



サイクロイド振り子を用いた 重力加速度の測定

高岡向陵高等学校

箭原聖也

庄司輝

棚田凜飛



重力加速度

頻繁に登場する数値「 9.8m/s^2 」

実験でどこまで正確に測定できるか？

重力加速度の測定方法

△自由落下

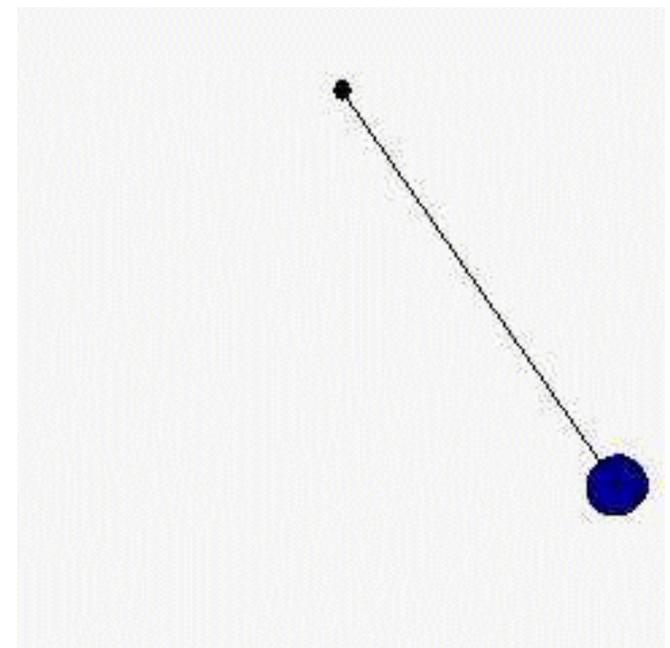
速度が大きくなるため測定が難しい

△斜面、滑車

摩擦などの影響のため、測定が難しい

◎振り子

- ・ストップウォッチで測定できる速度
- ・往復数を増やすことで、
ボタンを押す誤差を小さくできる



単振り子の周期

- 振り子の糸の長さを L 、重力加速度を g とすると、周期 T は

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

※振り子の振れ幅(角)が小さいときの近似

→振れ幅が「小さい」とは？

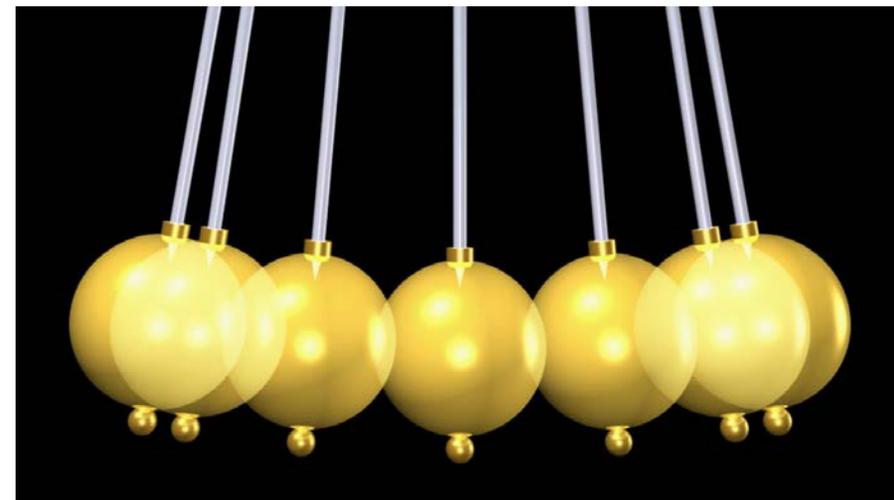
実験① 単振り子の式の近似範囲を調査

- ・振れ幅を変えて周期 T を測定

→どれくらいの幅なら、 $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$

で近似できるか？

- ・糸の長さ1.000m
- ・10往復の時間($10T$)を測定
 - ※往復数が多いと減衰→振れ幅が変わってしまう



測定データの処理について

① ディクソンのQテスト

データを降順に並べて、最大値から順に

「隣り合うデータの差 ÷ (最大値 - 最小値) が、
データ数に応じたある値よりも大きいとき、
疑わしいデータとして棄却する」

棄却しなくてもよくなるまで、これを繰り返す。

(参考: 藤森 利美, 『分析技術者のための統計的方法』, 丸善, 東京, 1986)

測定データの処理について

② エラーバーの計算

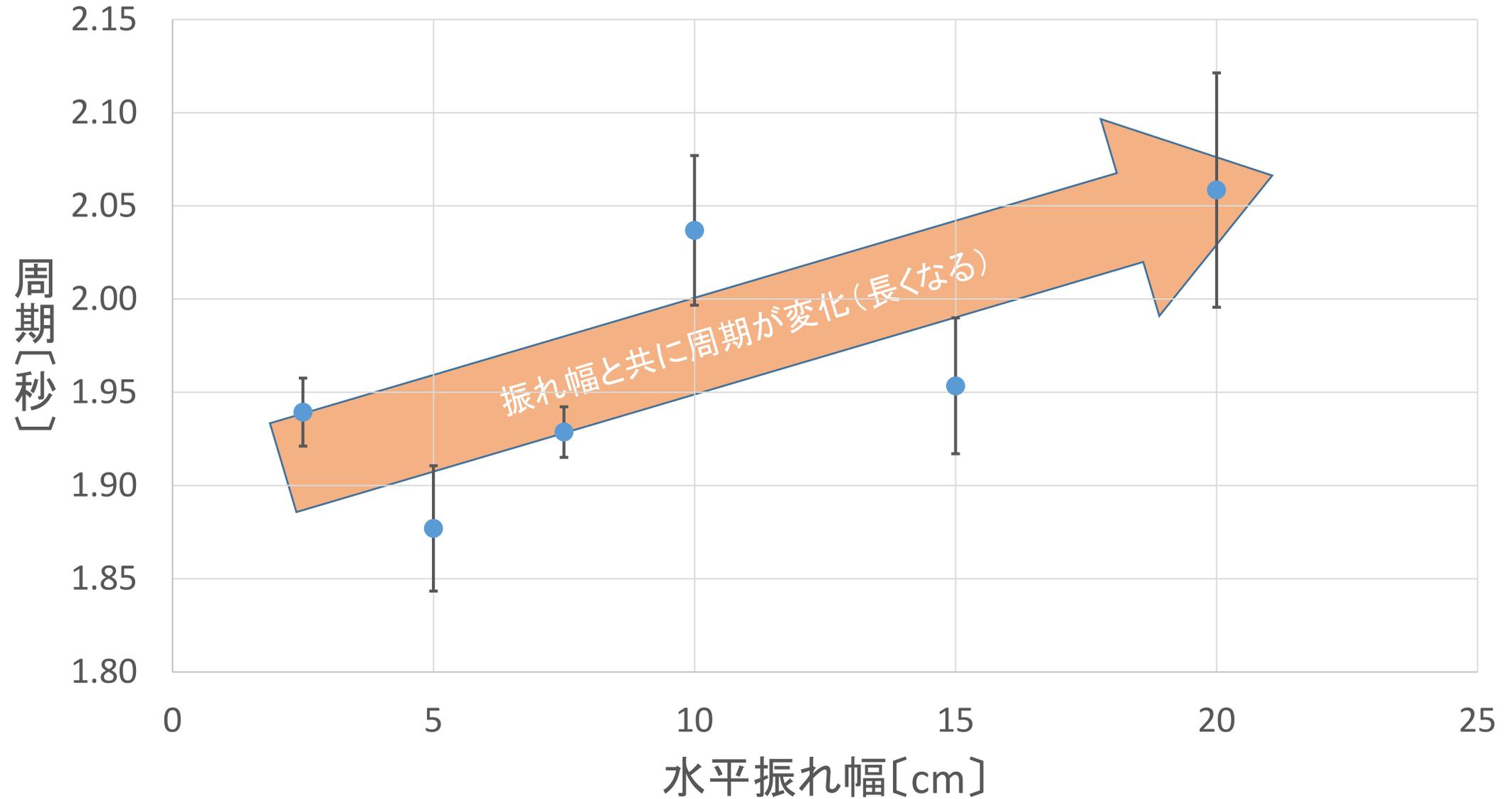
信頼区間95%

(母平均が95%の信頼度で含まれる範囲)

$$\Rightarrow \text{標本平均} \pm 2 \times \frac{\text{標準偏差}}{\sqrt{\text{データ数}}}$$

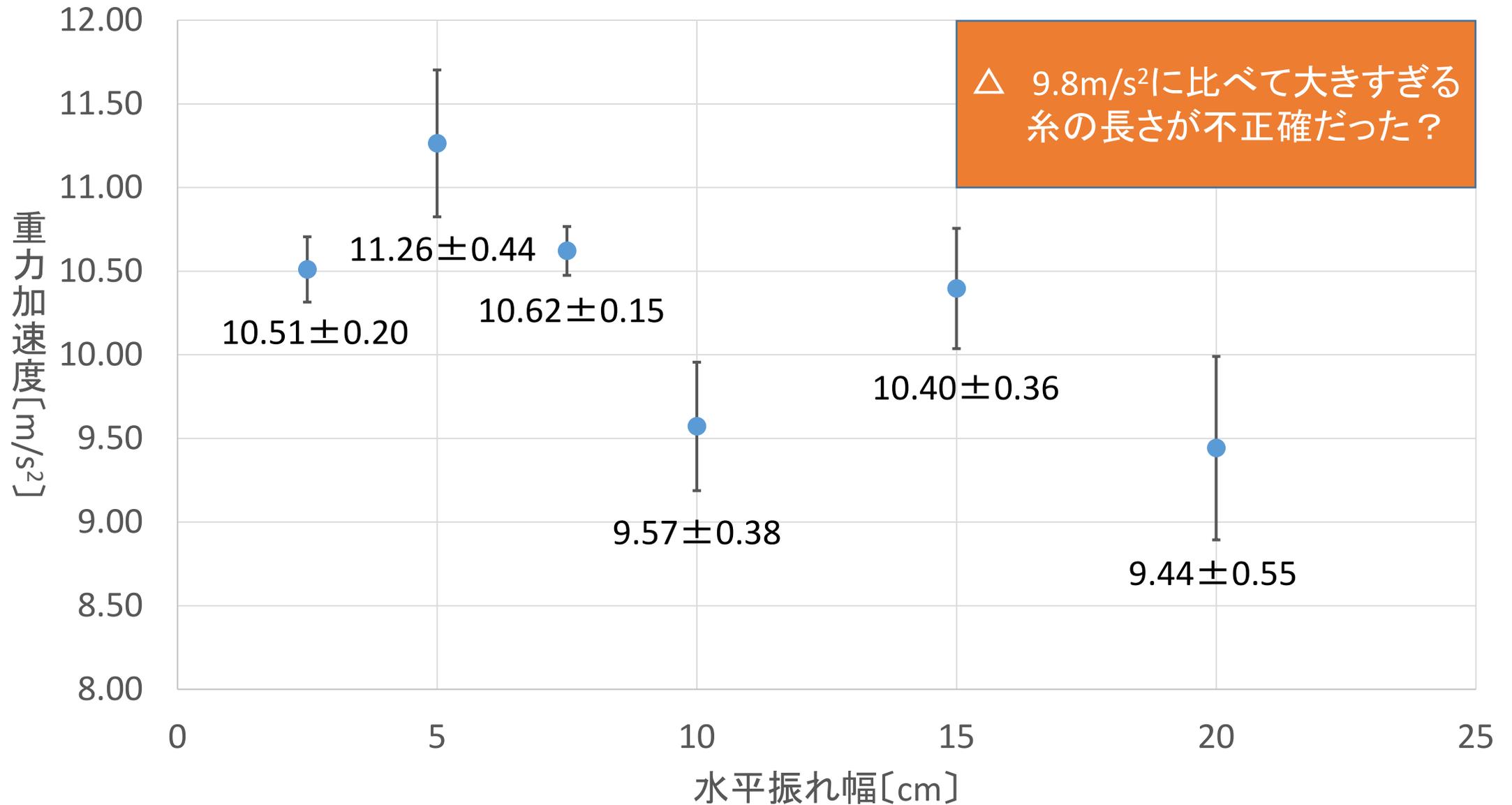
単振り子の水平振れ幅と周期の関係

N=20, 95%信頼区間



単振り子の水平振れ幅と算出した重力加速度の関係

N=20





実験② サイクロイド振り子を用いた周期の測定

- ・サイクロイドに沿って糸が巻き付くように振れる振り子

サイクロイド

円を転がしたとき、円周上の1点が描く軌跡。

媒介変数 θ を用いて

$$x = a(\theta - \sin \theta)$$

$$y = a(1 - \cos \theta)$$

で表される。



実験② サイクロイド振り子を用いた周期の測定

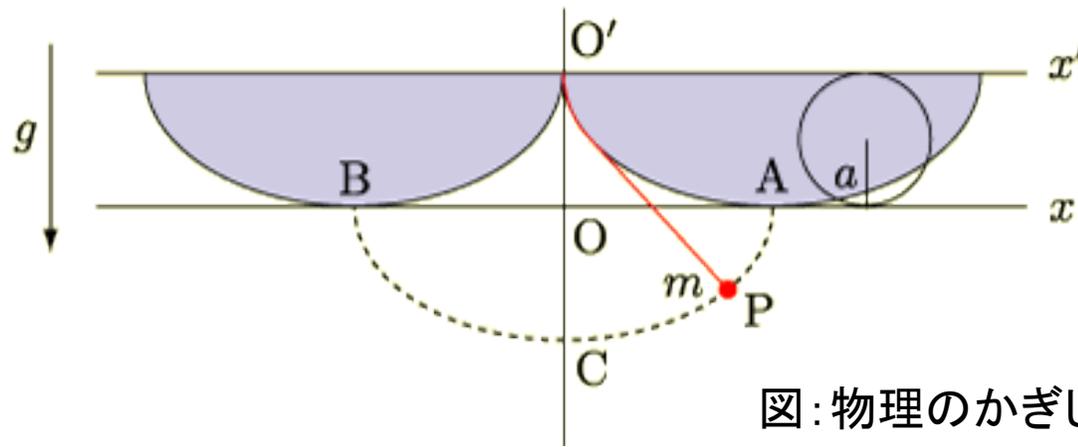
- ・サイクロイドに沿って糸が巻き付くように振れる振り子
- ・周期が振れ幅によらない



減衰しても周期が変わらない

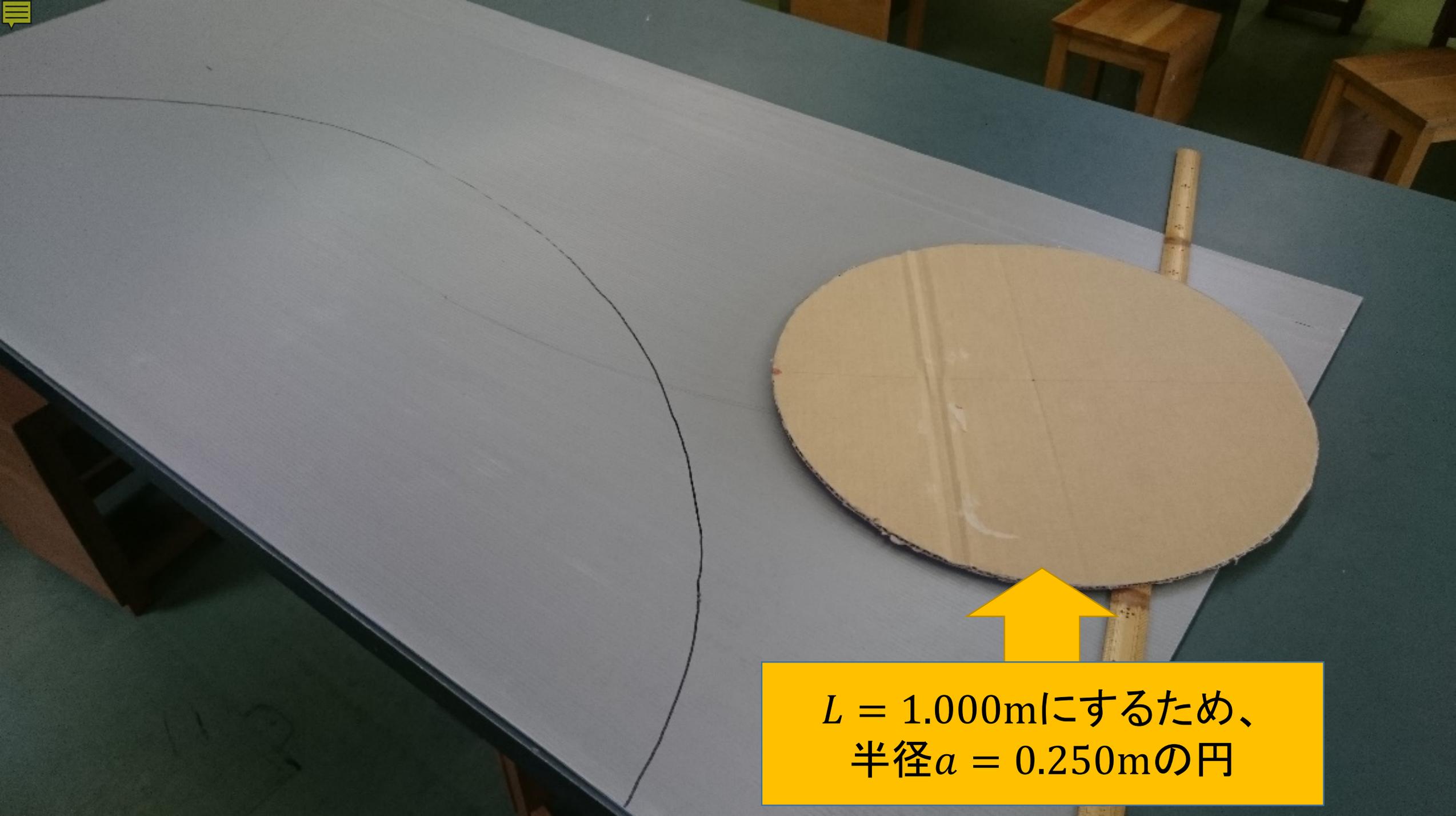


◎往復の回数を増やしても結果が変わらない！



転がる円の半径 a

→糸の長さ L は、 $O'A = 4a$



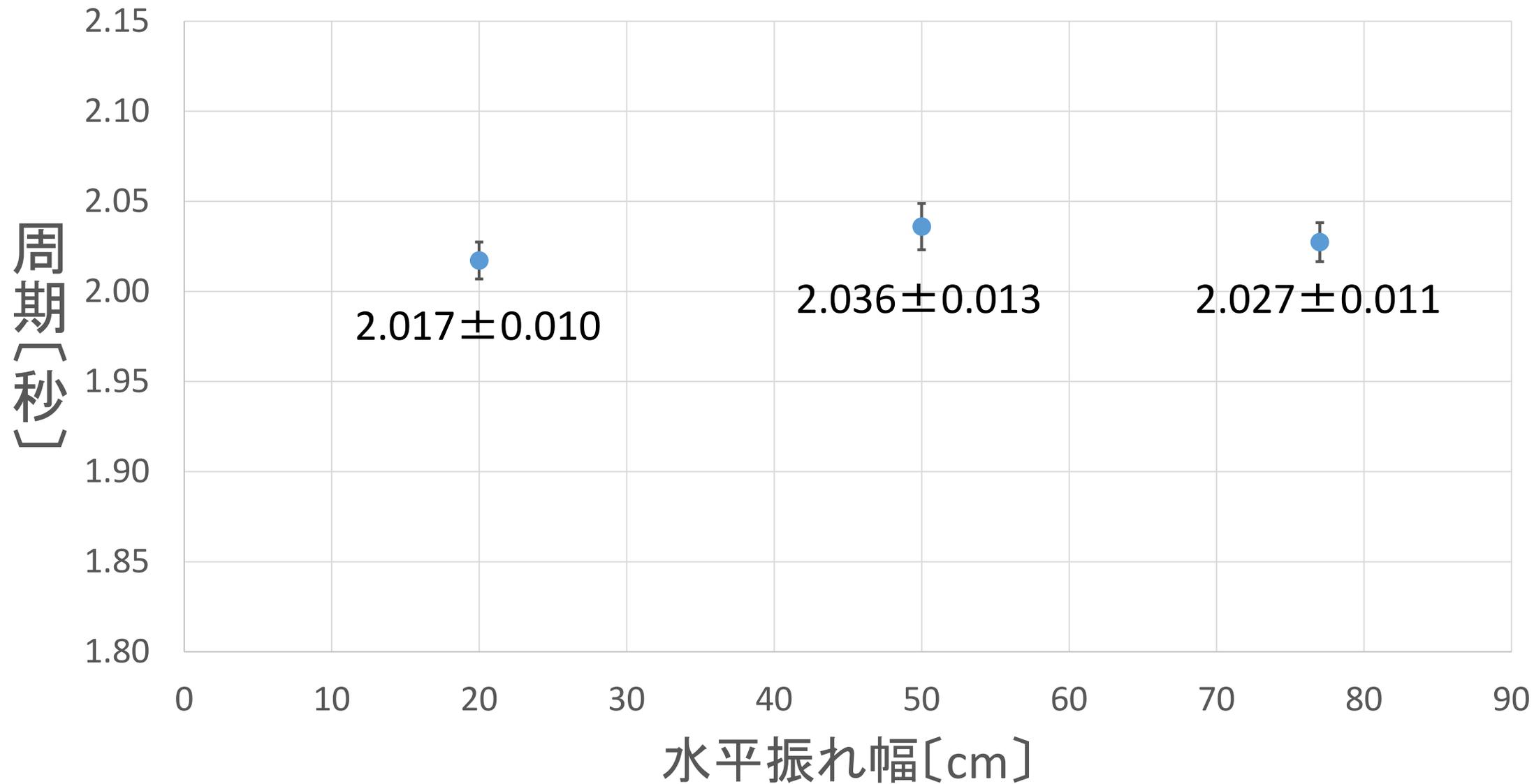
$L = 1.000\text{m}$ にするため、
半径 $a = 0.250\text{m}$ の円



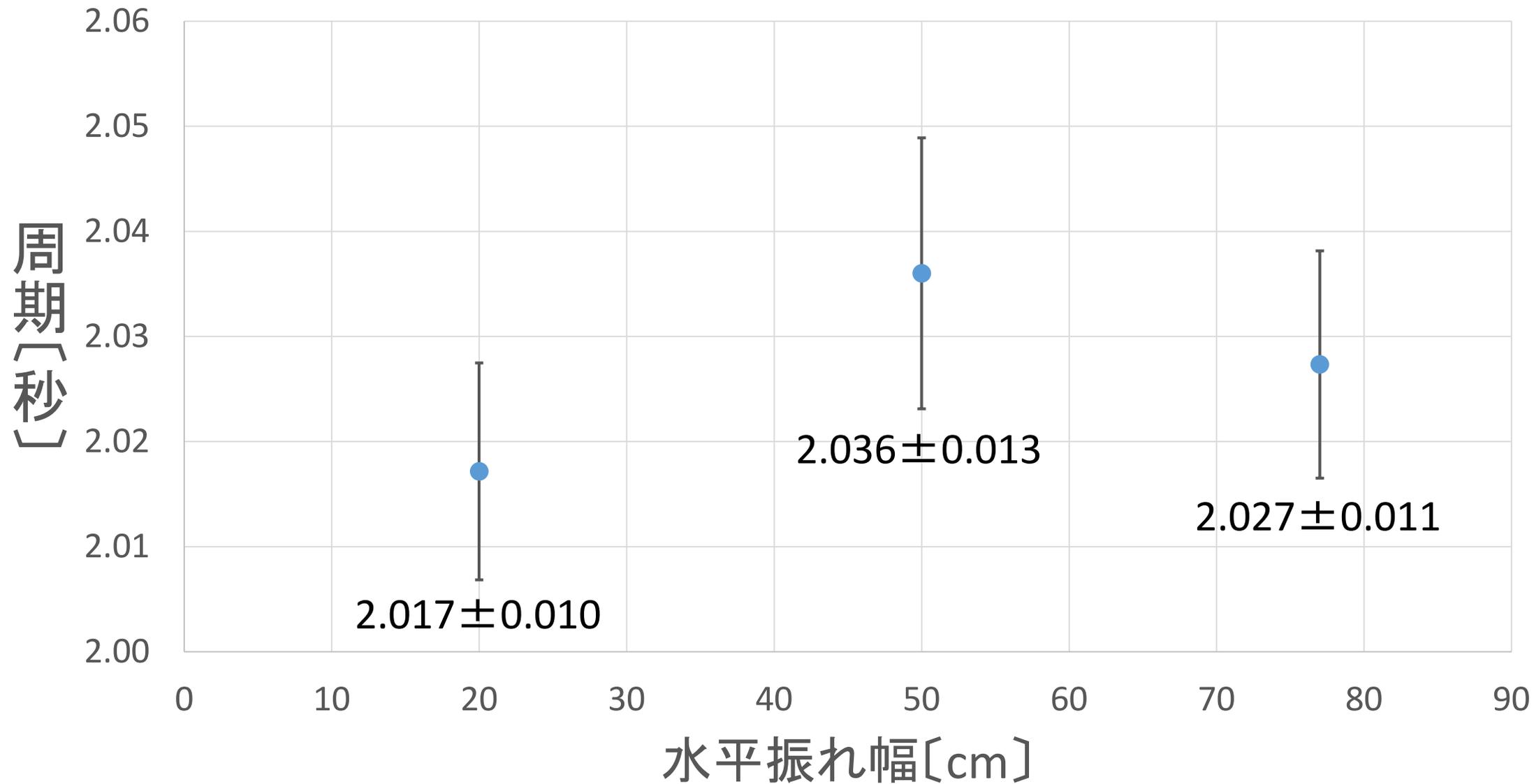
ここに沿って振れる

手作りサイクロイド振り子の完成！

サイクロイド振り子の水平振れ幅と周期の関係 (N=12, 95%信頼区間)

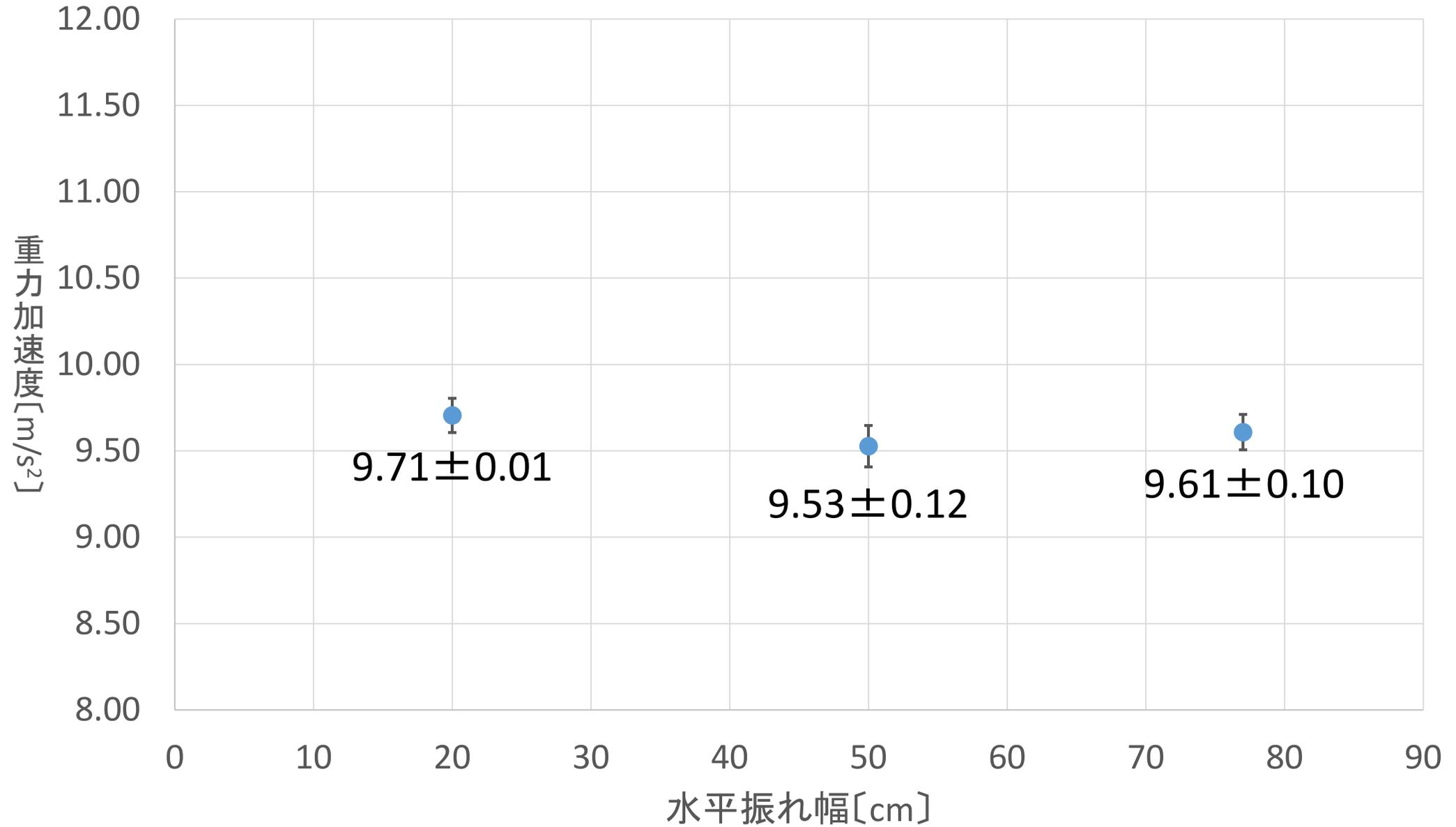


サイクロイド振り子の水平振れ幅と周期の関係 (N=12, 95%信頼区間)



サイクロイド振り子の水平振れ幅と重力加速度の関係

N=12



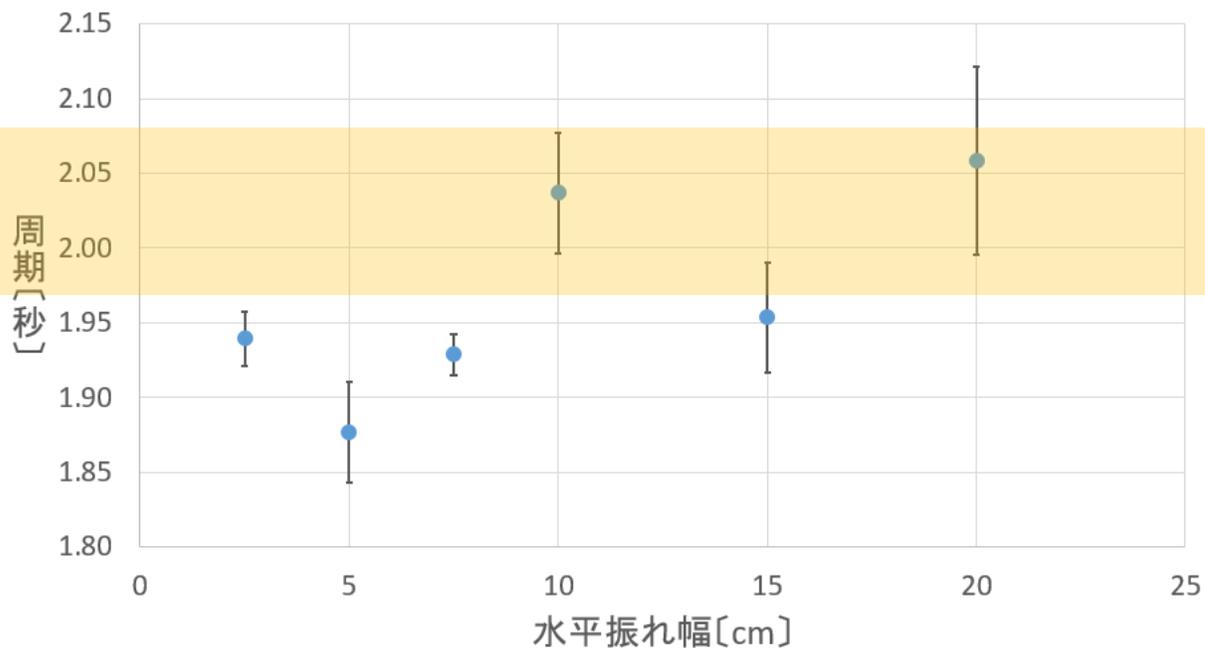
• バラつきが大きい

• 期待される周期よりも長い

→ 単振り子の振れ幅が大きい場合と似ている

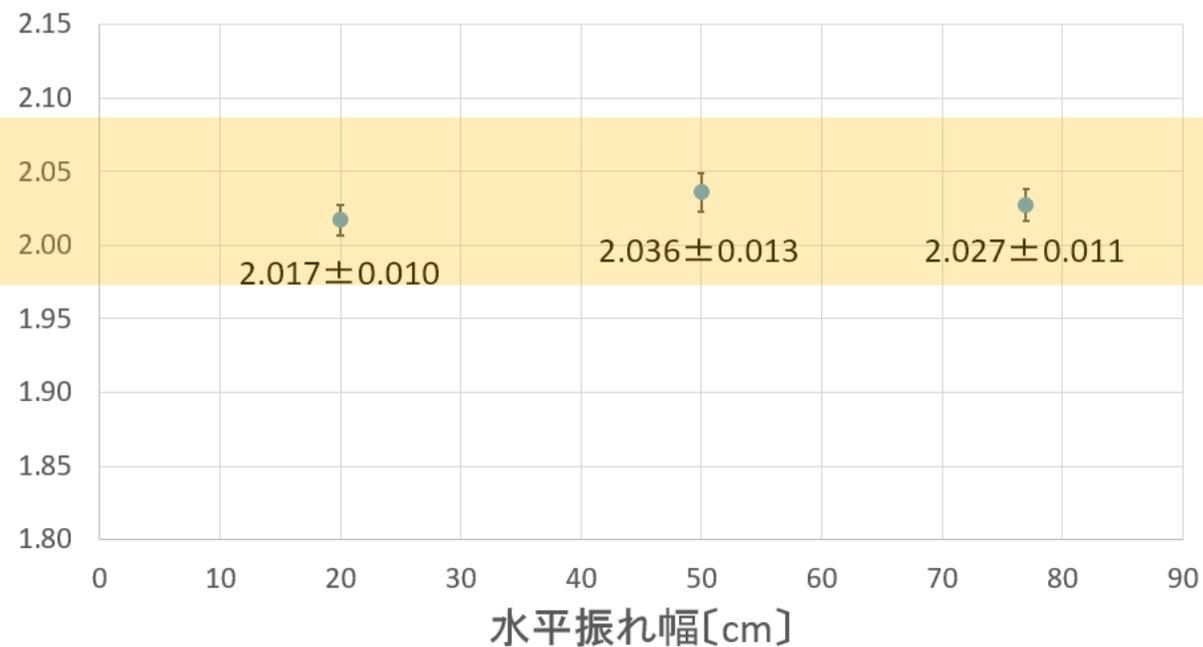
単振り子の水平振れ幅と周期の関係

N=20, 95%信頼区間



サイクロイド振り子の水平振れ幅と周期の関係

(N=12, 95%信頼区間)



サイクロイドの工作精度が悪い



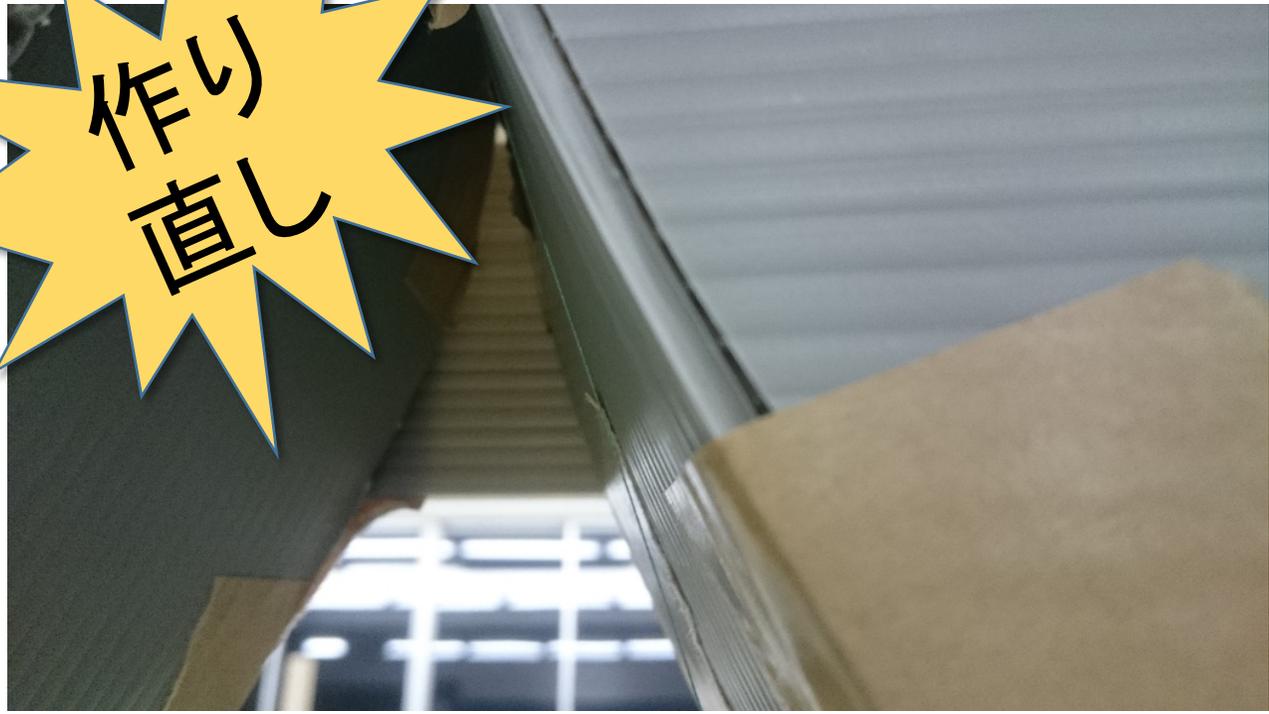
糸が出てるところに問題アリ

振れ幅が小さいとき曲面に接していない
→ただの単振り子。

サイクロイドになっていない



作り直し

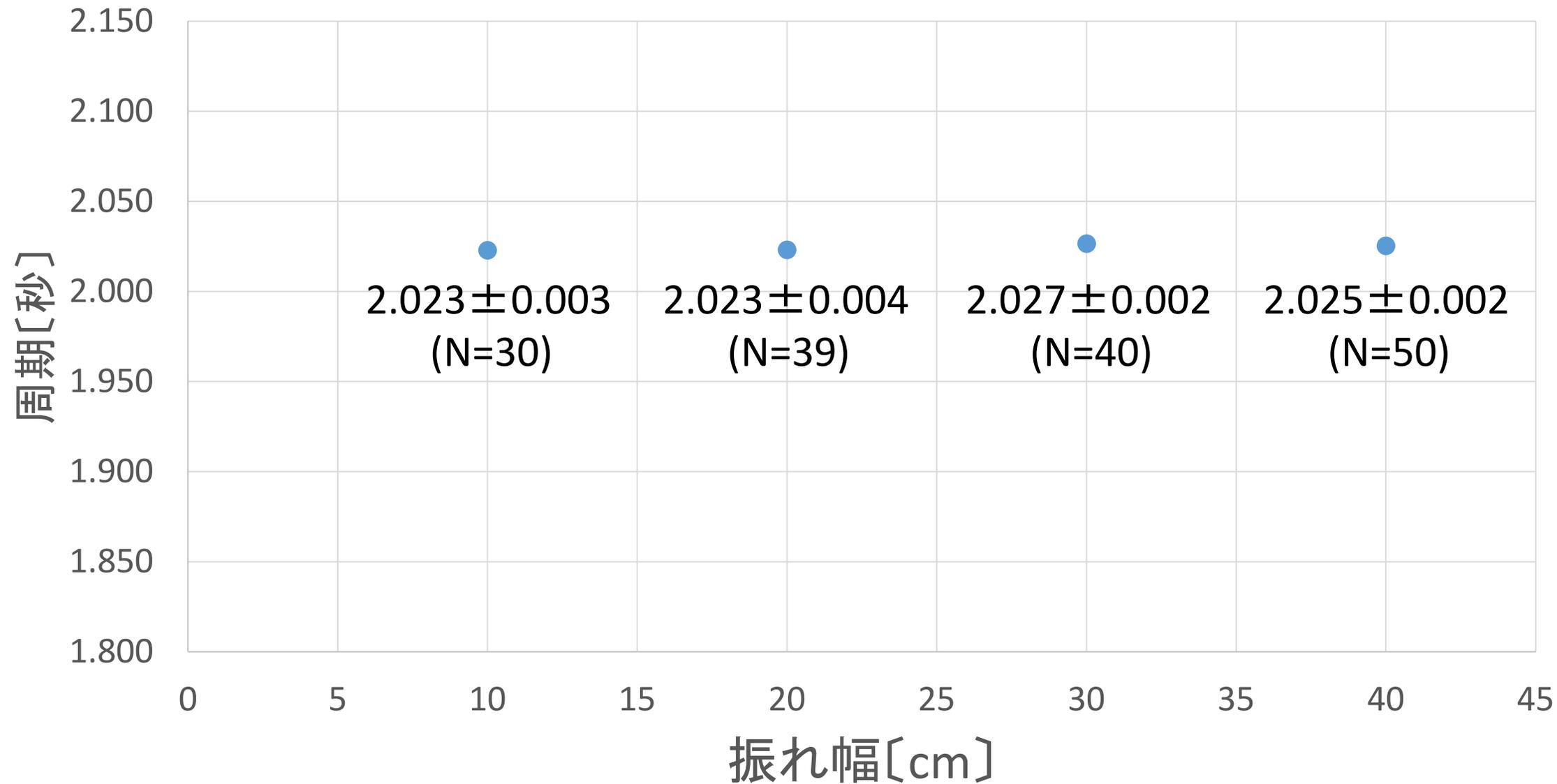


◎左右のパーツをきっちり合わせる

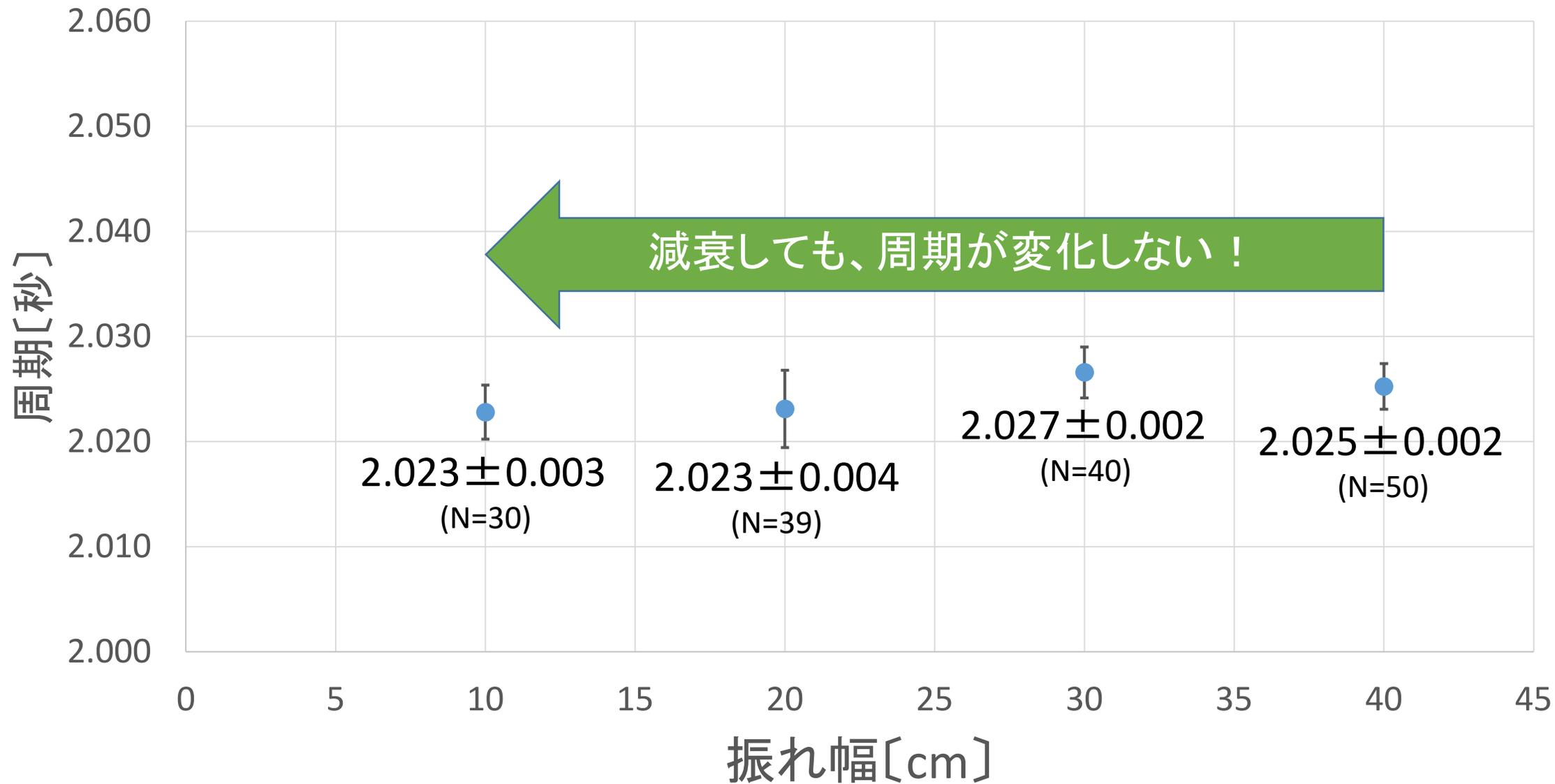
◎セロテープ⇒ガムテープ



サイクロイド振り子の振れ幅と周期の関係 【修正後】



サイクロイド振り子の振れ幅と周期の関係 【修正後】





ようやく・・・

実験③ サイクロイド振り子100往復で周期を測定

$$100T = 200.99 \pm 0.1 \text{ (ヒトの反応による誤差)}$$

$$T = 2.010 \pm 0.001 \text{ 秒}$$



$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \text{ を変形して、 } g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$$

$$g = 4\pi^2 \times 1.000 \times (2.010 \pm 0.001)^{-2}$$

$$= \frac{4\pi^2}{2.010^2} \times 1.000 \times (1 \pm 2.010 \times 0.001)^{-2}$$

$1 \gg a$ のとき $(1 + a)^n \doteq 1 + na$ を用いて

$$g = \frac{4\pi^2}{2.010^2} \times 1.000 \times (1 \pm 2 \times 2.010 \times 0.001)$$

測定した重力加速度

$$g = 9.772 \pm 0.039 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

参考:理科年表 重力加速度(富山)
9.7986742[m/s²]

今後の改善

●まだ精度が...

サイクロイド面の手作りは難しい！



●ふりこの長さ(おもりの中心位置)は正確か？

△手でストップウォッチを押す⇒人による誤差

◎ビデオ撮影して、コマ送りで往復時間を測る

⇒正確なデータを得られる

・・・ビデオ撮影するなら自由落下でよい・・・？

The End

ご清聴ありがとうございました

