

GAN による架空地線画像からの異常判別 Anomaly detection of ground wire images using GAN

成 晨語[†] 太田 寛志[†]
Cheng Chenyu Hiroshi Ohta

1. はじめに

送電設備には、送電線を落雷から守るため、送電鉄塔の頂部に架空地線と呼ばれるアース線が架線されている。この架空地線には落雷等によって表面に損傷が生じるため定期的な点検が必要である。この点検作業における架空地線の異常検知の自動化には深層学習を用いた画像認識手法が利用できる。しかし、架空地線の異常発生は稀であるため、ニューラルネットワークの学習に必要な十分な量の学習画像を用意することが困難という問題がある。この問題解決には、GAN (敵対的生成ネットワーク) による異常検知法に基づいて、架空地線の正常画像のみを用いて異常を検知する方法が有効である[1]。本研究では EfficientGAN に基づく架空地線の異常判別方法を提案する。本稿では、異常判定の計算において、異常度計算による方法と主成分分析によるクラス分類の方法の 2 種類を試し、有効性を比較する。また、画像の標準化による判定精度の向上についても検証を行う。

2. 異常度計算による異常判定

GAN は、特定の種類のデータについて生成器と識別器を対抗させて学習を行い、学習データに類似する新しいデータを自動生成するニューラルネットワークである。AnoGAN は、この GAN の応用により画像の異常検知を行う。まず、GAN の学習を正常画像で行い、生成器が正常パターンの画像を生成するようにする。この生成器に正常画像を入力した場合は入力画像とほぼ同一の画像が出力されるが、異常画像を入力した場合は、異常部分が再現できずに入力とは異なる画像が出力される。本研究では、推論の処理が速い特長がある EfficientGAN[2] を利用する。学習画像には架空地線の領域を切り出した正常画像 1946 枚を使用する。画像生成の例として、図 1(a) に正常画像を入力した場合、図 1(b) に異常画像を入力した場合を示す。それぞれの画像は左から入力画像、生成画像、差分画像である。図 1(b) では、元の画像と大きな差異が生じていることが確認できる。異常度 $A(x)$ は次式により算出できる[2]。 x が入力画像、 $G(E(x))$ が生成画像である。異常度は入力画像と生成画像の差の総和より計算される。異常度が閾値より大きい場合、 x には異常があると判定する。

$$A(x) = \alpha |x - G(E(x))| + (1 - \alpha) \sigma(D(x, E(x)), 1) \quad (1)$$

3. 主成分分析による異常判定

上述の異常度を用いた判定では、画像にノイズが多い場合、個々のノイズが小さくても画像全体で総和をとること

[†]岡山理科大学大学院

Okayama University of Science Graduate School

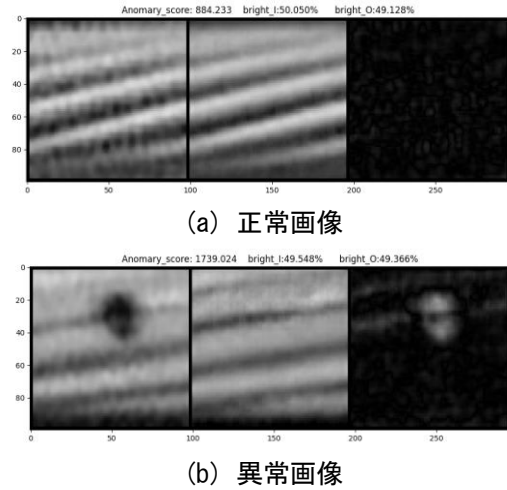


図 1 画像の差分画像

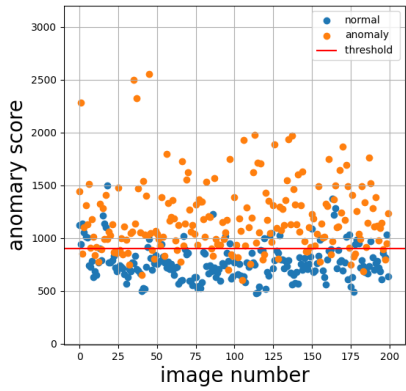
で異常度に大きな影響を及ぼす問題がある。そこで、画像の差分の総和を用いない他の判定方法を考える。

図 1 を例にして見ると、差分画像では、異常画像の異常部分は周囲に比べて画素値が大きく突出している。逆に正常画像のノイズは画像全体に小さな値で分散している。このことから、正常画像ならば差分画像の画素値の最大値と分散値の両方は小さくなり、逆に異常画像ならば両者とも大きくなると考えられる。ここでは、差分画像の画素値の分散値と最大値について主成分分析を行って、第一主成分によって正常と異常の 2 クラスに分類する方法について検討する。

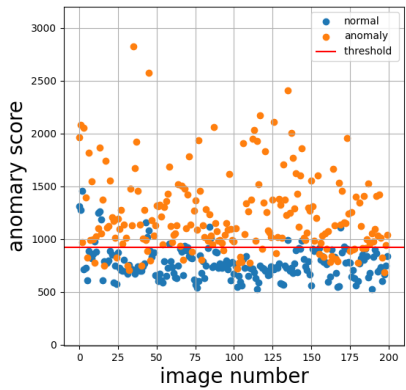
4. 実験結果

テスト画像 400 枚 (正常画像・異常画像各 200 枚) を用いて、異常度計算による異常判定と、主成分分析による異常判定をそれぞれ行い、異常判別の精度を比較した。さらに、画像の標準化と平滑化が精度向上に与える影響についても調べた。標準化は、通常、平均値 0、標準偏差を 1 にするが、本方法では平均値 128、標準偏差 50 で行っている。画像平滑化にはメディアンフィルタを用いた。EfficientGAN での結果から差分画像を作成して、二つの手法それぞれで異常判定を行った。

図 2 に式(1)に基づく異常度計算の結果を示す。図 2(a) は標準化等を行わない場合の結果、図 2(b) は標準化等を行った場合の結果である。表 1 に正常画像と異常画像の判別の正解率を示す。正常と異常の判別の閾値は、平均正解率が最も高くなる値とし、標準化なしは 900、標準化ありは 920 に設定した。図 2 に赤色線で閾値の位置を示す。標準化ありの場合にはなしの場合と比較して、平均正解率が 4.75% 向上し、特に正常画像の方が 8.0% と大きく向上した。



(a) 標準化なし



(b) 標準化あり

図 2 異常度の結果

このことより、標準化は正常画像の判定において効果が高かったと言える。

図 3 に、差分画像の画素値の最大値と分散値の散布図を示す。図 3(a)が標準化等を行わない場合の結果、図 3(b)が標準化等を行った結果である。この結果から主成分分析を用いて、正常と異常の 2 クラスに分けた。ここでは、異常度計算との比較検証をするために、正常画像の正解率が異常度計算の場合と同じになるようにクラスの境界を定めることにした。境界の直線の式を次に示す。ここで、 x は分散値の軸、 y は最大値の軸を表す。

標準化なし (図 3(a)) :

$$y = -3.06x + 221.2 \quad (2)$$

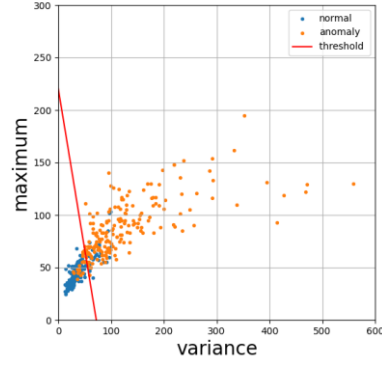
標準化あり (図 3(b)) :

$$y = -3.47x + 241.1 \quad (3)$$

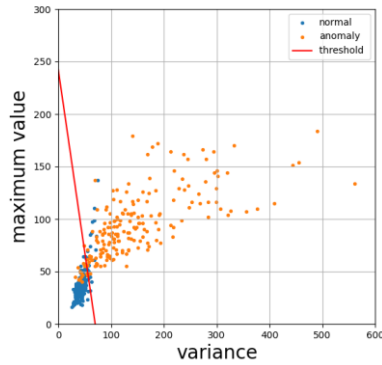
標準化を行う場合で異常度計算と主成分分析とを比較してみると、正常画像の正解率が同程度になるような閾値において、異常画像の正解率が、主成分分析の方が 8.0% 高くなり、異常画像の判別に対して効果があることが分かった。

5. まとめ

本研究では、EfficientGAN を用いて架空地線の異常検知を行う方法として、従来の異常度計算を用いる方法と、新たな方法として差分画像の画素値の分散と最大値から判別する方法を検証した。実験の結果、後者の方法によって精



(a) 標準化なし



(b) 標準化あり

図 3 画素値の最大値と分散値の結果

表 1 正常と異常の正解率

方法	標準化	正解率 (%)		
		正常画像	異常画像	平均
異常度計算	なし	83.00	81.00	82.00
	あり	91.00	82.50	86.75
主成分分析	なし	85.50	91.00	88.25
	あり	91.00	90.50	90.75

度向上することが確認できた。今後の課題として、差分画像の他の統計量を用いることを検討し、更なる精度向上を図る。

参考文献

- [1] 成晨語, 太田寛志, “GAN を用いた架空地線表面の異常検知,” 2023 年度電気・情報関連学会中国支部連合大会, R23-22-10, (2023).
- [2] H. Zenati, C. S. Foo, B. Lecouat, G. Manek, and V. R. Chandrasekhar, “Efficient gan-based anomaly detection,” Int. Conf. Learning Representations, (2018).