

糸電話で楽器を作る

2632 堀流夏 2537 水野里胡

要旨

糸電話の原理を応用して作られたストリングラフィという楽器がある。私たちはこのストリングラフィを作ることを目的に研究を進めた。糸の長さが1mの糸電話を用いて、音源の振動数の違いによって糸電話が伝える音の大きさの変化と、糸の本数の違いによってストリングラフィが発する音の振動数の変化を調べる2つの実験を行った。その結果、糸の長さが1mの糸電話が伝えやすい音の振動数とストリングラフィが発しやすい音の振動数はともに1000Hz周辺であると分かった。

1. 目的

ストリングラフィとは糸電話の糸の部分を中心することによって音を出す楽器である。糸電話の糸やコップの条件がストリングラフィの出す音にどう関係しているかを明らかにし、ストリングラフィを作る。

小さなサイズのストリングラフィを作るため、糸の長さを変える方法以外で音階をつくる方法を調べ、恵那高校の校歌(チャイム)を演奏する。

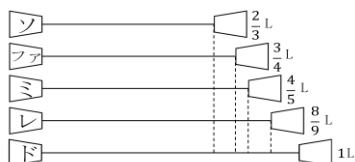


図1 ストリングラフィの糸の長さと言階

2. 仮説

糸電話で音が大きく伝わる条件を見つければ、ストリングラフィにも応用できる。

使用する糸を太くすると出る音の振動数が小さくなり、音階を作ることができる。

3. 使用器具

- ・糸電話 (糸, 紙コップ, ボタン, 針金)
- ・スタンド2台

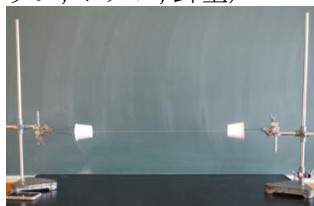


図2 実験のセットアップ

実験①, ②では、このセットアップから糸を変えて実験を行う。

4. 実験

<実験①>

(1) 目的

糸電話の基本的な性質を調べる。

音源の振動数を変えたとき、糸電話が伝える音の大きさにどのような変化があるかを調べる。

校歌の演奏には1オクターブ分の音階が必要なため、ピアノの鍵盤の8つの「ド」のうち、糸電話が音を最も大きく伝える「ド」の高さの振動数を調べる。

(2) 仮説

糸電話を通すと、どの振動数でも音の大きさは大きくなる。

《音の大きさ(dB)の公式》

$$L = 10 \log_{10} \left(\frac{2\pi^2 A^2 f^2 \rho v}{10^{-12}} \right) \text{ [dB]}$$

A :振幅 f :振動数 ρ :密度 v :音速

上式より、音の大きさは、振動数の2乗に比例するため、4186Hzの音を最も大きく伝える。

(3) 使用器具

- ・糸1本(コットン, ナイロン, 絹, ポリエステル, 綿)
 - ・スマートフォン2台
- 使用アプリケーション
音源: Tone generator
測定器: 騒音測定器

<使用音源>

261Hz, 523Hz, 1046Hz, 2093Hz, 4186Hz

(ピアノの「ド」の振動数を使用する)

- ・ 261Hz よりも値の小さい振動数は、音源から音を出していないとき、音を出しているときの測定される音の大きさに変化がなかったため、実験には使用しない。



図5 測定器(騒音測定器)

(4) 実験方法

① 糸電話を通さず、音源から聞こえる音の大きさを測定する。(図3, **A**)
音源と測定器を、紙コップの入り口から、もう片方の紙コップの入り口までの距離と同じ距離で測定する。

② 糸電話を通して音源から聞こえる音の大きさを測定する。(図3, **B**)
紙コップの入り口にスマートフォン(音源)をあて、音を出す。(図4)もう片方の紙コップの入り口にスマートフォン(測定器)をあて、音の大きさを測る。(図5)

実験は静かな教室で行い、測定は音源から 10 秒間音を出し、10 秒間の平均値を記録する。

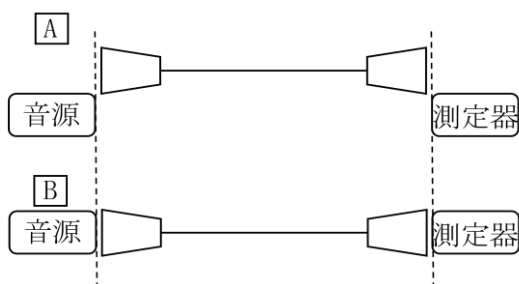


図3 実験①計測方法

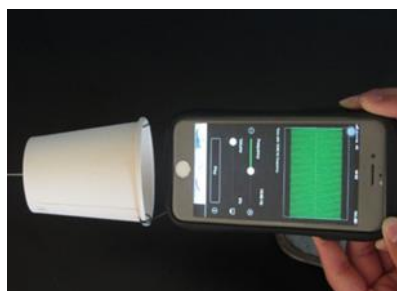


図4 音源(Tone generator)

(5) 結果

糸電話を通さずに音源から出る音を計測した値を**A**, 糸電話を通して音源から出る音を計測した値を**B**とする。

1046Hz で最も音を大きく伝え、ほとんどがマイナスになる。

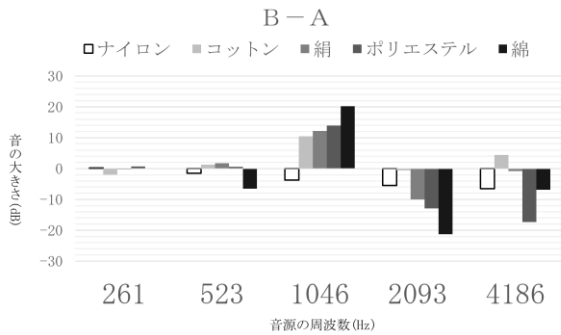
ナイロン	261Hz	523Hz	1046Hz	2093Hz	4186Hz
A (dB)	39.9	46.8	45.6	50.3	59.8
B (dB)	40.1	45.3	41.8	44.8	53.3
B - A (dB)	+0.2	-1.5	-3.8	-5.5	-6.5

コットン	261Hz	523Hz	1046Hz	2093Hz	4186Hz
A (dB)	38.2	43.7	49.5	53.1	55.8
B (dB)	36.2	44.9	59.9	52.5	60.2
B - A (dB)	-2.0	+1.2	+10.4	-0.6	+4.4

絹	261Hz	523Hz	1046Hz	2093Hz	4186Hz
A (dB)	36.6	38.5	50.3	55.7	55.4
B (dB)	36.4	40.2	62.5	45.7	54.6
B - A (dB)	-0.2	+1.7	+12.2	-10.0	-0.8

ポリエステル	261Hz	523Hz	1046Hz	2093Hz	4186Hz
A (dB)	39.5	45.4	46.8	60.8	63.4
B (dB)	40.2	46.0	60.7	47.9	46.1
B - A (dB)	+0.7	+0.6	+13.9	-12.9	-17.3

綿	261Hz	523Hz	1046Hz	2093Hz	4186Hz
A (dB)	41.1	45.7	47.8	58.8	58.3
B (dB)	41.0	39.2	68.0	37.5	51.4
B - A (dB)	-0.1	-6.5	+20.2	-21.3	-6.9



(6) 考察

物質には伝えやすい音の振動数と伝えにくい音の振動数が存在する。1mの糸は種類によらず 1000Hz 周辺の振動数を伝えやすいことが分かった。このことから、1046Hz を含むオクターブの音階をストリンググラフィで出すことができれば、最も大きい音で演奏することができると考える。

今後は、このことを考慮に入れて実験を行う。

<実験②>

(1) 目的

糸の太さで音階をつくるために、糸の本数によって糸電話から出る音の振動数にどのような変化があるか調べる。

(2) 仮説

糸の本数が多いほど糸電話から出る音の振動数が小さくなる。

(3) 使用器具

- 糸(絹, ナイロン)

絹は箏の弦, ナイロンはギター用の弦に使用されているため、絹とナイロンを使用する。糸の本数を 1 本から 10 本と変え、実験を行う。

- 松脂

- スマートフォン 1 台

使用アプリケーション

測定器：音程チェッカー

(4) 実験方法

糸の中心にスマートフォン(測定器)をあて、振動数を測定する。(図 6)

- ① 糸に松脂を塗り、糸の上面のみを人差し指でこすり、振動数を測定する。
- ② 糸を人差し指と親指で挟んでこすり、振動数を測定する。
- ③ 糸を人差し指ではじき、振動数を測定する。



図 6 実験②の計測方法

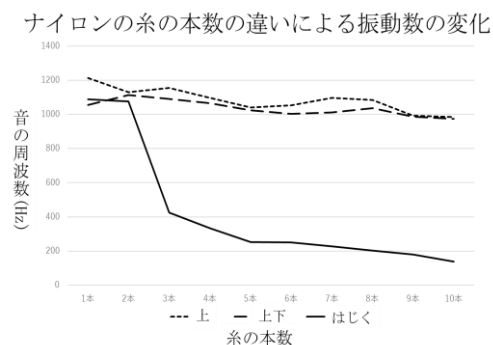
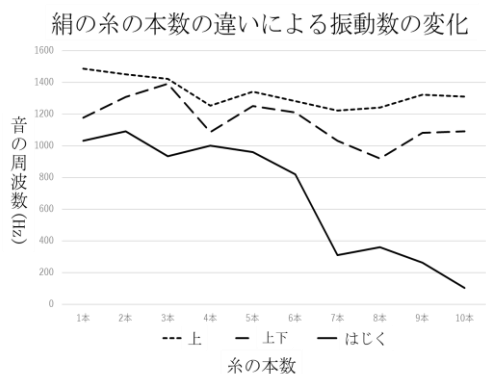
(5) 結果

糸の上をこすったとき、絹は振動数の数値が安定せず、ナイロンは安定した。

糸をはじいたときは、糸の本数を増やすにつれて振動数が小さくなった。

絹(本)	①上をこする(Hz)	②はさんでこする(Hz)	③はじく(Hz)
1	1487	1176	1032
2	1451	1308	1090
3	1421	1391	933
4	1252	1087	1001
5	1340	1250	960
6	1282	1211	819
7	1221	1032	309
8	1241	919	361
9	1321	1081	262
10	1311	1091	103

ナイロン(本)	①上をこする(Hz)	②はさんでこする(Hz)	③はじく(Hz)
1	1241	1055	1089
2	1130	1113	1076
3	1155	1090	425
4	1096	1066	334
5	1040	1023	252
6	1054	1003	250
7	1096	1011	227
8	1085	1036	202
9	992	987	180
10	984	974	139



(6) 考察

絹, ナイロンともに, 糸が1本の糸電話と糸が10本の糸電話を比べると, どの場合でも, 10本のときの振動数が1本のときよりも小さい。よって, 糸の本数を増やしたことで, 出る音の振動数を小さくすることができる。これは, 音を伝える媒質の質量が大きくなることによって, 音の波を伝えにくくなるためだと考える。

また, 糸をこすったときよりも, はじいたときのほうが振動数の変化が大きいことから, 糸をはじく演奏方法のほうが音の高さを変えやすいことが分かる。これについては, 糸をはじくと, すべての糸に同時に振動を与えることができるが, 糸をこすると, 指と接している糸にしか直接振動を与えることができないのではないかと考える。つまり, 糸が10本の場合, はじいたときには10本の糸すべてが同時に同じ振動をするが, こすったときには10本の糸は同じ振動をしているわけではないのではないかと考えられる。

実験①と実験②より, 糸の長さが1mの糸電話では1000Hz周辺の音を伝えやすく, 糸の長さが1mのストリングラフィでも1000Hz周辺の音を発しやすい。糸電話が音を伝える仕組みとストリングラフィの発する仕組みには何か共通点があるのではないかと考える。

(7) 結論

糸をはじく演奏方法では, 糸の本数によって音の高さを変えることができる。

糸をこする演奏方法では, 振動数の変化に大きな傾向が見られず, 音の高さを変えにくい。

5. 展望

実験②について

- 実験を繰り返し行い, データの数を増やし, 平均値を出すことで誤差を減らす。
- 絹, ナイロン以外の糸で実験を行う。
- こすったときにすべての糸が振動していないかを確認するために, 糸同士を編んで1本の紐にした状態で実験を行う。

研究全体について

- 糸電話とストリングラフィの仕組みの共通点を調べる。
- 出したい音の高さを正確に出せるストリングラフィの条件を見つける。

6. 謝辞

意見をくださった先生方ありがとうございました。

7. 参考文献

水嶋一江&ストリングラフィ・アンサンブル
スタジオ・イブ 公式ホームページ

<http://stringraphy.com/>

ハイベスト教科事典 物理学 学研