

# 4. ヤング率

担当教員 : 石井智士 (s.Ishii@rikkyo.ac.jp)

TA : 寺口凜

# 目的

光のてこを用いて金属棒の荷重によるたわみを測定しヤング率を求める。

# ヤング率

金属などの固体は力を加えると変形し、力を取り除くと元に戻る。  
この現象は弾性変形と呼ばれ、加えた力があまり大きくない場合には変形は力に比例する(フックの法則)。  
この比例定数は試料の材質によって決まり弾性率と呼ばれる。

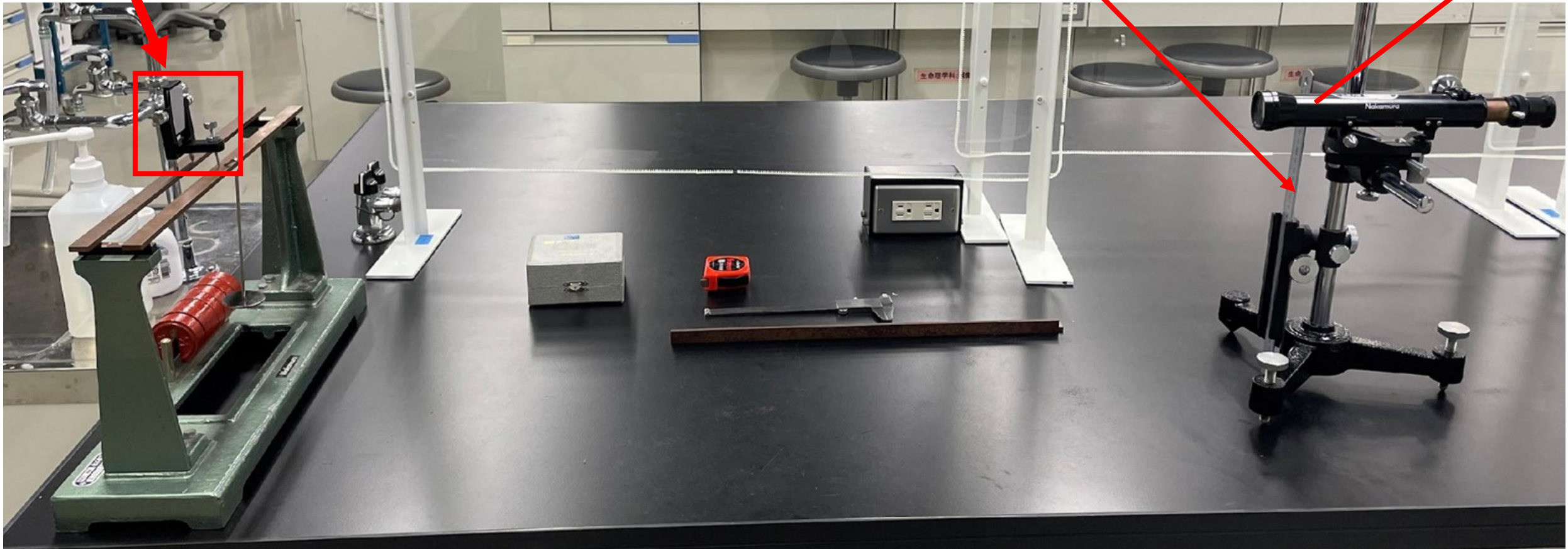
**ヤング率** 張力と伸びを関係付け、伸びにくさを示す弾性率

# 実験器具

オプチカルレバー（鏡）

スケール（ものさし）

望遠鏡





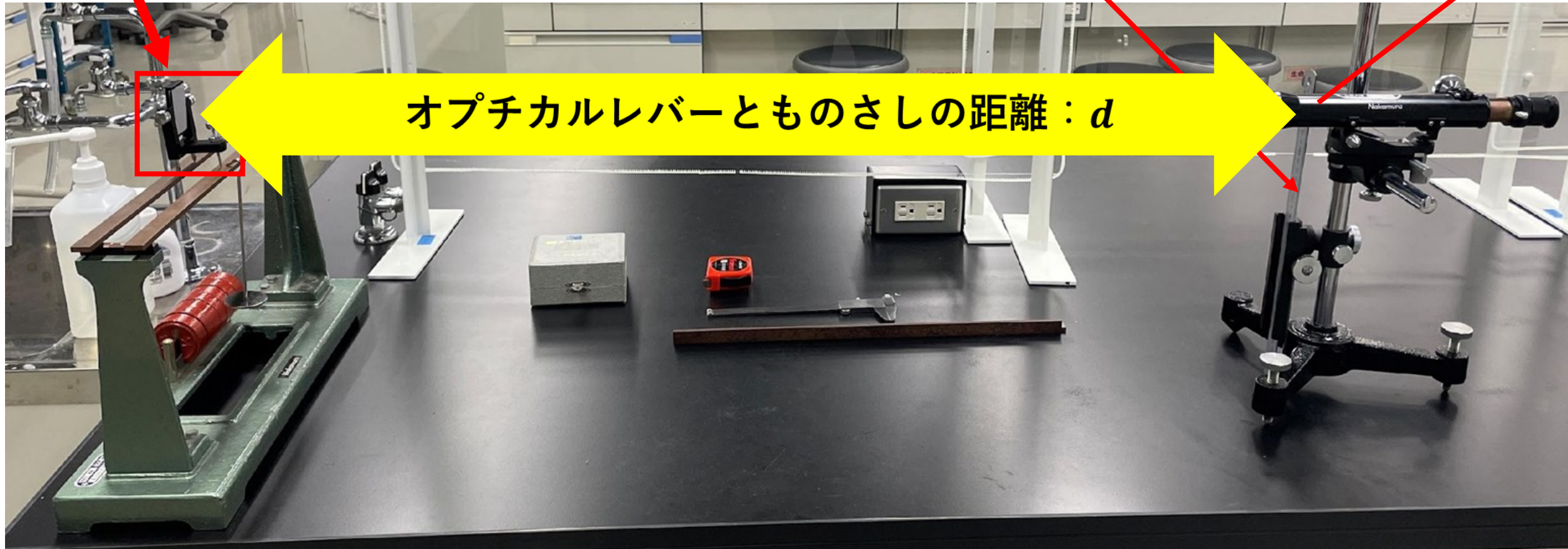
# 実験器具

オプチカルレバー（鏡）

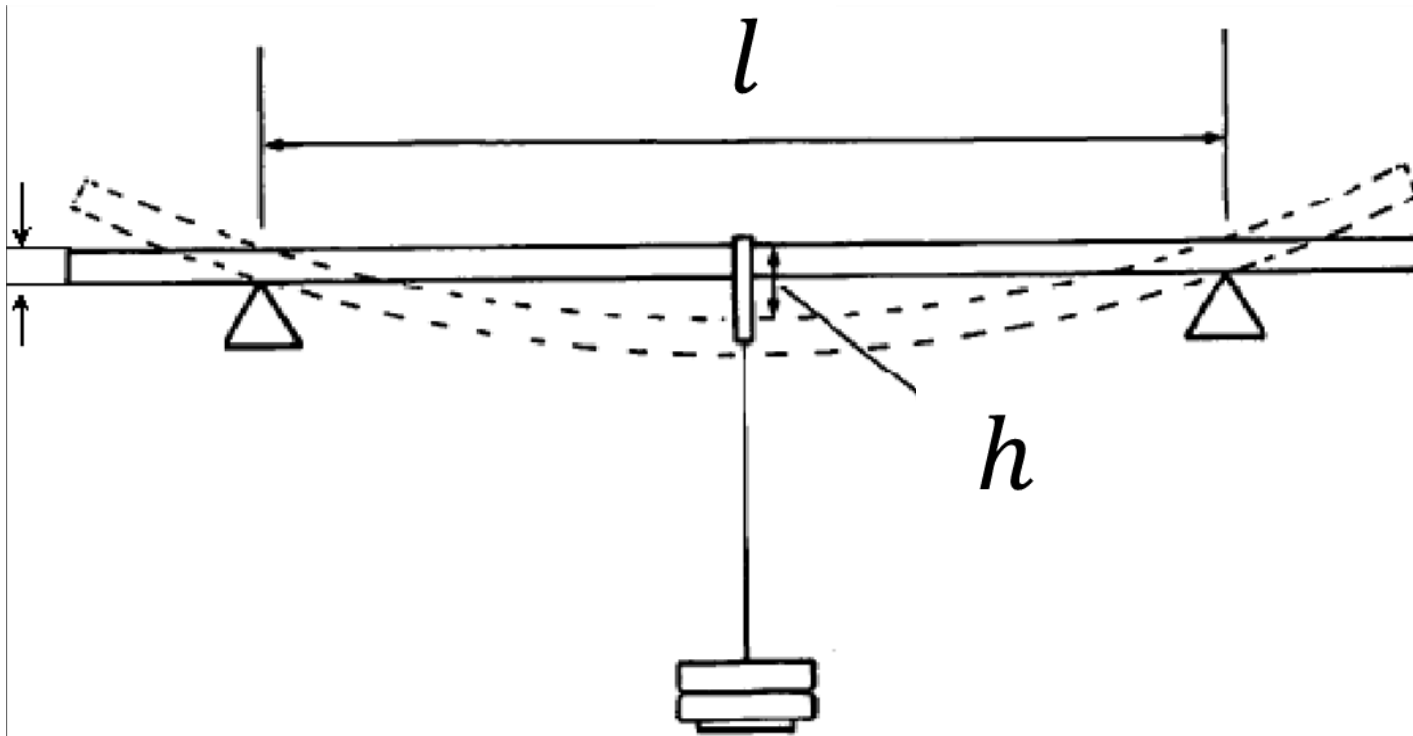
スケール（ものさし）

望遠鏡

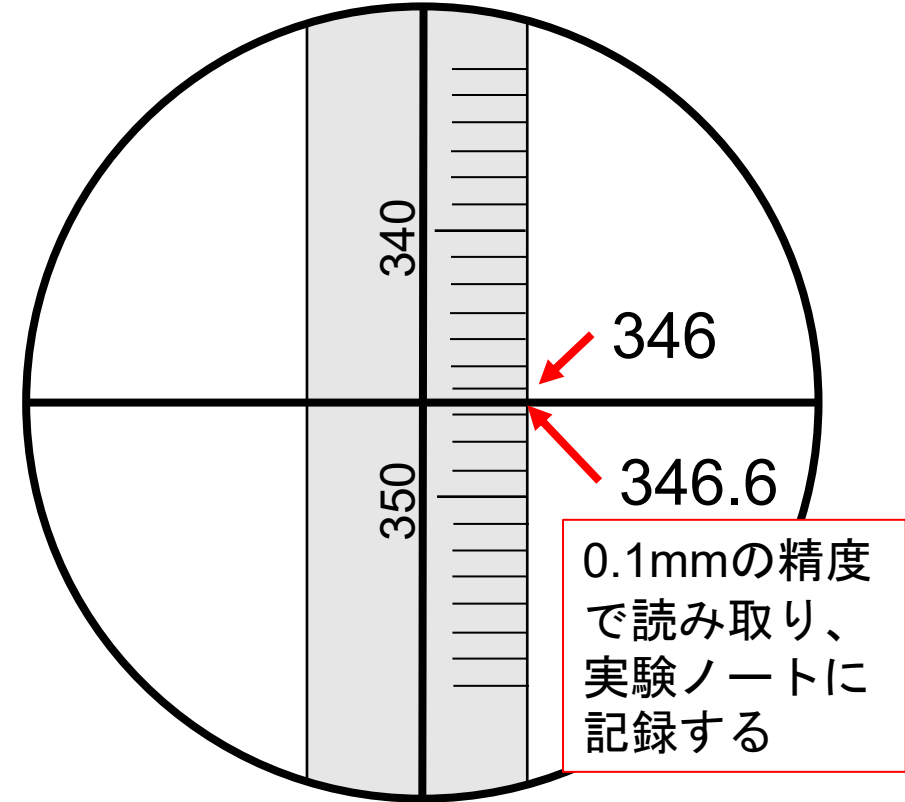
オプチカルレバーとものさしの距離： $d$



# 実験の概要



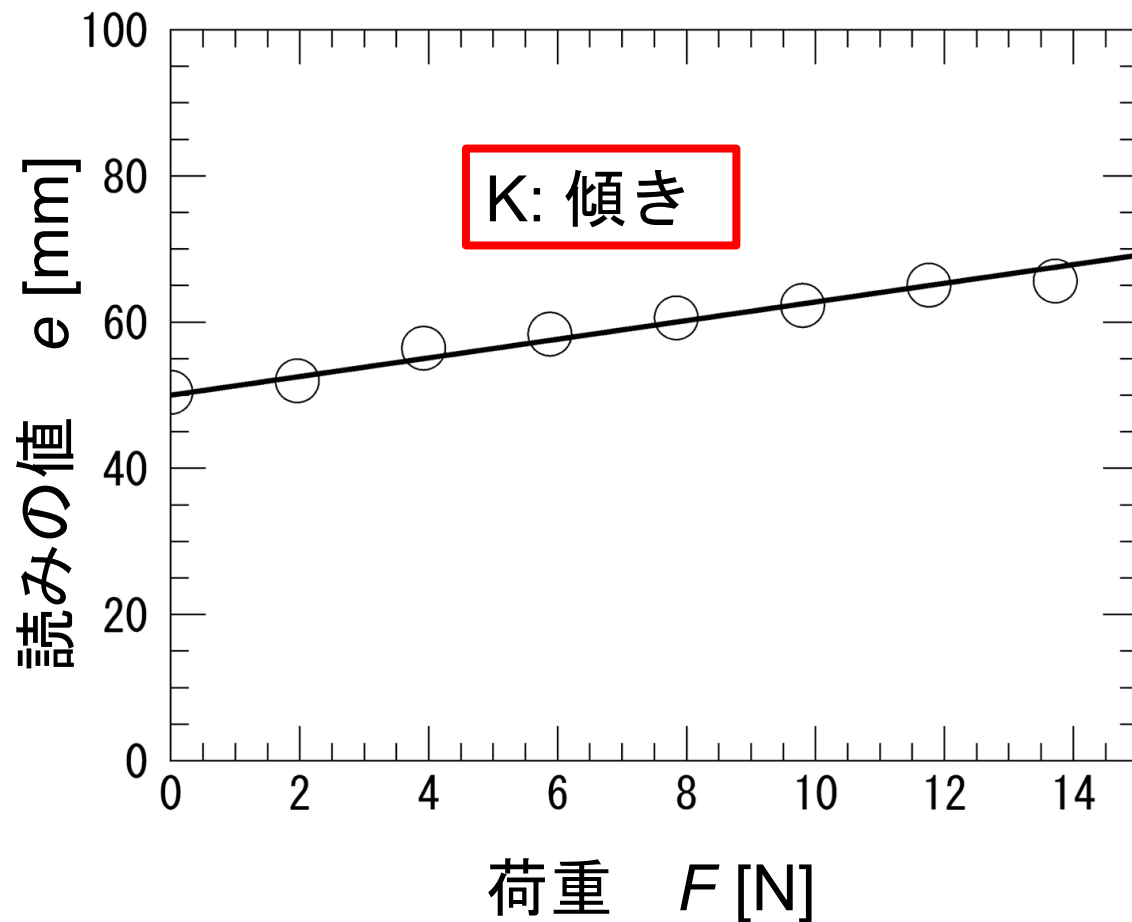
試料棒のたわみの様子



測定概念図

※読み取った値は表にしてレポートに掲載する

# 実験の概要



$$e = \frac{dl^3}{2Eab^3c} F + e_0$$
$$= K F + e_0$$

最小二乗法で算出

# 実験の概要

試料棒の幅 $a$ 、厚さ $b$ をノギスで測定する  
→ A、B、Cそれぞれ5点測定して平均する

オプチカルレバーの脚の距離 $c$ を測定する



# 実験の概要

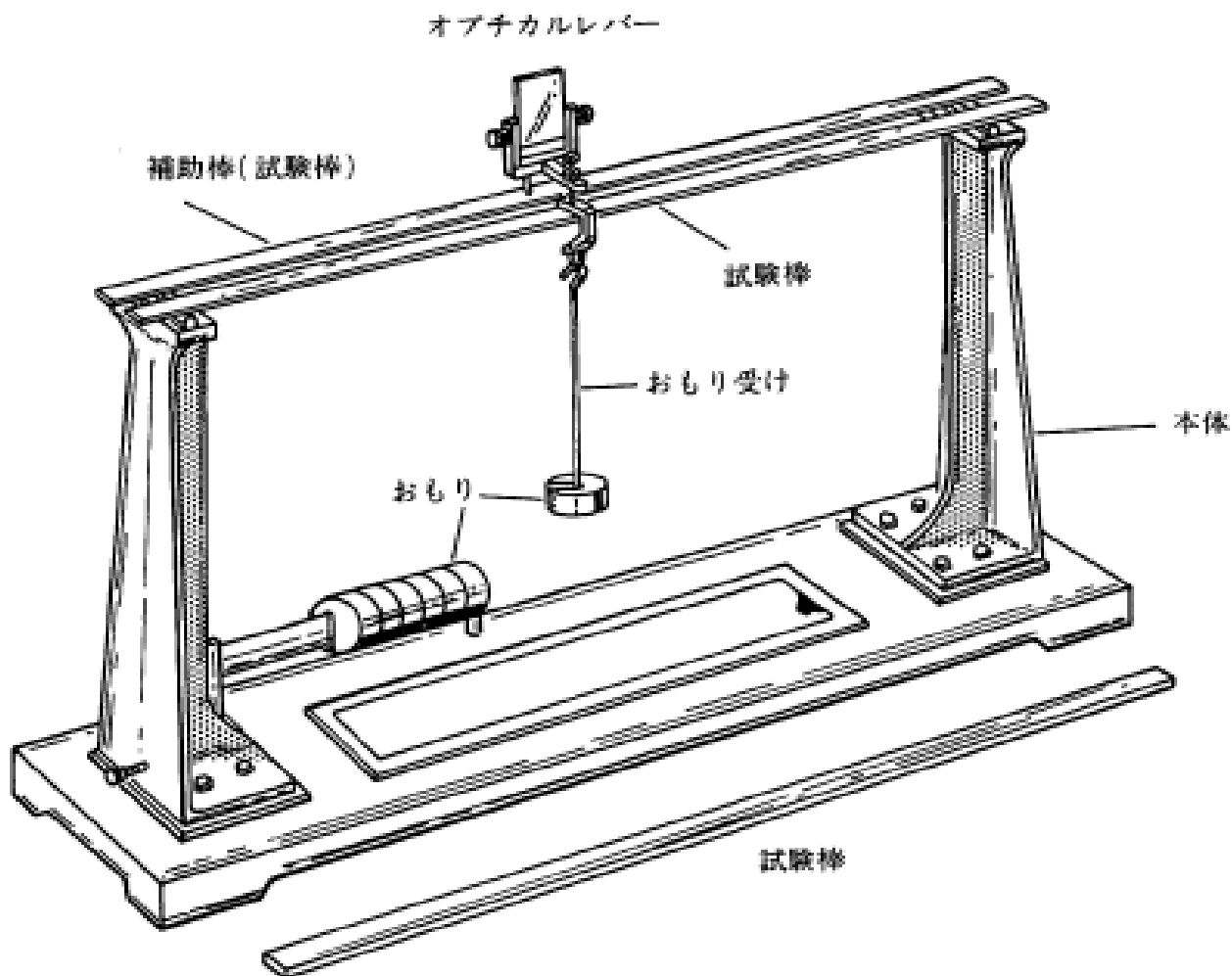
ヤング率を求める

$$E = \frac{dl^3}{2Kab^3c} \quad (5)$$

誤差の評価

$$\frac{\Delta E}{E} = \sqrt{\left(\frac{\Delta d}{d}\right)^2 + \left(3\frac{\Delta l}{l}\right)^2 + \left(\frac{\Delta K}{K}\right)^2 + \left(\frac{\Delta a}{a}\right)^2 + \left(3\frac{\Delta b}{b}\right)^2 + \left(\frac{\Delta c}{c}\right)^2} \quad (6)$$

# 実験器具



## 実験器具一覧

たわみ弾性率測定装置

おもり受け

オプチカルレバー

試料棒 (A,B,C)

補助棒 (A,B,Cどれでもよい)

読み取り望遠鏡

スケール (ものさし)

ノギス

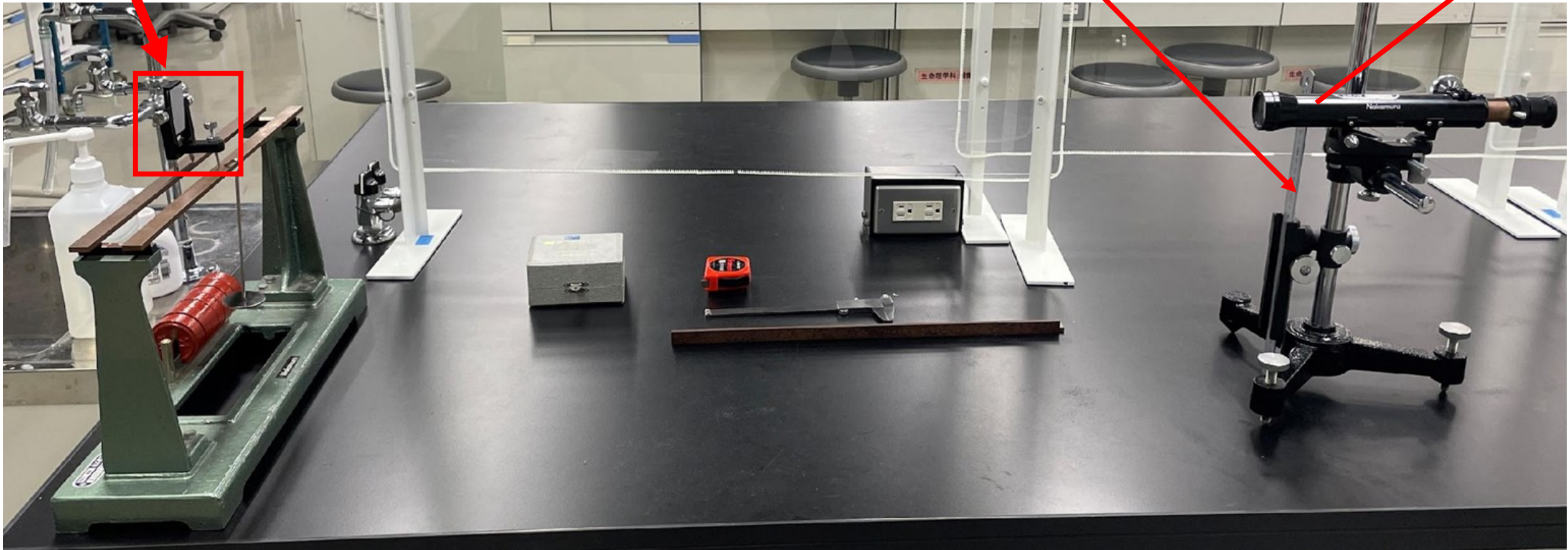
メジャー

# 実験器具

オプチカルレバー（鏡）

スケール（ものさし）

望遠鏡



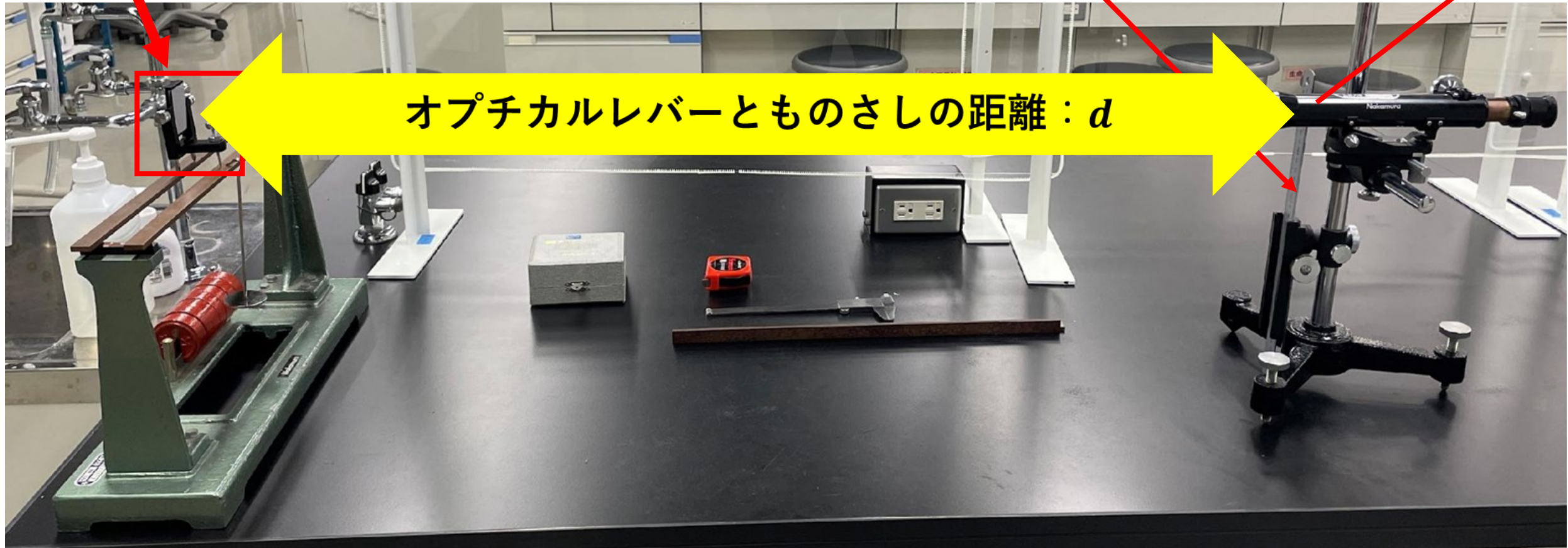
# 実験器具

オプチカルレバー（鏡）

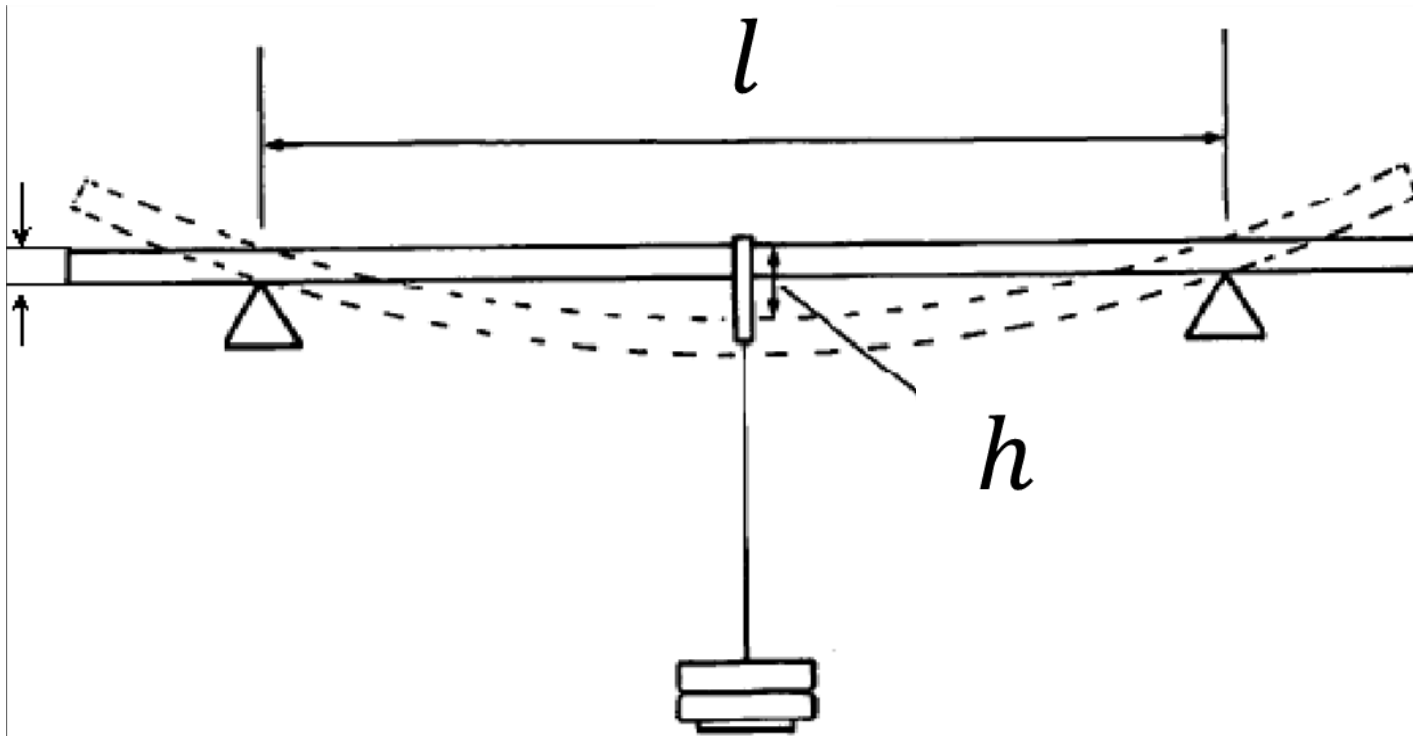
スケール（ものさし）

望遠鏡

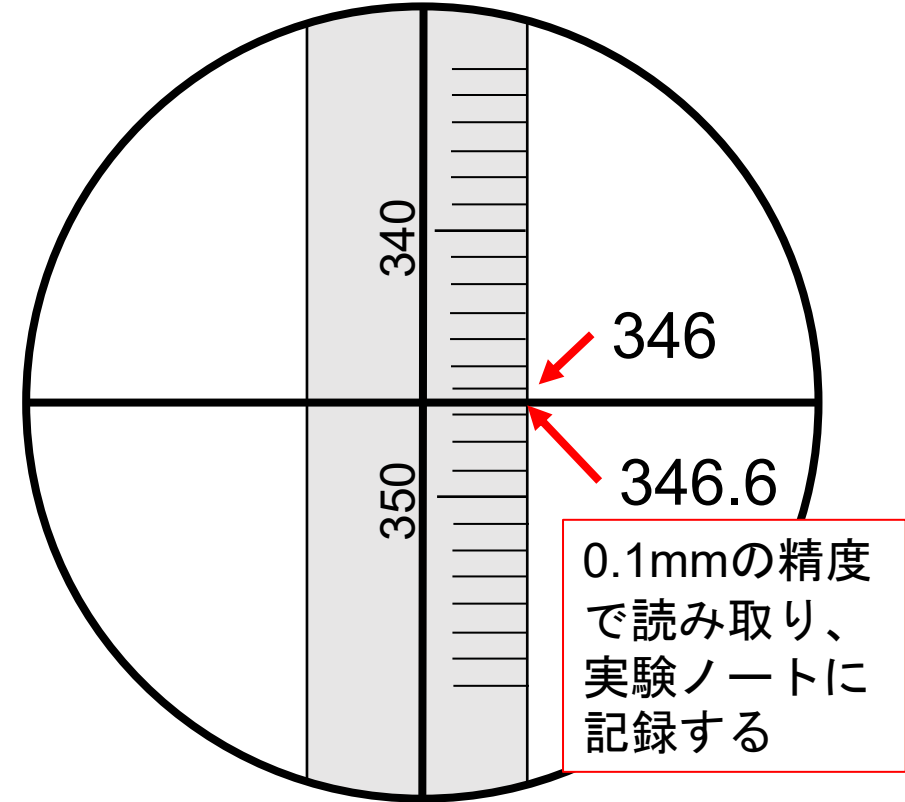
オプチカルレバーとものさしの距離： $d$



# 実験の概要



試料棒のたわみの様子

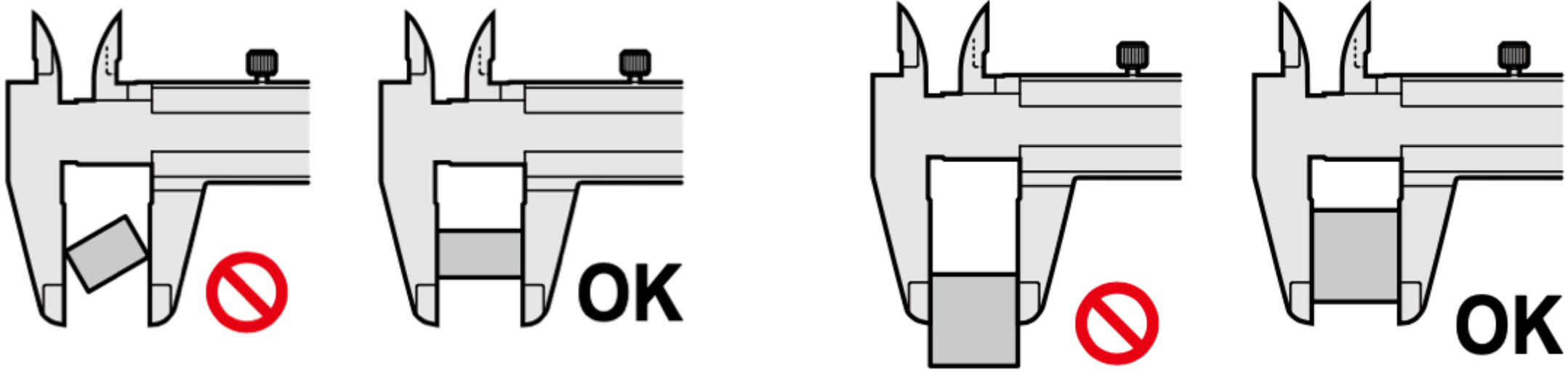


測定概念図

※読み取った値は表にしてレポートに掲載する



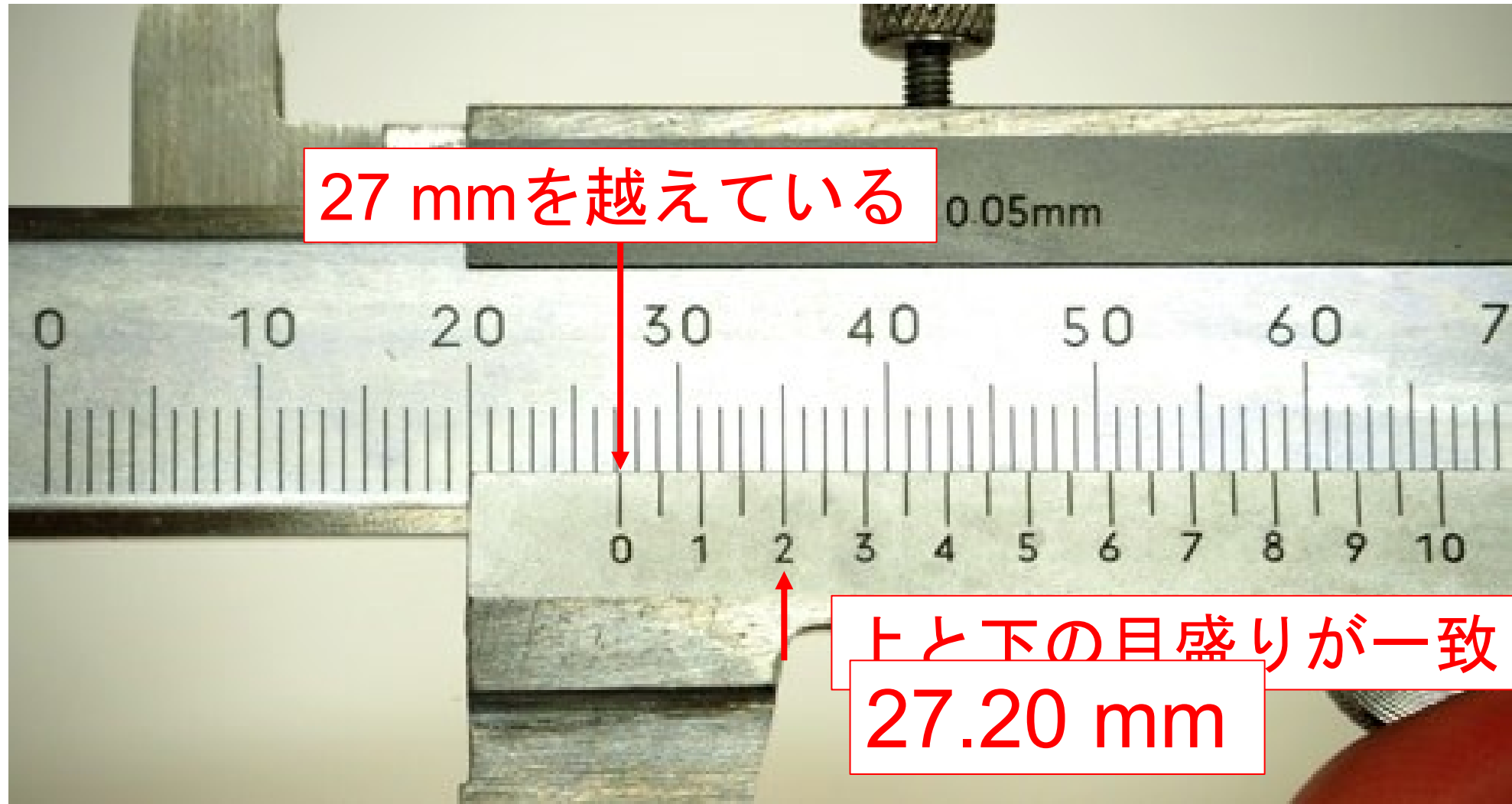
# ノギスの使い方



Mitutoyo ノギスの正しい使い方、読み方と注意点  
<https://www.mitutoyo.co.jp/about-metrology/knowledge/calipers/>



# ノギスの使い方 ～測定値の読み方～



# 測定

1. 実験装置、望遠鏡のセッティング  
→ 鏡、おもり受けが試料棒の中央に来るように調整
2. おもりを乗せる**前に**望遠鏡をのぞき、目盛りを読み取る
3. おもりを1つずつ乗せ、**その都度**、目盛りを読み取る
4. すべてのおもりを乗せた後、おもりを1つずつ降ろし、**その都度**、目盛りを読み取る

# 測定

5. 試料棒A, B, Cの幅  $a$  [mm]と厚さ  $b$  [mm]をノギスで測定する（それぞれ5点測定し平均する）
6. 試料棒の間の垂直距離  $c$  [mm] は鏡の脚の間隔を測定し、それから計算で求める

※ 測定データは実験ノートに記録する  
適宜、教員・TAにデータを確認してもらう

# 解析

1. 試料棒A、B、Cについて**測定結果を表にまとめる**
2. **横軸を試料棒にかかった力（重量）、縦軸をスケールの読み（伸び）としてプロットを作成する**
3. **最小二乗法を用いて近似直線の傾き $K$  [??]を導出する**
4. テキストの式（5）を用いて試料棒A、B、Cの**ヤング率を導出し、式（6）を用いて誤差を評価する**

# 解析

## 最小二乘法（教科書P. 16参照）

$$K = \left( n \sum_i F_i e_i - \sum_i F_i \sum_i e_i \right) / \Delta$$

$$e_0 = \left( n \sum_i F_i^2 \sum_i e_i - \sum_i F_i e_i \sum_i F_i \right) / \Delta$$

$$\Delta = n \sum_i F_i^2 - \left( \sum_i F_i \right)^2$$

# 考察

- 試料棒A、B、Cはそれぞれ何か？  
※どれか1つは銅である
- どの測定の精度を上げると効率よく誤差を小さくできるか？



# レポート作成時の注意点

1. 図番号・タイトルは図の**下**に書く
1. 表番号・タイトルは表の**上**に書く
1. 解析に使用した式を示す。途中式も書いてヤング率、誤差の導出過程を示す（途中式は試料棒Aだけでよい）。
4. 有効数字を考え、数値には単位をつける

# レポート作成時の注意点 ～表作成例～

表番号をつける

表タイトルをつける

表〇〇 電圧 $V$ と電流 $I$ の測定値

電圧 $V$ [V]	電流 $I$ [ $\mu\text{A}$ ]
0	0
20	15
40	7
60	25
80	18

測定値の単位を  
明記する

# レポート作成時の注意点

提出前にもう1度読み返してください（出来れば音読）。

- この実験をしたことがない人が読んでも  
**理解できる文章**になっているか
- **誤字・脱字**はないか
- **図・表**は読み取りづらくないか

**要確認！**



立教大学  
RIKKYO UNIVERSITY

