

平成 21 年 5 月 21 日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18510126
 研究課題名（和文）マスカスタマイゼーション志向の再構成可能生産システムに対する
 機動的な管理方式の開発
 研究課題名（英文）Development of Agile Control for Reconfigurable Manufacturing
 System with Mass-customization
 研究代表者
 高橋 勝彦（TAKAHASHI KATSUHIKO）
 広島大学・大学院工学研究科・教授
 研究者番号：00187999

研究成果の概要：

顧客の多様化する要求に効率的かつ機動的に対応するマスカスタマイゼーションを実現するため、本研究では、まず、総需要量が安定した下で、各製品の需要量比の変化に対する機動的な管理方式を開発した。また、需要量比の変化に対応してセル構成を機動的に変更する適応型セル生産システムを開発した。これにより、多品目の製品を生産する環境の下で、プロダクトミックス変化と同時に、総需要量の変化に機動的に対応する管理方式の基本となる方式が開発できたといえる。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,000,000	0	1,000,000
2007年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	780,000	4,380,000

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：臨機応変生産指示方式，再構成可能生産システム，機動的な管理方式，

マスカスタマイゼーション，変種変量生産，需要の非定常変化，

ラインバランス問題，セルフオーメーション問題

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、システムの特徴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ている。最近では、顧客の価値観の多様化にともない、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。製品品種の変化、製品需要量の変化に対して機動的に適応するためには、需要が非定常に変化するような状況に臨機応変に対応する管理方式と同時に、顧客の多様化した要求に応える多種類の製品を大量の需要

量に対して効率的に生産するマスカスタマイゼーションを実現することが強く望まれているといえる。

本研究の研究代表者および研究分担者らは、そのような需要の非定常な変化に的確に対応する生産指示方式を、“臨機応変生産指示方式”と定義し、また、需要のパラメータなど事前情報を必要としない、あるいは事前に対応の検討を必要としない臨機応変生産指示方式を、“進化型臨機応変生産指示方式”と呼び、それらの方式の開発と有効性の検証を行った。さらに、機動的生産を実現するための生産システムや管理方式の構成、環境変化について検討している。より機動的で効果的な対応を検討するためには、事前の情報や対応の検討が十分でない状況でも適応可能であることが望まれる。また、今までの研究で所与として制御対象から除外していた生産工程の処理時間など、生産システムのパラメータの制御や再構成が望まれる。最近では、再構成可能生産システム（Reconfigurable Manufacturing System）と呼ばれ、状況の変化に対応して生産システムを再構成することが話題となりつつある。このことは、ハードウェアとしての生産システムのパラメータや構成の動的な制御も実現化しつつあることを示し、そのための管理方式が求められているといえる。そのため、現在そのように生産指示方式のみならず、生産システムのパラメータや構成も状況に応じて制御する、再構成可能生産システムの機動的な管理方式の開発と有効性の検討を行っている。

2. 研究の目的

現在進めている再構成可能生産システムに対する機動的な管理方式により、需要の非定常な変化に対して機動的に対応することが可能になると考えられるが、現時点では単一品目を生産する生産システムを前提とし、その需要量の非定常な変化に対する対応について検討している。顧客の多様化する要求に応えるために、多種類でそれぞれ製品の大量の需要量のある生産環境下で、効率的に生産するマスカスタマイゼーションを実現するためには、対象とする生産システムとして多品種生産を前提とし、その需要量が非定常に変化することに対する機動的な管理方式が望まれる。それらより本研究では、多品種の製品を扱う生産システムにおいて、需要の非定常な変化に対して、生産システムのパラメータや構成を状況に応じて制御する、再構成可能生産システムに対してその機動的な管理方式を開発することで、マスカスタマイゼーションの実現を目指す。

多品種の製品を扱い、それぞれの製品需要量に非定常な変化を伴う場合、結果として総需要量も非定常な変化を伴うこととなる。各

製品の需要量比が変化すると、それに伴って各生産工程に割り当てる要素作業を再編成する必要があるが、さらに総需要量も変化すると、生産システムの段階数すなわち生産工程数についても変更についても検討する必要がある。それらを最初から同時に解決することは非常に難しいことから、ここではマスカスタマイゼーション志向の再構成可能生産システムに対する機動的な管理の問題を、次の二つの問題に分けて考える。

- (1) 総需要量が安定した下で、各製品の需要量比の変化に対する機動的な管理
- (2) 各製品の需要量比と同時に総需要量の変化に対する機動的な管理

まず上記(1)において、総需要量が安定しているという条件の下で、各製品の需要量比の変化に対して、各生産工程への要素作業の割り当て、すなわち工程編成による適応のための機動的な管理について研究する。その上で、総需要量についても変化するとし、各製品の需要量比と同時に総需要量の変化に対して、生産工程数の変更も含めた工程編成による適応のための機動的な管理について研究する。

3. 研究の方法

本研究ではマスカスタマイゼーション志向の再構成可能生産システムに対する機動的な管理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な目的を列挙した。それらから、以下の計画・方法により進めた。

- (1) 対象とする多品種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はあるものの、その他は余り見当たらない。しかし最近、特に米国において、再構成可能生産システムに関する研究が行われるようになり、生産システムのパラメータのみならず構成についても動的に制御可能と考えられるハードウェアが実現化しつつある。それら待ち行列理論に関する研究や、米国における再構成可能生産システムに関する研究の調査をもとに、動的に制御可能なパラメータを持つ多品種・多段階生産システムのモデルを構築する。その際、研究代表者らのこれまでの研究における多段階生産システムを基にして、その多品種への拡張により構築する。また、平均や分散が時間とともに変化する非定常な現象のモデル化について、時系列解析、統計解析、シミュレーションの関係書などの文献調査から検討する。

- (2) 需要量比の影響分析と工程編成方式の検討

構築した多品種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の下で需要比の影響を実験的に分析し、その結果より需要比の変化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、研究代表者らのこれまでの研究において開発している生産システムシミュレータを多品目が扱えるように拡張する。

(3) 需要量比変化に対する検知・調整方式の開発

続いて、需要量比の非定常な変化の検知機能と、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、需要量比が安定していることから、生産工程数は固定した下で各生産工程に割当てる要素作業について検討する必要がある。上の(2)で明らかにした需要量比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、需要量比の変化に対する工程編成の調整方式を開発する。

研究代表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。また、多品種の需要量比を問題とすることから、最近研究されている比を検知するための管理図の応用についても検討する。

(4) 需要量比変化とその検知・調整機能を持つ生産システムシミュレータの開発

開発した需要量比に対する検知・調整方式を基に、需要量比変化とその検知・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。

研究代表者らのこれまでの研究の成果をもとに、多品種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、上の(3)で開発した需要量比に対する検知・調整方式を先の多品種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、需要量比の非定常な変化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) 開発した需要量比変化に対する検知・調整方式の実験的評価と検討

総需要量が安定した下で、各製品の需要量比の変化に対する機動的な管理方式として、先に開発した需要量比変化に対する検知・調整方式について、そのために開発した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、研究成果としてまとめ、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) 総需要量と需要量比の影響分析と工程編成方式の検討

上記において開発した多品種多段階生産システムシミュレータにより、候補となる工程編成の下で総需要量と需要量比の影響を実験的に分析し、その結果より総需要量と需要量比の変化に対する工程編成の方式について検討する。

(7) 総需要量と需要量比の変化に対する検知・調整方式の開発

続いて、総需要量と同時に需要量比の非定常な変化の検知機能と、生産システムの工程編成の調整機能を開発する。総需要量も変化することを前提とするため、生産システムの工程編成としては、生産工程数も変化に応じて変更すると同時に各生産工程に割当てる要素作業について検討する必要がある。上の(6)で明らかにした総需要量と需要量比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、総需要量と需要量比の変化に対する工程編成の調整方式を開発する。

(8) 総需要量・需要量比の変化とそれらの検知・調整機能を持つ生産システムシミュレータの開発

開発した総需要量と需要量比に対する検知・調整方式を基に、需要量比変化とその検知・調整機能を持つ生産システムシミュレータを開発する。その際には、上記(1)から(5)において開発した多品種多段階生産システムシミュレータに、需要量比にみならず総需要量の変化に対する検知と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) 開発した総需要量と需要量比の変化に対する検知・調整方式の実験的評価

各製品の需要量比と同時に総需要量の変化に対する機動的な管理として、先に開発した総需要量・需要量比の変化とそれらの検知・調整方式について、そのために開発した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、研究成果としてまとめ、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。

(5)から(9)の検討により、総需要量の変化を考慮する前に、各製品の需要量比の変化に対して、これまでの生産ラインを前提としてその工程編成により対応する方式のみならず、生産品種に対して生産セルを構成したセル生産方式を採用し、需要量比の変化に対応してセル構成の変更により対応する適応型セル生産システムについて検討することが有望であることが明らかとなった。セル生産方式、特に需要変動への対応について取り上げている文献調査を行い、将来の需要が既知の場合にセル構成の変更計画を最適化することを目的とした研究はいくつか見られるものの、不確実な需要変動の下で、需要変動によりセル構成を変更する適応能力を持った適応型セル生産システムについて研究が見当たらないことを確認し、適応型セル生産システムのモデル構築と、評価実験を行い、有効性を明らかにした。

(10) 研究成果の検討

各年度の研究成果を検討し、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

これまで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

研究成果として、まず、総需要量が安定した下で、各製品の需要量比の変化に対する機動的な管理方式が挙げられる。本研究における実験の結果、開発した機動的な管理方式により十分な効果が得られた。これにより、総需要量が安定した下では、需要比の変化に対して工程編成を変更することにより調整することができたといえる。その結果、品目間の需要量比、すなわちプロダクトミックスが変化してもそれに適した工程編成に機動的に変更することで、生産効率を高水準に維持することが可能になった。

もう一つの研究成果として、適応型セル生産システムの開発が挙げられる。個々のセルが独立なセル生産システムでは、需要量変化によりセルを追加や削除する対応がライン生産よりも容易にできる。本研究において開発した適応が足せる生産システムでは、需要量比の変化に対応してセル構成を機動的に

変更することで対応する。これにより、多品目の製品を生産する環境の下で、プロダクトミックス変化と同時に、総需要量の変化に機動的に対応する管理方式の基本となる方式が開発できたといえる。

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 5 件)

[1] K. Yokoyama, K. Morikawa, K. Takahashi, A multi-agent system for assembly line balancing, Asia-Pacific Journal of Industrial Management, Vol. 1, No. 1, pp. 54-61, 2008, 査読有

[2] K. Takahashi, K. Morikawa, Y.-C. Chen, Comparing kanban control with the theory of constraints using Markov chains, International Journal of Production Research, Vol. 45, No. 2, pp. 3599-3617, 2007, 査読有

[3] K. Takahashi, K. Morikawa, Myreshka, D. Takeda, A. Mizuno, Inventory control for a MARKOVIAN remanufacturing system with stochastic decomposition process, International Journal of Production Economics, Vol. 108, No. 2, pp. 416-425, 2007, 査読有

[4] 高橋勝彦, 森川克己, 動的なラインバランスとバッファサイズの設定による需要の非定常変動への適応, 日本経営工学会論文誌, Vol.57, No.4, pp.278-288, 2006, 査読有

[5] 高橋勝彦, かんぱん方式の研究と課題, 日本経営工学会論文誌, Vol.57, No. 2, pp.89-100, 2006, 査読有

[学会発表] (計 2 件)

[1] K. Yokoyama, K. Morikawa, K. Takahashi, An adaptive multi-agent system for stochastic assembly balancing, The Ninth International Conference on Industrial Management, 2008.9.16-18, Osaka

[2] K. Takahashi, K. Yokoyama, K. Morikawa, Integrating lean and agile strategies into the production control system for mixed-model production line, International IFIP TC5, WG 5.7 Conference on Advances in Production Management Systems, 2007.9.18, Linkoping, Sweden

〔図書〕(計 1 件)

[1] 高橋勝彦, 伊呂原隆, 関庸一, 平川保博, 森川克己, シミュレーション工学(電気・電子工学テキストシリーズ4), 136 頁, 2007, 朝倉書店

〔その他〕

<http://www.splan.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・大学院工学研究科・教授

研究者番号：00187999

(2) 研究分担者

森川 克己 (MORIKAWA KATSUMI)

広島大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：10200396

神垣 太持 (KAMIGAKI TAMOTSU)

広島国際学院大学・情報工学部・講師

研究者番号：80261064

(3) 連携研究者