

筆答専門試験科目（午前）

30 大修

融合理工学系

時間 9 : 30 ~ 11 : 00

注 意 事 項

1. 設問は、【問題1】から【問題2】まで2題ある。
2. 2題すべてについて解答すること。

【問題 1】 次の文章を読み、問 1 から問 4 の解答を、答案用紙の所定の欄に記入しなさい。

安全や安心の確保は、社会的課題の一つになっている。有害な化学物質による地域環境への影響や二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスの排出によって生じる地球全体の気候変動問題、また、大規模地震の発生による都市圏を中心とした建築物の倒壊やライフラインの機能喪失、集中豪雨による洪水により人的物的被害が発生することも課題となっている。さらに、再生医療や自動車の自動運転、生活支援ロボット、顔認証によるセキュリティの確保といった新たな技術についても、社会生活にもたらされる利便性ととも、技術の安全性や人々が安心して利用できることが、技術の健全な普及のために求められている。

本来、様々な技術や自然現象ごとの安全性のレベルに応じて、人々の安心感が左右されるはずである。すなわち、安全性が高い場合には人々は安心し、逆に安全性が低い場合には人々の不安は増すことが想定される。しかし、安全と安心の間にこのような (A) が確保されているというわけでは必ずしもない。例えば、科学的には安全性が確保されていると考えられていても、人々の安心感が得られていない場合や、逆に、人々が安心していていることに対して、科学的にはある程度の危険性が確認されていたり、安全性のレベルがまだ十分に確認されているわけではない場合がある。

例えば、化学物質による環境影響が、大気汚染や水質汚染、土壌汚染などの形で問題になることがある。現代社会で用いられている化学物質は膨大な数に及び、全ての物質の有害性が明らかになっているわけではないが、既に実験や調査によって有害性のレベルがある程度判明しているものも少なくない。環境調査を通じて大気や水、土壌の中の濃度が明らかになっていて、さらにこれらの媒体を通じて人々が物質を摂取する程度がわかれば、有害性の程度を科学的に判断することが可能になる。こうしたプロセスを通じて、仮に安全性が確保されていると判断される場合でも、ごく僅か有害な物質が存在することにより人々の安心感が損なわれる場合がある。

また、太平洋側の東海地方や南海地方を中心として大規模地震の発生が懸念されている。1995 年の阪神・淡路大震災や 2011 年の東日本大震災などを通じて、日本はこれまでに激甚な災害を経験しており、将来の地震の発生予測や被害が発生した際の対応が検討されている。最近では、今後 30 年や 50 年の間に一定規模以上の震度の地震が発生する確率が地域別に示されるようになった。地震発生の予測に求められる科学的な知見が十分に明らかになっているわけではないものの、これらの情報を通じて人々が大規模地震による災害の発生に備えることが期待されている。現在、公表されている確率は決して低いものではなく、今後の地震の発生が懸念されていることに対して、人々の関心はさほど高くない場合もある。

一方、IoT（様々なモノがインターネットで繋がることによる相互連携）や、ビッグデータ、人工知能（AI）などの新たな基盤技術によって、様々な生活支援のための技術が生み出されつつある。自動車の自動運転技術や生活支援ロボットの開発は人々の生活をより豊かにする可能性を秘めている。他方、まだ社会に定着していなかったり十分に普及していないことで、科学的な安全性に関する知見が不足している場合が少なくない。このような場合、たまたま発生した事故の扱いにより、社会的な関心の程度に応じて安全性を高めるような法制度が整備されたり、本来注目すべき危険性を見過ごす場合もある。過剰な規制はイノベーションの適切な発展を阻害するが、危険性の過小評価により将来の安全性が損なわれる可能性もある。

このように、対象とする技術や現象の特性によって、科学的な安全性と人々の安心感との間には様々な関係があり、安全と安心をひとまとめにして考えることは難しい。両者の関係を考慮した人工的な技術や自然現象への対応のためには、現在得られている情報をそれぞれの分野の専門家や国・自治体の行政機関、産業界、一般市民などの関係者の間で十分に共有するとともに、お互いの関心や懸念事項を意見交換の機会を通じて明らかにし、(B)科学的な安全性と人々の安心感を適切な関係に導いていくことが求められる。

問 1) 空欄(A)に入る語句として最も適切なものを、以下の①～④から選べ。

①相反関係 ②相対関係 ③相関関係 ④協調関係

問 2) 下線(B)で筆者が指摘している「適切な関係」がなかった場合に生じる問題の事例を本文の中から一つ選び、句読点を含めて 80 字以上 120 字以内で記述せよ。

問 3) 問題文の要旨を、句読点を含めて 240 字以上 300 字以内で記述せよ。

問 4) 安全と安心の関係を考えるために適切と思われる具体的な事例を一つ選択し、取り上げた事例の特徴や文中で紹介されている事例との共通点や相違点などを考慮したうえで、今後社会が取るべき方向について考えるところをまとめ、句読点を含めて 240 字以上 360 字以内で記述せよ。

【問題2】 次の文章を読み、問1から問3までの解答を、答案用紙の所定の欄に記入せよ。

国際的な人材の移動は、新たな知識・技術を移転・普及し、イノベーションと国際連携を促進すると考えられている。例えば、アメリカ国立科学財団の研究によると、1994-98年に米国で理工学分野の博士号を取得した外国人留学生数と、1999-2003年に彼らの出身国が発表した米国との国際共著論文数の関係には、(A)正の相関が見られる。

知識基盤経済が進展し、優秀な人材の獲得が国家の競争力に直結するといわれる現在、高度な技術や知識を有する人材（高度人材）を獲得しようとする動きも顕著になっている。例えば外国人留学生を、卒業後も引き止めるための政策を取る留学生受け入れ国や、海外留学した人材を自国に好条件で呼び戻す政策を打ち出す留学生送り出し国が増えている。

留学生などの外国人材を留学先国に引き止めることは、(B)受け入れる社会や組織に様々な変化をもたらす。そしてその変化は、プラスのもののみならず、文化や習慣の違いから生じる摩擦など、克服すべき事項も含んでいる。(C)異なる国籍、文化背景の人々をどのように組織・社会に受け入れ、互いにとって有益な関係を築くのかは、人口減少時代を迎えた日本にとって、避けて通れない重要な課題となっている。

問1) 下線(A)に関し、米国で1994-98年に理工学分野の博士号を取得した外国人留学生数と、1999-2003年に彼らの出身国が発表した米国との国際共著論文数の間に正の相関が見られる理由として考えられるものを、句読点を含めて40字以上80字以内で記述せよ。

問2) 下線(B)に関し、外国人材の受け入れにより、社会や組織にもたらされると考えられるプラスとマイナスの変化について、2つずつ挙げよ。

問3) 下線(C)に関し、異なる国籍、文化背景の人々を日本の組織や社会に受け入れ、互いに有益な関係を築くためには、どのような支援や工夫が必要か、考えるところをまとめ、句読点を含めて180字以上240字以内で記述せよ。

筆答専門試験科目（午後） 融合理工学系

30 大修

時間 13:00～15:00

注 意 事 項

1. 問題A（数的推理科目）、問題B（理工系基礎・専門科目）の2科目のうち、どちらか1科目を選んで解答すること。
2. 各問題（問題A、問題B）の注意事項にしたがって解答すること。

筆答専門試験科目（午後）
融合理工学系（問題A）

30 大修

時間 13:00～15:00

注 意 事 項

1. 全ての問題に導出過程を記して解答せよ。
2. 解答は問題Aと記入された答案用紙に記入し、答案用紙の全てのページに受験番号を記入せよ。氏名を記入してはならない。
3. 定規、コンパス、電卓を使用してはならない。
4. 全ての答案用紙、下書き用紙を回収する。
5. 解答は、問題ごとに答案用紙の所定のページに記入せよ。

【問題 1】

100 の階乗が 5^m で割り切れるときの、最大となる自然数 m を求めよ。ただし、100 の階乗とは $100!=100\times 99\times \cdots 2\times 1$ である。

【問題 2】

溶液 A、B、C をある割合で混ぜ合わせた混合溶液 D を作成する。溶液 A、B、C の密度はそれぞれ 0.8 g/ml, 1.0 g/ml, 1.2 g/ml であり、正しい割合で作成された混合溶液 D の密度は 0.98 g/ml となる。今、溶液 A、B、C から混合溶液 10 ml を作成したところ、間違えて溶液 B と C の量を逆に加えてしまい、密度が 1.04 g/ml の混合溶液となった。混合溶液 D を作成するときに混ぜ合わせる溶液 A、B、C の体積の比率を答えよ。ただし、混合溶液の体積は混ぜ合わせた溶液の体積の和に等しいとする。

【問題 3】

ある高校の男子生徒と女子生徒との人数の比率は $1:1$ であり、すべての生徒の進路志望について、次のア)～キ)のことがわかっている。

- ア) すべての生徒は国立か私立の大学への進学を考えていて、理系か文系のいずれかを選択しており、理系を選択している生徒は、文系を選択している生徒より 2 人多い。
- イ) 理系の私立大学を志望している男子生徒は 14 人である。
- ウ) 文系の国立大学を志望している男子生徒の人数は、文系の私立大学を志望している女子生徒の人数の 2 倍である。
- エ) 文系の国立大学を志望している女子生徒は理系の私立大学を志望している男子生徒と同数である。
- オ) 文系の私立大学を志望している男子生徒は 21 人である。
- カ) 国立大学を志望している生徒は 50 人である。
- キ) 私立大学を志望している女子生徒の人数は、私立大学を志望している男子生徒の人数と同数である。

以上から判断して、以下の①と②の問いに答えよ。

- ① 文系の私立大学を志望している女子生徒の人数を答えよ。
- ② 理系の国立大学を志望している男子生徒の人数を答えよ。

【問題 4】

学生 6 名 (A、B、C、D、E、F) が、ある講義について受講する、もしくは受講しないことを選択することにした。このとき、学生の選択は次のア)～エ)のとおりであった。以下の①と②の問いに答えよ。

- ア) 学生 A の選択は、学生 B の選択と同じであった。
- イ) 学生 C の選択は、学生 D の選択と異なっていた。
- ウ) 学生 E の選択は、学生 A～F の過半数を超える多数派であった。
- エ) 学生 B と学生 C の選択が同じであれば、学生 F の選択も学生 B、C と同じであった。

- ① 学生が 2 名だけ受講する場合、その 2 名の学生は A～F の誰か答えよ。
- ② 他の 4 つの講義においても学生 A～F の選択は上記ア)～エ)のとおりであった。それら 4 つの講義を受講する学生の総数について、ありうる最大人数と最小人数を答えよ。ただし、それら 4 つの講義は学生 A～F のみ受講でき、どの講義においても受講する学生の組み合わせがまったく同じになることはなかった。

【問題 5】

4 種類の商品 A、B、C、D がある。それぞれの商品には X、Y、Z の異なる 3 色がある。図 1 は在庫全体に商品 A～D の占める割合を、図 2 はそれぞれの商品の在庫に各色が占める割合を示している。以下の①と②の問いに答えよ。

- ① 在庫全体に占める割合が最大と最小となる商品の種類と色、それらの在庫全体に占める割合を答えよ。
- ② 商品 A、B、C、D の在庫を同じ色で足し合わせ、“色ごとの在庫量”を X、Y、Z それぞれについて計算する。この“色ごとの在庫量”が最小となるのは X、Y、Z のいずれか。その色と在庫全体に占める割合を答えよ。

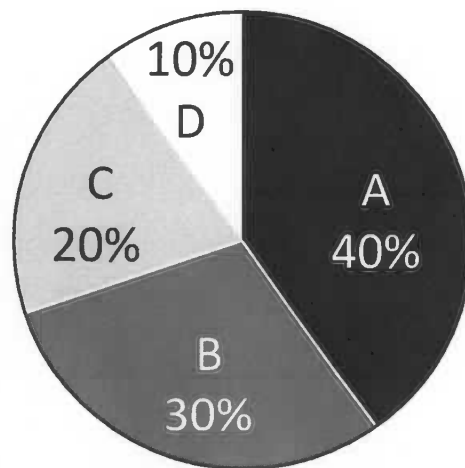


図 1 全在庫に商品 A～D が占める割合

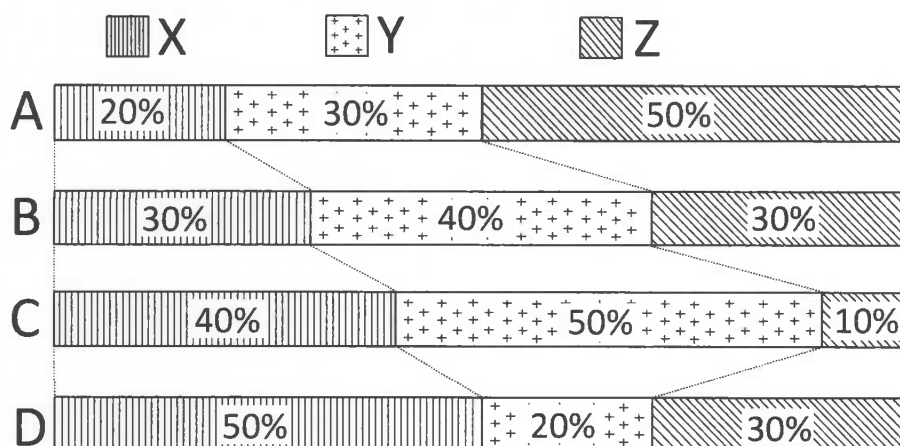


図 2 商品 A～D の各在庫に色 X～Z が占める割合

【問題 6】

立方体 α と立方体 β は外見がまったく同じで、重さが異なる。立方体 α は一個あたり 1 g で、立方体 β は立方体 α より一個あたり 0.05 g 重い。5 個の箱 A、B、C、D、E があり、それぞれには立方体 α と立方体 β のどちらかが 90 個ずつ入っている。しかし、どの箱にどの立方体が入っているのかはわからない。以下の①と②の問いに答えよ。

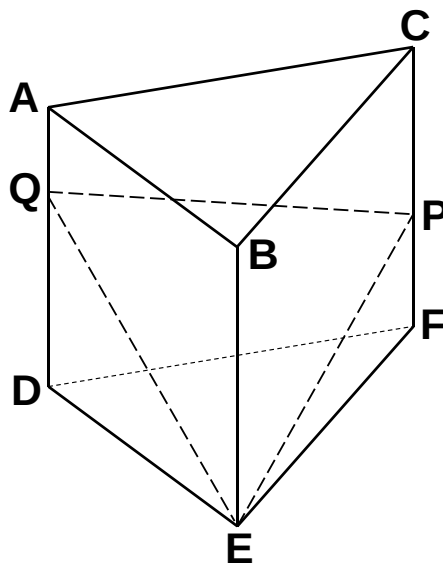
- ① 箱 A から 40 個、箱 B から 80 個の立方体を取り出した。それら全体の重さを測ったところ 122 g であった。箱 A と箱 B には立方体 α と立方体 β のどちらが入っているのか、箱 A と箱 B それぞれについて答えよ。
- ② 箱 C、D、E からそれぞれ異なる数の立方体を取り出し、それら全体の重さを一度だけ測ることができるとする。箱 C から立方体を 20 個取り出す場合、全ての箱について立方体の種類を知るには箱 D と箱 E から立方体を何個ずつ取り出せば良いか答えよ。ただし、はかりは 1 g 単位でしか重さを正確に測ることができない。

【問題 7】

下図は、底面が $DF=EF=\sqrt{2}$ 、 $DE=1$ の二等辺三角形で、 $AD=2$ の三角柱である。この三角柱を、頂点 E と辺 CF 上の点 P および辺 AD 上の点 Q の 3 点を通る平面で切断した。 $\triangle EPQ$ が正三角形であるとき、以下の①と②の問いに答えよ。

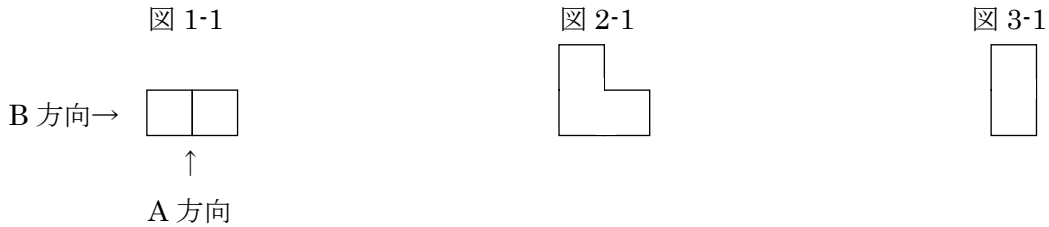
① $\triangle EPQ$ の 1 辺の長さを答えよ。

② B から辺 QE に下ろした垂線と、 B から辺 PE に下ろした垂線の長さの比を答えよ。

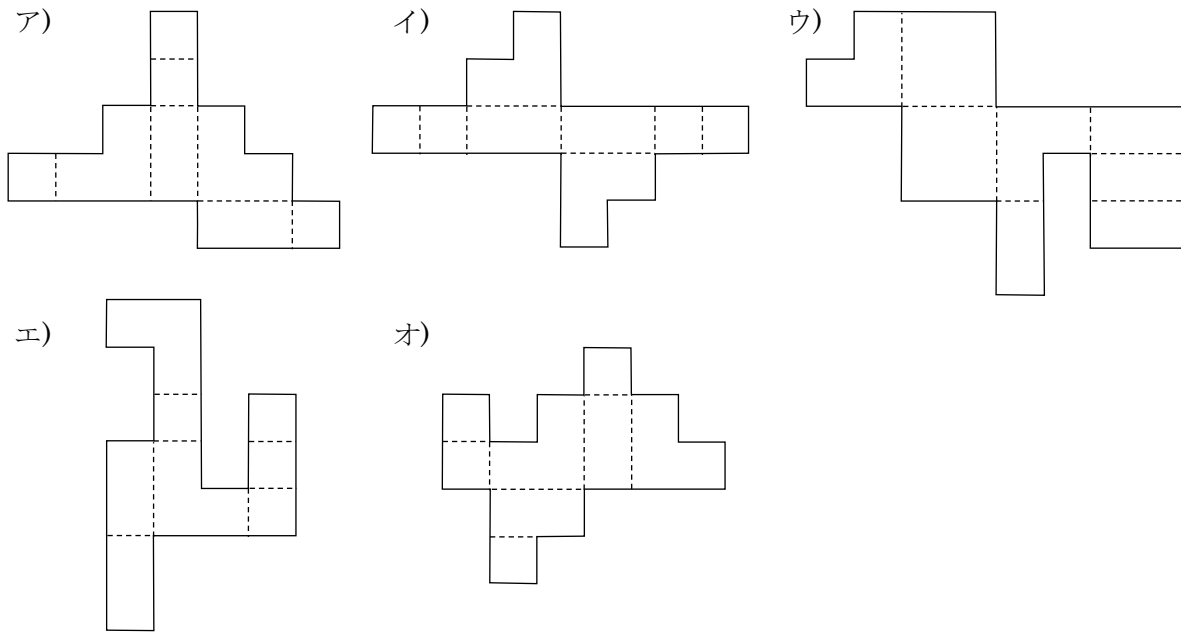


【問題 8】

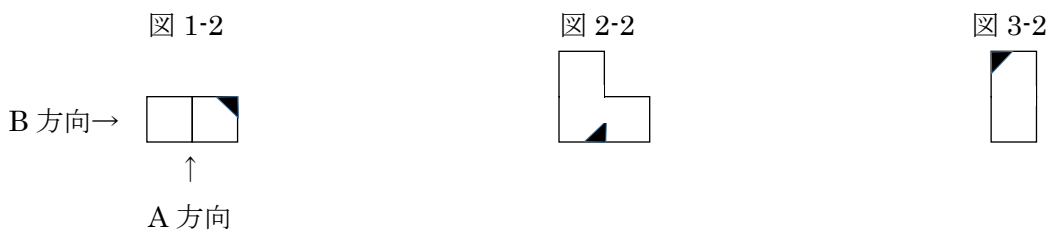
ある立体はすべて平面で囲まれており、図 1-1 は、その立体の平面図である。図 2-1、図 3-1 は、それぞれ、その立体を平面図の A 方向、B 方向から見たときの立面図である。以下の①と②の問いに答えよ。



① この立体の展開図として正しいものを下のア)～オ)から一つ選び、答えよ。但し、図中の破線のみを折るものとする。



② この立体に図 1-2、図 2-2、図 3-2 に示したように、3 つの表面の一部を黒に着色した。展開図にした場合に、どのようになるか、①で選択した展開図を答案用紙に模写し、それに着色する形で答えよ。



筆答専門試験科目（午後） 融合理工学系（問題B）

30 大修

時間 13:00～15:00

注意事項

1. 問題[1]～問題[8]から2題を選択し解答せよ。
2. 各答案用紙には必ず試験科目名（いずれも問題Bと記入）、受験番号および解答した問題番号を記入せよ。氏名を記入してはならない。未使用の答案用紙には何も記載する必要はない。
3. 定規、コンパス、電卓を使用してはいけない。
4. 全ての答案用紙、下書き用紙を回収する。
5. 解答は、選択した問題ごとに別々の答案用紙に記入せよ。また、問題[1]、[4]、[6]、[7]については、問題中の1と2の解答を別々の答案用紙に記入せよ。
6. 答案用紙は裏面を使用しても構わないが、その場合は裏面使用の旨を表面に明記せよ。

問題[1]（微分積分）

問題[2]（線形代数）

問題[3]（確率・統計）

問題[4]（力学）

問題[5]（電磁気学）

問題[6]（化学）

問題[7]（生物学）

問題[8]（原子核工学）

問題 [1]

1 と 2 はそれぞれ別の答案用紙に解答せよ。

1. 以下の常微分方程式の厳密解を求めよ。虚数を使わずに表すこと。

(1) $f''(t) - f'(t) - 6f(t) = 0, \quad f(0) = 1, f'(0) = 2$

(2) $f''(t) - 4f'(t) + 4f(t) = e^{2t}, \quad f(0) = 0, f'(0) = 3$

(3) $f''(t) + 9f(t) = 6\cos 3t, \quad f(0) = 1, f'(0) = 3$

2. 楕円体曲面 $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1$ ($a > b > c > 0$) と、それに全ての頂点が内接する直方体を考える。以下の問いに答えよ。

(1) 楕円体の体積 V_e を求めよ。

(2) 直方体の頂点のうち、第一象限におけるものを (x, y, z) とする場合、直方体の体積 V_c を表現せよ。

(3) (2) の最大値を求めるために、ラグランジュの未定乗数 λ を導入し、下記によって条件付き極値問題を解くための関数 $f(x, y, z, \lambda)$ を求めよ。

$$\frac{\partial f}{\partial x} = \frac{\partial f}{\partial y} = \frac{\partial f}{\partial z} = \frac{\partial f}{\partial \lambda} = 0$$

(4) (3) における方程式を解き、直方体の体積の最大値 $V_{c\max}$ を求めよ。

(5) 楕円体の体積に対する直方体の体積の比 $\frac{V_{c\max}}{V_e}$ の値を有効数字 3 桁で求めよ。

問題 [2]

行列 A に対する転置行列を A^T で、行列式を $|A|$ で表し、単位行列を I で表す。このとき、行列式に関する次の問いに答えよ。なお、導出の過程を示すこと。

1. 次の3つの行列式の値をそれぞれ求めよ。

$$(a) \begin{vmatrix} 2 & 4 \\ 3 & -1 \end{vmatrix} \quad (b) \begin{vmatrix} 2 & 4 & -2 \\ 3 & -1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \end{vmatrix} \quad (c) \begin{vmatrix} 2 & 4 & -2 & 3 \\ 3 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 & 2 \\ 3 & 1 & -1 & 1 \end{vmatrix}$$

2. U を直交行列とする。すなわち、 $UU^T = U^T U = I$ が成立する。このとき、 U の行列式の値になりうるものをすべて求めよ。さらに、それらの値をもつ行列の例を、それぞれ一つ示せ。
3. 自然数 N に対して、 A を N 次実対称行列とし、その固有値を $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N$ とする。このとき、 $|A|$ を求めよ。
4. ある行列式の異なる2列を入れ替えると、その行列式の値は、もとの行列式の値の -1 倍になる。この性質を使って、ある行列の異なる2列が列ベクトルとして等しいならば、その行列式の値が0になることを証明せよ。
5. 次の連立1次方程式の解をクラメルの公式を使って求めよ。

$$\begin{aligned} x + 2y + 3z &= 1 \\ 2x - y + z &= -2 \\ 2x + y + 2z &= 2 \end{aligned}$$

問題 [3]

ある道路舗装の 1 km あたりの修繕間隔（修繕が必要となるまでの期間）が、平均値 2.8 年、変動係数 0.4 の正規分布で近似できるとする。異なる 1 km 区間の修繕間隔は互いに独立と仮定する。以下の問いに答えよ。必要に応じて表 3-1 を使用してよい。

1. 1 年以内に、1 km 区間で修繕を必要とする確率を求めよ。
2. 1 年以内に、3 km 区間で修繕を必要としない確率を求めよ。
3. 1 年以内に、3 km 区間のうち 2 つの 1 km 区間で修繕を必要とする確率を求めよ。
4. ある 1 km 区間で修繕が必要となる確率が 10% となるときの、その区間の修繕間隔を求めよ。
5. 新たな舗装技術を試験導入した道路 25 km の修繕間隔を計測した結果、平均値 3.2 年、標準偏差 1.2 年の正規分布に近似できる結果を得た。このとき、新舗装技術によって修繕間隔が変化したかどうか、帰無仮説と対立仮説を設定し、5% の有意水準で両側検定せよ。

表 3-1 標準正規分布表の一部

$P(x < z) = \int_{-\infty}^z f(x) dx$ $f(x)$ は標準正規分布の確率密度関数

Z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
1.0	.8413	.8438	.8461	.8485	.8508	.8531	.8554	.8577	.8599	.8621
1.1	.8643	.8665	.8686	.8708	.8729	.8749	.8770	.8790	.8810	.8830
1.2	.8849	.8869	.8888	.8907	.8925	.8944	.8962	.8980	.8997	.9015
1.3	.9032	.9049	.9066	.9082	.9099	.9115	.9131	.9147	.9162	.9177
1.4	.9192	.9207	.9222	.9236	.9251	.9265	.9279	.9292	.9306	.9319
1.5	.9332	.9345	.9357	.9370	.9382	.9394	.9406	.9418	.9429	.9441
1.6	.9452	.9463	.9474	.9484	.9495	.9505	.9515	.9525	.9535	.9545
1.7	.9554	.9564	.9573	.9582	.9591	.9599	.9608	.9616	.9625	.9633
1.8	.9641	.9649	.9656	.9664	.9671	.9678	.9686	.9693	.9699	.9706
1.9	.9713	.9719	.9726	.9732	.9738	.9744	.9750	.9756	.9761	.9767
2.0	.9772	.9778	.9783	.9788	.9793	.9798	.9803	.9808	.9812	.9817
2.1	.9821	.9826	.9830	.9834	.9838	.9842	.9846	.9850	.9854	.9857
2.2	.9861	.9864	.9868	.9871	.9872	.9878	.9881	.9884	.9887	.9890
2.3	.9893	.9896	.9898	.9901	.9904	.9906	.9909	.9911	.9913	.9916
2.4	.9918	.9920	.9922	.9925	.9927	.9929	.9931	.9932	.9934	.9936
2.5	.9938	.9940	.9941	.9943	.9945	.9946	.9948	.9949	.9951	.9952
2.6	.9953	.9955	.9956	.9957	.9959	.9960	.9961	.9962	.9963	.9964
2.7	.9965	.9966	.9967	.9968	.9969	.9970	.9971	.9972	.9973	.9974
2.8	.9974	.9975	.9976	.9977	.9977	.9978	.9979	.9979	.9980	.9981
2.9	.9981	.9982	.9982	.9983	.9984	.9984	.9985	.9985	.9986	.9986

問題 [4]

1 と 2 はそれぞれ別の答案用紙に解答せよ。

1. 宇宙空間を進行するロケットが何回かに分けてガスを短時間噴射する。ガスはロケットの進行方向とは逆向きに噴射され、ロケットに対する相対速度 u を持つ。ロケットの初期質量を M_0 、初速度を v_0 とし、ガスを j 回噴射した後のロケットの質量を M_j 、速度を v_j とする。速度の符号はロケットの進行方向を正として考える。以下の問いに答えよ。

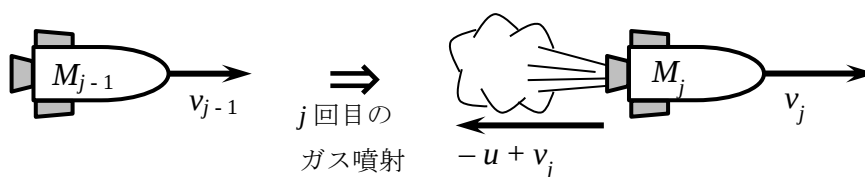


図 4-1

- (1) j 回目のガス噴射前後の運動量が等しいことから、 v_j と v_{j-1} との関係を求めよ。
 (2) ガスを n 回噴射した後のロケットの速度 v_n が次式のように表せることを示せ。

$$v_n = v_0 + nu - \sum_{j=1}^n \frac{M_j}{M_{j-1}} u \quad (4-1)$$

- (3) ガスの全噴射質量を定めたとき、速度 v_n の最大値を求めよ。必要があれば、下記の一般的な関係式を用いてもよい。

$$(\text{算術平均}) \geq (\text{幾何平均})$$

$$\Rightarrow \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n S_j \geq \left(\prod_{j=1}^n S_j \right)^{\frac{1}{n}} \quad (4-2)$$

(問題 [4] は次ページへ続く)

2. 図 4-2 のように、半径 r 、質量 m の均質な球が、摩擦のない水平な台の上で静止している。球の中心を通り、台に垂直な面内で、台と平行に高さ h の位置に短い時間だけ力を加える。力を加えた直後の球の並進速度を v （右向き正）、角速度を ω （時計回り正）とする。以下の問いに答えよ。

- (1) 半径 r_d 、質量 m_d の均質な薄い円盤の中心軸まわりの慣性モーメントが $\frac{1}{2}m_d r_d^2$ であることを用いて、球の中心を通る軸まわりの慣性モーメントが $\frac{2}{5}mr^2$ であることを示せ。
- (2) v と ω の関係を示せ。
- (3) 球が滑らずに転がる場合の h を示せ。

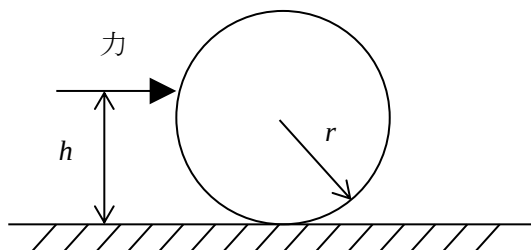


図 4-2

問題 [5]

1. 式(5-1)～式(5-4)は電磁気学におけるマクスウェルの方程式であり，電束密度 $\mathbf{D}$ ，電界（電場） $\mathbf{E}$ ，磁束密度 $\mathbf{B}$ ，磁界（磁場） $\mathbf{H}$ ，電荷密度 ρ の関係を表している。ア～オの空白に適切な数式を入れて方程式を完成させよ。ただし，透磁率は μ ，誘電率は ϵ とし，新たな変数を用いる場合は，定義を明記すること。

$$\operatorname{div} \mathbf{D} = \rho \quad (5-1)$$

$$\operatorname{rot} \mathbf{E} = \boxed{\text{ア}} \quad (5-2)$$

$$\operatorname{div} \mathbf{B} = \boxed{\text{イ}} \quad (5-3)$$

$$\operatorname{rot} \mathbf{H} = \boxed{\text{ウ}} \quad (5-4)$$

$$\text{但し， } \mathbf{B} = \boxed{\text{エ}} \mathbf{H}, \quad \mathbf{D} = \boxed{\text{オ}} \mathbf{E}$$

2. 図 5－1 の様に真空の 3 次元空間に半径 R_1 と半径 R_2 の球殻がある。但し， $R_1 < R_2$ で，2 つの球殻の中心は原点 O ($\mathbf{r} = \mathbf{0}$) である。球殻は導体で厚さは無視できる。無限遠方において電位は $V = 0$ とする。外球殻を接地 ($V = 0$) し，内球殻に電位 V_1 を印加する。真空の透磁率を μ_0 ，誘電率を ϵ_0 とし，以下の問いに答えよ。導出過程も記すこと。

- (1) $R_2 < r$ における電場（電界）の大きさを求めよ。
- (2) 内球殻に存在する電荷の総量を求めよ。
- (3) 外球殻に存在する電荷の総量を求めよ。
- (4) $r < R_1$ における，電場（電界）の大きさを求めよ。
- (5) 内球殻と外球殻の電荷に注目し， $R_1 < r < R_2$ における，電場（電界）の大きさを求めよ。
- (6) 内球殻表面上で静止していた q の微小電荷をもつ質量 m の粒子が電場によって外球殻に向かって加速された。粒子が外球殻に到達する際の速さを求めよ。但し，粒子の電荷は十分に微小で前問の電場に影響を及ぼさないとせよ。

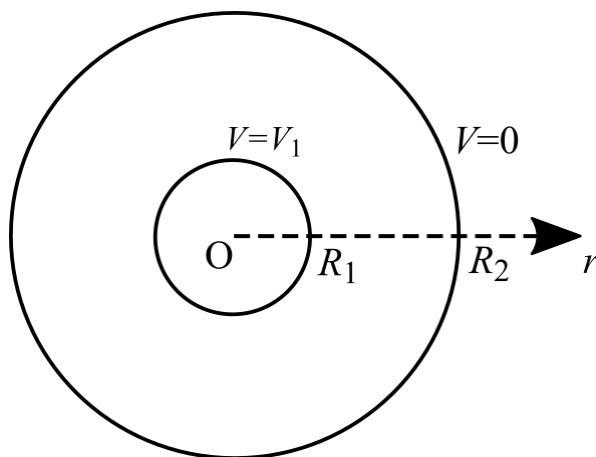


図 5－1

問題 [6]

1 と 2 はそれぞれ別の答案用紙に解答せよ。

1. 以下の問いに答えよ。

(1) 化学結合に関する以下の問い(i), (ii)に答えよ。

(i) イオン結合, 共有結合, 配位結合をそれぞれ 2 行程度で説明せよ。

(ii) エチレン, アセチレンの分子軌道を図示し, 各分子の化学結合の特徴をそれぞれ 2 行程度で説明せよ。

(2) 電池に関する以下の問い(i)～(iii)に答えよ。

(i) 電池の起電力 E の評価に用いられる Nernst の式を示し, この式について簡潔に説明せよ。

(ii) 電池 $\text{Pt}|\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}||\text{Ce}^{4+}, \text{Ce}^{3+}|\text{Pt}$ について, $\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}$, $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ の標準酸化還元電位をそれぞれ E^0 ($\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}$) = 1.61 V, $E^0(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+})$ = 0.77 V とするとき, この電池の標準起電力 E^0 を求めよ。

(iii) この電池の反応 $\text{Ce}^{4+} + \text{Fe}^{2+} = \text{Ce}^{3+} + \text{Fe}^{3+}$ の 25°C における平衡定数 K の対数値 $\log_{10}K$ 及び標準自由エネルギー ΔG^0 を求めよ。この反応が平衡に到達したとき, 溶液中のイオンはどのような状態になっているか 2 行程度で説明せよ。ただし, ファラデー定数 F は $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とし, $\log_e 10 = 2.303$ とせよ。

(問題 [6] は次ページへ続く)

2. Raoult の法則を導出する下記の文章の空欄(a) ~ (e)をうめよ。

温度 T_0 および圧力 P_0 においていずれも反応の起きない理想気体混合物(気相 v)と理想溶液混合物(液相 l)が気液平衡にあるための条件は、気相 v 、液相 l それぞれの成分 i の化学ポテンシャル μ_i^v 、 μ_i^l を用いれば、

$$\boxed{\hspace{15em} (a) \hspace{1em}} \quad (6-1)$$

となる。 μ_i^v 、 μ_i^l は、気体定数 R 、気相 v 、液相 l それぞれにおける成分 i のモル分率 x_i^v 、 x_i^l 、および気相 v 、液相 l それぞれ単位モルに含まれる量の純粋な成分 i が有する Gibbs 自由エネルギー $G_i^v(T_0, P_0)$ 、 $G_i^l(T_0, P_0)$ を用いて、

$$\mu_i^v = G_i^v(T_0, P_0) + R T_0 \ln x_i^v$$

$$\mu_i^l = G_i^l(T_0, P_0) + R T_0 \ln x_i^l$$

と表わされるので、これらを式(6-1)に代入すると、

$$\boxed{\hspace{15em} (b) \hspace{1em}} \quad (6-2)$$

となる。温度 T 、圧力 P において気相 v 単位モルに含まれる量の純粋な成分 i が有する Gibbs 自由エネルギーを $G_i^v(T, P)$ 、体積を V_i^v 、エントロピーを S_i^v とすれば、

$$dG_i^v(T, P) = V_i^v dP - S_i^v dT$$

であり、これを $T = T_0$ (一定)のもとで T_0 における成分 i の飽和蒸気圧 P_i^{sat} から P_0 まで積分して整理すると、

$$G_i^v(T_0, P_0) = \boxed{\hspace{15em} (c) \hspace{1em}} \quad (6-3)$$

となる。また液相が有する Gibbs 自由エネルギーに対する圧力の影響は無視できるので、

$$G_i^l(T_0, P_0) = \boxed{\hspace{15em} (d) \hspace{1em}} \quad (6-4)$$

である。ここで T_0 、 P_i^{sat} にある純粋な成分 i の気相と液相は気液平衡にあるので、

$$\boxed{\hspace{15em} (e) \hspace{1em}} \quad (6-5)$$

である。以上の式(6-2) ~ (6-5)を整理すると Raoult の法則、

$$x_i^v P_0 = x_i^l P_i^{\text{sat}}$$

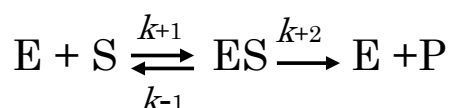
が得られる。

問題 [7]

1 と 2 はそれぞれ別の答案用紙に解答せよ。

1. 以下の問いに答えよ。

単一基質の酵素反応は、基質 S が酵素 E と複合体 ES を生成し、その複合体が分解して生産物 P を生じ同時に E が再生するとした次式で説明することができる。



ここで、 k_{+1} , k_{-1} , k_{+2} は反応速度定数とする。

Michaelis と Menten は複合体 ES を生成する反応が極めて速やかに平衡状態に達するとして、酵素反応速度 v を表す、いわゆる Michaelis-Menten の式を導いた。

- (1) Michaelis-Menten の式を導け。但し、 E , S , ES , P の濃度は e , S , c , p とし、最大酵素反応速度は V_m , Michaelis 定数 (複合体 ES の解離定数) は K_m とする。
- (2) Michaelis-Menten の式は基質濃度が極めて高いときと低いときでどのように近似できるかを示せ。また、そのことからこの式の持つ意味を例え話で説明せよ。
- (3) 酵素反応速度 v と基質濃度 S の関係をあらわすために Lineweaver-Burk プロットが用いられることがある。(1) で求めた Michaelis-Menten の式で示される関係を Lineweaver-Burk プロットしたときの概形を示せ。概形には切片と傾きも記入せよ。
- (4) 酵素反応の阻害の一つに拮抗阻害がある。拮抗阻害があるときの、Lineweaver-Burk プロットを (3) の図中に記入せよ (切片と傾きの具体的な値は記入の必要はない)。阻害がない場合と拮抗阻害がある場合でプロットの傾きと縦軸の切片を比較すると拮抗阻害の意味がよく理解できるといわれている。それは何故かを説明せよ。

(問題 [7] は次ページへ続く)

2. 次の文を読んで、以下の問いに答えよ。必要に応じて次のページのコドン表を用いよ。

ヒトのある常染色体劣性遺伝病の原因遺伝子は開始コドンのメチオニンを含めて754個のアミノ酸で構成されるタンパク質をコードする。この遺伝子のcDNAにおいて、開始コドンの最初の塩基の番号を1番とし、終止コドンに向かって、順に2番、3番、・・・とする。この時、終止コドンの最後の塩基の番号は A 番となる。

この遺伝子のcDNAの開始コドンの最初から10個の塩基の配列は以下のとおりである。

①ATGTGGAAACA

この遺伝子から作られるタンパク質の最初のアミノ酸はメチオニン、2番目のアミノ酸は ア 、3番目のアミノ酸は イ である。

この遺伝病の患者数名からリンパ球を採取し、この遺伝子のcDNAの②塩基配列を決定したところ、次のような変異が見つかった。

患者1：643番のCがTに変化

患者2：657番から661番の5塩基が欠失

変異部位周辺の正常な遺伝子配列は以下のとおりである（数えやすくするため、10個ごとに空白を挿入している）。

631番から720番まで

GATCTGTCAG GACGGCAGGA AAGAAAACAA ATCTTCAAAG GGAAAACATT
TATATTTTTTG AATGCCAAAC AGCATAAGAA ATTGAGTTCC

患者1の場合、変異の結果、この遺伝子から作られるタンパク質の開始コドンのメチオニンから数えて B 個目のアミノ酸が ウ から エ に変化する。このような変異を オ 変異という。患者2の場合、この遺伝子から作られるタンパク質の C 番までのアミノ酸配列は正常なタンパク質と同一であるが、それ以降のアミノ酸配列が大きく変化する。このような変異を カ 変異という。また、患者2でこの遺伝子から作られるタンパク質は開始コドンのメチオニンを含めて D 個のアミノ酸で構成される。

なお、患者2の両親は互いにいとこである。患者2の他にも、③この遺伝病では、両親が互いにいとこである症例が多く見つかった。

- (1) 下線部①の部分の相補鎖の塩基配列を5'から3'方向に記せ。
- (2) 下線部②「塩基配列」を決定する方法を一つ簡潔に説明せよ。
- (3) 空欄A～Dに入るべき適切な数を記せ。
- (4) 空欄ア～エに入るべき適切なアミノ酸名を記せ。
- (5) 空欄オ、カに入るべき適切な語を以下の選択肢から選べ。

＜選択肢＞サイレント、ナンセンス、ミスセンス、フレームシフト

- (6) 下線部③の理由について、考えられることを簡潔に述べよ。家系図を用いて説明してもよい。

(問題 [7] は次ページへ続く)

表7-1 コドン表

	U		C		A		G	
U	UUU	フェニル アラニン	UCU	セリン	UAU	チロシン	UGU	システイ ン
	UUC		UCC		UAC		UGC	
	UUA	ロイシン	UCA		UAA	終止	UGA	終止
	UUG		UCG		UAG		UGG	トリプト ファン
C	CUU	ロイシン	CCU	プロリン	CAU	ヒスチジ ン	CGU	アルギニ ン
	CUC		CCC		CAC		CGC	
	CUA		CCA		CAA	グルタミ ン	CGA	
	CUG		CCG		CAG		CGG	
A	AUU	イソロイ シン	ACU	トレオニ ン	AAU	アスパラ ギン	AGU	セリン
	AUC		ACC		AAC		AGC	
	AUA		ACA		AAA	リシン	AGA	アルギニ ン
	AUG	メチオニ ン	ACG		AAG		AGG	
G	GUU	バリン	GCU	アラニン	GAU	アスパラ ギン酸	GGU	グリシン
	GUC		GCC		GAC		GGC	
	GUA		GCA		GAA	グルタミ ン酸	GGA	
	GUG		GCG		GAG		GGG	

問題 [8]

1. 質量数 A , ミクロ核分裂断面積 σ_f [b], ミクロ吸収断面積 σ_a [b], 1回の核分裂で発生する中性子数 ν , 質量密度 ρ [$\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$]の単一の核種からなる均質な物質がある。一群中性子拡散理論を用いて以下の問いに答えよ。ただしアボガドロ数は N_A とする。

- (1) この物質が中性子束 $\phi[\text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}]$ の場にあるとき 1 cm^3 あたり 1秒間にこの物質に吸収される中性子の数を求めよ。
- (2) 無限に広がったこの物質中で中性子による核分裂連鎖反応が起きた場合, 1秒間にこの物質に吸収される中性子の数に対する 1秒間に発生する中性子の数の比を求めよ。
- (3) この物質で半径 $r_1[\text{cm}]$ の均質な球の原子炉をつくり真空中に置いたときの実効増倍係数を求めよ。ただしこの物質の中性子拡散係数は D [cm]であるとし, 外挿距離は無視せよ。なお, 必要であれば原子炉から中性子が漏れない確率 P_{NL} が,

$$P_{NL} = 1/(1 + L^2 B_g^2)$$

となることを用いてよい。ここで, L は中性子拡散距離, B_g^2 は幾何学的バックリングを表している。

2. 放射線計測で用いる電離箱の原理とその特徴について簡潔に説明せよ。

3. 原子力工学で用いられる次の用語について簡潔に説明せよ。

- (1) 劣化ウラン
- (2) MOX 燃料
- (3) 決定論的安全評価手法
- (4) ECCS