

第103回CIS研究所パートナー会議事録(一般様用)

開催日： 2020年12月19日(日)
場所： CIS会議室 13時~17時
講師： 神田 忠起 様

テーマ： 難しいお話集



会議風景

- ・パラメトリックスピーカー(超音波スピーカ)
- ・トーンズイレスピーカー(コラムスピーカ)
- ・ラインアレイスピーカー
- ・毛細管現象
- ・へちま水
- ・大木に水分が上がるのはなぜか？

プロローグ：

超音波スピーカーの話題あたりから、わからないとか理解できない、理解するためにどの様にしてアプローチしてよいのかすらわからない、それも日々の生活の中で日常的に感じている事項・事柄がなんと多いことか。超音波スピーカーの事例では、多くの研究資料、文献、商品化されたものが有るものの実際に近くで見たものがなく、やはり疑問が残る。寺川さんがなぜか保有していた、パラメトリックスピーカーの実験機その後アマゾンで購入できるレベルの原理試作機など実際に物を見て、現象的には指向性の強い音声伝達装置であることはある程度体験できた。しかし、その動作原理は理解できたとは言えない状況で、問題として積み残しになっている。積み残しの傾向は、久米さんのシャボン玉の実験、西村さんのスターリングエンジンと増えてゆくばかりである。パートナー会議にも過去の話題で積み残しが多く残っている。わからないことが多い。

今後のCISパートナー会後の中でひとつずつ理解を深め、真相解決してゆきましょう！

1) パラメトリックスピーカー(超音波スピーカ)

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%91%E3%83%A9%E3%83%A1%E3%83%88%E3%83%AA%E3%83%83%E3%82%AF%E3%83%BB%E3%82%B9%E3%83%94%E3%83%BC%E3%82%AB%E3%83%BC> (継続事項 1)

パラメトリックスピーカーは2系統ある(ひとつは、2つの超音波の周波数のずれを用いた方法で、一定の周波数を持つ超音波と周波数変調(FM)をかけた超音波を同時に発生させて、超音波の交差する空間に可聴域の音を再生する方法である。2つの超音波の周波数差のうなりを聞くことができる。)

第97回、第101回、CIS研究所パートナー会議で取り上げた、パラメトリックスピーカーを使った実験で疑問点がいくつかある中で、FM変調でもPM変調でもスピーカーの観測波形がAM変調のようになる理由につき神田様のご意見に依って定性的考察が進み1件解決できた。

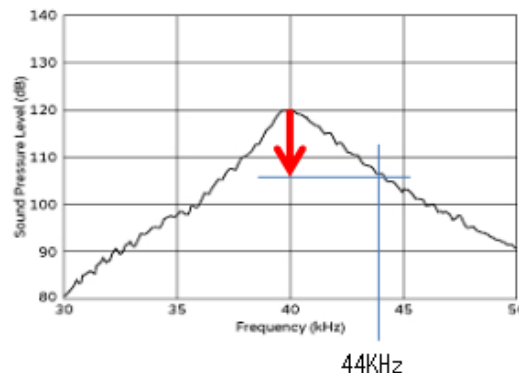
神田様の説明:

キャリア=40KHz をFM変調した信号が40KHzの共振点を持つ超音波スピーカーに加えられると、キャリア40KHzに対して変調波がキャリア信号の1%即ち400Hzであれば共振点からのずれは少なく殆ど観測されないが、変調波を10%即ち4KHzで変調した場合、変調波は44KHzになる。

$Q = f / \Delta f$ なので $40/4=10$ 約振幅は半分となり、波形を見ていると振幅変調の波形に見える。

Murata MA40S4Sの場合約15dB下がることになる。

これは振幅換算で約17.6%=約20%小さくなり振幅変調のように観測される。 **神田理論と命名することになった。**



勿論定量的に計算可能で、FMではベッセル関数を扱うことになるのでここでは省略する。実際に数値計算する場合に有効な資料として次のものが有る。

<http://vrlab.meijo-u.ac.jp/~yanagida/edu/fm-spectrum.html>

<http://vrlab.meijo-u.ac.jp/~yanagida/edu/index.html><http://vrlab.meijo-u.ac.jp/~yanagida/edu/index.html>

パラメトリックスピーカーについての未解決点:

解析に当たり、AM, FM, PMの検討は必要なく、実際の実験ではAM変調のみで確認すればよいとする。

要検討事項: 超音波スピーカーの特性と効果

直進性と減衰の関係、指向性の確認、音を感じるメカニズムは1) 空間中で起きるか、2) 超音波がもの体に当たるところか、3) 人の頭に直接当たったときはにはどのようなメカニズムで聞こえるのか 等ある。HiFi性の検討はアドバンスコースとして後回しにする。



物体(人)に当たって音波になる場合

空中で音波になる

積み残し事項:

今後の課題は、オーディオ信号で変調された超音波から人はどのようにして音が聞けるのかである。

2) トーンズイレスピーカー(コラムスピーカ) ポイントは指向性

<https://www.toa.co.jp/kikumiru/wiki/?%E3%83%88%E3%83%BC%E3%83%B3%E3%82%BE%E3%82%A4%E3%83%AC%E5%9E%8B%E3%82%B9%E3%83%94%E3%83%BC%E3%82%AB%E3%83%BC>

トーンズイレとはドイツ語で「音の柱」という意味で、口径の小さなスピーカーユニットを縦方向に並べた柱状のスピーカーシステムをトーンズイレ型スピーカーといいます。大きなスピーカーユニットのような音を得ることができ、小さなユニットとは思えない低音感を得ることができるのが特徴です。コラムスピーカーともいいます。(TOA HPより)

3) ラインアレイスピーカー ポイントは指向性

<http://www.toa.co.jp/otokukan/otolabo/theme2/at2.htmwww.toa.co.jp/otokukan/otolabo/theme2/at2.htm>

音源を線上に集合させた「線音源」

ラインアレイスピーカーは、簡単に言えば音源となるスピーカーユニットを縦に一直線に積み重ねて配列したものです。スピーカーから出された音は円筒状に放射され、垂直方向への音の広がりを抑えることで余分な反射を避け、狙ったエリアに音を放出することができます。

ラインアレイスピーカー(線音源)の特性
水平方向には広がるが、垂直方向にはほとんど広がらない。

円筒の表面積は $2\pi rh$ (r は音源からの距離)。

倍の距離はなれた地点では表面積が2倍となりエネルギーが1/2となるので3dBしか音が減衰しない。

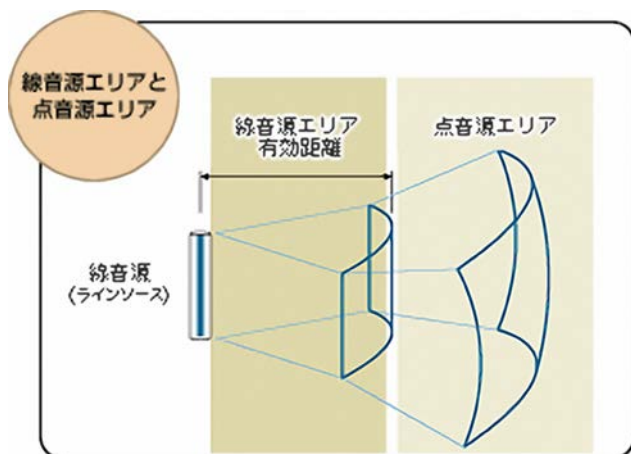
線音源のメリット

距離による音の減衰が小さい。(点音源の半分)

天井や壁からの反射が少なく、明瞭な拡声が可能。

点音源に比べ小さな音で遠方に届くため、ハウリングを起こしにくい。また、ひとつあたりの音源ユニットの音量が小さいのでスピーカーに近接してもハウリングが起こりにくい。

スピーカーの垂直方向への音の広がりが抑えられているため、狙ったエリアに明瞭に音を届けることができます。



線音源であるラインアレイスピーカーの特長は、垂直方向に音が広がらないことですが、その指向性を維持するエリアには限度があり、その有効距離を超えたエリアでは点音源のスピーカーと同じように上下左右に音が広がりながら伝播するようになります。線音源の有効距離は、下記のように線音源の長さと同周波数により計算できます。

■有効距離計算式

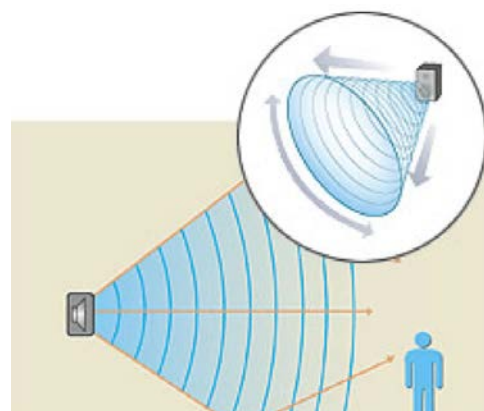
$$CD = \frac{L^2 \times f}{700}$$



$$L = \sqrt{\frac{700 \times CD}{f}}$$

CD=有効距離 [m]
L =線長 [m] (ラインアレイの長さ)
f =周波数 [Hz]

L =線長 [m] (ラインアレイの長さ)
CD=有効距離 [m]
f =周波数 [Hz]



通常のスピーカー(点音源)の特性
水平方向にも垂直方向にも球面状に音が広がる。球面の表面積は $4\pi r^2$ (r は音源からの距離)。そのため距離が倍離れた地点では表面積が4倍となるためエネルギーは1/4となり、音源位置と比べて6dB音が減衰する。
通常のスピーカー(点音源)のデメリット
距離による音の減衰が大きい。
天井や壁に反射して、明瞭性を損ないやすい。
遠方に音を届けようとすると、近場でうるさく、同時にハウリングを起こしやすい。

(TOA HPより)

4) 話題を変えて

大木の上にまでどのようにして水分が届くのか？

そのエネルギーはどこから供給されるのか？

木の上から水を取り出せないか、もし取り出せたらその水で発電できるのでは？

4-1) 毛細管現象

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E6%AF%9B%E7%B4%B0%E7%AE%A1%E7%8F%BE%E8%B1%A1>

【実験】毛細管現象を使い永久機関を作ってみた！ / 米村でんじろう[公式] / science experiments - YouTube

実験によれば、毛細管現象では、管径、表面張力で決まる高さ H_t まで上昇する。

毛細管を H_t より短く H_s ($H_c > H_s$) とした場合、液体は H_c まで上昇して停止する。

結論は永久機関は出来ない。

4-2) へちま水

またへちま水は、へちまの実から搾るものではなく、茎(つる)を切ったところから滴り落ちるエキスを採取したものです。

<https://www.neo-natural.com/hechima/hechimasui.html>

地面から50~60cmのところまで切った茎の根元側を、一升瓶の中に差し込んでへちま水を採ります。3~4日程度採取することが出来ます。

https://www.chinoshioya.com/fs/chino2019ec/c/feature_locha



富山県射水市

<https://hechimacocochi.com/pages/making>

人工的にへちまの茎の背の高いものを作ることはできないだろうか？

上の方で水を出せればその水で発電できないか？

積み残し事項 → 人工的にへちまの茎

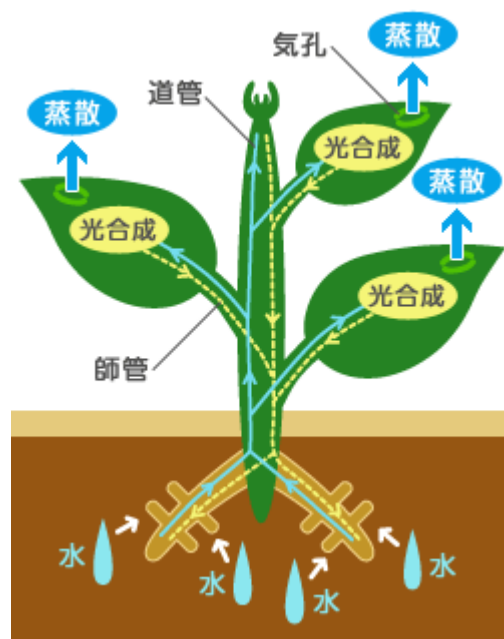
4-3) 大木に水分が上がるのはなぜか？

http://www2.kobe-u.ac.jp/~kurodak/structure&sap_files/structure&sap.html

植物の茎を伝って水分が細胞に行き渡る

100mを越す樹木が水を吸い上げるメカニズムは何だろう？

植物の体の中には、根から吸収した水を高い梢にまで運ぶ専用の水路があり、これを道管（マツやスギでは仮道管）と呼んでいます。根から吸収された水（根圧＝浸透圧）は、この道管を通り、周囲の組織を潤しながら梢まで運ばれますが、この水を上昇させている原動力として、根圧、毛細管現象、凝集力、葉の気孔で行われている水の蒸発（蒸散と呼ぶ）が挙げられます。第一に、根の細胞は吸収された水で圧力が高まっているため、道管内の水を上へ押し上げる力が生じます。第二に、水の表面張力によって管が細いほど水は上昇します。第三に、毛細管である道管内では水の凝集力（静電的な引力）が大きいため、大木でも水が上昇します。さらに、葉の部分で蒸散が行われ、水分が空中に発散されると、その水を補うために道管中の水は上へと引き上げられていくことになるのです。



また、葉では植物にとって欠かすことのできない光合成が行われていますが、ここでも水が使われます。光合成は、太陽などの光エネルギーを使って、二酸化炭素と水という2種類の無機物から有機物の糖を合成する反応のこと（光合成では、炭水化物と酸素が合成される）。この糖が根から吸収した無機養分と結合してさまざまな物質が作られ、植物の栄養の基本となります。ここで作られた栄養分は、師管と呼ばれる組織を通して、植物の体に行きわたり、最後は根まで届きます。このように、植物の体の中は、常に水分が無機物や有機物を載せて（溶かして）巡っていることとなります。

サントリー HPより転載

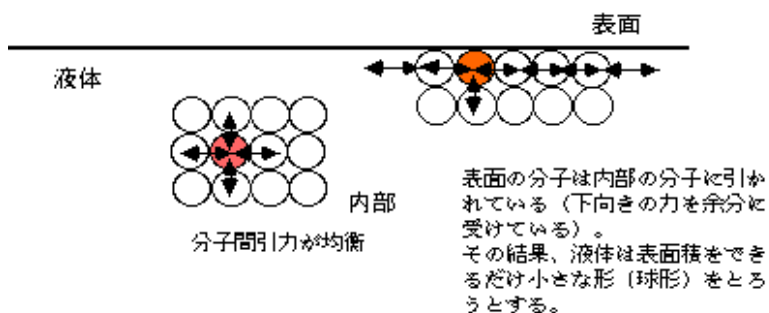
<https://www.suntory.co.jp/eco/teigen/jiten/science/06/#:~:text=%E7%AC%AC%E4%B8%80%E3%81%AB%E3%80%81%E6%A0%B9%E3%81%AE,%E6%B0%B4%E3%81%8C%E4%B8%8A%E6%98%87%E3%81%97%E3%81%BE%E3%81%99%E3%80%82>

表面張力の正体は、分子間力即ち液体の凝集力である。

水：73 dyne/cm <H2O間の水素結合が原因
dyne/cm：1g の液体を1cm引き離すに必要な力

(これ以上大きな値をもつ液体は水銀Hgのみ：
475 dyne/cm)<金属結合>

<http://subsites.icu.ac.jp/people/yoshino/SurfaceTension.html>



このテーマでも、またまた積み残しテーマとなってしまった。

積み残し事項 → 人工的にへちまの茎

出来ないことでしょうか、自然現象には不思議なことがたくさんありますね。

5) 今後の日程

第104回	1月24日(日) 13時～	山本 洋一
第105回	2月21日(日) 13時～	西村 靖紀 様

パートナー会議へ HP <http://www.cis-laboratories.co.jp/index.html>