

トリプルエアドライブ 4 Wayスピーカシステム “ α 4590 B”

4 Way Triple Air Drive Speaker System “ α 4590B”

平 本 光 浩⁽¹⁾ 神 野 勝⁽²⁾ 岡 田 貴 穂⁽³⁾
Mitsuhiro Hiramoto Masaru Kamino Takaho Okada

井 上 宏 幸⁽⁴⁾
Hiroyuki Inoue

要 旨

近年、カーオーディオ市場では、デジタルオーディオの普及にともない、音質の追求がますます進んでいる。その中で、ボックススピーカは、若年層を中心に依然として大きな需要が見込まれている。

本システムは、デジタルオーディオ機器の高音質な音響特性を、車室内の限られたスペースという環境下で、十分に引き出すべく、トリプルエアドライブ方式という新技術を採用し、再生周波数帯域の拡大（特に重低音再生）に重点をおいて開発した。

本稿では、トリプルエアドライブ方式 4 WAYスピーカシステム、“ α 4590 B” の設計の要点を紹介する。

Recently, In the car audio market, high quality sound is increasingly required with the progress of digital audio equipments. There is still a great demand for box speakers, especially among young generation.

This system has been developed by adopting a new “triple-air-drive” system in order to get broader reproduction frequency range and high-fidelity characteristics of digital audio equipment in the limited car compartment.

This report introduces the design key points of a “triple-air-drive” 4 way speaker system “ α 4590B” briefly.

(1)、(4) AVC本部機構技術部 (2)、(3) AVC本部システム開発部

1. はじめに

一般的に車載用のリヤスピーカは、図-1のよう
に、ボックスタイプと埋め込みタイプに分類さ
れる。市場の販売状況は、より低音再生のできる
埋め込みタイプに推移している。しかし、絶対量
としては、若年層を中心に依然としてボックス
タイプの大きな需要が見込まれている。

このボックスタイプの特長は次のとおりである。

- ①埋め込みタイプのようにスピーカユニットが
リヤトレイからトランクルームの方向に飛び
出さないため、取付け性が良い。
- ②車両背面から見たときの見栄えが良く、スピー
カの存在感がある。
- ③ボックス背面にブランドや商品名を表示する
ことにより、宣伝効果がある。

このように、ボックスタイプのスピーカは多くの
長所があるが、反面次のような短所もある。

- ①取付けスペースの関係上、ボックス容量が限
定されるため、3ℓ程度が限度である。
- ②そのため、ウーハユニットの口径が13cm程度
までしか使用できない。

このような条件では、音楽再生に重要な低音を充
分に引き出すことができない。

そこで、ボックスタイプの低音再生能力を増強
し、競争力のある商品を目指しトリプルエアドラ

イブボックススピーカ“α4590B”を開発した。

2. 開発のねらい

2. 1 デザイン

約100車種のリヤトレイやリヤウインドの形状
を調査し、デザインを決定した。

1) デザインコンセプト

世の中のデザインの流れを見ると、メカニカル
なものから柔かみ、丸みのあるものと移り変わっ
て来た。そして、これからは柔かみの中にグラマ
ラスやシャープさを兼ね備えたフォルムに変わっ
ていく傾向にある。少し前までは、無かったよう
な三次曲面をふんだんに取り入れたボディ形状や
変形ライトなどを使ったデザインが主流になって
いる。そして、'91東京モーターショーの中で見
られるデザインの変化もこういった傾向が強くなっ
ている。

これら、車のデザインの流れに対応して、デザ
インしたボックス型スピーカが、今回のα4590B
である。安定感と迫力のあるフォルムは、今回の
スピーカが重低音再生をコンセプトにしているた
め、重低音をイメージしたものである。

また、スピーカを設置したとき、外側が浮いて
来ているのは、安定感の中にシャープさと伸びや
かさを表現したものであり、しかも最近のリヤト
レイの形状へも対応し、取付け車種の拡大をも狙っ
たものである。

以上のように今回のα4590Bは、車両のデザ
インとマッチし、『どこから低音が出ているの』と
いう意外さと、リヤトレイ装着時の存在感を与
えるデザインを追求した。(図-2)

2. 2 音響性能

デジタルオーディオ機器の普及にともない、ス

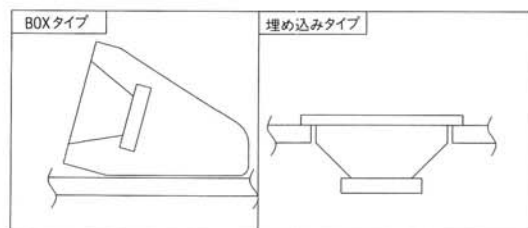


図-1 車載用スピーカ
Fig.1 Car speaker



図-2 “α4590B”のスピーカ外観図
Fig. 2 “α4590B” speaker

ピーカシステムの広帯域、高忠実再生が要求されている。これに対して従来のボックスタイプスピーカは、車両条件などにより、低音域が十分に再生することができない。この大きな要因として、埋め込みタイプのように重低音再生に必要な大口径スピーカを取付けることが困難である。さらに埋め込みタイプは、トランクルームをキャビネットとして利用しているのに対し、ボックススピーカは1〜3ℓ程度のキャビネット容量しか確保できない。

そこで、ボックススピーカの利点を生かしながらウーハユニットに埋め込みタイプと同等の大口径スピーカを取付け、なおかつトランクルームをキャビネットとして利用することで、従来のボックススピーカでは再生困難であった100Hz以下の低音再生を可能とし、デジタルソースの重低音を十分に引き出すことをねらいとして、トリプルエアドライブ4WAYスピーカシステムα4590Bを開発した。

3. 基本仕様

本スピーカの開発にあたり、高音質化はもとよ

り定量的目標値として耐入力、最大出力音圧、再生周波数帯域などを以下のように設定した。

3. 1 耐入力

本スピーカシステムと接続されるαシリーズのアンプ(α5000M、α3000M)とのパワーマッチングを考えると、アンプの定格出力以下でスピーカを駆動するのがよく、このとき必要な音圧や音質をスピーカで作り込む必要がある。

そこで、アンプの定格出力125Wに対して、瞬間最大入力を150Wに設定した。

3. 2 ダイナミックレンジ

ダイナミックレンジとは、音の強弱の幅をいうが走行時の車室内においては騒音レベルが高く、しかも低域ではマスキング効果のためダイナミックレンジが小さくなる。そこで、ダイナミックレンジを充分確保するには、最大音圧レベルを大きくすることが必要であり、特に低域での音圧確保が必要である。

一般的に音楽を聞く場合、もっとも適した音圧は、聴取位置からみると平均音圧レベルで、80〜85dB、さらに瞬間的には100〜105dBが必要となる。

自由空間での音圧は、試聴点での音圧を $P(\text{dB})$ 、音源からの距離を $L(\text{m})$ 、スピーカ出力レベル $P_0(\text{dB})$ とすると、

$$P = P_0 - 20 \log L \quad (1)$$

という関係が成り立ち、また最大出力音圧レベル P_{max} は、最大入力を W_0 (W)とすると、

$$P_{\text{max}} = P_0 + 10 \log W_0 \quad (2)$$

と表すことができる。

車室内空間は、閉鎖された限定空間であり自由空間とは異なるが、低域において放射効率が上がることを考慮すると、自由空間での音圧を再生で

きるスピーカは、車室内での要求音圧を満足すると考えられる。

以上のことから、α3000M (60W) の定格出力で、出力音圧レベル105dBを実現するためには、試聴距離が約1mであることを考慮して、スピーカの平均音圧レベルを約88dB/W・mとする。

3. 3 再生周波数帯域

人間の可聴周波数帯域は、20Hz～20kHzと言われており、この帯域を車室内において一様な音圧で再生するのが理想であるが、車室内では無響室に比べると低域での放射効率が上がる傾向にあり、この放射効率を考慮して本スピーカでは、無響室での低音再生限界周波数を50Hzと設定した。

4. 設計の要点

4. 1 構造

4. 1. 1 基本構造

図-3に示すように、キャビネット構造には密閉タイプとバスレフタイプがあるが、ここではバスレフタイプの構造について簡単に説明する。

図-3bはバスレフスピーカの基本構造である。このバスレフタイプのキャビネットには、ポート

が設けられており、背面の音を特定の周波数で共振させる構造になっている。ポートで共振された背面の音(図-4a)は、その共振周波数より高い周波数で位相が180°反転(図-4b)し、スピーカユニット前面から出る音と同じ位相で出力される。

このような構造により、低音を増強しようとする方法がバスレフスピーカの特長で、密閉型スピーカに比べ次のような利点がある。

- ①低音の均一再生限界を音圧を下げずに広げることができる。
- ②低音再生限界周波数付近でスピーカの振幅歪みを減少させることができる。
- ③密閉型キャビネットに比べ、キャビネットの容積を小さくすることができる。

これらの利点を式で表すと以下ようになる。

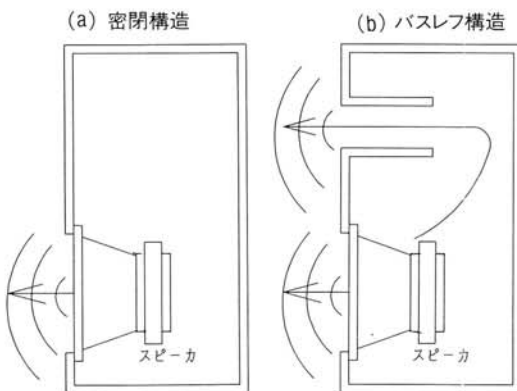


図-3 ボックススピーカ構造図
Fig. 3 Box speaker structure

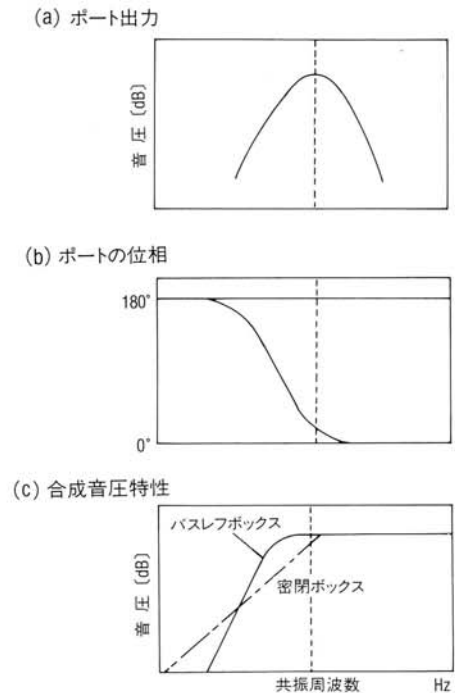


図-4 バスレフ特性
Fig. 4 Bass-reflex characteristic

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{M_0}}$$

$$S = S_0 + S_c$$

$$S_0 = M_0 (2\pi f_0)^2$$

S_0 : 振動板等価スティフネス

S_c : キャビネットの等価スティフネス

M_0 : 振動系等価質量

f_0 : 最低共振周波数

この式からもわかるように、キャビネット容量が小さい場合、単にスピーカユニットの口径を大きくしても、 S の値は S_0 の値に依存し、 f_0 は小さくならないため、低音再生は困難である。

このことから、重低音を効率よく再生するには、キャビネットの容量を大きくとり、それに応じてスピーカユニットの口径を大きくする必要がある。

4. 1 2本スピーカの構造

前述のように、キャビネットの容量を大きくとりウーハユニットの口径を大きくすることが、より重低音再生するための条件となる。

しかし、車載用のボックススピーカでは、取付けスペースの関係上、キャビネットの大きさが制限されるため、ウーハユニットの口径も必然的に小さくなってしまう。

そこで、トランクルームをキャビネットに利用することにより、容量を確保し、かつウーハユニットをトランクルームに向けて取付ける構造により、従来のボックススピーカよりも大口径のウーハユニット（ $\phi 16\text{cm}$ ）が使用可能となった。

4. 2 重低音再生

ここでは、リヤトレイに設ける穴の大きさやポー

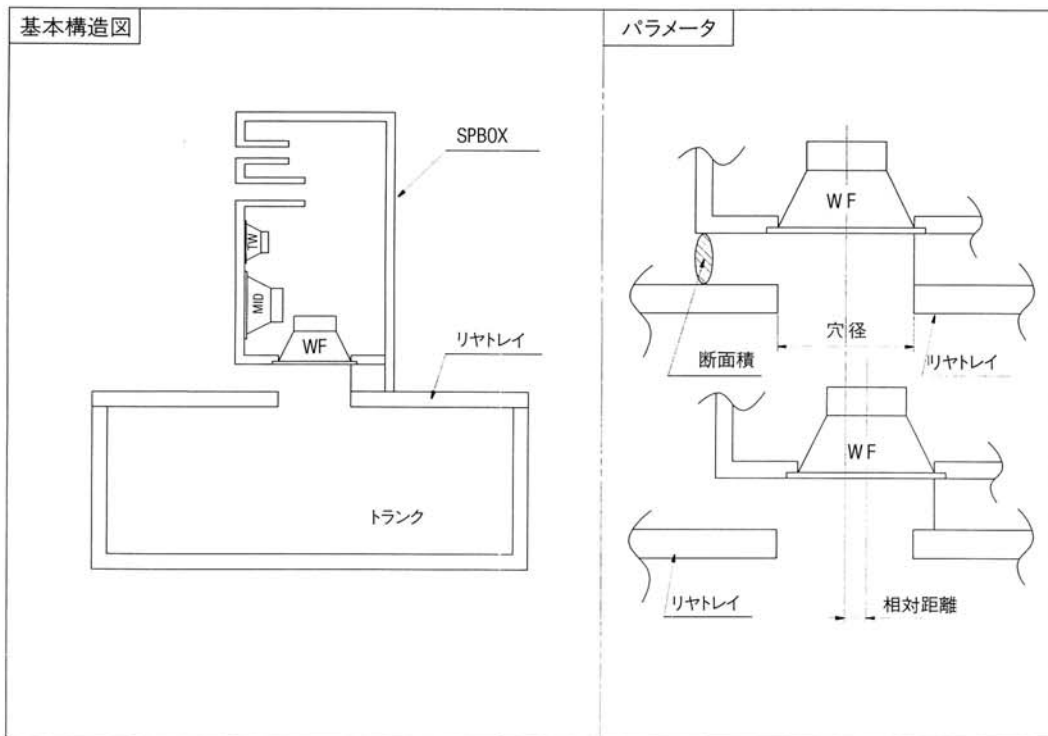


図-5 実験モデルの測定パラメータ

Fig.5 Construction of box speaker model

トの形状、さらにはトランクルームの容量等により、低域の特性に影響があると考えられるため、これらの相関関係を把握し、設計に必要なスペックを決定するための基礎検討を実施した。

4. 2. 1 無響室での検討

ウーハユニットに口径16cmのユニットを使用したモデルを作成し、当社無響室にて周波数特性を測定した。実験モデルの基本構造と測定パターンを図-5に示す。(図-5)

1) 測定装置

使用した測定装置のブロック図を図-6に示す。

2) 評価指標と結果

評価指標としては、音圧特性の他に歪み特性や立ち上がり特性、位相特性など、数多くあげられるが、今回は音圧のみを指標とした。

①スピーカ設置位置の穴径とウーハユニットとの相対距離の影響。

トランク容量=200ℓ
ポート開口面積=26cm² } を固定し、
穴径=φ130mm、φ145mm、
穴との相対距離=0mm、60mmのそれぞれ2

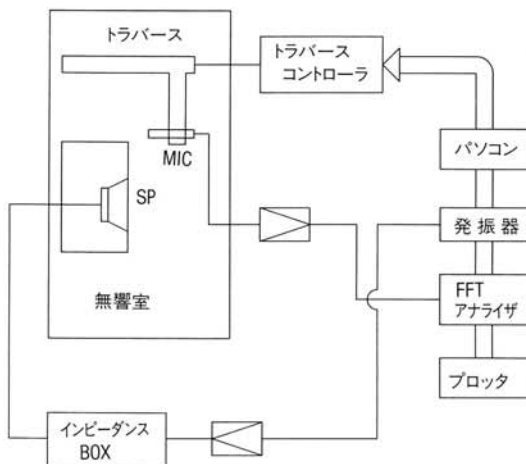


図-6 測定ブロック図

Fig.6 Block diagram of frequency measurement

条件に対する測定結果を図-7に示す。横軸は一般的な対数表示ではなく、リニアスケールで表している。

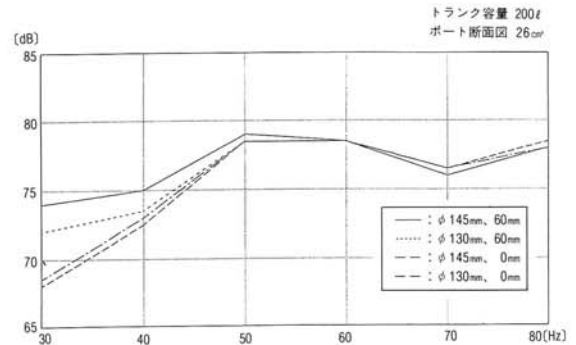


図-7 穴径、相対距離による音圧変化

Fig.7 Result of frequency measurement

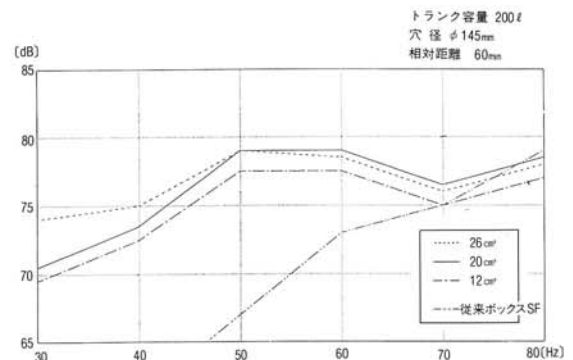


図-8 ポート断面による音圧変化

Fig.8 Result of frequency measurement

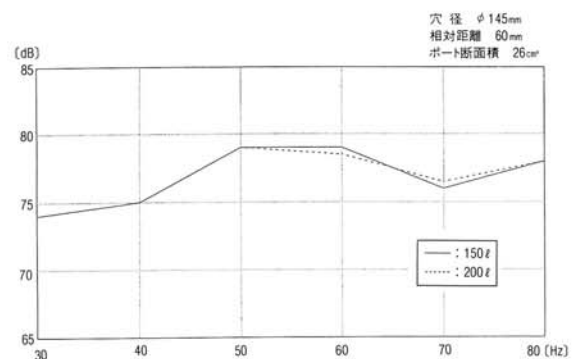


図-9 キャビネット容量による音圧変化

Fig.9 Result of frequency measurement

この結果、穴径 $\phi 145\text{mm}$ 、相対距離 60mm の時に $30\text{Hz} \sim 60\text{Hz}$ で効果が最大となることがわかる。

②ポート開口断面積の影響。

トランク容量 = 200ℓ
 穴径 = $\phi 145\text{mm}$
 穴との相対距離 = 60mm

を固定し、
 ポート開口面積 = 26cm^2 、 20cm^2 、 12cm^2 の 3 条件に対する測定結果を図-8に示す。この図では、当社の同価格帯のボックススピーカおよび $\phi 16\text{cm}$ 同価格帯のボックススピーカおよび $\phi 16\text{cm}$ の埋め込みタイプのスピーカの特性も合わせて比較した。その結果トランク容量 200ℓ 、ポート開口面積 26cm^2 で効果が最大となることがわかる。また、従来のボックスタイプや埋め込みタイプと比較しても、 $30\text{Hz} \sim 70\text{Hz}$ の重低音域での再生能力が改善されていること

がわかる。

③キャビネットの容量変化による、低域特性の影響。

穴径 = $\phi 145\text{mm}$
 穴との相対距離 = 60mm
 ポート開口面積 = 26cm^2

を固定し、

キャビネット容量 = 200ℓ 、 150ℓ の 2 条件に対する測定結果を図-9に示すが、キャビネットの容量変化に対しては、低域特性に対する影響は小さく、穴径やその他の要素の方が大きいことがわかる。これは、車両のトランクルームの容量の差や荷物などを積んだ時の容量変化に対しても有効である。

これらの検討結果により、それぞれの条件を満たせば当初の狙いどおり、重低音域での音圧レベルが向上することが確認できた。

以上の検討結果を踏まえ、以下のように重低音再生に関する仕様を決定した。

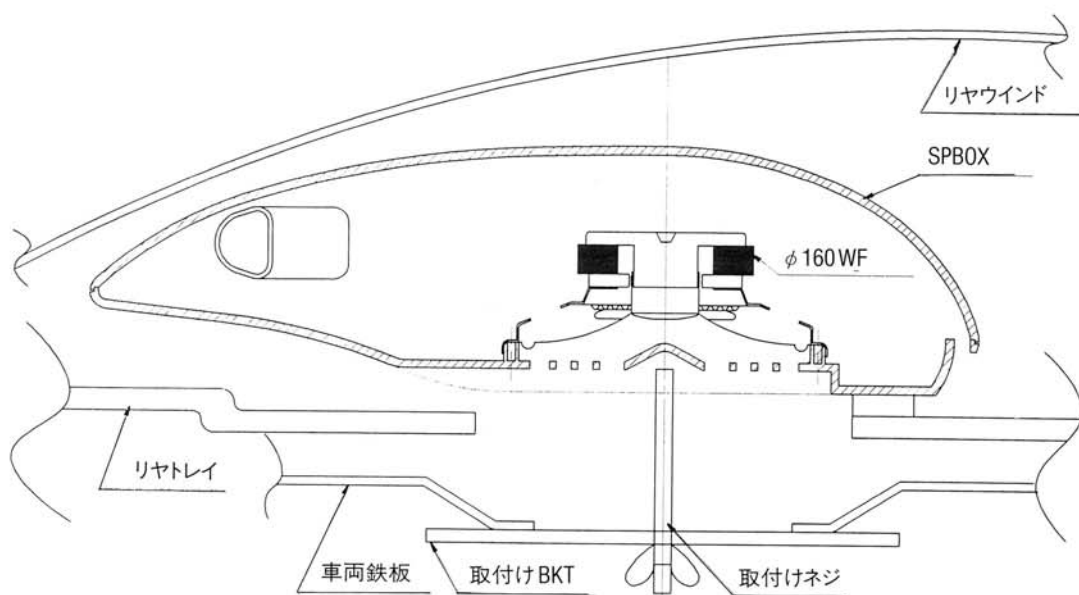


図-10 $\alpha 4590\text{B}$ 構造図
 Fig.10 $\alpha 4590\text{B}$ structure

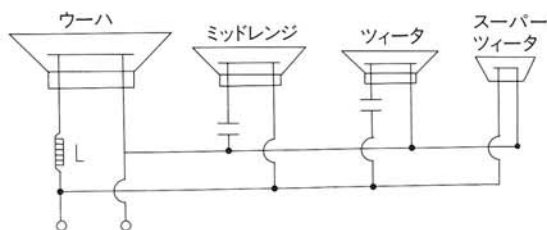


図-11 ネットワーク接続図

Fig.11 Network

4. 2. 2 重低音再生に関する仕様

- ①ウーハユニットを逆向きに取付けることにより、 $\phi 16\text{cm}$ ウーハユニットを採用。
- ②純正スピーカの穴を利用して、ウーハユニットの前圧をトランクルームに伝えることにより、キャビネット容量を確保。
- ③デザイン的にバスレフポートを長くできないため、ツインポートを採用。
- ④トランクルームからの音を車室内に出すためキャビネットとリヤトレイで形成するポート部のキャビネット側をホーン状にし、効果を増大させた。図-10参照

4. 3 中高域の再生

本スピーカは4WAY構成とし、ミッドレンジには口径7cmのコーンタイプユニット、ツイータには口径4cmのコーンタイプユニット、スーパーツイータには1.5cmのセラミックタイプを採用した。また、ミッドレンジとウーハの音のつながり

表-1 性能表

耐 入 力	150W (MUSIC) 50W (定格)
出力音圧レベル	89dB $\pm$ 2 dB at 1 w、1 m
再生周波数帯域	30Hz $\sim$ 27kHz
インピーダンス	4 Ω $\pm$ 0.6 Ω at 400Hz
外 形 寸 法	W410 $\times$ D190 $\times$ H113
重 量	2 kg

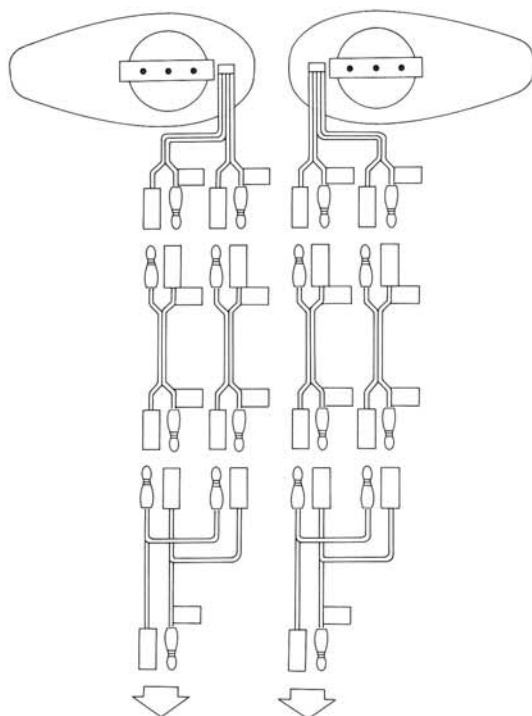


図-12 バイワイヤリング接続図

Fig.12 Connection diagram

を良くするため、トランクルームに放射する音の一部を車室内に取り込むためのプロジェクションイコライザをキャビネットに設けた。

4. 4 ネットワーク

ディバイディングネットワークにより、良好な帯域を分割して取り出した。

図-11にネットワーク接続図を示す。

本スピーカシステムのクロスオーバー周波数はそれぞれ、600Hz、4 kHzとした。

4. 5 バイワイヤリング接続対応

本スピーカは、より高音質にするため図-12に示すようなバイワイヤリングが可能なコード対応とすることで、ユニット間の逆起電力を防止し、歪みの低減を図った。

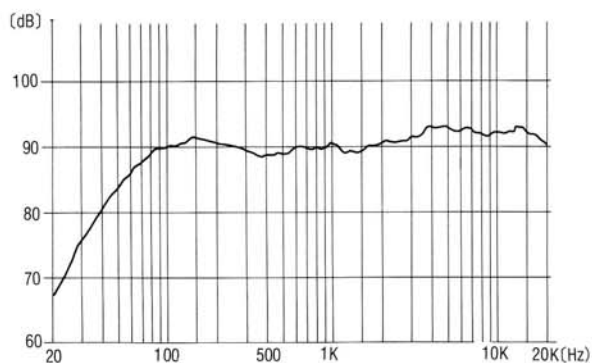


図-13 α4590Bの無響室周波数特性

Fig.13 Frequency characteristics of α4590B in a anechoic room

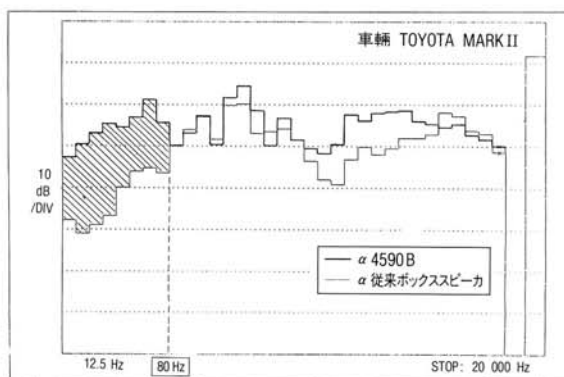


図-14 α4590Bの車室内周波数特性

Fig.14 Frequency characteristics of α4590B in a car

5. 諸 元

5. 1 性能表

本スピーカの性能を表-1に示す。

5. 2 性能グラフ

本スピーカの無響室での周波数特性と、車室内での周波数特性を図-13、図-14に示す。

6. む す び

今回開発したトリプルエアドライブスピーカは従来のボックススピーカに比べ、30Hz～60Hzの重低音域における音圧を向上させると共に、この帯域での歪みを改善することができた。

また、複雑なデザインであるにも関わらず、上下組み付け構造の実現により、金型構造の単純化も図れた。

なお、本スピーカは、平成3年10月に発売され、音質的にも価格的にも好評を得ている。

今後は、トランクルームの容量や低域の音圧に大きな影響を与えているトランクポートと穴径による相関について、定量的な解析を進めると共に音質面においても、さらに検討を重ね、よりコストパフォーマンスの高い製品の開発を進めていく所存である。

参考文献

1. 山本武雄：スピーカ・システム（上下）、ラジオ技術社（1977）
2. 山本武雄：Hi-Fiスピーカとその活きた使い方、誠文堂新光社（1977）
3. 佐伯多門：スピーカ&エンクロージャ百科、誠文堂新光社（1981）