

氏 名（本 籍）	後 藤 邦 博（岐阜県）
学 位 の 種 類	博 士（工学）
学 位 授 与 番 号	甲第 291 号
学 位 授 与 日 付	平成 18 年 3 月 25 日
専 攻	電子情報システム工学専攻
学 位 論 文 題 目	遺伝的アルゴリズムによる画像探索処理手法に関する研究 (Study for methods to search target image areas by using the genetic algorithm)
学位論文審査委員	(主査) 教 授 山 本 和 彦 (副査) 教 授 谷 和 男 教 授 藤 田 廣 志 教 授 速 水 悟

論文内容の要旨

画像処理技術の発展に伴って、従来は人間の視覚によって行われてきた多くの作業が自動化されつつある。特に、画像探索は生産ラインでの位置決め、寸法計測、外観検査をはじめとする工業分野から、日常生活を行う周辺環境における日用品の判別といった生活支援システムの一部、あるいは個人認証まで、様々な用途で利用される大変重要な技術であり、今後も画像探索手法の需要は増大していくと考えられる。また、需要の増大に伴って画像探索技術の改良が必要となってきた。

本研究の目的は、画像探索処理を信頼性高く、効率的に行うという点である。現在、一般的な画像探索手法として、モデルベースマッチングやテンプレートマッチング、投票処理に基づく手法などが挙げられ、多くの場合、探索対象画像の条件に合わせていずれかの手法を用いて処理を行っている。探索対象画像の条件といっても多種多様である。探索すべき部分画像の位置のみしか変化しない場合や、位置と2次元的な傾きが変化する場合、あるいはサイズや3次元的な姿勢まで変化することもある。また、照明条件等によりコントラストが変化したり、シェーディングの影響を受けたりする場合も考えられる。これらの条件に対応できる手法の開発は以上に困難であり、条件に合った適切な手法を適用することが重要であると考えられる。しかし、これらの手法は、種類や姿勢に対する汎用性や、処理時間などの問題がある。モデルベースマッチングは、姿勢変化に対する追従性は高いが、マッチングに使用する画像特徴量を試行錯誤的に決定しなくてはならず、様々な種類の物体を認識する場合には、特徴量の設定に非常に多くの労力を要することになる。テンプレートマッチングは、物体の種類の変化に対しては、テンプレート画像の変更という比較的簡便な処理のみで済むものの、姿勢変化に対する追従性が低く、姿勢変化に対応するためには多くの計算コストを要してしまう。投票処理に基づく手法は、多数決原理に基づくため、探索すべき部分画像の一部欠損や背景ノイズなどの影響を受けにくい手法であるが、姿勢情報を表すための高次元のパラメータ空間が必要となり、多くの計算コストが必要である。そこで、本論文では、これら従来の画像探索手法に対して、大

局的な解探索能力に優れているといわれる遺伝的アルゴリズム(GA: Genetic Algorithm)を適用することにより、従来手法の問題点を解決するための手法を提案する。

本論文では、はじめに従来のモデルベースマッチングに対して、GAを適用した手法について述べる。モデルベースマッチングは、探索対象となる物体の姿勢変化に影響を受けにくい適切な特徴量を使用することによって、3次元的な姿勢変化への対応も可能である。しかし、一般的に対象となる物体の探索に有効な特徴量は、人間が明示的に与える必要がある。ところが、対象物体から得られる画像特徴量は多種であるため、認識に有効な特徴量の選択作業には、物体や画像処理に関する多くの知識や試行錯誤が必要となる。そこで、本論文では、GAを用いて複数の特徴量候補の中から対象物体が持つ特有の画像特徴量を自動的に選択し、各特徴量の重みを決定する手法を提案する。

次に、本論文では、テンプレートマッチングに対してGAを適用した手法等について述べる。テンプレートマッチングにGAを適用する場合、テンプレート画像登録にGAを適用するケースと、マッチングにGAを適用するケースが考えられる。テンプレ画像を設定する場合、マッチングに有効な領域をテンプレート画像として設定したほうが、マッチングの信頼性が向上すると考えられる。また、画像数は少ないほうが高速にマッチングが行える。しかし、人によって設定されたテンプレート画像が必ずしもこれらの条件を満たすように設定されているとは限らない。そこで、マッチングに有効な領域をGAによって設定する手法を提案する。一方、マッチングでは位置や2次元的な傾き等を考慮する場合、探索空間が膨大となり、適切な姿勢パラメータを見つけることは容易ではない。そこで、GAを用いた各種パラメータの組合せによるマッチングを通して、効率的にマッチングを行う手法を提案する。

最後に、投票処理に基づく手法にGAを適用した手法について述べる。投票処理に基づく手法を高速に行うためには、テンプレート画像の情報が格納されているテンプレートテーブルのサイズを削減すればよい。また、マッチングに有効な情報のみを使うことで信頼性も向上する可能性がある。しかし、テンプレート画像ごとに、マッチングに有効な情報が異なるため、GAを用いて動的にテンプレートの削減を行う手法を提案する。

論文審査結果の要旨

画像探索処理は、様々な分野で利用される非常に重要な技術である。本論文では、これら従来の画像探索手法に対して、大局的な解探索能力に優れているといわれる遺伝的アルゴリズム(GA: Genetic Algorithm)を適用することにより、従来手法の問題点を解決するための手法を提案している。

本論文では、はじめに従来のモデルベースマッチングに対して、GAを適用した手法について述べている。モデルベースマッチングは、探索対象となる物体の姿勢変化に影響を受けにくい適切な特徴量を使用することによって、3次元的な姿勢変化への対応も可能である。しかし、一般的に対象となる物体の探索に有効な特徴量は、人間が明示的に与える必要がある。ところが、対象物体から得られる画像特徴量は多種であるため、認識に有効な特徴量の選択作業には、物体や画像処理に関する多くの知識や試行錯誤が必要となる。そこで、本論文では、GAを用いて複数の特徴量候補の中から対象物体が持つ特有の画像特徴量を自動的に選択し、各特徴量

の重みを決定する手法を提案している。実験により、自動的に適切な特徴量とその重みが設定され、また、設定結果を用いて探索を行った結果、安定した探索が可能であった。

次に、本論文では、テンプレートマッチングに対して GA を適用した手法等について述べている。テンプレートマッチングに GA を適用する場合、テンプレート画像登録に GA を適用するケースと、マッチングに GA を適用するケースが考えられる。テンプレ画像を設定する場合、マッチングに有効な領域をテンプレート画像として設定したほうが、マッチングの信頼性が向上すると考えられる。また、画像数は少ないほうが高速にマッチングが行える。しかし、人によって設定されたテンプレート画像が必ずしもこれらの条件を満たすように設定されているとは限らない。そこで、本論文ではマッチングに有効な領域を GA によって設定する手法を提案している。GA をテンプレート登録過程に適用した結果、人によって設定されたテンプレート画像を使用した場合と比較して、高速かつ信頼性の高い探索が行えている。一方、マッチングでは位置や 2 次元的な傾き等を考慮する場合、探索空間が膨大となり、適切な姿勢パラメータを見つけることは容易ではない。そこで、GA を用いた各種パラメータの組合せによるマッチングを通して、効率的にマッチングを行う手法についても提案している。GA をマッチング過程に適用することで、効率的に最適な姿勢パラメータの設定が行えたことを示している。

最後に、投票処理に基づく手法に GA を適用した手法について述べている。投票処理に基づく手法を高速に行うためには、テンプレート画像の情報が格納されているテンプレートテーブルのサイズを削減すればよい。また、マッチングに有効な情報のみを使うことで信頼性も向上する可能性がある。しかし、テンプレート画像ごとに、マッチングに有効な情報が異なるため、GA を用いて動的にテンプレートの削減を行う手法を提案している。GA によりテンプレートテーブルの最適化を行うことで誤投票が削減され、安定かつ高速な探索が実現できている。

本論文では、画像探索処理における信頼性と計算コストを考慮した 5 つの手法について述べているが、いずれの手法も従来の画像探索手法と比較して、信頼性や計算コストの点で優れた結果を示している。

上記の学位論文は、学会への論文投稿および学会発表によっても研究成果が報告されており、また、新規性、有効性、および具体性と正確性について、優れた内容であることを確認した。よって、本学位論文の審査結果を合格と判定する。

最終試験結果の要旨

画像処理の発展に伴い、従来は人間の視覚によって行われてきた様々な作業が自動化されている。特に、画像探索処理は生産ラインでの位置決めや検査、個人認証等幅広い分野で利用されており、その需要も増大していくと考えられている。学位論文では、従来の画像探索手法の問題点を解決するための手法として、遺伝的アルゴリズム(GA: Genetic Algorithm)を適用した 5 つの新たな画像探索手法が提案されている。最終試験においては、そのうち 3 つの手法について具体的な説明があった。

まず、正規化相関マッチングの効率化に関する手法の説明があった。正規化相関マッチングは、一様な濃度変化に対してロバストであるが、姿勢変化に対応するためには多くの計算コストを要することが問題であった。提案手法ではテンプレート登録過程とマッチン

グ過程の双方に GA を適用することで、探索の効率化と信頼性保持を行っている。テンプレート登録過程に GA を適用することで、視覚的にも特徴的な領域が部分テンプレート画像として設定され、マッチングに使用する画素数が大幅に削減することが可能であった。また、マッチング過程に GA を適用することで効率的に姿勢パラメータを決定され、処理時間の削減が実現されたことが示された。

次に、回転不変な特徴量を利用した新たな画像探索手法について説明があった。姿勢パラメータを削減し効率的なマッチングを行うために、回転に対してロバストな 2 種類のヒストグラムを用いてマッチングを行う。円形に設定されたテンプレート画像を同心の円環領域に分割し、分割された領域ごとにヒストグラムを作成する。回転不変な 2 種類の特徴量によって画像探索を行うことで、安定かつ高速な探索を行えることが示された。更に、マッチングの効率化と信頼性の向上を目的として、GA を用いて最適な円環領域の選択を行った。設定された円環テンプレート画像を用いることで、テンプレート画像を用いた場合と比較して、信頼性と処理時間の向上が実現できたことが示された。

最後に、投票処理に基づく新たな画像探索手法について説明があった。従来の投票処理に基づく手法の問題点を解決するために、曲率のみをマッチングキーとし高速化を実現している。また、計測範囲の異なる 2 種類の曲率を用いることで信頼性の向上も図っている。提案手法は 150ms 以下という非常に高速な処理時間で探索を行い、安定な探索性能も保持していることが示された。提案手法では、更に安定で高速な探索を実現するために、GA を用いてテンプレートテーブルの最適化を行った。最適化されたテンプレートテーブルを使用することで、誤投票が大幅に削減され信頼性の向上が実現され、計算コストも削減されたことが示された。

最終試験で発表のあった内容は、学会への論文投稿および学会発表によっても研究成果が報告されており、新規性、有効性、および具体性と正確性について、優れた内容であることを確認した。また、発表資料や内容も明快であり、質問に対しても適切に回答することができた。よって、最終審査の結果を合格と判定する。