

動機

背景

飛行機の機内騒音に興味があり、その騒音を低減する方法を編み出したいと思った。そして、騒音のエネルギーを何かに吸収させることで、音を低減させられるのではないかと考えた。
⇒共振を利用した吸音装置を作りたい

そこで、右の写真のように紙を共振させる実験を行ったが、この実験を深めることができなかった。そこで気柱管を使った実験を考えた。

仮説

以下のような共振による吸音装置を考えた。



実験 I: 共振を利用した吸音装置

実験方法:

1. 50cmの気柱管の下側にスピーカーを配置する。
2. 筒の上側に紙片(3×4cm)を挟んで浮かせる。
3. スピーカーから音を出し、紙片の上に配置したマイクをオシロスコープにつなぎ、振幅を観察する。
4. 周波数を変化させ、紙片の様子、振幅を確認する。

結果

- ・一定の周波数に近づくと、目に見えて紙が大きく上下に揺れた。
- ・紙の種類によって上記の周波数は異なったが、気柱共振しているときに紙が大きく動いたと感じた。
- ・マイクで拾った電圧の変化も見られなかった。



	紙 I		紙 II		紙 III	
はじめ	113Hz	8.0V	113Hz	8.0V	113Hz	8.0V
動き始め	316Hz	8.1V	195Hz	8.9V	313Hz	8.9V
最も動いた	320Hz	8.0V	212Hz	8.9V	319Hz	8.9V
動かなくなった	333Hz	8.1V	321Hz	9.0V	325Hz	8.9V

考察と課題

- ・共振による音エネルギーの吸収は起こっていないと考えた。
- ・紙が大きく動く原因として、次の2つを考えたが、追求はできていない。
(1) 紙と音が共振している
(2) 空気の振動から紙が力を受けている



発見

- ・気柱共振が起こるとき、紙が筒に「吸いつく」現象が起こった。
⇒音が出ているとき、気柱が空気を吸い込んでいるのではないだろうか。
⇒気柱管の空気の流れを見てみたい

実験 II: 気柱管を用いたビーズの動きの観察

方法

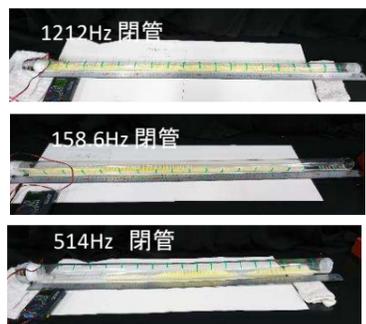
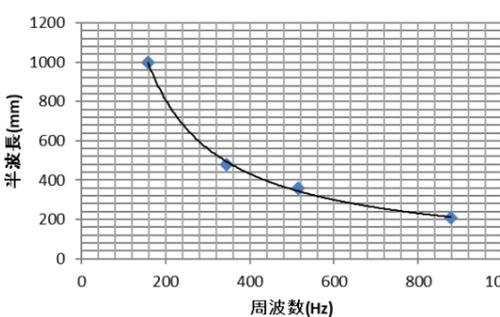
1. 1mの気柱管の内部にビーズを入れる。
2. 気柱管の左端からスピーカーで音を出す。
3. 振動数を変化させ、ビーズの挙動を観察する。
(i) 閉管 (ii) 開管 (iii) ラップで口を塞ぐ の三通りを観察した。
・5.0mmのビーズは(i)・(ii)のみ、2.0mmのビーズはすべて観察した。

結果

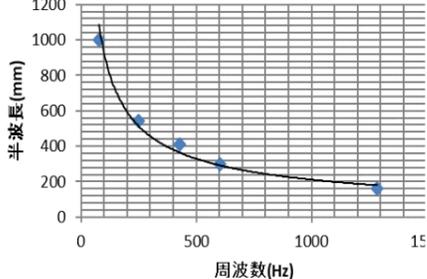
- ・(i)、(ii)のどちらにおいても、異なる振動数でビーズが腹・節のパターンを示した。
- ・ビーズが持ち上がりひだのような形になった。
- ・2mmのビーズを用いた実験でも同じ挙動が観察された。以下の分析を行った。

(ア) 共振パターンから音速を求める

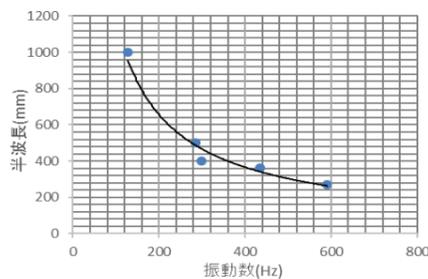
(i) 閉管



(ii) 開管



(iii) ラップで口を塞ぐ



$v = \lambda \times f$ より求めた音速 実際の音速

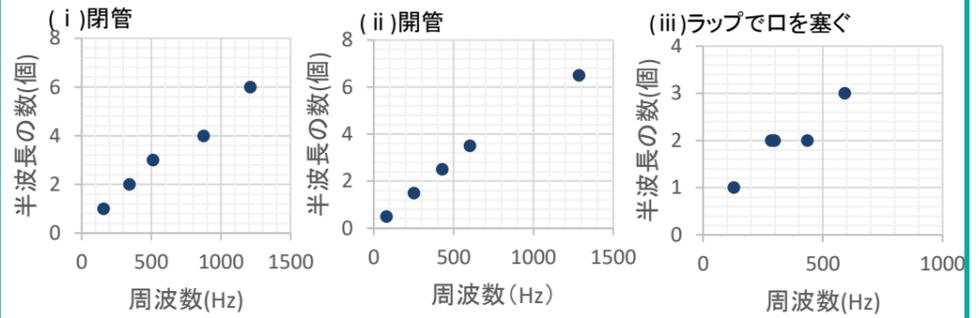
- (i) 346m/s 343m/s(18.5°C)
- (ii) 310m/s 343m/s(18.5°C)
- (iii) 283m/s 341m/s(16.0°C)

※一番はじめの共鳴パターンが出たとき、半波長一個のみ観察できたため、その時の長さは気柱管の長さと同じ1000mmとする。

- ・共鳴パターンが見られるとき、周波数には定の規則がある。
- ・開管の時の方が閉管の時より低い周波数で共鳴パターンが出る。
- ・ラップの時はほかの二つより低い周波数で共鳴パターンが出る。

- ・半波長から音速を求めたとき、開管、閉管のときは実際の音速に比較的近い値になったが、ラップで口を塞いだときは実際の音速とはかけ離れた値になった。
⇒ラップで口を塞いだとき、何か新しい規則があるのかもしれない。

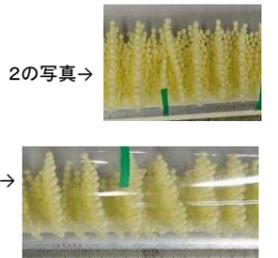
(イ) 共鳴パターンが出るときの周波数の規則性について



閉管の場合は、共鳴の周波数の比は1:2:3:…
開管の場合は、1:3:5:…になっている。
ラップの場合はよく分からなかった。

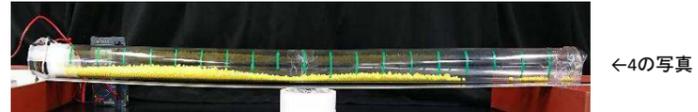
(ウ) ビーズが立ち上がっているときとそれらの間隔

1. ビーズが立ち上がりそれらの間隔は周波数が上がると小さくなった。
2. 右の写真のように真っ直ぐに立ち上がるのではなく二股に分かれたりするものもあった。
3. 開管のとき、管の口に近づくほど立ち上がりビーズの幅は上は一層だが底辺は数個の広がりがあった。
4. ビーズが立ち上がっているとき、同時に共鳴のパターンが観察できた。また、その部分は特にはっきりと立ち上がっていた。



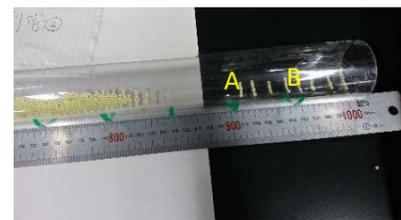
立ち上がる原因

音は縦波だから、左右からビーズを押す力がかかっていると予想する。



(エ) 管の口付近のビーズの挙動

開管、251.5Hzのとき管の口付近に特徴的なビーズの動きがみられた。



- ・A(左2つ)とB(左から数えて3-7個目)の部分が遠ざかったり近づいたりしていた。
⇒定常波の節が来ていると予想。
- ・最も右端にあるビーズはずっと口にとどまっていた。
⇒空気の流れが小さい、つまり腹になっているまたは空気を吸い込む流れができていると予想。

(オ) パターンの腹と節のずれ

- ・どのパターンにおいてもスピーカーの近くはビーズがほとんど動いていなかったが、いくつかの共鳴パターンにおいてスピーカーから50-70mm付近で少しぼんだ形をしていた。
- ・いくつかの共鳴パターンで腹の位置が中心から100mmほどずれていた。
- ・閉管・開管どちらのパターンでも見られた
⇒スピーカーの近くは腹でも節でもなく、少し離れた場所から共鳴パターンができていますか?



(カ) 課高い周波数のときのビーズの回転

- ・周波数を高くしていくと、ビーズが間隔を開けて、渦を巻くような動きをした。
- ・特に時計回りのうずが見られた。
- ・反時計回りの場所も見られたが、それはすぐ横にあるビーズが時計回りに動いたため空いた場所にビーズが移動したと予想。

今後の展望

今回の実験は音が伝わる時の空気分子の動きを観察する手がかりになった。今後は気圧センサーや偏光フィルターを用いて空気の流れをもっと深く観察し、ビーズが立ち上がる原因やそれと共鳴パターンとの関係を調べたい。

予備実験: 紙片の共振

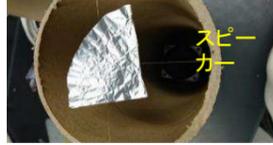
仮説

スピーカーの前面に紙片を配置すると、特定の振動数のときに大きく共振する。(固有振動数による共振)

実験方法

(方法1)

1. 紙の筒にテグスを十字に張り、その上に紙を置く。
2. 筒の下側にスピーカーを取り付け音を出す。
3. 振動数を変化させて紙が共振する振動数を調べる。
4. 紙の大きさ、材質を変えて、上記を繰り返す。



(方法2)

1. (方法1)において、テグスをおもりに用いて十字に張り、その上に紙を置く。
以下 (方法1)と同じ

結果(方法1)

・異なる周波数で紙が揺れる現象が見られたうえ、紙の種類によって音の高さが違った。(動画)

課題

- ・方法1、方法2のどちらでも同じ現象を再現することができなかった。
- ・本当に「共振」という現象なのかどうか判断するのが難しい。
⇒音の周波数と比べて揺れの周期が大きすぎる。