

シミュレーションベースの生産スケジュールにおける
改善支援のための納期遅れ分析ツール

01505614	関西大学	* 冬木正彦	FUYUKI Masahiko
	関西大学	杉原俊昭	SUGIHARA Toshiaki
	関西大学	江頭慎太郎	EGASHIRA Shintaro
01013414	関西大学	荒川雅裕	ARAKAWA Masahiro
01008010	京都産業大学	井上一郎	INOUE Ichiro

1. はじめに

シミュレーション法は、数値解析性のほか時系列変化把握性やイメージ性の点で優れており、これらの特長を活かすことにより質の高いスケジュールの作成が可能であると期待されている。¹⁾ シミュレーション法による生産スケジュールリングは、その技法が最適化指向の技法でないことから、またシミュレーションモデルの操作性が高いことから、一般に「入力データ作成→シミュレーションによるスケジュール自動生成」という当初スケジュール作成フェーズの後には、「スケジュール案の分析/評価→入力データの変更→シミュレーションによるスケジュール自動生成→…」という改善フェーズが続くことになる。この改善フェーズにおいては、シミュレーションにより自動生成されるスケジュール案の分析/評価とそれに基づく改善策案出が、質の高いスケジュール作成に重要な役割を果たす。

スケジュール案の分析/評価は、設備の稼働率、納期達成、仕掛りの観点から行われるのが通常であるが、個別受注生産においては、納期の順守が必須のため、納期遅れジョブ数や遅れ時間の低減が最重要課題となる。スケジュールリング業務を支援するスケジュールリングシステムには、通常ガントチャートや数表等のスケジュール結果表示ツールがあるが、それらは納期遅れの改善という観点で系統的に用意されていない。改善フェーズにおいて納期重視の観点から質の高いスケジュールを得るためには、自動生成されたスケジュール案において、納期遅れジョブの状態を鳥瞰でき、改善の方向性が分かりかつ改善のための変更指定や比較が容易に行えることが必要となる。

本研究ではこれらの要件を満たす納期遅れ分析策とそのためのツールを提案する。

2. 納期遅れ分析/評価、改善とその支援

2.1 散布図と一覧表および基本機能

(1) 納期ずれ-待ち時間散布図

「納期ずれ-待ち時間散布図」は、納期ずれ時間を横軸、累積待ち時間を縦軸として各ジョブをプロットした散布図であり、シミュレーションにより生成されたスケジュール案の各ジョブの納期遅れに関する状態を、この図から鳥瞰することが可能である。

納期遅れに関する分析/評価を支援する機能として、リリース時刻や納期等の項目によりジョブをいくつかのグループに分類し、それらを区別して表示する機能を持たせる。さらに、改善を試行する際、複数のスケジュール案が作成されるので、複数のスケジュールを比較する機能も重要である。

(2) ジョブ分析データ一覧表および散布図との連携機能

「ジョブ分析データ一覧表」は、計画対象のジョブに関して設定されている諸条件や、スケジュール毎に算出される納期遅れ時間等、分析に必要なデータの詳細を一覧できる表である。

この表では各項目毎の並べ替え等の機能が重要であるが、散布図との連携機能も必要であり、一覧表に散布図と連携する機能を持たせ、計画業務担当者の分析検討および改善策案出を促進することを考える。

2.2 スケジュール改善の支援

「納期ずれ-待ち時間散布図」に、納期遅れの要因分析と改善策案出の試行を促進するため“補助線” (図1の斜線) を表示する。さらに散布図を用いて、改善を試行するための入力データ変更に関する指定も行えるようにする。

“補助線”は、ディスパッチング時点でのジョブ割付けのプライオリティを変更してスケジュールの改善を試みる場合、予想される散布点の移動の方向を示唆する役割を果たす。“補助線”は、納期ずれと待ち時間の比例関係を表す直線群であるが、それらはスケジュール案に含まれるジョブの納期ずれ L_j と待ち時間 W_j の間に

$$W_j = L_j + s_j \quad (1)$$

の関係があることに基づいて導入する。ここで i はジョブを区別する添字であり、余裕時間 s_j は、 d_j を納期、 r_j をリリース時刻、 P_j を加工時間とすると、 $s_j = d_j - r_j - P_j$ で定義する。スケジュール案が得られると、各ジョブについて納期ずれと待ち時間が算出でき、散布図上に、そのジョブの点とその点を通る(1)式を表す直線を描くことができる。スケジュールに含まれる他のジョブについても同様に点と直線をそれぞれ描くことができる。この様にして得られる直線群が示唆することは、複数のスケジュール案があるとき、各ジョブの余

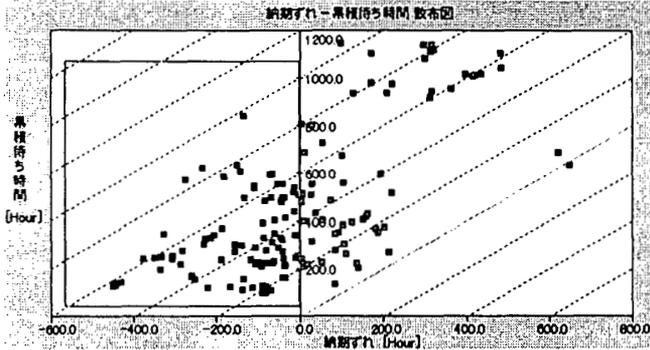


図1 「納期ずれ-待ち時間散布図」と補助線

裕時間がスケジュール案によって変化しなければ、各ジョブの点はスケジュール案によらずそれぞれの直線上を移動するというのである。補助線はこの直線群の替りに導入したものである。(なお、現実問題を扱う場合には、ジョブのオーバーラッピングや操業カレンダーによる作業の中断/再開があると P_i は変動するため、直線から外れることも考慮に入れる必要がある。)

スケジュールの改善を試行する場合、とりうる改善策は次の2つに分類できる。

- ・ ディスパッチング時点でのジョブ割付けのプライオリティが変更される手段をとる。
- ・ 計画条件の設定(リリース時刻, 操業カレンダー等)を見直し, 変更を加える。

前者を主体とした改善策がとられた場合には補助線に平行な方向のジョブ分布の移動が予想され, 後者の策がとられた場合には補助線に垂直な成分を持つ移動が予想される。

3. 納期遅れ分析ツールの開発と適用例

現実の計画業務の支援に適用することを想定して納期遅れ分析ツールを開発した。ここではそのツールに具備した機能を, 現実に稼働しているジョブショップ型工場でのスケジューリングを例にとり説明する。なお例にとるスケジューリングの計画期間は, 1~1.5ヶ月で, スケジュール対象ジョブは100~250ジョブ, 工場内には16の作業場があり, 1ジョブが通過する工程数は3~12である。

3.1 納期遅れ分析/評価

納期遅れ分析ツールを構成する散布図と一覧表のうち, 散布図を図1に示す。散布図では, プロット点の形状および色を違えることにより, ジョブを各種の項目により判別できるようにした。

一覧表では, 各項目の見出し部分をマウスでクリックすると, その項目に対して昇順, 降順にジョブが並びかえられる。散布図と一覧表の連携に関しては, 散布図上でマウスによりジョブを選択すると, 選択されたジョブを一覧表でマークしたり, また一覧表で指定したジョブ群を散布図上に分かりやすく表示する等の機能を持たせた。

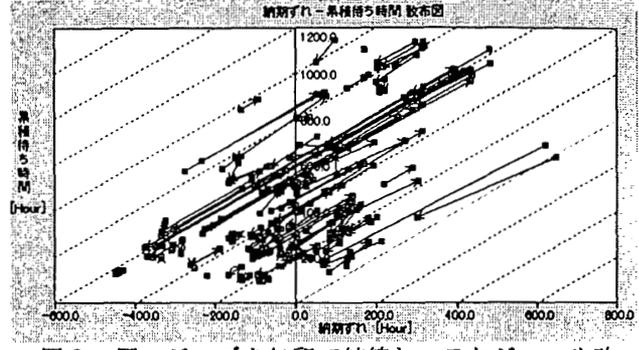


図2 同一ジョブを矢印で結線し, スケジュール改善試行の結果を示した散布図

3.2 改善案案出の支援

スケジュール改善を支援する機能としては, 散布図上で指定したジョブグループ毎にプライオリティの変更や計画条件の変更につなげるマーク付けを行ってファイル出力する機能を設けた。

スケジュール改善の一例として, パラメータ空間探索改善法²⁾を適用して得られた最良スケジュールに対する改善試行例を示す。納期ずれが正のジョブグループ群と納期ずれが負のジョブグループ群を散布図上で指定し(図1), 各グループに対して, 納期ずれ時間に比例する量をプライオリティ変更のための納期余裕変更量²⁾としてダイアログウィンドウを用いて指定する。納期余裕変更量に基づいてプライオリティ変更を行って再度スケジュール自動生成を行いその結果から得られる散布図を改善前の散布図に重ねて表示したのが, 図2である。図では2つのスケジュールについて同一ジョブの表示点を矢印で結線し改善試行の効果を視覚的に判断できるようにした。この例の場合には, 計画対象の151ジョブに対して改善試行の前後で, 納期遅れジョブ数が61から55に, 平均納期遅れが7.4日から6.3日に減少している。

4. おわりに

シミュレーション技法による生産スケジューリングにおいて, 納期遅れの視点からスケジュール案の分析/評価と改善策案出を支援するツールとして「納期ずれ-待ち時間散布図」と「ジョブ特性一覧表」を組み合わせた「納期遅れ分析ツール」を提案し, 開発したツールと適用例を示した。このツールは, スケジュールの改善の方向を視覚的に検討できる補助線の表示等の機能に特長があり, 現実の計画業務におけるスケジュール案の改善策策定に有効性を発揮することが期待される。

参考文献

- 1)井上・冬木:「シミュレーション法活用の生産スケジューリング支援」, 計測と制御, Vol.33, pp.547-553(1994)
- 2)冬木・荒川・古市・井上:「シミュレーションベースの納期重視型生産スケジューリングの改善フェーズにおけるパラメータ空間探索改善法」, 日本経営工学会, Vol.48, No.2(1998) 掲載予定