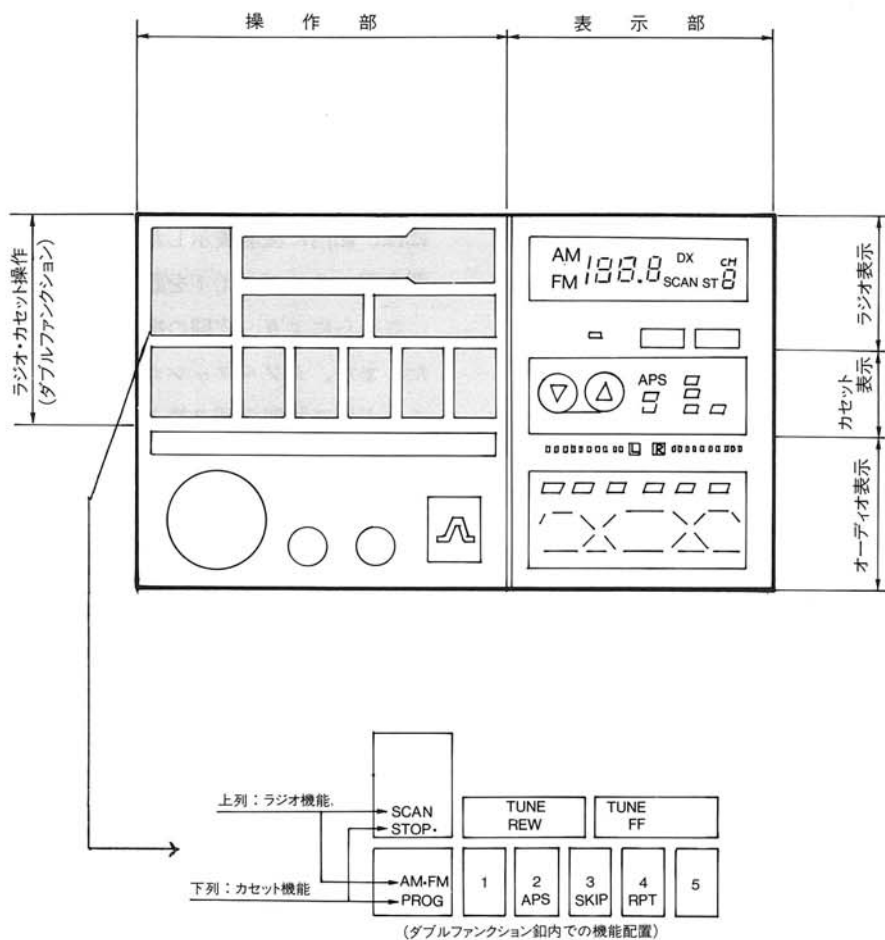
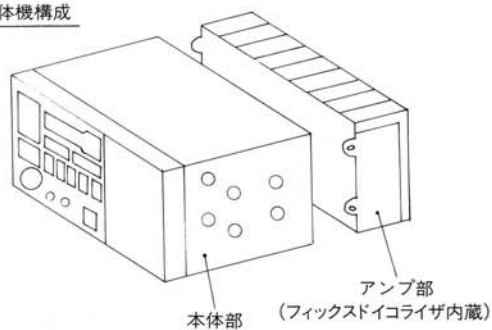


図-13 グループ化されたレイアウト

Fig. 13 Grouped layout.

一体機構成



本体部の基本構成と基板間結線

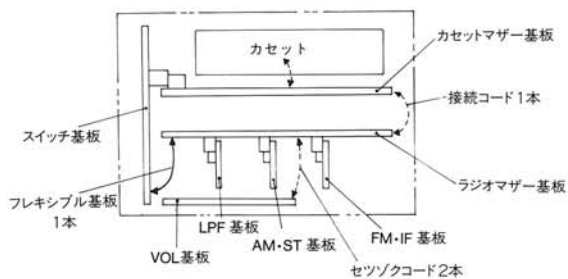


図-14 一体機構造

Fig. 14 Construction for one body set.

6. 開発の成果

6.1 市場評価

今日開発した本オーディオシステムは、'85年9月に発売されたセリカのライブサウンドシステムに採用され、開発のねらい通りに“音、操作性”

表-2 (1) システム諸元 (一体機)

項 目		内 容	
ラ ジ オ 部	A 部	受信周波数範囲 実用感度 電氣的忠実度 自動同調動作感度	
		530~1620 kHz 34 dB/μV以下 100 Hz: 0±3 dB 4 kHz: -13±5 dB D: 30±5 dB (デイスタント) L: D+20±5 dB (ローカル)	
		AMステレオ復調感度 AMステレオ分離度 大入力 S/N (入力74 dB/μV)	
	F 部	20 dB/μV以下 25 dB (TYP) 45 dB以上	
		M 部	受信周波数範囲 実用感度 電氣的忠実度 自動同調動作感度
			88.1~107.9 MHz 18 dB/μV以下 100 Hz: 0±3 dB 4 kHz: -13±5 dB D: 24±5 dB L: D+25±5 dB
MPXステレオ復調感度 MPXステレオ分離度 大入力 S/N (入力74 dB/μV)			
20 dB/μV以下 30 dB以上 50 dB以上			
カセット部		型式 周波数特性	
		コンパクトカセット (オートリバース) 63 Hz~12500 Hz	
フ ィ ィ ッ ク コ ス ト ア イ ザ 部	電 氣 的 忠 実 度	フ ロ ン ト	
		リ ヤ	
		300 Hz: +5.7 dB 1.5 kHz: -9.5 dB 3 kHz: -4.5 dB	
		105 Hz: +5.7 dB 305 Hz: -9.5 dB 1.7 kHz: -11 dB 6.7 kHz: -8.2 dB	
最 大 出 力		20W×4ch	
消 費 電 流		10A以下	
外 形 寸 法 (mm)		(W)180×(H)100 ×(D)175	
重 量		2600 g	

表-2 (2) ス ピ ー カ

項 目	内 容	
	フ ロ ン ト	リ ア
型 式	φ9cm シングルコーン +φ12cm パッシブラジエーター	φ12cm シングルコーン バスレフ
ボ ッ ク ス 量	1.5ℓ	3.0ℓ
イ ン ピ ー ダ ン ス	4Ω	4Ω
出 力 音 圧 レ ベ ル	86 dB SPL/W・m	88 dB SPL/W・m
最 低 共 振 周 波 数 (fo)	85 Hz	72 Hz
再 生 周 波 数 帯 域	fo~16 kHz	fo~12 kHz
最 大 入 力	25W	25W

の面で十分な性能が発揮でき、システムとして市場から高い評価を得た。続いて'86年2月に発売されたスーブラにも採用されており、同様の評価が得られる事を確信している。

6.2 主要諸元

本オーディオシステムの諸元を表-2に、外観を図-15に示す。

7. む す び

カーオーディオは、他のオーディオシステムとは異なり、車両との一体化設計が必至であり、これを成し得て初めて世界のトップオーディオシステムを築くことができる。車との一体という面では課題も多いが、今回得られた技術を十分に活用して今後の製品開発に取り組んで行きたい。

最後に、本システムの開発にあたり、ご協力、ご指導を賜ったトヨタ自動車㈱をはじめ関係各位に深く感謝の意を表します。



本 体



スピーカ (セリカ用)

図-15 オーディオシステム外観
Fig. 15 Feature for new system outlook.