

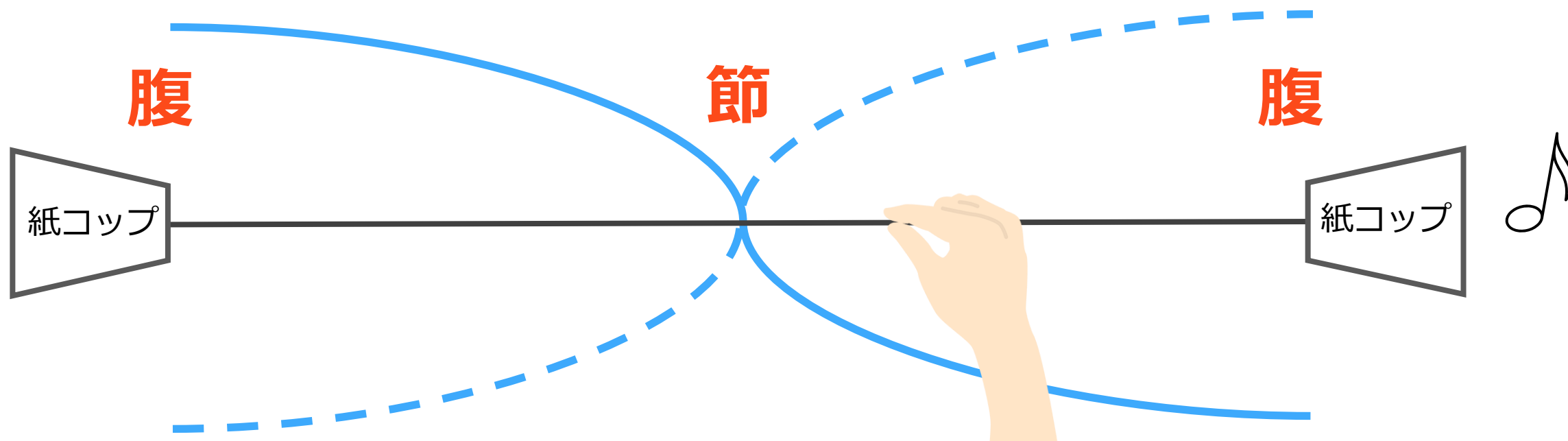
糸電話でできた楽器

ストリングラフィの波の特性

徳島県立城南高等学校 応用数理科 3年

相原 悠汰 奥田 陽介 新居 千鈴

ストリングラフィ®について



作曲家の水嶋一江さんが考案したオリジナル楽器と
その演奏スタイル

1. 動機・目的

糸電話の糸には縦波が存在していると定義されていたが、ストリングラフィの場合も縦波が存在するのか？

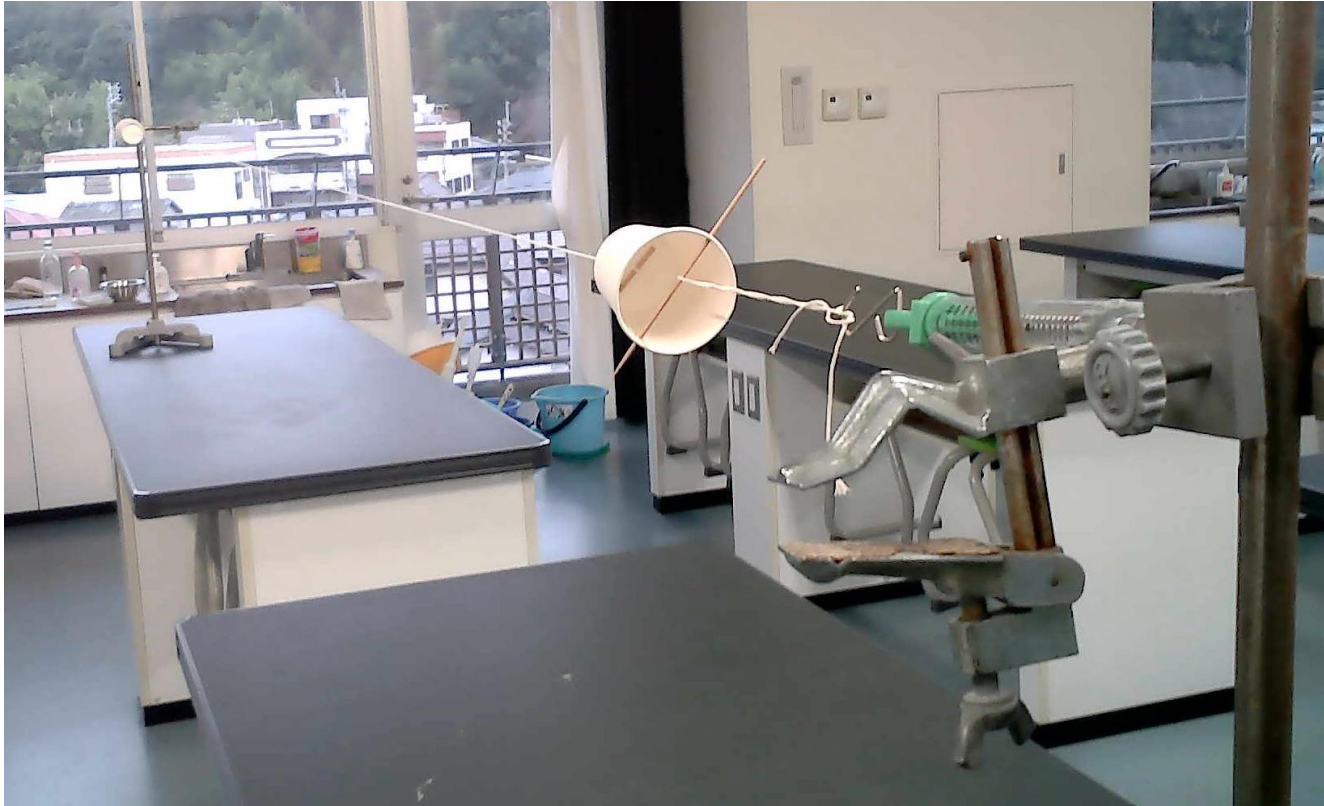


ストリングラフィに伝わる波の特徴に関する先行研究がない



波の特徴について調べることを研究の目的に

2. 実験器具



↑ ストリンググラフィ

- 糸（絹、綿、アクリル）
- 鉄製スタンド
- 紙コップ
- 竹串
- 松ヤニ
- ばねばかり
- Wave Spectra
（フーリエ解析ソフト）

3. 実験の計画

1

波の速さの実測

2

糸の材質と波の速さの関係

3

波の向きについて

算出方法

線密度

$$\rho = \frac{\text{糸の重さ}(kg)}{\text{糸の長さ}(m)}$$

ρ : 線密度 [kg/m]

実験 1

$$v = \frac{X}{T}$$

空気中の波の速さの理論値

$$*v = 331.5 + 0.6t$$

v : 速さ [m/s]

X : マイク間の距離 [m]

T : 時間 [s]

t : 温度 [°C]

実験 2

$$v = f\lambda$$

$$v = \sqrt{\frac{S}{\rho}}$$

f : 振動数 [Hz]

λ : 波長 [m]

S : 張力 [N]

実験 1

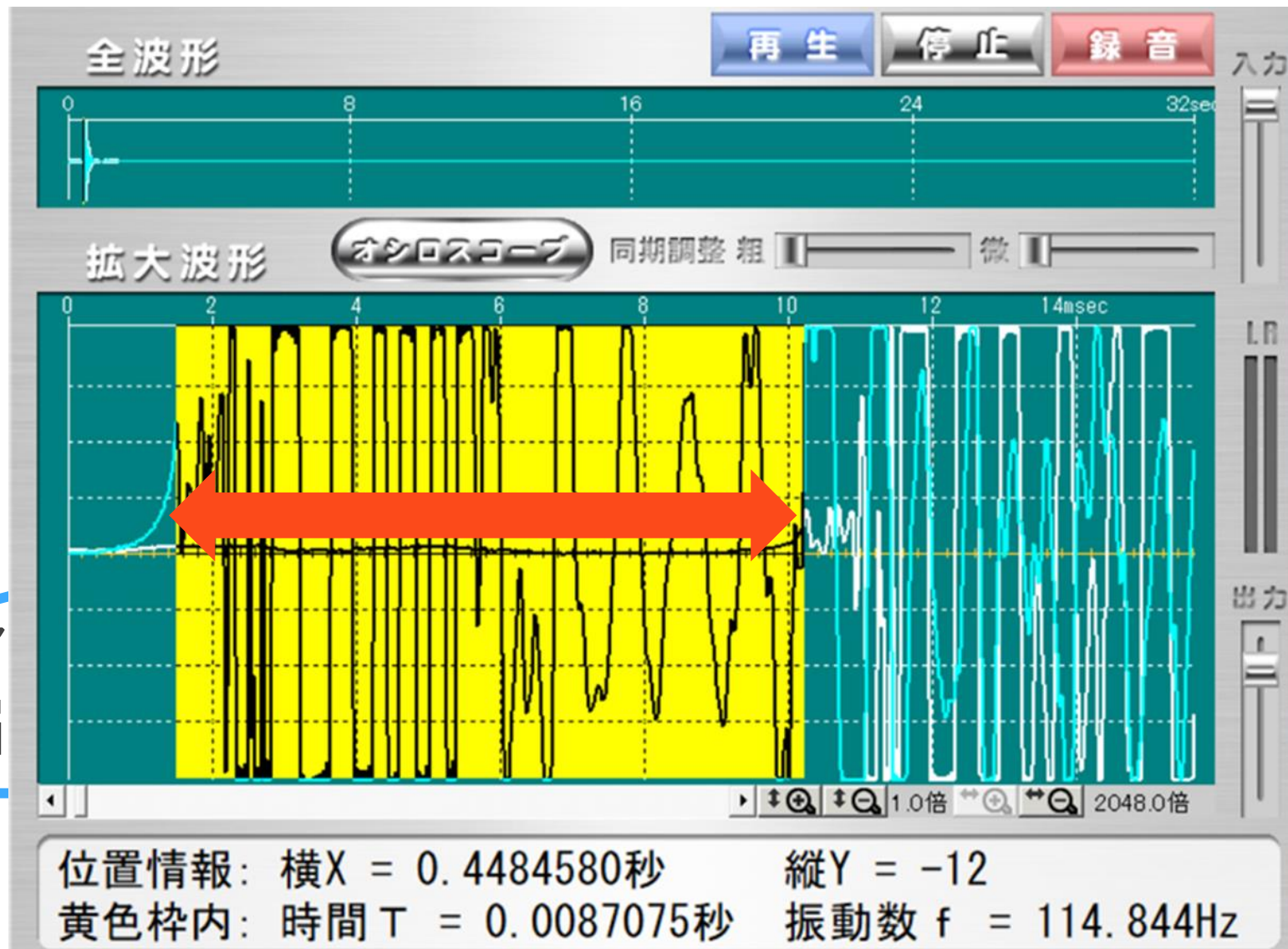


マイク II

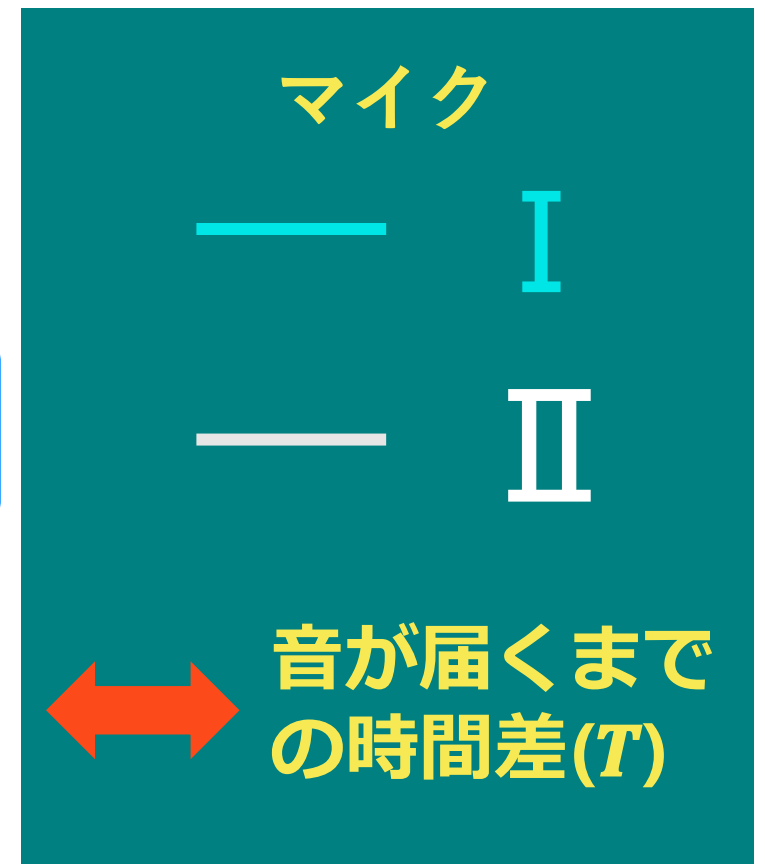


↑ オシロスコープをつないだストリンググラフィ

結果



マ
届



空气中 (17°C)

$$v = \frac{3}{0.0059} = 338.98 \doteq \mathbf{339} \text{ (m/s)}$$

$$x = 3 \text{ (m)}$$

$$T = 0.059 \text{ (s)}$$

*理論値 : $\mathbf{341}$ (m/s)

糸に伝わっているとき (17°C)

$$X = 3 \text{ (m)}$$

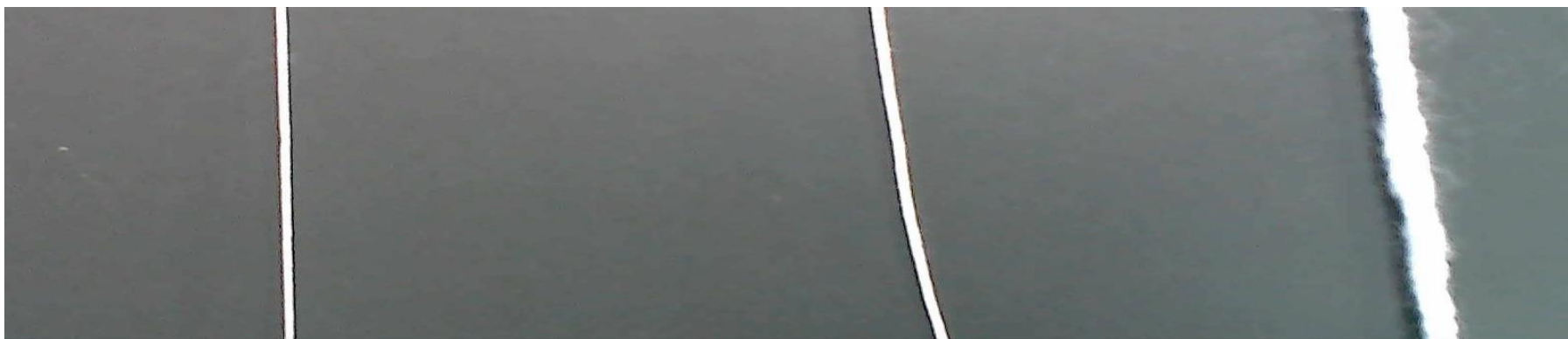
$$T = 0.0017460 - 0.00059 = 0.001156 \text{ (s)}$$

$$v = \frac{3}{0.001156} = 2595.155709 = \mathbf{2595.16} \text{ (m/s)}$$

実験 2

使用する糸について

- ・ 絹糸 (線密度 : 0.085g/m)
- ・ 綿 (線密度 : 0.24g/m)
- ・ アクリル糸 (線密度 : 1.03g/m)



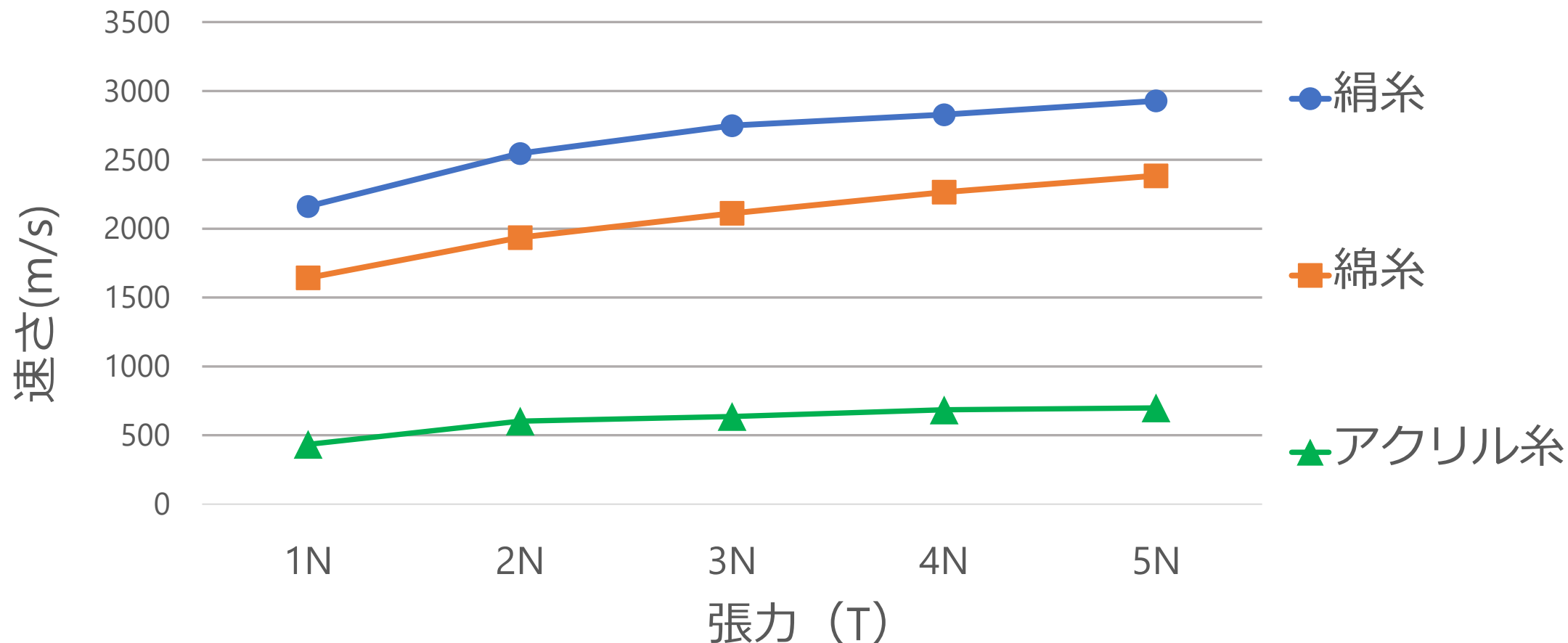
絹糸

綿糸

アクリル糸

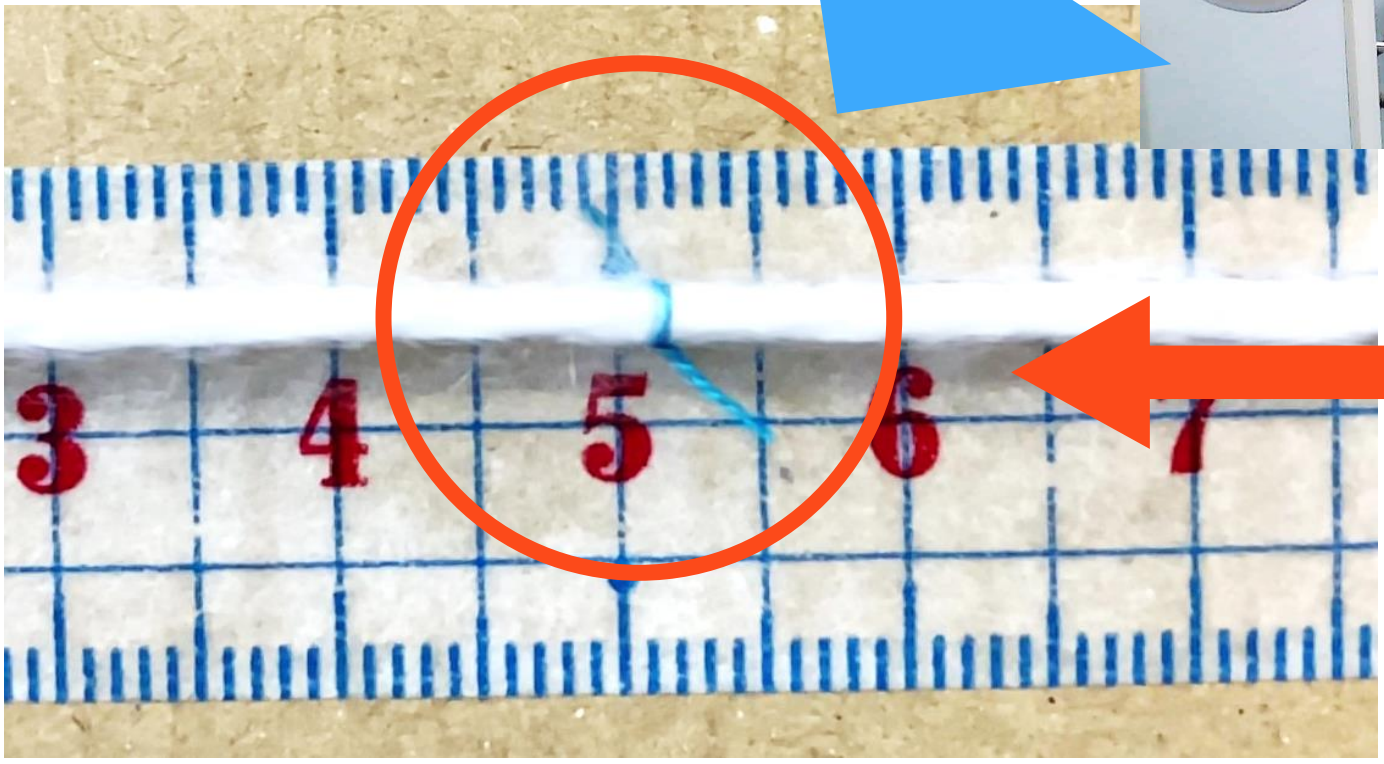
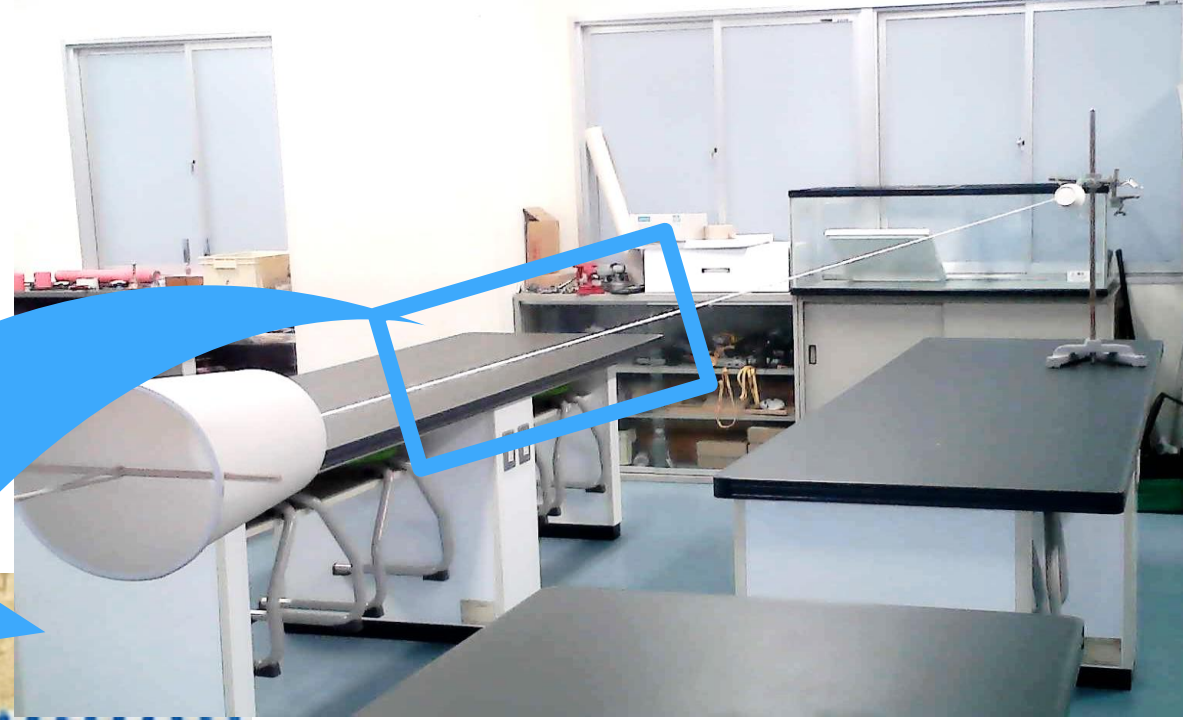
結果

糸の材質による波の速さの変化



アクリル糸<綿<絹で、波の速さが大きくなった

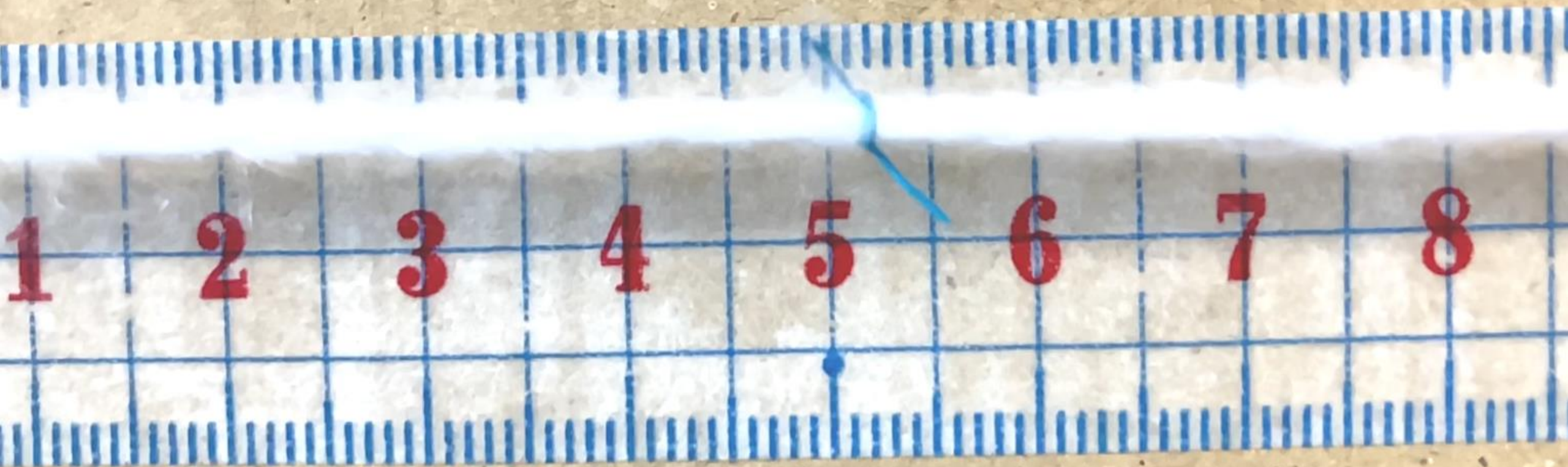
実験3

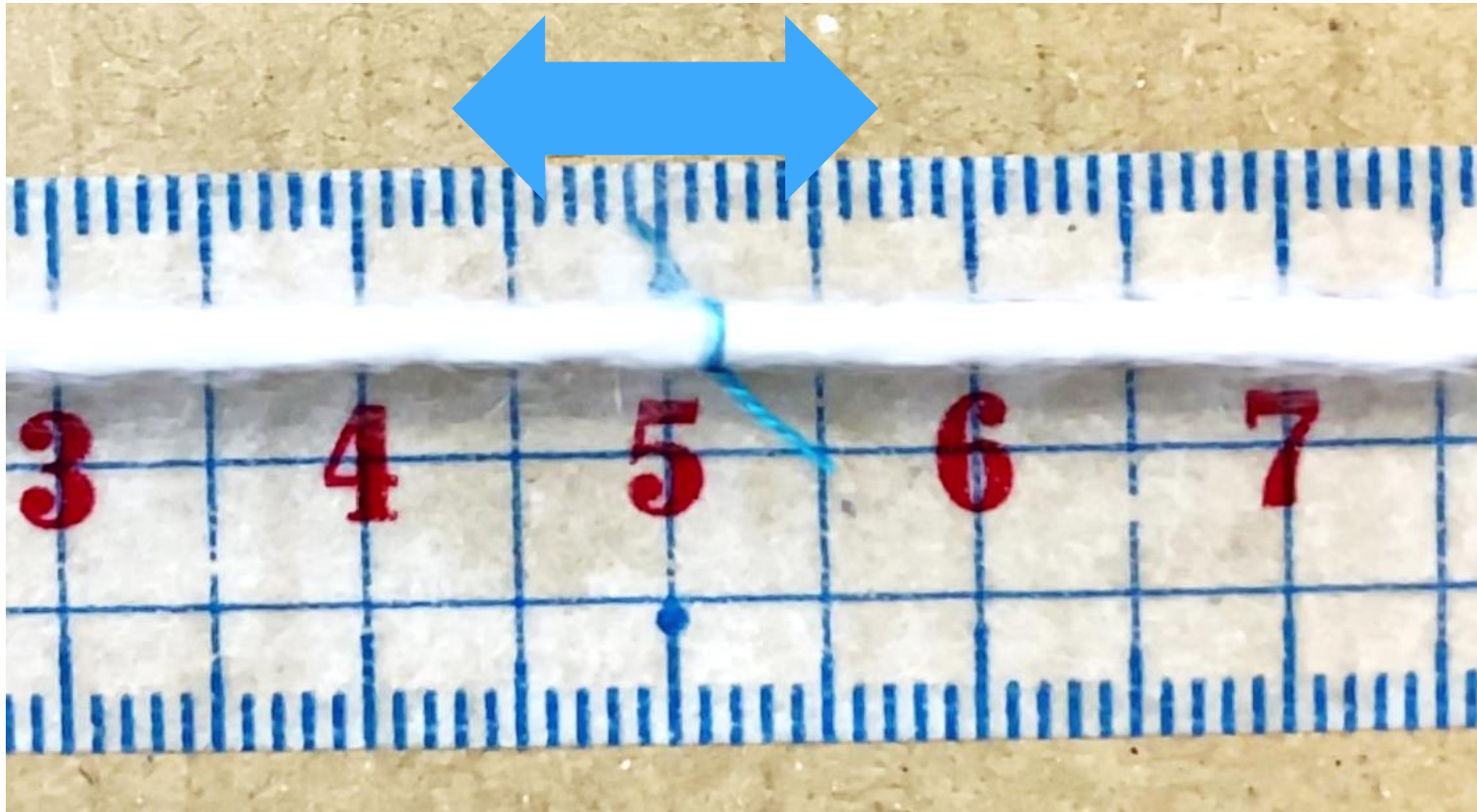


注目！！



結果





糸に対して垂直方向から見たとき
左右に振動していた。

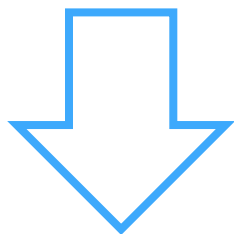
6. 考察

先行研究(糸電話)

- ・ 縦波の速さを800m/sと定義
- ・ ナイロン製の糸を使用

本研究

- ・ 波の速さは2595.16m/s
- ・ 綿製の糸を使用

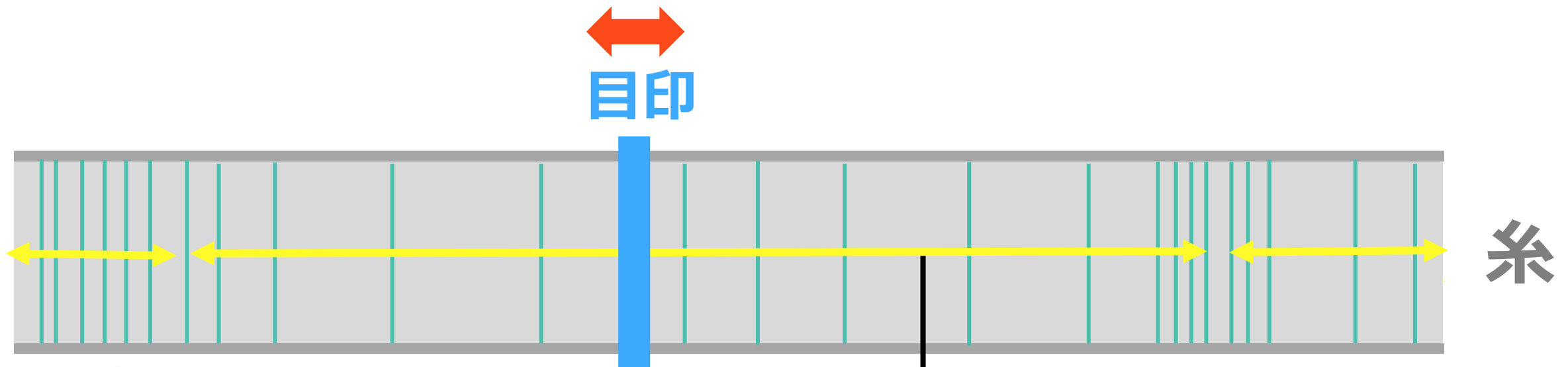


糸の種類の違いから波の速さに差が出た

糸の線密度が小さくなるにつれて
伝わる波が速くなる

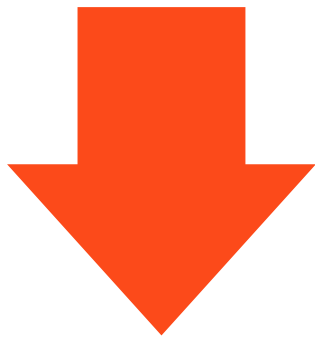


糸の線密度と波の速さに
負の相関関係があるのではないか？



左右に揺れてる...

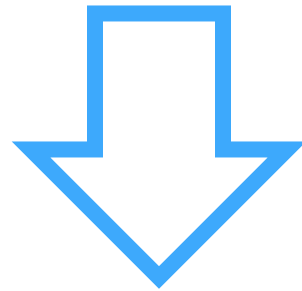
伝わる波の振動方向



糸に伝わる波は縦波？

+ α 糸のヤング率

縦波の伝搬速度が素材のヤング率と密度で求まる



各素材のヤング率や密度から計算した伝搬速度の理論値を実測値と比較から縦波であることがより明確になる

算出方法

$$E = \frac{\delta}{\varepsilon}$$

$$\delta = \frac{F}{S}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

E : ヤング率[MPa]

δ : 引張応力[MPa]

F : 荷重[N]

S : 荷重を加える前の糸の
平行断面積[mm²]

ε : ひずみ

ΔL : 変形量[mm]

L : 荷重を加える前の糸の
平行部の長さ[mm]

綿糸のヤング率の測定結果

錘 (g)	荷重 (N)	変形量 (mm)	ひずみ	応力 (MPa)	見掛ヤング率 (MPa)
20.00	0.20	90.00	0.03	0.25	8.29
30.00	0.29	68.00	0.02	0.37	16.45
40.00	0.39	73.00	0.02	0.50	20.43
50.00	0.49	80.00	0.03	0.62	23.31
60.00	0.59	85.00	0.03	0.75	26.32

7. 今後の展望

- ・ヤング率から糸の素材の伝搬速度を求めて実測値と比較する。
- ・糸の種類だけでなく糸の編み方など断面積の形を変えることによるヤング率の変化を調べる。

8. 参考文献

山田ふしぎ 「中学 理科の自由研究」,
成美堂出版, 2001年, P92~103

朝倉淳公、「糸に伝わる音は縦波か横波か」、千葉県学
校教育情報ネットワーク、2019年、

閲覧日2023 - 6 - 10、

https://www.chiba-c.ed.jp/funako/fttp_kousin/ssh/reserch/2019/2019_01p1.pdf

謝辞

本研究を進めるにあたってストリンググラフィの名前を使わせてくださった水嶋一江さんに深く感謝申し上げます。