●作戦会議

　根軌跡を描く問題。根軌跡の内容はオーソドックスなんだが，根軌跡自体が制御屋でもない限り普段使わないものなのでかなり難しい。一応誘導があるが，それでも典型的な根軌跡のパターンを知っていないと初見で描ける内容ではない。

(1)　(a)，(b)，(c)から求める。地味に躓きポイント。

(2)　(d)から求める。

(3)　(1)，(2)の内容を整理して図を描く。

(4)　(e)より分岐点を求める。その後特性方程式に代入して K を求める。

(5)　一番簡単な問題。

(6)　(f)より(5)の結果を特性方程式に代入する。

(7)　以上の内容を図にする。

●解答

(1)極は 0，-1，-2 であり(n=3)，零点はない(m=0)。よって根軌跡は 3 つの極から 3 本の線が無限遠に発散する。極で区切られた区間のうち，奇数番目すなわち-1，0 間は実数軸を通る（-2，-1 間は通らない）。また，根軌跡は実軸対象であるから，-2 から負の無限遠に実数軸を通って発散することになる。

以上より，根軌跡の実軸上の区間は（-∞，-2]，[-1，0］である。・・・(答)

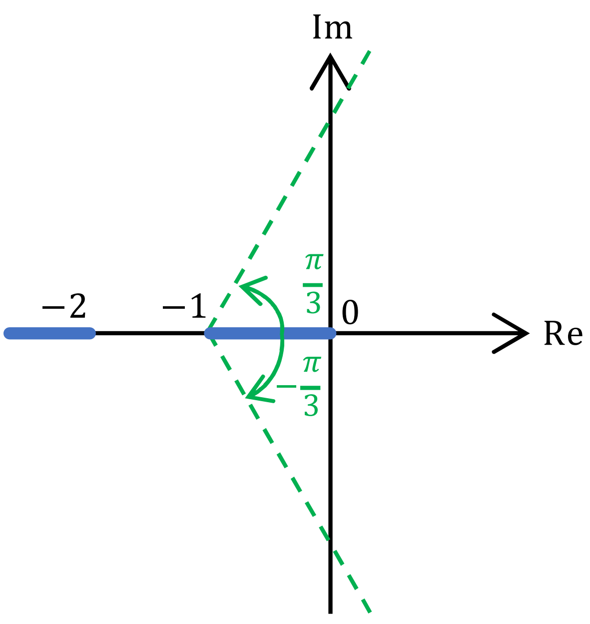
(2)題意(d)の式より，

$$\sigma_c = \frac{1}{3-0}(0-1-2) = -1 \qquad \cdot\cdot\cdot (答)$$

$$\theta_c = \pm\frac{\pi}{3-0}, \pm\frac{3\pi}{3-0}, \pm\frac{5\pi}{3-0}, \cdots = \pm\frac{\pi}{3}, \pm\pi, \pm\frac{5\pi}{3}, \cdots \qquad \cdot\cdot\cdot (答)$$

(3)

(1)，(2)より，図は次のようになる。



(4)題意(e)の式より,

$$\frac{1}{s-0}+\frac{1}{s-(-1)}+\frac{1}{s-(-2)}=0$$

$$\frac{1}{s}+\frac{1}{s+1}+\frac{1}{s+2}=0$$

$$(s^2+3s+2)+(s^2+2s)+(s^2+s)=0$$

$$3s^2+6s+2=0$$

$$s \fallingdotseq \frac{-6\pm 3.46410}{2\times 3} \fallingdotseq -1.5774, -0.42265$$

分岐点は$-1<s<0$の区間になければならないため,

$s=-0.423$ ・・・(答)

このとき，特性方程式は,

$$1+\frac{K}{s(s+1)(s+2)}=0$$

$$1+\frac{K}{-0.42265\times 0.57735\times 1.57735}=0$$

$\therefore K \fallingdotseq 0.3849 \to 0.385$ ・・・(答)

(5)特性方程式より,

$$1+\frac{K}{s(s+1)(s+2)}=0 \to s^3+3s^2+2s+K=0$$

であるから，ラウス表は次のようになる

$$\begin{array}{c|cc}
s^3 & 1 & 2 \\
s^2 & 3 & \mathrm{K} \\
s^1 & \dfrac{6-\mathrm{K}}{3} & 0 \\
s^0 & K &
\end{array}$$

よって，安定限界は,

$K=0,6-K=0 \rightarrow K=0,6$ ・・・(答)

(6)　(5)の結果を特性方程式に代入する。

$K=0$ のとき，3 つの出発点である。

$K=6$ のとき,

$s^3+3s^2+2s+6=0$
$s(s^2+2)+3(s^2+2)=0$
$(s+3)(s^2+2)=0$
$s=-3, \pm j\sqrt{2}$

よって，虚軸との交点は, $\pm j\sqrt{2}$である。 ・・・(答)

(7)以上の結果をまとめると，根軌跡は次の図のようになる。