

# OR技術を活用したコンサルティング事例

## ～ロジスティクスネットワーク最適化とバッチプロセススケジューリング～

01013150 株式会社富士通総研 大西 真人 OHNISHI Makoto

### 1 はじめに

弊社ではOR技術の研究開発を行うと共にそれらを活用したコンサルティング業務を行っている。本稿では、2つのコンサルティング事例を紹介する。

### 2 ロジスティクスネットワーク最適化事例

#### 2.1 概略

同種の商品を製造・販売している3社が経営統合をし、1つのグループとなることとなった。そのメリットを活かすため、工場や生産ラインの統廃合を含めた合理化を定量的に検討し、実施に至った事例である。

#### 2.2 初期段階：拠点割当最適化

本事例の初期段階における要件は「輸送コストが最小となるように、工場と需要家の割当を最適化したい」というものであった(図1)。製品の区別を意識する必要がなく、考慮すべき条件は工場の生産量上限と需要満足だけであるとのことであったため、古典的輸送計画問題として定式化できた。線形計画法により最適解を算出するツールを構築し、提供した。

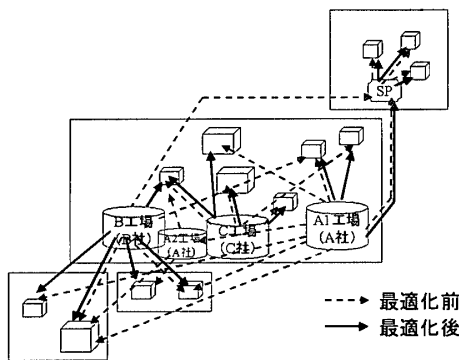


図1: 拠点割当最適化イメージ

#### 2.3 第2次段階：ロジスティクス・ネットワーク最適化

##### 2.3.1 追加要件

2.2節の定式化から得られた最適解を、実務に適用しようという観点で見ると、さまざまな点で無理があり、以下のような追加要件が明らかとなった。

- 複数製品の区別を考慮したい
- 1つの原料から複数の製品ができることを考慮したい
- 輸送方法が数種類あり、輸送方法によって輸送単価が異なる
- 生産には複数の工程があり、工場の中には一部の工程しか行えないものもある
- 製品によって、通る工程は異なる
- ラインには特定種の製品専用のものと複数種の製品で兼用できるものがある(単価は異なる)
- ある工場で初期工程を行い、中間製品を別の工場に輸送し、残りの工程を行うという選択肢も考慮したい etc.

これらを考慮するため、拠点割当最適化という捕え方ではなく、生産と物流を統合したロジスティクス・ネットワークの最適化という観点で捕え直した(図2)。

工場やラインの固定費に関しては、what-if分析を採用することとし、最適化モデルでは年間の変動費の最小化を対象とすることとした。線形計画法により最適解を算出するツールを構築し、提供した。さらに、これらを使った意思決定について教育・支援を行った。

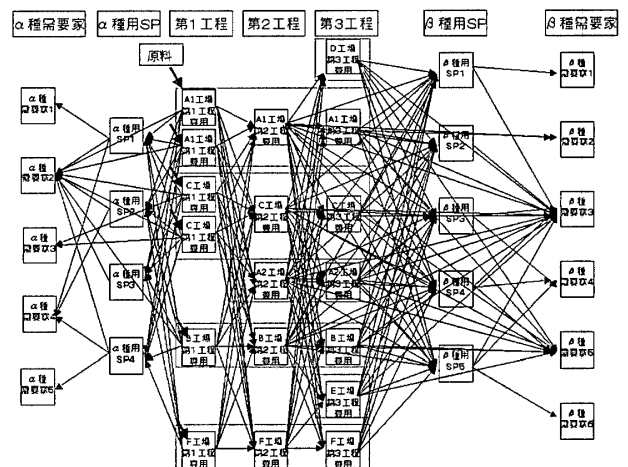


図2: ロジスティクス・ネットワークのイメージ

#### 2.4 結果

この最適化モデルを利用したお客様自身の意思決定により、2工場、1ラインの廃止が決定された。

### 3 バッチプロセススケジューリング事例

#### 3.1 概略

ある化学メーカーにおける合成プラントの月次生産計画スケジューリングに対する取り組み事例である。

#### 3.2 対象プロセス

対象となる合成プラントのバッチプロセスを図3に示す。

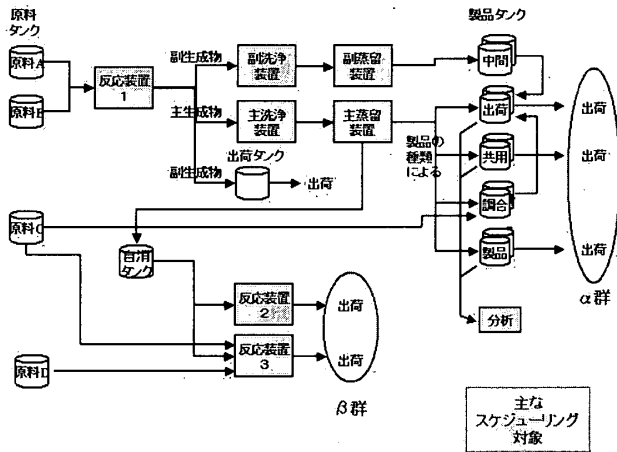


図3: 対象プロセス

図3の反応装置1での反応工程によって主生成物と副生成物が生成され、それぞれ、洗浄工程、蒸留工程を経てα群の製品となる。タンクに溜められた製品は、種類により、調合などの特殊工程を経た後、分析を行い、合格が出るまで出荷できない。また、β群の製品は、α群の製品の一部を原料とし、反応装置2あるいは反応装置3での反応工程によって製造される。

#### 3.3 要件

これまでこのスケジュールを手作業で作成していた担当者へのヒアリングを元にまとめた要件の概要は以下のとおりである。

- 1ヶ月分の生産スケジューリング
- 最小単位は1時間(したがって、 $24 \times 30 = 720$  単位分のスケジューリング)
- 製品数はα群20種類、β群22種類
- 当月の製造量は製品毎にバッチを単位として与えられる
- 各製品の各工程に対し、専有する装置/タンク、1バッチ分の所要時間が与えられている
- 主な制約は以下のとおり
  - 作業による装置・タンクの専有
  - タンク内の製品/原料の量の上下限
  - 共用タンクでの混合の不可(現在入っている製品と同じ製品は入れられるが他の製品を入れることはできない)

- 作業者の休日(どうしても無理なら休日出勤可)
- 反応装置2,3では、製造する製品の前後関係により装置の掃除(平日2日)が必要
- 一部の工程は開始時刻指定(平日の8,16,24時など)

#### ● 主な指標は以下のとおり

- 掃除の回数の最小化
- 休日出勤の回数の最小化
- 反応装置1において製造する製品の前後関係の最適化(装置の物性の変化がなめらかになるように)

#### 3.4 モデリングおよび解法

本事例においては、制約論理を実装したコンポーネントであるILOG Solver および ILOG Scheduler<sup>1</sup>を使用することとした。複雑な制約条件が多く、数理計画問題としての定式化が困難であること、短時間での実行可能解の算出が必要であることが主な理由である。

3.3節で記した要件のほとんどは、ILOG Schedulerに定義された activity, resource 等のクラスを使うことにより自然に表現できた。しかし、

- 共用タンクでの混合の不可
- 製品の前後関係により必要となる掃除が指定された時刻(平日の8時から等)にしか開始できない

等の条件については、ダミー activity やダミー resource を使って表現するなどの工夫が必要であった。

#### 3.5 結果

製造現場の方と共に実用化に向けた改善を続け、製造現場の方に「使えるスケジューラ」だと言っていただけの解を算出するに至った。実用化に向けた取り組みは現在も継続中である。

#### 4 おわりに

発表において、2事例をご紹介すると共に、OR 技術を活用したコンサルティング事業について意見交換ができれば幸いである。

#### 参考文献

- [1] 大西真人, 宮崎知明. 企業統合に伴うロジスティクス・ネットワーク最適化事例. 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2003 年春季研究発表会アブストラクト集, pp. 186-187.
- [2] 大西真人, 宮崎知明. 化学プラントにおけるバッチプロセススケジューリング事例. 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2004 年春季研究発表会アブストラクト集, pp. 342-343.

<sup>1</sup>ILOG Solver および ILOG Scheduler はアイログ社の商標である。