

物理計測論 (CB113)

2014 年度秋学期 期末試験問題

担当 平山孝人

2015 年 1 月 26 日

注意：

- 問題用紙 1 枚, 解答用紙 3 枚, グラフ用紙 1 枚, 計算用紙 1 枚, 問題数 2 題 + α 。
- 解答用紙 3 枚およびグラフ用紙の全てに氏名・学生番号を記入せよ。
- 問題文で定義されていない記号を用いるときは必ず定義をしてから使うこと。
- 解答には結果だけでなく、考え方の筋道も書くこと。結果だけの解答には点数を与えないことがある。
- 必要ならば以下の式を用いよ。記号の意味は、講義で使ったものと同じである。

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{\sigma} \exp \left[-\frac{(x-X)^2}{2\sigma^2} \right]$$

$$w_N(n) = {}_N C_n p^n q^{N-n} = \frac{N!}{n!(N-n)!} p^n q^{N-n}$$

$$w_a(n) = \exp(-a) \frac{a^n}{n!}$$

I. 以下の問いに答えよ。

- (a) 容積 1.5 cc, 53.15 cm³, 1.02 l の容器に入った水を全て足した時の質量を kg の単位で求めよ。
- (b) A student measured a physical quantity x , and obtained the following values.
380, 411, 318, 485, 406
- i. Calculate the mean (average) of the distribution \bar{x} , the standard deviation of the sample s , the standard deviation of the distribution σ , and the standard error in the mean σ_m .
- ii. What is the probability that a single measurement lies in the following ranges?
(i) 340 – 520 (ii) 460 – 461 (iii) 100 – 460
- (c) ある放射線源から放出される信号を 1 秒間計数したところ、85 個あった。放射線源を取り除いてバックグラウンドを 1 秒間計数すると 36 個だった。放射線源から 1 秒間に放射される真の放射線の数と、その誤差を求めよ。
- (d) 底辺が一辺の長さ (52.3 ± 0.8) cm の正方形で、高さが (235 ± 11) mm の直方体がある。質量は (198.5 ± 0.4) g である。この直方体の誤差付きの密度を kg/m³ の単位で求めよ。
- (e) ある病院では、赤ちゃんが 1 日平均 1.5 人産まれる。1 日に産まれる赤ちゃんの人数が 0 人, 1 人, 2 人となる確率を求めよ。また、生まれる人数が 3 人以上となる確率を求めよ。
- (f) 52 枚のトランプからカードを 1 枚ずつ 3 回引く。引いたカードはそのつど戻す。スペードのカードが 0 枚, 1 枚, 2 枚, 3 枚となる確率をそれぞれ求めよ。
- (g) In the following examples, F is a given function of the independently measured quantities X , Y and Z with the standard deviations ΔX , ΔY and ΔZ , respectively. Calculate the standard deviation ΔF .
- i. $F = \frac{2Z^{3/2}}{5X^3Y}$ ii. $F = X \ln(Y)$

II. 天井から吊るされたバネに重りを取り付け、重りの質量 m とバネの振動の周期 T の関係からバネ定数 k を求める実験をした。重りの質量の測定誤差は無視できるほど小さく、周期の測定誤差は ± 0.3 (s) である。また、重りの質量 m と振動周期 T の関係は $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ である。測定結果は以下の表のようになった。

重りの質量 m (kg)	1.2	1.8	7.9
振動の周期 T (s)	1.7	2.6	4.9

以下の問いに答えよ。

- (a) 配布したグラフ用紙に、横軸 \sqrt{m} 、縦軸 T として測定結果をプロットせよ。横軸、縦軸には目盛り・単位・説明を入れ、全ての測定点に誤差棒をつけること。
- (b) 最小自乗法を用いてバネ定数 k の値を求めたい。測定量 x, y に対して $y = ax + b$ の関係がある場合、最小自乗法を用いて求めた最適な a, b は以下の式で求められることを示せ。記号の意味は、講義で使ったものと同じである。

$$a = \left(n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i \right) / \Delta$$

$$b = \left(\sum x_i^2 \sum y_i - \sum x_i \sum x_i y_i \right) / \Delta$$

$$\Delta = n \sum x_i^2 - \left(\sum x_i \right)^2$$

- (c) 最小自乗法を用いてこのグラフの傾きと y 切片を求め、その直線を (a) で作成したグラフに書き加えよ。
- (d) 最小自乗法の結果から、この実験で用いたバネのバネ定数 k の値を求めよ。答えには単位を付けること。

III. この講義を批評せよ。テスト問題についての批評も可。有意な内容の場合は加点する。無記入でも何が書いてあっても減点することはない。