

ての商品について生産・販売・在庫計画量の決定がなされるが、もし、各商品の在庫計画結果を商品部全体で集計した結果が商品部目標と一致しない場合には、2.3で述べた方法にもとづき、入力された商品部目標を達成するように各商品の在庫計画量が修正される。このとき、担当者は修正の前後の商品別在庫計画量を比較・検討することができ、もし修正後の在庫計画量に満足がいかなければ、各商品の価値関数パラメータや商品部目標の修正を行なって再び各商品の在庫計画量を修正し比較検討を行なう、といったシミュレーションを対話的に繰り返すことができる。このようにして計画立案作業が完了した後に、最終的に計画資料が出力され、営業部門・生産部門へそれぞれ販売量・生産量の指示が行なわれる。

### 3.2 画面例

本システムはエンジニアリングワークステーション sun-3 上で稼働するスタンドアロンシステムである。担当者は、まず最初に商品別の生産・販売・在庫実績などのデータを、全国の営業所・工場とオンラインで結ばれているホストコンピュータ (IBM3081) よりワークステーション上に取り込み、次にワークステーション上で 3.1 に述べた手順に沿って計画立案作業を行ない、最後にその計画結果をホストコンピュータに送り返すといった手順で作業を進めていく。図 1 に本システムの画面

例を示す。本システムは15種類のウィンドウをもつマルチウィンドウシステムであり、担当者はマウスを用いて簡単に作業を行なうことが可能である。

## 4. おわりに

本稿では生産・販売・在庫計画業務を総合的に支援するシステム HiMICS について述べた。本システムは1988年12月より当社家電商品約2000品種を対象に稼働を始めており、従来に比べ、計画立案にさいして定量的かつ総合的な判断を行なうことが可能になっている。

最後に、本研究にさいしご協力いただいた松下電工株式会社 川野凱朗常務取締役、中央研究所所長養父康男取締役、インフォメーションシステムセンター石沢達也所長に感謝いたします。

### 参考文献

- [1] 西川, 野村, 澤田, 仲島: エキスパートの知識を応用した予測支援システム MAPSS について, 1988年度OR学会春季研究発表会アブストラクト集
- [2] 西川, 野村, 上地, 澤田, 仲島, 水町: 在庫管理における階層多目的意思決定支援ワークステーション HiMICS の開発, 1987年度OR学会春季研究発表会アブストラクト集

# LPとエキスパートシステムの融合事例

久保田 忠義

## 1. はじめに

近年、意思決定や計画・スケジューリング問題に対し、AIの一分野であるエキスパートシステムを適用することが試みられ、多数の事例が紹介されている。これらの事例は、従来、ORの1つの適用分野の問題として取扱われてきたものであるが、AI的アプローチでは、これらの問題に対し、専門家のヒューリスティックな知識を利用し、問題解決を図ろうとするものである。一方、OR的アプローチでは、問題をモデル化・定式化し、数理

的手法で解を求めようとするもので、代表的な数理解法として LP(Linear Programming method) や NLP(Non Linear Programming method) …等がある。

このような問題解決において、従来の、ORもしくはエキスパートシステムの片方向からのアプローチでは、すぐに限界が見えてくることは想像に難くない。

すなわち、AI的なアプローチでは、知識獲得の難しさや最適性の追求といった面で問題が発生しており、一方、OR的なアプローチでは、問題を的確にモデル化する難しさや、適用対象領域の制限が問題になっている。

そこで、この両手法のもつ特性をうまく使い、効率的に問題解決を図ってゆくことが、重要な研究テーマとなっている(図1参照)。

くぼた ただよし 出光石油化学株式会社 徳山工場  
〒745 徳山市宮前町1-1

このORとエキスパートシステムの融合に対する考え方としては、対象問題の中で、部分的にでもモデル化が可能な部分についてはできるだけモデル化してORの問題解決手法を適用し、モデル化が難しい部分、すなわち、問題解決の戦略的な方向性の決定や、数理解法結果に対する評価といった面にエキスパートシステムを適用するのが一般的な姿ではないかと考えられる。その場合に、OR的アプローチの中で部分的な問題解決手法としてエキスパートシステムを用いる方法と、その反対に、エキスパートシステムの中でOR手法を用いる方法、あるいは、両者が混然一体となって問題解決を図ってゆく方法が考えられるが、本事例では、エキスパートシステムの中でOR手法(LP)を効率的に利用した事例について紹介する。

## 2. LPとエキスパートシステムの融合形態

LPは、対象問題を線形1次式でモデル化して取り扱うとするもので、モデルは変数と係数からなる。LPの場合、変数で構成される式の形が問題構造を表わしており、係数はそれを具体的な実問題に相関づけるものである。

一般的に、エキスパートシステムで取り扱うとする問題の一部が、線形モデルで表現できる場合、エキスパートシステムの中でLPを使うことが可能である。以下に、LPとエキスパートシステムの融合事例を示す。

①多期間スケジューリング問題に対するLPの適用

②ON/OFF問題(プラント稼働計画等)に対するLPの適用

③非線形問題に対するLPの適用

この他、LPとエキスパートシステムの利用事例としては、対象問題や前提条件にマッチしたLPモデルの選定ガイドや、大型LPモデル修正時のエラー処理ガイドダンスといった、LP利用サポートシステム的な使い方も考えられる。

今回は、①と③をからめたLPとエキスパートシステムの融合検討事例として、『石油化学工業における生産-物流計画問題に対する、LPとエキスパートシステムの適用事例』について紹介する。

## 3. 問題の概要

本検討に用いた生産-物流モデルを図2に示す。本問題は、2工場、3製品、4需要地を対象とした、2~3

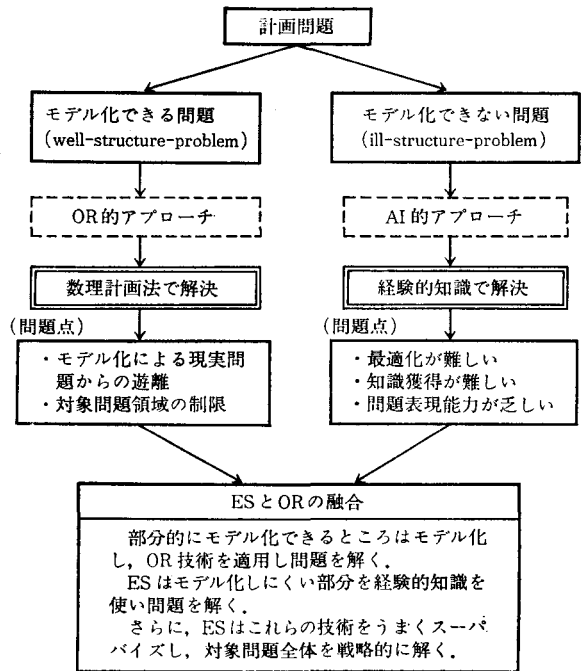


図1 ORとエキスパートシステムの融合

カ月の週間スケジュールを立案する、『多期間スケジューリング問題』である。

この程度のモデルの場合、従来のOR手法の1つである『多期間LP問題』として取り扱うことは、十分可能であるが、現実の問題では製品数や需要地はもっと多く、實際上、多期間LP問題として取り扱うのは問題が多い。

そこで、このような多期間スケジューリング問題を取り扱っている担当者のノウハウを活用し、単期間のLPモデルとの組合せで、うまく問題解決を進めてゆく方法について検討した。

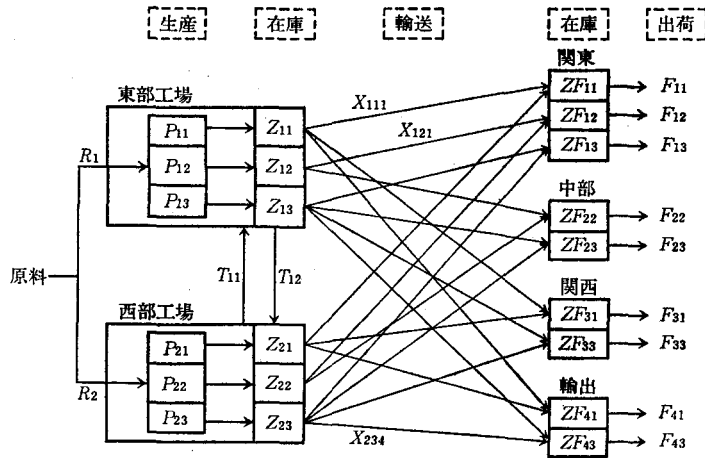
## 4. 計画立案のポイント

本問題の計画立案フローを図3に示す。本問題では、計画期間の各期間毎の地域別需要量が前提として与えられ、工場の生産能力と工場・需要地の在庫能力を勘案しながら、生産・物流コストミニマムとなる計画を立案する。計画立案のポイントを以下に示す。

①生産能力制約……プラント稼働上の上・下制限限がある。

②在庫能力制約……工場および需要地毎に、製品在庫の上・下制限制約がある。

③輸送能力制約……工場から需要地への輸送には、ル



モデル式

OBJ :  $\sum \sum CP_{ij} \cdot P_{ij} + \sum \sum \sum CX_{ijk} \cdot X_{ijk} + \sum \sum CT_j \cdot T_{ij} \dots > \text{MIN}$

原単位式 :  $P_{ij} - A_{ij} \cdot R_j = \Phi$

バランス式 :  $Z_{ij0} + P_{ij} - \sum X_{ijk} - Z_{ij} + T_{ij} = \Phi$

$ZF_{kj0} + \sum X_{ijk} - F_{ki} - ZF_{ki} = \Phi$

ただし,

制約式 :

$BP_{ijl} \leq P_{ij} \leq BP_{iju}$

$BX_{ijkl} \leq X_{ijk} \leq BX_{ijk u}$

$BT_{ijl} \leq T_{ij} \leq BT_{iju}$

$BR_{jl} \leq R_j \leq BR_{ju}$

$BZ_{ijl} \leq Z_{ij} \leq BZ_{iju}$

$BZF_{kjl} \leq ZF_{kj} \leq BZF_{kju}$

- $i$  : 工場 (1-2)
- $j$  : 製品 (1-3)
- $k$  : 需要地 (1-4)

変数

$P_{ij}$  : 製品別生産量,  $X_{ijk}$  : ルート別輸送量,  $T_{ij}$  : 工場間輸送量,  
 $R_j$  : 原料チャージ量,  $Z_{ij}$  : 月末工場在庫量,  $ZF_{kj}$  : 月末需要地在庫量

係数

$CP_{ij}$  : 生産コスト,  $CX_{ijk}$  : 輸送コスト,  
 $CT_j$  : 工場間転送コスト,  $A_{ij}$  : 製品生産原単位

固定値

$F_{kj}$  : 需要量,  $Z_{ij0}$  : 月初工場在庫量,  $ZF_{kj0}$  : 月初需要地在庫量

図 2 石油化学生産-物流モデル

ート別に輸送能力上の制限がある。

④製品収率制約……工場での製品生産量が、プラントの運転条件により異なる。…等

### 5. LPとエキスパートシステムの融合

3.で述べた計画立案上のポイントを考慮した、『生産-物流計画エキスパートシステム』の処理フローを図4に示す。

本事例では、工場別生産計画案作成と輸送在庫計画案

作成を、部分問題として捉え、問題をモデル化しLPを用いての最適解を求めるようにした。

これにより、同部分についての専門家からの計画立案に関する知識獲得が大幅に減少でき、その結果、システム開発の効率化が図られ、大幅な開発時間短縮・システムの簡略化が図れた。

それと同時に、部分問題ではあるが、その中で計画の最適化が図れ、全体最適化に対する部分最適化の相互作用を考慮することにより、全体最適化も可能になると考

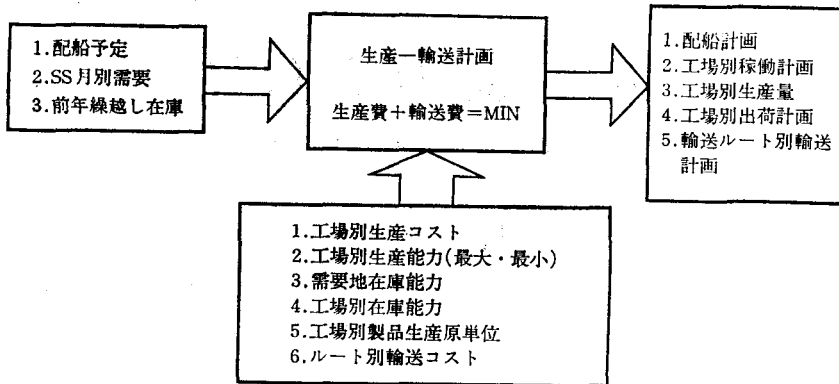


図 3 生産-物流計画概要

えられる。

以上のように、エキスパートシステムとOR手法を積極的に融合させることにより、両手法の弱点を相互に補完し合うことが可能で、それにより、今まで解決が難しいとされていた問題にも、科学的な問題解決手法の適用が可能になると考えられる。

## 6. おわりに

本検討では、『ORとエキスパートシステムの融合』という面からLPとエキスパートシステムの融合について、その一例を示した。本例では、LPを1つのバランスカリキュレータといったような使い方を行なったに過ぎないが、LPのもつモデル表現力の容易さをうまく使った例ではないかと考えている。

ORとエキスパートシステムの融合についての研究は、まだ緒についたばかりであり、今後各方面で積極的な研究が続けられると思われる。企業におけるORワーカーとしては、ORであれ何であれ、『現実の問題解決に役立つものであれば何でも利用する』というような貪欲なスタンスで、これからも積極的にORエキスパートシステムを現実の問題解決に活用してゆきたいと考えている。

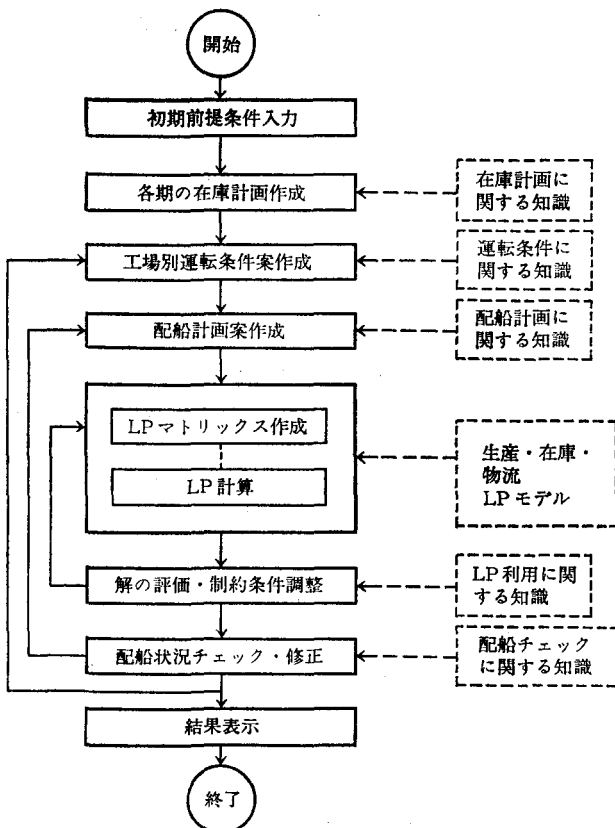


図 4 生産・物流計画ES処理フロー