

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 30 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350446

研究課題名(和文) 多様流動的生産環境に対する臨機応変混成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 Mixed Production Systems under Varied and Unstable Production Environments

研究代表者

高橋 勝彦 (TAKAHASHI, Katsuhiko)

広島大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：00187999

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、多様流動的生産環境として、製品需要が激しい非正常変化と、作業者からなる生産工程において、生産する際の習熟や個人差、さらに、その結果として問題となる、生産システムの構成が均質でない混成生産システムを前提とする。そのような多様流動的生産環境に対する臨機応変混成生産システムの機動的 management 方式について開発した。開発した機動的 management 方式では、生産ラインと生産セルを切り替えることにより、生産の構成とその能力を制御することで、変動に対応する。

研究成果の概要(英文)：For varied and unstable production environments with unstable demand and learning and individual difference of workers, this research assumes mixed production systems including non-uniform system configuration and processes. This research develops an agile control method for adaptive mixed production system under varied and unstable production environments. In the agile control method, in order to respond to the changes, the processing capacity and configuration is controlled dynamically by changing between production lines and production cells

研究分野：複合新領域

キーワード：適応型システム 機動的生産 流動的生産環境 多様の生産環境 混成生産システム

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管理方式のうち、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、定常的な管理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、顧客の価値観の多様化から、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り、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するようになってきている。さらに、作業員についても非正規や外国人の労働者から構成されるなど、必ずしも均質でない混成状態にある。

激しい需要変動を伴い、またそれにより十分に習熟されていない多様な作業員から構成される多様流動的生産環境は、企業間競争の激しく、製品ライフサイクルの短い携帯電話などの生産環境に見られる。このことは、成熟化した社会において多様化した顧客と作業員が関係する生産システムの特徴といえる。

そのような多様な要求に必ずしも均質でない混成生産システムにより臨機応変に対応可能とした下で、いかに経済的・機動的に対応できるかが必要不可欠といえる。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、高度に多様流動的生産環境において機動的に対応するには、生産環境の多様流動性を踏まえた臨機応変に対応する混成生産システムとその機動的な管理方式の実現が強く望まれている。

2. 研究の目的

本研究では、多様流動的生産環境として、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と同時に、その個人差を考慮する。さらに、その結果として問題となる、生産システムの構成が均質でない混成生産システムを前提とする。多様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でないことが容易に想像されるが、生産ラインや生産セルの混成からなる混成生産システムを考慮すると、生産システム内の各生産ラインや生産セルの構成と作業員の配置などの再編成も求められる。

それらの同時解決は難しいので、多様流動的生産環境に対する臨機応変混成生産システムの機動的な管理方式の問題を、次の2つに分けて考える。

(1) 生産システム構成固定の下で、多様流動

的生産環境に対する機動的な管理

(2) 生産システム構成も制御対象とした下で、多様流動的生産環境に対する機動的な管理

上記(1)では、生産システム構成は固定した条件の下で、製品需要の激しい非定常変動と生産工程の習熟および個人差を考慮したモデルを構築し、それらに対して、混成生産システムの構成要素である各生産工程へ要素作業の再割当により適応する機動的な管理について研究する。併せて、想定される生産システム構成における特性比較から、状況に応じた、望ましい生産システム構成を明らかにする。その上で、上記(2)では、生産システム構成の変更も含めた工程編成による機動的な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な管理の問題を、2つの具体的目的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、習熟の度合いや習熟後の特性も異なる多様な作業員から構成される生産システムについて扱った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から、多様流動的生産環境として需要変動と習熟の個人差を考慮し、動的に制御可能な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、想定される生産システム編成下で需要変動・習熟の個人差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。その際に必要となる生産システムシミュレータは、申請者らのこれまでの研究において開発した生産システムシミュレータに習熟モデルを組み込んで実現する。

(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、生産システム編成を固定していることから、生産システムを構成する各生産ラ

インと各生産セルの各生産工程に割当て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。その際、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の応用が効果を示したので、その応用から検討する。

(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、申請者らのこれまでの研究では、待ち行列ネットワークモデルに基づいて成果が得られていることを踏まえて、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たモデルを構築し、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

生産システム編成を固定した下で、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) 生産システム編成の影響分析と生産システム編成も含めた工程編成方式の検討

生産工程における習熟は、生産工程数や生産システム編成の変化により異なる影響を受けることが想定される。先に開発した多段階生産システムシミュレータにより、生産システム編成の影響を実験的に分析し、その結果を基に生産システム編成も含めた工程編成方式を検討する。

(7) 需要変動・習熟に対する生産システムとその工程の編成調整方式の開発

続いて、需要変動・習熟に対して生産システ

ムとそれぞれの工程の編成調整方式を開発する。

(8) 生産システム編成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、生産システム編成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、先に開発した生産システムシミュレータに、生産システム編成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

先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いた。

(10) 研究成果の検討

研究期間中に得られた研究成果を検討し、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

本研究では、多様流動的生産環境として、製品需要が激しい非正常変化と、作業員からなる生産工程において、生産する際の習熟や個人差、さらに、その結果として問題となる、生産システムの構成が均質でない混成生産システムを前提とした。そのような多様流動的生産環境に対する臨機応変混成生産システムの機動的な管理方式について開発した。開発した機動的な管理方式では、生産ラインと生産セルを切り替えることにより、生産の構成とその能力を制御することで、変動に対応することが可能になる。

マルコフ解析により、開発した機動的な管理方式と、比較対象として生産セルのみの数により対応する方式について比較検討を行った。生産ラインでは、生産セルよりも習熟はかからないことと習熟後は高い生産率が想定される反面、切り替え時の準備時間がかかることが想定される。それら習熟や生産率、段取り時間の影響を明らかにすると同時に、それぞれが有利となる領域を明らかにした。

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3件)

神田翔平, 高橋勝彦, 森川克己, "動的MTS/MTO ハイブリッドシステムに対する在庫管理方針", 日本経営工学会論文誌, 査読有, Vol. 67, No. 1, pp.20-28, 2016.04.

Daisuke Hirotani, Katsumi Morikawa, Katsuhiko Takahashi, "Policy for rearranging workers for a self-balancing production line with worker learning", Industrial Engineering & Management, 査読有, Vol. 3, No. 5, pp. 1-8, 2014.

doi:10.4172/2169-0316.1000146

Katsuhiko Takahashi, Yasuhiro Doi, Daisuke Hirotani, Katsumi Morikawa, "An adaptive pull strategy for remanufacturing systems," Journal of Intelligent Manufacturing, 査読有, Vol. 25, No. 4, pp. 629-645, 2014.

DOI 10.1007/s10845-012-0710-1

〔学会発表〕(計8件)

Shohei Kanda, Katsuhiko Takahashi, Katsumi Morikawa, Keisuke Nagasawa, "A dynamic switching policy with combined make-to-stock/make-to-order thresholds for hybrid production systems," 5th Computational Mathematics, Computational Geometry & Statistics (CMCGS 2016) & 4th Operations Research and Statistics (ORS 2016), January 18-19, 2016, Singapore.

Daisuke Hirotani, Katsumi Morikawa, Katsuhiko Takahashi, "Analysis of Y-shaped self-balancing production line with walk-back and travel time," The Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference 2015, December 8-11, 2015, Ho Chi Minh City, Vietnam.

Tasuku Tanaka, Katsumi Morikawa, Katsuhiko Takahashi, "A dynamic switching rule of production line and production cell for hybrid production systems," The 23rd International Conference on Production Research, August 2-5, 2015, Manila, Philippines.

Shohei Kanda, Katsuhiko Takahashi, Katsumi Morikawa, "A flexible service rule for the dynamic MTS/MTO hybrid production system," The 2nd International Materials, Industrial & Manufacturing Engineering Conference (MIMEC 2015), February 3-6, 2015, Bali, Indonesia.

Daisuke Hirotani, Katsumi Morikawa, Katsuhiko Takahashi, "Worker rearrangement policy using worker's position to decrease production loss for self-balancing production line with worker's learning," The Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference 2014, October 12-15, 2014, Jeju, South Korea.

Shohei Kanda, Katsuhiko Takahashi, Katsumi

Morikawa, Daisuke Hirotani, "Multi-step switching policy for dynamic pooling of make-to-stock and make-to-order operations," The 18th International Symposium on Inventories (ISIR 2014), August 18-22, 2014, Budapest, Hungary.

Daisuke Hirotani, Katsumi Morikawa, Katsuhiko Takahashi, "Work policy for self-balancing production line with worker's learning," The 14th Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference (APIEMS 2013), December 3-6, 2013, Cebu, Philippines.

Katsuhiko Takahashi, Kazunori Manago, Daisuke Hirotani, Katsumi Morikawa, "An adaptive cellular manufacturing system for producing two kinds of products in unreliable cells," The 22th International Conference on Production Research, July 28-August 1, 2013, Iguassu falls, Brazil.

〔図書〕(計1件)

高橋勝彦, 森川克己, 広谷大助, ものづくりに役立つ経営工学の事典 -180 の知識- (日本経営工学会編) 朝倉書店, 2014.1.23, ISBN 4-254-27022-4 (分担執筆)

〔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)

県立広島大学・経営情報学部・准教授
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