

糸に伝わる音は縦波か横波か

Whether the sound transmitted to the thread is a longitudinal wave or a transverse wave

千葉県立船橋高等学校理数科 3 年
朝倉 淳公

はじめに

音は空気中を縦波として伝わる一方ギター等の弦の振動は横波として表され、速度 [m/s] は糸の張力 s [N] と線密度 ρ [kg/m] を用いて $v = \sqrt{\frac{s}{\rho}}$ と表すことが出来る。

糸電話は空気の振動である音声が入紙コップの底を振動させ、その振動が糸に伝わり、もう片方の端で再び紙コップの底を震わせて、最終的に空気を振動させて音を伝える仕組みである。

そこで糸電話には縦波と横波のどちらが伝わるのか、またそれは音速と比較してどれだけ大きいのか気になったので研究を始めた。

目的

糸電話の糸中を伝わる波は縦波か横波か明らかにする。またその速度を計測し、糸中を伝わる波の性質を考察する。

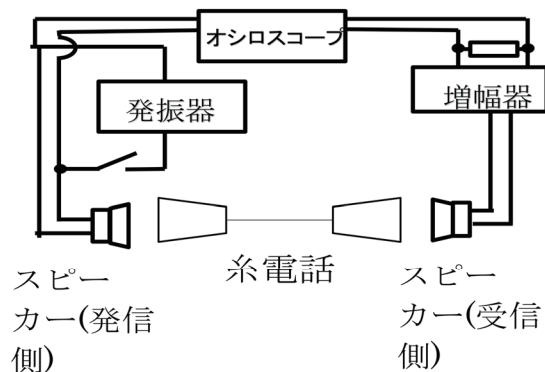
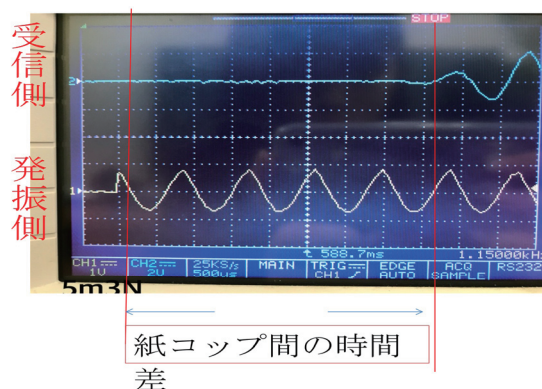
実験 I (オシロスコープを用いての計測①)

ナイロン製の水系を用いた糸電話の両側にスピーカーを取り付け、送受信の時間差を読み取り、音速を計算した。

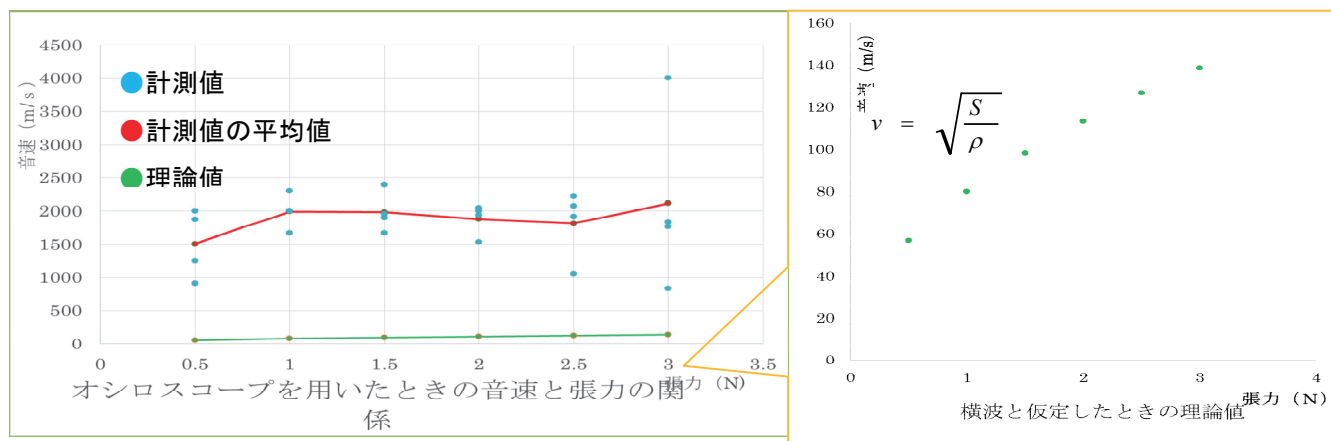
* 1.0×10^4 回/s データを取れるオシロスコープ、ナイロン製の糸を用いた。

* 張力は 0.5 N ~ 3.0 N で 0.5 N ずつ計測した。

* 計算は (異なる長さどうしの時間差) ÷ (長さの差) で行うことにより糸の長さ以外の条件を無視できるようにした。



結果 I

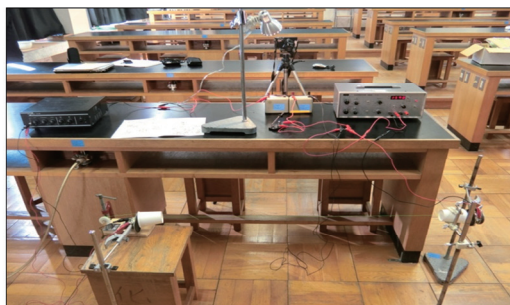
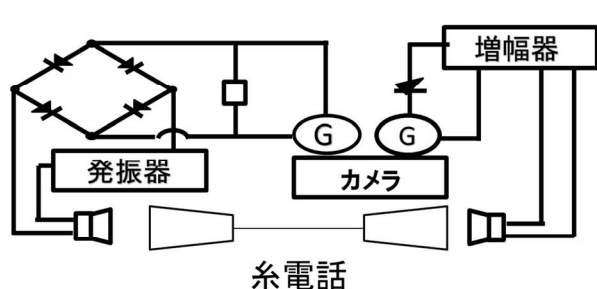


糸中を伝わる速度は張力に依らず 1.9×10^3 m/s 程度となり、理論値と比較すると、速度が 10 倍以上違った。全体の計測値の標準偏差は 5.4×10 m/s だった。

実験 II (検流計を用いた計測)

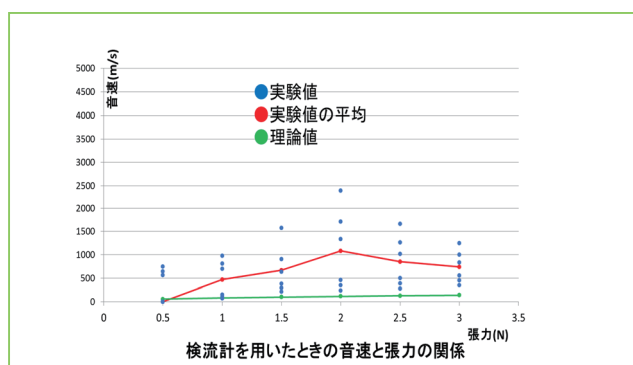
実験 I と同様に紙コップの両側にスピーカーをつけ、2つの検流計をハイスピードカメラで録画し、2つの検流計が振れた時間差から速度を計算した。

* 1.0×10^3 回/s データを取れるハイスピードカメラ、検流計、ナイロン製の糸を用い、それ以外の条件は実験 I と同様にした。



結果 II

音速は張力に依らず、約 $5.0 \times 10^2 \sim 1.0 \times 10^3$ m/s 程度となり平均は 8.0×10^2 m/s 程度であった。実験 I 同様データの幅が大きかった。



考察 実験Ⅰ,Ⅱより

- 横波と仮定した時の理論値と比較して音速が大きい
- グラフの形が異なる

以上のことから、糸中を伝わる音の波には縦波が存在すると考えた。

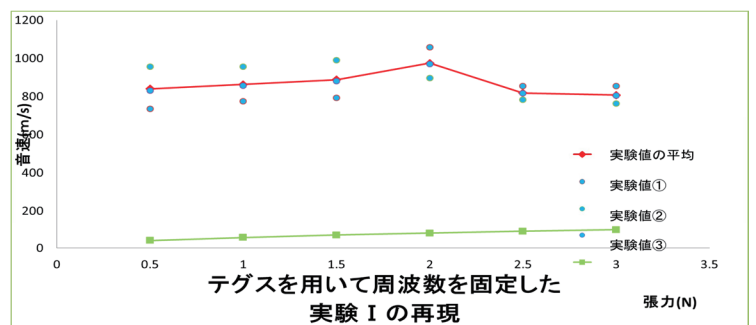
しかし2つの実験では測定した音速が 1.9×10^3 m/s と 8.0×10^2 m/s と大きく異なった。これは糸の撚りや周波数を固定してなかったことが原因であると考えた。そこでそれらの条件を一定にして精度を高める実験を行った。

実験Ⅲ (オシロスコープを用いた計測②)

周波数を 793 Hz に固定し、直径 0.50 mm のナイロン製テグス糸、オシロスコープを用いて実験Ⅰを再度行った。

結果Ⅲ

音速は 8.0×10^2 m/s $\sim$ 1.0×10^3 m/s のデータが多く、標準偏差は 86.95 m/s と安定していた。張力への依存性も無かった。



考察

実験Ⅰ,Ⅱ,Ⅲより糸中の音速はこの条件下で 8.0×10^2 m/s 程度であり縦波が存在すると考えられる。また、実験Ⅲで周波数と糸の撚りという2つの条件を固定すると標準偏差が小さくなった。これより周波数と糸の撚りのいずれか、もしくは両方が糸中を伝わる速度に影響を与えると考えられる。

結論

糸電話の糸中を伝わる波には縦波が存在し、音速は 800 m/s 程度である。また糸の撚りは速度に影響を与える。

参考文献

物理教科書 数研出版

感想・今後の展望

今後の課題として糸中を伝わる波の速度の数式化があげられた。そのためには変数となり得るものについてより多くの実験が必要であった。本実験では周波数と糸の撚りを固定したが、他にも糸の材質や長さ等が考えられた。

この活動を通して、自分の頭で様々な角度から考えることの必要性を痛感した。

最後に研究を助けて下さった先生方や1年時の共同研究者に感謝したい。