

音響開発センターの機能と設備

Function and Facility of the Acoustic Development Center

山 口 宏 記⁽¹⁾ 石 井 啓 太 郎⁽²⁾ 勝 丸 桂 二 郎⁽³⁾
Hiroki Yamaguchi Keitaro Ishii Keijiro Katsumaru

要 旨

1990年11月、当社は、オーディオの研究開発設備として音響開発センターを設立した。

この設備は、一般の音響工学の重要な分野を統合し当社独自の車両音響工学を構築するため、カーオーディオ業界では世界初の“音楽を創る音そのもの”から“車両での音づくり”に至るまでの一貫した音の研究開発を可能とする総合音響開発設備である。

この設備の特徴は、無響室・評価室等の一般的な音響設備に加え、プロユースの録音スタジオと機材を有し、楽音の生音と録音後の音の違いや音楽ソースのちがいに対応した音の加工方法を研究して、カーオーディオへの展開・開発を可能としていることである。

FUJITSU TEN celebrated the opening of its Acoustic Development Center in November 1990.

The acoustic development facility is the first of its kind in the car audio industry, and facilitates our R & D efforts in a wide spectrum of sound creation ranging from the sound of music to the reproduced sound in the vehicle. The Center will play a vital role for us to establish the “vehicular acoustic engineering”, which is a field of engineering developed by ourselves through integration of the principles of acoustic engineering.

A professional recording studio furnished with top-grade devices is incorporated in addition to the general acoustic equipment, such as an anechoic room and evaluation room. Research into the difference between live music and recorded sound will be conducted at this facility as well as sound processing techniques. Such research will give us a great potential for the development and application of the new car audio system.

(1)、(3) 第一オーディオ本部第一技術部

(2) FTCA

1. はじめに

近年、車載用オーディオはHifi指向に伴い高音質化され、その音は高級ホームオーディオの音と比較されるレベルまで高められてきた。また、車のコンセプトに合った音を追求し開発するためには、一般の音響工学にある建築・電気・聴覚等の分野と心理学を統合させた当社独自の車両音響工学の構築が不可欠となっている。

そこで当社は、カーオーディオ業界では世界初の、“音楽を創る音そのもの”から“車両での音づくり”に至るまでの一貫した音の研究開発を可能とする総合音響開発設備を設置した。

本稿では、当社の音づくりに対する考え方、音響開発センターの基本構想とその背景、ねらい・目的等を述べ、各設備について紹介する。

2. 当社の音づくりに対する考え方

2. 1 カーオーディオに要求される音の傾向

車は生活の必需品となり、高級化志向がますます強まるなかで、カーオーディオは従来の付加的な要素から、車の主要な魅力のひとつにまでなっている。さらに、車のコンセプト毎に個性を持ったサウンドが要求されている。

このようなカーオーディオに要求される音の傾向を踏まえ、当社の音づくりの基本方針を従来の「ソースに忠実で車の個性に合わせた音づくり」に加え、「車の大きさの枠を越えて、演奏会場の特等席の音を車の中で実現する音づくり」つまり、演奏会場などの音響空間の実現としている。

これらを実現させるためには、DSP応用技術の開発・評価技術の確立等も不可欠である。

2. 2 当社独自の車両音響工学の構築

このような考え方の集大成として、当社独自の車両音響工学を構築し、これまで以上に人の感性に訴える音の探究と提案を行うことを目指している。

この車両音響工学の開発アイテムとしては、“人”、“物”があり、

“人”においては、音の心地良さや方向性等の音響心理の研究と音楽性や感性・嗜好等の音楽心理の研究。

“物”においては、車室・ホール・ライブハウス等の音場解析、スピーカ・ロケーションや車両構造等の再生音場系の解析。

録音ソース製作過程の録音技術解析・録音ソースに含まれる音楽や音響情報等の録音媒体解析・スピーカシステム等の音響変換系の開発・高音質回路設計やDSP制御技術等の電気変換系の開発等がある。

これらへのアプローチとして、音響要素技術開発・音響システム開発・測定評価技術開発・感性・情緒評価技術開発等を総合的に推進していく必要がある。そのための設備として今回設立した音響開発センターの設備概要について以下に述べる。

3. 音響開発センターの基本構想

3. 1 必要性と位置付け

車両音響工学の構築には、音響開発力の強化を図り、オーディオセット、スピーカ、の性能の向上とパネラ（音響評価者）の育成を行うために、現状よりもさらに深く踏み込んだ基礎研究から、オーディオシステムとして実車での測定評価が行える総合的な音響開発設備を導入することが必要である。

音響開発センターは、当社の音響開発の要とし

て位置付けられた“原音収録から、システム設計、試作、実装、評価”に至るまでの一貫した“音”の研究開発のための総合開発設備で、人の感性・音楽性・生音・録音技術・官能評価・車室内音響等の研究テーマや、スピーカシステム・部品・製品等の多岐にわたる評価を行える設備である。

3. 2 ねらいと目的

音響開発センターのねらいは、次の2つである。

- 1) オーディオシステム設計プロセスにおいて原音から録音、再生、評価、までの研究開発
- 2) 車両と一体化した音づくりで車室内音響特性の測定、評価技術の研究

更に詳細に述べれば、

- 1) 音づくりのための音の加工技術
- 2) 音質・音像評価のための音源解析
- 3) 車室内およびシステムの音響評価
- 4) 音場評価のための集音技術
- 5) 車室内音場を含む、車両音響システムの開発
- 6) 設計者の音楽性・感性の育成
- 7) スピーカ特性・車室内音響特性の測定・実験・検討の効率化

である。

3. 3 設計思想

音響開発センターを設計するに当たり近年のカーサウンドの動向を十分に踏まえ、今後の車の音づくりを考える必要がある。これはCDの普及に伴い、車載用オーディオの音質が急激に向上したことがその背景の一つとして上げられる。

たとえば、スピーカにおいては小口径の物から大口径の物まで使用されるようになり、大迫力・広帯域・高音質を主眼として開発が進められて来ているため、少なくとも従来なかった大口径のスピーカに対する低周波や歪みの定量評価と、官能

評価が可能な設備としなければならない。また、再生音には物理的高忠実、主観的高忠実、良い再生音と3つの考え方があり、それに伴い再生される音楽ソース自身の音の変化も無視できない。良い音を作り出すためには、再生される音楽ソースの音の解析も必要と考え、音に対しさらに一步踏み込んだ研究開発が可能な設備としなければならない。

これらの背景をもとに、建物全体として

- 1) 暗騒音レベルが十分低いこと。

(厳密な試聴・比較が行えるよう、暗騒音レベルを空調運転時でもNC-15以下に抑える。)

- 2) 特定の反射波の影響がなく、音の拡散がよいこと
- 3) 部屋の固有振動、および、定在波の発生が少ないこと。
- 4) 部屋の構造は浮構造とし、二重の防音壁を設けること。
- 5) 各部屋との間の遮音度は70dB以上とすること。
- 6) 車の音づくりの流れに沿って、各室をレイアウトすること。

を基本設計思想とした。

4. 音響開発センターの内容

4. 1 全体図

音響開発センターは、図-1に示すように七つの部屋で構成した。(従来からある電波シールド室は除外する。)ここでは、建物全体の構造を簡単に説明する。

まず、音響設備である無響室・評価室・制御室・スタジオ・調整室は、外部からの騒音や振動を防ぐため、その部屋自体を浮構造とし、二重防音壁

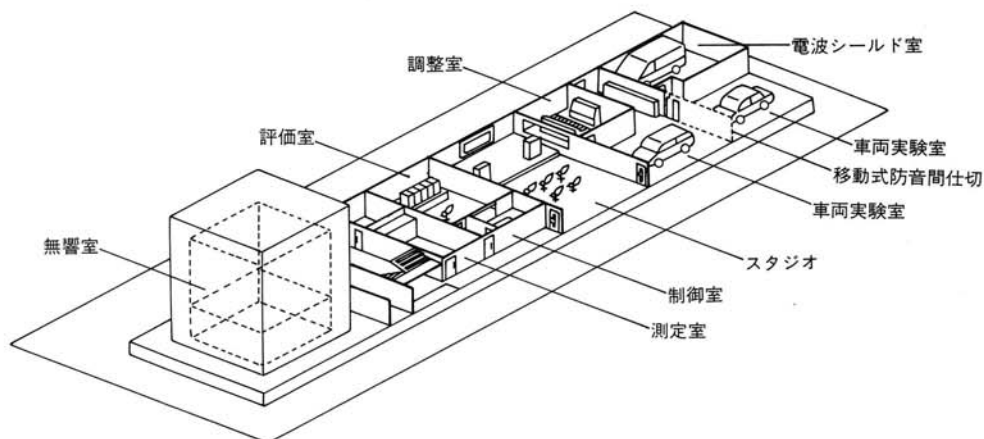


図-1 音響開発センターレイアウト図

Fig. 1 Floor plan of the acoustic development center

とした(図-2)。無響室においては隣接する建家からの振動をも防ぐため、部屋を建物から切り離し、一戸の建物とし(図-3)、また、評価室・制御室・スタジオ・調整室では、定在波の発生を防ぐため、向かい合う壁面を不平行に造っている。車両実験室では、簡易防音を施し、移動防音間仕切により部屋を二分することを可能とした。

(参照：表-1)

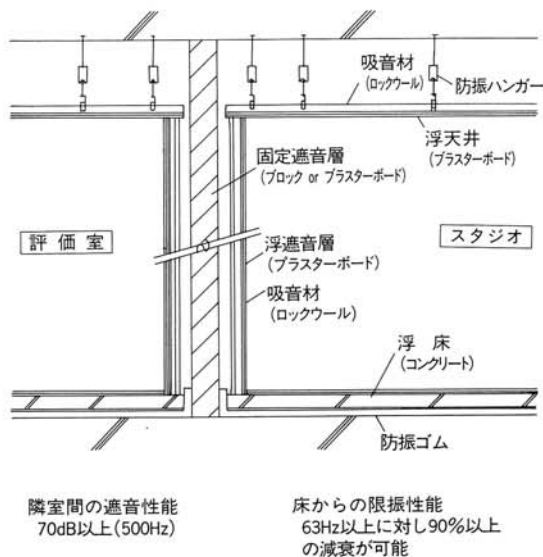


図-2 浮構造詳細断面図

Fig. 2 Detailed cross-section of floating

4. 2 各部屋の内容

4. 2. 1 スタジオ/調整室

この部屋は、試聴室・ライブホール・録音スタジオの性能を合わせ持った多目的試聴兼録音スタジオである。残響時間は、部屋の容積にあわせてリスニングルームの最適残響時間0.5~0.6秒(500Hz)に、残響周波数特性は低音の残響時間がやや多くなる放送・音楽スタジオの推奨曲線に合わせた(図-4、5、6)。さらに、この室の暗騒音レベルは、通常の放送・録音スタジオのNC-20よりも低い値NC-15以下としており、厳密な試聴、録音を可能としている(参考：表-2)。

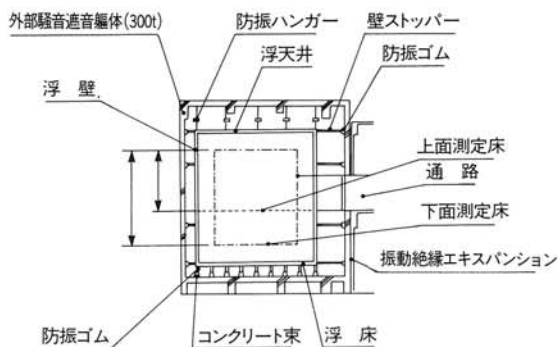


図-3 無響室側面図

Fig. 3 Side view of the anechoic room

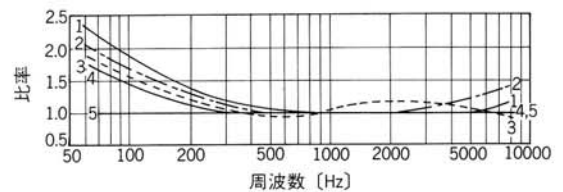
表-1 各室の仕様

部屋名	寸法 (m) (容積 m^3)	暗騒音 (空調動作時)	その他
スタジオ	8.3×11.5×3.5 (334.1)	NC値 15以下	残響時間 0.5～0.6秒
調整室	5.4×5.8×2.8 (87.7)	NC値 20以下	残響時間 0.15～0.2秒
無響室	5.0×7.0×5.5 (192.5)	NC値 10以下	自由音場空間 3×5×3.5 m^3 (63Hz)
測定室	4.4×5.2×3.5 (80.1)	—————	—————
評価室	5.2×6.5×3.3 (111.5)	NC値 15以下	残響時間 0.2秒
(制御室)	2.4×4.0×3.1 (29.8)	NC値 20以下	残響時間 0.15秒
車両実験室Ⅰ	6.0×9.0×3.5 (189.0)	—————	簡易防音
車両実験室Ⅱ	6.0×9.0×3.5 (189.0)	—————	簡易防音

NC : NOISE CRITERIA (騒音基準)

表-2 騒音レベルの基準例 (dBA, NC)

室の種類	許容最大騒音レベル (dBA)	適用基準曲線 (NC)
放送・録音スタジオ	25～30	NC15～20
音楽ホール	30～35	NC15～20
演劇場	30～35	NC20～25
病院	35～40	NC30



- 1: Mac Nar (1930)
 2: Morris & Nixon (1936)
 3: デンマーク放送協会音楽スタジオ用 (1942), Beranek (音楽用)
 4: Richmond & Heyda (1940)
 5: Békésy, Beranek (講演用)

図-5 残響時間周波数特性の推奨曲線

Fig. 5 Recommended curve of frequency response over reverberation time

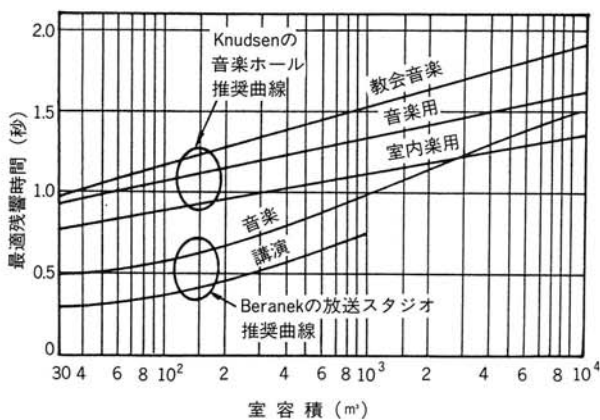


図-4 最適残響時間

Fig. 4 Optimum reverberation time

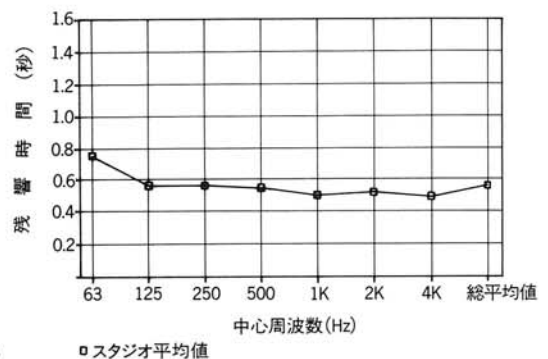


図-6 スタジオ内残響特性

Fig. 6 Reverberation characteristics in the studio

つぎに、この部室の機能及び目的の概略を説明する。

1) 当社の良い音の基本を聴くリスニングルーム:

リファレンスシステムを常設し、当社の“良い音”の基本とし、設計者・パネラが実際の試聴により体験できるようにする。

2) 小編成バンドの演奏に適したライブホール:

① 5～10人程度のバンド演奏可能な中ホールの音響特性とステージを設け、生演奏の臨場感を体験できるようにする。

② 生の楽音や音声を聴いて、リアリティのある再生音を再現できるようにする。

3) 音響評価用ソース等の録音が可能なレコーディングスタジオ:

① 生演奏が録音できる音響特性とブースを設け、生音から再生音に至るまでの音の解析により、迫力感・臨場感等さまざまな音の開発ができる。

② 完成された音楽ソースに加え、楽器の生音(「弦」や「管」の音)や声などの自然

な音色・響きを録音し当社独自の音響評価用ソースを製作し、車室内やコンポーネント単体での音質・歪み等の様々な音の評価が効率良く行える。

③ 既に市販されているCD等の録音内容や本格的な音の加工技術の研究により、音の様々な加工方法を解析しその内容をオーディオシステムに展開できる。

4) ユーザに対するデモンストレーションホール:

色々なAVデモが可能な部室とし、オーディオメーカとして先進的かつ意欲的なイメージをアピールできる。

なお、設置機器・レコーディング機器については表-3を参照下さい。

4. 2. 2 無響室/測定室

この部室は、音の反射が無い空間を形成するため、くさび状にしたグラスウールの吸音材で床、壁、天井を囲み、低音域まで自由音場が成立するように設計されている。無響室では、63Hz 52.5m³の範囲で逆自乗則が成り立つ室内とし(図-7)、

表-3 スタジオ・調整室設置機器

ミキシングコンソール	①総チャンネル数: 36チャンネル ②出力バス数: 32バス ③コントロール方式: コンピュータ・コントロール	ビデオ・プロジェクタ	①光出力: 750ルーメン ②投写管: 7インチCRT ③解像度: 800本 ④スクリーンサイズ: 295インチ(最大)
デジタル・マルチレコーダ	①記録フォーマット: DASH ②トラック数: 28トラック ③サンプリング周波数: 48KHz/44.1KHz	マイク	①コンデンサマイク (NEUMANN×12) ② " (AKG×4) ③ " (B&K×2) ④ " (SENNHEISER×2) ⑤ダイナミックマイク (SENNHEISER×8) ⑥ " (SHURE×4) ⑦ " (ELECTRO-V×2)
デジタル・マスターレコード	①記録フォーマット: DASH ②トラック数: 2トラック ③録音時間: 180分 (Ts=19.05cm/s: 12.5インチリール) ④サンプリング周波数: 44.056KHz/48KHz/44.1KHz		
CDカッティングシステム	①記録所要時間: リアルタイム60分 ②記録方式: 半導体レーザーによる穴あけ方式 ③録音時間: 58分(最大) ④サンプリング周波数: 44.1KHz	エフェクタ	①デジタルリバーブ ②デジタルディレイ・コンプレッサ他13種類
		モニター・スピーカ	①スタジオ用: 米製ELECTRO VOICE社 Sentry 505 ②メイン: フィンランド製GENELEC社1025B ③サブ: YAMAHA社NS-10MST

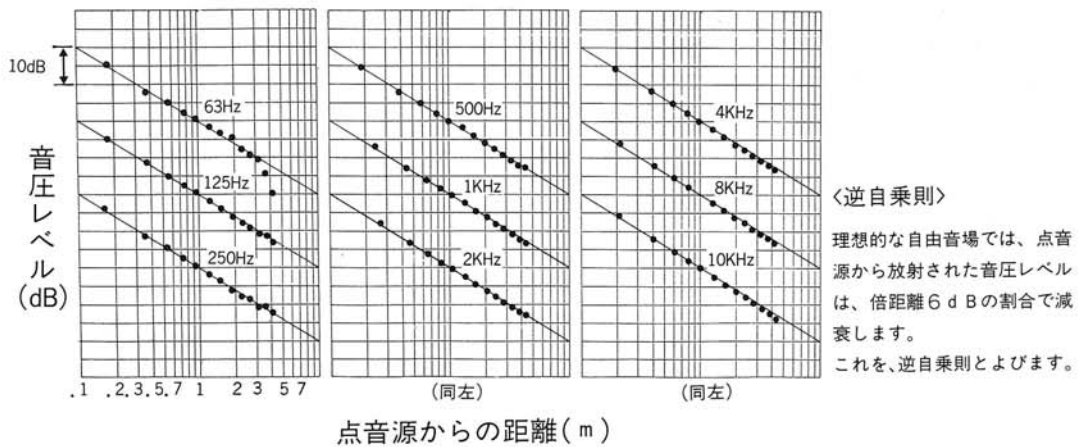


図-7 無響室内逆自乗特性

Fig. 7 Inverse-square characteristics in the anechoic room

心理音響実験を可能とする大規模な自由音場を形成している。さらに、S/N比の良い測定を可能とするため、暗騒音レベルを従来のNC-15以下からNC-10以下(20dB A以下、空調運転時)まで下げている(図-8、表-4)。また、無響室・測定室は、各種測定用信号ラインで結び、無響室

の測定を測定室でコントロールできるよう設計している。つぎに、この室の用途とその内容を簡単に説明する。

1) スピーカ特性の測定：

- ① スピーカ自動測定システムにより速く正確に、全て自動的に行い、測定作業の効率化と、物理データの高精度化を図る。
- ② 従来の定常特性に加え過渡特性(インパルス応答等)の測定を可能とし、より音楽信号に近い形でスピーカの特性を評価し、聴感評価との相関を高める。

2) 機械的振動雑音の測定

雑音の少ない空間以外での比較評価が困難

表-4 日常生活における騒音レベル

録音レベル (dBA)	日常生活における騒音
160	ジェットエンジンの近く
120	最大可聴限界
100	国電通過中のガード下
80	国電車内
60	普通の会話 1 m
40	静かな公園内
20	夜の静かな庭園
10~0	最小可聴限界

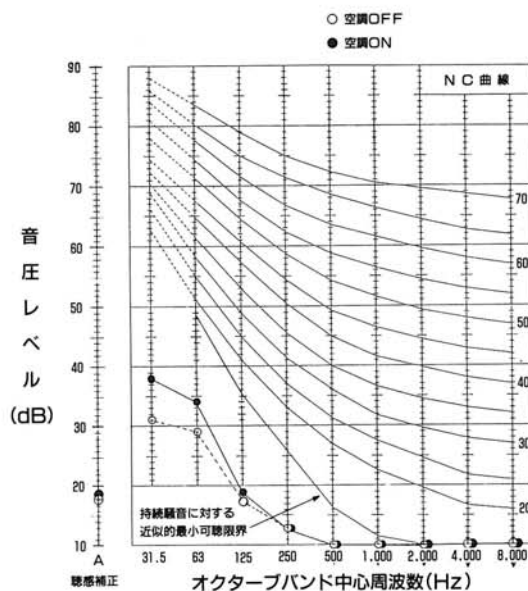


図-8 無響室暗騒音レベル

Fig. 8 Dark noise level in the anechoic room

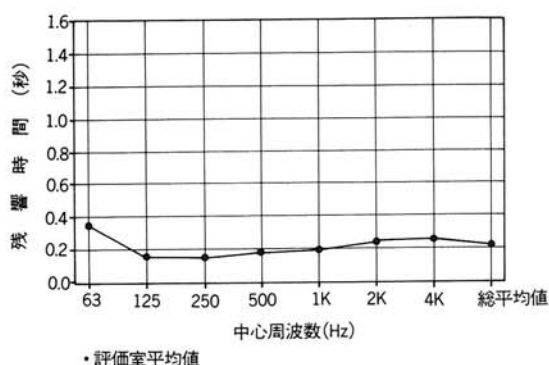


図-9 評価室内残響特性

Fig. 9 Reverberation characteristics in the evaluation room

な、カセット、CDプレーヤの機械的雑音、スピーカの放射音の音響インテンシティ測定等の測定を可能とする。

3) 空間音響に関する心理音響実験：

立体自由音場と、CCIR (Comite Consultatif Internationale des radiocommunications) 標準受聴位置での試聴により、聴感試験のバリエーションを増やし、DSPによる音場制御等の技術に対応させる。

4. 2. 3 評価室/制御室

この部屋は、音の細かな部分まで聴き分けれるよう直接音の聴き取り易い空間にするため、残響時間を短く0.2秒(500Hz)とし、残響周波数特性も平坦に設計している(図-9)。このように、“人”、“物”の音響評価に相応しい試聴室として設計された評価室・制御室では、物理データとの相関を調べる聴感評価と、音場音像制御等の試聴実験、さらに、パネラの評価訓練を行う。つぎに、この室の用途の詳細とその内容を簡単に説明する。

1) スピーカ、オーディオ製品、音響部品等の比較試聴評価：

① 比較試聴装置を用いて、スピーカ・オー

ディオ製品・音響部品等の聴感評価を行う。

② 定位の良いスピーカシステムを用いて、前後・左右・奥行き感等の音のバランス評価や試聴ソースの中身の音場感・音像の定位感等の解析を行う。

2) 音の比較や探知限・許容限の確認実験を主目的とする音響評価訓練：

デジタル・フィルタ等を用いて、様々な音響特性を被験者に聴かせ、音階のずれ、周波数特性の特徴・位相感・音像の位置等が主観的に評価できるように訓練する。

4. 2. 4 車両実験室

この部屋は、無響室・測定室、評価室・制御室で評価されたコンポーネントを実車により検討・評価できるよう設計している。最大3台の車を同時に検討できるスペースを確保しており、また、車室内の音響特性の測定を高精度なものとするため、25mm厚のグラスウールの板で壁を囲み、“簡易防音”を施し、さらに、移動防音仕切により、車室内の騒音の低減を図っている。このように、設計された車両実験室は、スピーカシステムの車両への取り付け・加工や車室内の音響チューニング・測定を行い、車のコンセプトにあった音を完成させる。つぎに、この部屋の用途とその内容を簡単に説明する。

1) 車室内音場におけるスピーカシステムの、組付け・位置の検討：

実車の車両加工を行い、車のスタイル・車室内の構造に合わせ、取り付け位置・角度等の検討を行う。

2) 車室内音響チューニング：

車室内音響チューニングシステムを用いて車室内の音を物理データと聴感による評価で目標音質に近づける。

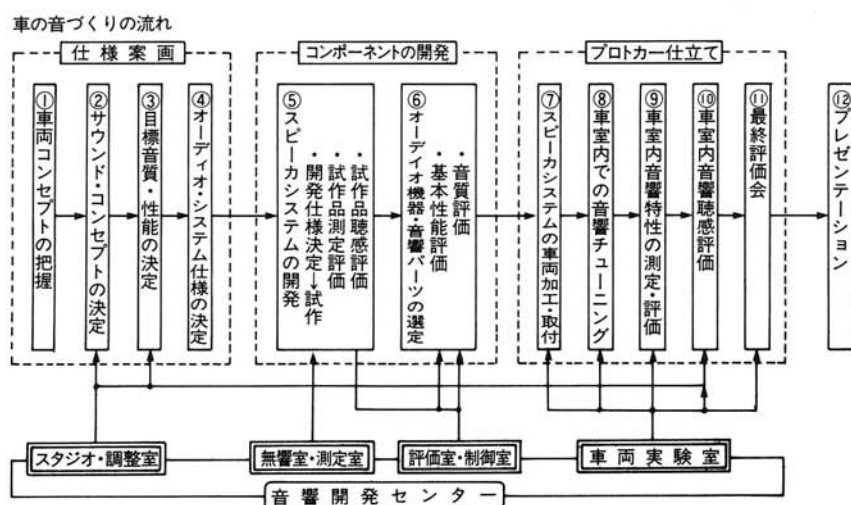


図-10 音響開発センターにおける車の音づくりの流れ

Fig. 10 Flow of sound creation in the acoustic development center

3) 車室内音響特性の測定：

車室内自動測定システムを用いて、定常的・過渡的・空間的に、車室内音響特性の情報を把握し、聴感評価との突き合わせにより、最適な車室内音響空間を設計する。

5. 音響開発センターにおける車の音づくりの流れ

ここで、実際に音響開発センターの中でどのようにして車のコンセプトにあった音がつくられるか説明する。(図-10 参照)

まず、スタジオ・調整室で“生音”や“ホームオーディオシステム”をリファレンスに、エンジニアの耳のトレーニング等を行い常に感性を磨く訓練を行う。そして、車のコンセプトにあった音づくりでは“車のコンセプト”に基づき、ユーザの層別、音楽ソースの動向を見つつ、目標音質として“車のコンセプトに合わせた音”のシステム仕様を設定する。こうして、音の仕様が決定されると、つぎに、コンポーネントの開発に移る。

コンポーネントの中でも重要なスピーカは無響室・測定室において、その物理特性を測定し、評価され、つぎに、評価室・制御室において、そのスピーカの音を実際に試聴し、人の聴感で評価される。また、これ以外にも、音響部品等の測定・音質の比較評価も行い、一つ一つの部品からコンポーネント全体まですべての音の評価を行う。こうして、物理データと聴感による評価を繰り返し、コンポーネントの仕様が決定されると、つぎに、プロトカーの仕立てに進む。

無響室・測定室、評価室・制御室において単体で評価されたスピーカやオーディオ製品は、車両実験室において、実際に車に取り付けられる。そして、車室内で音響チューニングを施し、車室内の音響特性を測定し、ここでもまた、物理データと聴感による評価を繰り返し、車室内の音を作り上げていく。また、特殊な車室内の音響評価については、スタジオ・調整室で、その目的に応じた当社独自の評価CDを製作し、即座に車の中で評価を行う。このように、音響開発センターは、車

の音づくりのステップに応じ各部屋の役割があり、高精度な物理データの収集と厳密な聴感評価の積み重ねで、その相関をとり、確実な評価を行い車のコンセプトにあった音を作り出し、提案していくことになる。

6. お わ り に

以上、音響開発センターの設立について、その設計思想・内容について説明した。

現在、当社が車の音づくりのために課せられた使命は、“感性に訴える音”、“本物指向の車の音”の追究である。その使命を果たし一歩進んだカーオーディオサウンドを作り出すためにも、音響開発センターが不可欠となってくる。

音響開発センターは、音に関する高精度な物理データの収集と厳密な官能評価により、物理データと感性との相関を高めると同時に、当社独自の車両音響工学を構築し、“次世代の車の音づくり”に貢献するよう、その機能を十二分に発揮させるようにしていきたい。

参 考 文 献

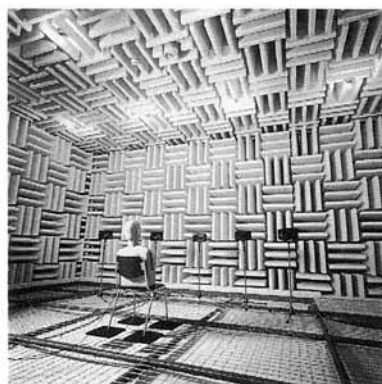
音質のすべて、誠文堂新光社 (1981)

日本音響学会誌, 40巻, 10号, 日本音響学会 (1984)

EIC: “Sound system equipment, Part 13: Listening tests on loudspeakers”. IEC Report 268-13 (1985)



評 価 室



無 響 室



ス タ ジ オ



調 整 室