

## 中間バッファがない2機械作業において部品到着時間間隔のバラツキが滞在時間に与える影響

九州東海大学 \* 下田 和裕 SHIMODA Kazuhiro

01703336 九州東海大学 山口 紀生 YAMAGUCHI Norio

### 1. はじめに

フロー型生産ラインにおいて、加工部品の工程間の移動をロボットで行う場合に、積み荷積みおろしの関係から、中間バッファを設けないことが多い。このようなシステムでは、次工程のリソースが稼働中の場合、加工部品は現リソースから離脱できず、いたずらに遊休時間を費やしてしまう。したがって、各部品の工程間の流れをうまく制御することは、設備の有効利用の面からも重要な問題である。

このような生産ラインは通常、待ち行列理論によって解析される<sup>1)</sup>。そして、そのような解析においてはほとんどの場合、部品の到着時間間隔は指数分布にとられている。しかしながら、各部品のシステムへの到着はそれ程ランダムではなく、ある値を中心としてある程度のバラツキをもっている場合が多い。そこで本報告では、部品のシステムへの到着時間間隔が正規分布の場合に、その分散の程度がシステム内滞在時間にどのような影響を与えるのかを、システム・シミュレータによって分析する。

### 2. 適用事例

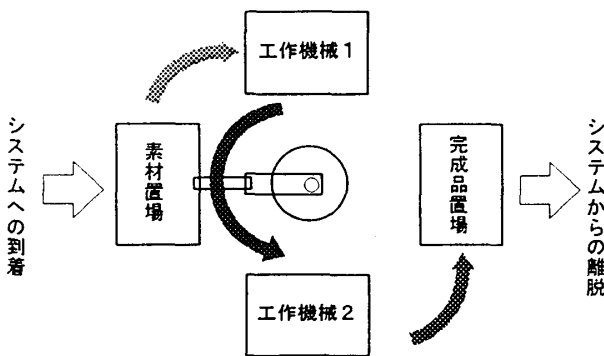


図1 分析対象モデル構成図

分析の対象とした事例は、図1に示すように2機械工程からなるモデルである。加工部品はまず素材置場に到着し、機械1が使用中の場合は素材

置場で待つが、使用中でなければロボットによって機械1へと運ばれて取り付けられる。次に機械1での処理を終了した加工部品は、機械2へと運ばれる。ここで機械2が使用中の場合は、空きを待つため機械1で待機する。機械2での処理が終了すると、加工部品は完成品置場へと向かう。ここで、各機械での加工時間やロボットの速度などの入力条件は表1に示したものである。

このような生産システムの8時間にわたる工程の進捗状況を、シミュレートする。

表1 入力データ

部品の到着時間間隔 (正規分布) (秒/部品)		平均 9 1
加工時間 (正規分布) (秒/部品)	機械1	平均 2 0 分散 2
	機械2	平均 2 0 分散 2
ロボット⇔機械間の 取り付け取りはずし時間 (一様分布) (秒)		4 ないし 6
ロボットの速度 (m/秒)		0. 5
リソース間 の距離 (m)	素材置場 ⇔ 機械1	2
	機械1 ⇔ 機械2	4
	機械2 ⇔ 完成品置場	2

### 3. 結果の吟味

シミュレーション結果としての、加工部品のシステム内滞在時間を示したものが図2である。

この図において、横軸は加工部品の到着時間間隔の分散を示しており、右にいくほど到着時間間隔にバラツキがあることになる。この図から、バラツキがない場合の平均滞在時間は約90秒とわかる。部品の加工時間と移動時間の総和は約81秒の筈なので、この場合の無駄時間は差し引き9秒ということになる。そして、到着時間にバラツキが多くなるにしたがって無駄時間が多くなって、滞在時間が急激に増大していることがわかる。

そこで、到着時間間隔の分散が5の時と30の時

時の平均滞在時間の中味を比較したものが図3である。

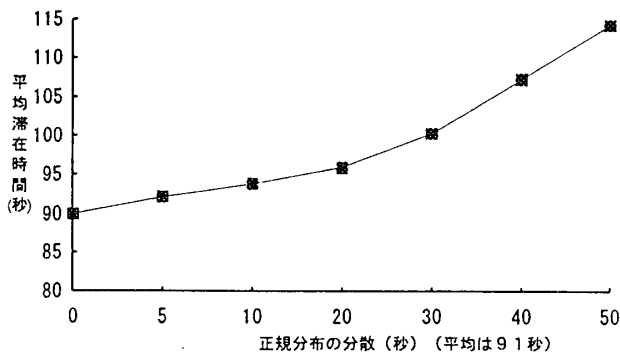


図2. 平均到着時間間隔にバラツキをもたせた場合の滞在時間の変化

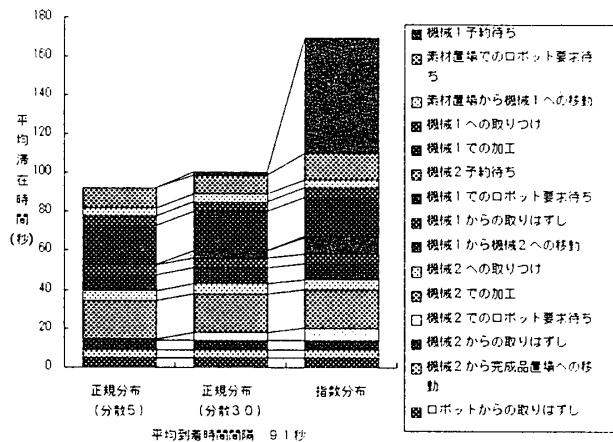


図3. 到着時間間隔の違いによる滞在時間の変化

この図において、右端の棒グラフは到着時間間隔を指数分布にとった場合の結果を示している。正規分布の場合には分散が5と30の場合でも、平均滞在時間の差はあまりなく、9.2秒から10.1秒へと約10%増加するだけである。これに対して加工部品の到着が全くバラバラの場合、すなわち指数分布の場合には、17.2秒と約87%も増加している。しかも、この増加分のほとんどは素材置場における機械1の予約待ち時間であることがわかる。すなわちこの機械1は、たとえそこでの処理工程が終わっても、機械2が稼動中であるかぎり部品を離脱させることができないので、このような目詰まりが起こることになる。

次に各リソースおよびロボットの稼働率を比較したものが表2である。

表2 リソースおよびロボットの稼働率(%)

到着時間間隔 (平均9.1秒)		正規分布		指数分布
		(分散5)	(分散30)	
稼働率	機械1	4.9	5.2	6.1
	機械2	4.8	5.6	6.2
	ロボット	5.4	5.7	5.9

この表からわかるように、部品の到着時間間隔にバラツキが多くなるにしたがって、機械1および機械2の稼働率は、見掛け上高くなっている。これは、ある機械で作業が終わっても加工部品が次の工程へ行くためには、次の工程で使用する機械や運搬のためのロボットを予約する必要があるが、その間は現機械で待機することになり、この時間も機械の稼働率の中に含まれるからである。他方、ロボットの使用時間は、部品の到着時間間隔が変わってもほとんど影響をうけていないことがわかる。すなわち、ロボットには無駄な動きは出ていない。

なお、本報告でのシミュレーションには“SIMAN & CINEMA”<sup>2)</sup>を用いた。

#### 4. まとめ

以上の分析より、中間バッファがないフロー型生産ラインにおいては、加工部品の入庫にバラツキがないようにする、すなわち入庫管理の徹底が生産効率を高める上で極めて重要なことがわかった。

#### 参考文献

- 1) H. T. Papadopoulos and M. E. J. O'Kelly: Exact analysis of production lines with no intermediate buffers, European J. of Operational Res. Vol. 65(1993) pp. 118-137.
- 2) C. D. Pegden著, 高桑宗右工門訳: 「F A・生産システムのシミュレーション」, コロナ社, (1987).