

糸電話

鎌倉 駿 久米 利典 高松 信敏

【概要】

物理を学んで波の分野に特に興味を抱き、糸電話について調べてみようと思った。たとえば声を出すと、それが紙コップを振動させ相手の紙コップに「弦の振動」が伝わる。この振動はそのままである。糸の長さや張力などを変えて振幅の大きさの違いについて測定した。

その結果をもとにして最も高性能（振幅が最も大きい条件）な糸電話の作成方法を考えた。

We studied physics at high school and particularly had on interest in the field of wave phenomena . That's why I fried to study about thread. For making “phonecalls”. For example, it you tall into paper cups attached by a thread oscillation occurs in the thread. The oscillation is carried him to the other cup. It is the same the oscillation you caused when you spoke in the paper cup. Then we considered which the call with a thread was high end. Taking Factors such as thread length and tension, we observed the differences in oscillation. Then, we drew a graph of the data we collected. Using the graph we decided which type of threads provided high quality “calls”.

【研究の動機】

誰もが遊んだことがある糸電話について、その仕組みを考えたとき、性能のよいものが作れないかと思いこの研究を始めた。

【仮説】

① 弦を伝わる音の速さは、以下の式で表される。

$$v = \sqrt{\frac{T}{\rho}} \quad [\text{m/s}] \quad (1)$$

ここで、 $T[\text{N}]$ は弦に加わる張力を表し、 $\rho[\text{kg/m}]$ は線密度（単位長さあたりの質量）を表す。（1）式より張力 T が大きいほど音は糸を速く伝わるのがわかる。したがって、弦を伝わる。伝達速度が大きいほど運動エネルギーも大きくなり、伝わる音の振

幅も大きくなると考えられる。よって、張力が大きくなると、音の振幅も大きくなると考えられる。

② 糸を押さえる 水でぬらす

糸を伝わる音は横波と知られているが、横波だけであれば糸を押さえるとまったく音は伝わらなくなると考えられるため、糸を指で押さえると受信できなくなると仮定した。糸を水で濡らすと、糸が吸収した水の分だけ線密度は大きくなると考えられる。

よって、（1）式から考えて線密度が大きいと、 v は小さくなると考えられる。①の結果から線密度を大きくし、 v が小さくなることにより、運動エネルギーが小さくなり、音の振幅は小さくなると考えられる。

③ 糸の本数

糸の本数を増やして、伝わり方に違いがあるかを調べる。本数を増やすと伝わる振動の大きさは、糸それぞれに分散されるが伝わる振動の大きさの和は一定であるために、本数による変化はないと仮説を立て、糸の振幅を調べた。

④ 糸の長さ

会話しているとき、互いの距離が遠ければ遠いほど声は聞こえにくくなるのが経験的にわかっている。

これは空気中を伝わる音のエネルギーが次第に減衰していき、振動が小さくなるためであると考えられる。

振動を伝える媒質が空気のとくに起こるこの現象が、糸においても同様のことが起こるといふ仮説を立てた。よって、糸の長さによる伝わり方の違いを調べることにした。

【実験器具・装置】

- ・紙コップ（材質—紙，容量—205[ml]）
- ・糸（ポリエステル 100%，直径 0.1[mm]，線密度 6.0×10^{-5} [kg/m]）
- ・段ボール箱（32[cm]×27[cm]×19[cm]）
- ・ばねはかり（0～2000g）
- ・ものさし（シンワ，60cm）
- ・スピーカー（振動数を変える装置（KENWOOD））
- ・マイクロフォン（FUJITSU）
- ・振駆郎（しんくろう：パソコン用オシロスコープ，理科ネットワーク）

【実験方法】

実験 1

糸の長さが 1.0[m]の糸電話を作成し、周囲の影響を排除するため、受信側の紙コッ

プを段ボール箱で覆い、測定した。送信側の紙コップに、スピーカーを密着した状態で、振動数を変化させた音波を発生させ、マイクロフォンで伝わった音波を受信し、パソコンソフトのオシロスコープ〔以下 振駆郎と呼ぶ〕で解析を行った。発生させた音波の振動数の変化は 0～1400 [Hz]までとし、200 [Hz]ずつ変化させ、張力は、1.0[N]、1.5[N]、2.0[N]の3段階に設定し、各張力において5回ずつの測定を行った。

実験 2

水につけると振幅が小さくなると予想したので、仮説①のデータから最も振幅が大きかった張力 2.0[N]で行うこととした。同じ種類の糸を 1.0[m]の長さに切り取り、水につけて行う。それぞれの実験の際に糸を指で押さえ、振幅の値を測定した。音源側のコップから 1.0×10^{-1} [m]ずつ 9.0×10^{-1} [m]まで9か所指で押さえた。発生させた音波の振動数の変化を、実験1と同様して測定した。

実験 3

2つの紙コップを接続する糸を互いに数 cm ずつ離して配置し、糸の本数を1～5本まで変え、実験1、2と同様の方法で測定した。誤差を少なくするため実験1のデータから最も振幅が大きかったときの張力 2.0[N]で測定した。このときの、振動数は 1000[Hz]に固定して測定した。

実験 4

振動数を調節できるスピーカーを用意し、0～1400 [Hz]まで200 [Hz]ずつ発生させ、実験1と同様の方法で測定を行った。

このときの糸の長さは 1.0[m], 1.5[m], 2.0[m]と変化させた。

【結果】

結果 1

実験 1 により得られた結果を図 1 に示した。張力 1.0[N], 1.5[N], 2.0[N]のときの測定値を同時にプロットしたものである。グラフの縦軸は受信した音波の振幅を表し、横軸は発生させた音波の振動数を表している。

張力が大きくなるにつれて、振幅が大きくなっていることがわかる。また、発生させた音波の振動数が 1000[Hz]のとき、受信した音波の振幅が最大値となっている。

張力が大きくなるほど、振幅は大きくなったことから張力と伝わり方には密接な関係があることがわかる。また、このグラフから張力と振幅が比例関係に近いことから、仮説は正しかったと考えられる。

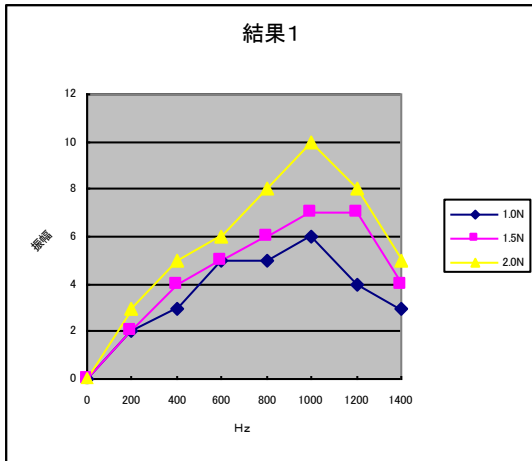


図 1 : 張力と振幅の関係

結果 2

① 指で押さえた場合

音源側のコップから 1.0×10^{-1} [m] ずつ 9.0×10^{-1} [m] まで 9 か所指で押さえた場合

はすべてにおいて小さくなったが、多少は伝わった。小さくなった音の振幅は 9 か所ともほぼ一定の大きさであった。

② 水で湿らせた場合

図 2 より水で湿らせた糸の振幅は乾燥したものと比較するとすべての振動数において下まわっていることがわかった。

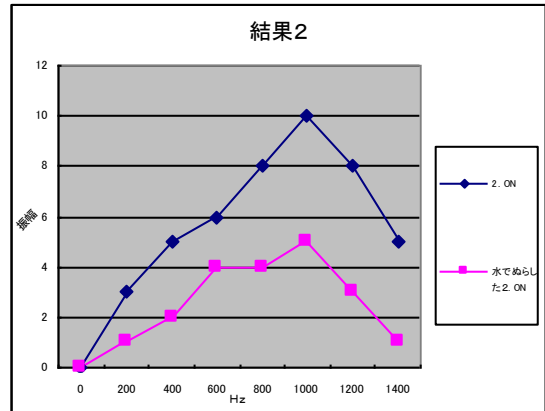


図 2 : 線密度の変化と振幅の関係

結果 3

実験 3 の測定結果を以下に示した。図 3 のグラフの横軸は、糸の本数を表し、縦軸は受信した音の振幅を表す。

糸の本数に関係なく得られた音の振幅はほぼ一定であった。

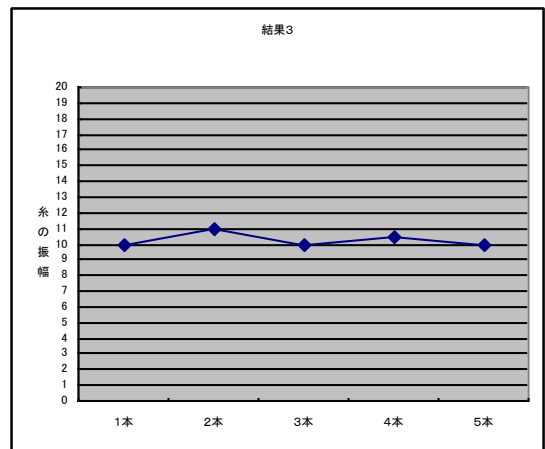


図 3 : 糸の本数と振幅の関係

結果 4

実験 4 の測定結果を以下に示した。図 4 のグラフの横軸は発信音の振動数を表し、縦軸は、受信した音の振幅を表す。糸の長さが長くなると、受信した音の振幅は小さくなるのがわかった。

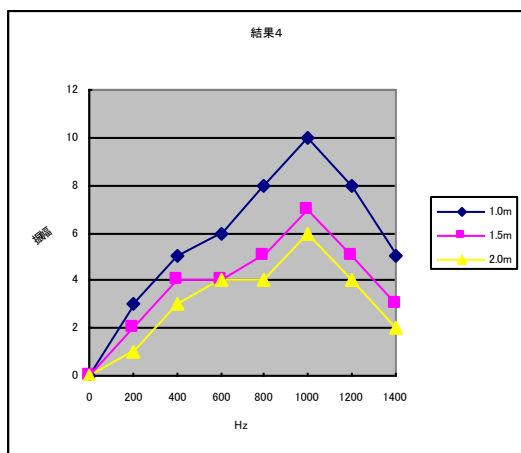


図 4 : 糸の長さ と 振幅 の 関係

【考察】

考察 1

実験 1 より、糸の張力を大きくすることで、受信した音波の振幅も増大することから張力の大小が、音の伝え方を左右すると考えられる。また、張力を変化させたとき、受信した音波の振幅が 1000[Hz] の場合がよく伝わったことから、本研究で使用した糸電話の固有振動数は 1000[Hz] であると考えられる。

考察 2

糸を指で押さえたとき、振幅にわずかな変化が観測されたことから、糸を伝わる振動は、横波以外の波も存在すると考えられる。糸を抑えると完全に横波の振動を押さえているとは限らないが、振幅が小さくなったことから振動の大部分が横波であるこ

とが推定できる。

糸を水で濡らしたことによって、観測される振幅が小さくなったことから運動エネルギーが小さくなったと考えられる。

運動エネルギーが小さくなったことから、糸の線密度が増し、 v が小さくなったので音が小さくなったと考えられる。

考察 3

糸の本数を変えてもほぼ一定になったことから、本数と音の振幅はほとんど関係がないものと考えられる。

仮説にも記したとおり、糸を伝わる振幅が、各糸に分散されていき、受信側で再び、合成されたため、一定の振幅を保っていると考えられる。

考察 4

糸の長さが長いほど、伝わる音の振幅は小さくなったことから、話すときと同様に糸電話においても、糸を伝わる振動が減衰すると考えられる。糸の振動は周囲の空気を振動させるエネルギーとして消費され、エネルギーが小さくなったと考えられる。

【結論】

この実験から高性能な糸電話にするための条件について以下にまとめた。

1. 張力を大きくする
2. 線密度が小さい軽い糸を使用する
3. 糸の長さを短くする
(糸の本数は何本でもよい)

【参考文献】

國友正和:改訂版高等学校物理 I ,
数研出版,(2006)