

生産システムスケジューリングツール

4V-4

森 一之、 築山 誠、 福田 豊生

三菱電機(株) 産業システム研究所

1. はじめに

近年、生産の多品種少量生産化に伴い、生産システムの複雑化が進んでいる。複雑な生産システムを新たに構築するには多額の投資を必要とするため、既存の生産システムを流用する機会が多い。この場合、生産システムは同じ装置を繰り返し使用する繰り返し工程となることがある。このような生産システムのスケジューリング問題は繰り返し工程を含むジョブショップ型スケジューリング問題として定式化可能であるが、特別な場合を除いてこの問題を解析的に解くことは困難である<sup>1)</sup>。そこで実際のスケジュールは分枝限定法、あるいはシミュレーションなどにより求められている。しかし、このようにして求められたスケジュールは、列車の運行表と同じく長期のスケジュールであり、急な製品の追加や装置の故障などの外乱に対処することはできない。

本システムでは、これらを考慮し、シミュレーションにより求めたスケジュールに対して、スケジュール作成者がスケジュールプランニングエディタを用いてスケジュールの変更、追加、削除などの作業を行って希望するスケジュールを作成する方法を採用している。

2. システム構成

本システムは、図1に示すように、基本スケジュールを作成する(1)離散事象システムシミュレータ、システムのモデルを作成する(2)モデリングエディタ、作成したスケジュールを編集する(3)スケジュールプランニングエディタ、そして作成したスケジュールの評価指標を提示する(4)スケジュール評価ツールから構成されている。

1) 離散事象システムシミュレータ

(Discrete Event System Simulator:DESS)

DESSは、時間付きペトリネットを基礎としている。なお、トランジションの発火は先入れ先出しの原則に従っており、トランジション間の競合が生じた場合にはディスパッチングルールにより競合の解消を行っている<sup>2)</sup>。

2) モデリングエディタ(Modeling Editor:ME)

MEは、ディスプレイ上で工程を表すアイコンと装置を表すアイコンとをアークで関係づけることにより、生産システムの時間付きペトリネットモデルを作成するものである。

3) スケジュールプランニングエディタ

(Schedule Planning Editor:SPE)

SPEは、スケジュール作成者とシステムの協同作業によりスケジュールを編集する制約指向のエディタである<sup>3)</sup>。

4) スケジュール評価ツール(Masuring Tool:MT)

MTは、スケジュールを評価するための支援ツールである。以下にその評価指標を示す。

- a) 装置稼働率
- b) リードタイム分布
- c) 仕掛り分布
- d) 納期遅れ分布

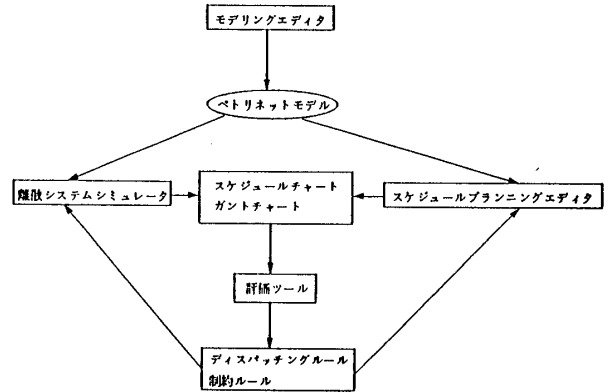


図1. システム構成図

3. SPEの概要

SPEは生産における各種制約のチェック機能をその特長としている。この機能によりスケジュール作成者は制約条件を意識せずにグラフィック画面上でスケジュールの編集を行うことができる。また、スケジュールの表現を品種別の工程に着目したスケジュールチャートと装置に着目したガントチャートの2つの連動するチャートを用いたことにより作成者の編集能力を向上させている。

3. 1. 生産システムにおける制約

本システムでは、制約を強い制約と弱い制約の2つに分類している。強い制約とはシステムが必ず守らなければならない制約であり、弱い制約とは加工待ち時間最小制約のようにできる範囲で守らなければならない制約である。なお、制約の強さはルールによって設定される。各制約を以下に示す。

a) 強い制約

- ・ 工程処理順序制約
- ・ 装置使用制約
- ・ タクト間隔制約
- ・ バッチ数の上限の制約

b) 弱い制約

- ・ バッチ数最大制約
- ・ 納期制約
- ・ 加工待ち時間最小制約

タクト間隔とは、あるロットの工程処理を開始してから次のロットがその工程処理を開始するまでの間隔である。(工程の処理時間とタクト間隔は等しくなくてもよい。)

3. 2. SPEの機能

SPEの主な機能には次のものがある。

- 1) プライオリティの設定
- 2) 工程の移動
- 3) ロットの挿入
  - ・ フォワード挿入
  - ・ バックワード挿入
- 4) ロットの削除
- 5) ロットのコピー
- 6) 工程のバッチ
- 7) 使用装置の変更
- 8) メンテナンス装置の挿入

工程の移動とは工程の処理開始時刻および処理終了時刻を変更する機能である。ここでの制約は、対象とする工程の処理開始時刻が前工程の処理終了時刻より後であることと対象とする工程の処理終了時刻が後工程の処理開始時刻より前であること（工程処理順序制約）、更に対象とする工程の処理に使用する装置が処理する時間帯にアイドル状態であること（装置使用制約）などである。

フォワードとバックワードという2種類のロットの挿入について説明する。

フォワード挿入は、投入時刻が指定されたロットの挿入であり、バックワード挿入は、仕上り時刻が指定されたロットの挿入である。挿入されるロットは、制約ルールに従って既存のスケジュールに追加される。もし、挿入ロットと既存のロットに競合が生じた場合には、ディスパッチングルールによりどちらのロットを優先するかを決定し、そのロットを優先的に処理する新たなスケジュールを作成する。

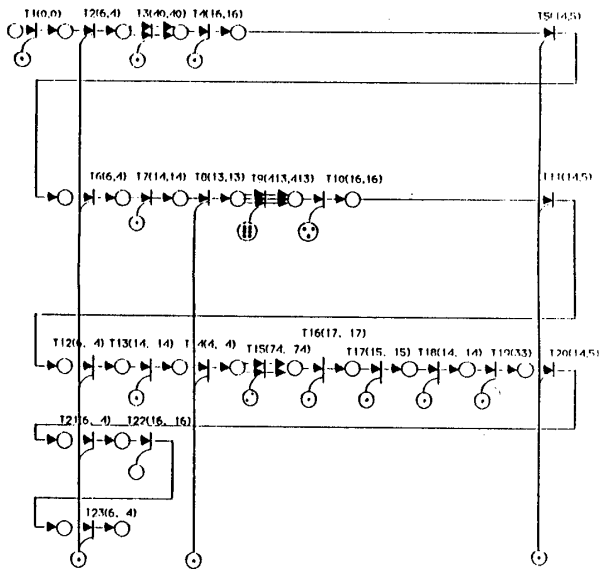


図2. 生産システムの時間付きペトリネット表現

4. スケジュールの作成

4. 1. 生産システムの記述

スケジューリング対象となる生産システムを時間付きペトリネットモデル化したものが図2である。

4. 2. スケジュール作成法

- スケジュールは、基本的に次の方針に従って作成する。
- 1) 生産システムのモデリング (MEを使用)
  - 2) 基本スケジュールの作成 (DESS, SPEを使用)
  - 3) スケジュールの評価 (MTを使用)
  - 4) スケジュールの編集 (SPEを使用)
  - 5) 満足するスケジュールが作成されるまで
    - 3)、4)を繰り返す。

この基本スケジュール（図3）は生産の強い制約を満たしている。作成者がこのスケジュールに満足すれば編集を行うことはない。編集が必要となる場合の例とそれに対する編集方法を以下に示す。

・ 編集の必要な状況

- a) バッチ処理に余裕がある。
- b) 急な製品の追加の発生。
- c) 装置のメンテナンスあるいは故障の発生。
- d) 装置の稼働率の向上あるいは装置に余裕をもたせる。
- e) 納期に完成しない製品がある。

・ 編集方法

- a) バッチ機能を用いる。
- b) 特急ロットを優先するというディスパッチングルールを指定し、ロット挿入する。
- c) メンテナンス装置挿入機能を使う。
- d) 装置の稼働率を向上したい場合には、装置の遊休時間にロットを挿入する。逆に余裕をもたせたい場合にはロットを後に移動する。
- e) 仕上り時刻を指定し、をバックワード挿入する。

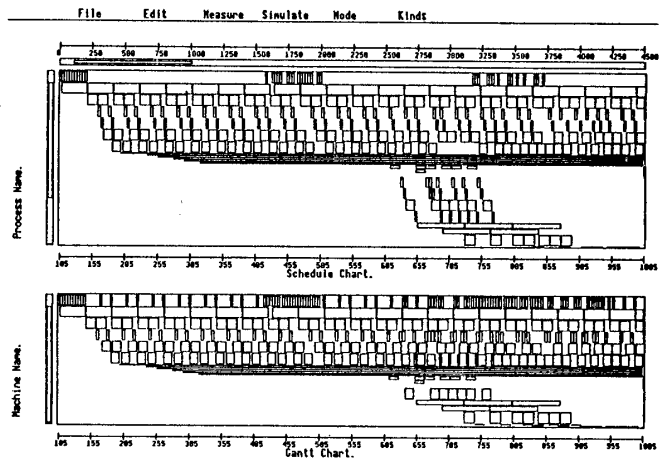


図3. スケジュール例

5. おわりに

シミュレーションにより作成したスケジュールは、スケジューリングの目的に合うスケジュールになるとは限らない。しかし、作成したスケジュールの編集を人間が行うことにより、目的を満足する（あるいは目的に近い）スケジュールの作成が可能であった。

スケジューリングの対象となった生産システムは工程が23、装置の総数が23、品種が1と中規模の生産システムであるので作業者がマニュアルでも編集することができた。本システムは、更に大規模な生産システムに適用可能であるが、大規模化に伴って作成者の負荷が増大することが分っている。このような生産システムに対応するにはシステムの作成者への支援機能（スケジューリングの自動化機能）の向上が必要である。

6. 参考文献

- 1) Jan Magott, "Performance Evaluation of Systems of Cyclic Sequential Processes with Mutual Exclusion and Communication by Buffers Using Timed Petri Nets", International Workshop on Petri Nets and Performance Models, 146/153 1987
- 2) 森、築山、福田、"離散システムシミュレータによる生産スケジューリング"、昭和63年電気学会全国大会予稿集、1954/1955、1988
- 3) 築山、森、福田、"生産スケジューリングの一手法"、計測自動制御学会第1回離散事象システム研究会講演論文集、33/38、1988