

製造工程を対象にした  
シミュレーション・システム (II)

- シミュレーション・システムの適用 -

2H-3

日本アイ・ビー・エム株式会社 東京基礎研究所

\* 吉川博文, 梅田茂樹

1. はじめに

複雑な構成をもつ製造システムを適切にシミュレーションすることは容易なことではない。筆者らが現在開発を進めているシミュレーション・システムでは、複雑な工程を簡便にシミュレーションでき、かつ製造システム的设计・性能評価等ための強力な道具を提供することを目的としている。本論文では、筆者らのシミュレーション・システムの製造工程への適用について述べる。

2. 製造システムの特徴とシミュレーション

現実の製造システムは、一般に多くの構成要素をもつ複雑なネットワークを形成している。

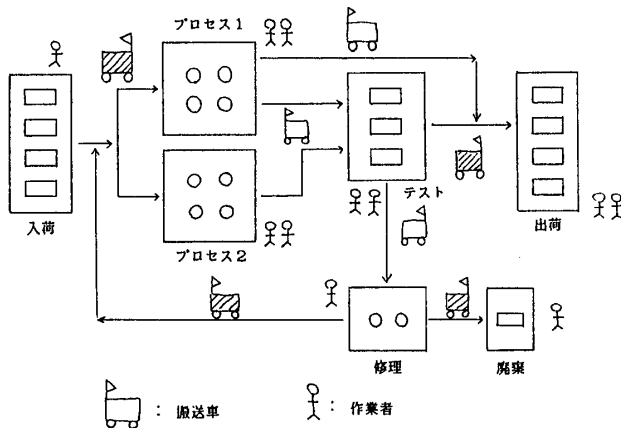


図1. 製造システムの構成要素とネットワーク

ネットワークの中には多数の機械が設置され、ノード間は搬送系によって連結されている。ネットワークの入口では外部の業者に対して定期発注・定量発注などの発注が行なわれ、出口では顧客への製品の納入が行なわれる。さらに、搬送系を含む各工程の保守や段取替えを行なう作業員がいる。

製造システムの特徴としては、(1)大規模システム、(2)確率的な次工程への影響、(3)多品種少量生産、(4)自動化工程と手作業の混在、(5)シフト制、などがあげられる[2]。

このような複雑な構成や特徴を持つ製造システムの設計、性能評価、生産計画の評価、問題の発見および

解決等を効率的に行なう有効な手段としてシミュレーションがある。しかしながら製造システムを適切にモデリングし、シミュレーションを行なうことは容易なことではなく、また製造工程のような複雑なシステムのシミュレーションではその出力結果は膨大なものとなり、その中から必要な情報を短時間のうちに見出すことは困難であることが多い。製造工程を対象としたシミュレーション・システムは、工程を簡単にモデリングできる記述方式と、製造システムを解析する上で必要な情報を詳細に提供する機能、そしてシミュレーションの結果を効果的に提示する機能を備えていることが必要となる。

3. モデリングの記述方式

筆者らのシミュレーション・システムは、フレーム形式と呼ばれる記述方式を採用しており、使いやすく表現力に富んだモデリング手法をユーザに提供することを目的としている。モデリングは、実際の製造システムの構成要素に対応した記述子 (CELL, MACHINE, TRANS, CART, OPERATOR GROUP, OPERATOR) を用いて行なわれる。図2にこれらの記述子を用いたフレームの例を示す。

```
CELL : process1;
MACHINE LIST : promach111,promach112;
MACHINE TYPE : automatic;
MACHINE DOWN : failure=0.014,
                repair=40,
                operators=2;
BUFFER SIZE : plt31=10;
BUFFER CRITERIA: plt31=0;

DEFINE SETUP : s1;
              TIME : minimum=0,average=0;
              OPERATORS : 0;
              END;
DEFINE WORK : wt1;
            SETUP : s1;
            TIME : minimum=3.50,
                  average=3.81;

INPUT TYPE : plt31=1;
OUTPUT TYPE : plt41=1;
END;

DEFINE JOB : j1;
           WORK TYPE : wt1;
           REPEAT : 1;
           END;

JOB SEQUENCE : J1*300;
INIT SETUP : srst11=s1,srst12=s1;
INIT BUFFER : plt31=0;
END
```

図2. モデリングの記述例 (I)

Simulation System for Manufacturing (II)

\*Yoshikawa Hirofumi, Umeda Shigeki

IBM Japan, Tokyo Research Laboratory

また、製造システムではネットワークのノード間の連結方法として、かんばん方式にみられるような「引き取り型 (PULL)」、およびMRP方式にみられるような「押し出し型 (PUSH)」がある。とりわけ「引き取り型」のシミュレーションを適切に行なうことは、従来の離散型のシミュレーション言語では困難であるか非常に手数のかかる作業であった。筆者らのシミュレーション・システムでは、搬送系の属性のひとつとして「引き取り型」・「押し出し型」を指定することにより、容易にこれらの機能を実現することが可能となっている [3]。

#### 4. シミュレーション出力結果の提示

筆者らのシミュレーション・システムの出力項目としては次のようなものがある。

- 各工程における部品の仕掛かり在庫量およびスループット
- 各工程に定義された機械の稼働時間、段取替え時間、入力待ち時間、回復待ち時間、等
- 各搬送系に定義された搬送車の搬送時間、搬入・搬出時間、入力待ち時間、等
- 各作業班に定義された作業者の作業時間、等

製造工程に即したこれらの詳細な出力を用いることにより、製造システムの多様で精度の高い解析が可能になっている。例えば、これらの出力の各々は新しい製造システムの設計・能力評価に欠かすことのできない情報を提供し、仕掛かり在庫量・スループット等の出力は日々の生産計画に有用な情報を提供する。

またシミュレーションの結果出力される膨大な結果を効率よく利用できるように、筆者らのシミュレーション・システムでは、出力結果をグラフィックス表示する機能と、数値データを統計的に整理した形でレポートとして提示する機能を備えている。図3は製造システムのある工程における仕掛かり在庫量の時間的挙動を示している。

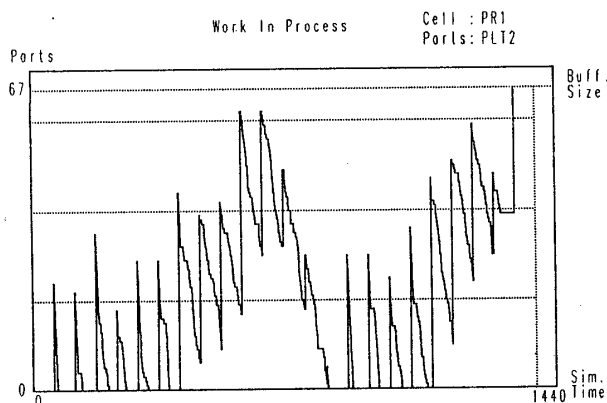


図3. 仕掛かり在庫量の表示例

製造システムの各工程に対して仕掛かり在庫量およびスループットのグラフィックス表示が得られる。これらの表示から各々の工程における製品の生産量の立上り状態、各部品に割当てられたバッファの利用状態、ブロッキングの発生する時刻、マシン・ダウン等による生産量への影響、などの情報を得ることができる。

また各工程に定義された機械、ノード間を結ぶ搬送系に定義された搬送車、作業班に定義された作業者等の稼働率が、統計的に処理された数値情報として図4のように得られる。

CELL name: PROCESS1	Cell idling :	Mean =	(	0.00%	)	SD=	0.000	CI=(	0.000,	0.000)
	MinMax=(	0.000,	0.000)							
MACHINE name: PR0MACH11	No input :	Mean =	522.797	(	36.31%	)	SD=	54.112		
	MinMax=(	484.534,	561.060)				CI=(	281.213,	764.381)	
	Full output :	Mean =	0.000	(	0.00%	)	SD=	0.000		
	MinMax=(	0.000,	0.000)				CI=(	0.000,	0.000)	
	Work :	Mean =	917.353	(	63.71%	)	SD=	54.008		
	MinMax=(	879.163,	955.542)				CI=(	676.235,	1158.471)	
	Recover :	Mean =	0.000	(	0.00%	)	SD=	0.000		
	MinMax=(	0.000,	0.000)				CI=(	0.000,	0.000)	
	Setup :	Mean =	0.000	(	0.00%	)	SD=	0.000		
	MinMax=(	0.000,	0.000)				CI=(	0.000,	0.000)	
	Output wait :	Mean =	0.000	(	0.00%	)	SD=	0.000		
	MinMax=(	0.000,	0.000)				CI=(	0.000,	0.000)	
	Recover wait :	Mean =	0.000	(	0.00%	)	SD=	0.000		
	MinMax=(	0.000,	0.000)				CI=(	0.000,	0.000)	
	Setup wait :	Mean =	0.000	(	0.00%	)	SD=	0.000		
	MinMax=(	0.000,	0.000)				CI=(	0.000,	0.000)	

図4. 稼働率の表示例

グラフィックス表示から得られる情報と数値表示から得られる情報の両者が互いを補いあうことにより、いっそう効率的なシミュレーション結果の利用が可能になると考えられる [1]。

#### 5. おわりに

筆者らが現在開発中のシミュレーション・システムの製造システムへの適用について述べた。このシミュレーション・システムにより、複雑な構成を持つ製造システムの種々の評価・解析が、より簡単で効率的に行なうことができる。シミュレーション・システムをいっそう有効な道具とするために、今後の方向のひとつとして、「シミュレーションの自動化」が考えられる。これは感度分析や最適化などの手法を用いて、出力に与える入力パラメータの影響や目的関数を最大・最小にする入力パラメータの値を、システムが自動的に推定する方向である。汎用的なシミュレーション・システムの上に自動化を実現するためには、まだ解決しなければならない問題が多いが、実用的にも理論的にも興味深い分野であると思われる [4]。

#### 6. 参考文献

- [1] 梅田、吉川「生産システムシミュレーションに関する研究 (I)、(II)」、1989年度日本OR学会春季研究発表会 (1989)
- [2] 梅田「生産システムの設計・運営とシミュレーション」、IEレビュー、vol.30 No.2 (1989)
- [3] 梅田、吉川「生産指示方式を考慮した生産システムのシミュレーション」、日本シミュレーション学会第8回シミュレーション・テクノロジー・コンファレンス (1989)
- [4] A.M.Law and W.D.Kelton、「Simulation Modeling and Analysis」、McGraw-Hill (1982)