

科目名：生産工学・制御工学 [1 / 4]

(問題 [1], [2] は別々の答案用紙に解答すること.)

[1] 以下の問い (1) ~ (5) に答えよ.

- (1) 図 1-1 に示すような角ねじにおいて、ナット（めねじ）を回転させて紙面の上方方向に締め付ける場合を考える。図中の A は、簡単のためにナット側のめねじがねじ面に接する一部分だけを切り出したものであり、ここに集中荷重が作用するものとして考える。ナットの締付トルク T により発生する接線方向力を P 、軸力を F_f 、リード角を β としたとき、ねじ面に沿った方向における力のつり合いを表す式を示せ。ただし、ねじ面に作用する摩擦力 f も、摩擦係数 μ を使って接線方向力 P および軸力 F_f の関数として表すこと。
- (2) 締付トルク T を、ねじの有効径 d_2 、軸力 F_f 、リード角 β 、および摩擦係数 μ の関数として表す式を示せ。また、摩擦角 ρ を使って式を整理せよ。ただし、摩擦係数と摩擦角の関係は $\mu = \tan \rho$ である。ここでは、ナットを上向きに移動させる方向のトルクを正とする。
- (3) 図 1-1 の接線方向力 P の向きを反対にし、ナットを緩める状態とする。問い (2) とは逆に緩める方向のトルク T を正としたとき、トルク T を、ねじの有効径 d_2 、軸力 F_f 、リード角 β 、および摩擦角 ρ の関数として表す式を示せ。また、ねじの自立条件（ねじが緩まずにとまっていたりするための条件）について、摩擦角 ρ とリード角 β の関係に基づいて説明せよ。

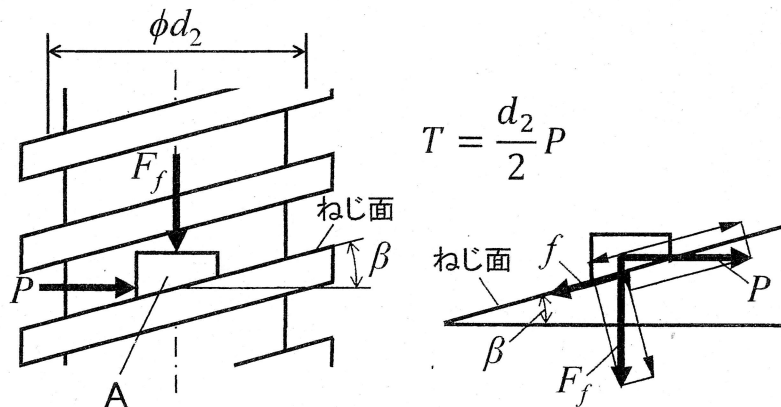


図 1-1 角ねじにおける力のつり合い (締付時)

科目名：生産工学・制御工学 [2 / 4]

- (4) 製品の設計の流れを表す図 1-2 において、①～④に入る用語を以下の中から選べ。また、それぞれの過程において行われる内容を説明せよ。ここでの要求とは、設計を行うための動機付けを意味し、仕様の決定も①～④の流れの中で行われるものとする。

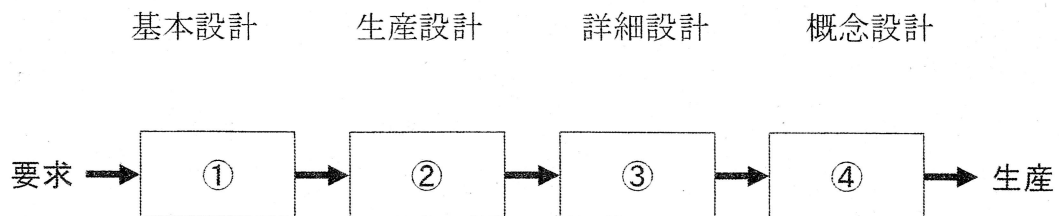


図 1-2 設計の流れ

- (5) 加工の効率は、材料除去率（単位時間当たりの切削体積）として表され、加工の効率を上げるためには、同じ切込み量であれば切削速度を大きくする必要がある。耐熱合金は難削材（効率よく削ることが難しい材料）であることが多いが、その理由について、被削材の熱伝導率、加工による発熱、および工具寿命の観点から説明せよ。なお、説明には、切削加工のエネルギーは切削速度に比例することをいよ。

科目名：生産工学・制御工学 [3 / 4]

(問題 [1], [2] は別々の答案用紙に解答すること。)

[2] 以下の問い (1)~(7) に答えよ。(必要に応じて, $\log_{10} 2 \simeq 0.301$, $\log_{10} 3 \simeq 0.477$, $\log_{10} 5 \simeq 0.699$ の近似値を用いてよい。)

- (1) 図 2-1 のような台車系を考える。台車の質量を $m[\text{kg}]$ とし、台車と壁面とはばね定数 $k[\text{N/m}]$ のばねと粘性係数 $d[\text{Ns/m}]$ のダッシュポット (ダンパー) で結合されており、台車と床面との間の摩擦は無視する。この台車の左側から台車に加えられる力を $f[\text{N}]$, $f = 0$ での台車のつり合い位置からの変位を $x[\text{m}]$ とし、この台車系の運動方程式を求め、さらに f から x までの伝達関数 $G(s)$ を求めよ。

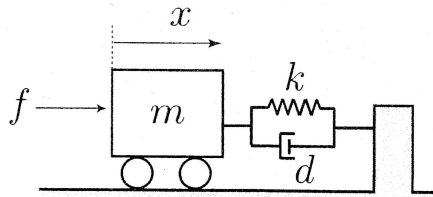
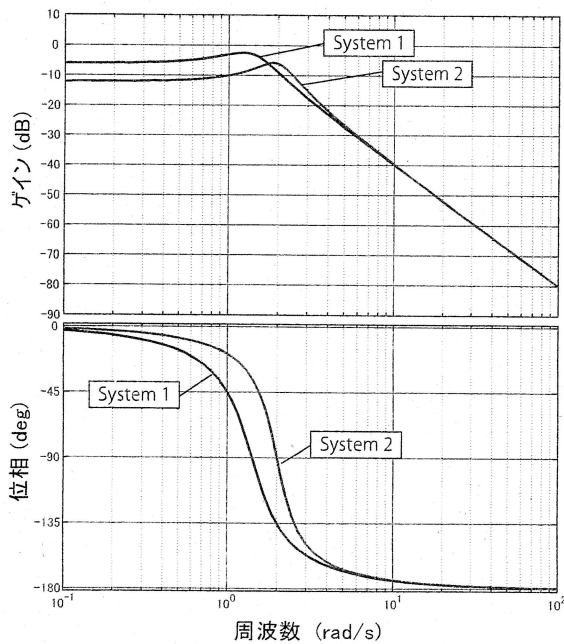
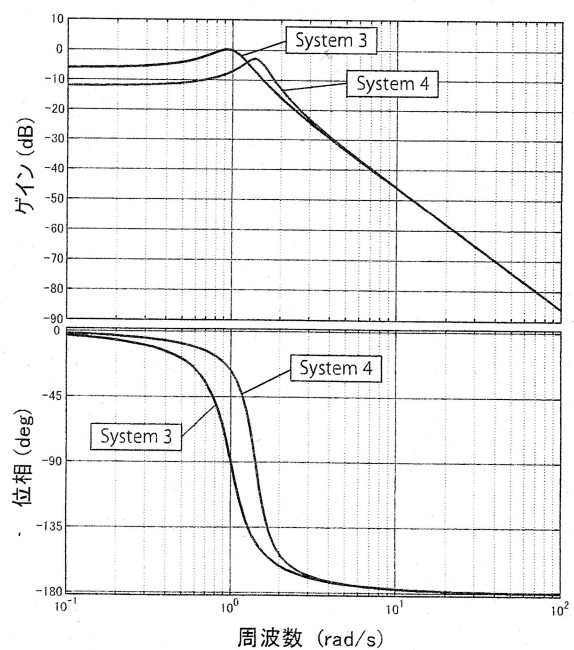


図 2-1 台車系

- (2) $G(s)$ の周波数応答を調べ、そのボード線図から m, d, k の各値を正の整数値の範囲で推定したところ、 $m = 1, d = 1, k = 2$ となった。図 2-2 の System 1 から System 4 までの 4 つの系ボード線図の中から、この $G(s)$ に相当するものを選ぶとともに、その根拠を簡潔に述べよ。



(a) System 1 と System 2



(b) System 3 と System 4

図 2-2 4 つの系のボード線図

科目名：生産工学・制御工学 [4 / 4]

(3) 図 2-1 の台車系を図 2-3 のように 2 つ用意し、台車間をばね定数 \hat{k} のばねで結合した系を構成した。2 台の台車を連結するばねの自然長は、台車 1, 2 それぞれが釣り合い位置にあるときの台車間の距離に等しいものとする。入力 f が加えられる台車を台車 1、もう一方の台車を台車 2 と呼ぶ。このとき f を入力とし、台車 2 の基準位置からの変位 y を出力とする系（以降、連結台車系とする）の伝達関数 $H(s)$ を求めたい。そのために、まずこのような力学系にもフィードバック要素が内在していることを考慮し、この連結台車系のブロック線図を描け。その際、問い (1) で求めた伝達関数 $G(s)$ を図 2-4 に示すようなブロック図で表現すること。

(4) 問い (3) で描いたブロック線図を単純化し、伝達関数 $H(s)$ が $H(s) = \frac{\hat{k} \cdot G(s)^2}{1 + 2\hat{k}G(s)}$ となることを示せ。

(5) 台車 2 の変位 y を台車 1 への入力 f を調節することで制御するために、図 2-5 のような比例ゲイン $K (> 0)$ によるサーボ系を構成する。ただし y_r は y の目標値である。このサーボ系において、 $G(s)$ の各パラメータを問い (2) で推定された値とし、 $\hat{k} = 5$ としたとき、このサーボ系が安定となる K の範囲を求めよ。

(6) 図 2-5 のサーボ系において、各パラメータを問い (5) で設定した値としたときの定常位置偏差を K の関数として示し、さらにこの定常位置偏差の取り得る範囲を示せ。

(7) 図 2-5 のサーボ系の定常特性を改善するために、制御系を単純な比例ゲインから変更するとすれば、位相遅れ補償と位相進み補償のどちらを採用すべきかを、その理由とともに答えよ。

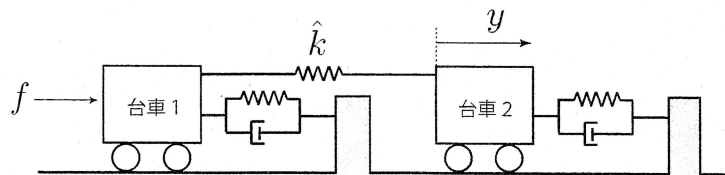


図 2-3 連結台車系

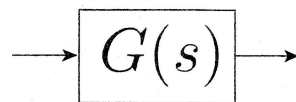


図 2-4 ブロック

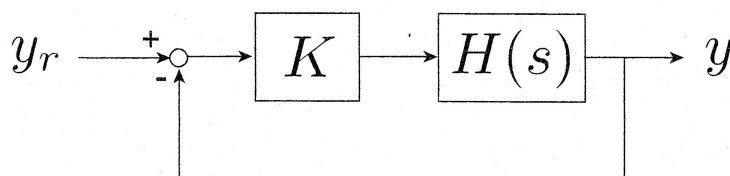


図 2-5 サーボ系