

航空の利便性向上を目指す将来垂直離着陸機の研究

航空本部 機体システム研究グループ

田辺安忠、村岡浩治、青山剛史、小曳 昇、杉浦正彦、佐藤昌之、平林大輔、青木良尚

ヘリコプタに代表される垂直離着陸(VTOL)航空機は狭いところへの着陸や空中停止できる特性を生かして、国民生活に密着した救難救急、消防防災など、幅広く利用されています。しかしながら、在来形のヘリコプタの最大飛行速度は通常の固定翼飛行機と比較して著しく低く、運用範囲の制限となってきました。チルトロータ機であるオスプレイの配備に見られるように、世界的にも次世代の垂直離着陸機の研究開発が本格化しています。現在進めている複合型ヘリコプタとティルトウイング型VTOL機に関する研究をご紹介します。

将来型回転翼航空機に関する研究

高速VTOLの国際動向

Lockheed AH-56 Cheyenne (米国)
開発: 1966-1972年
在来ヘリのテールロータを残し、主翼とプロペラを追加した複合式ヘリコプタ、215kt

Bell-Boeing V-22 Osprey (米国)
開発: 1982-1997年; 製造: 1997年ー
回転翼の角度を変更することによる垂直/水平飛行を可能としたティルトロータ方式、275kt

Sikorsky X-2 (米国)
開発: 2008-2010年
共軸2重反転ロータにプロペラを追加した複合式ヘリコプタ、250kt

EuroCopter (現 Airbus Helicopters) X3 (欧州)
開発: 2010-2013年
在来ヘリのテールロータを無くし、主翼の両端にプロペラを追加した複合式ヘリコプタ、255kt

JAXAが提案する複合式ヘリコプタ

構成: シングル・メインロータ、主翼の両端に電動プロペラを装備しアンチ・トルク装置として作動させる。高速時の推進は尾部に取り付けた推進プロペラを用いる。
目標最大速度: 270kt (500km/h) (在来ヘリコプタの約2倍の飛行速度を達成する技術開発)
想定ミッション①: 高速ドクターヘリ、15分以内に100km半径の地域をカバーする航空救急を達成。
想定ミッション②: 高速防災ヘリ、大規模災害時、全国どこへでも2時間以内に到達して救助活動を開始。
想定ミッション③: 高速海難救助ヘリ、日本のEEZ範囲内のどこへでも2時間以内に到達。

在来ヘリ

カバー率: 約60% (離島除く)

ドクターヘリのカバー範囲

ヘリの高速化(2倍)

【注意】
・在来ヘリの速度を250km/hと仮定
・在来の拠点病院を利用
・カバー率は離島を除く本土のみで計算
・山岳等の障害は考慮せず、カバー範囲を円形で理想化

高速ヘリ

カバー率: 約90% (離島除く)

在来ヘリと高速ヘリの飛行範囲の比較

(準備時間も含めて15分の飛行)

現在(2014年1月時点)日本国内には43のドクターヘリを運航する拠点病院が設置されているが、出動命令後15分以内に到達できる範囲のカバー率は離島を除いてもまだ60%程度である。高速ヘリの導入により、既存の拠点病院でも、約90%のカバー率に向上させることができる。

拠点病院の設置とドクターヘリ運航体制のコストを考慮すれば、高速ドクターヘリの導入はユニット・コストの観点から非常に効率的である。

高速ヘリコプタを実現するために克服すべき技術課題

- 主翼の追加
- ローターハブ部の抵抗軽減
- 高速飛行時推進用プロペラ
- 電動アンチ・トルク・システム
- 回転翼機/固定翼機多重モード制御方式
- 低空力抵抗胴体形状
- 高速飛行に最適なローター・ブレード設計

(1) 高速前進飛行(高アドバンス比)に適した先進ブレードの最適設計技術
(2) 空力抵抗を低減する洗練された胴体とローター・ハブ形状
(3) 高速前進飛行時の揚力を分担する主翼と胴体尾部の推進用プロペラ
(4) 前進飛行時の補助推力及びアンチトルクを生み出す主翼両端の電動プロペラ
(5) 空中停止及び低速飛行時の回転翼機/高速飛行時の固定翼機の多重モード制御
これらの技術課題に対し、空力問題については、最近のCFD解析技術を用いて評価する予定である。システム構築や飛行制御などの課題については、スケールダウン模型による風洞試験や飛行試験で検証する計画である。

回転翼航空機に関する先進的・評価技術

CFD解析技術

回転翼機用統合解析ツールの構成
CFD/CSD連成解析: rFlow3D
ブレード構造解析: rMode
ロータ空力騒音計算: rNoise

複雑な胴体形状は非構造格子で捉える(JANUS)

2重反転ロータ式ヘリコプタの計算例

風洞試験技術

ロータ試験装置JMRTS (JAXA Multi-purpose Rotor Test System)

ロータから発生する騒音を計測する様子

将来回転翼機用先進技術: ブレード内搭載操舵技術

JAXAで蓄積しているアクティブ・タブや実大アクティブ・フラップ技術を有効活用することで、リスクを克服する。

駆動機構 (金ブレード内に搭載)

空力的に洗練された形状

ヘリコプタ用統合解析ツールの採用によって、フラッタなど有害な振動問題を発生させない操舵制御の完成を目指すことで、リスクを克服する。

アクティブ・フラップ機構

アクティブ・タブ機構

ティルトウイングVTOL機技術に関する研究

目的

航空輸送の利便性を向上・革新するための新たな航空機概念を創出する「スカイフロンティア・プログラム」の一環として、将来VTOL旅客機技術の研究開発構想構築および鍵となる基礎技術の研究を行う。

4発ティルトウイングVTOL機: QTW

・ヘリのような垂直離着陸と固定翼並みの巡航能力を両立
・ティルトロータを上回る経済巡航性
・複雑なスノッシュプレート機構やティルトロータ機構がなく、整備性や軽量化に優れる。
・4発のためプロペラ直径を小さくでき、将来の大型化に対応可能

QTWIによる利便性の拡大

地方・ハブ空港間運航

大都市パーティポート運航

離島間運航

災害時の物資輸送

VTOL形態の比較

ホバリング時間(分) (ティスクローティング)
巡航速度(km/h)

Helicopters, Compounds, Tilt-Rotors, DARPA VTOL X-Plane, Hybrid, Fixed-wing, VTOL-X, Tilt-Wings, Tilt-Ducts, Fan-in-Wing, Vectored-Thrust, F-35

QTWの技術課題

システム統合技術

- 機体システム設計
- コスト推定、市場分析
- 安全性/耐空性
- VTOL運航方式構築

空力技術

- 基本特性把握
- 巡航性能最大化
- 遷移飛行高揚力方式

飛行制御技術

- 遷移制御、誘導、航法
- エンベローププロテクション
- コックピット設計

推進/騒音低減技術

- 高効率大径プロペラ
- 故障対応制御
- 騒音被害低減

構造/機構技術

- 複合材構造
- 軽量ティルト機構

・これまでに実施済みの課題 ・現在実施中の課題

鍵基礎技術の研究

飛行制御技術

小型無人機による制御技術実証

CLN(T00): 巡航
T30: 遷移
T70: 遷移
T90: 離陸
Span = 1.4m, W=4.6kg

空力技術

バワ付き低速風試(遷移形態)

遷音速風試(巡航形態)

遷移コリドー (小型無人機)

CFDツール開発