

## (204D) 方位角保持 1 (ロール角保持 1 に, $\Psi \rightarrow \phi_c$ )

2019(R1).10.27(D) 片柳亮二

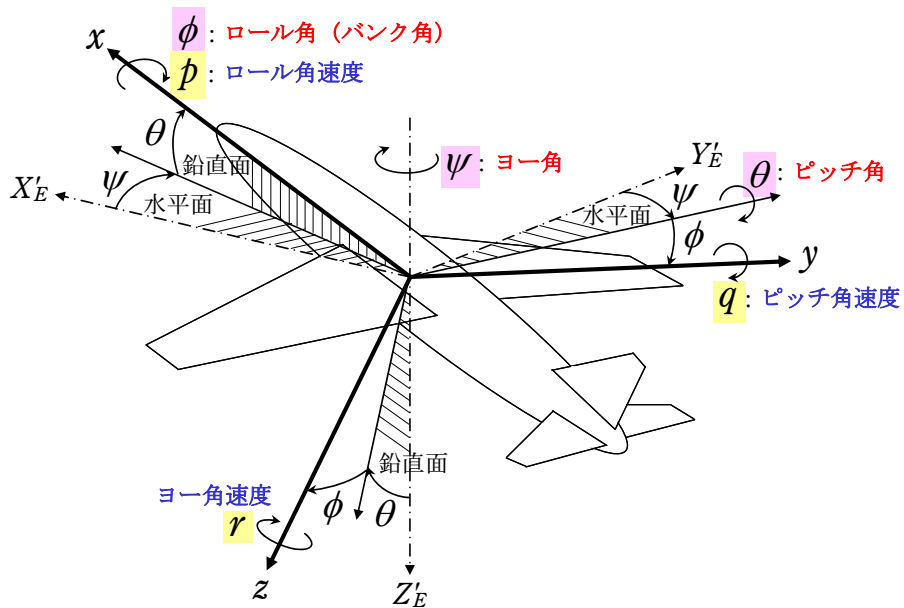


図 1.1 飛行運動変数の説明

図 1.2 に、ここで検討する方位角保持 1 のブロック図を示す。

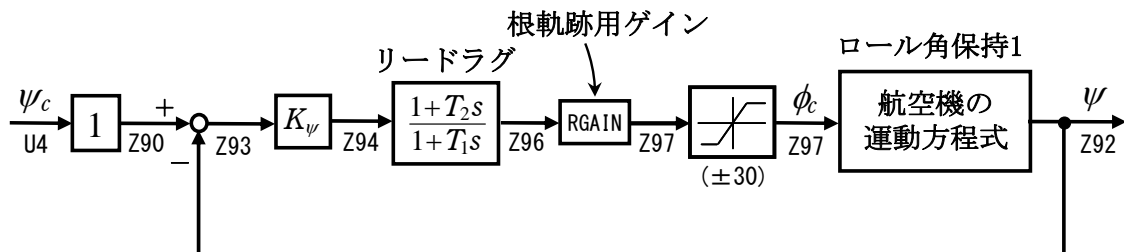


図 1.2 方位角保持 1 のブロック図

### 1. ロール角保持 1 の事前計算

方位角保持 1 は、ロール角保持 1 へのロール角指令値を入力する方式とする。このロール角保持 1 (制御則 202) を事前に計算しておけば、方位角保持 1 を自動的に設計できる。

### 2. 方位角保持 1 の設計

KMAP を起動して、ロール角保持 1 の事前計算後、これに指令する方式の方位角保持 1 の最適ゲインを求める。

ロール角保持 1 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」⇒ “204” キーイン  
 方位角保持 1 (ロール角保持 1)  
 ⑥ ロール角保持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, 方位角保持部の  
 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 4 7

このとき, 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. この解析計算では, その前に計算された「ロール角保持 1」で計算された最適ゲインを用いて, 方位角保持の制御則を加えた上で, 方位角保持の最適ゲイン計算が行われる. なお, 比例ゲイン  $K_{\psi}$  は 1.0(一定)とした.

これで解析計算が自動的に実行されて, 「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 (m<sup>2</sup>)    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·s<sup>2</sup>/m<sup>4</sup>)  
 V = 0.86778E+02 (m/s)    VKEAS= 0.16500E+03 (kt)    b = 0.60900E+02 (m)  
 Ix= 0.11936E+07 (⇒)    Iz = 0.39251E+07 (⇒)    Ixz = 0.11936E+06 (kgf·m·s<sup>2</sup>)  
 CL= 0.83554E+00 (—)    α = 0.37503E+01 (deg)    CG = 0.25000E+02 (%MAC)  
 (この CL は初期釣合 G に必要な CL です)  
 T= 0.24891E+05 (kgf)    δf = 0.20000E+02 (deg)    δe = -0.18750E+01 (deg)  
 CLα= 0.1073E+00 (1/deg)    Cmα= -0.2573E-01 (1/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)
Cyβ = -0.133610E-01	Cyβ = -0.133610E-01	Yβ' = -0.103494E+00
Cyδr = 0.268149E-02	Cyδr = 0.268149E-02	Yδr' = 0.207706E-01
Clβ = -0.378068E-02	Clβ = -0.378068E-02	Lβ' = -0.210600E+01
Clδa = -0.189409E-02	Clδa = -0.189409E-02	Lδa' = -0.106897E+01
Clδr = 0.116269E-03	Clδr = 0.116269E-03	Lδr' = 0.437219E-01
Clp = -0.442863E+00	Clp = -0.442863E+00	Lp' = -0.153139E+01
Clr = 0.266273E+00	Clr = 0.266273E+00	Lr' = 0.898388E+00
Cnβ = 0.171812E-02	Cnβ1 = 0.171812E-02	Nβ' = 0.230168E+00
Cnδa = 0.527530E-04	Cnδa = 0.527530E-04	Nδa' = -0.234722E-01
Cnδr = -0.127809E-02	Cnδr1 = -0.127809E-02	Nδr' = -0.217529E+00
Cnp = 0.463237E-02	Cnp = 0.463237E-02	Np' = -0.417094E-01
Cnr = -0.215438E+00	Cnr = -0.215438E+00	Nr' = -0.198598E+00

\*\*\*\*\*

(NAERO=22) 方向 δr コントロールシステム解析

●出力キー: i:3:BETA, 4:p, 5:r, 6:PHI (不明なら 6 入力)

\*\*\*\*\* (フィードバック前の極チェック) \*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* POLES \*\*\*\*\*

POLES(12), EIVMAX= 0.500D+02

N	REAL	IMAG	
1	-0.34999999D+02	-0.35707143D+02	[ 0.7000E+00, 0.5000E+02]
2	-0.34999999D+02	-0.35707143D+02	[ 0.7000E+00, 0.5000E+02]
3	-0.34999999D+02	0.35707143D+02	周期 P(sec)= 0.1760E+00
4	-0.34999999D+02	0.35707143D+02	周期 P(sec)= 0.1760E+00
5	-0.88417330D+01	0.00000000D+00	
6	-0.15564094D+01	0.00000000D+00	
7	-0.19305020D+00	0.00000000D+00	
8	-0.12385118D+00	-0.65938959D+00	[ 0.1846E+00, 0.6709E+00]
9	-0.12385118D+00	0.65938959D+00	周期 P(sec)= 0.9529E+01
10	-0.29372350D-01	0.00000000D+00	
11	0.00000000D+00	0.00000000D+00	
12	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(12), EIVMAX= 0.4965D+02

N	REAL	IMAG	
1	-0.34750582D+02	-0.35466401D+02	[ 0.6999E+00, 0.4965E+02]
2	-0.34750582D+02	0.35466401D+02	周期 P(sec)= 0.1772E+00
3	-0.33415599D+02	-0.33564944D+02	[ 0.7055E+00, 0.4736E+02]
4	-0.33415599D+02	0.33564944D+02	周期 P(sec)= 0.1872E+00
5	-0.58703480D+01	-0.58562639D+01	[ 0.7080E+00, 0.8292E+01]
6	-0.58703480D+01	0.58562639D+01	周期 P(sec)= 0.1073E+01
7	-0.88764733D+00	-0.88691819D+00	[ 0.7074E+00, 0.1255E+01]
8	-0.88764733D+00	0.88691819D+00	周期 P(sec)= 0.7084E+01
9	-0.40490783D+00	-0.40712979D+00	[ 0.7052E+00, 0.5742E+00]
10	-0.40490783D+00	0.40712979D+00	周期 P(sec)= 0.1543E+02
11	-0.10504842D+00	-0.10504984D+00	[ 0.7071E+00, 0.1486E+00]
12	-0.10504842D+00	0.10504984D+00	周期 P(sec)= 0.5981E+02

ZEROS( 7), II/JJ= 7/ 2, G= 0.1452D+04 (←  $\Psi/U4$ )

N	REAL	IMAG	
1	-0.34751327D+02	-0.35466827D+02	[ 0.6999E+00, 0.4965E+02]
2	-0.34751327D+02	0.35466827D+02	
3	-0.22980001D+01	0.00000000D+00	
4	-0.14160294D+01	0.00000000D+00	
5	-0.10931351D+01	0.00000000D+00	
6	-0.40915999D+00	-0.41788302D+00	[ 0.6996E+00, 0.5848E+00]
7	-0.40915999D+00	0.41788302D+00	

入力 1.0 のステップ応答定常値= 0.1000E+01

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

POLES(12), EIVMAX= 0.5000D+02

N	REAL	IMAG	
1	-0.34999999D+02	-0.35707143D+02	[ 0.7000E+00, 0.5000E+02]
2	-0.34999999D+02	0.35707143D+02	周期 P(sec)= 0.1760E+00
3	-0.33413711D+02	-0.33563475D+02	[ 0.7055E+00, 0.4736E+02]
4	-0.33413711D+02	0.33563475D+02	周期 P(sec)= 0.1872E+00
5	-0.58751554D+01	-0.58624305D+01	[ 0.7079E+00, 0.8300E+01]
6	-0.58751554D+01	0.58624305D+01	周期 P(sec)= 0.1072E+01
7	-0.88882328D+00	-0.88787322D+00	[ 0.7075E+00, 0.1256E+01]
8	-0.88882328D+00	0.88787322D+00	周期 P(sec)= 0.7077E+01
9	-0.19305020D+00	0.00000000D+00	
10	-0.15991825D+00	-0.51542623D+00	[ 0.2963E+00, 0.5397E+00]
11	-0.15991825D+00	0.51542623D+00	周期 P(sec)= 0.1219E+02
12	0.00000000D+00	0.00000000D+00	

ZEROS( 9), II/JJ= 2/ 4, G= 0.3404D+04

N	REAL	IMAG
1	-0.35348812D+02	-0.36377574D+02 [ 0.6969E+00, 0.5072E+02]
2	-0.35348812D+02	0.36377574D+02
3	-0.40818940D+01	0.00000000D+00
4	-0.86085990D+00	-0.75982671D+00 [ 0.7497E+00, 0.1148E+01]
5	-0.86085990D+00	0.75982671D+00
6	-0.29623958D+00	0.00000000D+00
7	0.63194159D-01	-0.20603789D+00 [-0.2932E+00, 0.2155E+00]
8	0.63194159D-01	0.20603789D+00
9	0.59684410D+01	0.00000000D+00

★定常値が複素数です!

入力 1.0 のステップ応答定常値 = -0.3871E+13 -0.1499E+05

周波数	ゲイン余裕	位相余裕
0.09550 (rad/s)		(1) 58.64043 (deg)
0.19000 (rad/s)	(1) 9.90609 (dB)	
0.43500 (rad/s)		(2) 126.81019 (deg)
0.76000 (rad/s)		(3) 135.30270 (deg)
8.30000 (rad/s)	(2) 14.63393 (dB)	

ゲイン余裕最小値 = 9.90609 (dB), 位相余裕最小値 = 58.64043 (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

★ラダー系のゲイン探索のみ

IMONTE= 1000001 評価関数 J= 5.945935E-05

##### (最適ゲイン探索結果) #####

& (1) 102 行目 0.5180E+01 &

& (2) 103 行目 0.7062E+00 &

#####

(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。

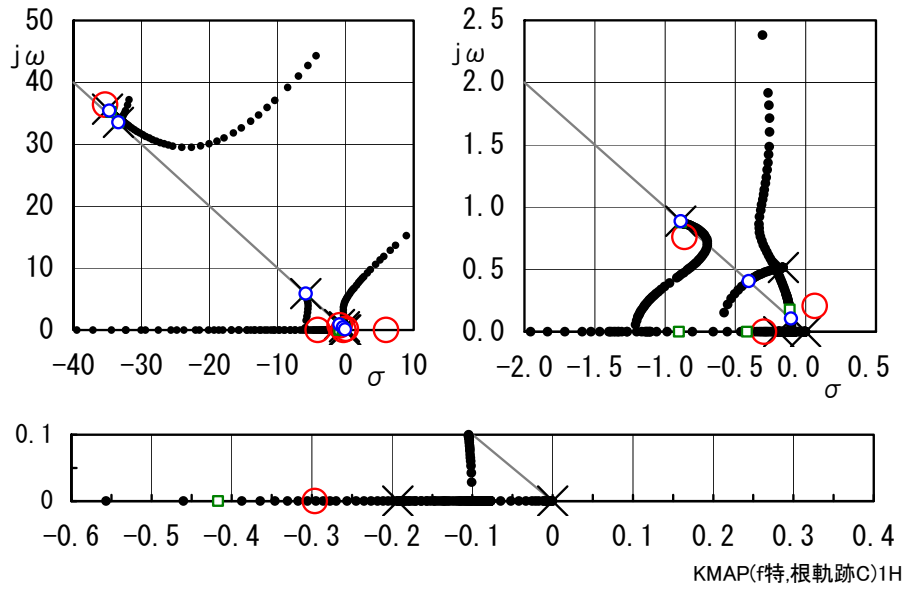


図 2.1 方位角保持 1 の根軌跡

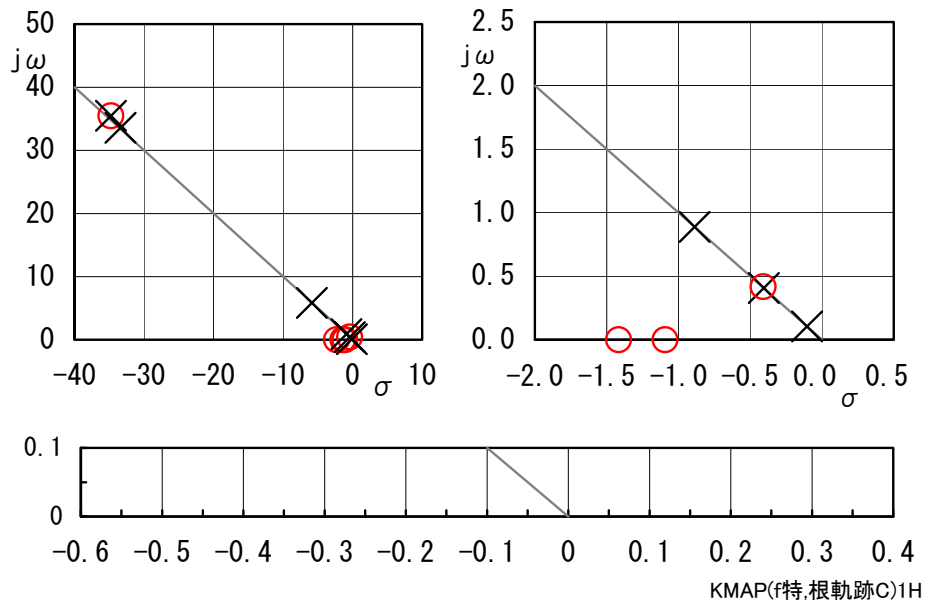


図 2.2 方位角保持 1 の極・零点 ( $\Psi/U4$ )

このときの、方位角保持 1 のシミュレーション結果を図 2.3 に示すが、 $10^\circ$  の方位角変化が達成されていることがわかる。

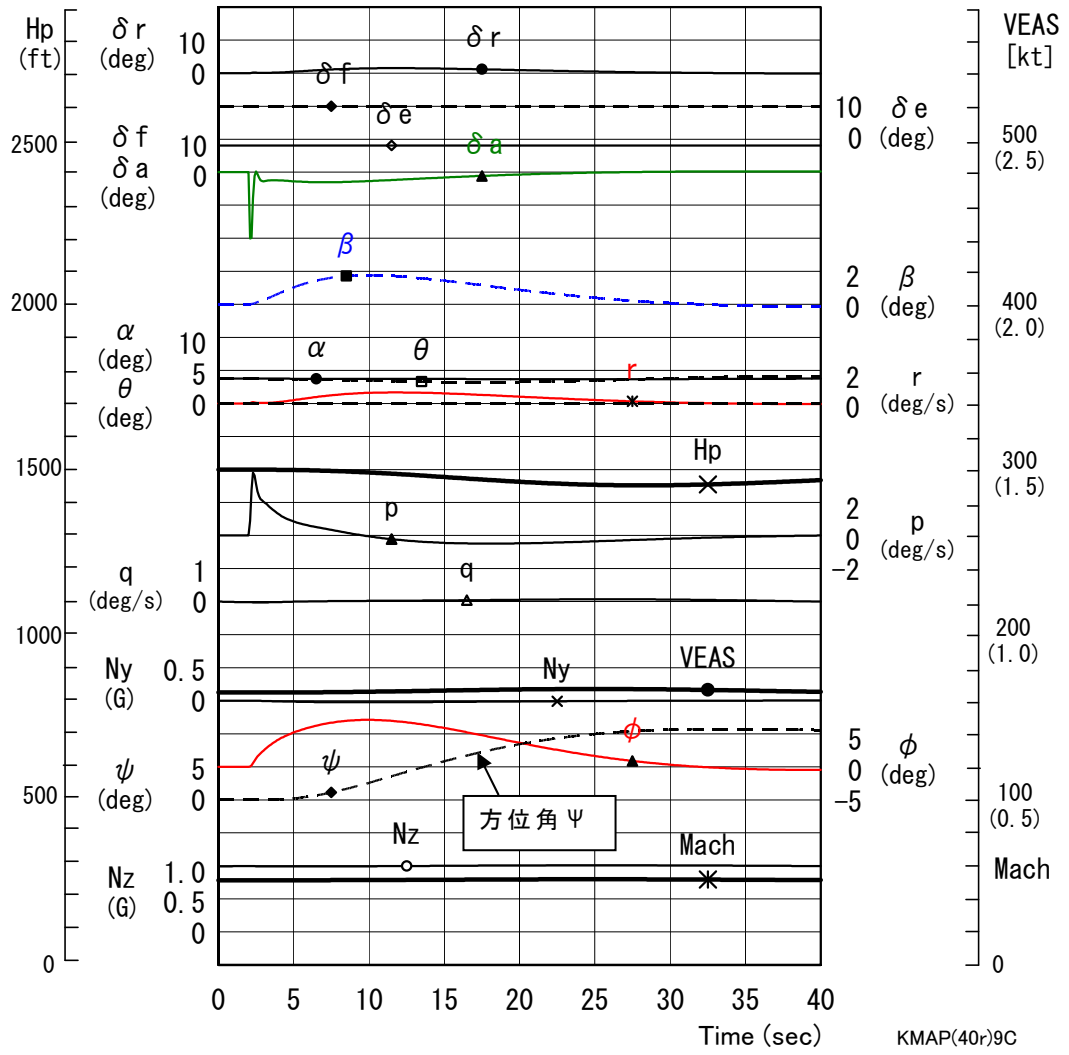


図 2.3 方位角保持 1 のシミュレーション

以上