

専 門 科 目

「機械工学」，「材料工学」 及び「情報・制御工学」

注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで，この問題用紙を開いてはいけません。
- 2 問題用紙は8ページで，解答用紙は10ページあります。試験開始の合図があつてから確かめなさい。
- 3 監督者の指示に従い，解答用紙の全てのページに受験番号を記入しなさい。氏名を書いてはいけません。
- 4 問題は問題1から問題8までの8問あります。**問題1は必ず解答しなさい。**問題2から問題8までは，これらの**7問の中から1問を選んで**，該当する解答用紙に解答しなさい。
- 5 **選択しなかった問題**の解答用紙には**斜線を引いて**提出しなさい。
- 6 文字などの印刷に不鮮明なところがあった場合は，手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 7 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
- 8 問題用紙の余白は下書きとして利用してかまいません。
- 9 試験終了後，配付された問題用紙，下書用紙は持ち帰りなさい。

問題用紙

(「機械工学」, 「材料工学」 及び 「情報・制御工学」)

問題 1 (必須) 下の問いに答えよ。なお、重力加速度は g とする。

A 図 1-1 のように、質量 m の質点を時刻 $t = 0$ のとき点 A ($x = 0, y = h$) から水平方向に初速度 v_0 で投げ出し、質点は点 B ($x = l, y = 0$) で地面に達した。空気抵抗は無視できるものとする。

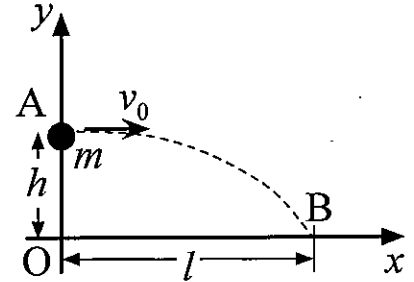


図 1-1

- 問 1 飛行中の時刻 t における質点の位置 x, y を求めよ。
- 問 2 質点が点 B で地面に達するための初速度 v_0 を求めよ。

B 図 1-2 のように、斜面上に質量 m のブロックが置かれている。斜面とブロックの間には摩擦があり、静止摩擦係数は μ_s 、動摩擦係数は μ_d である。斜面の角度 θ を徐々に大きくしていくと、角度 θ_1 でブロックがすべり始めた。

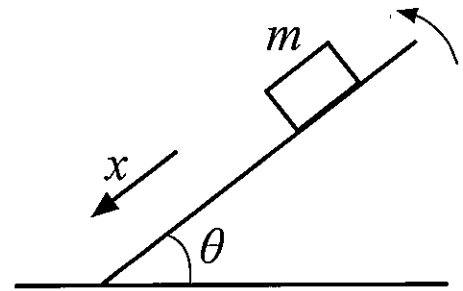


図 1-2

- 問 1 ブロックが静止している角度 $\theta (< \theta_1)$ における摩擦力の大きさ f_f を求めよ。
- 問 2 $\tan \theta_1$ を求めよ。
- 問 3 ブロックが斜面をすべり降りているときの運動方程式を求めよ。斜面の角度は $\theta (> \theta_1)$ とする。なお、図 1-2 に示したように斜面に沿って下向きに x 軸をとる。

C 図 1-3 のように、おもり A (質量 m_A) が長さ l の糸で点 O から吊り下げられている。点 O の鉛直下方の床の上にブロック B (質量 m_B) が置かれている。おもり A を角度 θ まで糸がたるまないように持ち上げ、静かに手をはなし、ブロック B に衝突させた。なお、おもり A の大きさ、空気抵抗、ブロック B と床との摩擦は無視できるものとする。

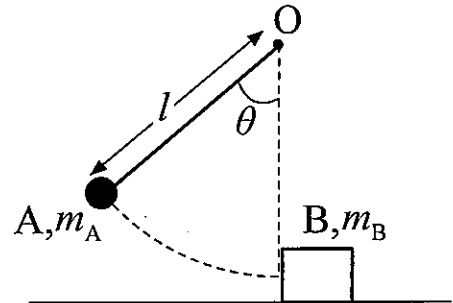


図 1-3

- 問 1 ブロック B に衝突する直前のおもり A の速度 v_A を求めよ。
- 問 2 衝突した直後のおもり A の速度 v_A' 、ブロック B の速度 v_B' を求めよ。おもり A とブロック B の衝突は完全弾性衝突 (反発係数が 1) とする。なお、図 1-3 で水平右向きを速度の正の向きとする。また、衝突直前のおもり A の速度を v_A として答えること (問 1 の結果を代入する必要はない)。

問題用紙

(「機械工学」, 「材料工学」 及び 「情報・制御工学」)

問題 2 (選択)

図 2-1 に示すような, 物体 (質量 m), 減衰器 (減衰係数 c) およびばね (ばね定数 k) で構成される 1 自由度系を考える。物体は摩擦がない水平面の上を x 方向にのみ移動するとして, この系に関する下の問い (問 1~5) に答えよ。

- 問1 運動方程式を求めよ。
 問2 振動数方程式を求めよ。
 問3 減衰振動が生じるための条件を示せ。
 問4 問 3 の条件を満足する場合について, 減衰比, 減衰固有角振動数および減衰固有周期を求めよ。
 問5 図 2-2(a)は, この系の自由振動波形である。下の(1)~(4)のように変更した場合, 得られる自由振動波形として最も適切なものを, 図 2-2 の(a)~(i)から選べ。ただし, 図 2-2(a)~(i)の縦軸, 横軸はすべて同じスケールである。
- (1) ばね定数 k を 4 倍にした場合。
 - (2) 減衰係数 c を 4 倍にした場合。
 - (3) 質量 m を 4 倍にした場合。
 - (4) 質量 m , 減衰係数 c およびばね定数 k をすべて 4 倍にした場合。

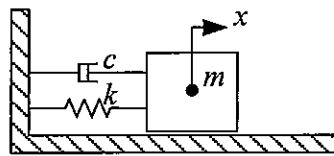


図 2-1

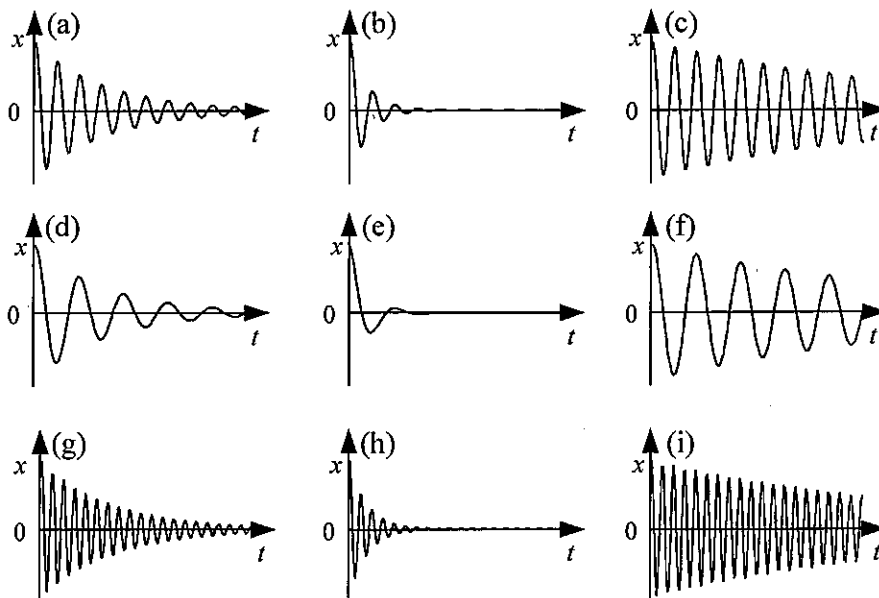


図 2-2

問題用紙

(「機械工学」, 「材料工学」 及び 「情報・制御工学」)

問題 3 (選択)

図 3-1 に示すように、内径 d_i 、外径 d_o の薄肉円管がある。管材料の縦弾性係数は E で横弾性係数は G である。この円管に、次に示す二つの形式で負荷を加えた。一つは一様曲げモーメント M を加えるものであり (図 3-2-a), もう一つは一様ねじりモーメント T を加えるものである (図 3-3-a)。ここで、 M は $x-y$ 平面内で、 T は $y-z$ 平面内で負荷されている。これら 2 つの応力状態を図 3-1 に示す直交座標系をとって考える (x 軸は円管長手方向に、 y 軸は x 軸と垂直な円管半径方向に、 z 軸は x 軸と y 軸に直交する方向にとっている)。次の問いに答えよ。

問 1 図 3-2-a において、円管最外周部に位置する点 A と点 B での x 軸に垂直な面 (x 面) に働く x 方向の応力を、 M, G, E, d_i, d_o の記号を用いて表せ。

問 2 図 3-3-a において、 z 軸上の点 C と y 軸上の点 D での x 面に働くせん断応力を、 T, G, E, d_i, d_o の記号を用いて表せ。ここで点 C と点 D はともに円管最外周部に位置している。

問 3 M あるいは T の負荷により円管は弾性変形の途中で脆 (ぜい) 性的に破断した。それぞれの円管の破断の様子を図 3-2-b と図 3-3-b にスケッチした。図 3-2-b では x 軸に垂直な面で、図 3-3-b では x 軸から 45° 傾いた面で破断している。このように、見かけ上、異なる形態で破断した円管材料の破断挙動を一つの共通の材料力学的な量を用いて考えたい。図 3-2-b と図 3-3-b の場合、どのような共通の材料力学的な量が破断を支配したと考えれば良いかについて、破断面の応力状態を考えながら理由とともに述べよ (200~300 文字程度)。必要に応じて図を用いて答えても良い。

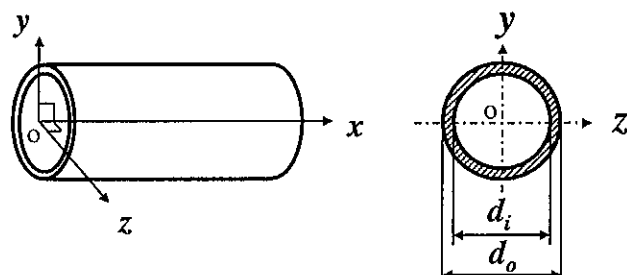


図3-1

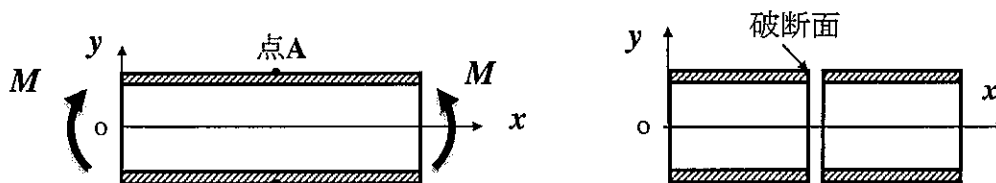


図3-2-a

図3-2-b

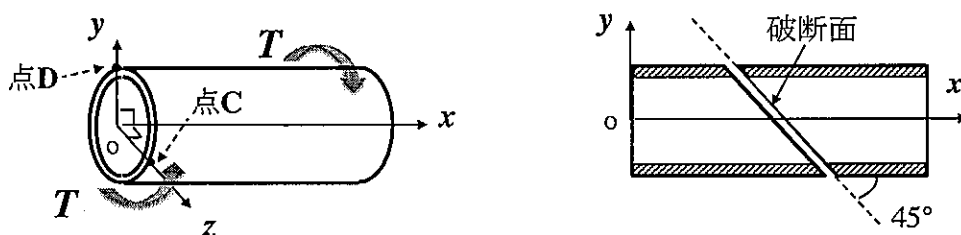


図3-3-a

図3-3-b

問題用紙

(「機械工学」, 「材料工学」及び「情報・制御工学」)

問題4 (選択)

- A 分子量 M , 質量 m の理想気体を体積 V の圧力容器に密閉して温度 T となるように保温したとき, 圧力はいくらになるか。ただし一般気体定数は R_0 とする。
- B 温度 T_H の高温熱源から熱量 Q を取り出して温度 T_L の低温熱源に熱を捨てるカルノーサイクルが行う仕事はいくらか。
- C 比熱比 κ の理想気体を圧力 p_1 でシリンダ内に閉じ込め, ピストンで断熱圧縮して体積を半分にしたときの圧力はいくらか。
- D 気体定数 R , 比熱比 κ の理想気体の比エンタルピーは, 温度が T のとき, いくらになるか。
- E 温度を一定に保ったまま, 気体定数 R の理想気体を膨張させ, 比体積を v_1 から v_2 まで変化させた。このとき, 気体の比エントロピーはどれだけ増加するか。
- F 体積 V の圧力容器の中に湿り空気を入れて密閉し温度 T_1 まで冷却したところ, 容器内に質量 m の露 (液体の水) を生じ, 容器内の圧力は p_1 となった。その後, 温度 T_2 まで加熱したところ, 容器内の露は全て蒸発した。温度 T_1 における水の飽和蒸気圧を p_w , 乾き空気および水蒸気 (気体の水) の気体定数をそれぞれ R_a , R_w として下の問いに答えよ。ただし, 圧力容器は体積が変化しないものとし, 露の体積は無視する。また, 乾き空気と水蒸気は, ともに理想気体であるとする。

問1 容器内に入っている乾き空気の質量はいくらか。

問2 容器内に入っている水の質量は, 液体と気体とを合わせていくらか。

問3 加熱後の容器内の圧力はいくらか。

問題用紙

(「機械工学」, 「材料工学」 及び 「情報・制御工学」)

問題5 (選択)

A 図 5-1 のように, 途中から断面積が小さくなる円筒を床に固定し, その中に密度 ρ の非圧縮性・非粘性液体を入れ, 力 F を加えてピストンを押し込み, 出口から液体を吹き出させた。ピストン側の円筒の断面積を A_0 , 出口の断面積を A_1 , 周囲の圧力を p_0 とし, 液体は一定速度で吹き出し続けるとして, 下の問いに答えよ。

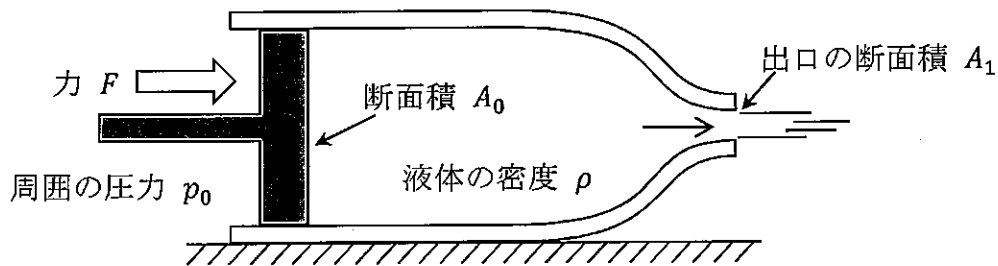


図 5-1

- 問1 ピストンに接する位置での液体の静圧はいくらか。
- 問2 ピストンの移動速度を V_0 とすると, ピストンに接する位置での液体の全圧はいくらか。
- 問3 ピストンの移動速度 V_0 を, 出口での液体の流速 v_1 を用いて表せ。
- 問4 問 2, 3 の V_0 以外の記号を用いて出口での液体の流速 v_1 を表せ。
- B 傾斜角 θ (水平の時 $\theta = 0$) の斜面上に, 粘性係数 μ の潤滑油を塗布して質量 m , 面積 A の平板を置いたところ, 平板は一定の速度で斜面を滑り降りた。斜面と平板との間には一様な厚さ d の潤滑油の膜が形成されているとして, 下の問いに答えよ。ただし重力加速度を g とする。
- 問1 平板に働く重力の, 斜面に沿う成分の大きさを示せ。
- 問2 この平板の速度 v を求めよ。
- C 流線・流跡線・流脈線に関する次の問いに答えよ。
- 問1 これらの三つのうち二つの意味について, 違いが分かるように説明せよ。
- 問2 これら三つのうちいくつかは, 複数の線が交差することが決してあり得ないという性質をもつ。この性質に当てはまるものを全て挙げよ。

問題用紙

(「機械工学」, 「材料工学」 及び 「情報・制御工学」)

問題 6 (選択)

A 切削加工に関する次の問いに答えよ。

問 1 図 6-1 は、静止している被削材に対して速度 v で運動する切削工具によって切りくずを生成している二次元切削モデルである。 α : すくい角, β : 逃げ角, t_1 : 切削厚さ, t_2 : 切りくず厚さとする。このとき、角度 ϕ の呼称を答えよ。また、 ϕ を求める下式において、① および②に入る適切な数式を答えよ。

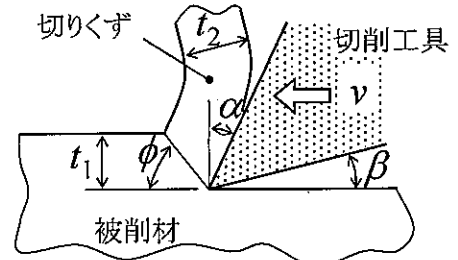


図 6-1

$$\phi = \tan^{-1} \left\{ \frac{(\text{①}) \cos \alpha}{1 - (\text{②}) \sin \alpha} \right\}$$

問 2 切りくずの生成過程の模式図を図 6-2(a), (b), (c) に示す。生成過程に関する説明文の空欄部①~⑦に入る適切な言葉を、解答群から選んで答えよ。

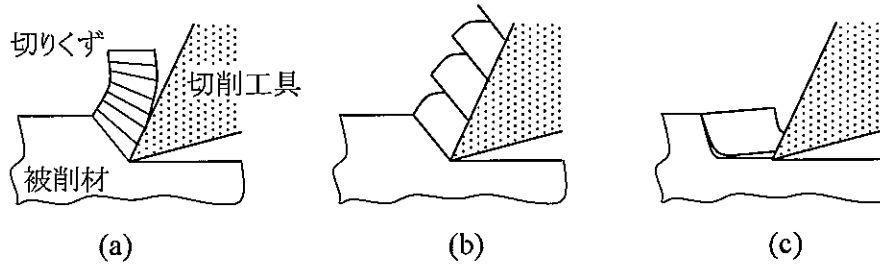


図 6-2

【生成過程に関する説明】

(a)のように連続して出てくる形態の切りくずは、①形切りくずと呼ばれ、アルミニウム合金などに対して、②の大きい切削工具を用いたときに生じやすい。

(b)のように分断した不揃いな形態の切りくずは③形切りくずと呼ばれ、切削工具が被削材に食い込んだあと、不連続な③変形が生じて分離する。

①形切りくずが生じている場合に比べて、仕上げ面は④である。

(c)のように、切削工具が被削材に食い込み、わずかな塑性変形と破壊を繰り返すことで生じる形態の⑤形切りくずは、⑥などの⑦材料の加工時に生じやすい。

解答群：流れ、連続、き裂、せん断、塑性、鋼、ねずみ鋳鉄、チタン合金、すくい角、逃げ角、ねじれ角、良好、不良、延性、ぜい性、低熱伝導

B ワイヤ放電加工, 射出成形加工について, 加工原理, 加工対象, 特徴を簡潔に説明せよ。

問題用紙

(「機械工学」, 「材料工学」及び「情報・制御工学」)

問題7 (選択)

A 結晶構造に関連する次の問い(問1~5)に答えよ。

問1 室温におけるCuおよびFeの結晶構造を原子位置がわかるように図示し、その名称を答えよ。

問2 CuおよびFeの原子半径をそれぞれ r_{Cu} および r_{Fe} とする。原子を剛体球と仮定して、CuおよびFeの格子定数をそれぞれの原子半径を用いて表せ。

問3 CuおよびFeの配位数(最近接原子数)を求めよ。

問4 CuおよびFeの単位格子中の原子数を求めよ。

問5 ある立方晶金属の原子量を A 、格子定数を a 、単位格子中の原子数を n とする。その立方晶金属の理論的な密度を求めよ。ただし、アボガドロ数を N_A とする。

B 熱処理に関する次の問い(問1~2)に答えよ。

問1 0.4mass%Cを含む炭素鋼の焼入れ・焼もどし処理(QT処理)の方法、その熱処理に伴う組織変化および硬さ変化を説明せよ。

問2 Al-4.5mass%Cu合金のT6処理方法、その熱処理に伴う組織変化および硬さ変化を説明せよ。

C 焼なましした鋼とQT処理した鋼の公称応力-公称ひずみ曲線を模擬的に図示し、それぞれの図中に降伏点(あるいは耐力)、引張強さ、均一伸び、破断伸びの位置を示せ。

D 次のJIS記号で示される鉄鋼材料の名称として、最も適切なものを下の解答群から選べ。

FCD500 SS400 SKH52 SKD61 SCM435 SUP6 SUS304 FC350

解答群

クロムマンガン鋼, 機械構造用炭素鋼, 一般構造用圧延鋼材, ばね鋼, クロム鋼, オーステナイト系ステンレス鋼, フェライト系ステンレス鋼, 高速度工具鋼, 熱間ダイス鋼, クロムモリブデン鋼, ねずみ鉄, 球状黒鉛鉄, 軸受鋼

E 展伸用アルミニウム合金は、熱処理型合金と非熱処理型合金に大別され、JIS規格では合金系によって1000番台から8000番台までの8種類に分類される。熱処理型および非熱処理型合金に対応する合金系を具体的に1種類ずつあげ、それらの合金系とその合金系番台を示し、代表的な用途を述べよ。

F 不変系反応を伴うA-B二元系状態図を2種類図示し、それぞれの不変系反応の名称と反応式を答えよ。

問題用紙

(「機械工学」, 「材料工学」 及び 「情報・制御工学」)

問題 8 (選択)

A 図 8-1 のフィードバック制御系について, 下の問 1~3 に答えよ。ただし, ブロック P , K の伝達関数をそれぞれ $P(s)$, $K(s)$ と表す。また, 単位ステップ関数を $U(t)$ と表す。

問 1 次の三つの伝達関数を求めよ。

- (1) r を入力, y を出力とする伝達関数 $T_{yr}(s)$
- (2) d を入力, y を出力とする伝達関数 $T_{yd}(s)$
- (3) r を入力, e を出力とする伝達関数 $T_{er}(s)$

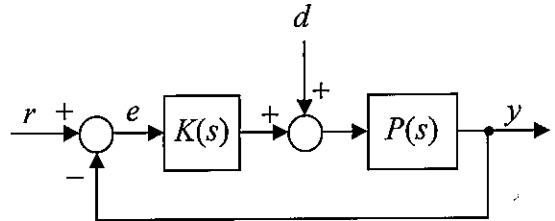


図 8-1

問 2 $P(s) = 1/(s-1)$, $d(t) = U(t)$, $r(t) = 0$ とする。

- (1) $K(s) = 0$ のとき, $y(t)$ を求めよ。また, $\lim_{t \rightarrow \infty} y(t)$ を求めよ。ただし, 極限值が存在しない場合は「存在しない」と答えよ。
- (2) $K(s) = k \neq 1$ (1 でない定数) のとき, $y(t)$ を求めよ。また, $\lim_{t \rightarrow \infty} y(t)$ が存在するために k が満たすべき条件を示せ。

問 3 $P(s) = 1/(s+1)$, $K(s) = (s+1)/(s+a)$ (a は -1 でない定数), $d(t) = 0$, $r(t) = U(t)$ とする。

- (1) $e(t)$ を求めよ。
- (2) $\lim_{t \rightarrow \infty} e(t)$ が存在するために a が満たすべき条件を示せ。
- (3) $\lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = 0$ となるための a を求めよ。

B 図 8-2 は, 四つの伝達関数 $P_1(s) = 1/(s-1)$, $P_2(s) = 1/(s+1)$, $P_3(s) = 1/(s^2+0.5s+1)$, $P_4(s) = 1/(s^2+0.02s+1)$ のボード線図を示している。 $P_1(s)$, $P_2(s)$, $P_3(s)$, $P_4(s)$ が図中の (a)~(d) のどれに対応するか答えよ。

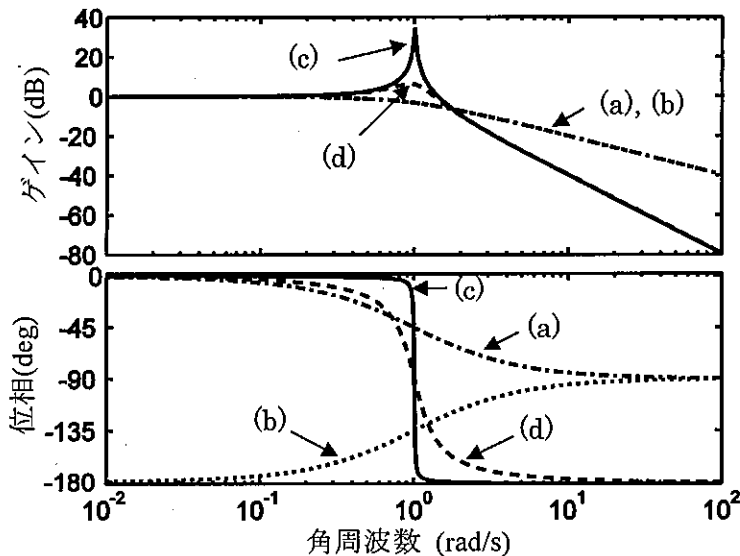


図 8-2