

多品種生産ラインの部品投入リアルタイム制御

Real Time Parts Input Control of Multi-Production Line

正 山本 秀彦 (岐阜大学) ○牛 祝芳 正 山田 貴孝

Hidehiko YAMAMOTO, Gifu University,
Syukuhou GYUU,
Takayoshi YAMADA

Key Words: Flexible Transfer Lines, Real Time Control, IF-THEN Rules, Just In Time

1. はじめに

多品種生産ラインのうち、代表的な1つは、フレキシブルトランスファーライン (FTLs) である。通常、多くの FTLs は、JIT 生産方針で動いている。JIT は、無駄を排除して、生産システム内の各工程に「必要なものを必要なだけ」供給する「ジャスト・イン・タイム生産」である。しかし、顧客からの要求は事前の生産計画と異なることが多く、随時変更しなければならない。従って、本研究の目的は、IF-THEN ルールと類似のパターン認識を用いて、前工程生産ラインが異なる生産要求を受けても、後工程生産ラインの生産へ悪影響を与えない、リアルタイム部品投入制御システムを開発することである。

2. 生産システムの生産ラインのモデル

本研究が扱う生産システムの生産ラインのモデルを Fig.1 に示す。この生産ラインは前工程と後工程の2種類の生産ラインが含まれており、その間に完成品の CONV により連動して稼動する生産システムである。後工程生産ラインがこの生産ラインに投入する部品を前工程生産ラインの完成品 CONV から取ってくることによって、2つの生産ラインが全体として1つの生産システムとして稼動する意味をする。つまり、後工程生産ラインが完成品 CONV から、部品一個を引取って、前工程生産ラインに部品一個を投入して、このように2つの生産ラインが連動した場合には、後工程引取り生産方式ともいい、JIT の生産方式の一環として考えられる。

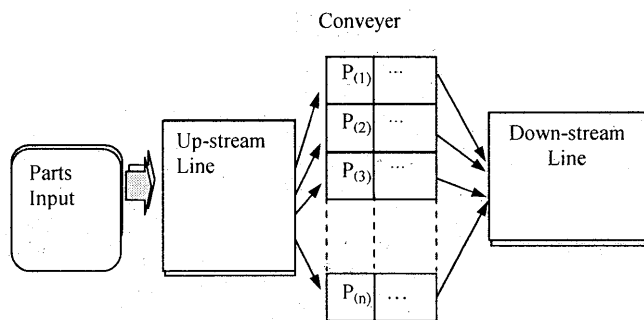


Fig.1 Model of Production system

しかし、前工程生産ラインの投入と後工程生産ラインの排出の間に時間差もあるし、後工程生産ラインの故障が発生することなどもあるし、排出時に CONV から一個出たら、出た部品を投入すると単純に決められない。そこで、CONV の状態を随時見て次の投入部品を決めるという方法で、リアルタイムに部品投入の制御を行う。

3. 多品種生産ラインの部品投入リアルタイム制御

3-1 問題点

本研究は、生産ラインをリアルタイムするために、CONV の状態を随時見て、IF-THEN ルールを用いて、TRUTH としての部品を前工程生産ラインに投入する。しかし、このようにすると、二つ問題点がある。一つは、CONV 上の部品の整列状況は膨大な組合わせなので、この組合わせ数をすべての IF-THEN ルールに直せば、膨大なルールの数を作る必要である。二つ目の問題点は、たとえすべてのルールが作られたとしても、このルールが正しいかどうかを調べるのは難しい。

3-2 OUT-PATTERN の概念の導入

前節に述べた問題点を解決するために、OUT-PATTERN という概念を導入した。OUT-PATTEN とは CONV 上の部品整列の代わりとなるパターンで、個数は m ($m \ll (b+1)^n$) に限定される。この概念により、以下の通りに部品入力ルールになる: IF 現在の CONV 上の部品整列とある OUT-PATTEN と似てると、THEN OUT-PATTEN によって決められた部品を前工程生産ラインに投入する。OUT-PATTEN の数が CONV の組み合わせ数よりずいぶん少ないから、IF-THEN ルールが作られる。そして、ひとつ OUT-PATTEN の IF 部分はいくつか THEN 部分に対応できる。Fig.2 に IF-THEN ルールの例を示す。

Rule 1: IF Op ₍₁₎ ,	THEN P ₁
Rule 2: IF Op ₍₁₎ ,	THEN P ₂
...	...
Rule q: IF Op ₍₁₎ ,	THEN P _q

Fig.2 IF-THEN ルールの例

3-3 リアルタイム制御生産システムのアルゴリズム

Fig.3 にリアルタイム制御による生産システムの概要を示す。

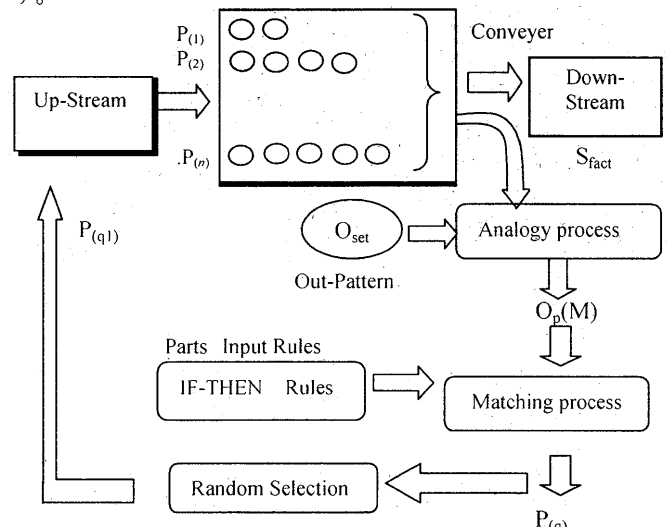


Fig.3 Schematic diagram of production system

リアルタイム制御生産システムのアルゴリズムを説明するために、まず、用いる記号を説明する。

「記号」

n	部品の種類
Pn	CONV 上での部品
Num(Pn)	CONV 上での部品の数
S _{fact}	CONV 上での全部部品の組合 S _{fact} = {Num(P1), Num(P1), ..., Num(Pn)} (1)
m	OUT-PATTERN の数
Op(m)	n 個の整数から成る OUT-PATTERN Op(m) = {rand(1), rand(2), ..., rand(n)} (2)
O _{set}	OUT-PATTERN の組合 O _{set} = {Op(1), Op(2), ..., Op(m)} (3)
Pq	Op(m)の投入候補部品
Pq1	投入候補部品から決められた投入部品
r(n)	部品の生産比率
count _m	S _{fact} と O _{set} の各要素比較し、同じ要素の数を count _m とする

次は、リアルタイム制御生産システムのアルゴリズムを説明する。

「アルゴリズム」

- SETP1 CONV 上の各種部品の数を数えて、Num(Pn)を求め、S_{fact} を求める。
- SETP2 S_{fact} と O_{set} の各要素を比較し、最も類似した Op(M)を見つける。
- SETP3 Op(M)の IF 部分により、THEN 部品の投入候補 Pq を決める。
- SETP4 いくつか投入候補 Pq からランダムでひとつ Pq1 を投入部品にする。

4. OUT-PATTERN の投入候補 Pq の作り方と類似方法

4-1 OUT-PATTERN の投入候補 Pq の作り方

Op(m)により、IF-THEN ルールの THEN 部分、つまり、投入候補 Pq は以下の(基準 1)から(基準 5)までの基準で決められている。

- [基準 1] OP(m)の部品数が 0 個のものを、その OP(m)の投入候補とする。
- [基準 2] OP(m)の部品数が 0 個でない部品は、生産比率 r(n) から各部品を引いて-2 以下の部品をその OP(m)の投入候補とする。
- [基準 3] -2 以下の部品が一つもない OP(m)は、生産比率 r(n) 以下の部品をその OP(m)の投入候補とする。
- [基準 4] 生産比率 r(n)以下の部品がない OP(m)は、r(n)+2 以下の部品をその OP(m)の投入候補とする。
- [基準 5] 1~4 に該当しない OP(m)は、全ての部品を投入候補とする。

この五つ基準は 1 から 5 まで順番に優先権が低い。つまり、[基準 1]の優先権が一番高い。

4-2 最も類似した Op(M)の見つけ方

本研究は数比べという類似方法で最も類似した Op(M)を見つけたし、その Op(M)の THEN 部分より、前工程生産ラインへ流す部品を決める。数比べ方法のアルゴリズムは以下に示す。

- STEP1. CONV 上の各種部品の数を数え、Num(Pn)を求め、S_{fact} を求める。
- STEP2. OP(m)のデータを用い、S_{fact} は OP(m)の各部品と比較し、同じならば、count_m に 1 をプラスする。
- STEP3. STEP2 を繰り返し、全部の OUT-PATTERN まで比較する。
- STEP4. count_m は m=1 から一番大きい数を探し、一番大きいのが複数であれば、ランダムでひとつ count_m を選ぶ。

STEP5. その count_m が対応している OP(m)を現在の CONV 上での部品整理に似てると判定する。

5. 生産ラインシミュレーション

5-1 生産ラインシミュレーションの移動条件

リアルタイム制御生産システムの効果を確認するために、前工程生産ラインと後工程生産ラインが連動する生産ラインをコンピュータ上に作り、シミュレーションを実行した。このシミュレーションは以下の条件で実行した。

- 部品の種類は 10 個、CONV 上に各部品 7 個ずつとする。
- 各部品の目標生産比率は 3 : 6 : 4 : 3 : 5 : 2 : 3 : 3 : 4 : 6。
- 塗装ラインの収容能力は 120 個とする。
- 塗装ラインへの部品投入間隔は 15 秒とする。
- 組立ラインの引き取り間隔は 15 秒とする。
- 部品が塗装ラインを出る時に品質をチェックし、不良品をラインからはずす。不良品が発生する確率は 1/150 個のランダムで起こる。
- 組立ラインは 1/2250 秒の確率でランダムに故障を起こす。故障を起こしている間は、部品を引き取ることが出来ない。故障復旧までの時間は 30 秒とする。
- 実験時間を 40 時間 (144000 秒) とする。
- OUT_PATTERN は 100 個とする。

5-2 シミュレーションとその結果

- 実験は次の 3 種類で実行した。
 - 生産スケジュール通り
 - 生産スケジュールの半分である 20 個が異なる
 - 全く生産スケジュールと異なる
- 各種実験を 10 回実行した。そして、組立ラインの引取り数の平均数を Table 1. に示す。生産スケジュール通りのとき、ノンリアルタイム制御生産システムで組立ラインの平均排出数が良かったが、生産スケジュールと異なった時、リアルタイム制御生産システムのほうが多くなった。

Table 1 Average outputs of assemble line

Average outputs	Real time control production system	Non-real time control production system
Experiment type		
As same as production schedule	9122.4	9152.1
20 parts different from production schedule	8712.0	8386.5
Quite different from production schedule	8316.6	7701.7

6. おわりに

本研究の提案するリアルタイム部品投入制御システムは、前工程生産ラインが異なる生産要求を受けても、後工程生産ラインの生産へ悪影響を与えないことが検証できた。

参考

- (1) Rizauddin Ramli, Hidehiko Yamamoto and Jaber Abu Qudeiri, Real Time Part Input Control of a Pull Production System by Finding IF-THEN Rules, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, Vol.1, No.2, pp.227-237, 2007.