

# 身の回りのもので楽器をつくり、音階を決めている物理量を調べる

## <目的>

ワイングラスを用いてグラスハーフを作成し、1オクターブの音階を決めている物理量を調べることを目的とする。

## <原理>

### ① グラスハーフの

グラスハーフは、指と水で満たして水が入ったワイングラスのふちを  
図1のようになでると音が鳴る。



図1: グラスハーフの鳴らしかた。

ここで、このように音が鳴るのは、グラスのふちと指との摩擦で生じた振動が伝わり、グラス全体が振動するためである。

### ② 周波数と音階

今回実験で出す音の周波数は以下のとおりである。

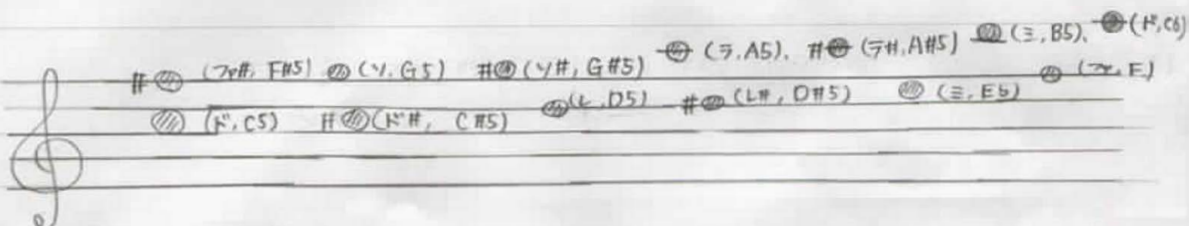


図2: 楽譜上の音の位置関係

表1: 音と周波数の対応

音階名	周波数 (Hz)	音階名	周波数 (Hz)
D <sup>♭</sup> (C5)	523.251	ソ (G5)	783.991
D <sup>♯</sup> (C#5)	554.365	ソ <sup>♯</sup> (G#5)	830.609
レ (D5)	587.330	ラ (A5)	880.000
レ <sup>♯</sup> (D#5)	622.254	ラ <sup>♯</sup> (A#5)	932.328
ミ (E5)	659.255	ヘ (B5)	987.767
ファ (F5)	698.456	ド (C6)	1046.502
ファ <sup>♯</sup> (F#5)	739.989		

## &lt;準備物&gt;

① グラス① (容量 390mL)



② グラス② (容量 500mL)



③ 500mL 計量カップ

④ 15mL 計量スプーン

⑤ 割り箸

⑥ 周波数測定アプリ (iAnalyzer Lite) ⑦ 割り箸

## &lt;実験方法&gt;

～実験1: 音を決めている要因を探る～

(1) 2つの異なるサイズのグラスを用意した。

(2) 計量カップで 100mL 量り、それぞれグラスに入れてグラスを鳴らし、音を記録した。

(3) グラス①を使用し、適当な量の水を加えながら音を観察した。

## ～実験2：水の量と周波数の関係を調べ～

iAnalyzer Liteのアプリエを用いて、C5, C#5, D5, ..., C6の周波数に近づくようにガラス①に入れる水の量を調節し、水の量と周波数の関係をグラフにした。さらに、グラフの精度を上げるために、前後のデータで水の量の差が大きいと=3は、水の量の数値を細かく設定してより詳しくデータをとった。

## ～実験3：ガラス内での水の高さとの周波数の関係を調べ～

まず、輪ゴムと割り箸を準備し、輪ゴムはハサミで切って線状にし、端から1cm間隔で油性ペンで印をつけて図3のようにセロテープで割り箸にくっつけた。

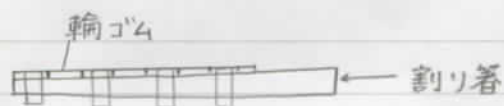


図3：割り箸への輪ゴムの接着の仕方。

次にこの割り箸をガラス①に入れて垂直に立て、ガラスの底から水の高さが1cm, 2cm, 3cm, ..., 10cmになった時の周波数をアプリエで調べ、グラフにまとめた。さらに、グラフで精度をよくするために判断したと=3は、水の高さの数値を細かく設定してデータをとった。

## <結果>

### ～実験1～

異なるサイズのガラス①と②にそれぞれ100mLの水を入れて音を鳴らすと、ガラス①ではド(1063Hz)、ガラス②ではラ(861Hz)というように異なる音が鳴った。次に、1つのガラスに着目し実験を行った。ガラス①に水を加えていき音を観察すると、水を加えていくにつれ、鳴る音が低くなっていくことがわかった。ここで、音と水に関係があると考え、実験2と実験3を行った。

## ～実験2～

まず、アプリを用いて表1のC5, C#5, D5, ..., C6の周波数に近づくようにガラス②の水の量を調節すると、水の量と周波数の測定値は表2のようになった。さらにその関係をグラフに表すと、グラフ1のようになった。

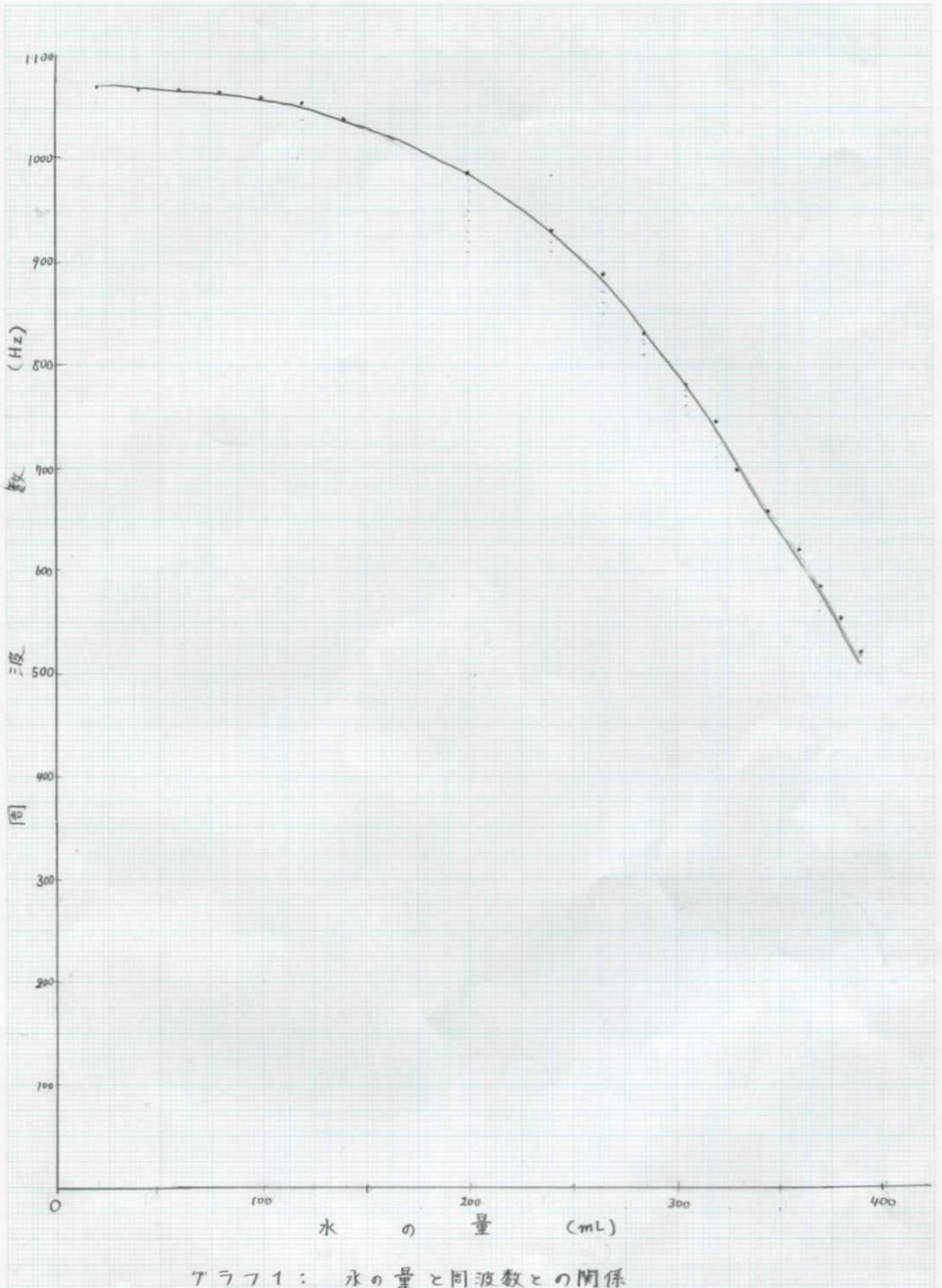
表2: 水の量と周波数の測定値。

水の量 (mL)	周波数 (Hz)	水の量 (mL)	周波数 (Hz)
140	1046 (C6)	320	738 (F#5)
200	988 (B5)	335	695 (F5)
240	932 (A#5)	345	658 (E5)
265	879 (A5)	360	621 (D#5)
285	831 (G#5)	370	585 (D5)
305	780 (G5)	380	555 (C#5)
		390	534 (C5)

そこでグラフ1E かけた時に、水の量が0~140mLの間のデータがなかったため、水の量が20mL, 40mL, 60mL, 80mL, 100mL, 120mLの時の周波数も測定すると表3のようになり、そのデータもグラフ1に加えた。

表3: 水の量と周波数の測定値 (追加分)

水の量 (mL)	周波数 (Hz)
20	1072
40	1068
60	1067
80	1066
100	1060
120	1054



グラフ1: 水の量と波数との関係

## ～実験3～

まず、ガラスの底から水の高さが 1cm, 2cm, 3cm, ..., 10cm になった時の周波数を測定し、まとめると表4のようになった。

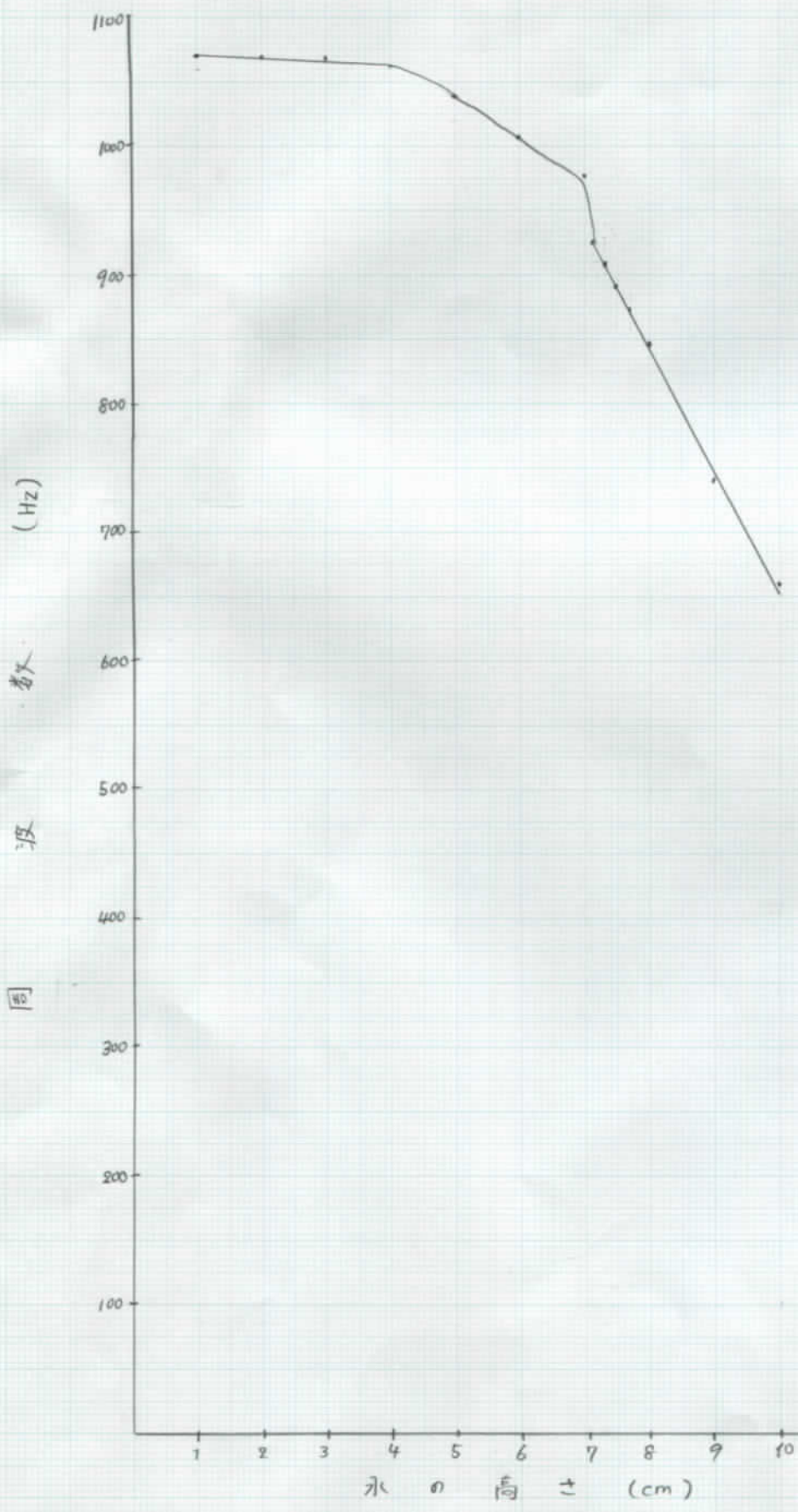
表4：ガラスの底からの水の高さと周波数

水の高さ (cm)	周波数 (Hz)
1	1072
2	1070
3	1068
4	1063
5	1043
6	1007
7	926
8	845
9	742
10	661

これをもとにグラフを作成すると、グラフ2のようになった。ここで、772から、水の高さが 7cm と 8cm の間で周波数が大きく変化しはじめ、グラフの形を推定しにくかったため、この間のデータを詳しくとると、表5のようになった。

表5：ガラスの底からの水の高さと周波数 (追加分)

水の高さ (cm)	周波数 (Hz)
7.1	920
7.3	911
7.5	892
7.7	872



グラフ2: 水の 高さ と 同波数 と の 関係.

## <考察>

### ～実験1～

異なるサイズのグラスに同じ量の水を入れても異なる音が鳴ったこと、一つのグラスに着目した時に水の量が少くなるにつれ鳴る音が低くなるという変化を示したことから、音を決めている要因として、グラスの種類、水に関係があるのではないかと考えた。以降の次験では水と音の関係を注目し、水の体積と音の関係、水の高さと音の関係について調べることにした。

### ～実験2～

水の量と周波数の間には、グラフ1のように2次関数に近い関係があるのではないかと考えた。水の量が少ない時には周波数の変化は小さく、水の量が少なり時には周波数の変化が大きくなっていることから、水の量が少くなるにつれ、水量の周波数に対する影響が大きくなっていくのではないかと考える。

### ～実験3～

水の高さと周波数の関係については、グラフ2のように水の高さが高いと、水の高さと周波数は比例的な関係となり、水の高さが低いと、初めはゆるやかな変化をし、ある点を境に傾きが少し大きくなった。水の高さが低い時の変化に関しては、グラスが図4のような点線より下がるとはまった形をしているのが要因の一つではないかと思う。



図4: グラスの形

一方水の高さが高い時には比例的な関係をとっているため、水の高さが低いときには、グラスの影響が大きくなるのではないかと考える。



### < 結論 >

実験1を通して、グラスハーブの音を決めている要因がグラスの種類と水にあるのではないかと考えられ、実験2,3では水との関係に着目して実験を行った。その結果、水の量と周波数との関係においては、水の量が多くなるにつれ水の量、周波数に対する影響が大きくなること、水の高さと周波数との関係においては、水の高さが低い時にはグラスの影響が大きくなることがわかった。

### < 今後の課題 >

今回の実験では時間の関係で実験を行うことはできなかったが、なぜグラスハーブは水を用いているのか、ミュージックなどではいけないのかについても興味がある。また、ワイングラスのような足がついてはいるがグラスでは、グラスハーブはつくることができない理由についても調べてみたい。

### < 参考文献 >

音階同波数 - <https://tomari.org/main/java/oto.html>