

車両外観検査のためのU-Netを用いた検査領域検出

前田 竜志[†] 田口 亮[†]
名古屋工業大学 大学院工学研究科[†]

1 まえがき

レンタカーやカーシェアリングなど、自動車を共同利用するサービスでは、人手により外観検査が行われるが、検査コストや検査基準の曖昧性などから、自動化が求められている。先行研究[1]では、図1に示すような直線照明、カメラ、ロボット台車で構成された装置を用いて外観検査を行うシステムが提案されている。車体表面で鏡面反射した照明光を撮影すると、図2のように、傷が黒く浮かび上がるため、これを画像処理で検出する。先行研究の検査アルゴリズムでは、輝度値の統計量に基づいて、照明反射光の領域を抽出するが、ホイールやナンバープレート等の車両付属品を照明反射光と誤認識する問題が生じていた。

そこで本研究では、照明反射光検出の高精度化を目指し、(1)U-Net[2]を用いた照明反射光検出と、(2)照明形状の変更を試みた。



図1 撮影装置

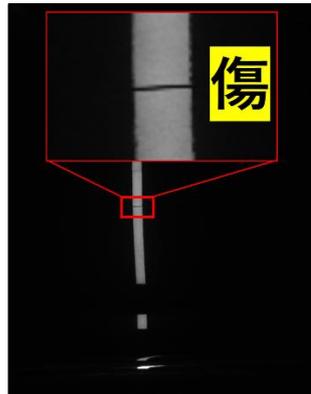


図2 撮影画像の傷

2 提案手法

2.1 U-Netによる照明反射光検出

U-Netとは、全結合層を持たない、畳み込み層のみで構成されたニューラルネットワークであり、スキップ接続により物体の位置情報を補完し、より高精度なセグメンテーションを行うことが出来る。

本研究では、車両全周を前面、側面、背面の3領域に分割し、それぞれ異なるモデルとして学習を行う。その理由は、車両前面、側面、背面では、凹凸やヘッドライト、テールライト、ホイールの有無等により照明反射形状が異なるため、それぞれの面で学習・検出をした方が高

い精度を見込めると考えられるからである。ただし、この場合、撮影された画像が3領域のいずれかであるかを事前に認識する必要があるが、その手法については本研究の対象外とする。

2.2 照明形状の変更

照明を2本に増やして並べて配置することで照明反射光の形状を特徴的なものに変え、U-Netによる照明反射光領域検出の精度向上を試みる。作成した撮影装置を図3に示す。これにより照明反射光を、図4に示すような、照明反射光の間に黒い縦線が存在する特徴的な形状にできた。



図3 作成した撮影装置



図4 特徴的な照明反射光

3 U-Netを用いた検出手法の性能評価

3.1 実験条件

U-Netの学習・評価に、データを表1の枚数用意した。表1の評価データに対して先行研究との精度比較を行う。また、検査精度の測定にはIoUの平均値・最大値・最小値・中央値を用いる。

表1 U-Netに用いたデータ枚数

	前面	側面	背面
学習検証データ枚数	1059	1177	1172
評価データ枚数	148	289	149

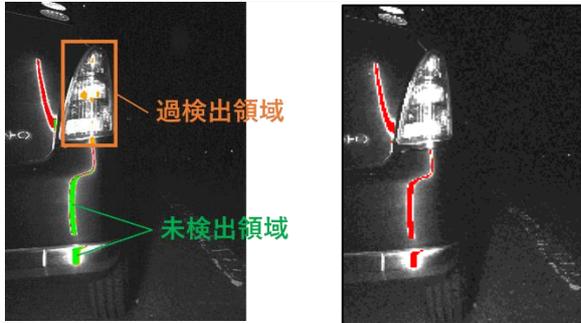
3.2 実験結果と考察

先行研究で得られたIoUと提案手法で得られたIoUの差を表2に示す。なお、値が正であれば提案手法が優位となる。表2より、前面、側面、背面全てで提案手法の検出精度が高いことが確認できる。

また、検出結果の例を図5に示す。図5は、テールライトを含む撮影画像に対して、先行研究の手法とU-Netそれぞれで照明反射光領域を検出し、正解領域を赤色、未検出領域を緑色、過検出領域をオレンジ色にし、撮影画像上に示したものである。図5より、先行研究ではテールランプを誤検出し照明反射光は未検出であったが、U-Netでは照明反射光をきちんと検出出来ていることがわかる。

表2 先行研究と提案手法の検出精度の差
(値が正の場合、提案手法が優位)

	前面	側面	背面
IoU:平均	0.422	0.194	0.241
IoU:最大	0.384	0.104	0.160
IoU:最小	0.187	0.527	0.090
IoU:中央	0.443	0.135	0.217



先行研究 U-Net
図5 手法による検出結果の違い

4 2本照明の性能評価

4.1 実験条件

3.1節とは異なる車種で実験した。1本照明のデータで学習し1本照明の評価データを検出した結果と、照明1・2本混合データでの学習し2本照明の評価データを検出した結果を比較する。1本照明のデータ枚数は前面703枚、側面1165枚、背面735枚であり、2本照明のデータ枚数は前面398枚、側面702枚、背面248枚である。学習・評価は撮影単位でクロスバリデーションで行う。

4.2 実験結果

2本照明の検出精度から1本照明の検出精度を引いたものを表3に示す。表3より、精度の差はないように思われる。

照明形状変化による照明反射領域検出への影響には、過検出領域の減少が確認された。検出結果の例を図6に示す。図6は、U-Netで検出した照明反射光領域に対して、正解領域を赤色、未検出領域を緑色、過検出領域をオレンジ色にし、撮影画像上に示したものである。図6では、1本照明の時には照明反射光付近、ホイールに過検出が生じているが、2本照明では生じていないことが確認できる。

これは、照明反射光の形状を、1本からの間に黒い縦線が存在する特徴的なものにしたことで、図7のような照明光以外の反射光と形状を差別化出来たからだと考えられる。

表3 照明形状の変更による検出精度の差
(値が正の場合、2本が優位)

	前面	側面	背面
IoU:平均値	0.033	0.005	-0.017
IoU:最大値	0.011	-0.01	-0.034
IoU:最小値	-0.025	-0.16	0.034
IoU:中央値	0.048	0.014	-0.026

1本照明



2本照明



(a) 照明反射光付近の検出結果



(b) ホイール付近の検出結果

図6 照明形状による検出結果の違い



(a) 照明反射光付近

(b) ホイール

図7 照明光以外の反射光

5 まとめ

本稿では、U-Netを用いて照明反射光領域を検出した。先行研究の手法よりも提案手法の方が照明反射光領域の検出精度が高いこと、過検出領域の減少を確認できた。また、照明光の形状を特徴的なものに変えたことで、過検出領域の減少を確認できた。一方で、照明光の形状変更前後の照明反射光の検出精度には差はない。そのため、今後は形状変更後の撮影画像の教師画像を増やすことで検出精度を向上させたい。

参考文献

- [1] 浅井航太, 他: “車両全周検査のためのキズ検査手法の開発”, 第36回 日本ロボット学会学術講演会, 3J3-08, 2018.
- [2] Olaf Ronneberger, Philipp Fischer, Thomas Brox: “U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation”, MICCAI, Vol.9351, pp.234-241, 2015.