

ドローン空撮用再撮影システムの構築とブレード模型を用いた検証

富田 洋文* 中山 恵介* 吉田 英晴**

1. はじめに

インフラ点検において、橋や建物間といった目視で確認できない高所の点検にドローン空撮が活用されており、得られた画像をもとに建造物のひび割れなどの破損等を確認している。その画像品質は、画像解析技術を用いた一般的な点検の場合と同様に、ドローン空撮における点検の場合でも重要である。収集したデータを確認する際、ブレや極端な明暗がある不良画像では、破損等の検出ができない場合がある。特に、本研究で対象とする洋上風力発電設備のブレード部の点検は、撮影条件が過酷であることから、画像品質の確保は大きな課題である。

図1に、本研究が目標とするドローン空撮用の自動再撮影システムの概要を示す。これまでの研究開発により、画像処理や機械学習を用いた画質評価システムの構築^{1),2)}を行い、さらにそのシステムをドローン用かつ洋上風力発電設備で使用するために改良した^{3),4)}。これにより、空撮画像の画質判定をドローン自身で行うことを可能にした。

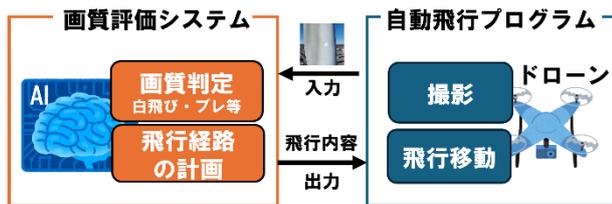


図1 開発するドローン再撮影システムの概要

本研究では、開発した画質評価システムに自動飛行プログラム（図1右）を加えたドローン空撮用の再撮影システムを開発した。これにより、ドローン自身が空撮時にリアルタイムで画質判定を行い、画質が悪い場合には、撮影し直すための飛行経路を生成することで、再撮影を自動で実行する。

2. 研究内容

2.1 自動飛行プログラムの環境構築



図2 ドローンのハードウェア構成

図2に自動飛行に必要なハードウェアの構成を示す。

本システムは、自動飛行プログラムの構築に必要な Onboard SDK⁵⁾ 拡張モジュールを、ドローン(DJI 社製 Matrice 300 RTK⁶⁾)に搭載した。そのモジュールを使用することで、ドローンから電源を確保でき、小型計算機からドローンへの飛行指示を可能にする。また、画質評価や自動飛行命令を処理する小型計算機は、Jetson Orin Nano 開発キット⁷⁾を使用した。

空撮画像は、ドローン用カメラからプロポーショナルと呼ばれるドローン用コントローラーを経由して、無線通信で小型計算機に送信される。

2.2 ブレード模型を用いた再撮影システムの検証

再撮影システムを検証するため、ブレード模型を使用した屋内での飛行実験を実施した。この検証では、白飛びの現象を発生させるために投光器を用意し、ブレード模型に強い光を照射することで、反射光を発生させた。その反射光をカメラで撮影し、画質評価システムが白飛びと判定することで、自動飛行プログラムによりドローンが再撮影を実施する。

2.2.1 検証用再撮影システムのアルゴリズム

図3に検証で使用する再撮影システムのアルゴリズムのフローを示す。再撮影システムには画質評価システムと自動飛行プログラムの他に、それらの間でデータを共有するシステム状態ファイル（CSV ファイル）を設けた。このファイルには、各システムの現状、時間、判定内容、次の飛行内容等が書かれており、各システムがこのファイルにアクセスすることによって各々でプログラムを実行する。またこのファイルを検証後に確認することで、想定通りの動作ができていのかを検証することも可能である。



図3 検証用再撮影システムのアルゴリズム

検証における再撮影システムの全体の流れは、次の通りである。

1. 初めに、自動飛行プログラムで離陸及び指定の高さまで移動する。
2. 撮影後、画質評価システムの画質判定を開始させる。
3. 画質判定後、自動飛行プログラムはシステム状態ファイルを確認し、判定結果の内容に沿った飛行経路で再撮影を実施する。

今回の検証では、屋内での実施のため、異常時の飛行経路は最小限の旋回のみ限定した。今回は、白飛び判定をした際に、時計周りに旋回し、再撮影を実施して、元の位置に戻るような内容とした。

2.2.2 検証環境

図4に再撮影システムの検証時の様子を示す。検証環境には、再撮影システムを搭載したドローンと高輝度の照射を可能とする投光器、そしてブレード模型を使用した。

投光器はパナソニック製 NYS10137LF9 を使用し、ブレード模型から 2.5m 離れた位置から光を照射した。照射した光がブレード模型に反射し、その反射光がドローンに直接あたる位置に投光器を設置した。

ブレード模型は風力発電設備の 3D モデルから先端部分をトリミングしたデータを基に製作した。大きさは幅 600mm×高さ最大 358mm とし、表面処理は実際の風力発電設備のブレード部の製作と同様に GFRP やゲルコート等による加工を施した。

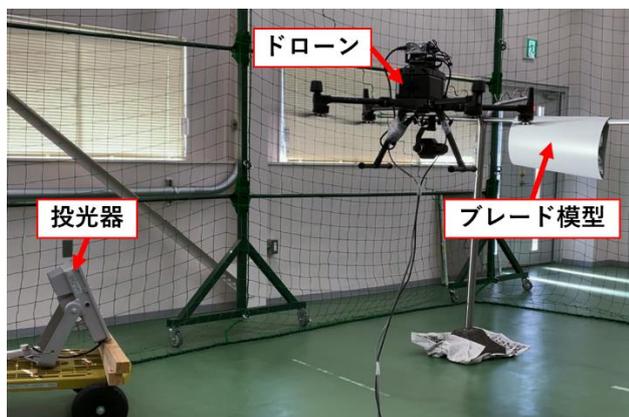


図4 再撮影システムの検証時の様子

2.2.3 検証結果

図5に飛行中にシステムがブレードを認識及び画質判定を実行する様子を示す。ブレード模型を認識したマス目 (160 pix ×160 pix) に対して、正常であれば図5(a)のように緑色の枠を、異常である白飛び判定のある枠は、図5(b)のように赤色の枠を表示する。

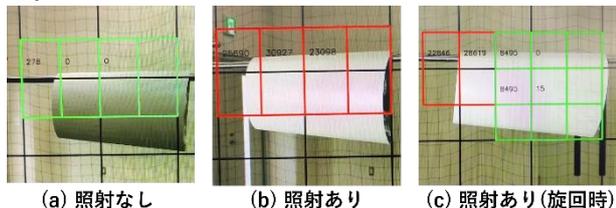


図5 検証時に画質判定をするシステム内の様子

検証の結果、ブレード模型に光を照射した場合と、照射していない場合で、想定したドローンの動作を実行することを確認した。照射が無い場合では、ブレード模型の認識時は緑色のみの表示に対し、照射時ではブレードを認識したうえで白飛びも判定する。また、

図5(c)のように、判定後にドローンが旋回することで照射光の反射を避けていき、画質判定の内容も異常を示す赤枠から正常を示す緑枠に変化していく様子を確認した。

以上のように、ドローン自身で空撮画像を解析及び判断し、その結果に対して、自動飛行を実行できることを確認できた。

3. まとめと今後の課題

本研究では、ドローン空撮用の再撮影システムを構築して、検証した。

システムの構築については、まずドローンの飛行制御を行うためのハードウェアを構築し、さらに画質評価システムと連携する自動飛行プログラムを構築することで、再撮影システムを開発した。

システムの検証については、ブレード模型を使用した屋内での飛行実験を実施した。その結果、システムがブレード模型を認識しながら、空撮画像の画質判定を行い、異常であれば指定の飛行行動を実行することを確認した。

今後の展望として、再撮影時の飛行経路のパターンを増やすことや、屋外での実地試験を実施する予定である。

なお、本研究は令和4年度から令和8年度までの文部科学省特別電源所在県科学技術振興事業「次世代メンテナンスビジネスに向けたドローンの高機能化に関する試験研究事業」の一環として実施しているものである。

4. 参考文献等

- 1) 富田洋文、中山恵介、吉田英晴、平間毅、ドローン空撮の再撮影システムに向けた良・不良画像判定システムの構築、茨城県産業技術イノベーションセンター研究報告、51、17-20、2024
- 2) 富田洋文、平間毅、中山恵介、吉田英晴、小松優陽、行武栄太郎、画質評価付きドローン空撮システムのモデル構築とその評価、第24回システムインテグレーション部門講演会 (SI2023)、3626-3629、2023
- 3) 富田洋文、中山恵介、吉田英晴、小松優陽、平間毅、ドローン空撮の再撮影システムに向けた良・不良画像判定システムの高速化、茨城県産業技術イノベーションセンター研究報告、52、9-10、2024
- 4) 富田洋文、中山恵介、吉田英晴、行武栄太郎、ドローン点検向け自動画質判定システムの改善、情報処理学会第87回全国大会、1-3 - 1-4、2025
- 5) <https://developer.dji.com/onboard-sdk/>
- 6) <https://enterprise.dji.com/jp/matrice-300>
- 7) <https://www.nvidia.com/ja-jp/autonomous-machines/embedded-systems/jetson-orin/nano-super-developer-kit/>