

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 23 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22510151

研究課題名（和文）流動的生産環境に対する臨機応変生産システムの機動的 management 方式の開発

研究課題名（英文）Development of Agile Control Method for Adaptive Production Systems under Unstable Production Environments

研究代表者

高橋 勝彦（TAKAHASHI KATSUHIKO）

広島大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：00187999

研究成果の概要（和文）：

本研究では、激しい需要変動を伴い、またそれにより生産工程において十分習熟されていない流動的生産環境において、生産ライン数や生産工程数を変更することで処理能力を変更して対応する機動的 management 方式を開発し、その特性解析用のモデルを構築した。また、生産と同時に再生産を行うリサイクル生産システム、2 路線サプライチェーン、および 2 段階生産ラインなどに適用した。

研究成果の概要（英文）：

This research develops an agile control method for adaptive production system under unstable production environments where demand fluctuates violently and the fluctuation leads to less trained workers. In the agile control method, the processing capacity is controlled dynamically by changing the number of production lines and/or the number of production processes. The developed control method has been applied to remanufacturing system, dual-channel supply chain, and two-stage production line.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	900,000	270,000	1,170,000
2011 年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2012 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム工学 ・ 社会システム工学・安全システム

キーワード：再構成可能生産システム、適応型システム、機動的生産、流動的生産環境、習熟

1. 研究開始当初の背景

今日では、生産工程が段階的に連なり、工程間に在庫点を設置した、多段階生産在庫システムが一般的になっている。そのような多段階生産在庫システムの management 方式のうち、各工程の生産量と時期を計画・指示する生産指示方式により、システムの特性が大きく左

右される。そのため、生産指示方式に関する研究が数多く行われているが、それらのほとんどは、需要や生産時間の定常変動を前提とし、安定的な生産システムの設定の下、定常的な management 方式について対象としている。最近では、成熟化社会の進展とともに飽和社会となり、顧客の価値観は多様化したことから、

製品のライフサイクルが短命化し、定常な需要が見込める期間が短くなってきている。また、その結果として、最適な生産システム構成の下、十分に習熟した作業条件下で高効率に生産できる前に生産が終了してしまうようになっている。そのように、製品品種の変化、製品需要量の変化、およびその結果として生産工程も安定しない、高度に流動的・生産環境に対して機動的に適応するためには、生産環境の流動性を踏まえた臨機応変に対応する生産システムとその管理方式を実現することが強く望まれているといえる。

2. 研究の目的

本研究では、流動的・生産環境として、製品需要と生産工程が安定しないことを前提とする、すなわち、製品需要が激しい非定常変化と、作業員からなる生産工程において生産する際の習熟を考慮する。そのような流動的・生産環境では、生産指示方式やバッファサイズの変更による対応では十分に対応できないことは容易に想像されるが、工程編成により対応することにも限界があることが想定され、ライン数変更も考慮することが求められる。それらを最初から同時に解決することは難しいことから、流動的・生産環境に対する臨機応変生産システムの機動的・管理方式の問題を、次のように分けて考える。

(1) 生産ライン数固定の下、流動的・生産環境として需要変動と生産工程の習熟に対する機動的・管理

(2) 生産ライン数も制御対象とした下で流動的・生産環境に対する機動的・管理

まず上記(1)において、生産ライン数は固定した条件の下で、製品需要の激しい非定常変動とそれによる生産工程の習熟についてのモデルを構築し、それらに対して、各生産工程への要素作業の割当て、すなわち工程編成による適応のための機動的・管理について研究する。その上で、上記(2)において、生産ライン数の変更も含めた工程編成による機動的・管理について研究する。

3. 研究の方法

本研究では流動的・生産環境に対する臨機応変生産システムの機動的・管理方式の問題を二つの問題に分けて考えることとした。また、それぞれの研究課題から具体的目的を列挙した。それらから、以下の計画・方法により進めた。

(1) 対象とする多段階生産システムの検討

従来、生産システムのパラメータや構成を動的に制御している研究は、待ち行列システムにおけるサーバ数の動的制御に関する研究、再構成可能生産システムに関する研究に加え、セル生産についても需要変動に応じ

たセル数変更に関する研究が見られるようになってきた。一方、生産工程の習熟も研究されているが、生産工程の編成替えと関係付けて扱っている研究は見当たらない。それらの研究調査と申請者のこれまでの研究成果をもとに、流動的・生産環境として需要変動と習熟を考慮し、動的に制御可能なパラメータを持つ多段階生産システムのモデルを構築する。

(2) 需要変動と習熟の影響分析と工程編成方式の検討

構築した多段階生産システムのモデルに基づいた生産システムシミュレータにより、候補となる工程編成下で需要変動・習熟の影響を実験的に分析し、その結果より需要変動・習熟に対する工程編成の方式について検討する。

(3) 需要変動・習熟に対する検知・調整方式の開発

続いて、需要量の非定常な変化・習熟の検知機能と、生産システムの工程編成の調整機能を開発する。ここで生産システムの工程編成としては、生産ライン数は固定していることから、各生産工程に割当てする要素作業について検討する。上記で明らかにした需要変動と習熟に応じた工程編成が生産システムの特性に与える影響から、需要変動と習熟に対する工程編成の調整方式を開発する。申請者らのこれまでの研究では、より少ない量のデータから機動的な対応がとれるようにするため、指数平滑移動平均管理図を応用したことにより、効果をあげることができた。ここでは、まずその応用の可能性を検討することから始める。

(4) 需要変動・習熟とその検知・調整機能を持つ生産システムシミュレータの開発

開発した需要変動と習熟に対する検知・調整方式を基に、需要変動・習熟とその検知・調整機能を持つ生産システムシミュレータを開発する。その際のモデル構築の技法としては、待ち行列ネットワークモデルをもとにしている。申請者らのこれまでの研究の成果をもとに、多段階生産在庫システムおよびその生産管理システムを、物と情報の待ち行列ネットワークで表現し、モデルを構築し、そのモデルから生産システムシミュレータを開発する。その際には、上記で開発した需要変動と習熟に対する検知・調整方式を先の多段階生産システムシミュレータに組み込むことで、生産システムシミュレータを開発する。ただし、需要変動・習熟とそれに対する生産システムの調整のロジックについては、別途開発したものを取り込んで、シミュレーションプログラムを開発する。

(5) 開発した需要変動・習熟に対する検知・調整方式の実験的評価と検討

生産ライン数を固定した下で、需要変動・習熟に対する機動的な管理方式として開発した検知・調整方式について、生産システムシミュレータにより実験的評価を行い、その結果について検討する。また、研究成果を学会発表などにより、他の研究者の評価を受けることで客観的な評価となるようにする。その結果より、以降の研究の方針について決定する。なお、この評価の結果、開発した機動的な管理方式により十分な効果が得られない場合には、開発した機動的な管理方式の改良を行うことも考えておく。

(6) 生産ライン数の影響分析と生産ライン数も含めた工程編成方式の検討

生産工程における習熟は、生産ライン数変化と生産工程数変化により異なる影響を与えることが想定される。これまでに開発した多段階生産システムシミュレータにより、生産ライン数の影響を実験的に分析し、その結果を基に工程編成方式を検討する。

(7) 需要変動・習熟に対する生産ライン数と工程編成の調整方式の開発

続いて、需要変動・習熟に対して生産ライン数と生産システムの工程編成の調整機能を開発する。

(8) 生産ライン数も制御対象とした生産システムシミュレータの開発

開発した検知・調整方式を基に、生産ライン数も制御対象とした生産システムシミュレータを開発する。その際には、これまでに開発した生産システムシミュレータに、生産ライン数の調整方式を組み込むことで、生産システムシミュレータを開発する。

(9) 開発した需要変動・習熟に対する検知・調整方式の実験的評価

これまでに開発した需要変動・習熟に対する検知・調整方式について、生産システムシミュレータにより実験的評価を行い、その結果を検討する。また、研究成果を学会発表などにより、他の研究者の評価を受けることで客観的な評価となるようにする。なお、この評価の結果、開発した機動的な管理方式により十分な効果が得られない場合には、開発した機動的な管理方式の改良を行うことも考えておく。

(10) 研究成果の検討

研究成果を検討し、本研究全体として成果をまとめるための方針について検討する。

(11) 研究成果のまとめ

上記の検討結果に基づいて、本研究の成果を報告書にまとめる。

4. 研究成果

本研究の成果としてまず、流動的な生産環境下において、臨機応変で機動的に対応可能な管理方式として、需要変動と作業者の習熟を考慮すると同時に、それらに対して、生産ライン数や生産工程数を変更することで処理能力を変更して対応する管理方式を開発し、その特性解析用のモデルを構築したことが挙げられる。これにより、想定される状況に応じた管理方式の評価とその結果に基づいた設計が可能となった。

さらに本研究の成果として、上記のモデルを基にした、具体的生産システム環境に適用した成果が挙げられる。具体的には、生産と同時に再生産を行うリサイクル生産システムにおける適応型プル方策、2路線サプライチェーンにおける在庫管理システムに対する適応型管理方策、2段階生産ラインに対する適応型かんぱん方式などに適用した。これらの適用により、基本となるモデルが適用力のあることを示すことができたといえる。

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6件)

- ① K. Takahashi, Y. Doi, D. Hirotani and K. Morikawa, An adaptive pull strategy for remanufacturing systems, Journal of Intelligent Manufacturing, Online first, 査読有, 2012, pp.1-17,
- ② K. Yokoyama, K. Morikawa and K. Takahashi, A modified multi-agent system for simple assembly line balancing, Journal of Mathematics and System Science, 査読有, Vol. 2, No. 5, 2012, pp.299-314.
- ③ H. Nagao, K. Takahashi, K. Morikawa, and D. Hirotani, An inventory control policy with tracking information for dual-channel supply chains, Brazilian Journal of Operations and Production Management, 査読有, Vol. 8, No. 2, 2011, pp. 121-146.
- ④ K. Takahashi, and K. Morikawa, Result-based production ordering systems -a review and

research issues-, 日本経営工学会論文誌, 査読有, Vol. 62, No. 3E, 2011, pp.109-116, (in CD-ROM).

- ⑤ K. Takahashi, T. Aoi, D. Hirotani, and K. Morikawa, Inventory control in a two-echelon dual-channel supply chain with setup of production and delivery, International Journal of Production Economics, 査読有, Vol. 133, 2011, pp. 403-415.
- ⑥ K. Takahashi, K. Morikawa, D. Hirotani, and T. Yoshikawa, Adaptive Kanban control systems for two-stage production lines, International Journal of Manufacturing Technology and Management, 査読有, Vol. 20, Nos. 1-4, 2010, pp.75-93.

[学会発表] (計3件)

- ① L. L. Marand, Y. Sakata, D. Hirotani, K. Morikawa, and K. Takahashi, An Adaptive Kanban and Production Capacity Control Mechanism, International IFIP TC5, WG 5.7 Conference on Advances in Production Management Systems (APMS 2012), September 24-26, 2012, Rhodes, Greece.
- ② H. Nagao, K. Takahashi, K. Morikawa, and D. Hirotani, An inventory control policy with tracking information for dual-channel supply chains, The 21st International Conference on Production Research, July 31-August 4, 2011, Stuttgart, Germany.
- ③ K. Yokoyama, K. Morikawa, and K. Takahashi, A modified multi-agent system for simple assembly line balancing, of The 8th International Conference of Modeling and Simulation (MOSIM'10), May 10-12, 2010, Hammamet, Tunisia.

[その他]

ホームページ等

<http://www.pse.hiroshima-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高橋 勝彦 (TAKAHASHI KATSUHIKO)

広島大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：00187999

(2) 研究分担者

森川 克己 (MORIKAWA KATSUMI)

広島大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：10200396

広谷 大助 (HIROTANI DAISUKE)

広島大学・大学院工学研究院・助教

研究者番号：30432686

片岡 隆之 (KATAOKA TAKAYUKI)

近畿大学・工学部・准教授

研究者番号：40411649

(3) 連携研究者

なし