

令和3年4月入学・令和2年秋期入学

埼玉大学大学院理工学研究科(博士前期課程)入試問題用紙

機械科学系専攻

選択科目

2020年8月20日(木)

科目群A 15:00～15:30

科目群B 15:00～16:00

注意事項

Matters to be attended

1. 試験開始の合図があるまでこの冊子を開いてはいけない。

(Do not open this booklet before the cue of examination is given.)

2. 本問題は選択問題である。

科目群 A (英語利用) の場合には, 大問 ～ の中から 1 問を選んで解答せよ。

科目群 B (英語利用なし) の場合には, 大問 ～ の中から 2 問を選んで解答せよ。

(Choose and answer 1 question from ～ if you have selected subject group A where the score of TOEIC or other English tests is used.

Choose and answer 2 questions from ～ if you have selected subject group B where the score of TOEIC or other English tests is NOT used.)

3. 印刷が不鮮明の場合は申し出ること。

(Call on if a printing is indistinct.)

4. 答えは必ず1問につき1枚の答案用紙に記入すること。

(Use each answer sheet for each question.)

5. 答案用紙の全てに必ず受験番号を記入すること。記入を忘れたり誤った記入をした答案は、0点（零点）となることがある。

(Write your application number in every answer sheet. If the application number is not written or incorrect, a score for the question might be null.)

6. 答案用紙の※印欄には記入しないこと。

(Do not write at a column ※ in the answer sheet.)

7. 試験を終了して退室するときは、答案用紙を裏返して机の上に置き、この冊子は持ち帰ること。

(Leave the answer sheets face down on the desk and take this booklet with you when you exit the room.)

8. 答案用紙が足りない場合には、答案用紙の右下に「裏面に続く」と記載し、裏面を利用すること。

(If the answer sheet is insufficient in space, use a reverse side with writing [continue to reverse] at lower right of the front side.)

試験問題は、次ページからです。
(Questions are from the next page.)

1

(1) 長さ l の片持ち梁 AB が、点 C で中間支持され、先端 B に集中荷重 P を受けるとき、次の問いに答えよ。ただし、片持ち梁のヤング率と断面二次モーメントはそれぞれ E と I とする。

(A cantilever AB of length l , Young's modulus E , second moment of area I , simply-supported in the middle point C, carries a concentrated load P at the tip B, as shown in Fig. 1-1 Answer the following questions.)

a) 支持端 C における反力 R_C を求めよ。(30 点)

Determine the reaction force R_C at point C.

b) 先端 B における(下向きの)たわみ w_B を求めよ。(40 点)

Determine the downward deflection w_B at point B.

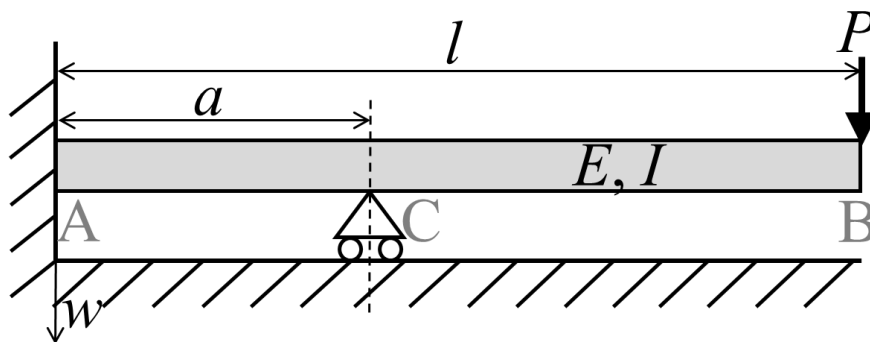


図 1-1 (Fig. 1-1)

(問題は次ページに続く)

(The question continues to the next page.)

(2) 図 1-2 に示す断面の断面二次モーメント I_y を求めよ. 但し, 点 C は図心を示す. (30 点)

(Determine the second moment of area I_y for a triangular cross-section with the centroid C, illustrated in Fig. 1-2.)

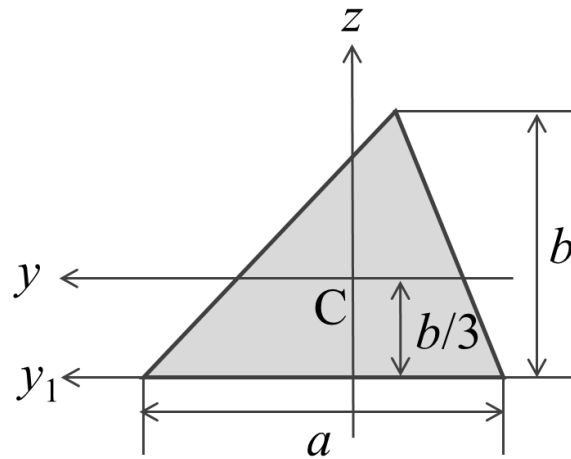


図 1-2 (Fig. 1-2)

図 2 に示すように円柱は傾いた平板の点(a)から静止した状態から放される。円柱は点 (a) から回転する。円柱は傾き角 θ の傾いた板の上を滑らずに回転する。回転する本体と回転する表面は完全に剛体である。摩擦によるエネルギーの損失は無視できる。ここで、 M は質量、 R は円柱の半径、 g は重力加速度であり、円柱の中心軸まわりの慣性モーメントは $\frac{1}{2}MR^2$ である。点(b)の円柱の中心の並進速度は v であり、円柱と平板の間の摩擦力は F である。

(A solid cylinder is released from rest at the point (a) of an inclined plate as shown in Fig. 1. The solid cylinder rotates from the point (a). It rotates without slipping on the inclined plate with incline angle θ . The rotating body and the surface on which it rotates are perfectly rigid. We can ignore the energy loss of friction. Here, M is mass, R is radius of the solid cylinder, g is the gravitational acceleration, and the moment of inertia for an axis through the center of the solid cylinder is $\frac{1}{2}MR^2$. The linear speed of the center of the solid cylinder is v , and the frictional force between the solid cylinder and the plate is F at the point (b).)

(問題は次ページに続く)

(The question continues to the next page.)

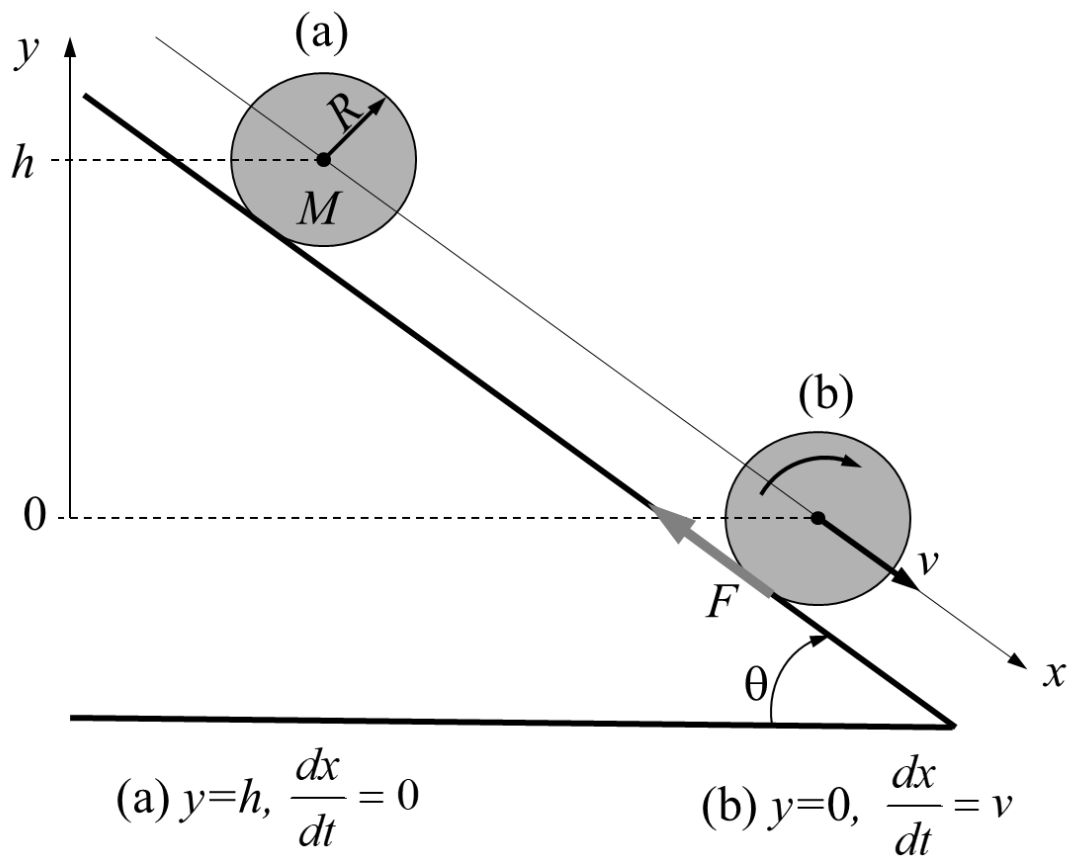


図2 円柱は(a)点から傾き角に沿って初速度0回転速度0で放される
 Fig. 2 A solid cylinder is released along the incline of angle θ with an initial speed of 0 and no angular velocity at point (a).

(問題は次ページに続く)
 (The question continues to the next page.)

1) エネルギー保存則から, 点 (a) $y = h$ の位置におけるエネルギーと点 (b) $y = 0$ の位置におけるエネルギーが等しいとおくことができる. この式を示せ.

(From the energy conservation law, we can set the energy at the point (a) $y = h$ equals to the energy at the point (b) $y = 0$. Show this equation.)

2) 円柱の中心の速さ v を求めよ.

(Solve for the linear speed v of the center of the solid cylinder.)

3) 円柱中心の並進運動の方程式を書け.

(Write the equation for the translational motion of the center of the solid cylinder.)

4) 円柱中心の軸まわりの回転運動の方程式を書け.

(Write the equation for the rotational motion about the axis through the center of the solid cylinder.)

5) 点 (b) における摩擦力 F を求めよ.

(Solve for frictional force F at the point (b).)

滑らかに動くピストンとシリンダで構成される容器に比熱比 1.5，気体定数 R の理想気体が密封されている．気体の初めの状態は図 3 の $T-s$ (温度-比エントロピー) 線図上の点 1 で表され，気体の温度は T_1 ，比エントロピー s_1 ，比体積 v_1 である．

気体は，点 1 からその比体積が $v_1/2$ の点 2 まで断熱変化した．次に，比体積が v_1 となる点 3 まで等圧で変化し，等積変化して点 1 に戻った．このサイクルにおいて，気体は可逆的に変化するものと仮定して，以下の問いに答えなさい．

(There is a container composed of smoothly moving piston and cylinder, and an ideal gas having specific heat ratio of 1.5 and gas constant of R is sealed inside it. Initial condition of the gas is shown as point 1 in $T-s$ (temperature-specific entropy) diagram of Fig. 3, where temperature of the gas is T_1 , specific entropy is s_1 and specific volume is v_1 .)

The gas is adiabatically changed from point 1 until the specific volume becomes $v_1/2$ of point 2. Next, the gas is isobarically changed until the specific volume becomes v_1 of point 3 and is returned to point 1 with isochoric change. Assuming that the gas is reversibly changed during this cycle, answer the following questions.)

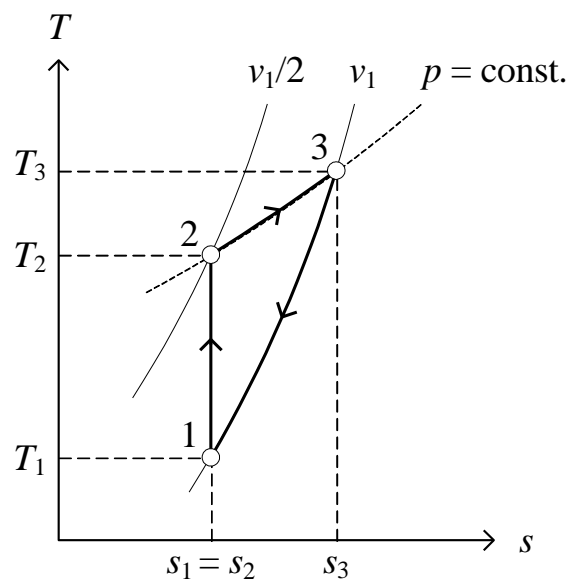


図 3 (Fig. 3)

(問題は次ページに続く)

(The question continues to the next page.)

- 1) このサイクルにおける気体の変化の概略を縦軸に圧力 p , 横軸に比体積 v とした線図上に表しなさい. 図には, 点 1, 2, 3, およびこれら 3 点を通る等温線をそれぞれ示すこと.

(Display the changes of gas during this cycle in the schematic diagram, where vertical axis is pressure p , horizontal one is specific volume v . In the diagram, indicate the points of 1, 2, 3 and isothermal lines passing through these three points, respectively.)

- 2) 以下の諸量を R および T_1 のうち必要な変数を用いて表しなさい. 必要であれば, $\sqrt{2} = 1.4$ および $\ln 2 = 0.69$ の近似を用いてよい.

(Express following quantities using required parameters among R and T_1 . If necessary, use approximations of $\sqrt{2} = 1.4$ and $\ln 2 = 0.69$.)

- (a) 点 2 における気体の温度, T_2
(Temperature of the gas at point 2, T_2)
- (b) 断熱過程 1-2 で単位質量当たりの気体のした絶対仕事, $l_{a,12}$
(Absolute work done by unit mass of the gas during adiabatic process 1-2, $l_{a,12}$)
- (c) 点 3 における気体の温度, T_3
(Temperature of the gas at point 3, T_3)
- (d) 等圧過程 2-3 で単位質量当たりの気体のした絶対仕事, $l_{a,23}$
(Absolute work done by unit mass of the gas during isobaric process 2-3, $l_{a,23}$)
- (e) 等圧過程 2-3 における比エントロピー変化量, $s_3 - s_2$
(Change of the specific entropy during isobaric process 2-3, $s_3 - s_2$)
- (f) 等圧過程 2-3 において単位質量当たりの気体の受けとった熱量, q_H
(Heat received by unit mass of the gas during isobaric process 2-3, q_H)
- (g) 等積過程 3-1 において単位質量当たりの気体の捨てた熱量, $|q_L|$
(Heat released by unit mass of the gas during isochoric process 3-1, $|q_L|$)
- (h) このサイクルにおいて単位質量当たりの気体のした正味仕事, $l_{a,net}$
(Net work done by unit mass of the gas during this cycle, $l_{a,net}$)
- (i) このサイクルの理論熱効率, η_{th}
(Theoretical thermal efficiency of this cycle, η_{th})

(問題は次ページに続く)

(The question continues to the next page.)

- 3) 理想気体の状態変化を図 3 に示す $T - s$ 線図上に表すと、等積線の傾きのほうが等圧線の傾きよりも大きくなることについて、数式を用いて説明しなさい。ただし、理想気体では定圧比熱 c_p のほうが定積比熱 c_v よりも大きいことを用いてよい。

(If the change of ideal gas state is shown in $T - s$ diagram of Fig. 3, the inclinations of isochoric line are greater than that of isobaric line. Explain this reason using equations. For the ideal gas, however, the specific heat at constant pressure c_p is greater than the specific heat at constant volume c_v .)

図 4 に示すように、大きなタンクの底に出口直径 d (m) の小さな先細ノズルが取り付けられていて水が真下に噴出している。タンクは天井に紐で吊り下げされている。ノズルの直径 d はタンクの直径よりも十分に小さく、タンク内の水位はほぼ一定であり、水の体積は V (m³) であるとする。タンクには空気が圧力 p_1 (Pa) で充填されている。タンク内の空気の質量は水の質量に比べて無視でき、空気と水の粘性は無視するものとして以下の問いに答えよ。ただし、水の密度を ρ (kg/m³)、重力加速度を g (m/s²)、タンクの質量を m (kg) とする。 x, z 座標を図のようにとり、 z 座標の原点をノズル出口とする。

(As shown in Fig. 4, a convergent nozzle with a small diameter d (m) is attached to the bottom of a large tank and water is jetting out downwards. The tank is suspended on the ceiling with a string. Since the diameter of the nozzle is sufficiently smaller than the diameter of the tank, the water level in the tank is almost constant, and the volume of water is V m³. An air at pressure p_1 (Pa) is charged in the tank. Answer the following questions assuming that the mass of air in the tank is negligible compared to the mass of water, and the viscosities of air and water can be neglected. Here, the density of water is ρ (kg/m³), the acceleration of gravity is g (m/s²), and the mass of the tank is m (kg). The coordinates x, z are taken as shown in the figure, and the origin of the z -coordinate allocates the nozzle exit.)

(問題は次ページに続く)

(The question continues to the next page.)

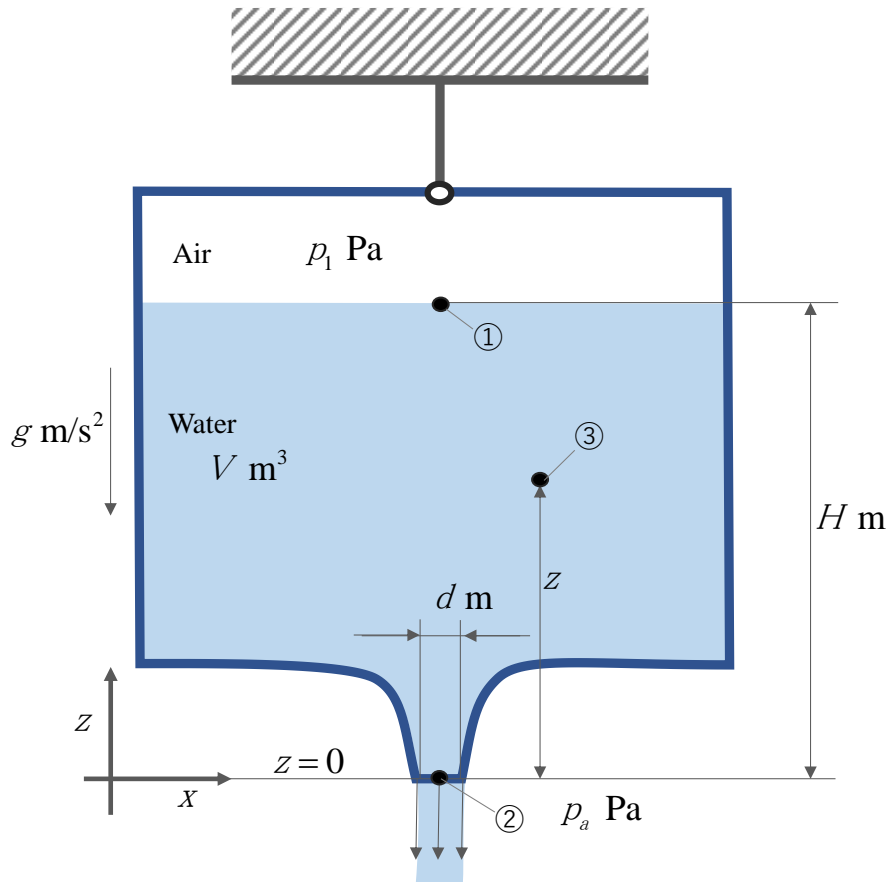


図 4 (Fig. 4)

- 1) ノズル出口から十分離れた任意の点③の圧力を z の関数として表せ.
(Express the pressure at any point ③, where is sufficiently far from the nozzle exit, as a function of z .)

- 2) ノズル出口断面において圧力は大気圧 p_a と等しく流れは一様であるとする.
ベルヌイの式を用いて出口断面上の点②とタンク内の水面上の点①の間に成り立つ関係式を示せ.

(The pressure is equal to the atmospheric pressure p_a and the flow is uniform at the cross section of the nozzle exit. Use Bernoulli's law, express the related equation that is valid between point ② on the outlet cross section and point ① on the water surface in the tank.)

(問題は次ページに続く)

(The question continues to the next page.)

3) ノズル出口の速度を求めよ.

(Express the water velocity at the nozzle exit.)

4) ノズル出口における運動量流量を求めよ.

(Express the momentum flow rate at the nozzle exit.)

5) タンクを取り囲む検査体積を仮定し, その検査体積に対する運動量方程式を示せ.

(Assuming a control volume surrounding the tank, show the momentum equation for this control volume.)

6) タンクを吊るしている紐の張力が0となるための圧力 p_1 を求めなさい.

(Find the pressure p_1 at which the tension of the string suspending the tank becomes zero.)

5

次のフィードバック制御系について以下の問に答えよ。

(Answer the following questions about the illustrated feedback control system.)

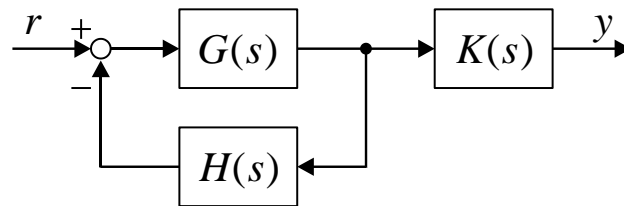


図 5 (Fig. 5)

1) $G(s) = \frac{1}{s^2 + 2s + 1}$, $H(s) = 0$, $K(s) = \frac{s}{5s + 1}$ のとき, この系の伝達関数を求めよ.

(Let $G(s) = \frac{1}{s^2 + 2s + 1}$, $H(s) = 0$ and $K(s) = \frac{s}{5s + 1}$. Find the transfer function of the system.)

2) $G(s) = \frac{1}{s + 2}$, $H(s) = 3s + 1$, $K(s) = \frac{s}{s + 1}$ のとき,

入力 $r(t)$ をステップ関数

$$r(t) = \begin{cases} 0 & (t < 0) \\ A & (t \geq 0) \end{cases}$$

としたときの応答 $y(t)$ を求めよ. ただし, $y(0) = 0$ とする.

(Let $G(s) = \frac{1}{s + 2}$, $H(s) = 3s + 1$ and $K(s) = \frac{s}{s + 1}$. Find the response $y(t)$ with input $r(t)$ as a step function

$$r(t) = \begin{cases} 0 & (t < 0) \\ A & (t \geq 0) \end{cases},$$

when $y(0) = 0$.)

(問題は次ページに続く)

(The question continues to the next page.)

3)

$G(s) = \frac{1}{s+3}$, $H(s) = s+1$, $K(s) = 4$ のとき, この系のボード線図の概形を描け.

(Let $G(s) = \frac{1}{s+3}$, $H(s) = s+1$ and $K(s) = 4$. Draw the asymptotic Bode diagram of the system.)

注：問題 3)に対しては，専用の解答用紙があります。配布しますので，申し出てください。専用の解答用紙の余白に受験番号を記入してください。

Attention: A special answer sheet to draw the diagram is to be used for the problem 3). The sheet is given upon request. Write your application number in the margin of this special answer sheet.

試験問題は以上です。
(Questions are over.)