

## KMAP による基礎的な制御問題(1)

2017(H29). 11. 29 片柳亮二

【問題】 次の伝達関数の極・零点をラプラス平面に描き，ボード線図およびステップ応答を計算せよ．

$$(A) \frac{1}{1+0.5s} \quad (B) \frac{1+2s}{1+s} \quad (C) \frac{2s}{1+2s}$$

【解(A)】  $\frac{1}{1+0.5s}$

これは，**1次遅れ**といわれる．分母=0の根は極，分子=0の根は零点といわれ，極・零点の図では極は×印，零点は○印で表す．このケースの分母の0.5は**時定数**といわれ単位は秒である．

KMAP(バージョン 114以降)を起動して，

- ① 「KMAP\*\*\*解析内容選択画面」⇒ “4” キーイン
- ② 「データファイル利用方法」⇒ “3” をキーイン
- ③ 「例題ファイルデータの取得」⇒ここでは例として，“3” をキーイン
- ④ 「3：機械システム制御の実際(産業図書, 2013)の例題」⇒ “1” キーイン  
例題のインプットデータのコピー ⇒ EIGE.PRB1A.DAT
- ⑤ 「新しいファイル名入力してください」と表示されるので，以下，次のようにキーイン

0 0 1

これで解析計算が実行されて，フィードバックゲインおよび安定解析結果が次のように表示される．

```
***** POLES AND ZEROS *****
POLES( 1), EIVMAX= 0.2000D+01
N      REAL      IMAG
1     -0.20000000D+01    0.00000000D+00
ZEROS( 0), II/JJ= 4/ 1, G= 0.2000D+01
N      REAL      IMAG
```

Enter キーを押すと，この画面が消え，次の「解析結果の表示」の画面になる．

```

$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$< 解析結果の表示 >$$$$$$$$$$$$$(KMAP***)$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$
$$ 0 : 表示終了 (次の解析 または 終了へ) $$
$$ 1 : 安定解析図 (f 特, 根軌跡) (Excel を立ち上げてください) $$
$$ (極・零点配置, 根軌跡, 周波数特性などの図が表示できます) $$
$$ (極・零点の数値データは“9”(安定解析結果)で確認できます) $$
$$ 6 : ナイスト線図 (Excel を立ち上げてください) $$
$$ 7 : シミュレーション図 (KMAP (Simu)) (Excel を立ち上げてください) $$
$$ (Z191~Z200 に定義した値をタイムヒストリー図に表示できます) $$
$$ 9 : 釣り合い飛行時のデータおよび安定解析結果 (TES13. DAT) $$
$$ 10 : その他の Excel 図, 101 : KMAP 線図 (1), 102 : KMAP 線図 (2) $$
$$ 14 : 取り扱い説明書 (pdf 資料), (15:インプットデータ表示), (16:Ap, B2 行列表示) $$
$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$

```

ここで、「1」とキーイン/Enterすると、極・零点およびボード線図が次のように Excel で表示することができる。

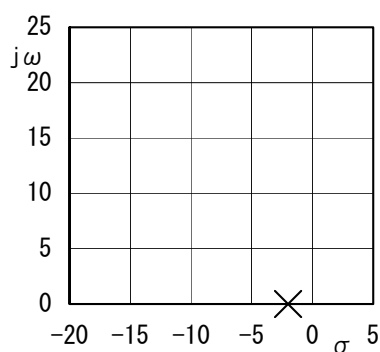


図 (A1) 極・零点  
✕ (EIGE. PRB1A. DAT)

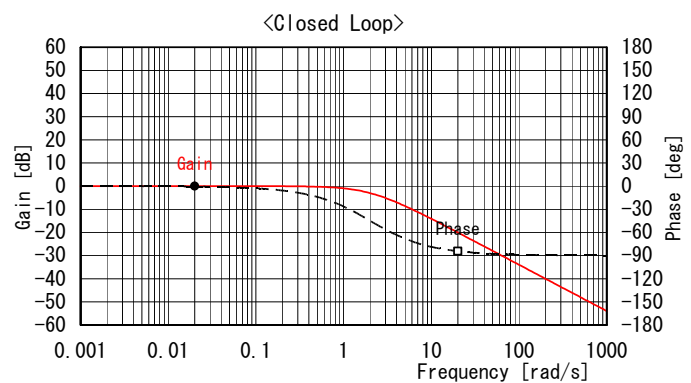


図 (A2) ボード線図

伝達関数の分母=0の式を特性方程式といい、その解は特性根(極)である。このケースでは図(A1)に示すように $s=-2$ に極が1つある。

図(A2)は、ボード線図である。時定数の逆数の2(rad/s)を折点周波数といい、それ以上の周波数では1dc(デカードといい周波数が10倍となる範囲を表す)でゲインが20dB下がる。位相は折点周波数で $-45^\circ$ 、周波数無限大で $-90^\circ$ である。

次に、「解析結果の表示」画面で「7」とキーインすると、シミュレーション図を次のように Excel 表示させることができる。

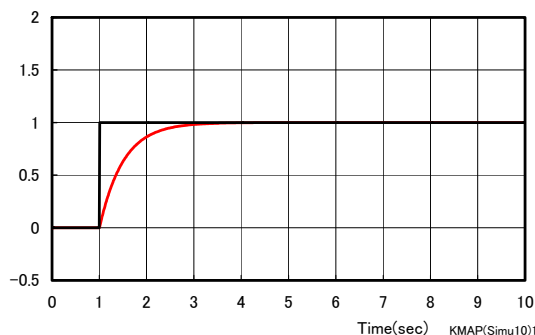


図 (A3) ステップ応答

このケースのインプットデータは次のようである。  
(同様な問題では、例題ファイルをコピー利用して、数値を変更して解析を行っていくとミスを防ぐことができる)

```
#####(インプットデータ)#####
EIGE. PRB1A. DAT... (1次遅れ形)
NXP                = 0
tmax(s)           = 40.000
1. NU1-----> 4
  T, U1            0.0000    0.0000
                   1.0000    0.0000
                   1.0100    1.0000
                   60.0000    1.0000
3. NU3-----> 2
  T, U3            0.0000    0.0000
                   60.0000    0.0000
5. NU5-----> 2
  T, U5            0.0000    0.0000
                   60.0000    0.0000
*****10*****20*****30*****40*****50*****60*****70*****
<積分数, IRIG, TDEBUG 時間, 補間関数> 2 0 0.0 0
      <Control System Data>      Hi *---GAIN---NCAL*N01*N02*N03*NGO*LNO
1  //(1次遅れ)
2  Z6=U1*G;                       H 0 0.1000E+01 52 6 1 0 0 0
3  Z99={1/(1+GS)}Z6X2;             H 0 0.5000E+00 111 99 6 2 0 0
4  //-----
5  R6=Z99;                          H 0          101 6 99 0 0 0
6  //シミュレーション用出力(Z191~Z200)
7  Z191=Z99*G;                     H 0 0.1000E+01 53 191 99 0 0 0
8  Z192=Z6*G;                      H 0 0.1000E+01 53 192 6 0 0 0
9  //(最後に次の END 文が必要)
10 {Pitch Data END};                H 0          899 888 887 886 0 0
11 //*-----
12 //*(注1)状態方程式使用の場合
13 //* Z1, Z3, Z5 : 制御入力設定済
14 //* Z6~(NXP 個) : 状態変数設定済
15 //* Ri は安定解析の出力で下記注意
16 //* R6~(NXP 個) : 状態変数に対応
17 //* R(6+NXP)~Rn: 出力変数の追加
18 //* 解析出力キーは i=4~(R 設定数)
19 //*
20 //*(注2)状態方程式使用しない場合
21 //* Zi は全て通常の Z 変数
22 //* R6~出力変数を設定
23 //* 解析出力キーは i=4~(R 設定数)
24 // $-----
----- (縦系ゲイン最適化 - 探索範囲) -----
探索ゲイン数= 0
  重み係数= 0.0000E+00 影響範囲(rad/s)= 0.0000E+00
  ***** (ゲイン最適化 - 重み関数 W(s)) *****
極の数= 0
零点数= 0
ゲイン= 0.0000E+00 -----
25 {Control Data END};                H 0          999 0 0 0 0 0 0
----- (DATA END) -----
```

【解(B)】  $\frac{1+2s}{1+s}$

これは、リードラグといわれる。

KMAP(バージョン 114 以降)を起動して、

- ① 「KMAP\*\*\*解析内容選択画面」⇒ “4” キーイン
- ② 「データファイル利用方法」⇒ “3” をキーイン
- ③ 「例題ファイルデータの取得」⇒ここでは例として、“3” をキーイン
- ④ 「3 : 機械システム制御の実際(産業図書, 2013)の例題」⇒ “2” キーイン  
例題のインプットデータのコピー ⇒ EIGE.PRB1B.DAT
- ⑤ 「新しいファイル名入力してください」と表示されるので、以下、次のようにキーイン

0 0 1

これで解析計算が実行されて、フィードバックゲインおよび安定解析結果が次のように表示される。

```
***** POLES AND ZEROS *****
POLES( 1), EIVMAX= 0.1000D+01
  N      REAL      IMAG
  1  -0.10000000D+01  0.00000000D+00
ZEROS( 1), II/JJ= 4/ 1, G= 0.2000D+01
  N      REAL      IMAG
  1  -0.50000000D+00  0.00000000D+00
```

Enter キーを押すと、この画面が消え、次の「解析結果の表示」の画面になる。

```
$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$< 解析結果の表示 >$$$$$$$$$$$$ (KMAP***)$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$
$$ 0 : 表示終了 (次の解析 または 終了へ) $$
$$ 1 : 安定解析図 (f 特, 根軌跡) (Excel を立ち上げてください) $$
$$ (極・零点配置, 根軌跡, 周波数特性などの図が表示できます) $$
$$ (極・零点の数値データは “9” (安定解析結果)で確認できます) $$
$$ 6 : ナイスト線図 (Excel を立ち上げてください) $$
$$ 7 : シミュレーション図 (KMAP(Simu)) (Excel を立ち上げてください) $$
$$ (Z191~Z200 に定義した値をタイムヒストリー図に表示できます) $$
$$ 9 : 釣り合い飛行時のデータおよび安定解析結果 (TES13.DAT) $$
$$ 10 : その他の Excel 図, 101 : KMAP 線図(1), 102 : KMAP 線図(2) $$
$$ 14 : 取り扱い説明書(pdf 資料), (15:インプットデータ表示), (16:Ap, B2 行列表示) $$
$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$
```

ここで、「1」とキーイン/Enterすると、極・零点およびボード線図が次のように Excel で表示することができる。

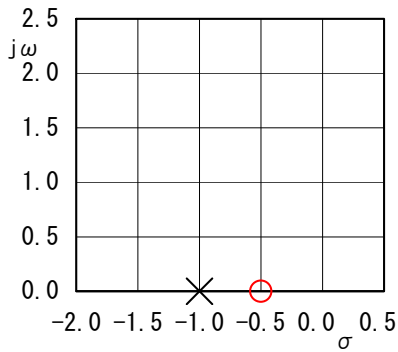


図 (B1) 極・零点  
\*E (EIGE. PRB1B. DAT)

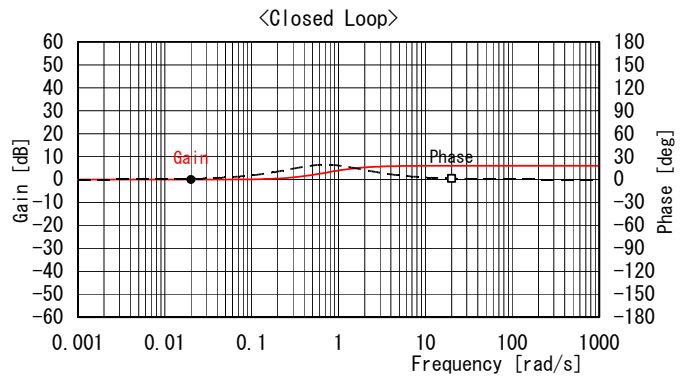


図 (B2) ボード線図

次に、「解析結果の表示」画面で「7」とキーインすると、シミュレーション図を次のように Excel 表示させることができる。

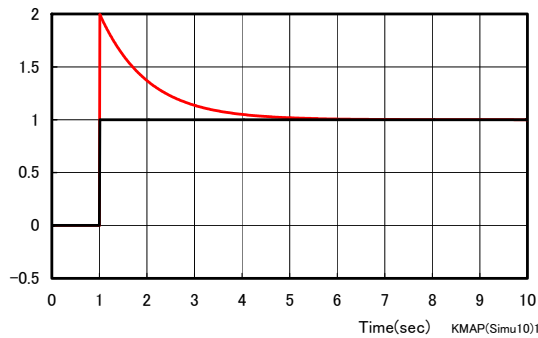


図 (B3) ステップ応答

このケースのインプットデータ(ケース A との違い部分のみ)は次のようである。

```
#####(インプットデータ)#####
(中略)
*****10*****20*****30*****40*****50*****60*****70*****
<積分数, IRIG, TDEBUG 時間, 補間関数> 2 0 0.0 0
<Control System Data> Hi *---GAIN---NCAL*N01*N02*N03*NGO*LNO
1 //(1次遅れ)
2 Z6=U1*G; H 0 0.1000E+01 52 6 1 0 0 0
3 Z99={ (1+G2S) / (1+G1S) } Z6X2; H 0 0.1000E+01 113 99 6 2 0 0
4 H 0 0.2000E+01 113 0 0 0 0 0
5 //-----
6 R6=Z99; H 0 101 6 99 0 0 0
(以下省略)
----- (DATA END) -----
```

【解(C)】  $\frac{2s}{1+2s}$

これは、ハイパス(高周波数域のみ通すという意味)といわれる。

KMAP(バージョン 114 以降)を起動して、

- ① 「KMAP\*\*\*解析内容選択画面」⇒ “4” キーイン
- ② 「データファイル利用方法」⇒ “3” をキーイン
- ③ 「例題ファイルデータの取得」⇒ここでは例として、“3” をキーイン
- ④ 「3：機械システム制御の実際(産業図書, 2013)の例題」⇒ “3” キーイン  
例題のインプットデータのコピー ⇒ EIGE.PRB1C.DAT
- ⑤ 「新しいファイル名入力してください」と表示されるので、以下、次のようにキーイン

0 0 1

これで解析計算が実行されて、フィードバックゲインおよび安定解析結果が次のように表示される。

```
***** POLES AND ZEROS *****
POLES( 1), EIVMAX= 0.5000D+00
  N      REAL          IMAG
  1  -0.50000000D+00    0.00000000D+00
ZEROS( 1), II/JJ= 4/ 1, G= 0.1000D+01
  N      REAL          IMAG
  1    0.00000000D+00    0.00000000D+00
```

Enter キーを押すと、この画面が消え、次の「解析結果の表示」の画面になる。

```
$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$< 解析結果の表示 >$$$$$$$$$$$$ (KMAP***)$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$
$$ 0 : 表示終了 (次の解析 または 終了へ) $$
$$ 1 : 安定解析図 (f 特, 根軌跡) (Excel を立ち上げてください) $$
$$ (極・零点配置, 根軌跡, 周波数特性などの図が表示できます) $$
$$ (極・零点の数値データは “9” (安定解析結果) で確認できます) $$
$$ 6 : ナイスト線図 (Excel を立ち上げてください) $$
$$ 7 : シミュレーション図 (KMAP(Simu)) (Excel を立ち上げてください) $$
$$ (Z191~Z200 に定義した値をタイムヒストリー図に表示できます) $$
$$ 9 : 釣り合い飛行時のデータおよび安定解析結果 (TES13.DAT) $$
$$ 10 : その他の Excel 図, 101 : KMAP 線図(1), 102 : KMAP 線図(2) $$
$$ 14 : 取り扱い説明書(pdf 資料), (15:インプットデータ表示), (16:Ap, B2 行列表示) $$
$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$$
```

ここで、「1」とキーイン/Enterすると、極・零点およびボード線図が次のように Excel で表示することができる。

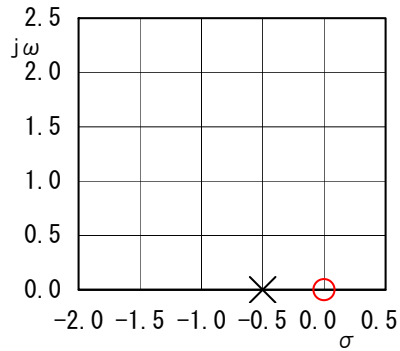


図 (C1) 極・零点  
 \*E(EIGE.PRB1C.DAT)

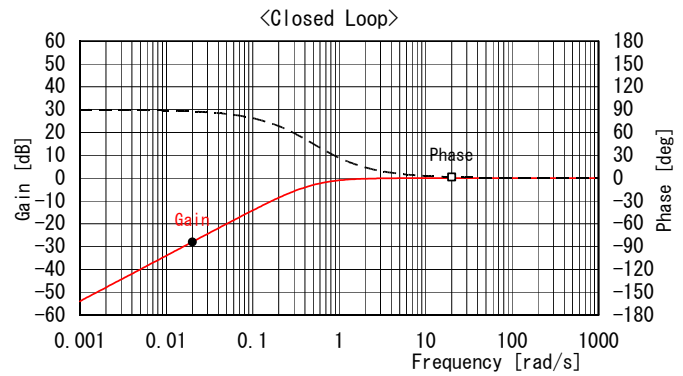


図 (C2) ボード線図

次に、「解析結果の表示」画面で「7」とキーインすると、シミュレーション図を次のように Excel 表示させることができる。

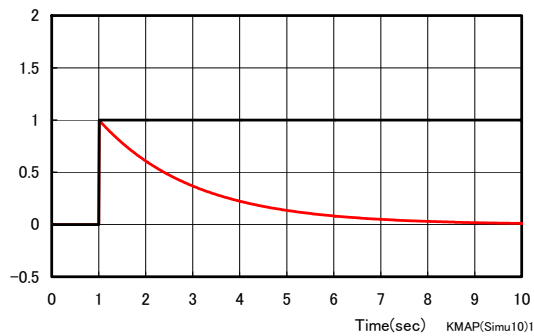


図 (C3) ステップ応答

このケースのインプットデータ(ケース A との違い部分のみ)は次のようである。

```
#####(インプットデータ)#####
(中略)
*****10*****20*****30*****40*****50*****60*****70*****
<積分数, IRIG, TDEBUG 時間, 補間関数> 2 0 0.0 0
<Control System Data> Hi *---GAIN---NCAL*N01*N02*N03*NGO*LNO
1 //(1次遅れ)
2 Z6=U1*G; H 0 0.1000E+01 52 6 1 0 0 0
3 Z99={GS/(1+GS)}Z6X2; H 0 0.2000E+01 112 99 6 2 0 0
4 //-----
5 R6=Z99; H 0 101 6 99 0 0 0
(以下省略)
------(DATA END)-----
```

---

(参考図書)

- 1) 片柳亮二：初学者のためのKMAP入門，産業図書，2012.
- 2) 片柳亮二：機械システム制御の実際－航空機，ロボット，工作機械，自動車，船および水中ビークル，産業図書，2013.

以上