

氏 名	飯 間 ひとし 等
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 乙 第 80 号
学位授与の日付	平成11年11月26日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学 位 論 文 題 目	Genetic Algorithm Approach to Scheduling Problems in Manufacturing Systems
審 査 委 員	(主査) 教 授 三 宮 信 夫 教 授 森 武 宏 教 授 木 瀬 洋

論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、生産システムの最適スケジューリング問題に対する遺伝アルゴリズムの適用可能性を考察している。現実の生産システムでは、納期までに製品を生産することや生産に必要なコストを抑えるような生産計画を立てることが重要である。しかし、この種の問題は組合せ最適化問題であり、難解な問題として知られている。したがって、従来からシミュレーションによる手法や数理的な手法などが提案されてきたが、これらは良い解が得られなかったり、小規模な問題しか扱えなかったり、少し規模が大きい問題では計算に時間がかかりすぎるので、有効ではなかった。一方、近年生物の進化と遺伝の過程を模擬することに基いた遺伝アルゴリズムが提案された。遺伝アルゴリズムは代表的な組合せ最適化問題である巡回セールスマン問題などに対して良好な成果が得られたので、多くの研究者らによってスケジューリング問題に対しても適用されるようになった。しかし、それらの研究では、小規模でかつ複雑な制約も伴わない問題が扱われていた。しかし、現実のスケジューリング問題は、大規模でかつ多数の複雑な制約を有しており、本論文では、これらの点を克服して、遺伝アルゴリズムの現実の問題への適用可能性を考察している。

本論文は、7章で構成されている。第1章は序論であり、本研究の目的と意義が述べられている。第2章では、搬送車を有するフローショップスケジューリング問題に対する遺伝アルゴリズムの基本的な性能を考察している。この問題に対して、遺伝アルゴリズムの様々な構成法を提案し、解の精度と計算時間の面から最適構成法を選び、列挙法およびランダム法との比較を行っている。

第3章では、問題の制約のために、いくつかの個体が実行不可能解にデコードされる、すなわち個体が致死遺伝子をもつ場合の遺伝アルゴリズムの構成法を検討している。問題としては第2章で扱ったフローショップスケジューリング問題に、新たに納期に関する制約が付加された問題を考察している。この場合、遺伝アルゴリズムはデコーディング法によって定義された解空間を自由に探索できなくなり、遺伝アルゴリズムの性能が悪化すると考えられる。そこで、この問題に対して、致死遺伝子の影響がどの程度存在するかを計算機実験によって確認している。また、多くの致死遺伝子を誘発する問題に対して、遺伝アルゴリズムの性能を改善する手続きを提案している。

第4章および第5章では、現実の生産システムにおける二つのスケジューリング問題を取り上げ、遺伝アルゴリズムの性能を考察している。まず第4章で扱う問題は、電線を製造する工程であり、3工程フローショップ問題である。各工程では、並列に複数の機械が配置されている。この問題は大規模であり、もし遺伝アルゴリズムがすべての解を探索するように設計されていると、良い解を得るまでに過大な計算時間がかかるので、デコーディングの際に適切なヒューリスティックルールを参照する構成法を提案してい

る。その結果、一部の決定変数はヒューリスティックルールによって決定され、その他の決定変数は遺伝アルゴリズムによって決定される効率的な手法が示された。提案手法の性能は計算機実験を通して確認されている。

第5章では、自動販売機の金型を製造するジョブショップ問題を考察しているが、この問題には、製品、部品間の先行制約および多機能機械の導入による機械選択問題が付加されている。この問題も大規模であり、第4章の問題とは異なる改善案が提案されている。すなわち、通常の遺伝アルゴリズムではランダムに初期個体を生成するが、ここでは製品のデータを参照して良好な初期個体を生成する方法が提案されている。提案手法の効果を計算機実験により確認するとともに、現在現場で使用されているスケジューリング方法と本提案手法を比較している。

第6章では、オープンショップ工程において、条件が変更された後の再スケジューリング問題に対する遺伝アルゴリズムの性能を考察している。条件の変更として、納期の変更、製品の追加、機械の故障、生産時間の変化を取り上げている。このような変化に対応するためには、遺伝アルゴリズムにおいて個体の多様性を増加させるべきである。そこで、初期個体群にランダムに作成した数個の個体を追加させることによって、多様性を増加させる方法を提案している。計算機実験により、提案手法の有効性を検討している。

第7章は、全体のまとめである。

論文審査の結果の要旨

本論文は、申請者が本学大学院博士後期課程に在学していた2年間およびその後本学助手として勤務してきた4年間において研究した成果をまとめたものである。その内容は、生産システムの最適スケジューリング問題を解く遺伝アルゴリズムの構成法を提案し、大規模でかつ複雑な制約をもつ現実のスケジューリング問題への適用可能性を考察したものである。

遺伝アルゴリズムは、生物の進化過程を模擬するための計算法であるが、1989年Goldbergが発表した成書により、これを最適化手法として利用できることが示された。ただし、このアルゴリズムにはパラメータや演算要素に多くの任意性を含んでおり、複雑な組合せ最適化問題を解くにはそれらをデザインしなければならない。申請者がこの研究を開始した当時では、まだ比較的単純で小規模な問題しか遺伝アルゴリズムは扱えなかった。

一方、生産システムのスケジューリング問題は、複雑な組合せ最適化問題の例として知られているが、現実の生産現場におけるスケジューリング問題はさらに複雑で大規模であり、かつ生産条件が時には急変するという状況もあり、これらの難点を克服して最適化手法を確立しなければならない。申請者がこのような問題に対して、いくつかの典型的な事例に基づいて遺伝アルゴリズムの細部をデザインする方法を提案し、多くの計算機実験によってその有効性を確認した。提案する方法の特長は、遺伝演算子の中にローカルサーチやヒューリスティック法を取り込んで過大な計算時間をかけることなく解の精度を向上させることができるという点である。その結果、2つの現実に移行している生産プロセスへ提案方法を適用し、現場で用いられている方法より良い解が得られることを示している。また、生産条件が変更した場合の再スケジューリング問題に対しても、遺伝アルゴリズムの個体群の多様性を増加させる方法を導入することによって対処できることを具体的に示している。

以上のように、本論文は生産システムの最適スケジューリング問題を遺伝アルゴリズムで解く場合に生ずる多くの難点を解決する新しい方法を提示しており、生産現場における計算機援用技術の基礎として高く評価できる。

なお、本論文の内容は、以下の9編の学術論文として公表されており、その内7編は申請者が筆頭著者である。

- (1) 飯間等、三宮信夫：遺伝アルゴリズムを用いた変形フローショップ問題の解法；システム制御情報学会論文誌、第6巻第10号、pp. 437-445 (1993)
- (2) 飯間等、三宮信夫：変形フローショップスケジューリング問題における遺伝アルゴリズムの個体の考察；電気学会論文誌C、第113巻第10号、pp. 879-885 (1993)
- (3) 飯間等、三宮信夫：遺伝アルゴリズムの動作に対する致死遺伝子の影響；計測自動制御学会論文集、第31巻第5号、pp. 569-576 (1995)
- (4) 飯間等、三宮信夫：ある製品投入順序問題における遺伝アルゴリズムの交差規則のロバスト性；電気学会論文誌C、第115巻第10号、pp. 1208-1214 (1995)
- (5) Nobuo Sannomiya and Hitoshi Iima : Application of Genetic Algorithm to Scheduling Problems in Manufacturing Processes ; Proceedings of 1996 IEEE International Conference on Evolutionary Computation, pp. 523-528 (1996)
- (6) 飯間等、三宮信夫：オープンショップ加工工程の再スケジューリング問題に対する遺伝アルゴリズムの構成法；システム制御情報学会論文誌、第10巻第7号、pp. 361-368 (1997)
- (7) 飯間等、三井修、三宮信夫、榊原隆太：電線加工工程におけるスケジューリング問題に対する遺伝アルゴリズムによる解法；システム制御情報学会論文誌、第11巻第8号、pp. 441-448 (1998)
- (8) 芦沢一宏、飯間等、三宮信夫、鈴木輝、小林靖宜：金型スケジューリング問題に対する遺伝アルゴリズムの適用；システム制御情報学会論文誌、第12巻第1号、pp. 27-35 (1999)
- (9) Hitoshi Iima and Nobuo Sannomiya : Genetic Algorithm for a Scheduling Problem in an Electric Wire Processing System with Three Subprocesses ; Preprints of 14th World Congress of IFAC, Vol. A, pp. 279-284 (1999)