

## 新 ODR ピュアデジタルシステムの開発

Development of new ODR pure-digital system

加藤 慎治郎, 中里 光男, 大島 森幸

Shinjiro Kato, Mitsuo Nakazato, Moriyuki Ohshima

清水 朗, 小林 重樹, 新井 大介

Akira Shimizu, Shigeki Kobayashi, Daisuke Arai

**要 旨** 高度な車室内音場制御能力と優れた基本性能を実現した「カロツェリア X ODR ピュア・デジタルアンプ RS-A9x, RS-A7x を 2004 年 4 月に商品化し, 市場投入した。

RS-A9x は, 総計 80k タップの FIR フィルタによる高音質, 高精度の音場制御機能を備え, RS-A7x と共に, 高精度 D/A 変換回路, 高分解能・ハイスピード 4 チャンネルパワーアンプを搭載している。

**Summary** We have developed the CarrozzeriaX ODR pure-digital amplifiers RS-A9x and RS-A7x with advanced capabilities of car interior sound field control and outstanding basic performance, and introduced them into the market in April 2004.

The RS-9x realizes high fidelity and highly precise sound field controls by using FIR type filtering with 80k taps.

Along with the RS-7x, it has a high precision D/A converter, and four channel amplifiers designed for high resolution and quick response.

**キーワード** : ODR, 車室内音場, FIR フィルタ, DAC ボリューム, 電流帰還

### 1. まえがき

オーナーにとって愛車は大切なプライベート空間である。住宅事情の悪化などに伴って、良い音楽を車の中で良い音で聴きたいと思っている人は大幅に増加している。

しかしながら、車室は種々の癖を持つ厄介な空間であり、この中で良い音を聞くためには、積極的な音場制御手段を用いる必要が生じる。そこで、制御回路による音質劣化を招かないシ

ステム、調整の自由度が高く、調整作業の容易なシステム、そして、基本音質が優れたシステムが必要となる。

この要求に応えるため、1993 年にハイエンドオーディオシステム「ODR シリーズ」が誕生した。ODR シリーズは、「Optical Digital Reference」の名前の通り、車室音響特性研究成果をベースとした高度なデジタル信号処理技術と光デジタル伝送技術を投入した画期的なカー

オーディオシステムとして登場し、多くのユーザーから高い支持を得ることができた。

本稿では、車内音場の側面から見たシステムの概要と上述の最新製品RS-A9x, RS-A7xについて紹介する。

## 2. 車室の音響的課題

車室は、その狭小さ、聴取位置の非対称性などにより、音楽再生に適した空間とは言い難い。しかしながら、着座位置が定まっていることから、音響研究に基づいて、適切な制御を行うことにより課題を克服することが可能である。

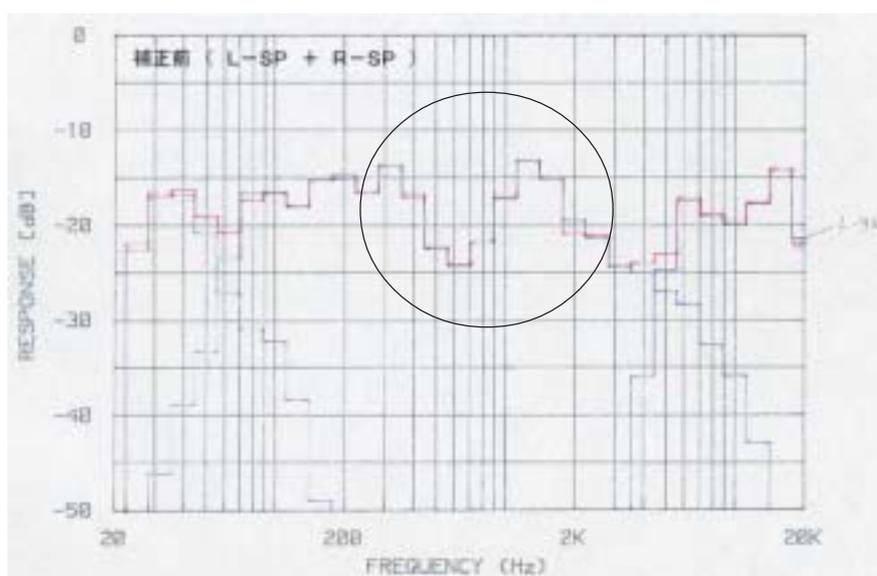
具体的な車室の音響的課題としては、図1に示すものが考えられる。以下、これらの課題について簡単に述べる。

### 2.1 狭空間としての問題

車室内容積は $3\text{m}^3$ 程度と、コンサートホールや一般の居室と比較して極端に狭い。これにより、スピーカ、聴取位置共に壁面に近接するため、同程度の伝達行路差を持つ初期反射音の影響を強く受ける。その結果、直接音と初期反射音が干渉し、図2に示すような中域周波数特性上にコムフィルタ状のピーク・ディップを生じ、ヴォーカルのこもり感、きつさの原因となる。

- 1. 狭空間としての問題
  - ①直接音と反射音の干渉
  - ②固有振動による音質の乱れ
  - ③近接反射音主体で響きの少ない音場
- 2. ステレオ再生上の問題
  - ①左右のスピーカの聴取者に対する偏り  
音像の偏り  
音場感・ステレオ感の悪化
  - ②各帯域のスピーカの取り付け位置に自由度が少ない  
音域による音場感・ステレオ感のばらつき
- 3. 走行騒音の影響
  - ①マスキング効果による小音量楽音の聞き取りにくさ

図1 車室の音響的課題



人の位置・スピーカ位置が壁や床に近いので直接音と反射音が干渉する。

図2 直接音と反射音の干渉

もうひとつの問題は、室の固有振動である。固有振動は、縦・横・斜めなどさまざまなモードで発生するが、周波数軸上で密に発生する場合には、聴覚の臨界帯域の考え方から実害はあまり生じない。疎に発生する周波数帯域では聴取位置による音圧差が大きくなり、再生音質を損なうことになる。疎に発生する周波数帯域は、コンサートホールにおいては可聴帯域以下となり、あまり問題となることはない。一般の居室では重低音帯域となり、低音の帯域不足あるいはブーミーな低音として問題になることがある。これに対し、車室は不整形な形状なので問題は複雑になるが、一般的なセダンの場合、キックボードと、リアウィンドウ間の室内最大距離(約1.8m)の対向面間に生ずる約80Hzのものが最も悪影響を与える。図3に示すように、スピーカー取り付け上の制約から、低音用のスピーカーはリアアッパーデッキ上に配置されることが多いが、この場合、境界面に音源が置かれることとなり、車室の中央に位置するフロント席と、後端のリア席との80Hzにおける音圧差は、約15dBにも及ぶ。フロント、リア席間

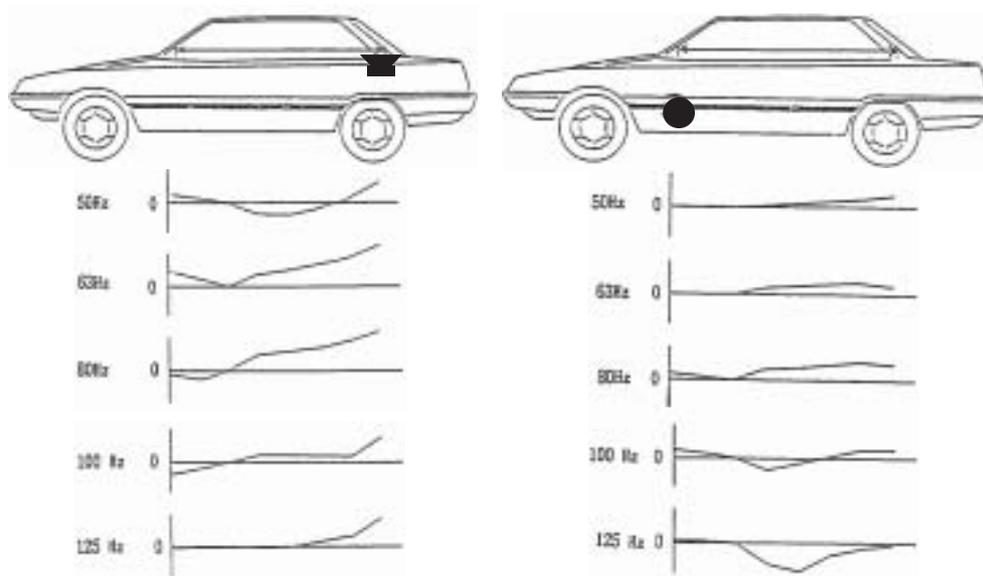
で低音のバランスをとる必要がある場合、リアアッパーデッキのスピーカーの再生帯域を80Hz周辺の固有振動が問題となる帯域以下とし、その他のスピーカーで80Hz以上を再生する配慮が必要となる。

さらに、車室は、狭小で反射音行程が短いことと、内装に吸音性のものが多いことから、残響時間が非常に短い。通常残響時間は0.1秒程度であり、直間比を表すD値は、ほぼ1である。再生機器としては、ソースに含まれる残響成分を十分に生かさなければ豊かな響きを得ることはできない。図4にコンサートホールと車室のインパルス応答の比較を示す。

## 2.2 ステレオ再生上の問題

車室内では、聴取者は、左右のスピーカーからオフセットした位置に着座することになる。この場合、図5に示すように、本来、センタに定位すべき音像は、先行音効果により、聴取位置に近いスピーカーへ接近する。また、左右スピーカーからの音の位相差、音圧差が周波数により変化するため、音像は大きく不整形になる。

また、人間の聴覚機構は、左右のスピーカーか



(a) スピーカをリアトレイに付けた場合

(b) スピーカをフロントドアに付けた場合

### 車室での音圧分布

図3 車室の固有振動

ら左右の耳までの初期反射音をも含む4通りの経路をたどって両耳に入る音により、音像の位置はもとより、音場感・ステレオ感をもまた判

断している。この現象を、両耳間相関を用いて表したものが図6である。

センタ信号成分に対して、低域ではセンタに

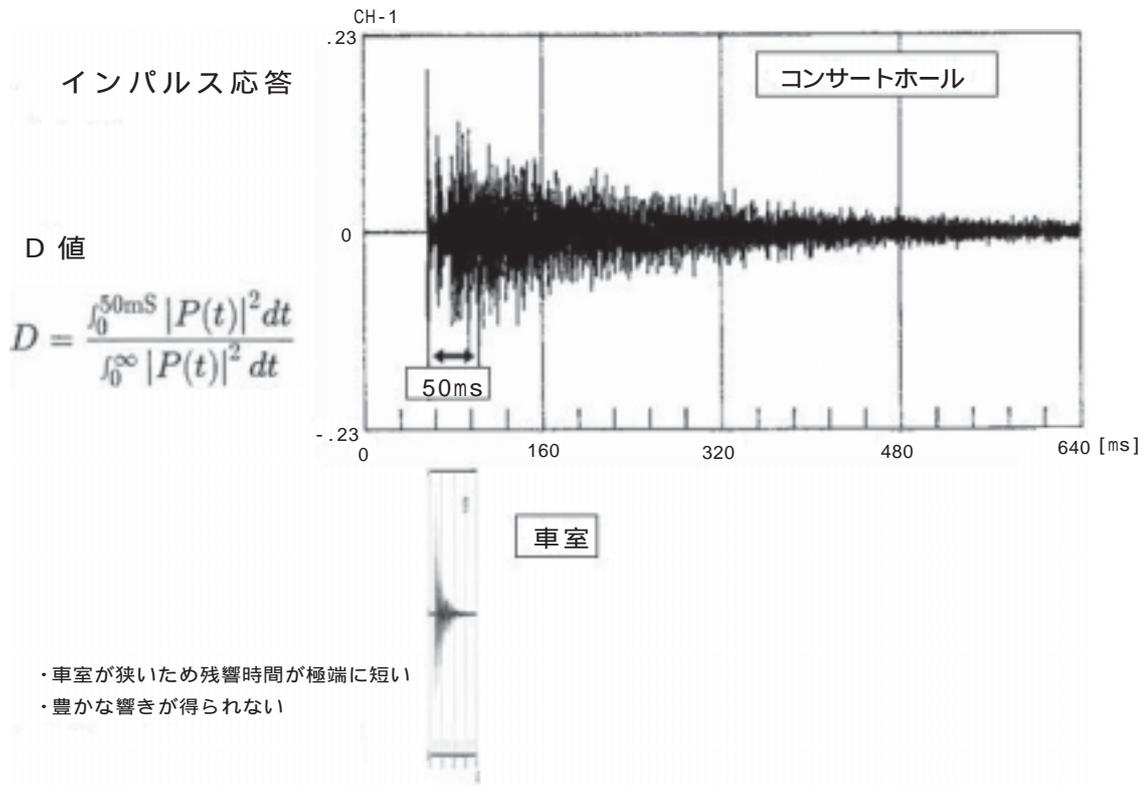
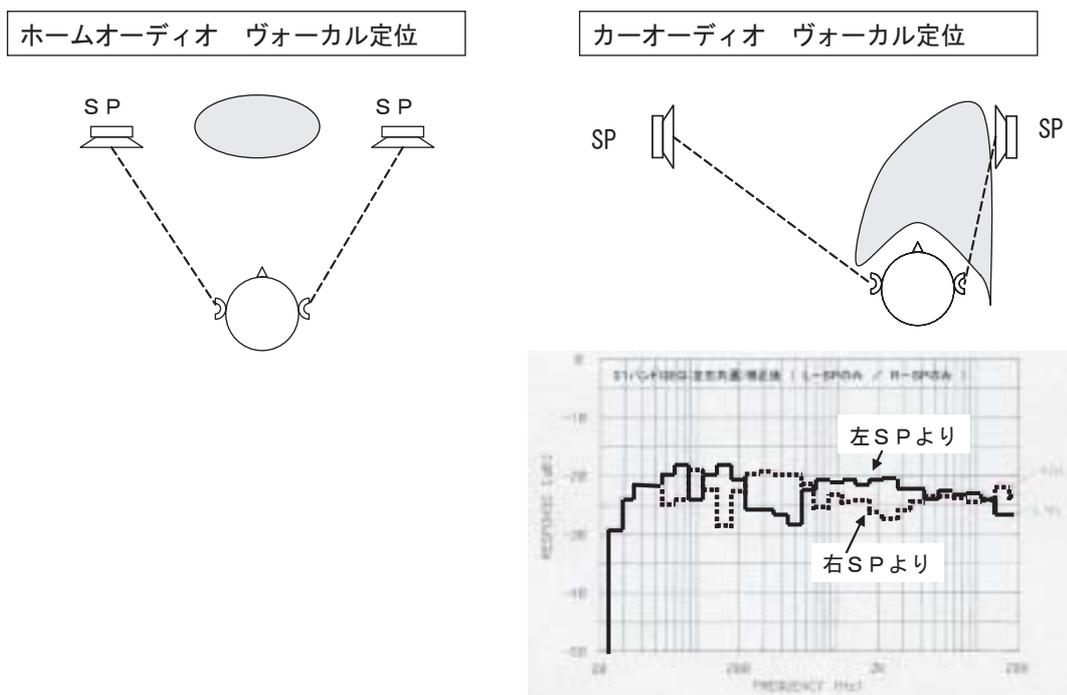


図4 車室の残響



左右のスピーカから聴取点までの音圧周波数特性

図5 定位の偏り

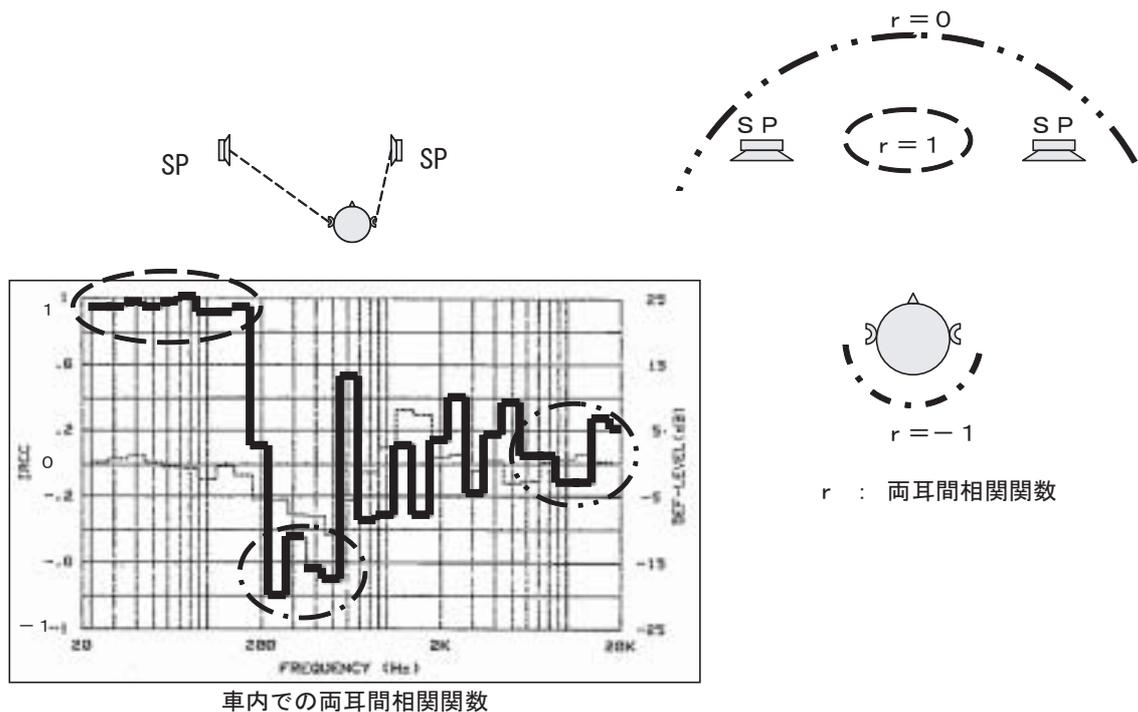


図 6 拡がり感と両耳間相関関数

定位し、高域では無定位に近くなっている。特徴的なのは、250Hz 周辺で両耳間相関値が -1 近くになっていることで、両耳にほとんど逆位相で音が入っていることを示している。これが、顕著な例として、AM ラジオの男性アナウンサの声が後頭部に張り付いて聞こえる原因であり、音場感・ステレオ感を著しく劣化させる。

一方、車室内における実際のスピーカの配置を考えると、互いに接近させて高域用、低域用のスピーカを取り付けることができるのは稀であり、高域用はダッシュボード上面付近、低域用は前方ドア下部への取り付けが一般的である。このような場合、スピーカと聴取者の配置に起因する上述の 2 種の問題により、高域、低域それぞれの音像・音場感・ステレオ感に差異が発生し、違和感を生じる。

### 3. 製品の特徴

#### 3.1 音響制御のためのフィーチャ概要

上述した、車室の音響的課題を克服するため、図 7 に示す音場制御機能を搭載した。

#### 3.2 回路概要

RS-A9x は高音質のデジタルオーディオシステムとなるべく最新の DSP 技術と音質技術を投入した、新ピュアデジタルシステムの核となる高性能 DSP 内蔵デジタル入力 4 チャンネルパワーアンプである。

この RS-A9x は、4way デジタルネットワークやデジタルイコライザなどの全ての音場制御機能を搭載し、ピュアデジタルシステム全体のオーディオマスタとなる。その音場制御機能を制御する高性能 DSP には、アナログデバイス社製 SHARC を 3 個搭載した。これにより、膨大な演算処理を必要とする FIR (有限インパルス応答) 処理および 32bit 浮動小数点演算を可能とし、直線位相(リニアフェイズ)を始めとする数々の機能を高性能・高精度で実現できた。

さらに、非同期型 SRC(サンプリングレートコンバータ)回路により 96kHz にアップサンプリングし、2 次側を低ジッタのディスクリット構成サウンドマスタクロックによってリサンプリングする。これにより、入力信号の光伝送路に

起因するジッタの補正をしている。D/Aコンバータは、バーブラウン社製のサインマグニチュード方式24bitマルチビット型を採用し、最大データレートの768kHz(8fs)で動作させている。

また、D/Aコンバータ出力の階段状電流波形を高品質な電圧に変換するため、高いスルー

レート特性を持つ電流帰還型ディスクリートI/V(電流/電圧)変換回路を用い、音量調整には12bitDACボリュームを採用した。パワーアンプ回路は、電流帰還型を用い、シンメトリックレイアウトのL/R独立電源回路と共に、トランジェント特性に優れたハイスピード・高解像度・高分解能の音楽再生に貢献している。図8

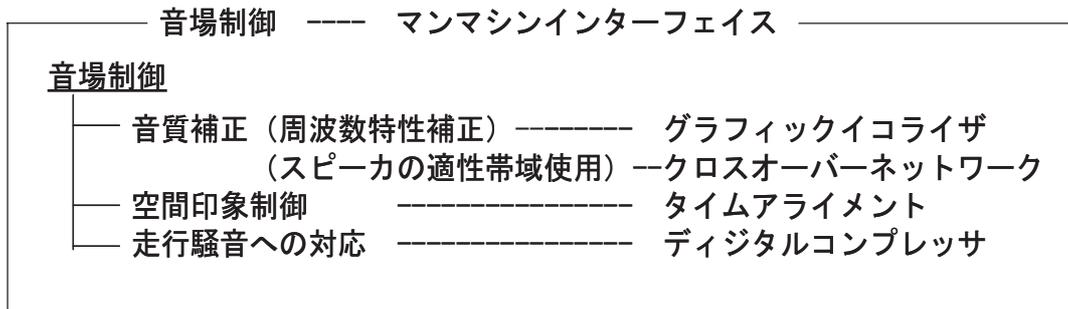


図7 音場制御機能

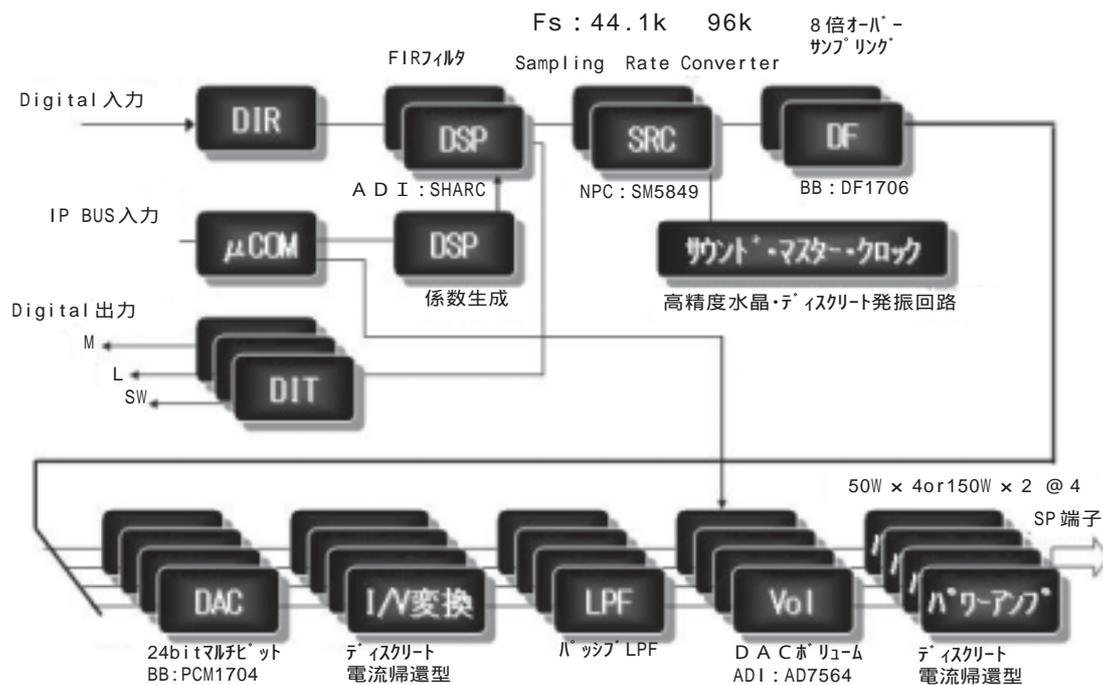


図8 RS-A9 ブロックダイアグラム

に、R-A9xのブロックダイアグラムを示す。

RS-A7xはRS-A9xのデジタルネットワークによって分割されたデジタルオーディオ信号を受け、システムに応じてミッドレンジ用・ミッドベース用・サブウーファ用のアンプとして使用するデジタル入力4チャンネルパワーアンプである。図9に示すように、SRC以降の回路構成はRS-A9xと全く同一とし、マルチアンプとしての音質を揃えた。また、接続可能台数は最大3台である。

### 3.3 システム構成

本製品は、2wayから4wayまでのマルチアンプシステムを構成することができる。また、アナログ部の出力形態は、シングルエンド型とD/Aコンバータにてデジタル的に位相反転を行うバランス型が選択できる。バランス型においては、D/Aコンバータ以降の回路がプッシュプル動作を行うため、大きな出力と、低歪率、さらに深みのある再生音質が得られる。図10において、4wayマルチアンプシステムが、バランス型である。

カーオーディオにおいては特に、着座位置ですべての音場制御機能を操作できることが

重要である。ODRシステムにおいては、IPバスによってヘッドユニットのRS-D7xから、すべての音場補正機能をグラフィカルに操作でき、優れたマンマシンインターフェイスを構成している。図11に、各音場補正機能のグラフィック表示の例を示す。

### 3.4 デジタル部

#### 3.4.1 FIR(有限インパルス応答)フィルタ (RS-A9x)

各スピーカーユニットに最適な再生帯域を与えるクロスオーバーネットワークや車室内音響特性の乱れを補正するイコライザなどのデジタル信号処理方式として、位相制御が可能なFIRフィルタを採用した。L/R、各帯域の合計タップ数は合計80kタップであり、帯域に合わせて適切なタップ数を設定している。帯域ごとのタップ数の違いによる出力タイミングのずれは、デジタル遅延回路によって補正する。

リアリティーの良い-72dB/octまでのスロープ、31バンドグラフィックイコライザとパラメトリックイコライザの併用、直線位相と最小遅延位相の瞬時切替など、今までにない高次元の機能・性能を実現した。図12にグラ

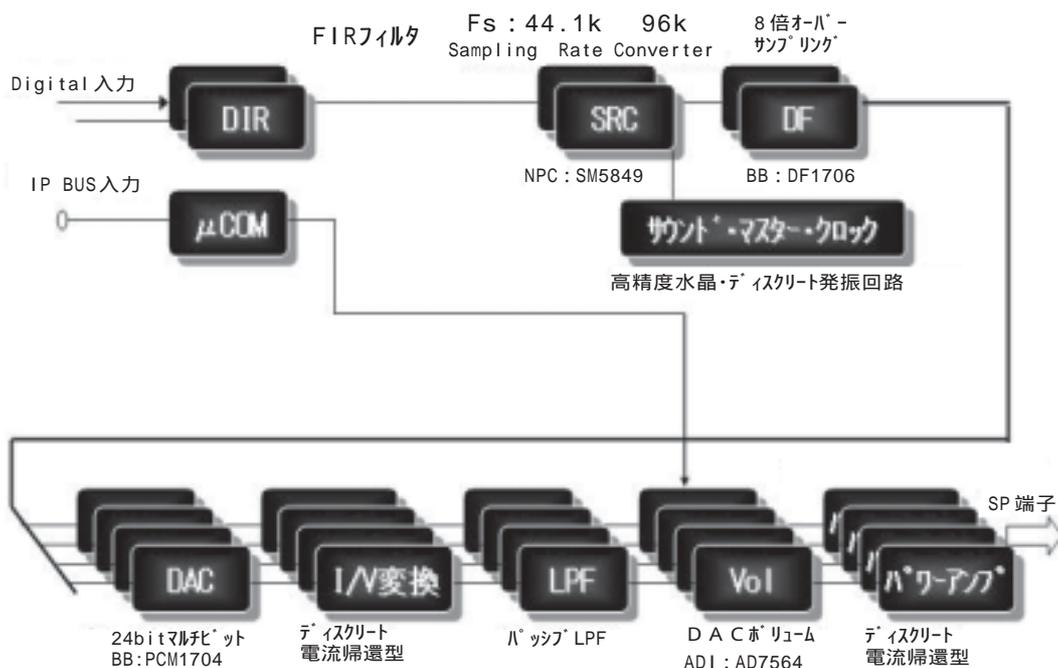
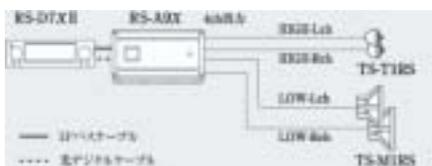
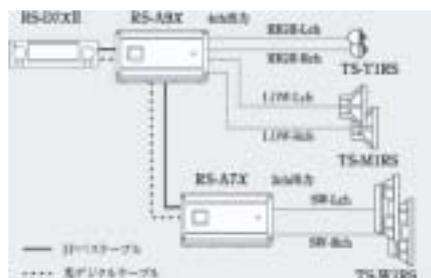


図9 RS-A7 ブロックダイアグラム

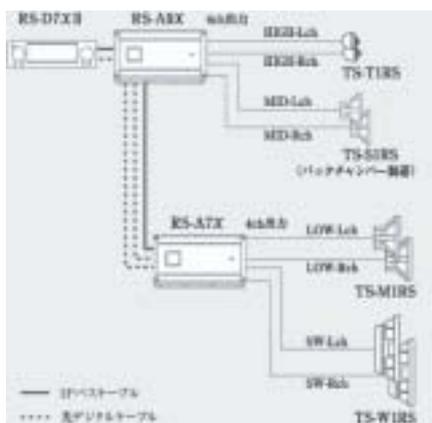
## 多彩なシステム構成が可能



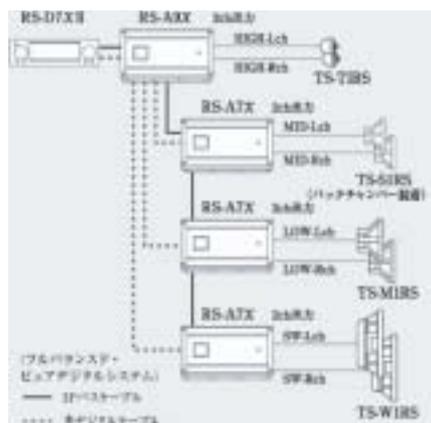
2WAYマルチアンプシステム



3WAYマルチアンプシステム



4WAYマルチアンプシステム I



4WAYマルチアンプシステム II

図 10 システム構成例



標準画面

グラフィックイコライザ画面

パラメトリックイコライザ画面

クロスオーバーネットワーク画面

タイムアライメント画面

対応する



図 11 マンマシンインターフェイス

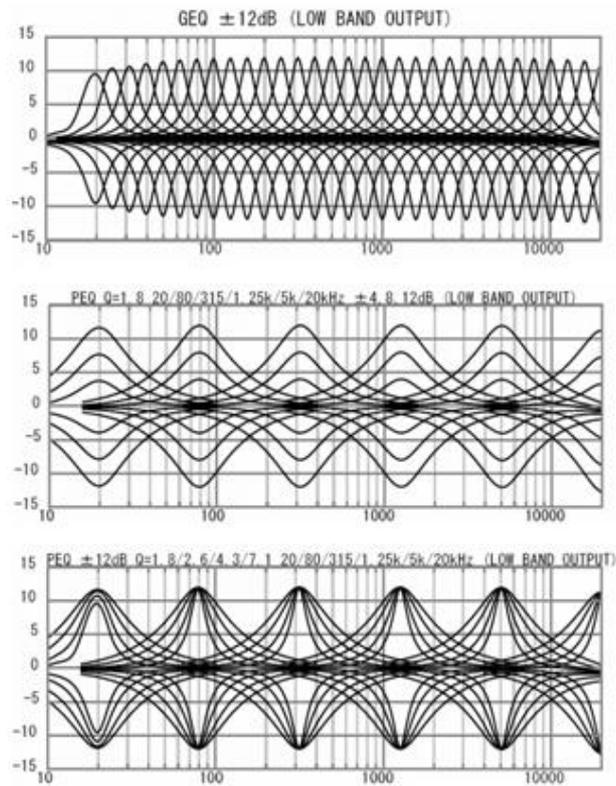
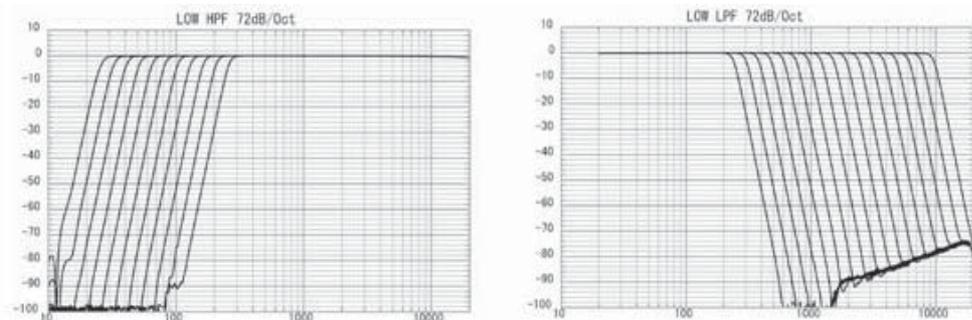
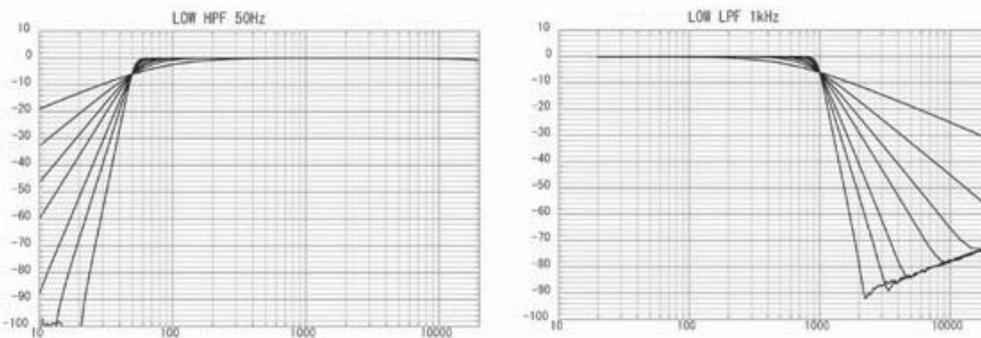


図12 グラフィックイコライザ特性例



(a)HPF/LPF -72dB/oct フィルタ特性



(b)HPF 50Hz/LPF 1kHz  $\pm 90^\circ$  特性

図13 クロスオーバーネットワーク特性例

フィックイコライザの特性例，図 13 にクロスオーバーネットワークの特性例を示す。

FIR フィルタおよびデジタル遅延回路による各音場制御機能の仕様を次に示す。

パラメトリックトーンコントロール

バス周波数: 63, 100, 160, 250 (Hz)

トレブル周波数: 4, 6.3, 10, 16 (kHz)

調整幅:  $\pm 12$ dB (1dB ステップ)

31 バンドグラフィックイコライザ

左右独立・1/3 オクターブ

周波数: 20Hz ~ 20kHz

調整幅:  $\pm 12$ dB (0.5dB ステップ)

3 バンドパラメトリックイコライザ

左右独立・1/3 オクターブ

周波数: 20Hz ~ 20kHz

調整幅:  $\pm 12$ dB (0.5dB ステップ)

クロスオーバーネットワーク

左右独立・4way 1/3 オクターブ

(直線位相: -6dB クロス, 最小遅延位相:  
-3dB クロス)

SUBWOOFER

HPF: 周波数: 20Hz ~ 100Hz

LPF: 周波数: 40Hz ~ 250Hz

調整幅: +10dB ~ -24dB (0.5dB ステップ)

LOW

HPF: 周波数: 25Hz ~ 250Hz

LPF: 周波数: 250Hz ~ 10kHz

調整幅: 0dB ~ -24dB (0.5dB ステップ)

MID

HPF: 周波数: 160Hz ~ 10kHz

LPF: 周波数: 2kHz ~ 20kHz

調整幅: 0dB ~ -24dB (0.5dB ステップ)

HIGH

HPF: 周波数: 1.6kHz ~ 20kHz

LPF: 周波数: 8kHz ~ 20kHz

調整幅: 0dB ~ -24dB (0.5dB ステップ)

スロープ: PASS, -6, -12, -18, -24,  
-36, -48, -72dB/oct

PASS: HIGH の HPF には設定無し

位相切換: ノーマル / リバース

タイムアライメント: H/M/Lch, 0cm ~ 192.5cm (0.77cm ステップ)

SWch: 0cm ~ 385cm (1.54cm ステップ)

ポジションアジャストメント

距離: 0cm ~ 192.5cm (0.77cm ステップ)

調整幅: 0dB ~ -30dB (0.5dB ステップ)

・直線位相 / 最小遅延位相選択 (RS - A9 )

FIR フィルタでは，定常振幅特性は同じでも位相特性，時間応答特性の異なる直線位相特性と最小遅延位相特性を選択できる機能を設けた。

直線位相では，クロスオーバーネットワークのクロスポイントにおける位相の回転やイコライザのレベル変更における位相の変化が無く，振幅特性のうねりが発生しない。また，タイムアライメントの調整においては，スピーカからの音響(直接波)として正確な位相特性が得られ，その結果として，自然な定位と豊かな音場再生が可能となる。反面，入出力間には数 100ms の遅延が生じ，DVD などの映像ソースの場合，台詞と映像のリップシンクの点で問題を生じる。

最小遅延位相では，クロスオーバーポイントでの位相は回転し，振幅特性のうねりを発生するが，時間遅延が微少のため，映像ソースに適する。

図 14 に今回採用した直線位相フィルタ，最小遅延位相フィルタおよび，比較のため，従来の IIR フィルタ，アナログフィルタの特性例を示す。

・高性能 32bit 浮動小数点 DSP「SHARC」(RS - A9x)

FIR フィルタは従来の IIR フィルタと比較してさまざまな特性(位相特性，時間応答特性)を実現できるが，膨大な DSP 演算処理を必要とする。

RS - A9x では，従来の数倍の演算能力を持つアナログデバイス社製・高性能大容量 DSP「SHARC」を 3 個搭載し，それぞれ Lch 信号処理・Rch 信号処理・演算係数生成用とし，L/R 独立の信号処理を行う構成とした。

また，32bit 浮動小数点演算により，微少な

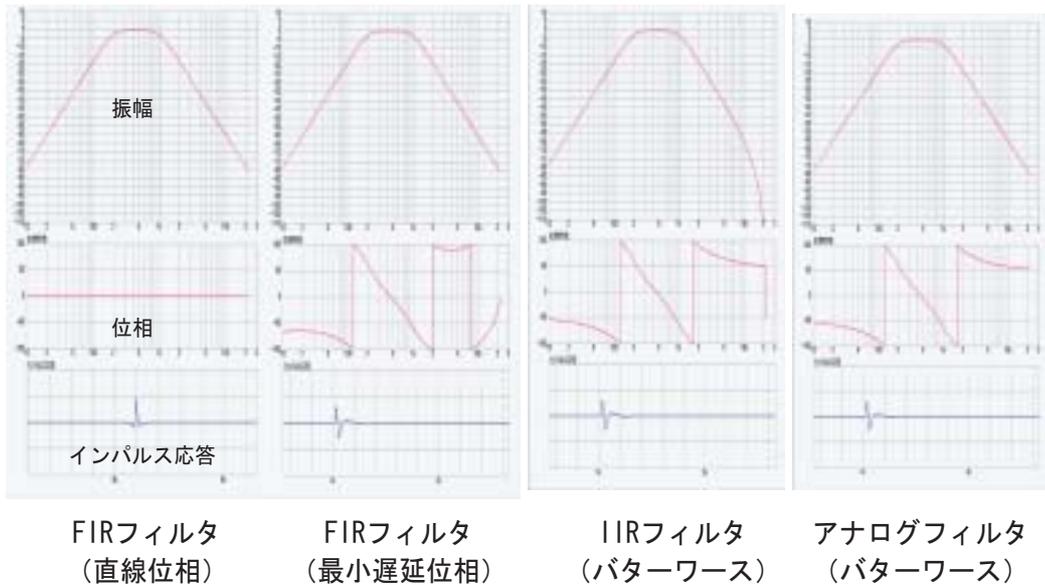


図 14 フィルタ特性概要

係数の演算においても常に 32bit の有効数字が得られ、従来の固定小数点演算を大きく超える演算精度を実現している。

#### 3.4.2 SRC (サンプリングレートコンバータ)

CD のサンプリング周波数 44.1kHz を 96kHz にアップサンプリングし、折り返しノイズの帯域を従来の 2.2 倍の周波数としている。これにより、I/V アンプ後段のアナログポストフィルタをパッシブ構成とすることが可能となり、オペアンプに起因するアクティブフィルタの固有音、ノイズを排除できた。

#### 3.4.3 高精度サウンドマスタークロック

RS-D7x/D7x で先行使用している低ジッタのディスクリート構成サウンドマスタークロック回路を採用した。マスタークロックを非同期型 SRC 回路の 2 次側に供給し、96kHz にアップサンプリングされたデジタル信号をリクロックすることにより、走行振動による光ケーブルの揺られに伴う伝送ジッタを低減した。

#### 3.4.4 高性能 24bit マルチビット D/A コンバータ

パーブラウン社のサインマグニチュード方式高性能 24bit マルチビット D/A コンバータを L/R チャンネル、各帯域に搭載した。これによ

り、全帯域の高性能化と帯域ごとの音質の統一を図った。D/A コンバータはアップサンプリングに伴い、最大データレートの 768kHz (96kHz × 8 倍) で動作させている。図 15 にデジタル部の基板概要とキーデバイスを示す。

#### 3.5 電流帰還型ディスクリート I/V 変換回路

マルチビット D/A コンバータ出力の階段状電流波形を電圧に変換するためには、高いスループレートと短いセトリングタイム、素直な矩形波応答が必要となる。この回路は、オペアンプを用いて構成するのが通例であるが、音質的に満足できるオペアンプが存在しなかったため、回路方式・特性設計に自由度のあるディスクリート構成として設計を行った。

図 16 に示すように、回路方式としては電流帰還型とし、増幅段の構成を上下対称カスコードブーツストラップとしてオープンループゲインを高めるなどの I/V 変換回路として、最適設計を行った。その結果、本回路単体として、128V/μs もの高いスループレートと穏やかな矩形波応答を達成し、正確なハイスピードで透明感のある音場感豊かな音質を得た。

#### 3.6 高精度 12bit DAC ボリューム

音質追求のためにはボリューム部の回路は重

要であり、いかに音質劣化を防ぐかが課題になる。さまざまな電子ボリューム専用 IC を検討したが、満足できる音質が得られる IC がなかったため、マルチビット DAC の電圧リファレンス端

子に信号を入力し、出力電流を電圧変換する構成とした。DAC は、高耐入力・高ダイナミックレンジ 12bit のアナログデバイセス社製を採用した。電流 - 電圧変換回路としては、音声帯

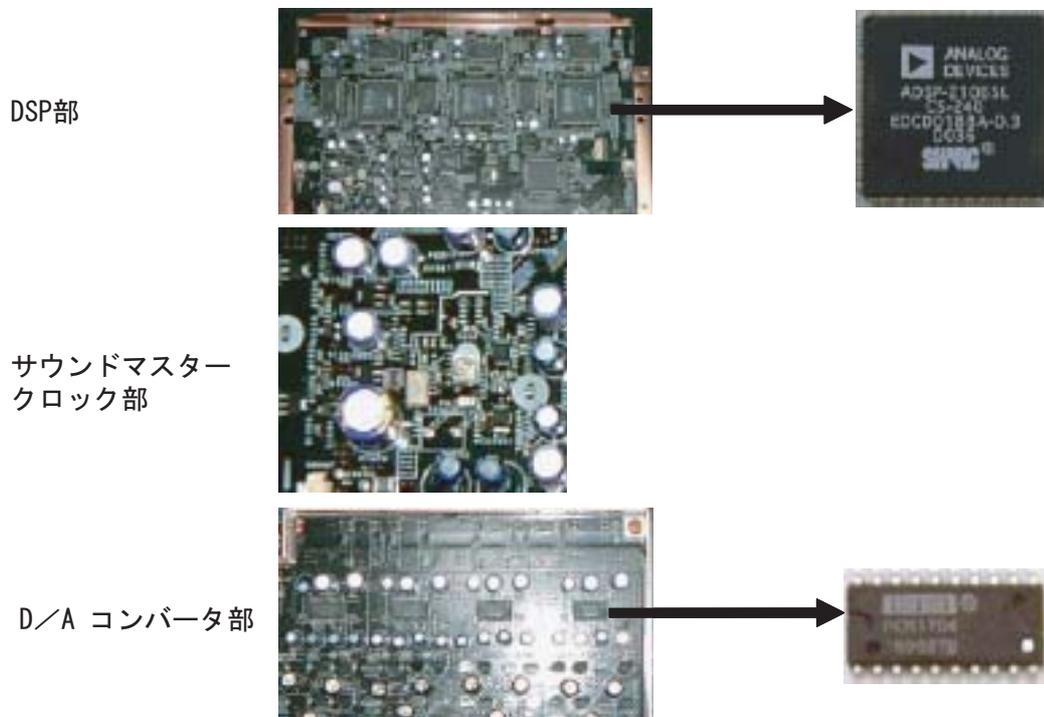


図 15 デジタル部基板概要

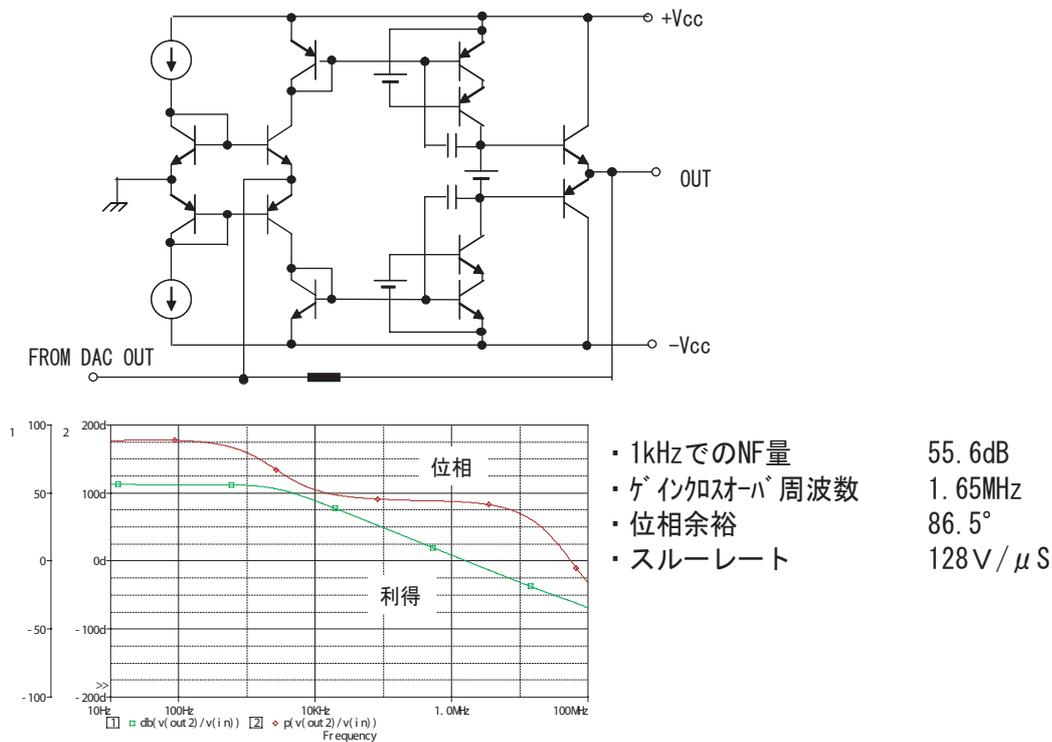


図 16 I/V 変換回路概要

域回路であることを考慮し、オペアンプを使用している。このオペアンプについても、音質検討を行い、リニアテクノロジー社製の低ノイズ、高スルーレートのものを厳選して採用した。これにより、シンプルな構成でありながら高精度のボリューム機能を実現し、クリアで歪み感がない音質を得た。

また、周辺のカップリング、デカップリングコンデンサは音質に特に大きな影響を与えるため、試聴確認の上選定した。

ボリュームステップも、従来の40ステップから60ステップとした結果、0dB ~ -52dBまでは1dBステップとなり、より精細な調整が可能となった。

### 3.7 電流帰還型パワーアンプ

CDソースに含まれている細かな残響音までも克明に再生するため、ハイスピード・ワイドレンジ・低歪率を狙い、電流帰還型アンプ回路を採用した。回路構成としては、図17に示すように、1ポール補償型とし、スルーレートと位相余裕の確保を第一に最適設計を行った。また、3段ダーリントン構成の出力段トランジス

タは、音質的な「にじみ」を避けるためシングルPP構成とし、サンケン電気社製のLAPTを採用した。図18に矩形波応答波形を示す。本回路単体として108V/μsの高いスルーレートと素直な波形応答が得られていることがわかる。

この結果、スピーカーインピーダンスの影響が少なく、トランジェント特性や低域ダンピング特性がよく、高解像度・高分解能の音楽再生が実現できた。I/Vアンプと共に、これら回路の設計にはコンピュータシミュレーションを用いて基本設計を行った上で試聴を繰り返し、各段の動作電流を決める抵抗の値などを最適な定数に設定した。

表1に、パワーアンプ部の主なスペックを示した。

### 3.8 電源部

#### 3.8.1 DSP用DC-DCコンバータ

膨大な演算を行なうDSP用の定電圧電源は、演算への干渉を防ぐため、輻射を含むノイズを大きく抑える必要がある。ノイズの主な成分はスイッチングノイズであるため、回路の効率や電流値が許される範囲内で最大限減らすようス

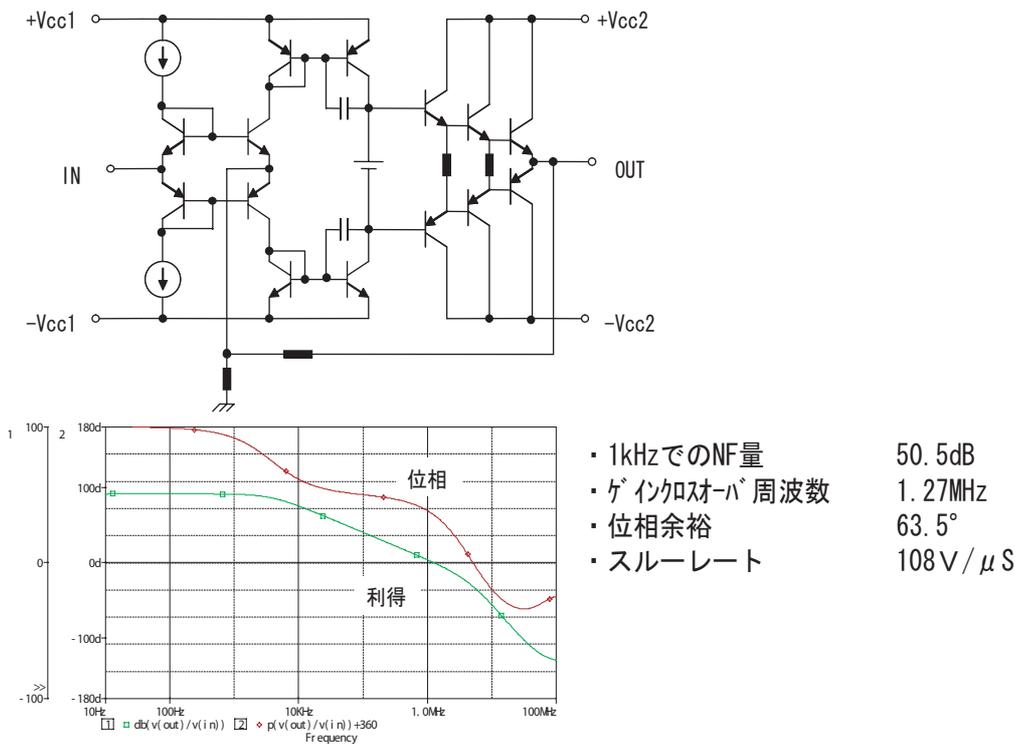


図17 パワーアンプ回路概要

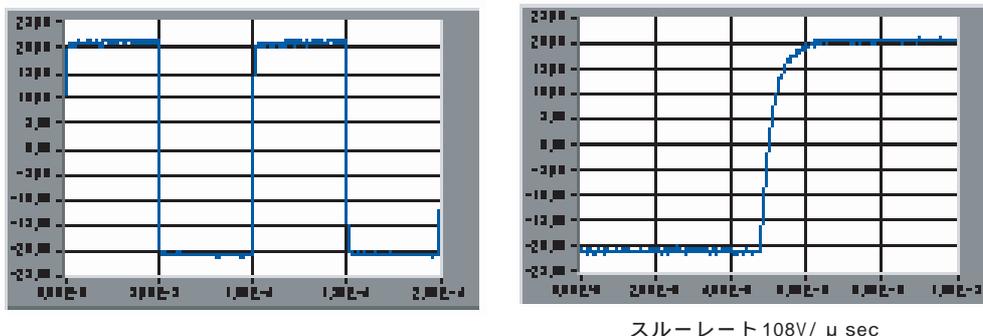
イッチングスピードを遅く設定している。

次に重要になるのはGNDパターンである。ノイズとなる大電流を回路内に封じ込める配線を基本とした。また、実装上、同一パターン上の電圧変化に留意し、変化の激しいパターンを最短か

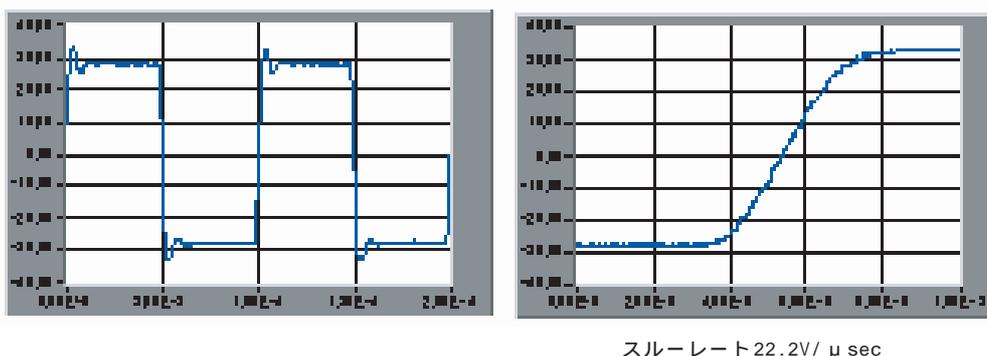
つたく接続できるように部品配置にも配慮した。

### 3.8.2 パワーアンプ用L/R独立電源

パワーアンプの音質を左右する電源には2台のDC-DCコンバータをL/Rそれぞれのチャンネル用に搭載し、従来の2倍以上の電流供給能力



(a)RS-A9Xの矩形波応答特性



(b)一般的なハイエンドアンプの矩形波応答特性

図18 パワーアンプ矩形波応答特性

表1 パワーアンプ部スペック

項目	スペック
最大出力	100W×4 / 300W×2 (4)
定格出力	50W×4 / 150W×2 (4) 20~20kHz, 0.02 / 0.02 % 75W×4 (2) 20~20kHz, 0.02 %
セパレーション	80dB (100Hz ~ 10kHz, 20kHz LPF)
周波数特性	10Hz ~ 100kHz (-1, +0dB)
高調波歪率	0.002% (1kHz, 20kHz LPF)
S/N	105dB (IHF-Aネットワーク)
スルーレート	100V / μS
ダンピングファクタ	150
負荷インピーダンス	4 (2~8 使用可能)

を得た。これにより、特にチャンネルセパレーションと低域の再生能力を大幅に向上させることができた。また、同一基板上の電源回路とアンプ回路のレイアウトを図19に示すように左右対称・分割構成にすることでセパレーションの向上を、電源回路からアンプ回路への配線経路を最短化することで電源ノイズの輻射の低減を実現した。

### 3.9 音質検討

回路設計のほかにも音質設計のためのさまざまな施策を行った(図19参照)。以下にその一部を示す。

#### 3.9.1 機構・構造検討

パワーアンプ・電源ユニットは、銅メッキシャーシ構造体を用い、各回路単位毎に遮蔽板で仕切られている。これにより基板ユニットは機械的にも強化され、電磁誘導による干渉および基板のたわみ振動による音質劣化が起こりに

くくしている。また特にパワー素子は、銅メッキ鋼板でシールドを施して電磁波の放射対策を行った。

下ケースは3mm厚のアルミニウムを使用し、非磁性体化、高剛性化による電磁ノイズ干渉、機械的ノイズの低減を図った。

メインヒートシンク、サブヒートシンクの形状は、コンピューターフローシミュレーションにより設計を行った。その結果、優れた放熱効果を実現し、安定した音質を長時間に渡って確保できた。

#### 3.9.2 非磁性体電源、スピーカ端子

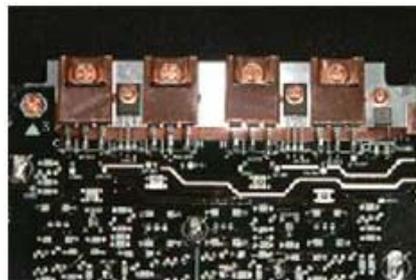
磁性体によるひずみ感を排除するため、電源、グランド端子およびスピーカ端子に非磁性体金メッキ端子を採用した。

#### 3.9.3 音質部品の活用

受動部品としては、カスタム電源音響コンデンサ、金属皮膜チップ抵抗、低損失アモルファ



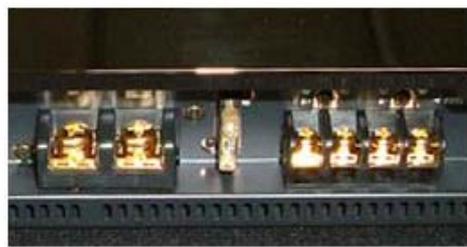
銅メッキシャーシ構造体とサブヒートシンク



パワー素子の銅メッキ鋼板シールド



ヒートシンクカットサンプル



非磁性体電源、スピーカー端子



E R Oフィルムコンデンサ

カスタム電源音響コンデンサ

図19 音質検討概要

ストロイダルトランス，1次側・2次側電源用専用設計チョークコイル，EROフィルムコンデンサなどを厳選して採用した。信号・電源ライン配線材としては，散乱光を抑え，半導体への影響を軽減するブラックコーティング付きの70 μm銅箔厚プリント基板，銀メッキテフロン被覆電線を採用した。

#### 4. まとめ

今回の新製品RS-A9x，RS-A7xは，従来とまったく異なる機能，回路，機構を持つ製品として完成することができた。

本システムでは，IPバスと最新の音場制御機能により，着座位置でグラフィカルに音場補正を可能にし，優れたマン・マシンインタフェースを実現した。

また，音質については，開発したFIRフィルタによりスピーカからの音響を正確な位相特性により自然な定位と豊かな音場再生を可能にした。さらにマルチビットD/Aコンバータの出力回路に電流帰還型方式を採用し，ディスクリート構成にすることでハイスピードで透明感のある音場豊かな音質を実現した。

発表以来プロショップからの評判もよく，例年開催しているバイオニアカーサウンドコンテストのピュアデジタル部門へのエントリー数も大幅に増加している。また，専門誌においても高く評価されており，さまざまな特集記事が掲載された。

#### 5. 謝辞

FIRフィルタ実現のため，ハード，ソフト両面からのご協力をいただきましたエタニ電機株式会社に深く感謝いたします。

また，音質検討にご協力をいただきましたオーディオ評論家 飯田明氏に深く感謝いたし

ます。

#### 筆者

加藤 慎治郎 (かとう しんじろう)

所属：MEC 技術開発部 オーディオ開発部

入社年月：1981年4月

主な経歴：車室内音場開発，自動音量・音質補償技術開発，能動制御機器開発，音声認識技術開発

好きなこと：料理

中里 光男 (なかざと みつお)

所属：MEC 技術開発部 オーディオ開発部

入社年月：1983年4月

主な経歴：カーオーディオ製品の設計

好きなこと：サイクリング

大島 森幸 (おおしま もりゆき)

所属：MEC 技術開発部 オーディオ開発部

入社年月：1991年4月

主な経歴：OEM向けカーオーディオ製品の設計

好きなこと：水泳，卓球，麻雀

清水 朗 (しみず あきら)

所属：MEC 技術開発部 オーディオ開発部

入社年月：1991年4月

主な経歴：OEM向けカーオーディオの車内音場開発，市販パワーアンプ回路開発および製品設計

好きなこと：ゴルフ

小林 重樹 (こばやし しげき)

所属：MEC 技術開発部 オーディオ開発部

入社年月：1992年4月

主な経歴：カーオーディオ製品の設計

好きなこと：ゴルフ

新井 大介 (あらい だいすけ)

所属：MEC 市販設計部 第1設計部

入社年月：1991年4月

主な経歴：カーオーディオ製品の設計

好きなこと：ドライブ