

機関番号：32660

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20510144

研究課題名 (和文) 変動に頑健な多段階生産システムの設計

研究課題名 (英文) Design of Multi-stage Production System Robust to Variance

研究代表者

平川 保博 (HIRAKAWA YASUHIRO)

東京理科大学・理工学部・教授

研究者番号：40120208

研究成果の概要 (和文)：

本研究では、多段階生産工程に応援作業者を組み込むことによる効果を検証した。生産システムにおいて、作業員や設備を効率的に用いることによって生産性を向上させることは重要である。しかしながら、作業時間変動による工程間の作業干渉や工程間の作業負荷のアンバランスがシステム性能を減少させる。本研究では、作業時間量 (タイムバッファ) を利用した応援作業員の移動ルールを提案した。応援作業員を組み込んだ生産ラインでは、作業時間変動による工程間の作業干渉のみならず、工程間の作業負荷のアンバランスに対しても柔軟に対応できることが示された。

多段階生産システムにおけるすべての仕掛在庫情報を活用するフロー制御方式を設計し、詳細なフロー制御を実現した。本研究で設計されたフロー制御方式は、仕掛在庫の状態空間を制御領域として捉えており、従来のフロー制御方式よりも緻密な制御が可能となり、システムの生産効率や平均総仕掛在庫量に関してきめ細かく調整することが可能となっている。仕掛在庫情報を活用したフロー制御方式を用いることにより、これまで提案されてきた従来方式での制御構造の違いが仕掛在庫の状態空間での制御領域の相違として表現された。さらに、シミュレーション実験を行った結果、最適なフロー制御方式を設計するための制御領域が明らかにされた。

研究成果の概要 (英文)：

This research considers a method for utilizing multitasking workers (MTWs) in multistage production processes. In designing a production system, it is important to raise productivity by using workers and production facilities effectively. However, the variation in operation time and the unbalanced workloads generally decreases the system's performance. This study proposes a MTW assignment rule in which the MTW is shifted to the previous station of the minimum workload, using a time-buffer. It is clarified that the MTW can absorb the variation in operation time and the unbalanced workloads effectively.

A flow-control system incorporating the concept of time buffer was proposed recently. It differs from the Kanban system in that a time-buffer system evaluates work-in-process (WIP) using the remaining processing time; however, these systems do not use all the inventory information in multistage production processes. That is, a production instruction is issued when the inventory is in a specific state. The performance of the flow-control system improves depending on the various states of inventories. In this study, we designed an optimal flow-control system that utilizes all the available inventory information in multistage production processes. Detailed flow control is achieved by treating the state space of WIP as a control domain of the inventory.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学、社会システム工学・安全システム

キーワード：経営工学、生産システム工学

1. 研究開始当初の背景

顧客ニーズの多様化に伴い、生産システムは少品種多量生産から多品種少量生産に移行し、組立型生産ラインにおいては、同期セル生産方式、キャノン方式のセル生産方式など、様々な呼称で作業者の能力を柔軟に活用する新しい生産方式が試行されている。しかしながら、その理論面に関しては、十分な研究が行われているとは言えないのが現状である。

一方で、生産システムには需要変動という外的変動と作業時間変動という内的変動が存在する。従来、かんばん方式に代表されるように、変動を吸収する緩衝材として在庫量が利用されてきた。しかしながら、在庫の保有は、資金を固定し、多様化する顧客需要に迅速に対応することを困難にする。

2. 研究の目的

生産のための工程編成、作業分担方式などのハード面とものの流れの制御といったソフト面を融合させた、変動に頑健な生産システムを設計するための方策を明らかにすることである。ここでは、かんばん方式に代わるタイムバッファ方式、作業能力の相違や変動によって発生する工程間の負荷のアンバランスをダイナミックに調整するための方策が検討される。

3. 研究の方法

(1) ここでは、タイムバッファ方式で制御する場合の方法論を確立する。そのために、まず、単純構造をもつタイムバッファ方式の性能をかんばん方式の性能と比較し、その構造の違いを明らかにする。さらに、多段階生産工程での作業の進捗状況を、工程ごとに識別し、工程ごとの進捗状況をもちいて、各工程での進捗状況を制御する方法論を確立する。

(2) 数式解析により、多段階生産ラインにお

ける各作業時間のパターンがシステム生産率に及ぼす影響を明らかにする。大規模生産ラインでは、数式解析が困難になると予想される。この場合は、状態方程式より導かれる状態確率の連立方程式を利用し、数値解析により、巡回方式と分割方式の相違を明らかにする。指数分布を仮定して得られた構造を、シミュレーション解析を利用して、より一般的な作業時間モデルに対して検証する。

4. 研究成果

(1) 本研究では、作業者の移動、あるいは作業者の能力の違いなど、現状を踏まえた生産システムのモデル化と解析を行った。作業者の能力および生産設備費用を所与としたとき、応援作業者を生産ラインに組み込むことによって、作業時間変動による工程間の作業干渉のみならず、工程間の作業負荷のアンバランスに対しても柔軟に対応できる。そこで、プロトタイプとして、応援作業者を組み込んだ生産ラインにおいて与えられた作業時間表に基づいて生産性の高い生産システムを設計するための指針を示した。ここでは、従来の生産数量によってものの流れを制御するかんばん方式から一歩踏み出し、作業者の多様性、ダイナミックな作業あるいは作業者の移動にも対応できる作業時間量（タイムバッファ）の概念を導入し、ものの流れを制御する方式について研究を行った。

(2) 多段階生産システムにおけるすべての仕掛在庫情報を活用するフロー制御方式を設計し、詳細なフロー制御を実現した。本研究で設計されたフロー制御方式は、仕掛在庫の状態空間を制御領域として捉えており、従来のフロー制御方式よりも緻密な制御が可能となり、システムの生産効率や平均総仕掛在庫量に関してきめ細かく調整することが可能となっている。仕掛在庫情報を活用したフロー制御方式を用いることにより、これま

で提案されてきた従来方式での制御構造の違いが仕掛在庫の状態空間での制御領域の相違として表現された。さらに、シミュレーション実験を行った結果、最適なフロー制御方式を設計するための制御領域が明らかにされた。

(3) 待ち行列理論やシミュレーション解析を利用して、作業者の能力を考慮した生産システムの様々な形態（セル生産方式）の分類・整理を行った。特に、分割方式における作業者の作業分担をダイナミックに変更することが可能な生産ラインにおいて、多段階生産工程での作業の進捗状況を工程ごとに識別し、これを利用することによって生産性の高い生産システムを設計するための指針を示した。

(4) 分割方式における作業者の作業分担をダイナミックに変更することが可能な生産ラインにおいて、多段階生産工程での作業の進捗状況を工程ごとに識別し、これを利用することによってダイナミックに作業者の作業分担を変更する方策を提案した。これにより、生産性の高い生産システムを設計するための指針を示している。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計5件）

- ① Aya Ishigaki, Yasuhiro Hirakawa, Design of a Economic Order-Point System based on Forecasted Inventory Positions, 日本経営工学会論文誌、査読有、59、2008、290-295
- ② 石垣綾、稲田周平、平川保博、応援作業者を活用した多段階生産ラインの設計、日本経営工学会論文誌、査読有、59、2008、376-382
- ③ 石垣綾、平川保博、総滞留時間と配送回数 を評価尺度とするパレート最適化生産・配送スケジューリング、日本経営工学会論文誌、査読有、61、2010、11-16
- ④ Yasuhiro Hirakawa、Aya Ishigaki、Efficient Heuristics for Flowshop Scheduling for Minimizing the Makespan and Total Flowtime of Jobs, Proceedings of the 11th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference、査読有、2010、5 ページ
- ⑤ Yasuhiro Hirakawa、Aya Ishigaki、Design of an Optimal Flow-Control System that Utilizes Work-In-Process Information for a Multistage Production System, Proceedings of the 11th Asia Pacific Industrial

Engineering and Management Systems Conference、査読有、2010、4 ページ

〔学会発表〕（計10件）

- ① 石垣綾、李健東、平川保博、総滞留時間と配送回数を評価尺度とするパレート最適化生産・配送スケジューリング、日本経営工学会、2008
- ② 石垣綾、平川保博、多段階生産システムのための仕掛在庫情報を活用した最適フロー制御方式の設計、スケジューリング学会、2009
- ③ 北島佳典、松本周也、石井晃二、石垣綾、平川保博、ライン型生産システムにおける作業分担方式の性能評価、日本経営工学会、2009
- ④ 宮崎俊一郎、石垣綾、平川保博、需要が価格と時間の関数である場合における最適な価格と発注量の設定に関する研究、日本経営工学会、2010
- ⑤ 田中洋、平川保博、総所要時間最小化ジョブショップスケジューリング問題のためGT列挙アルゴリズムの改良、日本経営工学会、2010
- ⑥ 江頭慶太、平川保博、2 店舗新聞売り子問題における最適移送政策決定のための動的計画モデルの構築、日本経営工学会、2010
- ⑦ 藤澤琢磨、石垣綾、運搬経路問題のための一段階解法の開発、日本経営工学会、2010
- ⑧ 角尾祐兒、平川保博、リスク環境下の2 目的プロジェクトスケジューリング問題のためのクリティカルパス情報を活用したパレート解探索アルゴリズムの開発、日本経営工学会、2010
- ⑨ 石井晃二、平川保博、組立型生産ラインにおけるバケツリレー作業方式の最適作業着手ルールに関する研究、日本経営工学会、2010
- ⑩ 石川皓一、平川保博、線形計画モデルで定式化される2 目的SCN設計のためのパレート解算出アルゴリズムの開発、日本経営工学会、2010

〔図書〕（計0件）

〔産業財産権〕

- 出願状況（計0件）
- 取得状況（計0件）

6. 研究組織

(1)研究代表者

平川 保博 (HIRAKAWA YASUHIRO)

東京理科大学・理工学部・教授

研究者番号：40120208

(2)研究分担者

石垣 綾 (ISHIGAKI AYA)

研究者番号：50328564