

2504 JIT 生産に基づく連動する FTL へのリアルタイム部品投入制御

Real-time Parts Control fro FTLs based JIT Production

正 ○山本秀彦(岐阜大), 正 丸井悦男

Hidehiko Yamamoto, Gifu University, Yanagido, gifu-shi
Etuo Marui, Gifu University, Yanagido, gifu-shi

This paper describes the parts input problem of production system where two FTLs (Flexible Transfer Lines) are linked under JIT production management. In this paper, new parts input real-time control method REPAIR is proposed. REPAIR is useful when the FTLs are operated under the production order that is different from the pre-decided production scheduling. By applying REPAIR for a virtual production system, it is ascertained that REPAIR is a useful real-time control system that does not give a bad influence if a production order that is different from pre-decided production scheduling is suddenly given.

Key Words : Production System, Scheduling, Computer Control, JIT Production, Real-Time Control

1. はじめに

事前に生産の計画をたてるオフライン方式の生産計画として、数理的方法¹⁾²⁾や、シミュレーション³⁾などが開発されている。

しかし、実際の生産現場では、当日の生産指示が、事前の生産計画と全く同じであることはあまりなく、多くの場合、生産の当日になって、事前の生産計画とは異なる部品要求指示を後工程から受ける。このような状況下では、事前の生産計画はあまり有効に働かない。

そこで、本論文では、後工程引き取り方式の基で 2 つの FTL(Flexible Transfer Line)が連動する生産システムの部品投入問題に取り組む。即ち、この生産システムが事前の生産計画とは異なる生産指示の基で稼働する場合の、部品投入のリアルタイム制御方法 REPAIR (Real-time Parts Input by Rules) を提案する。そして、事前の生産計画と異なる生産指示となっても、後工程生産ラインへの引き取り部品個数に悪影響を生じないリアルタイム制御システムであることを検証する。

2. 後工程引き取り生産システムのリアルタイム制御

2 つの生産ラインが連動する場合、どんなに事前に綿密な生産計画を立てても、当日の後工程の要求がそれと異なるかぎりには、事前の生産計画はあまり有効でなくなる。そこで、生産システム稼働中に後工程生産ラインの引き取り部品を先に予測し、これに対応した部品投入をリアルタイムに行えばよい。しかし、実際に後工程生産ラインが次に何を引き取りに来るかを予測することは非常に困難と思われる。

そこで、本研究ではこの予測の代わりに、前工程生産ラインの完成品コンベア(Conv)の部品整列状況を逐一観察し、この Conv の部品整列状況それぞれに対応した投入部品をルールにより推論するルール型リアルタイム制御 REPAIR を用いる。即ち、**if**[Conv 部品整列状況が...]、**then**[部品***を投入する]という、部品整列状況と投入部

品との関係を if-then ルールで表現し、稼働中の生産システムの実際の Conv 部品整列状況を事実とし、if-then ルールと事実とを逐次照らし合わせ、照合した then 部を実行するリアルタイム制御である。

生産システムのスケジューリング問題への、リアルタイム制御の研究は既にみられる。しかし、これらの研究には、REPAIR のリアルタイム方式である、完成品コンベア上の部品個数を出力値とし、同時に複数が乱立する if-then ルールを用いるフィードバック方式のリアルタイム生産指示方法は用いられていない。

さて、本リアルタイム制御には、次の 2 点の問題が存在し、容易に実現可能なシステムではない。第 1 に Conv 上の完成部品の整列状況は膨大な組み合わせ数になり、この組み合わせ数すべてについての if-then ルールを直接記述すれば、膨大な数の if-then ルールの作成が必要となる。

第 2 に、恒常的に正しい if-then ルールを見つけだすことが困難である。なぜならば、前工程生産ラインに部品を投入してから Conv に部品が搬出されるまで時間遅れが存在し、また時として加工不良などのためライン外へ排出される部品もあるから。

問題点 1 を解消するために、REPAIR では $(b+1)^n$ 個の Conv 部品整列状況を、 $(b+1)^n$ 個よりはるかに少ない分類数で代替するアウトパターン概念を導入する。アウトパターン概念は、Conv 上の部品整列状況を任意の m 個 ($m \ll (b+1)^n$) に限定し、 m 個のそれぞれの部品整列状況をアウトパターン $O_p(m)$ と表現する考えである。

また、問題点 2 を解消するために、REPAIR では部品投入ルールを固定せず、状況に応じて変化する部品投入ルールを用いる。

REPAIR は、Conv の実際の部品整列状況を事実とし、この事実とアウトパターン概念を if 部に持つ部品投入ルールとを照合し、照合したルールの then 部に該当する部品を投入部品とする推論を行う。この推論処理を、実際の生産システム稼働中に任意の時間間隔ごと繰り返し、リアルタイム制御を実行する。以下にこの推論処理のアルゴリズムを示す。

[REPAIR のアルゴリズム]

STEP1 : Conv 上に整列した n 種の部品 $P_{(n)}$ ごとの整列個数 $\text{Num}(P_{(n)})$

を測定し、整列個数集合 S_{best} を生成する。

STEP2: アウトパターン集合 O_{set} の各要素と、整列個数集合 S_{best} とを照合し、一番 S_{best} に類似するアウトパターンを、類似アウトパターン $O_p(M)$ と設定する。

STEP3: 類似アウトパターン $O_p(M)$ と部品投入ルールの if 部を照合し、同じ if 部を持つルールの then 部に記述する仮の投入部品候補全てを選び出す。これを $P_{(q)}$ とする。

STEP4: $P_{(q)}$ からランダムに 1 つの部品, $P_{(q)}$ を選ぶ。この部品 $P_{(q)}$ を投入部品とする。□

図 1 は上記アルゴリズムを図化している。このアルゴリズムは、実際に Conv 上に整列した部品整列状況と一番近いアウトパターン $O_p(M)$ を選び、さらに $O_p(M)$ に対応する複数の部品投入候補 $P_{(q)}$ の中からランダムに 1 つの部品投入候補 $P_{(q)}$ を選び、この部品を次回投入部品として選択している。即ち、同じアウトパターンが選ばれた場合でも、同時に乱立する複数の if-then ルールの中から、その時点ごとにランダムに 1 つのルールを選択する本アルゴリズムの特徴により、同じ Conv 部品整列状況でも、いつも同じ投入部品となることを避けることができ、問題点 2 を解消している。

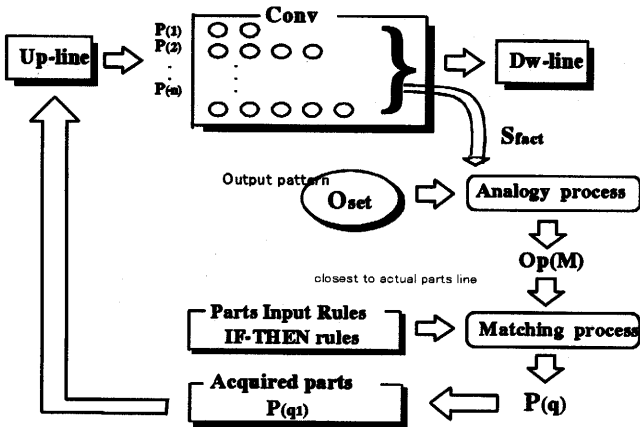


Fig. 1 Outline of REPAIR

3. シミュレーション応用

開発した REPAIR を、コンピュータ上の生産システムに適用し、後工程生産ラインからの引き取りが事前の生産計画と異なる場合にも、後工程生産ラインへの引き取り部品個数に悪影響をもたらさないかを検証した⁴⁾。

この仮想生産システムは、10 種 $P_{(1)}, P_{(2)}, \dots, P_{(10)}$ の異なる部品を生産する自動化生産システムである。各部品の事前の生産計画時点の生産比率は、 $P_{(1)} : P_{(2)} : \dots : P_{(10)} = 3 : 6 : 4 : 3 : 5 : 2 : 3 : 3 : 4 : 6$ である。また、前工程生産ラインは 120 工程存在し、各工程は 15 秒の目標サイクルタイムで部品加工を行う。

表 1 より REPAIR の仮想生産結果は、引き取り部品変更条件が <change1> から <change5> へ変化していても、即ち事前の生産計画から大きく変更する生産指示に移行しても、後工程生産ラインへの引き取り部品個数は低下することなく、一定の水準を維持すること

が判明した。

4. おわりに

本論文は、JIT 生産方式を代表とする、後工程引き取り方式に基づく生産システムへのリアルタイムの部品投入制御方法の開発について述べた。この制御方法 REPAIR は、完成品コンベア上の部品整列状況を逐次観察し、同時に複数の if-then ルールが乱立する知識集合と照合しながら、投入部品を決定する 1 個流生産制御である。

事前の生産計画から大きく異なる突然の生産計画を仮想生産システムに発生させ、生産量の変化を測定した結果、REPAIR によるリアルタイム制御を導入した生産では、事前の生産計画から異なる度合いに関係なく、一定水準で平衡する生産量の確保が確認できた。この結果から、アウトパターン概念、同時に複数の乱立する部品投入に関する if-then ルールなど、REPAIR のアルゴリズムが有効であったと思われる。

今回の REPAIR のアルゴリズム実行の際には、経験的に、あるいは無作為に選んでいる設定値などが存在している。しかし、今後これらの点を改善することで、より効率の良いリアルタイム制御の実現が期待できると思われる。

Table 1 simulation results

Parts number pulled to Dw-line / Changed Condition	REPAIR	Conventional method
<change1>	7294.3	7185.7
<change2>	7327.3	7060.4
<change3>	7343.1	6882.0
<change4>	7307.7	6231.0
<change5>	7337.3	3531.4

文 献

- 1) 程, 木瀬, 中間作業を伴う 2 機械自動生産システムの最適スケジューリング, システム制御情報学会論文集, Vol.8, No.9, 491/497(1995).
- 2) 森川, 中村, 段取作業が生産順序に依存する環境におけるロットサイズと生産順序の決定, 機論, (C 編), 61-589, 354(1995).
- 3) T.Watanabe and M.Sakamoto, On-Line Scheduling for Adaptive Control Machine Tools in FMS, Robotics & Computer Integrated Manufacturing, Pergamon Press, 65(1985).
- 4) 山本秀彦, 後工程引き取り型生産システムにおける部品投入リアルタイム制御, 計測自動制御学会論文集, Vol.35, No.8, 1092/1098, (1999).