

数学

問題 [I] 次の漸化式で定義される数列 $\{a_n\}$ を考える。

$$\begin{cases} a_1 = 2 \\ a_{n+1} = \frac{2a_n}{1+a_n} \quad (n \geq 1) \end{cases}$$

$a_n = \frac{Q_n}{P_n}$ と既約分数 (P_n, Q_n は互いに素な自然数) と表す。このとき、以下の問に答えなさい。

- (1) 数列 $\{a_n\}$ の第 2 項 a_2 ，および第 3 項 a_3 を求めなさい。
- (2) $n \geq 2$ のとき，整数列 $\{P_n - Q_n\}$ の一般項を予想し，その予想が正しいことを数学的帰納法で証明しなさい。
- (3) $n \geq 2$ のとき， Q_{n+1} を Q_n で表し，一般項 Q_n を求めなさい。
- (4) $n \geq 2$ のとき，数列 $\{a_n\}$ の一般項 a_n を求めなさい。

問題〔Ⅱ〕 座標平面上の一直線上にない3点 $O(0, 0)$, $P(-3, 4)$, $Q(a, b)$ に対して, $\angle POQ = \theta$ ($0^\circ < \theta < 180^\circ$) とおく。ただし, $a > 0$, $b > 0$ とする。このとき, 以下の間に答えなさい。

(1) (1-1) $\cos \theta$ を a, b で表しなさい。

(1-2) $\sin \theta$ を a, b で表しなさい。

(1-3) 三角形 OPQ の面積を a, b で表しなさい。

(2) 点 Q が円 $C: (x-2)^2 + (y-3)^2 = 1$ の円周上を動くとき, 三角形 OPQ の面積の最大値と最小値を求めなさい。

問題 [III] 白玉 8 個と赤玉 4 個がはいっている袋から玉を 1 個取り出す試行を行う。このとき、次の間に答えなさい。

- (1) 取り出した玉は袋に戻さないとして、この袋から玉を 1 個ずつ順に 4 回（合計 4 個）取りだす。このとき、4 回目にはじめて赤玉が取り出される確率を求めなさい。
- (2) 取り出した玉は袋に戻さないとして、この袋から玉を 1 個ずつ順に 4 回（合計 4 個）取りだす。このとき、取り出された 4 個が赤玉 3 個、白玉 1 個である確率を求めなさい。
- (3) この袋から玉を 1 個取りだし、玉の色を確認して袋に戻す。この試行を 4 回繰り返したとき、取り出された 4 個が赤玉が 2 個、白玉 2 個である確率を求めなさい。
- (4) この袋から玉を 1 個取りだし、玉の色を確認して袋に戻す。この試行を初めて赤玉が取り出されるまで行う。（赤玉が取り出されたら試行を止める。）このとき、 k 回目に初めて赤玉が取り出されて試行を止める確率 $P(k)$ を求めなさい。さらに、 $\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n k P_k$ を求めなさい。

ただし、 $\lim_{n \rightarrow \infty} n r^n = 0$ ($0 \leq r < 1$) は証明なしで用いてよい。

問題 [IV] 座標平面上で点 $A(2, 1)$, および放物線 $C: y = f(x) = x^2 - 3x + 4$ を考える。点 A を通り, 放物線 C に接する 2 本の直線を l_1, l_2 とし, それぞれの接点を $P(a, f(a)), Q(b, f(b))$ とする。ただし,

$$l_1 \text{ の傾き} < l_2 \text{ の傾き}$$

とする。このとき, 次の問に答えなさい。

- (1) 2 接線 l_1, l_2 の方程式と接点 P, Q の座標を求めなさい。
- (2) 2 直線 l_1, l_2 および放物線 C で囲まれた図形の面積を求めなさい。
- (3) 点 $B(t, f(t))$ ($a < t < b$) が放物線 C 上の P, Q 間を動くとする。三角形 PQB の面積を $S(t)$ で表す。 $S(t)$ の方程式を求め, さらに $S(t)$ のそ最大値およびのときの t の値を求めない。

英語

【1】 次の英文を読み、問い（問1～6）に答えよ。

Introduction

(1) Adverse* social determinants of health (SDOH) include adverse social conditions associated with poor health (social risk) and an individual's preferences and priorities regarding assistance (social need). Many studies on use of emergency department* (ED) services are limited by analyzing data from single-hospital or a single health insurance system. We examined the association of social risk and social need with ED use by patients within a Medicaid* accountable care organization* (ACO) who were screened for adverse SDOH in primary care and whose ED use could be tracked by claims* at any site.

Methods

This study included patients enrolled for at least 11 of 13 months in a large academic Medicaid ACO between February 1, 2019, and February 29, 2020, who completed a social risk and need screening during a primary care visit. This time frame allowed us to track positive screen responses and avoid the numerous changes to screening and referral* pathways during the COVID-19 pandemic. The screening tool shown in List 1 was used to assess social risks and needs, and claims* data to assess ED use. Three or more positive responses to 9 assessed adverse SDOH indicated high social risk or need.

We used descriptive statistics to evaluate the association among patient factors, any ED visit, and high-frequency ED use (HFU [4 ED visits/year]), as well as participants self-reported demographic information. We estimated the odds of any ED visit and HFU during the study period for persons with vs without social risks and needs, adjusting for age, sex, race and ethnicity, and primary language.

Results

The ACO population included 77,524 patients, of whom 26,771 received screening during 29,972 individual patient encounters. Among those screened, 57% were pediatric patients* and 41% had an ED visit. A single-system analysis of visits would have missed 5,698 patients (52%) with 1 or more ED visits. Within the total sample, 4,303 patients (16%) had at least 4 ED visits and 1,910 (44%) would have been missed by a single-system analysis. After adjustment, social risk and social need were associated with any

ED use and HFU (Figure 1). Patients also had higher odds of an ED visit if they had high social risk, high social need, or both. Similarly, patients had higher odds of HFU if they had high social risk, high social need, or both. Most individual social needs and risks were independently associated with HFU.

Discussion

In this study, social needs and risks were associated with increased ED use and HFU. (2) Many high-frequency ED use would have been missed by a single-system analysis, indicating the importance of using claims data sets. Our study was limited by including only a Medicaid ACO population who attended primary care visits with screening, which may not represent individuals without insurance or primary care. Additionally, individuals may have differed by those who attended and did not attend appointments*. Regardless, the frequency of high risk and need among patients presenting* to the ED suggests (3) the ED may be an important venue for programs to identify and intervene on adverse SDO

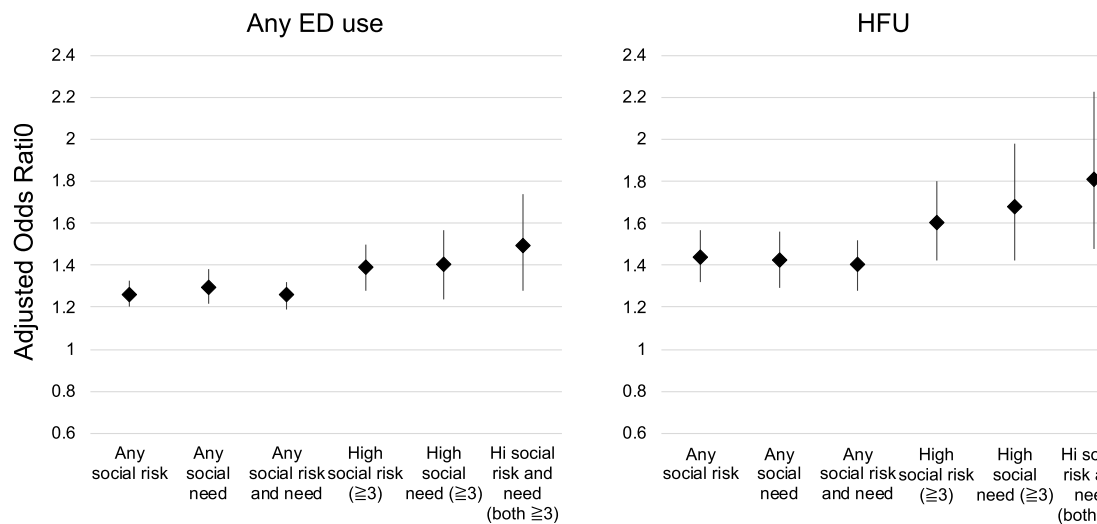


Figure 1. Association between social risk and/or need and the outcomes of ED use.

Table 1 (List 1). Adverse Social Determinants of health Institutional Screening Questionnaire

No.	Question	Answer
1	Within the past 12 months we were worried whether our food would run out before we got money to buy more.	• Never True • Sometimes True • Often True
2	Within the past 12 months the food we bought just didn't last and we didn't have money to get more.	• Never True • Sometimes True • Often True
3	What is your housing situation today?	• I do not have housing • I have housing
4	How many times have you moved in the past 12 months?	• Three or more times • Two times • One time • Zero
5	Are you worried that in the next 2 months, you may not have your own housing to live in?	• Yes • No
6	Do you have trouble paying your heating or electricity bill?	• Yes • No
7	Do you have trouble paying for medications?	• Yes • No
8	Are you currently unemployed and looking for work?	• Yes • No
9	Do you have trouble with childcare or the care of a family member?	• Yes • No
10	Would you like information today about any of the following topics?	• Transportation • Food • Housing • Paying utility bills • Paying for medications • Job search • Education • Childcare • Care for elder or disabled
11	In the last 12 months, have you received assistance from an organization or program to help you with any of the following:	• Transportation • Food • Housing • Paying utility bills • Paying for medications • Job search • Education • Childcare • Care for elder or disabled

[出典] Mayes KD, Cash RE, Schiavoni KH, et al. Social risk, social need, and use of the emergency department. *JAMA Netw Open.*, 7, e2352 (2024). (一部改変)

[*注] adverse: (健康に) 悪影響を与える /emergency department: 救急部、救急外来。救急外来は、米国で唯一、低所得者層にも垣根のない外来である

/Medicaid: 米国連邦政府が州政府と共同で行っている医療扶助事業で、民間企業による医療保険に加入することが難しい低所得者や障害者等を対象とした政府による医療給付制度

/accountable care organization: 医師、病院、その他ケア提供者が連携し重複サービス等を回避することで医療資源の効率的利用を図る一方、患者が（特に慢性疾患について）必要な時に適切なケアを受けることを保証しようとする制度。医療費の抑制と医療サービス質向上の両立を目指す 2010 年に成立した Affordable Care Act（オバマケア）の目玉の一つ

/referral: 紹介 /claims: 請求 /pediatric patient: 小児患者 /attend appointments: 予約した病院に行く /present: 受診した

問 1. 下線部(1)について、本研究で具体的に扱われる social risk の項目および social need の項目どちらにも含まれていない組み合わせは、下の選択肢のうちどれか。

1. Social risk	—	Social need
2. Transportation	—	Paying utility bills
3. Food	—	Paying for medications
4. Paying utility bills	—	High frequency ED use
5. Education	—	Primary care
6. Care of a family member	—	Housing

問 2. この研究の手法が従来の研究の手法より優れている点を 100 字以内で述べよ。

問 3. Figure 1 の左右のグラフから読み取れることを述べた下記の文章の空欄アおよびイを、日本語ないしは数字で埋めよ。

「ACO primary care adverse SDOH screening tool に対する解答で、social risk や social need の多くの項目に該当した患者ほど、救急外来利用者である割合（左）、高頻度救急外来利用者 [1 (ア) 間に (イ) 回以上利用] である割合（右）が高い」。

問 4. 下線部(2)を日本語に訳せ。

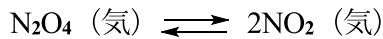
問 5. 下線部(3)の文章に含まれる米国特有の問題および日米共通の問題を、250 文字以内で指摘せよ。

問 6. 英文を読んで、これからの地域医療に求められることについて、あなたの考えを 250 文字以内で述べよ。

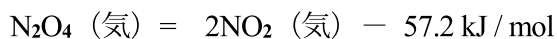
化学

つぎの文章を読んで、以下の問いに答えなさい。

ピストンのついたシリンダーに四酸化二窒素 N_2O_4 を n [mol] 入れ、体積を V [L] に保ったところ、温度 T [K] でその一部が解離して、二酸化窒素 NO_2 を生じ、次式のような平衡に達した。



熱化学方程式では以下のように表される。



また、濃度平衡定数 K_c および圧平衡定数 K_p は、それぞれ以下の式で表される。

$$K_c = \frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]} \quad K_p = \frac{(p\text{NO}_2)^2}{p\text{N}_2\text{O}_4}$$

ここで、 $[\text{NO}_2]$ 、 $[\text{N}_2\text{O}_4]$ は NO_2 と N_2O_4 のモル濃度 [mol/L]， $p\text{NO}_2$ 、 $p\text{N}_2\text{O}_4$ は NO_2 と N_2O_4 の分圧 [Pa] を表す。

問 1 つぎの化学平衡に関する記述のうち、正しいものの組合せを①～⑩から 1 つ選び、番号で答えなさい。

- a 平衡状態では、正反応と逆反応の反応速度が共に 0 になる。
- b 温度が変化しても、濃度平衡定数は変化しない。
- c 触媒を加えると、平衡の移動が起こる。
- d ルシャトリエの原理は、気液平衡においても成り立つ。
- e 固体と液体が関係する化学平衡の場合には、固体の量を多少増減させたとしても平衡の移動は起こらない。

- | | | | | | | | | | |
|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|---|--------|
| ① | (a, b) | ② | (a, c) | ③ | (a, d) | ④ | (a, e) | ⑤ | (b, c) |
| ⑥ | (b, d) | ⑦ | (b, e) | ⑧ | (c, d) | ⑨ | (c, e) | ⑩ | (d, e) |

問 2 下線部について、温度一定で圧力を増加させると、平衡はどのようなになるか。40 字程度で説明しなさい。

問 3 下線部の平衡状態において、 N_2O_4 の解離度を α とするとき、濃度平衡定数 K_c はどのように表せるか答えなさい。

問 4 下線部の平衡状態において、濃度平衡定数 K_c と圧平衡定数 K_p にはどのような関係式が成り立つか答えなさい。ただし、気体定数を R [$\text{Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$] とする。

問 5 下線部について、ピストンを固定したまま平衡状態にした。このときの N_2O_4 の解離度を α とするとき、その全圧はシリンダーに N_2O_4 を加えた直後の圧力と比較して何倍になっているか答えなさい。

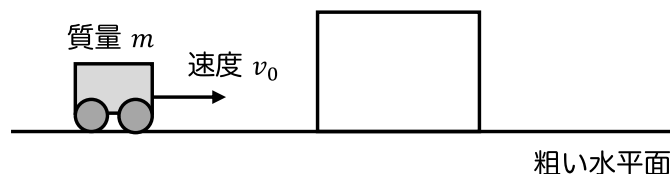
問 6, 7 $1.0 \times 10^{-1} \text{ mol}$ の N_2O_4 を 1.0 L の容器に入れて 320 K にしたところ、 N_2O_4 は解離して平衡状態となり、 N_2O_4 と NO_2 の混合物となった。 N_2O_4 の解離度を調べたところ、 0.20 であった。以下の問いに答えなさい。なお、計算過程も示しなさい。

問 6 平衡状態における気体の全圧は何 Pa になるか。有効数字 2 桁で答えなさい。

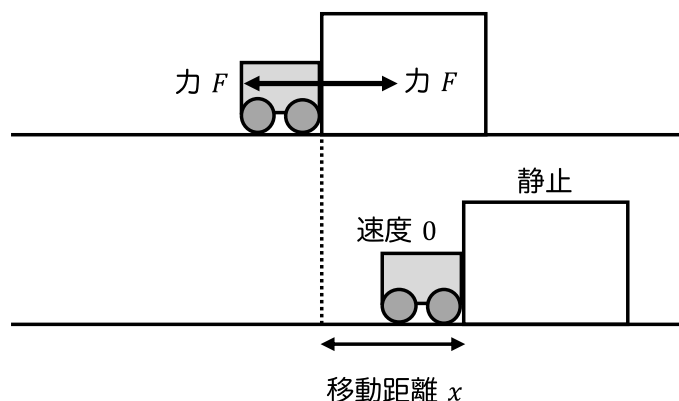
問 7 反応を開始して平衡状態になるまでに吸収された熱は、全部で何 kJ か。有効数字 2 桁で答えなさい。

物理

質量 m の台車が、粗い水平面上を右向きに速さ v_0 で等速直線運動している（下図）。台車は水平面から摩擦などの影響を一切受けないものとする。



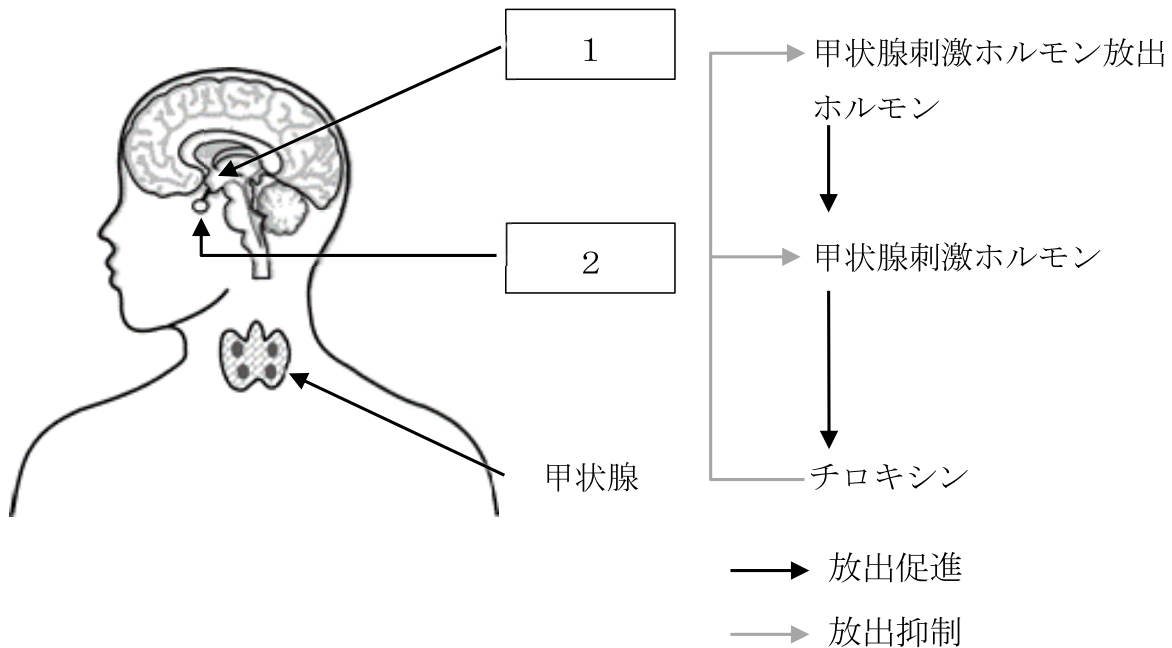
水平面上に置かれた物体に接触した時点から、台車は一定の力 F で物体を押し始める（下図）。また、作用・反作用の法則から台車も物体から同じ大きさで逆向きの力を受ける。台車が物体を押し始めてからの移動距離が x に達した時点で台車も物体も静止した。図の右向きを正の方向とし、台車と物体は紙面と平行な方向にのみ運動しているとして以下の問いに答えなさい。



- 問 1. 台車が物体を押している間の加速度を a とし、その間の運動方程式を答えなさい。
- 問 2. 台車が物体を押し始めて静止するまでに物体に対してした仕事 W の大きさを答えなさい。
- 問 3. 台車が物体を押し始めた時点の時刻を $t = 0$ として、台車の速度 $v(t)$ と押し始めてからの移動距離 $y(t)$ を時刻 t の関数として答えなさい。
- 問 4. 台車の速度が 0 になる時刻を求めなさい。
- 問 5. 台車が物体を押し始めて静止するまでの移動距離 x を答えなさい。
- 問 6. 台車が物体に対してした仕事 W の大きさが、物体を押し始める以前の台車の運動エネルギーに等しいことを示しなさい。

生物

次の図の 1 ～ 2 はチロキシンの分泌を調節するホルモンを放出する分泌器官を示している。以下の（１）～（３）に答えなさい。



（１）図の 1 ～ 2 に当てはまる臓器の名前を次のリストから選び、解答欄にマークしなさい。

- | | | | |
|---------|---------|--------|--------|
| ① 松果体 | ② 副甲状腺 | ③ 甲状腺 | ④ 視床下部 |
| ⑤ 下垂体前葉 | ⑥ 下垂体後葉 | ⑦ 副腎皮質 | ⑧ 副腎髄質 |

（２）2 が機能不全を起こすと、血液中の甲状腺刺激ホルモン放出ホルモン及びチロキシンの濃度は健常者と比べてどう変化するか、その理由も含めて説明しなさい。ただし、解答には 1 ～ 2 に選んだ臓器の名前、及びそれぞれの臓器から放出されるホルモンの名前をすべて含めること。

（３）橋本病は甲状腺の機能不全を起こす疾患である。この時、血液中の甲状腺刺激ホルモン放出ホルモン及び甲状腺刺激ホルモンの濃度は健常者と比べてどう変化するか、その理由も含めて説明しなさい。ただし、解答には 1 ～ 2 に選んだ臓器の名前、及びそれぞれの臓器から放出されるホルモンの名前をすべて含めること。

[I] 解答

(1)

$$a_2 = \frac{2a_1}{1+a_1} = \frac{2 \cdot 2}{1+2} = \frac{4}{3}, \quad a_3 = \frac{2a_2}{1+a_2} = \frac{2 \cdot \frac{4}{3}}{1+\frac{4}{3}} = \frac{\frac{8}{3} \times 3}{\frac{7}{3} \times 3} = \frac{8}{7}$$

(2) (1) と同様に, $a_4 = \frac{16}{15}$, $a_5 = \frac{32}{31}$ 。ゆえに,

$$P_n - Q_n = -1 \quad (n \geq 2) \cdots (*)$$

と予想し, これが正しいことを数学的帰納法で示す。

$n = 2$ のとき, $P_2 = 3$, $Q_2 = 4$ より $P_2 - Q_2 = 3 - 4 = -1$, (P_2 , Q_2 互いに素) であるので $(*)$ が成立。ある $k \geq 2$ に対して, $(*)$ が成立すると仮定する。即ち, $a_k = \frac{Q_k}{P_k}$, $P_k - Q_k = -1$ (P_k , Q_k は互いに素な自然数) が成り立つとする。

$$a_{k+1} = \frac{2Q_k/P_k}{1+Q_k/P_k} = \frac{2Q_k}{P_k+Q_k} = \frac{2Q_k}{(Q_k-1)+Q_k} = \frac{2Q_k}{2Q_k-1}.$$

$2Q_k$ と $2Q_k - 1$ の公約数は $2Q_k - (2Q_k - 1) = 1$ の公約数なので, $2Q_k$ と $2Q_k - 1$ は互いに素。したがって, $P_{k+1} = 2Q_k - 1$, $Q_{k+1} = 2Q_k$,

$$P_{k+1} - Q_{k+1} = (2Q_k - 1) - 2Q_k = -1$$

となり, $n = k + 1$ の場合も $(*)$ 成立する。数学的帰納法により, $n \geq 2$ を満たす全ての n に対して $P_n - Q_n = -1$ が成立する。

(3) (2) の証明の議論より, $Q_2 = 4$, $Q_{n+1} = 2Q_n$ ($n \geq 2$) なので,

$$Q_n = 4 \cdot 2^{n-2} = 2^n \quad (n \geq 2)$$

(4) $P_n = Q_n - 1 = 2^n - 1$ ($n \geq 2$) より,

$$a_n = \frac{Q_n}{P_n} = \frac{2^n}{2^n - 1} \quad (n \geq 2)$$

[II] 解答 (1-1) 余弦定理より,

$$\begin{aligned}\cos \theta &= \frac{OP^2 + OQ^2 - PQ^2}{2 \cdot OP \cdot OQ} = \frac{(-3)^2 + 4^2 + a^2 + b^2 - (a+3)^2 - (b-4)^2}{2\sqrt{(-3)^2 + 4^2}\sqrt{a^2 + b^2}} \\ &= \frac{9 + 16 + a^2 + b^2 - a^2 - 6a - 9 - b^2 + 8b - 16}{2\sqrt{9 + 16}\sqrt{a^2 + b^2}} \\ &= \frac{-6a + 8b}{2\sqrt{25}\sqrt{a^2 + b^2}} = \frac{-3a + 4b}{5\sqrt{a^2 + b^2}}.\end{aligned}$$

(1-2) $0^\circ < \theta < 180^\circ$ より, $\sin \theta = \sqrt{1 - \cos^2 \theta}$. ゆえに,

$$\begin{aligned}\sin \theta &= \sqrt{1 - \frac{(-3a + 4b)^2}{25(a^2 + b^2)}} = \frac{\sqrt{25(a^2 + b^2) - (-3a + 4b)^2}}{5\sqrt{a^2 + b^2}} \\ &= \frac{\sqrt{25a^2 + 25b^2 - 9a^2 + 24ab - 16b^2}}{5\sqrt{a^2 + b^2}} \\ &= \frac{\sqrt{16a^2 + 24ab + 9b^2}}{5\sqrt{a^2 + b^2}} = \frac{4a + 3b}{5\sqrt{a^2 + b^2}}.\end{aligned}$$

(1-3) 三角形 OPQ の面積を S とおく。

$$S = \frac{1}{2} \cdot OP \cdot OQ \cdot \sin \theta = \frac{5\sqrt{a^2 + b^2}}{2} \cdot \frac{4a + 3b}{5\sqrt{a^2 + b^2}} = \frac{4a + 3b}{2}.$$

(2) $\frac{4x + 3y}{2} = k$, 即ち $4x + 3y = 2k$ とおく。直線 $\ell: 4x + 3y - 2k$ と円 C が共有点をもつときの k の最大値・最小値を求めればよい。これは円の中心 $(2, 3)$ と直線 ℓ の距離が 1 以下の時に限るので,

$$\begin{aligned}\frac{|4 \cdot 2 + 3 \cdot 3 - 2k|}{\sqrt{3^2 + 4^2}} &= \frac{|17 - 2k|}{5} \leq 1, \quad -5 \leq 17 - 2k \leq 5 \\ \frac{17 - 5}{2} &\leq k \leq \frac{17 + 5}{2}, \quad \therefore 6 \leq k \leq 11\end{aligned}$$

最大値は 11。このとき, Q の座標は $y = \frac{22}{3} - \frac{4x}{3}$ を円の方程式に代

[II] (解答続き)

入し

$$\begin{aligned}(x-2)^2 + \left(\frac{22}{3} - \frac{4x}{3} - 3\right)^2 &= 1 \\ (1 + 16/9)x^2 - (4 + 104/9)x + 4 + 169/9 - 1 &= 0 \\ \frac{25}{9}x^2 - \frac{140}{9}x + 196/9 &= \frac{1}{9}(5x - 14)^2 = 0, \\ x = 14/5, \quad y = 22/3 - (4/3) \cdot (14/5) &= (110 - 56)/15 \\ &= 54/15 = 18/5 \quad \therefore Q(14/5, 18/5)\end{aligned}$$

最小値は 6。このとき、Q の座標は $y = 4 - \frac{4x}{3}$ を円の方程式に代入し

$$\begin{aligned}(x-2)^2 + \left(4 - \frac{4x}{3} - 3\right)^2 &= 1 \\ (1 + 16/9)x^2 - (4 + 8/3)x + 4 + 1 - 1 &= 0 \\ \frac{25}{9}x^2 - \frac{20}{3}x + 4 &= \frac{1}{9}(5x - 6)^2 = 0, \\ x = 6/5, \quad y = 4 - (4/3) \cdot (6/5) &= 4 - 8/5 \\ &= 12/5 \quad \therefore Q(6/5, 12/5)\end{aligned}$$

(交点の別解) 円の中心 (2, 3) を通り、 ℓ と直交する直線 ℓ' は

$$3x - 4y = 3 \cdot 2 - 4 \cdot 3 = -6, \quad \therefore 3x - 4y + 6 = 0.$$

ℓ と ℓ' の交点が最大・最小を与える点となるので、

$$\begin{cases} 4x + 3y - 2k = 0 & \cdots \text{(i)} \\ 3x - 4y + 6 = 0 & \cdots \text{(ii)} \end{cases}$$

$$4 \times \text{(i)} + 3 \times \text{(ii)}, \quad 3 \times \text{(i)} - 4 \times \text{(ii)},$$

$$\begin{cases} 25x - 8k + 18 = 0 & \cdots x = (8k - 18)/25 \\ 25y - 6k - 24 = 0 & \cdots y = (6k + 24)/25 \end{cases}$$

$$\begin{aligned}k = 11 \text{ のとき, } x &= (88 - 18)/25 = 70/25 = 14/5, \\ y &= (66 + 24)/25 = 90/25 = 18/5. \quad \therefore Q(14/5, 18/5).\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}k = 6 \text{ のとき, } x &= (48 - 18)/25 = 30/25 = 6/5, \\ y &= (36 + 24)/25 = 60/25 = 12/5. \quad \therefore Q(6/5, 12/5).\end{aligned}$$

[II] (解答続き)

(1-2) 以降の別解

点 Q と直線 OP : $4x + 3y = 0$ 距離は,

$$\frac{|4a + 3b|}{\sqrt{4^2 + 3^2}} = \frac{4a + 3b}{5}.$$

(1-3) 三角形 OPQ の面積は,

$$\frac{1}{2} \cdot \text{OP} \cdot \frac{4a + 3b}{5} = \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot \frac{4a + 3b}{5} = \frac{4a + 3b}{2}.$$

(1-2) OPQ の面積 $\frac{4a + 3b}{2} = \frac{1}{2} \cdot \text{OP} \cdot \text{OQ} \cdot \sin \theta$ より,

$$\sin \theta = \frac{4a + 3b}{2} \times \frac{2}{\text{OP} \cdot \text{OQ}} = \frac{4a + 3b}{5\sqrt{a^2 + b^2}}.$$

(2) 題意より, $a = 2 + \cos t$, $b = 3 + \sin t$ とおける。

$$\begin{aligned} \frac{4a + 3b}{2} &= \frac{4(2 + \cos t) + 3(3 + \sin t)}{2} = \frac{4 \cos t + 3 \sin t + 17}{2} \\ &= \frac{1}{2}(17 + 5 \sin(t + \alpha)) \quad (\cos \alpha = 3/5, \sin \alpha = 4/5) \end{aligned}$$

ゆえに, $t = \pi/2 - \alpha$ ($a = 2 + 4/5 = 14/5$, $b = 3 + 3/5 = 18/5$, $Q(14/5, 18/5)$) のとき, 面積は $(17 + 5)/2 = 11$ で最大。

$t = -\pi/2 - \alpha$ ($a = 2 - 4/5 = 6/5$, $b = 3 - 3/5 = 12/5$, $Q(6/5, 12/5)$) のとき, 面積は $(17 - 5)/2 = 6$ で最小。

[III] 解答 (1) 求める確率は、白が連続 3 回、4 回目に赤が出るので

$$\frac{8}{12} \cdot \frac{7}{11} \cdot \frac{6}{10} \cdot \frac{4}{9} = \frac{2}{3} \cdot \frac{7}{11} \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{9} = \frac{56}{495}$$

(2) 1 回目に白玉，残りは全て赤玉の確率は

$$\frac{8}{12} \cdot \frac{4}{11} \cdot \frac{3}{10} \cdot \frac{2}{9} = \frac{2}{3} \cdot \frac{4}{11} \cdot \frac{3}{10} \cdot \frac{2}{9} = 1 \cdot \frac{4}{11} \cdot \frac{1}{5} \cdot \frac{2}{9} = \frac{8}{495}$$

同様に，2 回目に白玉，残り赤玉の確率，3 回目に白玉，残り赤玉の確率，4 回目に白玉，残り赤玉の確率も全て $\frac{8}{495}$ 。ゆえに，求める確率は，

$$4 \cdot \frac{8}{495} = \frac{32}{495}.$$

(3) 1 個取り出すとき，赤玉の確率は $1/3$ ，白玉の確率は $2/3$ より，求める確率は，

$${}_4C_2 \left(\frac{1}{3}\right)^2 \cdot \left(\frac{2}{3}\right)^2 = 6 \cdot \frac{1}{3^2} \cdot \frac{2^2}{3^2} = \frac{8}{27}$$

(4) 1 回目から $k-1$ 回目が白玉， k 回目が赤玉なので，

$$P(k) = \left(\frac{2}{3}\right)^{k-1} \cdot \left(\frac{1}{3}\right)^1 = \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{2}{3}\right)^{k-1}.$$

$$S(n) = \frac{1}{3} \sum_{k=1}^n k \left(\frac{2}{3}\right)^{k-1} \quad \text{とおくと，}$$

$$S(n) - \frac{2}{3}S(n) = \frac{1}{3} \sum_{k=1}^n (k - (k-1)) \left(\frac{2}{3}\right)^{k-1} - \frac{1}{3} \cdot n \left(\frac{2}{3}\right)^n$$

$$\frac{1}{3}S(n) = \frac{1}{3} \sum_{k=1}^n \left(\frac{2}{3}\right)^{k-1} - \frac{1}{3} \cdot n \left(\frac{2}{3}\right)^n$$

$$S(n) = \frac{1 - \left(\frac{2}{3}\right)^n}{1 - \frac{2}{3}} - n \left(\frac{2}{3}\right)^n$$

$$= 3 \left\{ 1 - \left(\frac{2}{3}\right)^n \right\} - n \left(\frac{2}{3}\right)^n \rightarrow 3 \quad (n \rightarrow \infty).$$

$$\text{したがって，} \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n k P_k = \lim_{n \rightarrow \infty} S(n) = 3.$$

[IV] 解答 (1) 点 A(2, 1) を通る, C の接線を $y = kx + 1 - 2k$ とおく。

$y = kx + 1 - 2k$ を $y = x^2 - 3x + 4$ に代入すると,

$$\begin{aligned} kx + 1 - 2k &= x^2 - 3x + 4 \\ x^2 - (3 + k)x + (2k + 3) &= 0 \cdots (*) \end{aligned}$$

(*) が重解をもつので,

$$\begin{aligned} (\text{判別式})/4 &= D/4 = \{-(3 + k)\}^2 - 4(2k + 3) = k^2 - 2k - 3 \\ &= (k + 1)(k - 3) = 0 \end{aligned}$$

を解いて, $k = -1, 3$.

$\ell_1: y = -x + 3$, 接点 P の座標は

$$\begin{aligned} x^2 - 3x + 4 &= -x + 3, \quad x^2 - 2x + 1 = (x - 1)^2 = 0, \\ \therefore x &= 1, \quad y = -1 + 3 = 2 \text{ より, } (1, 2)。 \end{aligned}$$

$\ell_2: y = 3x - 5$, 接点 Q の座標は

$$\begin{aligned} x^2 - 3x + 4 &= 3x - 5, \quad x^2 - 6x + 9 = (x - 3)^2 = 0, \\ \therefore x &= 3, \quad y = 9 - 5 = 4 \text{ より, } (3, 4)。 \end{aligned}$$

(2) 求める面積は,

$$\begin{aligned} &\int_{-1}^2 \{x^2 - 3x + 4 - (-x + 3)\} dx + \int_2^3 \{x^2 - 3x + 4 - (3x - 5)\} dx \\ &= \int_1^2 (x - 1)^2 dx + \int_2^3 (x - 3)^2 dx = \left[\frac{1}{3}(x - 1)^3 \right]_1^2 + \left[\frac{1}{3}(x - 3)^3 \right]_2^3 \\ &= \frac{1}{3}(2 - 1)^3 - \frac{1}{3}(2 - 3)^2 = \frac{1}{3} + \frac{1}{3} = \frac{2}{3} \end{aligned}$$

(3) 求める面積 $S(t)$ は,

$$\begin{aligned} S(t) &= \frac{1}{6}(3 - 1)^3 - \frac{1}{6}(t - 1)^3 - \frac{1}{6}(3 - t)^3 \\ &= \frac{1}{6} \left(8 - \{(t - 1)^3 + (3 - t)^3\} \right) \\ &= \frac{1}{6} \left(8 - \{t^3 - 3t^2 + 3t - 1 - t^3 + 9t^2 - 27t + 27\} \right) \\ &= \frac{1}{6} \left(-6t^2 + 24t - 18 \right) = -t^2 + 4t - 3 \end{aligned}$$

$S(t) = -(t - 2)^2 + 1$ より, $t = 2$ のとき, $S(t)$ は最大値 $S(2) = 1$ をとる。

英語（解答例）

問 1. 4

問 2. 単一の医療施設のデータではなく、メディケイド ACO の患者という大規模データを用いて研究することで、統計的に確度の高い結果が得られると期待できる点（77字）。

問 3. ア. 年、イ. 4

問 4. 高頻度の救急外来受診の多くは、単一システムによる分析では見逃されていたであろう。

問 5. 低所得者層や障害者が十分な医療サービスを受けられるかどうかの問題は、国民皆保険制度が十分とはいえない米国特有の問題である。一方、健康に悪影響を与える社会的決定要因を同定して改善することは、本研究が行われた米国のみならず、高齢化が進み医療費の更なる圧迫が予測される日本にも共通する問題であると考ええる。具体的には、国民の健康増進のためにどのような政策を行うのか、また限られた財源をどの領域に重点的に配分のかなどを明確にしていく必要がある。（221字）

問 6. 以下に3つの回答案を示す。

1. 【回答案1：課題文に忠実】地域医療には、救急医療の頻回利用を少なくするあり方が求められる。本研究結果は、社会的決定要因を同定して改善する政策が問題の解決につながる可能性を示している。具体的には、交通手段、食事、住宅、光熱費や薬剤費の支払い、職探し、教育や育児への困難さの程度に注目することが手掛かりとなる。全住民の状況を確認することが理想であるが、まずは本論が示唆しているように、救急を頻回利用する患者に社会的決定要因のアセスメントを行い、多くの要因を抱えている患者に重点的に支援することが、実効性ある取り組みであると考ええる。（250字）
2. 【回答案2：総合診療医】地域医療には、救急医療の頻回利用を少なくするあり方が求められる。本研究結果は、社会的決定要因を同定して改善する政策が問題の解決につながる可能性を示しており、地域医療における総合診療の機能を高めることが必要である。たとえば診察の時に、患者が交通手段、食事、住宅、教育や育児への困難さをかかえているかを把握し、必要であればかかえている困難さを軽減する助言を行うことは効果的であろう。今回の診察までに救急を利用したかを確認し、頻回に利用している患者に重点的に支援することも実効性ある取り組みであると考ええる。（250字）
3. 【回答案3：地域保健等との協力（「社会的処方」）】地域医療には、救急医療の頻回利用を少なくするあり方が求められる。社会的決定要因を同定することが第1歩であるものの、社会的決定要因は、狭義の地域医療の範囲とは一般的に考えられていない。したがって地域医療は、社会的決定要因を扱う地域の社会資源との連携を強化する必要がある。診察の時に、患者が交通手段、食事、住宅、教育や育児への困難さをかかえているかを把握し、必要であれば適切な社会資源を紹介することが、地域医療には求められると考える。今回の診察までに救急を利用したかを確認することも手掛かりになるだろう。（250字）

理科・化学（解答例）

問1 ⑩

問2 N_2O_4 が生成する方向に反応が進み、全体の気体分子数が減少するように平衡が移動する。

問3
$$\frac{4\alpha^2 n}{(1-\alpha)V}$$

問4
$$K_p = K_c \times RT$$

問5 $(1 + \alpha)$ 倍

問6 求める気体の全圧を p [Pa] とすると、

$$p = \frac{nRT}{V} = \frac{1.0 \times 10^{-1} \times (1 + 0.20) \times 8.31 \times 320}{1.0} \approx 3.2 \times 10^5 \text{ Pa}$$

となる。

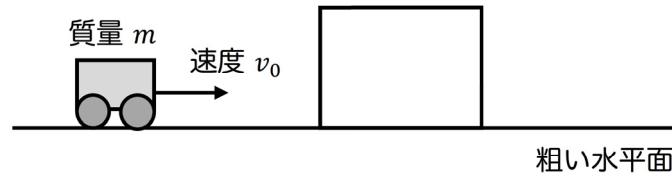
問7 N_2O_4 の分解反応は吸熱反応である。平衡状態になるまでに、 $1.0 \times 10^{-1} \times 0.2 \text{ mol}$ の N_2O_4 が分解されたことになるので、吸熱量は、

$$57.2 \times 1.0 \times 10^{-1} \times 0.2 \approx 1.1 \text{ kJ}$$

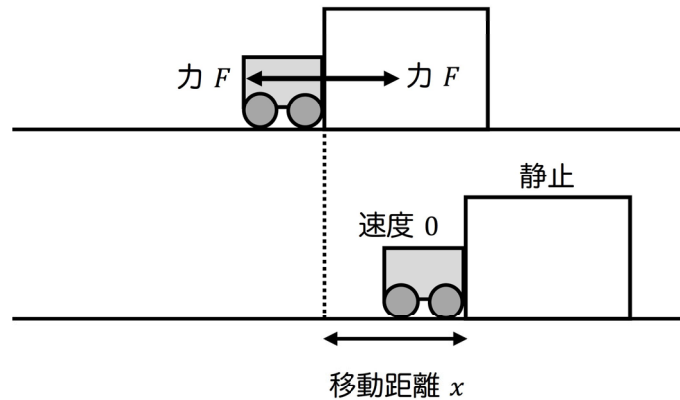
となる。

理科・物理（解答例）

質量 m の台車が、粗い水平面上を右向きに速さ v_0 で等速直線運動している（下図）。台車は水平面から摩擦などの影響を一切受けないものとする。



水平面上に置かれた物体に接触した時点から、台車は一定の力 F で物体を押し始める（下図）。また、作用・反作用の法則から台車も物体から同じ大きさで逆向きの力を受ける。台車が物体を押し始めてからの移動距離が x に達した時点で台車も物体も静止した。図の右向きを正の方向とし、台車と物体は紙面と平行な方向にのみ運動しているとして以下の問いに答えなさい。



問 1. 台車が物体を押している間の加速度を a とし、その間の運動方程式を答えなさい。

$$ma = -F$$

問 2. 台車が物体を押し始めて静止するまでに物体に対してした仕事 W の大きさを答えなさい。

$$W = Fx$$

問 3. 台車が物体を押し始めた時点の時刻を $t = 0$ として、台車の速度 $v(t)$ と押し始めてからの移動距離 $y(t)$ を時刻 t の関数として答えなさい。

$$v(t) = -\frac{F}{m}t + v_0$$

$$y(t) = -\frac{F}{2m}t^2 + v_0t$$

問4. 台車の速度が0になる時刻を求めなさい。

$$v(t) = 0 \text{ から}$$

$$t = \frac{mv_0}{F}$$

問5. 台車が物体を押し始めて静止するまでの移動距離 x を答えなさい。

$$x = -\frac{F}{2m}\left(\frac{mv_0}{F}\right)^2 + v_0\frac{mv_0}{F} = \frac{1}{2}\frac{mv_0^2}{F}$$

問6. 台車が物体に対してした仕事 W の大きさが, 物体を押し始める以前の台車の運動エネルギーに等しいことを示しなさい。

$$W = Fx = \frac{1}{2}mv_0^2$$

理科・生物（解答例）

(1) 図の ～ に当てはまる臓器の名前を次のリストから選び、解答欄にマークしなさい。

- | | | | |
|----------|----------|--------|--------|
| ① 松果体 | ② 副甲状腺 | ③ 甲状腺 | ④ 視床下部 |
| ⑤ 脳下垂体前葉 | ⑥ 脳下垂体後葉 | ⑦ 副腎皮質 | ⑧ 副腎髄質 |

解答

1 - ④

2 - ⑤

(2) が機能不全を起こすと、血液中の甲状腺刺激ホルモン放出ホルモン及びチロキシンの濃度は健常者と比べてどう変化するか、その理由も含めて説明しなさい。ただし、解答には ～ に選んだ臓器の名前、及びそれぞれの臓器から放出されるホルモンの名前をすべて含めること。

解答(例)

脳下垂体前葉の機能低下により、甲状腺刺激ホルモンの分泌量が減少するため血液中のチロキシン濃度は低下する。一方、視床下部の甲状腺刺激ホルモン放出ホルモンを放出する細胞の働きは血液中のチロキシンによって抑制されている。チロキシン濃度が低下すると、抑制が解除されるため、甲状腺刺激ホルモン放出ホルモンの放出が促進され、血中濃度が高まる。

(3) 橋本病は甲状腺の機能不全を起こす疾患である。この時、血液中の甲状腺刺激ホルモン放出ホルモン及び甲状腺刺激ホルモンの濃度は健常者と比べてどう変化するか、その理由も含めて説明しなさい。ただし、解答には ～ に選んだ臓器の名前、及びそれぞれの臓器から放出されるホルモンの名前をすべて含めること。

解答(例)

視床下部からの甲状腺刺激ホルモン放出ホルモン、および脳下垂体前葉からの甲状腺刺激ホルモン放出はチロキシンによって抑制される。橋本病では、甲状腺からのチロキシンの分泌が抑制されるため、これらの分泌器官が脱抑制され、よって上記のホルモンの放出が促進されて血中濃度が高まる。