

解説

FA 用情報処理技術



エンジニアリング・データベース†

中村 史朗††

1. はじめに

データベースの概念は事務処理の分野で生まれ、発展してきた。汎用のデータベース管理システム (Database Management System, 以後 DBMS と略す) が登場し、それをういたデータベース・システムが実用の段階に入ってからでも 10 年以上が経過した。現在、事務処理分野におけるデータベース利用技術は成熟段階にあるといえる。一方、技術分野でのデータベース化は、事務分野程順調にはいっていない。この主な理由は、次のようなものであると考えられる。

(1) 事務処理では、磁気テープ主体の時代からソートとマージによるデータの変形(流れ)が主要な位置を占めており、処理(プログラム)はそれを実現する手段として位置付けられてきた。すなわち、元来データ主体の性格を有していた。事務処理システムの分析において、入出力ファイルや帳票の設計が重要な作業であることを見ても、これは明らかである。更に、これまでの事務分野におけるコンピュータ化の対象には定型的な業務が多く、データベースによる統合化が行い易かったことも幸いした。(しかし近年、意思決定支援など非定型業務のデータベース化の要求も急激に高まっている。)

(2) 技術分野では、複雑な数値計算に代表されるように、計算処理自体(アルゴリズム)に重点が置かれており、かつ個々のプログラム間でデータを共有し管理するという発想は希薄であった。技術分野の代表的なプログラミング言語である FORTRAN において、データタイプに関する機能が弱いことからこれがわかる。また、設計業務は元来設計者の個人的な能力に負うところが大きく、かつ個々の数値計算プログラムと異なり、コンピュータ化されなくても一応日常

の業務は行えるため、その効果が定量的に計り難いことも、データベースによる統合化を遅らせてきた。更に、業務の特性として非定型な処理要求が多いことも、従来のネットワークや階層型などデータ構造面での制約の強い DBMS によるデータベース化を難しくした。

しかしながら、製品の多様化、短納期化といった環境の変化の中で合理化を推進するためには、設計業務をも含んだコンピュータによる統合支援システムが必要である。そのため、近年技術分野におけるデータベースが話題になってきている³¹⁻³³⁾。ここでは、これをエンジニアリング・データベース(以後 EDB と略す)と呼ぶ。EDB に関しては、世界的に見ても参考文献 1) の調査報告書が先駆的である。

機械系アプリケーションから見た EDB については、木村の解説がある¹²⁾。本報告では、DBMS 側から見た EDB の解説を行う。

2. EDB システムの全体像と活動状況

2.1 EDB システムの全体構成

EDB とは、その名の示すとおり設計を中心とするエンジニアリング業務を支援するための中核となるデータベースである。しかしながら、設計業務は必然的に製造工程や生産管理と強い関連を持っており、これらを含めた広義の EDB システムの理想の姿は、一貫生産支援システムである。このようなデータベース化による最大の利点は、情報の有機的関連付けおよび有効利用にある。各生産活動で必要となるデータ間の関連が EDB の中に有機的に形成されており、図-1 に示すように各活動では、前段までに生成されたプロダクト・データを、入力データとして最大限に活用することができ、当該活動結果の情報をプロダクト・データに追加・反映する。したがって、プロダクト・データは無理なく段階的に成長してゆく。更に製品の完成時点では、このプロダクトデータは実績データとして

† Engineering Databases by Fumio NAKAMURA (Systems Development Laboratory, Hitachi, Ltd.).

†† (株)日立製作所システム開発研究所

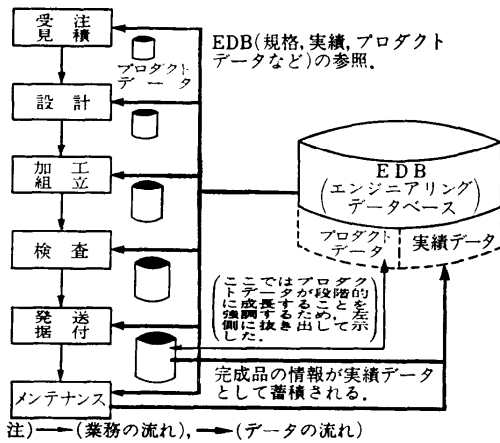


図-1 EDBの段階的成長とフィードバック

フィードバックされる。そしてこの実績データは、規格情報などと一緒に関工エンジニアリング・データとして生産の全活動（特に受注から設計までの活動）で参照される貴重なデータである。

2.2 EDBの特徴

EDBに含まれるデータの種類の分類方法の1つは、製作中の製品に関するプロダクト・データと、プロダクト・データを生成する過程で参照されるデータとに分ける方法である^{11,6)}。ここではこれとは別に、データベース処理の特徴の違いから以下に述べる3種類に分類した。

(1) 図形データ

製品の形状自体（3次元）を表現するデータや、それを2次元の平面に投影した図面情報である。一般に複雑な関連を持ったデータのある塊（例えば図面単位）を高速にアクセス（検索・更新）する必要がある。そのため、現在の汎用DBMSでそのデータ構造を忠実に反映した形で管理するのが、性能上難しいデータである。したがって、ターンキー・システムに代表される現行CADシステムはほとんど専用ファイルによっており、柔軟性に欠ける点がユーザ側の不満である。すなわち、ユーザが図形情報に種々の属性を付加するといったことは難しい。

(2) エンジニアリング・データ

既作・既納品の設計諸元や主要寸法などのデータ、品質管理データ、生産技術データ、規格類のデータなど生産の各過程で参照されるデータ、および受注仕様、設計条件や設計値など製作中の製品に関するデータである。非定型な処理要求が多く発生する。また設

計者自身が対話的に使用するため、使い易さが要求される。一方、アクセス頻度はあまり高くない。したがって、現在商用化が進んでいるリレーショナルDBMSの適用性が高く、今後発展が期待される。

(3) 管理データ

生産管理、原価管理などで必要となるデータである。これは現在事務処理システムの範ちゅうとして、汎用DBMSを用いて多くの企業でオンライン・データベース・システムとして実現されている。このデータの特徴は、比較的定型的なアクセスが多い点で前記(2)と対照的である。

2.3 EDBに対する活動状況

EDBに関連した論文発表が盛んになってきたのは比較的新しく、1979年頃からである³⁾⁻⁵⁾。以下では、それらの中の特徴的な活動について概観する。

(1) アプリケーション・サイドからのアプローチ

Eastman⁶⁾は、マルチユーザ環境におけるEDBについて、幅広い考察を行っている。LillehagenとDokken¹⁴⁾は、プロダクト・データの実現方法について、後述のTORNADO等を用いて議論している。

GrabowskiとEigner⁹⁾始め多くの論文がセマンティックの問題を論じている^{3),4)}。真名垣¹⁶⁾は、図形要素および要素の組合せの記述を許すことにより、パラメトリックな図形定義をダイナミックに作り出してゆける自己記述型のデータモデルを提案している。一般のデータベースでもそうであるが、セマンティック・インテグリティの問題は極めて多様である（例えば図面で物体の寸法に変更が生じ修正した寸法線も自動的に修正されるなど）。かつ3章で述べるように、セマンティックの問題の多くはDBMS外の幾何モデラ等で扱うべきものである。

(2) データベース・サイドからのアプローチ

HaskinやLorieら^{10),15)}は、設計業務において下記3種類の特徴を抽出し、それぞれの解決策を提案・実験している。

(a) 多様なデータタイプが現れる。特に任意長の不定形データを扱うため、ロング・フィールドを設ける。

(b) 個々のレコード単位のアクセス指定ではなく、ある意味を持ったレコードの集合を1つのアクセス単位として許すため、コンプレックス・オブジェクトという概念を設定する。

(c) 通常のオンライン・トランザクションに比べ、データベースとの会話の時間が長い場合、データ

ベースの同時制御およびリカバリに配慮が必要である。

2.2 節で述べたように、EDB (特に図形データ) は構造が複雑であるという認識はほとんど共通しており、上記コンプレックス・オブジェクトはその効率的な処理のための1つの解決策である。ほとんど同じ発想に基づく提案が他にもなされている¹¹⁾。宇田川と溝口²¹⁾は、電気系の設計では詳細化が段階的に行われ、それを階層的に保持しておく必要がある点に着目した提案を行っている。また、大保ら¹⁹⁾はデータベースの世界で汎化 (generalization)²³⁾と呼ぶ概念の実現の方法として、属性値にリレーション名を許すことにより、異なる特性を持つ要素から成る構造物を表現することを試みている。

(3) データベース・システム構築の試み

Fischer⁷⁾は、PHIDAS と呼ぶ CODASYL (Conference on Data Systems Languages) タイプのネットワーク DBMS について報告している。PHIDAS の上に、部品の詳細図作成、ツール作成および NC (数値制御) テープ作成を行う PHILIKON というシステムが開発されている。また、ノルウェーの Central Institute for Industrial Research では、TORNADO²²⁾ という同じく CODASYL タイプの DBMS を、船舶用 CAD システム AUTOKON との関連で 1978 年に開発した。更に 1980 年には第 2 バージョンが完成している。FORTRAN で、12000 行程度の規模である。PHIDAS も TORNADO も実験システムであり、同時に使用できるユーザ数などはごく限られている。

米国の IPAD (Integrated Programs for Aerospace Vehicle Design) プロジェクトに関連して、エンジニアリング・データの問合せに主眼を置く RIM と呼ぶリレーショナル DBMS が作られている⁸⁾。木村ら¹³⁾は、商用 DBMS の上に機械系の CAD/CAM システムを構築したことを報告している。また松家²⁵⁾らは、階層型 DBMS の上に RIX と呼ぶ拡張したリレーショナル・インタフェースを実現し、幾何データの構築を行っている。

3. EDB の技術課題

2.2 節で述べたように、EDB はアクセス特性の異なる 3 種類の情報を含んでおり、また事務処理と異なる処理要求があるため、EDB の実現に当たり解決しなければならない技術課題がある。本章では、データベースサイドから筆者らの考えを中心に、個々のユー

ザサイトごとに解決すべき課題ではなく、汎用機能としての DBMS 拡張あるいは DBMS の上に構築し得るエンジニアリング業務支援機能に重点を置いた技術課題について考察する。

3.1 エンジニアリング用 DBMS の課題

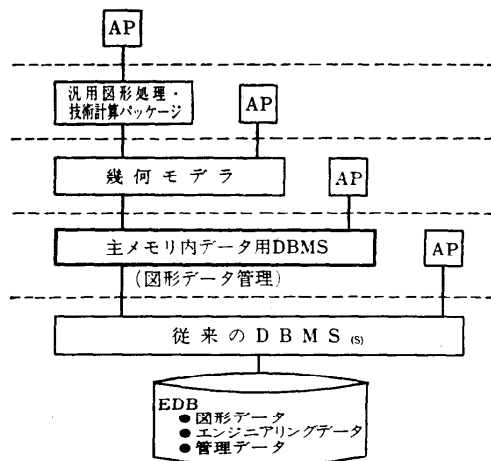
(1) 図形データ管理

2 章で述べたように、図形データは下記のような処理特性を持っている。

- (a) 大量のまとまりのあるデータ (例えば図面単位) を一度に検索する。
- (b) 検索結果の図に対し、画面を通し試行錯誤的に長時間の会話処理を行う。
- (c) 会話の結果新たにでき上がったものを一括して EDB に反映 (データベース更新) する。

したがって、図形データを忠実に現行 DBMS のデータベース定義機能により構造化した場合、アクセス時間やロックのオーバヘッド等により、性能的に許容できないものとなる。一方、図形データを独立でなく、他の属性データや製品データと有機的に関連付けて EDB として統合するには、従来の専用ファイルでは難しい。

上記性能と統合化のトレードオフをどう解決するかが、EDB として最大の問題の1つである。この解決方法の1つとして、図-2 に示したようにデータベースの管理を多層化することが考えられる。従来の DBMS は、図形データについては大きなデータの塊として取り扱い、その構造は認識しない。したがって、図形データ (例えば 1 図面分) の取得は数回〜数十回程度のデ



注) AP : Application Program

図-2 多層化による図形データの管理

ディスク・アクセスで可能である。このようにして取得された図形データは主メモリに展開され、主メモリ内データ用 DBMS によってその構造の認識と管理が行われる。これにより、図形要素に対する属性の付与などが、主メモリ内データ用 DBMS へのデータ定義として実施可能であり、また各層ごとに必要に応じアプリケーション・プログラムがインタフェースをとることもできる。したがって、図面管理などは従来の DBMS で、図形処理は主メモリ内データ用 DBMS を介して行うことにより、図形データと他のデータを統合した形で管理できる。

図-2 の構成を実現するためには、各層間の機能分割を十分行うことが重要である。2章で出てきた図形データのセマンティック・インテグリティの問題は、DBMS よりも幾何モデラや図形処理パッケージの責任であることが多い。

(2) 多様なデータタイプ

EDB では、事務用データベースではあまり現れない浮動小数点数や配列データが頻繁に現れる。また、コード化されたデータだけでなく、(長い) スtring・データ (例えば図面内の注釈) が現れる。この String・データのサポート方法の1つは、2.3 節で述べたロング・フィールドである。

(3) 単 位

EDB では、数値データが多くかつそれぞれには単位が付随することが多い。また、場合によっては(輸出用など) 単位変換(例えばメートル系とインチ系)が必要となる。現行の商用 DBMS では、データベースの定義時に単位指定を許しているものはほとんどない。しかしながら、単位は事務用データベースでも必要なものであり、そのサポートは汎用性が高い。

(4) 高レベル・ユーザ・インタフェース

2.2 節で分類した EDB 中のエンジニアリング・データは、設計者自身が非定型な形でアクセスするため、使い易い高レベルのインタフェースを提供する必要がある。したがって、現行 DBMS の中では、リレーショナル・タイプの DBMS の適用性が高い。エンジニアリング環境では、更に次のような機能が要求される。

(a) あいまい性を有する検索処理。例えば、単価が 1,000 円に近い部品を近い順に 10 件検索する。

(b) 検索結果のビジュアル化。EDB では数値データが多いことと関連して、検索結果を単に一覧表として出力するのではなく、グラフ化して出力することに

よる効果は大である。

(5) 長期にわたるデータの保存

重電用の製品などでは、設計データを長期にわたって保存することが義務付けられている場合がある。その場合、磁気テープなどにアンロードした時点以後、データベース定義に変更が生じることがある。この時、必要があつてデータベースにリロードしようとしてもできない。このような問題へのアプローチの1つとして、小柳ら²⁴⁾はデータベース定義に複数のリビジョンを許す DBMS の提案を行っている。

3.2 EDB システム構築時の課題

(1) 設計ドキュメント作成

技術計算書や顧客提出資料などの設計ドキュメントは、図面と並ぶ設計の2大出力である。典型的な設計ドキュメントのページ例を図-3に示す。図より、設計ドキュメントは下記の特徴を持つことがわかる。((a) から (e) はそれぞれ図中に付した符号と対応する。)

(a) 日本語の文章が現れる。

(b) 上つき、下つき文字、数学記号($\sqrt{\quad}$ 、 Σ など)などの特殊文字や数式が含まれる。

(c) 見易くするための野線が必要である。

(d) 説明用の図やグラフも含まれる。

以上の要素により、ページのフォーマットが形成される。そして通常、同一のフォーマットが場合によっては若干の修正を加えて、同一種類の製品に対し多数回使用される。

(e) 製品間で異なるのは、実際の設計値が入る部分(可変フィールド)であり、これは EDB の検索やプログラムによる計算などにより値が設定される。

また、設計の進行にともないドキュメントのリビジョン・アップが発生したり、でき上がったドキュメントは保存され必要に応じ参照されたりする。したがって、ドキュメントの管理も重要である。

以上のように、設計ドキュメントの作成を支援するには、ドキュメント処理、ドキュメント管理、図形処理、データ処理およびデータベース管理といった広範囲のコンピュータ技術の融合が必要である。筆者らは、図-3のような設計ドキュメントの作成を支援する汎用システムを開発した¹⁹⁾。

(2) プログラム管理

事務系のコンピュータ化がファイル中心に発展してきたのに対し、技術系では計算(プログラム)自体に重点が置かれてきたことから、プログラム(サブルー

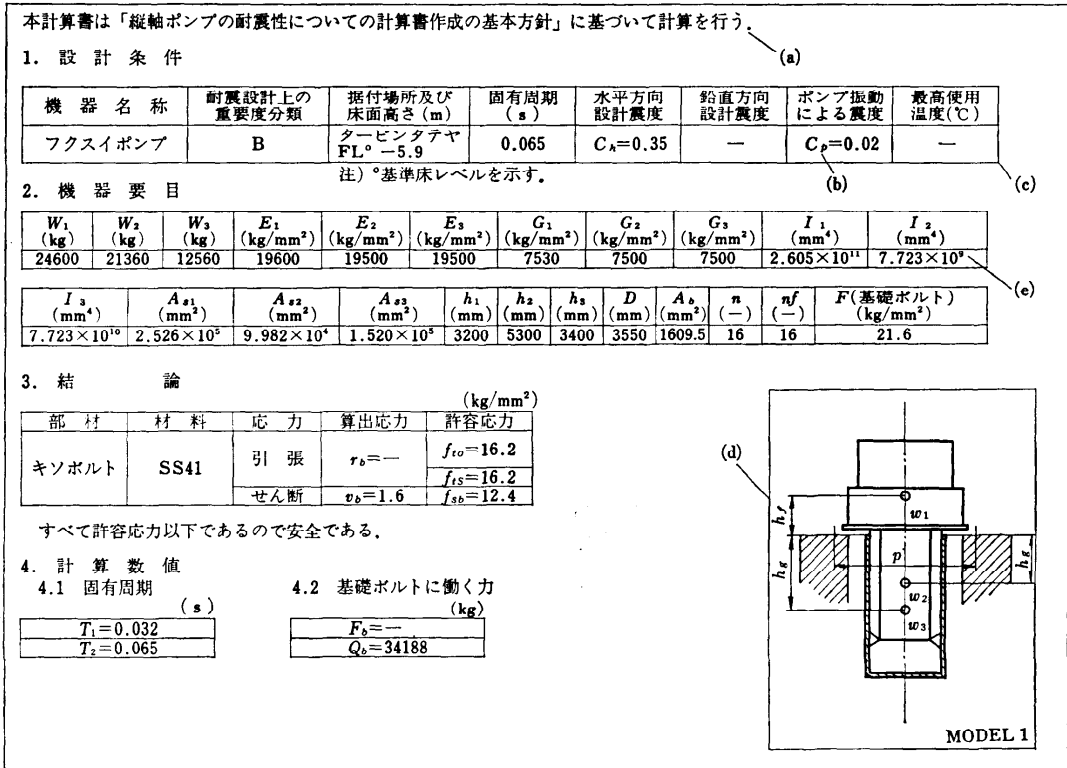


図-3 設計ドキュメントのページ例

チン)の蓄積が大きな財産となっており、これを有効に関連付け使用する手法が必要となる。プログラム管理の中核を成すのは、プログラム・ベースである。プログラム・ベースの概念は必ずしも確立していないが、広くとらえれば“プログラムの開発・実行・保守にかかわるプログラム管理情報(メタデータ)の集合体”と見ることができる。したがって、ソフトウェア・エンジニアリングとの関連も強い。そのうち、技術系で特に要望が強いのは、個々に作成されたプログラムを目的に応じ入出力インタフェースを合せながら、動的につないで実行させる制御機能である。まだ決定的な汎用ソフトウェアは開発されていないが、開発されればその効果は高い。

(3) リビジョン・履歴管理

設計に変更はつきものであり、かつ製品の完成までは、最新データだけでなく古いリビジョンのデータも保持しておく必要がある。また場合によっては、変更がいつ誰によって実施されたかといった変更履歴まで管理する必要もある。しかしながら、リビジョンや変

更履歴の管理要求はサイトごとに多様であり、現時点では汎用機能の抽出が難しい。当面、個々に解決していく中から汎用の機能を抽出するのが妥当であろう。

4. おわりに

EDB に対するニーズの高まりから、最近その発表活動が急速に盛んになってきた。今後も、本文で述べた EDB の管理技術や、設計ドキュメント作成支援のような汎用ツールに関する発表が続くと期待される。しかしながら、EDB システム構築のためには、まだ2つの壁があると考えられる。

1つは、図形データの管理技術およびその EDB としての総合技術である。性能とデータベースとしての統合管理とのトレードオフを解決するには、今後の研究活動を待たねばならない。

2つ目は、CAD 技術者とデータベース技術者との連携の強化である。これまでの発表活動を見ると、CAD 技術者とデータベース技術者がそれぞれの立場からアプローチしている感が強い。しかしながら、実

用的な EDB システムの構築を可能とするには、両者のコミュニケーションをもっと密にすることが不可欠である。

参 考 文 献

- 1) エンジニアリング・データベース・システム調査報告書, 情報処理振興事業協会 (Mar. 1975, 1976, 1977).
- 2) CAE (Computer Aided Engineering) に関する調査報告書, 日本情報処理開発協会 (Mar. 1982).
- 3) Computer-Aided Design, Vol. 11, No. 3 (CAD データベース特集号) (May 1979).
- 4) Encarnaçao, J. and Krause, F. L. (ed.): File Structures and Data Bases for CAD (Proc. of IFIP WG 5.2 Working Conf. 1981), North-Holland Pub. Co. (1982).
- 5) Proc. of Engineering Design Applications in Database Week Conf., IEEE Computer Society Press (May 1983).
- 6) Eastman, C. M.: Database Facilities for Engineering Design, Proc. of the IEEE, Vol. 69, No. 10 (Oct. 1981).
- 7) Fischer, W. E.: PHIDAS—A Database Management System for CAD/CAM Application Software (参考文献3)に収録).
- 8) Fishwick, P. A. and Blackburn, C. L.: Managing Engineering Data Bases: The Relational Approach, CIME (Jan. 1983).
- 9) Grabowski, H. and Eigner, M.: Semantic Data Model Requirements and Realization with a Relational Data Structure (参考文献3)に収録).
- 10) Haskin, R. L. and Lorie, R. A.: On Extending the Functions of a Relational Database System, Proc. of SIGMOD Conf. (1982).
- 11) Johnson, H. R. et al.: A DBMS Facility for Handling Structured Engineering Entities (参考文献5)に収録).
- 12) 木村: エンジニアリング・データベース, 精密機械, 47巻11号 (Nov. 1981).
- 13) Kimura, F. et al.: Construction and Uses of an Engineering Data Base in Design and Manufacturing Environments (参考文献4)に収録).
- 14) Lillehagen, F. M. and Dokken, T.: Towards a Methodology for Constructing Product Modelling Databases in CAD (参考文献4)に収録).
- 15) Lorie, R. and Plouffe, W.: Complex Objects and their Use in Design Transactions (参考文献5)に収録).
- 16) Managaki, M.: Multi-Layered Database Architecture for CAD/CAM Systems (参考文献4)に収録).
- 17) 中村, 高価, 新井: エンジニアリング・データベースの動向, 日立評論, Vol. 65, No. 3 (Mar. 1983).
- 18) Nakamura, F. et al.: Design Document Generation from Engineering Databases, Proc. of Inter Graphics '83 (1983).
- 19) 大保他: 柔構造関係データベース, 情報処理学会データベース管理システム研究会資料 30 (May 1982).
- 20) Sidle, T. W.: Weaknesses of Commercial Data Base Management Systems in Engineering Applications, Proc. of DA Conf. (1980).
- 21) 宇田川, 溝口: アドバンスト・データベース ADAM のデータ定義言語について—エンジニアリング・データ管理へのアプローチ, 情報処理学会データベース・システム研究会資料 35 (May 1983).
- 22) Ulfsby, S. et al.: TORNADO: A DBMS for CAD/CAM Systems (参考文献4)に収録).
- 23) Smith, J. M. and Smith, D. C. P.: Database Abstraction: Aggregation and Generalization, ACM TODS, Vol. 2, No. 2 (June 1977).
- 24) 小柳, 高橋: データ構造の動的変更が可能なデータベース管理システム, 情報処理学会データベース・システム研究会資料 39 (Jan. 1984).
- 25) Matsuka, H. et al.: Specific Requirements in Engineering Data Base, Database Design Techniques II, Lecture Notes on Computer Science, No. 133 (1982).

(昭和59年2月2日受付)