

プログラム名：タフ・ロボティクス・チャレンジ

PM名：田所 諭

プロジェクト名：ロボットコンポーネント

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平 成 2 9 年 度

研究開発課題名：

ミニサーベイヤーのダクテッド・ロータ化

およびダクテッド・ロータの性能評価

研究開発機関名：

電力中央研究所

研究開発責任者

特定主任研究員 米澤 宏一

I 当該年度における計画と成果

1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

- (1) ダクテッド・ロータ搭載機の飛行実証および性能評価
- (2) 壁近傍のマルチロータ機に作用する空気力の計測

2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

2-1 進捗状況

- (1) ダクテッド・ロータ搭載機の飛行実証および性能評価

可変ピッチロータを有するクアッドコプターにダクトを搭載したダクテッド・ロータ仕様での屋外飛行実証を行った。ただし、飛行試験における性能評価は自然風の影響などにより正確な計測が困難であると判断し、テストスタンドでの性能試験を実施した。

- (2) 壁近傍のマルチロータ機に作用する空気力の計測

飛行実証で用いた機体と同一の機体によりダクト無しのオープン・ロータ仕様、ダクテッド・ロータ仕様の二種類で、機体側方に壁面がある場合の空力特性を計測した。

2-2 成果

ダクテッド・ロータ仕様 4 ロータ機による屋外飛行実証

本研究で用いたクアッドコプターの主な仕様を表 1 に示す。また、ダクトを搭載した状態での試験飛行時の写真を図 1 に示す。試験に用いた機体は、本プロジェクトで開発した 6 ロータの可変ピッチ搭載型の試作機の基本設計をもとに、量産化された機体 AXM1020 である。なお、重要な課題である軽量化にも成功し、15 インチのロータ用の飛行実証用の試作品の重量はダクト 1 個当たり 163g となった。また、ダクテッド・ロータを搭載した状態で、屋外での試験飛行も問題なく実施した。しかし、自然風の影響など不確定要素が多く、飛行性能に関しては正確な計測が困難であると判断し、テストスタンドで性能試験を実施して評価を行った。

ダクテッド・ロータの空力特性の計測

性能試験は飛行試験で用いた機体をテストスタンドに固定し、六分力ロードセルにより機体に作用する荷重を計測した。まず、ロータのコレクティブピッチを変化させた場合のホバリング時の性能について図 2 に示す。ここで実推力はロータが発生する推力から機体、バッテリー、ダクトの重量を差し引いた値であり、実推力が 0 のとき、機体はホバリングする。この図よりダクテッド・ロータはオープン・ロータよりも消費動力が少ない。なお、ペイロードがない場合には、6 セル・10000mAh の Li-Po バッテリーを 1 個追加すると飛行時間を 2 倍に増加させることができる。

次に、トンネルなどの点検時に問題となる壁面近傍を飛行する際に、機体に作用する横方向荷重の計測結果を図 3 に示す。F は壁から離れる向きを正とした横方向荷重である。また、g は壁と機体の最小距離（ロータ翼端と壁の距離）、D はロータ直径である。この図を見ると壁に吸い寄せら

表 1 飛行実証試験機的主要仕様

ロータ数	4
1ロータあたりのブレード数	2
ロータ直径	15 inch
ロータ中心・機体中心間の距離	313 mm
モータ 1 台の最大出力	1500 W
機体重量 (バッテリー、ダクト除く)	4.4 kg
バッテリー (6セル10000mAh・1個) 重量	1.8 kg
ダクト重量 (4台)	0.65 g



図 1 可変ピッチ・ダクテッド・ロータ仕様クアドコプター試験機

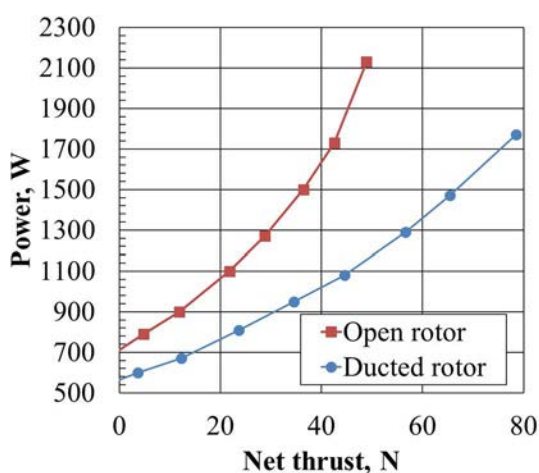


図 2 実推力と消費動力の関係

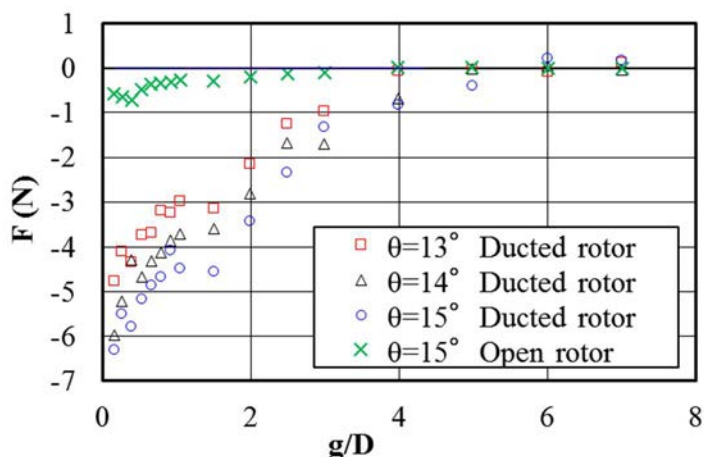


図 3 壁面近傍における機体に作用する横方向荷重と壁からの距離の関係

れる向きに生じる横方向荷重はダクトを用いると最大で 10 倍程度に増大しており、ホバリングに必要な推力の 10% 程度となっている。なお、図は示していないが壁に向かって機体が倒れる向きに働くピッチングモーメントもダクトを搭載すると 4 倍程度に増加する。

2-3 新たな課題など

ダクテッド・ロータによる効率の向上により飛行時間を 2 倍に増加させることが可能となった。しかし、壁面近傍を飛行する際は大きな横方向荷重とピッチングモーメントが作用するため、壁面からの距離に応じた制御による対応が必要となることが判明した。構造物近傍の飛行はマルチコプターの重要なミッションの一つであり、空力特性にさらに詳細な調査を行う必要がある。

3. アウトリーチ活動報告

第 3 回国際ドローン展 (2017 年 4 月 19 日(水)~2016 年 4 月 21 日(金)、幕張メッセ) において試作機および研究紹介ポスターの展示を行った。