

## 車でよい音で聴くための条件

日本オーディオ協会 カーオーディオ専門委員会

仲田 剛 (三菱電機 (株))

**概要** カーオーディオ専門委員会として活動する中で議論してきた車で良い音で聴くための条件と、カーオーディオをハイレゾオーディオ対応とするための条件について述べた

### ABSTRACT:

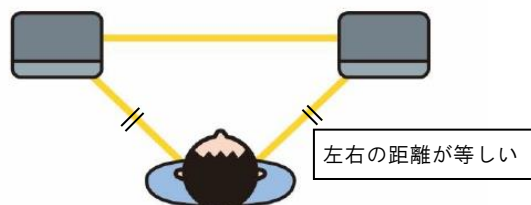
The condition for listening to music with a good sound in the car, and the condition of car audio products for correspondence of the "Hi-Res Audio" which has been discussed in acting as a special committee of the car audio of Japan Audio Society was described.

### 1. はじめに

カーオーディオ専門委員会では、ハイレゾオーディオロゴをカーオーディオに展開するにあたり、様々な課題について議論を行ってきた。ここで議論された「カーオーディオでハイレゾの良さを生かし良い音を聴くための条件」は、ハイレゾオーディオに限らず有効なものであり、以下に紹介することとした。

### 2. カーオーディオの特殊性

車は、ホームオーディオと比較し、リスニングルームとしては、理想的とは言えない。運転席、助手席、後部座席というように、試聴位置が左右スピーカーの二等辺三角形の頂点にはなっておらず、試聴位置はオフセットした位置になっている。



左右のスピーカー中央位置で試聴

図1 ホームオーディオの試聴位置

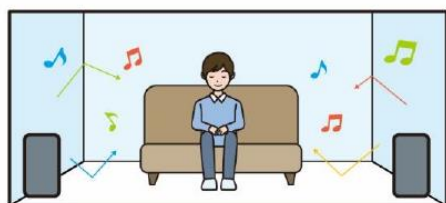


左右非対称のスピーカー位置で試聴

図2 カーオーディオの試聴位置

試聴位置がオフセットしているため、スピーカーからの試聴位置までの距離が左右で異なり、音の到達時間と音量に差が発生する。人間の聴感上、音源の位置は先に音が到達する方向に感じる。この現象は先行音効果と呼ばれている。さらに、音の到達時間が同じでも、音像の位置は音量の大きい方のスピーカーに偏る。結果として音像（例えばボーカルのセンター位置等）の定位が距離の近いスピーカーに寄ってしまう。左右の広がりも、CDなどの音源収録時の意図と異なったものになってしまう。

スピーカーは、試聴位置から数十センチから1 m程度という近接した位置に設置されており、ガラス窓やシート等の吸音や反射面が近く、車両の室内容積もホームオーディオよりはるかに小さいため、残響特性もカーオーディオ特有なものになる。また直接音が届きにくい場所にスピーカーが設置されることも多い。しかし、車種が決まれば、ほぼ音響特性が固定されるという一面もある。一方、ホームオーディオは部屋の広さにもよるが、試聴位置まで数 m程度ある。



音場を乱す反射音が少ない

図3 ホームオーディオの室内音場



音場を乱す反射音が多い

図4 カーオーディオの車室内音場

車室内の周波数特性は、低域は車両特有の頑固な定在波が発生したり、中高域はガラス反射と吸音面による複雑なピークディップが発生する。座席や内装部材の形状や素材も、周波数特性に大きな影響を与える。シートや内装に革素材が多く使われている場合（高級車に多い）は、中高域の反射音が多いことから、明るく若干ライブな音環境になりやすい。一方で、布シートで内装に布貼りが多いと逆の傾向がある。

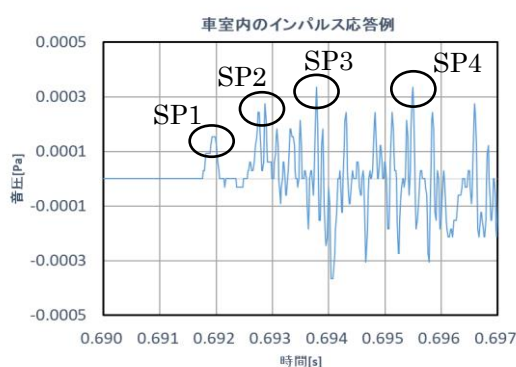
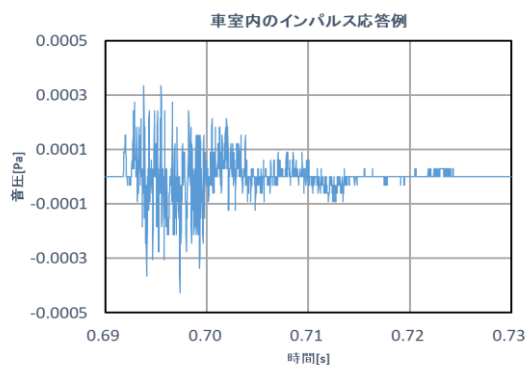


図5 車室内のインパルス応答例(4スピーカー) 測定位置：運転席

図5(左側)のインパルス応答例を見ると、4つのスピーカーからのインパルス応答が30ms程度で収束している。車室容積からすると比較的デッドな残響特性で、30msの間に反射音が密集していることが特徴的である。また図5(左側)のグラフの最初の7msを拡大したものが図5(右側)である。わずか7msの間ではあるが、前席側、後席側のそれぞれのスピーカーからの距離の違いにより、1~数ms程度ずれてインパルスが到達していることが分かる。図6はインパルス応答から周波数応答を計算した結果で、定在波と中高域のピークディップが特徴的である。

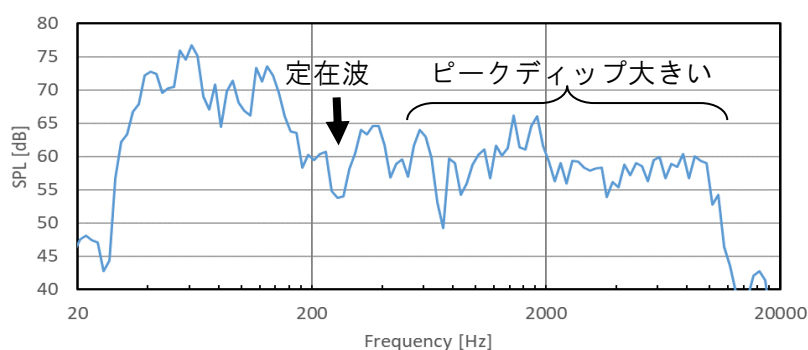


図6 車室内の音圧周波数特性例 (4スピーカー)

カーオーディオのスピーカーの取り付け状態は、ドアの板金やボディ板金に直接スピーカーユニットが取り付けられ、板金もサービスホールと呼ばれる様々な部材取り付け用の大きな穴があいており、スピーカーの前後の音が干渉しやすい。またドアの内装は樹脂などで作られていて共鳴しやすい。ホームオーディオでは丈夫な箱にスピーカーユニットが取り付けられており、スピーカーの再生環境の条件とは異なるものになっている。

また、カーオーディオのスピーカーを覆う意匠部品となるグリルも問題が多い。樹脂の穴あきのもの、布貼り、金属のパンチングネットなどあるが、開口率が比較的低いものはやはり音が良くない事が多い。最低限の開口率とグリルの構造・材料について今後検討が必要である。

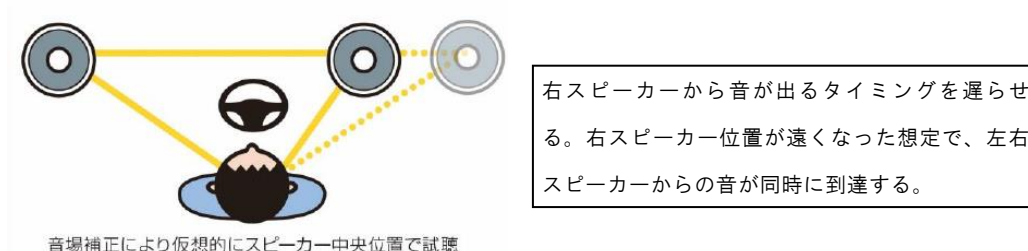
### 3. 良い音で聴くための工夫

オフセットした試聴位置で良い音で聴くための工夫として、一つは信号処理による時間軸調整がある。これは、これは、音の到達時間差が1~30msの範囲では、二つの音源の音量差が数dBあったとしても、早く音が到達する音源側に音が定位する先行音効果という人間の聴覚上の音響効果(ハース効果とも呼ばれる)を利用するものである。タイムアライメント調整とも言われていて、近いスピーカーから音が出るタイミングを遅らせて、各スピーカーから出る音が、試聴位置に同時に届くように調整したり、聴感上好ましく感じるように調整する。

例：自動車の左右スピーカーから試聴位置(運転席)までの距離差

40cm~50cm程度 → 1.2ms~1.5msの時間差(音速340m/sとして)

右ハンドルの場合、音が右側のスピーカーに偏って定位するが、試聴位置に近い右スピーカーの音を1.2ms~1.5ms遅らせる制御をすれば、左右スピーカーの中間に音が定位するようになる。



音場補正により仮想的にスピーカー中央位置で試聴

図7 タイムアライメント補正のイメージ

もう一つは周波数領域の補正がある。音圧周波数特性のピークディップを、グラフィックイコライザーやパラメトリックイコライザーで補正するものである。高級ホームオーディオではどちらかというと音の純度重視で、トーンコントロールすら廃止しているものもあるが、カーオーディオの試聴環境下では、イコライザー補正は多用されていると言える。図6の特性のようにピークディップがあり、高域、中域、低域のバランスが取れていない状態を、聴感上好ましくなるように、イコライザー補正を行うことが多い。

他にもデッドニングと呼ばれる作業がある。スピーカーを取り付ける箇所はドアが多いが、このドアをスピーカーキャビネットとして使う場合、音響的には問題が多い。サービスホールと呼ばれるドアの部材を取り付けるための穴が複数あり、かなり大穴が空いている場合もある。穴があると、スピーカー背面の音と、スピーカー前面に放射される音が逆位相の関係になるため干渉して低音が打ち消され、さらには、ドアの意匠であるドアトリムを振動させて、音が濁ることもある。音質を向上させるためには、この穴をシート状のデッドニング専用材料で塞ぎ、スピーカーの背面の音が干渉しないような対策を講じる。

またドアの板金は、車両の軽量化のため 0.8mm 前後しかなく、スピーカーの音により二次振動で音を出して音が濁ることから、板金に制振材料を貼り付けて振動を抑えて、余分な響きを加わらないようにする。ホーム用スピーカーのキャビネットの状態に近づける作業ともいえる。この作業もデッドニングの範疇である。

車の純正オーディオの場合、3次元CADとコンピューターシミュレーションの進化で、ある程度車室内の音場シミュレーションを行って、製品設計への適用ができるようになってきている。例えばシミュレーションにより、様々な車両の制約（安全面、デザイン、車両重量等）の中で、最適な音が出るようにスピーカーレイアウト設計ができつつある。しかし、シミュレーション結果と現実の評価結果との整合の面や、目標とする音場特性の検討は、まだまだ課題がある状況である。

#### 4. ハイレゾオーディオの手引き

車の中で良い音を聴くためにはいろいろ工夫が必要であることは分かっていたと思うが、最近は再生する音源の種類も増えてきて、音源そのもののクオリティーが向上してきている。カーオーディオの音源は、1950年代のカーラジオに始まり、1960年代の8トラック付きラジオ、1970年代のカセットテープを経て、1982年のコンパクトディスク（CD）の登場、（その間にもDAT、MDの登場があったが）、ここ数年でSDカードやUSBメモリーを使ったファイル再生なども普及してきている。

そんな中、新たな高音質（Hi-Fi）メディアとして近年ハイレゾ音源（ソフト）が普及しつつある。カーオーディオの世界においてもハイレゾ対応商品が揃いつつあり、車の中でも次世代Hi-Fiの音を楽しめる環境が整ってきた。図8にハイレゾ音源の信号の流れの一例を示す。また、図9～図12で車の中でのハイレゾの再生機器の例を示す。

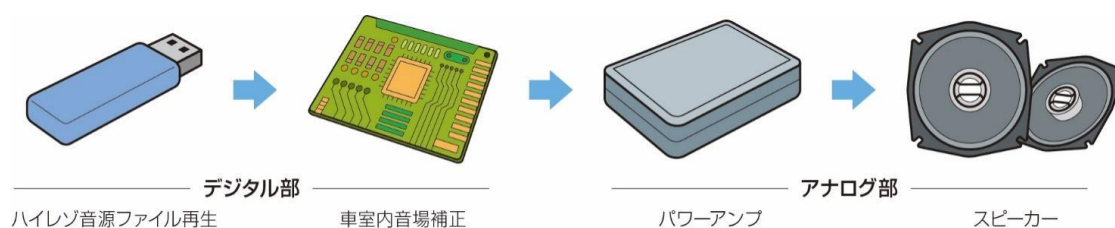


図8 ハイレゾ音源の信号の流れ(一例)

カーオーディオのハイレゾ規定としては、96kHz/24bit の WAV,FLAC 音源データファイルが再生可能で、音場補正などのデジタル信号処理が可能であること、アナログ帯域は 40kHz 以上を確保すること、各メーカーが聴感評価していることが必要である。それらの再生機器例を下記に記す。

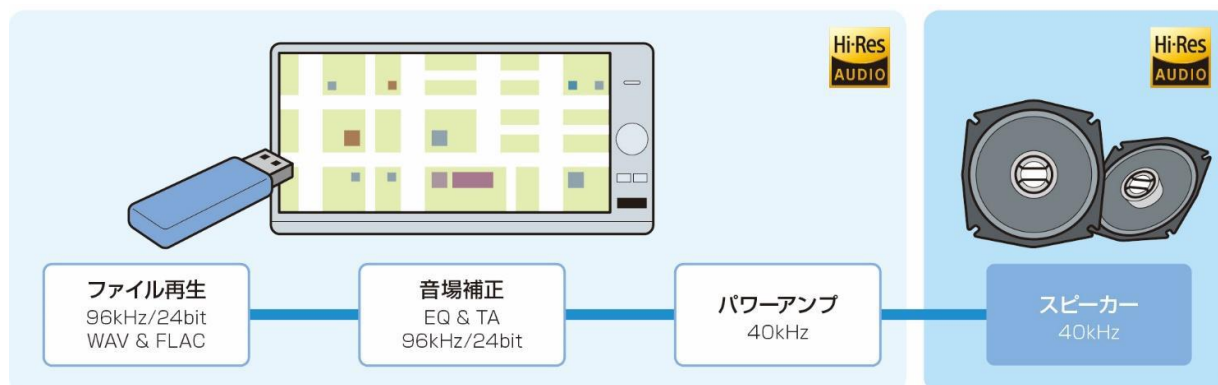


図9 ハイレゾ再生機器の例1 ファイル再生、音場補正、パワーアンプ一体型

図9の代表例としては、最近のナビオーディオ機器がある。

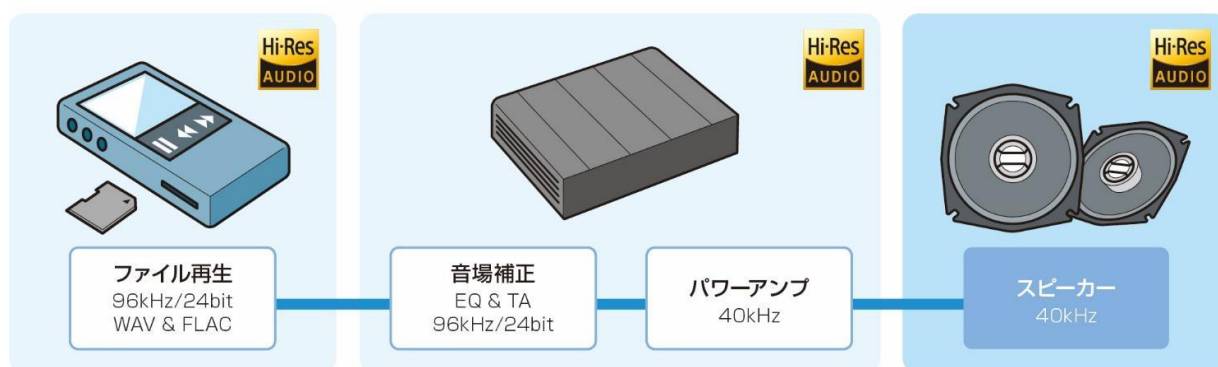


図10 ハイレゾ再生機器の例2 ファイル再生プリアウト + 音場補正機能付きパワーアンプ

携帯オーディオプレーヤーとアンプ内蔵プロセッサとも呼ばれる機器の組み合わせである。

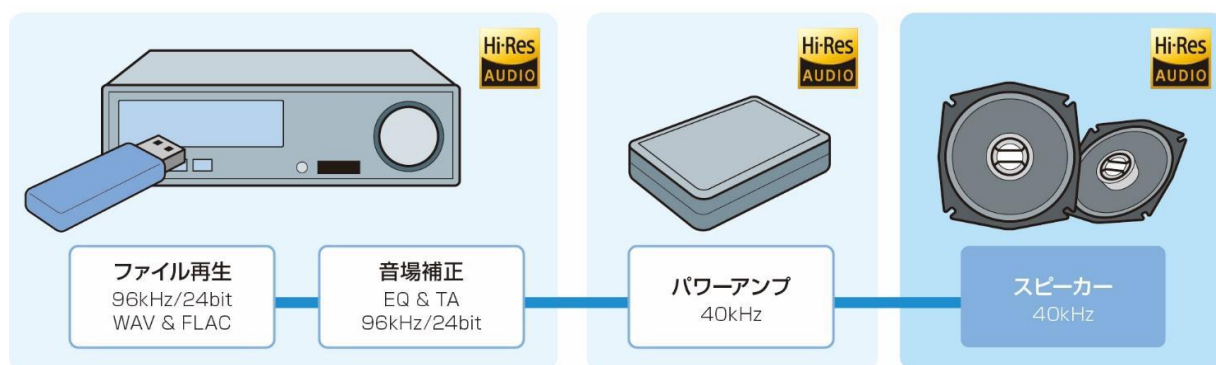


図 11 ハイレゾ再生機器の例 3 音場補正機能付きファイル再生プリアウト + パワーアンプ

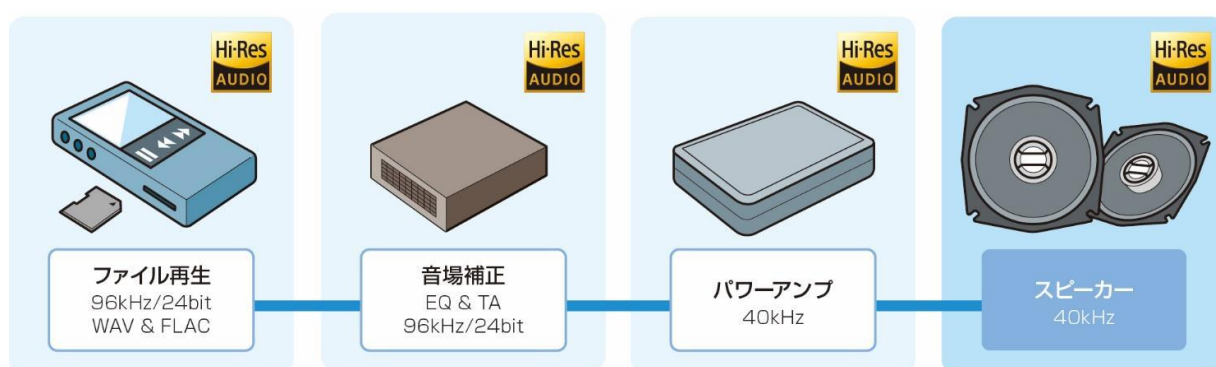


図 12 ハイレゾ再生機器の例 4 ファイル再生プリアウト + 音場補正プリアウト + パワーアンプ

様々な再生機器の例があることが分かる。

## 5. 最後に

カーオーディオには自動車特有の問題があるものの、それを解決する手段もある。車両に対してデッドニングなどの物理的対策や音の信号処理によって、ホームオーディオと比べても全く劣らない良い音で音楽を聴くことが可能である。また、家の中では家族や隣人を気にして十分な音を出せなくても、車でドライブに出れば車をリスニングルームとして使える。ぜひ車でカーオーディオを楽しんでもらいたい。

機会があれば、今後もカーオーディオで良い音で聴く条件について、引き続き JAS ジャーナルで情報発信していきたい。

## 参考文献

- [1]ハイレゾカーオーディオ商品販売の手引き 一般社団法人日本オーディオ協会 HP 内  
URL: <https://www.jas-audio.or.jp/hi-res/definition/hi-res-car-audio>
- [2]ハイレゾお客様説明資料 一般社団法人日本オーディオ協会 HP 内  
URL: <https://www.jas-audio.or.jp/hi-res/definition/hi-res-car-audio>

[3]サウンドレコーディング技術概論 一般社団法人日本音楽スタジオ協会

**執筆者プロフィール**

仲田 剛 1969年 沖縄県生まれ

1993年に三菱電機入社後、カーオーディオの設計、開発に従事。