

H-018

局所特徴量照合と画像差分による二段解析を用いた物品検査システム Goods Inspection System by Two-stage Analysis with Local Descriptor Matching and Image Subtraction

間瀬 亮太†
Ryota Mase

岩元 浩太‡
Kota Iwamoto

1. まえがき

物流業務を専門に行っている運輸業者や倉庫業者では、出荷品質を維持するため、物品を出荷する前に、その物品が間違いなく出荷対象の物品であるかを検査している。近年、これらの業者が取り扱う物品は多様化しており、中には、管理用の商品識別情報（バーコード等）が付いておらず、かつ数文字程度の違いしか存在しない酷似したカタログやパンフレット等の物品も数多く存在する。現状、商品識別情報の付いていない酷似した物品に対する検査では、複数の作業員が目視で二重・三重の確認を行っており、検査にかかるコストが大きな課題となっている。

そこで本稿では、画像認識を利用して、数文字程度の違いしか存在しない酷似した物品であっても正確に見分け、物品の検査を自動的に行う物品検査システムを提案する。

2. 提案する物品検査システム

2.1 システム概要

提案する物品検査システムは、画像認識を利用して、検査する物品が出荷対象の物品であることを自動的に判定する。提案システムの構成例を図 1 に示す。

物品検査の際には、作業員は、出荷対象の物品のリストに基づいて倉庫内から取り出してきた物品を検査台の上に置く。出荷対象の物品の画像は予めデータベース（DB）に登録されており、提案システムは、検査台の上に置かれた物品をカメラで撮影して得られる検査対象の物品の画像と、DB 中の物品画像とを照合する事により、検査対象の物品と同一の物品の画像を DB 中から識別し、識別結果を結果表示画面に出力する。作業員は、複数人による二重・三重の目視確認を行う事なく、結果表示画面に従い、検査した物品をそのまま出荷するか否かを決定する事ができるため、検査にかかるコストを低減する事ができる。

物品検査時には、作業員が検査対象の物品を不規則に検査台に置く可能性があるため、提案システムには、撮影された検査対象の物品画像が DB 中の物品画像と位置・向き・大きさが異なる場合でも、検査対象の物品と同一の物品の画像を頑健に識別できる事が要求される。また、DB

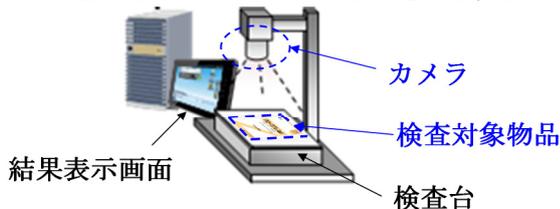


図 1 提案システムの構成例

†NEC 情報・ナレッジ研究所

‡NEC 情報・メディアプロセッシング研究所

中には、数文字程度の違いしか存在しない酷似した物品の画像が登録されている可能性があるため、提案システムには、数文字程度の違いを正確に見分ける事も要求される。酷似した物品の画像とその違いのある領域（差異領域）の例を図 2 に示す。



図 2 酷似した物品の画像とその差異領域の例

2.2 物品検査を実現する画像認識アルゴリズム

提案システムでは、まず、位置・向き・大きさに不変な局所特徴量^[1]を用いて、検査対象の物品の画像と DB 中の物品画像を照合し、DB 中から検査対象の物品と同一の物品の画像候補に絞り込む。次に、DB 中の物品画像同士の比較を通じて予め算出された、特徴点がほとんど存在せず数文字程度の大きさしかない画像間の差異領域^[2]に対してのみ、局所特徴量照合で絞り込まれた候補画像と検査対象の物品画像との差分を計算する事で、検査対象の物品と同一の物品の画像を正確に識別する。

1 段階目の解析として行われる局所特徴量照合では、検査対象の物品画像及び DB に登録された物品画像間の局所特徴量間距離に基づいて特徴点の対応関係（対応点）を検出し、RANSAC^[2]を用いて射影変換行列を推定する。推定された射影変換行列に対して整合する対応点の数に応じて、検査対象の物品画像と DB に登録された物品画像との類似度が決定され、類似度が閾値以上となる物品の画像を、検査対象の物品と同一の物品の画像候補として絞り込む。検査対象の物品画像と DB に登録された物品画像の局所特徴量による照合の様子を図 3 に示す。

2 段階目の解析では、検査対象の物品画像における差異

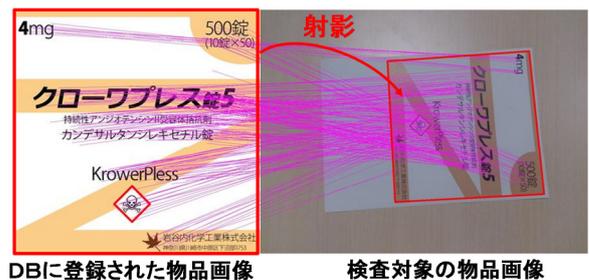


図 3 局所特徴量による照合

領域が、予め算出された DB 中の候補画像の差異領域を、局所特徴量照合で算出される射影変換行列を用いて射影する事により推定される。さらに、推定された検査対象の物品画像の差異領域と候補画像の差異領域の位置ずれの可能性を考慮し、Lucas-Kanade 法^[3]を用いて、2 画像の差異領域の精緻な位置合わせを行う。その上で、画像間の明るさの違いを考慮し、以下の(1)式によって補正された値を用いて、画像差分の計算を行う。 p は補正前の画素値、 μ は補正前の画素値の画像内平均、 σ は補正前の画素値の画像内の標準偏差、 u は補正後の画素値をそれぞれ表す。

$$u = (p - \mu) / \sigma \quad (1)$$

図 2 のように、差異領域が複数ある場合は、全領域の画素値の差の累積を計算する。図 2 の差異領域のうちの 1 つを例にして、画像差分を計算する様子を図 4 に示す。

提案システムは、差分の累積値が最小となる画像に関して、その累積値が閾値以下かつ 2 番目に小さい累積値との差が閾値以上の場合に、十分信頼性が高いと判断し、累積値が最小の画像を識別結果として出力する。一方、この条件を満たさない場合、システムは結果を出力しない。

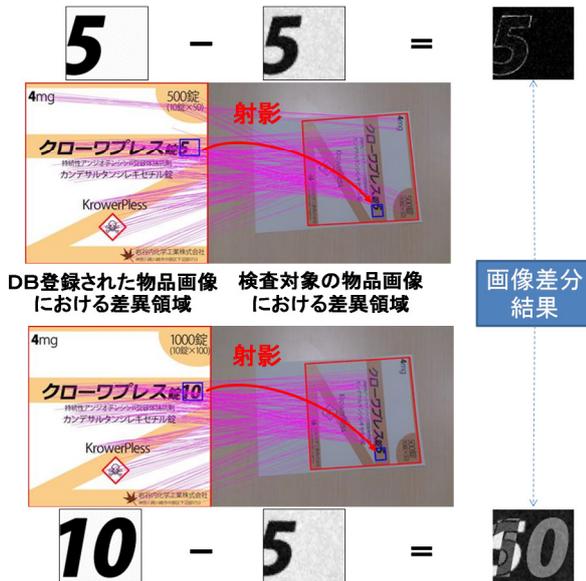


図 4 差異領域における画像差分の計算

3. 実験

数文字程度の違いしか存在しない酷似した物品を含む 92 種類の物品の画像が登録された DB と、そのいずれかの物品を検査対象として、向きや位置を変えながらカメラで撮影した計 2100 枚の物品画像を用いて、提案システムを評価した。提案システムが出力する、検査対象の物品の識別結果は、常に誤りがゼロとなる設定として、2 段階目の解析における差分の累積値の最小値が 0.98 以下、2 番目に小さい累積値との差が 0.12 以上の場合とした。今回は、2100 枚の物品画像に対し提案システムが結果を出力する割合 (返答率) により、システムが実用的であるかを評価する。比較のため、提案システムの画像認識アルゴリズムの代わりに、局所特徴量照合のみを用いた場合の評価も行った。

提案システムにおける返答率を図 5 に示す。局所特徴量照合のみを用いた場合は、返答率が 64.9%であるのに対し、

提案システムで採用している画像認識アルゴリズムでは、数文字程度の違いしか存在しない酷似した物品の画像が DB 中に存在する場合でも高精度に識別できるため、88.9%の返答率を達成している。これは、画像認識アルゴリズムとして局所特徴量照合のみを用いた場合では、3 回に 1 回程度の頻度で物品を再検査しなければならないのに対し、提案システムで採用している認識アルゴリズムでは、その頻度を 10 回に 1 回程度まで抑える事ができることを意味している。システムが出力する結果が常に正しく、かつ結果が出力されずに物品を再検査しなければならない頻度も低く抑えられていることから、物品検査システムとしては十分に実用的であり、物品検査にかかる作業員のコストも低減できると考えられる。

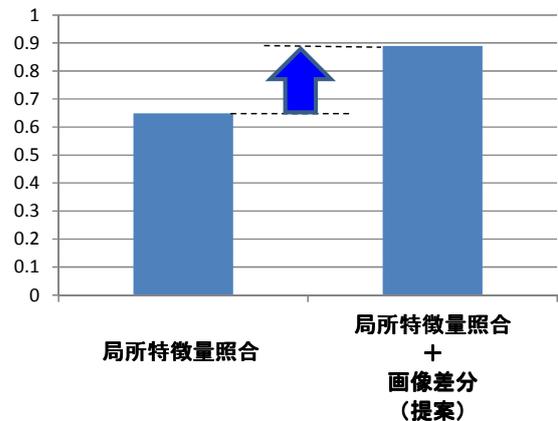


図 5 提案システムにおける返答率

4. まとめ

本稿では、局所特徴量照合と画像差分による二段解析を用いた物品検査システムを提案した。本システムでは、まず、局所特徴量照合を用いて、検査対象の物品の画像と DB 中の物品画像を照合し、DB 中から検査対象の物品と同一の物品の画像候補に絞り込む。次に、DB 中の物品画像同士の比較を通じて予め算出された画像間の差異領域に対してのみ、局所特徴量照合で絞り込まれた候補画像と検査対象の物品画像との差分を計算する事で、検査対象の物品と同一の物品の画像を高精度に識別する。酷似した物品を含む 92 種類の物品の画像が登録された DB と、そのいずれかの物品を検査対象としてカメラで撮影した計 2100 枚の画像を用いた評価の結果、提案システムでは、誤判定をゼロに抑えつつ、88.9%の返答率を達成し、物品検査システムとして実用的であることを示した。

参考文献

- [1] K. Iwamoto, et al., "BRIGHT: A scalable and compact binary descriptor for low-latency and high accuracy object identification," International Conf. on Image Processing, pp. 2915-2919, 2013.
- [2] M.A. Fischler, et al., "Random sample consensus: A paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography," Commun. ACM, vol. 24, no. 6, pp. 381-395, 1981.
- [3] S. Baker, et al., "Lucas-Kanade 20 years on: a unifying framework," Int. Journal of Computer Vision, 56, vol. 3, pp. 221-255, 2004.