1104 市場ニーズの変化に順応な生産システムの構築法

Methodology for Designing Manufacturing Systems with Adaptability for Market Trends

○ 学 永村 豊 (大阪大) 正 寺本 孝司 (大阪大)
正 小野里雅彦 (大阪大) 正 竹内 芳美 (大阪大)

Yutaka NAGAMURA, Osaka University, 2-1 Yamadaoka, Suita, Osaka
Koji TERAMOTO, Osaka University
Masahiko ONOSATO, Osaka University
Yoshimi TAKEUCHI, Osaka University

The diversification of consumer's needs and the shortening of product's lifecycle increase uncertainty about production volume and period. Manufacturing systems are now required to realize competitive and optimized ones which can be following a fluctuation of demand in the market. Therefore, we propose a methodology for designing manufacturing systems with adaptability for market trends. This methodology consists of two methods; namely, "manufacturing system modularization" and "implementation of improvement". In this paper, the usefulness of this methodology is verified by computer simulation.

Key words : Manufacturing System, Modularization, Improvement

1. はじめに

製造業の活動がグローバルに展開される現在^[1], 生産システムには市場ニーズの変化に順応なシステムであることが要求されており, そのためにはシステム内外における不測の事象に対して迅速に対応できることが求められる。また, 地球環境に対する配慮から資源を無駄にしないためにも, システム資産を長期に渡って最大限有効活用できるようにすることも生産システムに対する重要要件となっており, 生産システムは大きな転換期に立たされている。

そこで本研究は, これら生産システムに対する要件を満たす生産システムを構築するための方法論を提案し, その有用性を示すことを目的としている。本稿では, 計算機シミュレーションによりその有用性を検証する。

2. 提案する生産システム構築法

本研究では, 市場ニーズの変化に順応な生産システムの構築法を提案する。

この構築法は, 生産システムのモジュラー化というポテンシャルの高い生産システムの設計・構築を行うための手法と改善の実施という生産システムの持つポテンシャルを顕在化するための運用・改善に関する手法を包含するものであり, Fig.1 に示すように必要に応じてそれぞれの手法を繰り返し行うことによって, システム資産を長期に渡って最大限有効活用することを念頭に置きつつ, 市場ニーズの変化に順応することを指向するものである。

ここで, 生産システム内外における不確定要素の分析とそれら不確定要素に対応することができるものと考えられる柔軟性の定義を行い, またそれらの相互関係について整理し改善の実施について考察したものを Fig.2 に示す。本研究では, Fig.2 に示す考察を基に, 不確定要素として特に生産品種の変更, 機械の故障, 特急品の発生に注目し, 生産品種の変更に対しては段取り時間の短縮, 機械の故障に対しては予防保全としての機械故障率の低減もしくは機能の冗長の実施, 特急品に対しては適切なディスパッチングルールを採用することによって対応するという改善を Fig.1 に示す改善の実施の手法に従って実施することにより, 目標としての市場ニーズの変化に順応することを阻害する事象に対応することを考える。

Fig.1 Proposed methodology

Fig.2 Implementation of improvement

3. 需要モデルの構築と生産システムの想定

本研究では、個別に注文を受ける受注生産を想定し、需要モデルとして、注文の移り変わり、すなわち発生するジョブの移り変わりをマルコフ連鎖で表すことを考える。マルコフ連鎖はエルゴード的なものを考え、その推移行列 T は時期ごとに予測ができるものとし、時期ごとの各ジョブの構成比率は一意に定まるものとする。また、移り気な市場ニーズを表すため、推移行列 T の対角成分（同種のジョブが連続して発生する確率）はそれほど大きな値をとらず、時期ごとの総需要量は平均値 μ 、標準偏差 $\mu/6$ の対数正規分布で与え、各ジョブの発生間隔は区間 $[a, b]$ の一様乱数で与える変動的な需要、特に生産品種の変更が激しい需要を想定する。

対象とする生産システムは以下のように想定する。

- 各機械 M_k ($k=1, 2, \dots, K$) には容量を意識しなくてもよいほど大きなバッファが設置されている。
- 機械 M_i から機械 M_j へのワークの搬送には一定の時間 $T_{F_{ij}}$ を要する。
- 生産システムで処理される I 種類のジョブ J_i ($i=1, 2, \dots, I$) は納期の属性を持ち、 m 個のプロセスから構成される。また J 種類のプロセス P_j ($j=1, 2, \dots, J$) の処理には一定の正味作業時間 T_{P_j} を要する。
- 各機械 M_k は n 種類のプロセスを処理する機能を持つが、1 度に行える処理は 1 つのプロセスだけである。
- 各機械 M_k でプロセス P_i からプロセス P_j に処理を切り替える際には一定の段取り時間 $T_{S_{ij}}^{M_k}$ を要する。
- 各機械 M_k は各々の稼働時間に対して各一定の故障率 λ_k で故障する。故障した機械は、修復作業により故障前と同等の機能を取り戻すことができる。なお、各機械 M_k における故障の修復作業時間は平均値 τ_k 、標準偏差 $\tau_k/20$ の対数正規分布で与える。

4. シミュレーションによる有用性の検証

本研究においては個別受注生産を想定していることから、顧客の満足度を高めることを最重要課題として、生産システムのパフォーマンスを評価する指標を納期遵守率とし、全体目標を納期遵守率が機械の故障が生じない予防保全が行き届いた理想的な状況においては 95% 以上、機械の故障が生じてしまう状況においては 90% 以上を保証することとしている。なお、ここでいう保証とはシミュレーションの試行結果より求まる納期遵守率の平均の 99.9% 信頼区間における最小値が目標値を達成することを指す。

5 台の機械から構成され、ワークを自在にそれらの機械間を搬送することができる生産システムを想定して、連続する 5 つの時期において提案する方法論に基づき、生産システムの設計・構築、運用・改善をシミュレーションにより行った結果を Fig.3, Table 1, Fig.4 に示す。なお、シミュレーションには Imagine That 社のシミュレーションソフト ExTD を用いている。

それぞれの結果における Best mix は生産システムのモジュラー化の手法に基づいて定義した要素の時期ごとの効用の分析を行い、 $R_u^{Mk} I_f^{Mk}$ により求まる特性値が大きく、その特性値の連動のリスクが低いと判断される要素の選択・統合（ポテンシャルの高い生産システムの設計・構築）を行った場合であり、Worst mix は特性値が小さく、その特性値の連動のリスクが高いと判断される要素の選択・統合（ポテンシャルの低い生産システムの設計・構築）を行った場合である。なお、連動のリスクについては条件式 $\rho_{ij} < \min\{\sigma_i/\sigma_j, \sigma_j/\sigma_i\}$ を満たす場合、そのリスクが低い

ものと判断する。ここで、 R_u^{Mk} はある時期における要素 i の機能を持った機械 M_k の平均稼働率を、 I_f^{Mk} はその機械 M_k に設置されたバッファにおけるワークの平均滞留時間 T_f^{Mk} の逆数を示しており、 σ_i, σ_j はそれぞれ選択・統合を行う要素 i 、要素 j の特性値の標準偏差を、 ρ_{ij} はそれら要素の特性値の相関係数を示している。また、 I_0 は（機械故障率の低減の改善を行わない場合のシステム自体の故障発生率）/（機械故障率の低減の改善を行った後のシステム自体の故障発生率）で求められる値である。

段取り時間の半減と機能の冗長の実施については、 $R_u^{Mk} I_f^{Mk}$ により求まる指標値が大きく、システムにおけるボトルネックだと判断される機械・その機能について慎重に注意して順次実施している。機械故障率の低減については予防保全の重要性よりシステム全体について順次実施している。また、機械の故障に対処して機械故障率の低減と機能の冗長のどちらを実施して対応するかについては AHP (Analytic Hierarchy Process) を用いて決定している。

これらの結果より、提案した方法論の有用性を確認することができる。

Fig.3 Simulation result (improvement of set-up)

Table 1 Simulation result (dispatching rule)

selection of elements	the number of improvement of set-up	machine failure	dispatching rule	due-date promising rate (all jobs) [%]	due-date promising rate (jobs of tight due-date) [%]
Best mix	10	not arise	SLACK/OPN FCFS	95.3 98.0	100.0 20.0

Fig.4 Simulation result (improvement of machine failure)
(the number of improvement of set-up : 10)

5. おわりに

以上、市場ニーズの変化に順応な生産システムを構築するための方法論を提案し、計算機シミュレーションによる検証により、その有用性を示した。

【参考文献】

- [1] 菅澤, 国広: 製品・技術開発概論, コロナ社 (2000)