

# テーマ0：ノギスとマイクロメータ

学籍番号

氏名



## 1. 概要

- 何を使って、何を測定したのか

今回の測定実験の測定対象は、体積であることに注意をする。長さ（直径や高さ）は、体積を知るための手段にすぎない。

- 測定結果

ノギス： 第3章1項（ア）、2項（ア）と一致していなければならない。 mm<sup>3</sup>

マイクロメータ： mm<sup>3</sup>

- ノギスとマイクロメータによる測定の違いから、何がわかったのか



## 2. 実験結果

- 試料および測定器具

試料番号： 99

ノギス 最小メモリ 0.05 mm / 読取り限界 0.05 mm

マイクロメータ 最小メモリ 0.01 mm / 読取り限界 0.001 mm

今回は、読取り限界を系統誤差とする。

- 測定データ

表1. a (ノギス)



回数	測定値 (mm)	残差 $\lambda$ (mm)	$\lambda^2$
1	14.65	-0.03	$9 \times 10^{-4}$
2	14.70	-0.02	$4 \times 10^{-4}$
3	14.65	-0.03	$9 \times 10^{-4}$
4	14.70	0.02	$4 \times 10^{-4}$
5	14.70	0.02	$4 \times 10^{-4}$
平均	14.68		$\Sigma \lambda^2 = 3 \times 10^{-3}$

統計誤差

0.01 mm

表 2. b (ノギス)

回数	測定値 (mm)	残差 $\lambda$ (mm)	$\lambda^2$
1	14.70	0.00	0
2	14.65	-0.05	$2.5 \times 10^{-3}$
3	14.75	0.05	$2.5 \times 10^{-3}$
4	14.75	0.05	$2.5 \times 10^{-3}$
5	14.65	-0.05	$2.5 \times 10^{-3}$
平均	14.70		$\Sigma\lambda^2 = 1 \times 10^{-2}$
統計誤差			0.02 mm

表 3. h (ノギス)

回数	測定値 (mm)	残差 $\lambda$ (mm)	$\lambda^2$
1	19.65	0.04	$1.6 \times 10^{-3}$
2	19.60	-0.01	$1 \times 10^{-4}$
3	19.50	-0.11	$1.21 \times 10^{-2}$
4	19.70	0.09	$8.1 \times 10^{-3}$
5	19.60	-0.01	$1 \times 10^{-4}$
平均	16.61		$\Sigma\lambda^2 = 1 \times 10^{-2}$
統計誤差			0.03 mm

表 4. a (マイクロメータ)

回数	測定値 (mm)	残差 $\lambda$ (mm)	$\lambda^2$
1	14.425	-0.007	$4.9 \times 10^{-5}$
2	14.435	0.003	$9 \times 10^{-6}$
3	14.435	0.003	$9 \times 10^{-6}$
4	14.436	0.004	$1.6 \times 10^{-5}$
5	14.427	-0.005	$2.5 \times 10^{-5}$
平均	14.432		$\Sigma\lambda^2 = 1.08 \times 10^{-4}$
統計誤差			0.002 mm

表 5. b (マイクロメータ)

回数	測定値 (mm)	残差 $\lambda$ (mm)	$\lambda^2$
1	14.520	-0.026	$6.76 \times 10^{-4}$
2	14.531	-0.015	$2.25 \times 10^{-4}$
3	14.515	-0.031	$9.61 \times 10^{-4}$
4	14.569	0.023	$5.29 \times 10^{-4}$
5	14.596	0.050	$2.5 \times 10^{-3}$
平均	14.546		$\Sigma\lambda^2 = 4.891 \times 10^{-3}$
統計誤差			0.016 mm

表 6.  $h$  (マイクロメータ)

回数	測定値 (mm)	残差 $\lambda$ (mm)	$\lambda^2$
1	19.699	0.033	$1.089 \times 10^{-3}$
2	19.651	-0.015	$2.25 \times 10^{-4}$
3	19.691	0.025	$6.25 \times 10^{-4}$
4	19.621	-0.045	$2.025 \times 10^{-3}$
5	19.670	0.004	$1.6 \times 10^{-5}$
平均	19.666		$\Sigma \lambda^2 = 3.98 \times 10^{-3}$

統計誤差  $0.014 \text{ mm}$

3. 測定結果

(ア) ノギスによる測定



- $a: (1.468 \pm 0.001 \pm 0.005) \times 10 \text{ mm}$
- $b: (1.470 \pm 0.002 \pm 0.005) \times 10 \text{ mm}$
- $h: (1.961 \pm 0.003 \pm 0.005) \times 10 \text{ mm}$

(イ) マイクロメータによる測定

- $a: (1.4432 \pm 0.0002 \pm 0.0001) \times 10 \text{ mm}$
- $b: (1.4546 \pm 0.0016 \pm 0.0001) \times 10 \text{ mm}$
- $h: (1.9666 \pm 0.0014 \pm 0.0001) \times 10 \text{ mm}$

3. 解析

1. ノギスのみによる測定

(ア) 円柱の体積

$$V = \pi \left( \frac{a+b}{2} \right)^2 h = \pi \left( \frac{14.68+14.70}{2} \right)^2 \times 19.61$$

(数値による計算式)

$$(3.32 \pm 0.01 \pm 0.02) \times 10^3 \text{ mm}^3$$

(イ) 円柱の統計誤差の計算

$$\Delta V = V \sqrt{4 \left( \frac{0.01}{14.68 + 14.70} \right)^2 + 4 \left( \frac{0.02}{14.68 + 14.70} \right)^2 + \left( \frac{0.03}{19.61} \right)^2}$$

(数値による計算式)

$$7 \text{ mm}^3 \quad (0.2 \%)$$

(ウ) 円柱の系統誤差の計算

$$\Delta V = V \sqrt{4 \left( \frac{0.05}{14.68 + 14.70} \right)^2 + 4 \left( \frac{0.05}{14.68 + 14.70} \right)^2 + \left( \frac{0.05}{19.61} \right)^2}$$

(数値による計算式)

$$18 \text{ mm}^3 \quad (0.5 \%)$$

2. マイクロメータによる測定

(ア) 円柱の体積

$$V = \pi \left( \frac{a+b}{2} \right)^2 h = \pi \left( \frac{14.432+14.546}{2} \right)^2 \times 19.666$$

(数値による計算式)

$$(3.2425 \pm 0.0043 \pm 0.0004) \times 10^3 \quad \text{mm}^3$$

(イ) 円柱の統計誤差の計算

(数値による計算式)

$$\Delta V = V \sqrt{4 \left( \frac{0.002}{14.432 + 14.546} \right)^2 + 4 \left( \frac{0.016}{14.432 + 14.546} \right)^2 + \left( \frac{0.014}{19.666} \right)^2}$$

$$4.28 \quad \text{mm}^3 \quad ( \quad 0.13 \quad \%)$$

(ウ) 円柱の系統誤差の計算


(数値による計算式)

$$\Delta V = V \sqrt{4 \left( \frac{0.001}{14.432 + 14.546} \right)^2 + 4 \left( \frac{0.001}{14.432 + 14.546} \right)^2 + \left( \frac{0.001}{19.666} \right)^2}$$

$$0.36 \quad \text{mm}^3 \quad ( \quad 0.01 \quad \%)$$

4. 考察

1. ノギスによる長さの測定精度を示しなさい。

$a, b$  それぞれの長さが  mm、 mm  あるのに対し、それぞれの統計誤差、系統誤差は  $a$  については  %、 %、 $b$  については

%、 %となった。また、長さが  mm である  $h$  に

ついては統計誤差が  %、系統誤差が  %となった。

2. マイクロメータによる長さの測定精度を示しなさい。

前項（4章1項）を参考にして、マイクロメータによる測定内容をまとめる。

3. ノギスによる体積の測定精度を示しなさい。

体積測定の精度は統計誤差が  %、系統誤差が  %となった。

4. マイクロメータによる体積の測定精度を示しなさい。

前項（4章3項）を参考にして、マイクロメータによる測定内容をまとめる。

5. 1と3の結果により、ノギスによる長さとそれらを用いて計算された体積の測定精度を比較しなさい。

長さ典型的な例として  $h$  を考えた場合、 $h$  の測定精度が統計誤差は  %、系統誤差は

%であったのに対して、体積測定 of 精度は統計誤差が  %、系統誤

差が  %となった。この違いは、

間接測定は、直接測定値の積み重ねとなる。誤差の伝搬は必ず足し算となる

によるものと考えられる。

6. 2と4の結果により、マイクロメータによる長さとそれらを用いて計算された体積の測定精度を比較しなさい。

前項（4章6項）を参考にして、マイクロメータによる測定内容をまとめる。

7. 1と2の結果により、ノギスとマイクロメータによる長さの測定精度を比較しなさい。

ノギスとマイクロメータの精度について、直接的な比較を行い、まとめる。

8. 3と4の結果により、ノギスとマイクロメータによる体積の測定精度を比較しなさい。

ノギスとマイクロメータの精度について、前項（4章8項）との違いを考えながら比較を行い、まとめる。