

協調型スケジューリング・システムにおける
ヒューリスティック・ルールの役割について

2B-6

広瀬紳一

日本アイ・ビー・エム株式会社 東京基礎研究所

1. はじめに

我々は、実用的なスケジューリング・システムを構築するための枠組みとして、協調型スケジューリング [1] を提唱し、その考え方に基づいて、製鋼工程用 [2]、プリント基板組立てライン用 [3] のスケジューリング・システムを実際に構築することにより、その有効性を検証している。協調型スケジューリング・システムは、(1) スケジューリングの結果等を格納する、スケジュール・データベース、(2) 基本的な制約を満たしたスケジュールを高速に立案する、スケジューリング・エンジン、(3) 高度なスケジューリング上の専門知識を表現する、ヒューリスティック・ルール、(4) スケジューリング担当者に、WYSIWYG なスケジューリング環境を提供する、ユーザー・インターフェイスの4つの部分から構成される。

協調型スケジューリングの利点のひとつとして、ルールが全くない状態でもスケジューリングの専門家のスケジューリング作業を手助けする『スケジュール・エディター』としての機能を持っており、その状態から、専門知識を徐々にルールとして組みこんでいくことによって、『スケジュール・エキスパート・システム』をインクリメンタルに構築していくことが可能であることがあげられる。

本報告では、このヒューリスティック・ルールに、どのような知識を抽出し、利用していけばよいかについて考察する。また、[3] のシステムを例にとり、その実例について述べる。

2. ヒューリスティック・ルールの役割

スケジュール・データベースには、プロダクション・システムの作業記憶が用いられている。[2] においては、スケジューリング・エンジンは、その作業記憶を参照するルールで記述されており、ヒューリスティック・ルールはスケジューリング・エンジンの機能を拡張し、問題ごとの特殊性を処理する、『スケジュールリング・ルール』という性格のものであった。しかし、[3] の構築にあたり、基本的なスケジュール・エディターとしての応答性が、その後のヒューリスティック・ルールの抽出に、大きな影響を与えるとの認識から、スケジューリング・エンジンを独立したモジュール(実際にはPL/Iで記述されている)に変更した。そのため、[3] におけるヒューリスティック・ルールは、スケジュール・エディターを使いこなして、現状のスケジュールを良くし

ていくための知識を表現する、『スケジュール改良ルール』という性格を持つようになった。すなわち、スケジューリング・エンジンの立案したスケジュールに問題があった場合に、スケジューリング・エンジンに与えるスケジューリング条件をどのように変更すればよいか、を記述することになる。

我々の経験では、スケジューリングの専門家は、スケジュールを作成するための専門知識とともに、このようなスケジュールを改良するための知識もっており、スケジュール・エディターを使ってスケジューリング業務を行っていくことにより、このタイプの知識を引き出すことができるというよい。

3. スケジューリング問題の特徴とスケジューリング・エンジンの動作

ここで対象とするプリント基板組立てラインのスケジューリングは、次のような特徴を持っている。

- ・処理すべき工程の負荷が、機械の能力に対して、かなり大きい
- ・ある工程を処理できる機械は、一般に複数あり、工程の機械への割当てによって、スケジュールの質が大きく変化する

このような条件により、プリント基板組立てラインのスケジューリングは、[2] のように、あらかじめ各工程に機械を割り当ててから、待ち時間を減少させるように各工程の開始時刻を決定する問題ではなく、全ての工程が、決められた期間内に終了するような機械の割当てと各工程の開始時刻を定める問題である。

この問題に対して、スケジューリング・エンジンは、スケジュールすべき工程を、適当な戦略を用いてひとつずつ選び、各工程が制約内でできるだけ早く開始できるような機械の割当てを決定していく、という動作をおこなう。その結果、スケジューリング・エンジンは、

- ・複数の工程が、同時に同じ機械を使用しない
- ・ある工程を処理不可能な機械に割当てない
- ・ひとつの製品の各工程の時間的な関係を守る

といった制約を満たしたスケジュールを高速に立案することができる。しかし、この高速動作の代償として、機械が、割当てられた全ての工程を、制限時間内に処理可能であることは保証しない(箱詰め問題は解かない)。したがって、スケジューリング・エンジンの出力においては、過負荷の機械が生じてしまうことがある。

4. ヒューリスティック・ルールの導入

前節で述べたように、スケジューリング・エンジンの出力は、色々なスケジューリング上の制約を満たしたものであるが、機械の過負荷に対しては、保証をしていない。したがって、ヒューリスティック・ルールとしては、機械の負荷オーバーを解消するための知識をあたえてやることになる。

今回試作したルールは次の3つである。これらは、機械に負荷オーバーが生じた時に起動され、スケジュール・データベース内のスケジュールやスケジューリング・エンジンへのパラメーターを変更した後、スケジューリング・エンジンを再起動するという動作を行う。

ルール1

もし、負荷オーバーの機械に処理時間の非常に長い工程が割り当たっており、その工程の処理時間だけで、機械の能力を越えているならば、その工程のロットを分割する。

ルール2

もし、負荷オーバーの機械に、複数の工程が割り当たっており、その処理時間の総計が、機械の能力を越えているならば、その機械の優先度（スケジューリング・エンジンに対するパラメーター）を下げる。

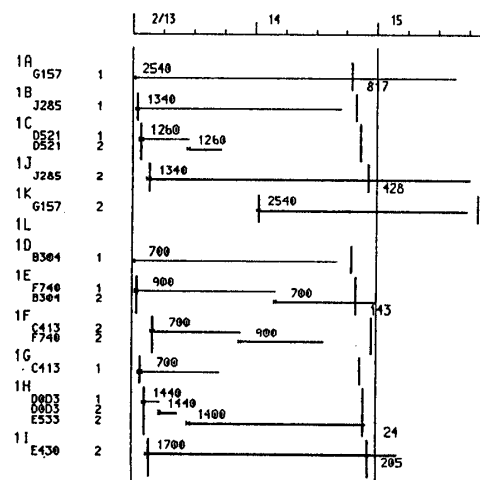
ルール3

もし、負荷オーバーの機械に割り当たっている工程の処理時間の総計が、機械の能力以内（途中の待ち時間のために、負荷オーバーになっている）であれば、その機械に割り当たっている、最初の工程の開始時間を、オーバーしている分だけ遅らせる。

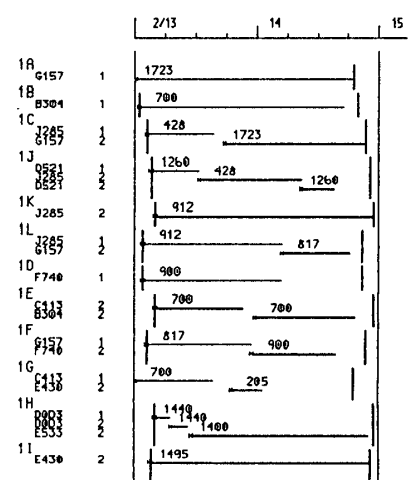
このほかにも、ある工程を処理する機械を指定し、固定する等、いくつか定形的な操作があり、それらのルール化も考えられるが、いくつかのデータを用いた実験では、この3つのルールが、かなり効果的に働くことが確かめられている。

5. 実行例

右図に、『スケジュール改良ルール』の導入による、出力結果の違いを示す。(a)は、スケジューリング・エンジンを一回だけ起動したものである。大きいサイズのロットや、特殊な機械を必要とする工程があるため、いくつかの機械で負荷オーバーが発生している。図上では、縦棒で囲まれた範囲が機械の能力に対応している。



(a) スケジューリング・エンジンのみ



(b) ルールを併用

図. スケジューリング結果

これに対し、(b)は、前節で述べたルールを起動させ、スケジュール・データ、パラメーターの変更をおこなって、スケジューリング・エンジンを再起動する、というサイクルを何回か実行させた後に得られる結果である。こちらのスケジュールでは、(a)で見られた、機械の負荷オーバーは起こっておらず、実行可能なスケジュールができあがっている。

6. おわりに

協調型スケジューリングの枠組みにおける、ヒューリスティック・ルールの役割について述べた。また、プリント基板組立てラインのスケジューリング・システムに、『スケジュール改良ルール』を導入することによって、より良いスケジュールが自動的に得られるようになることを示した。このことは、協調型スケジューリングの考え方を強力に支持することだと考えられる。

しかし、今回組みこんだルールは、この問題に対しては、かなりうまく働くが、あくまで、この問題専用のルールであり、今後は、各々の問題に対して、有効なルールを、効率的に発見していくための方法論が必要になってくる。そのためには、まずスケジューリング・エンジン自体の性質を、より体系的に解析していく必要があろう。

参考文献

- [1] M.Numao, S.Motishita, "A Scheduling Environment for Steel-Making Process," IEEE Conf. on AI appl., 1989.
- [2] 戸沢、佐藤、沼尾、森下、製鋼工程スケジューリング・システム: Scheplan (1)-(4)、情報処理学会第36回全国大会講演論文集、4Q2-5, 1988.
- [3] 工藤他、協調型スケジューリングに基づいたアセンブリーライン・スケジューリングシステム、第3回人工知能学会全国大会、1989.