

バッチ生産用スケジューリングドメインシェル
- スケジューリング知識構造グラフ -

1N-8

黒澤 明 吉岡 健
富士ゼロックス(株) 生産技術研究所

1. はじめに

本スケジューリングドメインシェルは、知識処理手法を用いて、生産スタッフ自らが日程計画作成システムを開発できることを目指している。[1]

本システムは、製造システムを記述する製造システムモデル、及び計画作成のためのノウハウ(ヒューリスティックス)を記述するスケジューリング知識構造グラフに分類される。本稿ではスケジューリング知識構造グラフについて報告する。

2. 基本構想

本ドメインシェルでは、専門家モデルを知識ベースに構築し、現場の生産スタッフと同等のスケジュールを得ることを狙いとしている。生産スタッフへのインタビューを通して、ヒューリスティックスの抽出・解析を行った結果、以下のことが分かった。

- 部分毎の計画を特定の順序で作成していくことで全体の計画作成を行う。
- 納期や在庫等の状況に応じて割付け可能な生産品に優先順位を決定し、ジョブを生成する。
- ジョブ割付け時に納期等の制約条件をチェックし、制約違反時には前の割付けに戻る、ジョブの生産量を変更するなどの処置を行う。

このため、スケジュール作成に必要な知識を

- ① 部分問題への分割、及び部分問題間の順序(手順)を記述する「手順知識」
- ② 各部分問題毎に割付け可能生産品の優先順位を決定し、ジョブを生成する「割付け知識」
- ③ 制約条件と違反時処理を記述する「制約知識」

に分類した。推論方式としては、部分問題毎に問題解決を行うために後向き推論方式を採用し、場合によっては、複数の手順から採用すべき手順を選択する前向き推論機構も利用できる構成とした。さらに、割付け失敗時に適用する知識を記述し、バックトラック先を制御するための知的バックトラック機構を設けた。

部分問題化における問題分割の手法として、(時間×リソース)の2次元空間上の割付け可能な領域である割付け空間を、各部分問題ごとに設定する機構を検討した。

3. スケジューリング知識構造グラフ

前章の基本構想に従い、各知識をノードで記述し、知識間の関係をノード間のリンクで表現する

Scheduling Domain Shell for Batch Production
- Scheduling Knowledge Structured Graph -
Akira Kurosawa, Takeshi Yoshioka
Manufacturing Engineering Lab., Fuji Xerox Co., Ltd.

ことにより、柔軟な推論制御を可能とするスケジューリング知識構造グラフ(以下知識構造グラフと呼ぶ)を立案した。2章で分類した各知識には、それぞれ以下の機能を持たせた。

① 手順知識ノード

各部分問題(接続先の下位ノード)の実行順序の制御を行う。後向き、前向きの推論制御に対応する為、下位ノードを接続順序に従い繰返し実行する「繰返し知識ノード」、下位ノード中から前提条件を満たすノードを1つ選択し実行する「選択知識ノード」の2つに細分した。前者が後向き推論、後者が前向き推論に相当する。

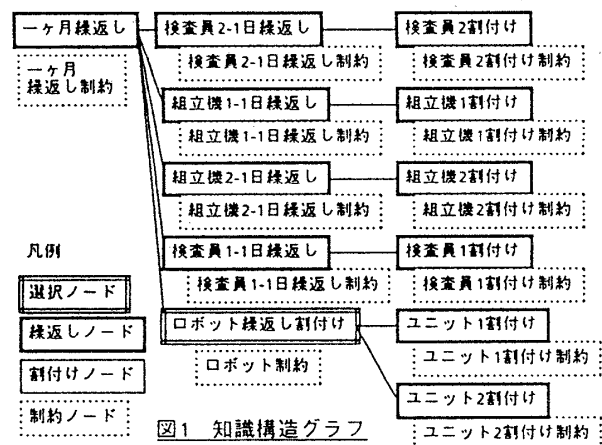
② 割付け知識ノード

ジョブを割付ける知識を記述する。記述された知識に従い割付け可能なジョブを算出し、スケジュールデータベースに割付け結果を記入する。現在、割付け戦略には、納期優先、稼働率最大などのディスパッチングルールが用意されており、ユーザーは実際の割付け規則に適合する戦略をメニューから選択する。

③ 制約知識ノード

制約条件及び制約違反時に適用される制約解消戦略を記述する。制約解消戦略は、別の割付け候補を選択し、候補がなくなった場合には前手順に遡る通常のバックトラックの他に、バックトラック先をユーザーが指定する知的バックトラック、割付け戦略変更等がある。

これらのノードで構成された知識構造グラフの例を図1に示す。



4. 知識ノード間の情報伝達

推論は各知識ノード間でのメッセージパケットの送受信により進行する。メッセージパケットには、下位ノードへ動作を指示するコマンドメッ

セージ、処理の結果を上位ノードへ伝達するリポートメッセージがある(表1)。この指示/結果に従って各ノードは与えられた処理を行い、次のノードへメッセージを伝達する。

メッセージ	機能
Schedule	スケジュール実行を指示
Reschedule	再スケジュールを指示
Check Constraint	制約知識ノードに制約チェックを指示
Success	スケジュール成功
Failure	スケジュール失敗
Satisfy	制約条件充足
Unsatisfy	制約未充足

表1 メッセージの種類

また、下位ノード(手順知識ノードもしくは割付け知識ノード)は上位ノード(手順知識ノード)の部分問題の処理を記述するという機構に着目し、割付け空間を伝達し、下位ノードにおいて割付け可能なジョブを規定するという機構とした(図2)。上位ノードでは、接続されている下位ノードに一つ一つ対応する割付け空間を設定し、推論実行時にそれを下位ノードに伝達する。繰返し知識ノードでは1回の繰返し毎に割付け空間を変更することで、同じ下位ノードを用いて異なる割付け空間内にジョブを割付けるといった操作が容易に記述可能となる。また、部分空間に割付けのものがなくなった時には下位ノードで解くべき部分問題が解けたと解釈し、割付け終了とする。

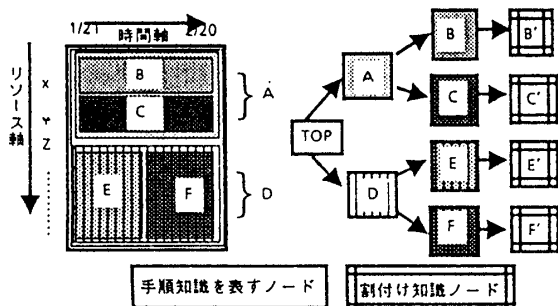


図2 手順知識ノードとリソース×時間空間の関係

5. 知識構造グラフの試作

知識構造グラフを試作し、仮想の組立ラインに適用し、機能の確認を行った。この組立ラインは、ロボットによる組立、組立機によるカバー取付の2段階の組立を経た後、検査員によって検査され完成品として倉庫に格納される(図3)。この組立ラインに於て手作業でスケジューリングを行い、ノウハウの抽出を行った。

各組立/検査はそれぞれ一日単位で割付けを行うこととし、それを一ヶ月分繰返すことで計画作成を行う。検査員2は、2つの製品の検査を担当しており、計画作成時にボトルネックとなるため、最初に割付けを行う。さらにその割付けが上流工程で失敗する恐れがあるため検査B、検査Cを割付ける。ロボットの割付けではユニットにより異なる

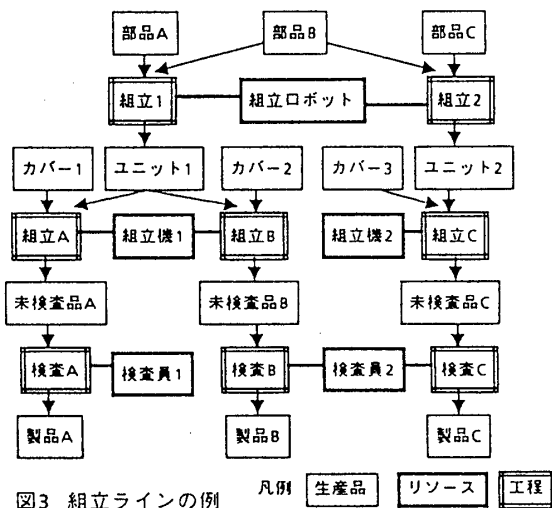


図3 組立ラインの例

割付け戦略を設定して選択ノードを使用した。作成された知識構造グラフが前掲図1である。検査員1割付けで、未検査品Aの在庫が無くなり割付け不可能の場合には、組立機2の割付けの修正は無意味な為、組立機1の割付けに無条件でバックトラックする等、知的バックトラックの設定も行った。

知識構造グラフの各ノードの詳細と推論を行って得た割付け結果を検討した結果、あらかじめ抽出したノウハウが記述可能であり、十分な結果が得られていることがわかった。

また、本システムを社内実製造ラインに適用した結果、必要なノウハウが記述でき、生産スタッフと同等レベルの日程計画が作成可能であることが確認できた。今回、割付け戦略など各戦略/条件は、対象とした製造システムに必要と思われる機能をあらかじめ用意し、メニューを用いて選択したが、将来は簡易なダイアログ等を利用した新たな知識エディタを開発し、生産スタッフ自身が必要な戦略/条件等を新たに作成可能とすることを検討している。

6. おわりに

スケジュール作成に必要な知識を手順知識、割付け知識、制約知識の3種類に分類し、知識間の関係を木構造で表すスケジューリング知識構造グラフと、これを用いた推論アルゴリズムを立案した。本機構を用いて、仮想の組立ライン及び実製造ラインの日程計画作成テストベンチを構築し、日程計画作成に必要な知識を知識構造グラフで記述可能なこと、生産スタッフと同等な日程計画が作成できることを確認した。今後、知識エディタを開発し、生産スタッフ自らの計画作成システムの構築を容易にすべく検討を行っていく。

参考文献

[1] 吉岡健,黒澤明,「バッチ生産用スケジューリングドメインシェル-システム構成と製造システムモデル-」、情報処理学会第47回全国大会 1N-7, 1993