

知能機械システム工学科卒業論文

車室内環境設計

1030147 藤田 尚也

目次

第1章 緒言

1.1 はじめに

1.2 目的

第2章 実験機器

2.1 機器紹介

2.2 機能説明

第3章 実験

3.1 実験器具の構成

3.2 接続方法

3.3 ホームオーディオとカーオーディオを比較

3.4 機能実験

第4章 結言とまとめ

参考文献

謝辞

第1章 緒言

1.1 はじめに

今日、技術の発展と共にいろいろな機器のデジタル化が進んでいる。その中でオーディオにも同様のことが言える。昔のオーディオはアナログ機器が多く、音質劣化や S/N 比が問題である。なぜ音質劣化が起こるのかと言うと、カセットテープは熱や時間の経過によりテープが伸びたりテープ自体の劣化が起こるため音楽信号が変化する。音楽信号はテープの伸びでは音の長さが長くなったり音が不安定になりテープ自体の劣化はノイズが増える原因になる。ノイズとは音楽信号とは別に再生された時に出る読み取りの問題や信号伝達による劣化によって上乘せされた信号の事を言う。

S/N 比とは、ノイズ・シグナル比の事で、手前で説明したノイズと音楽信号の割合を数値で表したものである。単位は dB で数字が大きくなるほど高音質になる。S/N 比はオーディオだけでなく多くの機器のとも言える。

そこでデジタルはその点音質劣化が CD の発展により音楽信号が劣化する事がほとんど無くなった。S/N 比に対しては読み取りによるノイズが減っている。S/N 比はアナログのレコードプレーヤーだと 60 dB、デジタルの CD プレーヤーだと 120 dB になりより高音質になる。

こういったデジタルの良さを生かして、デジタル機器の普及で大きく発展したのがカーオーディオの分野である。デジタルは音質だけでなく室内環境にも大きな影響を与えている。今回はその点に注目した。

1.2 目的

車内環境は決して良いものではありません。そこでより良い車内環境にするにはどのようにすれば良いのか調べた結果、車内環境を改善するあたって必要になる機器があった。それはデジタルサウンドプロセッサである。それを利用して最新技術と共に車室内環境の改善をする事にした。

第2章 実験機器

今回使用したデジタルサウンドプロセッサの紹介と機能の調査をした。

2.1 機器紹介

機器を紹介する。

名称 ALPINE PXA - H700 MULTIMEDIA MANAGER

ALPINE F1Status シリーズ、マルチメディアマネージャーPXA H900 という多機能ハイグレード仕様の製品がある。これは、車室内音響をカスタマイズするサウンドマネージャーと多彩なエンターテイメントを楽しむメディアプロセッサを融合させたものであり、PXA H900 は高価なため開発されたのが PXA H700 である。H900 の仕様を継承しながら低価格を実現させた製品である。こうして幅広いユーザーに対応するために、低価格にして高性能なコストパフォーマンスに優れた PXA H700 が開発された。

オーディオ&ビジュアルシステムの中核を担うコンポーネントで1DIN サイズのコントロールユニットとハイダウエイタイプの本体という二台構成になっている。車用のプリアンプとして考えると分かりやすい。入力系の光コネクタが3系統、RCAが1系統、ナビゲーションのモノラル端子がある。出力系はフロントが2ウェイで4CH、リアが2CH、サブウーハーが1CH、センターが1CHの合計8CHで構成されている。

高音質設計部分はクロスオーバーやタイムコレクション、パラメトリックイコライザーなどの多彩な機能をコントロールするデジタルサウンドプロセッサは H900 をカスタムメイドして新開発している。音質を左右するデジタルアナログコンバーターは DVD 高密度音声フォーマットにフル対応した「マルチレベル bit DAC」を搭載。

2.2 機能説明

H700 に搭載されている機能を紹介、説明をする。

ドルビーデジタル

DTS

ドルビープロロジック

8 ch TCR

4 way Xover (クロスオーバー)

31 BAND Graphic EQ

PARAMETRIC EQ

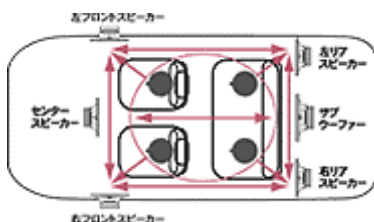
Media Xpander

上記の項目を下に説明する。

2.2.1 ドルビーデジタル

ドルビーデジタルはドルビーラボラトリーズが開発したデジタルオーディオの圧縮技術である。特徴は大量のオーディオデータを効率的にディスクに記録する事が出来る。

モノラルから 5.1 チャンネルのサラウンドサウンドに至るまで全てのオーディオ信号に適合して、各チャンネルへの信号は完全に独立してさらに高音質のデジタルサウンドのため、音質の低下が全くありません。DVD に高密度記録するために MPEG2 規格で圧縮されている。下の図はスピーカーの位置環境です。



2.2.2 DTS

D T S は下のように表記されている。



DTS はデジタルシアターシステムの略称でデジタルシアターシステムズ社が開発した映画館用の高音質サラウンドシステム「DTS サウンドシステム」の家庭用デジタルサラウンドフォーマットである。

DTS は6本の独立した音声トラックを持っており劇場公開映画などで使われている高品位の臨場感あふれる DTS サラウンドを楽しむ。ドルビーデジタルより圧縮率が低いため音質的に優れてる。

2.2.3 ドルビープロロジック

ドルビープロロジック は下のように表記されている。



ドルビープロロジック は2チャンネルソースを5チャンネルで全帯域再生します。ソー

すに無い音や音の色付けを加えることなくオリジナル録音の空間的特質を引き出す先進的技術で高音質のマトリックスサラウンドデコーダである。

ライブコンサートなどではまるでドルビーデジタルサラウンドの様にその演奏会場に身を置いたようなリアルなサラウンド効果が得られる。

2.2.4 8チャンネルタイムコレクション(8ch TCR)

ステレオでも、サラウンドなどのマルチチャンネルでも、リアルな音楽再生の基本となるが、音を的確に合成して正確な音像や音場を再現するための時間軸補正。車室内にばらばらに配置された各スピーカー最大8チャンネルの発音タイミングを0.05msecという驚異的な精度で補正可能である。

図1はタイムコレクションの表示画面である。

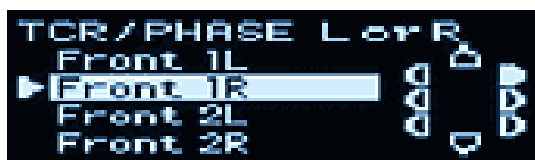


図1 タイムコレクションの表示画面

2.2.5 4 way Xover

クロスオーバーはフロント L/R、リア L/R、センター、サブウーハ-の全スピーカーが連携してひとつの音場を創るマルチシステムやサラウンドシステム。各スピーカーに合った帯域だけを取り出して最適に微調整できる。

図2は4 way Xover の表示画面である。

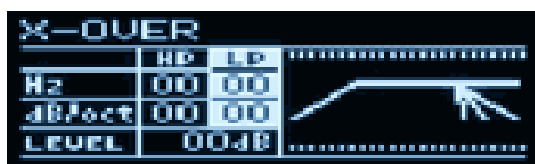


図2 4 way Xover の表示画面

2.2.6 31 BAND Graphic EQ

車室内特有の音響特性により、全体的な音楽バランスが不自然に偏ったり好みの音質とは異なってくるときがあり、そこで8ch TCRや4 way Xoverで調整を行う一方全体の音質を整え、好みのサウンドとして完成させるのが31 BAND Graphic EQである。31バンドのきめ細かい調整により音質を限界域まで追い込める。

図3は31 BAND Graphic EQの表示画面である。

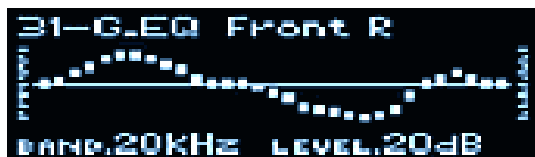


図3 31 BAND Graphic EQ の表示画面

2.2.7 PARAMETRIC EQ

スピーカー別に狙った音だけを正確にピンポイント補正が出来る。スピーカーはマウント位置や角度の違いもあって、音質に微妙な差が出やすくなり、とくにスピーカーとサブウーハーとのクロスオーバー付近の周波数コントロールはデリケートな調整が求められるが、このようなシビアなチューニングが全チャンネルで出来る。

図4はPARAMETRIC EQの表示画面である。



図4 PARAMETRIC EQ の表示画面

2.2.8 Media Xpander

メディアエキスパンダーはメディア別高音質化プログラムで圧縮オーディオなどの失われた倍音成分を原音に含まれた倍音成分を割り出し車室内での音の吸収や走行ノイズによって失われる音響成分と共に原音に上乘せして、音楽が本来持つ鮮明で迫力あるサウンドを蘇らせる画期的な新技術である。

図5はMedia Xpanderの表示画面である。



図5 Media Xpander の表示画面

第3章 実験

3.1 実験器具の構成

H700 を単体では音楽を聴くことができないため、ほかに DVD プレーヤー、アンプ、スピーカーが必要になる。そこで今回使用した H700 の周辺機器を紹介する。

DVD プレーヤー	アルパイン DVA-5205J
アンプ	ソニー XM-450G、アルパイン
スピーカー	ダイナオーディオ MW-160、JL オーディオ 12W6、カロツェリア

上記の項目を下に説明する。

3.1.1 DVD プレーヤー

アルパイン DVA-5205J

H700 を使うためにはプレーヤーが必要である。そこで性能を使い切るには CD よりも DVD の方が良いので DVD プレーヤーを選んだ。

3.1.2 アンプ

ソニー XM-450G

アルパイン

H700 からの出力を増幅させるために、アンプが必要である。フロントスピーカー用にソニーのアンプを、サブウーハ-にはアルパインのアンプを使用した。

3.1.3 スピーカー

ダイナオーディオ MW-160

JL オーディオ 12W6

カロツェリア

アンプからの出力を振幅に変えるためにスピーカーが必要である。今回のスピーカーの構成は 2 チャンネルにサブウーハ-である。

3.2 接続方法

機器の接続方法を下に説明します。

3.2.1 DVD プレーヤーから H700

光 TOS リンク ソニー製

3.2.2 H700 からアンプ

RCA ケーブル オーディオテクニカ製
ビクター製

3.2.3 アンプからスピーカー

スピーカーケーブル オーディオテクニカ製

3.3 ホームオーディオとカーオーディオの比較

ホームオーディオとカーオーディオ、どちらも音楽を聴くという点では同じなのだが今回注目したのが両者を同じ物と考えてはいけない所がある。それでは違いがどこにあるのか調べた。一番の大きな違いは環境にある。カーオーディオはホームオーディオに比べて、環境が悪い。しかしその環境を少しでも良くするためにカーオーディオにはホームオーディオには無い、いろいろな機能がある。問題点とそれに対する機能は下のような事である。

スピーカーの問題

対処方法 タイムコレクション
エンクロージャー
クロスオーバー

室内環境

対処方法 イコライザー

振動

対処方法 防振処理

上記の項目を下に説明する。

3.3.1 スピーカーの問題

ホームオーディオ(以後前者)とカーオーディオ(以後後者)で一番と言っていいほど問題なのがスピーカーの問題である。何故かというと後者の場合、制限される事が多いからである。まず最初に、スピーカーの取り付け位置の問題である。前者はスピーカーの位置の自由度が高くステレオ再生のときにスピーカーから等距離になり、理想のリスニングポジションで聞く事が出来る。それに対して後者はスピーカーの位置が限られてくる。それによって、左右のスピーカーから等距離で聞く事が出来ず車内で聞くと一番耳に近いところが強くなる傾向になる。

そこで左右の距離の違いによって耳に届く時間がずれるのを補正するためにタイムコレク

ションがある。これにより前者のような理想のリスニングポジションになる。

次にスピーカーのエンクロージャーの問題です。エンクロージャーというのは分かりやすく言うとスピーカーの箱の部分でここではボックスと呼ぶ。スピーカーがボックスに入っている理由は二つある。

一つ目は、スピーカーはコーンを振動させて音を発していますが、音は前からだけでなく後ろからも出ています。箱が無い場合前から出た音と後ろから出た音が打ち消し合う。そうするとスピーカーが振動していても聞こえにくい音が出てくる。

二つ目はボックスによってスピーカーの振動を制御することである。もしボックスに入っていないならば、スピーカーの種類によっては振幅しすぎてちゃんと信号通りに音が出せなくなる。ボックスに入れると空気がダンパーの役割をはたし、振幅を抑える事が出来る。前者の場合はほとんどがボックスに入っている。

後者の場合はボックスを置くことが出来ないの、スピーカーはボックスが無くても鳴らせるような設計になる。

最後にスピーカーはひとつのボックスに高音用のスピーカーと低音用のスピーカーが入っている事がある。入ってきた信号を高音と低音に分けてスピーカーから出力します。前者の場合ボックスの中にコンデンサとコイルを組み合わせて分けて出力していてこれをパッシブネットワークと言う。後者の場合スピーカーにパッシブネットワークがついていないものがあり、そのときに役立つのがクロスオーバーです。これは後で詳しく説明する。

3.3.2 室内環境

後者の場合は室内がどうしても狭くなる。そのため反響音などが出やすく音を打ち消し合ったり、増幅しあったりする。それによって特定の周波数でピークやディップが出来る。そういったものによって、原音とは違う感じの音になることがありそれを修正するために、イコライザーが必要になる。

3.3.3 振動

後者には振動がつきものである。前者はスピーカーからの振動しかないのですが、後者はそうはいかない。走行中に出る振動、エンジンから出る振動。これらはノイズとなって現れる。そういった振動やノイズがある一定の周波数となって再生している音楽に混ざる。とくに低音が聞き取りにくくなる。このような周波数の修正にもイコライザーが使われる。スピーカーからも振動がくる。こういった振動などを防振処理する事によってノイズが減り、音楽がより良く聴くことが出来る。

3.4 機能実験

実際に室内環境を改善する機能がどのようなものか、調べた。

実験課題

タイムコレクション
クロスオーバー

上記の項目を下に説明します。

3.4.1 タイムコレクション

タイムコレクションはスピーカーの搭載位置の問題から出てくる時間差をスピーカーがごとくに修正するものである。これは基準にしたい車内の場所を決めてそこから各スピーカーの距離を測り設定すると各スピーカーから出た音が設定した場所でそろうと言うものである。

3.4.1.1 設定方法

一番遠くのスピーカーとの距離を設定した場所から測る。ほかのスピーカーも同様に測り一番遠くのスピーカーを基準にその値から各スピーカーの値を引き算する。その出た値を計算式に入れて機器に設定する設定値を出す。

$$(\text{差し引いた値}) \div 343 \times 1000 = (\text{設定値})$$

- ・ 差し引いた値 基準のスピーカーから差し引いた値 (m) メートル
- ・ 設定値 H700 に設定する値 (ms) ミリセック
- ・ 343 1 秒間に音の進む距離 (m/s) メートルマイセック
- ・ 1000 メートルからミリになおす。

たとえば基準のスピーカーが 2m でもうひとつのスピーカーが 1m だったとき

$$(2 - 1) \div 343 \times 1000 = 2.91$$

になり設定が 0.05 ステップなので 2.9 で設定する。

ここで実験前に、各スピーカーの取り付け位置を説明する。

3.4.1.2 ツイーターL/R

カロツェリア製で詳細は分からない。

音楽信号の高音域を担当する。おおよそ4 KHz以上

取り付け位置はダッシュボードの上である。

図6、7はL/Rのツイーターの取り付け位置写真である。



図6 ツイーターRの取り付け位置写真 中心に写っているのが右側のツイーター



図7 ツイーターLの取り付け位置写真 中心に写っているのが左側のツイーター

3.4.1.3 ウーハーL/R

ダイナオーディオMW - 160である。

音楽信号の中音域を担当する。おおよそ80 Hz以上4 KHz未満

取り付け位置はドアである。

図8、9はウーハーL/Rの取り付け位置写真である。



図 8 ウーハーRの取り付け位置写真 板の穴に見えているのが右側のウーハ -



図 9 ウーハーLの取り付け位置写真 板の穴に見えているのが左側のウーハ -

3.4.1.4 サブウーハー

JLオーディオ12W6

音楽信号の低音域を担当する。おおよそ80Hz未満

取り付け位置は荷台でボックスに入っている。

図10はサブウーハーの取り付け位置写真である。



図 10 サブウーハーの取り付け位置写真 右側に見えているのがサブウーハ -

タイムコレクションのスピーカーの調整は上に示した 5 チャンネルで行う。

3.4.1.5 設定値

実験場所

運転席

運転席と助手席の間

外

表 1 は設定場所と各スピーカーの距離である。

	ツイーター-L	ツイーター-R	ウーハ - L	ウーハ - R	サブウーハ -
運転席	120	85	115	85	160
真ん中	100	100	100	100	150
外	300	300	300	300	75 (c m)

表 2 は距離を計算式にいれて設定値を出したものである。

	ツイーター-L	ツイーター-R	ウーハ - L	ウーハ - R	サブウーハ -
運転席	1.15	2.2	1	2.2	0
真ん中	1.45	1.45	1.45	1.45	0
外	0	0	0	0	6.55 (m s)

3.4.1.6 運転席に設定して運転席で試聴の結果

初めに基本的な設定で運転席を基準にし、タイムコレクションを使わないときと比べてみた。ボーカルの歌声がはっきりと現れてきてまるで目の前で歌っているような感じがした。スピーカーから聞こえてくるのではなくあたかも目の前にスピーカーがあるかのようです。5 つのスピーカーから耳えと到達するタイミングがまとまっている証拠である。

3.4.1.7 運転席に設定して助手席で試聴の結果

運転席と助手席ではかなりの差があった。助手席では一番近い左のスピーカーから聞こえてきて極端に言うと左からしか鳴っていないような感覚である。

3.4.1.8 真ん中に設定して運転席で試聴の結果

運転席に設定した時と比べるとボーカルの歌声が正面で聞こえなくなり一つ一つの音のキレが悪くなった。そこで自分が真ん中に寄って聞いてみると運転席に設定した時と同じ音のまとまりになった。理想的な位置であるために一番まとまりが良い音でした。真ん中では常に聞く事ができないので、この設定は運転席で聞くには必要がないが助手席に人が乗る場合の時には二人が平等に聞く分には良い設定である。

3.4.1.9 外に設定して外で試聴の結果

外の設定では車の後部から 40 センチの所で設定した。サブウーハ - が目の前にあるのが遠くにあるツイーターやウーハ - の音が負けていなかった。運転席で聞いてみたところサブウーハ - の音が全くといっていいほど聞こえ無くなった。試聴してみてこの設定が一番実用性が無い。

3.4.1.10 真ん中の設定で外で試聴の結果

外に設定した時と比べるとサブウーハ - が強く出ているような感じがした。それは設定から一番先にサブウーハ - から音が出ているからである。

3.4.1.11 タイムコレクションのまとめ

タイムコレクションは車内のスピーカー取り付け位置の問題を解決できる一つの手段といえる。全体を通して分かった事は音の出るタイミングの早いスピーカーが一番大きく聞こえる事が分かり、バランスがしっかり取れているとスピーカーの位置に関係無く目の前で全ての音がまとまって聞こえる事がわかった。これから先この技術は多くのデッキに搭載されるだろう。

3.4.2 クロスオーバー

クロスオーバーはスピーカーに合わせて周波数を分ける機能です。今回使用したスピーカーはツイーター（高域再生）、ウーハ -（中域再生）、サブウーハ -（低域再生）を使いました。なぜこういった機能があるのかというと、フルレンジ（一つのスピーカーで全帯域を再生する）は再生周波数の幅が広いが一つで全ての仕事をしなければいけないので、限界がある。そこでスピーカーを増やして高域や低域を分けて鳴らすことで限界を上げることが出来る。クロスオーバーは分け方で音のバランスがうまくいかない事がありツイーターとウーハ -、ウーハ - とサブウーハ - のつながりが悪くなってまとまった音が出ない。今回はスピーカー間のつながりに注目した。こういった調整にはプロがいます。プロでも苦労する所なので、自分の耳で高度な調整をする事が出来ないのだが、いろいろと試しているうちに分かった事がたくさんあった。

3.4.2.1 設定方法

クロスオーバーはどのように調整するのか説明する。はじめにスピーカーの再生周波数を知り、大体どの辺りで他のスピーカーと分けるのかを割り出した。そこで調整の決め手となるカットオフ周波数とスロープがある。

カットオフ周波数とは指定した周波数から音を切り始めるポイントのところである。スロ

ープはカットオフ周波数から減衰していく度合いのことである。あまり極端な減衰をするとつながりが悪くなる。

そして実際に設定をしてみた。ツイーターの低域の限界とウーハーの高域の限界というふうに設定していった。

ここでは最初の設定を基準にしてどのような変化をするか試みた。

変化の実験を実験した。

3.4.2.2 ツイーター

ツイーターだけを鳴らしてみてもカットオフ周波数（ハイパス）を変えてみた。ツイーターの周波数は1 kHzまで下げられるので徐々に下げていくと、ボーカルや楽器の音がだんだんと聞こえてきた。これは1 kHzから4 kHzの間に入っている周波数の音が出てきたからだと言える。

ここでどのような音が出てき始めたかを覚えておいてウーハーの音との出具合と調整すればバランスが取れる。

次にスロープ調整をしてみた。スロープの減衰が6～30の6ステップで出来るのでカットオフ周波数は4 kHzに固定しておいて変化を試した。

スロープの減衰を上げていくとボーカルの音が無くなっていき、4 kHz以上の高い音だけしか出ていない事がわかる。逆に減衰を下げていくとボーカルの音が出てきた。

この事からボーカルの声が4 kHzではほとんど出ていない事がわかった。

3.4.2.3 ウーハー

次にウーハーだけを鳴らしてみた。ウーハーのカットオフ周波数（ローパス）を2.8 kHzから上げていくとボーカルの音が徐々に鮮明になっていった。

スロープの減衰を上げていくとだんだんとボーカルの音が無くなっていき徐々に遠くなっていくような感じだ。

カットオフ周波数（ハイパス）も変えてみた。ここでは63 Hzを基準に上下してみた。上げていくと低音が無くなり軽い音になっていった。逆に下げていくと低音が強くなっていった。ウーハー自体の低域再生周波数の問題であまり変化がみられなかった。

3.4.2.4 サブウーハー

最後にサブウーハーです。カットオフ周波数(ローパス)63 Hzを中心に上下をしてみた。200 Hzまで上げていくと少しですがボーカルの音が入ってきたのが分かった。限界まで下げていくと低音が無くなり聞こえなくなった。63 Hzで固定してスロープの減衰を変えてみた。6と12の間で大きな差が見られた。12では低音しか鳴っていなかった音が6に変えたときにボーカルの音が入ってきた。これは減衰を下げたために上の方の周波数が出てきたためである。

3.4.2.5 クロスオーバーのまとめ

スピーカーが担当する音が調整によって徐々に変化していきツイーターなら高音担当というような定義が確実なものになった。やはりスピーカーは再生周波数内の音しか出せない事も分かった。スピーカー間のつながりまでは時間の関係で出来なかったもののバランスをとるための必要な知識がついた。あと時間をかければかけるほど発見があることに気づきプロの世界があることも納得できる。

第4章 結言

実験や調査を通して車内環境の悪さを再認識した。タイムコレクションやクロスオーバーによって、車内での音楽の有りかたが変わった。車内という悪い環境でもいろいろな対策をしていくと、車内というのを感じさせない良い結果が出た。

デジタル機器での調整は3ヶ月ほどの時間を費やした。そこまでやらないと微妙な変化が分からなかったからである。しかしこの事からデジタルの調整精度は普通の人の耳では感じる事の出来ないほどの精度で調整できることが分かった。

最後に車室内環境は今後のデジタル機器の発展によって、ホールに負けないような臨場感やホームオーディオのような正確さを超えるような技術の発展をしていくと思う。

参考文献

- ・ アルパイン株式会社 アルパイン2002年後期カーオーディオカタログ

謝辞

この研究にあたって終始にわたって指導をして下さった坂本教授や研究室の皆さんに感謝します。またガレージショウエイの方々にもお世話になり、この場を借りてお礼申し上げます。