

## 2022年9月・2023年4月入学試験

## 大学院創造理工学研究科修士課程

## 総合機械工学専攻

## 専門科目表紙（選択科目）

- ◎問題用紙が 7 ページあることを試験開始直後に確認しなさい。  
◎解答用紙が 7 枚綴りが 1 組あることを試験開始直後に確認しなさい。

## 注意事項 (Notice for Examinees)

1. 選択方法 (How to choose the subjects (problems))
  - (1) 専門科目は問題番号2から問題番号8までで構成されている。  
(The elective subjects consist of seven problems from Problems No.2 to No.8)
  - (2) 問題番号2から8までの計7題のうち2題を選択して解答すること。  
(Examinees must choose two (2) problems from Problems No.2 to No.8)
  - (3) 3題以上解答した場合は無効とし、すべてを採点の対象外とする。  
(If examinees answer three or more problems, all the answers are not graded)
2. 解答方法 (How to Answer)
  - (1) 解答は解答用紙の表面に記入すること。裏面の記入は採点対象としない。  
(Examinees should write the answers to the front (printed) side of the sheets.  
The answers on the reverse side of the sheets are not graded.)
  - (2) 解答用紙は7枚ある。  
(There are seven answering sheets.)
  - (3) 関数計算ができる電卓は使用して良い。ただし、プログラム機能のある電卓は使用できない。  
(Examinees can use a scientific electronic calculator, but cannot use pre-programmable calculator.)

2022年9月・2023年4月入学試験問題

大学院創造理工学研究科修士課程総合機械工学専攻

科目名： 熱と流れの工学

問題番号

2

一組のコンプレッサとタービン (one pair of a compressor and a turbine) で構成されたガスタービン発電機 (gas turbine power generation system) について以下の問いに答えよ。なお、作動流体 (working fluid) は空気、ガス定数 (gas constant)  $R=0.287 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ 、定圧比熱 (specific heat at constant pressure)  $C_p=1.005 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$  一定の理想気体 (ideal gas) として扱えるものとする。

- ① ガスタービンの理想サイクル (ideal cycle) の  $P$ - $V$  線図 ( $P$ - $V$  diagram) を描け。図には、圧縮前、圧縮後、膨張前、膨張後の4つの状態に、それぞれ1~4の番号を付して示すこと。
- ② 空気の比熱比 (Specific heat capacity) を算出せよ。
- ③ コンプレッサは  $15^\circ\text{C}$ 、標準大気圧 (standard atmospheric pressure) から空気を吸い込み、圧力比 (pressure ratio) は4.0である。可逆的な断熱圧縮 (reversible adiabatic compression process) を仮定した場合の圧縮空気温度 [ $^\circ\text{C}$ ] (temperature of the compressed air) を求めよ。なお、入口・出口の流速 (inlet and outlet velocity of the compressor) による影響は無視できる (ignorable) としてよい。
- ④ 実際には、圧縮空気温度は  $440\text{K}$  であった。圧縮機の断熱効率 (adiabatic efficiency of the compressor) と作動流体  $1\text{kg/s}$  あたりの所要動力 [ $\text{kW}$ ] (required power per unit mass flow rate,  $\text{kg/s}$ ) をそれぞれ求めよ。
- ⑤ 上記圧縮後の  $440\text{K}$  の空気を、 $1\text{kg/s}$  あたり  $800\text{kW}$  で高温熱源にて加熱 (heated the compressed air) するとともに、標準大気圧まで断熱効率  $85\%$  (adiabatic efficiency of the turbine) のタービンで膨張させ (expanded to the standard atmospheric pressure)、発電機を駆動した (drive a generator) ところ、 $2\text{MW}$  の出力を得た。タービン入口温度 [ $\text{K}$ ] (turbine inlet temperature)、ガスタービン通過流量 [ $\text{kg/s}$ ] (air mass flow rate) を求め、コンプレッサ・タービンによる発電機 (compressor and turbine generator set) の発電効率 (power generation efficiency) を求めよ。なお、発電機の損失 (loss of the generator) は無視できるものとする。

2022年9月・2023年4月入学試験問題  
 大学院創造理工学研究科修士課程総合機械工学専攻  
 科目名： 熱と流れの工学

問題番号 3

図1に示すような曲面を有した台車(cart)を考える。水平方向に速さ  $V$  で流れる断面積  $S$  の噴流(jet)が台車の曲面に沿って流れ、その向きを水平面から  $\alpha$  だけ変え台車から離れている。噴流は密度  $\rho$  の非圧縮性流体とする。噴流の断面積は一定に保たれ、また粘性および重力の影響は無視できるとする。定常状態を考え、また流れの損失はないと考える。

- 1) 台車が図1のように固定され動かないときを考える。このとき、以下の問いに答えよ。
  - i) 台車から離れていくときの噴流の速さ  $V_2$  を求めよ。
  - ii) 台車が噴流によって受ける水平方向の力の大きさを求めよ。
  - iii) 台車が噴流によって受ける鉛直方向の力の大きさを求めよ。

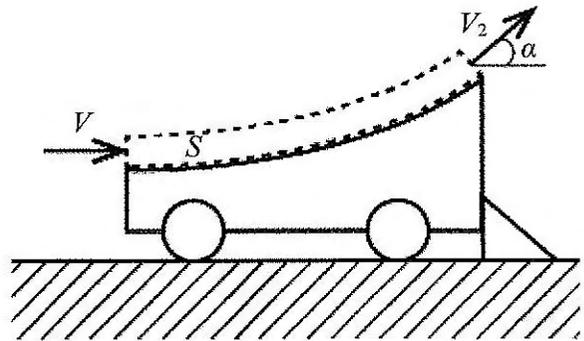


図1

- 2) 図2のように台車の固定を外したところ、台車は紙面右向きに一定の速さ  $U$  ( $U < V$ ) で水平方向に運動した。台車と床の間の摩擦は考えないこととする。このとき、以下の問いに答えよ。
  - i) 台車が噴流によって受けている水平方向の力の大きさを求めよ。
  - ii) 台車が噴流によって受ける鉛直方向の力の大きさを求めよ。
  - iii) 噴流が台車の運動に与えている動力を求めよ。また動力が最大となるときの  $U$  と  $V$  の間の関係を求めよ。このとき、 $\alpha$ ,  $\rho$ ,  $S$ ,  $V$  は一定値で変化しないとする。

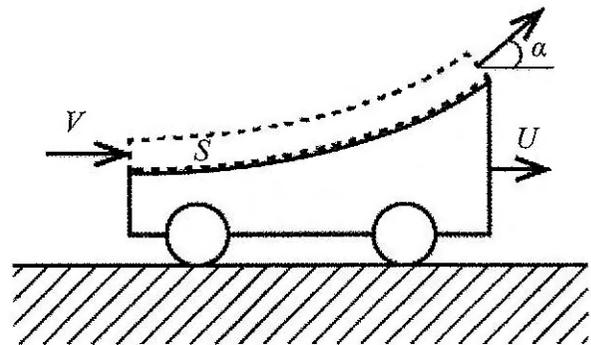
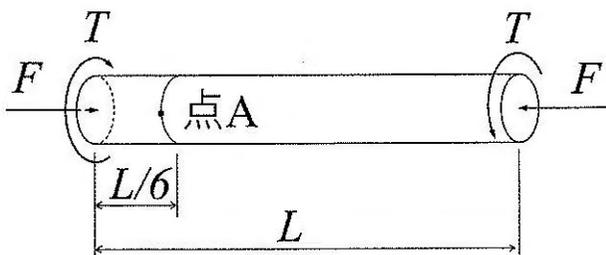


図2

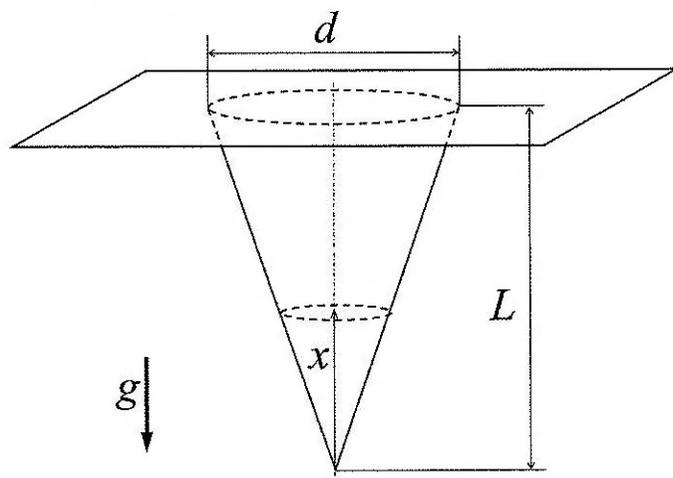
2022年9月・2023年4月入学試験問題  
 大学院創造理工学研究科修士課程総合機械工学専攻  
 科目名： \_\_\_\_\_ 材料の力学 \_\_\_\_\_

問題番号 4

- (1) 図1に示すように、直径 (diameter)  $d$ 、長さ (length)  $L$  の軸 (shaft) に、軸圧縮力 (axial compression)  $F$  とトルク (torque)  $T$  が同時に加わるものとする。点 A は左端から長さ  $L/6$  の位置の軸表面 (surface) にあるとする。以下の問題に答えよ。
- (a) 点 A に加わる軸方向の応力 (axial stress) を示せ。
  - (b) 点 A に加わる周方向のせん断応力 (circumferential shear stress) を示せ。
  - (c) 点 A での主応力 (principal stress) を導出せよ。
  - (d) 点 A における最大面内せん断応力 (maximum in-plane shear stress) を導出せよ。



- (2) 密度 (density)  $\rho$ 、ヤング率 (Young's Modulus)  $E$  で、図2のような外形をした円錐 (cone) が天井 (ceiling) からぶら下がっているものとする。重力加速度 (gravitational acceleration)  $g$  が、図の向きに加わっているとき、以下の問題に答えよ。
- (a) 円錐の先端から  $x$  の位置における仮想断面での内力 (internal force) を導出せよ。
  - (b) 円錐の先端から  $x$  の位置における重力方向のひずみ (strain) を導出せよ。
  - (c) 重力が加わっていない状態と比べて、重力が加わったときの円錐の先端の変位 (displacement)  $\delta$  を求めよ。



2022年9月・2023年4月入学試験問題  
 大学院創造理工学研究科修士課程総合機械工学専攻  
 科目名： \_\_\_\_\_ 材料の力学 \_\_\_\_\_

問題番号 5

くい打ち作業(piling work)を想定し、直径(diameter) $d$ 、長さ(length) $L$ の丸棒(bar)に作用する各種の荷重(load)に伴う変形(deformation)を考える。棒の縦弾性係数(modulus of longitudinal elasticity)は $E$ であり、横弾性係数(modulus of transverse elasticity)は $G$ とする。

(1) 長さが $l$ になるまで、図1(a)より圧縮荷重(compressive load) $P$ を鉛直方向に、準静的(quasi-static)に作用させた後、図1(b)のように、荷重 $P$ の作用線(line of action)が一定の角度(angle) $\theta$ を持ち荷重を増加させた。なお、棒の地中部分については、地面と一体であり、剛体としてふるまうこととする。以下の問いに答えよ。

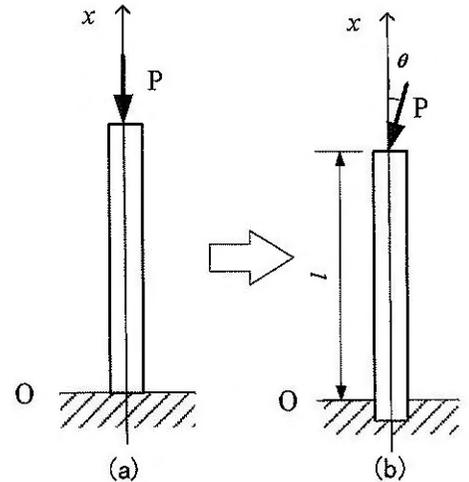


図1

- (a) 図1(a)において、点Oにおける支点反力および棒に生じる応力(stress)とひずみ(strain)を求めよ。
- (b) 図1(b)において、オイラー座屈を生じさせない荷重の最大値を求めよ。

以後は、棒の地面より上の部分のみを考え、棒の下部が地面に剛に接続(fixed support)されているものとする。

(2) 図2のように、点Aが回転支持(hinged support)され、壁面との隙間(gap) $\delta$ を有する滑動端(movable end)である。点Bに横荷重 $F$ を作用させた。以下の問いに答えよ。

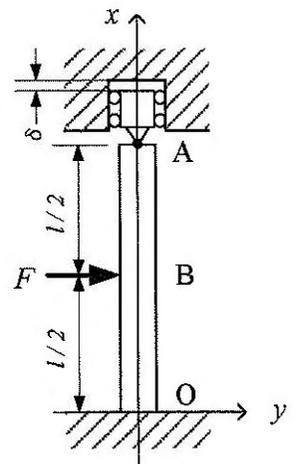


図2

- (a) せん断力と曲げモーメントの分布を求めよ。
  - (b) 点Bのたわみ(deflection)とたわみ角(slope)を求めよ。
  - (c) 点Bの棒の側面におけるひずみおよび応力の値を求めよ。
  - (d) 点O及び点Aにおける支点反力(reaction force)を求めよ。
  - (e) 変形にともない棒に蓄積される弾性ひずみエネルギー(elastic strain energy)を求めよ。
- (3) 図2の棒の温度(temperature)は $T_0$ である。棒の温度が上昇した場合に、座屈を生じる温度 $T$ を求めたい。以下の問いに答えよ。ただし、横荷重 $F = 0$ とし、棒の線膨張係数(coefficient of linear thermal expansion)を $\alpha$ とする。
- (a) 隙間 $\delta$ が $\delta = 0$ となる温度 $T_1$ を求めよ。
  - (b) 温度 $T_1$ を越え、温度 $T_2$ に至った場合に棒に生じる応力を求めよ。
  - (c) 座屈を生じる温度 $T$ を求めよ。





2022年9月・2023年4月入学試験問題

大学院創造理工学研究科修士課程総合機械工学専攻

科目名： 材料工学の基礎問題番号 8

- (1) 金属材料におけ機械的特性 (mechanical properties)に関する下記の問いに答えよ。
- (a) 析出強化(precipitation hardening)のメカニズムについて説明せよ。
  - (b) 縦弾性率がほとんど合金の化学組成に依らない理由を述べよ。
  - (c) 炭素鋼の延性脆性遷移 DBT とはどのような現象か説明せよ。
  - (d) 1次クリープ(first creep)と2次クリープ(secondary creep)の違いを転位(dislocation)および回復(recovery)という概念を使用して説明せよ。
  - (e) 真ひずみ(true strain)について加法性が成り立つことを示せ。
  - (f) Mode I 応力拡大係数(stress intensity factor)はどのような式で示されるか。
  - (g) ホールペッチ式(Hall-Petch equation)について説明せよ。
- (2) 鉄鋼材料についての下記の問いに答えよ。
- (a) 侵入型固溶体(interstitial solid solution)とはなにか。図示して説明せよ。
  - (b) 炭素鋼における焼ならし(normalizing)とはどのような熱処理か説明せよ。
  - (c) 炭素鋼における共析変態(eutectoid transformation)とはどのような化学反応か説明せよ。
  - (d) 焼ならしした炭素鋼において炭素濃度が高くなるほど降伏強さが高くなる理由を説明せよ。

受験番号					
氏名					

No. 

1	/	7
---	---	---

採点欄
-----

2022年9月・2023年4月入学試験解答用紙  
大学院創造理工学研究科修士課程総合機械工学専攻

※裏面の使用は不可

選択 問題番号 2

科目名 熱と流れの工学

①

②

③

④

⑤

受験番号					
氏名					

No. 

2	/	7
---	---	---

採点欄
-----

2022年9月・2023年4月入学試験解答用紙  
大学院創造理工学研究科修士課程総合機械工学専攻

※裏面の使用は不可

選択 問題番号

3

科目名

熱と流れの工学

1)  
i)

ii)

iii)

2)  
i)

ii)

iii)

受験番号					
氏名					
部門名					

No. 

3	/	7
---	---	---

採点欄
-----

2022年9月・2023年4月入学試験解答用紙  
大学院創造理工学研究科修士課程総合機械工学専攻

※裏面の使用は不可

選択 問題番号

4

科目名

材料の力学

(2)

(a)

(1) (a)

(b)

(b)

(c)

(c)

(d)

受験番号					
氏名					

No. 

4	/	7
---	---	---

採点欄
-----

2022年9月・2023年4月入学試験解答用紙  
大学院創造理工学研究科修士課程総合機械工学専攻

※裏面の使用は不可

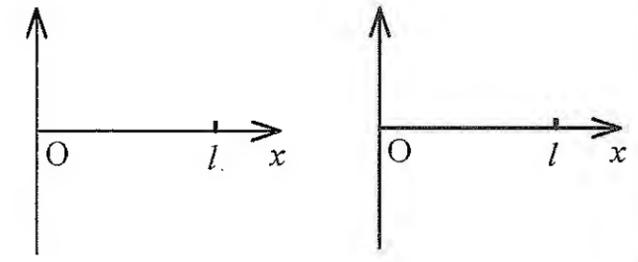
選択	問題番号	<b>5</b>
----	------	----------

科目名	<b>材料の力学</b>
-----	--------------

- (1)
- (a)
- (b)

- (b)
- (c)
- (d)
- (e)
- (3)
- (a)
- (b)
- (c)

- (2)
- (a)



受験番号					
氏名					

2022年9月・2023年4月入学試験解答用紙  
大学院創造理工学研究科修士課程総合機械工学専攻

No. 

5	/	7
---	---	---

採点欄
-----

※裏面の使用は不可

選択 問題番号

6

科目名

メカトロニクスとコントロール

受験番号					
氏名					

※受験生記入欄

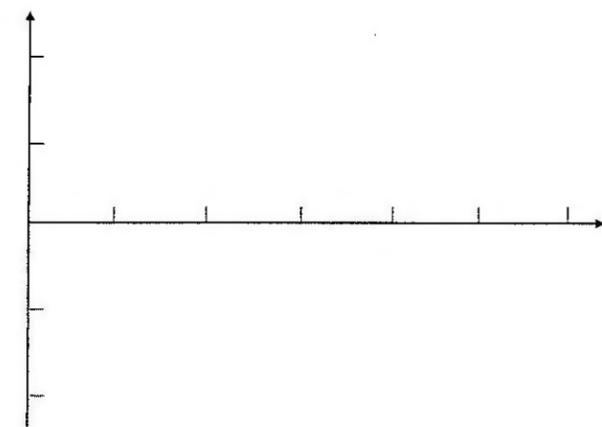
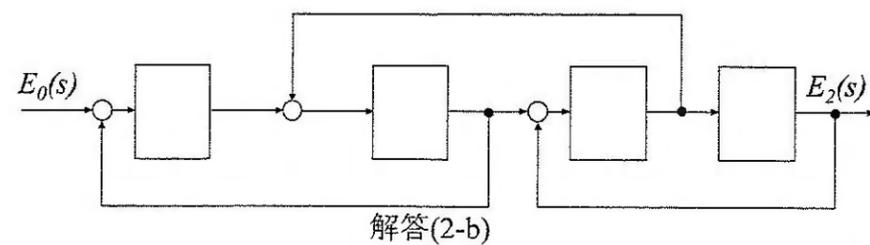
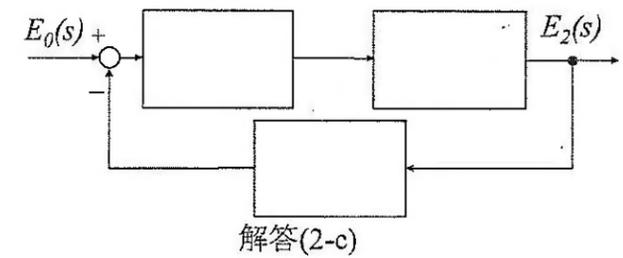
2022年9月・2023年4月入学試験解答用紙  
 大学院創造理工学研究科修士課程総合機械工学専攻

No. **6** / **7**

採点欄

※裏面の使用は不可

選択	問題番号	7	科目名	メカトロニクスとコントロール
----	------	---	-----	----------------



解答(3-b)

受験番号					
氏名					

No. 

7	/	7
---	---	---

採点欄
-----

2022年9月・2023年4月入学試験解答用紙  
大学院創造理工学研究科修士課程総合機械工学専攻

※裏面の使用は不可

選択 問題番号

8

科目名

材料工学の基礎