試験科目　機械力学［8 月 22 日　13 時 00 分～14 時 30 分］　（１／３）

（注意：解答のスペースが足りない場合は，各問題用紙の裏面を使用してよい．異なる問題用紙の裏面は使用しないこと.）

受験番号　　　　　　　　　　採点

図 1～図 4 すべてにおいて運動は微小とし，重力の影響は無視できる．図 1～図 4 はすべて静的平衡状態を表しており，ばねは棒の長手方向あるいは板の辺に対して垂直に支持している．以下の問いに答えよ．(50 点)

(1) 図 1 に示すように質量の無視できる長さ $3l$ の剛体棒があり，左端から $2l$ の位置に質量 m の質点が取り付けられている．剛体棒の左端はばね定数 $2k$，右端は k のばねでそれぞれ支持されている．質点の剛体棒に垂直な方向の変位を x として，ニュートンの運動の法則から x に関する運動方程式を導出せよ．

(2) 図 2 に示すように両端に質量 m と $3m$ の質点が取り付けてある剛体棒があり，支点 O まわりを自由に回転できる．回転の角度は微小とする．剛体棒の質量は無視でき，図に示す位置でばね定数 k のばねによって支持されている．質量 m の質点の剛体棒に垂直方向の変位を x として，ニュートンの運動の法則から x に関する運動方程式を導出せよ．

(3) 図 3 に示すように，図 2 の支点 O がばね定数 k のばねで剛体棒の長手方向に垂直に支持された状態を考える．支点 O の上向き変位を y とし，質量 m の質点の変位 x は支点 O に対する相対的な変位とする．ニュートンの運動の法則から x および y に関する運動方程式を導出せよ．運動方程式は $(4/3)m\ddot{x}+\mathrm{A}kx+\mathrm{B}ky=0$ および $4m\ddot{y}+\mathrm{C}kx+\mathrm{D}ky=0$ の形で表し，A, B, C, D を求めよ．

(4) 図 4 に示すように，質量 m，辺の長さが l の一様な正方形板が支点 O のまわりに自由に回転でき，図に示す 2 カ所でばね定数 k のばねに支持されている．正方形板の O まわりの微小な回転角を θ とする．正方形板の重心 G を通り板に垂直な軸まわりの慣性モーメント I_G およびこの軸に平行で支点 O を通る軸まわりの慣性モーメント I_O を求め，ニュートンの運動の法則から支点 O まわりの回転運動の運動方程式を求めよ．

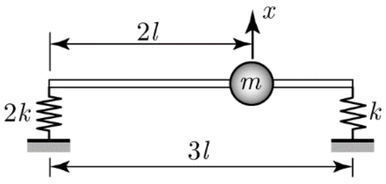


図1

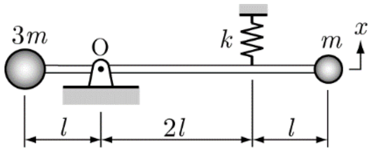


図2

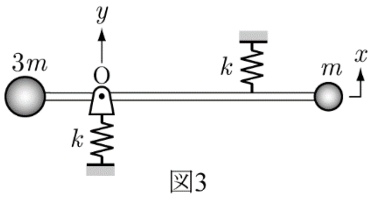


図3

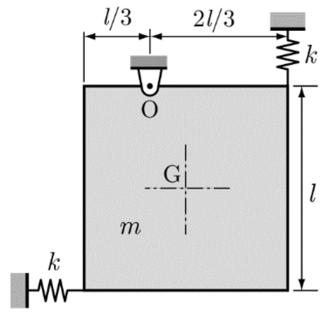


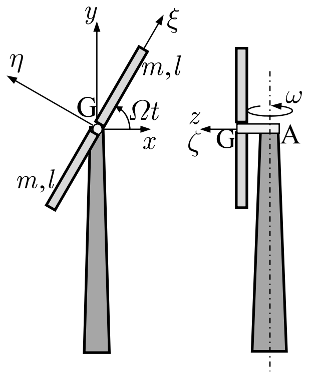
図4

試験科目　機械力学［8 月 22 日　13 時 00 分～14 時 30 分］

（注意：解答のスペースが足りない場合は，各問題用紙の裏面を使用してよい．異なる問題用紙の裏面は使用しないこと．）

受験番号　　　　　　　　　　　採点

図のように 2 枚翼のプロペラと支柱からなる風力発電用の風車がある．プロペラは直線上に配置された 2 本の一様な剛体棒でモデル化し，それぞれの棒の質量を m，長さを l とする．プロペラの重心 G を原点として，プロペラに固定した座標系 G $-\xi\eta\zeta$ をとり，棒の方向を ξ 軸，回転軸の方向を ζ 軸とする．また，図のように座標系 G $-xyz$ をとり，x 軸は水平方向，y 軸は鉛直方向，z 軸は回転軸の方向を向いている．プロペラは支柱の頂点 A で回転支持されており，回転軸まわりを一定角速度 Ω で回転し，A 点を通る鉛直軸まわりを一定角速度 ω で回転している．時刻を t として x 軸と ξ 軸の角度は Ωt で表されるものとし，重力の影響および回転軸の質量は無視できるものとする．以下の問いに答えよ．（50 点）



(1) G $-\xi\eta\zeta$ 座標におけるプロペラの慣性テンソル $\boldsymbol{I}$ を求めよ．

(2) 角速度ベクトル $\boldsymbol{\omega}$ を G $-\xi\eta\zeta$ 座標の各成分で示せ．

(3) G $-\xi\eta\zeta$ 座標において点 A にかかる力のモーメント（ジャイロモーメント）を求めよ．

(4) G $-xyz$ 座標において点 A にかかる力のモーメント（ジャイロモーメント）を求めよ．

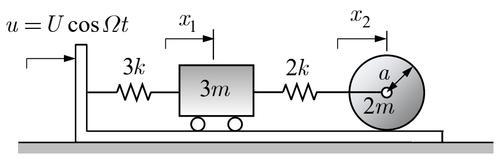
(5) 風車のプロペラに 2 枚翼を使用した場合に不都合があるか考察せよ．

令和 5 年度　九州大学大学院工学府機械系専攻修士課程入学試験問題・解答紙

試験科目　機械力学［8 月 22 日　13 時 00 分～14 時 30 分］　

（注意：解答のスペースが足りない場合は，各問題用紙の裏面を使用してよい．異なる問題用紙の裏面は使用しないこと．）

受験番号　　　　　　　　　　　　採点



図のように，壁と水平な床からなる支持台の上に質量$3m$の台車と半径a，質量$2m$（中心軸まわりの慣性モーメントma^2）の一様な円柱が置かれている．壁と台車の間，台車と円柱の中心軸の間はそれぞればね定数$3k$および$2k$のばねで結合されており，支持台は時間の関数$u(t) = U\cos\Omega t$（Ω は一定）にしたがって振動している．支持台の上を台車は摩擦なく移動し，円柱は滑らずに転がっている．支持台が静止している$u(t) = 0$における静的平衡状態を基準として台車および円柱中心の支持台に対する相対変位をそれぞれx_1およびx_2（いずれも右向きを正）とし，重力加速度をgとする．以下の問いに答えよ．(50 点)

(1) $x_2 = 0$の状態からの円柱の回転角をθ（時計回りを正）とするとき，θとx_2の関係を表す式を示せ．さらに，支持台から円柱に作用する静止摩擦力をF（右向きを正）として，変数x_2を用いて円柱の回転運動に関する運動方程式を表せ．

(2) ニュートンの運動の法則から変数x_1およびx_2に関する系の運動方程式を導出せよ．

(3) 系の固有角振動数ω_1, ω_2 $(\omega_1 < \omega_2)$を求めよ．さらに，対応する固有モードを$\boldsymbol{X}_1 = [1\ \ c_1]^T$, $\boldsymbol{X}_2 = [1\ \ c_2]^T$（$T$は転置記号）とするとき，$c_1$および$c_2$を求めよ．

(4) $\boldsymbol{X}_1, \boldsymbol{X}_2$を用いてモード座標$\xi_1, \xi_2$を定義し，(2)で求めた運動方程式を$\xi_1, \xi_2$に関する式に変換せよ．

(5) モード座標ξ_1, ξ_2の強制振動解（定常周期解）を示せ．さらに，x_1およびx_2の強制振動解を示せ．

(6) 円柱が転がる際の静止摩擦係数をμ_sとするとき，強制振動解において円柱が支持台の上を滑らずに転がるためのμ_sの条件を示せ．