

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ご紹介します冊子です。

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

email dr.nishimura.lab@gmail.com

振動対策ができるか否かは形状と構造にかかっている

今日は、インシュレータの形状についてお話ししましょう。近年は、円錐を使ったものが多くなっ



ているようですが、以前は、立方体や円筒など、断面積が一定のものもありました。大学で仕事をしていたころ、インシュレータが何をしているのかを解明しようと、波動方程式

$(d^2p/dx^2 + mdp/dx = (1/c^2)d^2p/dt^2)$ 、ここで、 p :インシュレータ内部の応力、 x :インシュレータ内の振動伝達方向での位置、 m :形状に関する係数、 c :振動伝搬速度)なるものを解いて、振動の伝達特性を

解明してみました。すると、断面積の変化が、振動伝達特性に方向性を与えることが分かりました。

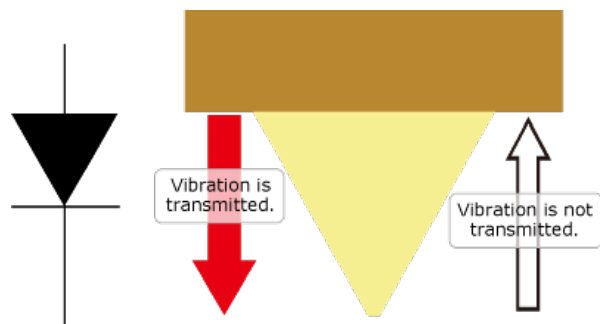
龍慶前社長が良く「メカニカルダイオード」と言っておられましたが、まさにその通りですね。

つまり、円錐など、断面積が変化すると、前回話しましたように、頂点から底面へ向かう場合と、底面から頂点へ向かう場合では、ある特定の周波数を境に逆の特性を示すようになります。

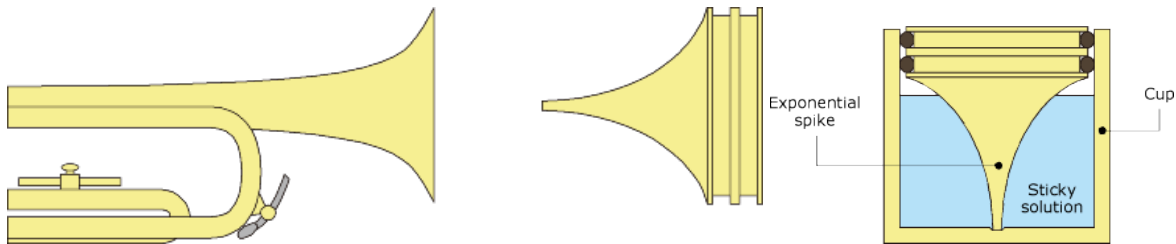
しかし、断面積が変化しないものは、両方向特性は同じで（対称なので方向性は出ませんね）、断面積の大小で、伝わり易さが変わるだけでした。波動方程式の解を使うと、どのような形状がどんな特性を与えるかとか、使い方や使う場面でのどのような形状が最適かを知ることができます。

当社の宣伝になりますが、D-Prop

(<https://kryna.jp/products/accessories/d-prop/>) はそういった解析の下、約 6kHz 以上の振動を機器から除去出来る特性をもつものとなっています。D-Prop は円錐形状のインシュレータを二段重ねにしたものです。個々のインシュレータは 13kHz より上の振動しか除去できないのですが、二段重ねにすることで、特性を半分以下の周波数まで下げることが出来ました。このあたりも、波動方程式の解を使って解析できます。理論は、ある面理想的な状況下での話しかできませんが、技術の方向性を示すととも



に、大まかにどのような結果が得られるかを説明してくれます。毎回、物理の基礎をお話ししていますが、理論が全てではないにしても、理論がないと指針が得られません。例えば、形状を変えることで、更にもっと低い周波数から除去できるインシュレータとして E-Prop があります。E-Prop は断面積の変化が指数関数的に増加するもので、音響では蠟管蓄音機（※余談ですが、先月8月号のおすすめ音楽でご紹介したミッシャ・エルマンの Vn は蠟管蓄音機での録音です）、スピーカ、金管楽器などに使われる形で、効率よく振動（音：音は空気の縦波振動）を伝える形状です。厳密にはトランペットなどは双曲線関数で、少し違うのですが、各部分での反射が少なくなるように設計されます。



スピーカで使われるエクスポネンシャルホーンもできるだけ口が大きく広がるようにして、出口での反射を小さく抑えています。この広がりを途中で止めると、効果は低下してゆきます（中心線に対して広がりの角度が90度以上、可能なら最終的に180度が望ましい）。では、何故このように高い周波数の振動を除去することが、HGSに効果があるのでしょうか？それは、5kHzから10kHzあたりの信号が音像定位を認識する上でキーとなる周波数帯と言われており、このあたりの雑音発生要因の振動除去が、大きく影響するからです。以前述べたように、雑音の発生要因は、機器の振動、機器の非線形・非定常性、基準の揺らぎなどがあります。その一つの機器の振動抑制は信号の位相揺らぎ低減に重要な役割を果たします。

ここまでは、雑音の要因となる振動の除去に関する話でしたが、インシュレータの材料には何を使えば良いかが問題になります。実は、インシュレータの構成材料については、その影響がどのように現れるかの理論的な説明はできていません。鉄がいいか、アルミがいいか、真鍮がいいか？ただ、聴感上、鉄は重苦しく、アルミは軽薄、真鍮が多分馴染みやすいでしょう。楽器にも使われているので…相性がいい？先程の、振動伝搬特性に影響する材料の性質は、ヤング率だけです。伝達特性は材料のヤング率と形状で決まってくるので、異なる材料でも、同じ特性のインシュレータを作ることは可能と思われます。その時同じ音色で聞こえるかについては疑問が残ります。結構音は敏感で、使った材料の音が放射音に影響を与え、特徴を出し（音に色付けする・・・音色を変える）ます。それを中和しようと、異なる材料を複合する場合は注意が必要です。何故なら、異なる材料の境界面で振動の反射が起こり、特性が変化するからです。この反射という現象も、結構影響力があり、如何に反射を抑えながら振動を伝達・除去するかが重要なカギになるわけです。実はこのあたりも、理論である程度解析できます。といったところで、理論は、ある面偉大ですね。それと、今後の課題ですが、金属材料は金属原子の結晶の集まりで構成されます。決勝の大きさやその組み合わせなどから金属特有の音（固有振動モード）を解析できるかもしれません。まだだれもやってないことなのでチャレンジしてみたいと思っています。



Tea Break

これまでお茶の種類をいろいろ見てきましたが、お茶を抽出する水について、水の硬度とお茶やコーヒーの出方がどう変わるか、私の経験を話させていただきます。

日本茶、紅茶、コーヒーなどを抽出する際の水ですが、人にもよると思いますが、私は、軟水が好きですね。軟水の方が切れの良さと香りとが良く出せるように思います。ヨーロッパなどの地下水は概ね硬水で、かなり硬度が高いようです。硬水で入れると、ごつつい感じ（悪く言うと“もわっ”とした感じ）になり、アッサムなどのミルクティーには向いているかと思えます。一方、軟水では、軽い感じになるといいのでしょうか。以前、広島西条に通勤していましたが、そこには酒蔵が数軒建ち並んでおり、酒蔵通りという通りになっています。各酒蔵は、酒蔵通りに面して仕込みに使う井戸水を汲むことが出来たり、酒蔵に入って汲んだりできるようにしています。私は、よく汲んで帰ってはコーヒーや紅茶を淹れるのに使っていました。このあたりの水の硬度は低く、60程度だったかと思えます。さらにお気に入り、広島山奥に三段峡という観光名所がありますが、その近くにある、深名水という名水があり、硬度は8程度だったと思えます。この水がとてもおいしい。西条の水もおいしいのですが、それ以上においしく、私好みの紅茶やコーヒーを入れることが出来ました。が、遠くて汲みに行くのが大変でした。最近、特別に品質の良い紅茶やコーヒーを入れる時、白神山地の水を使っています。日ごろは利根川・荒川の水です。結構硬度は高いようです。

紅茶はイギリス、ドイツやロシアなどでも有名ですが、当然産地のインドでもよく飲まれています。

今月の音楽

イエロー・サブマリン

ザ・ビートルズ



「we all live in a yellow submarine…」キャッチーで耳馴染みの良いリフレインはどんなシステムで聴いても名曲である事には変わりないのですが、オーディオのグレードが上がると音作りの観点からのビートルズの偉大さをまざまざと見せつけられます。SE等の技法も去ることながら、先ず何より単純に音が良い。波のSEの「高さ」「奥行き」「広がり」でホログラフィックサウンド具合の判定も出来ます。嘯めば嘯むほど、、、スルメのような一曲です。とても音が良い。

[The Beatles - Yellow Submarine \(youtube.com\)](https://www.youtube.com/watch?v=VgKGyQb1s0s)



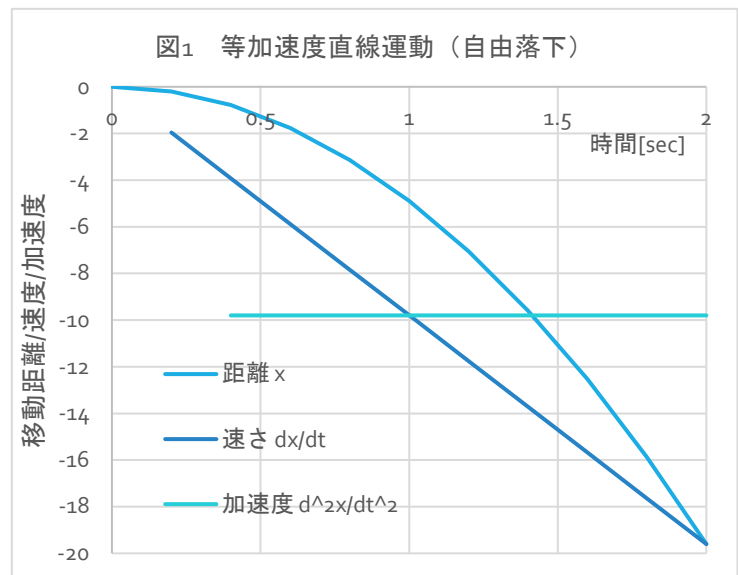
オーディオと物理

第6回 等加速度直線運動

加速度が一定な運動の特徴…速度が一定の割合で増加、移動距離は時間の自乗に比例

前回、等速円運動の例を示しましたが、回転の中心に向かう力が必要な運動で、その力の向きが時々刻々変化し、速度の変化（加速度）が生じている運動でした。太陽の周りをまわる運動がこの等速円運動に近い運動ですね。（近いといったのは厳密には円運動ではなく楕円軌道を描いているからです。興味がある方は惑星の運動で調べてみてください。）今回は、等加速度直線運動で、身近な現象でいえば物体の自由落下が代表的です。重力加速度、つまり地球との引力により地球の中心に引き寄せられる運動です。これも厳密には等加速度とは言えないのですが、地球表面の高さ1000mとか言ったレベルで、ほぼ重力加速度が一定と見なせる範囲を考えます。後に出てきますが、ニュートンの運動法則を見ると、力=質量×加速度 なのですが、物体にはたらく力、地球との間で引き合う力は距離が小さくなると大きくなります。つまり、上空の高いところにある場合と地上近くまで落下したときとは引力の大きさが変わってしまいます。さらに、地球の自転がこれに追い打ちをかけ（遠心力が小さくなる）、重力加速度を減少させてしまいます。ここまで厳密にいうと等加速度運動を実際に見ることは困難になりますね。もっと言うと、空気の抵抗が影響してくると、自由落下も、ある速度以上では等速運動になってしまうわけです。厳密な話で進めると複雑になるばかりで、かえって混乱するので、ここでは、単純に、重力加速度が一定の空間を考えます。

では、以前見たのと同様に、時間変化の図で見ていきましょう。等加速度運動では、加速度が一定であるため、物体の速度は時間に比例して増加します（これは等速度運動で速度が一定であったとき移動距離が速度に比例したのと同様に、この場合、速度が加速度に比例する）。すると移動距離はさらに速度の積分ですから、時間の二乗に比例して増加するわけです。図1は重力加速度 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$



での時間経過による位置（自由落下なので始点を原点とし、高さが減少する方向ということで、位置、速度、加速度を負の値で表示しています）、速度、加速度の変化を表しています。その数値を表1に示します。表1では、加速度は 9.8m/s^2 一定で、速度は $v=gt$ 、位置（移動距離）は $x=gt^2$ で求めています。また、位置から求めた dx/dt 及び d^2x/dt^2 を 3, 4 列に示しています。 d^2x/dt^2 は、曲線なので、求める時刻の前後の時刻での位置を用いて求めました。表中に、それぞれ計算式を記入しています。

表1 等加速度直線運動の時間、距離、速度、加速度

時刻 t	距離 x	速さ gt	距離から求めた平均速度 dx/dt	加速度 d^2x/dt^2
0	0	0		
0.2	-0.196	-1.96	$(-0.784-0)/(0.4-0)=-1.96$	$(-3.92+1.96)/0.2=-9.8$
0.4	-0.784	-3.92	$(-1.764+0.196)/(0.6-0.2)=-3.92$	$(-5.88+3.92)/0.2=-9.8$
0.6	-1.764	-4.9	$(-3.136+0.784)/(0.8-0.4)=-5.88$	$(-7.84+5.88)/0.2=-9.8$
0.8	-3.136	-6.86	$(-4.9+1.764)/(1.0-0.6)=-7.84$	$(-9.8+7.84)/0.2=-9.8$
1.0	-4.9	-8.82	$(-7.056+3.136)/(1.2-0.8)=-9.8$	
1.2	-7.056	-10.78		

自由落下で例を示しましたが、等加速度直線運動は厳密とは言えませんが、自動車でアクセル開度を一定にして走らせる場合などをイメージ頂くのもよいかと思えます。

次回は力のつり合いです。天秤などのつり合いも同じことですが、この場合はモーメント（回転力、トルク）のつり合いになります。

☆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/

