

共振現象による 破壊の様子

秋田県立横手高等学校 理数科2年 物理2班
大沼柚果 大野凌輔 奥美来 柿崎天空 田丸舞
指導教員 瀬々 将吏



1 はじめに

オペラ歌手などがワイングラスを声のみで割るパフォーマンスをご存知だろうか。この現象は、固有振動数と同じ振動数の音波がグラスに当たることで共振して、グラス内の見えない小さな傷(クラック)に力がかかり、傷が広がることで起こる。(図2)この際、グラスは固有振動数で4つの腹をもつ四重極振動をする。(図3)[1]

ワイングラス

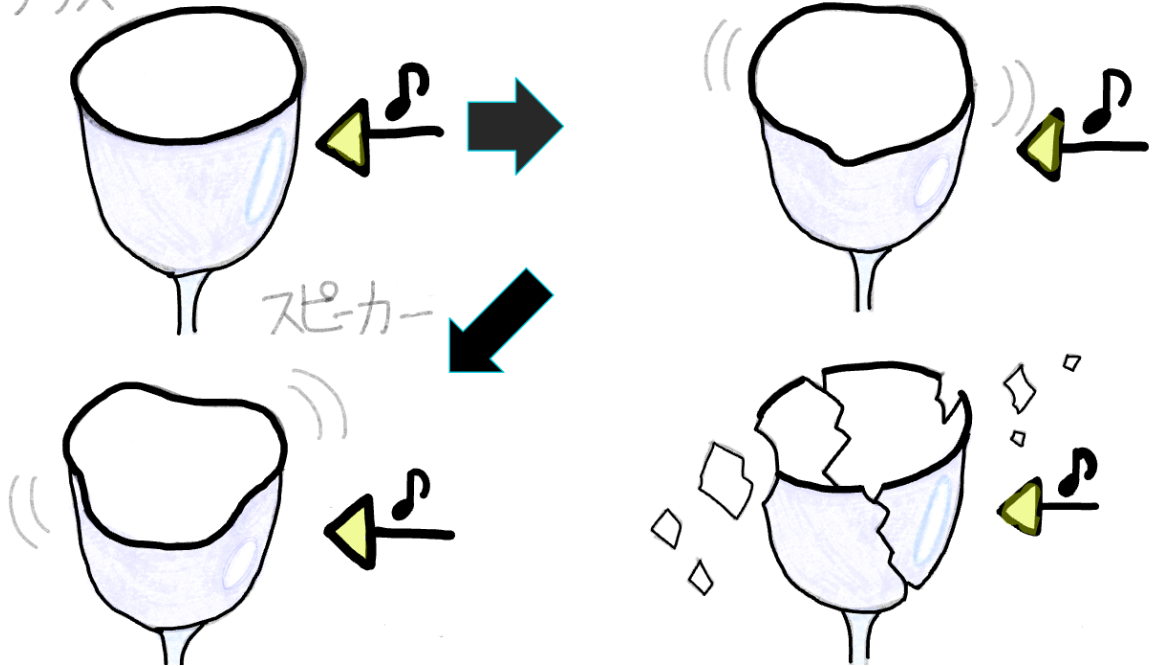


図1

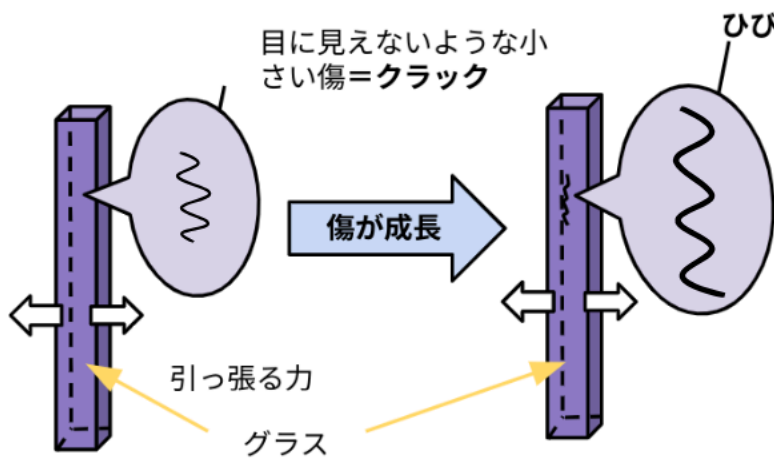


図2



図3

2 研究の目的

ワイングラスは固有振動数を当てることで割れることが分かっている。そこで、ワイングラスに条件を加えて(傷をつける・音を当てる位置を変える)音を当て、割れた位置、割れたあとの形状、亀裂の方向を観測することで、破壊時の特徴ごとに最適な条件を見つける。また、ワイングラスの

最適な条件を見つけることでガラス以外の材質にも応用して、リサイクルの過程にある砕く作業、バレンタインのチョコレートを砕く作業などの利用方法を見つける。また複雑な形状を持つ物体を意図した形に加工する方法を見つける事ができるかもしれない。

3 実験方法

試料

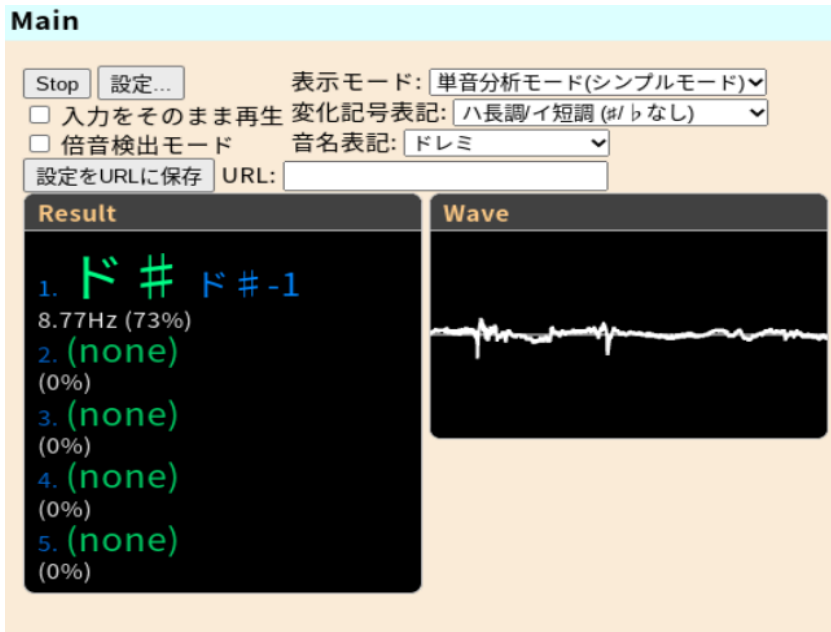
100円ショップ(ダイソー)で売られているワイングラス6種類を使用した。

- ・白ワイングラス(ソーダガラス)
- ・赤ワイングラス(ソーダガラス)
- ・スパークリンググラス(ソーダガラス)
- ・ワイングラス(クリスタルガラス)
- ・カリクリスタルワイングラス(クリスタルガラス)



(写真1)

- ① 実験機材は下記のものを使用し、写真1の通りに配置する。
・スピーカー・アンプ・発振器・周波数カウンター
- ② 水で湿らせた指でガラスの縁をなぞり、発生した音を「簡易音程分析ツール」を用いて測定し、ガラスの固有振動数を探る。(写真2)
- ③ スピーカーの音が外に漏れないように箱をかぶせ、吸音材として新聞紙を挟む。
- ④ グラスをスピーカーの前に置き、揺れを可視化するために中にストローを入れ、音を出し、グラスを割る。



(写真2)

【実験①】

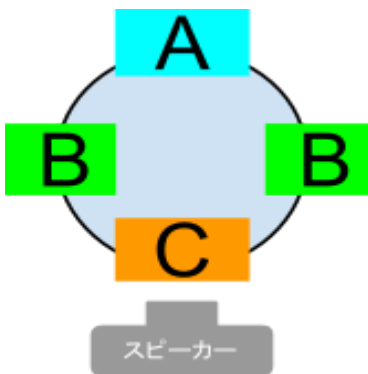
ワイングラスは小さな傷(クラック)を起点に割れることから、人為的につけた大きな傷ほど割れる起点になりやすいと考え、仮説を立てた。

仮説①: 人為的につけた傷からグラスが割れる

実験①: 異なるグラスに、四重極振動の腹の位置である、A,B,Cに傷をつけた。(図4)

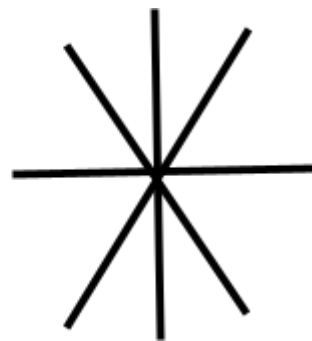
『傷の付け方』

カッターを使い、すべての方向から加わる力を観測するためグラスに縦横斜めに直線をいれる。(図5)



(図4)

◎傷の形

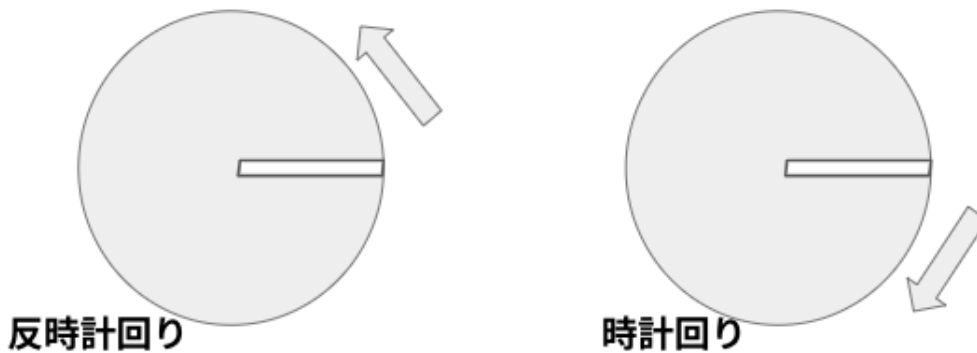


(図5)

【実験②】

ストローを入れたワイングラスに音を当てるとストローが回転する。これはストローに常に中心に向かう力(向心力)が加わったためだと考察した。

またストローは次の2パターンで回転することがわかった。(図6)



(図6)

以上のことから回る方向の規則性が分かれば、方向を決定する力を考察することができるといえる。器具のセッティング時にストローの回転の向きが変わると考え、スピーカーとグラスの位置関係に着目して仮説を立てた。(図6)

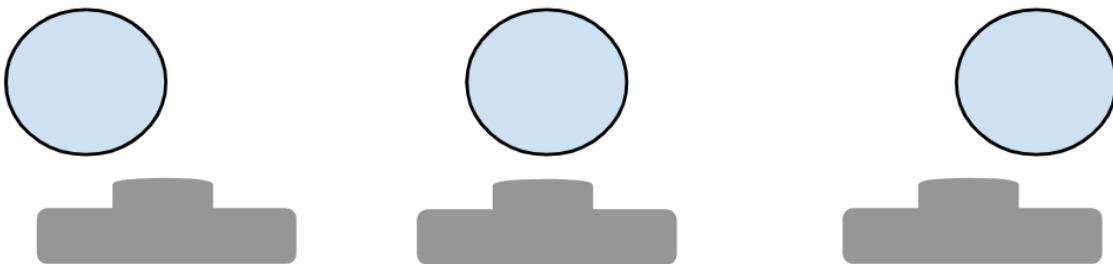
仮説②: スピーカーとワイングラスの位置関係で振動の様子が変わる

実験②: 音源の位置を変えて、ワイングラス内のストローの回り方を検証した。(図7)

I 左

II 正面

III 右



(図7)

4 結果と考察

実験①

	A スピーカー反対側	B スピーカー横	C スピーカー側
割れ方	傷に沿って割れなかった	傷に沿って割れた	傷に沿って割れなかった

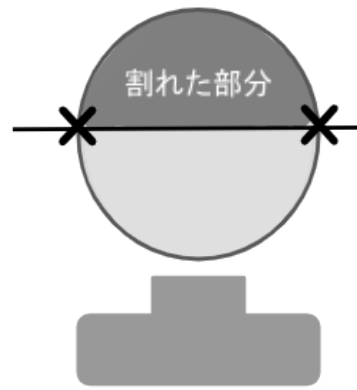
この結果から傷の置く位置によっては傷を起点に割れたわけではないということがわかる。(写真3)

『実験を通して』

傷あり12個、傷なし6個、合計18個のワイングラスを割った。そのうち12個が傷の有無に関わらずスピーカーの反対側が割れたグラスが多く見られた。(図8)



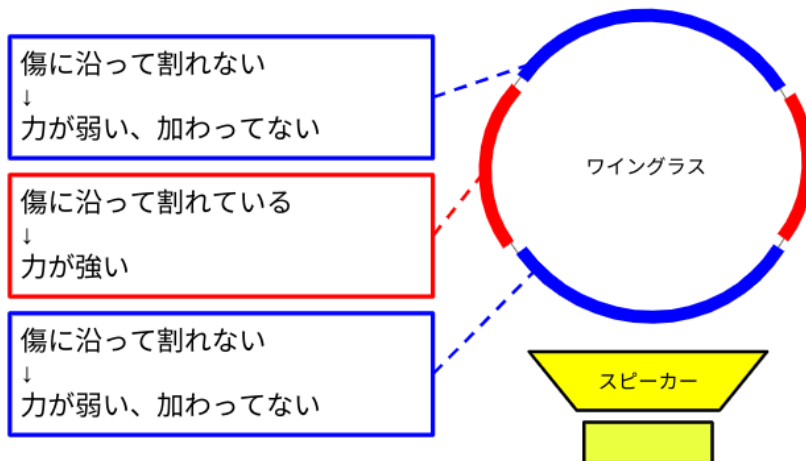
(写真3)



(図8)

考察①

傷をグラスの横の部分につけたもののみが傷に沿って割れたことについて、傷と割れ方の様子からグラスに加わる力の大きさを考察することができると考えた。人為的に傷をつけた部分に力が入らなければ、傷をつけた部分に沿ってグラスが割れることはないと考え、ワイングラスが固有振動をする際、グラスの横の部分に加わった力が大きく、それ以外の部分に加わる力は弱いと考察した。(図9)



(図9)

実験②

I 反時計回り	II 動かなかった	III 時計回り
---------	-----------	----------

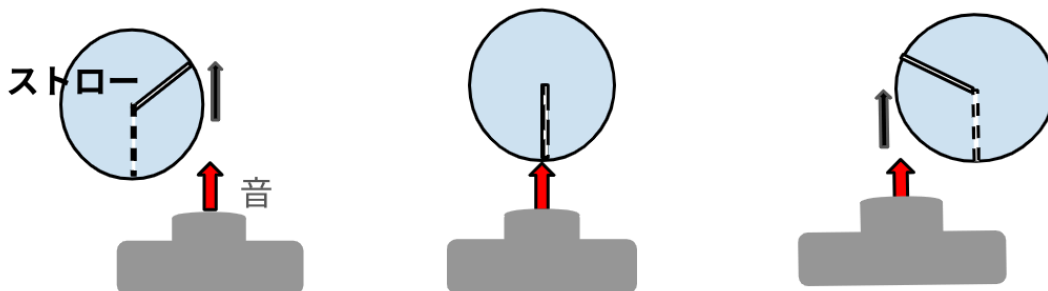
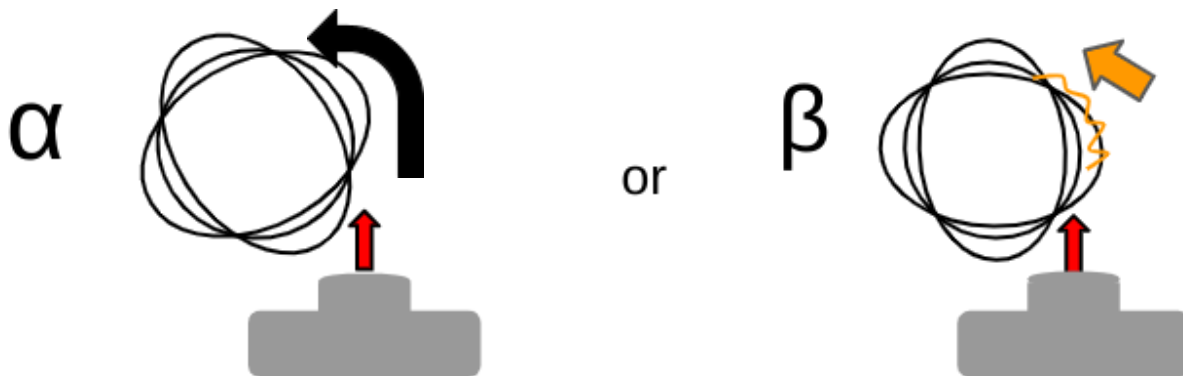


図10

スピーカーとワイングラスの位置関係によってストローの回る方向が異なる。回転と反対方向に指で押しても回転の方向が変わらなかった。つまり、常に同じ方向にストローを回転させる力が加わっている。(図10)

考察②

スピーカーとワイングラスの位置関係によって、円の振動の様子に偏りが出る。このことから、 α 四重極振動の腹の位置が変化した、または β 四重極振動とは別の振動が発生していたのではないかと考えた。(図11)



(図11)

5 今後の課題

なぜグラスの横の部分に力が加わりやすいのかについて、ストローを用いた考察では明確な答えを導き出すことができなかった。そのためさらに別の観点から考察していきたい。

なぜスピーカーの反対側のグラスが割れたのかについて、ワイングラスの横の部分に力が加わりやすいとするとスピーカー側が割れてもおかしくない。そのため、実験を行った環境をもとに考察していきたい。

6 謝辞

今回の研究においてご指導、ご協力して下さった方々に深く感謝いたします。

秋田県立大学システム科学技術学部 機械工学科 水野 衛 先生

元横手高校教員 小田部 泉 先生

7 引用・参考文献

[1] The resonant excitation of a wineglass using positive feedback with optical sensing
グラスコー大学 物理学・天文学部

Kenneth D. Skeldon, Valerie J. Nadeau, and Christopher Adams

https://www.rose-hulman.edu/~moloney/Ph425/ejp_projects_0708/resonant%20wineglass%20excitation%20n%20measurement%20AJP000851.pdf

[2] KDY ENGINEERING

<https://kuat-drive-yards.com/>

[3] 滋賀県立大学 吉田 智 ガラスの疲労破壊

<https://www.newglass.jp/mag/TITL/maghtml/80-pdf/+80-p053.pdf>

[4] スタンフォード大学 Anthony Scodary Shattering a Wine Glass with Sound
https://large-stanford-edu.translate.goog/courses/2007/ph210/scodary2/?_x_tr_sch=http&_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=ja&_x_tr_hl=ja&_x_tr_pto=sc

[5] 秋田県立増田高等学校 小田部 泉 音でワイングラスを割る
https://www.jstage.jst.go.jp/article/pesj/52/2/52_KJ00005896898/_article/-char/ja/