

AI-OCR を用いた電子部品の印字検査システム Printing Inspection System for Electronic Components Using AI-OCR

荒深 健伍[†] 橋爪 進[†]
Kengo Arafuka Susumu Hashizume

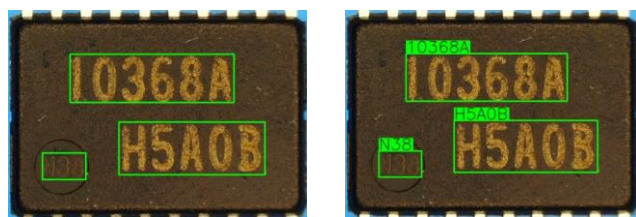
1. はじめに

電子部品製造現場においては、印字を読み取って検査や分類を行うシステムが必要である。しかしながら、製品によって印字の色や字体は様々である。従来は事前に登録した文字との類似度を比較するパターンマッチングが使用されていたが、フォントの違いなどに対応しにくいという欠点がある。そこで、本研究では深層学習を用いた AI-OCR モデルを応用することで、高精度かつ汎用性の高い電子部品向け印字検査システムを提案する。

2. AI-OCR を用いた印字検査

本研究では、電子部品の印字読み取りに AI-OCR を応用する。AI-OCR とは、画像から文字を読み取る技術である OCR (Optical Character Recognition: 光学的文字認識) に、AI 技術を組み合わせたものである。AI-OCR は、従来の OCR 技術と比べて文字の補正精度が高いという利点がある。従来の OCR は、事前に登録した文字と入力文字を比較するパターンマッチングが一般的であった^[1]。しかしながら、この手法は認識精度が登録文字の品質に大きく左右される。またフォントの違いなどにより、登録パターンと形状の異なる文字が入力された場合に、認識精度が低下する。

AI-OCR モデルは図 1 のように「テキスト領域抽出」と「領域内文字認識」の 2 段階で認識を行う。近年、紙文書などのデジタル化の需要に伴い複数の AI-OCR モデルが公開されている。これらは様々な情景画像中の文字認識が可能である反面、対象を特定の文字や文字列に絞ったときの精度は高くない場合がある。本研究では EasyOCR、PaddleOCR、KerasOCR の 3 種類のモデルについて精度評価を行い、電子部品に最適なモデルを検討する。



(a) テキスト領域抽出 (b) 領域内文字認識
図 1 AI-OCR のプロセス

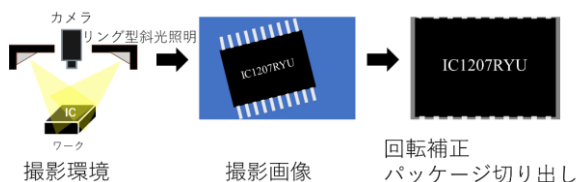


図 2 前処理の概要

2.1 前処理

印字検査精度を向上させるため、撮影した画像に対して図 2 のような前処理を適用する。まず、撮影時に対象に斜光照明を照射する。これによって、レーザー刻印などのエッジを浮き上がらせ、認識を容易にすることが可能である。さらに、撮影画像に対して回転補正、パッケージ部分の切り出しを行う。これによって文字の傾きや無駄な情報の削減を行う。

2.2 AI-OCR モデル

EasyOCR^[2] オープンソースの AI-OCR モデルで、タイの Jaided AI から 2020 年に発表された。テキスト領域抽出には、文字列検出に特化した深層学習モデルである CRAFT^[3] が使用されている。CRAFT は各文字部分を検出し、さらにこれらを連結する領域を取得することで、テキスト領域を得る。また、領域内文字認識では、CRAFT で切り出した画像に対して、CRNN^[4] を使用して文字予測を行う。

PaddleOCR^[5] オープンソースの AI-OCR モデルで、中国の Baidu から 2022 年に発表された。テキスト領域抽出には、DBNet が使用されている。これはセグメンテーション手法をもとに、二値化の閾値を適応的に決定できるようにしたものである。また、領域内文字認識には SVTR が使用されている。

KerasOCR^[6] オープンソースの AI-OCR モデルで、米 Google のエンジニアを中心として開発されている深層学習ライブラリ Keras に 2020 年に公開された。テキスト領域抽出には CRAFT、領域内文字認識には CRNN が使用されており、EasyOCR と概ね同じ構造である。

3. AI-OCR モデルの評価実験

各 OCR モデルのテキスト領域抽出および領域内文字認識についてそれぞれ精度評価実験を行い、評価の良いモデルの組合せを考えた。

3.1 テキスト領域抽出

テキスト領域抽出精度の評価には、物体検出の評価指標である AP^[7] (Average Precision: 平均適合率) を使用した。これは、縦軸に適合率 (Precision)、横軸に再現率 (Recall) をとった PR 曲線の下部の面積によって与えられる。評価データとして、IC 印字画像 100 枚を用いた。各 OCR モデルの PR 曲線を図 3、AP の計算結果を表 1 に示す。EasyOCR が最も精度が高く、次いで KerasOCR、PaddleOCR の順となった。この結果から、IC 印字領域抽出については、EasyOCR、KerasOCR で採用されている CRAFT が適しているといえる。

[†] 奈良工業高等専門学校 National Institute of Technology, Nara College

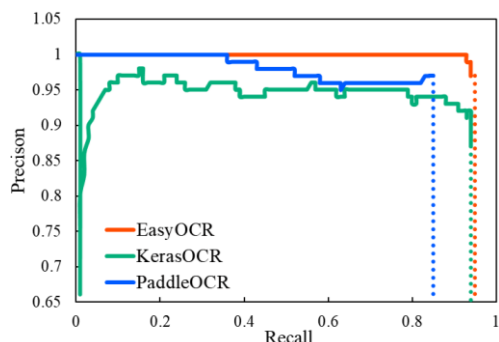


図 3 PR 曲線

表 1 AP 計算結果

Method	AP[%]
PaddleOCR	89.29
EasyOCR	93.8
KerasOCR	91.3

表 2 CER 計算結果

Method	CER[%]
PaddleOCR	9.8
EasyOCR	38.8
KerasOCR	65.1

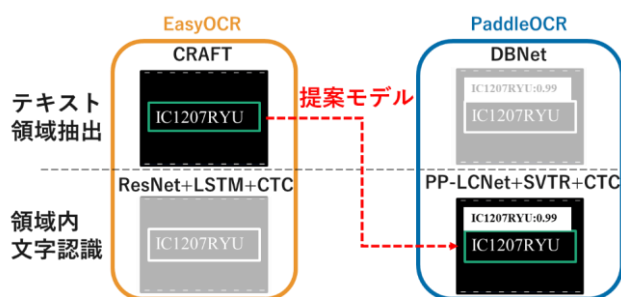


図 4 AI-OCR の組み合わせ

表 3 正解率計算結果

		領域内文字認識		
		PaddleOCR	EasyOCR	KerasOCR
テキスト領域抽出	EasyOCR	92.05	50.33	12.58
	KerasOCR	89.40	38.41	12.58
	PaddleOCR	80.13	33.77	9.93

3.2 領域内文字認識

領域内文字認識の評価には、式(1)で定義される CER (Character Error Rate: 文字誤り率)を使用した。式(1)の D は削除文字数、 S は置換文字数、 I は挿入文字数、 N は真の文字数を表す。本実験では、IC 印字画像 100 枚のうち EasyOCR で抽出した 260 領域について評価した。実験結果を表 2 に示す。PaddleOCR が他の 2 モデルに比べて、誤り率が大幅に低いことが判明した。この結果から、IC 印字認識については SVTR が適しているといえる。

$$CER[\%] = \frac{D + S + I}{N} \times 100 \quad (1)$$

3.3 AI-OCR モデルの組み合わせ

3.1 テキスト領域抽出と 3.2 領域内文字認識の実験結果から、EasyOCR と PaddleOCR の 2 モデルについて、評価の高い部分を組み合わせることを提案する。すなわち、図 4 のように、テキスト領域抽出には EasyOCR、領域内文字認識には PaddleOCR を使用することとした。

この提案モデルの優位性を示すために、すべての組合せについて印字検査実験を行った。評価指標として、IC 印字画像 60 枚のテキスト領域抽出を行い、各テキスト領域に対して領域内文字認識を行った。そこですべての文字の認識ができた領域のみ正答とし、1 文字でも誤認識のあった領域は不正解とした。この評価を、提案手法を含む各 AI-OCR モデルの「テキスト領域抽出」部、「領域内文字認識」部の組み合わせ全 9 通りについて行った。すべてのテキスト領域のうち、領域抽出および認識の両方に成功した割合（正解率）を表 3 に示す。表の行にはテキスト領域抽出を上から精度の良い順に、列には領域内文字認識を左から精度の良い順に並べている。最も評価の良い組み合わせである提案モデルが、正解率も最も高いことがわかる。

4. 考察

本研究では電子部品の印字読み取りに最適な AI-OCR モデルを検討するため、テキスト領域抽出では AP を、領域内文字認識では CER を用いて評価を行い、それぞれの評価の良い部分を組み合わせることを考えた。このモデル構成法は表 3 において、上から下に、左から右に正解率が降順になっていることから、妥当であると考えられる。また、汎用 AI-OCR を電子部品以外の特定の対象に使用したい場合においても、その対象を評価データとして本構成法を適用することにより、対象に特化した最適な組み合わせを得ることができると考えられる。一方で、テキスト領域抽出の評価に使用した AP は、正解データと予測データの間で領域の区切り方に違いがある場合に、公正な評価ができないという欠点がある。今後、AP に代わるテキスト領域抽出に最適な評価指標を検討することが必要である。

5. おわりに

本研究では、電子部品の印字を高精度に読み取り可能なシステムの開発を目指して、AI-OCR を活用した印字検査を提案した。3 種類のオープンソース AI-OCR モデルを「テキスト領域抽出」および「領域内文字認識」の 2 つの観点から評価した。その結果、テキスト領域抽出では EasyOCR、領域内文字認識では PaddleOCR が最も精度が良いとの結果を得た。最後に、これらを精度順に組み合わせたものに対して、一連の印字検査実験を行い、モデル構成方法の妥当性を確認した。また、オープンソースの AI-OCR モデルに対して追加学習を行うことなく、高い認識精度を得られることが示された。

参考文献

- [1] 奥田 健児, 塚田 弘志, 山川 修司, “IC 文字認識装置”, 東芝レビュー, Vol.52, No.2 (2002).
- [2] JAIDED AI (<https://www.jaided.ai/easyocr>, 2024/6/11 閲覧).
- [3] Y. Beak et al., “Character region awareness for text detection”, Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (2019).
- [4] B. Shi et al., “An End-to-End Trainable Neural Network for Image-Based Sequence Recognition and Its Application to Scene Text Recognition”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.39, No.11 (2017).
- [5] C. Li et al., “PP-OCRv3: More Attempts for the Improvement of Ultra Lightweight OCR System”, arXiv:2206.03001 (2022).
- [6] keras-ocr (<https://github.com/faustomorales/keras-ocr>, 2024/6/11 閲覧).
- [7] 原田 達也, “画像認識”, pp.223-225, 講談社 (2017).