

## 生産輸送計画システムの開発 (第2報)

No.01109550 秩父小野田(株) 河野 高洋 KAWANO Takahiro  
 No.01109150 秩父小野田(株) \* 香月 毅 KATSUKI Takeshi  
 No.01008060 秩父小野田(株) 相沢 健実 AIZAWA Takemi

## 1.はじめに

弊社では、数理計画法やスケジューリングツールを用いた各種最適化システム[1][2][3][4][5]の開発を進め、物流コスト削減や業務の効率化に効果をあげている。そのなかでも、生産輸送計画システムは、物流戦略検討のための核となるシステムであり、その特徴、有用性、実用化にあたっての工夫等は、95年OR学会秋季研究発表会で報告した[1]。その後、種々のケーススタディを行う過程の中で、ユーザからより進んだ検討を行えるように改造してほしいとの要求が次々に出され、それを逐次満たす形で、問題の対象領域の拡張と機能の拡充を図っている。ここでは、システム(モデル)の進展と適用事例について報告する。

## 2.生産輸送計画システム

## (1)基本モデル(95年OR学会秋季研究発表会で報告)

セメントの物流は、まず、消費地に近いサービスステーション(工場とユーザを結ぶ物流拠点、以後SSと呼ぶ)に輸送され(一次輸送)、さらに、SSからユーザ(主に生コンメカ)に輸送される(二次輸送)。ただし、各拠点の位置によっては、工場から直接ユーザに輸送したり(直送)、海岸SSから内陸SSに輸送することもある(SS間輸送)。生産輸送計画システムにおける基本モデルは、“各ユーザが必要とするセメントを、どの工場で生産し、どのルートで輸送するのが最適か?”という典型的な物流モデルであり、以下のように定式化される。

## 1) 目的関数

最小化 {輸送費(一次輸送、二次輸送、SS間輸送、直送) + 製造比例費 + 設備固定費}

## 2) 制約条件

1) ユーザ毎のセメント需要

2) キルン別の生産能力上限

3) SS収支: 一次輸送 + SS間輸送(入) = 二次輸送 + SS間輸送(出)

各制約条件は、品種別(N,H,B)に考慮する。

## (2)基本モデルの進展

基本モデルの進展を表1に示す。ここで、最も問題の規模の大きい最適船団構成モデルでも、前処理、後処理を含めて、計算時間は約15分であり、実用に十分耐えられるレベルとなっている。

表1.基本モデルの進展

項番	モデル名	輸送ルート					設備固定費		変数		制約式
		一次	二次	SS間	直送	輸出	工場	SS	0/1	連続	
1	基本モデル	○	○	○	○	×	○	×	15	4900	1750
2	最適輸出力	○	○	○	○	○	○	×	15	4900	1750
3	SS統廃合	○	○	○	○	○	○	○	150	6500	1900
4	最適船団構成	◎	○	◎	○	○	○	○	150	16500	6100

注) ◎: 輸送手段別に考慮する ○: 考慮する ×: 固定(最適化の対象外)

輸送手段: セメント専用タンカー(積載量に応じて10種類の船型)、貨車、トラック

### (3) 適用事例

#### 1) 最適生産輸送体制

弊社は、94年10月、秩父セメント（株）と小野田セメント（株）の合併により、秩父小野田（株）として発足した。このため、全国8ヶ所の工場における最適生産体制と約140ヶ所の物流拠点における最適生産輸送体制を再構築する必要があった。この問題に対して、複数の関連部署による検討が行われ、その際、検討のベース資料として、本システムによる多面的な検討結果や関連情報が活用された。特に、設定した条件による最適生産輸送体制の変化の様子や感度分析情報をGUI画面によって視覚的に確認できることは、関連部署の合意を形成する上で、非常に役立った。

#### 2) 最適輸出戦略

弊社は、年間300万トン以上のセメントを海外輸出しているが、95年の急激な円高に対しては、輸出戦略の見直しが必要となった。しかしながら、基本モデルでは、ユーザ需要に対しては、供給義務を持つという考え方から、目的関数を生産輸送コストの最小化としていたため、輸出戦略のように採算性を考慮するような（利益最大）問題にそのまま適用することができなかった。そこで、基本モデルの輸出量を変数に置き換え、直接輸送単価に代えて、FOB（Free On Board）の符号を負にした値を与えることで、基本モデルの構造を変更することなく、最適輸出量を算出することができた。

#### 3) 輸送拠点（SS）の統廃合

隣接する輸送拠点（SS）の統廃合は、物流合理化の柱のひとつである。しかしながら、基本モデルは、一次、二次輸送までを基本としたものであり、輸送拠点（SS）の統廃合を考慮することができなかった。そこで、各SSの運転/停止を表現する0/1整数変数を導入し、各SSの固定費を目的関数に加えることで、輸送拠点（SS）の統廃合の検討を可能とした。このことにより、統廃合による全体的な物流コストの低減効果の確認や、統廃合後の代替輸送ルートの検討など膨大なケーススタディに対して、迅速に対応することができた。

#### 4) 最適船団構成

配船ロットの大型化も物流コスト低減のための重要課題である。これは、大型化による輸送コストの低減効果とともに、小型船のスクラップが可能となれば、固定費の大幅な削減が期待できるものである。しかしながら、基本モデルは、輸送ルートの検討は行うものの、輸送手段（船型）は検討の対象ではなかった。そこで、輸送量を表わす変数を輸送手段（船型）別に分解し、それぞれの稼働日数の制約を加えることで、最適船団構成の検討を可能にした。

### 3. おわりに

ここでは、生産輸送計画システムの基本モデルが、種々のケーススタディを行う過程の中で、どのように進展してきたかを紹介した。また、その結果、マクロ的な物流戦略の検討に必要な項目は、ほぼモデルに組み込めたと考えている。本システムは、これまでのところ、物流シミュレータとしての役割が大きいですが、今後、他の最適化システムとの統合化が進むことで、計画システムとしての利用も可能であり、業務フローの自動化、統合化を含めて現在構築中である。

#### 【参考文献】

- [1] 相沢,河野,香月「生産輸送計画システムの開発」,1995年度日本OR学会秋季研究発表会アブストラクト集, pp184-185,(1995)
- [2] 相沢,河野,森「生産・輸送計モデルとその感度分析情報の戦略的利用」オペレーションズ・リサーチ, Vol.41.NO.8(1996)
- [3] 相沢,「燃料購入計画への混合整数計画の適用」日本経営工学会誌, 1995,pp460-466,Vol.46.NO.5(1995)
- [4] T.AIZAWA,T.KAWANO「Opimization Systems in Production and Distribution of the cement Industry」,IEEE TRANSACTIONAS INDUSTRY APPLICATION, pp695-703,Vol.32 NO3(1996)
- [5] 河野,香月,相沢,「セメント原料計画への混合整数計画法の適用」,1996年度日本OR学会春季研究発表会アブストラクト集,pp262-263,(1996)