

## プロセス産業向け計画最適化機能の開発

01606110 富士通総研  
03500280 富士通総研  
01011280 Ike Ltd.

宮崎 知明 MIYAZAKI Tomoaki  
\*茂木 美恵子 MOKI Miekko  
池ノ上 晋 IKENOUYE Susumu

### 1. はじめに

プロセス産業（石油、化学等）の計画立案業務において、情報システムとの組み合わせによる全体構造を意識したLP（線形計画法）の利用を支援する、計画最適化機能について発表する。

現在プロセス産業の計画立案におけるLPの利用は、専門知識を持つ、限られた担当者によって、数式モデルを直接作成することにより行われている。そのため、企業全体で計画を共有するという認識は薄く、LPの最大の利点である全体最適が活かしきれていない。また、全体としての意思決定に時間を要するため、環境変化への対応の遅れなどの問題を抱えている。よって、部門間にて計画を共有し、素早い意思決定を可能とする仕組みが必要であるといえる。

### 2. 目的

本機能は、日常業務と親和性の高いフレームで、自動的にLPモデル作成し最適化計算を行うものである。これにより、専門知識を必要とせず、各部門の担当者全てが理解できるLPを用いた計画立案環境が提供される。また、モデル作成・変更にかかる時間は大幅に短縮され、変化に即応する全体構造でのケーススタディが可能となる。

### 3. 機能概要

今回開発した機能は二つの部分機能からなり、一つは表計算ソフト上にてプロセスフローとテーブルデータ入力し、ソルバーから得られた解を表示するGUI部分である。もう一つは、それらフローとデータを元に、自動的に数式モデルを作成し、ソルバーに渡してLP計算処理を行う部分である。

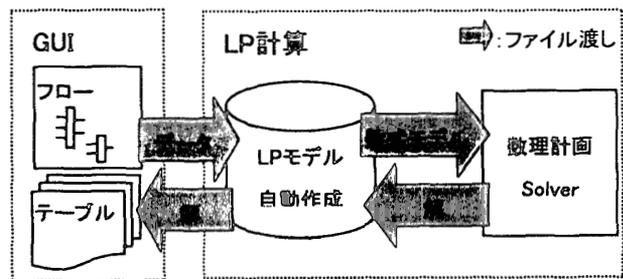


図1. 計画最適化機能のアーキテクチャ

企業全体の共通理解であるプロセスフロー形式と各部門データの集合である帳表形式をGUIに用いることで、関連する複数業務部門の担当者間が計画立案内容を理解し合い、全体で決定が可能となる。また、汎用的な表計算ソフトを用いることで、慣れ親しんだ操作性でユーザへの浸透も早い。

LP計算処理部分に関しては、ユーザから計算処理部分を見えなくすることにより、LPに対する壁を感じることなく利用可能となる。

### 4. プロセスフロー記述の例

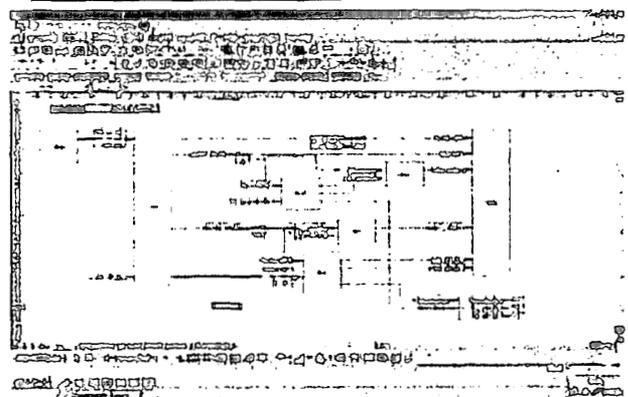


図2. プロセスフロー入力画面

プロセスフローは7種類の装置を表すボックス（購買/分解装置/組立装置/混合/販売/分岐/ジャンプ）を組み合わせ、連結線で結ぶことによって表現することができる。

表 1. ボックス対応 (連結線を含む)

サプライヤー	⇔	原料購入 BOX
カスタマー	⇔	製品販売 BOX
装置	⇔	分解装置 BOX
	⇔	組立装置 BOX
	⇔	混合過程 BOX
パイプ	⇔	連結線

それぞれのボックス毎に設定できる項目が異なっており、ユーザは用途ごとにボックスを選びプロセスフローを描く。

### 5. テーブルデータ記述の例

表 1 で紹介したボックスは全て、対応するテーブルデータを持ち、そこに装置への入出力に関するバランスや、購入価格、販売価格、装置運転コストなどの必要なデータを入力する。装置ごとの制約もボックスのテーブルで設定できる。

テーブルはプロセスフローを入力することにより自動作成され、新たに制約の追加も行える。

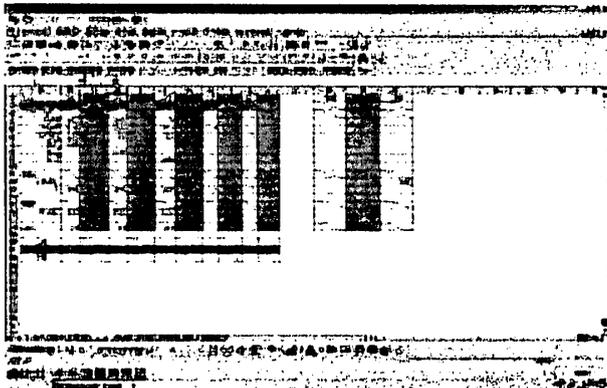


図 3. テーブルデータ入力画面

### 6. モデリング

本機能は利益最大化問題、コスト最小化問題、原料選択最適化問題など様々な問題に適用可能である。目的関数も制約条件も自由に設定可能であるため、例を挙げてモデル生成方法について説明する。

目的関数は総利益の最大化とし、(1) 式で表現される。式中に含まれる要素は、製品の売上、原料購入にかかるコスト、装置を動かすのに必要な運転コストからなり、それぞれ製品販売テーブル、原料購入テーブル、装置テーブルから値を得る。販売量、購入量、装置運転量は変数である。

$$\begin{aligned} \max \quad & \sum \text{販売価格} * \text{販売量} \\ & - \sum \text{購入価格} * \text{購入量} \\ & - \sum \text{運転コスト} * \text{装置運転量} \end{aligned} \quad (1)$$

変数とは、プロセスフローにおけるボックスへの入力量と出力量である。つまり、販売量は製品ごとの製品販売ボックスへの入力量、購入量は原料ごとの原料購入ボックスからの出力量、装置運転量はその装置への中間製品 (又は原料) の入力量で表される変数である。

制約条件は以下の式が成り立つものとする。

$$\mathbf{y} = \mathbf{A} \mathbf{x} \quad (2)$$

$$\text{入力下限値} \leq x \leq \text{入力上限値} \quad (3)$$

$$\text{出力下限値} \leq x \leq \text{出力上限値} \quad (4)$$

$$\text{性状下限値} \leq \sum \mathbf{P} \mathbf{x} / \mathbf{y} \leq \text{性状上限値} \quad (5)$$

(2)式のマトリックス  $\mathbf{A}$  は装置の入出力係数で、装置ボックステーブルで設定した入出力のバランスに設定した値である。式は入力  $\mathbf{x}$  に対する出力  $\mathbf{y}$  の関係を示す。(3)(4)式は入出力量に関する上下制限制約である。(5)式は性状制約で、マトリックス  $\mathbf{P}$  は入力に対する既定の性状値である。

モデルはプロセスフローの描き方によって決まり、モデル中の制約はテーブルでの設定に依存する。(2)(3)(4)式は装置ボックスの初期設定での制約式であり、その他に装置能力制約、用役消費制約など自由に追加設定することが可能である。

### 7. まとめと今後の課題

今回、プロセス産業の計画系において全体構造でのケーススタディを可能にする機能を開発した。今後この機能を実用的に使うためには、複数のケーススタディ結果の評価機能、さらに過去の実績系との対比機能が必要となる。したがって、多様な計画機能と実行管理の全体的な構想や構造を考慮し、全体としての計画実行管理機能を拡張していくことが課題である。

### 参考文献

- [1] 池ノ上晋、大西真人  
 ・「装置系での生産管理システムの実現」  
 2004年 日本 OR 学会春季研究発表会予稿