

石油精製業におけるモデルとデータ

橋本 正明

1. はじめに

石油精製業においては、より経済性の高い生産計画・運転管理を行なうために、大小さまざまなシミュレーション・モデルが利用されている。最もポピュラーなものはLP(線形計画法)モデルである。

しかし、LPのほかにも、製油所全体の詳細にわたる非線形モデルや、製油所の毎日の運転計画作成に利用されるスケジューラ、各種カリキュレータのモデル、さらにコンピュータ・コントロールのためのモデルなど、生産管理体系の各レベルで多様なモデルが活用され、最適な運転の追求が行なわれている。

一方、こうしたモデルにしたがって決定され、実施された運転に対しては、その実績データを収集し、分析して、その運転が期待どおり最適なものであったかどうかフォローすることが必要である。このため、運転データ・ベースやモニタリング・システムが開発されている。

ここでは、当社の例を中心に、石油精製業において、モデルとデータがどのようなシステムでかわりあい、より経済性の高い運転をめざしているかを紹介してみたい。

2. 生産管理体系

石油精製業の生産管理体系のなかで、モデルと

データがどのように位置づけられるかをまず整理してみよう。

図1は、生産管理体系を系統的に要約したものであるが、その基本概念はいわゆるplan-do-seeのサイクルにもとづいている。

まずplanの段階では、LPによる生産計画の作定が中心であり、最も重要な機能である。(当社のLP活動や、LP計数の共通データ・ライブラリーなどについては、すでに何回か紹介されている[1][2]ので、必要に応じて参照されたい)

一方、LPは線形モデルであり、非線形性の無視しえないプロセス(たとえば、分解反応装置)が最適性に大きく影響を与えるような場合には限界のあることはやむをえない。製油所非線形シミュレーション・システム(Refinery Simulation System=以下RSS)は、こうしたLPの限界に対して、補助検討を行なうため利用されている。また、このシステムを利用してLPの計数を生成することもできる。

LPやRSSにより作定された生産計画を、日目の運転計画にブレイクダウンするには、貯油バランスの推移や、運転の切換え、ブレンディングの切換えなど、特に時間的なファクターの考慮が必要となる。この場合、スケジュール作成の担当者は近時点の運転情報を見ながら、運転管理用のモデルが組み込まれたカリキュレータやスケジューラを利用し、ケース・スタディをくりかえしながら、運転計画を作成している。

また、生産計画情報を見ながら、各装置の実運

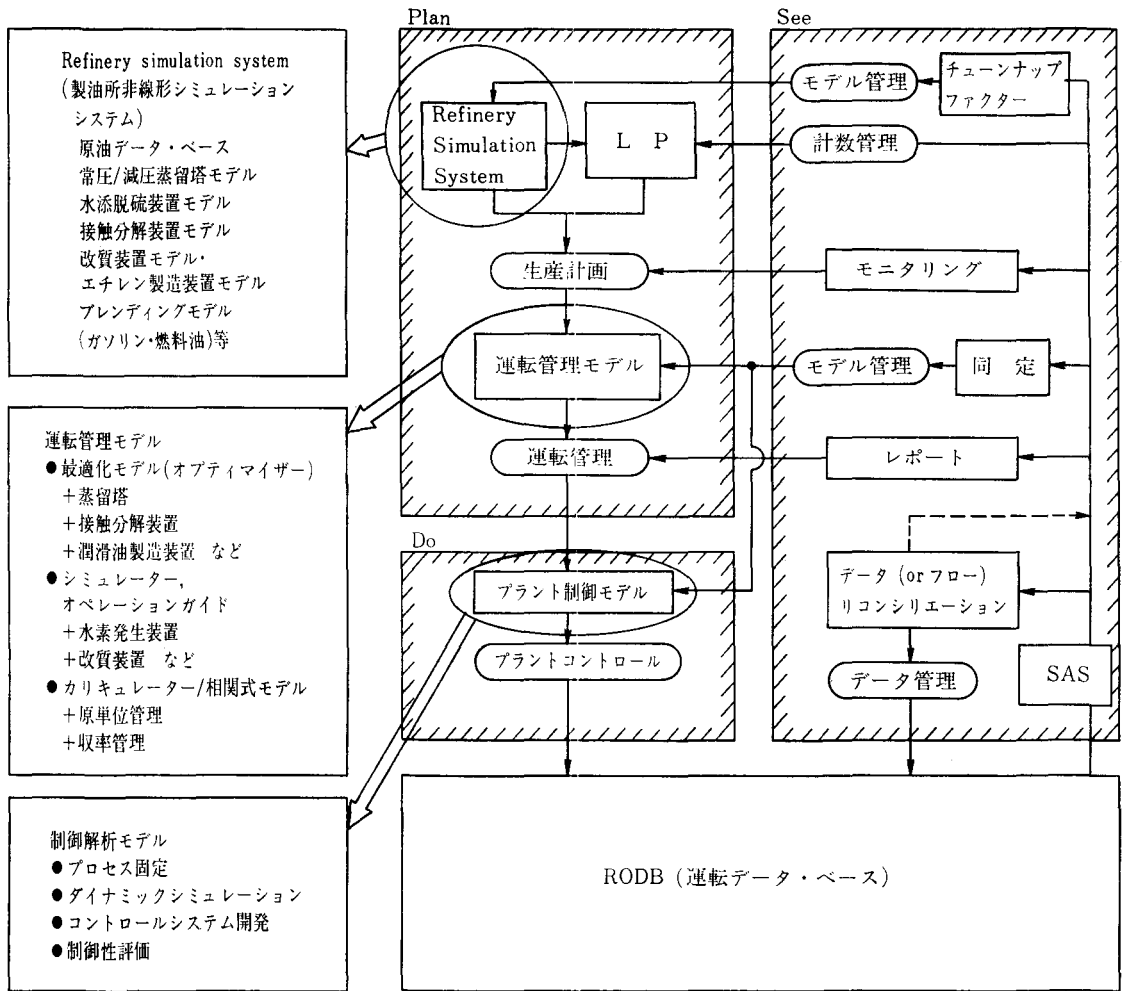


図 1 Refinery Optimization System

転が最適レベルに維持されるよう運転指針を与えるオブティマイザーも利用されている。

次に、do の段階では、運転計画にそった運転を行なうためプラント・コントロールが整備されているが、ここでも動特性モデルなどが制御性向上のため開発・利用されている。特に当社では、プロセス・コンピュータ・システムとして、IBMの汎用システム ACS (Advanced Control System) を導入し、独自に開発したインターフェースによって強力なコントロール体制を構築している。ACSにより、多変数制御など複雑なコントロールを組んだり、動的なプラントの挙動を解析・同定することも容易になり、こうした進歩

的な機能を利用して、より高度なコントロール・アプリケーションを開発・適用している。この結果、生産計画と整合のとれた運転を円滑に維持でき、また生産計画の許容範囲内で、より経済的な運転 (たとえば、省エネルギー運転など) を追求することができる。

プロセス・コンピュータにより収集された運転実績データは、製油所の情報システムを經由して、1日平均値として本社のホスト・コンピュータに自動的に貯えられる。当社では、こうした製油所全プラントの運転実績データを、1976年からデータ・ベース化し、RODB (Refinery Operation Data Base) として活用している。

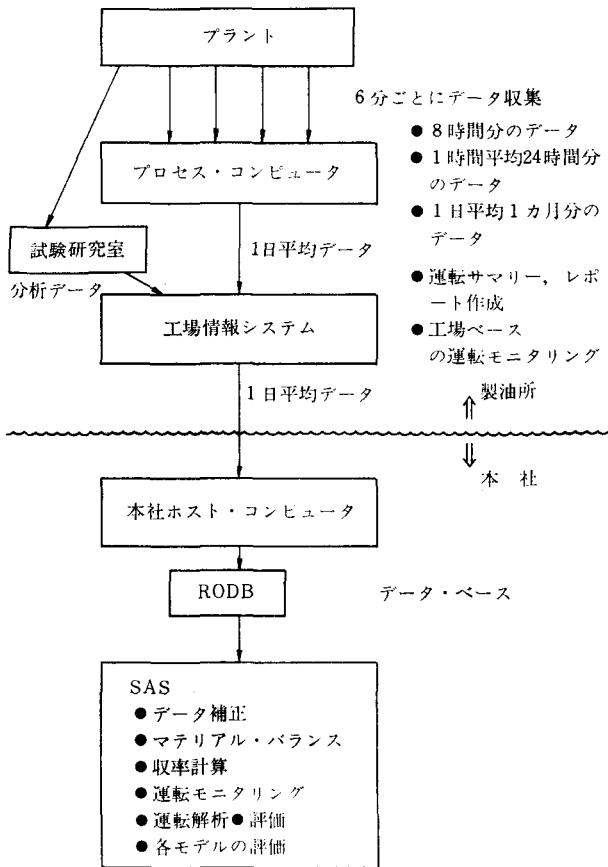


図 2 RODB/SAS システムの概要

データ・マネジメント・システムとして、市販のソフト・ウェアである SAS (Statistical Analysis System=特に豊富な統計解析機能をもつ) を利用し、RODB/SASにより、運転のモニタリング、解析、評価作業を行なって生産計画のフォローを行なっている。RODB/SAS は、最後の see の段階を強力にサポートするモニタリング・システムとなっている。

以上、石油精製業の生産管理体系のなかで、モデルとデータがどのように位置づけられているかをひととおり眺めた。以下では特に RODB/SAS と、LP/RSS について、やや詳しく紹介する。

3. RODB/SAS

RODB/SAS システムを要約すると図 2 のようになる。

製油所のプロセス・コンピュータはプロセス制御に必要なスキャンニング周期 (最小 2 秒間隔) で、計測値をアクセスしているが、データ収集は 6 分周期で行ない、それを 8 時間分貯えている。さらに、1 時間平均値 24 時間分、1 日平均値 1 カ月分のデータが貯えられ、運転員はそれらをヒストリカル・データとして、適宜参照し、運転経緯の把握、運転アクションのフォローに利用している。

製油所の情報システムは、プロセス・コンピュータより 1 日平均値のデータを受け取り、これに製油所試験室で分析された各種の性状・分析データを加え、本社のホスト・コンピュータへ送る。

現在、このようにして、川崎、和歌山の両製油所より、それぞれ約 4200 点、約 3100 点のデータが毎日本社のホスト・コンピュータへ送られ、RODB としてデータ・ベース化されている。

RODB 開発当初、データ・マネジメント・システムとしては、自社開発の数種プロッター、レポート類のほか、UCLA 開発の BMDP を統計解析のために利用していた。その後、1981 年より SAS が利用されるようになり、RODB/SAS の組合せによって、より多様な解析、作図・作表によるモニタリングが可能になった。SAS はエンド・ユーザー向けのソフト・ウェアで、検索—データ選別—データ・チェック—解析—作図、作表など一連の手順を、1 つのプログラムで実行させることができるので便利に利用されている。計画部門、技術部門の担当者が、日々の不定形な問題解決のために、RODB/SAS を多角的に利用している。

RODB/SAS によるプロットの一例を図 3、4 に示す。図 3 は、ある製品 X の収率を約 1 年にわたりフォローしたものである。運転時期によって収率にかなりの変動のあることが示される。ただし、この図からでは変動の要因は解析できない。

図4は、同じ製品Xの収率をある運転条件Tとプロットしたものである。この図により、製品Xの収率は運転条件Tと相関があること、さらに1983年9月の運転パターン変更により、運転条件Tに対する依存度にも変化が生じたことがわかる。図3、4はプリンターへの出力の例であるが、CRT画面上にグラフ出力し、必要に応じてハードコピーをとることもできる。

このほか、RODB/SASは各レベルのシミュレーション・モデルを、実運転データと比較し評価する場合にも有力である。たとえばLP計数は、毎年「LP計数管理会議」で検討され、更新されるが、検討のベースとなる資料を、RODB/SASで簡単に用意することができる。

このように、RODB/SASは plan-do-see の段階を強化するシステムである。このシステムを効果的に活用することにより、生産計画のフォローを効率よく実行でき、また生産管理体系各レベルのモデル精度を向上、維持できる。その結果、信頼できる生産管理を円滑に遂行することが可能になる。

4. LP/RSS

RSSは、製油所非線形シミュレーション・システムとして開発され、個々のプロセスのシミュレーション、各プロセスのネットワーク化、原油油・燃料油・ガソリンなどのブレンド、経済計算、ケース・スタディ相互の比較、LP計数の生成などの機能をもっている。個々のプロセス・モデルは、本来技術計算用に開発されたものでその精度は生産計画だけでなく、技術解析や技術レベルの問題検討にも十分堪えられる。

RSSの構成を図5に示した。

約500種の原油データを貯える原油データ・ベースより、蒸留塔では任意の蒸留範囲の留分に

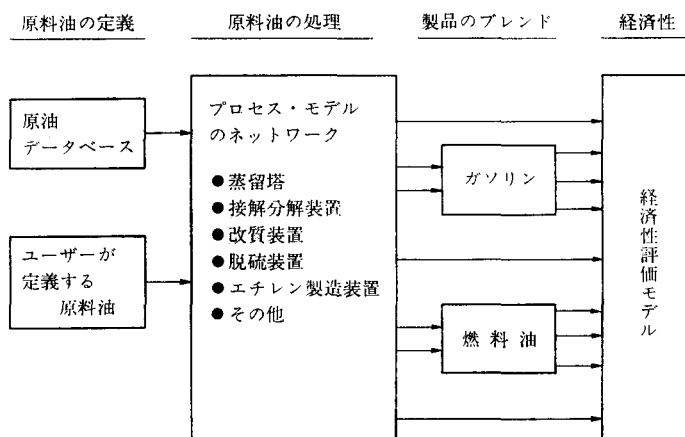


図5 Refinery Simulation Systemの構成

いて、収率、蒸留曲線、性状などのデータが提供され、油の流れを定義し、プロセスやブレンダーのネットワークを組むことにより、石油精製のモデルを容易に構成することができる。

RSSでは、問題が生じた特定のプロセスのまわりに限ってモデルを組み検討することも、また製油所全体のモデルによりシミュレーションを行なうことも可能である。

ここで、RSSのモデルと実績データとが、どのようにかわりあうかを見てみよう。

RSSの各プロセス・モデルは、一種の標準モデルであるから、実プラントの個々のプロセスとの若干のずれはどうしても生じてくる。そこで、RSSのモデルには、チューンナップ・ファクターという補正項が含まれており、その補正項で実プラントとの偏差を解消できるようになっている。実際のプロセスを正しく把握するという意味で、運転データや、プロセスの技術管理データから計算されるチューンナップ・ファクターは、それ自体が重要な運転管理データである。そこで、チューンナップ・ファクター自体をデータ・ベース化し、チューンナップ・ファクターを解析しながら、シミュレーション・スタディで使用する、最も信頼できるチューンナップ・ファクターを逐次更新している。いいかえれば、標準モデルによるプロセスの同定（一種のモニタリングと

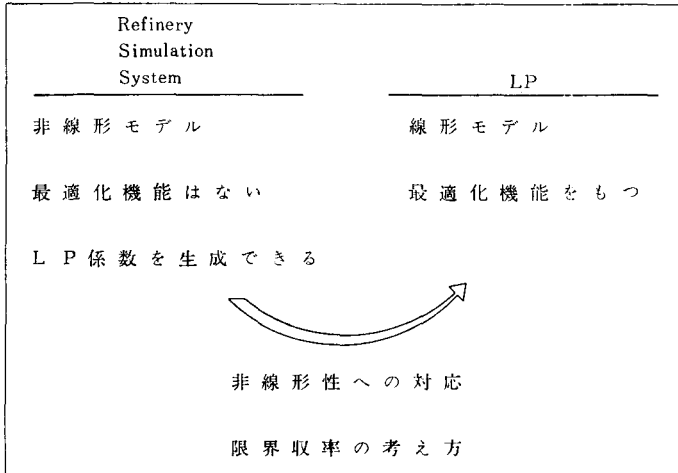


図6 Refinery Simulation System とLP

もよい)が、システム化されていることになる。

このように、RSSでもモデルとデータの結びつきがシステム化されて、精度のよいシミュレーションが保証されるのである。

RSSとLPの機能比較を図6に示した。RSSは非線形モデルであるから、特に非線形性が問題になるプロセスを対象とする場合有力である。ただし、最適化の機能はないので、ケース・スタディによって最適運転を探索することになる。

図7に、RSSの役割と適用範囲について要約した。RSSは、プロセス解析のためのシミュレーション・ツールであると同時に、生産計画上の問題を検討するためのLPのサイド・スタディ用ツールとして広い適用範囲をもっている。

特にRSSには、LP計数の生成機能があり、限界収率にもとづくLP計数を提供するので、LPモデルとの整合性についても十分視野に入れることができる。

図8に、従来の平均収率ベースのLP計数と、限界収率ベースのLP計数の考え方の比較を示した。特にプロセスの非線形性を考慮しなければならないような

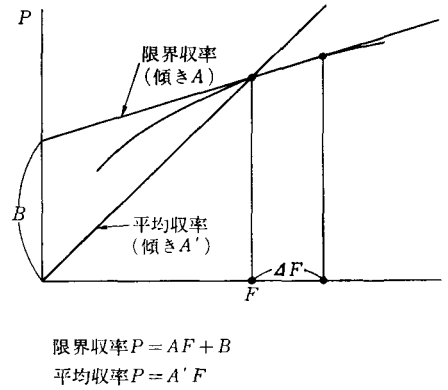


図8 限界収率と平均収率

場合、限界収率モデルのほうが精度を向上させることができる。

RSSでは、ベースとなる原料油量 F に対して、その増分 ΔF を含む $F + \Delta F$ の収率を求め、その傾きから増分 ΔF の限界収率 A を計算する。

限界収率ベースのLPの式は、次のようになる。

$$P = \sum_i A_{Fi} \cdot F_i + \sum_i A_{Xi} \cdot X_i + B$$

ここで、 P : 製品量, kl/D

F_i : 原料油 i の量, kl/D

X_i : 運転条件 i の変化量

A_{Fi} : $\partial P / \partial F_i$

A_{Xi} : $\partial P / \partial X_i$

B : 定数項, kl/D

当社では、線形近似で十分表現できるプロセスについては、従来どおり平均収率ベースのLP計

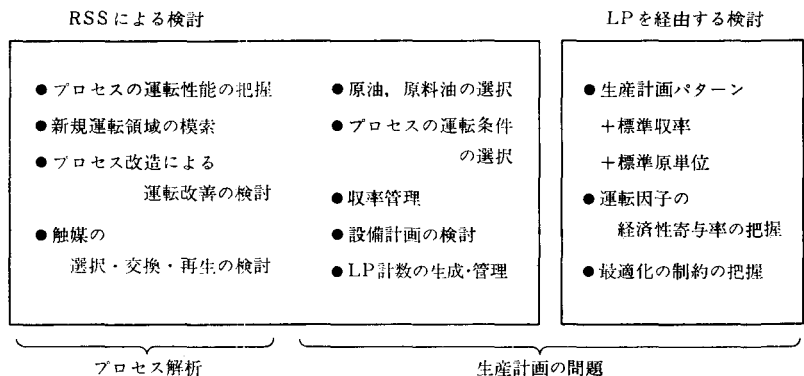


図7 RSSの役割と適用範囲

数を用いているが、流動接触分解装置など非線形性の強いプロセスについては、RSSによる限界収率ベースのLP計数を適用し、より精度のよい生産計画をめざしている。

5. おわりに

石油精製業の生産管理体系におけるモデルとデータについて、当社の例を中心に整理してみた。生産管理体系は、いわゆる plan-do-see の各機能がバランスよく整備されていることが大切である。3つの機能のいずれかが弱いとすれば、全体の生産管理体系もその一番弱い機能のレベルしかもちえない。さらに、plan-do-see の各機能は、独立に強化されても、全体の生産管理体系の充実

につながるとはかぎらない。plan-do-seeの各機能は、それぞれ他の機能と有機的に結びついていなければならない。他の機能を刺激し、他の機能の発展を促す方向で強化されなければならない。

これを、モデルとデータという視点で言いなおせば、各レベルのモデルと実データのモニタリングは、相互に刺激しあい、他を活性化するようなシステムのなかで機能させることが大切である。

参考文献

- [1] 前野拓也：LPの常用化。オペレーションズ・リサーチ，20，7（1975），23—29
- [2] 小田部齊：東亜燃料におけるOR活動。オペレーションズ・リサーチ，22，11（1977），670—675

特集「暮しのOR」の原稿募集

自然科学、とりわけ物理学においてであります、ブリキの菓子箱などを使った簡単な実験道具を使って一見些細に見える現象を解明し、それが歴史の流れを変えるほどの概念、法則、分析・測定方法の発見の糸口になったことが数多くありましたように、日常の忙しさの中で見過ごされがちな暮らしの中での一見些細なORの現象を、在来概念や手法にとらわれることなく、子供のような素朴な目と、詩人のような発想と、そしてORマン・OR研究者としての緻密さをもって眺め直すとき、案外おもしろい知見に到達するかもしれません。

1. タクシー相乗りにおける合理的割勘とは？ 2. 異なる生活様式をとる親子3人が団樂する居間のレイアウトは？ 3. いつ、いくらぐらい、どの生命保険に加入するか？ 4. コストパフォーマンスが毎年いちじるしく向上するパソコンをいつ購入するか？ 5. 閉店間ぎわでの鮮魚の値切り方は？ 6. フィッシングでの寄餌のうまい蒔き方は？…等々。

これらは本社費の各事業部への配分、多目的問題としての工場のレイアウト、リスクの評価と管理、設備投資、資材購入における価格交渉、広告予算の適正な分散投資、といった現実の企業経営の中で直面する諸問題とも密接に関連したものでばかりであります。

日常生活の中で直接われわれ自身の経験としてとらえる問題は、その構造が比較的単純であるが故に

見通しがつきやすいという点で、それほど深いかかわりをもたない第三者的システムについてのことがらを考察するよりもはるかに真に迫った、そして責任のもてる分析が可能ははずです。

このような、趣味、娯楽、ゲーム、スポーツ、家計、旅行…など、日常の暮らしの中でお気づきのOR的問題を、多少の、そしておもしろくなるなら大胆な脚色を加えても結構ですので、下記要領にしたがってまとめお送りください。できれば次のような結論様式にてまとめられることをおすすめします。

「…したがってこの種の問題は既存の…手法を用いて解ける。」「これは…という点でおもしろいモデルになり得る。」「これに対しては在来のいかなる手法をもってしてもスッキリとした答を与えられない。」「この種の問題に対してはまったく新しい概念が必要となろう」…。 (OR誌編集委員会 生田誠三)

応募要領

字数：3000文字(B5判400字原稿用紙7.5枚
刷上り2頁)

原稿締切：59年8月末日

送り先：学会事務局

掲載：59年12月号予定(応募多数の場合の掲載可否につきましては編集委員会で決定いたします。興味深いものについては別号にても順次掲載を予定しています)