

講義中の注意



- 講義中は、参加者のマイク・カメラの機能はミュート状態になります。
- 進行はスタッフ及び講師が行いますので、指示に従ってください。
- 質疑応答の時間は、参加者のマイクをオンにして質問を受け付けることもあります。希望される方は「チャット欄」で申し出てください。

電験三種 オンライン講座

機械 第3回

自動制御

～ブロック線図とボード線図（基礎）～

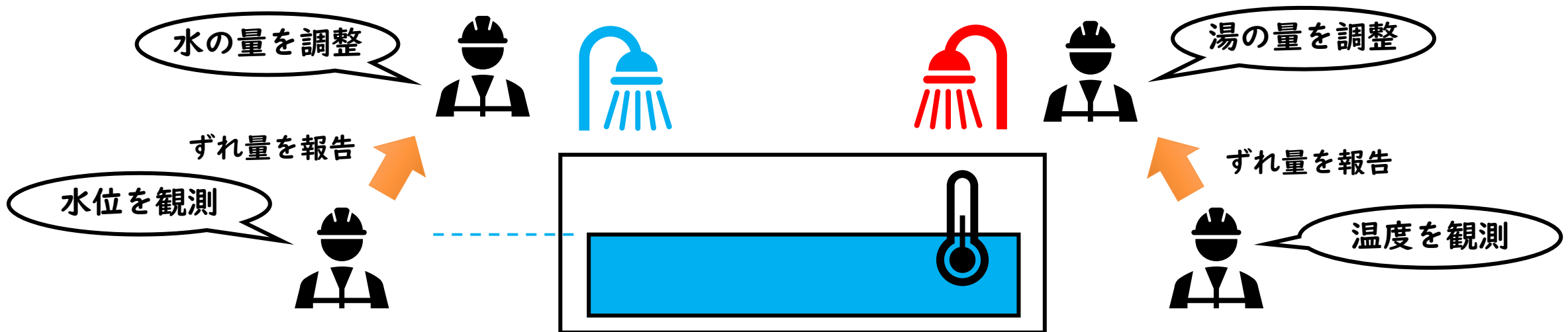
自動制御とは

・シーケンス制御

あらかじめ定められた順序に従って、複数の機能が順々に動作していく制御
→変成器 (VT/CT) で電流電圧を観測し、保護継電器を介して回路を遮断する

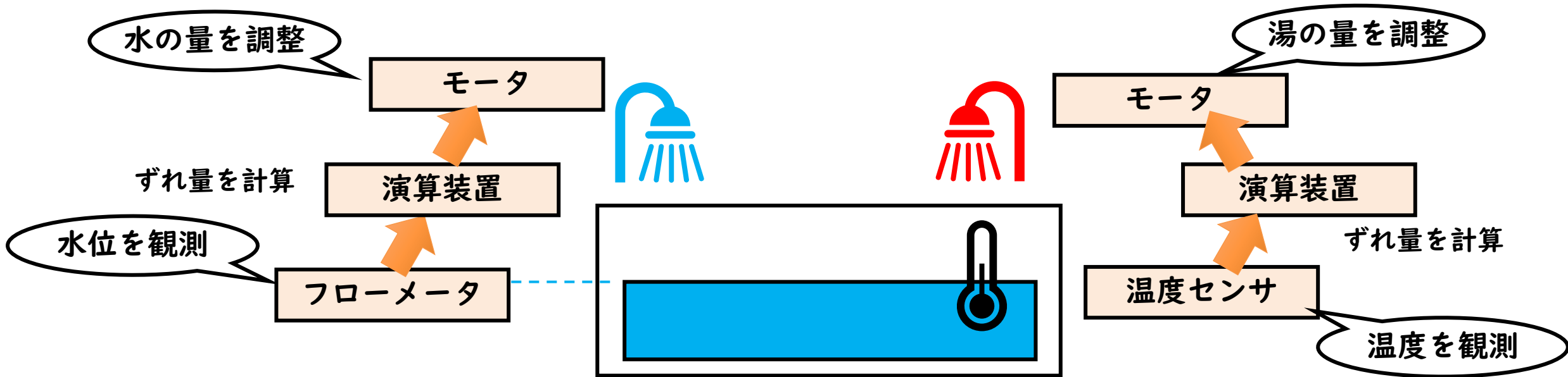
・フィードバック制御

特定の信号や状態を目標値に近づける制御



自動制御とは

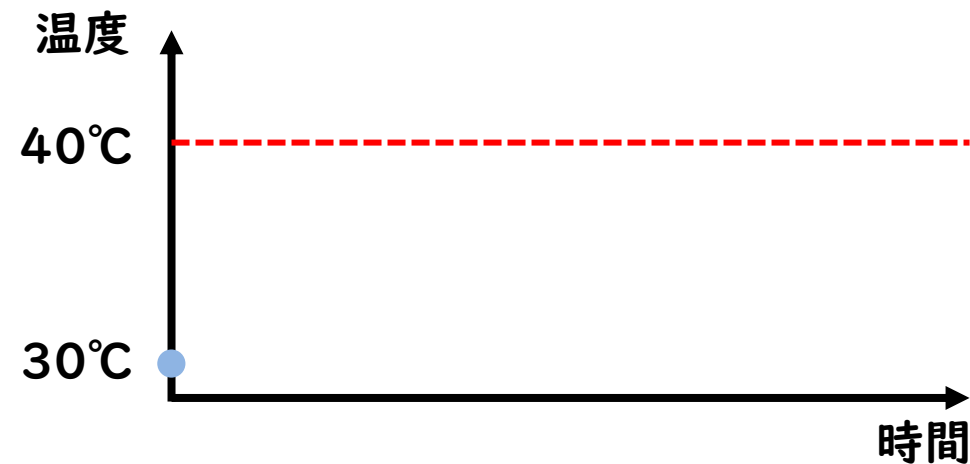
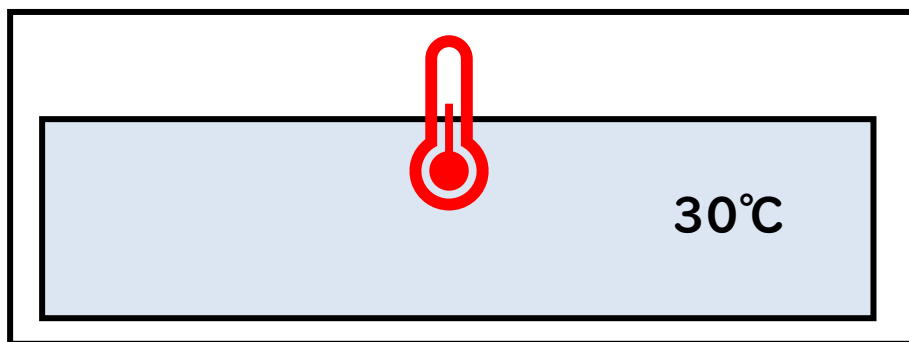
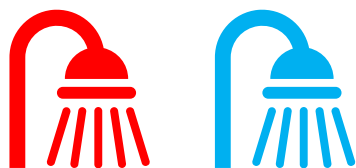
- フィードバック制御
 - 観測にはセンサを使う (物理量を電気信号に変換する)
 - ずれ量の計算には演算装置を使う
(オペアンプなどの電子回路) (AD変換→デジタル回路→プログラム)
 - 調整には動力を使う (電気信号→パワエレ→アクチュエータ (電動機))



安定/不安定な制御

浴槽に30°Cの水が入っている。給水装置AとBを使って、水の温度を40°Cに調整することを考える。
給水装置AとBには3つの組み合わせがあり、どの組み合わせだと温度調整しやすいか考えてみましょう。
(給水装置AとBは、一定の流量の水を出すことしかできず、流量の調整はできないものとする)

給水A 給水B

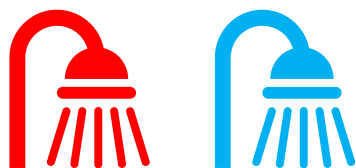


	組み合わせ1	組み合わせ2	組み合わせ3
給水装置A	42°C	50°C	100°C
給水装置B	30°C	20°C	0°C

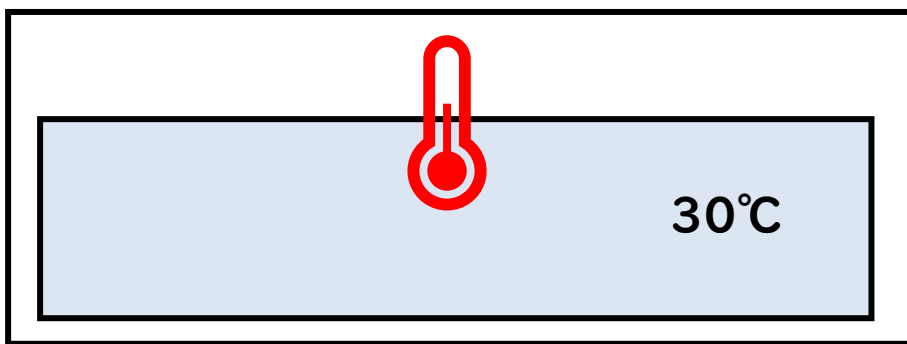
安定/不安定な制御

浴槽に30°Cの水が入っている。給水装置AとBを使って、水の温度を40°Cに調整することを考える。給水装置AとBには3つの組み合わせがあり、どの組み合わせだと温度調整しやすいか考えてみましょう。(給水装置AとBは、一定の流量の水を出すことしかできず、流量の調整はできないものとする)

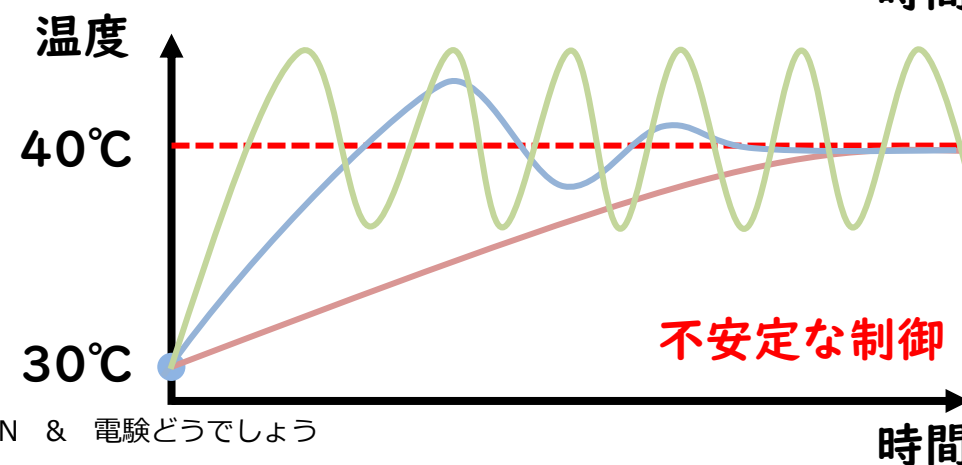
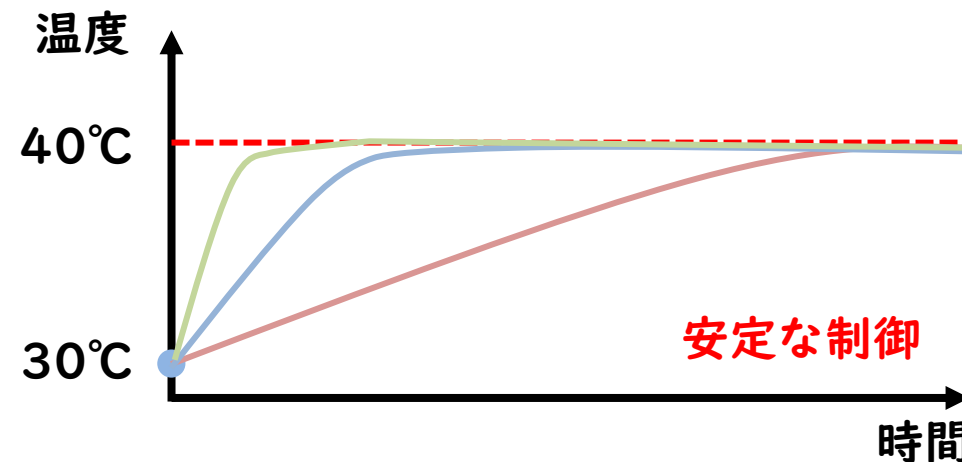
給水A 給水B



—— 組み合わせ1
—— 組み合わせ2
—— 組み合わせ3

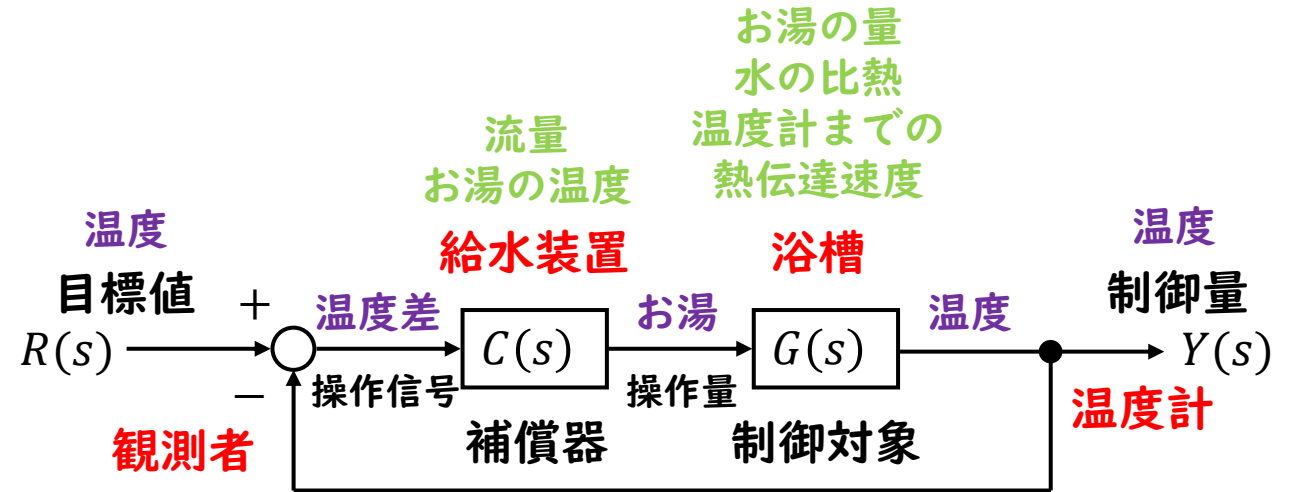
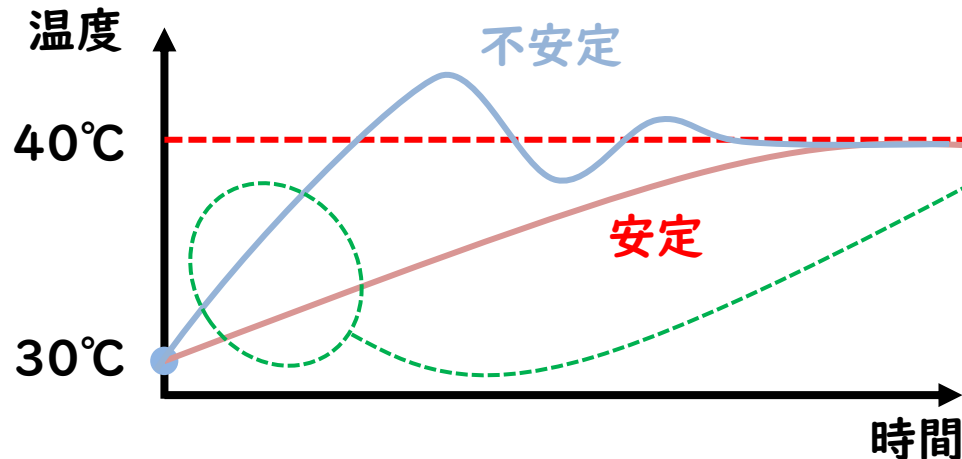
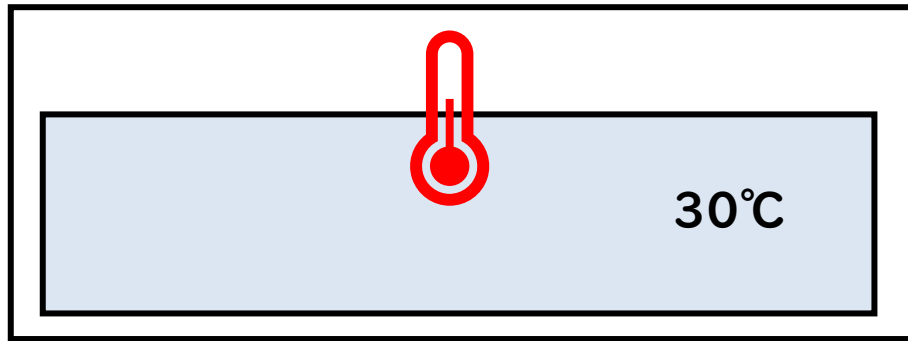
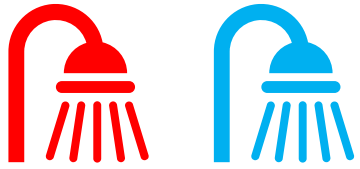


	組み合わせ1	組み合わせ2	組み合わせ3
給水装置A	42°C	50°C	100°C
給水装置B	30°C	20°C	0°C



制御とブロック線図

給水A 給水B



安定と不安定の境界は何で決まるか？

制御対象の状態変化の「速さ」で決まる
→速くしすぎると不安定になる

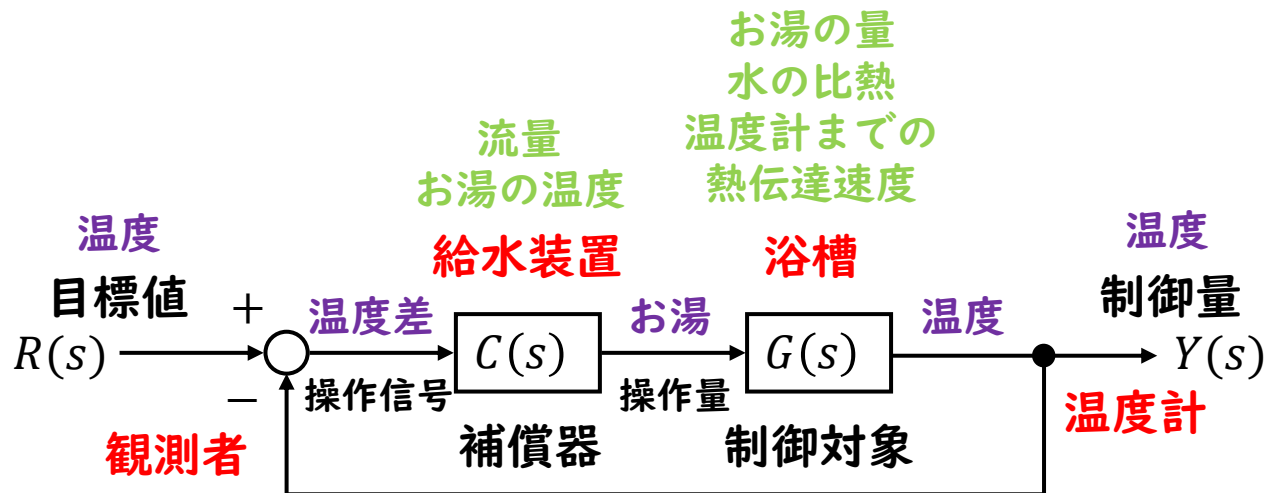
速さとは「時間の逆数（周波数）」と考える

cf. 速度 m/s、電流 C/s

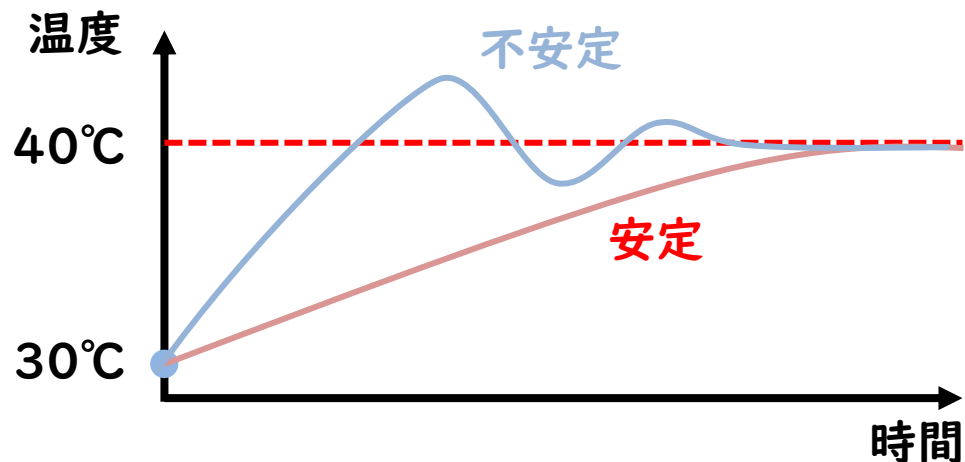
→周波数を横軸に取ることによってその制御対象が

どこまで安定かが分かる⇒周波数（ラプラス）変換

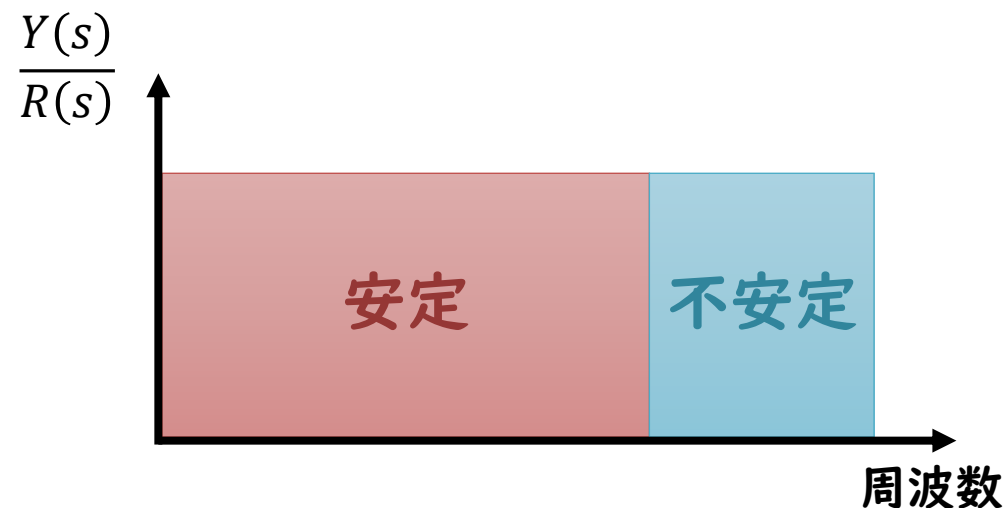
制御対象の安定性とラプラス変換 **e-DEN** X



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



周波数変換



H21 問13

問13 自動制御系には、フィードフォワード制御系とフィードバック制御系がある。

常に制御対象の に着目し、これを時々刻々検出し、 との差を生じればその差を零にするような操作を制御対象に加える制御が 制御系である。外乱によって に変動が生じれば、これを検出し修正動作を行うことが可能である。この制御システムは を構成するが、一般には時間的な遅れを含む制御対象を 内に含むため、安定性の面で問題を生じることもある。しかしながら、はん用性の面で優れているため、定値制御や追値制御を実現する場合、基本になる制御である。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる語句として、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)
(1)	操作量	入力信号	フィードフォワード	閉ループ
(2)	制御量	目標値	フィードフォワード	開ループ
(3)	操作量	目標値	フィードバック	開ループ
(4)	制御量	目標値	フィードバック	閉ループ
(5)	操作量	入力信号	フィードバック	閉ループ

導出のポイント

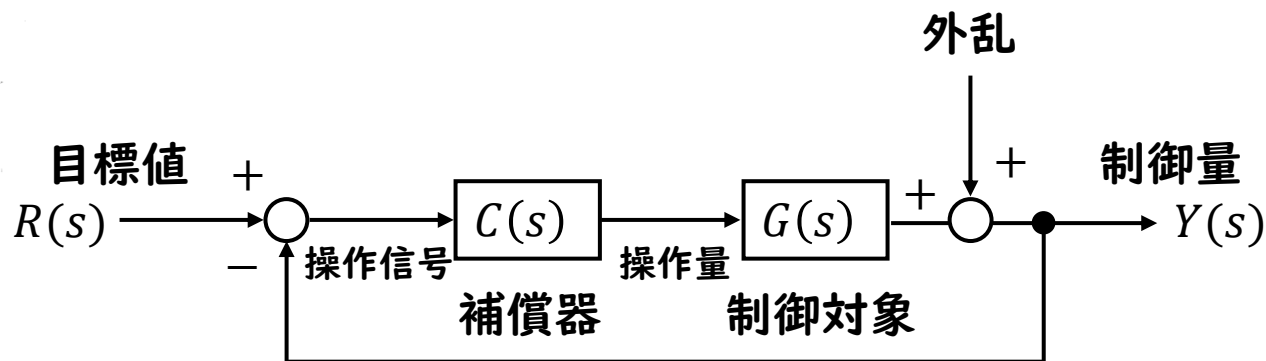
問13 自動制御系には、フィードフォワード制御系とフィードバック制御系がある。

常に制御対象の (ア) に着目し、これを時々刻々検出し、 (イ) との差を生じればその差を零にするような操作を制御対象に加える制御が (ウ) 制御系である。外乱によって (ア) に変動が生じれば、これを検出し修正動作を行うことが可能である。この制御システムは (エ) を構成するが、一般には時間的な遅れを含む制御対象を (エ) 内に含むため、安定性の面で問題を生じることもある。しかしながら、はん用性の面で優れているため、定値制御や追値制御を実現する場合、基本になる制御である。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる語句として、正しいものを組み合わせたのは次のうちどれか。

- (ア) 制御量
- (イ) 目標値
- (ウ) フィードバック
- (エ) 閉ループ

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	操作量	入力信号	フィードフォワード	閉ループ
(2)	制御量	目標値	フィードフォワード	開ループ
(3)	操作量	目標値	フィードバック	開ループ
(4)	制御量	目標値	フィードバック	閉ループ
(5)	操作量	入力信号	フィードバック	閉ループ



H23 問13

問13 次の文章は、自動制御に関する記述である。

機械、装置及び製造ラインの運転や調整などを制御装置によって行うことを自動制御という。自動制御は、シーケンス制御と 制御とに大別される。

シーケンス制御は、あらかじめ定められた手順や判断によって制御の各段階を順に進めていく制御である。この制御を行うための機器として電磁リレーがある。電磁リレーを用いた シーケンス制御をリレーシーケンスという。

リレーシーケンスにおいて、2個の電磁リレーのそれぞれのコイルに、相手のb接点を直列に接続して、両者が決して同時に働かないようにすることを という。

シーケンス制御の動作内容の確認や、制御回路設計の手助けのために、横軸に時間を表し、縦軸にコイルや接点の動作状態を表したものを という。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	フィードバック	有接点	インタロック	タイムチャート
(2)	フィードフォワード	無接点	ブロック	フローチャート
(3)	フィードバック	有接点	ブロック	フローチャート
(4)	フィードフォワード	有接点	インタロック	タイムチャート
(5)	フィードバック	無接点	ブロック	タイムチャート

導出のポイント

問13 次の文章は、自動制御に関する記述である。

機械、装置及び製造ラインの運転や調整などを制御装置によって行うことを自動制御という。自動制御は、シーケンス制御と 制御とに大別される。

シーケンス制御は、あらかじめ定められた手順や判断によって制御の各段階を順に進めていく制御である。この制御を行うための機器として電磁リレーがある。電磁リレーを用いた シーケンス制御をリレーシーケンスという。

リレーシーケンスにおいて、2個の電磁リレーのそれぞれのコイルに、相手のb接点を直列に接続して、両者が決して同時に働かないようにすることを という。

シーケンス制御の動作内容の確認や、制御回路設計の手助けのために、横軸に時間を表し、縦軸にコイルや接点の動作状態を表したものを という。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(ア) フィードバック制御：自動制御のこと

(イ) 有接点：物理的なスイッチ

(ウ) インタロック：決まった条件で動作を制御/停止すること

(エ) タイムチャート

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	フィードバック	有接点	インタロック	タイムチャート
(2)	フィードフォワード	無接点	ブロック	フローチャート
(3)	フィードバック	有接点	ブロック	フローチャート
(4)	フィードフォワード	有接点	インタロック	タイムチャート
(5)	フィードバック	無接点	ブロック	タイムチャート

H28 問13

問13 次の文章は、フィードバック制御における三つの基本的な制御動作に関する記述である。

目標値と制御量の差である偏差に して操作量を変化させる制御動作を 動作という。この動作の場合、制御動作が働いて目標値と制御量の偏差が小さくなると操作量も小さくなるため、制御量を目標値に完全に一致させることができず、 が生じる欠点がある。

一方、偏差の 値に応じて操作量を変化させる制御動作を 動作という。この動作は偏差の起こり始めに大きな操作量を与える動作をするので、偏差を早く減衰させる効果があるが、制御のタイミング(位相)によっては偏差を増幅し不安定になることがある。

また、偏差の 値に応じて操作量を変化させる制御動作を 動作という。この動作は偏差が零になるまで制御動作が行われるので、 を無くすことができる。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	積分	目標偏差	微分	比例
(2)	比例	定常偏差	微分	積分
(3)	微分	目標偏差	積分	比例
(4)	比例	定常偏差	積分	微分
(5)	微分	定常偏差	比例	積分

導出のポイント

問13 次の文章は、フィードバック制御における三つの基本的な制御動作に関する記述である。

目標値と制御量の差である偏差に して操作量を変化させる制御動作を 動作という。この動作の場合、制御動作が働いて目標値と制御量の偏差が小さくなると操作量も小さくなるため、制御量を目標値に完全に一致させることができず、 が生じる欠点がある。

一方、偏差の 値に応じて操作量を変化させる制御動作を 動作という。この動作は偏差の起こり始めに大きな操作量を与える動作をするので、偏差を早く減衰させる効果があるが、制御のタイミング(位相)によっては偏差を増幅し不安定になることがある。

また、偏差の 値に応じて操作量を変化させる制御動作を 動作という。この動作は偏差が零になるまで制御動作が行われるので、 を無くすことができる。

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(ア) 比例動作：誤差に比例した制御

(イ) 定常偏差：定常状態で残る偏差

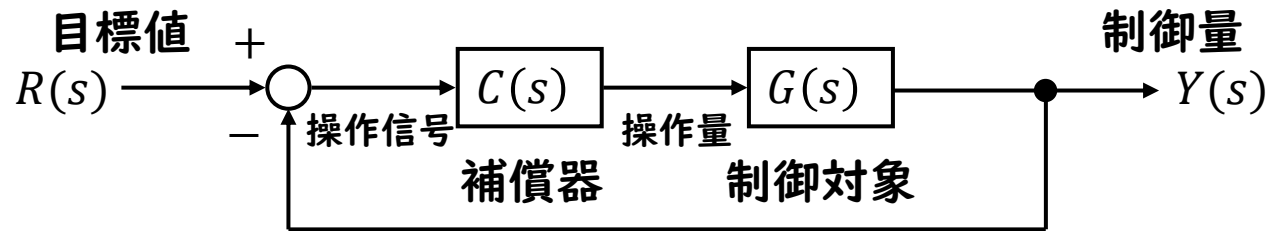
(ウ) 微分動作：誤差の微分（瞬間的な変化）に対する制御

(エ) 積分動作：誤差を積分して補正する制御
比例動作、微分動作に比べてゆっくりだが
定常偏差を0にできる

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	積分	目標偏差	微分	比例
(2)	比例	定常偏差	微分	積分
(3)	微分	目標偏差	積分	比例
(4)	比例	定常偏差	積分	微分
(5)	微分	定常偏差	比例	積分

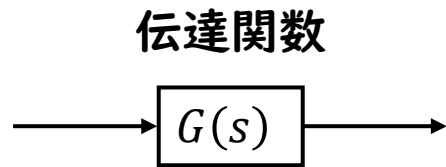
ブロック線図

制御系を構成している各機能を“ブロック”といい、各ブロックを信号の流れを表す線で結んだものを“ブロック線図”という

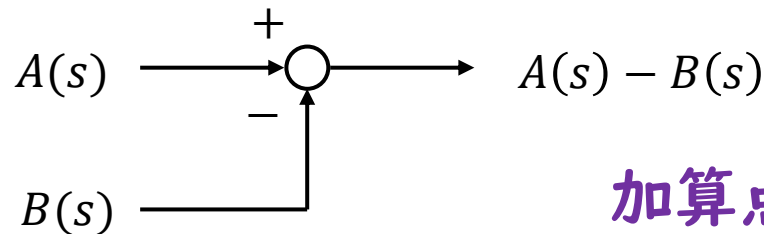
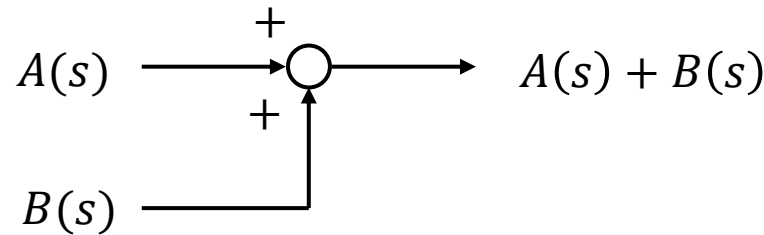


※気をつけること

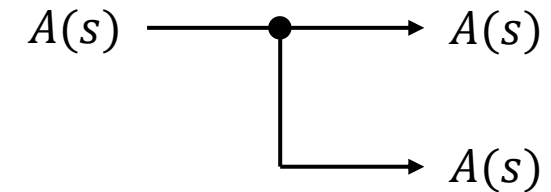
- 時間の概念はない
→ 入力が先、出力が後と考えない
- 信号は減らない
→ 分岐しても値は変化しない



基本構成



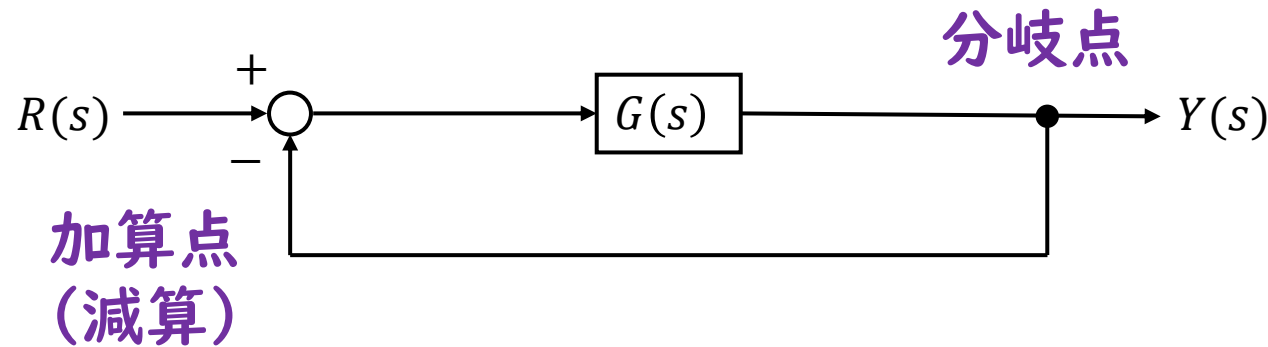
加算点



分岐点

フィードバック

伝達関数を通った信号を入力側に帰還するような制御系をフィードバック
と言い、制御系を安定にするための制御手法である



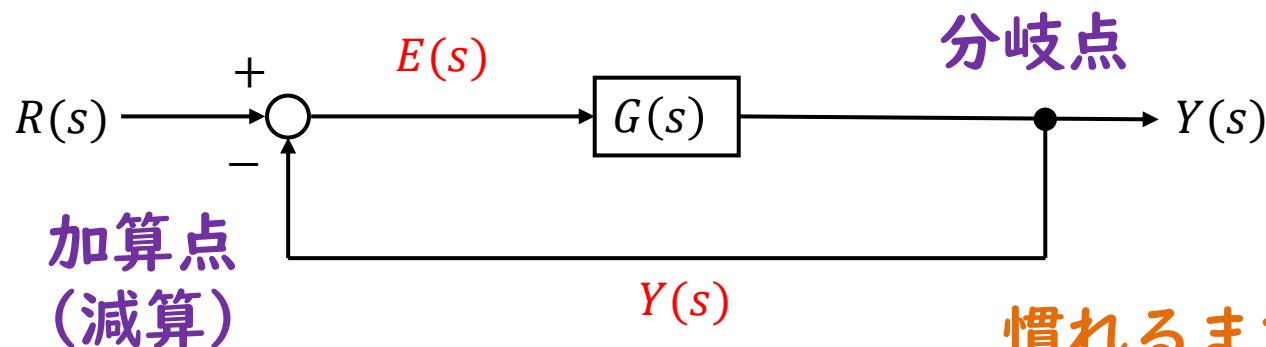
入力側に加算点 (減算)
出力側に分岐点

フィードバック系
の伝達関数

$$Y = \frac{G}{1 + G} R$$

フィードバック

伝達関数を通った信号を入力側に帰還するような制御系をフィードバック
と言い、制御系を安定にするための制御手法である



入力側に加算点 (減算)
出力側に分岐点

慣れるまでは $E(s)$ を起点に導出する

フィードバック系
の伝達関数

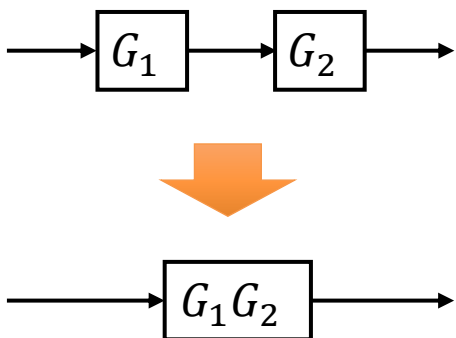
$$Y = \frac{G}{1 + G} R$$

$$Y = GE$$
$$E = R - Y$$

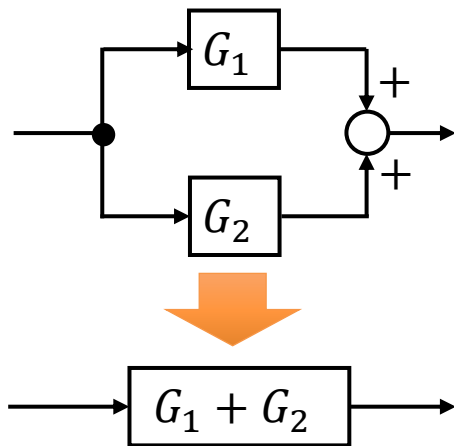
$$Y = G(R - Y) \rightarrow Y + GY = GR$$
$$\therefore Y = \frac{G}{1 + G} R$$

ブロック線図の等価変換

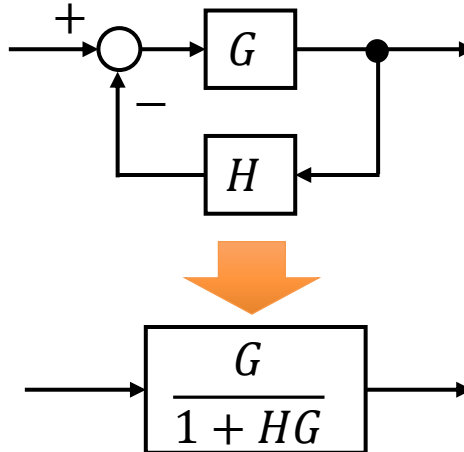
直列結合



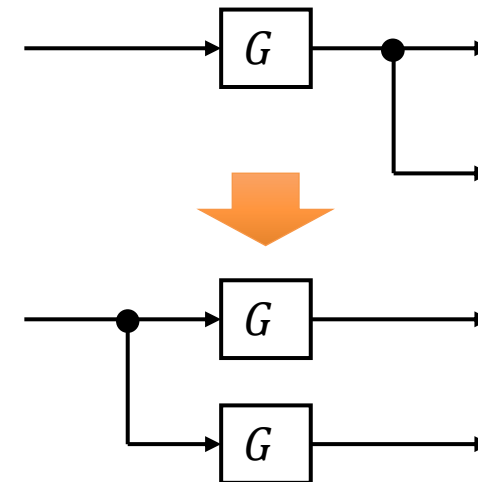
並列結合



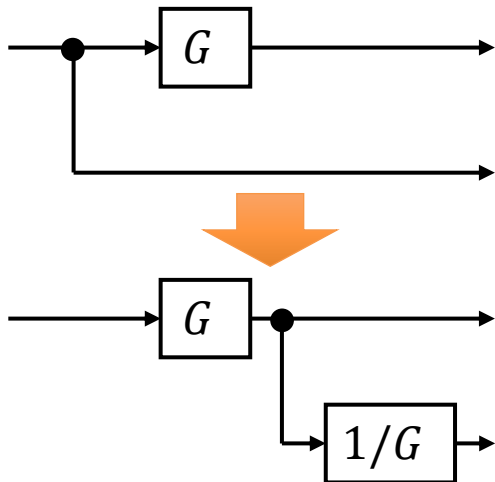
フィードバック



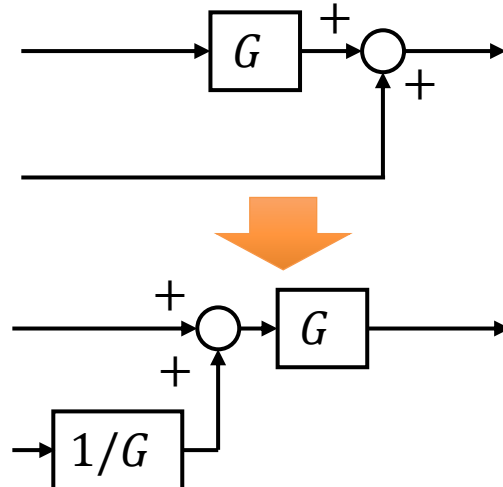
分岐点の移動 1



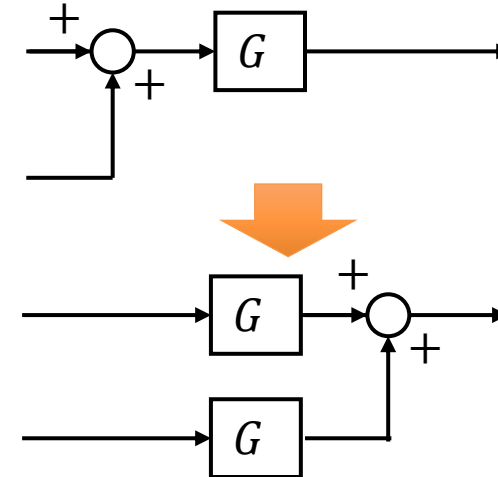
分岐点の移動 2



加算点の移動 1

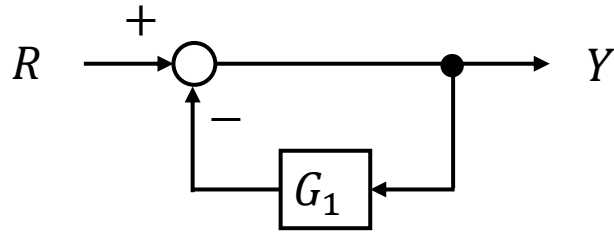


加算点の移動 2

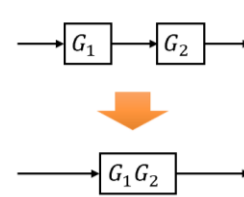


練習問題 I

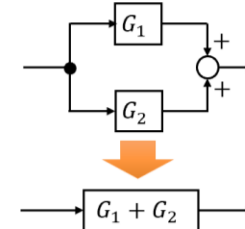
次の制御系において、全体の伝達関数を式で示せ



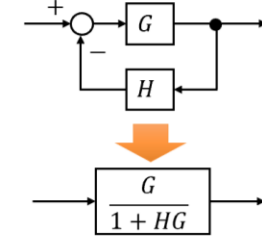
直列結合



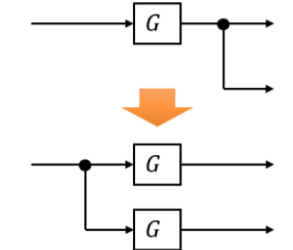
並列結合



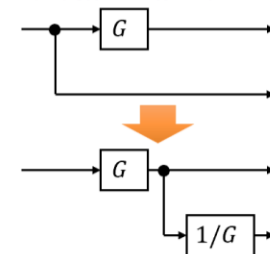
フィードバック



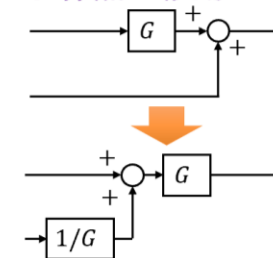
分岐点の移動 I



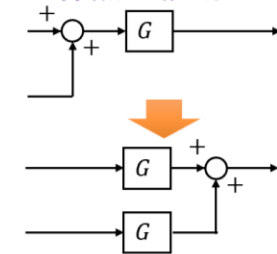
分岐点の移動 2



加算点の移動 I

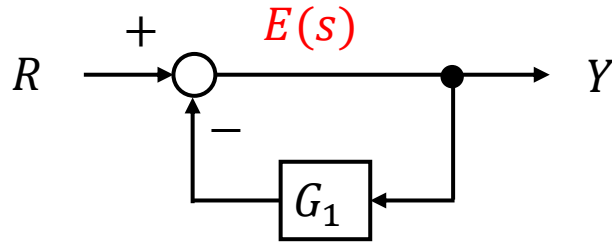


加算点の移動 2



練習問題 I

次の制御系において、全体の伝達関数を式で示せ



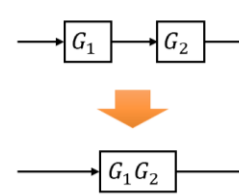
$$Y = E$$

$$E = R - G_1 Y$$

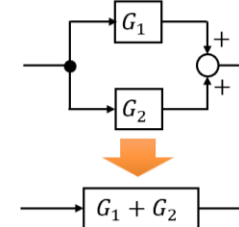
$$Y = R - G_1 Y \rightarrow Y + G_1 Y = R$$

$$\therefore \frac{Y}{R} = \frac{1}{1 + G_1}$$

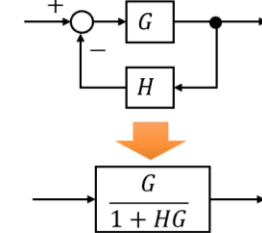
直列結合



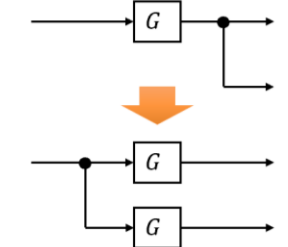
並列結合



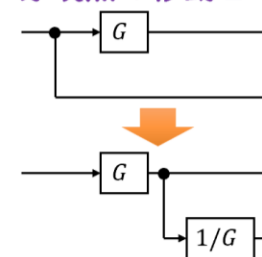
フィードバック



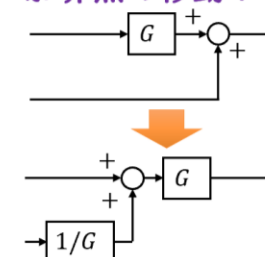
分岐点の移動 I



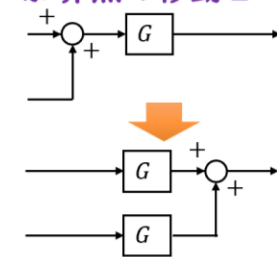
分岐点の移動 2



加算点の移動 I

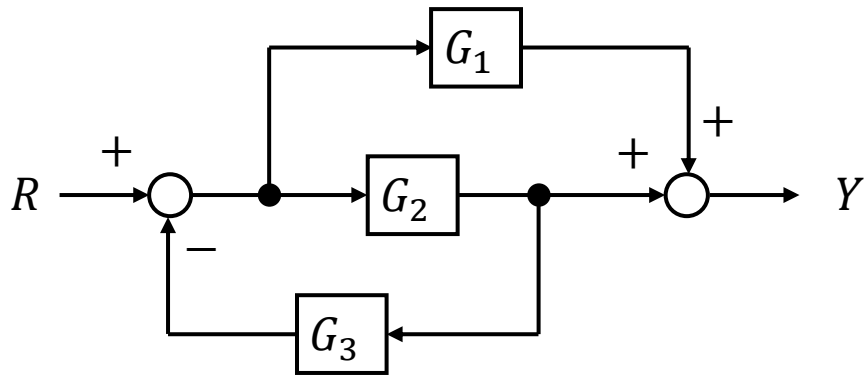


加算点の移動 2

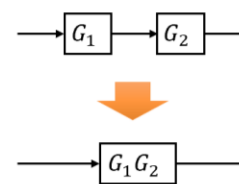


練習問題 2

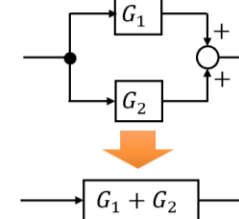
次の制御系において、全体の伝達関数を式で示せ



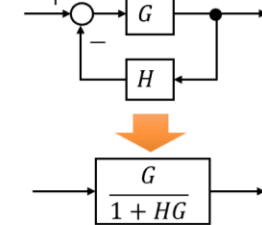
直列結合



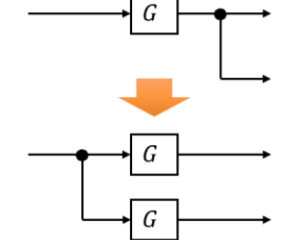
並列結合



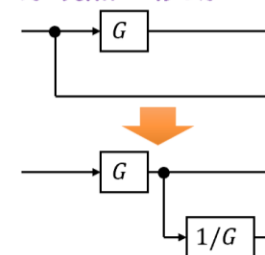
フィードバック



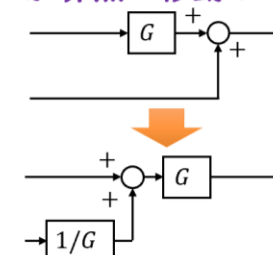
分岐点の移動 I



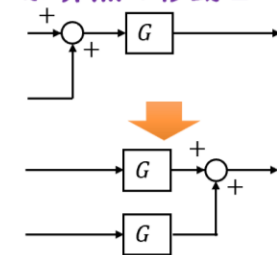
分岐点の移動 2



加算点の移動 I

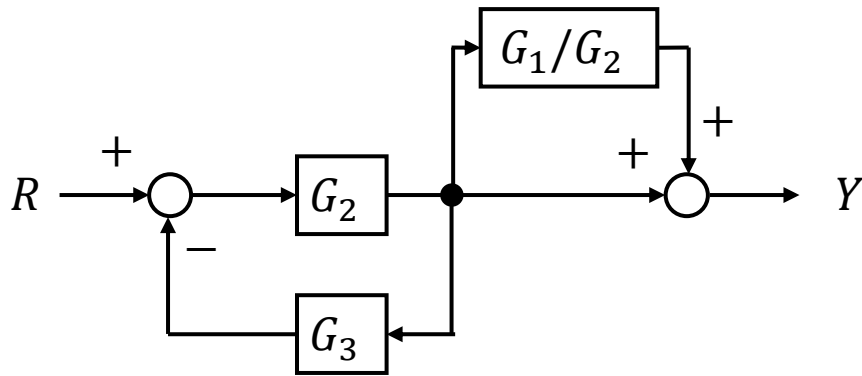


加算点の移動 2

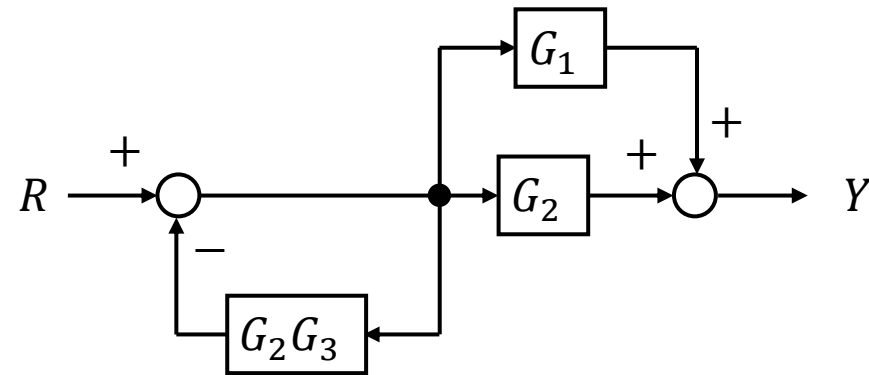


練習問題 2

次の制御系において、全体の伝達関数を式で示せ



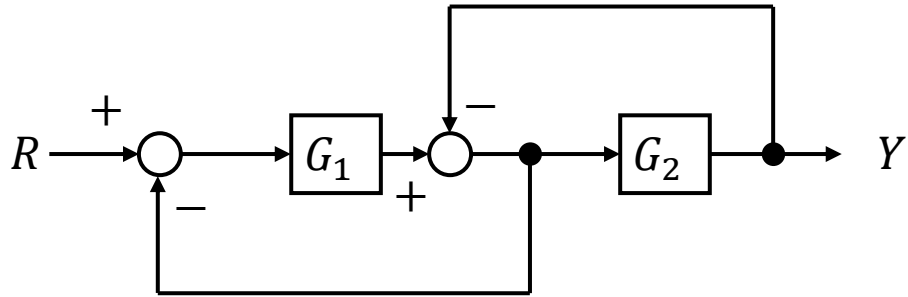
$$\begin{aligned} \frac{Y}{R} &= \frac{G_2}{1 + G_3 G_2} \left(1 + \frac{G_1}{G_2} \right) \\ &= \frac{G_2}{1 + G_2 G_3} \frac{G_2 + G_1}{G_2} \\ &= \frac{G_1 + G_2}{1 + G_2 G_3} \end{aligned}$$



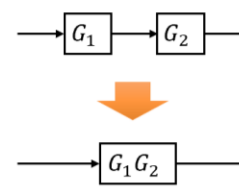
$$\begin{aligned} \frac{Y}{R} &= \frac{1}{1 + G_2 G_3} (G_1 + G_2) \\ &= \frac{G_1 + G_2}{1 + G_2 G_3} \end{aligned}$$

練習問題 3

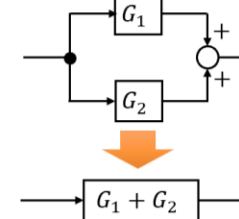
次の制御系において、全体の伝達関数を式で示せ



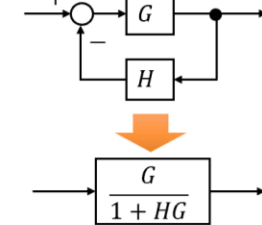
直列結合



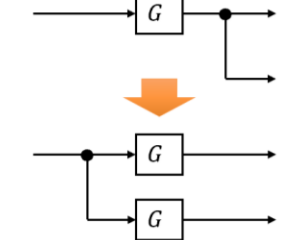
並列結合



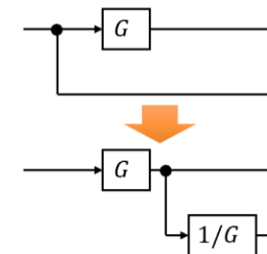
フィードバック



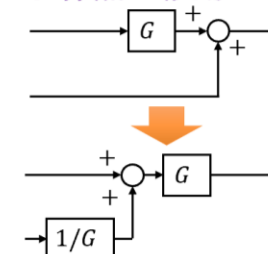
分岐点の移動 I



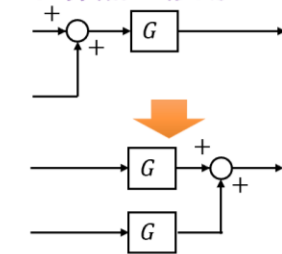
分岐点の移動 2



加算点の移動 I

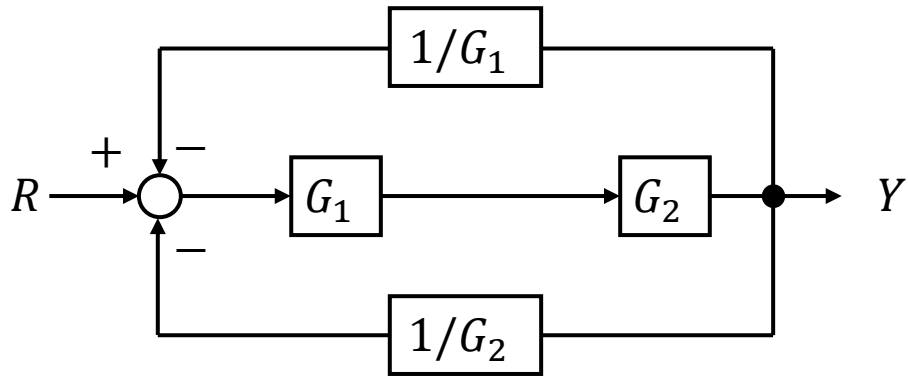


加算点の移動 2



練習問題 3

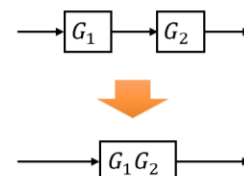
次の制御系において、全体の伝達関数を式で示せ



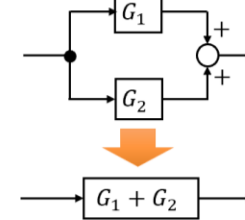
$$\frac{Y}{R} = \frac{G_1 G_2}{1 + \left(\frac{1}{G_1} + \frac{1}{G_2}\right) G_1 G_2}$$

$$= \frac{G_1 G_2}{1 + G_1 + G_2}$$

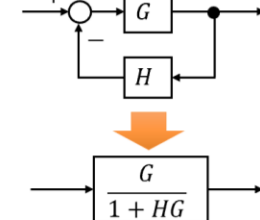
直列結合



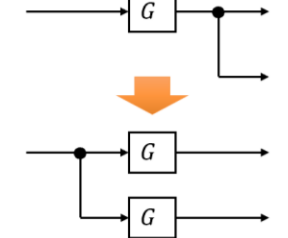
並列結合



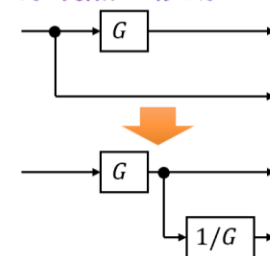
フィードバック



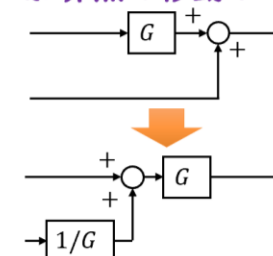
分岐点の移動 I



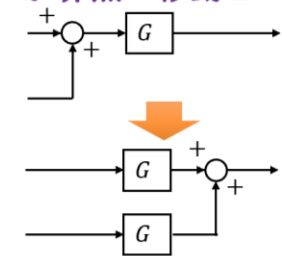
分岐点の移動 2



加算点の移動 I

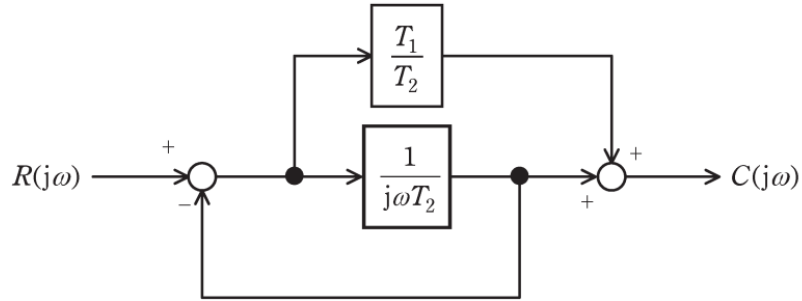


加算点の移動 2



H30 問13

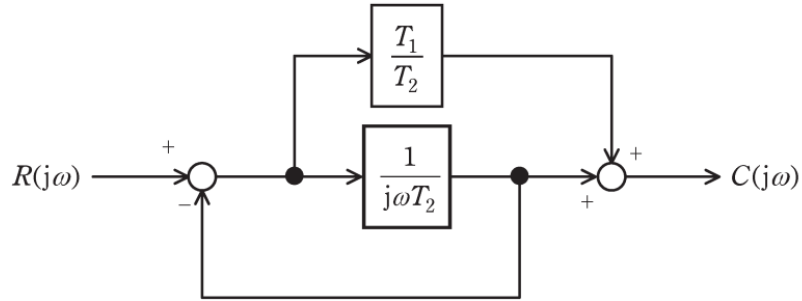
問 13 図のようなブロック線図で示す制御系がある。出力信号 $C(j\omega)$ の入力信号 $R(j\omega)$ に対する比、すなわち $\frac{C(j\omega)}{R(j\omega)}$ を示す式として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



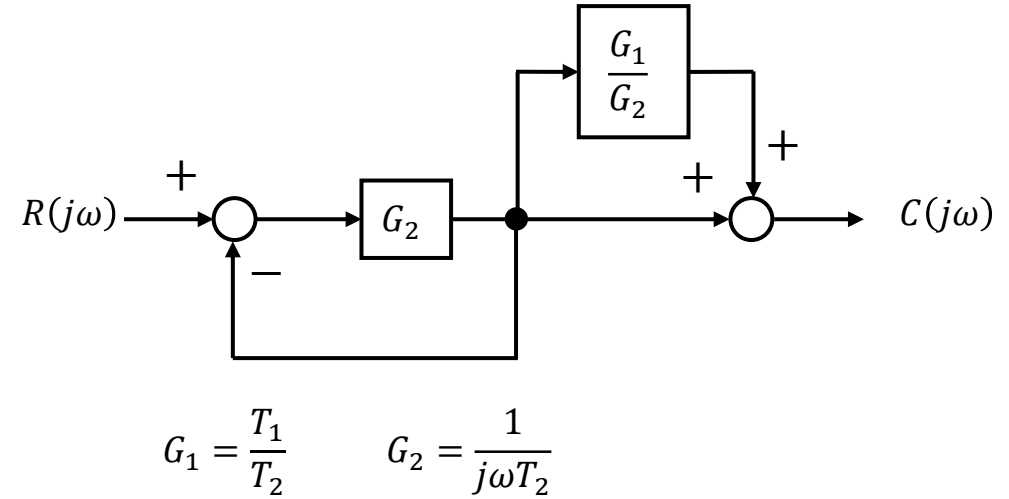
- (1) $\frac{T_1 + j\omega}{T_2 + j\omega}$ (2) $\frac{T_2 + j\omega}{T_1 + j\omega}$ (3) $\frac{j\omega T_1}{1 + j\omega T_2}$
- (4) $\frac{1 + j\omega T_1}{1 + j\omega T_2}$ (5) $\frac{1 + j\omega \frac{T_1}{T_2}}{1 + j\omega T_2}$

導出のポイント

問 13 図のようなブロック線図で示す制御系がある。出力信号 $C(j\omega)$ の入力信号 $R(j\omega)$ に対する比、すなわち $\frac{C(j\omega)}{R(j\omega)}$ を示す式として、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



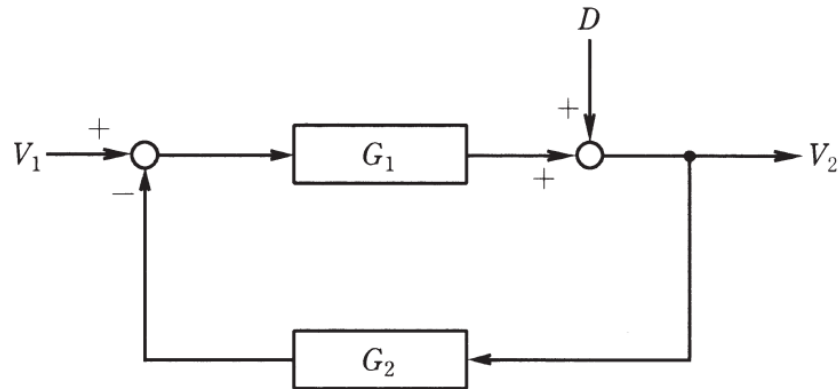
- (1) $\frac{T_1 + j\omega}{T_2 + j\omega}$ (2) $\frac{T_2 + j\omega}{T_1 + j\omega}$ (3) $\frac{j\omega T_1}{1 + j\omega T_2}$
- (4) $\frac{1 + j\omega T_1}{1 + j\omega T_2}$ (5) $\frac{1 + j\omega \frac{T_1}{T_2}}{1 + j\omega T_2}$



$$\begin{aligned} \frac{C(j\omega)}{R(j\omega)} &= \frac{G_2}{1 + G_2} \cdot \left(1 + \frac{G_1}{G_2}\right) = \frac{G_2 + G_1}{1 + G_2} \\ &= \frac{\frac{1}{j\omega T_2} + \frac{T_1}{T_2}}{1 + \frac{1}{j\omega T_2}} = \frac{1 + j\omega T_1}{1 + j\omega T_2} \end{aligned}$$

H25 問13

問13 図は、フィードバック制御におけるブロック線図を示している。この線図において、出力 V_2 を、入力 V_1 及び外乱 D を使って表現した場合、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



$$(1) V_2 = \frac{1}{1+G_1G_2}V_1 + \frac{G_2}{1+G_1G_2}D$$

$$(2) V_2 = \frac{G_2}{1+G_1G_2}V_1 + \frac{1}{1+G_1G_2}D$$

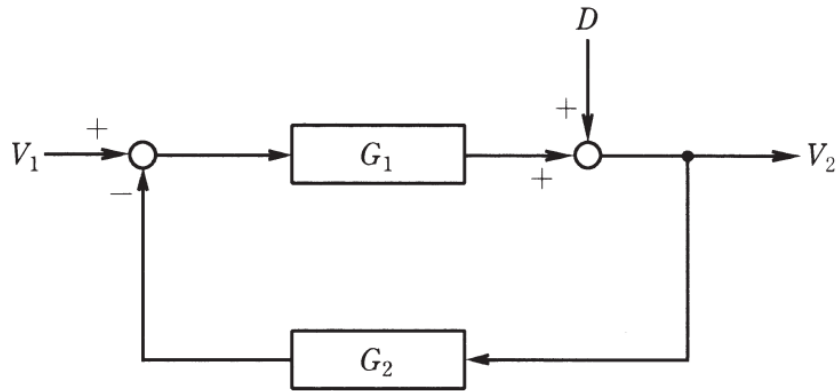
$$(3) V_2 = \frac{G_2}{1+G_1G_2}V_1 - \frac{1}{1+G_1G_2}D$$

$$(4) V_2 = \frac{G_1}{1+G_1G_2}V_1 - \frac{1}{1+G_1G_2}D$$

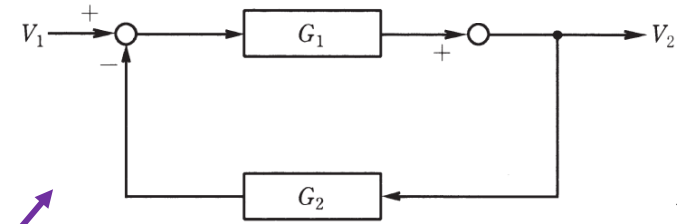
$$(5) V_2 = \frac{G_1}{1+G_1G_2}V_1 + \frac{1}{1+G_1G_2}D$$

導出のポイント

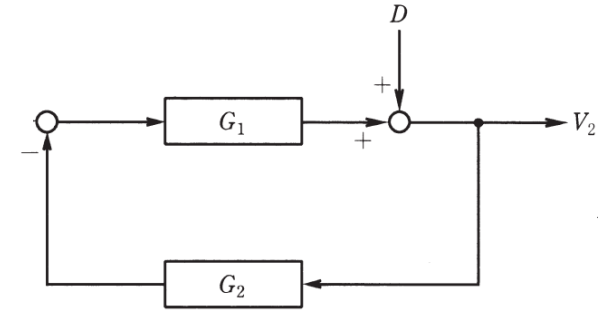
問13 図は、フィードバック制御におけるブロック線図を示している。この線図において、出力 V_2 を、入力 V_1 及び外乱 D を使って表現した場合、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



V_1 と D を分けて考える



$$V_2' = \frac{G_1}{1 + G_1 G_2} V_1$$

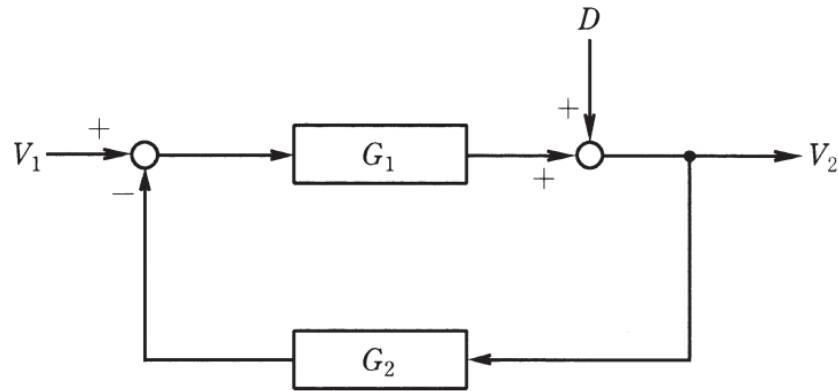


$$\begin{aligned} V_2'' &= D - G_1 G_2 V_2'' \\ (1 + G_1 G_2) V_2'' &= D \\ V_2'' &= \frac{1}{1 + G_1 G_2} D \end{aligned}$$

$$V_2 = V_2' + V_2'' = \frac{G_1}{1 + G_1 G_2} V_1 + \frac{1}{1 + G_1 G_2} D$$

H25 問13

問13 図は、フィードバック制御におけるブロック線図を示している。この線図において、出力 V_2 を、入力 V_1 及び外乱 D を使って表現した場合、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



$$(1) V_2 = \frac{1}{1+G_1G_2}V_1 + \frac{G_2}{1+G_1G_2}D$$

$$(2) V_2 = \frac{G_2}{1+G_1G_2}V_1 + \frac{1}{1+G_1G_2}D$$

$$(3) V_2 = \frac{G_2}{1+G_1G_2}V_1 - \frac{1}{1+G_1G_2}D$$

$$(4) V_2 = \frac{G_1}{1+G_1G_2}V_1 - \frac{1}{1+G_1G_2}D$$

$$(5) V_2 = \frac{G_1}{1+G_1G_2}V_1 + \frac{1}{1+G_1G_2}D$$

ご聴講ありがとうございました!!