

早稲田大学大学院 創造理工学研究科

博士論文審査報告書

論文題目

リーンオートメーション概念に
基づくマテリアルハンドリング
システム設計法

Methodology for the Design of
Material Handling Systems
Based on Lean Automation Concept

申請者

山崎 康彦

Yasuhiko YAMAZAKI

経営デザイン専攻 生産システム工学研究

2019年2月

自動車部品製造のように、高品質で比較的多量の製品をグローバルに供給することが求められる場合、生産拠点を低労務費国に置くことで、グローバルなコスト競争力を維持する戦略がこれまで多くとられてきた。しかし、新興国の経済成長にともなう人件費の継続的な増加、人的ミスによる品質不良の発生、従業員の雇用と訓練の難しさなど、近年この戦略には多くの問題が生じてきている。このため、地域を選ばずに安定した品質・コストで生産を可能にする自動化生産システムのニーズが世界的に高まっている。

一方、自動化は比較的大きな初期投資を要することから、投資回収の見通しを立てることが重要である。しかし、最近の急速な社会の変化や技術の進展は、予測困難な生産要求の変化を生んでおり、自動化投資のリスクを増大させている。このような中で、製品1台当たりのコストを下げ自動化投資を合理化するための方策として、多品種生産を可能にすることで総生産量を確保するフレキシブル生産システムの開発がこれまで行われてきた。一方、投資リスクを緩和するためには、投資額そのものを抑える事も重要である。自動化投資額の削減については、これまでも種々の取り組みがなされているが、ほとんどが個別特殊解的な対応であり、体系的な取り組みはほとんど検討されていない。

これに対し、本論文では、リーンプロダクションにおけるムダ概念とその削減方策を応用することで、製品1台当たりのコストを削減した自動化生産システムの実現方法を検討し、リーンオートメーション（以下 LA）という新たな概念を提案している。また、これを比較的汎用的な装置によって構成されるマテリアルハンドリング（以下、マテハン）システムに適用し、その設計法を提案している。

リーンプロダクションでは、7つのムダが定義されているが、この中の「手待ちのムダ」についての改善手法は、これまで人作業にしか適用されてこなかった。しかし、自動化生産システムの中の、直接価値を生まないマテハン機能を実現しているマテハンシステムを見ると、その費用が自動化生産システム全体の約40%に及んでいるにもかかわらず、稼働率が約25%であり、多くの待ち時間のムダが生じている。本論文では、これらのムダの発生原因が、個々のマテハン装置の設計を、自動化生産システムを構成する加工・組立・検査などの主機能を実行するステーション単位で行っていたことにあることを明らかにし、リーンプロダクションにおけるムダ削減のアプローチである多能工化と多工程持ちの考え方を応用することでムダを削減することを提案している。すなわち、複数のマテハン機能を実行できる装置が、複数のステーションのマテハン機能を実行するようにし、その結果として必要なマテハン装置の台数を削減することで、システム費用を削減する設計法を提案している。このようにマテハンシステムにリーンプロダクションの概念を適用するためには、人と機械の特性の違いを考慮する必要がある。人においては、

全作業を時間という 1 つのパラメータを用いて負荷平準化によるムダの削減を考えることができる。一方、マテハン装置の場合、各装置の機能に制約があると共に、装置ごとに費用が異なる。したがって、マテハン装置にマテハン機能を適切に割り付け、マテハン装置が常に動き続ける状態を作ることによって、マテハンシステムの費用を最小にするようにする必要がある。本論文ではこのような条件を満足する自動化を LA と定義している。

本論文は全 6 章から構成されている。

第 1 章では、研究の背景と目的を述べている。グローバルに自動化ニーズが高まっているのに対して、社会、技術の急速な変化により、自動化投資のリスクも増大しているが、これに対応するためには、従来のような自動化生産システムのフレキシブル化だけでなく、投資額そのものを削減する体系的な方法論が必要であることを指摘している。このような方法論として、現状稼働率が低くムダの多いマテハン装置に LA の概念を適用した、マテハンシステム設計法の開発を研究目的として設定している。

第 2 章では、リーンオートメーションの概念設計を論じている。生産システムで実現されている機能は、付加価値を生み出す主機能と、主機能を成立させるために存在している付帯機能に分けられ、後者は主にマテハン機能である。自動車部品製造における自動化生産システムの分析から、マテハンシステムの費用が全体の約 40% を占めているにも関わらず稼働率は 25% 程度と極端に低いことを明らかにしている。このムダを削減するために、リーンプロダクションにおける手待ちのムダの削減方策である多能工化と多工程持ちの考え方を利用した LA の概念を示している。すなわち、一つのマテハン装置が複数のステーションのマテハン機能を複数受け持つことでマテハン装置の稼働率を向上させ、装置台数を削減し、結果として費用を削減することを提案している。また、このようなマテハンシステムを設計する上で考慮しなくてはならない課題を、手作業の場合と比較して明らかにしている。

第 3 章では、LA の概念に基づいたマテハンシステムの設計法に必要なマテハン機能のモデル化について述べている。すなわち、様々な自動化生産システムの分析に基づき、マテハン機能と対象物の属性を表す 21 項目からなる機能属性表を提案し、グループ化された機能に対して、適正なマテハン装置を割り当てられるようにしている。

第 4 章では、マテハンシステムの製品 1 台当たりのコストを最小とすることを目的に、マテハン機能の効率的グループ化とグループ化された機能へのマテハン装置の割り当てを、遺伝的アルゴリズム（以下 GA）を用いて求める、マテハンシステム設計法を提案している。GA において最適な機能グループを効率的に探索するために、クラスタリング分析を用いて、類似性の高い機能グループを作成し、それを初期解とする方法を提案している。また、GA の中で、製品 1 台当たりのマテハンシステムコストを適応度として計算

