

KRYNA 科学通信

この通信は KRYNA が提供するオーディオ技術とその背景を紹介する冊子です。

Written by Dr.Nishimura @ KRYNA INC. TEL 0120-924-422

email dr.nishimura.lab@gmail.com

アクセサリーで音は変わる…良くなったか悪くなったか？

最近友人のオーディオを聴きに行ってルームチューニングの必要性を感じました。音像は後ろに下がって、古い B&W にしてはキンキンせず、心地よく鳴っていましたが、音像が大きく、前後の配置の表現が出ていませんでした。そこで、ワタユキを前面の壁と天井の交差する辺り（少し下のカーテンレールの上）に置いてみると、音像の位置が明確（音像がシャープ）になり、かつ、余韻の広がりが出てきました。ワタユキを使う以前より余韻が広がったのですが、音像がボケ（音像が大きいこと）ていることと明確な音像に余韻の広がりが出ることの違いは何処にあるのでしょうか？

さてここでまず、音像の定義から見ていきましょう。音像は次のように定義されています。音像とは「聴感上の音源」を指し、その感覚としては、「人がある音を聴いただけで、音源の位置・大きさ・形などを感じ取ることが出来る」ことを言います。イルカや蝙蝠のエコーロケーションと同じですね。この感覚的にとらえた音を音像と言います（日本オーディオ協会の用語解説より）。また、音像の検索から連なる用語として、音像定位とは、音を聞いた時に、音の大きさ、高低、音色（音の 3 要素）だけでなく、聞こえる方向や距離を知ることができる能力を「音像定位能」といい、これによって音源の位置を認識することを言います。さらに、音場とは音が広がる空間や場所のことを言います。

以上のことを参考に、音像が大きいということは、もともと大きな面積を持つ音源かもしくは人の声やトランペットなどのように音が出ているところは小さい面だけどそれが大きく聞こえるかのどちらかでしょう。つまり、前者はもともと大きい広がりを持つ音源で、例えばオーケストラの 1st バイオリン、2nd バイオリンと言った同じ音を広い範囲で同時に出している状況などに相当しますね。一方後者の場合は音の出口が小さいので音像はシャープになります。しかしこのシャープなはずの音像が広がって聞こえるということはどういうことでしょうか？もともとシャープな音像が広がって聞こえる原因は何処にあるのでしょうか？

ここで、聴覚の構造（図 1 参照）を見てみますと、耳に入った音は外耳道を通して鼓膜を振動させ、その振動を三つの耳骨を介して内耳の入り口「前庭窓」に伝えます。前庭窓の後ろには蝸牛があり、そこで、周波数分析と時間分析がなされます。蝸牛の中の繊毛は個々に共振周波数を持っており、伝えられた振動成分（音の周波数成分）に対し対応する固有振動数で共振してパルスが発生します。そのパルス発生の頻度で、音の大きさを検出します。さらに、左右の耳は神経線維でつながれていて、左右で発生したパルスをこの神経に伝えて伝播させ、両者が神経のどの位置でぶつかるかを検出して左右の時間差を検出、方向を認識する信号としています。こうして得られた情報を、脳に伝えて何の音かの音源分析、それぞれ何処から聞こえるかの音像定位、さらに、意味解析まで行っているわけです。聴覚自体はすべての音を検出しているのですが、大脳の処理により不要な音は除去し、意味を持つ情報や興味のある情報のみを選択して取り込むこともできます。つまり、雑音成分は大脳で処理されて意識から消し去るとすれば、脳の処理量が増大し、疲れてしまうということにもなります。つまり、長時間聴いて疲れる音は雑音が多いともいえるでしょう。詳しくは、「聴覚と音響心理（音響学会編）」、「聴覚心理学概論（B.C.J. ムーア）」などの書籍を参考にするか、聴覚の構造などの用語で検索してみてください。こうした資料を参考にすると、音像定位に貢献する情報として、左右のパルスの発生時期のズレ、時間差が大きな要因になっているように思われます。

耳の構造

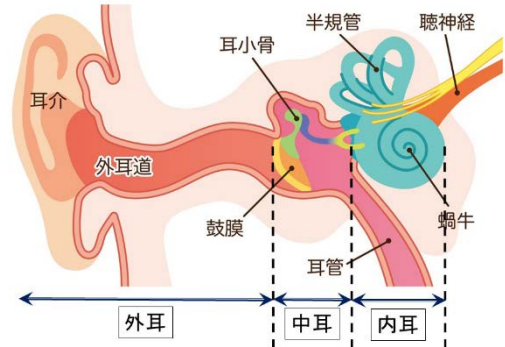


図 1 耳の構造 出典：[耳の構造と聴こえの仕組み・難聴・耳鳴り | 耳の主な病気 | さかした耳鼻咽喉科 | 平野区平野西の耳鼻咽喉科](#)

これから先は私の考えですが…。一定の方向と距離から到達する音の場合、この時間差は一定で変動しないと考えられます。もし演奏者がふらふらして音源の位置が揺らいだならこの時間情報が揺らいでしまいます。しかしこの揺れは数秒の単位ですね。さてこれを、オーディオで考えてみるとどうなるでしょう？時間の揺らぎは位相の揺らぎに相当します。例えば、1kHz の信号（1 周期 1m 秒=1/1000 秒）が 0.1m 秒（1/10000 秒）ズレたとなると位相のズレは 36 度になります。このズレの原因として、雑音が考えられます。雑音は種々の周波数を含み、ランダムに発生しますので、雑音の中の 1kHz の成分が元の信号に足し算されます。この足し算によって元の信号の位相がずれてしまい、位相のズレがランダムとなって一定でなくなります。（ここで少し高校数学の復習をしましょう。計算例：元の信号の大きさを A 、信号の角周波数を x 、雑音の内信号と同じ周波数成分の大きさを B 、位相のズレを $a(\text{rad})$ としますと、信号に雑音が加わった結果、信号は $A\sin(xt) + B\sin(xt+a)$ となります。加法定理を使って $A\sin(xt) + B\sin(xt+a) = A\sin(xt) + B\sin(xt)\cos(a) + B\cos(xt)\sin(a) = (A+B\cos(a))\sin(xt) + B\sin(a)\cos(xt)$ を得ます。ここで、 $(A+B\cos(a))$ を C 、 $B\sin(a)$ を D とおいて x に関

して単振動の合成を行うと、 $(C^2+D^2)^{0.5} \sin(xt+b)$ 、ただし $b=\tan^{-1}(D/C)$ が得られます。この結果から信号の大きさや位相が、ランダムな雑音の大きさ B と位相のズレ a に影響され、元の信号の位相がランダムに揺らぐことが分かります。つまり、雑音 B が小さい程その影響が小さくなり、定位が明確になる事が分かります。) このランダムさが、音像の位置を明確に一か所に定めさせず、不明瞭にさせてしまう原因と考えられます。ランダム性、つまり揺らぎの幅が大きいほど、一層不明瞭になるでしょう。このことは、広いグラウンドでトランペットを吹いている場合とコンクリート打ちっぱなしの部屋で吹いている場合を想像頂くと分かり易いかもしれません。広いグラウンドで吹いた音は、空間に広がって逃げていき反射音がありません。つまり、直接音だけで、その音が両耳で聞こえます。一方、部屋で吹いた音は、壁での反射が幾度も起こり、直接（反射する前に）届く音に続いて壁での反射音が 1 回反射、2 回反射…と次から次へといろいろな時間遅れ（位相のズレ）をもってやってきます。反射音の遅れが 50m 秒以内ならエコーとは聞こえず、残響と認識します。この残響の中で、直接音が強ければ、トランペットの位置がはっきりしながら、わんわんと響く残響音が聞こえるでしょう。もし、直接音が強くなければ反射音の影響で時間のズレが曖昧になり、トランペットの位置は不明瞭になって音像がボケて大きくなります。それでもまだ反射音の遅れは一定になるので、ランダムな雑音が混入するより、音像のボケはさほど大きくはならないでしょう。

さて、ここからが今回の本題です。オーディオアクセサリーを使うと確かに音は変わります。この変化が良い方向に進んでいるのか？それとも悪い方向に進んでいるのか？音像がボケているのかそれとも余韻が広がっているのか？このあたりの判断をどのようにすればよいのでしょうか？ここで大事なのは、現実の音を聴きたいか作った音がいいのかです。自分が好きに作った音を聴きたいならこれから先は不要です。しかし、もし、現実の音、楽器の音やいろんな現象で生じる音、日ごろの生活音などを含め、その音そのものの音を聴きたいなら、ここからが大事になります。再生音の判断基準はいくつかあると思います。人それぞれだと思いますが、いろんな基準をもとに判断し

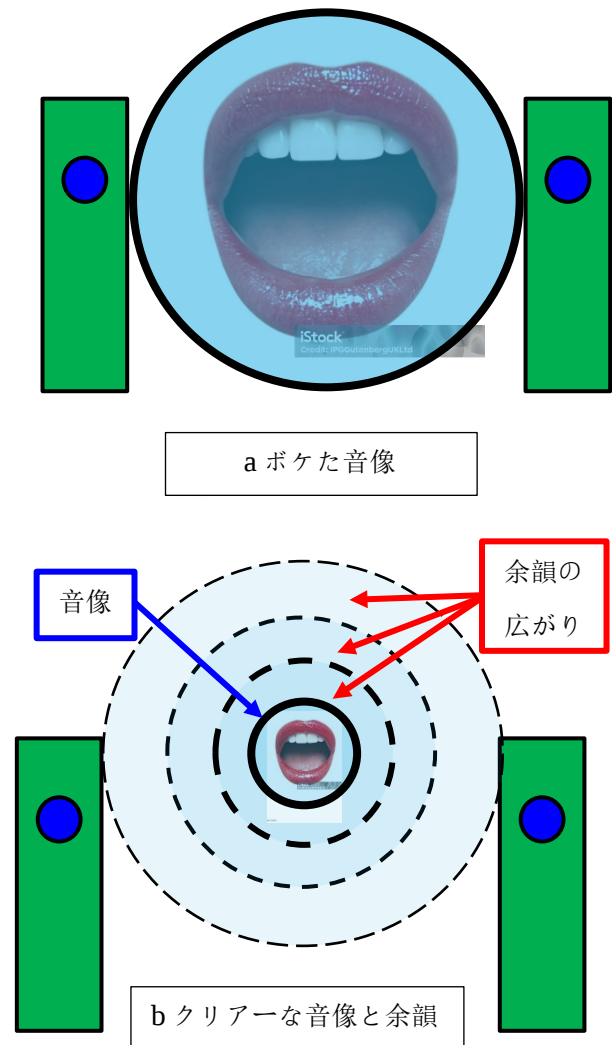


図2 音像の印象

ていくのが良いかと思います。判断基準を順不同に揚げてみますと、聞きなれた音・聞いたことのある音、音像定位の明確さ、余韻の広がり、音の透明感・ベールに包まれていないか、自然な鳴り方、そこで音がしている実在感、詰まっているか開放されて自由に鳴っているかの拘束感…などなど、人それぞれあるかと思います。アクセサリーを使って音が変わったなら、日ごろ聞いている音源を聴きながら上記の観点からどう変わっているかを判断するとよいでしょう。例えば、日ごろキンキンしてうるさい感じの場合、アクセサリーによってうるささが抑えられてよくなったように感じるかもしれません。しかしそれだけで効果があったと思込むことは危険です。雑音が低減されているか、単に高域が抑制されたのかの判断が必要になります。大事なのは雑音が減っているかです。（再生システムによって新たに音響信号に加わってくる雑音の要因は、以前にも述べたように、機器の振動、超音波領域の雑音と非定常特性、基準のランダムな揺らぎで、どのようなシステムであっても共通して存在し、雑音の影響を生じます。）他の音源を種々聴いて、不自然でないか？余韻感や音の広がりがなくなっていないか？こもった音になっていないか？定位は明確になったか？聴いていて疲れないか？そして、数日の間聴いていて、満足感がずっと続くか？など、観察してみてください。基本的に、ベールが取れて音が明瞭になっていれば、雑音が低減されたと判断してよく、良い方向だと思って間違いないと思います。

雑音が減ることが大事と言いましたが、音源に入っている音の情報に対し、再生装置を通すことにより先程ふれたいろんな原因によって雑音が新たに作られ、音を改ざんしてしまいます。この改ざんを可能な限りゼロにしていく必要があるわけです。私の友人は、音像のボケと余韻の広がりとの区別が良く分かっていなかったようです。音像がボケている場合は図2の上側のように「この辺り」から音がしているといった感じですが、音像が明確になると下側の図のように「ここから」音がしていると認識できます。ところがここからが曲者なんです。音像が明確になると同時に、余韻が聞こえるようになり、音が広がって聞こえます。下側の図のように、音が出た後、それが音場空間に広がっていくところが分かるようになります。この余韻の広がりには自然で（残響の多少に関連して）多かれ少なかれ存在するのですが、この余韻の広がりを音像が大きいことと混同し、音がボケたと感じてしまうと、誤認識になります。ここで、正しい認識をするには、何が正しいのかの判断を他の評価基準で検討することが必要になります。つまり、音像が広がってボケた時には、音像定位は不明確なままで、定位の前後や上下などの差が分かりにくいのですが、明確になった場合は、3次元的な音像配置が明確になってきます。同時に、高域雑音が減って音源（楽器や声など）の持つ細かな情報が明確になっているはずです。一つの要因のみを見るとはっきりわからないのですが、いろんな要因を組み合わせで判断していけば、良くなったか悪くなったかの判断に自信を持つことができます。

如何でしょうか？少し視点を変えて音を聴いてみると新しい音の在り方が見えてくるかもしれません。



Tea Break

七月から八月にかけて出回るのがダージリンのセカンドフラッシュ。ファーストフラッシュの淡い感じから、日差しを浴びて力強く育った木から繰り出される新芽。

春茶と違ってごっつい感じになっています。でも、ごめんなさい、どうも私は春茶しか興味がないので、夏茶の良さは良く分かりません。ま、ミルクティーにすると、ミルクに負けないごっつい味わいを出してくれるのでしょうか？といったところで、話を他の話題に振りましょう。夏と言えば、茄子。漬物にしてもおいしいし、てんぷら、煮物、炒め物。いろいろありますが、広島田舎で夕食に茄子とピーマンの煮物を作ったのですが、材料は文字通り茄子とピーマン。味付けはみりんと醤油。茄子を油でけてそれにピーマンを加え、みりんと醤油で味付けをします。ここまでは、いつも通りで、弱火で煮ていたのですが、その間に、かまどでご飯を炊くことにして、薪に火をつけて、火を落とすまでの約十五分つきっきりで火加減を調整します。その間、茄子は火にかけたままだったのですが、かまどの火を落として茄子を見ると焦げ付き直前。「あっ、しくった」と思ったのですが、気を取り直して鍋から皿に移し、テーブルに出しました。幸い焦げ付きはなく、煮含め状態だったので食べることが出来ました。ところが、これが今までになくトロっと仕上がって、しかも茄子のうまみが凝縮されてとてもおいしいものになっていました。よく考えてみると、茄子は水分が多いので、普通仕上がりはひたひたになり、ゆでたそうめんを入れてもおいしいくらいなのですが、その汁がすべて茄子に戻って凝縮されおいしくまとまったという感じでした。それ以後、何度か挑戦するのですが、同じような仕上がりにはできません。もう一度作りたい、そんな味でした。ちなみに、釜で炊いたご飯はいつもの超絶品でした。

こんな時、こんな音楽 …

さて8月、夏真っ盛り。と言っても、7日には二十四節気の立秋。秋が近づいてきます。高校生の頃広島に住んでいましたが、8月6日は原爆の日でとても暑いのですが、その翌日7日が立秋ですが、この一日の差で、季節感がなんとなく変わったように思ったものでした。と言ってもこの頃の季節感は大分揺らいでいますね。以前は立秋が過ぎると、景色のコントラストが強くなって明暗がはっきりして、華やかだった夏から枯れ葉舞う秋に向けて舵が切り換えられていく季節のように思いました。旧暦合わせだと、七夕やお盆がありますね。少し湿度が下がって暑いけどさっぱりとした暑さで過ごしやすい季節に移り変わっていきますね。お盆とか、少しノスタルジックになる時期ではないでしょうか？私もよく小学低学年のころ畑で採った茄子にマッチ棒を刺して「牛」と

か作って遊んでいたのを思い出します。その茄子は夕食になって出ていましたが…。懐かしい思い出です。

こんなノスタルジックな思い出に浸るに、ちょっと古い曲ですが「夏祭り」という曲如何でしょうか？元はジッタリン・ジンというバンドの曲で、1990 年にリリースされた曲です。その後、2000 年に White berry がカバーし、アニメ「Re Life」の第 10 話のエンディングや「月がきれい」の挿入歌として使われています。「君がいた夏は遠い夢の中・・・」中学生の頃に思いを馳せる気分です。「月がきれい」は、夏目漱石の英語の授業で「I Love You.」の訳として、「私はあなたを愛している」と訳した学生に、「ここでは月がきれいとても訳せばいいだろう」と言ったという逸話で有名ですね。この逸話のごとく、「月がきれい」は中学生の恋物語で、挿入歌として東山奈央が歌った「初恋」（村下孝蔵）も印象的です。昔聴いた記憶があるなと思っていたら、1990 年に発売された曲でした。若い頃を思い出すノスタルジックな曲です。如何でしょう？

今月の音楽

バーバラ・リー +2

Barbara Lea



福岡のレコード店 Ninonyno2 の新納さんに教えていただいた一枚。

Barbara Lea の出した 3 枚のレコードではこの作品が最も評価が高いのですが、正直どの作品も素晴らしい。

兎に角歌が上手い。

ずっと入ってくる声質ですが良いワインやお茶の様に余韻が長く力強い。

レーベルはプレスティッジ、録音はルディ・ヴァン・ゲルダー。

配信でも良いので是非一度聴いてみてください。



オーディオと物理

第 17 回 摩擦によるエネルギー損失

摩擦が費やすエネルギー：摩擦力×移動距離

摩擦はどんなところにでも存在しますね。民族間の闘争や人とのすれ違い。無駄にエネルギーを使いますね。あっ、違うか…。自動車でも走っても、自転車でも、水平な道を走っていても、自転車のペダルを踏まなければいずれ止まりますね。自動車もクラッチを切って（AT 車ではできない？）ほっておけばいずれ止まります。これは、車軸の摩擦や空気と車体の摩擦によって運動エネルギーが吸収されてしまうからです。厳密には、摩擦によって動きを止める力が働いて（運動とは逆方向の加速度が生じ）速度が減少し、いずれ停止するわけです。停止すると摩擦力は働かなくなるので、後ろ向きに動き出すことはありません。以前にもありましたが、代表的な摩擦として、流体摩擦とクーロン摩擦がありました。流体摩擦は速度に比例しますが、クーロン摩擦は面への垂直抗力に比例するけれど速度には無関係です。では、それぞれ見ていきましょう。

流体摩擦：流れ抵抗を c とすると、速度 v で運動している物体が受ける摩擦力 f_f は $f_f = cv$ となります。仕事の定義を使うと、この摩擦がする仕事は、力×距離、パワーは力×速度ですので、パワーで見ると摩擦による損失は、 $P_f = f_f v = cv^2$ となります。つまり速度の自乗に比例してエネルギーがとられることになります。夏、プールのウォータースライダーで勢いよくプールに滑り込んでもあっという間に勢いがなくなって止まってしまいますね。また、水の中腰まで浸かった状態でゆっくり歩くとそんなに疲れませんが、速く歩こうとするとあっという間にばてますよね。

クーロン摩擦：水平な面と物体の間の動摩擦係数を σ とし、質量 m の物体が水平な面上を速度 v で動かされているとき、物体が受ける摩擦力 f_c は $f_c = \sigma mg$ となります。この摩擦がする仕事のパワーは、 $P_c = f_c v = \sigma mg v$ となります。例えば、物体が速度 v_0 で滑らかな面から動摩擦係数 σ の面に移ったとします。移動距離 D はいくらになるのでしょうか？物体の運動エネルギーは $mv_0^2/2$ で、このエネルギーがすべて摩擦で消費されるなら、そのエネルギーは力×距離より、 σmgD となります。従って、 $mv_0^2/2 = \sigma mgD$ より、 $D = v_0^2/2 \sigma g$ となります。

振動での流体摩擦の影響：バネにぶら下がった錘は当分上下に揺れていますが、やがて止まってしまいます。特にダンパーを付けていない場合でも止まります。空気の抵抗とバネの内部損失によって運動エネルギーが吸収され停止へと進んでいきます。自動車のサスペンションのように、バネ

とダンパーで支持された質量（自動車）の振動やダンパーで吸収されるエネルギーの解析は、大学レベルなのでここでは省略しましょう。

ここまででほぼ力学・機械的運動の学びは一通り見てきたかと思います。次回からは、電気現象について見ていきましょう。

☆西村博士の物理ラボ 活動情報はこちらから

◆西村博士連載ブログ https://kryna.jp/report/nishimura_blog/



◆西村博士の物理ラボ X アカウント https://twitter.com/dr_nishimlab



◆法人向けコンサルティング https://kryna.jp/biz_consulting/



☆毎月最終日曜日☆

西村博士（通称：ドク）と音や映像を深掘り☆彡

KRYNA 研究所 日曜午後の気楽な＜オープン D A Y＞ 始めました♪

https://kryna.jp/news/info/klb_250720/