

# 令和 6 年度 神戸大学 工学部「志」特別選抜

## 最終選抜試験

### 総合問題(機械)

問題用紙 1 ページ ～ 5 ページ

注意事項：

1. 試験中は、試験監督の指示に従うこと。従わない場合は、不正行為と見なすことがあります。
2. 解答開始の合図があるまで、試験問題を開かないこと。
3. 「受験者心得」で持ち込みが認められたもの以外は、机の上に置かず、カバンの中にする。試験時間中に使用を認められていない物品を机の上に置いたり、使用したりした場合は、不正行為とみなすことがあります。
4. 時計のアラーム、時報、目覚まし音の設定をしている人は解除してください。
5. 携帯電話・スマートフォン・スマートウォッチ・ウェアラブル端末等の電子機器類を時計として使用することはできません。これらを持っている場合は、アラームを設定している人は解除し、必ず電源を切ってから、カバンの中にする。アラームの解除の仕方が分からない場合は、監督者に申し出ること。試験時間中に、これらを身に着けていた場合は、不正行為と見なすことがあります。
6. カバンなどの持ち物は、椅子の下に置くこと。
7. 机の下の物入れは、使用しないこと。
8. 答えは、黒鉛筆またはシャープペンシルで解答すること。
9. 答えは、それぞれ別々の解答用紙に記載すること。
10. 試験時間中に質問等がある場合は、手を挙げて試験監督に申し出ること。
11. 試験途中の退室は認めません。ただし、トイレに行きたい場合や気分が悪くなった場合は、手を挙げて試験監督に申し出てください。
12. 解答開始の合図の後、まず、問題および解答用紙すべてに、受験番号を記入すること。
13. 配布した用紙（問題および解答用紙）は、試験時間終了後にすべて回収します。持ち帰ることはできないので、注意すること。

問1 (配点率 50%)

図 1-1 に示すような単ブロックブレーキ (回転運動の速度を下げたり、停止させたりするための機械要素) がある。このブレーキは、ブレーキドラムとブレーキブロックの間に摩擦が生じ、ブレーキドラムにブレーキトルク (ブレーキドラムの中心軸まわりの力のモーメント) が作用することで回転運動の速度を下げている。

このブレーキの成立条件を考える。下記の設問に答えなさい。

ただし、すべての要素は剛体とみなし、各要素の質量は指示のあるもの以外は無視する。ブレーキブロックとブレーキドラムの間の静止摩擦係数を  $\mu$  とし、動摩擦係数を  $\mu'$  とする。また、与えられている変数以外のもは定義した上で用いても構わない。

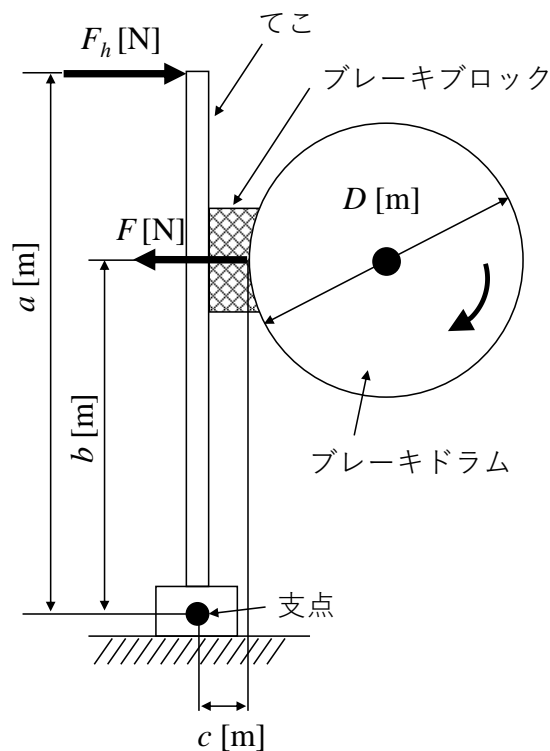


図 1-1

- (1) てこを動かす力を  $F_h$  [N]、押しつけ力を  $F$  [N] とし、それぞれの力が作用する支点からの距離を図 1-1 に示すように、 $a$  [m]、 $b$  [m]、 $c$  [m] で表すとき、押しつけ力  $F$  [N] を求めよ。
- (2) 直径  $D$  [m] のブレーキドラムの回転運動の速度を下げるために作用するブレーキトルク (ブレーキドラムの中心軸まわりの力のモーメント)  $T$  [Nm] を求めよ。

- (3) 次に単ブロックブレーキを搭載した台車を図 1-2 に示すような斜面上に静止させる。簡単のためにブレーキドラムが直接斜面に接しているとする。台車すべての質量を  $m$  [kg] とし、その重心位置はブレーキドラムの中心にあるものとする。斜面の角度を  $\theta$  [rad]、斜面とブレーキドラムの間の静止摩擦係数を  $\mu_s$  としたとき、台車を静止させるために、てこを動かす力  $F_h$  [N] を求めよ。

なお、てこを動かす力は台車内に取り付けたシリンダ（油圧などによって力を加えることのできる機械要素）によって加える。また、台車の姿勢は常に一定となるように制御されているものとし、その制御に関する力は無視する。また、ブレーキドラムと斜面は滑らないものとする。

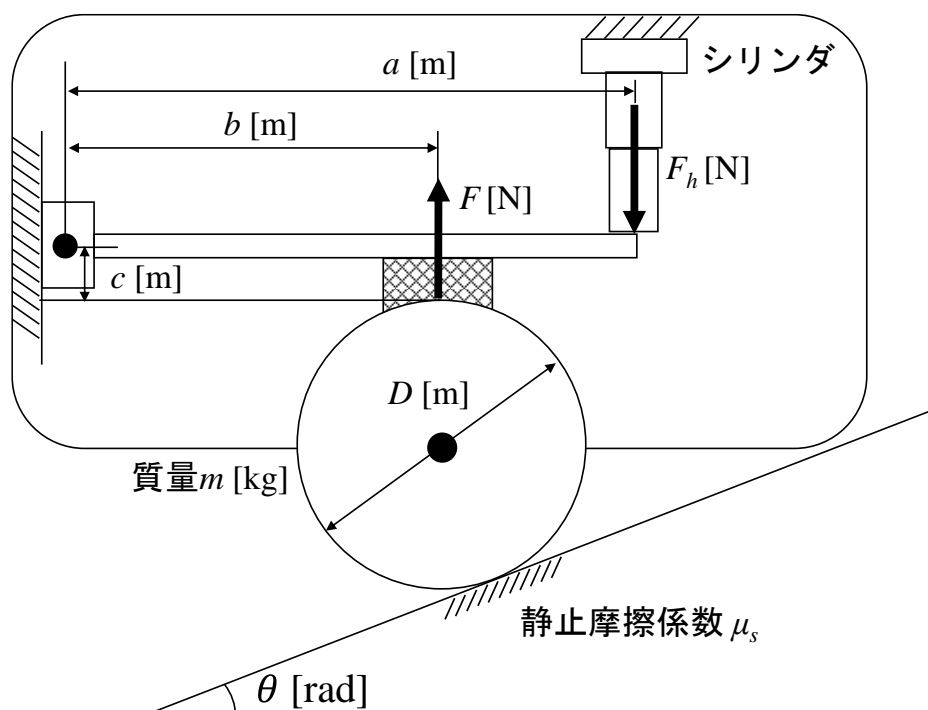


図 1-2

- (4) ブレーキドラムが毎分 500 回転しているときに、ブレーキをかけた後 30 秒後に毎分 300 回転になった。減速が等加速度で行われると仮定した場合、ブレーキのかけ始めから停止までに要した時間を求めよ。

(5) 図 1-3 に示すような単ブロックブレーキを搭載した台車が速度  $V_0$  [m/s] で走行している。そこにブレーキをかけて  $L$  [m] の距離で停止させたい。簡単のためにブレーキドラムが直接地面に接しているとする。台車すべての質量を  $m$  [kg] とし、その重心位置はブレーキドラムの中心にあるものとする。てこを動かす力  $F_h$  [N] を求めよ。

なお、このとき台車の姿勢は常に一定となるように制御されているものとし、その制御に関する力は無視する。また、ブレーキドラムと地面は滑らないものとする。

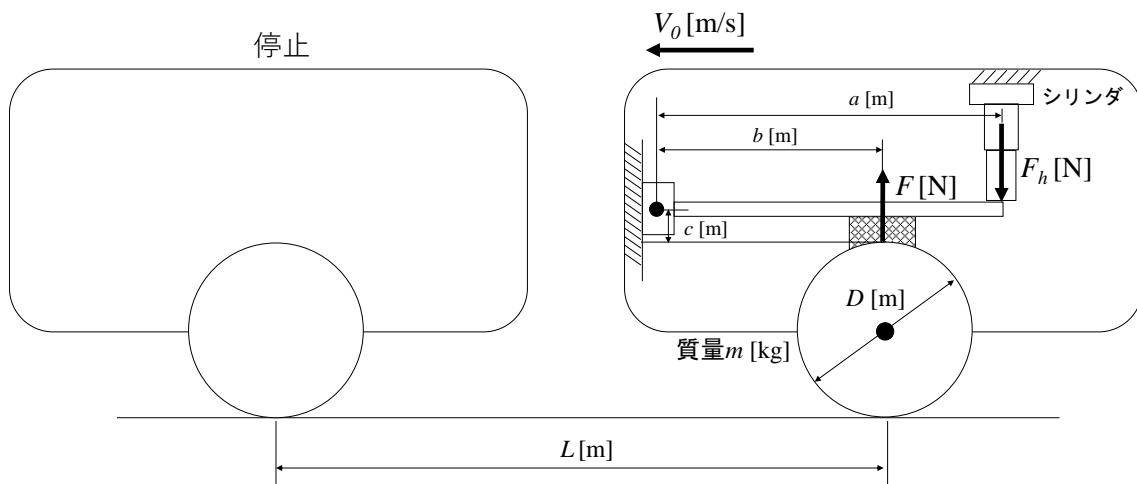


図 1-3

(6) 最近の自動車にはアンチロック・ブレーキシステム (Anti-lock Brake System : ABS) の機能が搭載されている。この機能は急ブレーキをかけた時などにタイヤがロック (回転が止まること) するのを防ぐ。なぜこの機能が必要となるかを述べよ。

(7) 単ブロックブレーキのような摩擦ブレーキは運動エネルギーを主に熱エネルギーに変えるものであるが、他のエネルギーに変えるブレーキの例を一つあげよ。また、そのブレーキのメリットとデメリットを述べよ。

問2 (配点率 50%)

図2に示すように、真空封止されたパッケージ内部（真空の誘電率  $\epsilon_0$  [F/m]）に平行平板電極が存在している。質量  $m$  [kg]の可動電極は、ばね定数  $k$  [N/m]のばねで支えられている。固定電極はスイッチを介して直流電源が接続されており、最初はスイッチがOFF状態である。電極の面積は  $S$  [m<sup>2</sup>]、初期の電極間の距離は  $d$  [m]である。

電極の質量は非常に小さく、可動電極にはたらく重力は無視できるものとする。下記の設問に答えなさい。

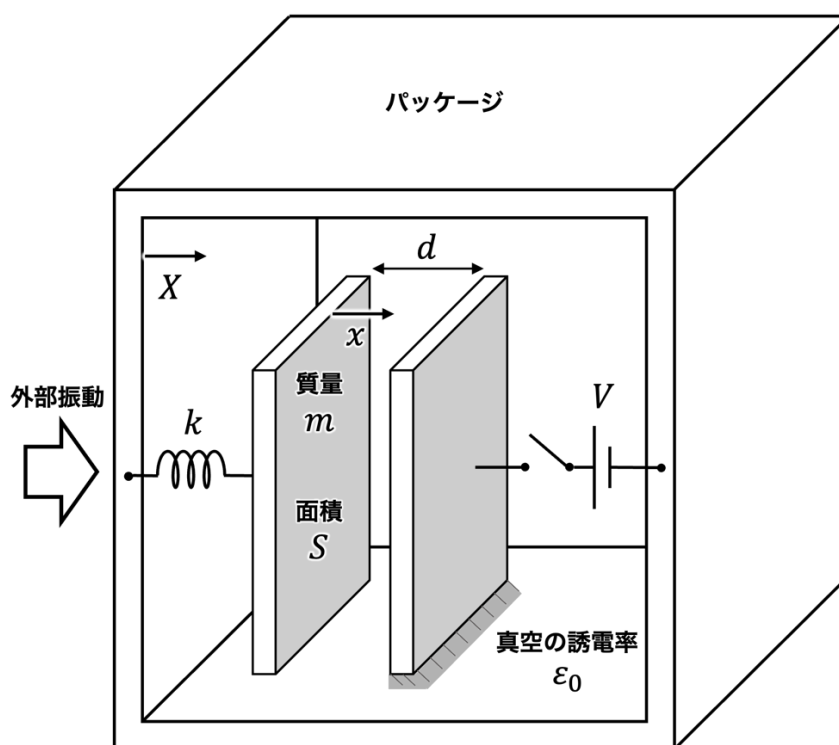


図2

- (1) 可動電極が完全に静止した状態でパッケージの外側から衝撃（インパルス振動）を一度加えると、可動電極が単振動する。ばねに支えられた可動電極が  $x$  [m] ( $x < d$ ) 変位しているとき、可動電極の加速度は  $a$  [m/s<sup>2</sup>]である。このときの可動電極の運動方程式を示し、可動電極が単振動するときの周波数  $f$  [Hz]を求めよ。
- (2) パッケージを外から振って内部の可動電極を揺らし続けたい。最小の力で可動電極を大きく揺らし続けるためには、どのような外部振動もしくは外力を加えればよいか述べよ。ただし、可動電極の振動が無限に大きくなることはないものとする。

- (3) 可動電極が静止した状態で固定電極と直流電源の間にあるスイッチを OFF 状態から ON 状態に切り替えたところ、可動電極には下式で示す静電引力  $F_e$  [N]がかかる。

$$F_e = \frac{1}{2} \frac{\epsilon_0 S}{(d-x)^2} V^2$$

このとき、可動電極が  $x$  [m] ( $x < d$ ) 変位したところで静止した。静止したときの可動電極に作用する力のつり合いについて説明せよ。さらに、力のつり合いの式を示せ。ただし、直流電源によって作られる平行平板電極間の電位差は  $V$  [V]一定とする。

- (4) 設問(3)の状態からゆっくりと電位差を上げると、可動電極が固定電極にゆっくりと近づき、ある電位差を超えると、可動電極が固定電極に急に接触する。この理由を述べよ。
- (5) ばねに支えられた電極構造は微細構造作製技術の発展に伴い、微小サイズのセンサに応用されている。その例を一つあげて、その仕組みについて述べよ。

【出題の意図・評価のポイント】

問 1.

具体的な機械装置である単ブロックブレーキを取り上げ、その機能を実現している各要素を力学の観点から理解できるかを評価する。

(1)～(3) 単ブロックブレーキに関する力のつり合いに関する理解や、単ブロックブレーキを搭載した台車が斜面に静止するための力のつり合いに関する理解、その導出過程について評価する。

(4) 回転体の角速度および角加速度の理解について評価する。

(5) 運動エネルギーと仕事の関係の理解について評価する。

(6) アンチロック・ブレーキシステムの機能を力学の観点から説明できるかを評価する。

(7) ブレーキに関する機械工学としての素養を問う。

問 2.

具体的な機械装置である平行平板アクチュエータを取り上げ、その機能を実現している各要素を振動力学および電磁気学の観点から総合的に理解できるかを評価する。

(1)(2) 振動系の理解について評価する。

(3)(4) 電磁気学と力学の関係の理解について評価する。

(5) マイクロマシンに関する機械工学としての素養を問う。