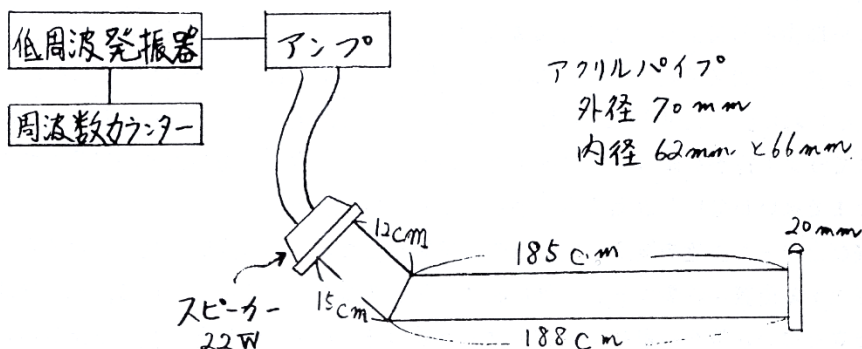


2) 気柱の共鳴

慶應義塾高校 大西章 喜多誠

各地で開かれているエキスポラトリウム展に出展されていた「音のしぶき」(Visible Effects Invisible) を作製した。これはよく知られていているクントの実験と同じように、コルクなどの小粉末を飛び上がらせる代わりに液体を飛び上がらせる実験である。液体として灯油、水、水+写真用ドライウエルの3種類で実験した。この実験結果は開管・閉管の気柱共鳴の理論とよく一致し、音速も得られる。しかし、何よりも液体が飛び上がる時の驚きが生徒にとって大切だと思える。

装置図は次のようになる。



アクリルパイプ(長さ2 m、外径70 mm、内径62 mmと66 mm)を斜めに切断して、180°回転させて接着する。このとき切断面はやすりなどでよくこすり面を平らにして強く接着するようにする。接着材はアクリル専用の接着材を使用した。閉管の方もよく磨き厚さ20 mmのアクリル板と接着した。この板があまり薄いと板が振動してうまくいかない。振動体として22 Wのスピーカーをアンプを通して低周波発振器につないだ。なるべく音がもれないようにしようと密封型の箱を作ってやったがかえって音の出力が弱くなりうまく行かなかった。いまのところうるさいのは我慢するしかないようである(エキスポラトリウム展ではほとんど音が外にもれない)。

まずどのくらい液体をいれるとうまく実験がいくかを調べた。液体として灯油を使った。パイプの断面積に対する液体の量を変えて実験した。液体の量が10-20%くらい深さにして10-15mmくらいがもっとも条件がいいようであった。これは空気をなるべく多く振動させた方がしぶきを飛び上がらせるだけのエネルギーが伝わり、またあまり液体を少なくすると飛び上がれないようである。もっと細い管でやったときは液体の量は管の1/3-1/2くらいがうまくいった。液体の量を変えても共鳴振動数やしぶきの飛び上がる位置の変化は見られなかった。ただ液体の量が70%を越えるとしぶきの飛び上がる位置の変化が見られた。

次にどのような液体が飛び上がりやすいかを調べた。実験をした液体は灯油、水、水+写真用ドライウエルの3種類である。よく飛び上がる順は灯油、水+ドライ、水であった。水の場合はせいぜい3倍か5倍振動くらいまでしか飛び上がらなかった。灯油に比べて水がなかなかうまく飛び上がらない理由として表面張力と密度が考えられる。表面張力を変化させるために表面活性剤をいれた。活性剤として写真用ドライウエルと洗剤を使った。しかし洗剤は泡が出来てうまく行かなかった。ドライウエルを入れると水の表面張力は約半分になる。灯油まではいかないが表面張力が小さくなると飛び上がりやすくなった。

	表面張力dyn/cm	密度g/cm ³
水	72.25 (20℃)	1.0
灯油	26 (18℃)	0.80-0.83

飛び上がった位置を測定して定量的な実験をした。これは実験を見てわかるように飛び上がる位置が移動する。これは液体に伝わる波などと関係している。測定は液体が波立たない状態から最初に飛び上がった位置を主にその位置とした。また9倍、11倍、13倍振動になるとすべての位置で同時に飛び上がることはなかなかできなかった。何度かやるとすべての位置でとびあがることが確認できた。

得られたデータから音速を求めると333-338m/sくらいになる。また波長から管の長さを逆算すると200-210mmくらいが得られる。

灯油

液体量 %	3倍振動		5倍振動		7倍振動		9倍振動		11倍振動					
	振動数 Hz	出力 cm	振動数 Hz	出力 cm	振動数 Hz	出力 cm	振動数 Hz	出力 cm	振動数 Hz	出力 cm				
5	126	2.1	66	2.2	42, 124	277	2.8	31, 90, 151	360	3.5	23, 70, 117, 166			
10	125	2.0	67	2.0	40, 123	278	2.5	30, 89, 151	360	2.7	24, 69, 116, 164 -並に2-3並	440	2.5	19, 58, 95, 132, 170 -並に2-3並
15	125	2.0	66	2.0	40, 124	278	2.3	30, 90, 149	360	2.1	25, 70, 116, 163 -並に2-3並	442	2.3	19, 56, 94, 132, 170 -並に2-3並
20	125	1.9	65	2.0	40, 123	280	2.0	30, 88, 150	360	2.3	24, 70, 115, 162 -並に2-3並	440	2.7	19, 56, 96, 134, 174 -並に2-3並
25	125	1.9	65	1.9	41, 124	280	2.5	31, 91, 149	360	2.8	25, 69, 117, 162 -並に2-3並	440	2.7	18, 57, 95, x, x
30	125	2.0	65	2.0	41, 121	278	2.2	30, 87, 149	360	2.8	23, 70, 116, 162 -並に2-3並	440	2.6	19, 57, 94, x, x
35	125	2.0	65	2.0	40, 123	280	2.2	30, 89, 146	360	2.8	22, 69, 114, x	440	2.8	18, 56, 96, x, x
40	125	2.0	64	2.0	40, 120	280	2.2	30, 91, 147	360	2.3	22, 68, 114, x	435	2.8	18, 57, 93, x, x
45	125	2.0	64	2.0	40, 119	280	2.2	30, 88, 148	360	2.2	23, 68, 113, x	435	2.7	19, 56, 94, x, x
50	125	2.0	65	2.0	42, 118	275	2.2	29, 87, 146	360	2.8	21, 67, 115, x	435	2.8	19, 55, 93, x, x
60	125	2.0	65	2.0	41, 119	275	2.0	29, 86, 145	360	2.0	22, 67, 113, 160	440	2.2	20, 55, x, x, x
70	125	2.0	60-68	2.0	40, 119 うねり性±	280	2.0	28, 81, 144 うねり性±	360	2.0	28, 65, 116, 158 うねり性±	440	2.0	20, 55, x, x, x
80	125	2.0	65	2.0	40, 119 うねり性±	278	2.0	31, 83, 145 うねり性±	360	2.0	30, 67, 119, 159 うねり性±	440		20, 55, x, x, x
90	125	2.0	46-50	2.0	41, 100 うねり性±	204	2.0		360					

パイプの中の液体の噴水

慶応義塾高等学校 大西 章
喜多 誠

1. ねらい

音が重なり合い、ある条件で強めあうと“定常波”ができることを耳と目で知る実験です。

2. 用意するもの

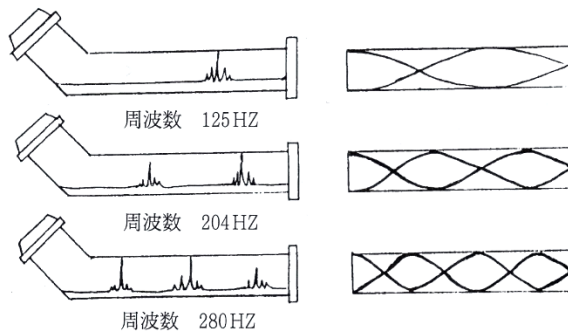
・透明なパイプ ・スピーカー ・アンプ ・低周波発振器 ・水または灯油

3. やりかた

片側をふさいだパイプを用意します。もう片方にスピーカーをつけます。そしてパイプに液体（水または灯油）をいれます。スピーカーより出る音の高さを変えていくと、ある特定の音の高さのときに突然液体が飛び上がり、噴水みたいに見えます。少しずつ音の高さを高くしていくと、液体が飛び上がる位置や個数がどうなるでしょうか。

4. わかること

スピーカーから出た音はパイプを通り、壁に反射して戻ってきます。そしてまた反射します。このように何度も往復をします。音の高さ（周波数）を変えていきます。ある音の高さのとき、行く音と反射して返ってくる音がうまいぐあいに強めあうことがおきます。このとき音は大きな音に聞こえ、見た目にはどちらの方向にも進まないような波（“定常波”）ができます。そのとき大きなゆれ（振幅）が起きた場所の液体が飛び上がります。このときの液体が飛び上がった位置と周波数より、音の伝わる速さがわかります。



5. 参考になる本

科学の遊び「エクスプロラトリウム展」図録 朝日新聞社 p.38 1989