

無人タンデム翼機の VTOL 化に関する研究

Study of Transforming Unmanned Tandem Wing Aircraft into VTOL

今村 彰隆 (IMAMURA Akitaka)

1. はじめに

本研究は令和元年度から2年度に渡って行った研究であり、タンデム翼機を垂直離着陸（VTOL）化する方式を検討した。固定翼機のVTOL化にはオスプレイのように翼端に偏向型ロータを装備する例が多い。本研究ではタンデム翼とすることで機体重心位置に偏向型ロータ2発を装備しVTOL/短距離離着陸（STOL）化するが、操舵機構は本研究で提案した重心移動型と一般的な動翼型を比較し適性を検討した。

2. タンデム翼機

タンデム翼機は串型機とも呼ばれ、2枚の主翼を前後に配置した構成である。本研究では前翼と後翼は同サイズで想定しているため、重心と空力中心は等しい。

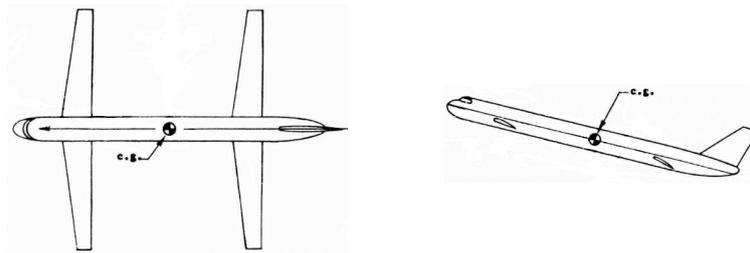


Fig.1 タンデム翼

<利点>

- ・翼面積を大きくできるため、翼面荷重が小さい
- ・前後に翼面が分割されるため、ピッチ方向の安定性が良い
- ・小さな翼面積で単葉機と同等の揚力係数が得られ、迎角が小さくなり失速しにくくなる

<欠点>

- ・前翼が気流を乱すため、後翼の効率が低下する
- ・推力偏向機構の配置が制限される（双発：前後翼間、4発：各翼端）

<前翼と後翼の気流干渉対策>

- ・両翼の取付高さを変える
- ・両翼の前後間隔を広げる
- ・両翼の取付迎角を変える
- ・両翼のアスペクト比を大きくとる

3. VTOL化

3.1 推力偏向機構

前後翼間の機体重心位置に偏向型ロータ2発を装備することでVTOL/STOL化する。また左右独立な偏向角と推力の調整と、操舵に必要な応答速度を必要とする。

3.2 操舵機構

操舵機構は次の3種を想定している。

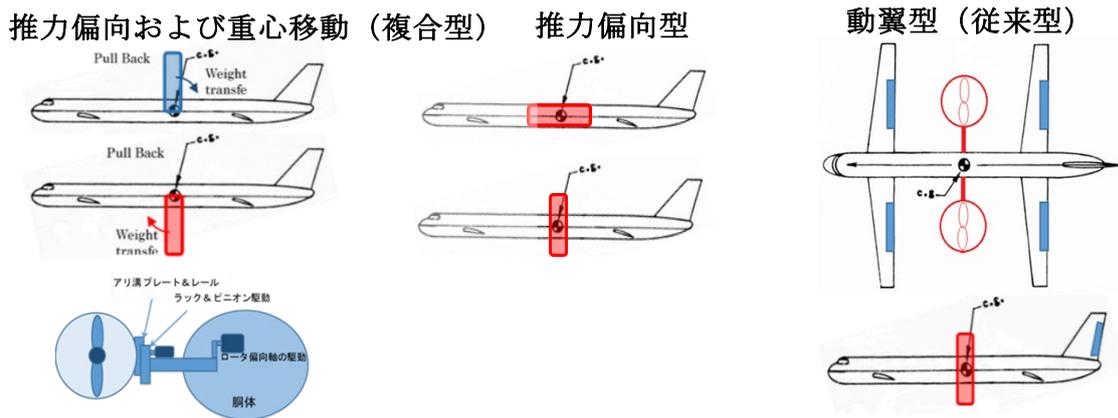


Fig.2 操舵機構

3.3 操舵方式の比較

(1)自由度

	複合型	推力偏向型	動翼型
VTOL 機構	4	4	4
個別機能	1	0	5
Total	5	4	9

(2)その他

	複合型	推力偏向型	動翼型
ロータ偏向角	150°	150°	120°
重量増	大	小	中
エルロン エレベータ ラダー	不要	不要	要
安定性/運動性	高/高	低/低	中/高

4. 考察

(1) タンデム翼

タンデム翼の前後間隔とアスペクト比について最適値を求めることで、失速のロバスト性が高まると考察される。飛行速度域に対する適性も考慮すると最適値や翼型の選択は簡単でないが、未知の可能性が予想される。本研究で提案した複合型の操舵機構は主翼に動翼を備えないが、従来型のようにタンデム翼に動翼を備える場合はエレベータを左右独立に制御しないと旋回性能が悪くなると考察される。

(2) 操舵機構

自由度や安定性／運動性の性能重視する場合は複合型が有利であるが、重量や空気抵抗を考慮すると利害が相殺される。無人機では機構が最もシンプルな推力偏向型が最適と考察される。複合型や推力偏向型は一般的な航空機の動翼機構とは異なるため、特異な操縦性となることが予想される。また強い横風に際し STOL 着陸する時は、ラダーによる横滑りが必要となるが、このような状況下で複合型や推力偏向型は、VTOL 着陸を行うか、垂直尾翼にラダーのみ装備することが考察される。

(3) 離着陸方法と電力消費

試作機の推力機構には電動ダクトドファンを採用する予定であるが、一般的なプロペラに較べてダクトドファンは消費電力が大きい。特に VTOL 離着陸やホバリング時に消費電力が大きくなる。離着陸時の地上空間に余裕がある場合は、STOL によって電力消費を抑え、滞空時間の延長やペイロードの増加を図る。

3. おわりに

本研究は無人タンデム翼機の VTOL 化を目的とし、操舵機構について複合型、推力偏向型および動翼型の比較を行った。複合型は、重心移動機構により飛行特性の可変機能が実現され、安定した飛行特性が期待できる。ただし操縦性は特異となることが予想される。今後は試作機の設計制作を行うが、複合型は重心移動機構の重量増が問題となることが予想される。一般論として遷移型 VTOL 機は、着陸に際し固定翼から VTOL へ遷移する際に不安定となるため、独自のランディングパターンや制御方法が必要となる。

本研究では新たな操舵機構を提案しているが、複合型は重心移動機構と推力偏向機構の組合せとなるため、各機構の重量比較と操縦性の比較が注目される点であるが、本研究では結論を得ていない。