

# 糸電話の糸の長さと聞こえる音の音圧の関係

岩手県立一関第一高等学校理数科 3 年物理班  
山根礼煌 齋藤陸 白井温也 初貝大希

## 要約

私たちは糸電話の糸の長さと聞こえる音の音圧の関係を明らかにするために、糸とコップの素材を変えて音圧が大きくなる組合せを調べた。その結果、タコ糸またはポリプロピレン繊維糸と紙コップを用いた組合せの場合に音圧が大きくなり、800Hz のときが最大になった。また屋内と屋外で糸の長さと音圧の関係について調べたところ、糸が長くなるほど音圧が減少し、タコ糸の方がポリプロピレン繊維糸よりも音圧の減少率が小さいことが明らかになった。

<キーワード> 糸電話 音圧の減少率 振動数

## Abstract

In order to clarify the relationship between the frequencies of the sounds transmitted through a string telephone, we changed the materials of the string and the cup at various distances and measured the sound at each frequency. The results showed that 800Hz transmits sound well, and that the sound tends to become quieter as the length of the string is extended.

## 1 はじめに

糸電話は、音声を糸の振動に変え、受け取る側のコップまで伝え、再び音声に変えるので、離れている人どうしても会話することができる。その仕組みは、音声のコップで糸の振動に変換され、もう片方のコップで糸から音声信号に変換されることで説明される。

私たちは、糸電話で音がどれくらい遠くまで伝わるのか興味を持ち、詳しく調べることにした。

渥美ら (2022) は、0~60 m の範囲で糸の長さを長くすると聞こえる音が減衰することを示した。また、鍛冶山・出口 (2017) は、糸の長さや材質は、張力を大きくすれば音にほとんど影響しないと示した。

本研究では、糸の長さを 100 m にしても音が聞こえると仮説を立て、使用するコップや糸の材質を変えて、100 m まで伝わる糸電話を作成し、糸の長さと聞こえる音の音圧の関係について調べた。

## 2 研究方法

遠くまで音を伝える糸電話を作成するために、素材の異なるコップや糸を用いて、糸の

長さが 50 m で聞こえる音の音圧が大きくなる組合せの素材について調べる (予備実験)。実験 1 で音圧が大きくなる組合せの素材を用いて糸電話を作成し、屋内における糸の長さと音圧の関係について調べる (実験 1)。最後に、屋外における糸の長さと音圧の関係について調べる (実験 2)。

### 2-1 予備実験

使用するのは、2 種類のコップ (紙とプラスチック) と 3 種類の糸 (ミシン糸、タコ糸、ポリプロピレン繊維糸) で、それらの組み合わせを変えて 6 種類の糸電話を製作する。糸の長さを 50 m に固定し、糸はコップの糸に少し寝かせた状態でグルーガンを用いて接着する。

作成した糸電話を、室内 (本校廊下) で糸ができるだけ弛まないように伸ばし、その後、発信側のコップにスマートフォンのスピーカーの部分がコップの底側になるように入れ、周波数ジェネレータを用いて 400~1400 Hz の音を 100 Hz ごとに最大音量で出す。受信側のコップも同様に、底側にマイクがくるようにスマートフォンを入れ、聞こえる音圧を Sonic Tools SVM を用いて測定し、音圧が大

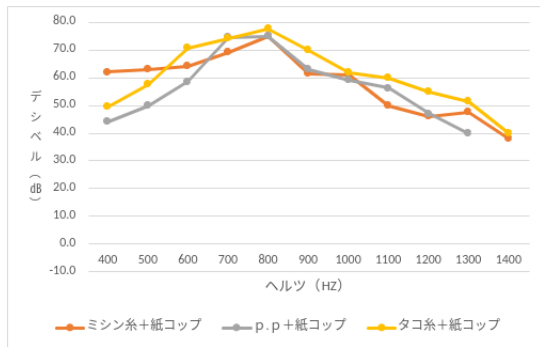


図1 音の振動数と音圧の関係（紙コップの場合）

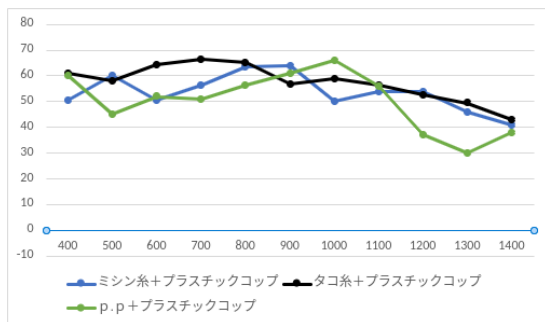


図2 音の振動数と音圧の関係（プラスチックコップの場合）

きくなる組合せの素材を明らかにする。また同時に音を発信しない場合の環境音の音圧も測定する。3回測定したデータを平均し、その平均値を求める。

測定結果として、発信した音の振動数と測定した音圧の関係を図1、図2に示す。

紙コップを用いた場合は、400～800 Hzの間で、音が高くなると音圧も上がり800 Hzを超えてからは音圧が徐々に下がった（図1）。

一方、プラスチックコップを用いた場合は、ミシン糸が900 Hz、タコ糸が700 Hz、ポリプロピレンが1000 Hzのときに音圧が最大となったものの3種類の糸に共通する傾向は見られなかった（図2）。

そこで、以降の実験で使用する糸電話の素材をタコ糸、ポリプロピレン繊維糸の2種類と紙コップの組合せとすることにした。

## 2-2 実験1：屋内での糸の長さと言圧の関係

2-1節を受けて、タコ糸と紙コップ、ポリプロピレン繊維糸と紙コップの2種類の糸電話を作成する。さらに、5 m、10 m、50 mと

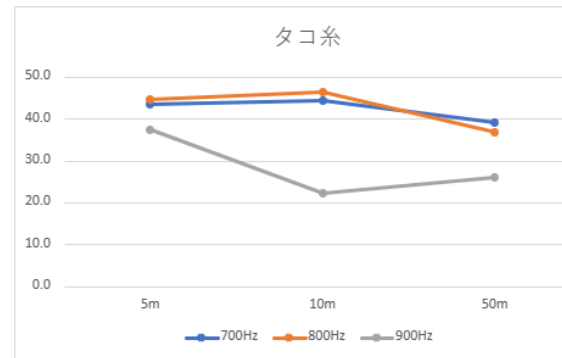


図3 糸の長さと言圧の関係（タコ糸、屋内）

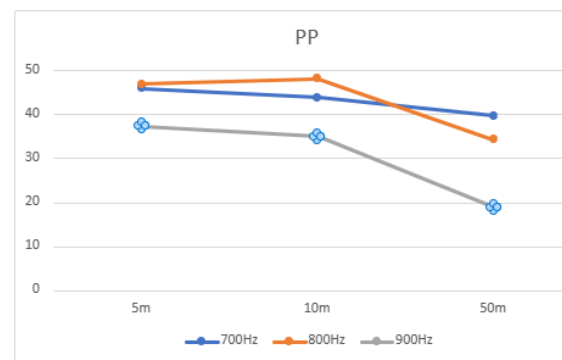


図4 糸の長さと言圧の関係（ポリプロピレン繊維糸、屋内）

異なる糸の長さの糸電話を作成し、予備実験と同様の実験を行う。

さらに、使用する音の振動数を測定する音圧が大きかった700 Hz～900 Hzとし、環境音の音圧も測定する。

測定結果より、糸の長さと言圧の関係を図3、図4に示す。タコ糸を用いた場合、700 Hzと800 Hzのときは5 mと10 mの音圧はともにほぼ同じ値を示したが、50 mの音圧はそれらより9.7dB減少した。900 Hzのときは、5 mに比べて10 mの音圧が15.2dB減少し、50 mでは増加する傾向が見られた（図3）。一方、ポリプロピレン繊維糸を用いた場合、どの周波数のときも5 mと10 mの音圧は大きく変わらないが、50 mの音圧は、それらより減少する傾向が見られた（図4）。

## 2-3 実験2：屋外における糸の長さと言圧の関係

次に糸の長さによって周波数と聞こえる音圧の関係が変化するかを調べるために、2

表 1 音圧と糸の長さの関係 (700 Hz)

	10 m		50 m		100 m	
	タコ糸	PP	タコ糸	PP	タコ糸	PP
測定値	86.6	82.6	76.1	72.1	61.7	/
環境音	43.3		39.7		31.7	
差	43.3	39.3	36.5	32.5	30.0	/

表 2 音圧と糸の長さの関係 (800 Hz)

	10 m		50 m		100 m	
	タコ糸	PP	タコ糸	PP	タコ糸	PP
測定値	97.4	101.2	82.1	74.6	71.0	/
環境音	44.3		50.7		31.3	
差	53.1	56.8	31.4	24.0	39.7	/

表 3 音圧と糸の長さの関係 (900 Hz)

	10 m		50 m		100 m	
	タコ糸	PP	タコ糸	PP	タコ糸	PP
測定値	97.2	94.3	75.7	70.5	70.0	/
環境音	42.7		55.3		35.0	
差	54.6	51.7	20.4	15.1	35.0	/

ー 1 節と同様の実験を屋外で行うとともに、糸の長さも 100 m まで伸ばし、同時に環境音の音圧も測定する。

得られた結果を表 1～表 3 に示す。タコ糸、ポリプロピレン繊維糸の測定値は、どの周波数でも伸ばすにつれて音圧は有意に減少した。また、10 m と 50 m のデータより、1 m 当たりの音圧の減少率を調べると、800 Hz のときのタコ糸は 1 m 当たり 0.38 dB、ポリプロピレン繊維糸は 0.67 dB とタコ糸の方が 1 m 当たりの減少率が小さいことが分かった。なお、ポリプロピレン繊維糸で 100 m の計測をした際には、糸の重さにより、張力が大きくなってしまい、コップの底から糸が外れ、計測できなかった。一方で、測定値と糸無しのコップで測定した音(環境音)には距離との対応は見られなかった。

### 3 考察

2－1 節では、紙コップを用いた場合に全体的に 800 Hz を頂点とする山なりのグラフが得られたが(図 1)、プラスチックコップを用いた場合にはそのような特徴がみられなかった(図 2)。このことから紙コップには特定の周波数の音を大きく伝えるという特性があると考えられる。これは鍛冶山・出口(2017)で示された内容と異なっており、コップの素材を変えると音の伝わり方が変わることを示していると考えられる。

屋内・屋外の実験結果から、糸の長さを伸ばるとともに音圧も減少したことから、渥美ら(2022)と同様の結果が確認された。

屋外の実験では、糸の長さが 100 m になっても音が伝わることを確認できた。これにより、仮説は立証された。

また、屋外ではポリプロピレン繊維糸の方がタコ糸よりも 1 m 当たりの音圧の減少率が大きかった。その理由として、糸の線密度が関係していると考えられる。音の速さの公式と線密度の関係式より、質量が小さいほど、音の速度は速くなるからである。鎌倉ら(2009)では、弦を伝わる音の速さが速いほど伝わる音圧の大きさが大きくなることが示されていることから、今回の結果は、この結果と矛盾しないものである。

### 4 結論・今後の展望

本研究では、100 m まで伝わる糸電話を作成し、糸の長さで聞こえる音の音圧の関係について調べた。その結果、700 Hz、800 Hz、の音は 100 m まで聞こえることが確認され、線密度が小さいタコ糸の方がポリプロピレン繊維糸よりも音が大きく聞こえることが分かった。

今後は、同じ条件下で最大でどこまで聞こえるのか調査すること、また紙コップを用いたときに、800 Hz で音圧が最大となったので、このときの紙コップと周波数の関係を明らかにしたい。

### 謝辞

本研究を行うにあたり、多くの助言してくださった柿木先生、佐々木先生に深く感謝いたします。

### 参考文献

- 渥美さやほ、梅木涼太、江渡祐太朗、鈴木愛菜、高橋悠馬（2022）：高性能の糸電話を作るには、静岡県立下田高等学校。  
（[https://izugeopark.org/wp/wp-content/uploads/2022/03/H2\\_%E4%B8%8B%E7%94%B0%E9%AB%98%E6%A0%A1\\_%E9%AB%98%E6%A9%8B-1.pdf](https://izugeopark.org/wp/wp-content/uploads/2022/03/H2_%E4%B8%8B%E7%94%B0%E9%AB%98%E6%A0%A1_%E9%AB%98%E6%A9%8B-1.pdf)、2024. 8. 19 閲覧）
- 鍛冶山凌・出口憲（2017）：糸電話を伝える音の変化について、常葉大学教育学部紀要、37、213－225.
- 鎌倉駿、久米利典、高松信敏（2009）：糸電話、徳島県立城南高等学校城南 SSH 課題研究集録 PDF 集（物理）.（<https://jonan-hs.tokushima-ec.ed.jp/wysiwyg/file/download/16/5648>、2024. 8. 19 閲覧）