

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

氏 名 趙 潤

論 文 題 目 Simulation Analysis of Work-In-Process Inventory Control for Discrete Manufacturing Systems
(生産システムにおける仕掛品の在庫管理に関するシミュレーション分析)

論文審査担当者

主 査 名古屋大学大学院経済学研究科教授 高桑 宗右エ門

名古屋大学大学院経済学研究科教授 山田 基成

名古屋大学大学院経済学研究科准教授 星野 崇宏

論文審査の結果の要旨

1. 本論文の概要

(1) 本論文の目的

本論文は多品種少量生産システムにおける仕掛品の在庫管理を分析対象としている。仕掛品の在庫管理において、生産ラインのボトルネックならびに環境への負荷に対し、シミュレーションモデルを構築し分析を行うことで、それぞれに関する特性が明らかにされている。そして、ファジィ制御手法とマテリアルフローコスト会計の概念を応用して、最適化手順を提案することを目的としている。さらに、マネジメントの観点から、生産性の向上と環境負荷の低減に関して統合的に両立させることを目的としている。

(2) 本論文の構成と内容

本論文は緒言および結言を含む 8 つの章で構成されている。第 1 章「緒言」では本論文における研究の背景、目的および構成が示されている。

第 2 章では、多品種少量生産システムにおいて、仕掛品の在庫管理に関する重要事項である仕掛品の在庫バッファの有限能力、生産ライン内のブロッキングとボトルネック、一定量の仕掛在庫水準、生産ロット、そしてプッシュ型/プル型生産システム、について述べたうえで、特に有効な分析手法に関する諸問題の概要と研究対象の範囲について総括されている。そして、本論文の分析対象である仕掛品の在庫問題を扱うために、ファジィ制御手法、マテリアルフローコスト会計、シミュレーション技法について述べられている。

第 3 章では、多品種少量生産システムにおける仕掛品の在庫問題の研究に関する現状について総括されている。はじめに、システム制御とモデル構築に関する管理手法について、先行研究が総括されている。次に、ヒューリスティックスアルゴリズム解法、ファジィ制御手法とシミュレーション技法等の最適化技法に関する先行研究について詳細に検討されている。

第 4 章では、単一“密結合”生産セル (One Tightly Coupled Production Cell) を含む多品種少量生産システムにおける生産能力の低下問題を解決するために、最適化手法と併せて、シミュレーション技法の活用に関して述べられている。はじめに、実際の生産システムに対して、“余剰”在庫システム (Surplus-based System) の管理技法に基づいて、2 次元の離散型ファジィコントローラが設計されている。そして、生産システムの安定性と平衡性を維持するために、仕掛品の在庫水準の動的な変化をリアルタイムに把握することにより、あるしきい値に近づけるためのファジィコントローラの補正因子が採用されている。次に、このコントローラによって、生産ライン内の仕掛品バッファの在庫水準が確認され、各ワークステーションの加工速度を動的に調整するという手順を通じて、仕掛品の在庫水準と生産サイクルタイムを一定の低いレベルに維持させてい

論文審査の結果の要旨

る。特に、生産ラインのボトルネックにより生じた問題の分析を中心として、仕掛品の在庫レベルに応じて、プッシュ型／プル型生産方式が運用されている。また、生産システムへの影響に関する多数の変量因子を設定して、最適化手法が組み込まれたシミュレーションモデルが構築されている。さらに、現状モデルと改善モデルを比較することにより、仕掛品の在庫水準と生産サイクルタイムの短縮、ボトルネックの解消および生産能力と安定性の増強という目的を達成するために、ファジィ制御が有効な改善手法であることが示されている。

第 5 章では、多重“密結合”生産セル (Multiple Tightly Coupled Production Cell) を含む多品種少量生産システムにおける仕掛品の在庫問題と複数の生産ボトルネックを研究の対象として、最適化のためのシミュレーションモデルが構築されている。この章では、第 4 章で研究対象とした生産システムよりさらに複雑な生産ラインに対して、ファジィ制御手法が応用されている。はじめに、多重“密結合”生産セルにより生じる生産ボトルネックの問題を分析した結果、ジャストインタイム生産方式に基づいて、プッシュ型／プル型生産方式を合わせた混合制御方法が設計され、全体の生産ラインが多数の CONWIP (Constant WIP) セルと他の生産セルに分けられている。また、生産システム内の分散した仕掛品バッファの在庫水準を減少させるために、上述の混合制御方法に対応して、集中型混合コントローラが設計されている。このコントローラは、切り替えモードと自己補正因子を含むファジィ制御モードで構成されている。次に、“余剰”在庫システム (Surplus-based System) の管理技術に基づいて、上述の混合コントローラによって、仕掛品の在庫水準の動的な変化をあるしきい値に近づけ、生産システムの安定性と平衡性を維持させることで、高速応答性 (Rapid Response Ability) を備えた適正な制御方法が明らかにされている。そして、最適化手法が組み込まれた専用シミュレーションモデルが構築されている。このモデルでは、VBA モジュールによって、すべての最適化の計算手順が実行されている。さらに、改善モデルには、複数のボトルネックが即座に解消されて、仕掛品の在庫水準と生産サイクルタイムを効率的に減少させる可制御性が示されている。また、より複雑な生産システムにとって、第 4 章で採用された研究手法と比べて、本章で改善された混合制御方法は、目的とする生産柔軟性と安定性を高め、より効率的な生産能力が得られることが示されている。

第 6 章では、多品種少量生産方式を採用する自動車部品製造企業における生産ラインを研究対象として、生産ロットサイズの調整を通じて、仕掛品の在庫水準の変化による環境負荷への影響が論じられている。はじめに、仕掛品の在庫水準に従うプル型生産方式を運用する生産ロジックと生産ロットの特徴が分析されている。次に、生産システムの環境負荷に関するコストを計算するために、マテリアルフローコスト会計 (Material Flow Cost Accounting : MFCA) の概念を導入して、生産プロセスに内在する種々のコストを正規の製品である「正の製品」のコストと、廃棄物・排出物などの「負の製品」の

論文審査の結果の要旨

コストに区別して把握されている。そして、シミュレーション分析によって、生産ロットサイズの調整が生産システムの動的な状態と変化に影響があることが解明されている。さらに、生産ロットサイズによって、生産システムにおける仕掛品の平均在庫水準も異なることが示されている。一方、高い在庫水準はより多くの環境コストが生じることにつながるため、生産ロットサイズの調整による仕掛品の在庫水準の変化が環境コストに大きな影響を及ぼすことになることから、感度分析を通じて、このような変動パターンが明確に示されている。そして、代替案の比較により、生産オペレーションを改善する一助とすることが示されている。さらに、生産ロットサイズの調整による環境コストへの影響のパターンと数値計算に基づくシミュレーション分析により、製品品種が変わる際の生産コストと環境コストの両者を考慮した最適化について検討されている。そのために、ロットサイズを調整することにより、仕掛品の在庫水準に関する管理の問題が意思決定を支援する重要な情報となることが明らかにされている。

第 7 章では、生産システムにおける仕掛品の在庫管理において、生産性の向上と環境負荷の低減を同時に実現するための最適化解析が検討されている。はじめに、ある多品種少量生産システムにおける各仕掛品バッファの在庫水準の変化は制御できることに着目して、集中型ファジィコントローラが設計されている。また、MFCA 手法を導入して、生産過程における環境に関する隠れた各種のコストが認識され、金額ベースで算出されている。そして、MFCA と集中型ファジィコントローラを合わせ、現状の生産システムに対して構築されたシミュレーションモデルに適用している。次に、このシミュレーションモデルを用いて、生産ラインに影響を及ぼす 3 つの重要な因子、すなわち仕掛品の在庫水準を調査する時期、仕掛品の在庫水準に対するファジィ制御の最小しきい値、仕掛品の在庫水準に対するファジィ制御の最大しきい値、に対する感度分析が行われている。この感度分析によって、各因子に対する増加または減少の微小な変化とともに、環境への影響に関する負のコスト率の相対的变化が明らかにされ、最適解に至る高速サーチ・ルートも得られている。また、シミュレーションモデルにおいて、最適化手法を併用することによって、負のコスト率の最適解が算出されている。代替案の比較により、本章で提案された最適化手法を通じて、仕掛品の在庫平均レベルを減少させたいうで、システムの生産性と環境負荷がともに改善されることが示されている。

最後の第 8 章「結言」では、以上の考察をまとめたうえで、本論文で取り上げたシミュレーションモデルと最適化方法に関する実施手順について検討されている。さらに、本論文の学術的な位置付けと今後の課題が述べられている。

2. 本論文の評価

論文審査の結果の要旨

本論文の学術上の貢献は以下の3点にまとめることができる。

第1に、本論文では、多品種少量生産システムの典型的な特徴について分析したうえで、ファジィ制御手法を通じて、仕掛品の在庫水準に影響する多数のランダム因子について詳細に分析が行われていることである。多品種少量生産システムに関する従来の研究では、連続型生産ラインの特徴について、生産システムのオペレーションに影響するワークステーションの故障・修復確率と需要変動の2つのランダム因子がもっぱら検討されてきた。生産システムに関する複雑な在庫管理上の諸問題が簡潔に解決されることから、この分野に関する研究において、ファジィ制御手法の応用領域がさらに開拓されたことは学術上大きな貢献である。

第2に、実際に製造企業を対象にして、詳細なデータ収集・調査を実施することにより、理論面からの解明だけでなく、実際面への応用についても検討が行われていることである。特にシミュレーションモデル構築と分析を通して、改善提案が当該企業に提案され、実施されて、改善に寄与することが確認された。この意味で、学術的な理論とその実践に関して、水準の高いベンチマークを達成することができた。

第3に、多品種少量生産システムにおいて、仕掛品の在庫水準の変化による環境負荷への影響が検討されていることである。環境会計手法の1つであるマテリアルフローコスト会計の概念を新たに生産システムへ導入することにより、生産性の向上と環境負荷の低減の両立を目指す手法が提案されている。このように、生産システムにおける仕掛品の在庫管理に関して、環境保全の視点も加えた新たな研究領域を開拓することができた。

以上のように、本論文は学術的に高く評価すべき点が多いのであるが、次のような更なる研究が必要であることも指摘しておきたい。

第1に、多品種少量生産システムにおいて、生産管理に関するさまざまなランダム因子がファジィ制御手法の制御パラメータに与える影響に関する検討が、依然として、研究課題として残されていることである。また、インテリジェントな制御アルゴリズムが組み込まれた専用シミュレーションモデルの構築を通じて、ファジィ制御手法の各制御パラメータに関する最適化解析を行うことも今後の課題として残されている。

第2に、生産システムに対して、環境保全を実施するための合理的な意思決定に関する管理手法を得るために、生産リードタイムの決定とオーダーの動的な分解手順を詳細に検討することも残された課題である。また、マテリアルフローコスト会計の概念の適用に関して、問題認識の手法というよりもむしろ問題解決の方策とするためには、他の適切な最適化手法と統合することにより、環境保全活動をより効果的に推進することができると思われる。

以上のように、本論文にはいくつかの課題が残されているが、これらは今後の研究に対する要望であって、本論文がもつ高い学術的価値を損なうものではなく、本論文に対

論文審査の結果の要旨

るわれわれの評価を変えるものではない。

3. 結論

以上の評価により、われわれは本論文が博士（経済学）の学位を授与するに値するものであることを認める。

平成 26 年 2 月 19 日

論文審査担当者

主査	名古屋大学大学院経済学研究科教授	高桑	宗右エ門
委員	名古屋大学大学院経済学研究科教授	山田	基成
委員	名古屋大学大学院経済学研究科准教授	星野	崇宏