

高機能ドローンを用いた山岳地の資材運搬

労働環境改善と運搬業務効率化に向けて

Transportation in Mountainous Areas Using High Performance Drones

Improving Working Conditions and Transportation Efficiency

(電力技術研究所 電気G)

(Electrical Engineering Group, Electric Power Research and Development Center)

電力会社の設備は山岳地に建設されているものがある。山岳地の設備で工事する際は人力で資材運搬することが多く、この労働負荷が作業環境改善の課題である。近年、開発された資材運搬ドローンを用いることで運搬作業の安全性向上・作業効率化が期待できるため、飛行運搬試験・磁界影響試験を実施し性能を評価した。

Some facilities of power systems are located in mountainous areas. When the workers construct the facilities in a mountainous area, they need to carry heavy materials manually. So, the work load is an issue. High performance material transport drones that have been developed in recent years can be used to improve work safety and efficiency. In this study, flight transportation tests and magnetic field effect tests were conducted to evaluate the performance.

1 背景・目的

山岳地の設備で工事する際は山道を資材運搬する必要がある。大規模工事では索道、モノレール、ヘリコプターを利用することがあるが、小～中規模工事では小運搬車を利用したり、人力に頼るのが現状で、作業員への負荷が大きい。要員減少・作業員の高齢化などの背景も踏まえると、山岳地の運搬を安全かつ効率化する技術が求められている。

一方、近年の無人航空機（ドローン）の開発はめざましく、小規模な運搬が可能な高機能ドローンも開発され始めている。山岳地での適用が可能になれば運搬作業の効率化が期待できるが、山岳地では局地風などの影響が懸念される他、送電線近傍に発生する磁界に対する飛行特性への影響が明らかではない。

本研究では、高機能ドローンを用いて山岳地現場での飛行運搬試験および模擬磁界発生設備での磁界影響試験を実施し現場適用性を評価した。

2 高機能ドローンの機体性能

使用した機体（株）SkyDrive製UM-01の外観を第1図、機体性能を第1表に示す。特長は電源が2系統で、モータ・プロペラが並列構成されるなど、バックアップ機能面を充実させて安全性を高めている。



第1図 高機能ドローンの外観

第1表 高機能ドローンの機体性能

寸法	奥行2.4m×幅2.1m×高さ1.0m
積載質量	最適20kg
飛行速度	40km/h (11m/s)
飛行距離・時間	3km・10分
運搬方法	機体下部の固定BOX内に資材を挿入
搭載センサ	フライトコントローラ（飛行制御） 加速度、ジャイロ、地磁気、気圧、GPS、高度計、電圧計、電流計

3 飛行運搬試験

(1) 試験概要

山岳地工事現場（愛知県豊田市）で以下の内容で実施。

- ・試験日程：2019年11月～2020年2月
- ・離発着間条件：距離270m、高度差50m（目視内）
- ・試験内容：第2表に示す形状・質量の異なる資材を運搬
 - ①水入り一斗缶（水の量は0kg, 10kg, 20kg）
 - ②磚子（1個（6kg）と3個連結（18kg））
 - ③工具類（安全帯等8kg）
- ・試験体制：監督1名、操作2名（離発着点）、操作補助2名（離発着点）、監視1名（中間点）計6名
- ・操縦条件：完全自動飛行（事前に飛行ルートを設定、状況に応じマニュアル操作に切替えて対応）
- ・試験項目：飛行時の安定性、連続飛行時間・距離、飛行時のモータ負荷、振動レベル

第2表 運搬資材

水入り一斗缶	磚子	工具
		

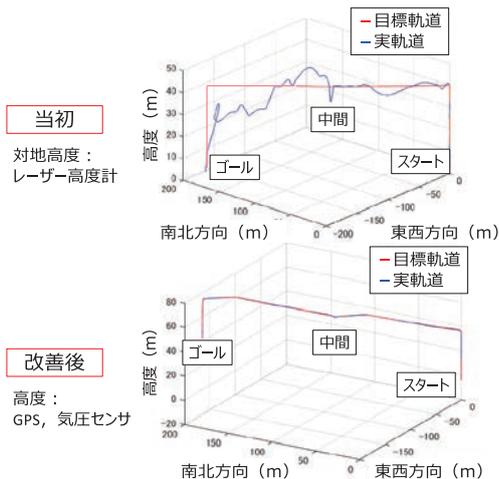
(2) 試験結果

飛行運搬試験の様子を第2図に示す。試験結果を要約すると以下のとおり。

- ・最大20kgの資材を離陸から着陸まで、完全自動飛行で安定的に運搬することができた。
- ・当初、レーザー高度計で対地高度を一定に保ち飛行したところ地形や樹木形状によるふらつきが生じた（第3図）。そのため、GPS・気圧センサで高度を調整するよう改善した結果、目標軌道どおり飛行が実現できた。
- ・人力で運搬する場合は片道20分かかかるが、ドローンによる運搬で片道2分30秒に軽減することができた。
- ・モータ負荷は許容値の50%、振動レベルも80%で、加減速によるモータの過負荷や振動による安定性への影響が懸念されたが影響は小さく飛行は安定していた。
- ・着陸点は傾斜地で、周囲に樹木・資材があるため着陸可能な場所が限られていたが、設定した2.5m×2.5mのエリアに対し大きく外れることなく着陸できた。



第2図 飛行運搬試験の様子



第3図 三次元飛行経路図

(3) 連続飛行時間・距離

連続往復での運搬後にホバリングを継続して着陸後に残ったバッテリー容量から求めた連続飛行時間と距離を第3表に示す。資材質量と連続飛行時間・距離の関係は負の相関があり、20kgの資材の場合、片道約1900mの運搬が可能である。

第3表 連続飛行時間・距離

資材	連続飛行時間	連続飛行距離
一斗缶 0kg	13分30秒	4,050m
磚子 6kg	10分18秒	3,091m
一斗缶 10kg	8分48秒	2,640m
一斗缶 20kg	6分19秒	1,895m

(4) 現場適用性評価・課題

最大20kgの資材を自動飛行で安定的に運搬でき、機体性能としては片道約1900mの飛行運搬が可能であることを確認した。資材を車で運搬できる離陸地点から工事現場までは空路では直線距離1000m以内の箇所が多く、現場適用性は高い。さらなるニーズとして、飛行距離の延伸や運搬質量の増加が挙げられる。

4 磁界影響試験

送電線近傍での飛行では送電線から生じる磁界がドローンのセンサ類に影響を及ぼす可能性があるため、(株)電力テクノシステムズ赤城試験場の模擬磁界発生設備を用いて磁界影響試験を行った。6m×6mの大コイルを水平・垂直に配置して電流を流し、送電線近傍で想定される0～200 μ Tの磁界中を飛行することで影響を確認した。磁界影響試験の様子を第4図に示す。

試験結果、水平磁界200 μ Tで磁気センサが影響を受けドローン本体が水平方向に10度ほど回転するものの、飛行は安定しており影響は小さかった。



第4図 磁界影響試験の様子 (コイルは垂直配置)

5 まとめ

高性能ドローンを用いて山岳地で飛行運搬試験を実施した結果、資材20kgを離陸から着陸まで完全自動で安定して運搬飛行でき、小～中規模工事にて使用する資材の運搬が可能であることを確認した。また磁界影響試験の結果、本機体は200 μ Tまでの影響はほとんどなく、現場適用可能であることを確認した。今後は、中部電力パワーグリッド(株)において送電工事の実現場での適用を目指す予定である。



執筆者／八尾健一郎