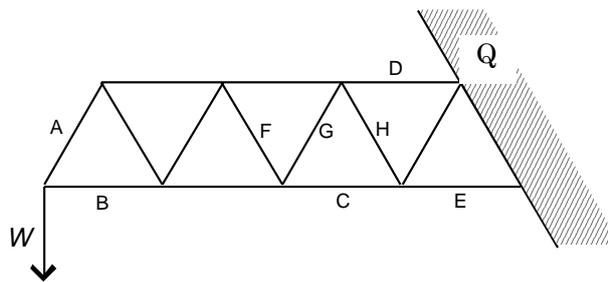


問題 1. 下記の文章を読み問に答えよ。

棒を曲げるとき、棒には圧縮と引っ張り、両方の力がかかる。右図の正三角形の単位からなるトラスにおいて、先端に W の荷重がかかっているとき、トラスの上辺には棒を【イ：押し縮める、引き伸ばす】力が下辺には【ロ：押し縮める、引き伸ばす】力が働く。



力のモーメントを考えることで、各棒に働く力を容易に求めることができる。各棒の長さを L とすると、たとえば点 Q 周りのモーメントを考えると $3.5LW$ の左回りのモーメントと釣り合うモーメントを考えることで E に働く力を計算できる。

均質な物体の曲げについては、物体の断面 2 次モーメントと材料の【ハ】がわかっておれば、断面に働く曲げモーメントに対してどの程度曲がるかの評価ができる。また発生する応力の最大値は断面の【ニ】に比例し、直径 2 mm の針金を曲げるには、同じ長さの直径 1 mm の針金を曲げるのより【ホ】倍の力が必要と考えられる。

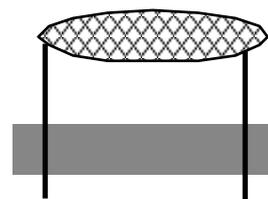
問 1-1. 文中【イ】【ロ】については適切な語句を選び、【ハ】～【ホ】に適切な語句、数字を記せ。

問 1-2. 図のトラス構造で棒 $A\sim H$ に働く力を求めよ（圧縮はマイナス）。

問題 2. セラミックスの電気抵抗の温度依存性を調べるために、試料を円盤状に加工し直径 0.05 mm の銅線 2 本を取りつけた。銅線のヤング率 $1.2 \times 10^4\text{ kgf/mm}^2$ 、引っ張り強さを 20 kgf/mm^2 とし、銅線の接合部は自由に曲がるものの、十分な強度があって切れないものとして次の問いに答えよ。

問 2-1. 試料を銅線 2 本でぶら下げる。何 g までの試料までぶら下げることができると考えられるか。

問 2-2. 重さ 0.4 g の試料を右図のように 2 本の銅線で基板上に支えて実験しようとした。銅線の長さが何 mm 程度になると挫屈が起きるようになるか？ 2 本の銅線には均等に荷重がかかるものとする。



問題 3. N 神社の御手洗の水の硬度を、K 大学の優秀な学生が毎年測定している。次に示すのは、マグネシウムとカルシウムの含量の測定結果 (単位 mmol/L) と、この結果を表計算ソフト EXCEL 付属の分析ツール「分散分析：一元配置」を用いて行った分散分析の結果である。

測定者	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2008 年	0.38	0.38	0.40	0.36	0.34	0.36	0.37	0.38	0.35	0.38
2009 年	0.36	0.34	0.34	0.34	0.37	0.36	0.36	0.36	0.34	0.36
測定者	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
2008 年	0.36	0.37	0.39	0.38	0.36	0.37	0.37	0.36	0.35	0.36
2009 年	0.38	0.37	0.35	0.36	0.32	0.37	0.36			

概要

グループ	標本数	合計	平均	分散
2008 年	20	7.37	0.369	0.0002134
2009 年	17	6.04	0.355	0.0002265

分散分析表

変動要因	変動	自由度	分散	観測された分散比	P-値	F 境界値
グループ間	0.001603	1	0.001603	7.305	0.0105	4.121
グループ内	0.007679	35	0.000219			
合計	0.009281	36				

問 3-1. 「概要」には 2008、2009 年それぞれについての標本平均・分散が与えられている。2008 年の N 神社の水の硬度の推定範囲を 5% の危険率で評価せよ。

問 3-2. 全残差 2 乗和 S_T が

$$S_T = \left[N_1(\bar{x}_{1\cdot})^2 + N_2(\bar{x}_{2\cdot})^2 - (N_1 + N_2)(\bar{x}_{\cdot\cdot})^2 \right] + \left[\sum_j (x_{1j} - \bar{x}_{1\cdot})^2 + \sum_j (x_{2j} - \bar{x}_{2\cdot})^2 \right]$$

のように分解できることを示せ (下付き 1 は 2008 年度、2 は 2009 年度を示す)。

問 3-3. P-値は分散の比が F 分布に従うとして、それがどの程度の確率で起き得るかを与えている。分散分析の結果から 2008 年と 2009 年の N 神社の水の硬度について、5% の有意水準でどのような結論を導けるか？

問題 4. 水素イオンの活量が時間に比例して減少していく速度を知るために一定時間おきに pH の時間変化を調べ、 $[H^+] = at + b$ という直線関係にあてはめることを考える。

問 4-1. 最小 2 乗法を $\{x_i, y_i\}$ というデータセット適用する際に、測定値 y_i の精度が一定でなく、おのおの分散 σ_i^2 を持っている場合には、残差 2 乗和を

$$S = \sum_i \frac{(y_i - ax_i - b)^2}{\sigma_i^2}$$
とおき、 S を最小にするパラメータ a, b を決めることにな

る。pH の精度が pH の値によらず ± 0.02 (標準偏差 0.02) とすると、pH から決めた水素イオンの活量 $[H^+]$ の精度 (標準偏差) はどのように表されるか?

問 4-2. 右の表のような結果が得られたとき、 $[H^+]$ を時間についての線形の関係式 $at + b$ に当てはめたときのパラメータ a, b を求めよ (3 番目の列は $10^{-\text{pH}}$ から計算した値)。

t / min	pH	$[H^+]$ / mM
0	2.90	1.26
2	2.98	1.05
4	3.04	0.91
8	3.27	0.54
10	3.45	0.35