

整理番号
3

2025年度10月・2026年度4月入学 東京農工大学大学院工学府博士前期課程

問題用紙

専門科目

生体医用システム工学専攻

受験番号	MC-
------	-----

注意事項（試験開始前に必ず読むこと）

- この問題用紙は大問3題から構成されている。
- 各問題に対する解答は、対応する解答用紙に記入すること。
- 問題用紙の冊子、解答用紙の冊子、下書用紙の冊子は、いずれも「解答はじめ」の指示があるまで、開いてはならない。
- 問題用紙の冊子、解答用紙の冊子、下書用紙の冊子は、すべて試験終了後に回収する。持ち帰ってはならない。

整理番号

2025 年度 10 月・2026 年度 4 月入学 東京農工大学大学院工学府博士前期課程

3

問題用紙

専門科目

生体医用システム工学専攻

8 枚のうち 1

受験番号 MC-

1

〔1〕 次の文章を読んで、以下の問いに答えよ。

生命現象の諸過程は、定温、定圧下では、自由エネルギー変化で反応の進行を考えることができる。生体内の反応系では、自発的に進行する反応 (反応 1) (a)と、エネルギーを必要とする反応 (反応 2) (b)を共役させることで、様々な物質の分解や合成を可能としている。これらの 2 つの反応が共役するための 1 つの仕組みとして、反応 1 に際して高エネルギー化合物を合成し、この化合物を反応 2 に組み入れることで、自発的には生じない反応 2 を進行させる機構 (c)が備わっている。

(1-1) 下線部 (a), (b) について、それぞれの反応において、反応前と比べて反応後の自由エネルギーは増加するか、減少するか、答えよ。また、反応 2 の進行に必要なエネルギー以上のエネルギーが反応 1 によって供給された場合、その余剰のエネルギーが新たな化合物の合成や外部への仕事に使われないとすると、どのような形で失われるか、簡潔に説明せよ。

(1-2) 下線部 (c) について、生体内においては、反応 1 と反応 2 の共役により代謝反応が進行する。一般に、反応 1 は複雑な物質を単純な物質に分解する反応であり、反応 2 は複雑な物質を合成する反応である。それぞれの代謝反応を何というか、答えよ。

(1-3) 下線部 (c) について、生体内のほぼ全ての代謝反応に関与し、生細胞内で重要なエネルギー担体として作用する高エネルギー化合物は何か、答えよ。

(1-4) 動物細胞のミトコンドリアにおいて、エネルギーの保存と捕捉に関与する高エネルギーリン酸の主な供給源として、問い (1-3) の高エネルギー化合物の合成に関わるリン酸化過程を 2 つ答えよ。

8枚のうち2

受験番号

MC-

〔2〕 次の文章を読んで、以下の問いに答えよ。

真核細胞が、各種の構成成分の細胞内における秩序正しい配置、形態の変化、外部環境との機械的な相互作用、調和の取れた運動、ができるのは、(A) がそれらに重要な役割を担っているためである。(A) は、中間径フィラメント、(B)、アクチンフィラメントと呼ばれる機械的特性の異なる3種類の(C)で構築されている。(B) はキネシンやダイニンなどの(D)が移動するレールとして働き、細胞内の物質輸送に関わっている。また、(B) は細胞分裂時に(E)を形成し、染色体を分離・分配する役割も担っている。アクチンフィラメントは、球状アクチン単量体が(F)した直鎖2本がより合わさったらせん状の構造をとっている。

アクチンフィラメントは、細胞の形態維持や運動に重要な役割を果たす。したがって、アクチンフィラメントの伸びや縮みといった変形状態を力学的観点で記述することは、細胞の形態維持や運動を考察する上で重要な情報となる。ここで、アクチンフィラメントを図1-1に示すように長さ L 、断面積 A 、ヤング率 E の一樣な棒と仮定し、両端に長軸方向の力 F を加えたときに ΔL だけ引き伸ばされる変形について考える。このとき、図1-2に示すように、アクチンフィラメントをアクチン単量体同士が自然長 a 、バネ定数 k の線形バネで連結されている集合体とみなし、各バネの自然長からの変位を Δa とする。ただし、引き伸ばされる方向と垂直方向に生じる小さな変位は無視してよい。このようにモデル化することで、フィラメントのマクロな性質を単量体のミクロな性質から考えることができる。

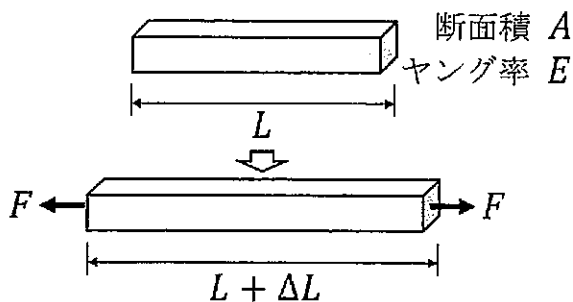


図1-1

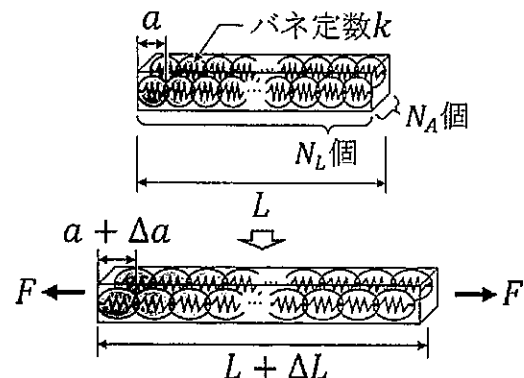


図1-2

整理番号

2025 年度 10 月・2026 年度 4 月入学 東京農工大学大学院工学府博士前期課程

3

問題用紙

専門科目

生体医用システム工学専攻

8 枚のうち 3

受験番号 MC-

(2-1) (A) ~ (F) に入る最も適切な語句を以下の中から選んで答えよ。

ミトコンドリア, リボソーム, ゴルジ体, 核膜, 細胞骨格, 中心小体, 紡錘体, 微小管, アミロイドフィラメント, 球状タンパク質, 線維状タンパク質, モータータンパク質, エフェクタータンパク質, 重合, 架橋, 水和, 解離

(2-2) 図 1-1 に示すように, アクチンフィラメントを棒と仮定した場合に, 棒の長軸方向に加わる力 F と棒の長さの変化量 ΔL の関係を, $F, L, \Delta L, E, A$ の中から必要なものを用いて表せ。

(2-3) 図 1-2 に示すように, アクチンフィラメントの伸長方向には N_L 個のアクチン単量体が結合しているとする。アクチン単量体が占める長さを a としたとき, アクチンフィラメントの伸長方向のアクチン単量体の個数 N_L を, $a, \Delta a, L, A$ の中から必要なものを用いて表せ。

(2-4) 図 1-2 に示すように, アクチンフィラメントの伸長方向と垂直な断面には N_A 個のアクチン単量体が存在しているとする。この断面において, アクチン単量体が占める面積を a^2 としたとき, アクチンフィラメントの伸長方向と垂直な断面におけるアクチン単量体の個数 N_A を, $a, \Delta a, L, A$ の中から必要なものを用いて表せ。

(2-5) 図 1-1 および図 1-2 に示す近似モデルを考えた場合に, アクチンフィラメント全体のひずみ $\Delta L/L$ を, $a, \Delta a, k, A$ の中から必要なものを用いて表せ。

(2-6) 図 1-1 および図 1-2 に示す近似モデルを考えた場合に, アクチンフィラメントの長軸方向に加えた力 F を, $a, \Delta a, k, N_L, N_A$ の中から必要なものを用いて表せ。

(2-7) 図 1-1 および図 1-2 に示すような近似モデルを考えた場合に, アクチンフィラメント全体を棒と仮定した場合の棒のヤング率 E と, アクチンフィラメントをアクチン単量体同士が線形バネで連結されている集合体と仮定した場合のバネ定数 k の関係を, $a, \Delta a, k, E, A$ の中から必要なものを用いて表せ。

8枚のうち4

受験番号

MC-

2

図 2-1 のように、円柱、または円筒が、高さ a 、角度 θ の斜面 AB の上端 A から初速度が 0 で、斜面 AB 上を運動した後、水平面上の点 C に達する運動について考える。ただし、摩擦によるエネルギーの損失は無いものとする。重力は鉛直下向き、重力加速度の大きさを g とする。斜面 AB の奥行き、および水平面の奥行きは、円柱、または円筒の長さに対して十分に長いものとする。円柱、または円筒の中心軸は、常に紙面に対して垂直とする。

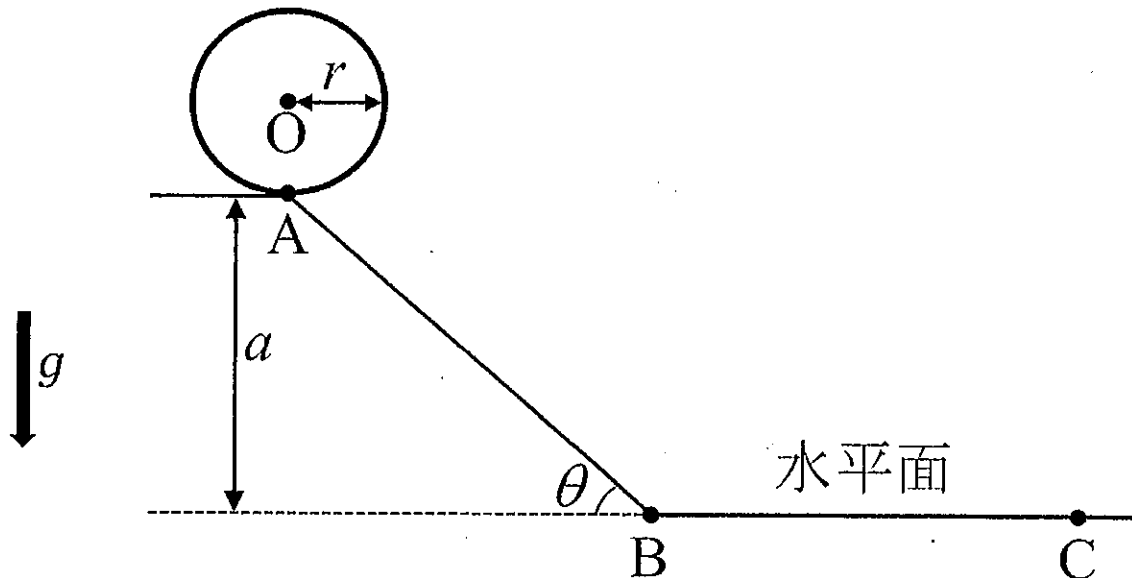


図 2-1

〔1〕 斜面 AB 上の運動について以下の問いに答えよ。

(1-1) 質量が M で、半径 r 、長さ L で、一様な密度を有し、剛体とみなすことができる円柱の、中心軸まわりの慣性モーメント I_1 を、 M と r の中から必要なものを用いて表せ。

整理番号
3

2025 年度 10 月・2026 年度 4 月入学 東京農工大学大学院工学府博士前期課程

問題用紙

専門科目

生体医用システム工学専攻

8枚のうち5

受験番号	MC-
------	-----

(1-2) 問い (1-1) の円柱が、斜面 AB の上端 A から滑ることなく転がりながら落ちた。時刻 t における重心 O の斜面 AB に沿った速さを V 、中心軸まわりの角速度の大きさを ω とする。斜面 AB との間の摩擦力の大きさを F 、中心軸まわりの慣性モーメントを I_1 として、斜面に沿った方向に関する重心の運動方程式と、中心軸まわりの回転に関する方程式を表せ。

(1-3) 問い (1-2) の速さ V を、 M, g, r, ω の中から必要なものを用いて表せ。

(1-4) 問い (1-2) の方程式を解き、円柱の重心 O の斜面 AB に沿った加速度の大きさを、 M, g, a, θ の中から必要なものを用いて表せ。

(1-5) つぎに、同様の運動を円筒で行った場合について考える。質量が M で、外半径 r 、厚み Δr 、長さ L で、一様な密度 ρ を有し、剛体とみなすことができる円筒の、中心軸まわりの慣性モーメント I_2 を、 M と r の中から必要なものを用いて表せ。求め方も記せ。ただし、 $\frac{\Delta r}{r} \ll 1$ としてよい。

(1-6) 問い (1-5) の円筒が、斜面 AB の上端 A から滑ることなく転がりながら落ちる場合の、重心 O の斜面 AB に沿った加速度の大きさを、 M, g, a, θ の中から必要なものを用いて表せ。

(1-7) 問い (1-5) の円筒が、斜面 AB の上端 A から転がらずに滑り落ちる場合 ($F=0$) の、重心 O の斜面 AB に沿った加速度の大きさを、 M, g, a, θ の中から必要なものを用いて表せ。

整理番号

2025 年度 10 月・2026 年度 4 月入学 東京農工大学大学院工学府博士前期課程

3

問題用紙

専門科目

生体医用システム工学専攻

8枚のうち6

受験番号	MC-
------	-----

〔2〕図2-1のように、問い(1-1)の半径 r の円柱が、斜面ABの上端Aから滑ることなく転がりながら落ちた後、円柱と水平面の接点が点Cに達するまでの水平面上の運動について考える。以下の問いに答えよ。ただし、斜面ABと水平面とはともに粗く、円柱は滑らないものとし、摩擦や衝突によるエネルギーの損失は無く、円柱が宙を跳ねることも無いものとする。

(2-1) 円柱と水平面の接点が、図2-1の点Cに達したときの円柱の重心の速さを v とする。このときの円柱の中心軸まわりの角運動量 L の大きさを、円柱の中心軸まわりの慣性モーメント I 、 r 、 v の中から必要なものを用いて表せ。

(2-2) 円柱と水平面の接点が、図2-1の点Cに達したときの円柱の重心の速さ v を、 g 、 r 、 a 、 θ の中から必要なものを用いて表せ。

8枚のうち7

受験番号 MC-

3

〔1〕 図3-1に示すように、素子 X（インダクタまたはキャパシタ）と抵抗器が、角周波数 ω の交流電圧源と並列に接続された交流回路がある。抵抗器の抵抗値は R 、交流電圧源の時刻 t における電圧は、 $e(t) = V \sin \omega t$ であり、 V 、 ω は正の実数である。このとき、以下の問いに答えよ。ただし、 $j = \sqrt{-1}$ 、円周率を π とする。

はじめ素子 X は、インダクタンスが L のインダクタであった。

(1-1) この回路でインダクタの複素インピーダンスは jZ_L

(ただし、 $Z_L > 0$) であった。 Z_L を V 、 L 、 ω から必要なものを用

いて答えよ。

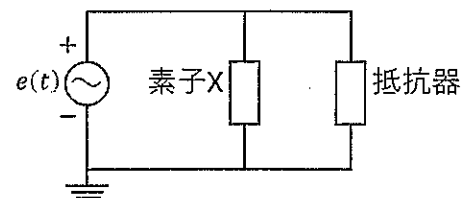


図3-1

次に素子 X をキャパシタンスが C のキャパシタに交換した。

(1-2) この回路でキャパシタの複素インピーダンスは $-jZ$ (ただし、 $Z > 0$) であった。 Z を V 、 ω 、 C から必要なものを用いて答えよ。

(1-3) 問い(1-2)において、交流電圧源から流れ出す全電流 $i(t)$ は、 $i(t) = I \sin(\omega t + \theta)$ であった。ただし、 $I > 0$ 、 $-\pi < \theta \leq \pi$ である。このとき、 I を V 、 Z 、 R を用いて答えよ。

(1-4) 問い(1-3)において、 $\theta = \frac{\pi}{3}$ であったとする。このとき、 Z を R を用いて答えよ。

(1-5) 抵抗器における瞬時電力 $p_R(t)$ の周期 T を V 、 ω 、 R から必要なものを用いて答えよ。

(1-6) 素子 X (=キャパシタ)における瞬時電力 $p_C(t)$ の最小値 p_{\min} を V 、 Z を用いて答えよ。

(1-7) 素子 X (=キャパシタ)と抵抗器からなる合成負荷で消費される平均電力 P_{av} を V 、 ω 、 R から必要なものを用いて答えよ。

8枚のうち8

受験番号 MC-

〔2〕図3-2に示す回路において、交流電圧源の電圧 $e(t)$ と交流電流源の電流 $i(t)$ は、角周波数が共に等しく ω で、時刻 t において $e(t) = V \sin \omega t$, $i(t) = I \sin \omega t$ である。また、図3-3の回路には、図3-2と同じ交流電圧源が、図3-4の回路には図3-2と同じ電流源が使われている。さらに、各回路には同じ抵抗器、インダクタ、キャパシタが使われている。図3-3の回路における節点 d' は接地されており、節点 b の電位は、 $v_1(t) = V_1 \sin(\omega t + \phi)$ ($-\pi < \phi \leq \pi$)である。また、図3-4における回路の節点 d'' は接地されており、節点 c の電位は、 $v_2(t) = V_2 \sin(\omega t + \psi)$ ($-\pi < \psi \leq \pi$)である。ただし、 V, V_1, V_2, I, ω は正の実数であり、 $j = \sqrt{-1}$ 、円周率を π とする。

(2-1) 図3-2の回路において、節点 d は接地されており、節点 a の電位が $v_R(t) = V_R \sin(\omega t + \theta)$ ($V_R > 0, -\pi < \theta \leq \pi$)と表されるとする。 V_R を V_1, V_2, ϕ, ψ から必要なものを用いて答えよ。導出過程も示せ。

(2-2) 抵抗器の抵抗値は $2R$ 、インダクタの複素インピーダンスは jR 、キャパシタの複素インピーダンスは $-j2R$ とする。 V_1 、および V_2 を、それぞれ R, I, V から必要なものを用いて答えよ。

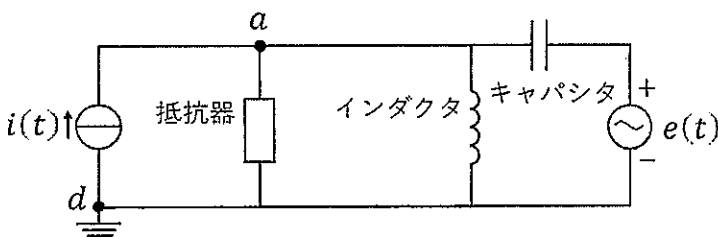


図3-2

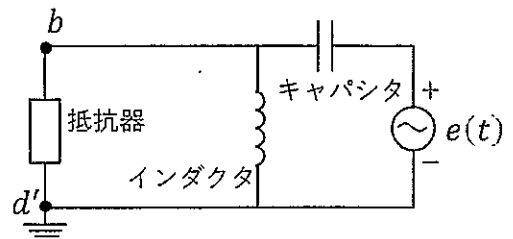


図3-3

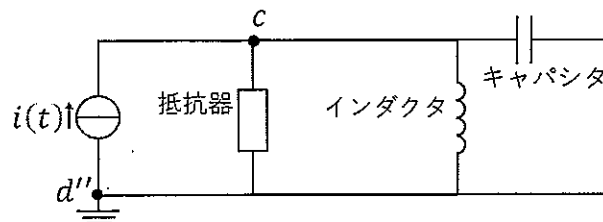


図3-4

解答例

整番番号
3

2025 年度 10 月・2026 年度 4 月入学 東京農工大学大学院工学府博士前期課程

総合点

解答用紙

試験科目	専攻	受験番号	評点
専門科目	生体医用システム工学	MC-	

6枚のうち1

1

[1]

(1-1) 反応1: 減少する 反応2: 増加する

(説明)
熱エネルギーとして放散される。

(1-2) (反応1) 異化 (反応2) 同化

(1-3) アデノシン三リン酸 (ATP)

(1-4) 酸化的 リン酸化

基質レベルの リン酸化

[2]

(2-1) (A) 細胞骨格 (B) 微小管

(C) 線維状タンパク質 (D) モータータンパク質

(E) 紡錘体 (F) 重合

解答例

整理番号

2025 年度 10 月・2026 年度 4 月入学 東京農工大学大学院工学府博士前期課程

3

解答用紙

試験科目	専攻	受験番号	評点
専門科目	生体医用システム工学	MC-	

6枚のうち2

1

(2)

(2-2)

$$\frac{F}{A} = E \frac{\Delta L}{L}$$

(2-3)

$$N_L = \frac{L}{a}$$

(2-4)

$$N_A = \frac{A}{a^2}$$

(2-5)

$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{\Delta a}{a}$$

(2-6)

$$F = N_A k \Delta a$$

(2-7)

$$E = \frac{k}{a}$$

解答例

整理番号

2025 年度 10 月・2026 年度 4 月入学 東京農工大学大学院工学府博士前期課程

3

解答用紙

試験科目	専攻	受験番号	評点
専門科目	生体医用システム工学	MC-	

6枚のうち3

2

(1)

(1-1) I_1 :

$$\frac{1}{2}Mr^2$$

(1-2) 斜面に沿った重心の運動方程式 :

$$M \frac{dV}{dt} = Mg \sin \theta - F$$

中心軸まわりの回転に関する方程式 :

$$I_1 \frac{d\omega}{dt} = rF$$

(1-3) $V =$

$$r\omega$$

(1-4)

$$\frac{2}{3}g \sin \theta$$

(1-5)

$$I_2 : Mr^2$$

I_2 の求め方 :

円筒の全質量は $M = \pi\rho L(r^2 - (r - \Delta r)^2)$ であり、質量中心を原点とした

円筒座標系 $(\varepsilon, \varphi, z)$ を使うと、体積素片は $dV = \varepsilon d\varepsilon d\varphi dz$ であるから、

$$\begin{aligned} \text{中心軸周りの慣性モーメントは、} I_2 &= \int \varepsilon^2 \rho dV = \rho \int_{r-\Delta r}^r \varepsilon^3 d\varepsilon \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} dz \\ &= \frac{1}{2} \pi \rho L (r^2 - (r - \Delta r)^2) (r^2 + (r - \Delta r)^2) \cong Mr^2 \end{aligned}$$

解答例

整理番号

2025 年度 10 月・2026 年度 4 月入学 東京農工大学大学院工学府博士前期課程

3

解答用紙

試験科目	専攻	受験番号	評点
専門科目	生体医用システム工学	MC-	

6枚のうち4

2

[1]

(1-6)

$$\frac{1}{2}g \sin \theta$$

(1-7)

$$g \sin \theta$$

[2]

(2-1) $L:$

$$I_1 \frac{v}{r}$$

(2-2) $v:$

$$\sqrt{\frac{4ga}{3}}$$

解答例

整理番号

2025 年度 10 月 ・ 2026 年度 4 月 入学 東京農工大学大学院工学府博士前期課程

3

解答用紙

試験科目	専攻	受験番号	評点
専門科目	生体医用システム工学	MC-	

6 枚のうち 5

3

[1]

$$(1-1) Z_L = \omega L$$

$$(1-2) Z = \frac{1}{\omega C}$$

$$(1-3) I = \frac{\sqrt{R^2 + Z^2}}{RZ} V$$

$$(1-4) Z = \frac{R}{\sqrt{3}}$$

$$(1-5) T = \frac{\pi}{\omega}$$

$$(1-6) p_{\min} = -\frac{V^2}{2Z}$$

$$(1-7) P_{\text{av}} = \frac{V^2}{2R}$$

解答例

整理番号

2025 年度 10 月・2026 年度 4 月入学 東京農工大学大学院工学府博士前期課程

3

解答用紙

試験科目	専攻	受験番号	評点
専門科目	生体医用システム工学	MC-	

6枚のうち6

3

[2]

(2-1) 図3-2の回路は、図3-3と図3-4の回路の重ね合わせなので、節点aの電位は、節点bの電位と節点cの電位の和となる。節点aの電位のフェーザを \dot{V}_R とすると、その振幅は、

$$\begin{aligned} V_R &= |\dot{V}_R| = |V_1 e^{j\phi} + V_2 e^{j\psi}| \\ &= \sqrt{(V_1 \cos \phi + V_2 \cos \psi)^2 + (V_1 \sin \phi + V_2 \sin \psi)^2} \\ &= \sqrt{V_1^2 + V_2^2 + 2V_1 V_2 \cos(\phi - \psi)} \end{aligned}$$

$$V_R = \sqrt{V_1^2 + V_2^2 + 2V_1 V_2 \cos(\phi - \psi)}$$

$$(2-2) V_1 = \frac{\sqrt{2}}{2} V$$

$$V_2 = \sqrt{2} RI$$

2025 年度 10 月入学

2026 年度 4 月入学

東京農工大学大学院工学府

博士前期課程（修士）入学試験

口述試験 評価の観点

【口述試験（生体医用システム工学専攻・応用化学専攻・化学物理工学専攻・機械システム工学専攻・知能情報システム工学専攻）】

口述試験においては、工学府および各専攻の掲げるアドミッションポリシーに基づき、志望専攻の専門性に基づいた問題発見・解決能力、専門分野での活動を通じて社会的・国際的に貢献することへの挑戦的意識・意欲、高いコミュニケーション能力（日本語、外国語を問わず）等を、質疑応答を通して総合的に評価しました。