

令和7年度 学力検査や試験問題の内容

北海学園大学大学院工学研究科

- 1) 別紙の通り公表します。著作権等の問題により公表しない科目については、工学研究科事務室にて閲覧のみ可能です。希望者はお問い合わせください。

【修士課程】

電子情報生命工学専攻第Ⅰ期 一般

電子情報生命工学専攻第Ⅱ期 一般

- 2) 志願者なしまたは筆記試験未実施のため公表しません。

【修士課程】

建設工学専攻第Ⅰ期 一般・社会人・外国人

建設工学専攻第Ⅱ期 一般・社会人・外国人

電子情報生命工学専攻第Ⅰ期 社会人・外国人

電子情報生命工学専攻第Ⅱ期 社会人・外国人

【博士（後期）課程】

建設工学専攻 一般・社会人・外国人

電子情報生命工学専攻 一般・社会人・外国人

令和 7 年度 北海学園大学大学院工学研究科

電子情報生命工学専攻修士課程

第 I 期 一般

情報理論

1

情報理論に関する以下の（ア）～（コ）の説明のうち、正しいものには○を、間違っているものには×を回答欄に記入しなさい。

- （ア） 情報源符号化は、情報源記号 1 個あたりの平均符号長をできるだけ小さくするという目的で用いられる。
- （イ） ある確率変数 X と Y について、その値を両方知ることにより得られる平均情報量 $H(X, Y)$ は、個別に知ることによって得られる平均情報量 $H(X)$ および $H(Y)$ を足した値に必ずなる。
- （ウ） 記憶のない情報源においては、各時点で情報源から出力される記号はそれぞれ独立した生起確率の分布を持つ。
- （エ） 記憶のあるなしにかかわらず一般的に定常情報源 S の n 次エントロピー $H_n(S)$ は、情報源 S の 1 次エントロピー $H_1(S)$ の n 倍に等しい。
- （オ） 情報源符号化において、ある符号が語頭条件を満たすならばその符号は瞬時符号であるといえる。
- （カ） 情報源記号ごとに符号語を割り当てる場合、ハフマン符号よりも平均符号長が小さい符号は存在しない。
- （キ） 通信路のビット誤り率が同じであるなら、記憶のある通信路よりも記憶のない通信路のほうが通信路容量は大きい。
- （ク） 通信路符号化定理によれば、通信路容量を超えないような情報速度ならばいくらかでも精度よく通信する符号を作ることができる。
- （ケ） 2 元通信路の通信路符号において、 $(12, 7)$ 組織符号と $(10, 6)$ 組織符号とでは、 $(12, 7)$ 組織符号のほうが効率が良い。
- （コ） 長さ 10 の情報ビットの列を単一パリティ検査符号で通信路符号化すると、その符号語の長さは 11 になる。

情報理論

2

情報源アルファベットが $A = \{a, b, c, d, e\}$ の記憶のない 5 元情報源 S を考える。この情報源 S の各記号の生起確率が次の表で与えられるとき、以下の (1) から (4) の問いに答えよ。

記号	a	b	c	d	e
生起確率	$\frac{6}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{2}{16}$	$\frac{2}{16}$

底が 2 の対数表

x	$\log_2 x$
3	1.585
4	2.000
5	2.322
6	2.585
7	2.807
8	3.000
9	3.170
10	3.322

- (1) この情報源 S に対して、ハフマン符号を一つ求めよ。
- (2) 上で求めた符号の平均符号長 L を求めよ。
- (3) 情報源 S を一意復号可能な符号に 2 元符号化する場合における平均符号長の下限を求めよ。必要があれば、右の対数表の値を用いてよい。なお、答えは小数点以下第 2 位まで求めよ。
- (4) (1) で求めた符号よりも、(3) で求めた下限に近い平均符号長の符号を作るにはどのような方策があるか、一つ答えよ。

3

記号 0 と 1 からなる長さ 7 の系列を符号語とする通信路符号化法を考える。4 個の情報ビット x_1, x_2, x_3, x_4 に対して、式

$$\begin{aligned} c_1 &= x_1 + x_2 + x_3 \\ c_2 &= \quad \quad x_2 + x_3 + x_4 \\ c_3 &= x_1 + x_2 \quad \quad + x_4 \end{aligned}$$

により検査ビット c_1, c_2, c_3 を作り、符号語 $\mathbf{w} = (x_1, x_2, x_3, x_4, c_1, c_2, c_3)$ に符号化する通信路符号 $\mathbf{H}$ を考える。ただし、ここで各ビットの演算は 2 の剰余系で行うものとする（つまり $1 + 1 = 0$ とする）。このとき、以下の (1) から (3) の問いに答えよ。

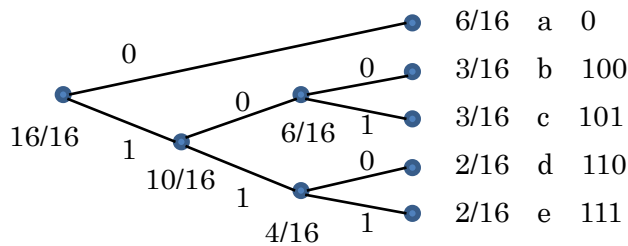
- (1) 情報ビット列 $(x_1, x_2, x_3, x_4) = (1, 1, 0, 1)$ をこの符号化によって符号化せよ。
- (2) 符号 $\mathbf{H}$ の情報速度 R （単位はビット／記号）を小数点以下 2 桁まで求めよ。
- (3) 符号 $\mathbf{H}$ で符号化された符号語のひとつを受信したところ、ビット系列 0110110 を得た。このとき、送信された元の情報ビット系列を求めよ。ただし、受信したビット系列には高々 1 個の誤りしか含まれていないものと仮定する。

1

- (ア)○
 (イ)×
 (ウ)○
 (エ)×
 (オ)○
 (カ)○
 (キ)×
 (ク)○
 (ケ)×
 (コ)○

2

- (1) ハフマン符号の一つは以下のとおり。



- (2) 平均符号長 $L = 1 \times \frac{6}{16} + 3 \times \frac{3}{16} \times 2 + 3 \times \frac{2}{16} \times 2 = \frac{9}{4} = 2.25$ (ビット)

- (3) この場合、1 情報源記号当たりの平均符号長の下限は情報源の 1 次エントロピー $H_1(S)$ に等しいので、

$$H_1(S) = -\frac{6}{16} \log_2 \frac{6}{16} - 2 \times \frac{3}{16} \log_2 \frac{3}{16} - 2 \times \frac{2}{16} \log_2 \frac{2}{16} = \frac{54 - 12 \log_2 3}{16} \approx 2.19.$$

よって、2.19 ビットが下限となる。

- (4) この情報源に対する n 次拡大情報源 ($n \geq 2$) を考え、ブロックハフマン符号化を行う。ランレングスハフマンなどでも可。

3

- (1) $c_1 = 1 + 1 + 0 = 0$, $c_2 = 1 + 0 + 1 = 0$, $c_3 = 1 + 1 + 1 = 1$ より、1101001 と符号化される。

- (2) $R = \frac{4}{7} \approx 0.571$ よって、0.57 ビット。

- (3) $s_1 = 0 + 1 + 1 + 1 = 1$, $s_2 = 1 + 1 + 0 + 1 = 1$, $s_3 = 0 + 1 + 0 + 0 = 1$ よりシンドロームパターンは 111 なので誤りが含まれている。題意より、ビット誤りは高々 1 個である。検査ビットの計算パターンから $e_2 = 0100000$ が誤りパターンであると分かるので、2 ビット目を修正した 0010110 が元の符号語である。よって、情報ビットは 0010 となる。

1 情報理論に関する基本的な概念の理解を広範囲に問う問題である。各問は単に用語の意味を知っているだけではなく、その用語の概念に関する性質を正しく理解しているかを問う内容になっている。特に(カ)と(ク)は、それぞれシャノンの第一定理(情報源符号化定理)と第二定理(通信路符号化定理)を正しく理解しているかどうかを問う設問となっている。また、(ケ)(コ)は用語の定義を問うと同時に若干の数値計算を伴う内容となっている。

2 情報理論において重要な情報源符号化であるハフマン符号に関する問いである。(1)は与えられた情報源アルファベットの生起確率から正しくハフマン符号を構築できるかを問う問題である。

(2)は符号の平均符号長を正しく求められるかを問う問題であり、以降の問題への布石となる問いである。(3)は情報源のエントロピーを求める問題である。情報源符号化定理より、情報源のエントロピーが平均符号長の下限であることと、情報源のエントロピーの定義を理解していればさほど時間を要しない数値計算で答えを導くことができる。(4)は、ハフマン符号で情報源を1記号ずつ符号化する方法より平均符号長を小さくできる方法が存在するかを問う問題である。ハフマン符号はコンパクト符号なので、1記号ずつ符号化する場合はこれよりも平均符号長を小さくすることはできない。しかし、(2)で求めた平均符号長と(3)で求めた下限に差があることから、記号をまとめて符号化する方法であれば、平均符号長を(3)の下限により近づけられる符号化が存在することが分かる。解答例のブロックハフマン符号の他、たとえば算術符号などでもよい。

3 通信路符号化のうち、基本的な線形符号であるハミング符号に関する問いである。(1)は、与えられた情報ビットを元に符号語のビット列を求める問題である。情報ビット系列から検査ビットを計算し、組織符号として構成すればよい。その方法はすべて提示してあるので、題意を正確に読み取る力があればハミング符号を知らずとも解答できる。(2)は通信路符号の大事な概念の一つである情報速度の理解を問う問題である。計算自体は $4/7$ を計算するだけなので、さほど時間はかからない。(3)はハミング符号の復号を行う問題である。この問題で提示されている(7,4)ハミング符号は誤り訂正符号であり、高々1個までの誤りを訂正することができる。検査ビットの方程式からパリティ検査方程式を導くことができるので、そこからシンδροームパターンが計算できる。シンδροームパターンが分かれば誤りパターンの推定は容易である。この問題ではシンδροームパターンが111なので、3本のパリティ検査方程式に共通して含まれる要素(つまり x_2)の位置が誤りパターンの位置となる。あるいは、7つの誤りパターンそれぞれに対応するシンδροームパターンを計算して照らし合わせてもよい。最後に、復号した符号語から情報ビットを取り出すのを失念していれば減点である。

感覚情報処理

1

細胞は脂質二重層から成る細胞膜に包まれている。この脂質二重層自体は絶縁性が高くイオンをほとんど通さない。しかしながら神経細胞は電氣的刺激や化学的刺激によって細胞の内と外でイオンを移動させることで活動電位と呼ばれる興奮現象を示し、近接する神経細胞間では興奮が伝搬しうることが知られている。

- (1) 脂質二重層に包まれているので電気性質を持たないと思われる細胞の一種の「神経細胞」が刺激によって活動電位を発生させる仕組みについて、詳細に説明しなさい。また、刺激の大きさや継続時間の違いが活動電位の発生の様子に及ぼす影響についても説明しなさい。
- (2) 神経細胞と近接する神経細胞の間では「??」とよばれる機構により、片方の細胞からもう一方の細胞へ興奮についての情報が伝わる。「??」に相当する名称とその構造と働きについて説明するとともに、もう一方の細胞が活動電位を発生するために必要な条件について説明しなさい。

2

神経細胞の活動電位発生についての生理学的な知見を基にして、コンピュータ上で神経回路網を構成する計算機モデルの一つとして「形式ニューロンモデル」が提案された。

- (1) 形式ニューロンモデルについて説明しなさい。
- (2) 形式ニューロンモデルを使って3入力の AND 回路を構成したい。適当な重みと閾値を設定し、このモデルが3入力 AND 回路となることを真理値表(モデルの内部状態を示す列を追加)を使って示しなさい。

感覚情報処理

3

視覚について、眼球に入った光が神経の電気的な活動に変換されて大脳の後頭部に届く過程を詳しく説明しなさい。

4

聴覚について、空気の振動である音が外耳から入って電気的な活動に変換される過程、および、音の高低を聞き分けられるしくみについて詳しく説明しなさい。

感覚情報処理 解答例

1

- (1) 細胞膜を構成するリン脂質は親水性頭部と疎水性尻部を有し、水中では疎水部を内側に向けて二層構造となるのでイオンなどの親水性物質は通り抜けにくくなる。生きた細胞では ATP を使って特定イオンの取り込みと排出を行うイオンポンプが働くことで、細胞の内外でイオンの濃度差が生じる。各イオンの電荷の総和として細胞内の電位は細胞外よりも低くなる。

細胞膜にはイオンチャネルと呼ばれる膜を貫通するタンパク質があり、電気刺激や化学的刺激に反応してチャネルゲートを開閉する。ゲートが開くと濃度の高い側から低い側へイオンの移動が生じる。神経細胞では電位感受性 Na^+ ゲートが開くとイオンが流入して細胞内電位が急上昇し、続いて K^+ ゲートの開放・流出、 Na^+ ゲートの閉鎖、 K^+ ゲートの閉鎖が連続的に生じる。この一連のイオンの移動に伴う電位の変化が活動電位である。

刺激で生じる細胞内の電位上昇が Na^+ ゲートが開く電位に達することが活動電位の発生条件である。よって大きい刺激ほど活動電位を発生させやすく、小さい刺激であっても継続時間が長い場合は活動電位を発生させる。

- (2) 名称: シナプス

構造と働き: 化学シナプスは前膜と後膜の間隙が約 20nm である。前膜に活動電位が届くとシナプス小胞から神経伝達物質が放出され後膜の特定受容体に作用してイオンチャネルのゲートが開閉し、イオンの移動が生じる。このときシナプス後ニューロンを脱分極させるものを興奮性シナプス、過分極させるものを抑制性シナプスと呼ぶ。ただし、1 回の活動電位で生じる電位の変化は活動電位に比べるととても小さく、より長い時間の変化である。

必要な条件: シナプス後ニューロンが活動電位を発生させるためには、その電位感受性 Na^+ ゲートが開く必要がある。つまり、複数のシナプスから同時に加わった電位変化の総和がゲートを開く電位に達するか、連続して加わった電位変化の和がその電位に達することが必要となる。

2

- (1) 形式ニューロンモデルについて

1943 年にマカロックとピッツによって提唱された神経回路モデルで、神経細胞が論理ゲートのように機能して計算をできることが示された。その特徴は神経細胞が情報を処理する仕組みを非常に単純化していることで、0 または 1 の値をとる複数入力に重み付しその合計と閾値から 0 か 1 の出力値を生成する。

- (2) 3入力の AND 回路 重み: w_1 : 5 、 w_2 : 6 、 w_3 : 3 閾値: 13

入力			内部状態	出力
0	0	0	-13	0
0	0	1	-10	0
0	1	0	-7	0
0	1	1	-4	0
1	0	0	-8	0
1	0	1	-5	0
1	1	0	-2	0
1	1	1	1	1

3

眼球に入った光は、瞳孔、水晶体、ガラス体を経て網膜に到達する。網膜には形状の異なる2種類の視細胞（錐体細胞と桿体細胞）があり、視力の最も高い中心窩ではほとんどが錐体細胞である。視細胞には色物質があり、光が当たって吸収されると生化学反応が起きて視細胞の電位変化が生じる。この変化が神経節細胞に伝わると活動電位となり、視神経を通じて後頭部に届けられる。なお、ヒトの場合では錐体細胞の視物質は3種類あり、一つの波長の光に対する感度、つまり興奮の程度が異なることで色の区別ができる。錐体細胞が明るい環境で働くのに対し、光感度の高い桿体細胞は暗い環境での視覚を担当する。その視物質は1種類であるため、ヒトは暗闇で色を区別することはできない。

視野に関しては、中心視の右側（右視野）と左側（左視野）で脳への届け方が異なる。網膜に映る像は、水晶体の凸レンズ効果により上下左右が入れ替わる。左右の眼球から出た視神経は視交叉に至り、その後は右視野の像は左右眼で共に左半球の後頭部へ、左視野の像は共に右半球の後頭部へ投射される。網膜から後頭部への投射ではレチノトピーが保たれていて、網膜の像が形を保ったまま後頭部の視覚野に届く。

4

音は外耳道を伝わって鼓膜を振動させる。鼓膜の内側は中耳であり、鼓膜から繋がる三つの小さな骨（耳小骨）を順に振動させて内耳の卵円窓膜を振動させる。内耳の内部はリンパ液で満たされており、空気の弱い振動が耳小骨を介してテコのように強い振動としてリンパ液に伝わる。内耳はカタツムリ管とも呼ばれる二回転半の巻貝のような構造をしている。その断面は二つの生体膜によって三つの領域に区切られており、音の振動がリンパ液に伝わり、その周波数に応じて基底膜の一部に上下の変位が生じる。基底膜上のコルチ器内の有毛細胞は、上下動によって毛が傾きその刺激でイオンの出入り・膜電位の変化が生じ、それが聴神経に活動電位を引き起こす。このように物理的な振動が最終的に活動電位の電気的な活動に変換される。

基底膜は卵円窓付近の基底部で膜厚が薄く幅が狭いが先端部では厚く幅広の構造をしている。そのため高い音は基底部で低い音は先端部で振動が起きるといった具合に音の高さによって基底膜の振動位置が変わる。つまり、どの有毛細胞が刺激されてそれに繋がる聴神経が興奮するかが音の高低で変わるため聴き分けが可能となる。

感覚情報処理 出題意図

様々な機器を設計する際には、利用者が適切かつ効果的にこれらを使用できることを念頭に置く必要がある。そのためには、機器が利用者に提示する各種の感覚情報がどのように知覚されるのかという生理学的・心理学的な知見が大きな役割を担う。またバーチャルリアリティーのような新たな環境に合わせた適切な刺激を設計する際にもこれらの知見は重要である。

そこで、光や音などの物理的・化学的な刺激による情報が末梢の感覚器から中枢神経系へどのように変換されて伝わるのかについての知識を確認する問を設定した。また、昨今では生成A I の活用が大きな話題となっていることから、神経細胞の情報処理を模擬しコンピュータ上に再現された神経回路モデルについての問も設定している。

環境・エネルギーシステム論

1

以下に示す説明文の中の(1)~(30)に当てはまる言葉を下の「選択肢」から選び、解答欄に選択肢(ア~ホ)を記入せよ。

- ・バイオマスとは、(1)を表す” bio” と、(2)を表す” mass” の合成語。
- ・バイオマスの基本特性として、①食料、物質、エネルギーの全てを(3)に供給できる唯一の資源。②(4)可能。③電力や動力等を得る場合、人間が(5)可能。④バイオマスの炭素は、もともと大気中の CO2 を光合成により固定したものであるため、燃焼により CO2 が発生しても、大気中の CO2 は増加しない(6)の特性がある。
- ・バイオマスの直接燃焼によるエネルギー利用方法として、樹木や廃材を圧縮成形して作る円筒形の固形燃料である(7)を利用。(7)化の目的は、(8)や規格化による輸送取扱い利便性向上である。
- ・木材等を窒素等の不活性ガスの中で加熱すると、250℃前後から(9)が始まり、(10)、タール、オイル、チャーが生成。
- ・(11)燃料とは、粘度が高い植物油等を原料に、メタノールによる(12)反応によって生成されたもの。
- ・バイオエタノールとは、(13)、(14)、(15)を原料に、(16)現象によってエタノールを生産すること。
- ・(13)を原料に、(17)による(18)によって、エタノールを生産。
- ・(14)を原料に、(18)プロセス前に(19)プロセスを必要と方法とする方法でエタノールを生産。
- ・(15)を原料に、(20)資源(稲わら・林地残材・間伐材等)や(21)バイオマス(工場廃材等)の細胞壁主成分を利用。
- ・メタン発酵(嫌気性発酵)とは、生ゴミ、食品廃棄物、家畜ふん尿等、(22)を多く含む(23)系バイオマス処理に適する。
- ・バイオペラスティックである(24)は、植物デンプンを乳酸発酵させて L-乳酸をつくり、重合させて合成。長所として、微生物によって分解される(25)であることが挙げられる。
- ・植林による CO2 固定では、樹木自体と森林内部の土壌・腐葉土等に、炭素を貯蔵可能。森林は一定年月がたつと、CO2 を吸収・放出しない(26)となり、炭素貯蔵限界は 400 トン/ha で一定となる。
- ・バイオマス産業都市とは、原料生産から収集・運搬、製造・利用までの(27)が確保された一貫システムを構築し、バイオマス産業を軸とした環境にやさしく(28)に強いまちづくり・むらづくりを目指す地域。
- ・スマートコミュニティとは、エネルギー全体の需要・供給体制の構築、(29)システムや市民のライフスタイルの変革までも幅広く含む、次世代のエネルギー・社会システムの考え方。暮らしの(30)の概念も含まれる。

選択肢							
ア. デンプン質	イ. 有機廃棄物	ウ. 減容化	エ. 発酵	オ. 制御	カ. 地域交通	キ. バイオディーゼル	ク. 持続的
ケ. 生物	コ. 熱分解	サ. グリーンプラスチック	シ. 未利用	ス. ペレット	セ. ガス	ソ. ポリ乳酸	タ. 量
チ. 酵母菌	ツ. 糖化	テ. カーボンニュートラル	ト. 経済性	ナ. セルロース系	ニ. エステル交換	ヌ. 水分	
ネ. 再生	ノ. 快適さ	ハ. 廃棄物	ヒ. 極相林	フ. 災害	ヘ. エタノール発酵	ホ. 糖質	

2

電源のベストミックス(最適組合せ)は、「3E」から「S+3E」を考慮する時代となっている。この S+3E とは、それぞれ何か？ 内容を含めて説明せよ。

解 答 用 紙

令和7年度 北海学園大学大学院工学研究科 修士課程 電子情報生命工学専攻 第I期入学試験				採 点			
試 験 科 目				受 験 番 号			
環境・エネルギーシステム論							

1

問 題	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
解答欄	ケ. 生物	タ. 量	ク. 持続的	ネ. 再生	オ. 制御
問 題	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
解答欄	テ. カーボンニュートラル	ス. ペレット	ウ. 減容化	コ. 熱分解	セ. ガス
問 題	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
解答欄	キ. バイオディーゼル	ニ. エステル交換	ホ. 糖質	ア. デンプン質	ナ. セルロース系
問 題	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)
解答欄	エ. 発酵	チ. 酵母菌	ヘ. エタノール発酵	ツ. 糖化	シ. 未利用
問 題	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)
解答欄	ハ. 廃棄物	ヌ. 水分	イ. 有機廃棄物	ソ. ポリ乳酸	サ. グリーンプラスチック
問 題	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)
解答欄	ヒ. 極相林	ト. 経済性	フ. 災害	カ. 地域交通	ノ. 快適さ

2 点×30 問=60 点

2

・ Energy Security(安定供給)

エネルギー源の供給が安定で永続的であり、少なくとも近未来に供給が途切れる恐れがない。

・ Environment(環境)

CO2 など GHG の排出を含めて、環境に有害な物質やガスをあまり排出しない。

・ Economic Efficiency(経済性)

経済性に優れている、つまり電力料金が低い。

※福島原発事故後

・ Safety(安全性)が重要な要件に

→「3E」から「S+3E」の時代へ

上記の趣旨が適切に述べられていること。

40 点

令和 7 年度 北海学園大学大学院工学研究科修士課程 電子情報生命工学専攻
第 I 期入学試験

環境・エネルギーシステム論 出題意図

- ① 新エネルギー、特にバイオマスに関する基礎的知識を問う。また、環境問題に関連した基礎的知識を問う。また、これらに関連したコミュニティの活性化に関する基礎的知識を問う。
- ② 日本における環境・エネルギー政策の立案において、重要となる観点に関する基礎的知識や考え方を問う。

令和 7 年度 北海学園大学大学院工学研究科

電子情報生命工学専攻修士課程 第 I 期 一般

試験科目：外国語（英語）

著作権等の問題から公開していません。

令和 7 年度 北海学園大学大学院工学研究科

電子情報生命工学専攻修士課程

第Ⅱ期 一般

応用数学

1

次の関数列について

$$\{3\cos 3x, 4\sin 4x, 2\}$$

- (1) 区間 $[-\pi, \pi]$ で直交系であるかを調べなさい.
 (2) 各関数を区間 $[-\pi, \pi]$ で正規化しなさい.

2

次の初期値問題を解きなさい.

$$\frac{d^2 y}{dx^2} - 4 \frac{dy}{dx} + 4y = 0, \quad y(0) = 0, \quad y'(0) = 2$$

3

以下の周期 2π の周期関数から一つを選び、そのフーリエ級数を求めなさい.

(a) $f_1(x) = x \quad (-\pi \leq x < \pi)$

(b) $f_2(x) = |\sin x| \quad (-\pi \leq x < \pi)$

(c) $f_3(x) = \begin{cases} 4 & (-\pi \leq x < 0) \\ 1 & (0 \leq x < \pi) \end{cases}$

4

次のベクトル場 $\mathbf{a}(x, y, z)$ の発散と回転を求めなさい.

$$\mathbf{a}(x, y, z) = 2\mathbf{i} + \cos y\mathbf{j} - xy^2z\mathbf{k}$$

応用数学

【解答】

1 解答

$$(1) \int_{-\pi}^{\pi} (3 \cos 3x)(4 \sin 4x) dx = 0$$

$$\int_{-\pi}^{\pi} 2(3 \cos 3x) dx = 0$$

$$\int_{-\pi}^{\pi} 2(4 \sin 4x) dx = 0$$

以上より, 区間 $[-\pi, \pi]$ で直交系である.

$$(2) \left\{ \frac{\sqrt{3} \cos 3x}{\sqrt{\pi}}, \frac{2 \sin 4x}{\sqrt{\pi}}, \frac{1}{\sqrt{\pi}} \right\}$$

2 解答

$$y = 2xe^{2x}$$

3 解答

$$(a) f_1(x) \sim 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{n} \sin nx$$

$$(b) f_2(x) \sim \frac{2}{\pi} - \frac{2}{\pi} \sum_{n=2}^{\infty} \frac{1 + (-1)^n}{(n-1)(n+1)} \cos nx$$

$$(c) f_3(x) \sim \frac{5}{2} - \frac{3}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1 - (-1)^n}{n} \sin nx$$

4 解答

発散: $-\sin y + xy^2$

回転: $2xyz\mathbf{i} + y^2z\mathbf{j}$

応用数学

【出題意図】

1 出題意図

関数列における直交系とは何かを説明でき、また関数を正規化できるかを問う問題

2 出題意図

2階の定数係数線形斉次微分方程式において特殊解を計算できるかを問う問題

3 出題意図

与えられた関数のフーリエ級数を表現できるかを問う問題

4 出題意図

ベクトル解析において、その基本的な物理量である発散と回転を計算できるかを問う問題

数理工学

1

次の(1)(2)のうち、どちらかを選択して答えなさい。

- (1) 2変数 x, y の共分散と相関係数, 及び回帰直線について, それぞれどのような関係であるか, 適切な式を使って述べなさい。
- (2) 標準正規分布とカイ2乗分布, 及びテーパー分布について, それぞれどのような関係があるかを述べなさい。

2

次の各問いに答えなさい。

- (1) 平均が $\frac{1}{3}$ であるベルヌーイ分布の分散を求めなさい。
- (2) 確率関数 $p(x)$ が次の式で与えられる2項分布の平均と分散を求めなさい。

$$p(x) = {}_4C_x \left(\frac{1}{6}\right)^x \left(\frac{5}{6}\right)^{4-x}$$

- (3) 平均が $\frac{1}{4}$ である指数分布の密度関数を書きなさい。

3

確率変数 x が次の確率密度関数 $f(x)$ で表されるとき, 次の各問いに答えなさい。

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{3}x + \frac{\sqrt{6}}{3} & (-\sqrt{6} \leq x \leq 0) \\ 0 & (\text{上記以外}) \end{cases}$$

- (1) $f(x)$ が確率密度関数であることを示しなさい。
- (2) 分布の平均を求めなさい。

数理工学

【解答】

1 解答

- (1) x, y の共分散を s_{xy} とし, x, y の分散をそれぞれ s_x^2, s_y^2 とすると, 相関係数 $r = \frac{s_{xy}}{s_x s_y}$ であり,

また, x, y の平均をそれぞれ $\bar{x}, \bar{y}$ とすると回帰直線 $y = a + bx$ において

$$b = r \frac{s_y}{s_x}, \quad a = \bar{y} - b\bar{x}$$

- (2) 標準正規分布に従う ν 個の無作為標本 $z_1, \dots, z_\nu$ の 2 乗和 $Y = \sum_{i=1}^{\nu} z_i^2$ は自由度 ν のカイ 2 乗分布に従う.

また, 確率変数 Z が標準正規分布に従い, 確率変数 Y が自由度 ν のカイ 2 乗分布に従うとき,

Y, Z が独立ならば, $T = \frac{Z}{\sqrt{Y/\nu}}$ は自由度 ν のティー分布に従う.

2 解答

- (1) 分散: $\frac{2}{9}$
 (2) 平均: $\frac{2}{3}$, 分散: $\frac{5}{9}$
 (3) 密度関数: $f(x) = 4e^{-4x}$

3 解答

- (1) $f(x)$ は全区間で非負, かつ $\int_{-\sqrt{6}}^0 \left(\frac{1}{3}x + \frac{\sqrt{6}}{3} \right) dx = 1$

よって $f(x)$ は確率密度関数の条件を満たす.

- (2) 平均: $-\frac{\sqrt{6}}{3}$

数理工学

【出題意図】

1 出題意図

- (1) データ処理で必要となる共分散, 相関係数, および回帰直線の関係を説明できるかを問う問題
- (2) 基本的な分布である標準正規分布, カイ 2 乗分布, およびティータ分布について, その関係を説明できるかを問う問題

2 出題意図

- (1) 基本的な分布であるベルヌーイ分布でその分散を計算できるかを問う問題
- (2) 基本的な分布である 2 項分布でその平均と分散を計算できるかを問う問題
- (3) 基本的な分布である指数分布で, 密度関数を正しく表現できるかを問う問題

3 出題意図

- (1) 連続型の確率変数で, 密度関数が満たすべき条件をきちんと示せるかを問う問題
- (2) 連続型の確率変数で, 密度関数から平均を計算できるかを問う問題

電子回路

1 は解答必須問題である。 **2** ～ **4** は選択問題で2問を選んで解答しなさい。

回路図においては、抵抗は旧図記号を用いて示している。

1

半導体素子に関する次の説明文中の (ア) から (ソ) に最も適する語句を以下の選択肢から選びなさい。

- (a) (ア) は電流を流すと発光するダイオードの略称である。
- (b) ダイオードが順バイアス (ON 状態) のとき、電流が流れ込む端子は (イ) である。
- (c) ツェナーダイオードが定電圧状態のとき、電流が流れ込む端子は (ウ) である。
- (d) バイポーラトランジスタの記号で矢印が付いた端子の名称は (エ) である。
- (e) (オ) 形トランジスタでベースは p 形半導体である。
- (f) バイポーラトランジスタは小さなベース電流で大きな (カ) 電流を制御する。
- (g) ベース・エミッタ間を (キ) とするとトランジスタスイッチは OFF となる。
- (h) (ク) は電界効果トランジスタの略称である。
- (i) 電界効果トランジスタの (ケ) の端子には電流はほとんど流れない。
- (j) n チャネル形 FET では、電流はドレインから (コ) に向かって流れる。
- (k) (サ) 形 FET は酸化膜を挟む構造となっているので、入力インピーダンスが極めて高い。
- (l) p チャネル形 FET では、正の電荷を持つ (シ) が移動することにより電流が流れる。
- (m) (ス) 回路は 2 つの特性の異なる MOS 形 FET を相補的に接続した回路である。
- (n) トランジスタが発明される以前は、信号の増幅には主に (セ) が用いられていた。
- (o) 半導体素子を微細化して回路の配線とともに 1 つのパッケージに集積して封入したものは (ソ) と呼ばれる。

選択肢 (同じ語句を複数回使わないこと)						
アノード	カソード	ベース	コレクタ	エミッタ	n チャネル	p チャネル
順バイアス	逆バイアス	接合	MOS	CMOS	陽電子	npn
pnp	電子	ホール	ゲート	ドレイン	ソース	液晶
ブラウン管	真空管	ニキシー管	LSI	FET	LED	TTL

電子回路

2

電圧 (V)-電流 (I) 特性が次式で表されるダイオードがある。

$$I = I_0 \left(e^{\frac{V}{V_0}} - 1 \right)$$

ただし, I_0 は逆方向飽和電流, V_0 は熱電圧を表す定数とする。ダイオードの動作点 Q での電圧を V_Q , 電流を I_Q とするとき, 次の設問に答えよ。

- (a) V_Q を I_Q を用いて表せ。
- (b) 動作点 Q における微分抵抗 $r = \frac{dV}{dI}$ を V_Q を含む式で表せ。
- (c) $V_Q = 0.26 \text{ V}$ のとき, I_Q はいくらか。有効数字 2 桁で答えよ。ただし, $I_0 = 50 \text{ nA}$, $V_0 = 26 \text{ mV}$, $e^{10} \approx 2.2 \times 10^4$ とする。
- (d) (c) のとき, 微分抵抗 r はいくらか。小数第 1 位を四捨五入して整数値で答えよ。

電子回路

3

図 2 は、演算増幅器を用いた 3 つの入力信号電圧 V_1, V_2, V_3 を加算する反転増幅回路である。以下の問に答えなさい。ただし、演算増幅器の入力インピーダンスと利得は極めて大きいとしてよい。

- 端子 B が接地されているとき、端子 A の電圧も 0 V と考えることができる。このようにみなすことを何というか。
- 電流 I_1, I_2, I_3 を求めよ。
- 電流 I_o を R_f と V_o を用いて表せ。
- V_o と V_1, V_2, V_3 の関係を R_1, R_2, R_3, R_f を用いて表せ。
- $V_o = -(5V_1 + 2V_2 + 0.1V_3)$ としたいとき、 R_1, R_2, R_3 をいくらにすればよいか。ただし、 $R_f = 1 \text{ k}\Omega$ とする。

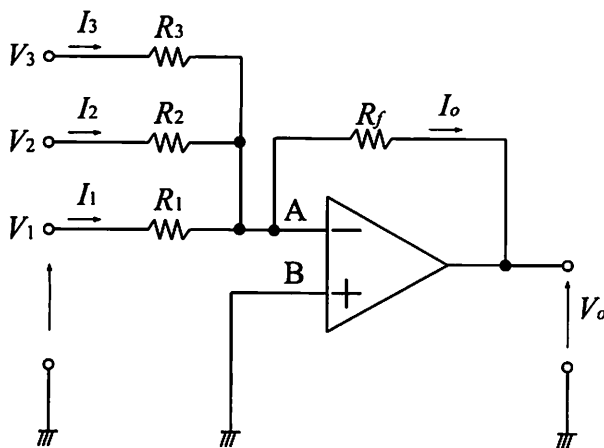


図 2

電子回路

4

論理回路に関する以下の問に答えよ。論理式は以下のように表すものとする。

A の否定 (NOT): $\overline{A}$

A と B の論理和 (OR): $A + B$

A と B の論理積 (AND): $A \cdot B$

- (a) 論理値 A, B に関するド・モルガンの法則は次のように表すことができる。

$$\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$$

$$\overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$$

この関係が成立することを次の真理値表を用いて示しなさい。

A	B	$\overline{A \cdot B}$	$\overline{A}$	$\overline{B}$	$\overline{A} + \overline{B}$

A	B	$\overline{A + B}$	$\overline{A}$	$\overline{B}$	$\overline{A} \cdot \overline{B}$

- (b) 2入力 NAND 回路 ($\overline{A \cdot B}$) を用いて、NOT 回路 ($\overline{A}$)、2入力 AND 回路 ($A \cdot B$)、および2入力 OR 回路 ($A + B$) が構成できることを論理式で示し、NAND 回路で構成した回路図を描きなさい。2入力 NAND 回路は図3の記号で表すものとする。



図 3

- (c) C を2つの入力 A, B の排他的論理和 (XOR) とすると、 C を表す論理式は次のように書くことができる。
 $C = (A + B) \cdot \overline{A \cdot B}$
 C を表す XOR 回路を2入力 NAND 回路で構成した回路図を描きなさい。

1

(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
LED	アノード	カソード	エミッタ	nnp
(カ)	(キ)	(ク)	(ケ)	(コ)
コレクタ	逆バイアス	FET	ゲート	ソース
(サ)	(シ)	(ス)	(セ)	(ソ)
MOS	ホール	CMOS	真空管	LSI

出題意図

電子回路で使用する半導体素子に関する最も基礎的な知識を問う問題。電子デバイスの種類、基本的な特徴は必須の知識である。

2

(a) 動作点では

$$I_Q = I_0 \left(e^{\frac{V_Q}{V_0}} - 1 \right)$$

となるので、 V_Q について解くと

$$V_Q = V_0 \ln \left(\frac{I_Q}{I_0} + 1 \right)$$

(b) 微分抵抗の定義に従って計算すると、

$$r = \frac{dV}{dI} = \frac{1}{\frac{dI}{dV}} = \frac{1}{\frac{I_0}{V_0} e^{\frac{V}{V_0}}} = \frac{V_0}{I_0} e^{-\frac{V}{V_0}}$$

従って動作点 Q での微分抵抗は

$$r = \frac{V_0}{I_0} e^{-\frac{V_Q}{V_0}}$$

(c) ダイオード特性を表す式に値を代入すると、

$$I_Q = I_0 \left(e^{\frac{V_Q}{V_0}} - 1 \right) = 50 \times 10^{-9} (e^{10} - 1) \approx 1.1 \times 10^{-3} \text{ A} = 1.1 \text{ mA}$$

(d) $V_Q \gg V_0$ のとき $I_Q = I_0 e^{\frac{V_Q}{V_0}}$ と近似できるから、(b) の結果に値を代入して、

$$r = \frac{V_0}{I_0} e^{-\frac{V_Q}{V_0}} = \frac{V_0}{I_Q} = \frac{26 \times 10^{-3}}{1.1 \times 10^{-3}} \approx 23.6 \approx 24 \Omega$$

出題意図

微分抵抗（小信号抵抗）を正しく求めることができるか問う問題で、SI 接頭語や近似についても数値的に適切に扱えるかどうかを確認している。

3

(a) 仮想接地

(b) 点 A の電圧は 0 とみなせるので、各入力電圧は、各抵抗にかかる。従って

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1}, I_2 = \frac{V_2}{R_2}, I_3 = \frac{V_3}{R_3}$$

(c) 点 A の電圧は 0 とみなせるので、 V_o は R_f の両端電圧となる。 I_o の向きに注意してオームの法則を適用して、

$$I_o = -\frac{V_o}{R_f}$$

(d) 演算増幅器の入力インピーダンスは極めて大きいので、点 A に入力側から流れ込む電流は全て R_f に向かって流れる。 $I_o = I_1 + I_2 + I_3$ となるから、(b),(c) の結果を代入して、

$$-\frac{V_o}{R_f} = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3}$$

従って

$$V_o = -R_f \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} \right)$$

(e) (d) より, $\frac{R_f}{R_1} = 5, \frac{R_f}{R_2} = 2, \frac{R_f}{R_3} = 0.1$ となるので

$$R_1 = 200 \, \Omega, R_2 = 500 \, \Omega, R_3 = 10 \, \text{k}\Omega,$$

出題意図

演算増幅器（オペアンプ）の基本的な使い方を問う問題．仮想接地の考え方に基づいて正しく計算できるかどうかを確認している．オームの法則を適用する場合の電流の向きについても注意が必要である．

4

(a) ド・モルガンの法則に関する論理値 A,B に関する真理値表は次のようになる．

A	B	$\overline{A \cdot B}$	$\overline{A}$	$\overline{B}$	$\overline{A + B}$
0	0	1	1	1	1
0	1	1	1	0	1
1	0	1	0	1	1
1	1	0	0	0	0

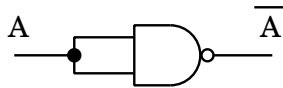
この真理値表から, A,B の各論理値に対して $\overline{A \cdot B}$ と $\overline{A + B}$ の論理値が一致していることから $\overline{A \cdot B} = \overline{A + B}$ である．

A	B	$\overline{A + B}$	$\overline{A}$	$\overline{B}$	$\overline{A \cdot B}$
0	0	1	1	1	1
0	1	0	1	0	0
1	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	0

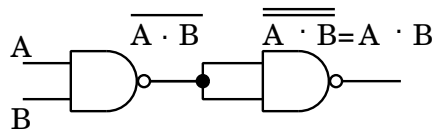
この真理値表から, A,B の各論理値に対して $\overline{A + B}$ と $\overline{A \cdot B}$ の論理値が一致していることから $\overline{A + B} = \overline{A \cdot B}$ である．

(b) 次のように論理式を書くことができるので NAND を用いて構成できる．

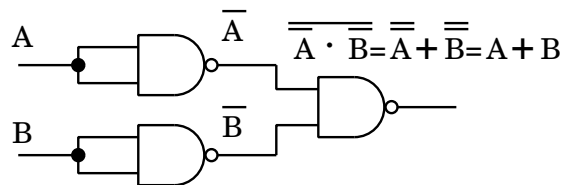
A の否定 (NOT): $\overline{A} = \overline{A \cdot A}$



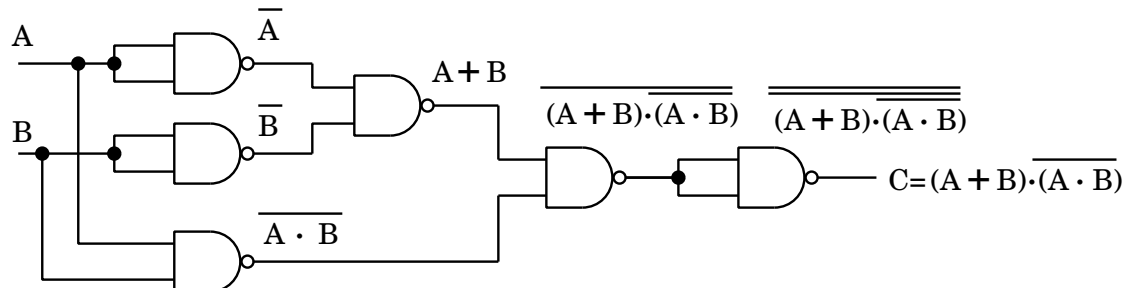
A と B の論理積 (AND): $A \cdot B = \overline{\overline{A \cdot B}}$



A と B の論理和 (OR): $A + B = \overline{\overline{A + B}} = \overline{\overline{A \cdot B}}$



(c) (b) で作成した NOT,AND,OR を用いて $C = (A + B) \cdot \overline{(A \cdot B)}$ を構成すると次のようになる．なお, $C = (A + B) \cdot \overline{(A \cdot B)} = (A + B) \cdot (\overline{A} + \overline{B}) = A \cdot \overline{B} + \overline{A} \cdot B$ のように変形して構成することもできる．



出題意図

基本的な論理演算について問う問題．NAND 回路で NOT,AND,OR を構成でき, これらを用いてさらに複雑な演算（この問題では XOR）を行う回路を作成する能力を問う問題．

外国語（英語）

1 以下の文章を読んで、下の設問に答えなさい。**Ultrasonic wave sounds used to prevent crashes on expressways**

Drivers will be warned when they are approaching expressway construction work areas via ultrasonic wave warning sounds in a system developed (A)_____ a subsidiary of West Nippon Expressway Co. (NEXCO West Japan). The system helps make drivers aware of lane closures even when they are not fully focused (B)_____ the road due to drowsiness or other distractions. (1) It also has the added benefit of the warning sounds being inaudible to residents living near expressways. The subsidiary, based in Okinawa Prefecture, will introduce the system on the Okinawa Expressway on a full-fledged basis (C)_____ mid-January. Speakers about 130 centimeters high and 60 cm wide will be installed at intervals (D)_____ expressways. (2) They issue ultrasonic waves, which cannot be heard by humans due to high frequencies, toward the expressways. When the ultrasonic waves hit windows and bodies of moving cars, the shapes of the waves change, enabling drivers (E)_____ hear the sounds inside their vehicles. (3) The speakers can send ultrasonic waves further than conventional speakers. The subsidiary developed the system to prevent cars from running (F)_____ construction work areas on expressways where some lanes are closed. The warning sounds are said to be more effective at alerting drivers to construction work areas than electronic message boards or conventional signboards. The subsidiary plans to use the system in a construction work area between Ginoza in Ginoza village and Kyoda in Nago city on Okinawa Expressway from mid-January to late March. It will also sell the system to other expressway operators from February.

Atsushi Hara, “Ultrasonic wave sounds used to prevent crashes on expressways”,

The Asahi Shimbun AJW (Jan. 20, 2024)より抜粋

・warn; 警告する ・construction; 建設工事 ・subsidiary; 子会社 ・West Nippon Expressway Co. (NEXCO West Japan); 西日本高速道路株式会社 ・lane closures; 車線規制 ・drowsiness; 眠気 ・distraction; 気の散ること ・inaudible; 聞こえない ・resident; 住民 ・on a full-fledged basis; 本格的な ・at intervals; とびとびに ・issue; 出す、発する ・vehicle; 車両 ・conventional; 従来の、一般的 ・develop; 開発する ・prevent; 防止する ・alert; 警告する ・Ginoza, Kyoda, Nago; 地名（宜野座、許田、名護）

外国語（英語）

I. (1)～(3)の下線の文を日本語に訳しなさい.

II. (A)～(F)の場所に入る最も適切な単語を次の中から1つずつ選び, その番号を記入しなさい.

① on ② by ③ into ④ to ⑤ from ⑥ along

III. 本文に関する以下の質問について日本語で答えよ.

1. NEXCO West Japan の子会社が開発した装置はどのようなものか説明せよ.
2. どのような事故を防ぐ目的の装置か説明せよ.
3. ultrasonic waves が可聴域の音に変換されるメカニズムについて説明せよ.
4. このシステムをどこの道路でいつ本格導入するのかについて説明せよ.
5. 使用したスピーカーのサイズ、および、どのように高速道路上に配置されたのかを答えよ.

IV. 以下の文を英訳しなさい.

1. 音波が空気中を伝搬するスピードは約 340 m/s です.
2. 超音波は周波数が 20 キロヘルツを超える音です.
3. 音は通常、電球からの光と同じように広範囲に拡散します.
4. 十分な振幅を持つ音響定在波は、重力の作用に逆らって粒子を浮かせることができる.

2

現在取り組んでいる卒業研究テーマおよび内容について, 解答用紙に数行程度の英語で記述しなさい. また, その英文に対する日本語の文章も書きなさい.

解 答 用 紙

令和7年度 北海学園大学大学院工学研究科 修士課程 電子情報生命工学専攻 第Ⅱ期入学試験				採 点			
試 験 科 目				受 験 番 号			
外国語（英語）							

Ⅰ

I.

(1)	高速道路の近くに住む住民には警告音が聞こえないという利点もある
(2)	人間には聞こえない高周波の超音波を高速道路に向けて発射する
(3)	このスピーカーは従来のスピーカーよりも遠くまで超音波を送ることができる

II.

(A)	2	(B)	1	(C)	5	(D)	6	(E)	4	(F)	3
-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---	-----	---

III.

1	高速道路の工事現場に近づくと超音波の警報音でドライバーに注意を促すシステム。あるいは車線閉鎖を警告するシステム
2	居眠りや何らかの理由で気が散り、高速道路上の工事現場に車両が追突する事故
3	超音波が走行中の車の窓や車体に当たると、波の形状が変化し、可聴音に変換される
4	1月中旬から沖縄の高速道路に本格導入される
5	高さ約130センチ、幅約60センチのスピーカーが高速道路沿いに間隔を空けて設置された

試 験 科 目
外国語（英語）

解 答 用 紙

IV.

1	解答例：The speed of sound waves propagating in air is about 340 m/s.
2	解答例：Ultrasound is sound with frequencies greater than 20 kilohertz.
3	解答例：Sound typically spreads over a wide area, just like light from a light bulb.
4	解答例：An acoustic standing wave with sufficient amplitude can suspend a particle against the action of gravity.

2

和 文	
英 文	

英語 出題意図

出題文は、超音波技術を利用した高速道路の事故防止システムの開発、運用に関する科学技術記事である。専門用語を含む英語の文章を読解するための基礎学力があるかどうかを判定することを意図した。

① 問 1 は、下線部の指す内容を文脈から読み取り、日本語で簡潔に訳すことができるかをみる問題である。

① 問 2 は、英文法や語法について基礎的な知識があるかを確認する。

① 問 3 は、英文を読み取り、内容を正しく理解しているかどうかの確認と、日本語で簡潔にまとめることができるかを見るための問題である。

① 問 4 と ② は、日本語を英語で表現できるかどうかの英語力をみる問題である。