

以下の設問に答えよ。解答用紙に解答のこと。

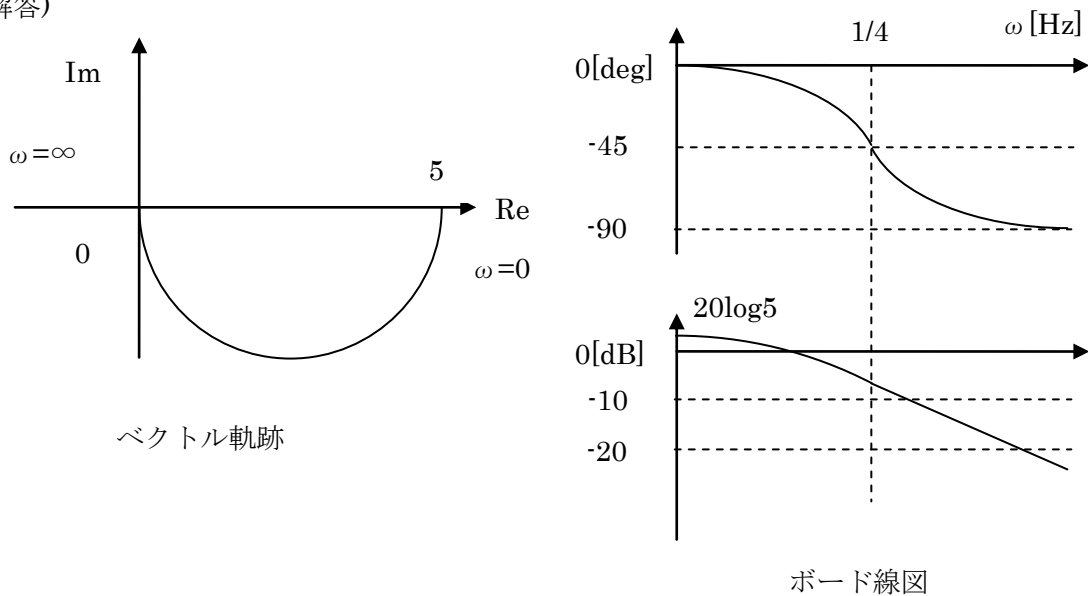
問1～5のうち4問以上解答のこと。それぞれの小問題はすべて答えること。

(以下解答)

問1 周波数軸に注意して以下の設問に答えよ。

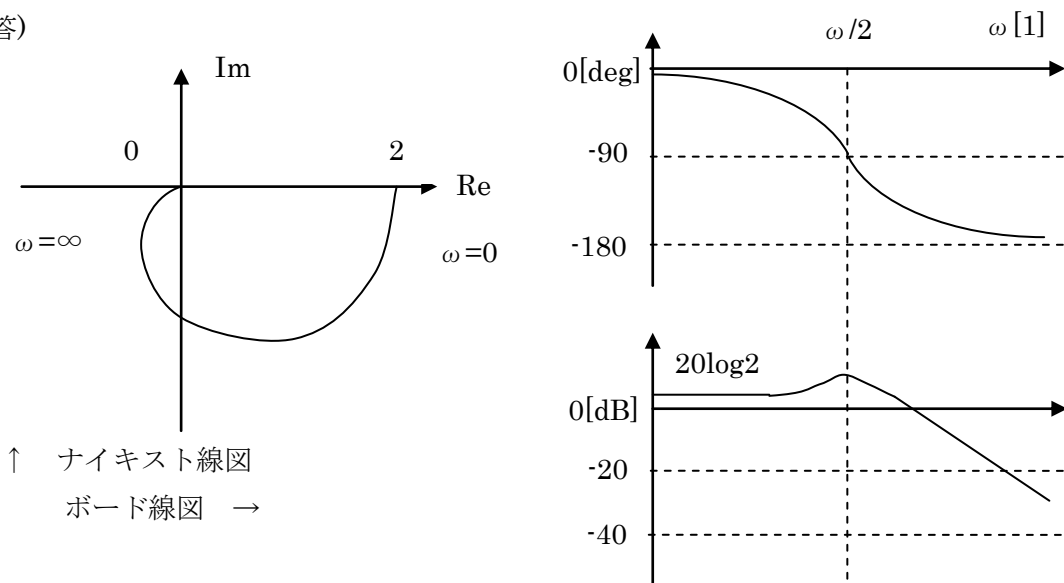
1) $G_1(s) = 5/(4s + 1)$ のベクトル軌跡 (ナイキスト線図) とボード線図の概形を示せ。

(解答)



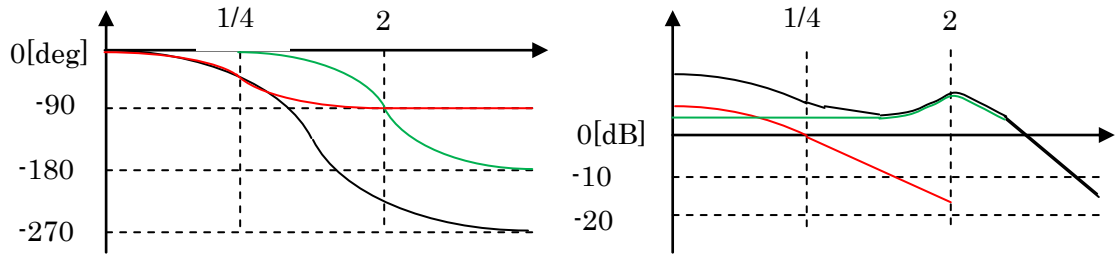
2) $G_2(s) = (2 \times 2^2)/(s^2 + 2 \times 0.5 \times 2 \times s + 2^2)$ のベクトル軌跡 (ナイキスト線図) とボード線図の概形を示せ。

(解答)



3) 以上二つの伝達関数が直列につながるような制御系 $G(s) = G_1(s)G_2(s)$ に関するボード線図の概形を示せ.

(解答)



問 2 制御系 $G(s) = \frac{(4s + 1)}{s(s + 1)}$ がある

1) 安定性を判別せよ. どの判別法を用いても良いが理由を説明すること.

(解答)

特性方程式 $s(s+1)=0$ の解は, $s=0, -1$ である. よって, 複素平面上において, 全ての解が左半平面ではないため, 安定ではない.

あるいは $s^2+s+0=0$ と変形したとき, 全ての係数が正である, という条件を満たしていないため, ラウス, フルビッツの安定判別において, 安定ではない.

2) 上記制御系に単純フィードバックを掛けたときの伝達関数を求めよ.

(解答)

分子は前向き要素, 分母は $1+1$ 巡伝達関数である. よって $G(s)=\frac{(4s+1)}{(s^2+s+1)}$

3) 上記制御系に単純フィードバックを掛けたときの定常位置, 速度, 加速度偏差を答えよ.

1 巡伝達関数の型に注目して考えよ.

(解答)

1 巡伝達関数は $C(s)G(s)H(s)$ である. 単純フィードバックであるため, $G_0(s)=G(s)$ であるので 1 型である. 従って, 定常位置偏差は 0, 定常加速度偏差は ∞ (不定) である. 定常速度偏差は,

$$e_v = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{1}{1 + C(s)G(s)H(s)} \frac{1}{s^2} = 1$$

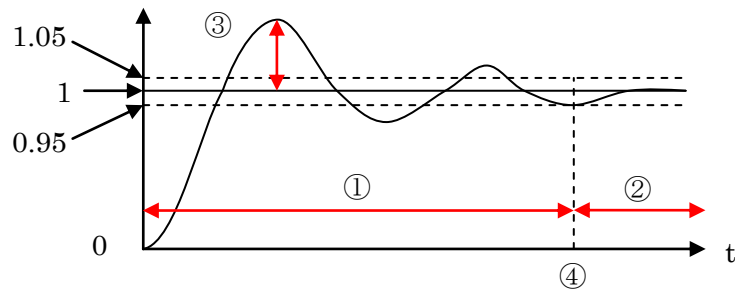
もちろん, ランプ入力による応答を見て, 偏差を算出しても良い.

問 3

1) 過渡応答, 定常応答, 行き過ぎ量 (オーバーシュート), 整定時間とは何か, 説明せよ.

時間応答のグラフの概形を示して説明すること.

(解答)



- ① 過渡応答：時系列的に大きく変化し、目標に追従するまでの初期の応答.
- ② 定常応答：目標値近傍に収束してからの応答.
- ③ 行き過ぎ量（オーバーシュート）：目標値を通り過ぎたときの量.
- ④ 整定時間：収束する値の±5%以内に収束するまでの時間.

2) 安定に関して、時間応答および周波数応答の観点からそれぞれ説明せよ．グラフの概形を示して説明してもよい．

(解答)

時間応答における安定とは、ある入力制御系に加わった際、十分に時間が経った（原則は時刻 ∞ ）ときに、入力に関する一定の値に収束する状態にあることを（漸近）安定という．十分な時間を $t=\infty$ とするのは、少々非現実的であるため、実情は一定の時間、例えば1次遅れであれば時定数の4~5倍位でほぼ収束している．

周波数応答における安定とは、あるサイン波の入力があつた際、しばらくの過渡応答があつた後、一定の位相遅れにて応答が入力波形に追従し、かつ振幅のゲインが有限の値となる状態である．特定の周波数（固有振動数）においてゲインが発散する、あるいは位相がどこまでも遅れて追従しない状態は、周波数領域において安定した応答ではない．

問 4

1) 制御系における線形化とは何か説明せよ．また、何のために線形化を行うか説明せよ．

(解答)

古典制御においては1入力1出力であり、かつ、ある条件下において解が一意に決まるものが求められる．制御系をモデル化する際、この関係が成り立つよう、まず適用する条件を設定し、その近傍にて、高次の関数の傾きを求め、切片分をシフトした新たな状態変数を設定することで線形化が実現できる．

線形化を行うことで入力に対して必ず解は一意に決まるため、制御モデルが成立する．よって、安定する制御系が設計できる．もし、解が複数存在するような制御系である場合、実際に動作させるとどの解になるか保証がなく、急に値が飛ぶような危険な状態になる可能性がある．

2) 制御系の利用により機器を優れたものにするにはどうしたらよいか論じよ.

(解答)

今ある機器に対して、何をしたいか目的を明確にすることが基本である。この目標から仕様を決定し、制御系を設計することになるが、まず、対象となる機器の特性を充分に知り、様々なパラメータを把握することから始まる。このパラメータ構成から、仕様に近付けるために制御則を設計し、思い通りの応答特性を得ることが制御系の利用の効果である。応答特性を決定するにあたり、機器の特性と機能をどのようにするか勘案して、仕様を決定することが望ましいと考えられる。

問 5

1) 運動方程式 $m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0$ がある。初速 0, 初期位置 x_0 としてラプラス変換せよ.

(解答)

ラプラス変換した x を X とおく。まず以下のラプラス変換を行い、初期値を検討する。

$$\dot{X} = sX - x(0)$$

$$\ddot{X} = s^2 X - s x(0) - \dot{x}(0)$$

より

$$\dot{X} = sX - x_0$$

$$\ddot{X} = s^2 X - s x_0$$

したがって、

$$m(s^2 X - s x_0) + c(sX - x_0) + kX = 0$$

となる。

2) 上式の状態変数は何か求めよ。また状態変数とは何か、どのように決めるか説明せよ.

(解答)

上記の式の状態変数は x と決めることができる。

状態変数は、制御モデルが成り立つよう設定する必要がある。線形化して一意に解が存在するようにすることに加え、平衡状態を基に比例関係が成り立つよう、切片 (オフセット) がないように設定する。それを制御するように制御モデルを作ることとなる。

問 6

1) 制御に工夫を要する特性について例を 3 つ挙げ、どのようにすれば制御可能か説明せよ.

(解答)

非線形性：制御系が非線形である場合、制御に工夫を要する。非線形とは、切片があること、高次の関数となること、不連続な関数であることを示す。安定し制御には、入力に対して一意的に解が求まる必要があるので、制御の条件を決めた後、線形化を図り、制御則を決定する。

時変系：温度の影響その他により，制御系の特性が時間の経過とともに変化してしまうことがある．特性の変化を知った上でモデル化し，それを制御モデルの反映できるような工夫が必要である．

多入力多出力系：複数入力，複数出力の制御系の場合，各々の要素は相互に関係していると言える．古典制御の範囲でこれを扱うことは難しいが，現代制御の範囲ではこれに対応することができ，数式モデルを作ることができれば，極めて自在な制御システムを作ることが可能となる．

2) 優れた制御システムとするには，ハードウェア，ソフトウェアをどのように構成すべきか説明せよ．

(解答)

制御システムの性能を司るのはハードウェアの性能である．ハードウェアは機構，アクチュエータ，制御系及びマイコン等のアーキテクチャから構成される．

これに対し，システムの特性を改善し，機能を与えるのは，制御系及び知能に関するソフトウェアである．制御系もソフトウェアの範疇であり，ハードウェアの持っている特性をユーザが求めている特性に近付けるように設計する．

機構の精度，アクチュエータの応答性，制御系そのもの，上位制御系の機能，センサ性能とセンサの組み合わせ方などを工夫することで，優れた制御システムを実現できる．