

紫外線イメージング技術を用いたコロナ放電可視化

正員 吉澤 勁^{*a)} 非会員 石原 希美^{*} 非会員 松島 可奈^{*}
非会員 山田 穰^{**}

Corona discharge visualization using UV imaging technology

Tsuyoshi Yoshizawa^{*a)}, Member, Nozomi Ishihara^{*}, Non-member, Kana Matsushima^{*}, Non-member
Yutaka Yamada^{**}, Non-Member

全国に張り巡らされた高圧電線や発電・変電などの電気設備では、自然環境や経年劣化や整備不良等が原因で金属表面または絶縁部などから「コロナ放電」が起こる。コロナ放電は、電力損失、電波・通信障害の発生、大規模停電を引き起こす危険がある。また、これらを予防する日常的点検は、高所など危険を伴う作業であり、多大な労働を要する。コロナ放電を検出可能なUVカメラとその解析システムがあれば、効率的点検が可能となり、事故を未然に防ぐことができる。このため、本研究では、紫外線イメージング技術を用いてコロナ放電の可視化を行い、早期発見を可能とする「コロナ放電検出UVカメラ」を開発した。

キーワード：紫外線、イメージング、カメラ、コロナ放電、可視化

Keywords : UV, Imaging, Camera, Corona discharge, Visualization

1. 背景

脱石炭、カーボンニュートラルの“持続可能な開発目標”(SDGs)に向かって、再生可能エネルギーを最大限導入する必要があるが、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、事故の未然防止のため日常的点検が必要となる。その点検項目の一つに、コロナ放電検査がある

空気の絶縁耐力には限界があり、気温 20℃、1 気圧の標準状態において、波高値で約 30kV/cm、実効値で 21.1kV/cm の電位の傾きに達すると空気は絶縁力を失い、電線表面から放電が始まる。この現象をコロナ放電と呼び、絶縁の劣化や汚染はコロナ放電を引き起こす原因となる。絶縁碍子や各種金具にしばしば発生し、特に細い電線やバリがある時、雨・雪・霧などの悪天候時、高温、低気圧、汚染時に発生しやすい。

コロナ放電が発生すると、電力損失、電波障害や通信障害が発生し、また、電線腐食の誘因になる。電波障害は無線通信用の電波を妨害し、通信障害は付近の通信線に誘導障害をする。一方、絶縁碍子に対して、汚れの中でも、台風が海から運んでくる「海塩粒子」という細かい塩が付着すると、コロナ放電が発生しやすくなり、その放電がつながり、碍子表面に閃絡(せんらく)が起き、停電や火災等大事故を引き起こす。2016年のJR高崎線の火災事故は、碍子の腐食が原因で火災を起こし、全線再開まで3日も要し、首都圏に大きな被害をもたらした。また、電気設備における事故原因の約40%が保守不備、31%が自然現象とのデータもあり、多くはコロナ放電検出により事故前兆が発見できる。すなわち、早期のコロナ放電検出により、故障や事故を未然に防ぐことができる。

2. 目的

コロナ放電検出方法には、従来、目視検査と超音波法がある。目視検査は手間がかかり(非効率)、作業も危険である。超音波法はコロナ放電によって発生する超音波を検出する方法であるが、感度が低く、環境ノイズに大きく影響される。

一方、コロナ放電からは紫外線光子が放射されるため、その紫外線光子を用いてコロナ放電を検出することもでき

a) Correspondence to: Tsuyoshi Yoshizawa. E-mail:

yoshizawa.t@ks-global.co.jp

* 華晋グローバル株式会社

〒105-0012 東京都港区芝大門 1-4-4-501

KS-Global Co., Ltd.

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

** 中部大学

〒487-8501 愛知県春日井市松本町 1200 番地

Chubu University

1200, Matsumoto-cho, Kasugai-shi, Aichi, 487-8501, Japan

る。本研究では、紫外線イメージング技術を利用してコロナ放電可視化を用いた UV カメラを開発した。また、実際に戸外での実測を行なった。これらの結果から、本 UV カメラシステムで絶縁劣化、構造欠陥、設置不良などの箇所を迅速に特定し、フラッシュオーバーや火災などの深刻な事故を未然に防止し、設備運行の信頼性を高められると思われる。

3. コロナ放電検出 UV カメラの開発

UV カメラの構成を Fig.1 に示す。1 つの入射レンズを介して、ビームスプリッタで可視光線 CCD と紫外線 CCD への 2 つの光路を形成する。それぞれ、撮影した可視光線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 つ画像をウェーブレット逆変換して Fig. 2 に示すように融合する。本カメラでは紫外線 240-280nm バンドパスフィルターを使用するので、日中晴天でもコロナ放電が検出可能である。さらに、UV 光イメージイ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⁽¹⁾⁽²⁾。

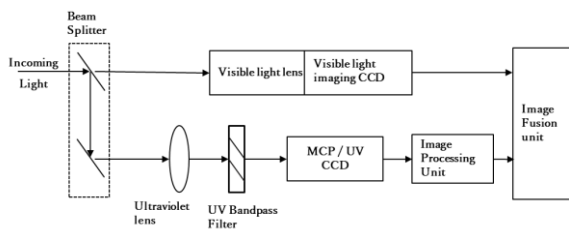
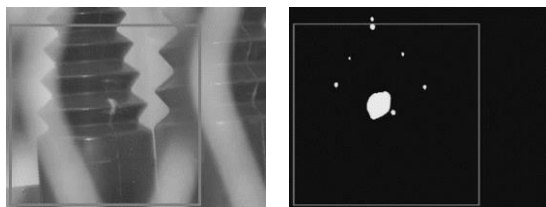
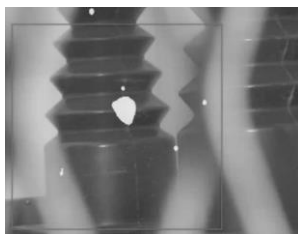


Fig. 1. 本 UV カメラの機構



(a) 可視光線画像 (b) 紫外線画像



(c) 統合した画像

Fig. 2. 画像処理プロセス

4. 検査システム

コロナ放電紫外線 (UV) 単色光源、パワーメーター、マルチ減光レンズ、UV イメージング計、専有ソフトウェアな

どにより検査システムを構築した。UV 検出感度は 3×10^{-18} W/cm² 以下を得ることができた。また、UV-Vis 画像重畳精度は 1mrad となる。計算は式(1)による。

$$d\theta = \sqrt{\left(\frac{dx}{W} \times \theta_w\right)^2 + \left(\frac{dy}{H} \times \theta_H\right)^2} \dots\dots\dots(1)$$

dθ-最大重畳角度偏差
dx-水平座標偏差、 dy-垂直座標偏差
W-水平方向画素数、H-垂直方向画素数
θw-水平方向視野角、θH-垂直方向視野角

5. 実測事例

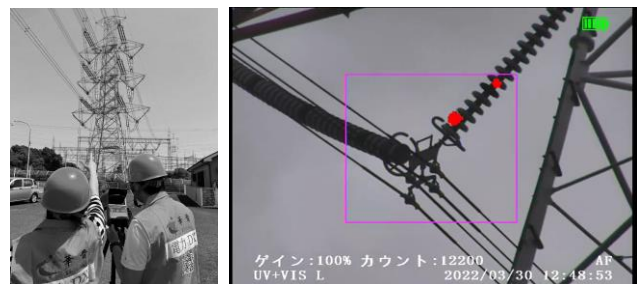


Fig. 3. 実測状況と画像処理プロセス

Fig.3 に AC500kV 送電線の碍子放電の実測事例を示す。測定遠隔距離は約 100m、気温 20℃、雲、降雨なしである。右図に示すように、本開発の UV カメラで明瞭にコロナ放電箇所を特定できた。すなわち、この図のような電力機器・設備はもちろん、各種モーター、電気制御装置、高電圧トランスの検査、絶縁低下、劣化診断、高電圧機器設備改良、学術的リサーチに役立つと思われる。

また、鉄道架線においても、汚損や自然絶縁劣化によりコロナ放電があるが、これも本 UV カメラで検出でき、2016 年籠原駅のような事故を避けることができるとと思われる。

6. まとめ

デジタル解析技術を用いて新たにコロナ放電検出 UV カメラを開発した。実際に戸外で観測を行い、放電箇所を特定することもできた。本 UV カメラ検知システムは、電力設備の劣化箇所を可視化し、リモートで特定できる。すなわち、電力業界ほか、鉄道、重電、高電圧利用の分野で、設備保守の自動化、省力化を促進できる。

文 献

(1) Hongchang Cheng : "Performance characteristics of solar blind UV image intensifier tube", Proc. SPIE 7384, International Symposium on Photoelectronic Detection and Imaging 2009: Advances in Imaging Detectors and Applications, 73840H (6 August 2009)

(2) 中野貴之 : 「紫外線イメージング」, 映像情報メディア学会誌 67 (6), 451-455, (2013)