

電験三種 GOLD

機械テキスト 2

株式会社 メディアファイブ

目次

資格試験サクセスシリーズ

電験三種 GOLD

[機械テキスト 2]

6 自動制御

1. フィードバック制御 4
2. 周波数応答と安定判別法およびその他の問題 35

7 電動機応用

1. 電動機とその分類 68
2. 電動機の負荷 98

8 照明

1. 照明の諸特性 120
2. 照明計算 141

9 熱の問題

1. 電気炉・耐熱材料・測定など 176
2. 計算問題 196

10 電気化学

1. ファラデーの法則、電気分解、金属イオンの電解析出 220
2. 一次電池と二次電池、絶縁材料、燃料電池 235

11 その他の問題

1. 電気加工と材料 256
2. コンピュータ・プログラム言語・情報処理 264

6 自動制御

6 自動制御

1. フィードバック制御

(1) 各種自動制御

自動制御には、次のものがあります。

- 1) プロセス制御
- 2) サーボ機構（自動調整を含む）
- 3) シーケンス制御

それぞれを簡単に説明すると、以下のようになります。

1) プロセス制御

プロセス制御とは、制御量が温度、流量、圧力のような工業プロセスの状態量である制御をいい、一般に目標値が一定の定値制御であるが、比率制御、プログラム制御なども時には用いられます。

外乱があまりない系ではシーケンス制御のようなオープンループ制御（開路制御）で充分であるが、外乱の影響が大きく制御量の変化が大きな系ではフィードバック制御（閉路制御）しなければなりません。また、外乱が制御量の変化として検出されるのが遅い系では、外乱の影響を前向き経路により補償するフィードフォワード制御が用いられます。

2) サーボ機構（自動調整を含む）

サーボ機構とは、制御量が機械的位置、回転角などの機械的な変量の追従制御をいうが、制御量が電圧、電流のような電気量である場合は速度、回転数の定値制御を行う自動調整を含めてサーボ系と呼びます。

物体の位置、方向、姿勢などの機械的変位を制御量とし、目標値の変化に追従するように構成された自動制御です。

サーボ機構は、目標値の変化に対する追従制御であり、その過渡特性が良好であることが要求されます。一方、プロセス制御は、目標値が一定の定値制御が一般的であり、外乱に対する抑制効果を重視する場合があります。しかし、プロセス制御でも比率制御やプログラム制御のように目標値に対する追値制御もあるが、過渡特性に対する要求はサーボ機構ほど厳しくはないです。

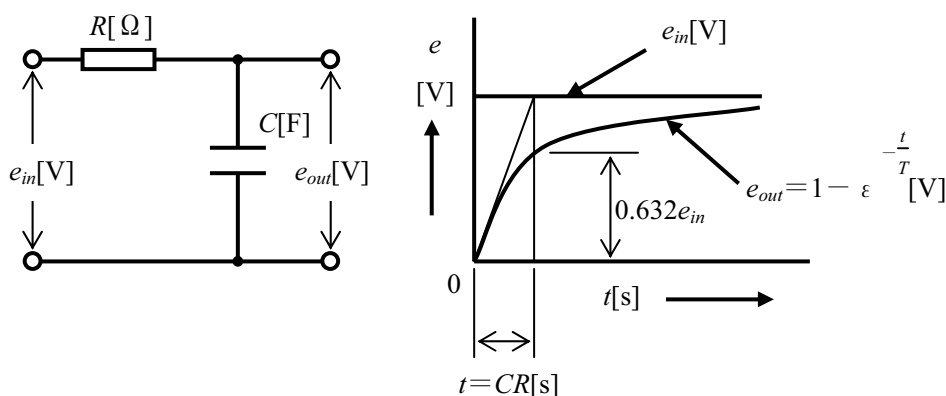
3) シーケンス制御

シーケンス制御は、リレー制御です。フィードバックを特にせず、決められた順番に装置を制御するものです。

(2) 一次遅れ要素

$G(s)=\frac{K}{1+Ts}$ なる伝達関数で表される要素を一次遅れ要素と呼んでいます。 T は、時定数であり、過渡応答の目安を与え、 T が小さいほど応答が速いです。また、 K は、定常ゲインを表し、定常値が入力の大きさの K 倍となることを示しています。したがって、ステップ応答が得られると定常値から定常ゲイン K の値が求められ、零時刻でのステップ応答の接線が定常値と交わる時間、またはステップ応答が定常値の 63.2[%]に達するまでの時間から T が求められます。

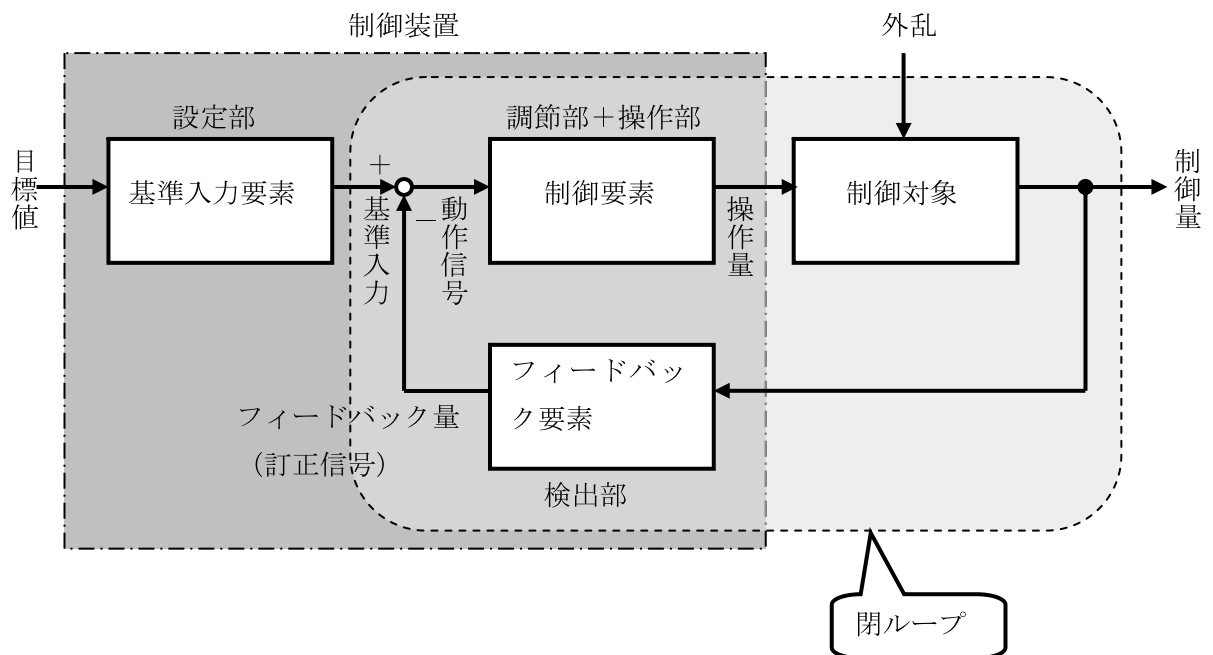
$G(s)=\frac{K}{1+Ts}$ なる伝達関数で表される要素のよく見かける例は、コンデンサの充電回路です。このとき時定数は、 $T=CR$ となります。



(3) フィードバック制御

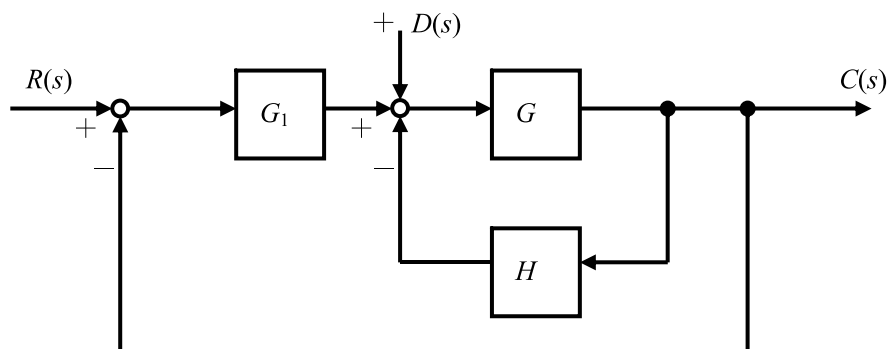
フィードバック制御は、外乱の影響を抑え、定常偏差を小さくし、過渡特性を改善することができるなどの利点があるためよく用いられているが、これらの効果を増大するため一巡伝達関数のゲインを大きくとり過ぎると、振動的になり不安定になることがあります。

そして、フィードバック制御は、フィードバックによって制御量を目標値と比較し、それらを一致させるよう訂正動作を行う制御をいいます。ここに、フィードバックとは、閉ループを形成して出力側の信号を入力側へ戻すことをいいます。

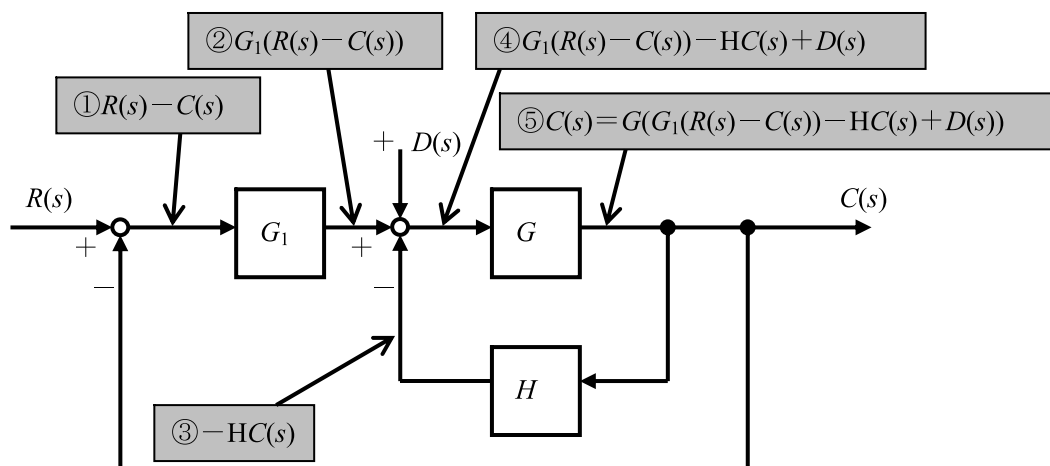


(4) 伝達関数の求め方

図に示すフィードバック制御系において、目標値 $R(s)$ と制御量 $C(s)$ の間の伝達関数 $C(s)/R(s)$ および外乱 $D(s)$ と $C(s)$ の間の伝達関数 $C(s)/D(s)$ の求め方を説明します。



ブロック図に各部位の信号を番号順に記入すると次の図となります。



さて、⑤式から、

$$\begin{aligned}
 C(s) &= G(G_1(R(s) - C(s)) - HC(s) + D(s)) \\
 C(s) &= GG_1R(s) - G G_1C(s) - HGC(s) + GD(s) \\
 C(s) + G G_1C(s) + HGC(s) &= GG_1R(s) + GD(s) \\
 (1 + G G_1 + HG) C(s) &= GG_1R(s) + GD(s) \cdots \cdots \cdots (1) \\
 \frac{C(s)}{R(s)} &= \frac{GG_1}{1 + G (G_1 + H)} + \frac{D(s)}{R(s)} \frac{G}{1 + G (G_1 + H)}
 \end{aligned}$$

となります。

よって、目標値 $R(s)$ と制御量 $C(s)$ の間の伝達関数 $C(s)/R(s)$ は、右辺第 1 項から、

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{GG_1}{1 + G (G_1 + H)}$$

となります。

次に、外乱 $D(s)$ と制御量 $C(s)$ の間の伝達関数 $C(s)/D(s)$ は(1)式から、

$$\frac{C(s)}{D(s)} = \frac{GG_1}{1 + G (G_1 + H)} \frac{R(s)}{D(s)} + \frac{G}{1 + G (G_1 + H)}$$

となります。

よって、外乱 $D(s)$ と制御量 $C(s)$ の間の伝達関数 $C(s)/D(s)$ は、右辺第 2 項から、

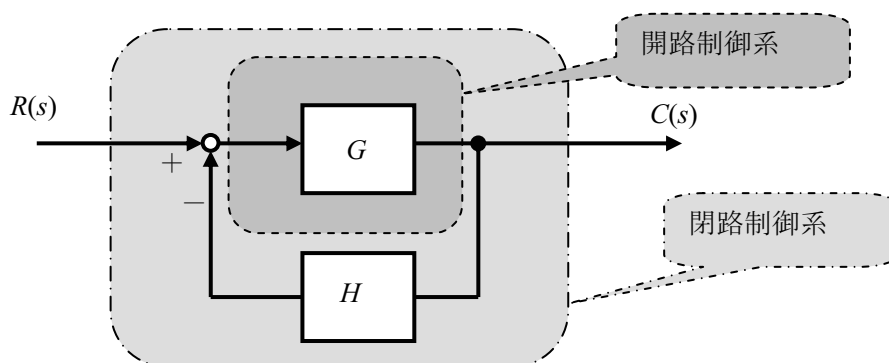
$$\frac{C(s)}{D(s)} = \frac{G}{1 + G (G_1 + H)}$$

となります。

以上が伝達関数の求め方です。

(5) 閉路伝達関数と開路伝達関数

下図のような制御系で、開路伝達関数を G としたときの閉路伝達関数 $W(s)$ は、



$$W(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G}{1 + GH}$$

となります。

この式は、公式として、覚えておくと便利です。

なお、開路制御系とは、フィードバックされてない制御のことをいいます。例えば、シーケンス制御などが、開路制御系です。開路制御系の使われる場所は、偏差の心配がない制御です。

(6) 目標値の変化による制御の分類

フィードバック制御系では、目標値として、値が時間的に変化する場合と変化しない場合に分けられます。前者のもとで動作する場合を追値制御と呼んでいます。このうち、目標値の変化があらかじめわかっている、それに応じて目標値を変化させる場合をプログラム制御といい、変化の様子があらかじめわかっていない場合を追従制御といいます。

- 1) 定値制御：目標値が時間的に変化しない制御
- 2) 追値制御：目標値が時間的に変化する制御
 - a) プログラム制御：目標値の変化があらかじめわかっている制御
 - b) 追従制御：目標値の変化があらかじめわかっていない制御

(7) 制御系に求められる特性

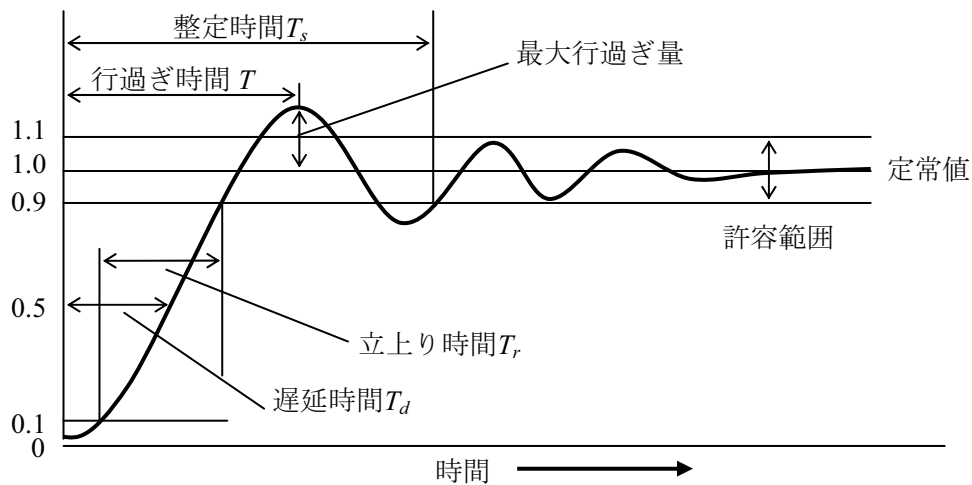
一般のフィードバック制御系においては、制御系の安定性が要求され、制御系の特性を評価するものとして、定常特性と過渡特性があります。

サーボ制御系では、目標値の変化に対する追従が重要であり、過渡特性を評価するものとして、ステップ応答の遅れ時間、立上り時間、行過ぎ量などが用いられます。

- 1) 立上り時間：
応答が、10[%]から 90[%]になるまでの時間です。
- 2) 遅延時間：
応答が、50[%]になるまでの時間です。
- 3) 整定時間：
応答が、許容範囲にはいるまでの時間です。
- 4) 最大行過ぎ量：
応答が、最初に行過ぎたときの最大の量です。
- 5) 行過ぎ時間：
最大行過ぎ量が生じるまでの時間です。

一般的なステップ応答を掲げておきます。参考にして下さい。

1. フィードバック制御

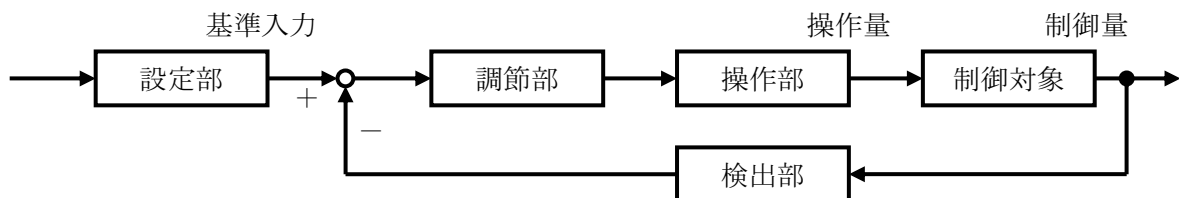


(8) 制御系の基本構成

図は、制御系の基本構成を示します。

制御装置の調節部とは、目標値に基づく信号と検出部からの信号をもとに、制御系が所要の働きをするのに必要な信号を作り出して操作部へ送り出す部分をいいます。

まず、制御対象の出力信号である制御量が検出部によって検出されます。その検出部の出力が比較器で基準入力と比較され、その差が調節部に加えられます。その調節部の出力によって操作部で操作量が決定され、制御対象に加えられます。このような制御方式をフィードバック制御と呼びます。



では、例題で学習してみましょう。

例題 1

〔ア〕制御とは、〔イ〕が温度、〔ウ〕、圧力のような工業プロセスの状態量である制御をいい、一般に目標値が一定の〔エ〕制御であるが、比率制御、〔オ〕制御なども時には用いられる。

上記の記述中の空白箇所（ア）、（イ）、（ウ）、（エ）および（オ）に記入する字句として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

- | | （ア） | （イ） | （ウ） | （エ） | （オ） |
|-----|---------|-----|-----|------|-------|
| （1） | フィードバック | 操作量 | 流量 | 追値 | シーケンス |
| （2） | シーケンス | 設定値 | 気圧 | オンオフ | プロセス |

(3)	シーケンス	制御量	濃度	プログラム	追従
(4)	プロセス	目標値	濃度	追従	オンオフ
(5)	プロセス	制御量	流量	定値	プログラム

★解答は 34 ページ

【解説】

設問は、

(ア) プロセス制御とは、(イ) 制御量が温度、(ウ) 流量、圧力のような工業プロセスの状態量である制御をいい、一般に目標値が一定の(エ) 定値制御であるが、比率制御、(オ) プログラム制御なども時には用いられる。

となります。

ゆえに、選択肢は、(5) となります。

例題 2

$G(s) = \frac{K}{1+Ts}$ なる伝達関数で表される要素を(ア) 要素と呼んでいる。 T は、(イ) で

あり、過渡応答の目安を与え、 T が小さいほど応答が速い。また、 K は、定常ゲインを表し、定常値が入力の大きさの K 倍となることを示している。したがって、ステップ応答が得られると定常値から定常ゲイン K の値が求められ、零時刻でのステップ応答の(ウ) が定常値と交わる時間、またはステップ応答が定常値の(エ) [%] に達するまでの時間から T が求められる。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ) および(エ) に記入する字句または数値として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	一次	時定数	立上り	95.0
(2)	一次遅れ	時定数	接線	63.2
(3)	一次	減衰係数	残差	63.2
(4)	一次遅れ	時定数	接線	70.2
(5)	一次遅れ	減衰係数	立上り	70.2

★解答は 34 ページ

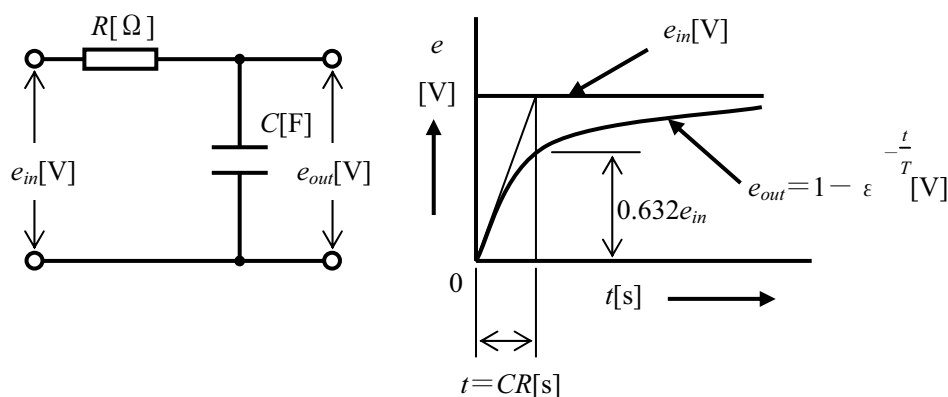
【解説】

設問は、

$G(s) = \frac{K}{1+Ts}$ なる伝達関数で表される要素を(ア)一次遅れ要素と呼んでいる。

T は、(イ)時定数であり、過渡応答の目安を与え、 T が小さいほど応答が速い。また、 K は、定常ゲインを表し、定常値が入力の大きさの K 倍となることを示している。したがって、ステップ応答が得られると定常値から定常ゲイン K の値が求められ、零時刻でのステップ応答の(ウ)接線が定常値と交わる時間、またはステップ応答が定常値の(エ)63.2[%]に達するまでの時間から T が求められる。となります。

$G(s) = \frac{K}{1+Ts}$ なる伝達関数で表される要素のよく見かける例は、コンデンサの充電回路です。このとき時定数は、 $T=CR$ となります。



ゆえに、選択肢は、(2) となります。

例題 3

フィードバック制御は、(ア)の影響を抑え、(イ)を小さくし、(ウ)を改善することができるなどの利点があるためよく用いられているが、これらの効果を増大するため(エ)のゲインを大きくとり過ぎると、振動的になり(オ)になることがある。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)、(エ)および(オ)に記入する字句として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)
(1)	外乱	定常偏差	定常特性	フィードバック	安定
(2)	入力	応答時間	過渡応答	一巡伝達関数	不安定
(3)	外乱	定常偏差	過渡特性	一巡伝達関数	不安定

- | | | | | | |
|-----|----|------|------|---------|-----|
| (4) | 雑音 | 定常誤差 | 過渡応答 | フィードバック | 安定 |
| (5) | 出力 | 応答時間 | 過渡特性 | フィードバック | 不安定 |

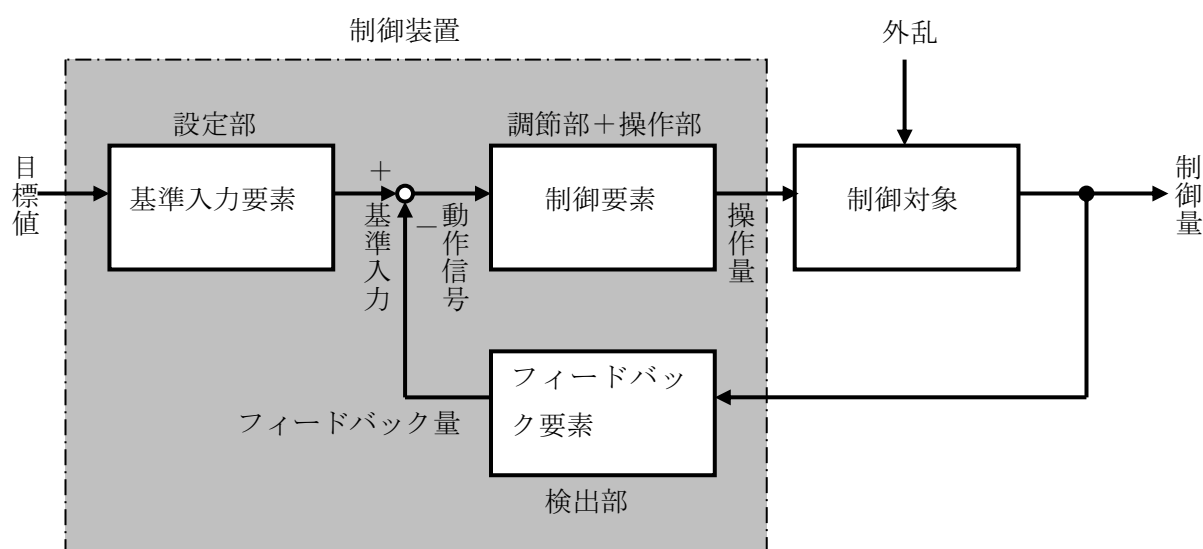
★解答は 34 ページ

【解説】

設問は、

フィードバック制御は、(ア) 外乱の影響を抑え、(イ) 定常偏差を小さくし、(ウ) 過渡特性を改善することができるなどの利点があるためよく用いられているが、これらの効果を増大するため(エ) 一巡伝達関数のゲインを大きくとり過ぎると、振動的になり(オ) 不安定になることがある。

となります。



ゆえに、選択肢は、(3) となります。

例題 4

サーボ機構とは、制御量が機械的(ア)、回転角などの機械的な変量の(イ)制御をいうが、制御量が電圧、電流のような電気量である場合は速度、回転数の(ウ)制御を行う自動調整を含めてサーボ系と呼ぶことがある。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)および(ウ)に記入する字句として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| (1) (ア) 位置 (イ) 追従 (ウ) 定値 | (2) (ア) 運動 (イ) 追値 (ウ) 追従 |
| (3) (ア) 変動 (イ) 定値 (ウ) プログラム | (4) (ア) 変化 (イ) 運動 (ウ) 定値 |