

1C18 関節操作推定関数探索法の開拓

2017年4月13日

衣川 摂哉

1.序

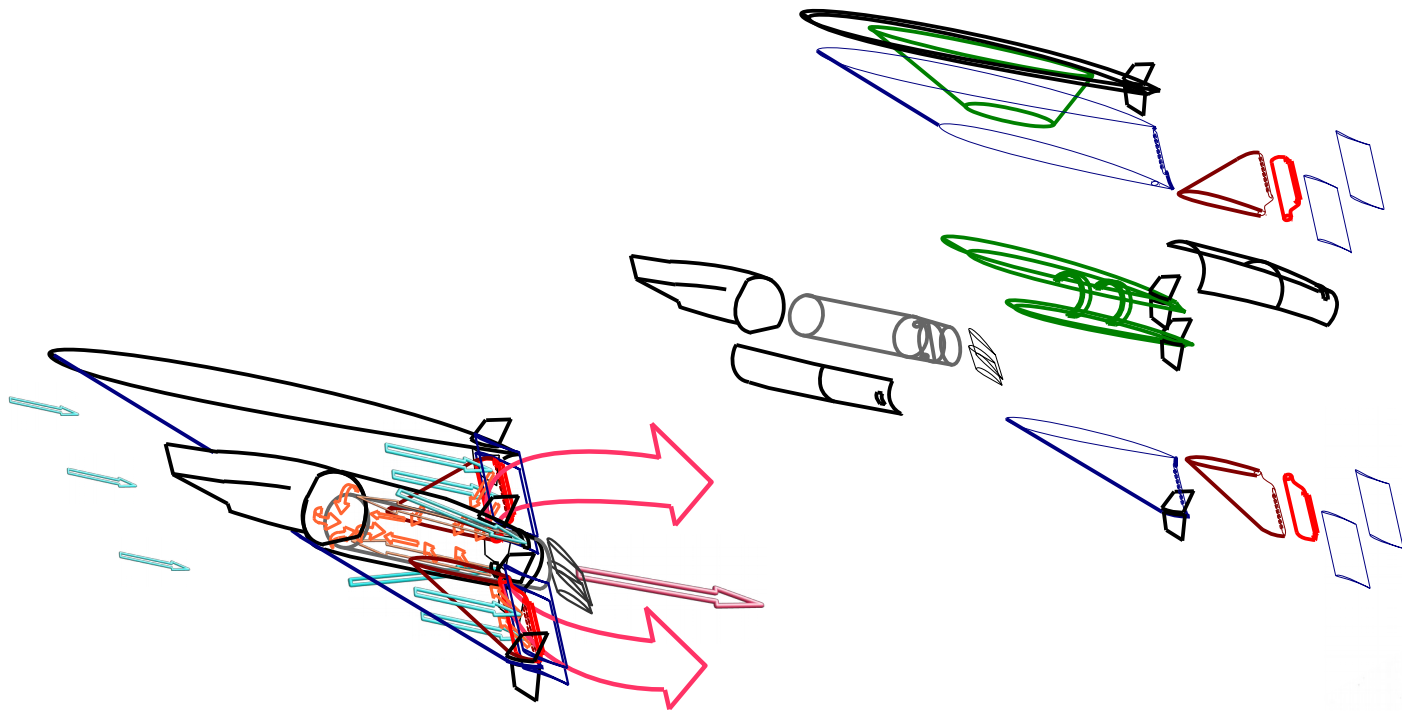
後方吸気-排熱回生機能を有するエンジン翼EW-2の構成探索の第一段階において設定された形態系に対し、構成探索の第二段階で形態過程探索法を設定する.

翼体系の関節格子機構を操作するための関節操作推定関数を無人機のコンピュータに搭載し、無人機を飛行させ関節操作推定関数の操作量出力により形態過程を生成する.

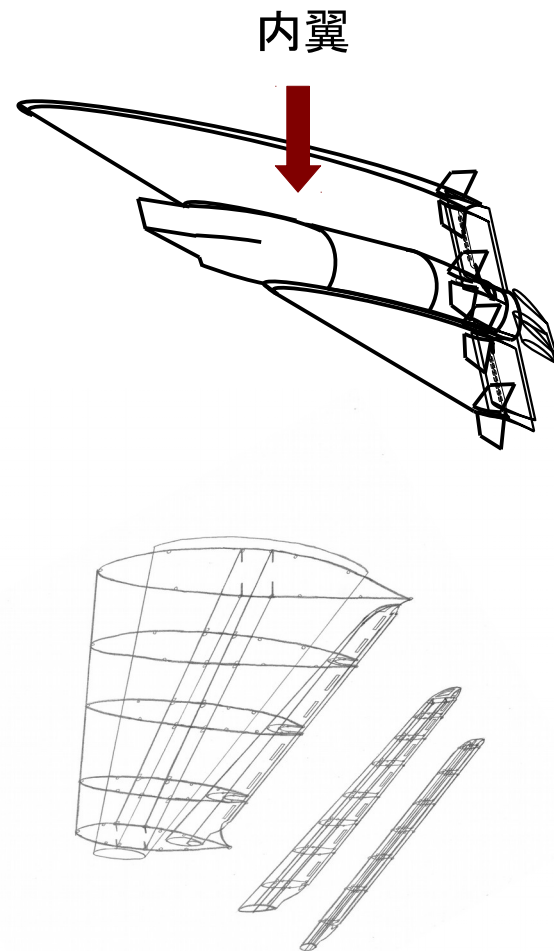
このため、形態系の適用範囲が広く高精度で効率的に操作量を出力できる関節操作推定関数を見出さなければならない.

無人機のコンピュータに初期関数を搭載し、
飛行領域の適用性と目標加速度の実現精度を達成するまで
初期関数に対して飛行による測定データと地上での流体力学的
推定データによる更新を繰返して関節操作推定関数を探索し確定
する方法の精度と効率を追求する.

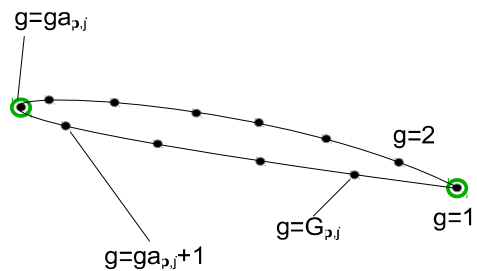
翼体系の特に内翼を対象に、
初期の関節格子機構に対し、
関節操作推定関数の出力による操作量を恒常的に0とすることが
できる非操作関節を見出す方法の開拓を試みる.



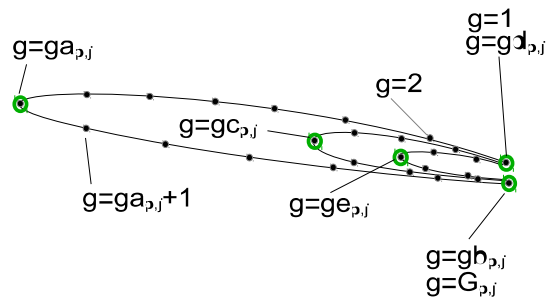
第1図 エンジン翼EW-2



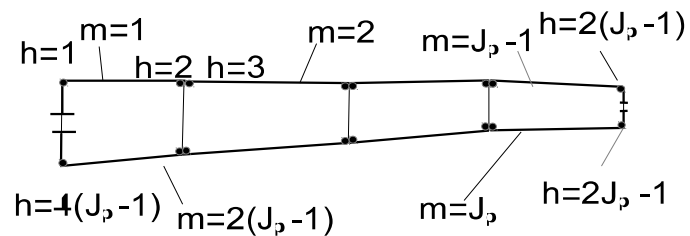
内翼の関節格子機構



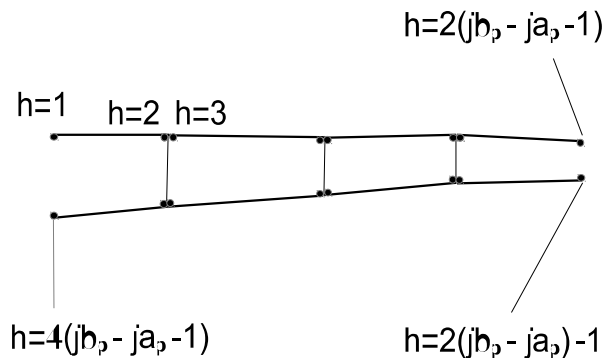
第2図 縦断面機構A型



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

4. 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 $\vec{\Delta A}^t: (\Delta A_X^t, \Delta A_Y^t, \Delta A_Z^t),$

目標モーメント増分ベクトル $\vec{\Delta N}^t: (\Delta N_X^t, \Delta N_Y^t, \Delta N_Z^t),$

速度, 加速度, 姿勢, 形態, 高度等の飛行状態を表す測定値からな

る飛行変数群 $\mathbf{P}^f: (p_1^f, \dots, p_i^f, \dots, p_{I_p}^f)$

を与える入力変数群 $\mathbf{T}=(\vec{\Delta A}^t, \vec{\Delta N}^t, \mathbf{P}^f)$

の入力により

縦関節操作角 $\Delta \theta_{ic}$,

横関節操作角 $\Delta \phi_{is}$

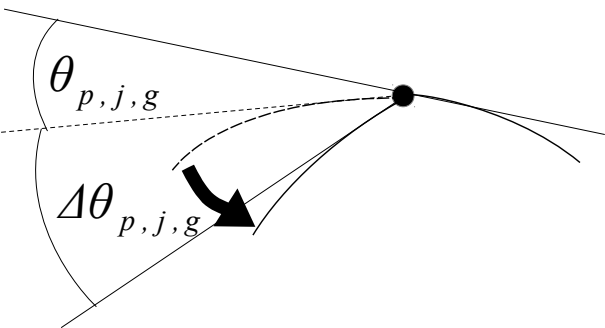
を出力する夫々縦関節操作推定関数(θ関数)

$$\Delta \theta_{ic} = F_{ic}^{\theta}(\mathbf{T}) \quad (1 \leq ic \leq IC) \quad (1-1)$$

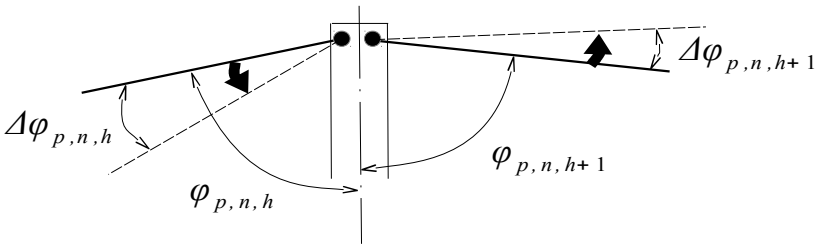
横関節操作推定関数(φ関数)

$$\Delta \phi_{is} = F_{is}^{\phi}(\mathbf{T}) \quad (1 \leq is \leq IS) \quad (1-2)$$

を関節操作推定関数と総称する.



第6図 縦関節角



第7図 横関節角

そしてベクトル

$$\boldsymbol{D} = \begin{pmatrix} \Delta \theta_1 \\ \vdots \\ \Delta \theta_{ic} \\ \vdots \\ \Delta \theta_{IC} \\ \Delta \varphi_1 \\ \vdots \\ \Delta \varphi_{is} \\ \vdots \\ \Delta \varphi_{IS} \end{pmatrix} \tag{1}$$

$$\boldsymbol{F}(T) = \begin{pmatrix} F_1^{\theta}(T) \\ \vdots \\ F_{ic}^{\theta}(T) \\ \vdots \\ F_{IC}^{\theta}(T) \\ F_1^{\varphi}(T) \\ \vdots \\ F_{is}^{\varphi}(T) \\ \vdots \\ F_{IS}^{\varphi}(T) \end{pmatrix} \tag{2}$$

を用いて次式で表される。

$$\boldsymbol{D} = \dot{\boldsymbol{F}}(T) \tag{3}$$

2. 形態過程の構成

エンジン翼EW-2では広範囲な飛行状態で次の3つの形態過程が同時に実行される.

1. 基準化過程

ローリングのない定常的な飛行に適する基準形態を速度, 高度の変化に対応して最適化する形態過程

予め空気力学的に推定した速度, 高度に応じた最適形態間を自動遷移させる.

2. 空力弾性対応過程

空力弾性現象における弾性変形を自動的に検知し打消す形態過程

部材の弾性変形を関節の回転角保持により直接的に打消すことができる. このため, コントロールサーフェスの作動により空力モーメントを発生させる間接的な打消しに比べて初動で確実に変形を抑え振動を回避するのに有利である.

3.操作過程

操縦のための加速度変更を生じる形態過程

操縦入力に反応し、操縦入力から変換された加速度変化目標を実現するため関節角を変化させて形態過程を生成する。

3.操作過程

+



自動形態過程

加速度変更目標を実現する
関節角操作が重ね合わされる。

1.基準化過程 + 2.空力弾性対応過程

関節角変化が自動的恒常的に
重ね合わされている状態

3. 関節ロック機能と関節段階作動法の導入

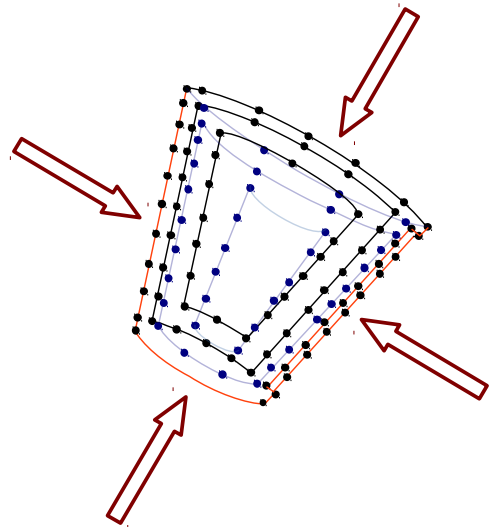
1. 基準化過程, 2. 空力弾性対応過程, 3. 操作過程のいずれにおいても作動関節数を最小にする.

各関節に関節ロック機能を設定する. 関節ロック状態では関節操作が制止され, 関節ロックが解除されると関節は可動状態となる.

そして1. 基準化過程, 2. 空力弾性対応過程, 3. 操作過程の夫々に同一の関節段階作動法を導入する.

第8図に関節格子機構の代表的な関節分布を示す.形態過程が実施されない間は全ての関節がロックされる.形態過程が実施されると可動関節が周辺から中央へと環状に増加させながら操作される.

- 上面 可動関節群
- 下面 可動関節群
- 前,後縁,翼端可動関節群



⇒ 方向に可動
関節を増加させる

関節ロック解除段階を順に

$s = 1, 2, \dots, S$ (S は全て解除)

で表し, 操作に必要な最大可動関節数を

S_{MAX} ($1 \leq S_{MAX} \leq S$)で表す.

第8図 関節段階作動法

4. 関節角操作による形態過程探索法の設定

エンジン翼EW-2では, 翼体系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ことが重要である.

無人機の設定

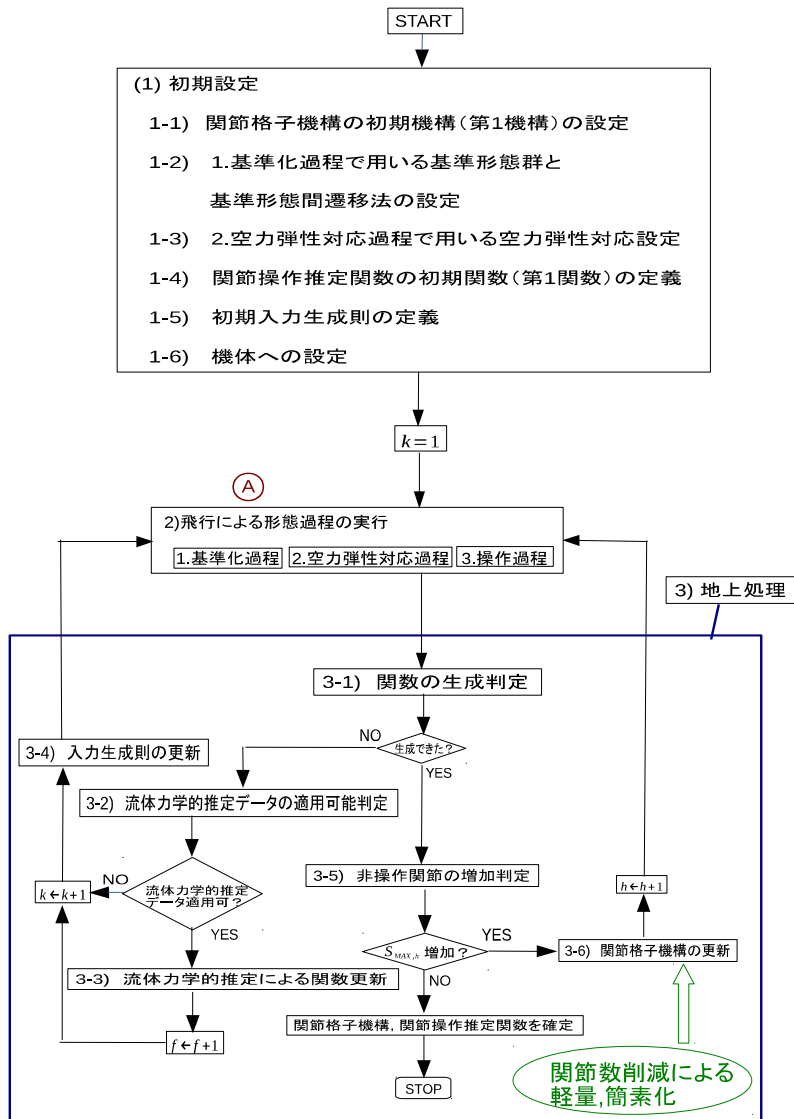
自動形態過程(1.基準化過程, 2.空力弾性対応過程)の設定

目標加速度, 目標モーメント, 飛行状態の入力に対し3.操作過程の関節操作量を出力する関節操作推定関数の初期関数を搭載

無人機の飛行による空力測定と地上での流体力学的推定を繰返すことにより初期関数からの関数更新を行い, 精度と適用性を有する関節操作推定関数の探索を通して形態過程探索を行う.

第2図にフローを示す.

実施する飛行を飛行番号 k により識別する.



1-1) 総関節数の指定と共に初期機構(第1機構)の設定を行う。

1-5) 第1飛行で探索する P^f の領域: P^f 探索領域を設定する。

P^f 探索領域において初期関数への入力を逐次生成する初期入力生成則を定義する。

1-6) 機体搭載コンピュータに

1-4)で定義した初期関数

1-5)で定義した初期入力生成則

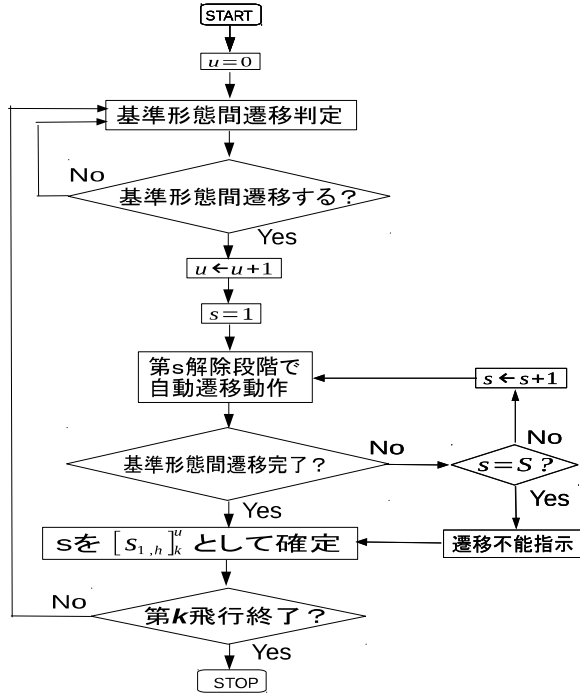
をインストールする。

3-5) 現行の関節格子機構(第h機構)による全ての飛行($k=1, 2, \dots$)で得られた

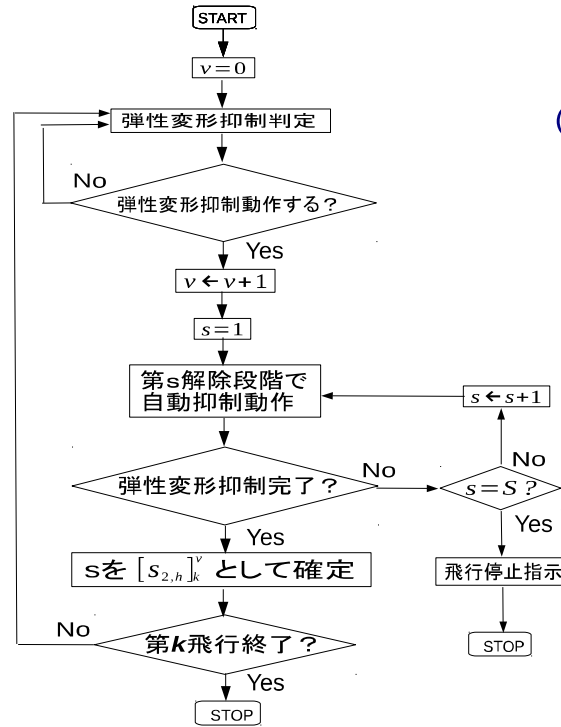
$[s_{1MAX,h}]_k$, $[s_{2MAX,h}]_k$, $[s_{3MAX,h}]_k$ の最大値 $S_{MAX,h}$ を求める。

第9図 形態過程探索法

1. 基準化過程

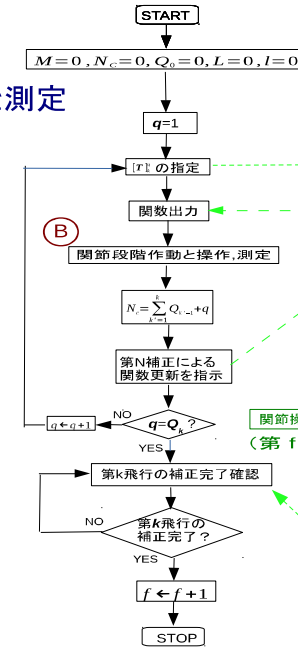


2. 空力弾性対応過程

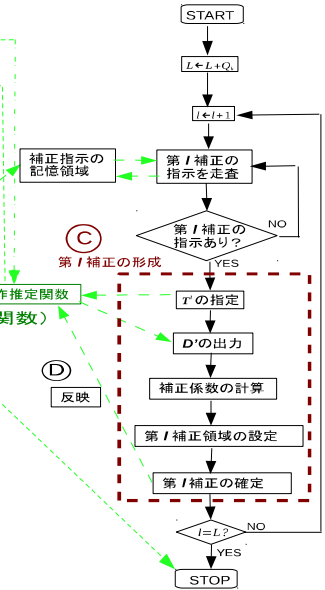


3. 操作過程

(1) 関節操作と測定



(2) 補正による関数更新

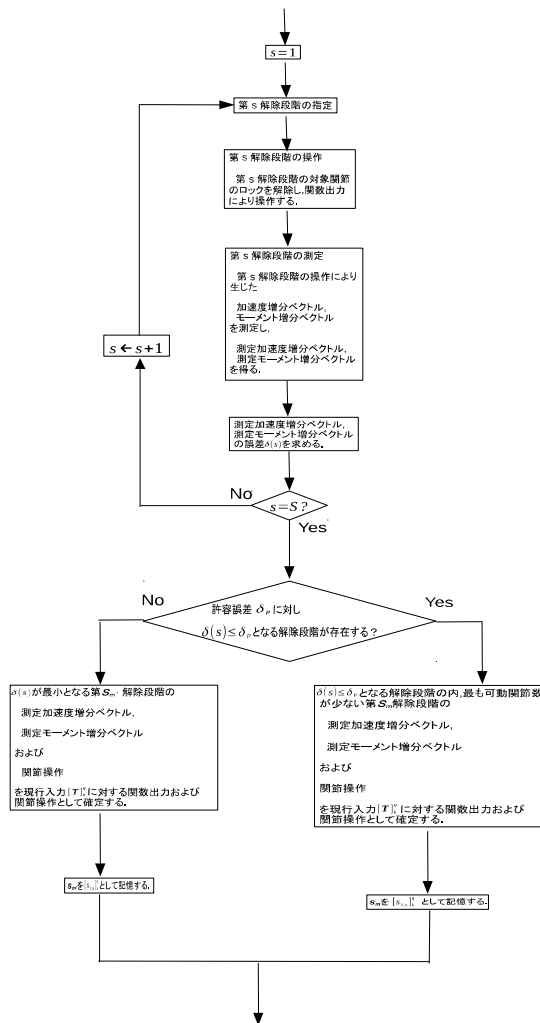


第10図 飛行による形態過程の実行の流れ図

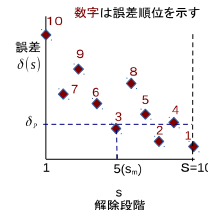
5.操作過程における関節操作推定関数の更新

(1)関節操作と測定

第10図の ②



最大解除段階S=10の場合の例



第11図 関節段階作動と操作, 測定

(2) 補正による関数更新

第3図 © 第1補正の形成 参照

$$l = \sum_{r=1}^{k'-1} Q_r + q' : l \rightarrow (k', q')$$

$P^f = [P^f]_{k'}^{q'}$ において $[D]_{k'}^{q'}$ の関節操作により $[\Delta \vec{A}^m]_{k'}^{q'}$, $[\Delta \vec{N}^m]_{k'}^{q'}$ が測定される.

これは, $P^f = [P^f]_{k'}^{q'}$ において目標ベクトルを $[\Delta \vec{A}^m]_{k'}^{q'}$, $[\Delta \vec{N}^m]_{k'}^{q'}$ に指定した
入力 $T^l \equiv ([\Delta \vec{A}^m]_{k'}^{q'}, [\Delta \vec{N}^m]_{k'}^{q'}, [P^f]_{k'}^{q'})$ に対する出力目標が $[D]_{k'}^{q'}$ であることを示している.

現行の F_k では T^l に対する出力 $D' = F_k(T^l)$ は $[D]_{k'}^{q'}$ と異なる.

そこで補正係数 cc_{ic}^l , cc_{is}^l を導入し

$$[D]_k^{q'} = \begin{Bmatrix} [\Delta\theta_1]_k^{q'} \\ \vdots \\ [\Delta\theta_{ic}]_k^{q'} \\ [\Delta\phi_1]_k^{q'} \\ \vdots \\ [\Delta\phi_{is}]_k^{q'} \\ [\Delta\phi_{IS}]_k^{q'} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} cc_1^l \cdot F_{1,k}^\theta(T^l) \\ cc_{ic}^l \cdot F_{ic,k}^\theta(T^l) \\ cc_{IC}^l \cdot F_{IC,k}^\theta(T^l) \\ cs_1^l \cdot F_{1,k}^\phi(T^l) \\ \vdots \\ cs_{is}^l \cdot F_{is,k}^\phi(T^l) \\ cs_{IS}^l \cdot F_{IS,k}^\phi(T^l) \end{Bmatrix} = C^l \cdot F_k(T^l) \quad (4)$$

$$C^l = \begin{Bmatrix} cc_1^l & & & & & \\ & cc_2^l & & & & \\ & & \ddots & & & \\ & & & 0 & & \\ & & & & \ddots & \\ & & & & & cc_{IC}^l \\ & 0 & & & & & cs_1^l \\ & & & & & & & cs_2^l \\ & & & & & & & & \ddots \\ & & & & & & & & & cs_{IS}^l \end{Bmatrix} \quad (5)$$

$$F_k(T^l) = \begin{Bmatrix} F_{1,k}^\theta(T^l) \\ \vdots \\ F_{ic,k}^\theta(T^l) \\ \vdots \\ F_{IC,k}^\theta(T^l) \\ F_{1,k}^\phi(T^l) \\ \vdots \\ F_{is,k}^\phi(T^l) \\ \vdots \\ F_{IS,k}^\phi(T^l) \end{Bmatrix} \quad (6)$$

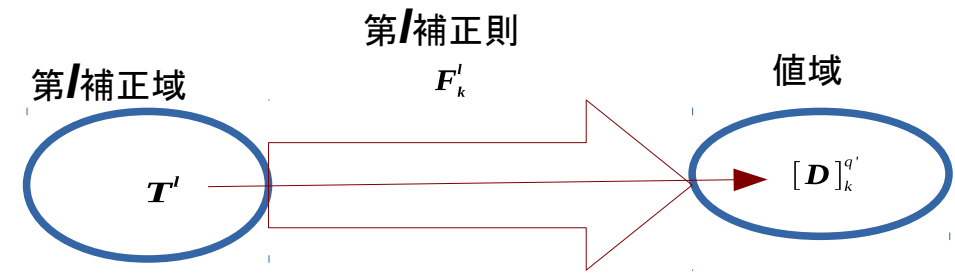
となる cc_{ic}^l , cc_{is}^l を次の通り求める.

$$cc_{ic}^l = \frac{[\Delta\theta_{ic}]_k^{q'}}{F_{ic,k}^\theta(T^l)} \quad (1 \leq ic \leq IC) \quad (7-1)$$

$$cs_{is}^l = \frac{[\Delta\phi_{is}]_k^{q'}}{F_{is,k}^\phi(T^l)} \quad (1 \leq is \leq IS) \quad (7-2)$$

T の定義域に T^l を包含する第 l 補正域を形成し, 第 l 補正域に対する値域を与える第 l 補正則を設定し, 第 l 補正を形成する.

$$F_k^l(T) \equiv C^l \cdot F_k(T) \quad (8)$$



6.結論

関節格子機構の各関節に関節ロック機能を設定し1.基準化過程, 2.空力弾性対応過程, 3.操作過程の夫々に同一の関節段階作動法を導入した.

関節操作推定関数の出力による操作量を恒常的に0とする非操作関節を見出して廃止することにより初期の関節格子機構を軽量, 簡素化することができるようにした.

7. 今後の課題

- ・関節段階作動法による非操作関節の検出法の更なる具体化と課題探求
- ・「(3)地上処理」の具体化
- ・初期関数について

P^f の影響を考慮する.

関節角計算式のパラメータの探索法を研究する.

などが挙げられる.

8. 参考文献

- 1) 衣川摂哉 : 第47期年会講演原稿
- 2) 衣川摂哉 : 第53 期中部・関西合同秋期大会講演原稿