

(201D) ロール角速度コマンド 1 ($p \rightarrow \delta a; \beta, r, p, \phi \rightarrow \delta r$)

2019(R1).10.27(D) 片柳亮二

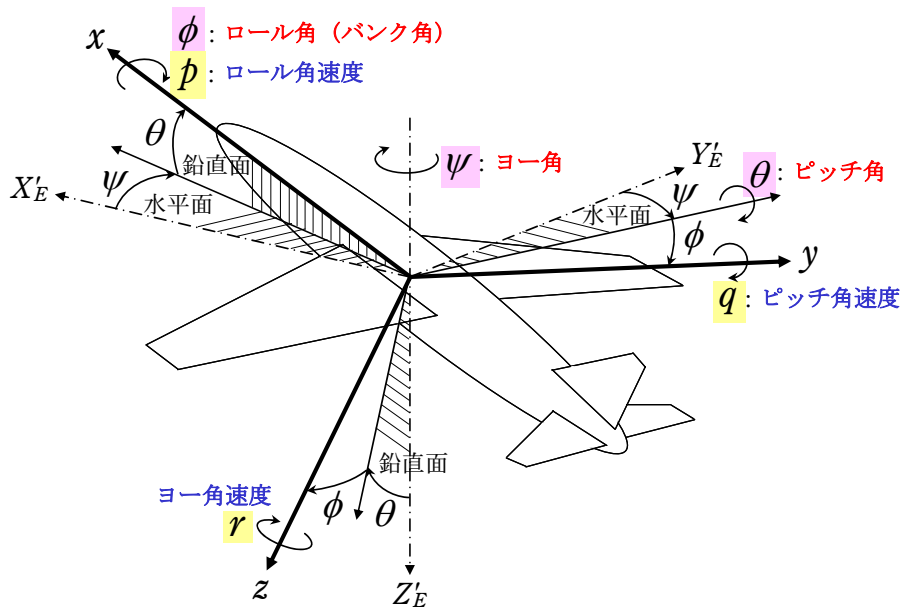


図 1 飛行運動変数の説明

β と $\dot{\beta}$ にリードラグを通してラダーにフィードバックする方法によるロール角速度コマンド 1 を考える．ブロック図は図 2 である．

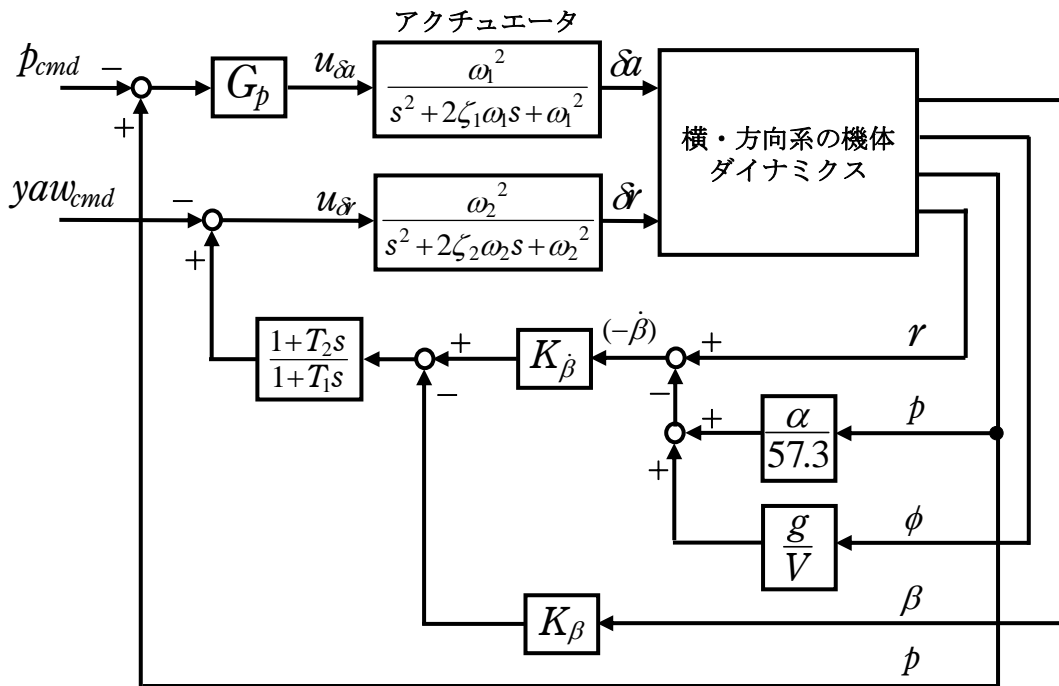


図 2 ロール角速度コマンド 1

KMAP を起動して、

- 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」⇒ “201” キーイン
横・方向系. ロール角速度コマンド 1(p→ δa ; β , r, p, ϕ リードラグ→ δr)
- ⑥ 「インプットデータ修正(後半部)」と表示されるので、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 2 0 0 9 8 0 0 2 4

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)   b = 0.60900E+02 (m)
Ix= 0.11936E+07 (⇒)  Iz = 0.39251E+07 (⇒)  Ixz = 0.11936E+06 (kgf·m·s2)
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) Cma = -0.2573E-01 (1/deg)
縦安定中正点 (neutral point) hn = (0.25 - Cma / 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
Cip = -0.442863E+00    Cip = -0.442863E+00    Lp' = -0.153139E+01
Cir = 0.266273E+00    Cir = 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=21) 横 δa 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(9), 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  -0.15564094D+01  0.00000000D+00
6  -0.31575623D+00  0.00000000D+00
7  -0.12385118D+00 -0.65938959D+00 [ 0.1846E+00, 0.6709E+00]
8  -0.12385118D+00  0.65938959D+00  周期 P(sec)= 0.9529E+01
9  -0.29372350D-01  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(9), EIVMAX= 0.4959D+02

```

N      REAL      IMAG
1  -0.34701126D+02 -0.35429094D+02 [ 0.6997E+00, 0.4959E+02]
2  -0.34701126D+02  0.35429094D+02  周期 P(sec)= 0.1773E+00
3  -0.34061199D+02 -0.34825013D+02 [ 0.6992E+00, 0.4871E+02]
4  -0.34061199D+02  0.34825013D+02  周期 P(sec)= 0.1804E+00
5  -0.21272037D+01 -0.12137604D+00 [ 0.9984E+00, 0.2131E+01]
6  -0.21272037D+01  0.12137604D+00  周期 P(sec)= 0.5177E+02
7  -0.18030113D+00 -0.17927486D+00 [ 0.7091E+00, 0.2543E+00]
8  -0.18030113D+00  0.17927486D+00  周期 P(sec)= 0.3505E+02
9  -0.95791251D-02  0.00000000D+00

```

ZEROS(6), II/JJ= 4/ 1, G= 0.1429D+04 (p/U2)

```

N      REAL      IMAG
1  -0.34075156D+02 -0.34836453D+02 [ 0.6993E+00, 0.4873E+02]
2  -0.34075156D+02  0.34836453D+02
3  -0.21233895D+01  0.00000000D+00
4  -0.18538309D+00 -0.15508053D+00 [ 0.7670E+00, 0.2417E+00]
5  -0.18538309D+00  0.15508053D+00
6  0.68943002D-02  0.00000000D+00

```

入力 1.0 のステップ応答定常値=-0.1769E+00

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

POLES(9), 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  -0.34065865D+02 -0.34828713D+02 [ 0.6992E+00, 0.4872E+02]
4  -0.34065865D+02  0.34828713D+02  周期 P(sec)= 0.1804E+00
5  -0.20981493D+01  0.00000000D+00
6  -0.15498842D+01  0.00000000D+00
7  -0.17728112D+00 -0.18886949D+00 [ 0.6844E+00, 0.2590E+00]
8  -0.17728112D+00  0.18886949D+00  周期 P(sec)= 0.3327E+02
9  -0.14912859D-01  0.00000000D+00

```

ZEROS(6), II/JJ= 1/ 3, G=-0.1429D+04

```

N      REAL      IMAG
1  -0.34075156D+02 -0.34836453D+02 [ 0.6993E+00, 0.4873E+02]
2  -0.34075156D+02  0.34836453D+02
3  -0.21233895D+01  0.00000000D+00
4  -0.18538309D+00 -0.15508053D+00 [ 0.7670E+00, 0.2417E+00]
5  -0.18538309D+00  0.15508053D+00
6  0.68943002D-02  0.00000000D+00

```

入力 1.0 のステップ応答定常値= 0.1503E+00

```

-----
          周波数          ゲイン余裕          位相余裕
          52.50000 (rad/s)  (1) 42.13172 (dB)
-----

```

ゲイン余裕最小値= 42.13172 (dB), 位相余裕最小値=900.00000 (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
- ★ エルロン系のゲイン探索のみ

```

IMONTE=      1000001  評価関数 J=      1.707474E-01
#####( 最適ゲイン探索結果 )#####
& ( 1)   76 行目    0.5347E+00  &
& ( 2)  102 行目    0.2642E+01  &
& ( 3)  103 行目    0.1246E+00  &
& ( 4)  105 行目    0.3167E+01  &
& ( 5)  106 行目    0.9484E+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。

「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。

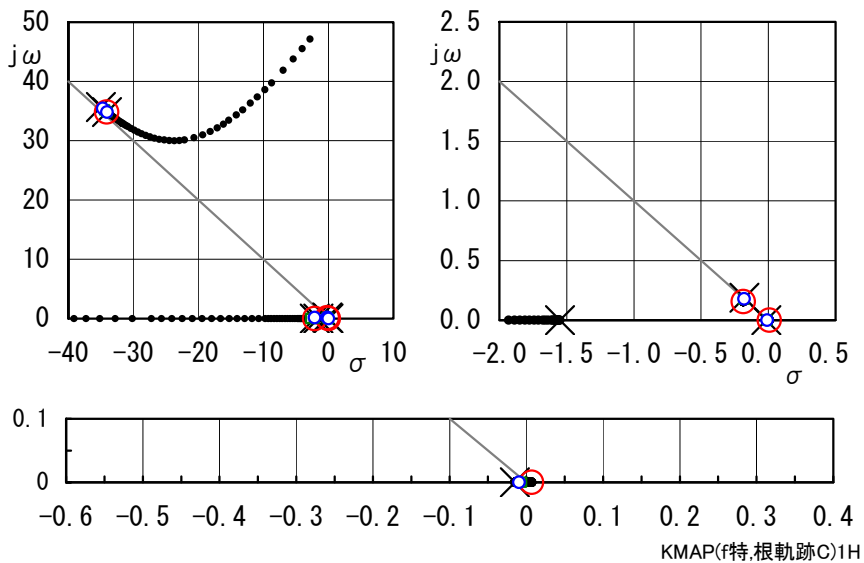


図 3 ロール角速度コマンド 1(エルロン系)の根軌跡

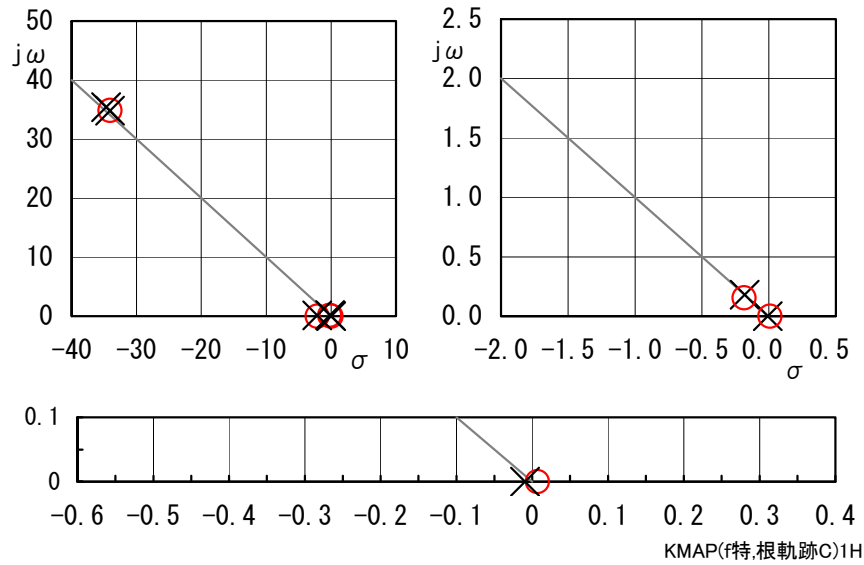


図 4 ロール角速度コマンド 1 の極・零点 (p/pcmd)

次に、「解析結果の表示」の画面で「0, 1」とキーイン/Enterすると、再計算が実施されるので、「0, 4, 5」とキーインすると、次の根軌跡と極・零点の図を表示できる。なお、このとき表示されている AUTO.AAA0.DAT で、シミュレーション用にパイロット操縦を、例えば 2 秒から 4 秒間 20.0, 15 秒から 4 秒間 -20.0 に設定しておく。

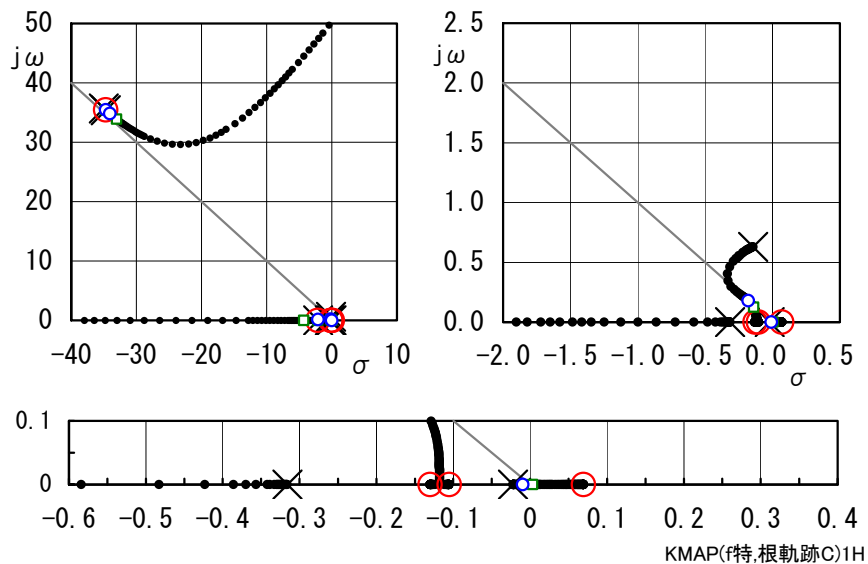


図 5 ロール角速度コマンド 1 (ラダー系) の根軌跡

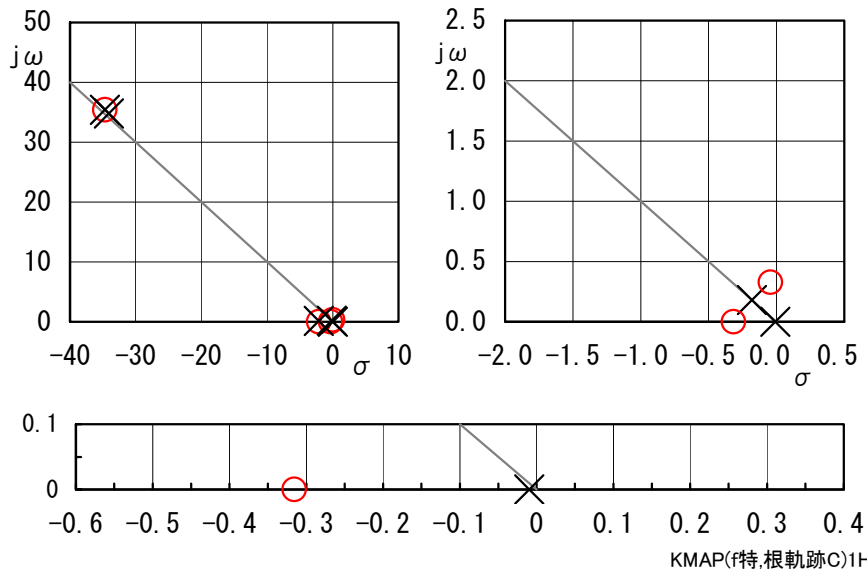


図 6 ロール角速度コマンド 1 の極・零点 (r/yawcmd)

先に設定したパイロット操縦の場合のシミュレーション結果を図 7 に示すが、ロール角速度 p が適切に発生していることが確認できる。

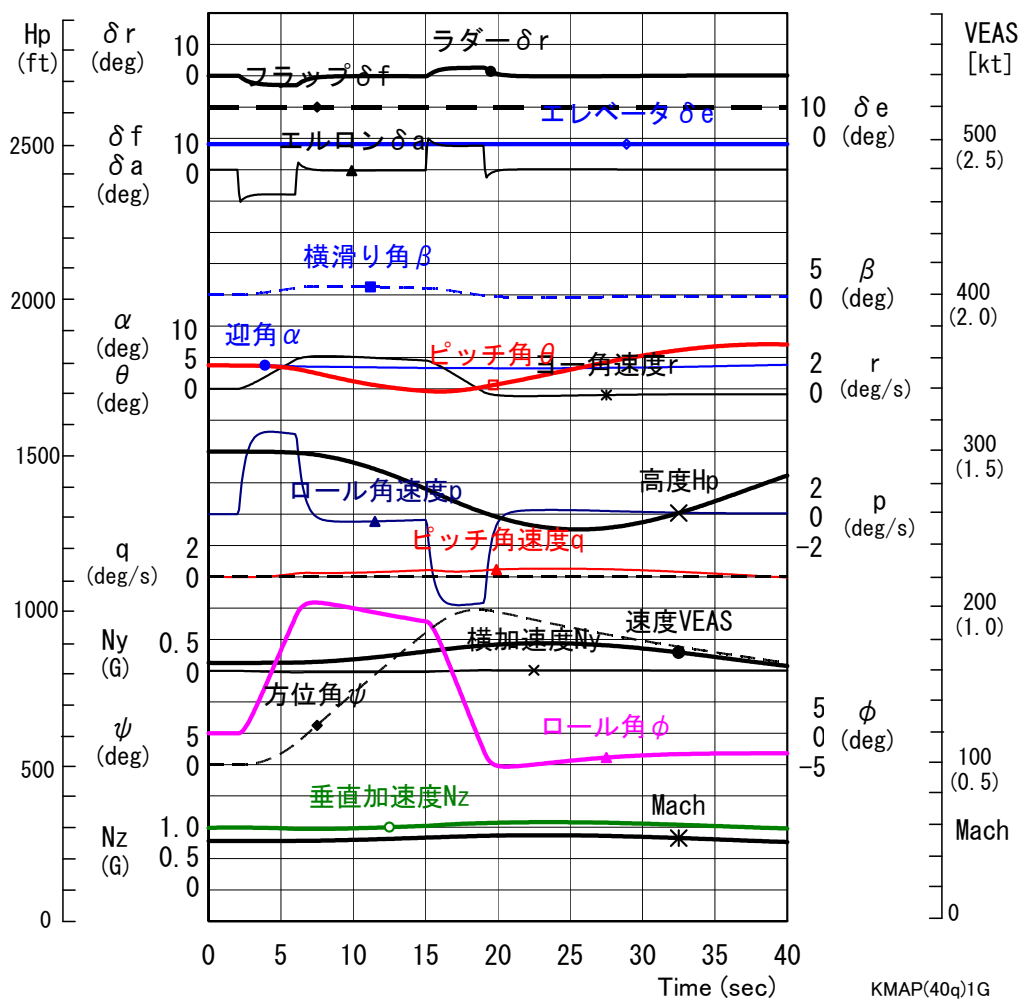


図 7 ロール角速度コマンド 1 のシミュレーション