

オーディオにおける振動の問題とその対策

注：本文は約 20 年前から 10 年前にかけて実施したことをまとめたものであり、最新のアクセサリについては検討されていない。

1. 音とは、振動とは何か？

音は空気やその他の流体の粗密波であり、伝達速度は媒体の密度に依存する。一方、固体の振動は、教科書に見られる地震の説明のように媒体の縦波と横波であり、伝達速度は媒体の密度に依存する。オーディオは、駆動原理はいかなるものであれ、音楽情報をスピーカーと称する運動体によって最終的に空気の粗密波に変換し、音波として鼓膜に到達して聴覚神経を通じて脳の聴覚部位に感じさせる一連のプロセスをいう。人間の話し声や音楽演奏や、オルゴール、サイレン、鐘、鳥や虫の泣き声も発音原理はそれぞれ固有のメカニズムをもつが、基本的にはプロセスは同じである。

2. 振動はオーディオにとってどうして有害か？

スピーカーでは、ユニットであれ、キャビネットであれ、まず、それらが前後に動けば、ドップラー効果により周波数が振れることは容易に考えられる。また、オーディオ信号以外の振動が乗れば、オーディオ信号に対応した音波が変調を受ける。

アナログプレーヤー、CD トランスポートでは、ピックアップ系そのものが、正確なピックアップができないという問題が起こる。音波、床を通じて伝わる振動、駆動モーターの余分な振動などが問題である。アナログプレーヤーではアナログ的に変調を受けるし、CD トランスポートではビットの読み取りエラーや、はなはだしい場合はサーボの作動不良になる。ビットの読み取りエラーは部分的にはエラー補正が働くとしても、音質への影響は避けがたい。

アンプ、DAC、チャンネルデバイダー、グラフィックイコライザー、フォノイコライザー、ヘッドアンプ、ヘッドトランス、ネットワークなどでは、振動が電気信号の変調に繋がる可能性がある。その一つとしてコンデンサーの振動は、キャパシタンスの変動となるし、入出力接点や可変抵抗型のボリュームでは、微細な接点の ON/OFF が起こるので接触抵抗の変動に繋がる。

配線系では、アンプと同様に接点での問題があるし、コンデンサーの場合と同じく、線間の容量変動が起こる可能性がある。

この他に、真空管アンプでは、ガラスへの音波が影響するマイクロフォニックノイズというのがあるが、300B などは、このマイクロフォニックノイズが適当な味付けになっているという説がある。また、Tannoy を始めとする往年のスピーカーではキャビネットを振動させ、これがスピーカーの風格をもたらしものであるとされている。米松など

針葉樹や楓のキャビネットは響きのよさを考えて選択されている。

要は、振動を積極的に活用しようというような場合以外は、オーディオ信号の変調を直接、間接に誘導し、目的とする信号音の再生が得られないことからオーディオにおける問題点となり得る。

3. 振動対策

①振動させない

オーディオにおける振動対策のその一つとして、マスを大きくするという方法がある。静的慣性、回転慣性を問わず、慣性に打ち勝つまでは振動エネルギーの影響を受けさせないという方法である。スピーカーユニットにマスを付加する方法、鉛インゴットを機器の天板に置く対策などの長岡氏提唱の方法、最近のハイエンドスピーカーに見られるキャビネット素材の共振点を音響振動の帯域外に出す方法、アナログプレーヤーにおける巨大なターンテーブルやマスの大きいプレーヤーキャビネットなどがある。デンオンの局用プレーヤーや EMT の業務用プレーヤーはターンテーブルの直径が 30cmLP をはるかに超えるサイズであるのは、回転慣性を持たせるためである。トム・フレッチャーのノッチングガムのプレーヤーは回転慣性に比べてモータートルクが異常に小さい。残念ながら、ダイレクトドライブのアナログモーターや CD プレーヤーのパルスモーターではサーボとの兼ね合いで、回転系の慣性を大きく出来ない。しかけは大がかりなるが、プレーヤーの置き台やスピーカーの設置場所を地面からコンクリートで立ち上げて、地球のマスを利用しようということも行われている。

②振動を受け付けない、あるいは伝えない

アナログプレーヤーやアンプを別室に置くという方法がある。また、ゴム、バネ、糸、空気バネで支えたり、浮かしたり、吊るしたりする方法である。この場合、中間のインシュレーターの共振点が、有害な振動の周波数からずれていることが必要である。昔よくやられたアナログプレーヤーの糸ドライブやプレーヤー自体をゴム紐などで吊るす方法などがあるが、この手法の典型である。外国のアナログプレーヤーや CD トラnsポートでは、バネで浮かす方法が多い。トーレンスの旧型アナログプレーヤーではゴムマリを使っているし、マイクロ精機ではターンテーブルを空気流で浮かすこともやっていた。最近では、異種素材の組合せのインシュレーターや空気バネのインシュレーターが出ているし、マグネットの反発で浮かすというオーディオボードが売られている。スポンジやエアーキャップで浮かしたりするのもこの方法である。最近、磁力の反発で宙に浮かすと言う方法が脚光を浴びている。磁気浮上ボードや、インフラノイズのマグナライザーがそれである。但し、浮かすという場合、その対象自体が振動している場合、その制振対策をした上でないと自由振動を助長する結果になる。それ故、マグナライザーでは、ネオジウム磁石の磁

力で浮かした上で、その間を、振動を吸収する高分子で埋め、上に載せた機器の振動を消してしまおうという方策を採っている。

③振動を別の振動体に逃がす

レゾナンスチップやハーモニクスのルームチューニング材は、有害振動を共振エネルギーで吸収しようという考え方である。スパイクや剣山は振動を素早く逃がすと言うメカニズムのようであるが、圧力が集中した接点での振動による摩擦で熱エネルギーに転換する働きもあるのではなかろうか。クライオ処理したものは原子構造が整列し、密度も上がることから、振動の伝達速度を速めるものと思われる。高剛性の水晶や合金を使用したインシュレーターもこの原理の範疇のように思われる。

④振動エネルギーを熱エネルギーに転換して吸収する

所謂、線路の敷石の原理である。那智の玉石、五色石（砂）、ひぐらし、ジルコンサンド、菱餅などがこれである。振動によって粉粒体が動くとき、振動のエネルギーを粉粒体の接触界面での摩擦熱に変換してしまう原理である。グラスファイバーやサーモウールその他の無響室やスピーカーの吸音材は素材の内部振動に変えるものである。パーフェクトバリアーというウール状のポリエステル樹脂は断熱や遮音に使われるものである。大きな面圧では変形が大きいのが欠点であるが、弾性に富むので、一種のバネとして効くことが考えられる。また、繊維が絡み合っているので、振動を受けたときの繊維と繊維のこすれでジュール熱に転換していることも考えられる。金属バネを利用したインシュレーターも市販されているが、振動のエネルギーをバネの弾性エネルギーに変換することによることを狙ったものであろう。熱エネルギーへの転換ではないが、高分子系インシュレーターでは振動のエネルギーを高分子の3次元構造の変化、すなわちエントロピー／エンタルピー変換させるものもある。VEP (Visco-elastic Polymer) というのが、それで、マグナライザーに使用されている。JI プロジェクトなどプラスチックコンポジットも恐らく何らかの方法で振動エネルギーの内部損失を高めたものであろう。制振金属 M2052 は結晶粒の界面で滑りが起こり、滑りの時の摩擦で振動エネルギーがジュール熱に変換するという、原理的にユニークなものである。最近、タングステンの粒子を高分子に練り込んだものが市販されており、良い効果が得られるとの報告がある。原理的には振動のエネルギーのジュール熱への変換と思われるが、詳細は明らかでない。オルトフォンの御影石で大谷石をサンドウィッチしたインシュレーターは大谷石の内部損失を利用したものと言われている。47 研究所は、アンプ、CD トランスポート、フォノイコライザーおよびそれらの電源を信楽焼のベースやケースで製作しており、信楽焼は剛性と内部損失の二つのメリットがあるとしている。

⑤共振点をずらす

構造上の補強をしたり、マスを増やすなどして共振点をずらす方法がある。ひぐらしは、粉粒体の接触界面での摩擦熱への変換の他、構造上の補強効果もあるようで

ある。ビルの免震構造は共振点をずらしたり、打ち消しあったりする原理を利用している。ビルの免震構造のようなものを周波数の高い領域にずらせてオーディオ用に開発されれば面白い。

⑤逆相の振動で打ち消す

最近、電車の中など騒音のある環境で、騒音の逆相の信号を加えて騒音中でも聴きやすいヘッドフォンが発売された。同様の技術が、一般のオーディオシステムで考えられれば面白い。ルームチューニングの拡散板などは、拡散反射をさせ、逆相の空気振動を作り出して、定在波の発生を避けているのではないのではなかろうか。

⑥空気の粘性のコントロール

最近、マイナスイオンを発生させ、空気の粘性を下げ、空気の振動をほぐすと称しているが、詳細は不明である。部屋の湿度で音が変わるのは、コーン紙の吸湿によるものとされているが、空気中の水分により、空気の粘性や密度が変わることが関係しているのかもしれない。現在、TEACの放電式の埃取りを使っているが、オゾンが発生するから、イオンも発生しているのであろう。これをしばらく止めたとき、音がほぐれず、スイッチを入れてしばらく立つと音が変わった経験がある。この領域はもっと研究されなければならないであろう。

4. どのような時にどういった対策を施すか？

恐らく、何が一番良い方法か、万能の方法は何かという設問には答えられないであろう。振動の周波数、エネルギー（振幅）の大小、振動の伝達経路、影響するルート（直接・間接）などが様々だからである。現在までの試みられている方法はすべて有効であり、それ故、理にかなった方法であろうが、適用のTPOを選ぶべきであろう。

筆者が昔やっていたのは、ガラスビーズ入りターンテーブルシート、砂利入り植木鉢のアナログプレーヤーの足台、ネットワークのコンデンサーのエポキシモールド、振動とノイズを嫌った、FET一石のヘッドアンプのカートリッジシェル組み込みなどである。当然、今は誰もやらないコンクリートブロックのスピーカー台も当時は金のかからない定番であった。下水の会所に砂利を詰めたものはアナログプレーヤーの置き台にした。

現在の使用例は次のようなものである。

①J1プロジェクト

スピーカー、機器、ノイズカットトランスのインシュレーターに使用している。

②オーディオテクニカ制振金属

機器のインシュレーターに使用している。

③五色砂

CDトランスポートの上、ラックの板の泣き止めの他、ラックの下、スピーカーの手前、ノイズカットトランスの周辺にも敷いている。

④レゾナンスチップ

スピーカーのフレームやホーン内部、CD トランスポート、壁、天井、押入れの扉、窓ガラス、壁コンセント、AC プラグなどに汎用している。最近、ラックの下のコマにも貼った。

①制振金属 M2052

スピーカー、CD トランスポートのインシュレーターを使用している。また、カートリッジ、アーム、レコードスタビライザー、CD スタビライザー、スピーカーのフレームやホーン、CD トランスポート、グラフィックイコライザー、ヘッドトランス、電源トランス、AC プラグ、壁コンセント、窓ガラスなどに汎用している。

②セラミックターンテーブルシート・銅板ターンテーブルシート

アナログプレーヤーのターンテーブルベースに使用し、その上にハネナイトを敷いている。

③ハネナイト

機器、スピーカーキャビネット、スピーカーのフレーム、ターンテーブルシート、レコードスタビライザー、CD スタビライザー、電源ボックス、壁コンセントに汎用している。

④ハーモニクスのルームチューニング材

壁のルームチューニング用として使用している。

⑤鉛インゴット・陶板・鉛シート

スピーカー、機器の天板の鳴き止めに使用している。鉛シートはスピーカーキャビネットに使用している。

⑥スポンジ

ムジカライザーと電源タップのインシュレーターに使用している。

⑦パーフェクトバリアー

アンプや CD トランスポート電源の下に敷いている。

⑧マグナライザー

CD トランスポート、プリアンプ、チャンネルデバイダーなどに使用している。マグナライザーに使用されている VEP (Visco-elastic Polymer) のみを振動のダンプ用として実験的に使用している。

⑨その他

ダイボルギー、VEP (Visco-elastic Polymer)、透明ゲルなどの名称でいろいろな制振材が市販されている。

経験上、どのような対策がどのような局面で効果があったかどうかを述べる。

①J1 プロジェクト

どこに使っても、そこそこの効果があり、無難である。コストパフォーマンスは高い。

②オーディオテクニカ制振金属

機器のインシュレーターに使用しているが、大きな効果は感じとれない。ハネナイトと貼り合わせたセットで使うことにしている。

③五色砂

CD トランスポートの上とラックの板の泣き止めには、効果を認めた。スピーカー近辺の床などに大量に使用すると低音の響き具合が変わってくる。低周波数、大振幅の振動の吸収効果が大きいと思われる。

⑤レゾナンスチップ

スピーカーのフレームやホーン内部、CD トランスポート、カートリッジ、アーム、壁、天井、窓ガラス、壁コンセント、窓ガラスなどに汎用しているが、どこに使ってもそこそこの効果があり、無難であり、コストパフォーマンスは高い。CD トランスポートのトレイ、カートリッジ、アームなどで大きな効果を認めた。中程度の周波数で、あまり大きくない振幅の振動に利くようである。

⑥制振金属 M2052

スピーカー、CD トランスポートのインシュレーターに使用すると低音が引き締まってくる。また、カートリッジ、アーム、レコードスタビライザー、CD スタビライザー、スピーカーのフレームやホーン、CD トランスポート、グラフィックイコライザーで大きな効果を認めた。AXIOM80 や JBL のユニットのフレーム、JBL のユニットや PT-R7 のホーンに貼るとうるさがさが消える。変った方法として、CD トランスポートの回転軸に貼ると音の滑らかさが出てきた。中域からスーパーツイーターの超高域の周波数まで、あまり大きくない振幅の振動に利くようである。ウーファーのフレームに貼った場合、低音そのものの制動より、高調波を制振することにより、低音の立ち上がり、立ち下りをよくしているのではなかろうか。聴感上はそのような感じを受ける。

⑦セラミックターンテーブルシート・銅板ターンテーブルシート

アナログプレーヤーのターンテーブルベースに使用すると、音にスピード感が出てくる。現在はその上にハネナイトを敷いて、音に柔らかさを加えている。

⑧ハネナイト

機器、スピーカーキャビネット、スピーカーのフレーム、ターンテーブルシート、レコードスタビライザー、CD スタビライザー、電源ボックス、壁コンセントに汎用している。どこに使ってもそこそこの効果があり、無難である。コストパフォーマンスは高いが、音をきりりと引き締める効果は余りない。AXIOM80 のフレーム、ターンテーブルシート、レコードスタビライザー、CD スタビライザーで効果を認めた。

⑨ハーモニクスのルームチューニング材

壁のルームチューニング用として使用しているが、大分、以前にやったので、最近の対策と比べて正確に評価できない。記憶によれば、音場感がすっきりとしたが、高価なのでその後検討しておらず、レゾナンスチップで代用している。

⑩鉛インゴット・陶板・鉛シート

単独では大きな効果は望めない。ハネナイトとか、振動をダンプするものを敷いてその上に重量をかけるというのがいいだろう。

⑪スポンジ

ムジカライザー、電源タップとも効果が認められた。特に、ムジカライザーはスポンジで浮かしながら、辞書のような重量物でダンプするのが正解である。試みてはいないが、五色砂はどうであろうか。

⑫パーフェクトバリアー

アンプや CD トランスポートの電源、電源タップの下に敷いて効果が認められた。単位面積あたりの重量が大きいと重みで潰されて弾力性を失い、効果がなくなるのが欠点である。

⑬マグナライザー

CD トランスポート、プリアンプ、チャンネルデバイダーなどに使用し、非常に大きな効果を認めている。1 : 1 比較で制振金属 M2052 より大きな効果を認めた。

⑭その他

ダイボルギー、VEP (Visco-elastic Polymer) 、透明ゲルなどはあまり効果がなかった。戸棚の裏側に使用している。ダイボルギーは一部オーディオテクニカ制振金属と組合せてアンプの下に敷いている。

以上から、主な対策について個々の特性と使い方を推論する。

まず、五色砂・五色石・ジルコンサンドなどの粉粒体は、振動によって起こる粒子間の摩擦で、振動エネルギーを摩擦熱に転換することによって振動を吸収する。従って、粒度、密度、粒子形状、表面の摩擦係数、充填状態、圧力などによって、効果は変動する。概して、低周波の大きな振幅の振動には大粒子、高周波の小さな振幅の振動には小粒子ということになるだろう。表面の摩擦係数の問題は、琴が浜の鳴き砂の例をみても、綺麗な鳴きを得るには綺麗に洗うことが必要なことをみればわかるように重要な因子である。五色砂の経験、あるいは五色石入りボードのエイジングについては、徐々に振動によって充填状態が最密充填に移行し、粒子間の接点数が増えることによるものと思われる。セッティング直後においては振動エネルギーは嵩高い粒子層を揺するのに使われるのであろう。

レゾナンスチップとハーモニクスのルームチューニング材はレゾナンスによる振動吸収である。当然、レゾナンスチップの方は、ハーモニクスのルームチューニング材より高い周波数で、小振幅の振動に利くと思われる。

制振金属 M2052 はミクロ的な結晶粒子間の摩擦によるジュール熱への変換という画期的なものである。経験上、レゾナンスチップより、さらに高い周波数まで、小振幅の振動に利くと思われる。カートリッジ、アーム、スピーカーのフレームやホーンの鳴き止めに効果がある。RCA プラグやスピーカー端子にもいいであろう。低周波、大振幅の

場合は、圧力を掛けないと、全体が揺すられてしまい、ミクロ的な結晶粒子間の摩擦に至らないであろう。

マグナライザーのような磁力で浮かす方法は、原理的にも効果が大きいと言える。

スパイクや剣山は経験がないので、何とも言えないが、接点での圧力が必要であろう。従って重量物でないと利かないと思われる。もともとスパイク付きのぎんぎんに調整した音が好きでないため、ほとんど試みていない。

マスの問題は、鉛のターンテーブルキャビネット以外は、鉛インゴットを載せるくらいで経験がない。最近のハイエンドスピーカーが異常なくらい重たいのは、慣性の利用を考えてのことかも知れない。

繰り返して言うが、何が一番良い方法か、万能の方法は何かという答えはなく、振動の周波数、エネルギー（振幅）の大小、振動の伝達経路、影響するルート（直接・間接）など、理にかなった方法を選択して、TPO で選ぶべきであろう。

以上