

学 位 論 文 の 要 旨

氏 名

芝 浩二郎

学位論文題目

遺伝的アルゴリズムによる画像中の多角形検出と
囲碁棋譜自動生成システムへの応用

本論文は、遺伝的アルゴリズム (GA: Genetic Algorithms) による画像中の多角形検出に関する手法の検討、および検討した手法の実システムへの実装による有用性の検証についてまとめたものである。

第1章は、研究の背景を述べる。コンピュータによる画像処理は、半導体技術やデジタル処理技術の進歩に支えられて発展してきた。特に、1970年代以降のマイクロプロセッサとその関連技術の進展にあわせ、多くの応用分野に急速に広がった。コンピュータによる図形処理あるいは画像処理は、非常に多くの技術と数学的手段とを含んでおり、主として画像のデジタル化と符号化、画像の強調と復元、画像の分割と記述の3つの問題に対して開発されてきたものである。画像の分割と記述の問題としてテンプレートマッチングがあり、最も基本的でよく用いられる手法となっている。画像はデータの量が多いのでテンプレートマッチングを行う際、計算時間が膨大になり、弛緩法などの最適化手法に基づくアプローチにおいて、単純な反復数値解法による最適化では局所解に陥ってしまうことが多い。実環境での画像処理問題では、より広い範囲を探索できる手法を組み込むことが必要であり、そのような手法の候補の一つとしてGAが使用されるようになった。GAの利点は、集団として解を扱い、多くの初期解から多様性を保持しながら並列に探索を行うため、広い範囲からの最適解探索が可能となるといわれている。本研究は、対象とする画像から精度よく幾何学的相似性のない任意形状の多角形をテンプレートマッチングにより検出しようというものである。テンプレート自体も変形するため探索空間が膨大となるので、GAを用いた探索手法が有効である。

第2章は、画像中の4頂点多角形検出の手法を検討する。GAは最適解探索のアルゴリズムであり、利点は大域的探索に適しており局所解になりにくいことである。検出対象とする画像中の4頂点多角形の領域は、画像の全画素数を M としたとき、4頂点多角形の領域検出用テンプレートの4つの頂点のそれぞれが、画像を4分割した領域の画素(画素数は $M/4$)に対応するので、この4つの領域で各頂点の最適な位置を探索することになる。従って、探索領域の広さは $(M/4)^4$ のオーダーという非常に大きな探索空間となるので、大域的探索に強いGAの使用を検討した。多角形検出のパターンマッチングにGAを用いるため、GAの遺伝子操作と呼ばれる

交叉、突然変異、選択などの操作方法を検討した。人工的に生成した実験画像により遺伝子操作の評価を行い、精密に4頂点多角形領域を検出し、かつ検出率も高いことを検証した。

第3章では、4頂点多角形検出手法を実システムで検証する。4頂点多角形検出のパターンマッチングの有用性を、棋譜自動生成システムという実システムに応用することによって検証する。棋譜自動生成システムとは、囲碁の対局状況を撮影した画像から、囲碁の棋譜を自動的に作成するシステムである。囲碁の棋譜は第三者が対局状況を見ながら記録している。碁の対局は時間がかかるので棋譜の作成を自動化することは利便性が高い。そこで囲碁の対局状況をカメラで撮影し、画像処理をリアルタイムに行って棋譜を自動生成するシステムへの応用を試みた。棋譜を生成するためには、碁盤上の19×19の野線の交点での碁石の位置を決定しなければならないが、撮影する画像から直接的に碁盤の野線を認識することは困難である。しかし、碁盤の表面領域を正確に認識できれば、この領域情報から碁盤座標を精密に求めることができる。この碁盤領域の正確な抽出のためにパターンマッチングによる4頂点多角形検出の手法を用いて、室内の安定した環境下で正しい棋譜を自動生成できるシステムが構成できることを検証した。システムのプロトタイプを用いて、実際の対局状況から棋譜の自動生成実験を行い、室内の安定した環境下では正しい棋譜を自動生成できることを検証した。

第4章は、頂点数の多い多角形の検出手法について検討する。4頂点多角形の検出手法を拡張し、頂点数が N 以下の任意の頂点数の多角形を検出する手法について検討した。 N は検出対象となる多角形の頂点数の最大値を示し、GAにおける染色体の遺伝子の数に相当する。従って、 N 多角形と同じか少ない頂点数を持った n 多角形を対象画像から検出できる。2章で述べた4頂点多角形の探索領域の広さのオーダーは画像の全画素数を M とした場合、 $(M/4)^4$ であったが、本章で述べる N 多角形の場合は、 $(M)^N$ となり、例えば、5頂点多角形の場合は $(M)^5$ であり探索領域が格段に増加する。人工的に生成した任意形状の多角形に対して拡張したアルゴリズムを評価した結果、3角形で96%、4角形で94%、5角形で36%であった。

第5章は、本研究の成果と今後の課題を総括する。GAを用いたパターンマッチングによる多角形検出について、4頂点多角形の場合の検出手法を検討し、4頂点多角形を高い検出率で検出できることを実験で検証した。次に、4頂点多角形検出手法の有用性を検証するため、碁盤領域を精度よく検出することにより精度のよい碁盤座標を生成する手法を実装した棋譜自動生成システムについて検討した。室内の環境下で十分高い碁石検出率をもったシステムが構成できることを検証した。また、4頂点多角形検出手法を頂点数の多い多角形に拡張する場合について検討した。多角形の形状として、凸多角形だけではなく凹多角形まで、また、頂点数の多い多角形として5頂点多角形の場合の検出についての検討結果を示し、今後の N 多角形検出手法開発の出発点とした。今後、多角形検出手法と棋譜自動生成システムを各種の条件下で評価し、手法とシステムの改善を図っていく。

論文審査の要旨

報告番号	理工研 第 247 号	氏 名	芝 浩二郎
審査委員	主 査	森 邦彦	
	副 査	村島 定行	中山 茂

学位論文題目

遺伝的アルゴリズムによる画像中の多角形検出と囲碁棋譜自動生成システムへの応用
(Detection of Polygonal Figure in Image using Genetic Algorithms
and its Application to Automatic Go-record System)

審査要旨

本論文は、遺伝的アルゴリズム (GA: Genetic Algorithms) による画像中の多角形検出に関する手法の検討、および検討した手法の実システムへの実装による有用性の検証についてまとめたものである。

第1章は研究の背景を述べている。特に遺伝的アルゴリズムと画像処理、テンプレートマッチングの背景について述べている。

第2章はGAを用いた画像中の4頂点多角形検出の手法を検討している。検出対象とする画像中の4頂点多角形の領域は、画像の全画素数をMとしたとき、探索領域の広さは $(M)^4$ のオーダーという非常に大きな探索空間となるので、大域的探索に強いGAの使用を検討している。人工的に生成した実験画像により遺伝子操作の評価を行い、精密に4頂点多角形領域を検出し、かつ検出率も高いことを検証している。

第3章では4頂点多角形検出のパターンマッチングの有用性を、棋譜自動生成システムという実システムに応用することによって検証している。棋譜自動生成システムとは、囲碁の対局状況を撮影した画像から、囲碁の棋譜を自動的に作成するシステムである。囲碁の棋譜は第三者が対局状況を見ながら記録している。碁の対局は時間がかかるので棋譜の作成を自動化することは利便性が高い。そこで囲碁の対局状況をカメラで撮影し、画像処理をリアルタイムに行って棋譜を自動生成するシステムへの応用を試みている。棋譜を生成するためには、碁盤上の19_19の野線の交点での碁石の位置を決定しなければならないが、撮影する画像から直接的に碁盤の野線を認識することは困難である。しかし、碁盤の表面領域を正確に認識できれば、この領域情報から碁盤座標を精密に求めることができる。この碁盤領域の正確な抽出のためにパターンマッチングによる4頂点多角形検出の手法を用いて、室内の安定した環境下で正しい棋譜を自動生成できるシステムが構成できることを検証している。

第4章は4頂点多角形の検出手法を拡張し、頂点数がN以下の任意の頂点数の多角形を検出する手法について検討している。Nは検出対象となる多角形の頂点数の最大値を示し、GAにおける染色体の遺伝子の数に相当する。従って、N多角形と同じか少ない頂点数を持ったn多角形を対象画像から検出できる。人工的に生成した任意形状の多角形に対して拡張したアルゴリズムを評価した結果、検出率は、3角形で96%、4角形で94%、5角形で36%であった。

第5章は、本研究の成果と今後の課題を総括している。また、今後の課題について述べている。

以上本論文では、遺伝的アルゴリズム (GA: Genetic Algorithms) による画像中の多角形検出に関する手法の検討、および検討した手法の実システム (囲碁棋符自動生成システム) への実装による有用性の検証についてまとめており、検出する多角形の形状に制限を設けない本手法は工学的に極めて有用である。

よって、審査委員会は博士 (工学) の学位論文として合格と判定する。

最終試験結果の要旨

報告番号	理工研 第 247号	氏名	芝 浩二郎
審査委員	主査	森 邦彦	
	副査	村島 定行	中山 茂

平成19年2月7日に論文発表会が開催され、1時間余りの説明と30分の活発な質疑応答が発表者と3名の審査委員を含む20名の参加者の間でなされ、的確な回答が得られた。主な質疑応答の内容を以下に示す。

質問1：提案している囲碁棋譜自動生成システムは興味深い。このシステムで碁石を検出する際、素人が打つと碁石がズレルこともあるがそのような場合どのように処理しているのか。

回答1：現在の着手した時点の画像と一手前の画像を記憶しておいて、その明度の差分を取っているの
で、その間、碁石が動いたとしてもシステム上問題はない。

質問2：システムで誤検出の場合、余分に石があったように棋譜に記録されるがこの点はどうか。

回答2：現在のシステムでは、碁石の存在を明度の差分のみで検出している。一回に一つしか石をおけないという碁のルールを組み込めばより検出率は上がると思う。今後、改良していきたい。

質問3：提案アルゴリズムでは、GAオペレータの一つであるエリート保存戦略において、局所探索用に多角形の4つの頂点を上下左右に1ビットずつシフトした16個の個体を生成しているが、生成した個体をどのように扱っているのか？

回答3：生成した16個の個体をそのまま次世代に残す方式としている。

質問4：16個の個体のうち適応度の高くなる個体のみを次世代に残す方法も考えられるがどうか。また、そのような観点からの比較検討をおこなっているのか。

回答4：生成した16個を次世代に残すかどうかの選別は行っていない。提案した手法では、選別を行った場合と選別を行わない現行手法との比較は行っていない。また、適応度によって選別して次世代にのこす方法がいいかどうかはGAの多様性の観点から判断が難しい。しかし、今後、この点についても検討していきたい。

質問5：GAオペレータには多くの方式や多くの制御パラメータ設定が考えられる。交叉方式では、提案交叉方式に対する1点交叉、2点交叉、一様交叉などとの比較実験結果を示してあるが、その他のパラメータなどを変化させての比較実験結果が少ないように思う。

回答5：初期値の集団数や世代数など各パラメータを各種変えた予備実験はおこなってはいる。これらの実験結果も提示するようにしたい。今回提示した実験結果は、予備実験における代表的な実験結果を示したものとなっている。

質問6：4頂点以上の多角形の検出において、GAオペレータとして突然変異オペレータを使用しなかったのはどういう理由からか。

回答6：4頂点多角形の検出では、突然変異オペレータを使用している。4頂点多角形以上の場合、予備実験で突然変異オペレータをいれた実験を行った結果、入れない場合との有意差が見られなかった
ので今回提示した手法では、突然変異オペレータを除いた手法を提案している。

質問7：提案している囲碁棋譜自動生成システムは、実用システムという観点からどの状況にあるのか。

回答7：一般の素人（例えば中学生）が五目並べなどにも普通につかえるレベルである。

以上のように、質問に対し概ね的確で十分な回答が得られた。3名の審査委員は本人が大学院博士後期課程の修了者としての学力ならびに見識を有するものと認め、博士（工学）の学位を与えるに足りる資格を有するものと認定した。