

審査の結果の要旨

氏名 則竹茂年

本論文は、「変化・変動への対応に優れた生産システムの構築と運用に関する研究」と題して、長期利用可能な生産システムの構築と維持のための計算機支援技術の確立を目的として、生産システムに係わる変化・変動を分類、整理し、その特性に応じた対処法を研究したものである。生産システムシミュレーション技術と生産スケジューリング技術を取り上げ、具体的なシステム構築と適用を通じた実証研究を行ってその有効性を検証した。

本論文は、全10章からなり、第1章は、上記の研究の目的と背景を記述している。第2章は、従来研究および現状の課題を述べている。

第3章では、本研究の基本概念と位置付けを議論している。生産システム的设计段階から運用後の再構築、廃棄に至るまでの全期間を対象とし、そこで発生する変化・変動要因に対する対処方法を検討するために、本論文では変化・変動要因をその発生傾向と性質により以下の4種に分類している。

- ・非定常要因：任意の間隔で必ず発生する変動要因
- ・不確定要因：いつ発生するかを予測できない変動要因
- ・未確定要因：確定要因だが、設計途中でのシステム適用時には未確定な要因
- ・継続的变化要因：時間経過に伴い、徐々に変化していく要因

非定常要因は、段取り作業や部品補充作業、工具交換作業、メンテナンス作業、など、要因毎に固有の間隔で周期的に発生する作業要因を指す。不確定要因は設備機器故障、傷病等による欠員、突発受注など発生時期の予測や制御が困難な要因を指す。未確定要因は、機械誤差や作業能力、詳細動作の見積り誤差等の計画段階では未定であるが設計の進捗や実機の完成により確定される要因を指し、継続的变化要因は、設備の経年変化や調整、作業者の習熟度変化など、生産システム運用開始後からの時間経過により徐々に変化する要因を指す。

第4章では、非定常作業の平準化による保全作業スケジューリングについて述べている。非定常要因は、個別にはその発生タイミングを予測したり、制御したりすることが可能だが、多数の非定常要因が含まれる場合には、複数の非定常要因の発生が重なりあい作業負荷のばらつきが大きくなる。生産の進捗に追

従して作業負荷を平準化できるスケジューリング方法を開発し、生産システムシミュレーションにて作業数者の検討と生産システムへの影響評価を行うことを提案している。対応作業を平準化するために、組合せ最適化手法を用いた保全作業スケジューリング手法を機械加工ラインに適用して実用的に有用な成果を得た。

第5章は、不確定要因に備えた知識獲得支援技術と作業着手スケジューリングを扱っている。不確定要因は発生時期や規模を予測したり、制御したりすることが困難であるため、シミュレーションで様々な不確定要因の発生タイミングを再現し、全体性能への影響評価を行うことで、事前に様々な対策を講じておくことが重要である。混合生産における製品加工スケジュール立案のように、複数の属性を考慮しなければならない場合、各属性の優先度合を明らかにしておかなければ、迅速な再スケジューリングができない。ファジー推論を用いて、各属性の優先度合に関するスケジュール担当者が持つ潜在的な評価関数を顕在化させる手法を明らかにした。

第6章では、未確定諸元を考慮した生産システムシミュレーションのための設備モデルテンプレートの構成法を論じている。不確定要因は設計の進捗途中における未確定な要因である。生産システム設計において計画案の評価を行う場合、設計の上流段階で行う方が設計の自由度が大きくなり効果的であるが、未確定要因が多くモデル精度は悪化する。設計の進捗過程で新たに確定した設計諸元を直ぐにモデルに反映できるように環境を整えておき、設計の進捗に同期した詳細度でシミュレーションを実施するとよい。シミュレーションモデルを段階的に詳細化していくためのモデルの階層化ライブラリの構成法を明らかにした。

第7章は、自律動作と継続的变化を考慮したシミュレーションモデル構築法を述べている。市場流動性が激しい状況下では、継続的变化要因の発生は避けることができない。生産スケジューリングで対応可能な微小変化であっても、その積み重ねや少し大きな変化が生じた場合、生産システムの動作方法や諸元を変更する必要がある。モデルの動作則をカスタマイズするような変更が多くなるが、動作則の変更は専門家の知識が必要となるため、迅速な対応が困難になる。生産システム内における作業者の作業内容やAGVの搬送ルールを取り上げ、容易に微小変更することができるモデリング技術を研究している。

以上のように、第4章から第7章において、非常要因、不確定要因、未確定要因、継続的变化要因に対し、生産スケジューリング技術と生産システムシミュレーション技術の両面から対策法を開発した。

第8章においては、シミュレーション評価を用いた最適化アルゴリズムの開発を議論している。上記研究を支援する技術開発として、計画者の意思決定を支

援するために、シミュレーションによる長時間評価を考慮し、少ない評価回数で効率的最適解を発見することができる最適化アルゴリズムに関する研究を行った。

第9章では、総合的な適用例として、ライフサイクルを考慮した生産システム評価支援技術を述べている。初期の生産システム構成案の良否がその後のシステムの効率を決めてしまうことが多い。目先の変化・変動要因への即時対応を基本としつつも、長期的な観点から生産システム構成案の良否を検討しておくことが重要である。生産システムの概略設計から、再構築・廃棄に至るライフサイクル全体において生産システムを評価するためのシミュレーション評価技術を開発し、加工システムに適用してその効果を評価している。

第10章は、本研究の結論である。上述各章に記述されているように、柔軟性、即時性、現場で使える容易さなどの指標を考慮して、継続的に利用し続けることができる計算機支援技術を構築し、これらの技術を補完的に組み合わせることで、効率や精度向上のみならず、変化・変動対応の幅の広い支援技術となることを述べている。

以上を要するに、本論文は、生産システムにおける変化・変動要因を分類し特性に応じた対処法を研究し、生産システムシミュレーション技術と生産スケジューリング技術による具体的なシステム構築と適用を通じた実証研究を行ってその有効性を検証したものであり、精密機械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（工学）の学位請求論文として合格と認められる。