

グラスハーブで奏でる音の変化のメカニズム

1. テーマ設定の理由

- (1) 宇都宮大学の実験講座でグラスハーブの、音階の計測や、グラスの形状を変えての測定、水の量を変えての測定を行い、音の変化には振動数に関わっていることを知った。この実験講座をもとにグラスの形、大きさなどによって振動数がどう変化するかを確かめ、調査しようと考えた。
- (2) 宇都宮大学の実験講座で明らかになったこと
 - ① 波形の比較→音色は波形に関係する。音の大小（音の大きさ）は振幅に関係する。音の高低（音程）は振動数に関係する。
 - ② 音階の計測→音階が上がると振動数は大きくなる。1 オクターブの差は2倍。
 - ③ グラスの形状を変えての測定→グラスが大きいほど、振動数は小さい（低音）。グラスが小さいほど、振動数は大きい（高音）。
 - ④ 水の量を変えての測定→水の量を増やすと、振動数は小さくなる。

2. 研究目的

- (1) 振動数を1つのグラスで1 オクターブ以上変化させる方法を明らかにしたい。
- (2) 見た目がほとんど同じグラスなのに振動数が異なる要因を探求する。

3. 実験方法

スマホアプリ（phyphox）（図1）を使用して、「ピーク周波数」を基準に計測する。

- (1) 振動数を1 オクターブ以上変化させる実験

- ① 中と外の水の量を比較できる装置（図2）を作る
- ② 外の水をくびれたところを0として、水の量を増やし、中の水を0ml～70mlまで増やしていき、実験を行う（図3）。



図1 スマホアプリ（phyphox）



図2 実験装置

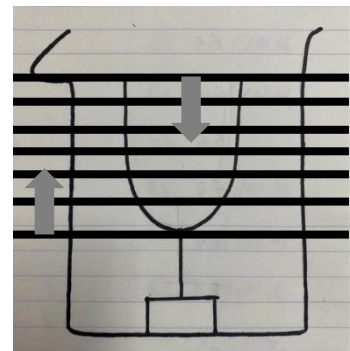


図3 計測方法

- (2) 振動数が異なるワイングラスの要因を明らかにする実験

- ① ノギスを使用し、容器の計測を行う。
- ② 10ml ずつ水を増やしていき、振動数の変化を比較する。
- ③ それぞれの位置で周の長さを測定する。

4. 結果

目的（1）に対応した振動数を1 オクターブ以上変化させる実験

中も外も空の振動数：1,750.00Hz

中が満水時：1,101.56Hz

外が満水時：1,125.00Hz

→ $1,101.56/1,750.00 \div 0.63$

→ $1,750.00/1,125.00 \div 0.64$

中だけ外だけでは1オクターブ（1.0以上）にはならないので、中と外両方に水をいれていった。

外の水の高さ	水の	0ml	10ml	20ml	30ml	40ml	50ml	60ml	70ml
0cm		1,875.00	1,875.00	1,851.56	1,757.81	1,593.75	1,406.25	1,218.75	1,101.56
1.0cm		1,875.00	1,875.00	1,851.56	1,757.81	1,593.75	1,406.25	1,218.75	1,101.56
2.0cm		1,851.56	1,851.56	1,828.12	1,757.81	1,570.31	1,406.25	1,218.75	1,101.56
3.0cm		1,781.25	1,734.38	1,757.81	1,687.50	1,546.88	1,359.38	1,195.31	1,101.56
4.0cm		1,570.31	1,546.88	1,570.31	1,500.00	1,359.38	1,242.19	1,125.00	1,031.25
4.5cm		1,406.26	1,429.69	1,359.38	1,335.94	1,265.62	1,148.44	1,054.69	984.38
5.0cm		1,218.75	1,242.19	1,195.31	1,171.88	1,125.00	1,054.69	960.94	914.06
5.4cm		1,125.00	1,125.00	1,125.00	1,078.12	1,054.69	984.38	890.62	867.19

表1 実験結果

(1) のまとめ

- ・中も外も水がない状態の振動数（1,750.00Hz）と、中と外の水が満水の時の振動数（867.19Hz）で、1オクターブ以上下げること成功した。
- ・外の水が少ない時は、振動数が変わらず、中の水を増やしていくにつれて、同じ振動数である値が増えていった。
- ・中の水が少ない時は、水の量を増やせば規則的に振動数が減るわけではなく想定外に大きくなったり、小さくなったりする現象が見られた。

目的（2）に対応した振動数が異なるワイングラスの要因を明らかにする実験

A：1,851.56Hz、B：1,781.25Hz

同じ形状のワイングラスであるのに、70.31Hzもの差が見られた。

ノギスで底からの長さ、直径、高さを比べたが、大きな差はみられなかった

→水の量を増やしての計測（表2）を行う。

180ml以上からA,Bの振動数が一致したことから、一致する点がないかを調査した（図5）。

(2) のまとめ

- ・水の量が増えるにつれて、振動数の減り方も同じかと思ったが、ばらつきがあつて、180mlを超えてからは、A,Bの振動数が同じになり、差がある50mlの周の長さには0.5cm程の差が見られた。



図4 振動数が異なるワイングラス

表2 計測結果

水の量 (m l)		振動数 (Hz)		水の量 (m l)		振動数 (Hz)	
		A	B			A	B
10	1,851.56	1,781.25		120	1,640.62	1,570.31	
20	1,851.56	1,781.25		130	1,617.19	1,570.31	
30	1,851.56	1,781.25		140	1,570.31	1,546.88	
40	1,828.12	1,781.25		150	1,523.44	1,500.00	
50	1,828.12	1,757.81		160	1,453.12	1,453.12	
60	1,804.69	1,757.81		170	1,406.25	1,382.81	
70	1,804.69	1,734.38		180	1,335.94	1,335.94	
80	1,781.25	1,710.94		190	1,289.06	1,289.06	
90	1,757.81	1,687.50		200	1,218.75	1,218.75	
100	1,734.38	1,640.62		210	1,171.88	1,171.88	
110	1,687.50	1,617.19		220	1,125.00	1,125.00	

周の長さ			
	振動数 f_A (Hz)	振動数 f_B (Hz)	$f_A - f_B$ (Hz)
50 ml	1,828.12	1,757.81	70.31
180 ml	1,335.94	1,335.94	0
220 ml	1,125.00	1,125.00	0

図5 周の長さの比較

5. 考察

(1) の結果から、中、外、どちらとも水を増やすと振動数をさらに下げる効果があると考え。外の水よりも中に入っている水の変化の方が振動数を下げる効果が大いと考え。

(2) の結果から、同じグラスの振動数の差は、グラスの周囲の長さにかかわっていると考え。

6. 今後の課題

本研究でグラスハープの振動数が変わる要素やその仕組みを多く発見できたが、判明できなかった実験1の中外の水の量を変えての測定で、中の水が少ない時は、水の量を増やせば規則的に振動数が減るわけではなく、想定外に、大きくなったり、小さくなったりする現象が見られた。今回の研究では、この原因は明らかになっていないので、その原因を調査する必要がある。また、グラスハープは、水、グラス、こする指があって成り立つ楽器である。振動数が異なるワイングラスの調査で、こする指で振動数に違いがあるのではないかと思い、1人10回振動数を出し平均を出したところ同じになったので、振動数にはばらつきはないがこする指には、音の大小が関係しているのではないかと考える。

7. 参考文献

測定スマホアプリ (phyphox) ©2016 RWTH Aachen University

「積層型グラスハープに関する研究」 [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jssd/67/0/67_454/_pdf/-char/ja\(2022/12/13\)](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jssd/67/0/67_454/_pdf/-char/ja(2022/12/13)) (参照)

フランソワ・デュボワ『楽器の科学、美しい音色を生み出す構造としくみ』講談社 (2022年4月20日)

謝辞

東京都市大学理工学部自然科学科の西村太樹先生には、課題研究の際大変お世話になりました。誠にありがとうございました。