

| | | |
|---|---|---|
|  | <h1 style="color: red;">OR小史</h1> <h2 style="color: red;">SCE・Net 小松昭英</h2> | <h3 style="color: red;">E-122</h3> <p style="color: red;">発行日 2020.5.28</p> |
|---|---|---|

まえがき

今から 7~8 年ほど前に、科学技術振興機構(JST)が OR(Operation Research)を課題解決の手段として取り上げたことがあった。そして、そのセミナーの終了時に、関連文献を集めたいといい、直後に、その時までには収集した文献リストが公開された。ところが、そのリストには OR の最も重要な手法の 1 つである線形計画法(LP, Linear Programming)に関する文献、例えば LP の原典ともいわれていた成書 Dantzig (1963)¹が欠落していた。それが当時の状況で、その世の中の認識は今でもあまり変わっていないように思われる。そこで、筆者のささやかな体験にもとづいて、この小史を綴ることにする。

1. OR の誕生と普及

言うまでもなく、OR は第二次世界大戦に軍事技術として誕生し、戦後その技術が民間に移植された。英国では業界ごとに、米国ではマネジメントサイエンスとして、引き継がれたといわれている。

我が国では、コンピュータの普及と相俟って、外資系企業、特に石油精製企業で、その操業の最適化に、LP が適用されていった (木村正二他(1971)²) (筆者(2015)³)。続いて、エンジニアリング企業でも、1960 年代に入って西部石油、関西石油、富士石油が設立されて新製油所が建設されると、その最適化計画に LP が利用された。そして、それ以来 LP は、エンジニアリング企業の海外進出の手段の一つになった。

一説によると、石油精製業と LP は相性が良いのだといわれていたし、事実 Bonner & Moore 社 (現在 Honeywell 社) から RPMS (Refinery and Petrochemical Modeling System) が発売されたりしていた。それは、元々化学プロセスが次に述べる「システム概念」と親和性があったからではなかろうか。

2. システムと OR

一方、システムという概念は von Bertalanffy の「一般システム理論」(1968)⁴をもって嚆矢とするといわれている (筆者(2019)⁵)。そして、システムには、プロセス (化学系、少品種大量生産向き)、ジョブショップ (機械系、多品種少量生産向き)、ネットワーク (用役系、ユーティリティ向き) の 3 つがあるといわれていた (市川惇信(1969)⁶)。しかし、結局、プロセスシステムにのみ OR(LP)が、業界として常用されるとともに化学関連学会にも定着することになっていった。

そして、この「一般システム理論」の著者が理論生物学者であったことも原因と思われるが、我が国では共訳者も、工業社会と直接関係のない、1 人は医学者、もう 1 人も農学者であった。このことも、我が国の縦割り社会構造と相俟って、石油精製業なども含む化学関連

業界／学界を除いて、当該理論の普及が阻害されたと考えられる。さらに、これはプロセス系思考よりも機械系思考が支配的であることも拍車をかけているとも考えられる。

3. 最適化事例

3.1 LP

石油会社では原油選択と製品構成の最適化に、エンジニアリング会社ではさらに設備構成も加えた最適化に LP を適用した。

筆者の場合は、エンジニアリング企業として、国内では(1966)、(1967)、海外では、アブダビ(1974)、サウジアラビア(1976) (2 件)、ナイジェリア(1977)計 6 件の製油所計画に適用した。

なお、最初の国内 2 件については、使用していたコンピュータは IBM1620 で、昼間は経理部が利用していたため、我々には夜間しか使わせてもらえなかった。しかも、現在では考えられないと思うが、入力するには 1000 枚にも及ぶパンチカードを作成し、いちいち計算機室に運ばなければなかった。

しかも、頼りの IBM の LP コードにいたっては、エラーメッセージが一切出ず、ラインプリンターが中断せずに動くかどうかでしか、モデルの成否・正誤を判断するしかないという代物であった。

その後は、前述の RPMS を購入し、コンピュータも IBM360 を昼間に使用できるようになり、今なら労働基準法（当時は残業規制すらなかった）に違反するような過激な残業から解放された。

3.2 山登り法 (Complex (Box(1965)⁷⁾)

化学機械の世界的見本市といわれているACHEMA(Ausstellungstagung für Chemisches Apparatewesen)に出品することになり、上司から併催される講演会に応募するように言われた。我が国のプラントショウ並みの講演会ぐらいに考えて応募した。ところが、幸か不幸か採択され、下記の発表をすることになった(現地地でそれが DECHEMA 主催/European Federation of Chemical Engineering 共催であることを知ったが、後の祭りだった)。

[\(Application of Linear Model-Technique for Chemical Process Design \(1967\)⁸, ACHEMA\)](#)

当時は、最適化手法としては、「山登り法」を実際のプロセスプラントに適用しても最適解が得られるかどうかは、一般的にも実証されておらず、ましてその一つの手法にすぎない Complex 法に至っては、海のものとも山のものともいえないような状況であった。しかし、幸いにも妥当な計算時間内で妥当と考えられる最適解を得ることができた

そして、偶然の連鎖(筆者(2018)⁹)としか言いようがないが、下記のタイトルで、内容も洗練されて、米国化学会誌 Industrial and Chemical Engineering(I&EC)に掲載されることになった。

[\(Application of Linearization to Design of a Hydro-dealkylation Plant \(1968\)¹⁰, ACS\)](#)

さて、このような最適化は、LP にせよ、Complex にせよ、その適用は「プロセス設計体系」の中でどのように位置づけられるのであろうか。

4. プロセス設計体系とその適用

プロセス設計体系は、「プロセス設計系統図」という言葉で 1970 年初頭に、化学プラント建設便覧（玉置明善(1972)¹¹）に初めて記載され、やがて同図は化学工学便覧、改訂六版(1999)から記載されようになった。

しかし、1960 年代後半以降には行われていた「実現性調査」や「プロセスの最適化」が、同図の「プロセス計画設計（プロセスフローの決定）」の段階で同時に行われなければならないのに、この系統図は改訂されなかった（筆者(2015)前出）。

そして、考えてみると、実際に適用するに当たっては、さらなる注釈が必要である。何故なら、設計対象によって基本設計条件の設定手順が異なるからである。すなわち、独立したシステムである単一装置と製油所などのように複数の装置から構成される複合システムのサブシステムである装置とでは異なるからである。

上述の「系統図」は、前者の場合を想定して策定されたものであり、後者の場合は想定されていなかった。すなわち対象複合システムが最適化された瞬間に、対象サブシステムの基本設計条件も設定されてしまうのである。

例えば、操業中の製油所に新装置を建設する場合には、既存の製油所 LP モデルに新装置モデルを「埋め込んで」製油所全体の利益増を算定すれば、その投資妥当性が証明されるとともに、新装置の基本設計条件も設定されるのである（筆者(1993)¹²）。

おわりに

この小文執筆中に、「一般システム理論」が発表された 1968 年に、筆者の論文が米国化学会(ACS)誌に掲載され、次の年に早くも「プロセスシステム工学」の旗揚げに参加させてもらっていたことに気が付いた。

前者は、故矢木栄（元東京大学工学部長、当時は千代田化工建設（株）副社長）の指示、後者は故市川惇信（当時は東京工業大学教授、後に同大学研究科長、環境研究所所長、人事官を歴任）の提案により実現されたもので両氏には深く感謝するとともに、ご冥福をお祈りする。

さらに、米国化学会の論文は、その前年ドイツ・フランクフルトで開催されたACHEMAのORセッション（米国化学会ACSとの共催）に発表したもので、その後米側共同議長スタンフォード大学ワイルド教授の手直しと斡旋により、ACS学会誌に収録されたものである。深く同教授に感謝する。

また、LP 関連業務は「計画課」、Complex 関連学会発表は「計数技術課」として関わったもので、両課の諸兄に深く感謝する。

最後に、このような幸運の巡りあわせのすべてに深く感謝する。

参考文献

¹ G. B. Dantzig: Linear Programming and Extensions, Princeton University Press, Princeton, 1963.

² 木村正二他、石油精製技術便覧（改訂版）、産業図書、1971

³ 小松昭英、小特集 エンジニアリングエコノミクス - 第 2 部エンジニアリングシステム
①、化学工学、第 79 巻、第 6 号、pp.463-479、化学工学会、2015

-
- 4 Ludwig von Bertalanffy, General System Theory, George Braziller, 1968
(長野敬／太田邦昌共訳、一般システム理論)
 - 5 小松昭英、システムズエンジニアリング雑感、SCE・Net の窓 E-103、化学工学会産学官連携センター、2019
<http://sce-net.jp/main/wp-content/uploads/2019/05/e-106.pdf>
 - 6 市川惇信、連続講義プロセスシステム工学—プロセスの形成とプロセスシステム工学的
接近、化学工学、第 23 巻、第 3 号、pp.216-223, 1969
 - 7 Box, M.J., A new method of Constrained Optimization and a Comparison with other
Methods, Computer J. vol.8, No.1, pp.42-52, Oxford Academic,1965
<https://doi.org/10.1093/comjnl/8.1.42>
 - 8 Komatsu, S., Application of Linear Model-Technique for Chemical Process Design,
Dechema-Monographien, Unternehmensforschung (Operations Research)13 Vortraege
Achema 1967, Band 60, Nr.1070-1082, pp.77-98. Verlag Chemie, Gmbh, 1967
 - 9 小松昭英、偶然の連鎖、SCE・Net の窓 E-103、化学工学会産学官連携センター、2018
<http://sce-net.jp/main/wp-content/uploads/2018/07/e-103.pdf>
 - 10 Komatsu, S., Application of Linearization to Design of a Hydro-dealkylation Plant,
Operation Research Symposium, Industrial Engineering Chemistry, American
Chemical Society, 1968
<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ie50698a009>
 - 11 玉置明善編、化学プラント建設便覧、p.187、丸善、1972
 - 12 Komatsu, S., Design and Development of Hydrorefining Processes based on a
Unified Systems Approach, Tokyo Institute of Technology, 1993
<https://dl.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/3068356>