

# 音波の特性の解析

6年B組 河野 真奈  
指導教員 藤野 智美

## 1. 要約

私は飛行機の機内騒音に興味があり、騒音を低減する方法を実現したいと考えた。アイデアの一つとして、騒音のエネルギーを何かに吸収させることで音を低減できるのではないかと考え、共振を利用した吸音装置に着目した。本実験では、気柱共鳴を切り口として、可聴音域及び超音波の二つの音波に関する共振特性を解析した。実験の結果から、開管と閉管においては腹と節の位置から算出した音速が概ね理論値と一致していた。一方、気柱の口をラップで塞いだ場合には、音速の理論値とは大きく離れた値となった。また、超音波を用いた実験においても、発振器と受信機の距離に応じて規則性の乱れが見られた。

キーワード：共振、気柱共鳴、腹と節、音速

## 2. 研究の背景と目的

私は飛行機の機内騒音に関する新聞記事を読み、騒音を低減できる方法について興味を持った。吸音方法について調べていく中で、スピーカーも内部に吸音構造を持つものがあり、気柱管などの高校物理で学習する原理が活用されていることがわかった。そこで、自分自身でも気柱管を利用した吸音装置を作り、飛行機の機内騒音の軽減に役立てたいと考え、研究を行った。

## 3. 研究内容

### 3. 1 可聴音域での共振特性の解析

#### 3. 1. 1 気柱管を用いた実験

気柱管内の様子を調べるために、発砲ビーズを用いてクントの実験にみられる共振特性を調べた。実験の様子を図1に示す。

<実験方法>

- ①約1mの気柱管内部に発砲ビーズを入れ、気柱管の左端からスピーカーで音を出す。
- ②振動数を変化させ、ビーズの挙動を観察する（ビーズは2.0mmを利用）。

- ③いずれの振動数においても、閉管、開管、ラップで口を塞ぐという3通りを観察する。

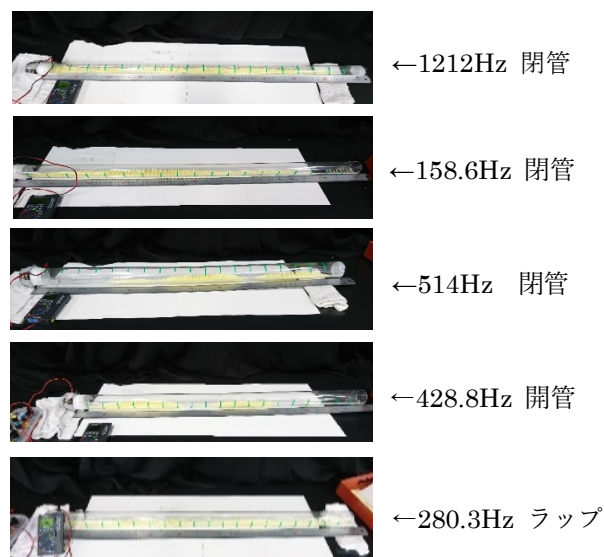


図1 実験の様子

<実験結果>

- ・どの実験においても、異なる振動数で腹と節の共振パターンを示し、その際にビーズが持ち上がり、ひだのような形を作った（図2）。

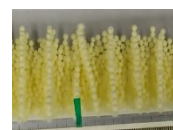


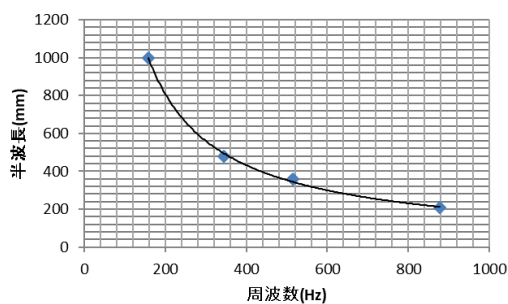
図2 ひだの様子

・図2のような共振パターンが見られるとき、周波数には一定の規則が見られ、開管の方が閉管より低い周波数で共振パターンが見られた(図1)。

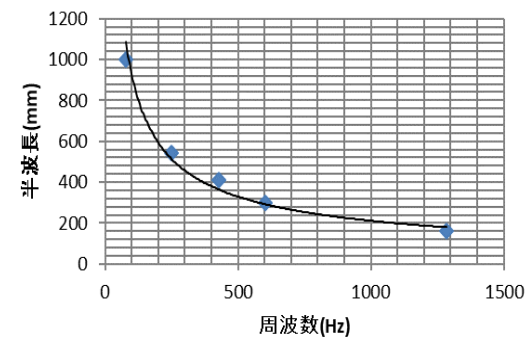
### 3. 1. 2 音速の算出

図1の実験結果をもとに、周波数と半波長をグラフ化したものを図3に示す。

#### ①閉管



#### ②開管



#### ③ラップで口を塞ぐ

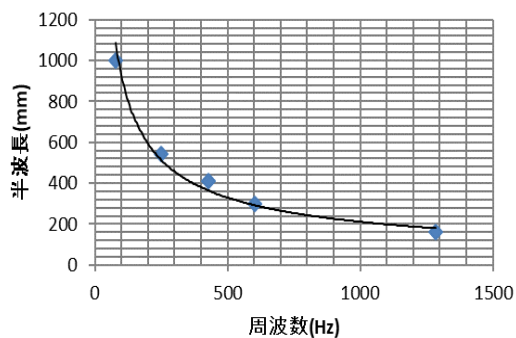


図3 周波数と半波長の関係

上記のデータを  $v = f\lambda$  に代入して音速

を求めたところ、以下に示す結果となった。なお、[ ] 内は理論値である。

①閉管：346m/s [343m/s 18.5°C]

②開管：310m/s [343m/s 18.5°C]

③ラップあり：283m/s [341m/s 16.0°C]

<結果>

・共振パターンが見られるとき、周波数には一定の規則がある。

・開管の時の方が閉管の時より低い周波数で共振パターンが現れる。

・ラップで口を塞いだ時はほかの二つより低い周波数にて共振パターンが現れる。

・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。この結果より、ラップで口を塞いだ場合には、何か別の要因が影響している可能性が高い。

### 3. 1. 3 周波数の規則性

次に、共振パターンが見られる周波数(共振周波数)の規則性を調べた。閉管、開管、ラップで口を塞いだ場合の結果を図4に示す。

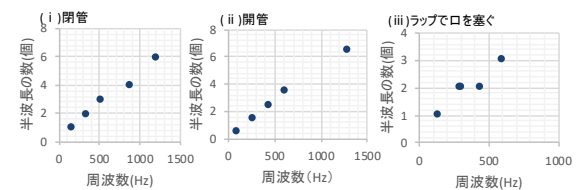


図4 共振周波数と半波長の関係

<結果>

・共振周波数は、閉管の場合 1:2:3... の整数比になっていた。開管の場合も、1:3:5... の整数比となったが、ラップの場合はよく分からなかった。

### 3. 1. 4 共振パターンの間隔

ビーズが立ち上がった時、それらの間隔は周波数が大きくなると小さくなり、図 2 のように、縦にまっすぐ立ち上がるものだけでなく二又に分かれるものもあった。また、開管の時、管の口に近づくほど立ち上がっているビーズに新たな特徴が見えた。上部は一層になっているが、下部は数層のビーズが重なっていた。加えて、ビーズが立ち上がっているとき、同時に共振パターンが観察でき、その部分は特にはっきりとビーズの立ち上がりが見えた。これらの状況から、ビーズの立ち上がりの原因として、縦波としての音の性質により、左右からビーズを押し力が加わっていると考えた。

### 3. 2 超音波を用いた実験

前述した可聴音における実験により、音が伝わる際の空気分子の動きを観察する手がかりを得た。一方、可聴音での実験は周辺環境への影響も大きく実験しにくかったため、超音波の実験に移行した。具体的には、超音波発振機を用いて気柱共鳴を発生させ、共振特性を解析した。

<実験方法>

- ①約 1m の細い気柱管に超音波スピーカーを入れ、40.82kHz の音を出す。
- ②気柱管の口に受信機を固定する。
- ③超音波スピーカーを動かし、気柱の長さを変化させる。
- ④受信機にオシロスコープをつなぎ、振幅が極大となったときの受信機とスピーカーの距離と、オシロスコープの受信電圧を記録する。

<結果>

- ・スピーカーと受信機の距離が比較的遠い

場合、電圧と距離の間に規則性が見られた(図 5)。

- ・電圧が大きくなった地点から次の地点までの距離の差を、音速から求めた波長で割ると、934.2 から 359.2mm までの間では実験方法④付近の値をとった。

- ・距離が近くなるにつれ、ばらばらの値をとり、相関が分からなかった。また、電圧を測定する際に電圧がある一定の範囲で変動しており、一つの値に定まらなかった(グラフの値は中央値を表示している)。

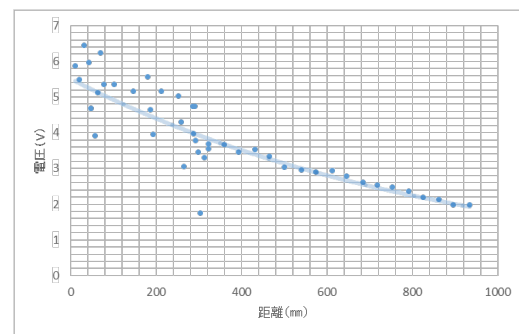


図 5 測定結果 (超音波)

## 4. 結果と今後の展望

前述した可聴音および超音波音域の実験により、共振現象について理論値に近い値を得ることができた。一方、発砲ビーズの観察により、空気分子の動きを観察する手がかりを得たが、不明点も残った。今後は気圧センサや偏光フィルタ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共振パターンとの関係を調べたい。

## 5. 謝辞

今回の研究を行うにあたり、米田先生、及び教科担当者の藤野先生には様々なアドバイスをいただきました。深くお礼申し上げます。