

Date of Lab 4/22/2015

Date of Submission 5/1/2015

Laboratory Report

Title

表題

気柱の共鳴

Homeroom	Section	Name	
11-E	3	氏名	福地

Lab Partners

共同実験者

Yuki Nakamura

Summary

この実験では、8つの違う振動数をもつおんごの音と気柱の固有振動数が一致したときにおこる共鳴を観察した。与えられた振動数と音速の値より、気柱の長さの理論値を求めた。そして実際に観測した値に数値と、それらの差を比較した。

- ・ Meet a deadline ・ Write logically ・ Write clearly ・ Write with your own words
・ 締切り守って ・ 論理的に ・ わかりやすく ・ 自分のことばで

Teacher Comments

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Due 提出期限	Summary 要旨	Intro. 序	Method. 方法	Results 結果	Table/Fig. 表/図	Discussion 考察	Clearness わかりやすさ	General 全般
+		+			++	+-	+	++

- * Write your report in Japanese or in English * Use this form as a cover sheet.
* Submit your reports by the seventh day after your lab.

2. 序

1.) 目的

様々な振動数を持つおんさを使って、その音と気柱の固有振動数が一致するときに起こる共鳴を観察して、共鳴を理解するため。

「ため」は不要

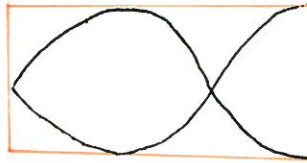
2.) 理論

共鳴 - 気柱の中にある空気は、定常波ができ、固有振動が決まる。その固有振動数の周期と同じ周期のものが気柱の中に入ってくると、共振し、振幅が大きくなること。音の場合は音が大きくなる現象。

気柱 - 管の中の柱状の空気のこと。気柱の固有振動数とおんさの音の振動数が一致すると共鳴が起こる。

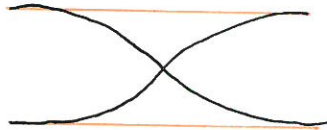
閉管 - 一端がふさがっている管のこと。閉管の気柱は、必ず底が節になり、口は必ず腹になる。閉管では基本振動の奇数倍振動しかできない。

Ex.) ビン、クラリネット



開管 - 両端ともふさがっていない管のこと。開管の気柱は、必ず口が腹になる。

Ex.) 大部分の管楽器



3. 実験

1.) 使用器具

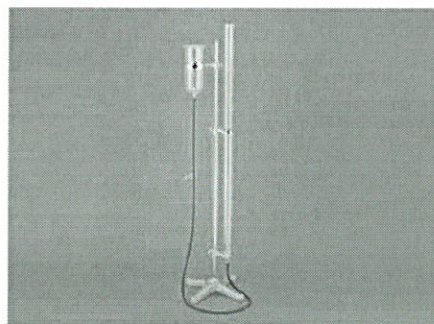
気柱共鳴管

おんさ

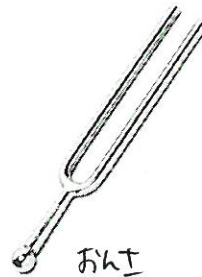
ゴムつち

温度計

水



気柱共鳴管



2.) 実験方法

- a. 気柱共鳴管の中の温度を測り、それを使い音速を計算する。

$$V = 331.5 + 0.6t$$

- b. 音速と 8 つのそれぞれのおんさの振動数をもとに、波長と気柱の長さの理論値を計算する。

$$\text{波長: } \lambda_{\text{theo}} = V / f$$

$$\text{気柱の長さ: } A_{\text{theo}} = \lambda_{\text{theo}} / 4, B_{\text{theo}} = 3 \lambda_{\text{theo}} / 4$$

A_{theo} とは第 1 の共鳴点、 B_{theo} とは第 2 の共鳴点のことである。

- c. 気柱共鳴管の水位を A_{theo} の数値にする。そしておんさをゴムつちで軽くたたき管口に近づけ、気柱が実際に共鳴する位置 A_{exp} と B_{theo} の数値を読み取る。これを 8 つのおんさ全てで行う。

- d. A_{exp} と B_{exp} の数値をもとに、波長、振動数、管口の腹の位置を求める。

$$\text{波長: } \lambda_{\text{exp}} = 2 (B_{\text{exp}} - A_{\text{exp}})$$

$$\text{振動数: } f_{\text{exp}} = V / \lambda_{\text{exp}}$$

$$\text{管口の腹の位置: } \Delta A = A_{\text{theo}} - A_{\text{exp}}, \Delta B = B_{\text{theo}} - B_{\text{exp}}$$

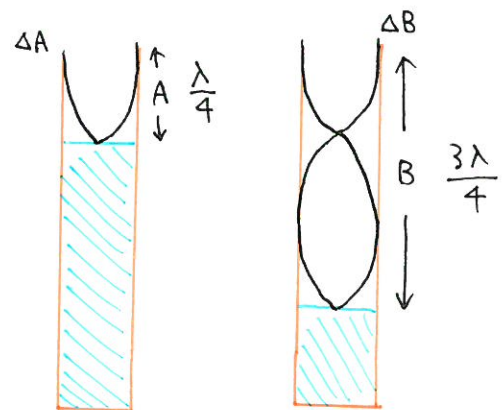
- e. 第 3 の共鳴点の理論値を求める。

$$\text{第 3 の共鳴点: } C_{\text{theo}} = B_{\text{exp}} + \lambda_{\text{exp}} / 2$$

C_{theo} が管の全長(90cm)より短いときに、 C_{exp} を A_{exp} や B_{exp} と同じように側的する。

測定できたおんさは、管口の腹の位置を計算する。

$$\text{管口の腹の位置: } \Delta C = C_{\text{theo}} - C_{\text{exp}}$$



4. 結果

- a. 気柱共鳴管の中の温度は 23.3 °C であった。

$$\begin{aligned} V &= 331.5 + 0.6t \\ &= 331.5 + 0.6(23.3) \\ &= 345.48 \end{aligned}$$

音速は 345.5 m/s であることが分かる。

b.c.d.e. 下の表が b と c と e で得られた理論値と結果を表している。

表：様々なおんさの共鳴

おんさ		理論値			測定値						
	振動数 f (Hz)	λ_{exp} (m)	A_{theo} (m)	B_{theo} (m)	A_{exp} (m)	B_{exp} (m)	$C_{\text{theo}} / C_{\text{exp}}$ (m)	λ_{exp} (m)	f_{exp} (Hz)	ΔA	ΔB
C ド	512	0.675	0.169	0.507	0.180	0.503	0.845 / 0.853	0.646	535	-0.011	0.004
B シ	480	0.720	0.180	0.540	0.185	0.550	0.900 / 0.890	0.730	473	-0.005	-0.01
A ラ	426.7	0.810	0.203	0.609	0.190	0.593	1.015 /	0.806	429	0.013	0.016
G ソ	384	0.900	0.225	0.675	0.210	0.663	1.125 /	0.906	381	0.015	0.012
F ファ	341.3	1.012	0.253	0.759	0.242	0.751	1.265 /	1.018	339	0.011	0.008
E ミ	320	1.080	0.270	0.810	0.258	0.810	1.350 /	1.104	313	0.012	0.000
D レ	288	1.200	0.300	0.900	0.285	0.885	1.500 /	1.200	288	0.015	0.015
C ド	256	1.350	0.338	1.014	0.326		1.690 /			0.012	

$V = f_{\text{exp}} * \lambda_{\text{exp}}$ の式を使って音速を求める。

表：それぞれのおんさの音速の理論値

	C ド	B シ	A ラ	G ソ	F ファ	E ミ	D レ	C ド
音速 V_{exp} (m/s)	345.6	345.3	345.8	345.2	345.1	345.6	345.6	

f_{exp} は $f_{\text{exp}} = \frac{V}{\lambda_{\text{exp}}}$

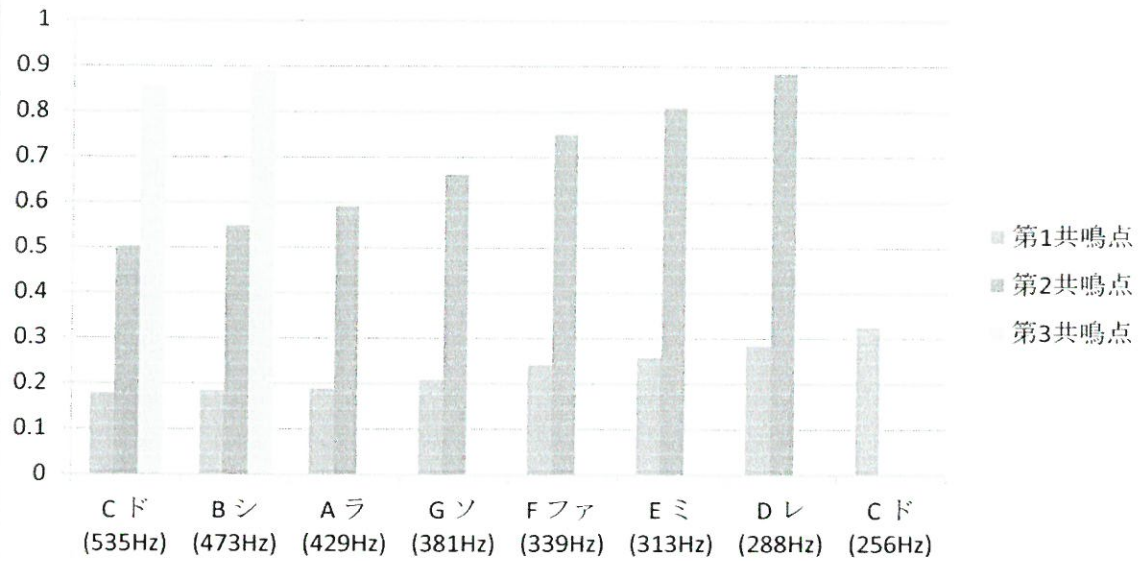
$\leftarrow 345.48$

求める値の代わり $V = f_{\text{exp}} * \lambda_{\text{exp}}$

求める意味はない

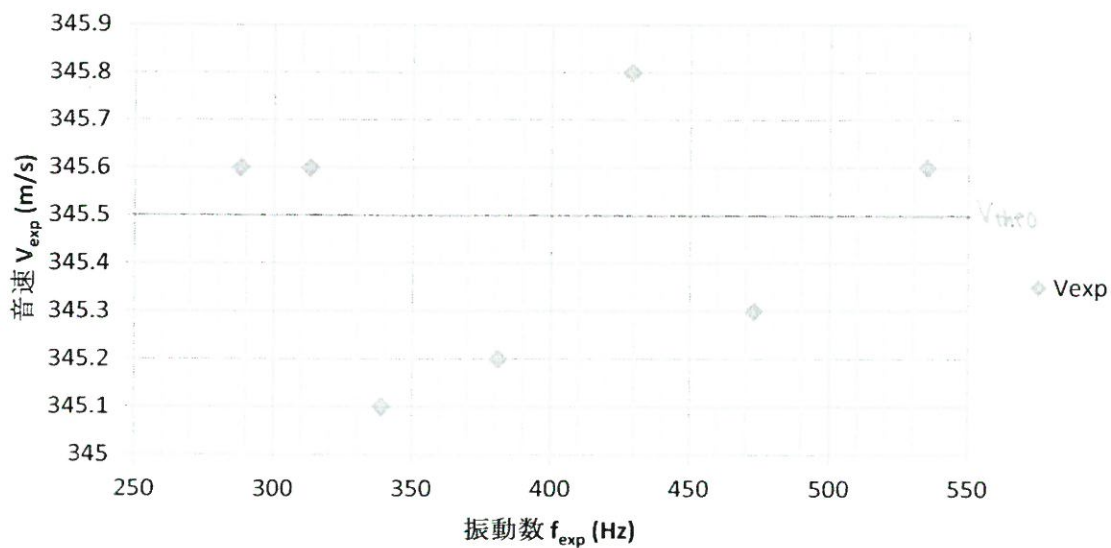
to her

様々なおんさの3つの共鳴点



× 様々なおんさの音速の理論値

この図は意味がない



5. 考察

実験でゴムつちで叩いたおんさを管口に近づけると、共鳴点になったら音がぼわーんと響いた。

なぜ音が響いたのか？

共鳴したということは、共振し振幅が大きくなったということだ。音で実験している場合、結果的に音が大きくなる。だから叩いたおんさの音が響いたのだ。

共鳴したとき、定常波の腹の位置が正確に管口の位置ではないのが ΔA と ΔB の数値を見れば分かる。

なぜ一致しないのか？

それは実験では、波長の腹を管口の位置を合わせるのは極めて難しいことだからである。これを開口端補正という。腹の位置は管口からはみ出していたり、引っ込んでいたりしているのが分かる。

ほぼ全てのおんさの共鳴点の理論値と測定値が微妙にずれた。

なぜずれたか？

実験を行ったところ、完全に共鳴していなくても共鳴点に近づくほど音が響いた。なのでまだ共鳴点じゃないところで共鳴したと勘違いし、そののめもりを読み取ってしまった可能性がある。

実験で得た 8 つのおんさの振動数と波長を使ってそれぞれの音速を計算してみたところ、全て a で得た 345.5 m/s と近かった。しかも音速の平均が 345.5 m/s と出て、音速と一致した。なので実験は上手くいったと言える。

6. 結論

音の場合共鳴すると音が響く。

管口の位置と定常波の腹の位置が一致するとは限らない。（開口端補正）

共鳴点の位置は波長から求められる。

7. 感想

共鳴という言葉は前から聞いたことはあったが、どのようなものかはあまり分かっていなかった。しかしこの実験で自ら共鳴点を探してみることで、共鳴の仕組みをよく理解することができた。今までやってきた他の実験ではたくさんエラーが出て大変だったが、今回はかなり上手くいき、なんと定常波の腹の位置と管口の位置が一致するおんさも1つあった。なので今まで以上に達成感があり、楽しかった。

しかしもちろん誤差は出た。なぜ出てしまったのかを考えたところ、2点浮かび上がった。1つは周りにも他のグループが同じ実験をやっていて、彼らも音を鳴らしていたので、自分の音と混じってよく分からなかった可能性がある。2つめは、それぞれのおんさで1回しか実験しなかったからだ。例えば3回やってその平均を出せば、もっと正確な数値を出すことができたかもしれない。

私はバンドクラスでオーボエを吹いている。よく他の楽器がどのように音が出ているのか不思議に思うことがある。今回の実験で、この疑問は共鳴を使えばよく理解することができると分かった。例えばトロンボーンは閉管である。マウスピースだけで音が出るので、その音を管の中に送り込み、決まったポジション、あるいは長さを変えることによって、共鳴させているのだ。ということは、トロンボーンには7つポジションがあるが、その1つ1つが共鳴点だということだ。

今回の実験は他のと比べてかなり簡単であった。だからこそ、共鳴の仕組みを理解するのもシンプルで、よくわかった。これからもこのようなシンプルな実験をしていきたい。あと、これからもエラーを最小限にとどめられるように細心の注意を払って実験に臨みたい。

