受験番号	

（受験番号を記入すること）

2020年度

東京大学大学院工学系研究科

航空宇宙工学専攻　入学試験問題

専門科目　（午後）

時間：　１３:３０～１６:３０

注意事項

１．試験開始の合図まで，この冊子を開かないこと．
２．４科目中３科目を選択して解答すること．
３．解答用紙３枚が渡されるので，１科目ごとに１枚の解答用紙を使用すること．
４．解答用紙には，科目名及び受験番号を記入すること．
５．解答用紙及び問題冊子は持ち帰らないこと．

流体力学（午後）

図１のように水平面に対して角度αだけ傾いている無限平板があり，その上を流れる２次元非圧縮性定常流を考える。ただし流体層の厚さhは一定とし，流体の上面は自由表面で圧力p_0の大気に接しているとし，また流体は粘性流体でその動粘性係数はν，密度をρ，圧力をpとし，重力加速度をgとする。
平板に沿って下向きにx軸，平板に垂直上向きにy軸をとり，流体のx軸方向の速度をuとして以下の問いに答えよ。

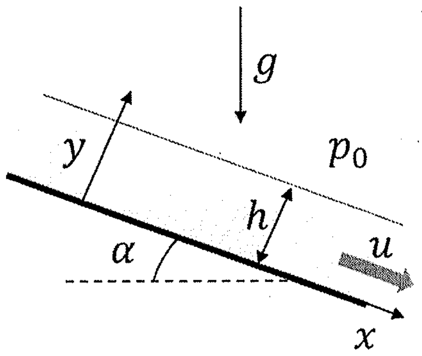

図１

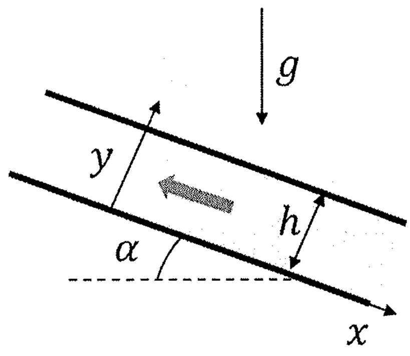

図２

第１問　uはyのみの関数であることを示せ。

第２問　y方向の力のつり合いを考慮して，流体の圧力pをyの関数として表せ。

第３問　自由表面では$du/dy = 0$となることを利用して流体の速度uを求め，それをyの関数として図示せよ。

第４問　図２のようにこの流体層の上面に無限平板を被せ，hだけ離れた平行平板間に満たされた流体に一定の圧力勾配$\partial p/\partial x = k$をかけ，流体を定常的に$x$軸の負の方向に流したい。これを可能にする定数$k$の条件を求めよ。またこの条件が成り立つとき，紙面に垂直な単位幅あたりの質量流量を求めよ。

固体力学（午後）

図1のような板厚$h/2$，長さlの片持ちはり（ヤング率$E_1 = E_0$，熱膨張係数$\alpha_1 = \alpha_0$）の固定端側の半分の上面に，板厚$h/2$，長さ$l/2$の別の片持ちはり（$E_2 = 5E_0$，$\alpha_2 = 3\alpha_0$）が接着された複合はりがある。はりの幅（y 方向）は単位長さとする。はりの変形は微小で，ベルヌーイ－オイラーの仮説を満たすとして以下に答えよ。全ての解答はE_1，E_2，α_1，α_2を用いないで表すこと。

まず図1のA部分について考える。

第1問　複合はりの下面位置に原点を置く板厚方向の座標z'を取るとき，はりの純曲げ状態での断面の中立軸のz'座標z'_0を求めよ。また$z' = z'_0$での曲率がκのときの曲げひずみ分布$\varepsilon_x(z')$と曲げ応力分布$\sigma_x(z')$を図示せよ。

第2問　曲げ剛性EIを求めよ。

第3問　温度が一様にTだけ変化した場合に生じる$z' = z'_0$での面内伸びひずみ$\bar{\varepsilon}_{xA}$と曲げ曲率κ_Aを求めよ。

次にはりの全体（A部分とB部分）を考える。

第4問　複合はり全体の温度が一様にTだけ変化した場合に，複合はりの先端$x = l$でのx方向変位δ_x，z'方向変位δ_zと傾きθ（時計回りを正とする）を求めよ。

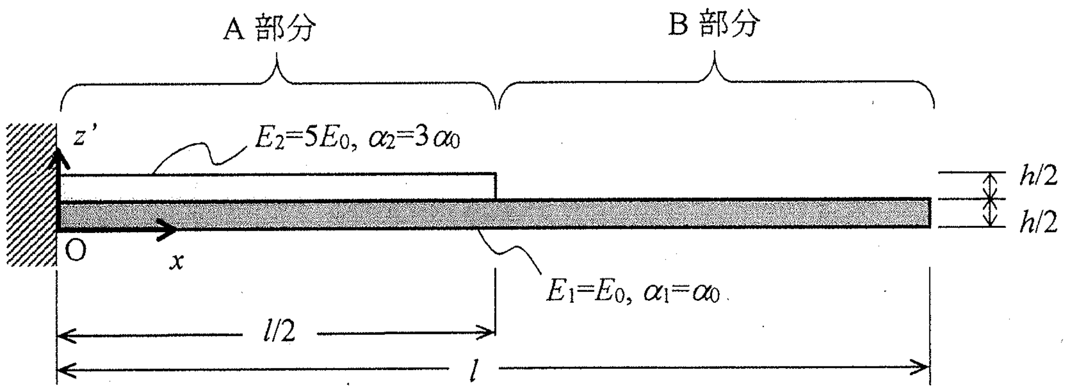

図1

航空宇宙システム学（午後）

地球周回衛星の軌道の変化と維持を考える。地球の重力場は以下の式で表され，衛星は最初，軌道半径 r_0 の円軌道を周回しているとする。なお，$\boldsymbol{r}$ は地球の重心から衛星の位置までのベクトル，r はそのノルム，μ は地球の重力定数とする。$\dot{x}$はxの時間微分とする。以下の設問では，導出のプロセスを明確に書くこと。

$$\ddot{\boldsymbol{r}} = -\frac{\mu}{r^3}\boldsymbol{r}$$

第１問　まず，摂動源はないとする。衛星の軌道速度と軌道周期を導出せよ。

次に，大気の抵抗により高度が下がることを考える。大気抵抗で発生する力の大きさ（向きは衛星の速度ベクトルと逆方向）は以下のように書けるとする。

$$F = \frac{1}{2}\rho V^2 C_D S$$

この中で ρ は大気密度，Vは衛星の対気速度（ここでは衛星の軌道速度と同一とする），C_Dは衛星の抵抗係数，S は衛星の速度ベクトル方向から見た面積である。

第２問　軌道一周での衛星の高度変化Δr を求めよ。なお，軌道一周の間の高度変化は微小とし，その間 ρ は一定，軌道は円と近似できると考えてよい。衛星の質量をMとせよ。

第３問　衛星から質量 m の物体を衛星の速度ベクトルと逆方向に衛星に対して相対速さ V_x（正とする）で放出する。それによって生じる衛星の速度の変化ΔVを導出せよ。

第４問　衛星から微小な物体を衛星との相対速さ V_x(向きは衛星の速度ベクトルの逆方向)で放出し続け，その推進力によって高度を一定に維持したい。単位時間あたりに放出する微小な物体の質量は，衛星の単位時間あたりの質量の変化$\dot{M}$を使って$-\dot{M}$と書けることを利用し，発生する推進力を導出せよ。

第５問　高度を維持するには上記の推進力が大気抵抗と等しくないといけないと考えて，必要な$\dot{M}$を導出せよ。なお，大気抵抗は一定と考えてFとしてよい。

第６問　衛星の初期質量はM_0とする。このように高度を維持する場合，その後の衛星の質量が時間とともにどう変わるかを導出し，その変化を図示せよ。

推進工学（午後）

図１に示すように質量Mの物体１が，ばね定数Kのばねによって支えられている。時刻tにおいて，x方向にのみ動く物体１にx方向の力$F\sin(\omega t)$が働くとする。静的な釣り合い位置を基準として，以下の設問に答えよ。

第１問　系の固有角振動数ω_0を求めよ。

第２問　時刻$t=0$において，物体１が初期位置x_0および初期速度v_0を持つ。$\omega \neq \omega_0$のとき，任意の時刻tにおける物体の位置を求めよ。

第３問　$\omega = \omega_0$の場合に発生する現象名を述べよ。また，$t>0$における物体１の位置を求めよ。ただし，初期位置x_0および初期速度v_0がともに0であるとする。

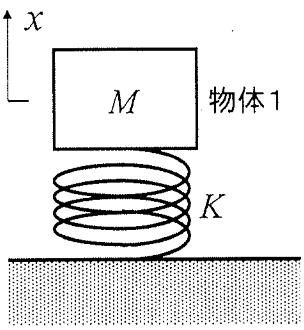

図 1

次に，図２に示すように物体１にばね定数kのばねを介して，x方向にのみ動く質量mの物体２を取り付ける。時刻tにおいて，物体１にx方向の力$F\sin(\omega t)$が働くとする。以下の設問に答えよ。

第４問　系の固有角振動数ω_nを求めよ。

第５問　物体１および物体２が周波数ωで振動するとき，物体１の振幅X_1を求めよ。ただし，$\omega \neq \omega_n$とする。

第６問　第５問において，X_1が最小となるための条件とそのときの物体２の振幅X_2を求めよ。

第７問　このような制振方法の利点と欠点について，図１のばねと並列に粘性減衰器を取り付けた場合と比較し，ωとX_1の関係を図示して議論せよ。

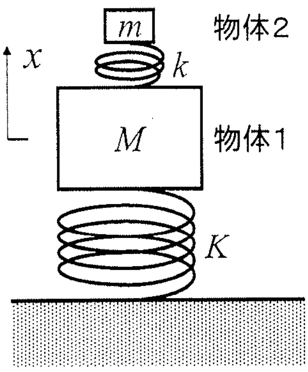

図 2