

# エンジン翼の関節格子機構の操作法開拓

## Operation research of jointed lattice structure of engined wing

○衣川 摂哉

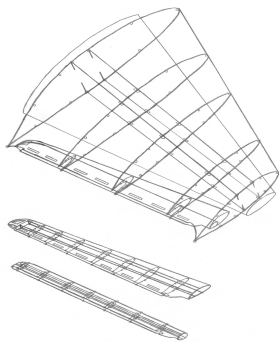
Setsuya Kinugawa

**Abstract:** For the development of engined wing of general transport for unlimited operation by unmanned vehicle, the joint operation estimation function is necessary to cause efficiently the target acceleration change vector under wide flight condition range suppressing complexity of jointed lattice structure of wing system. Then, the decision and renovation rule for accuracy upgrade using flight measurement data are important. The development of renovation method of the joint operation estimation rule is researched for the inner wing body.

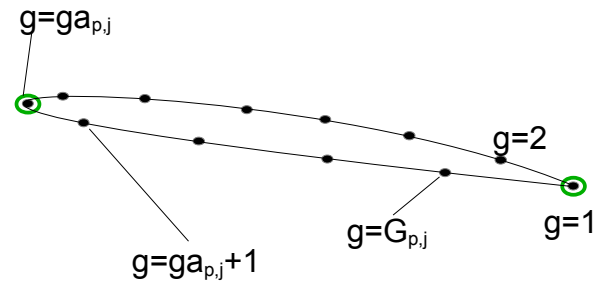
**Key Words:** jointed lattice structure, joint operation estimation, renovation rule, engined wing

### 1. 序

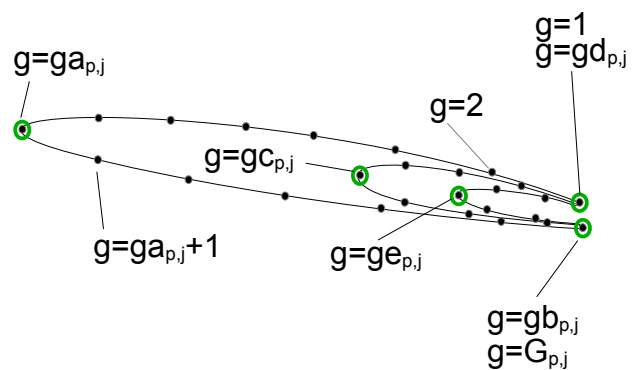
非限定運用に供する汎用輸送機のエンジン翼を無人機により開拓する際、翼体の関節格子機構の複雑性を抑えて広範囲な飛行状態で効率的に目標加速度増分ベクトルを実現する関節操作推定関数を見出すことが必要である。このため、形態系の設定段階においては関節操作推定則の設定と飛行測定データから関節操作推定則を更新して精度を向上する方法が重要となる。そこで、翼体の特に内翼(第 1 図)について行った初期設定と操作変量である関節操作量の明確化(文献 1 参照)に基づいて、関節操作推定則とその飛行測定データによる更新法の開拓を試みる。



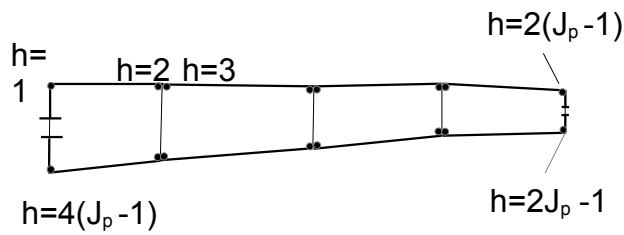
第 1 図 内翼の関節格子機構



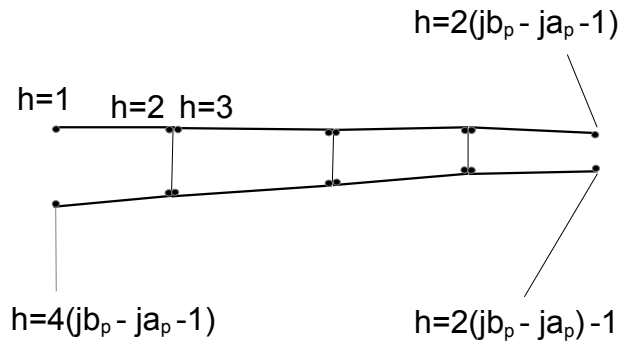
第 2 図 縦断面機構 A 型



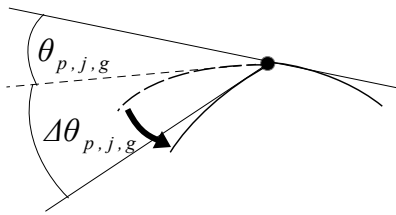
第 3 図 縦断面機構 B 型



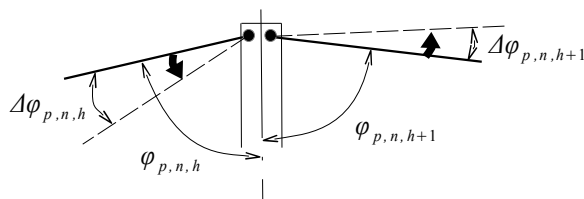
第4図 横関節機構A型



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

## 2. 推定関数の生成

速度,加速度,姿勢,形態,高度等の飛行状態を表す飛行変数群  $P$  をパラメータとし,目標加速度増分ベクトル  $\vec{\Delta A}^t$  に対し,関節角の操作量分布  $D$  を出力する推定則を飛行データにより更新して推定関数を生成する.

### 1.飛行によるデータ収集

最新の推定則で入力識別番号  $q=1,2,\dots$  毎に操作量分布

$$D_q = F_k(\vec{\Delta A}_q^t; P_q)$$

を出力し, 測定加速度増分ベクトル  $\vec{\Delta A}_q^m$  を得る.

### 2.推定則の更新

$D_q$ ,  $\vec{\Delta A}_q^m$  を基に推定則を更新する.

### 3.推定則の精度判定

飛行変数空間全体で推定則が所定の精度に達しない場合

#### 1.飛行によるデータ収集に戻る.

飛行変数空間全体で推定則が所定の精度に達した場合

最新の推定則を推定関数として終了.

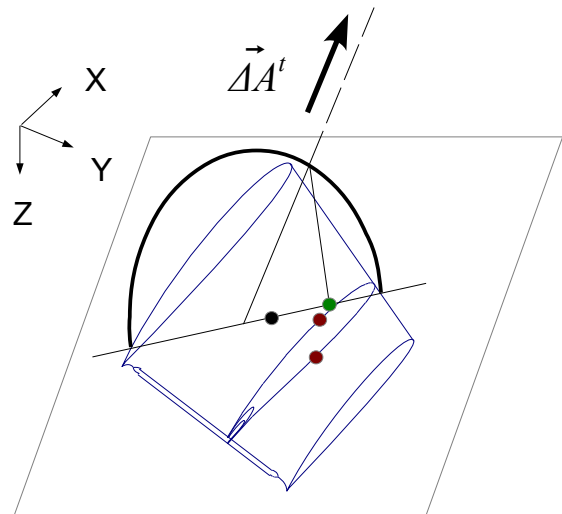
## 3. 推定則の初期設定

第1回目の飛行で使用する第1推定則を設定する.

飛行変数群  $P$  を指定し, 入力  $\vec{\Delta A}^t$  を与える.

### 頂点関節の決定

最大操作角を与える縦関節である頂点関節を決定する. 第8図参照.



第8図 頂点関節の決定法

内翼の中心点を通り機体固定座標系の  $XY$  平面に平行な第1基準面を取る. そして  $Z$  軸と

$\vec{AA}^t$  に平行で中心点を通る第2基準面と第1基準面の交線から内翼の基準外形によって方向線分を切り取る。

第2基準面Z軸方向  $\vec{AA}^t$  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  $\vec{AA}^t$  の方向に半径を立て円周との交点の方向線分への投影点を決める。

第2基準面の半円側にあり、投影点に最も近接した縦関節を頂点関節とする。

頂点関節の操作量の決定

各縦断面機構の縦関節操作量分布の決定

各横関節機構の横関節角操作量分布の決定

$$D = F_1(\vec{AA}^t; P)$$

#### 4. 飛行測定データによる推定則の更新

第k推定則を更新し第k+1推定則を生成する。

##### 4-1. 確定点の生成

第k飛行で入力目標  $\vec{AA}_q^t$  ( $q=1,2,\dots$ ) に対し得られる第k推定則による出力  $F_k(\vec{AA}_q^t; P_q)$  に測定ベクトル  $\vec{AA}_q^m$  を対応付ける。

$$\begin{aligned} D_q^m &= F_{k+1}(\vec{AA}_q^m; P_q) \\ &\equiv F_k(\vec{AA}_q^t; P_q) \end{aligned}$$

##### 4-2. 領域更新

4-2-1.  $|\vec{AA}_q^m - \vec{AA}_q^t| \geq \delta$  を満たす場合

$\vec{AA}_q^t$  に対する推定則の更新

$\vec{AA}_q^t - \vec{AA}_q^m$  に対する第k推定則による出力  $D_q^{m'}$  を  $D_q^m$  に重ね合わせる。

$$\begin{aligned} D_q^t &= F_{k+1}(\vec{AA}_q^t; P_q) \\ &\equiv D_q^m + D_q^{m'} \\ &= F_{k+1}(\vec{AA}_q^m; P_q) + F_k(\vec{AA}_q^t - \vec{AA}_q^m; P_q) \end{aligned}$$

$\vec{AA}_q^t$  を中心とする  $|\vec{AA}^t - \vec{AA}_q^t| < \varepsilon$  を満

たす  $\vec{AA}^t$  領域の推定則更新

$\vec{AA}_q^t$  に対する操作量  $D_q^t = F_{k+1}(\vec{AA}_q^t; P_q)$  から  $\vec{AA}^t$  に対する操作量を生成する。

最初に機体固定座標系で  $\vec{AA}_q^t: (X_q, Y_q, Z_q)$  ,

$\vec{AA}^t: (X_t, Y_t, Z_t)$  を表し,  $Z_q$  の符号の向

き,  $X_q$  から  $X_t$  への変化の向き,  $Y_q$  から  $Y_t$  への変化の向きに翼体の反りを増す。

$\vec{AA}_q^t: (X_q, Y_q, Z_q)$  に対する

$\vec{AA}^t: (X_t, Y_t, Z_t)$  の偏差割合を定義する。

X方向の偏差割合

$$\mu_x \equiv \frac{X_t - X_q}{|X_q|}$$

Y方向の偏差割合

$$\mu_y \equiv \frac{Y_t - Y_q}{|Y_q|}$$

そして  $\vec{AA}^t$  に対する縦関節操作量を次式により生成する。

$$\Delta\theta_{1,j,g} = (1 + c_x |\mu_x|) \cdot \Delta\theta_{1,j,g}^q$$

$c_x$  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  $j=1 \sim ja_1$

翼上後側  $1 \leq g \leq g_{1,j}^{uw} - 1$

翼上前側  $g_{1,j}^{uw} \leq g \leq g_{a_1,j}$

翼下前側  $g_{a_1,j} + 1 \leq g \leq g_{1,j}^{lw}$

翼下後側  $g_{1,j}^{lw} + 1 \leq g \leq G_{1,j}$

夫々の  $g$  範囲に対する  $c_x$  は  $\vec{AA}^t$  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  $c_x$

| $\vec{\Delta A}^t$ 入力条件                  | $Z_q \geq 0$<br>$\mu_x \geq 0$ | $Z_q \geq 0$<br>$\mu_x < 0$ | $Z_q < 0$<br>$\mu_x \geq 0$ | $Z_q < 0$<br>$\mu_x < 0$ |
|------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| $g$                                      | $c_x$                          | $c_x$                       | $c_x$                       | $c_x$                    |
| $1 \leq g \leq g_{1,j}^{uw} - 1$         | 0                              | -1                          | 0                           | 1                        |
| $g_{1,j}^{uw} \leq g \leq g a_{1,j}$     | -1                             | 0                           | 1                           | 0                        |
| $g a_{1,j} + 1 \leq g \leq g_{1,j}^{lw}$ | 1                              | 0                           | -1                          | 0                        |
| $g_{1,j}^{lw} + 1 \leq g \leq G_{1,j}$   | 0                              | 1                           | 0                           | -1                       |

翼根側縦断面機構B型  $j = ja_1 + 1 \sim jb_1$

翼上後側  $1 \leq g \leq g_{1,j}^{uw} - 1$

翼上前側  $g_{1,j}^{uw} \leq g \leq g a_{1,j}$

翼下前側  $g a_{1,j} + 1 \leq g \leq g_{1,j}^{lw}$

翼下後側  $g_{1,j}^{lw} + 1 \leq g \leq g b_{1,j}$

ダクト下後側  $g b_{1,j} + 1 \leq g \leq g_{1,j}^{ld} - 1$

ダクト下前側  $g_{1,j}^{ld} \leq g \leq g c_{1,j} - 1$

ダクト上前側  $g c_{1,j} \leq g \leq g_{1,j}^{ud}$

ダクト上後側  $g_{1,j}^{ud} + 1 \leq g \leq g d_{1,j}$

ノズル上後側  $g d_{1,j} + 1 \leq g \leq g_{1,j}^{un} - 1$

ノズル上前側  $g_{1,j}^{un} \leq g \leq g e_{1,j}$

ノズル下前側  $g e_{1,j} + 1 \leq g \leq g_{1,j}^{ln}$

ノズル下後側  $g_{1,j}^{ln} + 1 \leq g \leq G_{1,j}$

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

第2表 翼根側縦断面機構B型の  $c_x$

| $\vec{\Delta A}^t$ 入力条件 | $Z_q \geq 0$<br>$\mu_x \geq 0$ | $Z_q \geq 0$<br>$\mu_x < 0$ | $Z_q < 0$<br>$\mu_x \geq 0$ | $Z_q < 0$<br>$\mu_x < 0$ |
|-------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| $g$                     | $c_x$                          | $c_x$                       | $c_x$                       | $c_x$                    |

|                                              |    |    |    |    |
|----------------------------------------------|----|----|----|----|
| $1 \leq g \leq g_{1,j}^{uw} - 1$             | 0  | -1 | 0  | 1  |
| $g_{1,j}^{uw} \leq g \leq g a_{1,j}$         | -1 | 0  | 1  | 0  |
| $g a_{1,j} + 1 \leq g \leq g_{1,j}^{lw}$     | 1  | 0  | -1 | 0  |
| $g_{1,j}^{lw} + 1 \leq g \leq g b_{1,j}$     | 0  | 1  | 0  | -1 |
| $g b_{1,j} + 1 \leq g \leq g_{1,j}^{ld} - 1$ | 0  | 1  | 0  | -1 |
| $g_{1,j}^{ld} \leq g \leq g c_{1,j} - 1$     | 1  | 0  | -1 | 0  |
| $g c_{1,j} \leq g \leq g_{1,j}^{ud}$         | -1 | 0  | 1  | 0  |
| $g_{1,j}^{ud} + 1 \leq g \leq g d_{1,j}$     | 0  | -1 | 0  | 1  |
| $g d_{1,j} + 1 \leq g \leq g_{1,j}^{un} - 1$ | 0  | -1 | 0  | 1  |
| $g_{1,j}^{un} \leq g \leq g e_{1,j}$         | -1 | 0  | 1  | 0  |
| $g e_{1,j} + 1 \leq g \leq g_{1,j}^{ln}$     | 1  | 0  | -1 | 0  |
| $g_{1,j}^{ln} + 1 \leq g \leq G_{1,j}$       | 0  | 1  | 0  | -1 |

翼端側縦断面機構A型  $j = jb_1 + 1 \sim J_1$

翼上後側  $1 \leq g \leq g_{1,j}^{uw} - 1$

翼上前側  $g_{1,j}^{uw} \leq g \leq g a_{1,j}$

翼下前側  $g a_{1,j} + 1 \leq g \leq g_{1,j}^{lw}$

翼下後側  $g_{1,j}^{lw} + 1 \leq g \leq G_{1,j}$

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                  | $Z_q \geq 0$<br>$\mu_x \geq 0$ | $Z_q \geq 0$<br>$\mu_x < 0$ | $Z_q < 0$<br>$\mu_x \geq 0$ | $Z_q < 0$<br>$\mu_x < 0$ |
|------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| $g$                                      | $c_x$                          | $c_x$                       | $c_x$                       | $c_x$                    |
| $1 \leq g \leq g_{1,j}^{uw} - 1$         | 0                              | -1                          | 0                           | 1                        |
| $g_{1,j}^{uw} \leq g \leq g a_{1,j}$     | -1                             | 0                           | 1                           | 0                        |
| $g a_{1,j} + 1 \leq g \leq g_{1,j}^{lw}$ | 1                              | 0                           | -1                          | 0                        |
| $g_{1,j}^{lw} + 1 \leq g \leq G_{1,j}$   | 0                              | 1                           | 0                           | 1                        |

$\vec{\Delta A}^t$  に対する横関節操作量を次式により生成する.

$$\Delta\phi_{1,n,h} = (1 + c_y |\mu_y|) \cdot \Delta\phi_{1,n,h}^q$$

$c_y$  を横関節番号  $h$  毎に次の通り与える.

横断面機構A型  $n=1 \sim na_1$

$$\text{翼上翼根側 } 1 \leq h \leq h_{1,n}^{uw} - 1$$

$$\text{翼上翼端側 } h_{1,n}^{uw} \leq h \leq 2(J_1 - 1)$$

$$\text{翼下翼端側 } 2J_1 - 1 \leq h \leq h_{1,n}^{lw}$$

$$\text{翼下翼根側 } h_{1,n}^{lw} + 1 \leq h \leq 4(J_1 - 1)$$

夫々の  $h$  範囲に対する  $c_y$  は  $\vec{\Delta A}^t$  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  $c_y$

| $\vec{\Delta A}^t$ 入力条件                   | $Z_q \geq 0$<br>$\mu_y \geq 0$ | $Z_q \geq 0$<br>$\mu_y < 0$ | $Z_q < 0$<br>$\mu_y \geq 0$ | $Z_q < 0$<br>$\mu_y < 0$ |
|-------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| $h$                                       | $c_y$                          | $c_y$                       | $c_y$                       | $c_y$                    |
| $1 \leq h \leq h_{1,n}^{uw} - 1$          | 0                              | 1                           | 0                           | -1                       |
| $h_{1,n}^{uw} \leq h \leq 2(J_1 - 1)$     | 1                              | 0                           | -1                          | 0                        |
| $2J_1 - 1 \leq h \leq h_{1,n}^{lw}$       | -1                             | 0                           | 1                           | 0                        |
| $h_{1,n}^{lw} + 1 \leq h \leq 4(J_1 - 1)$ | 0                              | -1                          | 0                           | 1                        |

横断面機構B型  $n=na_1 + 1 \sim nb_1$

$$\text{ダクト上翼根側 } 1 \leq h \leq h_{1,n}^{ud} - 1$$

$$\text{ダクト上翼端側 } h_{1,n}^{ud} \leq h \leq 2(jb_1 - ja_1 - 1)$$

$$\text{ダクト下翼端側 } 2(jb_1 - ja_1) - 1 \leq h \leq h_{1,n}^{ld}$$

$$\text{ダクト下翼根側 } h_{1,n}^{ld} + 1 \leq h \leq 4(jb_1 - ja_1 - 1)$$

夫々の  $h$  範囲に対する  $c_y$  は  $\vec{\Delta A}^t$  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  $c_y$

| $\vec{\Delta A}^t$ 入力条件                           | $Z_q \geq 0$<br>$\mu_y \geq 0$ | $Z_q \geq 0$<br>$\mu_y < 0$ | $Z_q < 0$<br>$\mu_y \geq 0$ | $Z_q < 0$<br>$\mu_y < 0$ |
|---------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| $h$                                               | $c_y$                          | $c_y$                       | $c_y$                       | $c_y$                    |
| $1 \leq h \leq h_{1,n}^{ud} - 1$                  | 0                              | 1                           | 0                           | -1                       |
| $h_{1,n}^{ud} \leq h \leq 2(jb_1 - ja_1 - 1)$     | 1                              | 0                           | -1                          | 0                        |
| $2(jb_1 - ja_1) - 1 \leq h \leq h_{1,n}^{ld}$     | -1                             | 0                           | 1                           | 0                        |
| $h_{1,n}^{ld} + 1 \leq h \leq 4(jb_1 - ja_1 - 1)$ | 0                              | -1                          | 0                           | 1                        |

横断面機構C型  $n=nb_1 + 1 \sim N_1$

$$\text{ノズル上翼根側 } 1 \leq h \leq h_{1,n}^{un} - 1$$

$$\text{ノズル上翼端側 } h_{1,n}^{un} \leq h \leq 2(jb_1 - ja_1 - 1)$$

$$\text{ノズル下翼端側 } 2(jb_1 - ja_1) - 1 \leq h \leq h_{1,n}^{ln}$$

$$\text{ノズル下翼根側 } h_{1,n}^{ln} + 1 \leq h \leq 4(jb_1 - ja_1 - 1)$$

夫々の  $h$  範囲に対する  $c_y$  は  $\vec{\Delta A}^t$  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  $c_y$

| $\vec{\Delta A}^t$ 入力条件                           | $Z_q \geq 0$<br>$\mu_y \geq 0$ | $Z_q \geq 0$<br>$\mu_y < 0$ | $Z_q < 0$<br>$\mu_y \geq 0$ | $Z_q < 0$<br>$\mu_y < 0$ |
|---------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| $h$                                               | $c_y$                          | $c_y$                       | $c_y$                       | $c_y$                    |
| $1 \leq h \leq h_{1,n}^{un} - 1$                  | 0                              | 1                           | 0                           | -1                       |
| $h_{1,n}^{un} \leq h \leq 2(jb_1 - ja_1 - 1)$     | 1                              | 0                           | -1                          | 0                        |
| $2(jb_1 - ja_1) - 1 \leq h \leq h_{1,n}^{ln}$     | -1                             | 0                           | 1                           | 0                        |
| $h_{1,n}^{ln} + 1 \leq h \leq 4(jb_1 - ja_1 - 1)$ | 0                              | -1                          | 0                           | 1                        |

## 5. 結論

飛行変数群を固定した  $|\vec{AA}_q^m - \vec{AA}_q^t| > \delta$  の場合の関節操作推定則の領域更新案を明確化した。

## 6. 今後の課題

1. 推定則の初期設定の具体化
2. 飛行測定データによる推定則の更新の更なる具体化

$$|\vec{AA}_q^m - \vec{AA}_q^t| > \delta$$

$\vec{AA}_q^m$  を中心とする  $|\vec{AA}' - \vec{AA}_q^m| < \varepsilon$  を満たす

$\vec{AA}'$  領域の推定則更新

$$|\vec{AA}_q^m - \vec{AA}_q^t| < \delta$$

$\vec{AA}_q^m$  を中心とする  $|\vec{AA}' - \vec{AA}_q^m| < \delta$  を満たす

$\vec{AA}'$  領域の推定則更新

### 3. 飛行変数群 $P$ に関する領域推定

を進め、関節操作推定則および更新法を探索する。

#### 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 (衣川撰哉)」
- 2) 航空機研究室 (衣川撰哉 個人ホームページ)  
<http://www5.ocn.ne.jp/~knkouken/>