

技術紹介

橋梁点検用の軽量な高輝度照明装置の開発

～橋梁点検用ドローンの適用範囲拡大～

High brightness lighting for bridge inspection drone

岡本 勇也 *1
OKAMOTO Yuya

林 篤史 *2
HAYASHI Atsushi

金平 徳之 *3
KANEHIRA Noriyuki

1. はじめに

ドローンを用いた画像による橋梁点検の社会実装が進んでいます。川田テクノロジーズ株式会社 技術研究所では、橋梁点検システム「マルコ®」を開発し、主に高橋脚での実点検での活用に至っています¹⁾。

点検では、低照度環境の橋梁桁下においても、高品質な画像を取得しなければなりません。そこで、我々は試作を重ね、ドローンに適した軽量な高輝度照明装置を開発しました。

ここでは、橋梁点検用ドローンにおける画像撮影の条件と課題を整理するとともに、軽量な高輝度照明装置の開発について紹介します。

2. マルコ®の撮影の条件と設定

マルコ®は表 1 に示す性能のカメラを搭載しています。

表 1 搭載カメラの性能

項目	仕様
撮像素子サイズ	APS-Cサイズ (23.5mm×15.6mm)
有効画素数	約2 430万画素
AF方式	位相差AF方式
連続撮影性能	通常2枚/秒
カメラ重量	約344g (バッテリーとメモリカードを含む)
カメラ外形寸法	約120.0mm (幅) × 66.9mm (高さ) × 45.1mm (奥行き)
焦点距離	16mm-50mm
開放絞り (F値)	3.5-5.6
手ブレ補正	あり (レンズ内手ブレ補正方式)
レンズ重量	約116g
レンズ外形寸法	φ64.7mm × 29.9mm

点検では、300mm/s で昇降しながら 1 秒間に 2 枚の画像を連続撮影します。点検に必要な画素分解能は、約 0.4mm/画素です。

適切で均一な画像を撮影するためには、カメラと橋脚の距離は重要です。橋脚に接近して撮影すると強風に煽られた際にドローンが橋脚に衝突する恐れがあります。一方で、橋脚から離れて望遠レンズで撮影を行うと、ブレの影響を受ける可能性があります。

これを考慮し、マルコ®による点検では、橋脚から 2 000mm の距離を保って飛行撮影します²⁾。

また、撮影する際、適正露出にすることは重要です。飛

行しながらの撮影では、シャッタースピードが遅くなると画像がブレ、適切な撮影を行うことができません。

3. 照明装置の課題

撮影条件を変えずに適切な露出の画像を取得するには被写体を明るく照らす必要があります。マルコ®で点検に適切な画像を取得するには 2 000lx 以上の照度が必要です。そのため、機体のカメラの両側には、照明装置を装備しています。写真 1 に外観写真を示します。



写真 1 照明装置を搭載したドローンの外観写真

照明装置は、204 灯のレンズ付きの LED で 100g と軽量ながら、撮影範囲全体を均等に約 200lx で照らします。この照明装置を用いることで、晴天時の橋梁桁下の 1 800lx の環境でも高品質な画像を取得することができました。

しかし、マルコ®の活用が広がる中、晴天時だけでなく、曇天や夕方でも画像取得を行いたいとのニーズが高まりました。曇天時に点検に必要な画像を取得するには 500lx 以上の照明が必要であることがわかりました。

4. 高輝度照明装置の試作

上述の課題を解決するために高輝度照明装置を試作しました。写真 2 に高輝度照明装置の外観写真を示します。



写真 2 高輝度照明の試作機

*1 川田テクノロジーズ株式会社 技術研究所

*2 川田テクノロジーズ株式会社 技術研究所 主幹

*3 川田テクノロジーズ株式会社 技術研究所 所長

この試作は、国産の高輝度 LED18 個を 40mm×60mm の面積に配置しています。また、各 LED のレンズの種類と角度を変えることで撮影面全体を 500lx で均一に照射することができます。

高輝度 LED は発熱量が多く、放熱する必要があるため、大型ヒートシンクとファンを取り付けています。また、定電流回路を形成するため、セメント抵抗器を組み込んでいます。

本試作の重量は 180g と重く、ドローンの飛行が不安定になることがあり、軽量化が課題になりました。

5. 高輝度照明装置の軽量化

照明装置の仕様を動作時間と実際の点検の環境に合わせるように設計を見直しました。

具体的には、炎天下での最大飛行時間と飛行準備で想定される 10 分間で LED の動作上限温度を超過しない熱設計としました。その際、LED 付近の飛行による空気の流れを熱設計に考慮することにより、放熱に軽量なヒートシンクを用いることが可能となりました。

また、重いセメント抵抗器から軽量なメタルクラッド抵抗器に再設計しました。メタルクラッド抵抗器はセメント抵抗器と異なり適切な放熱が必要です。また、発生する熱が高輝度 LED の放熱を妨げないよう考慮する必要があります。そのため、取付けブラケットを分離し隙間を設け効率よく放熱するようにしています。

しかし、飛行していない状態では、風による放熱が期待できません。そこで、新たに保護回路を設計し組み込むことで、撮影時以外は、電源を遮断する機能を持たせました。

これらの対策により、100g の軽量化を実現し重量は 80g になりました。写真 3 に軽量な高輝度照明装置の写真を示します。

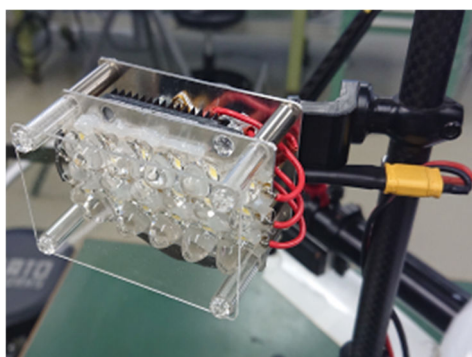
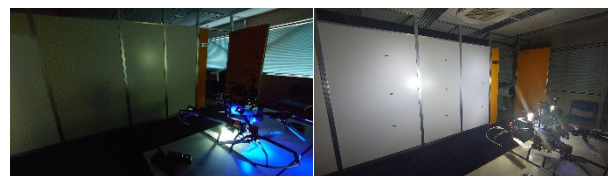


写真 3 軽量な高輝度照明装置

本装置で照射することにより、500lx の照度向上が確認できました。写真 4 に照明 OFF と ON を比較した写真を示します。



a) 照明 OFF 時

b) 照明 ON 時

写真 4 軽量な高輝度照明装置による照射

6. 軽量な高輝度照明装置の実証試験

軽量な高輝度照明装置をドローンに搭載し、実証試験を行いました。写真 5 に実証試験時の写真を示します。

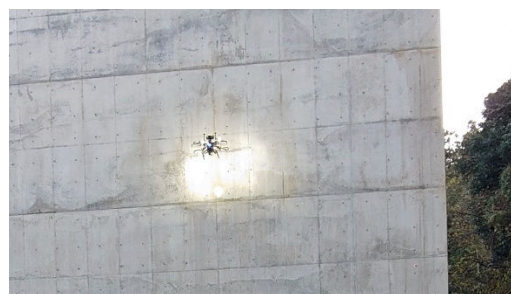


写真 5 実証試験

本試験により、曇天時の低照度環境下においても橋梁点検に必要な画像を取得できることが確認できました。また、高輝度照明装置の軽量化により、ドローンの飛行が安定することも確認できました。

7. おわりに

ドローンを用いた橋梁点検では、ドローンを飛行させることが目的ではなく、点検に必要な画像を取得することが目的です。今後も引き続き、橋梁点検の現場のニーズにあった社会実装を追求していきます。

参考文献

- 1) 国土交通省：点検支援技術 性能カタログ（案），pp.2-113 - 2-120，2020.
- 2) 岡本 勇也，林 篤史，金平 徳之，小林 大，有隅 仁：橋梁点検用ドローンの操縦支援制御システムの開発，第 39 回日本ロボット学会学術講，2021.