

資 料

プロセス機器設計システム COSPET について*

浜 田 善 次** 大 谷 俊 二**
光 藤 昭 男** 西 原 一 臣**

Abstract

Computer Aided Design System for Chemical Engineering named COSPET is explained in this paper. The purpose of this system is to settle various problems to integrate many component modules to be used for chemical plant design for use by ICES Executive Program. The particular features of COSPET are 1) effective and easy man-machine communication, 2) efficient built-in data base and 3) easiness for modification and expansion of the system.

We have demonstrated this system among the practical engineers who are engaged in the design work of chemical process equipments and obtained the result that this kind of approach for the systemization of design work will provide one of the powerful tools for them.

1. まえがき

化学プラントは、化学プロセス機器およびそれに付随したパイピングと計装部分から成立っている。この化学プラントの設計は、多種多様の技術の総合¹⁾であり、その仕事の大要は Fig. 1 に示す通りである。この設計の進行は、種々のデータの収集と加工の過程と考えられる。Dr. Licklider の実験²⁾によると、この様な設計業務にエンジニアが携わった場合、技術的思考に費やされているとみなされる時間の 85% はその準備のための時間、つまり思考や意志決定を下すのに必要な情報の収集に使われている。従って、情報収集やエンジニアの思考判断に適する形に加工する単純作業をコンピュータ化することができれば、エンジニアは、より高度な思考判断業務に専念できることになる。

この様に、人間とコンピュータがそれぞれ得意とする分野の仕事を分担するマン・マシン・システムを作ることにより、設計業務が非常に効率化されることになる。

われわれは、以上の観点に立ち、人間の役割、コン

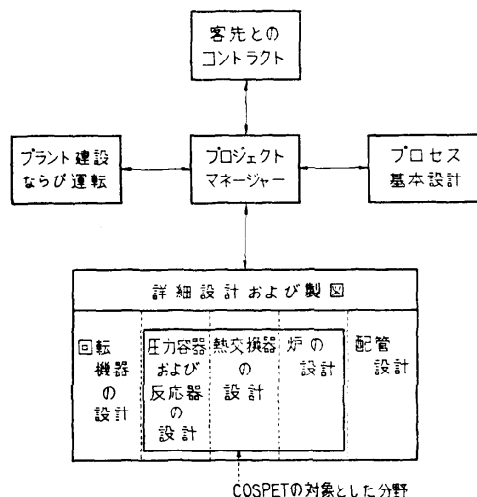


Fig. 1 Plant Engineering Procedure

ピュータの能力、及び人間とコンピュータ間のコミュニケーションの問題を考慮した上、プラント機器設計システムを開発した。これを我々は、COSPET (Conver-sational System for Plant Engineering in TEC*) と呼び、そのカバーする範囲は、Fig. 1 の太線で囲んだ部分である。COSPET の特徴としては、大きく以下の3つが上げられる。

* Toyo Engineering Corp. の略形

* A Design System for Chemical Process Equipments; COSPET, by Zenji HAMADA, Shunji OHTANI, Akio MITSUFUGI, Kazuomi NISHIHARA. (Computer Systems Dept., Toyo Engineering Corp.)

** 東洋エンジニアリング (株) システム部

1) 機器設計用言語を採用したために、人間がコンピュータと容易に対話しながら仕事を進めることができる。

2) 組み込まれたデータ・ベース・システムによって、データがプログラムと独立して集中管理できる。

3) システムの修正拡張が容易である。

COSPET では以上の要求を満たすシステムの開発を容易とするために、ICES⁷⁾ (Integrated Civil Engineering System) の Executive Program を用いている。本文中 2. では COSPET の基礎となっているシステムの ICES の概要を述べ、3. では使用しているデータ・ベースの詳細について説明し、4. では COSPET の全体の姿を記述する。

2. 基礎となるシステム

設計業務は、一般に技術革新や規格の変更など、外部環境の変化による影響を受けやすい。またその中で情報が複雑に入りこんでいるため、あらかじめすべてのケースを考慮したシステムを作成するのは、困難である。従って、非常に柔軟性に富んだシステム作成の道具が要求される。コンピュータを用いる場合、そのオペレーティング・システムは、一般性を持たせてあるため、そのままでは設計システム作成の道具としては不十分であり、一般にそれを補足するソフトウェアが要求される。この様な要求に答えるために、各所で研究が試みられてきた。PLAN⁸⁾, AED⁹⁾, MODCON⁴⁾ などのもその一つであるが、われわれの採用した ICES も、この様な環境から産み出されたものである。

ICES が開発されたフィロソフィーは、設計という問題をとらえ、その中で人間がより高度な創造的仕事に従事するために、コンピュータはいかなる機能を有すべきか、またコンピュータをエンジニアの同僚とするために、その間のコミュニケーションをいかに容易にするかであった。この ICES は MIT で初めて開発され、その後各所で改良が加えられている。ICES の特徴をまとめると、

1) 問題向言語 (POL*) が容易に定義できる。このため、プログラミングをよく知らないエンジニアでも、コンピュータと容易に、しかも対話形式で使うことができるようになる。

2) FORTRAN の機能を拡張した ICETRAN (ICES-FORTRAN) 言語を使用し、設計システムを構成する計算モジュールのコーディングを容易にして

いる。これには、DYNAMIC ARRAY と呼ばれる Tree Type のデータ構造を組むことができ、問題の適用範囲が著しく広げられる。これはまた仮想記憶となり、二次記憶装置を主記装置の延長として自動的に利用できる。

3) 動的モジュール結合の手法が用いられ、必要な計算モジュールが、必要な時点で主記憶域に呼び込まれるため、効率のよい記憶域の利用ができる。

4) 可変長マルチ・ダイレクト・ファイルを、一つのデータ・セットの中にとることができ、前述の DYNAMIC ARRAY と合わせて用いることにより、複雑な構造のデータを効率よく二次記憶装置に納めることができる。

以上の機能を用いることにより、従来の方法では不可能に近い大規模な設計エンジニアリング用システムの開発と運用が可能になった。ICES にはこれまでに、STRUDL⁹⁾, COGO¹⁰⁾, PROJECT. 1¹¹⁾, Table 2¹²⁾ などのサブシステム* が開発されてきているが、その Executive Program は広範な設計問題をカバーし総合化し得る一般性を持っている。

3. COSPET のデータ・ベース

われわれが、プラントを設計する際、一般にプロジェクト・チームを作り業務を遂行する。この時扱う情報は、主に二つに分けることが出来る。一つは物性、温度等の機器ごとのデータで各プロジェクトごとに各種各様の可変なデータを持っている。この情報は、データ・シート、スケッチ等の媒体を通して関係各部で頻繁にやりとりされ、修正、追加が行なわれる。このため、プロジェクト全体としてみれば、データが重複したり、多くの転記作業があったりして無駄が生じている。他方は使用材料の許容応力、ヤング率等の材料固有のデータや、ノズル、フランジ、ボルト等の機器に関するデータがあり、規格、法規等の変更がない限り固定して各プロジェクト共通のデータである。このデータは主として、JIS, ASME** のコードに沿ったものであるが、その種類は増加の傾向にある。これらは、設計者がその都度、規格や文献を調べ、温度等の単位変換、補間等を行い入力データとして用いていた。この様な実情を考え、以下の事柄を満たす必要が生じてきた。

* ICES サブシステム; ここでいうサブシステムは、Executive Program のもとで動き、実際の問題解決にあたるプログラム群である。COSPET も ICES のサブシステムである。

** The American Society of Mechanical Engineers

* Problem Oriented Language

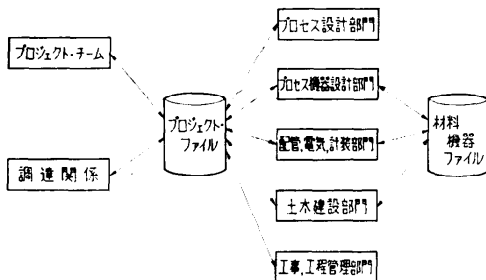


Fig. 2 Data Base on COSPET

- 1) 手作業による転記，またその時発生する誤りの防止。
- 2) マニュアル，規格を調べる為の時間と労力をなくすと共に，人によるデータ採用値のばらつきをなくす。
- 3) 各部が個別に持っていたデータの共有化をはかる。
- 4) 設計時間の短縮をはかる。

COSPET のデータ・ベースは上記のことを満たすように設計した。COSPET では、Fig. 2 に示す様にプロジェクト・データ・ベースをプロジェクト・ファイル，材料データのそれを材料ファイル，機器ファイルと呼ぶことにした。一般に，これらデータを格納するシステム，つまりデータ・ベース・システムを扱うものには，独立言語方式* と親言語方式** に大別できる。

通常の業務では，データを扱うものがプログラミングに熟知しているわけではない。一方，計算プログラムからそのデータを自由に取り出し利用する必要もあるので，COSPET のデータ・ベース・システムには両者の機能を具備していることが望まれる。

この様な要求を満たすためには，TABLE. 2 サブシステムを利用することが出来る。これは，コマンドでもプログラムからでもデータを自由に扱うことができ，効率よく二次記憶装置のスペース管理を行ってくれる汎用的なデータ・ベース・システムである。このTABLE. 2 では，ユーザーが任意に指定できる HEADING, ITEM, LIST という三次元の識別名を持っている。(但し list 属性は，オプションで通常は二次元) これによりデータは一意的に決定，格納される。またデータを格納したり，そのデータの内容を知りたい時

* 独立言語方式：特別に作らなしたコマンドでデータの操作を行うもの。

** 親言語方式：FORTRAN 等の手続き言語の中にいくつかのデータ操作命令を加えたもの。

機名	圧力損失	くされ代
熱交1	10.0	5.3
熱交2	1.0	2.15
熱交3		

Fig. 3 Contents of Project File

は，ユーザーはその物理的な位置を知る必要はなく，前述の識別名さえ与えれば，それを行なうことが出来る。COSPET では、Fig. 3 に示す如く，HEADING 識別名にプロジェクト・データ項目，ITEM 識別名にプロセス機器名をとり，プロジェクト・ファイル，機器ファイルを作成した。前述の材料ファイルに対しても，当初 TABLE. 2 を用いて作成したが，それが汎用的な機能のデータ・ベース・システムである為に，材料ファイルの様な特殊用途のファイルには以下に示す機能も持つことが望ましくなった。

- 1) データ検索時間の短縮。
- 2) 独自のインプット方式に合わせる。
- 3) 冗長性を少なくし，二次記憶装置をさらに有効に使う。

材料ファイル専用として新しく作成したのが，MDHS (Material Data Handling System) である。材料データは大別すると

- 1) JIS, ASME 等にある材料の分類。
- 2) ある材料に対する最高使用限界温度，板厚，製造法，鋼種，出典等のデータ。
- 3) ある材料，温度に対する引張り強さ，降伏強さ，許容応力等のデータ。

などがあり，上記項目ごとにその数は一定でなく，変更もあり得る。そこで MDHS でも，かなりの柔軟性を持つデータ構造が要求される。ICES では，そのデータ・マネージメント機能と ICETRAN の DYNAMIC ARRAY を用いて階層木構造を組むことが可能となっている。これを利用して，MDHS では，Fig. 4 のデータ構造を組んだ。ここでは，「file-name」には JIS, ASME 等の規格名とした。また日付に関する情報は，自動的に入る様にしてある。内部単位としては，cgs 系を用いている。またこの中に入る情報は，システムで固定してあるもの以外は，すべてユーザーの指定にまかせることにしており，定義したデータのみを格納することにより，二次記憶装置の有効利用を計っている。

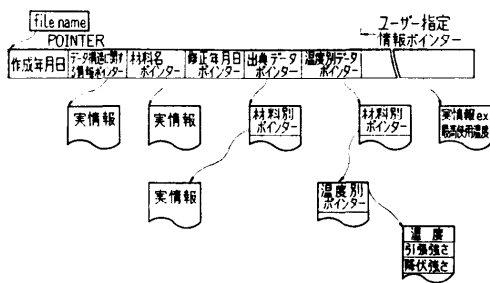


Fig. 4 Data Structure of MDHS

Fig. 5 に図示してある様に MDHS は、Data Maintenance Routine と Data Retrieval Routine より成っている。前者は、材料ファイルの作成、追加、修正、削除等の保守と内容のアウトプット用の為のものであり、独立言語方式で働き、コマンドを用いてい

(熱交換器)

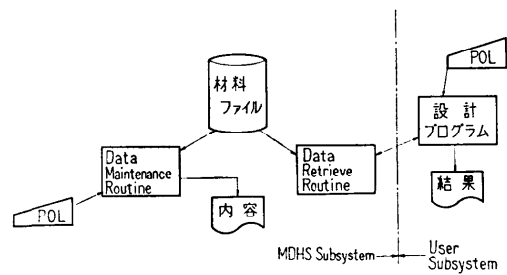


Fig. 5 Relationship between MDHS Subsystem and User's Programs

る。後者は、各種設計用処理プログラム中より材料ファイルのデータをもってくる為のインターフェースであり、親言語方式をとっている。すなわち、FUNCTION subprogram タイプである。その名前、材料名、使用板厚、温度を引数として指定しさえすれば値

(熱交換器、炉)

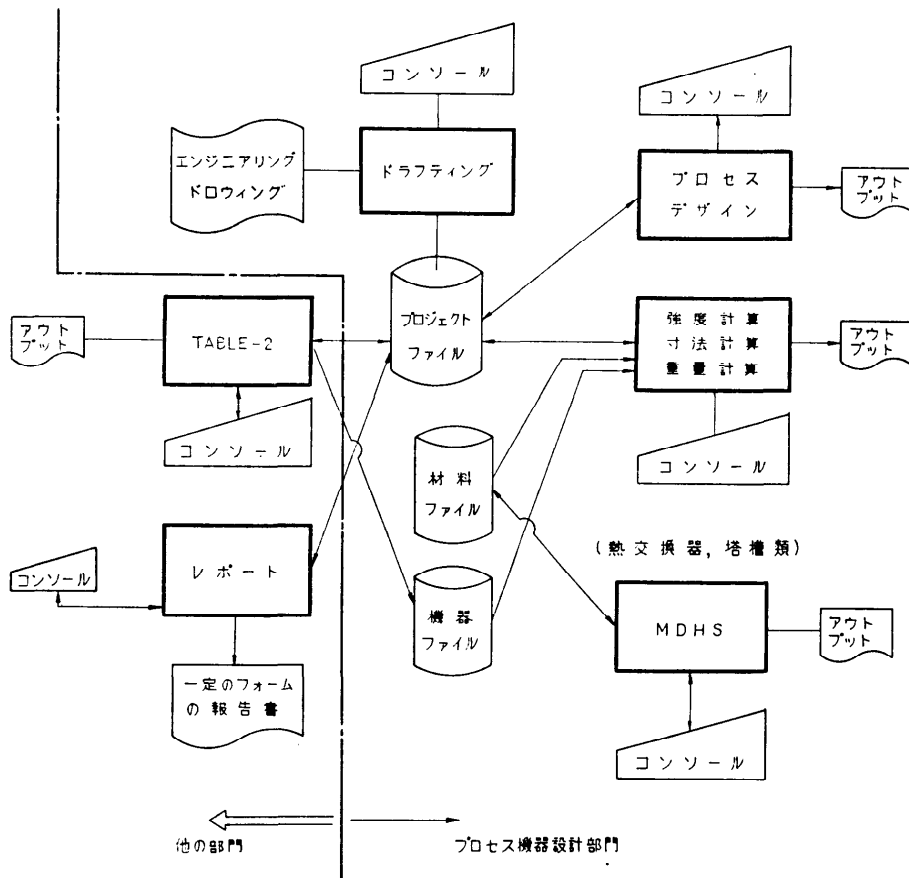


Fig. 6 Process Design Programs and Data Base

が得られる。TABLE.2 と MDHS のサブシステムを利用して各種ファイルを作成したわけであるが、このことにより前記問題点はほぼ解決し、満足のいくデータ・ベース・システムが出来たと思われる。何よりもまずデータの標準化が計れたと共に、プログラムとデータが独立でき、データの保守が容易になったということが最大の利点となった。

4. COSPET の機能

4.1 対象としたプロセス機器

COSPET が対象とした設計計算は、主にプロセス機器設計部門に関係し、その内容は、熱交換器と炉のプロセス・デザイン（レイティング）また熱交換器、搭槽類の強度計算、寸法計算、重量計算である。この設計用プログラムの関係を Fig. 6 に示した。この様にデータ・ベースを中心に各プログラムを統合した為に、前章で述べたデータ・ベースに関する利点の他に次の様な長所がある。

- 1) 共通のサブプログラムの一本化により、システム効率が向上し、管理、保守が容易となる。たとえば、熱交換器で用いるフランジと、塔で用いるフランジの設計プログラムを二重に所有することがなくなり、プログラムを変更する場合でも一回の変更で済む。
- 2) どの機器の設計も統一の思想のもとに作られた言語 (POL) を用いて行なわれるので、エンジニアにとって大変使い易い。その結果、彼自身より多くの機器の設計に携われ、多角的な行動が出来る様になる。
- 3) 将来 CRT 等の端末装置のグレードアップの場合にも容易に追従出来る。
- 4) 今後さらにルーチンワークを計算機におきかえていくのも容易である。たとえば、図中のプロセスデザインと強度計算をつなげることによるメリットは大きいであろう。

Fig. 6 において長方形の太ワクがサブシステムを示しており、それぞれコンソール・タイプライタなどの端末装置から POL を用いてデータをキーインすることにより、各々のプログラムを使用することが出来る。POL はカードによる入力も可能であるため、通常のバッチ処理でもこのシステムを利用することが出来る。結果は、コンソールでもセンターのラインプリンタにでも任意に出力できる。それぞれのサブシステムは、材料ファイル、機器ファイルの値を適当に利用

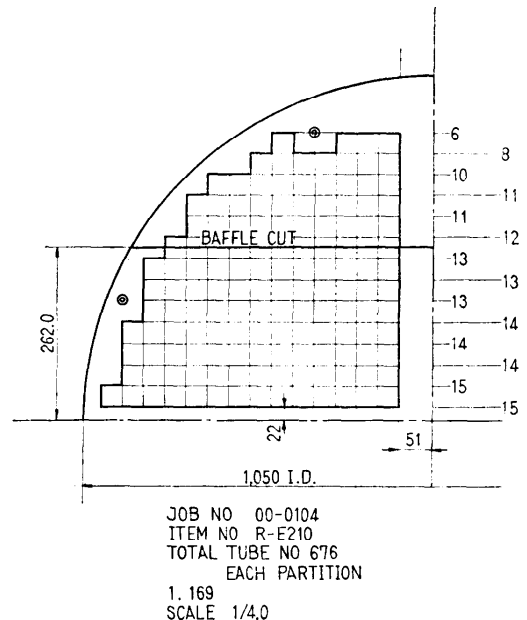


Fig. 7 Tube Layout Graphical Output of Heat Exchanger

しながら設計計算等を進めていき、共通のデータ・ベースであるプロジェクト・ファイルを通してデータをやりとりしている。レポートサブシステムは、各部門がそれぞれの目的、用途に従って、プロジェクト・ファイルより一定の様式で報告書を作るものである。これには、調達部門の機器の購入仕様書や、土建部門のローディングデータレポートなどがある。ドラフティングサブシステムは、現在のところ熱交換器のチューブレイアウトだけを XY プロッタを用いて描いている。これは、レイティングのプログラムに組み込まれたチューブの組み合わせプログラムの出力データを用いて描いている (Fig. 7)。

4.2 COSPET の POL

次に、POL について熱交換器の強度計算サブシステムを例にとり詳しく述べてみる。熱交換器の強度計算プログラムは、FORTRAN 言語で書かれ、数年前より実用化しているが、COSPET では、これを ICES の Executive Program の下で働くように改良した。ICES の支配下で動かすことを前提として作りあげたシステムと異なり、FORTRAN 言語で書かれていたプログラムを ICES のもとで実行する場合、効率という点で問題はある。しかし、かつてプログラムの中に持っていた各種のテーブル類を、TABLE.2

設計計算時にインプットする数を減少させている。データの引用方法は、前節でも述べた通り、FUNCTION subprogram タイプである。

さらに、これらのインプットの POL に対して、三つの省略形式が用意されている。一つは、全く言語を記入しない方法である。省略時解釈のある言葉と、Fig. 9 で〔 〕に囲まれたコマンドの様に、ただ単に文章としてつじつまが合う様に挿入された言葉は、記入しなくてもよい。「PLATE」が前者で、「INFORMATION」や「SIDE」が後者にあたる。さらに特定のコマンドは、指定された順序を変えなければ、その識別用の言葉をも省略できる。「MATERIAL」、「JOINT」がこれにあたるが、むろんデータは記入しなくては行けない。最後は、Fig. 9 の下線部だけ記入すれば、データは、きちんと識別されて、インプットされる方法である。

この様な省略形式により、インプットにおける労力は、さらに少なくなる。POL は、エンジニアにとってみれば大変使用し易く、抵抗も少ない。このことは、設計業務を進めていく上で、エンジニアのロードを減らす大きな要素となる。すなわち、単純な繰り返しのルーチン・ワークは、コンピュータが行ない、その結果を適当に判断し、次の段階に設計を進めるなり、もう一度データを変更して計算しなおすの決定を、エンジニアである人間が行なうのである。

5. む す び

本稿では、熱交換器を例として COSPET を説明してきたが、これは、他の化学プロセス機器についても適用できるものであり、現在その拡張作業を進行している。従来は、各部各部門内でプログラムの開発及び導入を行って業務に役立ってきた（オープンプログラマ制度）。この様な状況の中で、技術計算用の単品プログラムが多数出来上がったが、その数の多くなるにつれ、プログラム群を結合して効率よく使用する要求と、それに用いるデータの集中管理に対する要求が起ってきた。以上のことから、COSPET では、複数のプログラムをデータ・ベースを中心として集合化し、その使用方法も POL と会話型端末機を利用してエンジニアに使いやすい形になっている。この様な、トータル・システムを化学プラント・エンジニアリング業務に適用するのは、各所で研究され、試みられてきているが⁶⁾、我々にとっては、初めての試みである。我々が設計エンジニアと行ったオペレーションテス

トの結果からも、このようなシステムはエンジニアになじみ得るもので、その効果は非常に大きいとの確信を得ている。今後は、材料選定規準をプログラム化し、設計規準に合った材料の拾い出しを材料ファイルから自動的に行なうなど、マン・マシン・システムの中でルーチン化できる部分を適時マシン側に分担させていくことになっている。なお、マン・マシン・インターフェースをよりよくするため、COSPET においては、Fig. 7 に示す様な熱交換器のチューブレイアウト図面をプロッタにより自動作図しているが、今後 CRT ディスプレイ装置、ディジタイザの利用など、さらに人間のパターン認識能力を利用し得よう研究を進めて行く方針である。

参 考 文 献

- 1) 中島清一：プラント・エンジニアリング入門，日本能率協会，pp. 1~44 (1970)
- 2) 河野忠義：マン・マシン・コミュニケーションを土台としたコンピュータアプリケーションの現状と問題点，第2回システム人間工学シンポジウム予稿集，pp. 37~45 (1972)
- 3) Ross, D. T.: The AED Approach to Generalized Computer-Aided Design, MIT REPORT ESL-R-305 (1967)
- 4) Degelman, L. O.: MODCON, Penn. State Univ. CAD-LAB REPORT, 69-1 (1961)
- 5) Hurst, R. C. and Rosensten, A. B.: Integrated Computer Aided Design System, FJCC, pp. 297~314 (1970)
- 6) Leesley, M. E.: Process plant design by computer, Process Technology, Vol. 18, No. 11, pp. 403~405 (1973)
- 7) ICES-SYSTEM: General Description, Civil Engineering Systems Laboratory, MIT (1967)
- 8) Problem Language Analyzer (PLAN) User's Introduction, IBM (1969)
- 9) ICES: STRUDL-II Engineering User's Manual, Civil Engineering Systems Laboratory, MIT (1970)
- 10) ICES: COGO Engineering User's Manual, Civil Engineering Systems Laboratory, MIT (1967)
- 11) ICES: PROJECT 1 Engineering User's Manual, Civil Engineering System Laboratory, MIT (1968)
- 12) ICES: Table 2 Engineering User's Manual, Civil Engineering Systems Laboratory, MIT (1969)

(昭和49年7月19日受付)