

製品銘柄組み合わせの最適化を含む生産スケジューリングについて

	三菱化学株式会社	*中田 啓太郎	NAKATA Keitarou
01207015	三菱化学株式会社	佐中 俊哉	SANAKA Toshiya
01507425	三菱化学株式会社	藤田 薫	FUJITA Kaoru

1. はじめに

多品種多系列を特徴とし、複雑な切替パターンなどの制約条件を多く有する化学プロセスを対象とした生産スケジューラが昨今提案されているが、モデル構造や最適化の概念などは対象プロセスの特性に依存しその形態は様々である。その中で今回、作業手順に加え、同一のマスターシートから得られる複数の製品銘柄の組み合わせも最適化の対象となる樹脂シート生産プロセスのスケジューラ事例について報告する。

2. 対象プロセス概要と解決すべき問題点

樹脂シート製造プロセスの概略モデルを図1に示す。マスターシートをスリットすることで複数の製品を同時に生産することを特徴としている。

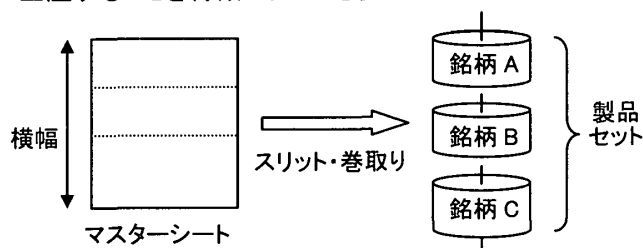


図1. 樹脂シート生産モデル

これら製品セット中の銘柄はシート品質(原料比、厚みなど)を同じとすることを前提とするが、設備や製品形態に由来する制約のため物理的に組み合わせ不可能なパターンが存在しこれが一つの制約条件となる。さらに銘柄の組み合わせに応じマスターシート横幅が変動するが、連続するマスターシート間の横幅差も切替ロス及び切替作業負荷を発生させる一要因であるため、横幅差の分布がなるべく均一になるような組み合わせが要求される。総括すると、スケジューリングのポイン

トは、(1)切替ロス削減を見込んだ銘柄の組み合わせ、すなわち作業内容を求め(言い換えれば効果的なマスターシートサイズ的设计でもある)、(2)その作業の実行順序を切替ロスが最小化されるよう決める、という2点に帰着される。最近の化学プロセスを対象にしたスケジューリング事例では制約論理プログラミングをベースにした手法が多く提案されており、この種の問題にも有効な解決手段と思われる。しかしこの問題の複雑さは上記(2)の切替ロスが(1)の組み合わせ方に依存しているため(1)を考慮しながら(2)の最適解を探索することが困難である点にあり、さらに変数の組み合わせも莫大な数に上ることが予想されるため、最適解の効率的な探索方法には工夫が必要となる。

3. 解法

3.1 生産量の決定

今回、効率的な生産スケジュールを組むことにスポットを当てているが、在庫削減のため必要生産量をどう見積もるかもシステム設計では重要な論点である。今回、製品銘柄毎にセットポイント(目標在庫量)を設定し、常にこれを維持するロジックにより生産量を決定ことにした。セットポイントは受注量、受注頻度の多さに応じきめ細かく設定することで、突発的なオーダーにも対応しかつ在庫の削減に貢献するものと期待される。

3.2 スケジューリング

上記で決定された数量の製品銘柄別の生産を達成し、かつ切替ロスを最小化するような生産スケジューリングを、(Step1)実行可能解決定(初期解決定)、(Step2)マスターシート幅差分散の最小化(製品銘柄の

組み合わせ決定)、(Step3)切替時間の最小化(作業順序の決定)からなる3ステップを段階的に実行する最適解探索アプローチにより実現した。

これらを与えられた制約条件を考慮しつつ、生産順序、生産時間などの整合性も取りながら進めていくため、図2に示すタイムチャートを設備毎に定義した。

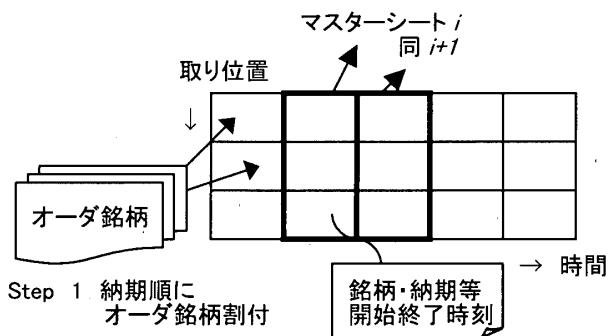


図2. 設備別2次元タイムチャート

各マス目にはオーダー番号が割り付けられ、銘柄、納期等のオーダー情報ならびに生産開始終了時刻をラベルとしてもつ。また、縦方向は同じマスターシートからの巻取り位置を示し、横方向は時間順での並びを表現している。上記3ステップの概要をまとめると以下のようになる。

(Step1) 納期の早いオーダーから順に最早の空き位置にオーダー番号を割り付けていく。

(Step2) Step1で決定されたタイムチャートの情報を元に、横幅差の最も大きな2つのマスターシートを選択し、各々に属するオーダー情報を入替することで横幅差の縮小を図る。(図3参照)

(Step3) Step2で決定されたマスターシート順序をキャンセルし、納期の早いオーダーの割り付いたマスターシートから順に切替時間最小となる実行順序を割り込みさせながら模索する。(図3参照)

いずれのステップでも納期、設備に関わる全ての制約に抵触しないよう解の改善を繰り返し操作で実行している。切替時間は前後するマスターシートの横幅差、厚み差、品質の違いにより規定されており、結果として納期を満足する範囲において連続するマスターシートのこれら形態が緩やかに変化するような順序となる。

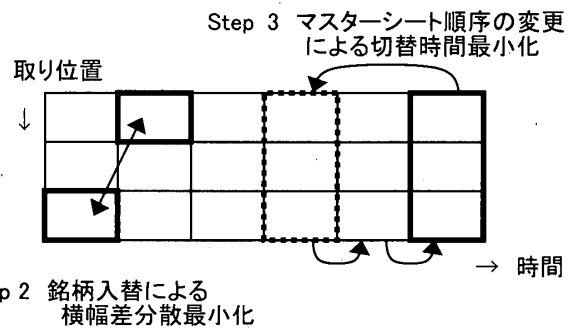


図3. 2次元タイムチャートでの最適化ステップイメージ

4. 計算結果

3系列、オーダー数約300、製品銘柄種約100のスケジューリング(約2週間分の生産に相当)問題に対し、CPU Pentium IV 1.5GHzのパソコンで解かせると数秒で最適解が得られた。実際のシステムでは解法の簡素化のため異なる設備間での銘柄入替は行っておらず、これにより、最適解は初期解に強く依存することになるが、実プロセスの問題に対して概ね問題無い評価を得ている。

5. おわりに

タイムチャート上の情報をベースに段階的に解を改善していくアルゴリズムの導入により、多様な変数の組み合わせが可能な問題に対して効率よく最適解を求めることができた。しかし実プロセスでは例えば作業員の負荷を考慮し、同じ製品銘柄セットを連続させる制約条件があり、その結果上記の生産量決定ロジックで決定された生産量とギャップが生じることもある。さらに有効なシステムとして活用するために、このギャップの最小化を如何に実現するか今後検討していきたい。

参考文献

- [1]竹下, 佐中, 藤田, 松川: 化学プロセスにおける生産スケジューリングシステムの開発, スケジューリング・シンポジウム2002 講演論文集, 56/61 (2002)
- [2]ILOG, ILOG Scheduler 6.0 User's Manual, (2003)