

氏名	おおどい かつ あき 大土井 克 明
学位(専攻分野)	博士 (農 学)
学位記番号	農 博 第 1235 号
学位授与の日付	平成 14 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	農学研究科地域環境科学専攻
学位論文題目	遺伝的アルゴリズムによる農作業計画の最適化に関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 笈田 昭 教授 池田 善郎 教授 梅田 幹雄

論 文 内 容 の 要 旨

現在の我が国の農業は、後継者不足による農業従事者の減少・高齢化、および安価な外国産農産物に対する競争力不足という深刻な問題を抱えており、危機的な状況にあると言える。しかし、農業は人間生活に不可欠な食料を生産する産業であるとともに、国土の保全などの多面的な機能を有しており、安定した生活のために重要な役割を果たしている。したがって、前述の問題点を克服し、農業の持続的発展を図るために、農業の省力化・低コスト化が強く求められている。この要求に対し、作業を機械化することで省力化を実現するとともに、作業受託や機械の共同利用により機械の稼働率を上げ、生産コストを削減する取り組みが行われているが、地理的に大区画化のできない圃場が数多く存在する中山間地域においては、機械を効率的に運用する作業計画の構築が困難になる。

本論文では、作業受託などにより経営規模を拡大し、省力化・低コスト化を図る際に課題となる効率的な農業機械の運用を可能とする作業計画の構築を目的とし、点在する圃場を巡回して作業する時の経路、複数の機械を利用して作業を行う時の圃場割り当てを遺伝的アルゴリズム (GA) を用いて最適化する手法を確立するとともに、単純化する必要があった評価関数についてその単純化の妥当性を検討した。

第 1 章では、我が国の農業における経営形態の特徴について触れ、その問題点を提起するとともに、本研究で応用した GA の概要や応用事例、作業計画に関連する研究について総括し、本研究の位置付けを明らかにした。

第 2 章では、一台の機械が点在する圃場を順に作業する時の最短巡回経路を GA を用いて求める手法を構築した。ある機械で複数の圃場で作業する時に、ある圃場で作業を開始するとその圃場での作業を完了するまで別の圃場に移動することはなく、また、作業を終了した圃場には再び訪れることはないと考えられるため、巡回セールスマン問題 (TSP) として考えた。GA を TSP に適用する時に問題となる致死遺伝子を持つ個体の生成を抑制するために、コード化、および交叉の異なる二つの手法を構築し、最適解が既知である問題に適用して様々なパラメータの組み合わせでの計算結果を比較したところ、順序交叉を改良した交叉を用いた手法が優れていることが示された。この手法にランク選択を組み合わせることで実在の圃場データを用いて計算を行い、適切なパラメータを用いることで最良解と最悪解の誤差が 1% 以下になることを明らかにした。また、相互結合型ニューラルネットワーク (ガウシアンマシン) を用いた手法では圃場数が増加すると同じパラメータでは対応できないという問題点があったが、本研究の手法ではこれを解消できることが判明した。

第 3 章では、複数の機械で作業する時の各機械が担当する圃場を、各機械の圃場作業量を考慮して一日の実作業時間と割り当てられた圃場での所要作業時間との誤差を少なくし、圃場間の移動距離が短くなるように決定する手法を GA により構築した。圃場間の移動距離を考慮しているため、割り当てられた圃場を巡回する時の最短巡回経路の距離を適応度に反映する必要があるが、計算時間の点から困難であった。そこで、距離に関する評価を単純化した方法で計算しこれを克服した。一台ずつ順に割り当てる手法では、後から割り当てられる機械ほど圃場の位置の初期条件が悪くなり、また、割り当てられた圃場が少ない時に適応度が高くなる傾向が見られたが、あらかじめ全作業に必要な最少台数を求め、それらの機械が作業

する圃場を同時に決定する手法ではこれらの傾向を解消することができ、その有効性を示した。

第4章では、第3章で計算時間短縮のために単純化した適応度の計算方法について考察し、その有効性を確認した。第3章の手法では割り当てられた圃場のうちの2圃場間の距離を全ての組み合わせについて求め、それらの平均値を割り当てられた圃場の最短巡回経路の距離を代替する指標として考え、距離に関する評価とした。そこで、この単純化が妥当であることを検証するために、距離に関する評価と最短巡回経路の距離を比較した。その結果、ある機械に注目して両者を比較すると、割り当てられた圃場数が大きくなるほど相関が低くなる傾向があり、両者の関係を示す近似直線の傾きも変化するため、割り当てられた圃場数が異なる時は適切な評価ができないことが判明した。このことから第3章で一台ずつ順に作業する圃場を割り当てる手法で割り当てられた圃場が少ない時に適応度が高くなる傾向が見られた理由が明らかになった。他方、全機械について作業する圃場を同時に決定する手法での個体に注目し、各機械の距離に関する評価の和と最短巡回経路の距離の和を比較すると、両者に高い相関があることが認められ、この手法で用いた適応度の計算方法が有効であることが確認できた。また、ランダムに圃場を配置した仮想の圃場データを用いて計算したところ、特定の圃場データに依存することなくこの適応度の計算方法が有効であり、この手法に汎用性があることが確認できた。

これらの結果より、GAを用いて各機械への最適な圃場割り当てを行い、各機械が作業する時の圃場間の移動を最短にすることで圃場外での作業時間を短縮することができる。また、これらの手法が特定の圃場データに依存しないため、一日の作業終了後に実際に作業した圃場を除いた圃場データを用いて再計算することで、天候や機械の故障などの理由により当初の計画どおりに作業が完了できない場合にも、その時点で最適な作業計画を得るシステムの構築が可能となった。

論文審査の結果の要旨

日本の農業は後継者不足による農業従事者の減少・高齢化、および外国産農産物に対する競争力不足という深刻な問題点を抱えており、農業の持続的発展のためにはこれらの問題点への対策が急務である。現実には作業受託などにより農業の担い手不足を解消し、また、それにより経営規模を拡大して農業機械の稼働率を高めて生産コストを削減する取り組みが各地で行われている。しかし、地理的に大区画化のできない圃場が数多く存在する中山間地域においては、機械を効率的に運用する作業計画の構築が困難であり、農業の約4割が中山間地域で行われている日本では、作業計画の最適化は重要な課題である。

本論文は、作業受託などにより経営規模を拡大した時に複雑になる作業計画を最適化する手法を遺伝的アルゴリズム(GA)を用いて構築したものであり、評価できる点は以下のとおりである。

1. 一台の機械が、複数の圃場を順に訪れ作業する時の最短経路をGAを用いて解く手法について、コード化および交叉の方法、選択の方法、各パラメータを変化させ、最適解が既知である問題に適用して得られた解を比較し、順序交叉を改良した交叉方法でランク選択を用いた手法が有効であることを明らかにした。また、相互結合型ニューラルネットワークを用いた手法ではパラメータの決定が困難であり、圃場数が増加すると同じパラメータでは対応できないという問題点があったが、本研究の手法ではこれらの問題点を解消できることを明らかにした。

2. 複数の機械で作業する時、各機械の所要作業時間が均等になり、各機械の圃場外での移動距離が最短となる圃場割り当てを行う手法をGAにより構築した。圃場外での移動距離を最短にするためには、割り当てられた圃場を巡回する時の最短巡回経路の距離を求め、適応度に反映する必要があるが、計算時間の点から困難である。したがって、これに代わる指標として単純化した計算方法で求めた距離に関する評価を導入した。一台ずつ順に割り当てる手法では、割り当てられた圃場数が少ない時に時間に関する評価が低いにも関わらず個体としての評価が高くなる傾向が見られ、その結果として全圃場での作業に必要な最少台数となる作業計画が得られないという問題が生じた。これに対しては、あらかじめ全圃場での作業に必要な最少台数を求め、これらの機械に同時に圃場を割り当てることで問題を解消した。

3. 前述の距離に関する評価を求める計算方法の単純化が妥当であることを確認するために、距離に関する評価と割り当てられた圃場の最短巡回経路の距離を比較した。その結果、ある機械に注目して両者を比較すると、割り当てられた圃場数が増えるほど相関が低くなる傾向があり、両者の関係を示す近似直線の傾きも変化するため、割り当てられた圃場数が異なる時は適切な評価ができないことを明らかにした。他方、全機械に同時に圃場を割り当てる手法の個体に注目し、各機械

の距離に関する評価の和と最短巡回経路の距離の和を比較すると、両者に高い相関があることが認められ、この手法で用いた適応度の計算方法が有効であることを明らかにした。また、仮想の圃場データを用いて計算し、この手法および適応度の計算方法がいかなる圃場データに対しても有効であることを明らかにした。

このように本論文は、農業の経営規模の拡大に伴い複雑になる作業計画の最適化を行う手法を、遺伝的アルゴリズムを用いて構築することにより、従来の手法での問題点を解消するとともに、独自の評価関数の導入により計算時間の点から困難であった圃場割り当ての最適化手法を創出しており、農業システム工学および生物生産工学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成14年1月17日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。