D11 関節格子機構に適用する関節操作推定関数の開拓

衣川　摂哉

1.序

　エンジン翼の翼体を形成する関節格子機構

複雑性を抑えて広範囲な飛行状態で効率的に目標加速度増分ベクトルを実現する関節操作推定関数を見出す

形態系の設定段階において

●関節操作推定則の設定
●無人機による飛行測定データから関節操作推定則を更新して精度を向上する方法

が重要となる.

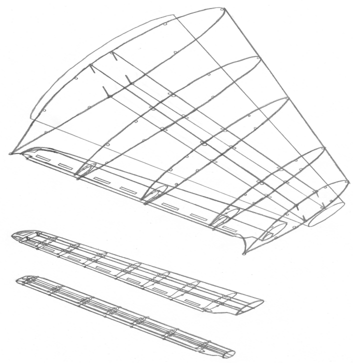
翼体の特に内翼(第1図）について

関節操作推定則を

●加速度変更のための操作推定

●空力モーメント変更のための操作推定

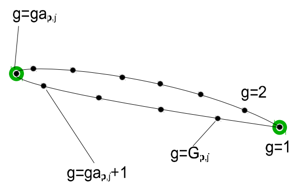
により構成し,その更新法の開拓を試みる.



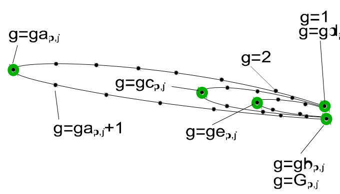
第１図　内翼の関節格子機構

2.内翼の形態系の初期設定

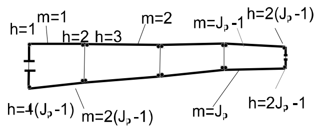
代表形態を形成する縦および横の断面機構を決定する.特に関節と関節角の番号系を第２～７図に示す.



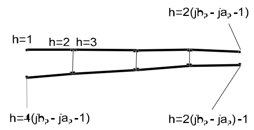
第２図　縦断面機構Ａ型



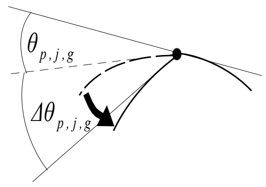
第３図　縦断面機構Ｂ型



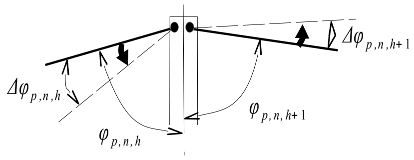
第４図　横関節機構Ａ型



第５図　横関節機構Ｂ，Ｃ型



第 6 図　縦関節角



第 7 図　横関節角

3. 関節操作推定関数の定義

各関節毎に

目標加速度増分ベクトル
$\vec{\Delta A}^t:(\Delta A^t_X, \Delta A^t_Y, \Delta A^t_Z)$,
目標モーメント増分ベクトル
$\vec{\Delta N}^t:(\Delta N^t_X, \Delta N^t_Y, \Delta N^t_Z)$,

速度,加速度,姿勢,形態,高度等の飛行状態を表す測定パラメータからなる飛行変数群 $\boldsymbol{P^f}$ を与える入力変数群

$\boldsymbol{T}=(\vec{\Delta A}^t, \vec{\Delta N}^t, \boldsymbol{P^f})$

の入力により

縦関節操作角 $\Delta\theta_{Ic}$,

横関節操作角 $\Delta\varphi_{Is}$

を出力する夫々縦関節操作推定関数（θ 関数)

$$\Delta\theta_{Ic}=F^{\theta}_{Ic}(\boldsymbol{T}) \quad (1 \leq Ic \leq Ic_1) \qquad (1\text{-}1)$$

,横関節操作推定関数（ φ 関数)

$$\Delta\varphi_{Is}=F^{\varphi}_{Is}(\boldsymbol{T}) \quad (1 \leq Is \leq Is_1) \qquad (1\text{-}2)$$

を関節操作推定関数と総称する.

そしてベクトル表示

$$\boldsymbol{D}=\begin{pmatrix} \Delta\theta_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \Delta\theta_{Ic} \\ \cdot \\ \cdot \\ \Delta\theta_{Ic1} \\ \Delta\varphi_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \Delta\varphi_{Is} \\ \cdot \\ \cdot \\ \Delta\varphi_{Is1} \end{pmatrix} \quad (2\text{-}1) \qquad \boldsymbol{F}(\boldsymbol{T})=\begin{pmatrix} F^{\theta}_1(\boldsymbol{T}) \\ \cdot \\ \cdot \\ F^{\theta}_{Ic}(\boldsymbol{T}) \\ \cdot \\ \cdot \\ F^{\theta}_{Ic1}(\boldsymbol{T}) \\ F^{\varphi}_1(\boldsymbol{T}) \\ \cdot \\ \cdot \\ F^{\varphi}_{Is}(\boldsymbol{T}) \\ \cdot \\ \cdot \\ F^{\varphi}_{Is1}(\boldsymbol{T}) \end{pmatrix} \quad (2\text{-}2)$$

を用いて次式で表される.

$$\boldsymbol{D}=\boldsymbol{F}(\boldsymbol{T}) \qquad (2\text{-}3)$$

次に $\boldsymbol{T^A}=(\vec{\Delta A}^t, \boldsymbol{P^f})$ の入力に対し $\vec{\Delta A}^t$ 優先の操作角 $\Delta\theta^A_{Ic}$ を出力する θA 関数 $F^{\theta A}_{Ic}$ と $\boldsymbol{T^N}=(\vec{\Delta N}^t, \boldsymbol{P^f})$ の入力に対し $\vec{\Delta N}^t$ 優先の操作角 $\Delta\theta^N_{Ic}$ を出力する θN 関数 $F^{\theta N}_{Ic}$ を

$$\Delta\theta^A_{Ic}=F^{\theta A}_{Ic}(\boldsymbol{T^A}) \qquad (3\text{-}1)$$

$$\Delta\theta^N_{Ic}=F^{\theta N}_{Ic}(\boldsymbol{T^N}) \qquad (3\text{-}2)$$

と表し, $\Delta\theta_{Ic}$ を $\Delta\theta^A_{Ic}$ と $\Delta\theta^N_{Ic}$ の重ね合せにより次の通り表す.

$$\begin{aligned} \Delta\theta_{Ic} &= F^{\theta}_{Ic}(\boldsymbol{T}) \\ &= \Delta\theta^A_{Ic} + \Delta\theta^N_{Ic} \\ &= F^{\theta A}_{Ic}(\boldsymbol{T^A}) + F^{\theta N}_{Ic}(\boldsymbol{T^N}) \quad (3\text{-}3) \end{aligned}$$

また, $\boldsymbol{T^A}=(\vec{\Delta A}^t, \boldsymbol{P^f})$ の入力に対し $\vec{\Delta A}^t$ 優先の操作角 $\Delta\varphi^A_{Is}$ を出力する φA 関数 $F^{\varphi A}_{Is}$ と

$\boldsymbol{T^N}=(\vec{\Delta N}^t, \boldsymbol{P^f})$ の入力に対し $\vec{\Delta N}^t$ 優先の操作角 $\Delta\varphi^N_{Is}$ を出力する φN 関数 $F^{\varphi N}_{Is}$ を

$$\Delta\varphi^A_{Is}=F^{\varphi A}_{Is}(\boldsymbol{T^A}) \quad (4\text{-}1)$$

$$\Delta\varphi^N_{Is}=F^{\varphi N}_{Is}(\boldsymbol{T^N}) \quad (4\text{-}2)$$

と表し，$\Delta\varphi_{Is}$ を $\Delta\varphi^{A}_{Is}$ と $\Delta\varphi^{N}_{Is}$ の重ね合せにより次の通り表す.

$$\begin{aligned}\Delta\varphi_{Is} &= F^{\varphi}_{Is}(\boldsymbol{T})\\ &= \Delta\varphi^{A}_{Is} + \Delta\varphi^{N}_{Is}\\ &= F^{\varphi A}_{Is}(\boldsymbol{T}^{A}) + F^{\varphi N}_{Is}(\boldsymbol{T}^{N})\end{aligned} \qquad (4\text{-}3)$$

更に(3-1) , (3-2) , (4-1) , (4-2)の各式より得られる

A 操作角ベクトル $$\boldsymbol{D}^{A} = \begin{pmatrix}\Delta\theta^{A}_{1}\\ \cdot\\ \cdot\\ \Delta\theta^{A}_{Ic}\\ \cdot\\ \cdot\\ \Delta\theta^{A}_{Ic1}\\ \Delta\varphi^{A}_{1}\\ \cdot\\ \cdot\\ \Delta\varphi^{A}_{Is}\\ \cdot\\ \cdot\\ \Delta\varphi^{A}_{Is1}\end{pmatrix} \qquad (5\text{-}1)$$

N 操作角ベクトル $$\boldsymbol{D}^{N} = \begin{pmatrix}\Delta\theta^{N}_{1}\\ \cdot\\ \cdot\\ \Delta\theta^{N}_{Ic}\\ \cdot\\ \cdot\\ \Delta\theta^{N}_{Ic1}\\ \Delta\varphi^{N}_{1}\\ \cdot\\ \cdot\\ \Delta\varphi^{N}_{Is}\\ \cdot\\ \cdot\\ \Delta\varphi^{N}_{Is1}\end{pmatrix} \qquad (5\text{-}2)$$

A 関数 $$\boldsymbol{F}^{A}(\boldsymbol{T}^{A}) = \begin{pmatrix}F^{\theta A}_{1}(\boldsymbol{T}^{A})\\ \cdot\\ \cdot\\ F^{\theta A}_{Ic}(\boldsymbol{T}^{A})\\ \cdot\\ \cdot\\ F^{\theta A}_{Ic1}(\boldsymbol{T}^{A})\\ F^{\varphi A}_{1}(\boldsymbol{T}^{A})\\ \cdot\\ \cdot\\ F^{\varphi A}_{Is}(\boldsymbol{T}^{A})\\ \cdot\\ \cdot\\ F^{\varphi A}_{Is1}(\boldsymbol{T}^{A})\end{pmatrix} \qquad (5\text{-}3)$$

N 関数 $$\boldsymbol{F}^{N}(\boldsymbol{T}^{N}) = \begin{pmatrix}F^{\theta N}_{1}(\boldsymbol{T}^{N})\\ \cdot\\ \cdot\\ F^{\theta N}_{Ic}(\boldsymbol{T}^{N})\\ \cdot\\ \cdot\\ F^{\theta N}_{Ic1}(\boldsymbol{T}^{N})\\ F^{\varphi N}_{1}(\boldsymbol{T}^{N})\\ \cdot\\ \cdot\\ F^{\varphi N}_{Is}(\boldsymbol{T}^{N})\\ \cdot\\ \cdot\\ F^{\varphi N}_{Is1}(\boldsymbol{T}^{N})\end{pmatrix} \qquad (5\text{-}4)$$

を用いて次のベクトル表示を得る.

$$\boldsymbol{D}^{A} = \boldsymbol{F}^{A}(\boldsymbol{T}^{A}) \qquad (5\text{-}5)$$

$$\boldsymbol{D}^{N} = \boldsymbol{F}^{N}(\boldsymbol{T}^{N}) \qquad (5\text{-}6)$$

そして関節操作推定関数は次の通りベクトル表示される.

$$\begin{aligned}\boldsymbol{D} &= \boldsymbol{D}^{A} + \boldsymbol{D}^{N}\\ &= \boldsymbol{F}(\boldsymbol{T}) = \boldsymbol{F}^{A}(\boldsymbol{T}^{A}) + \boldsymbol{F}^{N}(\boldsymbol{T}^{N})\end{aligned} \qquad (5\text{-}7)$$

4. 推定則の更新による関節操作推定関数の生成

無人機の飛行を繰り返し,無人機に搭載した第 k 飛行で使用する第 k 推定則

$$D=F_k(T)$$
$$=F_k^A(T^A)+F_k^N(T^N) \qquad (6)$$

を飛行毎に更新して

$F(T)=F^A(T^A)+F^N(T^N)$ を生成する.

推定関数の生成法を次の(1)から(4)の各ステップにより構成する.

(1)第1（初期）推定則の決定

(2)飛行による操作データの生成

(3)推定関数の生成判定

(4)操作データによる推定則の更新

各ステップを次に示す.

(1) 第１（初期）推定則の設定

初期推定則Aを次の通り設定し、第1回目の飛行で使用する第1推定則として用いる．初期推定則Aではダクト，ノズルは操作せず翼部のみを操作する．また，P^f の影響は考慮しない.

(3-3),(4-3)式より,第1推定則を次式で表す.

$$\Delta\theta_{Ic}=F_{Ic,1}^{\theta A}(\Delta\vec{A}^t,P^f)+F_{Ic,1}^{\theta N}(\Delta\vec{N}^t,P^f) \quad (7\text{-}1)$$

$$\Delta\varphi_{Is}=F_{Is,1}^{\varphi A}(\Delta\vec{A}^t,P^f)+F_{Is,1}^{\varphi N}(\Delta\vec{N}^t,P^f) \quad (7\text{-}2)$$

そして，$F_{Ic,1}^{\theta A},F_{Ic,1}^{\theta N},F_{Is,1}^{\varphi A},F_{Is,1}^{\varphi N}$ を関節毎に設定する.

(1-1)頂点関節の決定

$F_{Ic,1}^{\theta A},F_{Ic,1}^{\varphi A}$ の設定に際して，関節操作の起点となる頂点関節を選定し頂点関節の操作量を与え，頂点関節の操作量に係数を付与して他の関節の操作量を与える.

第8図に示す通り，機体固定座標系のＸＹ平面に平行な第1基準面を取り，内翼の代表形態の外形を第1基準面に投影し投影形を生成する.

そしてＺ軸と $\Delta\vec{A}^t$ に平行で投影形の中心点を通る第2基準面と第1基準面の交線から投影形によって方向線分を切り取る.

第2基準面Ｚ軸方向 $\Delta\vec{A}^t$ のＺ座標の符号側に，方向線分を直径とする半円を立てる.

半円の中心から $\Delta\vec{A}^t$ の方向に半径を立て円周との交点から方向線分へ投影線を下す.

投影線と投影形の交点のX,Y座標 X_4^h ，Y_4^h は次式で表される.

$$X_4^h=X_3^h+\frac{r}{|\Delta\vec{A}^t|}\cdot\Delta A_X^t \qquad (8\text{-}1)$$

$$Y_4^h=Y_3^h+\frac{r}{|\Delta\vec{A}^t|}\cdot\Delta A_Y^t \qquad (8\text{-}2)$$

但し

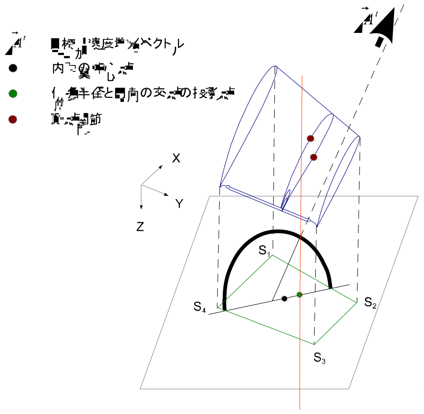
$$X_3^h=\frac{X_1^h+X_2^h}{2} \qquad (8\text{-}3)$$

$$Y_3^h=\frac{Y_1^h+Y_2^h}{2} \qquad (8\text{-}4)$$

$$r=\frac{1}{2}\cdot\sqrt{(X_1^h-X_2^h)^2+(Y_1^h-Y_2^h)^2} \qquad (8\text{-}5)$$

但し $(X_1^h,Y_1^h),(X_2^h,Y_2^h)$ は方向線分の両端の座標である.

翼上下夫々の投影線に最も近接した縦、横関節を頂点関節とする.



第８図　頂点関節の決定法

(1-2) 縦関節の操作量推定

縦関節の通番 Ic を属番系 (p, j, g) に変換し,縦関節の操作量を次式で表す.

$$\Delta\theta_{(1,j,g)}=\Delta\theta^{A}_{(1,j,g)}+\Delta\theta^{N}_{(1,j,g)} \qquad (9\text{-}1)$$

$$\Delta\theta^{A}_{(1,j,g)}=F^{\theta A}_{(1,j,g),1}(\vec{\Delta A}^{t}, \boldsymbol{P}^{f}) \qquad (9\text{-}2)$$

$$\Delta\theta^{N}_{(1,j,g)}=F^{\theta N}_{(1,j,g),1}(\vec{\Delta N}^{t}, \boldsymbol{P}^{f}) \qquad (9\text{-}3)$$

そして属番系 $(1, j, g)$ の範囲毎に $F^{\theta A}_{(1,j,g),1}, F^{\theta N}_{(1,j,g),1}$ を設定する.

以後, G^{w}_{1} を次の通り用いる.

$$G^{w}_{1}=\begin{cases} G_{1,j} & \text{（縦断面機構Ａ型）} \\ gb_{1,j} & \text{（縦断面機構Ｂ型）} \end{cases}$$

(1-2-1) $F^{\theta A}_{(1,j,g),1}$ の設定

翼上下の各頂点関節の関節角 $\theta_{(1,j_M,g)}(g=g^{wus}_{1,j_M})$, $\theta_{(1,j_M,g)}(g=g^{wls}_{1,j_M})$ と

$$\lambda_X\equiv\frac{\Delta A^{t}_{Z}}{|\Delta A^{t}_{Z}|}\cdot\left(\frac{-1}{\Delta A^{t}_{Z}+1}+1\right) \qquad (10)$$

から各頂点関節の操作量を次の通り与え,第 j_M 機構の翼上,下の各最大操作量を生成する.

$$\Delta\theta^{A,su}_{1,j_M}\equiv\lambda_X\cdot|\theta_{(1,j_M,g)}| \ (g=g^{wus}_{1,j_M}) \qquad (11\text{-}1)$$

(翼上側)

$$\Delta\theta^{A,sl}_{1,j_M}\equiv-\lambda_X\cdot|\theta_{(1,j_M,g)}| \ (g=g^{wls}_{1,j_M}) \qquad (11\text{-}2)$$

（翼下側）

更に,全ての機構 $j(1\leq j\leq J_1)$ 毎に翼上,下側の各最大操作量を与える関節（翼上側 $g=g^{wus}_{1,j}$,翼下側 $g=g^{wls}_{1,j}$ ）の最大操作量を,

$$\kappa_y=\begin{cases} \dfrac{j-1}{j_M-1} & (1\leq j\leq j_M) \qquad (12\text{-}1) \\ \dfrac{J_1-j}{J_1-j_M} & (j_M+1\leq j\leq J_1) \qquad (12\text{-}2) \end{cases}$$

を用いて次の通り与える.

$$\Delta\theta^{A,su}_{1,j}\equiv\kappa_Y\cdot\lambda_X\cdot|\theta_{(1,j,g)}| \ (g=g^{wus}_{1,j}) \qquad (13\text{-}1)$$

(翼上側)

$$\Delta\theta^{A,sl}_{1,j}\equiv-\kappa_Y\cdot\lambda_X\cdot|\theta_{(1,j,g)}| \ (g=g^{wls}_{1,j}) \qquad (13\text{-}2)$$

（翼下側）

そして、全ての機構 $j(1\leq j\leq J_1)$ 毎に最大操作量を用いて $F^{\theta A}_{(1,j,g),1}$ を次の通り設定し, g の範囲毎に関数名を割り当てる.

翼上側

$(1\leq g\leq g^{wus}_{1,j})$

$$F^{\theta A}_{(1,j,g),1}(\vec{\Delta A}^{t}, \boldsymbol{P}^{f})=\frac{g}{g^{wus}_{1,j}}\cdot\Delta\theta^{A,su}_{1,j}\equiv F^{A}_{1} \qquad (14\text{-}1)$$

$(g^{wus}_{1,j}+1\leq g\leq ga_{1,j}-1)$

$$F^{\theta A}_{(1,j,g),1}(\vec{\Delta A}^{t}, \boldsymbol{P}^{f})=\frac{ga_{1,j}-g-1}{ga_{1,j}-1-g^{wus}_{1,j}}\cdot\Delta\theta^{A,su}_{1,j}\equiv F^{A}_{2} \qquad (14\text{-}2)$$

翼下側

$(ga_{1,j}\leq g\leq g^{wls}_{1,j})$

$$F^{\theta A}_{(1,j,g),1}(\vec{\varDelta A}^t,\boldsymbol{P^f})=\frac{g-ga_{1,j}-1}{g^{wls}_{1,j}-1-ga_{1,j}}\cdot\varDelta\theta^{A,sl}_{1,j}\equiv F^A_3 \tag{14-3}$$

$(g^{wls}_{1,j}+1\leq g\leq G^w_1)$

$$F^{\theta A}_{(1,j,g),1}(\vec{\varDelta A}^t,\boldsymbol{P^f})=\frac{G^w_1-g-1}{G^w_1-g^{wls}_{1,j}}\cdot\varDelta\theta^{A,sl}_{1,j}\equiv F^A_4 \tag{14-4}$$

(1-2-2) $F^{\theta N}_{(1,j,g),1}$ の決定

$\varDelta\theta^N_{(1,j,g)}$ は ローリングモーメント操作量

$\varDelta\theta^R_{(1,j,g)}$,ピッチングモーメント操作量

$\varDelta\theta^P_{(1,j,g)}$,ヨーイングモーメント操作量

$\varDelta\theta^Y_{(1,j,g)}$ の重ね合せで次の通り与える.

$$\varDelta\theta^N_{(1,j,g)}=\varDelta\theta^R_{(1,j,g)}+\varDelta\theta^P_{(1,j,g)}+\varDelta\theta^Y_{(1,j,g)} \tag{15-1}$$

$$\varDelta\theta^R_{(1,j,g)}=F^{\theta NR}_{(1,j,g),1}(\varDelta N^t_X,\boldsymbol{P^f}) \tag{15-2}$$

$$\varDelta\theta^P_{(1,j,g)}=F^{\theta NP}_{(1,j,g),1}(\varDelta N^t_Y,\boldsymbol{P^f}) \tag{15-3}$$

$$\varDelta\theta^Y_{(1,j,g)}=F^{\theta NY}_{(1,j,g),1}(\varDelta N^t_Z,\boldsymbol{P^f}) \tag{15-4}$$

これより

$$\begin{aligned}\varDelta\theta^N_{(1,j,g)}&=F^{\theta N}_{(1,j,g),1}(\vec{\varDelta N}^t,\boldsymbol{P^f})\\&=F^{\theta NR}_{(1,j,g),1}(\varDelta N^t_X,\boldsymbol{P^f})+F^{\theta NP}_{(1,j,g),1}(\varDelta N^t_Y,\boldsymbol{P^f})\\&\quad+F^{\theta NY}_{(1,j,g),1}(\varDelta N^t_Z,\boldsymbol{P^f})\end{aligned} \tag{15-5}$$

そして属番系 $(1,j,g)$ の範囲毎に

$F^{\theta NR}_{(1,j,g),1}, F^{\theta NP}_{(1,j,g),1}, F^{\theta NY}_{(1,j,g),1}$ を設定し,

$F^{\theta N}_{(1,j,g),1}$ を設定する.

$F^{\theta NR}_{(1,j,g),1}$ の設定

$$\eta_X\equiv\frac{\varDelta N^t_X}{|\varDelta N^t_X|}\cdot\left(\frac{-1}{\varDelta N^t_X+1}+1\right) \tag{16}$$

を用いる.

$1\leq j\leq j_R$

翼上側

$(1\leq g\leq ga_{1,j}-1)$

$$F^{\theta NR}_{(1,j,g),1}(\varDelta N^t_X,\boldsymbol{P^f})=\eta_X\cdot|\theta_{(1,j,g)}|\equiv F^N_1 \tag{17-1}$$

翼下側

$(ga_{1,j}\leq g\leq G^w_1)$

$$F^{\theta NR}_{(1,j,g),1}(\varDelta N^t_X,\boldsymbol{P^f})=-\eta_X\cdot|\theta_{(1,j,g)}|\equiv F^N_2 \tag{17-2}$$

$j_R+1\leq j\leq j_T-1$

翼上側

$(1\leq g\leq ga_{1,j}-1)$

$$F^{\theta NR}_{(1,j,g),1}(\varDelta N^t,\boldsymbol{P^f})=0 \tag{17-3}$$

翼下側

$(ga_{1,j}\leq g\leq G^w_1)$

$$F^{\theta NR}_{(1,j,g),1}(\varDelta N^t_X,\boldsymbol{P^f})=0 \tag{17-4}$$

$j_T\leq j\leq J_1$

翼上側

$(1\leq g\leq ga_{1,j}-1)$

$$F^{\theta NR}_{(1,j,g),1}(\varDelta N^t_X,\boldsymbol{P^f})=-\eta_X\cdot|\theta_{(1,j,g)}|\equiv F^N_3 \tag{17-5}$$

翼下側

$(ga_{1,j}\leq g\leq G^w_1)$

$$F^{\theta NR}_{(1,j,g),1}(\varDelta N^t_X,\boldsymbol{P^f})=\eta_X\cdot|\theta_{(1,j,g)}|\equiv F^N_4 \tag{17-6}$$

$F^{\theta NP}_{(1,j,g),1}$ の設定

$$\eta_Y\equiv\frac{\varDelta N^t_Y}{|\varDelta N^t_Y|}\cdot\left(\frac{-1}{\varDelta N^t_Y+1}+1\right) \tag{18}$$

を用いる.

$1\leq j\leq J_1$

翼上側

$(1\leq g\leq ga_{1,j}-1)$

$$F^{\theta NP}_{(1,j,g),1}(\varDelta N^t_Y,\boldsymbol{P^f})=-\eta_Y\cdot|\theta_{(1,j,g),1}|\equiv F^N_5 \tag{19-1}$$

翼下側

$(ga_{1,j}\leq g\leq G^w_1)$

$$F^{\theta NP}_{(1,j,g),1}(\varDelta N^t_Y,\boldsymbol{P^f})=\eta_Y\cdot|\theta_{(1,j,g),1}|\equiv F^N_6 \tag{19-2}$$

$F^{\theta NY}_{(1,j,g),1}$ の設定

$$\eta_Z \equiv \frac{\Delta N^t_Z}{|\Delta N^t_Z|} \cdot \left(\frac{-1}{\Delta N^t_Z + 1} + 1 \right) \quad (20)$$

を用いて
$1 \le j \le j_R$

翼上側
$(1 \le g \le ga_{1,j} - 1)$

$$F^{\theta NY}_{(1,j,g),1}(\Delta N^t_Z, \boldsymbol{P^f}) = -\eta_Z \cdot |\theta_{(1,j,g),1}| \equiv F^N_7 \quad (21\text{-}1)$$

翼下側
$(ga_{1,j} \le g \le G^w_1)$

$$F^{\theta NY}_{(1,j,g),1}(\Delta N^t_Z, \boldsymbol{P^f}) = -\eta_Z \cdot |\theta_{(1,j,g),1}| \equiv F^N_7 \quad (21\text{-}2)$$

$j_R + 1 \le j \le j_T - 1$

翼上側
$(1 \le g \le ga_{1,j} - 1)$

$$F^{\theta NY}_{(1,j,g),1}(\Delta N^t_Z, \boldsymbol{P^f}) = 0 \quad (21\text{-}3)$$

翼下側
$(ga_{1,j} \le g \le G^w_1)$

$$F^{\theta NY}_{(1,j,g),1}(\Delta N^t_Z, \boldsymbol{P^f}) = 0 \quad (21\text{-}4)$$

$j_T \le j \le J_1$

翼上側
$(1 \le g \le ga_{1,j} - 1)$

$$F^{\theta NY}_{(1,j,g),1}(\Delta N^t_Z, \boldsymbol{P^f}) = \eta_Z \cdot |\theta_{(1,j,g),1}| \equiv F^N_8 \quad (21\text{-}5)$$

翼下側
$(ga_{1,j} \le g \le G^w_1)$

$$F^{\theta NY}_{(1,j,g),1}(\Delta N^t_Z, \boldsymbol{P^f}) = \eta_Z \cdot |\theta_{(1,j,g),1}| \equiv F^N_8 \quad (21\text{-}6)$$

(1-3) 横関節の操作量推定

横関節の通番 Is を属番系 (p,n,h) に変換し,横関節の操作量を次式で表す.

$$\Delta\varphi_{(p,n,h)} = \Delta\varphi^A_{(p,n,h)} + \Delta\varphi^N_{(p,n,h)} \quad (22\text{-}1)$$

$$\Delta\varphi^A_{(p,n,h)} = F^{\varphi A}_{(p,n,h),1}(\vec{\Delta A^t}, \boldsymbol{P^f}) \quad \textbf{(22-2)}$$

$$\Delta\varphi^N_{(p,n,h)} = F^{\varphi N}_{(p,n,h),1}(\vec{\Delta N^t}, \boldsymbol{P^f}) \quad \textbf{(22-3)}$$

そして属番系 $(1,n,h)$ の範囲毎に
$F^{\varphi A}_{(1,n,h),1}, F^{\varphi N}_{(1,n,h),1}$ を設定する.

$F^{\varphi A}_{(1,n,h),1}$ の設定

翼上下の各頂点関節の関節角
$\varphi_{(1,n_M,h)}(h = h^{wus}_{1,n_M})$, $\varphi_{(1,n_M,h)}(h = h^{wls}_{1,n_M})$ と

$$\lambda_Y \equiv \frac{\Delta A^t_Z}{|\Delta A^t_Z|} \cdot \left(\frac{-1}{\Delta A^t_Z + 10} + 0.1 \right) \quad (23)$$

から各頂点関節の操作量を次の通り与え,第 n_M 機構の翼上,下の各最大操作量を生成する.

$$\Delta\varphi^{A,su}_{1,n_M} \equiv \lambda_Y \cdot \varphi_{(1,n_M,h)} \ (h = h^{wus}_{1,n_M}) \quad (24\text{-}1)$$

(翼上側)

$$\Delta\varphi^{A,sl}_{1,n_M} \equiv -\lambda_Y \cdot \varphi_{(1,n_M,h)} \ (h = h^{wls}_{1,n_M}) \quad (24\text{-}2)$$

(翼下側)

更に,全ての横断面機構Ａ型 $n(1 \le n \le na_1)$ 毎に翼上,下側の各最大操作量を与える関節（翼上側 $h = h^{wus}_{1,n}$,翼下側 $h = h^{wls}_{1,n}$ ）の最大操作量を,

$$\kappa_x = \begin{cases} \dfrac{n}{n_M} & (1 \le n \le n_M) \quad (24\text{-}3) \\[2ex] \dfrac{na_1 - n}{na_1 - n_M} & (n_M + 1 \le n \le na_1) \quad (24\text{-}4) \end{cases}$$

を用いて次の通り与える.

$$\Delta\varphi^{A,su}_{1,n} \equiv \kappa_X \cdot \lambda_Y \cdot \varphi_{(1,n,h)} \ (h = h^{wus}_{1,n}) \quad (25\text{-}1)$$

(翼上側)

$$\Delta\varphi^{A,sl}_{1,n} \equiv -\kappa_X \cdot \lambda_Y \cdot \varphi_{(1,n,h)} \ (h = h^{wls}_{1,n}) \quad (25\text{-}2)$$

(翼下側)

そして、全ての横断面機構Ａ型
$n(1 \le n \le na_1)$ 毎に最大操作量を用いて

$F^{\varphi A}_{(1,n,h),1}$ を次の通り設定する.

翼上側

$\left(1\le h\le h_{1,n}^{wus}\right)$

$$F_{(1,n,h),1}^{\varphi A}\left(\Delta\vec{A}^t,\boldsymbol{P^f}\right)=\frac{h}{h_{1,n}^{wus}}\cdot\Delta\varphi_{1,n}^{A,su}\equiv F_5^A \quad (26\text{-}1)$$

$\left(h_{1,n}^{wus}+1\le h\le 2\left(J_1-1\right)\right)$

$$F_{(1,n,h),1}^{\varphi A}\left(\Delta\vec{A}^t,\boldsymbol{P^f}\right)=\frac{2\left(J_1-1\right)-h}{2\left(J_1-1\right)-h_{1,n}^{wus}}\cdot\Delta\varphi_{1,n}^{A,su}\equiv F_6^A$$

(26-2)

翼下側

$\left(2\mathrm{J}_1-1\le h\le h_{1,n}^{wls}\right)$

$$F_{(1,n,h),1}^{\varphi A}\left(\Delta\vec{A}^t,\boldsymbol{P^f}\right)=\frac{h-\left(2\mathrm{J}_1-1\right)}{h_{1,n}^{wls}-1-\left(2\mathrm{J}_1-1\right)+1}\cdot\Delta\varphi_{1,n}^{A,sl}\equiv F_7^A$$

(26-3)

$\left(h_{1,n}^{wls}+1\le h\le 4\left(J_1-1\right)\right)$

$$F_{(1,n,h),1}^{\varphi A}\left(\Delta\vec{A}^t,\boldsymbol{P^f}\right)=\frac{4\left(J_1-1\right)-h}{4\left(J_1-1\right)-h_{1,n}^{wls}}\cdot\Delta\varphi_{1,n}^{A,sl}\equiv F_8^A$$

(26-4)

$F_{(1,n,h),1}^{\varphi N}$ の設定

全ての横断面機構A型 $n\ \left(1\le n\le na_1\right)$ の全ての横関節 $\left(1\le h\le 4\left(J_1-1\right)\right)$ に対し

$$F_{(1,n,h),1}^{\varphi N}\left(\Delta\vec{N}^t,\boldsymbol{P^f}\right)=0 \quad (27)$$

(2) 飛行による 操作データの生成

第k推定則を機載コンピュータにインストールして第k飛行を実施し, 飛行番号kと入力識別番号 q で指定される入力値群 $\left[\boldsymbol{T}\right]_k^q=\left(\left[\Delta\vec{A}^t\right]_k^q,\left[\Delta\vec{N}^t\right]_k^q,\left[\boldsymbol{P^f}\right]_k^q\right)$ をコンピュータに逐次 $\left(1\le q\le Q_k\right)$ 入力し, 第k推定則により次に示す出力値群 $\left[\boldsymbol{D}\right]_k^q$ を得て, 関節操作を行う.

(5-1),-,(5-7),(6)式より次式を得る.

$$\left[\boldsymbol{D}\right]_k^q=\begin{pmatrix}\left[\Delta\theta_1\right]_k^q\\ \cdot\\ \cdot\\ \left[\Delta\theta_{Ic}\right]_k^q\\ \cdot\\ \cdot\\ \left[\Delta\theta_{Icl}\right]_k^q\\ \left[\Delta\varphi_1\right]_k^q\\ \cdot\\ \cdot\\ \left[\Delta\varphi_{Is}\right]_k^q\\ \cdot\\ \cdot\\ \left[\Delta\varphi_{Isl}\right]_k^q\end{pmatrix}\qquad \boldsymbol{F_k}\left(\left[\boldsymbol{T}\right]_k^q\right)=\begin{pmatrix}F_{1,k}^{\theta}\left(\left[\boldsymbol{T}\right]_k^q\right)\\ \cdot\\ \cdot\\ F_{Ic,k}^{\theta}\left(\left[\boldsymbol{T}\right]_k^q\right)\\ \cdot\\ \cdot\\ F_{Icl,k}^{\theta}\left(\left[\boldsymbol{T}\right]_k^q\right)\\ F_{1,k}^{\varphi}\left(\left[\boldsymbol{T}\right]_k^q\right)\\ \cdot\\ \cdot\\ F_{Is,k}^{\varphi}\left(\left[\boldsymbol{T}\right]_k^q\right)\\ \cdot\\ \cdot\\ F_{Isl,k}^{\varphi}\left(\left[\boldsymbol{T}\right]_k^q\right)\end{pmatrix}$$

(28-1) (28-2)

$\left[\boldsymbol{T}\right]_k^q$, $\left[\boldsymbol{D}\right]_k^q$ を(6)式に代入して

$$\left[\boldsymbol{D}\right]_k^q=\boldsymbol{F_k}\left(\left[\boldsymbol{T}\right]_k^q\right) \quad (29)$$

を得る.そして(3-3),(4-3)式より

$$\begin{aligned}\left[\Delta\theta_{Ic}\right]_k^q&=F_{Ic,k}^{\theta}\left(\left[\boldsymbol{T}\right]_k^q\right)\\&=\left[\Delta\theta_{Ic}^A\right]_k^q+\left[\Delta\theta_{Ic}^N\right]_k^q\\&=F_{Ic,k}^{\theta A}\left(\left[\Delta\vec{A}^t\right]_k^q,\left[\boldsymbol{P^f}\right]_k^q\right)+F_{Ic,k}^{\theta N}\left(\left[\Delta\vec{N}^t\right]_k^q,\left[\boldsymbol{P^f}\right]_k^q\right)\\&=F_{Ic,k}^{\theta A}\left(\left[\boldsymbol{T^A}\right]_k^q\right)+F_{Ic,k}^{\theta N}\left(\left[\boldsymbol{T^N}\right]_k^q\right)\qquad(30\text{-}1)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\left[\Delta\varphi_{Is}\right]_k^q&=F_{Is,k}^{\varphi}\left(\left[\boldsymbol{T}\right]_k^q\right)\\&=\left[\Delta\varphi_{Is}^A\right]_k^q+\left[\Delta\varphi_{Is}^N\right]_k^q\\&=F_{Is,k}^{\varphi A}\left(\left[\Delta\vec{A}^t\right]_k^q,\left[\boldsymbol{P^f}\right]_k^q\right)+F_{Is,k}^{\varphi N}\left(\left[\Delta\vec{N}^t\right]_k^q,\left[\boldsymbol{P^f}\right]_k^q\right)\\&=F_{Is,k}^{\varphi A}\left(\left[\boldsymbol{T^A}\right]_k^q\right)+F_{Is,k}^{\varphi N}\left(\left[\boldsymbol{T^N}\right]_k^q\right)\qquad(30\text{-}2)\end{aligned}$$

を得る.更に(30-1),(30-2),(5-1),-,(5-4)式より次式を得る.

$$\left[\boldsymbol{D^A}\right]_k^q=\begin{pmatrix}\left[\Delta\theta_1^A\right]_k^q\\ \cdot\\ \cdot\\ \left[\Delta\theta_{Ic}^A\right]_k^q\\ \cdot\\ \cdot\\ \left[\Delta\theta_{Icl}^A\right]_k^q\\ \left[\Delta\varphi_1^A\right]_k^q\\ \cdot\\ \cdot\\ \left[\Delta\varphi_{Is}^A\right]_k^q\\ \cdot\\ \cdot\\ \left[\Delta\varphi_{Isl}^A\right]_k^q\end{pmatrix} \quad (31\text{-}1)$$

$$[\boldsymbol{D}^N]_k^q=\begin{Bmatrix}[\Delta\theta_1^N]_k^q\\ \cdot\\ \cdot\\ [\Delta\theta_{Ic}^N]_k^q\\ \cdot\\ \cdot\\ [\Delta\theta_{Ic1}^N]_k^q\\ [\Delta\varphi_1^N]_k^q\\ \cdot\\ \cdot\\ [\Delta\varphi_{Is}^N]_k^q\\ \cdot\\ \cdot\\ [\Delta\varphi_{Is1}^N]_k^q\end{Bmatrix}\quad(31\text{-}2)$$

$$\boldsymbol{F}_{\boldsymbol{k}}^{\boldsymbol{A}}([\boldsymbol{T}^A]_k^q)=\begin{Bmatrix}F_{1,k}^{\theta A}([\boldsymbol{T}^A]_k^q)\\ \cdot\\ \cdot\\ F_{Ic,k}^{\theta A}([\boldsymbol{T}^A]_k^q)\\ \cdot\\ \cdot\\ F_{Ic1,k}^{\theta A}([\boldsymbol{T}^A]_k^q)\\ F_{1,k}^{\varphi A}([\boldsymbol{T}^A]_k^q)\\ \cdot\\ \cdot\\ F_{Is,k}^{\varphi A}([\boldsymbol{T}^A]_k^q)\\ \cdot\\ \cdot\\ F_{Is1,k}^{\varphi A}([\boldsymbol{T}^A]_k^q)\end{Bmatrix}\quad(31\text{-}3)$$

$$\boldsymbol{F}_{\boldsymbol{k}}^{\boldsymbol{N}}([\boldsymbol{T}^N]_k^q)=\begin{Bmatrix}F_{1,k}^{\theta N}([\boldsymbol{T}^N]_k^q)\\ \cdot\\ \cdot\\ F_{Ic,k}^{\theta N}([\boldsymbol{T}^N]_k^q)\\ \cdot\\ \cdot\\ F_{Ic1,k}^{\theta N}([\boldsymbol{T}^N]_k^q)\\ F_{1,k}^{\varphi N}([\boldsymbol{T}^N]_k^q)\\ \cdot\\ \cdot\\ F_{Is,k}^{\varphi N}([\boldsymbol{T}^N]_k^q)\\ \cdot\\ \cdot\\ F_{Is1,k}^{\varphi N}([\boldsymbol{T}^N]_k^q)\end{Bmatrix}\quad(31\text{-}4)$$

$$[\boldsymbol{D}^A]_k^q=\boldsymbol{F}_{\boldsymbol{k}}^{\boldsymbol{A}}([\boldsymbol{T}^A]_k^q)\quad(31\text{-}5)$$

$$[\boldsymbol{D}^N]_k^q=\boldsymbol{F}_{\boldsymbol{k}}^{\boldsymbol{N}}([\boldsymbol{T}^N]_k^q)\quad(31\text{-}6)$$

そして $[\boldsymbol{D}]_k^q$ は次の通りベクトル表示される.

$$\begin{aligned}[\boldsymbol{D}]_k^q&=[\boldsymbol{D}^A]_k^q+[\boldsymbol{D}^N]_k^q\\ &=\boldsymbol{F}_{\boldsymbol{k}}([\boldsymbol{T}]_k^q)\\ &=\boldsymbol{F}_{\boldsymbol{k}}^{\boldsymbol{A}}([\boldsymbol{T}^A]_k^q)+\boldsymbol{F}_{\boldsymbol{k}}^{\boldsymbol{N}}([\boldsymbol{T}^N]_k^q)\end{aligned}\quad(31\text{-}7)$$

次に，関節操作の結果生じる加速度増分ベクトルとモーメント増分ベクトルを測定し,

測定加速度増分ベクトル $[\Delta\vec{A}^m]_k^q$,

測定モーメント増分ベクトル $[\Delta\vec{N}^m]_k^q$

により,測定値群 $[\boldsymbol{M}]_k^q=([\Delta\vec{A}^m]_k^q,[\Delta\vec{N}^m]_k^q,[\boldsymbol{P}^f]_k^q)$ を得る.そして

入力値群 $[\boldsymbol{T}]_k^q=([\Delta\vec{A}^t]_k^q,[\Delta\vec{N}^t]_k^q,[\boldsymbol{P}^f]_k^q)$,

出力値群 $[\boldsymbol{D}]_k^q$,

測定値群 $[\boldsymbol{M}]_k^q=([\Delta\vec{A}^m]_k^q,[\Delta\vec{N}^m]_k^q,[\boldsymbol{P}^f]_k^q)$ により操作データ $[\boldsymbol{E}]_k^q=([\boldsymbol{M}]_k^q,[\boldsymbol{D}]_k^q,[\boldsymbol{T}]_k^q)$

を確定する.

(3)推定関数の生成判定

$(\Delta\vec{A}^t,\Delta\vec{N}^t,\boldsymbol{P}^f)$ 空間内に推定則が所定の精度を満たす適用領域が形成できたか判定する.

適用領域が未形成の場合

(4)操作データによる推定則の更新に進む.

適用領域が形成できた場合

最新の推定則を推定関数として終了.

(4) 操作データによる推定則の更新

(4-1)測定値群 $[\boldsymbol{M}]_k^q$ の入力に対する推定

第k飛行で得られた全ての操作データ

$[\boldsymbol{E}]_k^q=([\boldsymbol{M}]_k^q,[\boldsymbol{D}]_k^q,[\boldsymbol{T}]_k^q)$ $(1\le q\le Q_k)$ 毎に推定則更新の基準となる，$[\boldsymbol{M}]_k^q$ の入力に対する推定を行う.

第k飛行で得られた測定値群

$$[\boldsymbol{M}]_k^q=([\varDelta\vec{A}^m]_k^q,[\varDelta\vec{N}^m]_k^q,[\boldsymbol{P}^f]_k^q)$$

と同一の入力に対し,

$$[\boldsymbol{D}]_k^q=\boldsymbol{F}_{\boldsymbol{k}}([\boldsymbol{T}]_k^q) \quad (31\text{-}7)$$

を出力させる.即ち,

$$\boldsymbol{F}_{\boldsymbol{k+1}}([\boldsymbol{M}]_k^q)=[\boldsymbol{D}]_k^q \quad (32)$$

(4-2)推定則の局所生成

(4-1)で得られた（ $[\boldsymbol{D}]_k^q$ ，$[\boldsymbol{M}]_k^q$ ）を基準にして推定則の局所生成を行う.

(4-2-1) $\boldsymbol{F}_{\boldsymbol{k+1}}^{\boldsymbol{A}}$ の局所生成

$[\varDelta\vec{A}^m]_k^q$ と $[\varDelta\vec{A}^t]_k^q$ の差分の判定基準を与える $\varDelta^2\vec{A}$ 判定値 δ_A により場合分けを行う.

$\left|[\varDelta\vec{A}^m]_k^q-[\varDelta\vec{A}^t]_k^q\right|\ge\delta_A$ の場合

次の1.-3.のステップにより局所生成を行う.

1. $[\varDelta\vec{A}^m]_k^q$ 近傍推定

「(4-6)基準 $\varDelta\vec{A}^c$ 近傍推定」に $\varDelta\vec{A}^c=[\varDelta\vec{A}^m]_k^q$ ，$\varepsilon_c=\varepsilon_A(<\frac{1}{2}\cdot\delta_A)$ を適用し次式で表す.

$$\boldsymbol{D}^A=\boldsymbol{F}_{\boldsymbol{k+1}}^{\boldsymbol{A}}(\boldsymbol{T}^A)\equiv\boldsymbol{F}_{\boldsymbol{1,k+1}}^{\boldsymbol{A}} \quad (33\text{-}1)$$

$$(\left|\varDelta\vec{A}^t-[\varDelta\vec{A}^m]_k^q\right|\le\varepsilon_A)$$

2. 「(4-4)入力値群 $[\boldsymbol{T}^A]_k^q$ の入力に対する推定」を行う.

$$\boldsymbol{F}_{\boldsymbol{k+1}}^{\boldsymbol{A}}([\boldsymbol{T}^A]_k^q)=[\boldsymbol{D}^A]_k^q+\boldsymbol{F}_{\boldsymbol{k}}^{\boldsymbol{A}}([\boldsymbol{T}^A-\boldsymbol{M}^A]_k^q) \quad (33\text{-}2)$$

3. $[\varDelta\vec{A}^t]_k^q$ 近傍推定

「(4-6)の基準 $\varDelta\vec{A}^c$ 近傍推定」に $\varDelta\vec{A}^c=[\varDelta\vec{A}^t]_k^q$ ，$\varepsilon_c=\varepsilon_A(<\frac{1}{2}\cdot\delta_A)$ を適用し次式で表す.

$$\boldsymbol{D}^A=\boldsymbol{F}_{\boldsymbol{k+1}}^{\boldsymbol{A}}(\boldsymbol{T}^A)\equiv\boldsymbol{F}_{\boldsymbol{2,k+1}}^{\boldsymbol{A}} \quad (33\text{-}3)$$

$$(\left|\varDelta\vec{A}^t-[\varDelta\vec{A}^t]_k^q\right|\le\varepsilon_A)$$

$\left|[\varDelta\vec{A}^m]_k^q-[\varDelta\vec{A}^t]_k^q\right|<\delta_A$ の場合

次の1.ステップにより局所生成を行う.

1. $[\varDelta\vec{A}^m]_k^q$ 近傍推定

「(4-6)基準 $\varDelta\vec{A}^c$ 近傍推定」に $\varDelta\vec{A}^c=[\varDelta\vec{A}^m]_k^q$ ，$\varepsilon_c=\delta_A$ を適用し次式で表す.

$$\boldsymbol{D}^A=\boldsymbol{F}_{\boldsymbol{k+1}}^{\boldsymbol{A}}(\boldsymbol{T}^A)\equiv\boldsymbol{F}_{\boldsymbol{3,k+1}}^{\boldsymbol{A}} \quad (34)$$

$$(\left|\varDelta\vec{A}^t-[\varDelta\vec{A}^t]_k^q\right|\le\delta_A)$$

(4-2-2) $\boldsymbol{F}_{\boldsymbol{k+1}}^{\boldsymbol{N}}$ の局所生成

$[\varDelta\vec{N}^m]_k^q$ と $[\varDelta\vec{N}^t]_k^q$ の差分の判定基準を与える $\varDelta^2\vec{N}$ 判定値 δ_N により場合分けを行う.

$\left|[\varDelta\vec{N}^m]_k^q-[\varDelta\vec{N}^t]_k^q\right|\ge\delta_N$ の場合

次の1.-3.のステップにより局所生成を行う.

1. $[\varDelta\vec{N}^m]_k^q$ 近傍推定

「基準 $\varDelta\vec{N}^c$ 近傍推定」に $\varDelta\vec{N}^c=[\varDelta\vec{N}^m]_k^q$ ，$\varepsilon_c=\varepsilon_N(<\frac{1}{2}\cdot\delta_N)$ を適用し次式で表す.

$$\boldsymbol{D}^N=\boldsymbol{F}_{\boldsymbol{k+1}}^{\boldsymbol{N}}(\boldsymbol{T}^N)\equiv\boldsymbol{F}_{\boldsymbol{1,k+1}}^{\boldsymbol{N}} \quad (35\text{-}1)$$

$$(\left|\varDelta\vec{N}^t-[\varDelta\vec{N}^m]_k^q\right|\le\varepsilon_N)$$

2. 「(4-5)入力値群 $[\boldsymbol{T}^N]_k^q$ の入力に対する推定」を行う.

$$\boldsymbol{F}_{\boldsymbol{k+1}}^{\boldsymbol{N}}([\boldsymbol{T}^N]_k^q)=[\boldsymbol{D}^N]_k^q+\boldsymbol{F}_{\boldsymbol{k}}^{\boldsymbol{N}}([\boldsymbol{T}^N-\boldsymbol{M}^N]_k^q) \quad (35\text{-}2)$$

3. $[\varDelta\vec{N}^t]_k^q$ 近傍推定

「基準 $\varDelta\vec{N}^c$ 近傍推定」に $\varDelta\vec{N}^c=[\varDelta\vec{N}^t]_k^q$ ，$\varepsilon_c=\varepsilon_N(<\frac{1}{2}\cdot\delta_N)$ を適用し次式で表す.

$$\boldsymbol{D}^N = \boldsymbol{F}^N_{k+1}(\boldsymbol{T}^N) \equiv \boldsymbol{F}^N_{2,k+1} \qquad (35\text{-}1)$$

$$(\left|\varDelta\vec{N}^t - [\varDelta\vec{N}^t]^q_k\right| \le \varepsilon_N)$$

$\left|[\varDelta\vec{N}^m]^q_k - [\varDelta\vec{N}^t]^q_k\right| < \delta_N$ の場合

次の 1.ステップにより局所生成を行う.

1. $[\varDelta\vec{N}^m]^q_k$ 近傍推定

「基準 $\varDelta\vec{N}^c$ 近傍推定」に $\varDelta\vec{N}^c = [\varDelta\vec{N}^m]^q_k$ ，$\varepsilon_c = \delta_N$ を適用し次式で表す.

$$\boldsymbol{D}^N = \boldsymbol{F}^N_{k+1}(\boldsymbol{T}^N) \equiv \boldsymbol{F}^N_{3,k+1} \qquad (36)$$

$$(\left|\varDelta\vec{N}^t - [\varDelta\vec{N}^m]^q_k\right| \le \delta_N)$$

(4-3)第 k+1 推定則の確定

(4-2)で得られた局所的推定則より第 k+1 推定側

$$\begin{aligned}\boldsymbol{D} &= \boldsymbol{F}_{k+1}(\boldsymbol{T}) \\ &= \boldsymbol{F}^A_{k+1}(\boldsymbol{T}^A) + \boldsymbol{F}^N_{k+1}(\boldsymbol{T}^N) \qquad (37\text{-}1)\end{aligned}$$

を次の通り設定する.

(4-3-1) T の局所的範囲に対する設定

全ての操作データ $[\boldsymbol{E}]^q_k = ([\boldsymbol{M}]^q_k, [\boldsymbol{D}]^q_k, [\boldsymbol{T}]^q_k)$ $(1 \le q \le Q_k)$ 毎に入力変数群 T の局所的範囲に対する $\boldsymbol{F}^A_{k+1}(\boldsymbol{T}^A)$ ，$\boldsymbol{F}^N_{k+1}(\boldsymbol{T}^N)$ を次の通り設定する.

但し飛行変数群 $\boldsymbol{P}^f$ は $[\boldsymbol{P}^f]^q_k$ の近傍領域 $R([\boldsymbol{P}^f]^q_k)$ にあるものとする.

$\boldsymbol{F}^A_{k+1}(\boldsymbol{T}^A)$ の設定

$\left|[\varDelta\vec{A}^m]^q_k - [\varDelta\vec{A}^t]^q_k\right| \ge \delta_A$ の場合

$$\boldsymbol{D}^A = \boldsymbol{F}^A_{k+1}(\boldsymbol{T}^A) \equiv \boldsymbol{F}^A_{1,k+1} \qquad (37\text{-}2)$$

$$(\left|\varDelta\vec{A}^t - [\varDelta\vec{A}^m]^q_k\right| \le \varepsilon_A)$$

$$\boldsymbol{D}^A = \boldsymbol{F}^A_{k+1}(\boldsymbol{T}^A) \equiv \boldsymbol{F}^A_{2,k+1} \qquad (37\text{-}3)$$

$$(\left|\varDelta\vec{A}^t - [\varDelta\vec{A}^t]^q_k\right| \le \varepsilon_A)$$

$\left|[\varDelta\vec{A}^m]^q_k - [\varDelta\vec{A}^t]^q_k\right| < \delta_A$ の場合

$$\boldsymbol{D}^A = \boldsymbol{F}^A_{k+1}(\boldsymbol{T}^A) \equiv \boldsymbol{F}^A_{3,k+1} \qquad (37\text{-}4)$$

$$(\left|\varDelta\vec{A}^t - [\varDelta\vec{A}^t]^q_k\right| \le \delta_A)$$

$\boldsymbol{F}^N_{k+1}(\boldsymbol{T}^N)$ の設定

$\left|[\varDelta\vec{N}^m]^q_k - [\varDelta\vec{N}^t]^q_k\right| \ge \delta_N$ の場合

$$\boldsymbol{D}^N = \boldsymbol{F}^N_{k+1}(\boldsymbol{T}^N) \equiv \boldsymbol{F}^N_{1,k+1} \qquad (37\text{-}5)$$

$$(\left|\varDelta\vec{N}^t - [\varDelta\vec{N}^m]^q_k\right| \le \varepsilon_N)$$

$$\boldsymbol{D}^N = \boldsymbol{F}^N_{k+1}(\boldsymbol{T}^N) \equiv \boldsymbol{F}^N_{2,k+1} \qquad (37\text{-}6)$$

$$(\left|\varDelta\vec{N}^t - [\varDelta\vec{N}^t]^q_k\right| \le \varepsilon_N)$$

$\left|[\varDelta\vec{N}^m]^q_k - [\varDelta\vec{N}^t]^q_k\right| < \delta_N$ の場合

$$\boldsymbol{D}^N = \boldsymbol{F}^N_{k+1}(\boldsymbol{T}^N) \equiv \boldsymbol{F}^N_{3,k+1} \qquad (37\text{-}8)$$

$$(\left|\varDelta\vec{N}^t - [\varDelta\vec{N}^m]^q_k\right| \le \delta_N)$$

(4-3-2) T の全範囲に対する設定

T の全範囲の内,(4-3-1)で設定された T の局所的範囲以外の T の範囲については第 k 推定則をそのまま適用し

$$\boldsymbol{F}^A_{k+1}(\boldsymbol{T}^A) \equiv \boldsymbol{F}^A_k(\boldsymbol{T}^A) \qquad (38\text{-}1),$$

$$\boldsymbol{F}^N_{k+1}(\boldsymbol{T}^N) \equiv \boldsymbol{F}^N_k(\boldsymbol{T}^N) \qquad (38\text{=}2)$$

として第 k+1 推定則を確定する.

k に+1 を加算し(2)**飛行による操作データ**

の生成に進む.

(4-4) 入力値群 $[\boldsymbol{T}^A]^q_k$ の入力に対する推定

$[\boldsymbol{D}^A]^q_k$ に $[\boldsymbol{T}^A]^q_k$ と

$[\boldsymbol{M}^A]^q_k=([\varDelta\vec{A}^m]^q_k,[\boldsymbol{P}^f]^q_k)$ の差分入力値群

$$[\boldsymbol{T}^A-\boldsymbol{M}^A]^q_k=([\varDelta\vec{A}^t]^q_k-[\varDelta\vec{A}^m]^q_k,[\boldsymbol{P}^f]^q_k) \quad (39\text{-}1)$$

に対する第 k 推定則による出力

$$[\hat{\boldsymbol{D}}^A]^q_k=\boldsymbol{F}^A_{\boldsymbol{k}}([\boldsymbol{T}^A-\boldsymbol{M}^A]^q_k) \quad (39\text{-}2)$$

を重ね合せる.即ち,

$$\boldsymbol{F}^A_{\boldsymbol{k+1}}([\boldsymbol{T}^A]^q_k)=[\boldsymbol{D}^A]^q_k+[\hat{\boldsymbol{D}}^A]^q_k$$

$$=[\boldsymbol{D}^A]^q_k+\boldsymbol{F}^A_{\boldsymbol{k}}([\boldsymbol{T}^A-\boldsymbol{M}^A]^q_k) \quad (39\text{-}3)$$

(4-5) 入力値群 $[\boldsymbol{T}^N]^q_k$ の入力に対する推定

$[\boldsymbol{D}^N]^q_k$ に $[\boldsymbol{T}^N]^q_k$ と

$[\boldsymbol{M}^N]^q_k=([\varDelta\vec{N}^m]^q_k,[\boldsymbol{P}^f]^q_k)$ の差分入力値群

$$[\boldsymbol{T}^N-\boldsymbol{M}^N]^q_k=([\varDelta\vec{N}^t]^q_k-[\varDelta\vec{N}^m]^q_k,[\boldsymbol{P}^f]^q_k) \quad (40\text{-}1)$$

に対する第 k 推定則による出力

$$[\hat{\boldsymbol{D}}^N]^q_k=\boldsymbol{F}^N_{\boldsymbol{k}}([\boldsymbol{T}^N-\boldsymbol{M}^N]^q_k) \quad (40\text{-}2)$$

を重ね合せる.即ち,

$$\boldsymbol{F}^N_{\boldsymbol{k+1}}([\boldsymbol{T}^N]^q_k)=[\boldsymbol{D}^N]^q_k+[\hat{\boldsymbol{D}}^N]^q_k$$

$$=[\boldsymbol{D}^N]^q_k+\boldsymbol{F}^N_{\boldsymbol{k}}([\boldsymbol{T}^N-\boldsymbol{M}^N]^q_k) \quad (40\text{-}3)$$

(4-6)基準 $\varDelta\vec{A}^c$ 近傍推定

「(4)操作データによる推定則の更新」で用いる基準 $\varDelta\vec{A}^c$ 近傍推定を具体化する.

基準ベクトル $\varDelta\vec{A}^c$ に対し $|\varDelta\vec{A}^t-\varDelta\vec{A}^c|<\varepsilon$ を満たす $\varDelta\vec{A}^t$ に対する推定則を与える.

$\varDelta\vec{A}^c$ に対する操作量 $\varDelta\theta^{A,c}_{1,j,g}$ から $\varDelta\vec{A}^t$ に対する操作量 $\varDelta\theta^{A}_{1,j,g}$ を生成する.また, $\varDelta\vec{A}^c$ に対する操作量 $\varDelta\varphi^{A,c}_{1,n,h}$ から $\varDelta\vec{A}^t$ に対する操作量 $\varDelta\varphi^{A}_{1,n,h}$ を生成する.

最初に機体固定座標系による成分表示
$\varDelta\vec{A}^c:(\varDelta A^c_X,\varDelta A^c_Y,\varDelta A^c_Z)$,

$\varDelta\vec{A}^t:(\varDelta A^t_X,\varDelta A^t_Y,\varDelta A^t_Z)$ を行い,

$\varDelta\vec{A}^c:(\varDelta A^c_X,\varDelta A^c_Y,\varDelta A^c_Z)$ に対する

$\varDelta\vec{A}^t:(\varDelta A^t_X,\varDelta A^t_Y,\varDelta A^t_Z)$ の偏差割合を定義する.

X 方向の偏差割合

$$\mu_X\equiv\frac{\varDelta A^t_X-\varDelta A^c_X}{|\varDelta A^c_X|} \quad (41\text{-}1)$$

Y 方向の偏差割合

$$\mu_Y\equiv\frac{\varDelta A^t_Y-\varDelta A^c_Y}{|\varDelta A^c_Y|} \quad (41\text{-}2)$$

次に $\varDelta A^c_Z$ の符号の向き, $\varDelta A^c_X$ から $\varDelta A^t_X$ への変化の向きに翼体の反りを増すよう $\varDelta\vec{A}^t$ に対する縦関節操作量 $\varDelta\theta^A_{1,j,g}$ を次式により生成する.

$$\varDelta\theta^A_{1,j,g}=\varDelta\theta^{A,c}_{1,j,g}+c_x|\mu_x|\cdot|\varDelta\theta^{A,c}_{1,j,g}| \quad (41\text{-}3)$$

c_x を縦関節番号 g 毎に次の通り与える.

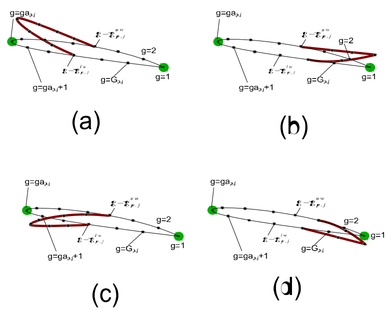
翼根側縦断面機構A型 $j=1\sim ja_1$

夫々の g 範囲に対する c_x は $\varDelta\vec{A}^t$ 入力条件毎に第 1 表の通りである.

第 1 表 翼根側縦断面機構A型の c_x

$\varDelta\vec{A}^t$ 入力条件	$\varDelta A^c_Z\geq0$ $\mu_X\geq0$	$\varDelta A^c_Z\geq0$ $\mu_X<0$	$\varDelta A^c_Z<0$ $\mu_X\geq0$	$\varDelta A^c_Z<0$ $\mu_X<0$

g	c_x	c_x	c_x	c_x
$1\le g\le g^{uw}_{1,j}-1$	0	-1	0	1
$g^{uw}_{1,j}\le g\le g\,a_{1,j}$	-1	0	1	0
$g\,a_{1,j}+1\le g\le g^{lw}_{1,j}$	1	0	-1	0
$g^{lw}_{1,j}+1\le g\le G_{1,j}$	0	1	0	-1
第９図の対応図	(a)	(b)	(c)	(d)



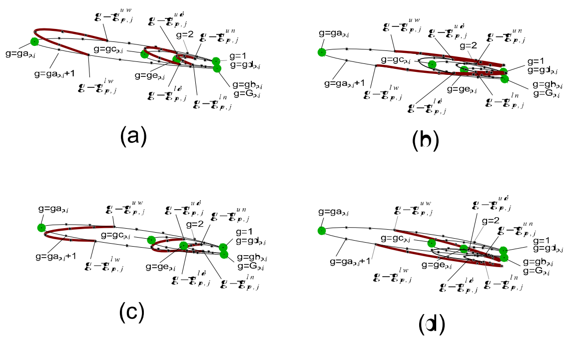
第９図　縦断面機構Ａ型の
$\Delta\theta^{A}_{1,j,g}$　推定分布

縦断面機構Ｂ型　$j=ja_1+1\sim jb_1$

夫々の　g　範囲に対する　c_x　は　$\vec{\Delta A}^t$　入力条件毎に第２表の通りである．

第２表　縦断面機構Ｂ型の　c_x

$\vec{\Delta A}^t$　入力条件	$\Delta A^c_Z\ge0$ $\mu_X\ge0$	$\Delta A^c_Z\ge0$ $\mu_X<0$	$\Delta A^c_Z<0$ $\mu_X\ge0$	$\Delta A^c_Z<0$ $\mu_X<0$
g	c_x	c_x	c_x	c_x
$1\le g\le g^{uw}_{1,j}-1$	0	-1	0	1
$g^{uw}_{1,j}\le g\le g\,a_{1,j}$	-1	0	1	0
$g\,a_{1,j}+1\le g\le g^{lw}_{1,j}$	1	0	-1	0
$g^{lw}_{1,j}+1\le g\le g\,b_{1,j}$	0	1	0	-1
$g\,b_{1,j}+1\le g\le g^{ld}_{1,j}-1$	0	1	0	-1
$g^{ld}_{1,j}\le g\le g\,c_{1,j}-1$	1	0	-1	0
$g\,c_{1,j}\le g\le g^{ud}_{1,j}$	-1	0	1	0
$g^{ud}_{1,j}+1\le g\le g\,d_{1,j}$	0	-1	0	1
$g\,d_{1,j}+1\le g\le g^{un}_{1,j}-1$	0	-1	0	1
$g^{un}_{1,j}\le g\le g\,e_{1,j}$	-1	0	1	0
$g\,e_{1,j}+1\le g\le g^{ln}_{1,j}$	1	0	-1	0
$g^{ln}_{1,j}+1\le g\le G_{1,j}$	0	1	0	-1
第１０図の対応図	(a)	(b)	(c)	(d)



第１０図　縦断面機構Ｂ型の
$\Delta\theta^{A}_{1,j,g}$　推定分布

翼端側縦断面機構Ａ型　$j=jb_1+1\sim J_1$

翼上後側　$1\le g\le g^{uw}_{1,j}-1$

翼上前側　$g^{uw}_{1,j}\le g\le g\,a_{1,j}$

翼下前側　$g\,a_{1,j}+1\le g\le g^{lw}_{1,j}$

翼下後側　$g^{lw}_{1,j}+1\le g\le G_{1,j}$

夫々の　g　範囲に対する　c_x　は　$\vec{\Delta A}^t$　入力条件毎に第３表の通りである．

第３表　翼端側縦断面機構Ａ型の　c_x

$\vec{\Delta A}^t$　入力条件	$\Delta A^c_Z\ge0$ $\mu_X\ge0$	$\Delta A^c_Z\ge0$ $\mu_X<0$	$\Delta A^c_Z<0$ $\mu_X\ge0$	$\Delta A^c_Z<0$ $\mu_X<0$
g	c_x	c_x	c_x	c_x
$1\le g\le g^{uw}_{1,j}-1$	0	-1	0	1

$g^{uw}_{1,j} \le g \le ga_{1,j}$	-1	0	1	0
$ga_{1,j}+1 \le g \le g^{lw}_{1,j}$	1	0	-1	0
$g^{lw}_{1,j}+1 \le g \le G_{1,j}$	0	1	0	-1
第９図の対応図	(a)	(b)	(c)	(d)

次に $\mathit{\Delta} A^c_Z$ の符号の向き，$\mathit{\Delta} A^c_Y$ から $\mathit{\Delta} A^{\mathrm{t}}_Y$ への変化の向きに翼体の反りを増すよう $\vec{\mathit{\Delta} A^t}$ に対する横関節操作量 $\mathit{\Delta}\varphi^A_{1,n,h}$ を次式により生成する.

$$\mathit{\Delta}\varphi^A_{1,n,h} = \mathit{\Delta}\varphi^{A,c}_{1,n,h} + c_y |\mu_y| \cdot |\mathit{\Delta}\varphi^{A,c}_{1,n,h}| \qquad (41\text{-}4)$$

c_y を横関節番号 h 毎に次の通り与える.

横断面機構Ａ型　$n = 1 \sim na_1$

夫々の h 範囲に対する c_y は $\vec{\mathit{\Delta} A^t}$ 入力条件毎に第４表の通りである.

第４表　横断面機構Ａ型の c_y

$\vec{\mathit{\Delta} A^t}$ 入力条件	$\mathit{\Delta} A^c_Z \ge 0$ $\mu_Y \ge 0$	$\mathit{\Delta} A^c_Z \ge 0$ $\mu_Y < 0$	$\mathit{\Delta} A^c_Z < 0$ $\mu_Y \ge 0$	$\mathit{\Delta} A^c_Z < 0$ $\mu_Y < 0$
h	c_y	c_y	c_y	c_y
$1 \le h \le h^{uw}_{1,n} - 1$	0	1	0	-1
$h^{uw}_{1,n} \le h \le 2(J_1 - 1)$	1	0	-1	0
$2J_1 - 1 \le h \le h^{lw}_{1,n}$	-1	0	1	0
$h^{lw}_{1,n} + 1 \le h \le 4(J_1 - 1)$	0	-1	0	1

横断面機構Ｂ型　$n = na_1 + 1 \sim nb_1$

夫々の h 範囲に対する c_y は $\vec{\mathit{\Delta} A^t}$ 入力条件毎に第５表の通りである.

第５表　　横断面機構Ｂ型の c_y

$\vec{\mathit{\Delta} A^t}$ 入力条件	$\mathit{\Delta} A^c_Z \ge 0$ $\mu_Y \ge 0$	$\mathit{\Delta} A^c_Z \ge 0$ $\mu_Y < 0$	$\mathit{\Delta} A^c_Z < 0$ $\mu_Y \ge 0$	$\mathit{\Delta} A^c_Z < 0$ $\mu_Y < 0$
h	c_y	c_y	c_y	c_y
$1 \le h \le h^{ud}_{1,n} - 1$	0	1	0	-1
$h^{ud}_{1,n} \le h$ $\le 2(jb_1 - ja_1 - 1)$	1	0	-1	0
$2(jb_1 - ja_1) - 1 \le h$ $\le h^{ld}_{1,n}$	-1	0	1	0
$h^{ld}_{1,n} + 1 \le h$ $\le 4(jb_1 - ja_1 - 1)$	0	-1	0	1

横断面機構Ｃ型　$n = nb_1 + 1 \sim N_1$

夫々の h 範囲に対する c_y は $\vec{\mathit{\Delta} A^t}$ 入力条件毎に第６表の通りである.

第６表　　横断面機構Ｃ型の c_y

$\vec{\mathit{\Delta} A^t}$ 入力条件	$\mathit{\Delta} A^c_Z \ge 0$ $\mu_Y \ge 0$	$\mathit{\Delta} A^c_Z \ge 0$ $\mu_Y < 0$	$\mathit{\Delta} A^c_Z < 0$ $\mu_Y \ge 0$	$\mathit{\Delta} A^c_Z < 0$ $\mu_Y < 0$
h	c_y	c_y	c_y	c_y
$1 \le h \le h^{un}_{1,n} - 1$	0	1	0	-1
$h^{un}_{1,n} \le h$ $\le 2(jb_1 - ja_1 - 1)$	1	0	-1	0
$2(jb_1 - ja_1) - 1 \le h$ $\le h^{ln}_{1,n}$	-1	0	1	0
$h^{ln}_{1,n} + 1 \le h$ $\le 4(jb_1 - ja_1 - 1)$	0	-1	0	1

4.結論

●推定則の初期設定に空力モーメント変更のための操作量を加えた.

● $[\Delta\vec{A}^{m}]_{k}^{q}$ ，$[\Delta\vec{A}^{t}]_{k}^{q}$ 任意の場合の推定則の更新案を明確化した.

●推定則の更新における近傍補正の評価式を修正し,関節角の増減操作を明確化した.

5.今後の課題

●推定則の更新における空力モーメント変更のための操作量の考慮.

●複雑性を減じつつ関節操作の推定精度を向上させるため,関節格子機構の構成パラメータ,関節角計算式のパラメータの探索法を研究する.

●関節操作推定則策定への流体力学的推定の反映法.

等が挙げられる.

参考文献
1)第４４期年会講演会　講演原稿　「エンジン翼の関節格子機構の形態過程探索（衣川摂哉）」
2)第５０回関西・中部支部合同秋期大会　講演原稿　「エンジン翼の関節格子機構の操作法開拓（衣川摂哉）」
3)航空機研究室（衣川摂哉　個人ホームページ）
http://www5.ocn.ne.jp/~knkouken/