

(106D)速度保持(エレベータ)1(ピッチ角保持2+内部モデル制御)

2019(R1).10.27(D) 片柳亮二

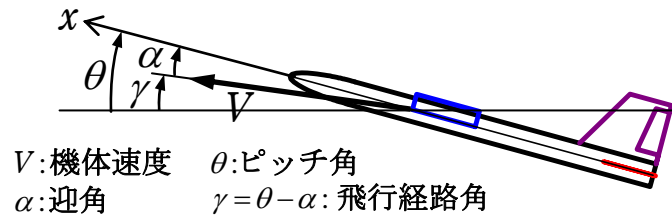


図 1.1 飛行運動変数の説明

機体速度 V の x 軸方向成分の速度 u の変数を用いると、ブロック図は図 1.2 のようになる。

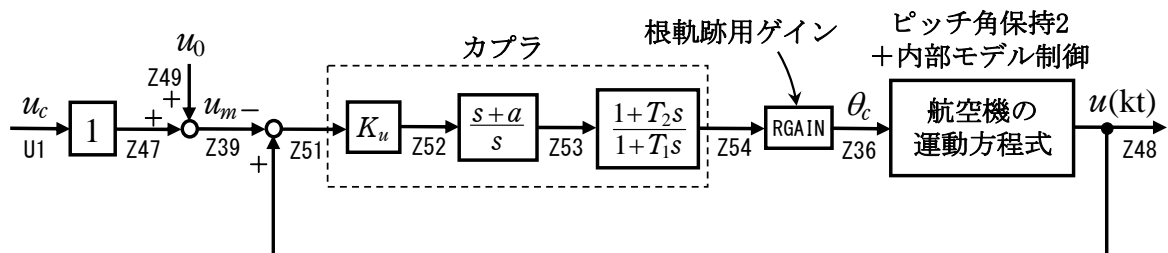


図 1.2 速度保持(エレベータ)1のブロック図

1. ピッチ角保持2の事前計算

速度保持モードは、ピッチ角保持3(内部モデル制御)へのピッチ角を指令する方式とするが、そのためには事前にピッチ角保持2にてその機体に対する最適ゲイン計算を実施しておく必要がある。このピッチ角保持2の計算については、別途まとめているので、それを参照願いたい。

2. 速度保持(エレベータ)1の設計

KMAPを起動して、ピッチ角保持2の事前計算後、これに指令する方式の速度保持(エレベータ)1の最適ゲインを求める。

ピッチ角保持2の最適ゲイン計算後に表示される「解析結果の表示」画面において、「0 0」とキーイン/Enterすると、初期画面に戻ります。ここで、

- ① 「KMAP***解析内容選択画面」⇒ “23” キーイン
- ② 「設計方式」⇒ “13” をキーイン
- ③ 「機体データの取得方法」⇒ここでは例として、“99” をキーイン
- ④ 「機体データの取得」⇒ここでは例として“44” をキーイン

(CDES. B777-200. Y120505. DAT)

- ⑤ 「制御則の選択」⇒ “106” キーイン

縦系. 飛行経路角保持1(ピッチ角保持2+内部モデル制御)

- ⑥ ピッチ角保持2を実施済みかどうかと表示されるので、1 をキーイン

⑦「インプットデータ修正(後半部)」と表示されるので、速度保持部のゲイン最適化計算のために次のようにキーイン

1 9 1 0 0 1 0 0 9 8 0 0 1 8

これで解析計算が自動的に実行されて、次の「解析結果の表示」の画面になる。ここで、“9” とすると「安定性解析結果」が数値で次のように表示される。

```
..... (釣り合い飛行時のデータ) .....
S = 0.42800E+03 (m2)   CBAR = 0.79460E+01 (m)   Hp = 0.15000E+04 (ft)
W = 0.16091E+06 (kgf) qbarS= 0.19261E+06 (kgf) ROU = 0.11952E+00 (kgf·s2/m4)
V = 0.86778E+02 (m/s) VKEAS= 0.16500E+03 (kt)   Iy = 0.29382E+07 (kgf·m·s2)
θ= 0.37503E+01 (deg) α = 0.37503E+01 (deg) CG = 0.25000E+02 (%MAC)
CL= 0.83554E+00 (—) CD = 0.13045E+00 (—) CDα= 0.83655E-02 (1/deg)
(この CL, CD, CDα は初期釣合 G に必要な CL, CD, CDα です)
T= 0.24891E+05 (kgf) δf = 0.20000E+02 (deg) δe = -0.18750E+01 (deg)
縦安定中正点 (neutral point) hn=(0.25-Cmα/CLα)*100= 0.48983E+02 (%MAC)
脚 ΔCD= 0.20000E-01 (—),   スピードブレーキ ΔCD= 0.40000E-01 (—)
脚-DN,   スピードブレーキ オフン,   初期フラップ角 δfpilot= 0.20000E+02 (deg)
(微係数推算用フラップ δf = 0.20000E+02 (deg))

(CG=25%)                (CG= 25.00%)                (フライト 有次元)
Cxu = -0.370428E+00    Cxu = -0.370428E+00    Xu = -0.352690E-01
Cxa = 0.621637E-02    Cxa = 0.621637E-02    Xa = 0.743926E-01
Czu = 0.000000E+00    Czu = 0.000000E+00    Zu' = -0.149163E+00
CLα = 0.107293E+00    CLα = 0.107293E+00    Za' = -0.845891E+00
CLδe = 0.579212E-02  CLδe = 0.579212E-02  Zδe' = -0.448654E-01
CLδf = 0.215446E-01  CLδf = 0.215446E-01  Zδf' = -0.166883E+00
Cmu = 0.000000E+00    Cmu = 0.000000E+00    Mu' = 0.319084E-01
Cmα = -0.257326E-01  Cmα = -0.257326E-01  Ma' = -0.587113E+00
Cmδe = -0.221051E-01 Cmδe = -0.221051E-01 Mδe' = -0.650192E+00
Cmδf = -0.625773E-02 Cmδf = -0.625773E-02 Mδf' = -0.151081E+00
Cmq = -0.292629E+02  Cmq = -0.292629E+02  Mq' = -0.911800E+00
CmαD = -0.896965E+01 CmαD = -0.896965E+01 Mθ' = 0.158000E-02
(Mu = 0.000000E+00) (Mα = -0.768062E+00) (Mδe = -0.659790E+00)
(Mδf = -0.186780E+00) (Mq = -0.697885E+00) (MαD = -0.213916E+00)
```

(NAERO=11) 縦 δe コントロールシステム解析

●出力キー: i:4:u, 5:ALP, 6:q, 7:THE (不明なら 7 入力)

***** (フィードバック前の極チェック) *****

***** POLES *****

POLES(14), EIVMAX= 0.300D+02

N	REAL	IMAG	
1	-0.21000000D+02	-0.21424286D+02	[0.7000E+00, 0.3000E+02]
2	-0.21000000D+02	0.21424286D+02	周期 P(sec)= 0.2933E+00
3	-0.40000000D+01	0.00000000D+00	
4	-0.88541169D+00	-0.76986471D+00	[0.7546E+00, 0.1173E+01]
5	-0.88541169D+00	0.76986471D+00	周期 P(sec)= 0.8161E+01
6	-0.79051384D+00	0.00000000D+00	
7	-0.47619050D+00	0.00000000D+00	
8	-0.32693395D+00	0.00000000D+00	
9	-0.11237217D+00	0.00000000D+00	
10	-0.50192426D-01	0.00000000D+00	
11	-0.11068734D-01	-0.11805121D+00	[0.9335E-01, 0.1186E+00]
12	-0.11068734D-01	0.11805121D+00	周期 P(sec)= 0.5322E+02
13	0.00000000D+00	0.00000000D+00	
14	0.00000000D+00	0.00000000D+00	

(以下の解析結果はインプットデータの制御則による)

***** POLES AND ZEROS *****

POLES(14), EIVMAX= 0.2959D+02

N	REAL	IMAG	
1	-0.20763518D+02	-0.21077129D+02	[0.7018E+00, 0.2959E+02]
2	-0.20763518D+02	0.21077129D+02	周期 P(sec)= 0.2981E+00
3	-0.19434288D+01	-0.33156242D+00	[0.9858E+00, 0.1972E+01]
4	-0.19434288D+01	0.33156242D+00	周期 P(sec)= 0.1895E+02
5	-0.99605660D+00	-0.99502257D+00	[0.7075E+00, 0.1408E+01]
6	-0.99605660D+00	0.99502257D+00	周期 P(sec)= 0.6315E+01
7	-0.48435454D+00	-0.41753523D+00	[0.7574E+00, 0.6395E+00]
8	-0.48435454D+00	0.41753523D+00	周期 P(sec)= 0.1505E+02
9	-0.32703078D+00	0.00000000D+00	
10	-0.26672843D+00	-0.26688122D+00	[0.7069E+00, 0.3773E+00]
11	-0.26672843D+00	0.26688122D+00	周期 P(sec)= 0.2354E+02
12	-0.12901559D+00	-0.12219703D+00	[0.7260E+00, 0.1777E+00]
13	-0.12901559D+00	0.12219703D+00	周期 P(sec)= 0.5142E+02
14	-0.55928406D-01	0.00000000D+00	

ZEROS(10), II/JJ= 8/ 1, G=-0.3625D+02 (←u/U1)

N	REAL	IMAG	
1	-0.13972740D+01	0.00000000D+00	
2	-0.99614997D+00	-0.99482924D+00	[0.7076E+00, 0.1408E+01]
3	-0.99614997D+00	0.99482924D+00	
4	-0.32701111D+00	0.00000000D+00	
5	-0.26671337D+00	-0.26686938D+00	[0.7069E+00, 0.3773E+00]
6	-0.26671337D+00	0.26686938D+00	
7	-0.21990000D+00	0.00000000D+00	
8	-0.20504409D+00	0.00000000D+00	
9	-0.55928414D-01	0.00000000D+00	
10	0.19241977D+02	0.00000000D+00	

入力 1.0 のステップ応答定常値= 0.1000E+01

***** POLES AND ZEROS *****

POLES(14), EIVMAX= 0.2959D+02

N	REAL	IMAG	
1	-0.20765010D+02	-0.21076489D+02	[0.7018E+00, 0.2959E+02]
2	-0.20765010D+02	0.21076489D+02	周期 P(sec)= 0.2981E+00
3	-0.18968543D+01	-0.62060556D+00	[0.9504E+00, 0.1996E+01]
4	-0.18968543D+01	0.62060556D+00	周期 P(sec)= 0.1012E+02
5	-0.99613749D+00	-0.99503406D+00	[0.7075E+00, 0.1408E+01]
6	-0.99613749D+00	0.99503406D+00	周期 P(sec)= 0.6315E+01
7	-0.79039657D+00	0.00000000D+00	
8	-0.47619050D+00	0.00000000D+00	
9	-0.32704348D+00	0.00000000D+00	
10	-0.26671157D+00	-0.26688044D+00	[0.7069E+00, 0.3773E+00]
11	-0.26671157D+00	0.26688044D+00	周期 P(sec)= 0.2354E+02
12	-0.55927843D-01	0.00000000D+00	
13	-0.50178888D-01	0.00000000D+00	
14	0.00000000D+00	0.00000000D+00	

ZEROS(10), II/JJ= 1/ 4, G= 0.3625D+02

N	REAL	IMAG	
1	-0.13972740D+01	0.00000000D+00	
2	-0.99614997D+00	-0.99482924D+00	[0.7076E+00, 0.1408E+01]
3	-0.99614997D+00	0.99482924D+00	
4	-0.32701111D+00	0.00000000D+00	
5	-0.26671337D+00	-0.26686938D+00	[0.7069E+00, 0.3773E+00]
6	-0.26671337D+00	0.26686938D+00	
7	-0.21990000D+00	0.00000000D+00	
8	-0.20504409D+00	0.00000000D+00	
9	-0.55928414D-01	0.00000000D+00	
10	0.19241977D+02	0.00000000D+00	

入力 1.0 のステップ応答定常値=-0.2268E+06

周波数	ゲイン余裕	位相余裕
0.26500 (rad/s)		(1) 60.50394 (deg)
1.45000 (rad/s)	(1) 18.69506 (dB)	

ゲイン余裕最小値 = 18.69506 (dB), 位相余裕最小値 = 60.50394 (deg)

- ★振動極の $\zeta = \sin\lambda$ の角度 $\lambda = 45.00$ (deg)
- ★伝達関数のゲイン最大値指定なし
- ★安定余裕指定なし

```

IMONTE=      1000001  評価関数 J=      2.521307E-01
#####( 最適ゲイン探索結果 )#####
& ( 1)   56 行目   0.4485E+00  &
& ( 2)   57 行目   0.2199E+00  &
& ( 3)   59 行目   0.2100E+01  &
& ( 4)   60 行目   0.4877E+01  &
#####

```

- (注 1) 空中では初期速度が 10kt を超え、かつ、インプットデータで脚下げ指定の場合は脚 DN およびスピードブレーキオープンとしてトリム計算する。
- (注 2) 空中では初期速度が 10kt 以下の場合は、フラップと連動して、フラップ 5° 以上で脚 DN とする。
- (注 3) 滑走中は脚は常に DN、また、スピードブレーキは初期速度が 10kt を超える場合にオープン。

次に、「解析結果の表示」の画面で「1」とキーイン/Enterすると、次の根軌跡と極・零点の図を表示できる。

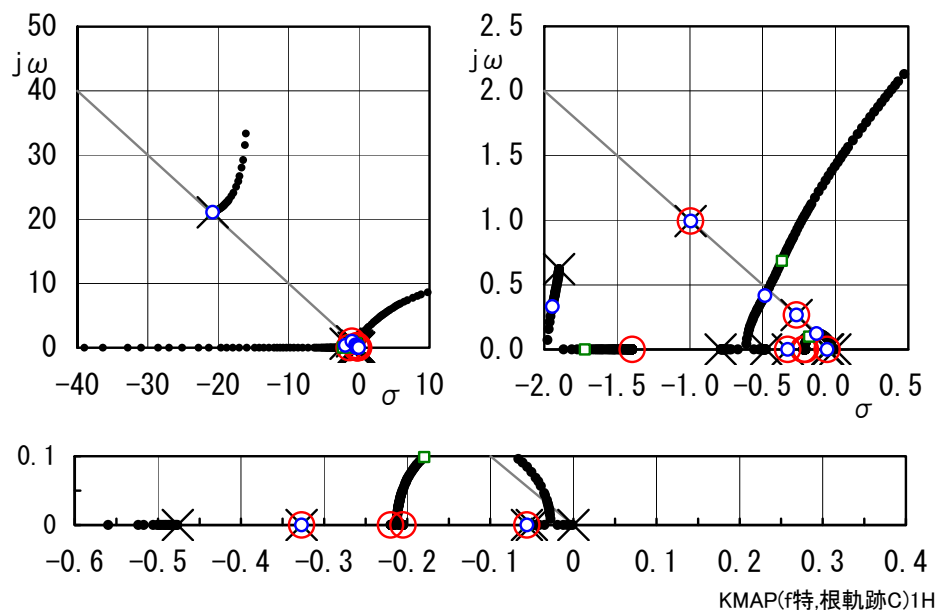


図 2.1 速度保持モード(エレベータ)1の根軌跡

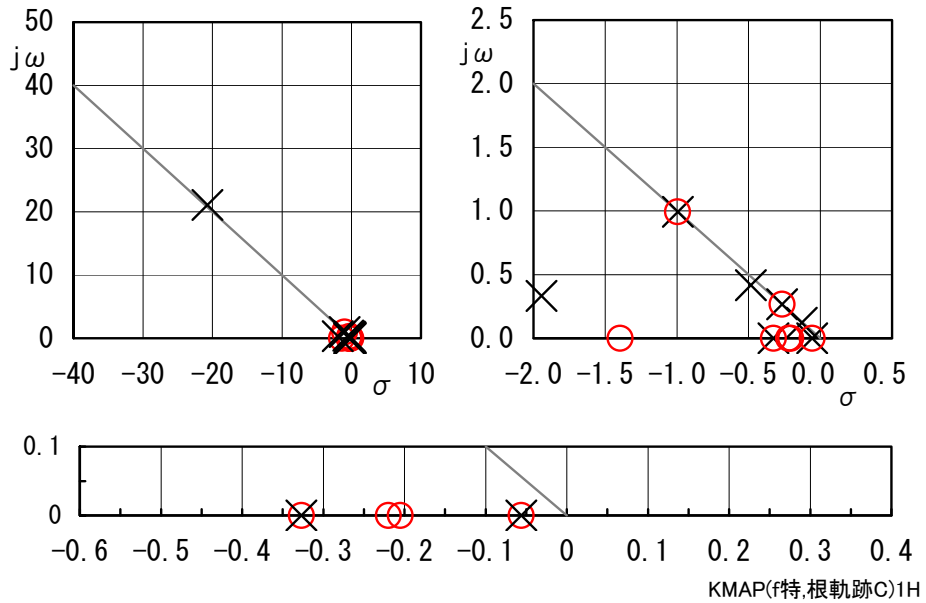


図 2.2 速度保持モード(エレベータ)1の極・零点

このときの、速度制御(エレベータ)のシミュレーション結果を図 2.3 に示すが、4kt の速度変化が達成されていることがわかる。

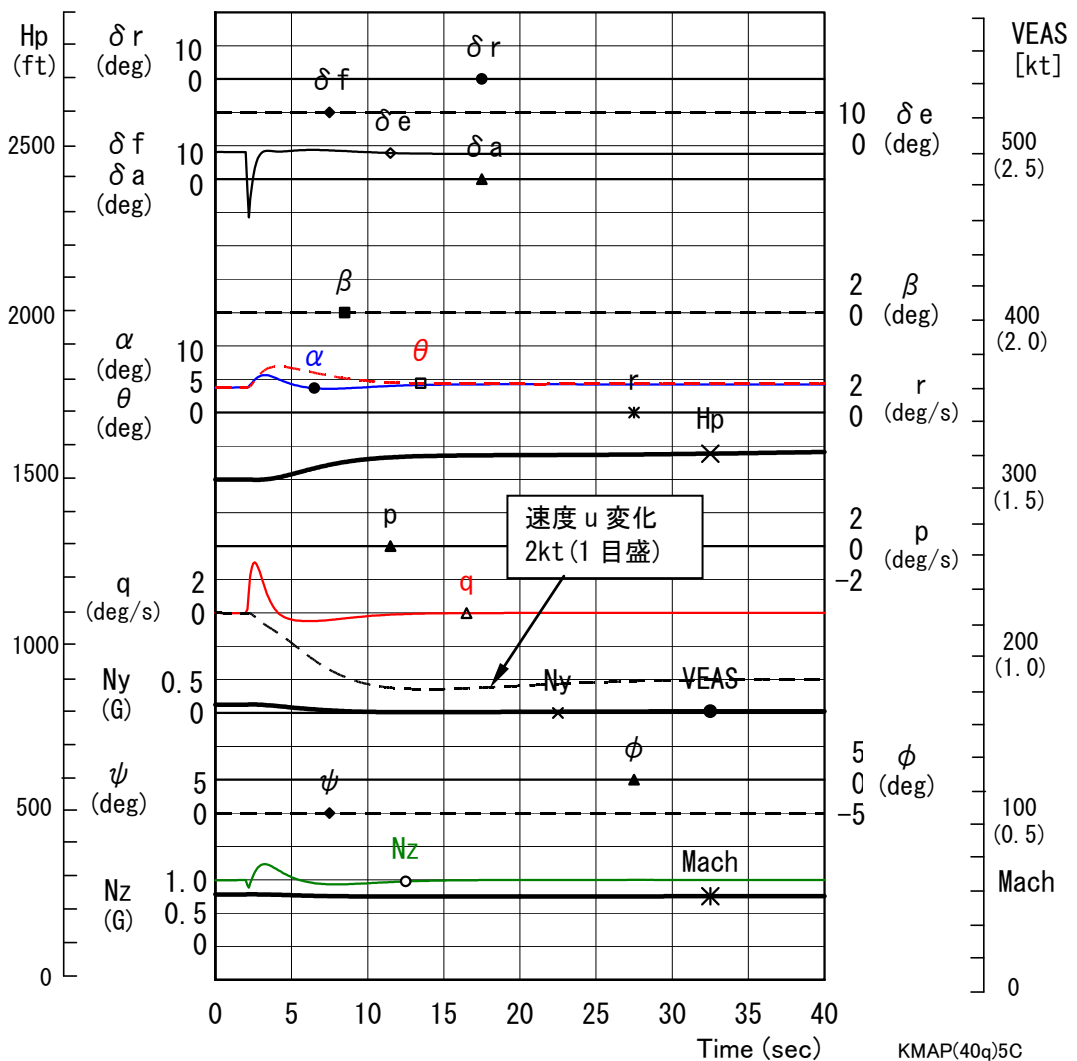


図 2.3 速度保持モード(エレベータ)1のシミュレーション

「解析結果の表示」画面で「3」とキーイン/Enterすると、「KMAP(機体図)8.xls」を用いて機体3面図を表示させることができる。

なお、これらの Excel 図を Word に貼り付けるには、当該部分の領域を選択し、Word の「編集」タグから「形式を選択して貼り付け」を実施すると、上記のように精度よく図を貼り付けることができる。

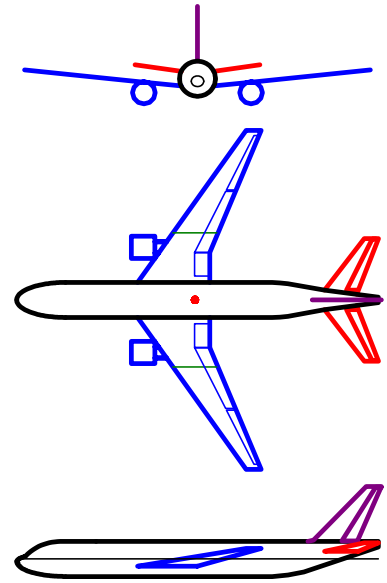


図 2.4 機体 3 面図

以上