

DASPの応用製品（サウンドプロセッサ）

DASP Applications (Sound Processor)

渡 邊 栄治郎⁽¹⁾ 高 谷 政 義⁽²⁾ 福 田 貴 子⁽³⁾
Eijiro Watanabe Masayoshi Takatani Takako Fukuda

要 旨

近年カーオーディオ市場は、ユーザーニーズの多様化、高級化指向に伴ない製品の差別化が進み、より個性的な製品への要求が高まっている。音づくりに対してもコンポーネントステレオの出現から10年が経過し、周波数帯域の拡大、周波数特性の平坦化、最大音圧の確保等新技术により再生音の確立がなされてきた。しかし音に対する要求は、これらを実現するだけでは解消できず“狭い車室内からの脱出”という欲求が現われている。

今回製品化されたサウンドプロセッサ「 α 5000P」は、このような市場背景に照準を合わせ、当社がカーオーディオ市場に新しい『音空間』を提案すべく、従来、車室内で体験できなかった立体音場再生を、当社の新開発デバイスDSP（FT8801）を導入することにより実現した。本稿では、今回開発したサウンドプロセッサ『 α 5000P』について要点を紹介する。

Reflecting user needs, the car audio market has recently witnessed an increase in expensive products which have greater diversity and individuality than ever before. Ten years have passed since the component stereo system made its debut. During that period, the sound quality of car audio has been remarkably improved by expanding frequency range, smoothing frequency characteristics, and securing maximum sound pressure.

However, these improvements have not completely satisfied those users who desire a extreme power and sound quality that has, up till now, been beyond the limits of conventional car design.

Equipped with a newly developed DSP (FT8801) device, our α 5000P sound processor produces the most powerful, most exciting stereo sound field that has ever been experienced in a car.

This report describes Fujitsu Ten's new sound processor, yet another innovation from the people who've made the best sound on wheels a reality.

(1) 第二オーディオ本部技術部

(2) 第二オーディオ本部商品企画室

(3) 第一開発部

1. はじめに

カーオーディオを楽しむ若者には、車は移動目的の足から、自分独自の生活空間を演出するプライベートルームへの期待が大きい。

自動車メーカーも、モデルチェンジ毎に、車室内インテリアや搭載装置の高級化を指向してきた。当然カーオーディオに対しても、ユーザーニーズの多様化、高級化に対応したシステム開発が増加し車は“動くリスニングルーム”として若者の生活シーンへとけこんできている。当社も早くから車室内最適音響を提案すべく、広帯域再生、高出力再生、周波数の平坦化等を実現し、種々のオーディオ機器を市場投入してきた。しかし若者のカーオーディオの音に対する不満はこれらの実現だけでは解消できず、狭い車室内を瞬時にコンサートホールや映画館のような大空間音場で得られる雰囲気音づくりが実現できるオーディオシステムへ要求が高まってきた。

このようなユーザーニーズに対応すべく“狭い車室内から瞬時に脱出”でき、コンサートホールのような大空間音場を持つ『拡がり感』や『臨場感』を得る手段に音場創生機（サウンドプロセッサ α 5000 P）の開発が必至となった。本機には、当社が開発した新デバイスDSP（FT8801）を採用し、高性能、高品位な臨場感を実現している。以下に本機 α 5000 P について開発の要点を述べる。

2. 概要

2.1 音場について

音場は、直接音の大きさと方向、そして時間の経過に伴って到来する初期反射音や残響音の大きさと方向によって構成されており、これらの要素

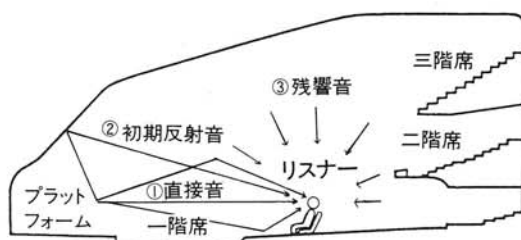


図-1 コンサートホール図

Fig. 1 Cross sectional view of a concert hall.

を情報として音量感、拡がり感、残響感が決定されている。ここで大空間音場の一つであるコンサートホールの音響特性を考察してみる。コンサートホールの音場を構成している3種類の音は、まず音源より直接リスナーに到来する①直接音があり、音像はこれによって位置づけされる。次にステージ後方の反射板や側壁などで反射され直接音のすぐ後（50ms以下）を追いかけるようにして到来する②初期反射音があり、これにより拡がり感をリスナーに与える。そして天井・床・壁などにより複雑に反射、減衰を繰り返して十分拡散してリスナーのあらゆる方向から到来する③残響音で残響感が与えられる。

これら3種類の到来音の構成を時間軸上で見ると図-2のようになる。まず音源とリスナーの音伝

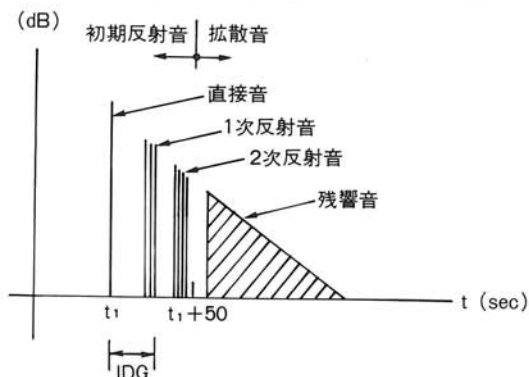


図-2 時間軸上での反射音の構造

Fig. 2 Structure of a reflected sound in a time base.

播距離差に当る時間に直接音 その後約20~50ms遅れて初期反射音がありその後、残響音が続く。また、時間の経過に伴う反射音の到来方向を分析した結果を図-3に示す。これより、初期反射音の到来する約20~50msの間は、圧倒的に前方からの成分が強いことがわかる。その後十分時間が立つとリスナーのあらゆる方向から反射音が到来していることがわかる。以上のようなコンサートホールの音響特性をリスニングルームで得ることは容易ではない。また、ここで大・小空間音場の音響特性を比較した結果を図-4に示す。この結果からも初期反射音や残響音の時間差は明らかである。残響時間は大・小空間の吸音率が同じであれば、Eyringの式により V/S (V :室体積、 S :室表面積)によって決定される。すなわち小空間音場での短い初期反射時間や残響時間を電氣的に補正することにより、小空間音場で大空間音場

の音響効果を得ることが可能となる。それを実現する一手段が音場創生機 (以下サウンドプロセッサと言う) である。

3. サウンド・プロセッサ・システム

サウンド・プロセッサ・システムは、リスニングルームなどで音楽を再生する際、リスナーに通常以上の迫力や音につつまこまれた臨場感を与える装置である。この臨場感を実現する手段は多くあるが、遅延回路による残響音を付加する技術が主流である。

3.1 遅延回路

ここで最も一般的な遅延回路のブロック図を示す。(図-5)

動作はまず入力側 (IN) より信号 (直接音) を入力し、遅延回路で遅延 (τ) される。その信号が初期反射音となり、減衰器を通過し直接音とミ

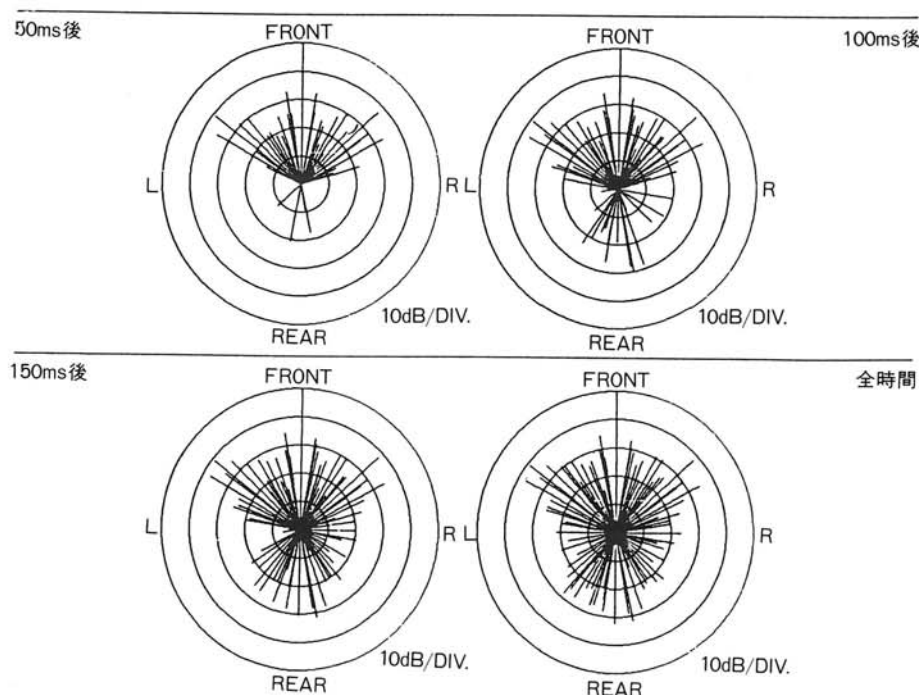


図-3 反射音の指向性パターン

Fig. 3 Directivity diagram of reflected sound.

項 目	K ホール	12畳 リスニング ルーム
室 容 積 V	5,800m ³	50m ³
室 表 面 積 S	2,000m ²	90m ²
V/S	2.9m	0.56m
平均自由工程 4・V/S	11.6m	2.24m
残 響 時 間	1.3sec	0.25sec
平 均 吸 音 率	0.30	0.30
室 定 数	857m ²	39m ²
臨 界 距 離	5.8m	1.2m
音源と聴取位置の距離	12m	3m
初期反射音の到来時間	50msec	9msec
直 接 音 の 減 衰	-30 dB	-18 dB
残 響 音 の 寄 与	23 dB	10 dB

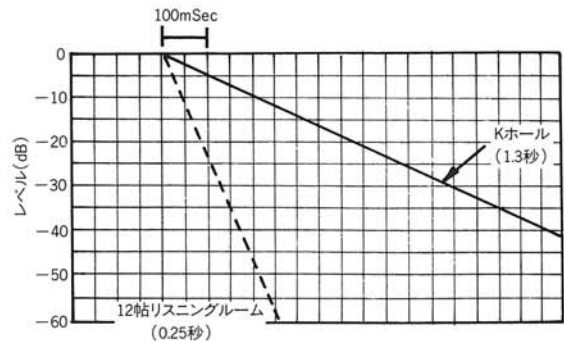


図-4 大小空間音場の残響音の特性図と比較表

Fig. 4 Characteristics of reserberation sound in a large or small sound field.

キシングされることで残響音が生成できる。ここで減衰器の減衰率 g は 1 より小さい値である。この遅延時間と減衰率 g を制御することで小空間音場を大空間音場の音響特性に補正することが可能となる。

3.2 再生方式

大空間音場における残響音は、四方八方からリスナーへ到来するが、小空間音場では、電氣的に補正された残響音と初期反射音が数組の限られたスピーカより再生されるため、どうしても残響音

に指向性が現われ大空間音場での臨場感を得ることが困難と予想される。そこでこの問題点を解決するためには次の点を考慮する必要がある。

- ①スピーカの配置・場所
- ②スピーカユニットの音色
- ③設置個数
- ④周波数特性

まずスピーカはメインスピーカ（直接音用）とサブスピーカ（残響音用）とも、音色、周波数特性を同一もしくは、同等のものを選択する必要がある。また残響音を出力するスピーカはできるだけ無指向性のスピーカが好ましい。残響音用スピーカの配置は左右対称になるようにし、設置高、指向角度も左右対称に取り付けることが原則である。もし左右に少し高低差および角度差があると、バランスがくずれていずれか一方の音が強調され不自然な音色になるためである。また初期反射音を再生するスピーカを直接リスナーに向けた場

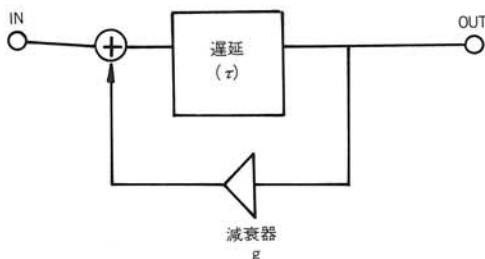


図-5 デイレー回路

Fig 5. Block diagram of delay circuit.

合、音源が鮮明となり、リスナーを包み込む拡散音と成らず、やはり不自然さを生ずる。そこでスピーカの指向角度を調整してリスナーへは、反射率の大きい壁に一度反射させた拡散音を伝達し自然な臨場感を再現する。

3.3 デジタル信号処理（DASP）による実現性

先述したように、残響音を生成するためには遅延回路が必要である。また自然な残響音を実現するには多数の遅延回路や加算器が必要となる。これらをアナログ回路（BBD：遅延素子、OPアンプ）で設計すると回路の規模が莫大となるとともに、性能的にもS/Nの劣化、歪率の悪化等問題点を生ずる。そこでデジタル信号処理技術を導入することで以上の問題点を最少限度に抑えることとした。

デジタル信号処理技術は、次のような利点もある。

- ①機能、特性の高精度、均一化が図れる。
- ②ソフトウェアにより、容易に機能特性を変化でき、ニーズに即応できる。
- ③別機能のハードウェアを一つのプロセッサで構成が可能であり、ハードウェア開発が合理的である。

このようにデジタル信号処理技術を導入することで従来のアナログ回路技術にくらべ市場ニーズに即応した高性能・高品位なサウンドプロセッサを開発することが可能となる。

4. 車室内音場制御

4.1 車室内の音響条件

車室内は一般家庭のリスニングルームにくらべて、音楽を再生する条件として、リスニングポイント（聴取位置）が固定できる。また再生スピー

カ配置が、リスナーを取り囲むように4スピーカを設置することが容易である。以上のように車室内は、音場制御するリスニングルームとして最適条件を備えているが一方で音響的に以下の問題点がある。

- (1)車室内の容積、形状に起因する固有共振周波数の分布は、十数Hz～数百Hzにまで及び、伝送周波数特性を乱す。
- (2)左右のスピーカに対し、非対称な位置で受聴するため、ソースの持つ最適ステレオ感が得られない。
- (3)使用スピーカの取り付け位置により口径やす法に制限があり、低音不足が生じる。
- (4)残響時間が短く「響き」が少ない。
- (5)内装材が固いもの、柔らかいものが混在しており、反射音の到来が不自然になる。

これら問題点(1)～(3)は、FIXイコライザ、センタースピーカ、サブウーファ技術で解決し(4)～(5)は、初期反射音、残響音をそれぞれ時間制御することで解決が可能である。

4.2 車室内の音場再生

一般家庭のリスニングルームでは、スピーカの配置や指向角度など自分の好みの音づくりに応じて選択することが普通である。しかし、車室内ではスピーカの取り付けスペースが限定される。リアスピーカは、トレイが確保できれば、かなり取付スペースに余裕ができるが、フロントスピーカは、制約条件がきびしく、おのずとスピーカの口径も小さなものになる。またスピーカの口径が小さくなると、低音不足により迫力に欠けた音となる。そこで低音補強には、サブウーファを用いた3D方式を採用する。低音スピーカはリアトレイにφ20cmの大口径ユニットを設定し、中・高域再生の小口径ユニットとの組合せにより全帯域を再

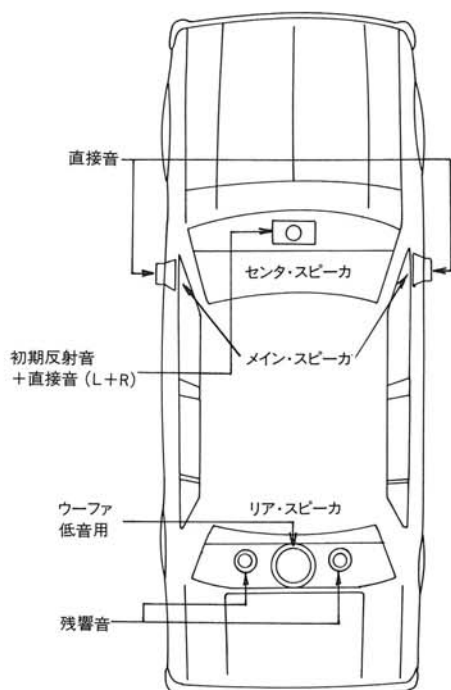


図-6 スピーカレイアウト
Fig. 6 Layout of loudspeakers.

生する。このように中・高域再生スピーカを小口径 ($\phi 10\text{cm} \sim \phi 12\text{cm}$) にすることで、先述したメインスピーカ (直接音) とサブスピーカ (残響音) の音色一周波数特性を合わせることが可能となる。また、小口径ユニットのため取り付け位置もかなり自由度が広がる。現在、当社で開発中のサウンド・プロセッサシステムは図-6のようなスピーカレイアウトである。

まずドアパネルには、直接音を再生するメインスピーカを、ステレオ感再生を行う。そしてセンタースピーカからはL+Rの直接音と初期反射音+残響音を加算し再生される。このセンタースピーカは、リスナーに直接スピーカを向けずに、一旦フロントガラスに反射させた取付方法を取っている。取付位置も、ダッシュボード上と、ルームミラー部でそれぞれ効果が出ることを確認している。次に残響音を再生するリアスピーカは

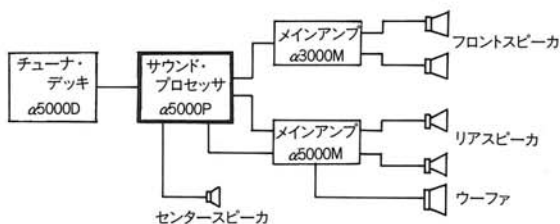


図-7 全システムのブロックダイアグラム
Fig. 7 Block diagram of total system.

リアトレイの両サイドにマウントする。また中央部には、大口径ウーファをマウントすることで迫力ある低音が再生される。

このシステムではサウンドステージがリスナーの前方の目の高さに形成され、直接音が聞こえてくる。また、同じく前方より直接音を追いかけるようにして初期反射音が到達し、ほぼ同時に残響音に包み込まれる臨場感あふれる音響空間を演出している。

4. 3 サウンドプロセッサ (α5000P)

今回開発したサウンドプロセッサは図-7に示す製品ラインアップで構成される。本機には、瞬時に大空間音場の雰囲気が体感できるように、①コンサートホール②ライブハウス③教会④スタジアムのROOM設定があらかじめメモリされておりプリセット釦で選択できる。また各車室内でより

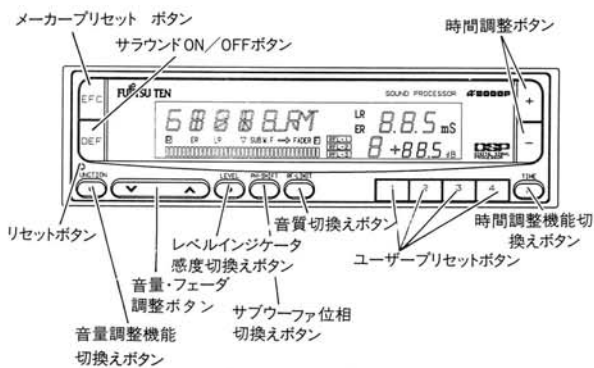


図-8 α5000Pの外観と主要機能

Fig. 8 Exterior view and main functions of α5000P.

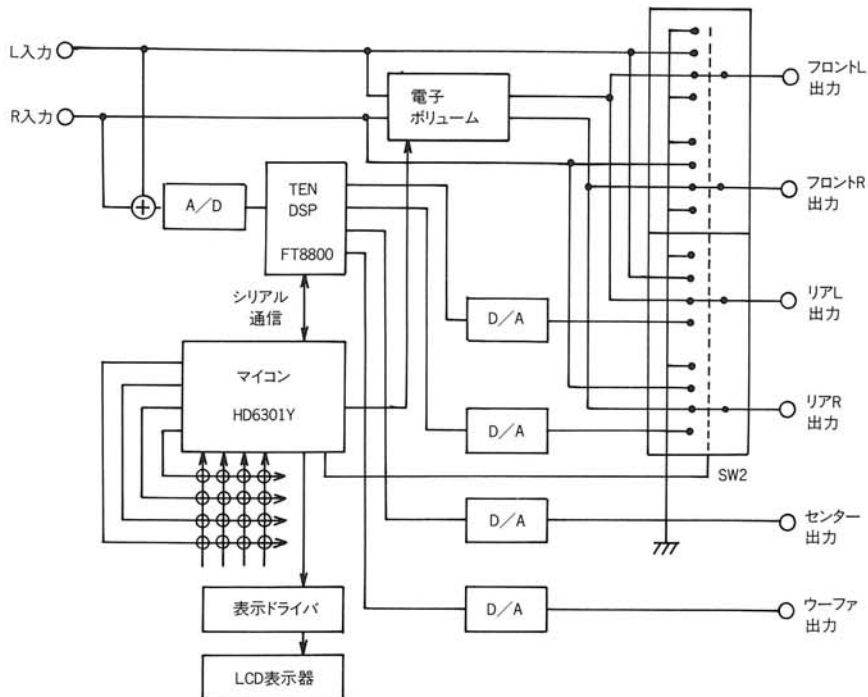


図-9 サウンドプロセッサ内部ブロック

Fig. 9 Block diagram of sound processor.

臨場感を得られるように、初期反射/残響のそれぞれの時間調整機能や、センタースピーカ（初期反射音）、リアスピーカ（残響音）、ウーファの各スピーカレベル調整機能が設けられている。表示部はこれら選択機能と調整機能が、よりよく動作しているかどうかを、視認性よく確認できるように大型カラーLCDを採用している。α5000Pの外観と主要機能を図-8に示す。

4. 4 制御用マイクロ・コンピュータ

マイクロ・コンピュータ（以下マイコンと称する）は、マン・マシン・インターフェースとして用いている。マイコンは、前項で述べた本機のROOMサイズ4パターンを操作キーによりDASPへ情報（フィルタ係数、遅延時間）を伝送して音場創生している。

図-9にサウンドプロセッサの内部ブロック図を

示す。

マイコンは、キー入力、LCD表示出力、DASP制御、電子ボリューム制御、アナログSW制御、パワーおよびブリアンプ電源制御、ミュートイング制御を行う。

表-1に、キー機能および表示内容を示す。

キーは、音場を選択するEFCキー、初期反射音の初期遅延時間や残響音の残響時間を調整する＋－キー、調整した音場をメモリする1～4キーなどがある。

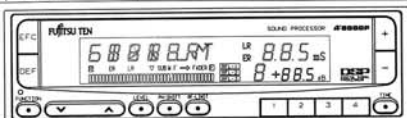
マイコンは、係数を低速シリアル・インターフェースで変更する。

図-10に、マイコンとDASP間の低速シリアル・インターフェースの接続を示す。

図-11に、シリアルデータの構成を示す。

ここでマイコンは、DASPから読み出し、D

表-1 キー機能および表示内容

大分類	機 能		備 考
	中 分 類	キー 名 称	
調 整 機 能	時間調整 初期遅延/残響	± —	一定時間未満のキー押しで lstep調整 一定時間以上のキー押し続けにより早送り調整
	レベル調整 ER/LR/ウーファ	UP DOWN	一定時間未満のキー押しで lstep調整 一定時間以上のキー押し続けにより早送り調整
	ユーザメモリ (読み出し兼用)	1～4	一定時間以上のキー押し続けによりメモリ 初期設定は、メーカー・メモリ
	ウーファ位相 正相/逆相	PH. SHIFT	トグル切り換え
	入力信号帯域制限 RFL1～3	RF. LIMIT	①RFL2→RFL1→RFL2→RFL3→①
選 択 機 能	音場効果ON/OFF	DEF	トグル切り換え
	メーカー・メモリ (読み出しのみ)	EFC	①コンサート→ライブ→教会→スタジオム→① ホール ハウス
	初期遅延時間/残響時間 モード切り換え	TIME	トグル切り換え 切り換わったモードは+、-で調整可能
	ER/LR/ウーファ ウーファ/フェーダ モード切り換え	FUNC TION	サイクリック切り換え (音場効果ON) トグル切り換え (音場効果OFF) 切り換わったモードはUP、DOWNで調整可能
	レベルインジケータ表示 感度切り換え	LEVEL	①HIGH→LOW→① トグル切り換え
	ウーファカットオフ周波数	FC	WOFFc=HIGH/LOW
	ウーファスピーカの有無	WOF	WOF=I/O(無し/有り)
表示内容			

ASPへ書き込みのいずれを行うかをコマンドで設定する。

アドレスは、DASPが演算処理で用いるRAMのアドレスである。

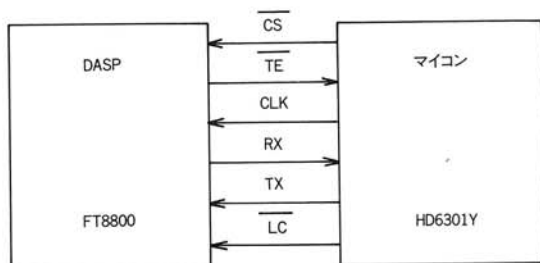


図-10 低速シリアル・インターフェースの接続
Fig. 10 Low speed serial interface.

図-12に、通信タイミングを示す。

通信は、コマンド、アドレスをラッチさせてからデータの入出力を行う。

図-13に、マイコンのメイン・フローチャートを示す。

コマンド : 7 bit	アドレス : 9 bit	データ : 24 bit
--------------	--------------	--------------

コマンド : DASPから読み出し
DASPへ書き込み
0001000B } のどちらかを指定する
0010000B

図-11 シリアルデータの構成
Fig. 11 Serial data structure.

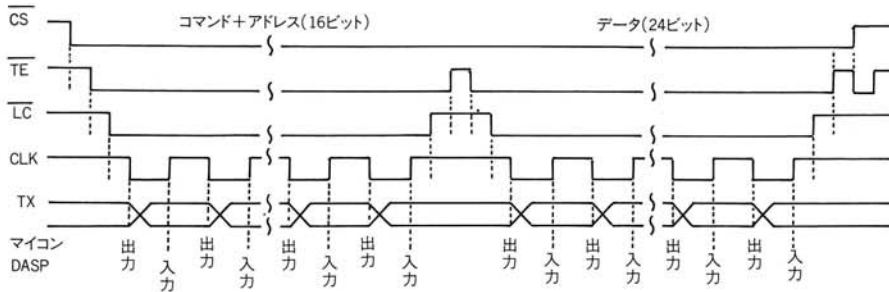


図-12 DASPへの書き込むタイミング

Fig. 12 Timing chart of writing to DASP.

マイコンの処理は、周期的にキースキャンを行い、キー処理を行った後、制御状態をLCD表示出力する。

ACC処理は、プリアンプ、A/D、D/AおよびDASPの電源制御を行う。

CS処理は、パワーアンプおよびDASPのリセット制御を行う。

図-14に、キー処理の例としてEFCキー処理

のフローチャートを示す。

EFCキー処理は、先ずDASP処理によるソフトミュートをONする。

次に、モードカウンタをインクリメントして、カウンタ値が4であれば「0」にしてコンサートホール、1はライブハウス、2は教会、3はスタジアムと判断する。

各音場ごとに係数を設定し、ソフトミュートをOFFする。

最後に、DASP処理によるキー操作音(デジタルBEEP音)を出力し、一定時間後にOFFする。

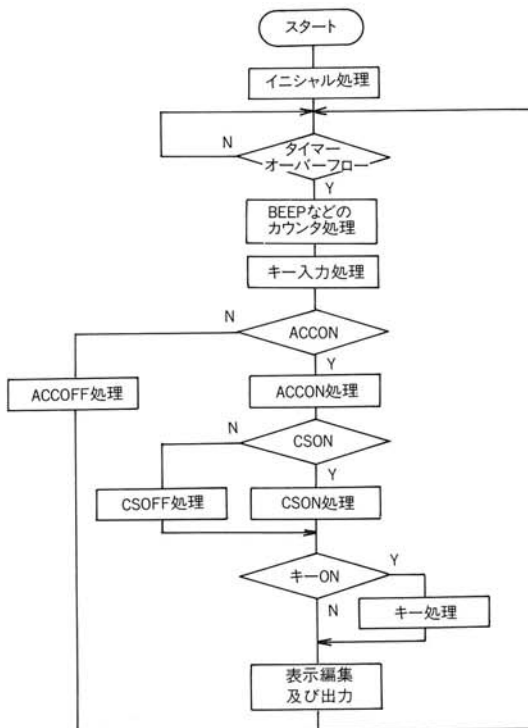


図-13 メインフローチャート

Fig. 13 Main flow chart.

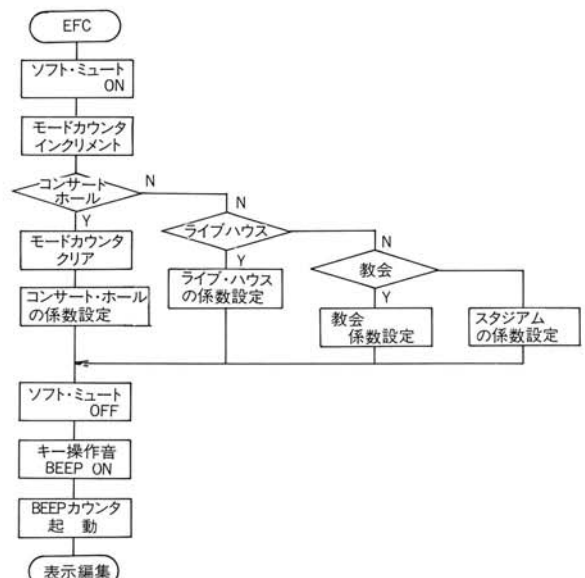


図-14 EFCキー処理のフローチャート

Fig. 14 Flow chart of EFC key processing.

ソフトミュート、BEEPおよび各音場の係数はROMテーブル化し、ROMのアドレスをインクリメントしながら設定する。

以上が、今回搭載したマイコンのプログラム処理である。

5. 諸 元

本機の諸元を表-2に示す。

表-2 α 5000P 諸元

項 目	規 格	備 考
周 波 数 特 性	20Hz	300mV1kHz基準 サラウンド成分 は8kHzまで
	20kHz	
歪 率	0.08%以上	300mV1kHz基準
残留 ノイズレベル	50μV以下	入力ショート
初期反射時間	可変範囲 0~100ms	CONCERT HALL 時
残 響 時 間	可変範囲 0~480ms	CONCERT HALL 時

6. お わ り に

以上、狭い車室内でコンサートホール同様の臨場感あふれる音響空間を実現できるサウンドプロセッサを紹介してきた。ここで導入した最新技術であるDASPを次の新シリーズに应用を考えると同時に、今回開発したシステムの市場評価をいち早くフィードバックし、本システムの各部分の改良と性能アップをはかり、車室内での音場制御がさらに最適なものになるよう検討して行きたい。将来DASP機能が十分発揮できた時、車室内は一般家庭のリスニングルームに劣らないまさに“動くリスニングルーム”になることを期持し、新製品開発に努力してゆきたい。