

化繊会社におけるコンピュータ利用による技術計算

On Engineering Calculations with Computers in a Man-made Fiber Company

(1989年4月7日受理)

藤原恒昭
Tsuneaki Fujiwara

Key words: Engineering Calculation, Computer, Simulation

Abstract

In this paper, the author describes engineering calculations with computers in a man-made fiber company. First, he explains the organization of the computer department of the company. Next, he explains the significance of computer simulation to the engineering section of the company. Finally, he describes the introduction of chemical process simulation, FEM (Finite Element Method) and Fourier analysis, and their roles as well.

は し が き

或る化繊会社（以下会社と記す）が最初に導入したコンピュータは、UNIVACのマシンであり、業務の拡大に伴って、IBM360/40, 370/135, 370/145, 370/3031, 370/3031AP, と更新されて行った。このマシンの能力の増強の中で、会社が技術計算にコンピュータ利用を本格的に検討を開始したのは、IBMのマシンが設置されてからである。本報告では、マシン更新の歴史の中で、一化繊会社が、コンピュータによる技術計算をどの様にして進めたか、又その過程の中で、どの様な問題に遭遇したかについて報告する。

1. 電算機部の組織

昭和40年代初期、日本の企業がコンピュータ導入を本格的に開始した時点では、その用途は主として販売、購売、経理、財務等の所謂商業計算の分野であった。従って、電算機を運用する電算機部の構成員は、主として事務系の人であった。この中で、会社の電算機部の構成は、初代電算機部長が、技術畑の出身と言う事もあったが、最初から全社を統一的に運用する事を狙い、生産関係システムの構築、さらには技術計算が出来る要員を出発時点から構成員としてもっていた。これは現在どこの企業でも、事務、生産、技術分野が、各々独立に運用され、全社的に統一する事が困難な状況をみると、非常な英断であったと判断される。この判断を下した初代電算機部長の判断基準は次の点にあったと思われる。

- (1) 生産会社と言う企業の立場から考えるならば、コンピュータの利用は、事務、生産、技術分野において個別の利用をしながらも、最初から全社的統一思想のもとに総合的利用を考えて置く事によ

り、その力をフルに発揮させる事が出来る。

- (2) コンピュータの利用は、最初は本社のマシンのみでスタートしても、通信技術、コンピュータ技術の進歩により、本社を中心とするコンピュータ情報ネットワークの構築が近い将来必ず可能になる。この事を予想するならば、生産会社における初期データの発生源が工場現場にある事実からも、事務、生産、技術を最初から総合的なシステムのもとに考えておくのがよい。
- (3) 昭和40年代のマシンの価格から判断するならば、技術計算のためにのみ単独でマシンを導入する事は経済的に許されない。技術計算は、市販の高度なソフトを導入しても、直に利用出来るものではなくて、その利用能力は基礎から一步一步積み上げて行くべき性格のものである。

一方、科学技術計算分野におけるコンピュータの潜在能力及びその予想される成果を考えるならば、この分野における利用技術力の蓄積は生産企業においては不可欠喫緊業務と判断され、鋭意広義技術計算の能力拡充を計る必要がある。

2. コンピュータ Simulation

コンピュータの利用には会計計算の様な機械的計算の利用法もあるが、その力を最も発揮出来るのは Simulation 技術の分野であると考えられる。Simulation は社会現象、経済現象、自然現象、技術問題等のモデル化（謂所狭義の解析数式モデルのみでなくより広義の思考モデル）を行い、モデルを計算機上に作り、これを利用して問題の解決を行う方法の事である。（大規模問題では Global Modeling という言葉も生まれている。）この様な問題の解決法としては、線型計画法、動的計画法、PERT 等の種々の方法が開発されているが、モデル化に当り自然現象、技術問題が他の分野のモデル化と基本的に相違する点はモデル化の基礎が物理・化学法則を基礎としているところである。この事は技術問題の Simulation に当り、問題のモデル化において物理・化学法則を利用するためモデル化を容易にする反面、法則の制限により融通性を欠く事になる。生産を主体とする企業にあっては、単なる狭い意味の技術計算だけで問題の解決が出来る事は少なく、経済評価の問題も発生して来る。技術問題の Simulation は技術の有する特性から階層構造（Hierarchy）が明確に出て来る。会社の事業から考えると化学プロセス（以下プロセスと記す）は現在主要な位置にあるので、これを例にとりその階層構造がどうなっているかを説明する。

プロセスをモデル化し解析する事をプロセス解析と言う。プロセスは通常単位操作（Unit Operation）を行う単位装置から構成されている。

従ってプロセス解析は単位操作（単位装置）の解析から始まる。そうして単位装置をもとに単位装置の群（グループ）を解析し、さらに群から成るプロセス全体の解析に進む。これがプロセス解析における階層構造である。

特に現在の様に社会情勢の変化が激しい時には、全工程（全プロセス）の全設備がバランス良く100%稼働する事は困難であり、プロセス稼働率及び設備稼働率が落ちた状況でも全設備がスムーズに稼働出来る様にプロセスの特性をプロセス解析により把握しておく事は大切な事である。プロセス解析が完了すればプロセスの経済評価に進む。（経済評価も詳しく見ると階層構造になっている。）以上説明したプロセス解析の階層構造を図1に示す。

プロセスの経済評価の問題となると、これは機器の強度計算の問題も絡み、問題は新しい分野に拡大

し行く。プロセス解析に当っては、常時図1の全体構造を描きながら各階層ごとの解析を進める事が大切である。

3. プロセス解析

先にコンピュータ Simulation に就いての考え方を説明したが、ここではプロセス解析をどの様に進めたかを開発したソフトに関連づけて具体的に説明する。

最初に取り上げたのは技術担当者が小人数と言う事もあって、
単位操作のひとつ蒸留操作である。開発したソフトは所謂「 θ 」
法¹⁾、「Relaxation」法²⁾である。さらに両者を組み合わせたソフトも開発した。即ち、最初 θ 法でスタートし、途中で Relaxation 法に切り換える方法である。蒸留解析を進めると、その必然的帰結として再沸器、蒸発器、凝縮器、熱交換器等のソフトも開発した。次の問題として取り上げたのは反応解析のソフトであり、ここでは用途の広い固定床反応器の汎用ソフトの開発を行った。

ここまでの開発が進むと、個々の蒸留塔、固定床反応器の解析は問題なく可能となる。次の段階は、これ等のソフトを利用して群（グループ）の解析である。例えば蒸留操作は通常一本の蒸留塔で実施される事は少なく、複数本の蒸留塔で実施される。そこで開発したソフトを利用して蒸留塔群の解析を行う。化学反応は原料を投入し反応生成物を取り出したら完了すると言うものではなくて、反応生成物の分離操作が伴い、蒸留操作がよく利用される。そこでこの場合、反応解析のソフトと蒸留解析のソフトを利用して、反応と蒸留から構成される群の解析を行う。これ等の解析が完了すればプロセス全体への解析と進む。プロセス全体の解析となると物質・熱収支の解析が必要となるので、このために L-G I F S^{*1)}を導入した。プロセス全体の解析が完了すると、その結果を基にプロセスの経済評価が問題となるので企業の基準に合致する評価ソフトも開発した。

これ等のソフトを利用して行ったプロセス解析の実施例を示すと次の様なものがある。

化学品製造における副生物回収プロセスの解析、精密化学品プロセス（反応・蒸留）解析、複数社より成るコンビナート経済評価。

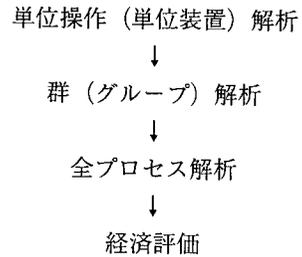


図1 プロセス解析の階層構造

4. 強度計算問題・その他

プロセス解析を進めて行くと、これに付随して出て来る問題に機器の強度計算問題がある。この問題は更に経済評価問題に関係する。強度の設計・解析問題に就いては、簡単な形状の物では、材料力学の公式をプログラムにする方法もあるが、採用しなかった。簡単な形状の物でも最初から汎用的な方法で処理する事を狙い有限要素法を採用した。有限要素法は汎用性の故に強度計算の問題だけでなく他の分野にも利用出来る。実際に対象として取り上げた分野は次の三分野である。

- (1) 弾性解析（強度計算）
- (2) 流体解析
- (3) 熱伝導解析

有限要素法の利点は定常的な問題だけでなく、非定常問題も容易に解析出来る点にある。（例えば弾性

体、流体の振動、非定常熱伝導等)

非定常問題の解析から次に取り上げた問題は Fourier 解析である。Fourier 解析は Cooley と Tukey のアルゴリズムによる離散型高速 Fourier 変換で小型の Fourier 変換器が開発され身近なものとなった。実際にこの方法により糸の太さ斑、フィルムの厚み斑解析に成果を上げる事が出来た。Fourier 解析を取り上げた今ひとつの理由は、Fourier 変換を利用してプロセスの周波数応答関数を求める事が出来、プロセスの制御問題にもアプローチが可能なためである。

以上のようにしてプロセス解析を中心として技術計算を進めて来たが、コンピュータによる図形処理技術の開発が進むにつれて、図形処理も技術計算の中に取り込む事にした。最初は蒸留・強度計算の結果を表示するものとしてグラフィック・ディスプレイを使用した。理由は数字で打ち出される結果よりもアナログ量として結果を示した方が判断しやすいからである。其の後精度のよいグラフィック・ディスプレイが市場に出回る様になると、これをプロセス表示に使用、物質・熱収支計算と合せプロセスの改良・開発に役立てる事にした。この様な経過の後に CADM を導入しプロセス開発を目標に総合利用を計る事にした。

5. 計算方法から見たソフト開発

コンピュータの発達により科学技術計算の方法は大きく変化したが、これに伴い設備設計、プロセス開発、プラント計画・建設の方法そのものをも大きく変えた。ここでは自社開発したソフトがどのような計算手法を使用したかに就いて簡単に触れておく事にする。

- ・蒸留計算は計算手法から見ると物質収支と気液平衡を巧妙に組み合わせた典型的な収束計算法である。
- ・固定床反応器の解析は物質・熱収支に就いての偏微分方程式に関する差分法による解法である。
- ・有限要素法による解析は典型的なマトリックス (Matrix) 計算である。

以上の事から、技術計算に利用される三つの主要な計算方法、収束計算法、差分計算法、マトリックス計算法が学習出来たと考える。

6. 外部ソフト導入の留意点

現在は名前の通った多くの科学技術計算ソフトが市販され導入は容易である。しかし市販されている高級ソフトは導入しても簡単に使いこなせるものではない。導入側の力に応じてしか使えないものである。市販ソフト導入に就いては、導入するものと同じ構成概念、計算アルゴリズムの簡単なソフトを開発し、これを充分使いこなす事によって市販ソフトを使いこなす自信を得てから導入した。導入したソフトは次の様なものである。

蒸留計算 NIDIST-Ⅱ^{※1)}
 有限要素法 MARC^{※3)}, FIDAP^{※4)}

市販ソフト導入に当り注意すべき点は、名前の通っているソフトでも使用前によくチェックする必要がある事である。

7. 技術計算の運用体制

電算機部発足時の技術計算担当者は2～3人の小人数であったが、コンピュータ Simulation で述べた考えによって蒸留計算から少しずつ独自のソフトを開発して行った。

ところで工場の技術担当者が、計算を行いたい時は、計算内容を電算機部に送り、電算機部でプログラムを作成、計算し、結果を返却するか、工場担当者自身がプログラムを作成して電算機部に送り、計算結果を本人に返送する方式によった。

電算機部独自に開発したソフト、及び工場技術担当者が開発した汎用ソフトが或る程度蓄積出来た段階でリストを作成、全関係部署に配布、全社的な技術計算の促進を計った。

以上の状況は、コンピュータが本社（大阪）にしか設置されていない時であるが、1-(1)に述べた全社統一のトータル階層システムの一部一部が除々に実現されて、工場コンピュータが各工場に設置される様になると、本社ホスト・コンピュータと工場コンピュータを通信回線³⁾で接続し、工場コンピュータ室に工場担当者が来れば、工場コンピュータから、ホスト・コンピュータにある技術計算ソフトが使用出来る様にした。（これは技術計算のみならずルーチ的な工場レベルの生産・事務管理の業務も流し得る。）次の段階は、工場コンピュータを工場のセンターとして、工場内に電話回線により LAN を構築、計算を希望する人は、自分の部署の端末から誰でも計算が出来る様にした。工場 LAN が構築出来た時点で、ホスト・コンピュータにあるソフトは誰でも使用出来、また誰でも、端末からホスト・コンピュータでソフトが自由に開発出来る様にした。（尚、計算機上での計算実行はホスト・コンピュータのみで行い、工場コンピュータでは行わない。）この時点において、技術計算によるコンピュータ使用は飛躍的に増加した。

技術計算が、全社的に拡散して行くと、本社電算機部に席を置く数人の担当社のみでは、全社的な計算要求に対応しきれない。そこで工場各部署から計算の中心になる人材を推薦してもらい、本社電算機部でコンピュータの基礎、運用方法、技術計算の基礎を学習してもらった。期間は1週間/月、6ヶ月間である。本社で学習した人は、工場の部署に帰り、各部署で計算の必要が生じた時、直接の担当者及び電算機部の担当者と連絡をとりながら計算を進める。

尚、工場各部署の中心になる人に本社電算機部で学習してもらった今ひとつの理由は次の通りである。コンピュータソフトは、データを入力すれば、特別の理由のない限り必ず答を返して来る。技術計算で特に問題となるのは、答が正しいか答が誤りかを判定する能力を身につけておく事である。このためには、現場における経験も重要であるが、計算の基礎も良く理解しておく必要があるからである。

おわりに

化繊会社におけるコンピュータによる技術計算に就いて、その基本的考え方、ソフト開発の経過、運用体制に就いて説明して来たが、今までの経験を通じて言いうる事は、コンピュータによる技術計算は言いふるされた事ではあるが、基礎からのひとつひとつの積み重ねが大切であると言う事である。途中から何か実行しようとしても結局基礎からのやり直しに直面すると言う事である。この報告書がもし何かのお役に立つ事があれば幸いである。

注

- ※1) (株)日本科学技術研究所開発ソフトの商品名
- ※2) 米国ロッキード社開発の CAD (Computer Aided Design) システム
- ※3) 米国 MARC 社の開発した有限要素法汎用パッケージ (弾性・熱伝導解析)
- ※4) 米国 FDI 社の開発した有限要素法汎用パッケージ (流体・熱伝導解析)
- ※5) LAN : Local Area Network

引用文献

- 1) Lyster et al : Petroleum Refiner, **38**, No. 6, 221 (1959)
- 2) Rose : Industrial and Engineering Chemistry, **50**, 737 (1959)
- 3) 藤原恒昭 : 中国短期大学紀要, **20**, 203 (1989), 化繊会社における総合情報通信システムの構築