

深層学習を用いた画像データからの異常検知技術の開発

電子情報部 ○笠原竹博 米沢裕司 吉村慶之

1. 目的

工場の出荷検査の一環として、カメラで撮像した画像を利用した異常検知が行われている。従来の画像検査では、2値化やエッジ検出、パターンマッチングなどの手法が利用されているが、これらの手法ではコントラストの低い異常や形状の定まらない異常の検知は困難であった。そこで、近年注目されている深層学習を用いた異常検知手法を検討した。

2. 内容

2.1 半導体製品における異常画像検査

半導体製品の画像検査では、傷や樹脂の充填不足などの不良は高いコントラストで撮像できるため、高い精度で検出可能であったものの、膜張り未充填と呼ばれる不良（表面に薄い膜が張ることでごくわずかなへこみの欠陥が隠れてしまう不良状態）は撮像時のコントラストが低く、形状が定まらないため検知が困難という課題があった(図1)。そこで、近年大きな成果を挙げている深層学習技術を用いることで、これまで出来なかったような画像に対する異常の検知を試みた。

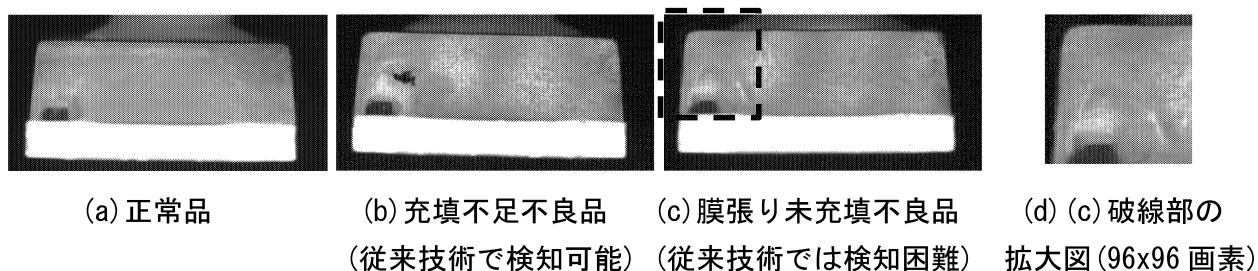


図1 半導体製品の画像例

2.2 深層学習を用いた画像のクラス分類について

世界的に深層学習が話題となっているが、そのきっかけの一つは2012年の画像認識コンテストだと言われている。このコンテストで優勝したチーム¹⁾は、形状特徴を学習する畳み込み層と情報を圧縮するプーリング層を組合せた畳み込みニューラルネットワーク(Convolutional Neural Network: CNN)と呼ばれる深層学習手法を用いて、多くの画像から形状特徴を学習させることで高精度な分類を実現した。これまでの画像処理手法では、良品と不良品を分類する際の基準とする画像特徴を人間が考えて決める必要があったが、このような画像特徴を多数のデータに基づいて自動的に求める仕組みを用いたことが高精度化の要因とされている。今回はこのCNNを利用して、正常画像と異常画像を学習させることで必要な形状特徴を自動で設計し、正常と異常を分類するシステムを構築した。

2.3 評価実験

本システムの有効性を確認するため、実際の半導体画像を用いて評価を行った。膜張り未充填の不良は、図1(c)の破線で示した箇所のみ発生することが分かっていたことから、元の画像から当該箇所の96x96画素の画像(図1(d)に相当)を抽出して評価した。本来は深層学習を利用するには大量のデータが必要とされるが、今回対象とした製品は膜張り未充填不良の発生する割合がとても低く、異常画像18枚、正常画像100枚を利用した。CNNでは畳み込み層とプーリング層をセットで複数層設定し、その後に全結合層を設定することが一般的である。この畳み込み層とプーリング層のセット数を2個、3個、4個の3

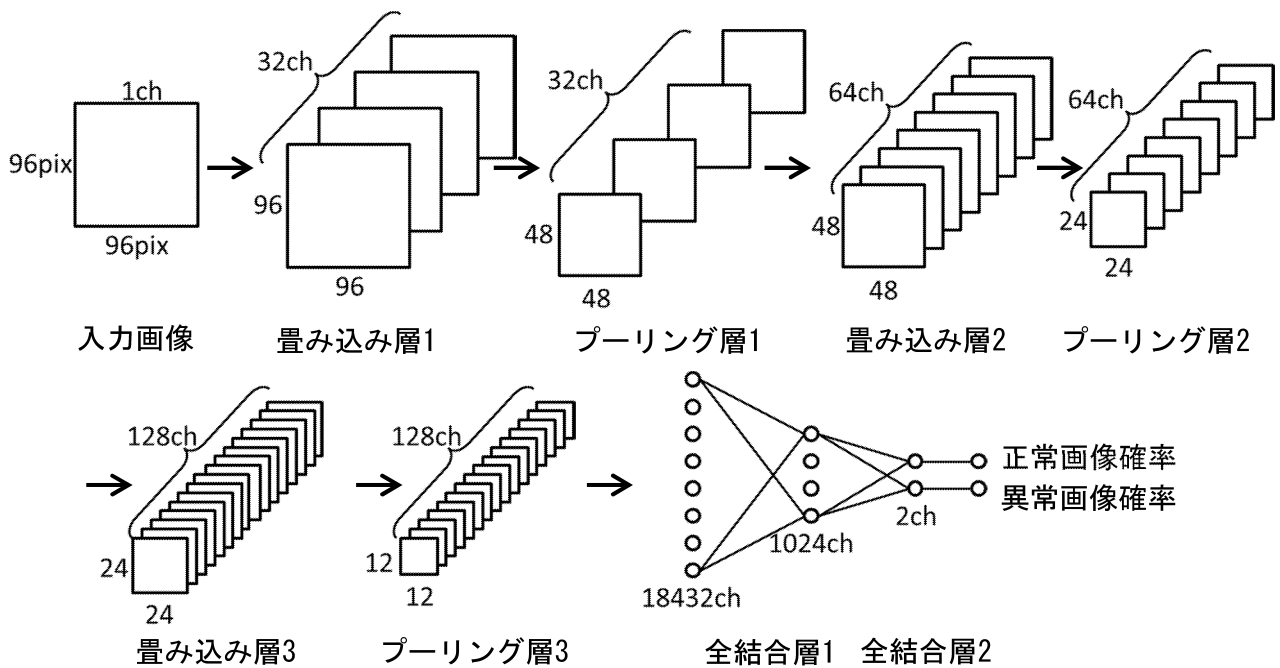


図2 使用したCNNの構成図

通りで予備的に評価したところ3個の場合が最も結果が良かったことから、畳み込み層とプーリング層のセット数を3個、全結合層を2層設定した(図2)。この構成では、入力画像に対して正常画像確率と異常画像確率の2つの値が算出され、値の大きい方が判定結果となる。

このネットワークを評価するため、学習とテストを行った。学習用画像を用いて、正常画像を入力した際には正常画像確率が高い値となり、異常画像を入力した際には異常画像確率が高い値となるように内部パラメータを修正することが学習であり、また学習済みのネットワークに対して、テスト用画像を入力して正常画像と異常画像をそれぞれ判定する割合を算出することがテストである。学習用画像とテスト用画像をランダムに4分割して行う4分割交差検証法によって学習用とテスト用の組合せを変えながら実験を4回行い、正常画像400枚分、異常画像72枚分で評価した。

評価の結果、異常画像に対する感度(異常画像のうち、正しく異常と分類する割合)は94.4%(68/72)、特異度(正常画像のうち、正しく正常と分類する割合)は89.5%(358/400)を得た(表1)。今回対象とした膜張り未充填の不良は従来の画像処理技術では検知できなかったが、深層学習技術の一つであるCNNを用いることで一定の検知が可能であることを示した。

表1 評価結果

	判定結果	
	正常と判定	異常と判定
正常画像 (全400枚分)	358	42
異常画像 (全72枚分)	4	68

3. 結果

深層学習技術の一つであるCNNを用いて正常画像と異常画像を学習させることで、従来技術では検知できなかった異常画像を検知できることを示した。一方で、異常画像に対する感度100%は達成できなかった。これは画像の枚数、特に異常画像の枚数が少なかったことが要因と考えられる。このように異常画像の枚数が限定される場合には、大量に取得できる正常画像のみを学習させて異常画像の検知を行う方法が有効と考えられることから、現在この方法の開発を進めている。

- 1) A. Krizhevsky, I. Sutskever, and G. E. Hinton. ImageNet classification with deep convolutional neural networks. In Proc. NIPS, 2012.