

制御系解析プログラム KMAP
(KMAP を用いると航空機の制御系は
簡単に構成できます)

H27(2015).7.13 (A)

片柳亮二

第1章 はじめに

制御系解析プログラム **KMAP (ケーマップ)** は、航空機の運動解析用に開発されたソフトウェアです。これをバージョンアップする形で、制御系設計解析機能をはじめ各種解析に必要な機能を初学者にも簡単に使えるように追加発展しているものです。

KMAP を用いると航空機の制御系の解析が簡単にできます。 それは、KMAP には航空機の運動方程式(ダイナミクス)が既に組み込まれており、航空機の運動の情報も Z 変数で出力されます。ユーザーは航空機の運動に関しては何も設定する必要はありません。単に運動情報の Z 変数を制御則の中で利用していけばよいわけです。

以下、KMAP を用いて航空機の制御系の解析方法について解説します。なお、「KMAP の使い方」の中に下記の説明もありますので参照ください。

- Z 接続法 (Z-Connection Method)
- 伝達関数表現による制御系解析
- 状態方程式表現による制御系解析

第2章 航空機の制御系解析

次のピッチ角制御系を例題として、航空機の制御系の解析方法について説明します。

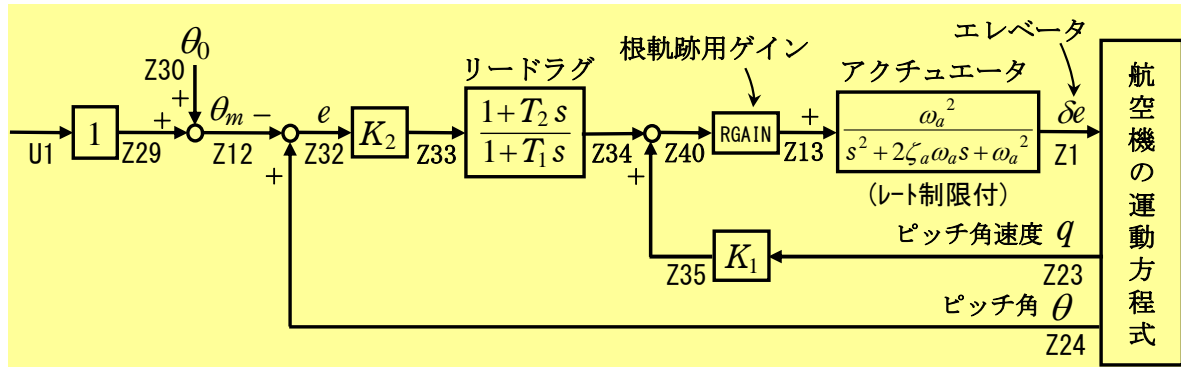


図 2.1 航空機のピッチ角制御系

(1) 航空機の制御系解析に用いる KMAP 変数について

主として航空機の制御系解析に用いられる **KMAP 変数**は **U** および **Z** である。制御対象が航空機の場合は予めこれらの変数が次のように設定されています。

U1 : ピッチ入力
U2 : ロール入力
U3 : フラップ入力
U4 : ヨー入力
U5 : 推力入力

この U1~U5 には、パイロットからの入力や外部からの入力などが入ってきます。

Z1	: エレベータ舵角 (deg)
Z2	: エルロン舵角 (deg)
Z3	: フラップ舵角 (deg)
Z4	: ラダー舵角 (deg)
Z5	: 推力 (kgf)

この Z1~Z5 は舵角です。例えば Z1 に値を入力すると、航空機のエレベータ舵角が作動します。

次に、航空機の運動情報(状態変数)も予め次のように設定されています。

<縦系の状態変数>

Z21	: x 軸方向速度 u (m/s)
Z22	: 迎角 α (deg)
Z23	: ピッチ角速度 q (deg/s)
Z24	: ピッチ角 θ (deg)

<横・方向系の状態変数>

Z25	: 横滑り角 β (deg)
Z26	: ロール角速度 p (deg/s)
Z27	: ヨー角速度 r (deg/s)
Z28	: ロール角 ϕ (deg)

以上のように、航空機への入力および出力変数は対応する Z 番号が予め設定されていますので、**ユーザーは航空機の運動方程式(ダイナミクス)をモデル化する必要はありません。**既に設定されている。入力 U と状態変数 Z21~Z28 を用いて制御則を構成して、それらを舵角 Z1~Z5 につなぐことで、簡単に飛行制御系を構成することができます。

(2) インプットデータについて

具体的に図 2.1 のピッチ角制御系の例題のインプットデータは次のようになります。

GDES. 模型飛行機オートパイロット縦 1. Y130819. DAT (ピッチ角制御)

```
*****
12 //#####<<縦系制御則>>#####
13 //(次の Z21~Z24 は変更不要)
14 Z21={u(m/s)}; H 0 201 21 0 0 0 0
15 Z22={ALP(deg)}; H 0 205 22 0 0 0 0
16 Z23={q(deg/s)}; H 0 203 23 0 0 0 0
17 Z24={THE(deg)}; H 0 204 24 0 0 0 0
18 //*****
19 //...<<De 系,ここから記述>>...
20 Z29=U1*G; (THEC) H 0 0.1000E+01 52 29 1 0 0 0
21 Z30={t=G} Z24; H 0 0.0000E+00 82 30 24 0 0 0
22 Z12=Z30+Z29; H 0 35 12 30 29 0 0
23 Z32=-Z12+Z24; H 0 38 32 12 24 0 0
24 Z33=Z32*G; H 0 0.6097E+00 53 33 32 0 0 0
25 Z34={({1+G2S)/(1+G1S)} Z33; H 0 0.9323E+00 113 34 33 12 0 0
26 H 0 0.3665E+01 113 0 0 0 0 0
27 Z35=Z23*G; H 0 0.2104E+00 53 35 23 0 0 0
28 Z40=Z35+Z34; H 0 35 40 35 34 0 0
29 Z40={G1<=, <=G2}; H 0 -0.2000E+02 85 40 0 0 0 0
30 H 0 0.2000E+02 85 0 0 0 0 0
31 //(開ループ,根軌跡用ゲイン)(De)
32 Z13={RGAIN(De)} Z40; H 0 301 13 40 0 0 0
33 //(アクチュエータ,2次遅れ)
34 Z1={G2^2/[G1G2]G3} Z13; H 0 0.7000E+00 124 1 13 19 0 0
35 H 0 0.3000E+02 124 0 0 20 0 0
36 H 0 0.1000E+04 124 0 0 0 0 0
37 Z1={G1<=, <=G2}; (De) H 0 -0.2000E+02 85 1 0 0 0 0
38 H 0 0.2000E+02 85 0 0 0 0 0
39 //(Z1 が舵角 De に接続される)
(途中省略)
51 //(縦系の応答出力を設定)
55 R6=Z21; (y4:u) H 0 101 6 21 0 0 0
56 R7=Z22; (y5:ALP) H 0 101 7 22 0 0 0
57 R8=Z23; (y6:q) H 0 101 8 23 0 0 0
58 R9=Z24; (y7:THE) H 0 101 9 24 0 0 0
59 R10=Z12; (y8:qModel) H 0 101 10 12 0 0 0
60 //(この後に必要な応答を追加)
61 //(以上,全縦系制御則完了)
62 //(縦系の最後に次の END 文が必要)
63 {Pitch Data END}; H 0 899 888 0 0 0 0
----- (DATA END) -----
```

(3) KMAP 線図について

図 2.1 のピッチ角制御系の入力データは(2)項に示したとおりですが、入力データのリストでは情報の流れがわかりにくいと思います。そこで、次に示す **KMAP 線図(ブロック図の自動作画機能)**にて制御系の構成をみることができます。

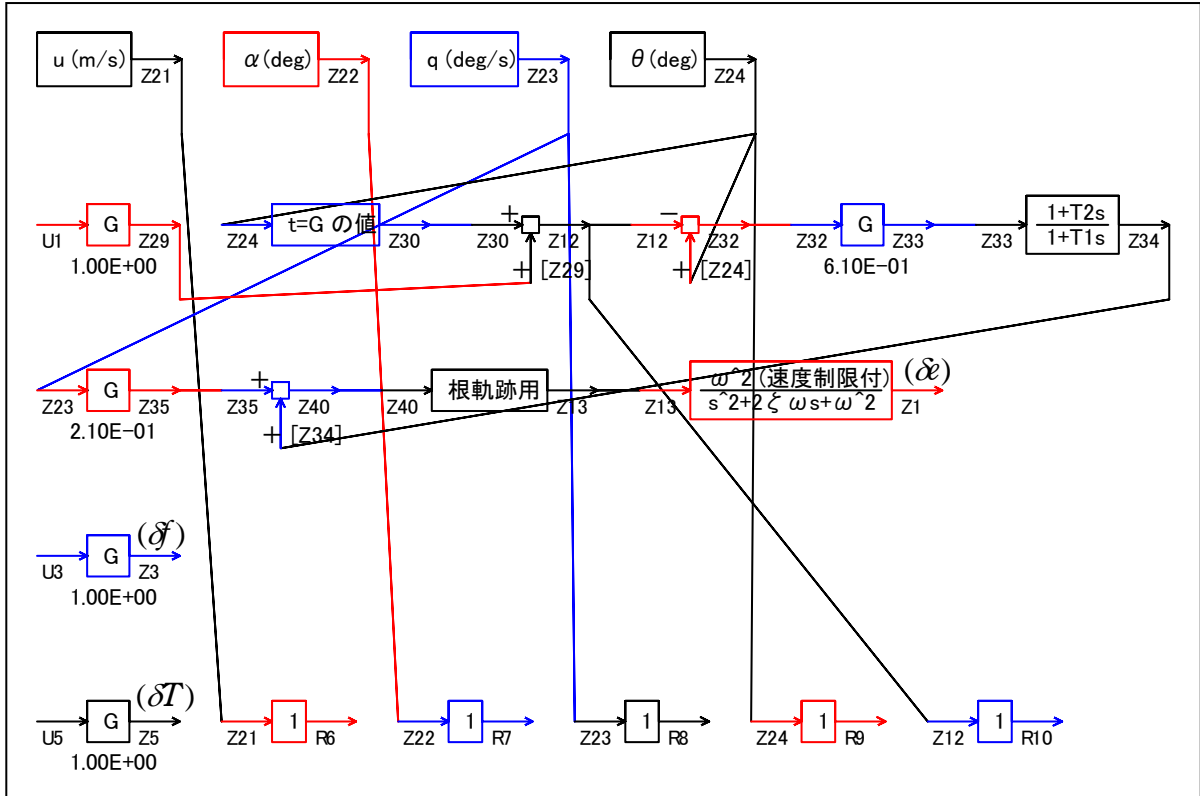
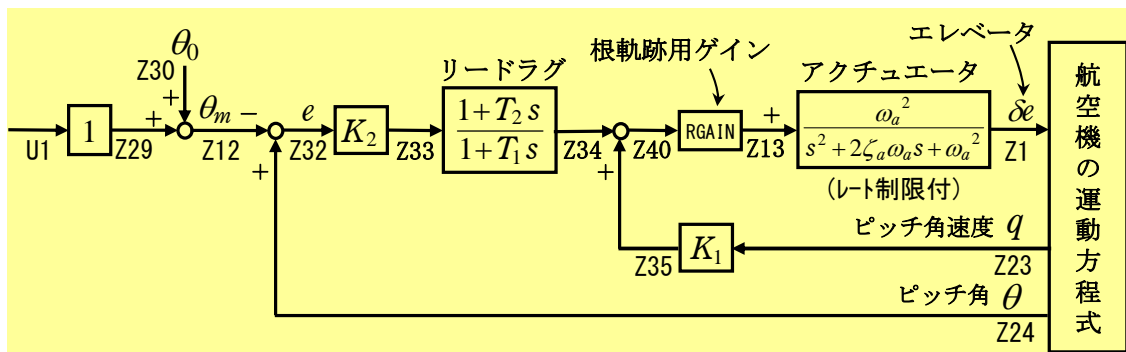


図 2.2 KMAP 線図 (下記のブロック図に対応するもの)



以上