

令和 2 年 6 月 22 日現在

機関番号：32702

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2019

課題番号：18K13955

研究課題名(和文) 画像の重ね合わせを用いた深層学習による統合型外観検査システムに関する実証的研究

研究課題名(英文) Using image superposition for visual inspection system

研究代表者

山崎 友彰 (Yamazaki, Tomoaki)

神奈川大学・経営学部・准教授

研究者番号：30706891

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：深層学習アルゴリズムを活用して複数枚画像を用いた外観検査システムを構築し、その効果を明らかにした。構築した外観検査システムの改善効果には高いものがあると判断できる。一方、サンプル数の少ない欠点に対しては、サンプル数が十分に確保可能な欠点を用いて分類モデルを構築後、サンプル数の少ない欠点に対する特徴量をモデルから抽出し、良品の特徴量との類似度を算出した。これによって、サンプル数の少ない欠点についても検出することが可能となった。分類モデルが学習過程で、該当製品における良品と不良品を切り分ける特徴量を獲得したことを表している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

サンプル数が十分にあり欠点に対して、その検出精度を明らかにした点は、産業界における外観検査において、深層学習の利用を促進させる意味があり、社会的意義が認められると考えた。また、サンプル数の少ない欠点を検出するひとつのアプローチの有効性を示した点について、学術的意義があると考えた。

研究成果の概要(英文)：Photographing of a product is conducted with various light source in a visual inspection process. An inspection operator check an appearance of the product using the multiple images. A reduction in accuracy of defect detection is caused by accumulation of fatigue, stress, reduction in concentration etc. To efficiently perform an inspection work at an inspection place, a total inspection system using multiple images for supporting an inspection operator is required. This study developed an inspection system using simple image superposition for supporting operator. Demonstration experiment reveals that the proposed system is effective to improve the inspection accuracy for the defect whose images to be used as teacher data are adequately prepared. For the detection of defects not prepared, measuring of similarity of feature vectors extracted from deep layer in CNN which learns from the above mentioned training data is effective.

研究分野：生産管理

キーワード：深層学習 外観検査

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

高付加価値製品において、要求される品質のレベルが高くなるほど、製造した全てのロットの品質を完全に一致させることは難しくなる。こうした製品では、目視検査を通して各ロットの品質を確認し、いくつかの品質カテゴリへ分類している。そして、分類されたカテゴリで要件を満たす客先へ、各ロットが出荷される。分類が正確に行われなければ、要求されている品質を満たさない製品を客先へ出荷することになるため、外観検査の位置づけと果たす役割は大きい。

外観検査の共通問題点は、熟練検査員と非熟練検査員の差が大きいことにある。熟練検査員と同様の精度を保証しながら、非熟練検査員が分類を判定するためには、数倍程度の時間が必要となる。タクトタイム超過の可能性が高まるため、分類の判断に迷うロットについてはどの客先にも出荷しないよう“安全なカテゴリ”である“不良”に分類してしまう現状がある。その結果、歩留まりが低下し、生産性低下の要因となるため、その損失額は極めて大きなものとなる。また、目視検査は官能検査であるため、熟練検査員であっても、わずかな技能差や疲労の度合いによって検査結果にばらつきが生じるといった問題があり、目視検査の効率化に向けた対応策が産業界から強く求められている。

外観検査が対象となる研究として、目視検査に関するものと、自動検査に関するものがある。目視検査では、近年、周辺視が活発に研究されている。周辺視の有効性が明らかにされた後(佐々木章雄ら, 2005年~2006年, IE レビュー)、周辺視の特性(菅原隆宏ら, 2011年, 日本経営工学会論文誌)や習得方法(中嶋良介ら, 2015年, 人間工学)、周辺視に適した条件(中嶋良介ら, 2016年, 日本人間工学会第57回大会)等が発表されている。

自動検査に関する研究としては、深層学習を利用した研究が近年盛んである。上述の通り、医療現場を対象にしたものが多い(Branislav Gerazov etc., Smart Technologies IEEE EUROCON 2017) (Stuart McIlroy etc., 2017 International Joint Conference on Neural Networks)。製造現場に関しても、研究成果が報告されているが(荻野武, Google Cloud Next '17 in Tokyo)、目視検査の補助であって、代替する手段となるまでには研究が進んでいない。

本研究の位置づけとしては、周辺視にヒントを得た撮影画像の加法合成を深層学習に利用し、これまで目視検査の補助としてしか使われていなかった外観検査の領域で、自動検査を主たる検査方法にするための研究といえる。

2. 研究の目的

近年、様々な画像を分類するアプローチとして深層学習が盛んに議論されている。この深層学習を利用した検査システムの導入については、医療現場での成果報告が比較的多い。製造現場の検査作業に適用した例としては、2017年6月にキューピー株式会社から生産性向上の報告(Google Cloud Next '17 in Tokyo)があったが、医療現場に比べて製造現場での研究報告は少ない。その理由のひとつは、自動検査システムが全てを行うことは医療現場が求めておらず、人が行う検査の補助をする役割を求めている、という特徴にある。キューピー株式会社の例においても、検査の補助という役割が与えられていることから、「補助」の範囲を超えない限り、深層学習を利用した自動検査システムは極めて有用であり、実用における障害も比較的少ないと推察した。

産業界では深層学習をはじめとした人工知能技術の実用化が検討され、一部の先進的な企業で進みつつあるが、試行錯誤的な部分が多くあり、実用化を目指す多くの企業にとって障害になっている。そこで、外観検査を対象に深層学習を利用した自動検査システムの構築に関する理論の検証を行うことを本研究の目的とした。また、本研究の意義は、人工知能技術の実用化に関する手続きや指針を示すことにあると考える。

3. 研究の方法

研究協力企業において、深層学習を利用した外観自動検査システムを運用し、その評価を行う。主に、複数枚画像による深層学習を利用した外観検査システムの効果を明らかにする。

4. 研究成果

・複数枚画像による深層学習を利用した外観検査システムの効果について

研究協力企業において最終的にワークを3種類の光源を用いて撮影した画像を目視検査に利用している。そこで、3種類の各画像をRGBカラーモデルの層のひとつとして捉えるアプローチで、3枚のグレースケール画像を1枚のRGB画像として利用した。加法合成されたRGB画像の利用によって、複数の画像間の関係性を画素単位で学習することになるため、各画像を別物のように個別に学習して分類の判定を行うようなアプローチに比べ、少ないサンプル数による予備実験においても判定精度の顕著な改善が見られた。

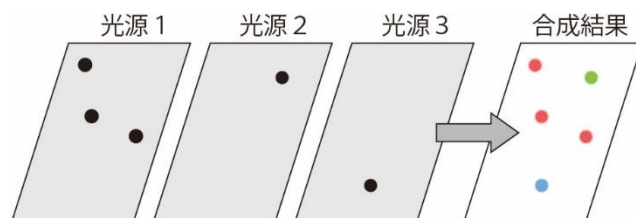


図1 グレースケールの3枚の撮影画像をRGBカラーモードのひとつの層として捉え、加法合成する形でRGB化して1枚の画像に変換した例

4枚以上の画像を合成することも可能であるが、研究協力企業において利用される画像は3種

類の光源を用いたものであったため、本研究では転移学習を利用することができた。転移学習とは、画像認識コンペティション向けに作成された深層学習のモデルの一部を利用する方法である。学習が完了したモデルに追加する形で、用意した画像に対して再学習をさせるため、学習に必要な計算量を減少させられるメリットがある。本研究では、1,000クラスに分類する学習済みモデルを利用し、転移学習によって10クラスに分類するモデルを構築した。ただし、学習量の増加は避けられないものの、転移学習を行わない場合においても、同程度の検出精度は維持することは可能であった。

従来、検査員の能力に依存した枚数を目視検査に利用せざるを得なかったが、このアプローチによって検査に用いる画像枚数の上限を撤廃することが可能となり、撮影画像の見直しから、より多角的な外観検査による分類精度の向上も期待できると考えている。

平成30年度では、実際の製品に対してNeural Networkの深層学習アルゴリズムを活用して複数枚画像を用いた外観検査システムを構築することができた。また、その効果も明らかにすることができた。欠点の大きさ等に起因する作業員の目視検査による不良品判定の難しさを考慮すると、構築した外観検査システムの判定精度の実験結果から、改善効果には高いものがあると判断できる。そして、実験の過程で加工機別の加工面の特徴を外観検査システムにより明らかにすることができた。本来、加工機による加工面の違いやロットごとの加工面の違いは、解消しなければならない問題である。しかし、実際には経年劣化や、予防保全の不備などが原因となって、それまで発生しなかったさまざまな品質上の問題が生じることがある。この問題に対して、外観検査システムを用いることで、熟練作業員であっても目視検査において認識することができない問題を未然に表出させることが可能になることを示唆する知見も得られたと考えている。

サンプル数の少ない欠点については、同様のアプローチで精度を確保することは難しい。そこで、サンプル数の少ない欠点に対する改良を行った。サンプル数の少ない欠点を検出するアプローチとしては異常検知がある。これは正常データのみを学習させたモデルで、未知の異常を検出することを目的にしている。本研究では、分類を学習させたモデルと異常検知モデルの両者を組み合わせるアプローチをとった。サンプル数が十分に確保可能な欠点を分類するモデルを構築後、サンプル数の少ない欠点に対する特徴量をモデルから抽出する。その特徴量を用いるアプローチである。検査対象の製品を学習済みの分類モデルに入力し、最終層に近い層から特徴量を抽出する。そして、複数の良品画像から同様に抽出した特徴量との類似度を算出する。良品同士の類似度の分布と、サンプル数の少ない欠点と良品の類似度を比較した結果から、事前に閾値を決めることで、検査対象の特徴量が良品の特徴量と近いものであるか判定することが可能である。

良品との特徴量の類似度が低いと判定されれば、不良と判断することになる。

研究協力企業においては、不良品の発生率は極めて低いいため、このアプローチによって検出される不良品も少なく、これを検査員によって再確認するプロセスを取っている。このアプローチによって、閾値との比較から、サンプル数の少ない欠点についても検出することが可能となった。これは、モデルが良品と十分にサンプルを得られる不良品との分類を学習する過程で、該当製品における良品と不良品を切り分ける特徴量の算出方法も獲得したことを表している。

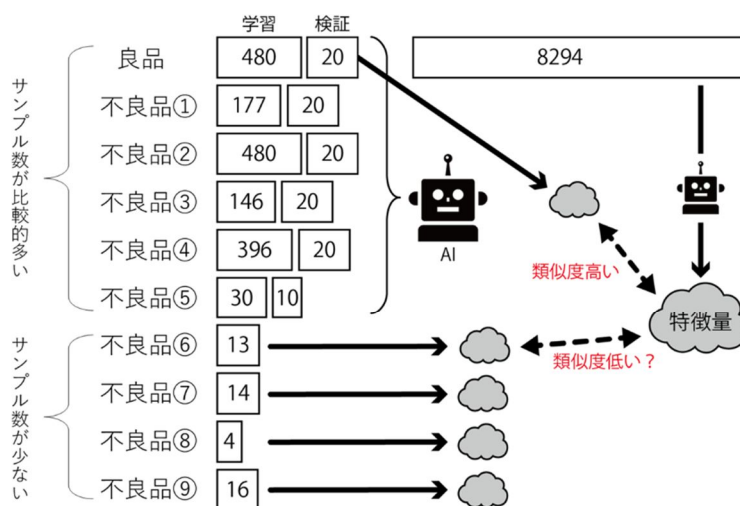


図2 サンプル数が多い良品と不良品を分類するモデルを利用して、サンプル数が少ない不良品の検出を行う例

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 大島宏友, 山崎友彰, 志田敬介
2. 発表標題 A Fundamental Study on Automation of Visual Inspection by Deep Learning
3. 学会等名 Industrial Engineering & Management Systems (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----