

セマンティックセグメンテーションを用いた工業製品の欠陥検出

永田研究室 F119063 八木 郁哉

1. 目的

製品の検査工程においては未だ目視検査に頼るところが大きく、検査員の作業負荷や検出結果のバラツキなど生産性の低下を招くという問題がある。このような問題を解決するため画像認識に特化させた深層学習の手法の一つである畳み込みニューラルネットワーク（CNN）を製品の欠陥検出に応用しようとする試みがなされている。また、YOLO など一般物体検出用アルゴリズムを用いれば欠陥の場所も特定できるようになったが、傷の長さや面積をもとに定量的な評価に基づき分類したいというニーズには十分に答えることができていない。本研究ではこの問題を解決するために画像内の全画素にラベルやカテゴリを関連付けできる深層学習手法であるセマンティックセグメンテーションを応用し、代表的モデル U-Net により、工業材料の製造工程で発生するひび状の欠陥の検出を試みる。

2. 研究内容

セマンティックセグメンテーションは、画像内の全画素にラベルやカテゴリを関連付ける深層学習アルゴリズムである。特徴的なカテゴリを形成する画素の集まりを認識するために使用され、例えば、自動運転車は車両、歩行者、交通標識、歩道、道路などの特徴を識別している。本研究では、良品 31 枚、不良品 72 枚の計 103 枚の製品画像を用意し、不良品画像のうち 37 枚を学習用に用いた。次に MATLAB 上で利用できるアノテーションアプリケーション「イメージラベラー」を用いて不良品画像に対して背景、製品、傷の三つのラベル付けを行い、学習用画像を用意し、これをデータセット A とした。このデータセット A に水平反転画像を加え、計 74 枚とした学習用画像をデータセット B とした。データセット B の各画像の背景に対して、別に用意した 75 枚の画像からランダムに抽出した 5 枚の画像を貼り付けることで $74 \times 5 = 370$ 枚の画像が得られ、これと元のデータセット B を加えて計 444 枚としたものをデータセット C とした。さらに、データセット D の中で、目視で傷と確認できるものだけを再選択し、傷をしっかりと覆うようにラベリングをやり直したものをデータセット D とした。なお、それぞれの学習モデルは U-Net A、U-Net B、U-Net C、U-Net D として保存した。これら 4 つのモデルに良品と不良品画像それぞれ 31 枚、35 枚のテスト用データを与え、画像内で傷として判定された領域の大きさ(領域を構成するピクセル数)から分類精度を評価した。

3. 結果

4 つの学習モデルのうち 3 カテゴリ全てを出力できていた U-Net C と U-Net D の分類結果を比較したところ、U-Net D では良品、不良品とも 96 % を超える精度で分類できていたことが確認された。図 1 には U-Net D にテストデータを与えて出力された 35 枚の不良品画像のうちの 6 枚を示す。黄色が背景、青色が製品、水色がひび上の欠陥を表しており、3 つのカテゴリとも良好に出力できていることが確認された。以上の結果から、ランダム画像による背景変更、学習画像枚数の拡張、それらに伴う学習エポック数の調整などが重要だと分かった。また、YOLO-V2 では難しかった傷の面積や長さの定量的な確認も可能になった。さらに、生産ラインにおいて撮影される製品の位置にばらつきがあり、規則正しく固定されていない場面でもセマンティックセグメンテーションを用いることで欠陥の検出精度を改善できた。今後は、欠陥部分の可視化機能に加えて数値による定量的な評価に基づく高い分類性能を有する CNN モデルの設計を行っていきたい。

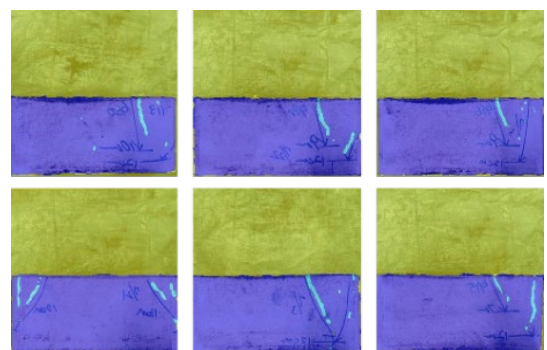


Fig. 1 U-Net による出力結果の例.

Table 1 U-Net C の分類結果

U-Net C	不良品	良品
不良品	33	2
良品	2	29

Table 2 U-Net D の分類結果

U-Net D	不良品	良品
不良品	34	1
良品	1	30