

2C1 関節操作推定関数探索法の開拓

衣川 摂哉

2016年4月15日

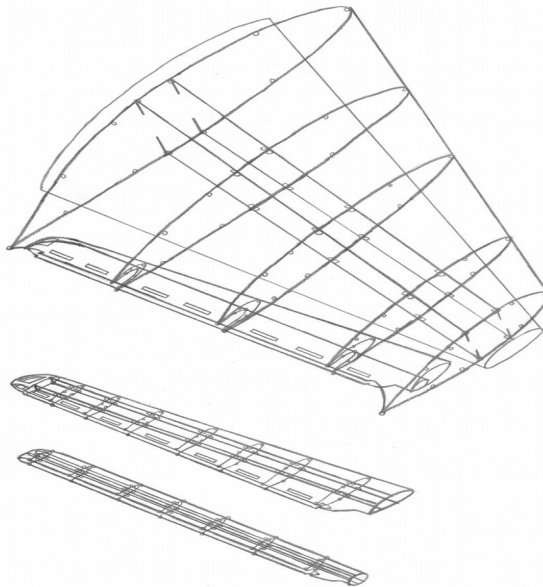
1. 序

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可能性開拓を、翼体系の特に内翼を対象に試みる。



第1図 内翼の関節格子機構

2. 関節角操作による形態過程探索

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

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

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。

1. 基準化過程、2. 空力弾性対応過程の関節角変化が自動的に恒常的に重ね合わされている状態(自動形態過程)下で更に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。

最初に3. 操作過程のみの場合を扱い、翼体系の特に内翼(第1図)について関節操作推定関数の探索を試みる。

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

$$P^f: (p_1^f, \quad - \quad - \quad ; p_i^f, \quad - \quad - \quad ; p_{I_p}^f)$$

を与える入力変数群

$$T = (\vec{\Delta A}^t, \vec{\Delta N}^t, P^f) \quad (1)$$

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)

$$\Delta\theta_{Ic} = F_{Ic}^{\theta}(T) \quad (1 \leq Ic \leq Ic_1) \quad (2-1)$$

横関節操作推定関数(φ 関数)

$$\Delta\varphi_{Is} = F_{Is}^{\varphi}(T) \quad (1 \leq Is \leq Is_1) \quad (2-2)$$

を関節操作推定関数と総称する.

そしてベクトル表示

$$\boldsymbol{D} = \begin{pmatrix} \Delta\theta_1 \\ \vdots \\ \Delta\theta_{Ic} \\ \vdots \\ \Delta\theta_{Ic1} \\ \Delta\varphi_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ \Delta\varphi_{Is} \\ \vdots \\ \vdots \\ \Delta\varphi_{Is1} \end{pmatrix} \tag{3-1}$$

$$\boldsymbol{F}(\boldsymbol{T}) = \begin{pmatrix} F_1^\theta(\boldsymbol{T}) \\ \vdots \\ F_{Ic}^\theta(\boldsymbol{T}) \\ \vdots \\ F_{Ic1}^\theta(\boldsymbol{T}) \\ F_1^\varphi(\boldsymbol{T}) \\ \vdots \\ \vdots \\ F_{Is}^\varphi(\boldsymbol{T}) \\ \vdots \\ \vdots \\ F_{Is1}^\varphi(\boldsymbol{T}) \end{pmatrix} \tag{3-2}$$

を用いて次式で表される.

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

5. 操作過程に適用する関節操作推定関数の探索法

形態過程探索飛行を開始するための初期関数を機体に搭載し, 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を探索し確定する.

次の(1)から(5)の各ステップにより関節操作推定関数の探索法を構成する.

- (1)初期設定
- (2)飛行による関数出力と操作データの生成
- (3)関節操作推定関数の生成判定
- (4)流体力学的推定データの生成
- (5)入力生成則の更新

START

(1)初期設定

(2)飛行による関数出力と操作データの生成

(3)関節操作推定関数の生成判定

関節操作推定関数
生成完了？

NO

YES

関節操作推定関数の確定

STOP

(5)入力生成則の更新

(4)流体力学的推定データの生成

アウトデータあり？

NO

YES

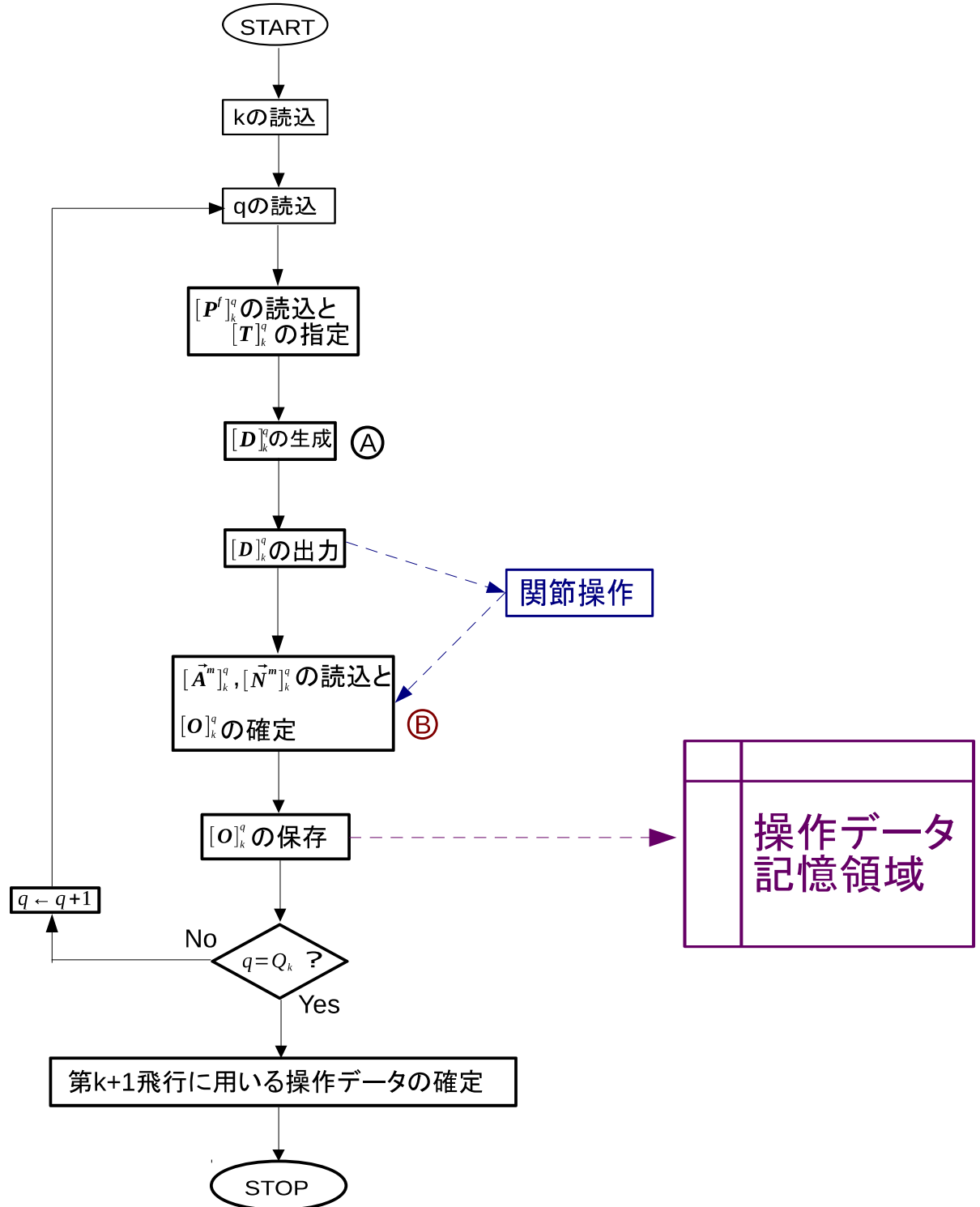
精度を達成できない操作データ



(2)飛行による関数出力と操作データの生成

K 飛行番号

q 各飛行における入力番号



③ $[O]_k^q$ の確定

加速度増分誤差指数

$$[E^A]_k^q = \frac{[\Delta \vec{A}^m]_k^q - [\Delta \vec{A}^t]_k^q}{\varepsilon_A}$$

モーメント増分誤差指数

$$[E^N]_k^q = \frac{[\Delta \vec{N}^m]_k^q - [\Delta \vec{N}^t]_k^q}{\varepsilon_N}$$

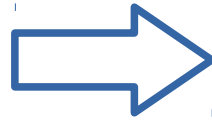
を求め、操作データ

$$[O]_k^q = \begin{bmatrix} [\Delta \vec{A}^m]_k^q & [\Delta \vec{N}^m]_k^q & [D]_k^q & [\Delta \vec{A}^t]_k^q & [\Delta \vec{N}^t]_k^q \\ [P^f]_k^q & [E^A]_k^q & [E^N]_k^q & & \end{bmatrix}$$

を確定する。

(k', q') による操作データ O の識別

k'		q'	
1	1, ...		, Q_1
2		•	
•		•	
•		•	
	1, ...		, $Q_{k'}$
		•	
		•	
		•	
		(k', q')	
		•	
		•	
$k-1$	1, ...		, Q_{k-1}
k	1, ...		, $q-1$



適合条件を満たす
を探索し, $\hat{o}$ により $[O]_{k'}^{q'}((k', q')_1, (k', q')_2, \dots)$

$(k', q')_1$: $\hat{o}=1$

$(k', q')_2$: $\hat{o}=2$

•
•
•

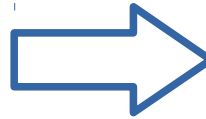
の通り識別し,

$[O_E]_{(k,q)}^{\hat{o}}(\hat{o}=1, 2, \dots, \hat{O}_{(k,q)})$

と表す.

$(k', \hat{q}, u)$ による流体力学的推定データ U の識別

k'	$\hat{q}$	u	
1	1	1, 2, ...	, $U_{1,1}$
	2	1, 2, ...	, $U_{1,2}$
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
	$\hat{Q}_1$	1, 2, ...	, $U_{1,\hat{Q}_1}$
2	1	1, 2, ...	, $U_{2,1}$
	2	1, 2, ...	, $U_{2,2}$
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
	$\hat{Q}_2$	1, 2, ...	, $U_{2,\hat{Q}_2}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$\vdots$	$\vdots$	$(k', \hat{q}, u)$	
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	
$k-1$	1	1, 2, ...	, $U_{k-1,1}$
	2	1, 2, ...	, $U_{k-1,2}$
	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
	$\hat{Q}_{k-1}$	1, 2, ...	, $U_{k-1,\hat{Q}_{k-1}}$



適合条件を満たす $[U]_{k',\hat{q}}^u((k',\hat{q},u)_1,(k',\hat{q},u)_2,\dots)$ を探索し, $\hat{u}$ により

$$(k', \hat{q}, u)_1 : \hat{u}=1$$

$$(k', \hat{q}, u)_2 : \hat{u}=2$$

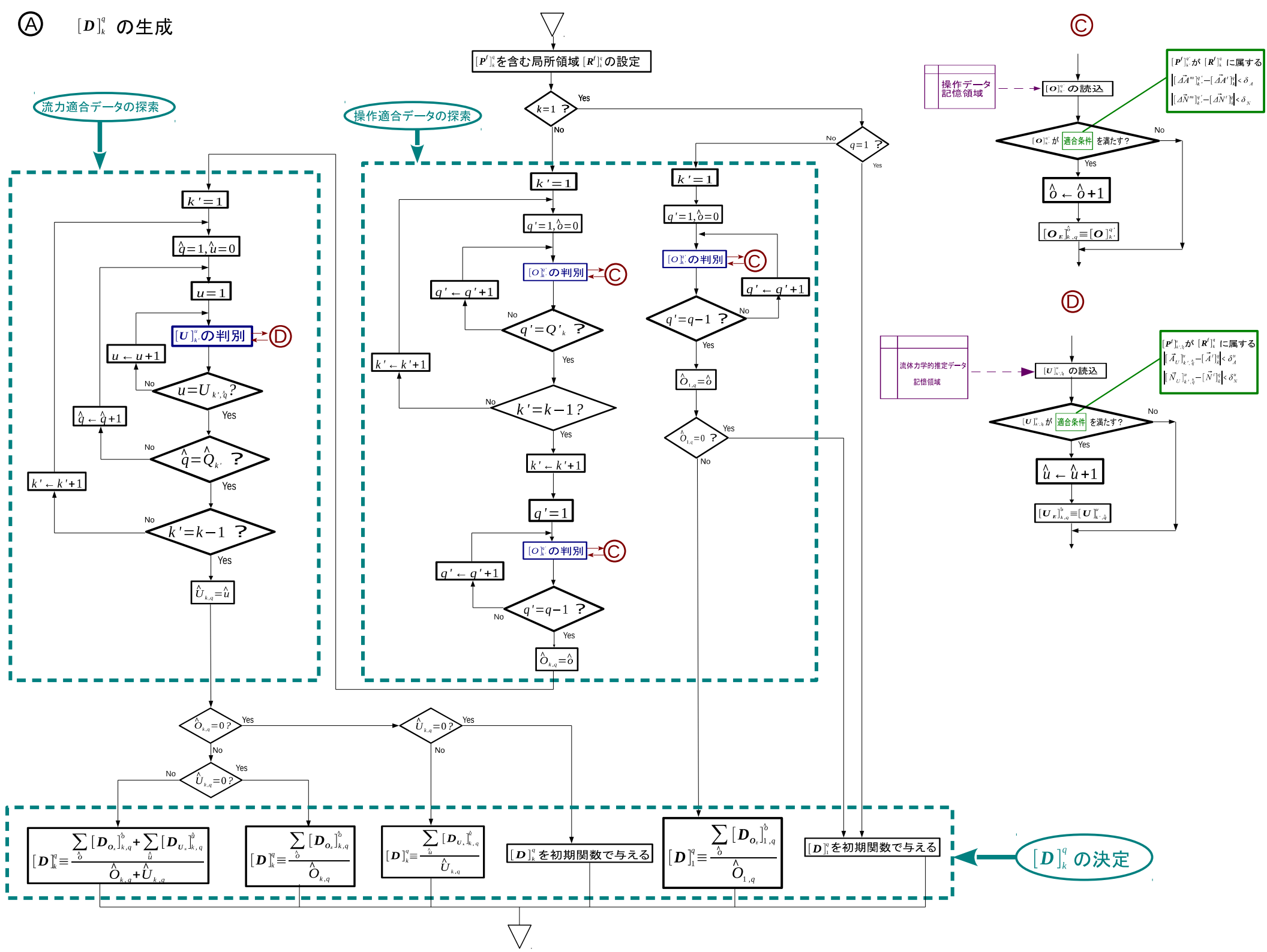
$\vdots$

の通り識別し,

$$[U_E]_{k,q}^{\hat{u}}(\hat{u}=1,2,\dots,\hat{U}_{k,q})$$

と表す.

Ⓐ



(3) 関節操作推定関数の生成判定

・既成の操作データ群

$$[O]_{k'}^{q'} = \begin{bmatrix} [\vec{\Delta A}^m]_{k'}^{q'} & [\vec{\Delta N}^m]_{k'}^{q'} & [D]_{k'}^{q'} & [\vec{\Delta A}^t]_{k'}^{q'} & [\vec{\Delta N}^t]_{k'}^{q'} \\ [P^f]_{k'}^{q'} & [E^A]_{k'}^{q'} & [E^N]_{k'}^{q'} & & \end{bmatrix} \quad (1 \leq k' \leq k, 1 \leq q' \leq Q_{k'}) \quad (46)$$

の中に

$$[E^N]_{k'}^{q'} > 1 \quad (47-1)$$

又は

$$[E^A]_{k'}^{q'} > 1 \quad (47-2)$$

である操作データ(アウトデータ)がある場合

・ P^f 未探索の領域があり, 精度と適用性を満たす目標 P^f 領域が形成できていない場合

k に+1を加算する.

「(5)入力生成則の更新」に進む

・既成の全ての操作データ

$$[O]_{k'}^{q'} \quad (1 \leq k' \leq k, 1 \leq q' \leq Q_{k'}) \quad \text{で} \quad (48-1)$$

$$[E^A]_{k'}^{q'} \leq 1$$

$$[E^N]_{k'}^{q'} \leq 1 \quad (48-2)$$

であり, 精度と適用性を満たす(任意の操作データがアウトデータにならないと判断できる)

目標 P^f 領域が形成できた場合

第 k 飛行完了時の操作データ, 流体力学的推定データと関数出力法により定まる

第 k 飛行の関節操作推定関数

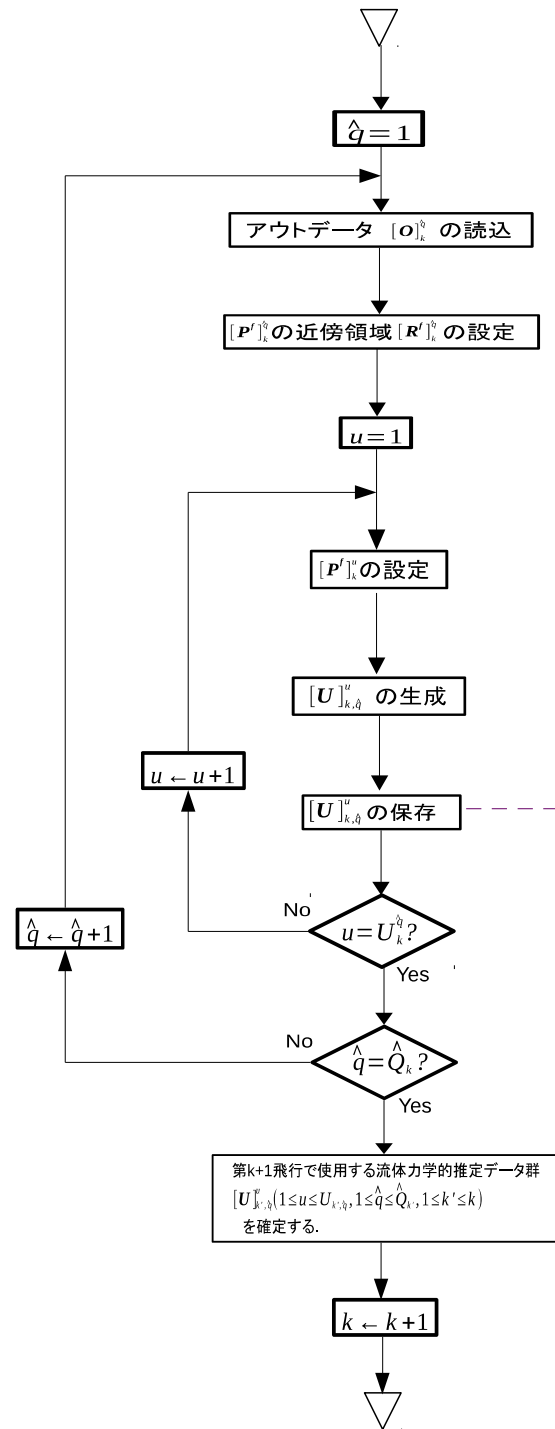
$$D = F_k(T) \quad (49)$$

をEW-2の形態設定に適用する関節操作推定関数

$$F(T) \quad (50)$$

として確定して終了する.

(4) 流体力学的推定データの生成



P^f を指定し P^f の構成要素である関節角ベクトル

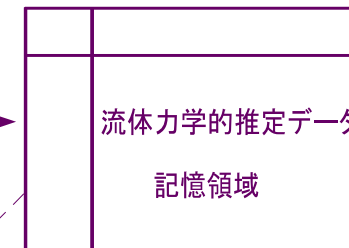
$$C = \begin{pmatrix} \theta_1 \\ \vdots \\ \theta_{Ic} \\ \vdots \\ \theta_{Ic+1} \\ \varphi_1 \\ \vdots \\ \varphi_{Is} \\ \vdots \\ \varphi_{Is+1} \end{pmatrix}$$

(51)

により定まる内翼の形状に対して計算もしくは実験により推定される圧力分布から決まる加速度ベクトル $\vec{A}^u$, モーメントベクトル $\vec{N}^u$ により流体力学的推定データを次の通り定義する.

$$U \equiv (\vec{A}^u, \vec{N}^u, P^f)$$

(52)



6.結論

関節操作推定関数の出力法を変更し、流体力学的推定データと操作データを一度に走査して出力Dを計算することにより出力の効率化を図った。

また、飛行により生じた操作データのアウトデータ毎に流体力学的推定データの拡充を行うステップを設けた。

7.今後の課題

- 流体力学的推定データ生成法を具体化する。
- 初期関数にP fの影響を考慮する。
- 入力生成則の具体化
- 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、初期関数の関節角計算式のパラメータの探索法を研究する。
- 関節操作推定関数確定後の流体力学的推定データ、操作データ参照への依存度低減による出力の高速化