

ドローン搭載用小型 UV カメラの開発と電力設備点検への応用

正員 吉澤 勁^{*,****a)} 非会員 召田 春友^{*} 非会員 中西 博仁^{*}非会員 山田 穰^{**} 正員 本庄 昇一^{***} 非会員 千代原 善俊^{****}

Development of a Drone-Mountable Compact UV Imaging System for Visual Diagnostic Assessment in High-Voltage Power Facilities

Tsuyoshi Yoshizawa^{*,****a)}, Member, Harutomo Shoda^{*}, Non-member, Hirohito Nakanishi^{*}, Non-member
Yutaka Yamada^{**}, Non-member, Shoichi Honjo^{***}, Member, Zenshun Chiyohara^{****}, Non-member

高圧電気設備では、自然環境の影響、経年劣化、整備不良などを原因として、絶縁部や金属表面からコロナ放電が発生する。紫外線 (UV) イメージング技術によるコロナ放電の可視化は、非接触・高感度な診断手法として注目されている。我々は、紫外線 240~280nm 帯域に対応した高感度検出モジュールと可視画像との融合処理機能を搭載し、ドローン運用に最適化された小型・軽量 UV カメラを新たに開発した。開発機は、複数放電源の同時検出および解析に対応しており、高所・広域にわたる電力設備に対し、安全かつ高効率な非接触診断を可能とする。本技術は、スマート保安および予知保全を中核とする電力設備の DX 化を支える有望な基盤技術として期待される。

キーワード : UV カメラ, 小型, 紫外線, イメージング, ドローン

Keywords : UV Camera, Compact, Ultraviolet, Imaging, Drone

1. 背景

脱炭素、カーボンニュートラルなど“持続可能な開発目標”(SDGs) に向かって、再生可能エネルギーの導入を促進していく必要があるが、一方で、電力の安定供給も不可欠である。そのためには、発電・送電・変電・配電などのあらゆる部分において、事故防止のため日常の点検が必要となる。その点検項目の一つに、コロナ放電検査がある。

高電圧電力設備におけるコロナ放電は、電力損失や無線通信への干渉、さらには火災や停電といった重大事故を引き起こす要因となる。従来の点検手法では、目視検査や超

音波法が用いられてきたが、それらは作業負担が大きく、精度の面でも課題があった。特に、高所や広範囲にわたる設備の点検では、作業員の安全確保と点検効率の向上が求められていた。

近年、紫外線 (UV) イメージング技術の発展により、放電の可視化と定量化が可能となり、非接触・高感度な診断が現実のものとなっている⁽¹⁾。さらに、電気事業においても、高所作業を伴う送配電線・鉄塔維持管理へのスマート保守保全のニーズの高まりに伴い、ドローンを活用した巡視点検が注目されている。

2. 目的

本研究では、従来の手持ち式 UV カメラの小型・軽量化を実現したドローン搭載用 UV カメラを開発し、電力設備の点検業務における省力化、安全性の向上、さらにはスマート保守・予知保全を支援する電力 DX 化への貢献を目指す。

3. 小型 UV カメラの構成と機能概要

本研究では、これまでの手持ち式 UV カメラ (重量: 約 2kg) ⁽¹⁾ から、UV モジュールと可視光モジュールの小型化を進めるとともに、バッテリーとモニターを不要とし、ドローン搭載を前提とした小型・軽量化の UV カメラを開発した。本製品を Fig.1 に示す。入射光路は可視光線と紫外線の 2 つの光路から撮影した可視光線の画像と紫外線の画像に対して、ノイズ除去などを画像処理し、Googlenet 機械学習で画像レジストレーションを行い、2 つ画像をウェーブ

a) Correspondence to: info@ks-global.tech

* 株式会社キーサイエンス

〒105-0012 東京都港区芝大門 1-4-4-501

Key Science Co., Ltd.

1-4-4-501, Shibadaimon, Minato-ku, Tokyo 105-0012

** 国立研究開発法人物質・材料研究機構

〒305-0047 茨城県つくば市千現 1-2-1

National Institute for Materials Science

1-2-1 Sengen, Tsukuba-shi, Ibaraki 305-0047

*** 早稲田大学

〒162-0041 東京都新宿区早稲田鶴巻町 513

Waseda University

513 Waseda-Tsurumaki-cho, Shinjuku-ku, Tokyo 162-0041

**** 神奈川大学

〒221-8686 神奈川県横浜市神奈川区六角橋 3-27-1

Kanagawa University

3-27-1 Rokkakubashi, Kanagawa-ku, Yokohama-shi,

Kanagawa 221-8686

ット逆変換して融合した画像を表示する (図 xx)。小型 UV カメラでは紫外線 240~280nm バンドパスフィルターを使用するので、昼間の晴天時でもコロナ放電が検査可能である。さらに、UV 光イメージンテンシファイアを用いたので、弱い紫外線信号も検出可能である。

小型化が可能になったのは、UV モジュールおよび画像処理回路の高集積化と低消費電力化が進んだためである。

本製品は次の特徴を持っている。

- ・小型軽量・コンパクト設計 (本体: 約 500g)
- ・高感度 UV センサで微弱な放電を高精度検出
- ・レーザー距離計内蔵、放電箇所を距離を検知
- ・UV+可視+レーザーの一体型、赤外線も拡張可
- ・各社の機体に応じたカスタマイズが可能
- ・保守スマート化、業務効率化・省力化が可能



Fig. 1. ドローン搭載用小型 UV カメラ (本体+3 軸ジンバル)

表 1. ドローン搭載用小型 UV カメラの仕様

項目	手持ち式 (従来型)	ドローン搭載型 (新型)
サイズ	250×150×100mm	110×83×58 mm
重量	約 2kg	500g, ジンバル込み 850g
電源供給	内蔵バッテリー	ドローン電源供給
通信方式	内蔵モニター	無線データ転送
測定距離	最大 100m	推薦 50m まで
UV 感度	$3 \times 10^{-18} \text{W/cm}^2$	$3 \times 10^{-18} \text{W/cm}^2$
解像度	720×576 ピクセル	1920×1080 ピクセル

新製品の主な仕様を表 1 に示す。従来の手持ち式に比べて小型・軽量化を実現している。解像度も大幅に向上し、より鮮明な可視化診断が可能となった。本開発機は DJI M350 や M300 のドローン機体にそのまま使用可能である。他のドローンの場合はソフト、通信、コネクタ等をカスタマイズして使用できる。

4. 実証試験

試作機を用いて、Fig.2 のように AC500kV 送電線のコロナ放電検出試験を実施した。図中、破線の丸の中の点はコロナ放電が起きている箇所である。本試験で、従来の手持

ち型 UV カメラと同等の検出精度を維持しつつ、ドローンによる遠隔監視が可能であることを確認した。



Fig. 2. 小型 UV カメラのドローン搭載実証試験例 (破線の丸の中の点がコロナ放電箇所)

一方、従来の可視光カメラによる試験では、碍子や導体の外観異常 (損傷、汚損等) の目視確認は可能であったが、コロナ放電や沿面放電の検出には対応できなかった。本研究の小型 UV カメラでは、UV+可視を組み合わせ、放電外観異常の同時検出を実現した。

本システムは従来のように 1 導体ずつ個別に観察するのではなく、Fig. 2 のように、“紫外線の目”により広視野で複数の送電線および碍子を一括スクリーニングし、異常箇所のみ詳しく検査を行う。これにより、点検作業スピードは約 10~20 倍に向上し、高所・広域設備のドローン巡視において実用性が高いことが確認された。

本技術は、電力会社、鉄道インフラ、重電機器メーカーに加え、救難捜索や高電圧設備の研究用途など、広範な分野への応用が期待されている。近年問題となっている塩害環境や高経年化したポリマー製碍子・相間スペーサにおいては、本 UV カメラにより微小な放電兆候を非接触かつ早期に可視化でき、事故の予防に有効である。

5. まとめと今後の展望

小型カメラは、従来比 (当社比) 1/4 の 500g に軽量化され、ドローンへの搭載性が大幅に向上した。これにより、送電線や変電設備の高所点検を安全かつ効率的に行うことが可能となり、スマート保守保全の推進に大きく貢献できる。今後は、AI 解析技術との連携により、さらなる点検業務の効率化・省力化を目指していく予定である。

文 献

- [1] N. Ishihara et al., " UV Camera and its Discharge Visualization Monitoring System ", 2023 IEE-Japan Industry Applications Society Conference.
- [2] T. Ishikawa, S. Taniguchi et al., "Insulation Performance Evaluation of Aging Polymer Insulators for Overhead Transmission Lines", CIGRE 2023 Sendai.