

# プロセスネットワークに基づく 離散型生産システムの汎用的モデル化手法の提案 - バッチプラントのモデリングへの適応例

宮崎大学工学部研究教育支援技術センター  
高塚佳代子

はじめに

複数の処理要求が不規則に発生する離散型生産システムのリアクティブな挙動を表現するためのモデルを導入し、ユーザが与えるプラント情報から制御モジュールの必要箇所を形式的に特定しつつ、挙動モデルを構築していくといった一連の手順を形式化した。更に本手法の有効性を FA(Factory Automation) 実験装置の例題によって確かめた。

キーワード: 離散システム, リアクティブシステム, 設計, 標準化, プロセスネットワーク

## 1. 研究の背景と目的

離散型生産システムでは、複数の部門や処理装置群が分散配置され、それぞれが並列かつリアクティブに動作している。このようにリアクティブかつ並列に動作する離散型生産システムの挙動は、(1) 処理の場を提供する生産システムの装置特性 (2) 処理工程上の制約を与えるレシピ情報 (3) 生産環境の不確実性に関する情報 (4) 運用上の戦略や制御の仕方の4つにより特定される。しかし、このようなシステムの制御系設計は、設計者の経験や直感により試行錯誤的に行なわれているのが常であり、また、このように設計されたシステムの動作検証は、シミュレーションによる部分的なチェックでしかできないのが現状である。そこで、本研究室では、離散型生産システムを表現するモデルとして、拡張時間状態チャートを提案した<sup>1)</sup>。しかし、このモデルが持つ表現力に何ら制限を設けないまま対象システムの記述を行なわせる時、記述ミスが起こりやすさや、個々人の記述内容のばらつきといった問題が起こってくる。そこで、システム記述手順の標準化を目的とし、離散型生産システムを、プロセスネットワークを経由して拡張時間状態チャート表現するための手法について検討すると共に3系列2段重合缶のバッチプラントに本手法を適用してその有効性を確認したので報告する。

## 2. プロセスネットワークに基づくモデル化手法

プロセスネットワークを用いる利点は次の通りである。

- (1) 対象システムのトポロジーがそのままモデル化に使えるなど、フロー型プラントの動作を自然な形で表せる。
- (2) 事象の前後関係のみならず、リアクティブな振舞も記述できる。
- (3) 制御が必要となる箇所(以降「制御部位」と呼ぶ)を顕在化させることができる。

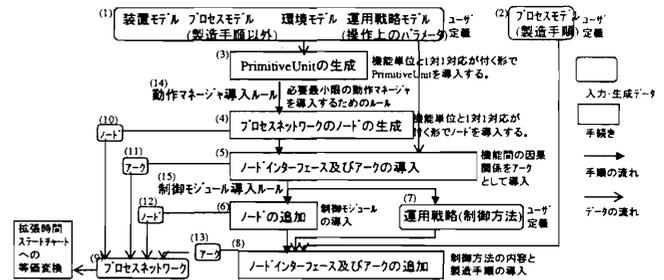


図 1: 検証システムの構成

本手法の流れを図1に示す。(用語等の意味は次の通り。)

・機能単位: 装置の集合に対し、その設置目的を説明するための基本単位。各機能単位は、具体的には以下の3つの性質を持つ部分シーケンスの集合として定義される。

1. 当該装置群が内包するある単位目的を達成させ得る各部分シーケンスの集合であり、かつ
2. 同時に実行させない部分シーケンスの集合であり、かつ
3. 一括管理させる部分シーケンスの集合となっていること。

2は、同時使用が不可である同一装置の使用要請が共通して内包されているような部分シーケンスの集合を意味する。3は、その部分シーケンスの集合においては、(制約2の下では) 管理すべき事柄が常にシーケンシャルにしか発生しないような部分シーケンスの集合を意味する。

・プロセスネットワークのノード: 各機能単位/制御モジュールに対して導入される。各プロセス/制御方法を表す当該機能単位の具体的な内部動作の定義を与える項目群から成る。(図1-3,5)

・プロセスネットワークのアーキ: 状況間での(実現

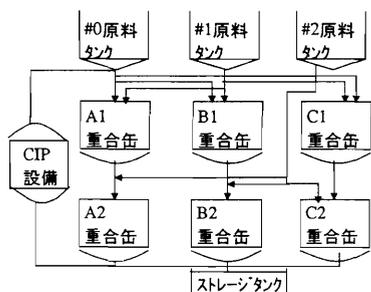


図 2: 対象世界

可能な) 事象発生 の順序関係と 1 対 1 対応で導入される各ノード間のチャンネルを表す。即ち、ある状況とそれを受けて開始/終了するような状況との状況間の関係を、アークの接続元と接続先に対応付けて表す。なおここでいう事象発生 の”順序関係”は、次のような関係を含んでいる。

1. プラントの設計意図を機能させるための順序関係 (図 1-4)
2. 製造手順及び制御方法を実現させるための順序関係 (図 1-7)

- ・ノードインターフェース: アークの接続部位を表す。そこで保存される情報は発生可能な状況と等価である、
- ・制御モジュール導入ルール: イベント駆動で動作した時に無条件では実行可能でないノードインターフェース (3.2 参照) をネットワーク構造に基づき形式的に特定するためのルール。

なお、図 1 の手順で得られたプロセスネットワーク (図 1-8) と拡張時間ステートチャートとの等価な対応付け (※ 1) は以下のように行なえる。

- ・状態 (上位の階層から順に) ⇔ プロセスネットワーク, ノード, ノードインターフェース
- ・イベント ⇔ 任意のアークの接続元から出力され、当該アークの接続先へ流れるトークン
- ・遷移の半順序構造 ⇔ ノードインターフェース間の半順序構造
- ・各遷移条件 ⇔ 各ノードインターフェースの実行可能条件

またプロセスネットワークと対象世界 (実体) との間は、制御モジュール導入ルールが適用し易いように対応付けている。

3. 適応例 本手法の有効性を実証的に示すために、3 系列 2 段重合バッチプラント (図 2) を例としてモデル化を行なった。

3.1. プロセスネットワークの生成 図 3 は、上記の対象プラントに関するユーザ定義 (図 1-1) から生成された (制御モジュール導入前 (図 1-4 まで) の) プロセスネットワークである。

図中、四角がノードを、{..} は特定の部分シーケンス..を含むプロセス (内部プロセス) を表す。{..} の要素はシーケンス構成単位を表している。黒点で表した各アークの根元及び先端はノードインターフェースの存在部位を示す。例えば、ノード”#1 原料タンク”は機能単位 {LA.1, LB.1, LC.1} に対応し、LA.1 の左端は「A 系列への製造レシピの工程 1 の開始時点」に相当する。

3.2 制御方法と製造手順のプロセスネットワークへの導入 図 2 で示すようなプロセスネットワークは、以下示すような制約 (1)~(3) を与えられているため、無条件では実行可能でないノードインターフェースを含むものとなっている。

- (1) トークンの発生タイミングは、出力元と等価な状況が生じた時点とする。
- (2) 一方、トークンを受けた出力先は (イベント駆動性より) これと等価な状況を直ちに生起させなくてはならない。
- (3) 各ノードインターフェースは同時に複数トークンの入出力を許可しない。

本手法で提案する制御モジュール導入ルール (図 1-9) とは、このような実行不可能なノードインターフェースをプロセスネットワークの構造から形式的に見出すためのルールである。このルールに従う時、例えばノードインターフェース (p1) は、「異なるノードから出る 2 本以上のアークの先端が (p1) で競合していることから、(p1) へ出力されるトークンを排他制御するための制御モジュールが必要である」となる。そして当該制御モジュールに対する何らかの制御方法が与えられたなら、この方法の実現上必要なノード、アーク等が追加される。(図 1-5,6,7)

一方、ノード単位で行なわれる一括管理が及ばない部分に関してのみ、製造手順を制御するためのアークを追加する。(図 1-7)

以上のような処理を行なって得られたプロセスネットワーク (図 1-8) に対し、前述の対応付け (※ 1) を行なうことにより、望むような拡張時間ステートチャートが得られる。(図 4)

4. 結言 事象駆動・時間駆動が混在し、並列かつリアクティブに動作する離散型システムを、人が見て理解し易く、かつ機械的な性質検証が可能なモデル (拡張時間ステートチャート) に変換するための標準的モデル化手法を開発した。またバッチプラントを適応例として、本手法の有効性を示した。

参考文献

1) 高塚他:バッチプラントの動作検証のためのモデルと検証アルゴリズムの提案 化学工学会第 34 回秋季大会予稿集

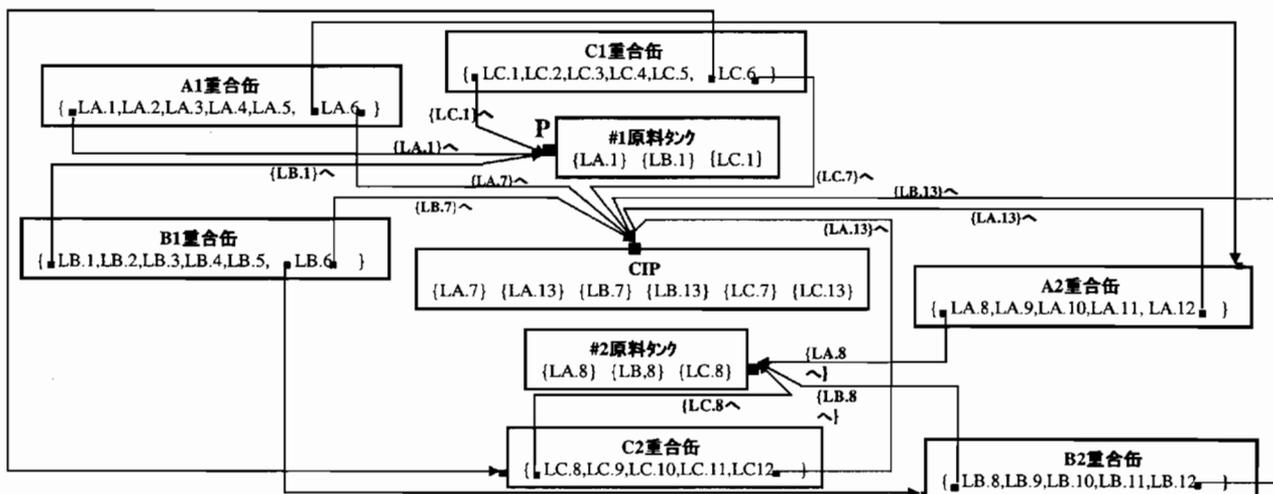
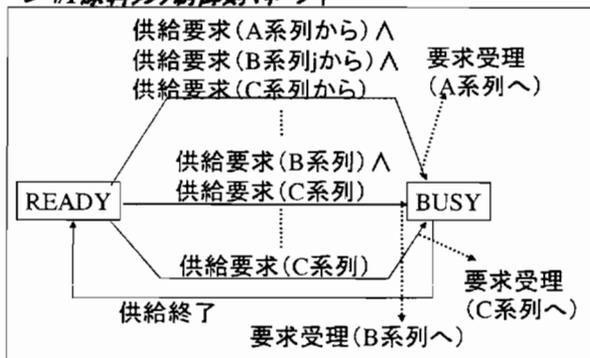


図 3: プロセスネットワーク型モデル

プラントマネージャ

CIP 制御マネージャ	C1重合缶 動作 マネージャ	B1重合缶 動作 マネージャ	A1重合缶 動作 マネージャ
#2原料タンク 制御マネージャ	C2重合缶 動作 マネージャ	B2重合缶 動作 マネージャ	A2重合缶 動作 マネージャ
#1原料タンク 制御マネージャ			

#1原料タンク制御マネージャ



A1重合缶工程マネージャ

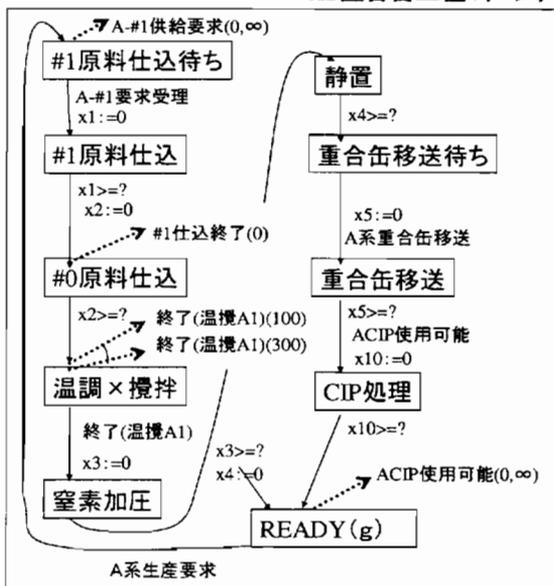


図 4: 挙動モデル (拡張時間状態チャート)