

(115D) 高度保持 2 (ピッチ角保持 2)

2019(R1). 10. 27(D) 片柳亮二

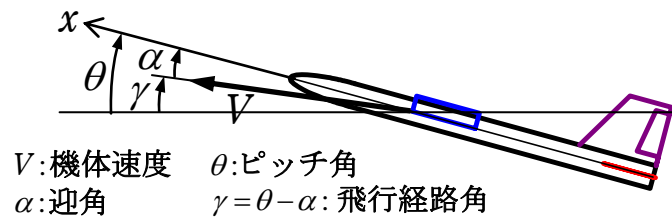


図 1.1 飛行運動変数の説明

図 1.1 の図から、高度 h の変化率 \dot{h} は次のように表される。

$$\dot{h} = V \sin \gamma \quad (1.1)$$

ここで、飛行経路角 γ (deg) は小さいとして、ラプラス変換すると、次の関係式が得られる。

$$h = \frac{V}{57.3s} \gamma \quad (1.2)$$

この高度の変数を用いると、ブロック図は図 1.2 のようになる。

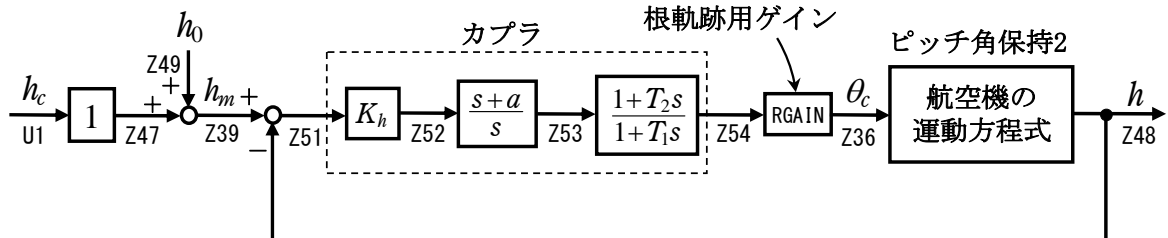


図 1.2 高度保持 2 のブロック図

1. ピッチ角保持 2 の事前計算

高度保持モードは、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. 高度保持 2 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高度保持 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」⇒ “115” キーイン

縦系. 高度保持 2(ピッチ角保持 2)

- 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, 高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,   スピートブレーキ 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%)           (フライット有次元)
Cxu = -0.370428E+00  Cxu = -0.370428E+00  Xu = -0.352690E-01
Cxα = 0.621637E-02  Cxα = 0.621637E-02  Xα = 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(10), EIVMAX= 0.300D+02

N	REAL	IMAG
1	-0.2100000D+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	-0.88541169D+00	-0.76986471D+00	[0.7546E+00, 0.1173E+01]
4	-0.88541169D+00	0.76986471D+00	周期 P(sec)= 0.8161E+01
5	-0.11237217D+00	0.00000000D+00	
6	-0.83752097D-01	0.00000000D+00	
7	-0.11068734D-01	-0.11805121D+00	[0.9335E-01, 0.1186E+00]
8	-0.11068734D-01	0.11805121D+00	周期 P(sec)= 0.5322E+02
9	0.00000000D+00	0.00000000D+00	
10	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(10), EIVMAX= 0.2952D+02

N	REAL	IMAG	
1	-0.20661732D+02	-0.21088762D+02	[0.6998E+00, 0.2952E+02]
2	-0.20661732D+02	0.21088762D+02	周期 P(sec)= 0.2979E+00
3	-0.10242157D+01	-0.99535556D+00	[0.7171E+00, 0.1428E+01]
4	-0.10242157D+01	0.99535556D+00	周期 P(sec)= 0.6313E+01
5	-0.16093869D+00	-0.23842227D+00	[0.5595E+00, 0.2877E+00]
6	-0.16093869D+00	0.23842227D+00	周期 P(sec)= 0.2635E+02
7	-0.11293167D+00	-0.16004099D+00	[0.5766E+00, 0.1959E+00]
8	-0.11293167D+00	0.16004099D+00	周期 P(sec)= 0.3926E+02
9	-0.50978457D-01	0.00000000D+00	
10	-0.18469652D-01	0.00000000D+00	

ZEROS(6), II/JJ= 8/ 1, G=-0.7154D+01 (←h/U1)

N	REAL	IMAG
1	-0.39261094D+01	0.00000000D+00
2	-0.32701111D+00	0.00000000D+00
3	-0.21547081D+00	0.00000000D+00
4	-0.51610000D-01	0.00000000D+00
5	-0.17363675D-01	0.00000000D+00
6	0.29964037D+01	0.00000000D+00

入力 1.0 のステップ応答定常値= 0.1000E+01

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

POLES(10), EIVMAX= 0.2952D+02

N	REAL	IMAG	
1	-0.20661932D+02	-0.21088755D+02	[0.6998E+00, 0.2952E+02]
2	-0.20661932D+02	0.21088755D+02	周期 P(sec)= 0.2979E+00
3	-0.99606998D+00	-0.99485305D+00	[0.7075E+00, 0.1408E+01]
4	-0.99606998D+00	0.99485305D+00	周期 P(sec)= 0.6316E+01
5	-0.26669503D+00	-0.26685287D+00	[0.7069E+00, 0.3773E+00]
6	-0.26669503D+00	0.26685287D+00	周期 P(sec)= 0.2355E+02
7	-0.83752097D-01	0.00000000D+00	
8	-0.55938257D-01	0.00000000D+00	
9	0.00000000D+00	0.00000000D+00	
10	0.00000000D+00	0.00000000D+00	

ZEROS(6), II/JJ= 1/ 4, G= 0.7154D+01

N	REAL	IMAG
1	-0.39261094D+01	0.00000000D+00
2	-0.32701111D+00	0.00000000D+00
3	-0.21547081D+00	0.00000000D+00
4	-0.51610000D-01	0.00000000D+00
5	-0.17363675D-01	0.00000000D+00
6	0.29964037D+01	0.00000000D+00

入力 1.0 のステップ応答定常値=-0.5315E+04

周波数	ゲイン余裕	位相余裕
0.18000 (rad/s)		(1) 36.90417 (deg)

0.41500 (rad/s) (1) 9.88188 (dB)

ゲイン余裕最小値 = 9.88188 (dB), 位相余裕最小値 = 36.90417 (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= 2.105638E-01

#####(最適ゲイン探索結果)#####

& (1) 41行目 0.5902E-01 &

& (2) 42行目 0.5161E-01 &

& (3) 44行目 0.1194E+02 &

& (4) 45行目 0.4641E+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、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。

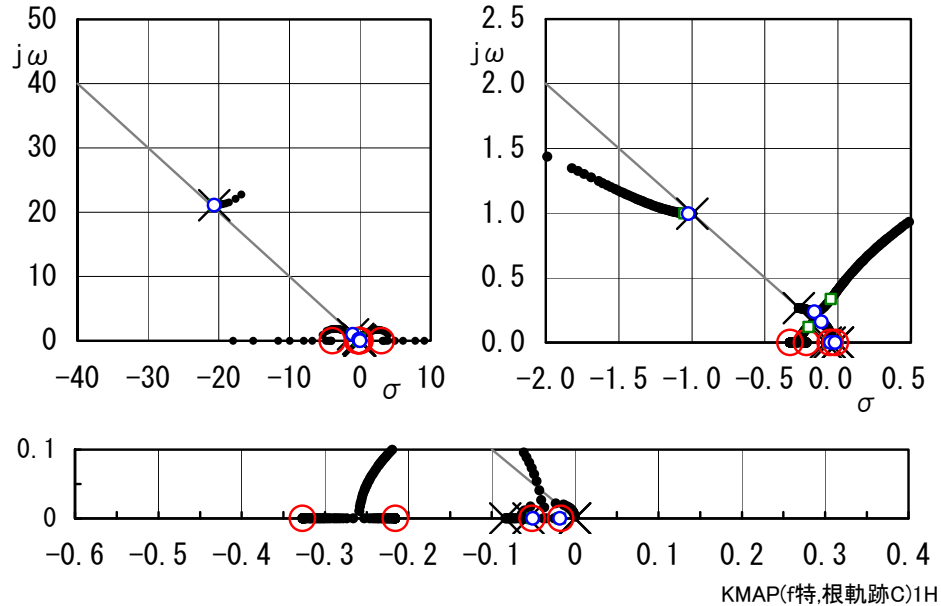


図 2.1 高度保持 2 の根軌跡

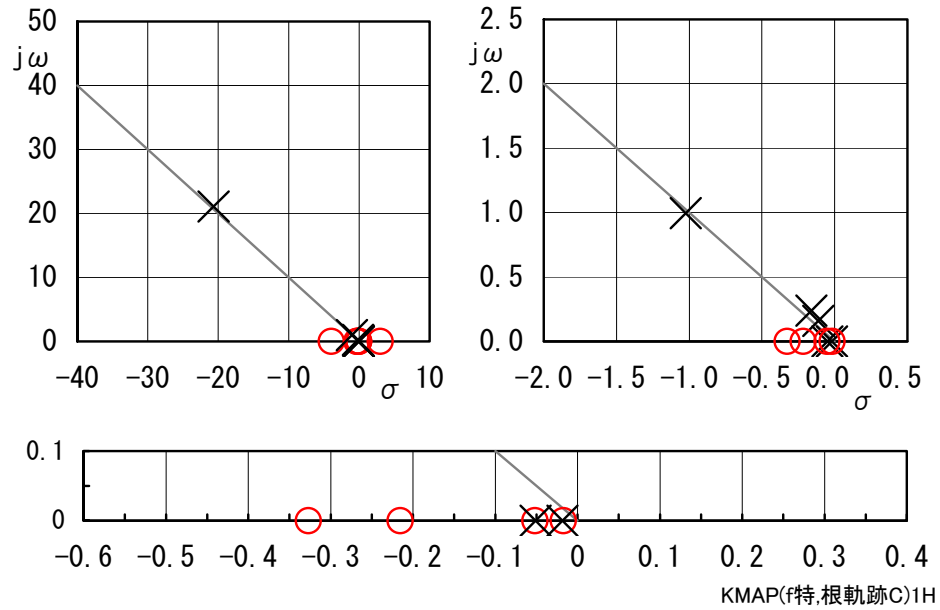


図 2.2 高度保持 2 の極・零点

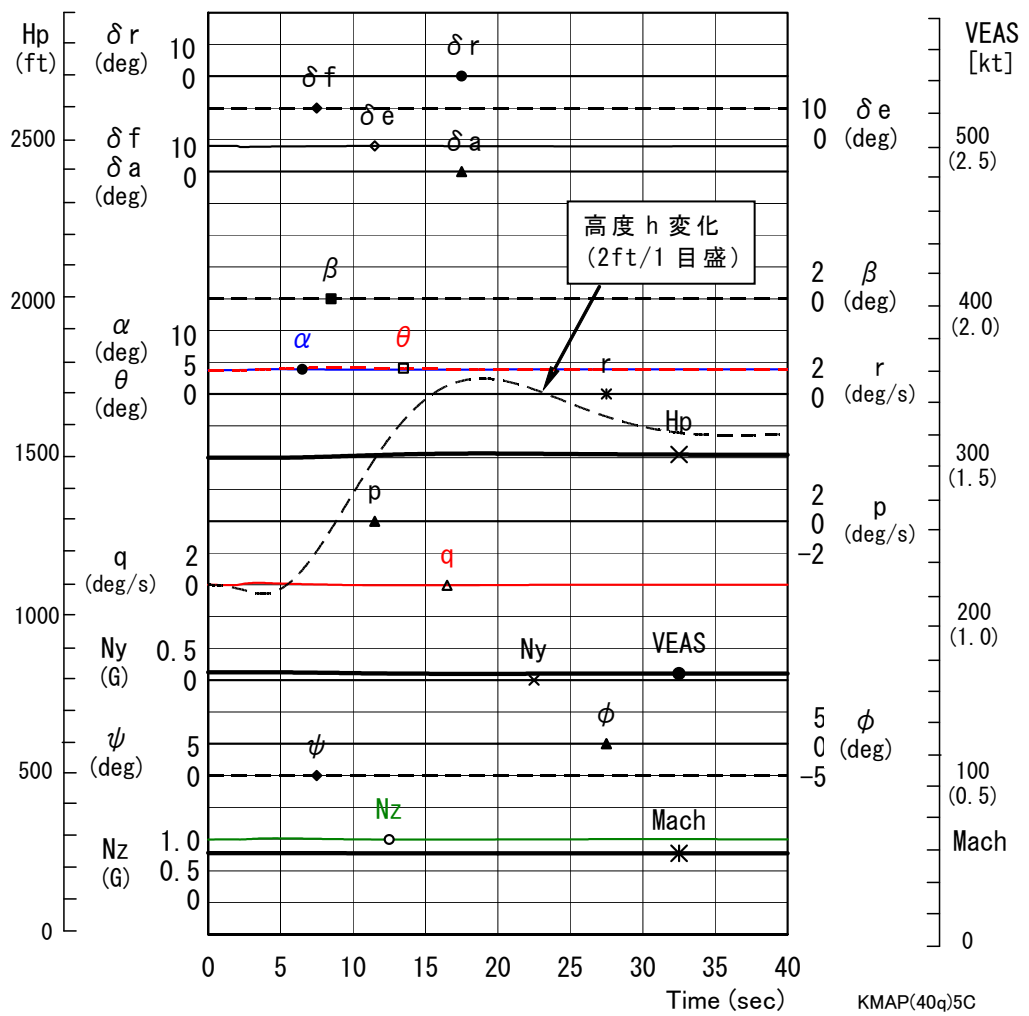


図 2.3 高度保持 2 のシミュレーション

図 2.3 は、シミュレーション図であるが、これは「解析結果の表示」画面で「2」とキーイン/EnterするとExcel表示させることができる。ただし、ここ

で利用した飛行機データの inputs は途中で元にもどした操舵になっているので、一回計算した後、表示されている AUTO.A000.DAT ファイルの操舵を 2 秒以降 10ft に変更した場合である。高度保持 1 の結果と比較すると、高度保持 2 は若干オーバーシュート量が増えている。

「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。

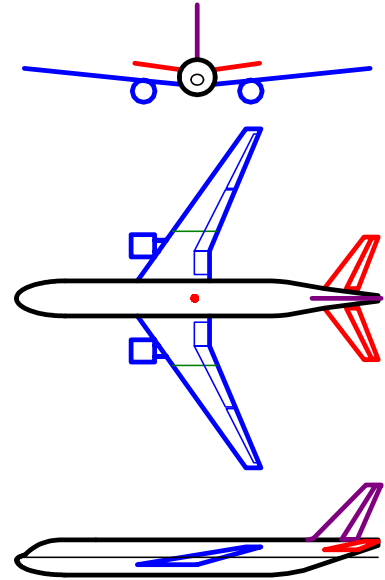


図 2.4 機体 3 面図

以上