講義中の注意

〇講義中は、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。

〇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。

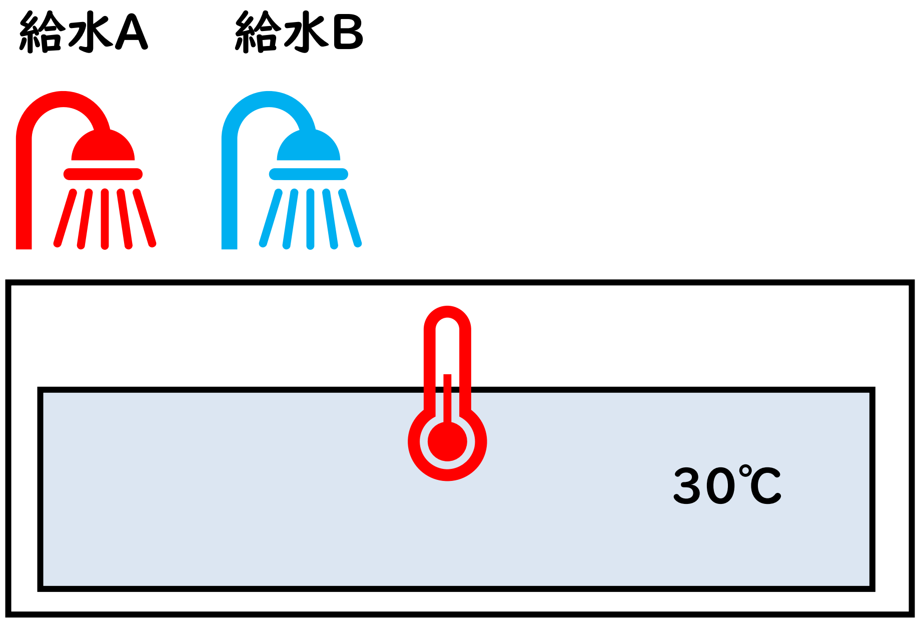
〇質疑応答の時間は、参加者のマイクをオンにして質問を受け付けることもあります。希望される方は「チャット欄」で申し出てください。

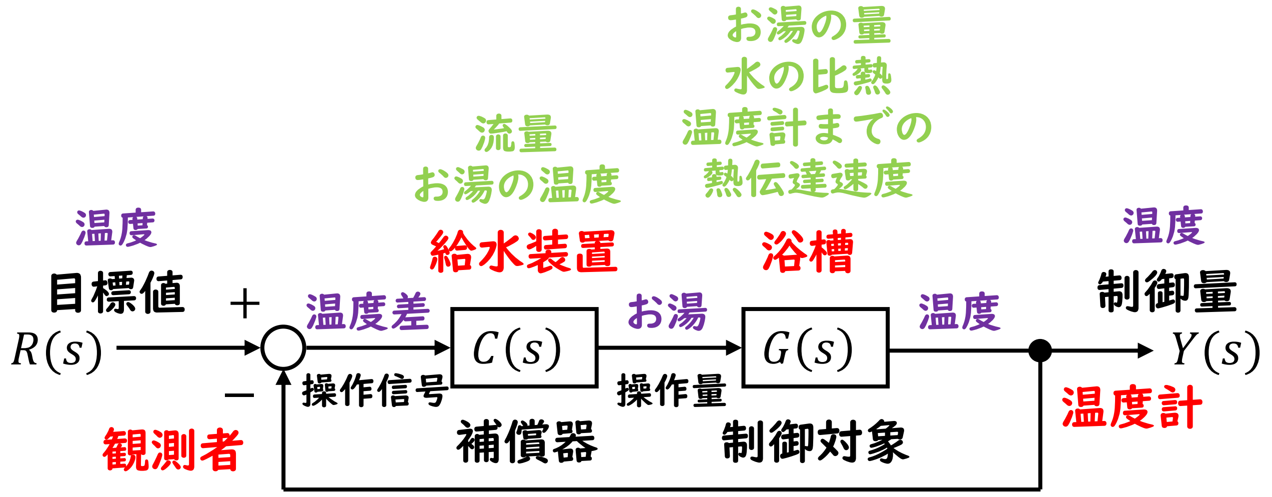
電験三種　オンライン講座

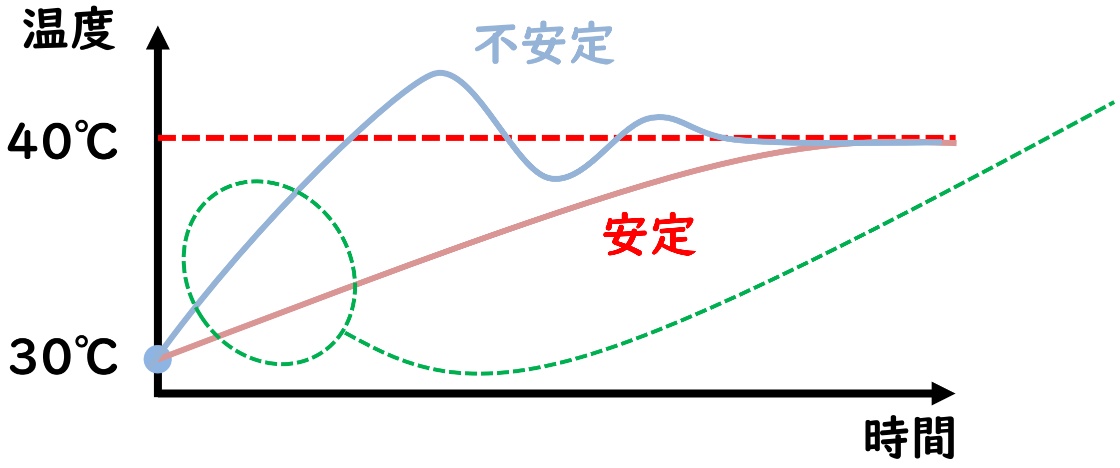
機械　第4回
自動制御
~ブロック線図とボード線図（応用）~

2022.04.03 Sun

制御とブロック線図





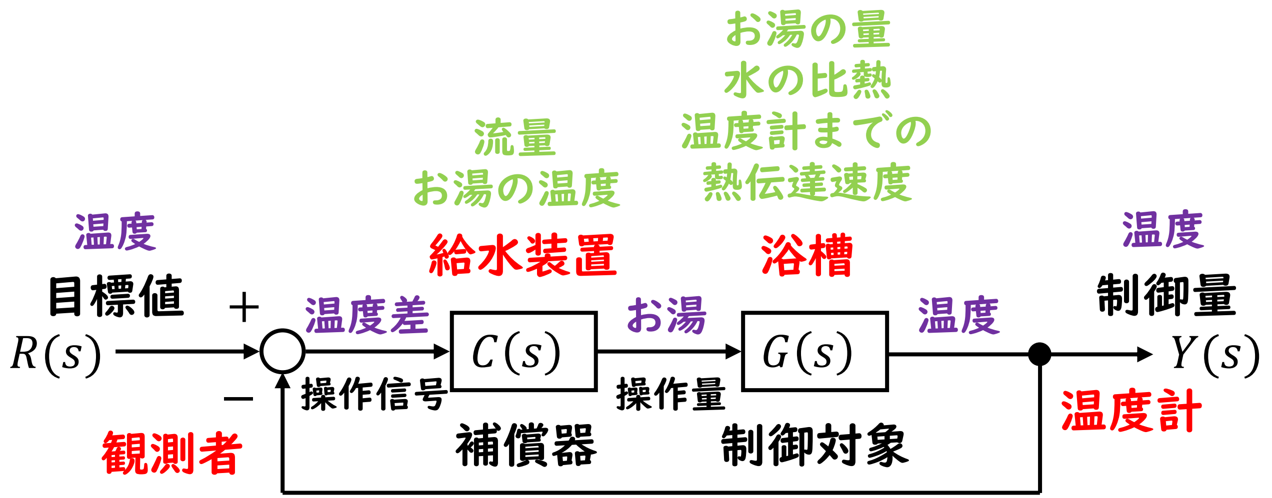


安定と不安定の境界は何で決まるか？

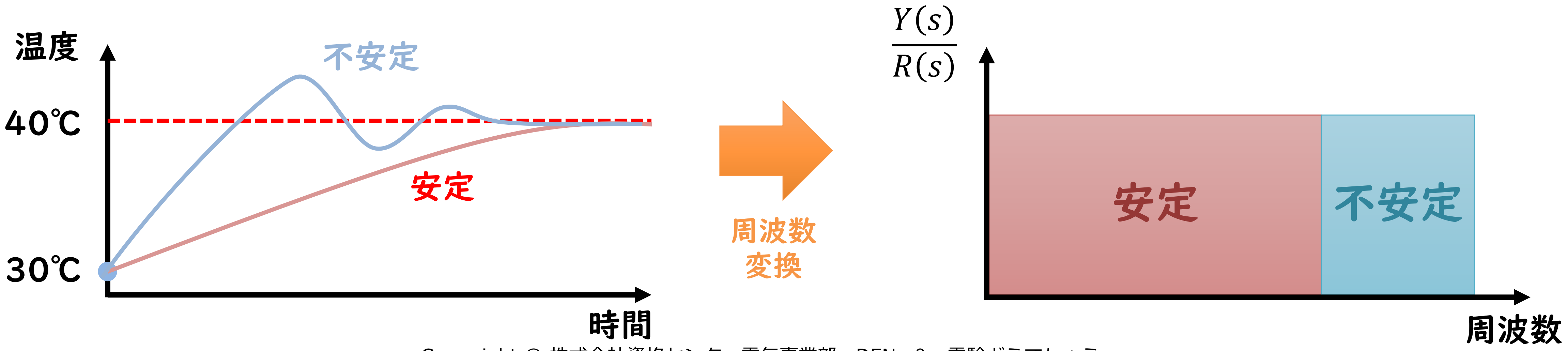
制御対象の状態変化の「速さ」で決まる
→速くしすぎると不安定になる

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でその制御対象が
どこまで安定かが分かる⇒周波数（ラプラス）変換

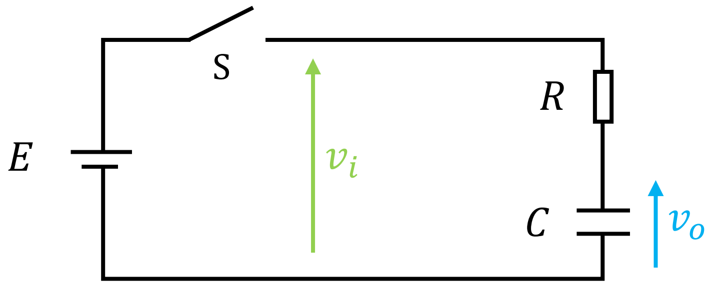
制御対象の安定性と周波数変換

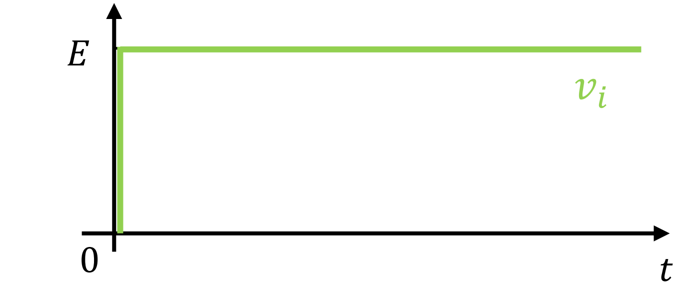


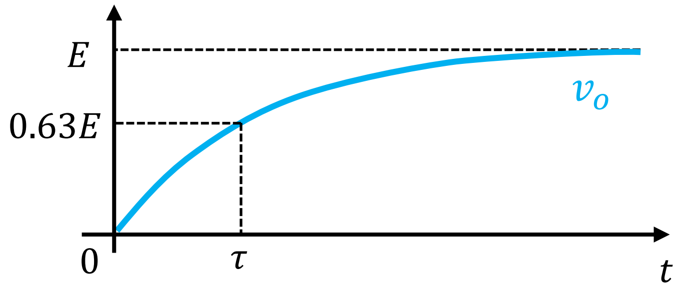
$$\frac{Y(s)}{R(s)} = \frac{C(s)G(s)}{1 + C(s)G(s)}$$



1次遅れ要素とボード線図







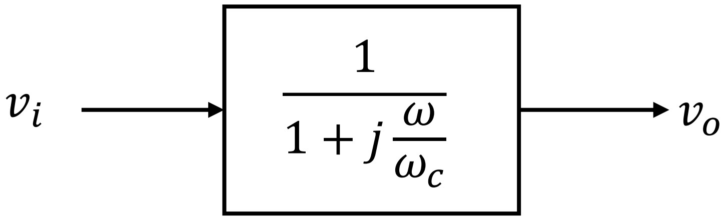
入力と出力の関係を周波数（角周波数）で表す
→交流回路のように式を立てればいい

$$v_0 = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} v_i = \frac{1}{1 + j\omega CR} v_i = \frac{1}{1 + j\omega\tau} v_i \qquad \because \tau = RC$$

$$\rightarrow \frac{v_o}{v_i} = \frac{1}{1 + j\omega\tau} = \frac{1}{1 + j\frac{\omega}{\omega_c}} \qquad \because \tau = \frac{1}{\omega_c}$$

τ **：時定数**
ω_c **：折点周波数**
（カットオフ周波数）

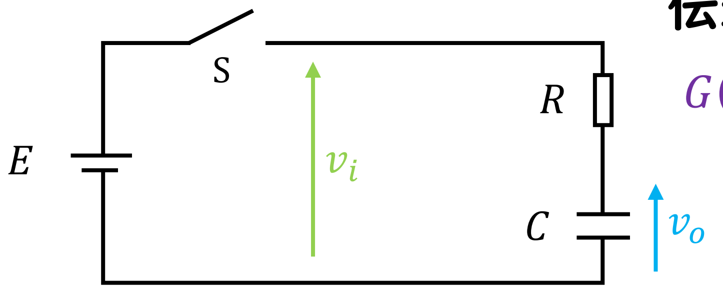
ブロック線図で表すと、



$$G(j\omega) = \frac{K}{1 + j\frac{1}{\omega_c}\omega}$$

この形の伝達関数を
「一次遅れ要素」という

1次遅れ要素とボード線図



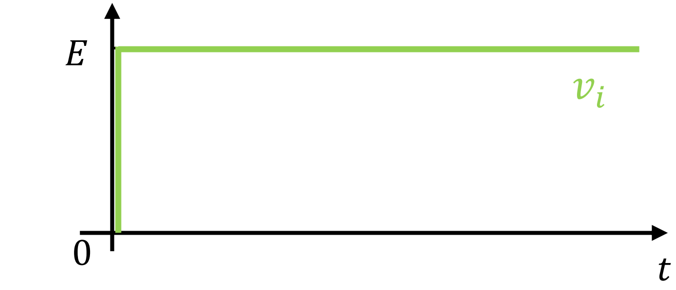
伝達関数の特性を周波数の世界で表す→ボード線図

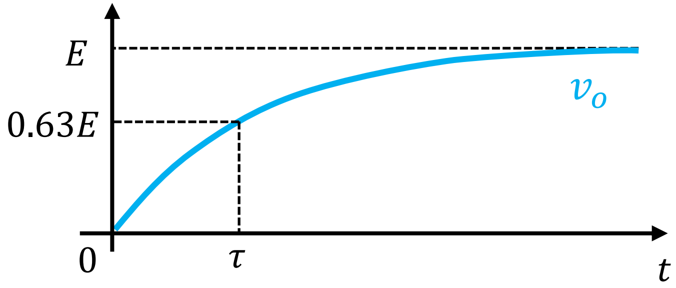
$G(j\omega)$ → 大きさ（デジベル[dB]）と位相のグラフを作る

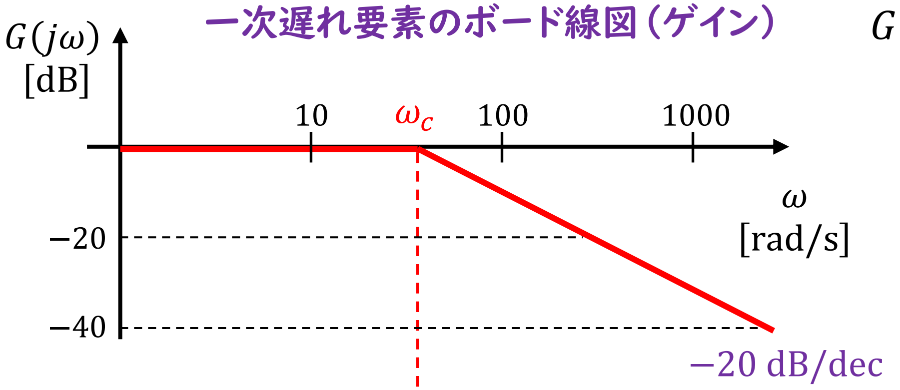
$$G(j\omega) = \frac{K}{1 + j\frac{1}{\omega_c}\omega}$$

$$G(j\omega) = \frac{1}{1 + j\frac{\omega}{30}}$$

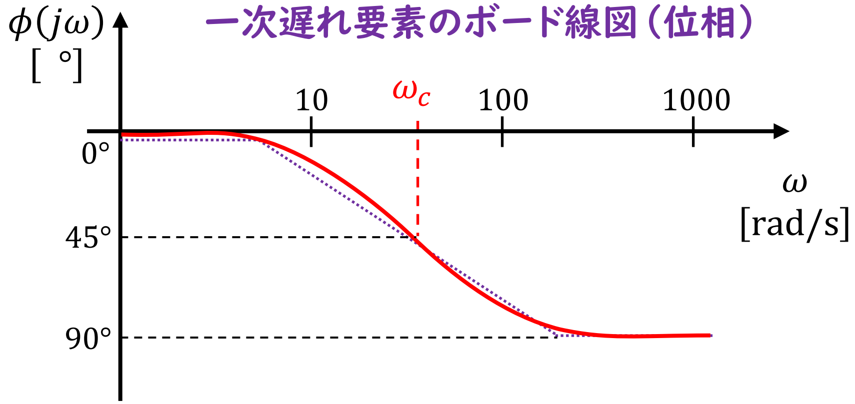
$K = 1$
$\omega_c = 30$ rad/s







$$G(j\omega)_{\mathrm{dB}} = 20\log_{10}|G(j\omega)|$$



$$\phi(j\omega) = \mathrm{Tan}^{-1}\left[\frac{\mathrm{Im}(G(j\omega))}{\mathrm{Re}(G(j\omega))}\right]$$

対数の計算のルール

$X = a^b \quad \rightarrow b = \log_a X$

$4 = 2^2 \quad \rightarrow \log_2 4 = 2$
$2 = 2^1 \quad \rightarrow \log_2 2 = 1$
$1 = 2^0 \quad \rightarrow \log_2 1 = 0$
$0.5 = 2^{-1} \quad \rightarrow \log_2 0.5 = -1$
$0.25 = 2^{-2} \quad \rightarrow \log_2 0.25 = -2$

$X \rightarrow X[\mathrm{dB}] = 20\log_{10} X$

$100 \quad \rightarrow 20\log_{10} 100 = 20 \times 2 = 40\ \mathrm{dB}$
$10 \quad \rightarrow 20\log_{10} 10 = 20 \times 1 = 20\ \mathrm{dB}$
$1 \quad \rightarrow 20\log_{10} 1 = 20 \times 0 = 0\ \mathrm{dB}$
$0.1 \quad \rightarrow 20\log_{10} 0.1 = 20 \times (-1) = -20\ \mathrm{dB}$
$0.01 \quad \rightarrow 20\log_{10} 0.01 = 20 \times (-2) = -40\ \mathrm{dB}$

公式一覧

$\log_a 1 = 0$

$\log_a a = 1$

$\log_a b^m = m\log_a b$

$\log_a \frac{1}{b} = \log_a b^{-1} = -\log_a b$

$\log_a \frac{b^m}{b^n} = \log_a b^{m-n} = (m-n)\log_a b$

$\log_a BC = \log_a B + \log_a C$

$\log_a \frac{B}{C} = \log_a B - \log_a C$

練習問題

次の値を求めよ。

（１） $\log_3 27$

Ans.

（２） $\log_4 1$

Ans.

（３） $\log_2 \frac{1}{16}$

Ans.

（４） $\log_{0.1} 10$

Ans.

（５） $\log_2 \frac{3}{4} - \log_2 \frac{3}{2}$

Ans.

（６） $\frac{1}{2}\log_4 5 - \log_4 \frac{\sqrt{5}}{2}$

Ans.

（７） $\log_2(3+\sqrt{5}) + \log_2(3-\sqrt{5})$

Ans.

（８） $3\log_5 15 - \log_5 135$

Ans.

練習問題

次の値を求めよ。

（１） $\log_3 27$

$\log_3 27 = \log_3 3^3$
$= 3 \times \log_3 3 = 3$

Ans.　3

（２） $\log_4 1$

$\log_4 1 = \log_4 4^0$
$= 0 \times \log_3 4 = 0$

Ans.　0

（３） $\log_2 \dfrac{1}{16}$

$\log_2 \dfrac{1}{16} = \log_2 2^{-4} = -4$

Ans.　-4

（４） $\log_{0.1} 10$

$\log_{0.1} 10 = \log_{0.1} \left(\dfrac{1}{10}\right)^{-1}$
$= \log_{0.1} 0.1^{-1} = -1$

Ans.　-1

（５） $\log_2 \dfrac{3}{4} - \log_2 \dfrac{3}{2}$

Ans.

（６） $\dfrac{1}{2}\log_4 5 - \log_4 \dfrac{\sqrt{5}}{2}$

Ans.

（７） $\log_2(3+\sqrt{5}) + \log_2(3-\sqrt{5})$

Ans.

（８） $3\log_5 15 - \log_5 135$

Ans.

練習問題

次の値を求めよ。

（1） $\log_3 27$

$$\log_3 27 = \log_3 3^3$$
$$= 3 \times \log_3 3 = 3$$

Ans.　3

（2） $\log_4 1$

$$\log_4 1 = \log_4 4^0$$
$$= 0 \times \log_3 4 = 0$$

Ans.　0

（3） $\log_2 \dfrac{1}{16}$

$$\log_2 \frac{1}{16} = \log_2 2^{-4} = -4$$

Ans.　-4

（4） $\log_{0.1} 10$

$$\log_{0.1} 10 = \log_{0.1} \left(\frac{1}{10}\right)^{-1}$$
$$= \log_{0.1} 0.1^{-1} = -1$$

Ans.　-1

（5） $\log_2 \dfrac{3}{4} - \log_2 \dfrac{3}{2}$

$$= \log_2 \left(\frac{3}{4} \div \frac{3}{2}\right)$$
$$= \log_2 \frac{1}{2} = \log_2 2^{-1}$$
$$= -1$$

Ans.　-1

（6） $\dfrac{1}{2}\log_4 5 - \log_4 \dfrac{\sqrt{5}}{2}$

$$= \frac{1}{2}\log_4 5 - \log_4 \sqrt{\frac{5}{4}}$$
$$= \frac{1}{2}\log_4 5 - \frac{1}{2}\log_4 \frac{5}{4}$$
$$= \frac{1}{2}\log_4 \left(5 \div \frac{5}{4}\right)$$
$$= \frac{1}{2}\log_4 4 = \frac{1}{2}$$

Ans.　$\dfrac{1}{2}$

（7） $\log_2(3+\sqrt{5}) + \log_2(3-\sqrt{5})$

$$= \log_2(3+\sqrt{5})(3-\sqrt{5})$$
$$= \log_2(9-5) = \log_2 4$$
$$= \log_2 2^2 = 2$$

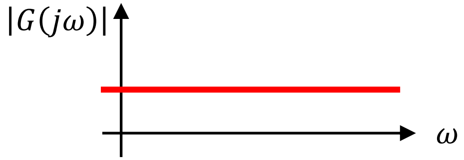
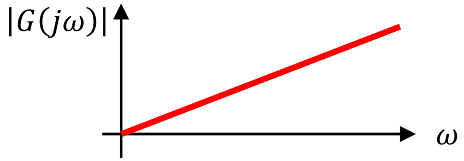
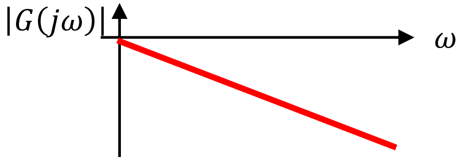
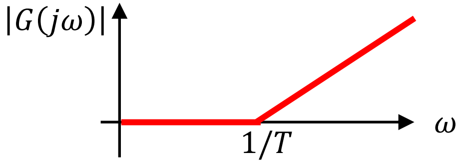
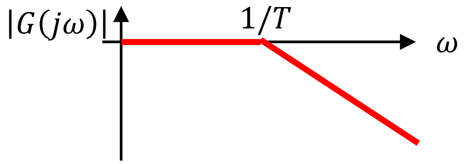
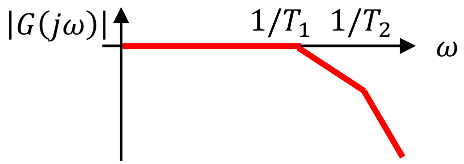
Ans.　2

（8） $3\log_5 15 - \log_5 135$

$$= \log_5 15^3 - \log_5 135$$
$$= \log_5 \frac{15^3}{135} = \log_5 \frac{5^3 \times 3^3}{27 \times 5}$$
$$= \log_5 5^2 = 2$$

Ans.　2

伝達関数とボード線図の対応（参考）

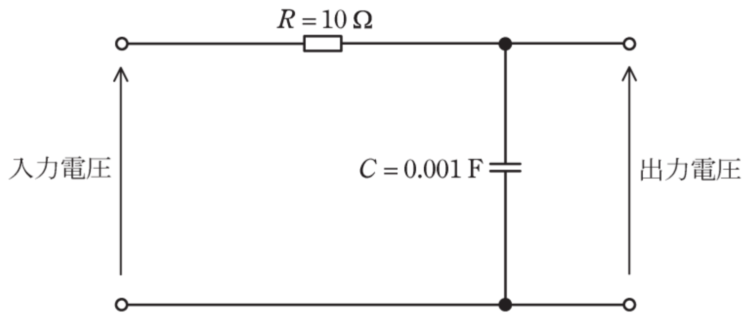
制御要素	伝達関数	絶対値（対数）	位相	ボード線図
比例要素	K	$20\log_{10}K$	0	
微分要素	$j\omega$	$20\log_{10}\omega$	$\dfrac{\pi}{2}$	
積分要素	$\dfrac{1}{j\omega}$	$-20\log_{10}\omega$	$-\dfrac{\pi}{2}$	
I次進み要素	$1+j\omega T$	$20\log_{10}\sqrt{1+\omega^2T^2}$	$\theta=\mathrm{Tan}^{-1}\omega T$	
I次遅れ要素	$\dfrac{1}{1+j\omega T}$	$-20\log_{10}\sqrt{1+\omega^2T^2}$	$\theta=-\mathrm{Tan}^{-1}\omega T$	
2次遅れ要素	$\dfrac{1}{(1+j\omega T_1)(1+j\omega T_2)}$	$-20\log_{10}\sqrt{1+\omega^2{T_1}^2}$ $-20\log_{10}\sqrt{1+\omega^2{T_2}^2}$	$\theta_1=-\mathrm{Tan}^{-1}\omega T_1$ $\theta_2=-\mathrm{Tan}^{-1}\omega T_2$ $\theta_1+\theta_2$	

R03 問13

問 13　次の文章は，図に示す抵抗 R，並びにキャパシタ C で構成された一次遅れ要素に関する記述である。

図の回路において，入力電圧に対する出力電圧を，一次遅れ要素の周波数伝達関数として表したとき，折れ点角周波数 ω_c は [(ア)] rad/s である。ゲイン特性は，ω_c よりも十分低い角周波数ではほぼ一定の [(イ)] dB であり，ω_c よりも十分高い角周波数では，角周波数が 10 倍になるごとに [(ウ)] dB 減少する直線となる。また，位相特性は，ω_c よりも十分高い角周波数でほぼ一定の [(エ)] °の遅れとなる。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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。



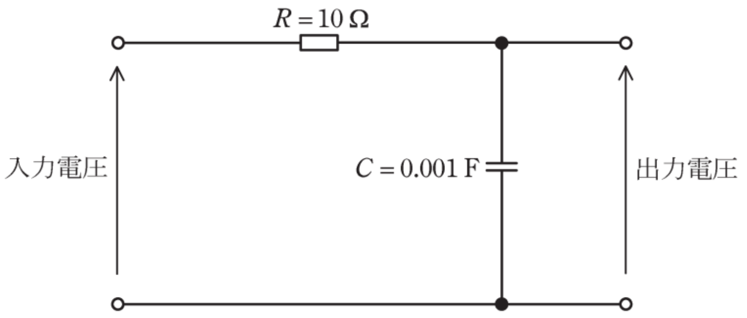
	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	100	20	10	45
(2)	100	0	20	90
(3)	100	0	20	45
(4)	0.01	0	10	90
(5)	0.01	20	20	45

導出のポイント

問 13　次の文章は，図に示す抵抗 R，並びにキャパシタ C で構成された一次遅れ要素に関する記述である。

図の回路において，入力電圧に対する出力電圧を，一次遅れ要素の周波数伝達関数として表したとき，折れ点角周波数 ω_c は $\boxed{(ア)}$ rad/s である。ゲイン特性は，ω_c よりも十分低い角周波数ではほぼ一定の $\boxed{(イ)}$ dB であり，ω_c よりも十分高い角周波数では，角周波数が 10 倍になるごとに $\boxed{(ウ)}$ dB 減少する直線となる。また，位相特性は，ω_c よりも十分高い角周波数でほぼ一定の $\boxed{(エ)}$ °の遅れとなる。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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。

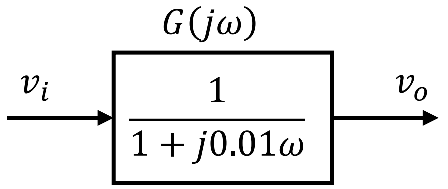


入力電圧と出力電圧の関係を式で表す

$$v_0 = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} v_i = \frac{1}{1 + j\omega CR} v_i = \frac{1}{1 + j0.001 \times 10\omega} v_i$$

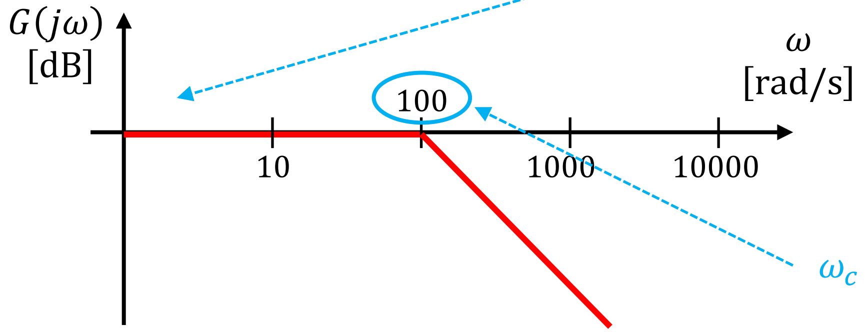
$$v_0 = \frac{1}{1 + j0.01\omega} v_i$$

ブロック線図で表すと



一次遅れ要素

$$G(j\omega) = \frac{1}{1 + j0.01\omega} = \frac{K}{1 + j\frac{1}{\omega_c}\omega}$$



K：高さを決める

K
1 → 0[dB]
10 → 20[dB]
100 → 40[dB]

ω_c：折点周波数
→折点を決める

一次遅れ要素のボード線図（ゲイン）

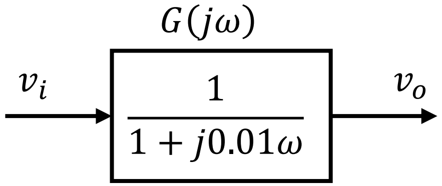
導出のポイント

e-DEN【イーデン】 × 電験どうでしょう

問 13　次の文章は，図に示す抵抗 R，並びにキャパシタ C で構成された一次遅れ要素に関する記述である。

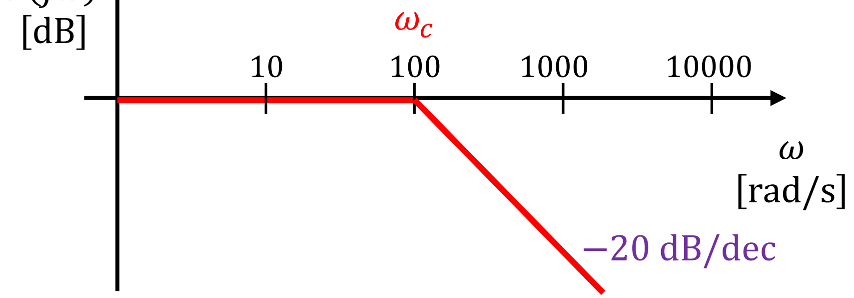
図の回路において，入力電圧に対する出力電圧を，一次遅れ要素の周波数伝達関数として表したとき，折れ点角周波数 ω_c は $\boxed{(ア)}$ rad/s である。ゲイン特性は，ω_c よりも十分低い角周波数ではほぼ一定の $\boxed{(イ)}$ dB であり，ω_c よりも十分高い角周波数では，角周波数が 10 倍になるごとに $\boxed{(ウ)}$ dB 減少する直線となる。また，位相特性は，ω_c よりも十分高い角周波数でほぼ一定の $\boxed{(エ)}$ °の遅れとなる。

上記の記述中の空白箇所(ア)～(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。



$$G(j\omega)=\frac{1}{1+j0.01\omega}=\frac{K}{1+j\frac{1}{\omega_c}\omega}$$

一次遅れ要素のボード線図（ゲイン）



$$G(j\omega)_{\omega=100}=20\log_{10}\frac{1}{\sqrt{1^2+(0.01\times 100)^2}}=20\log_{10}\frac{1}{\sqrt{2}}=20\log_{10}2^{-1/2}$$

$$=20\times\left(-\frac{1}{2}\right)\times\log_{10}2=20\times\left(-\frac{1}{2}\right)\times 0.3=-3\mathrm{dB}$$

(ア)折れ点角周波数ω_cで-3dBとなる

$$G(j\omega)_{\omega=1}=20\log_{10}\frac{1}{\sqrt{1^2+(0.01\times 1)^2}}$$

$$\sim 20\log_{10}\frac{1}{1}=0\ \mathrm{dB}$$

(イ) ω_cよりも低い角周波数では0dBとなる

$$G(j\omega)_{\omega=1000}=20\log_{10}\frac{1}{\sqrt{1^2+(0.01\times 1000)^2}}$$

$$\sim 20\log_{10}\frac{1}{10}=-20\ \mathrm{dB}$$

$$G(j\omega)_{\omega=10000}=20\log_{10}\frac{1}{\sqrt{1^2+(0.01\times 10000)^2}}$$

$$\sim 20\log_{10}\frac{1}{100}=-40\ \mathrm{dB}$$

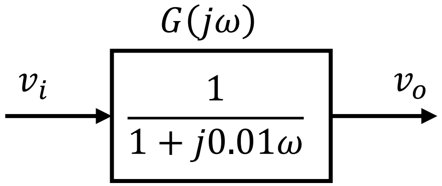
(ウ)ω_cより高い周波数では10倍で-20dBとなる

導出のポイント

問 13　次の文章は，図に示す抵抗 R，並びにキャパシタ C で構成された一次遅れ要素に関する記述である。

図の回路において，入力電圧に対する出力電圧を，一次遅れ要素の周波数伝達関数として表したとき，折れ点角周波数 ω_c は $\boxed{(ア)}$ rad/s である。ゲイン特性は，ω_c よりも十分低い角周波数ではほぼ一定の $\boxed{(イ)}$ dB であり，ω_c よりも十分高い角周波数では，角周波数が 10 倍になるごとに $\boxed{(ウ)}$ dB 減少する直線となる。また，位相特性は，ω_c よりも十分高い角周波数でほぼ一定の $\boxed{(エ)}$ °の遅れとなる。

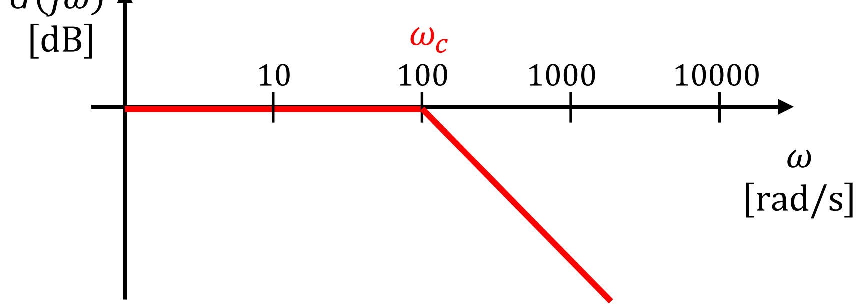
上記の記述中の空白箇所(ア)～(エ)に当てはまる組合せとして，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



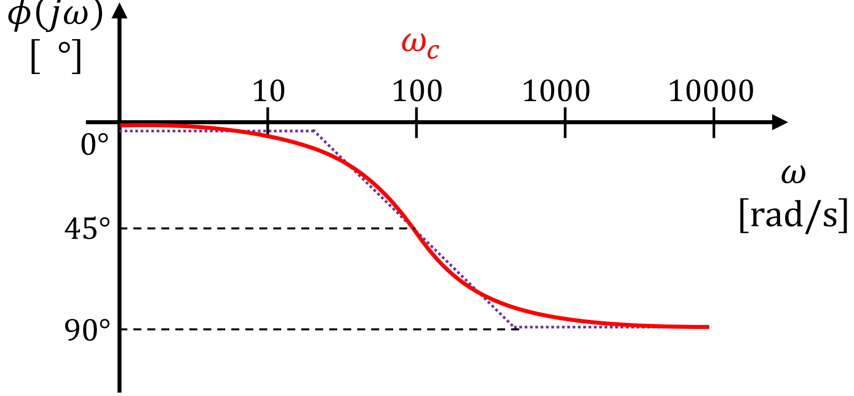
$$G(j\omega)=\frac{1}{1+j0.01\omega}=\frac{K}{1+j\dfrac{1}{\omega_c}\omega}$$

$$\phi(j\omega)=\mathrm{Tan}^{-1}\left(\frac{Im[G(j\omega)]}{Re[G(j\omega)]}\right)=-\mathrm{Tan}^{-1}\frac{\omega}{\omega_c}$$

一次遅れ要素のボード線図（ゲイン）



一次遅れ要素のボード線図（位相）



$$\phi(j\omega)_{\omega=0}=-\mathrm{Tan}^{-1}(0.01\times 0)=0°$$
$$\phi(j\omega)_{\omega=100}=-\mathrm{Tan}^{-1}(0.01\times 100)=-45°$$
$$\phi(j\omega)_{\omega=10000}=-\mathrm{Tan}^{-1}(0.01\times 10000)\sim -90°$$

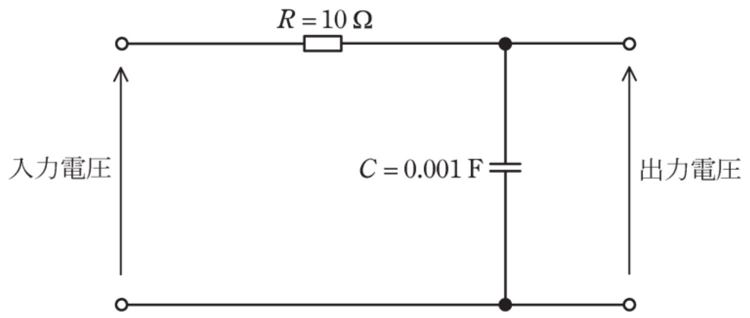
(エ) ω_cよりも高い角周波数では90°の遅れとなる

R03 問13

問 13　次の文章は，図に示す抵抗 R，並びにキャパシタ C で構成された一次遅れ要素に関する記述である。

図の回路において，入力電圧に対する出力電圧を，一次遅れ要素の周波数伝達関数として表したとき，折れ点角周波数 ω_c は （ア） rad/s である。ゲイン特性は，ω_c よりも十分低い角周波数ではほぼ一定の （イ） dB であり，ω_c よりも十分高い角周波数では，角周波数が 10 倍になるごとに （ウ） dB 減少する直線となる。また，位相特性は，ω_c よりも十分高い角周波数でほぼ一定の （エ） ° の遅れとなる。

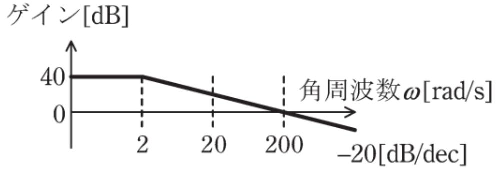
上記の記述中の空白箇所(ア)～(エ)に当てはまる組合せとして，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。



	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	100	20	10	45
(2)	100	0	20	90
(3)	100	0	20	45
(4)	0.01	0	10	90
(5)	0.01	20	20	45

R02 問17

問 17　図は，ある周波数伝達関数 $W(\mathrm{j}\omega)$ のボード線図の一部であり，折れ線近似でゲイン特性を示している。次の (a) 及び (b) の問に答えよ。

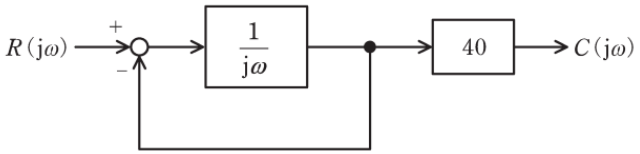


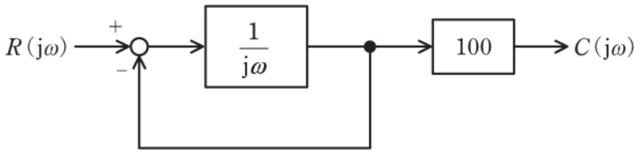
(a) 図のゲイン特性を示す周波数伝達関数として，最も適切なものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

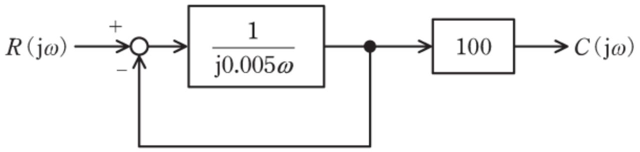
(1) $\dfrac{40}{1+\mathrm{j}\omega}$　(2) $\dfrac{40}{1+\mathrm{j}0.005\omega}$　(3) $\dfrac{100}{1+\mathrm{j}\omega}$

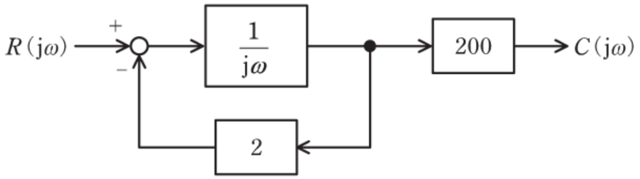
(4) $\dfrac{100}{1+\mathrm{j}0.005\omega}$　(5) $\dfrac{100}{1+\mathrm{j}0.5\omega}$

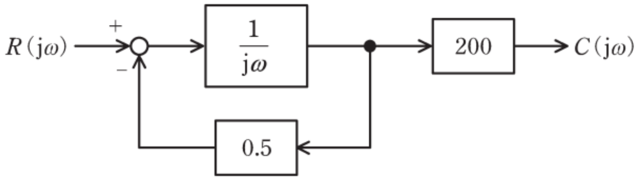
(b) 図のゲイン特性を示すブロック線図として，最も適切なものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。ただし，入力を $R(\mathrm{j}\omega)$，出力を $C(\mathrm{j}\omega)$ として，図のゲイン特性を示しているものとする。

(1)


(2)


(3)


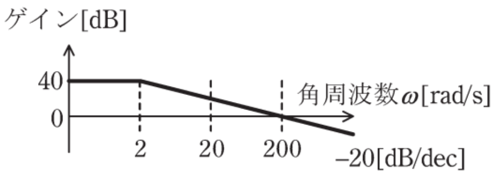
(4)


(5)


導出のポイント

ボード線図からゲインKと折れ点角周波数ω_cを読み取る

問 17　図は，ある周波数伝達関数 $W(\mathrm{j}\omega)$ のボード線図の一部であり，折れ線近似でゲイン特性を示している。次の (a) 及び (b) の問に答えよ。



(a) 図のゲイン特性を示す周波数伝達関数として，最も適切なものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

(1) $\dfrac{40}{1+\mathrm{j}\omega}$　(2) $\dfrac{40}{1+\mathrm{j}0.005\omega}$　(3) $\dfrac{100}{1+\mathrm{j}\omega}$

(4) $\dfrac{100}{1+\mathrm{j}0.005\omega}$　(5) $\dfrac{100}{1+\mathrm{j}0.5\omega}$

(b) 図のゲイン特性を示すブロック線図として，最も適切なものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。ただし，入力を $R(\mathrm{j}\omega)$，出力を $C(\mathrm{j}\omega)$ として，図のゲイン特性を示しているものとする。

$$G(j\omega)=\frac{K}{1+j\dfrac{1}{\omega_c}\omega}$$

$$G(j\omega)_{\omega=0}=40\ \mathrm{dB}\ \rightarrow K=100$$

$$\omega_c=2\ \rightarrow \frac{1}{\omega_c}=\frac{1}{2}=0.5$$

$$G(j\omega)=\frac{100}{1+j0.5\omega}$$

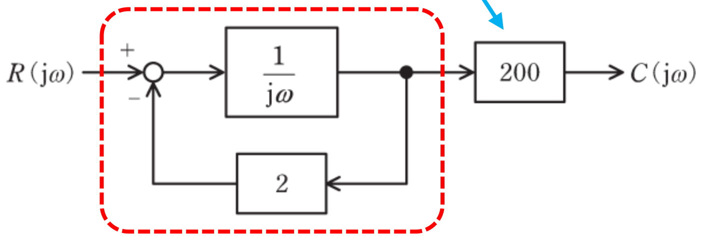
$$G(j\omega)=\frac{100}{1+j0.5\omega}=\frac{1}{1+j0.5\omega}\times 100=\frac{1}{1+j0.5\omega}\times\frac{1/j\omega}{1/j\omega}\times 100$$

$$=\frac{1/j\omega}{1/j\omega+0.5}\times 100=\frac{1/j\omega}{(2/j\omega+1)0.5}\times 100$$

$$=\frac{1/j\omega}{1+2\times 1/j\omega}\times\frac{100}{0.5}$$

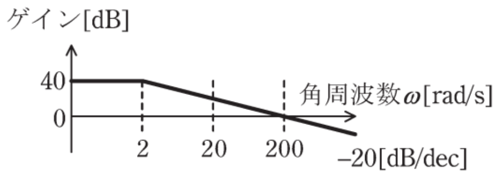
$$=\frac{1/j\omega}{1+2\times 1/j\omega}\times 200$$

(4)



R02 問17

問 17　図は，ある周波数伝達関数 $W(\mathrm{j}\omega)$ のボード線図の一部であり，折れ線近似でゲイン特性を示している。次の (a) 及び (b) の問に答えよ。

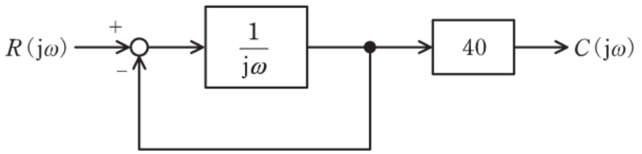


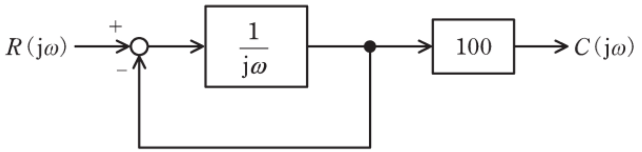
(a) 図のゲイン特性を示す周波数伝達関数として，最も適切なものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

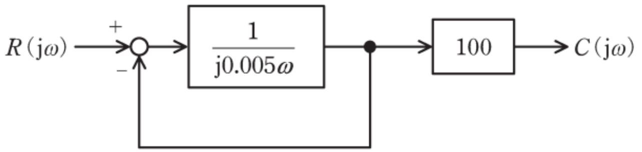
(1) $\dfrac{40}{1+\mathrm{j}\omega}$　(2) $\dfrac{40}{1+\mathrm{j}0.005\omega}$　(3) $\dfrac{100}{1+\mathrm{j}\omega}$

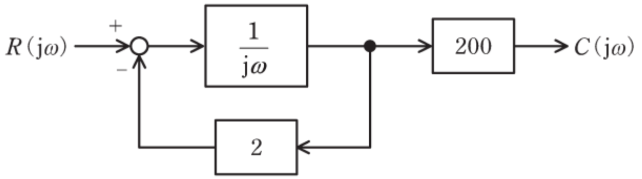
(4) $\dfrac{100}{1+\mathrm{j}0.005\omega}$　(5) $\dfrac{100}{1+\mathrm{j}0.5\omega}$

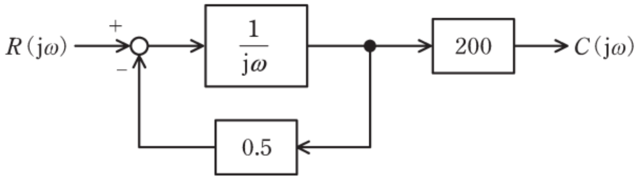
(b) 図のゲイン特性を示すブロック線図として，最も適切なものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。ただし，入力を $R(\mathrm{j}\omega)$，出力を $C(\mathrm{j}\omega)$ として，図のゲイン特性を示しているものとする。

(1)


(2)


(3)


(4)


(5)


R01　問13

問 13　図 1 に示す R-L 回路において，端子 a- a′ 間に 5 V の階段状のステップ電圧 $v_1(t)$[V]を加えたとき，抵抗 R_2[Ω]に発生する電圧を $v_2(t)$[V]とすると，$v_2(t)$は図 2 のようになった。この回路の R_1[Ω]，R_2[Ω]及び L[H]の値と，入力を $v_1(t)$，出力を $v_2(t)$としたときの周波数伝達関数 $G(\mathrm{j}\omega)$の式として，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

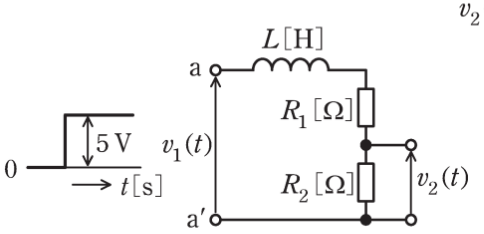


図 1

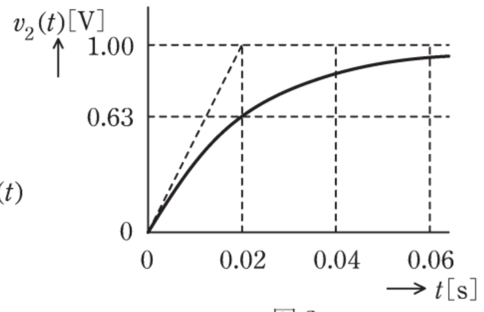


図 2

	R_1	R_2	L	$G(\mathrm{j}\omega)$
(1)	80	20	0.2	$\dfrac{0.5}{1+\mathrm{j}0.2\omega}$
(2)	40	10	1.0	$\dfrac{0.5}{1+\mathrm{j}0.02\omega}$
(3)	8	2	0.1	$\dfrac{0.2}{1+\mathrm{j}0.2\omega}$
(4)	4	1	0.1	$\dfrac{0.2}{1+\mathrm{j}0.02\omega}$
(5)	0.8	0.2	1.0	$\dfrac{0.2}{1+\mathrm{j}0.2\omega}$

導出のポイント

問 13　図 1 に示す R-L 回路において，端子 a−a′ 間に 5 V の階段状のステップ電圧 $v_1(t)$[V] を加えたとき，抵抗 R_2[Ω] に発生する電圧を $v_2(t)$[V] とすると，$v_2(t)$ は図 2 のようになった。この回路の R_1[Ω]，R_2[Ω] 及び L[H] の値と，入力を $v_1(t)$，出力を $v_2(t)$ としたときの周波数伝達関数 $G(\mathrm{j}\omega)$ の式として，正しいものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

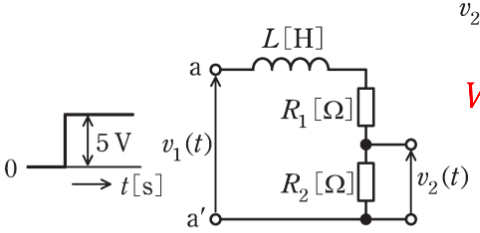


図 1

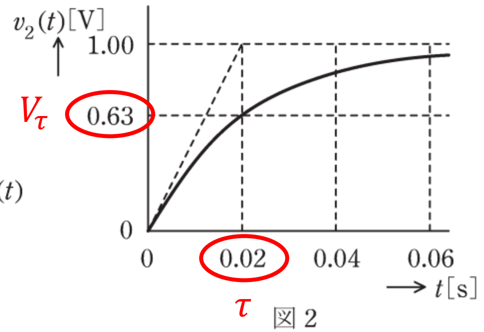


図 2

	R_1	R_2	L	$G(\mathrm{j}\omega)$
(1)	80	20	0.2	$\dfrac{0.5}{1+\mathrm{j}0.2\omega}$
(2)	40	10	1.0	$\dfrac{0.5}{1+\mathrm{j}0.02\omega}$
(3)	8	2	0.1	$\dfrac{0.2}{1+\mathrm{j}0.2\omega}$
(4)	4	1	0.1	$\dfrac{0.2}{1+\mathrm{j}0.02\omega}$
(5)	0.8	0.2	1.0	$\dfrac{0.2}{1+\mathrm{j}0.2\omega}$

グラフから時定数τを読み取る
→波形の最大値（最終値）V_{sat}の0.63倍になる時刻

$$V_{sat} = 1.00\ \mathrm{V} \ \rightarrow V_{\tau} = 0.63 \times V_{sat} = 0.63\ \mathrm{V}$$

$$\therefore \tau = 0.02\ \mathrm{s}$$

LR回路の時定数は　$\tau = \dfrac{L}{R} = \dfrac{L}{R_1 + R_2} = 0.02$

波形の最大値（最終値）V_{sat}は

$$V_{sat} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_1$$

$$\rightarrow \frac{R_2}{R_1 + R_2} = \frac{V_{sat}}{V_1} = \frac{1}{5} = 0.2$$

伝達関数$G(j\omega)$を求める

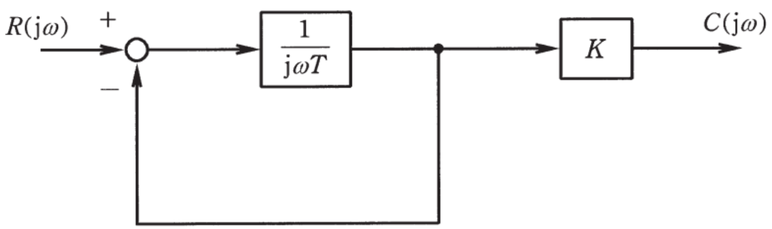
$$v_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + j\omega L} v_1 \ \rightarrow G(j\omega) = \frac{v_2}{v_1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + j\omega L}$$

$$G(j\omega) = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + j\omega L} = \frac{\dfrac{R_2}{R_1 + R_2}}{1 + j\dfrac{L}{R_1 + R_2}\omega} = \frac{0.2}{1 + j0.02\omega}$$

H27 問17

問17　図に示すように，フィードバック接続を含んだブロック線図がある。このブロック線図において，$T = 0.2$ s，$K = 10$ としたとき，次の(a)及び(b)の問に答えよ。

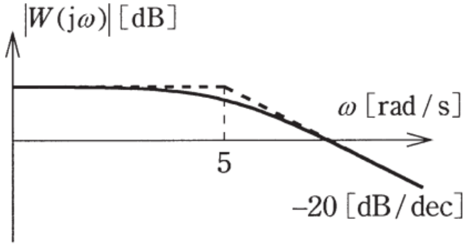
ただし，ω は角周波数［rad/s］を表す。

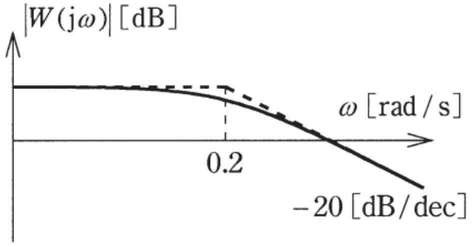


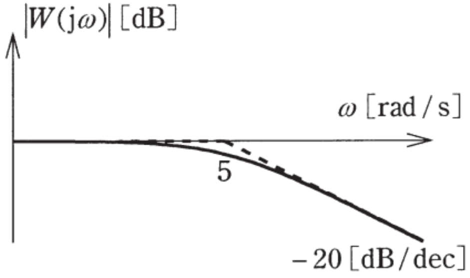
(a) 入力を $R(\mathrm{j}\omega)$，出力を $C(\mathrm{j}\omega)$ とする全体の周波数伝達関数 $W(\mathrm{j}\omega)$ として，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

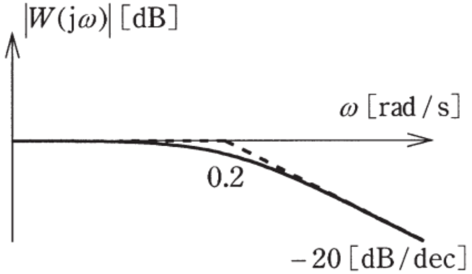
(1) $\dfrac{10}{1+\mathrm{j}0.2\omega}$　(2) $\dfrac{1}{1+\mathrm{j}0.2\omega}$　(3) $\dfrac{1}{1+\mathrm{j}5\omega}$　(4) $\dfrac{50\omega}{1+\mathrm{j}5\omega}$　(5) $\dfrac{\mathrm{j}2\omega}{1+\mathrm{j}0.2\omega}$

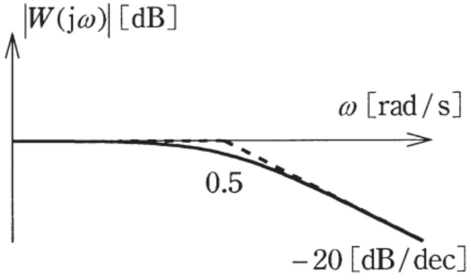
(b) 次のボード線図には，正確なゲイン特性を実線で，その折線近似ゲイン特性を破線で示し，横軸には特に折れ点角周波数の数値を示している。上記(a)の周波数伝達関数 $W(\mathrm{j}\omega)$ のボード線図のゲイン特性として，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし，横軸は角周波数 ω の対数軸であり，−20［dB/dec］とは，ω が 10 倍大きくなるに従って $|W(\mathrm{j}\omega)|$ が−20 dB 変化する傾きを表している。

(1)


(2)


(3)


(4)


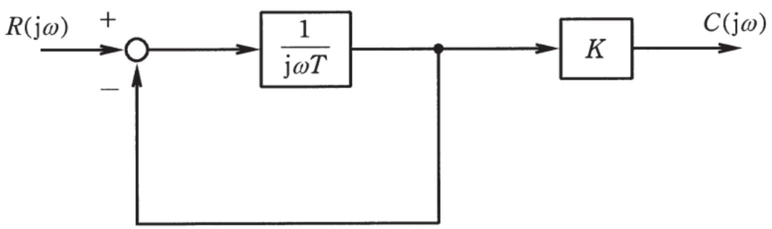
(5)


導出のポイント

e-DEN【イーデン】 × 電験どうでしょう

問17　図に示すように，フィードバック接続を含んだブロック線図がある。このブロック線図において，$T = 0.2$ s，$K = 10$ としたとき，次の(a)及び(b)の問に答えよ。

ただし，ω は角周波数［rad/s］を表す。



(a) 入力を $R(j\omega)$，出力を $C(j\omega)$ とする全体の周波数伝達関数 $W(j\omega)$ として，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

(1) $\dfrac{10}{1+j0.2\omega}$　(2) $\dfrac{1}{1+j0.2\omega}$　(3) $\dfrac{1}{1+j5\omega}$　(4) $\dfrac{50\omega}{1+j5\omega}$　(5) $\dfrac{j2\omega}{1+j0.2\omega}$

(b) 次のボード線図には，正確なゲイン特性を実線で，その折線近似ゲイン特性を破線で示し，横軸には特に折れ点角周波数の数値を示している。上記(a)の周波数伝達関数 $W(j\omega)$ のボード線図のゲイン特性として，正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし，横軸は角周波数 ω の対数軸であり，-20［dB/dec］とは，ω が10倍大きくなるに従って $|W(j\omega)|$ が-20 dB 変化する傾きを表している。

$$\frac{C(j\omega)}{R(j\omega)} = \frac{1/j\omega T}{1+1/j\omega T}\cdot K = \frac{K}{1+j\omega T} = \frac{10}{1+j0.2\omega}$$

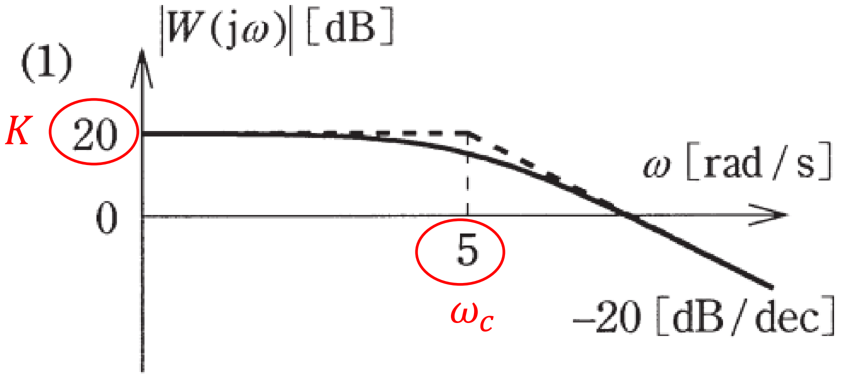
一次遅れ要素の伝達関数

$$G(j\omega) = \frac{K}{1+j\dfrac{\omega}{\omega_c}} = \frac{10}{1+j0.2\omega}$$

$K = 10 \rightarrow 20$ dB

$\dfrac{1}{\omega_c} = 0.2 \rightarrow \omega_c = \dfrac{1}{0.2} = 5$ rad/s

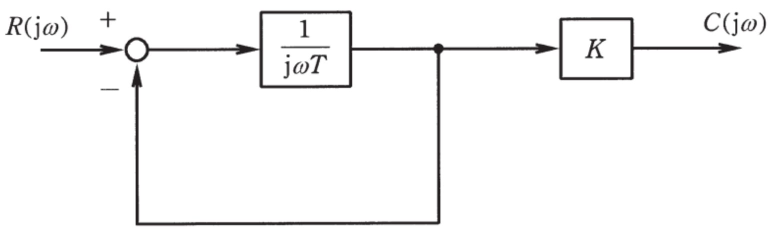
一次遅れ要素のボード線図（ゲイン）



H27 問17

問17　図に示すように，フィードバック接続を含んだブロック線図がある。このブロック線図において，$T = 0.2$ s，$K = 10$ としたとき，次の (a) 及び (b) の問に答えよ。

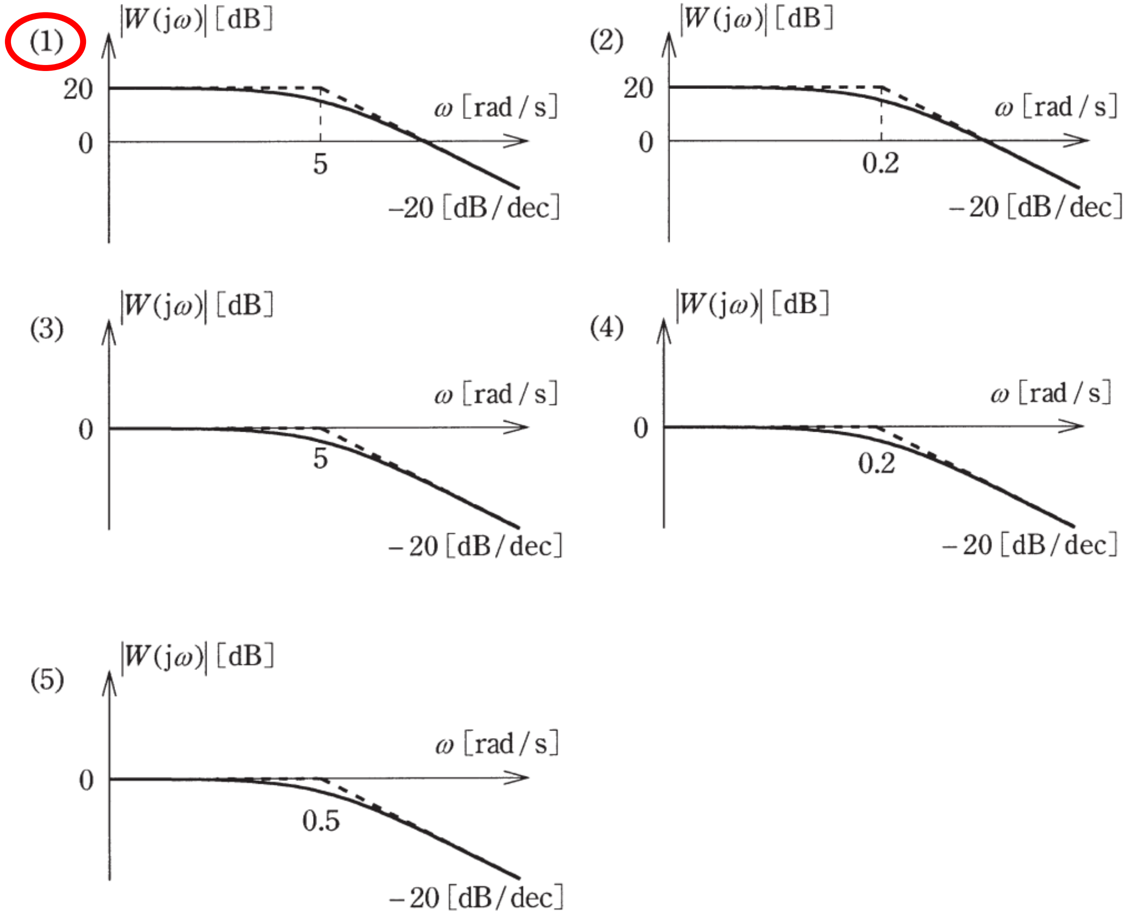
ただし，ω は角周波数［rad/s］を表す。



(a) 入力を $R(\mathrm{j}\omega)$，出力を $C(\mathrm{j}\omega)$ とする全体の周波数伝達関数 $W(\mathrm{j}\omega)$ として，正しいものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

(1) $\dfrac{10}{1+\mathrm{j}0.2\omega}$　(2) $\dfrac{1}{1+\mathrm{j}0.2\omega}$　(3) $\dfrac{1}{1+\mathrm{j}5\omega}$　(4) $\dfrac{50\omega}{1+\mathrm{j}5\omega}$　(5) $\dfrac{\mathrm{j}2\omega}{1+\mathrm{j}0.2\omega}$

(b) 次のボード線図には，正確なゲイン特性を実線で，その折線近似ゲイン特性を破線で示し，横軸には特に折れ点角周波数の数値を示している。上記 (a) の周波数伝達関数 $W(\mathrm{j}\omega)$ のボード線図のゲイン特性として，正しいものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。ただし，横軸は角周波数 ω の対数軸であり，−20［dB/dec］とは，ω が 10 倍大きくなるに従って $|W(\mathrm{j}\omega)|$ が −20 dB 変化する傾きを表している。



ご聴講ありがとうございました!!