

特集：新型ロードスター

11

新型ロードスターBose®サウンドシステムの開発 Bose® Sound System for All-New Roadster

若松 功二*1 手島 由裕*2 池田 竜太*3

Koji Wakamatsu

Yoshihiro Teshima

Ryuta Ikeda

毎熊 亮*4

Ryo Maiguma

要約

ドライブシーンに応じて開閉されるコンバーチブルトップ、限りなく削られた車両重量、迫力あるエキゾーストノートなどの要素は、「走る楽しみ」としてロードスターの大きな魅力となっている。一方で、これらの要素はプレミアムサウンドシステムの成立には不利な条件といえる。今回開発した新型ロードスター用Bose®サウンドシステムでは、システム選定段階からBose社と共同でこれらの課題に取り組むことで不利な条件を克服し、オープンスポーツカーにより相応しいプレミアムサウンドシステムを実現した。

搭載された七つのスピーカは、いずれも軽量かつ強力なネオジウム磁石を採用しており、車重増の抑制と高音質化を両立した。デジタル・イコライザ（以下EQ）内蔵アンプは、コンバーチブルトップの開閉に応じてそれぞれ専用のEQを持ち、AUDIOPILOT™（走行ノイズ補償システム）を搭載する。開発においては、キャビン内の何百ポイントにも及ぶ音響データを取得し解析することで、車室内音場を正確に把握した。これらをもとに、最新の音響チューニング技術とヒトの感性との融合により、自然な周波数特性、音楽の持つ空間的な広がり、正確なステレオイメージを再現することができた。

本稿は、新型ロードスターに搭載したBoseサウンドシステムの概要及びその技術概略について紹介する。

Summary

With a dynamic EQ change, the Bose® Sound System automatically adjusts its premium performance, whether the top up or the top down. This is just one example of how the Bose Sound System specifically designed for all-new Roadster has made its significant evolution from the second generation Roadster's system. The fact is that a compact light-weight open sports car presents many more challenges in the development of a good audio system than those of typical sedan types.

The Bose sound system for all-new Roadster realized a suitable premium sound system for the convertible sports car, by tackling these challenges in collaboration with Bose from a system selection phase. The technologies such as AUDIOPILOT™ noise compensation, digital EQ amplifier and high-performance, lighter-weight Neodymium magnets in all speakers have been incorporated in the basic design and function of the system. We took more than hundreds of individual acoustic measurements in all-new Roadster. The collected data was used to engineer the sound system specifically for the acoustics of the cabin, top open / closed and down to the interior material options, thus a natural frequency response, great sound stage and accurate stereo imaging were achieved through the fusion of the newest sound tuning technology with human sensitivity.

This paper introduces the efforts put into the development of the successful premium audio system by Mazda and Bose for all-new Roadster.

*1~3 電子開発部
Electrical & Electronics Development Dept.

*4 ボーズ・オートモーティブ(株)
Bose Automotive K.K.

1. はじめに

ドライブシーンに応じて開閉されるコンバーチブルトップ、コンパクトなコックピットのレイアウト、無駄を許さないスポーツカーの重量コントロール、迫力あるエキゾーストノートなどの要素は、「走る楽しみ」としてロードスターの大きな魅力である。

一方で、これらの要素は、プレミアムサウンドシステムを成立させるには不利な条件といえる。コンバーチブルトップ開閉によるキャビン形状の変化は、一台の車が異なる二つの音響空間を有することを意味し、軽量かつコンパクトな車両設計は、理想的なスピーカ配置を難しくする。更に、ロードノイズやエンジンサウンドは、快適に音楽を楽しむ妨げとなる。

2代目ロードスターのBose®サウンドシステムでは、スポーツカーに求められる軽量化と低音域のパワーあふれるサウンドを両立するため、当時新設計の薄型軽量ウーファや高出力スイッチングアンプを搭載し、これに応えてきた。

今回開発した新型ロードスター用Boseサウンドシステムでは、システム選定段階からBose社と共同で開発を進め、2代目ロードスター以降に実用化された新技術を駆使することで、先に述べた不利な条件の更なる克服に取り組んだ。その結果、コンバーチブルトップクローズドとオープンでそれぞれ専用の音響チューニングを施し、走行ノイズ補償システムを搭載するなど、オープンスポーツカーにより相応しいサウンドシステムを実現することができた。

以下、システム概要及びその技術概略について紹介する。

2. システム概要

新型ロードスター用Boseサウンドシステムの搭載レイアウトをFig.1, コンポーネント写真をFig.2, システムダイヤグラムをFig.3に示す。

システムは、二つの20cm Nd™ウーファと、五つの8cm中高音域用スピーカ、4チャンネルデジタルEQ内蔵アンプ、AUDIOPILOT™用マイクロフォン、Boseシステム対応ヘッドユニット、コンバーチブルトップ開閉スイッチから構成される。

2.1 20cm Nd™ウーファ

両ドア前方下部のドアモジュールに締結される口径20cmのNdウーファは、小型で強力なネオジウム磁石を採用し、駆動部をスピーカ前面に配置する特殊な構造により、ウーファの軽量化、薄型化を達成している。限られたキャビンスペースにジャストフィットするコンパクトさを有しながら、最大で25mm強というコーン紙の前後可動量(コーントラベル)により、迫力ある重低音再生を実現している。ちなみに、一般的な構造を持つ同サイズのウーファのコーントラベルは10mm程度である。



- ① Dashboard center : 8cm mid-high range speaker
- ② Door : 8cm mid-high range speaker
- ③ Door : 20cm Nd™ woofer
- ④ Back trim center : two 8cm mid-high range speakers
- ⑤ Under steering column : Microphone for AUDIOPILOT™
- ⑥ Behind the rear bulkhead : Bose® 4channel digital EQ amplifier
- ⑦ Headrail : EQ mode change switch

Fig.1 Bose® Sound System for All-New Roadster



Fig.2 Bose® Sound System Components

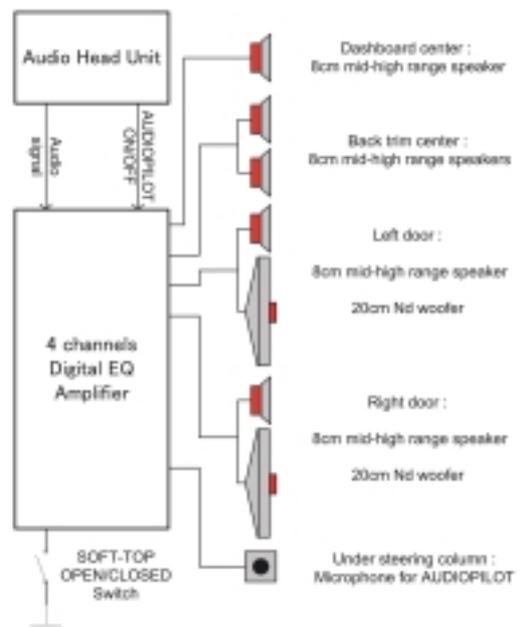


Fig.3 System Diagram of All-New Roadster

2.2 8cm中高音域用スピーカ

キャビン内に五つ搭載される口径8cmの中高音域再生用スピーカは、小型で強力なネオジウム磁石を使用し、五つで合計675gと軽量化を実現しつつ、従来の中高音域用スピーカと比較して、音質向上はもちろん、走行状態でも音の明瞭度を保ち得るパワーを有している。

そのうちの一つは、新型ロードスターに新たに採用されたフロントセンタースピーカとして、ボーカルのイメージの定位や目の前に広がる音の豊かさの向上に寄与している。また、二つのリヤスピーカは、他の三つの中高音域用スピーカとのバランスをうまくチューニングすることで、前後方向の立体感と、車両中心方向の広がり感の構築に貢献している。

2.3 デジタルEQアンプ

シート後部のトップ収納下に搭載されるアンプは、4チャンネルデジタルEQを内蔵し、2代目ロードスターのアナログEQでは到達し得なかった、きめ細かい音響設計に貢献している。独立した2系統のEQを持つことができ、今回はコンバーチブルトップの開閉に応じて、それぞれ専用のEQ特性が設定される。

2.4 オーディオヘッドユニット (Fig.4, 5)

AM / FM電子チューナとCDプレーヤーを一体化したCDラジオを、Bose®システム専用のライン装着品として



Fig.4 Bose® System Compatible CD-changer-radio



Fig.5 Bose® System Compatible AV-Navigation

設定した(日本仕様はMP3対応6枚CDチェンジャーを搭載) また、ディーラーオプションでは、Boseシステム対応AVナビゲーション(Navigation / AM / FM / TV / FM多重放送 / CD (MP3対応) / DVD / MD等の機能を有する)が選択できる。

3. 音響チューニングにおける注力点

キャビン内においてスピーカから放射された音波は、ガラス面、トリム、シート等に当たり、複雑な反射を繰り返しながら減衰する。更に、リスナーは、距離も方向も異なる七つのスピーカの音を同時に聴くこととなるため、その音響特性は非常に複雑なものとなる。

音響チューニングを実施するにあたり、まず、Bose社の測定システムを用いて、キャビン内の何百ポイントにも及ぶ音響データを取得した。車載状態での各スピーカの特性を個別に測定し、リスナーの体格の違いによるシート位置や乗車姿勢の違い、シート素材の差異までも考慮した分析を行うことにより、キャビン内の音場が正確に把握できた。これらの得られたデータをもとに、最新の音響チューニング技術とデジタルEQの持つ音作りの自由度を最大限に生かし、周波数軸上、時間軸上で、チャンネルごとに最適なEQ設計を行った。

最終的には、リスニング(“ヒトの感性”)による評価を反映させ、自然な周波数特性、音楽の持つ空間的な広がり、と正確なステレオイメージを再現することができた。

なお、以下に述べるように、コンバーチブルトップの開閉状態や、シート素材の違いに対して、音響的に全く別の車両と位置付けて開発に取り組んだため、音響測定、音響チューニング作業は通常の3~4車種分の時間を要した。

3.1 コンバーチブルトップのための専用チューニング

コンバーチブルトップはロードスター最大の魅力の一つである。しかし、コンバーチブルトップがクローズドとオープン状態ではキャビン内の音響特性は全く異なる。

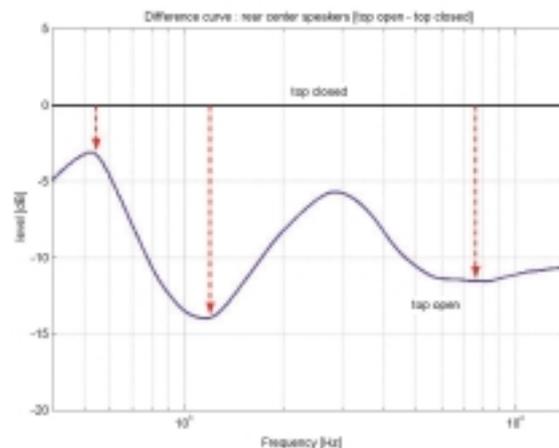


Fig.6 Frequency Response Comparison, Top Open to Top Closed (Rear Speakers - Leather)

例えば、リスナーの背後わずか10cmあまりという、近い距離にレイアウトされているリヤスピーカから放射される音でさえ、音がリスナーの耳に届いた時には、キャビン形状の差によって音響特性の違いが生まれてしまう。

Fig.6は、リヤスピーカ出力のトップクローズド、オープンにおける音圧周波数特性の差をグラフ化したものである。このデータから、400Hz以上の全周波数帯域で音圧に差があり、更に、その差が一様でないことがわかる。

また、トップオープンのキャビン内では、トップクローズドと比べて全般的に音の反射面が圧倒的に少なく、スピーカから放射された音のエネルギーの多くが車室外へ逃げてしまうため (Fig.7), 迫力感の低下は免れない。

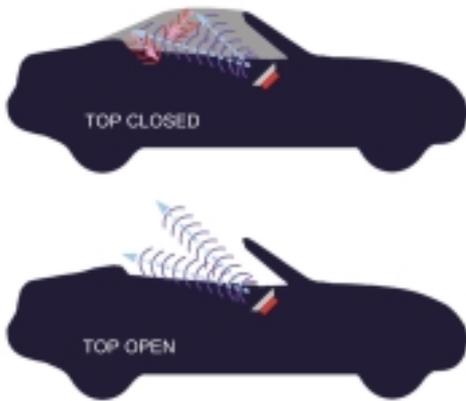


Fig.7 Reflection of Sound (Image Figure)

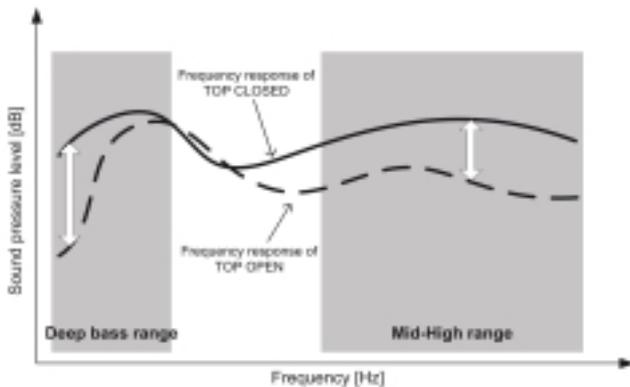


Fig.8 Overall Frequency Response of Top Closed / Open (Image Figure)

以上に述べたように、キャビン形状の差異により、車両トータルの音圧周波数特性 (Fig.8) が影響を受けるほか、音の広がり感やステレオイメージ作りにおいても、それぞれ違ったアプローチを要求されることとなる。

これらの問題を解決するため、新型ロードスターではコンバーチブルトップの開閉状態に対して専用の音響チューニングを施した。これにより、コンバーチブルトップがどちらの状態でも最適なサウンドを楽しむことができる。

コンバーチブルトップの状態は、車両前方のトップ開閉スイッチ (Fig.9) からアンプへと情報が送られ、それぞ



Fig.9 Convertible-top Switch

れ専用のEQが読み込まれる仕組みとなっている。これはDSP (Digital Signal Processor) により、複数のEQセッティングを持つことができるメリットを最大限に生かしたものであり、後述するAUDIOPILOT™機能も、EQと同様にコンバーチブルトップクローズド、オープンの双方に最適化したチューニングが施されている。

3.2 AUDIOPILOT™ (走行ノイズ補償システム)

車の中は静かなリスニングルームではない。快適に音楽を楽しもうとすると、ロードノイズの増減、エンジン音の変化はその妨げとなり、オーディオボリューム調整の煩わしさは、時にドライバの運転に対する集中力を低下させる。

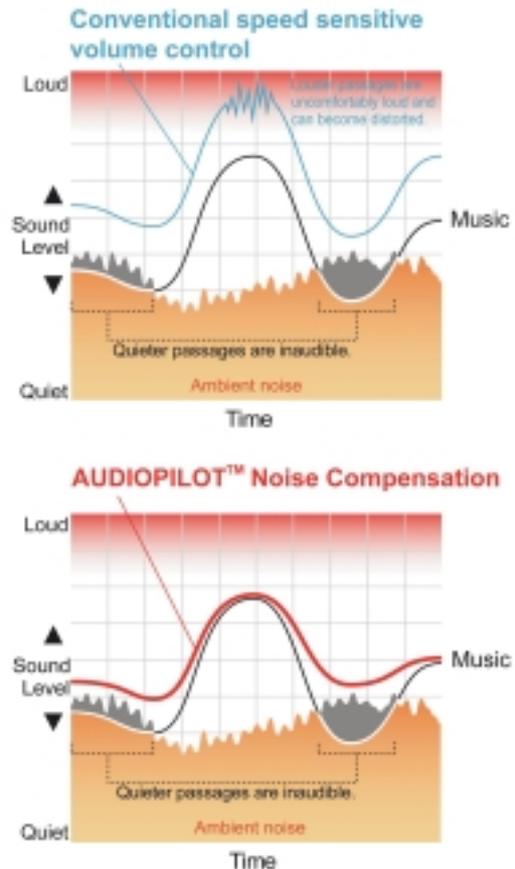


Fig.10 The AUDIOPILOT™ Behavior (Image Figure)

その解決策として、新型ロードスターには、RX-8のBose®サウンドシステムに搭載した、AUDIOPILOT™（走行ノイズ補償システム）を採用した。AUDIOPILOTは運転席ステアリングコラム下にレイアウトされたマイクロフォンによってキャビン内の音響を拾い、音楽成分とノイズ成分をリアルタイムに評価、分離し、ノイズ成分と重なった音楽成分を自動的に補償する技術である。これは言い替えると、ノイズレベルが音楽レベルに対して設定値以上になると、それに応じた出力補正（ブースト）を行うということであり（Fig.10）、外来ノイズレベルが大きいオープンスポーツカーには非常に有効な機能である。この技術によって、リスナーは常にバランスの取れた音質を楽しむことができる。

AUDIOPILOTのチューニングには、ノイズ分離に関するフィルタ等の設定を行う静特性チューニングと、ブースト量に関する設定を行う動特性チューニングが必要である。動特性チューニングでは、テストコースでの高速走行、ベルジャン路走行などに加え、市街地を想定したゴーストストップ走行にも注力した。これら走行モードを総合的に考慮することで、主にオーディオボリュームが小さい時の効果的なノイズ補償と、耳で聴いて違和感のない動作を両立できた。

3.3 シート素材の違いへの対応

布シートは革シートより表面の吸音率が高いため、中高域の音圧レベルが下がる傾向にある（Fig.11）。このシート素材の違いは、キャビン内の音の周波数特性や目の前に広がるサウンドステージの印象までも変えてしまう。

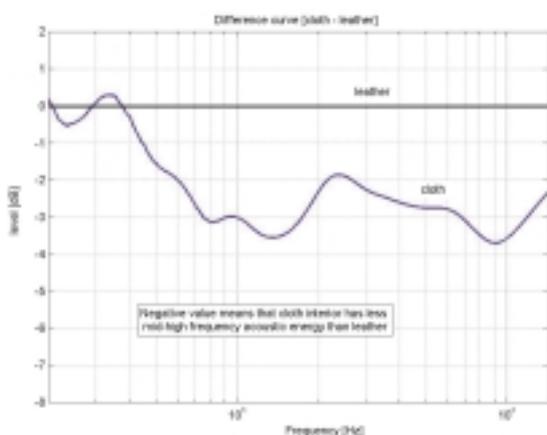


Fig.11 Frequency Response Comparison of Cloth and Leather Seats

今回のシステムでは、この特性差に対しても、測定データとリスニング評価に基づき、布、革それぞれ専用のEQチューニングを施した。アンプに内蔵される2系統のEQには、それぞれコンパチブルトップの開閉状態が設定されるため、布、革シート用のEQについては、シート仕様に合わせた専用アンプを設定することで、ユーザがどちらの車両を選んでも最適な特性が得られるように考慮した。

3.4 その他車両側の対応

キャビン内の形状はハンドル有無によって左右非対称であり、結果的にアンプの左右チャンネルのEQ特性は異なったものとなる。輸出仕様の左ハンドル車では、アンプ入出力に関わるハーネスを国内仕様と左右反転に設定することで、左ハンドル専用アンプを別設定することなく、設計どおりの左右ステレオイメージを得ることを可能にしている。

また、アンプと20cm Nd™ウーファをつなぐスピーカハーネスや、デジタルEQアンプの電源ハーネスは、伝送ロスを抑えるために標準システムよりも抵抗値の小さいものを採用している。

4. おわりに

今回、我々はBoseサウンドシステムを開発し、新型ロードスターのライン装着品として商品化した。本システムは、ここまで述べてきたように、コンパチブルトップの開閉状態に合わせたEQ自動切換や、AUDIOPILOTなどの最新技術の採用に加え、ドア開発、トリム開発、インパネ開発、エクステリア開発、ハーネスシステム開発といった関係部門の多大なる協力の結果、当初の狙いどおり極めて高い音響性能を実現できた。

本稿でその再生音を伝えることはできないが、実際に新型ロードスターに乗って風を感じて走る楽しさとともに、音楽を聴く楽しさを体感していただきたい。

最後に、開発にあたって多大なご協力を頂いたBose Corporation殿、ボーズ・オートモーティブ(株)殿、クラリオン(株)殿、三洋オートメディア(株)殿、三菱電機(株)殿、その他社内外の方々に本誌面をお借りして感謝の意を表します。

著者



若松功二



手島由裕



池田竜太



每熊 亮