

藤井信忠（ふじいのぶただ）提出の本論文は「生産システムの自己組織的構成法に関する研究」と題し、全7章よりなり、複雑化する生産環境に適応可能な新しい生産システムの構成法として、自己組織的構成法を提案し、その有効性を計算機実験において検証している。

1章では研究の背景を説明し、研究の目的と論文の構成を述べている。これからの生産システムは、生産システムを取り巻くシステム外部の環境の複雑化と、それに起因するシステム内部の複雑化に適応するために、変種変量生産を行う必要がある。しかし従来の統合的手法に根ざしたシステムではシステムの「堅さ」のために、市場の変化に対して適応が困難であり、新しい生産システムの構成法が必要となる。本研究では、生産システムを自律分散システムとして構築するアプローチを採用し、その中でも環境への適応能力が優れていると考えられる生物の優れた特徴を積極的に取り入れる生物指向型生産システムのコンセプトに基づき、生産システムの自己組織的構成法を提案している。

2章では生産システムの自己組織的構成法に関して述べている。本研究における生産システムの自己組織的構成法とは「生産システムを自己組織化を用いて構成する方法」であり、自己組織化を「システムを構成する要素間の相互作用により、システム全体の秩序または構造が創発する過程」と定義している。次に要素間の相互作用をポテンシャル場によって実現する自己組織化のモデル化手法に関して述べた後、それを生産システムに対して適用する方法を述べ、モデル化を行っている。提案手法の時間的計画と空間的計画の同時性により、従来個別に行われてきた計画問題が同時に扱えるという特徴に関して述べている。

3章では、自己組織的構成法によるスケジューリング手法に関して述べている。提案手法は、自律分散型かつリアルタイムスケジューリング手法の1つであり、さらに搬送システムを考慮したスケジューリング手法であることを示している。計算機実験を行ったところ、自己組織化によって生産が進む様子を観察するとともに、機械故障という環境変動に適応する様子を観察している。また、既存のスケジューリング手法との比較実験を行った結果、同等以上の生産性を有することを確認している。また、自己組織化は人間を排除する自動化技術ではなく、自律要素として人間を含むことも可能であることを示している。自己組織化と仮想空間を統合し、エンジニアと工場との相互作用が可能となることを示している。

4章では、自己組織的構成法による設備レイアウト計画手法に関して述べている。組合せ最適化問題としてレイアウト計画を行うことの困難さを指摘し、リアルタイムでスケジュールを立て製品を流しながらレイアウト計画を行う提案手法について述べている。単品種および多品種半導体生産システムを対象に行った計算機実験では、自己組織化により得られるレイアウトが、製品のプロセスフローと設備の制約を良く反映し、設備が同心円状に配置されることを確認している。さらに、熟練者により設計された既存のレイアウトとの比較実験では、提案手法は各評価指標において同等以上の性能を有することを明らかにしている。また、提案手法はレイアウト設計における工数およびコストの削減にも有効であることを示している。

5章では、複雑化する生産環境に適応可能な生産方式の1つとして、製造フロア内の全ての生産要素が移動しながら生産するラインレス生産システムを提案している。自己組織的構成法を用いて自動車溶接工程のモデル化を行い、計算機実験を行った結果、すべての要素が移動しながら生産が進捗する過程を確認している。また、ライン型生産システムとの比較を行った結果、多品種生産環境化での生産性、設備故障への適応性に関して有効性があることが明らかになった。さらに、製品の品種数と溶接ロボットの平均稼働率および総生産台数に関する比較によってラインレス生産システムの有効範囲を示している。

6章では、自己組織的構成法における局所要素の行動ルール自体を自己組織化するメタルールとして強化学習を導入し、システム全体の情報をフィードバックしなければ達成が困難なシステム全体の目的を達成することが可能となることを示している。提案手法を段取りを考慮したスループット最大

化問題へと適用したところ、各機械の役割分担およびスループット最大化の達成を確認している。また、実験途中で環境変動を発生させたところ、役割分担の再構成がおり、結果として再び最大スループットを獲得する過程を確認している。

7章では結論を述べている。各章の内容をまとめ、位置づけを明確にし、生産システムにおける自己組織的構成法による研究の成果をとりまとめている。

本研究は、生産システムの自己組織的構成法を提案し、生産スケジューリング、設備レイアウト計画、新たな生産方式へと適用することで有効性を確認するとともに、多くの重要な知見を得ている。これらは、生産システムの構成法に関する有効な指針を与え、次世代の生産システムの構成法になり得るものであり、精密機械工学のみならず工学全体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）学位請求論文として合格と認められる。