

エンジニアリング・データ文書化 ／グラフ化支援システムの開発

日立製作所システム開発研究所 木村淳美 中村史朗 金居貞三郎

1. はじめに

ハードウェアの発展により、従来コンピュータ化が困難であった非定型業務処理あるいは高知能型処理など、新しい分野へのコンピュータの利用が盛んになっている。ホワイトカラーの業務は非定型処理の典型である。このようなアプリケーションの例としては、一般の事務作業に焦点を置いたオフィス・オートメーション、管理者層を対象にした意思決定支援システム、工場の設計業務を対象にしたCAD(Computer Aided Design)等が挙げられる。この内CADは、これまで図面作成処理や大規模な技術計算等個別かつ専用目的が主体であった。しかしながら、CADが普及するにつれ、各種設計情報等のエンジニアリング・データを統合化した設計支援システム構築の要求が出てきている。このためには、データベースの概念が必要になり、これをEDB(エンジニアリング・データベース)と呼ぶ。このようなデータベース化による最大の利点は、図1.1に示すように、情報の有機的関連付け及び有効利用にある。

EDBに基づく設計支援システムを構築する上での主な技術課題として、以下の2点が挙げられる。

- (1) 図形データ、エンジニアリング・データ、管理データ等性質の異なるデータを統合化するためのデータベース管理システム(以下、DBMSと省略する)の実現
- (2) アプリケーション依存度が大きい設計支援システムの構築を容易にするための設計支援汎用機能の実現

現在、(1)に関する研究が活発化しつつある。しかしながら、EDBシステムの構築を容易にするためには、(2)の観点からの研究・開発が必要不可欠である。

筆者らは、設計支援のための汎用機能の一つとして、設計ドキュメント作成およびエンジニアリング・データのグラフ化のサポートを目的とした、エンジニアリング・データ文書化／グラフ化支援システムを開発した。以下、本システムの概要及び特徴について報告する。

2. 設計ドキュメントの特徴

設計とは、製品の受注仕様あるいは基本仕様から、製造の対象物の仕様(形状、重量、性能、etc.)を明確化し決定してゆく過程である。見積・計画・詳細設計から製造のための生産技術等の、設計の各段階において、仕様の妥当性の検証が行われ(デザイン・レビュー)、顧客提出資料、次段階への設計資料、製造のための資料として纏められる。対象物が大規模・複雑化すれば、決定すべき仕様及び資料は相乗的に膨大・複雑化する。

これら設計の各段階で作成される資料は、の2種類に代表される。

- ① 設計図面：計図図、部品図、組み立て図等の幾何形状を主とする資料
- ② 設計ドキュメント：見積書、計画書、設計書等のコード化データを主とする資料

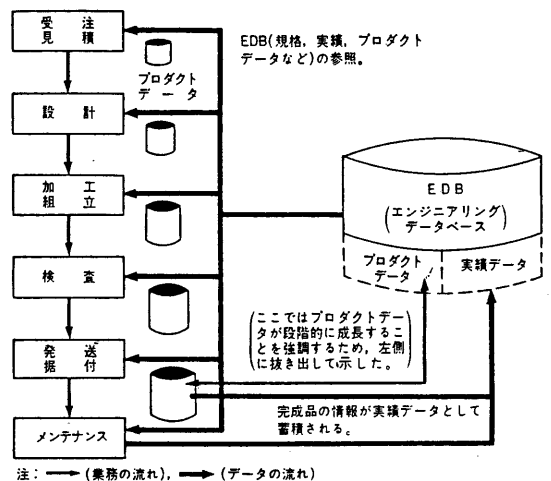


図1.1 EDBの段階的成長

この内、設計図面に関しては、CAD機器等の導入が活発に行われ、機械化が進められている。一方、設計ドキュメントに関しては、これまで手作業が主であった。

図2.1は、従来の設計ドキュメントの作成過程を示したものである(項番は、図中の番号に対応する)。

(1) あらかじめドキュメントの標準化を実施し、定型の原紙を作成する。ドキュメントを作成する場合、まず、原紙の複写から始まる。

(2) 規格書や実績データ等から、必要な設計値を計算する。

(3) 製品の諸元や計算結果を、原紙の空欄に書き込む。

(4) 図表類を所定の位置に切り張りする。

(5) 文章の訂正や追記を行う。

(6) 最後に、この原紙を複写して、ドキュメントの1ページが出来上がる。

1つのドキュメントは、このようにして作成したページの集合である。

さらに、ページに着目すると、図2.2のページの例に示す通り以下の特徴が明らかになる(項番は、図中の番号に対応する)。

- (1) 日本語の文章が使われる。
- (2) 表や罫線を用いた帳票形式が現れる。
- (3) 単位や数式等の特殊記号が現れる。
- (4) 説明のために図やグラフが用いられる。
- (5) 製品の諸元や設計値等、個々の製品毎に異なる可変部分が現れる。この可変部分は、人手、データベースあるいはファイル、これらの計算結果、プログラム実行等により導出される。

現在、日本語情報処理技術の進歩により、ワード・プロセッサの普及が目覚ましい。しかしながら、上記の特徴から明らかなように、設計ドキュメント作成をサポートするためには、文書処理技術とデータ処理およびデータベース処理技術との融合が必要である。次章では、ここで示したような設計ドキュメントの作成をサポートするための、本システムにおける実現法について述べる。

3. システムの概要

本システムは、図3.1に示すように5つの機能から構成されている。この内グラフ作成機能を除いて設計ドキュメントの作成機能を構成する。本章では、ドキュメント作成機能について述べる。グラフ作成機能に関しては、6章で述べる。

本システムは、ドキュメントをデータベースとして管理する。DBMSとしては、リレーショナルDBMSを用いている。

ドキュメントは、2種類に分けて管理される。一つは《定義ドキュメント》と呼び、ドキュメントの可変部分が未決定の状態にある。すなわち2章で述べた原紙に相当する。定義ドキュメントを構成する個々の原紙を、《フォーム》と呼ぶ。一方、ドキュメントの可変部分が決定され、特定の製品に対応するドキュメントを、《生成ドキュメント》あるいは単に《ドキュメント》と呼ぶ。生成ドキュメントを構成する個々の(可変部分にデータを設定済みの)原紙を、《生成ページ》あるいは単に《ページ》と呼ぶ。

以下に、各機能の概要を述べる。

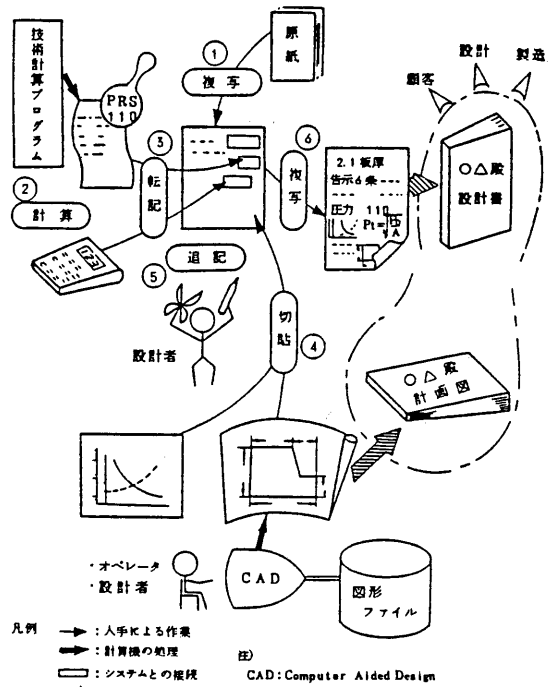


図2.1 従来の設計ドキュメント作成法

本計算書は「縦軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づいて計算を行う。

1. 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	固有周期 (s)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	ポンプ振動による震度	最高使用温度 (℃)
フクスイポンプ	B	2-ヒコナリ FL ⁰ -5.9	0.065	C _h = 0.35	-	C _p = 0.02	-

(注) 0基礎床レベルを示す。

2. 機器要目

W ₁ (Kg)	W ₂ (Kg)	W ₃ (Kg)	E ₁ (Kg/mm ²)	E ₂ (Kg/mm ²)	E ₃ (Kg/mm ²)	G ₁ (Kg/mm ²)	G ₂ (Kg/mm ²)	G ₃ (Kg/mm ²)	I ₁ (mm ⁴)	I ₂ (mm ⁴)
24600	21360	12560	19600	19500	19500	7530	7500	7500	2.605X10 ¹¹	7.723X10 ⁹

I ₃ (mm ⁴)	A _{S1} (mm ²)	A _{S2} (mm ²)	A _{S3} (mm ²)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)	h ₃ (mm)	D (mm)	A _b (mm ²)	n	n f	F (基礎ボルト) (Kg/mm ²)
7.723X10 ¹⁰	2.526X10 ⁵	9.982X10 ⁴	1.520X10 ⁵	3200	5300	3400	3550	1609.5	16	16	21.6

3. 結論

部材	材料	応力	算出応力	許容応力 (Kg/mm ²)	
				f _{to}	f _{ts}
ボルト	SS41	引張	τ _b = -	f _{to} = 16.2	f _{ts} = 16.2
		せん断	σ _b = 1.6	f _{sb} = 12.4	

すべて許容応力以下であるので安全である。

4. 計算数値

4.1 固有周期

T ₁ = 0.032 (s)
T ₂ = 0.065 (s)

4.2 基礎ボルトに働く力

F _b = -
Q _b = 34188 (Kg)

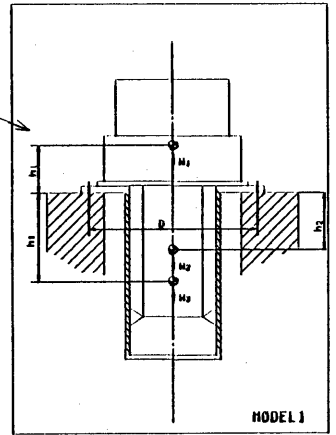


図 2. 2 設計ドキュメントのページの例

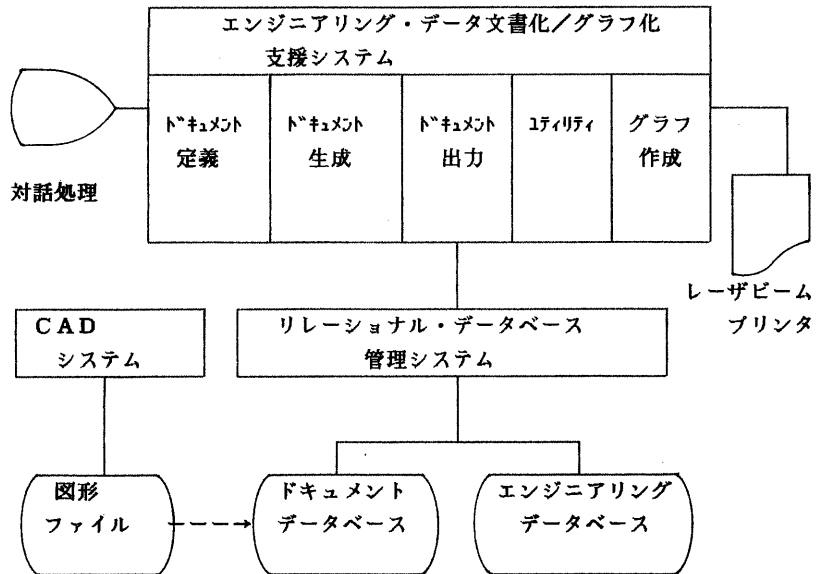


図 3. 1 システムの全体構成

(1) ドキュメント定義機能

ドキュメント定義機能は、次の2つの役割を持つ。

一つは、定義ドキュメントを確立し、その下にフォームを定義することである。フォームのマージン、ヘッダ等の全体の様式を始め、2章で述べたフォームの各要素を定義する。フォーム中の文章は、ホスト型のワード・プロセッサを用いて編集する。フォームの可変部分は、《可変フィールド》と呼び、次の例に示すように《?》で始まる名称を付加して、文章中に指定する。

[可変フィールドの指定例]

ポンプ 流量 ?STRS 圧力 ?PRSS
基礎ボルトの応力は、?OURYOKU である。

数式や単位等の特殊記号も、特定の開始記号を用いて同様の方法で指定する。これらの処理は、ユーザと対話しながら進められる。

ドキュメント定義機能の、もう一つの役割は、ドキュメントの生成手順を規定することである。一つの生成ドキュメントを作成するための手続を《ドキュメント生成手続》とよぶ。ドキュメント生成手続は、さらに複数の《処理手続》から構成される。処理手続は、フォームの可変フィールドに値を設定する《フォーム処理プログラム》と対応している。この詳細は、4章でのべる。

(2) ドキュメント生成機能

ドキュメント生成機能は、定義ドキュメントおよびドキュメント生成手続を用いて、フォーム処理プログラムを実行し、生成ドキュメントをドキュメント・データベースに登録する。

(3) ドキュメント出力機能

本機能は、生成ドキュメントをプリンタに出力し、最終的にドキュメントを完成させる。ページ中の図表は、この段階で併合される。

(4) ユティリティ機能

特殊記号の登録、CADで作成された図形ファイルから挿入図の抽出等のユティリティ機能からなる。

以上の機能を用いた本システムの利用手順を、図3.2に示す。システムの利用フェーズは、2つに分かれる。ドキュメントの定義フェーズは、特定の管理者がユーザであり、生成フェーズは、一般の設計者がユーザである。

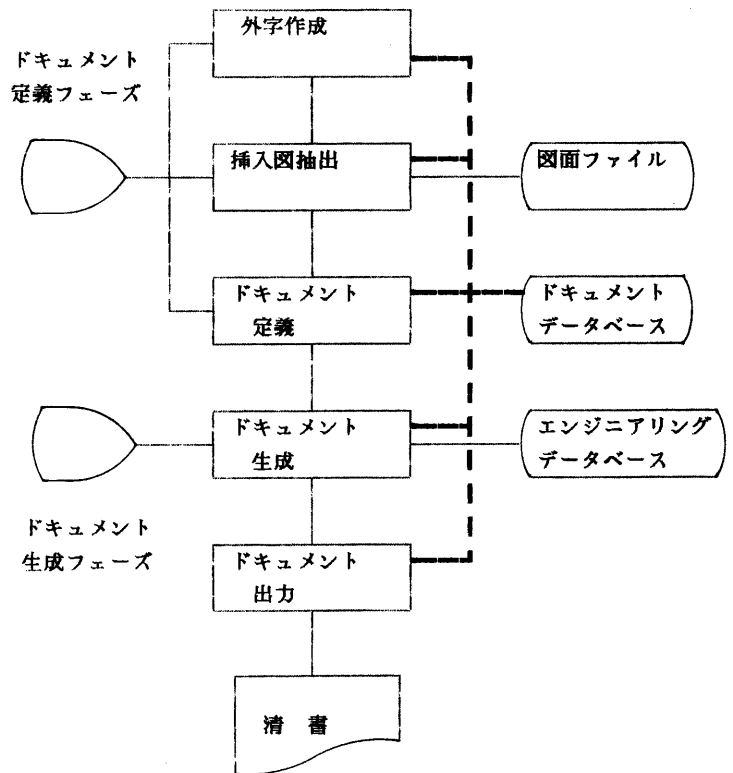


図3.2 システムの利用手順

4. ドキュメント・データベース

前章で述べたように、ドキュメント・データベースは、リレーショナルDBMSで管理される。データベースの概念的な構成を、Entity-Relationship Modelを用いて図4.1に示す。以下に、主な内容を述べる。

(1) 定義ドキュメント

定義ドキュメントの識別単位であり、ここに属するフォームの共通な情報を持つ。

(2) フォーム

フォームの様式、文章、図領域、可変フィールド等の、フォーム構成情報を持つ。

(3) 可変フィールド

可変フィールドの、属性情報(データタイプ、サイズ、編集形式、etc.)をもつ。また、フォーム処理プログラム間でのデータ授受に用いられる共通フィールド(後述)の定義情報を持つ。

(4) ドキュメント、ページ

生成ドキュメントおよびページに関する情報を持つ。一つの定義ドキュメントに対して、複数の生成ドキュメントが存在する。

(5) 挿入図

図形ファイルから抽出した、挿入図のベクトル情報を持つ。

(6) ドキュメント生成手続、処理手続

ドキュメントの生成手順に関する情報をもつ。詳細は、次章で述べる。

5. ドキュメント生成

ドキュメント生成機能は、本システムにおける中核機能である。フォームの可変フィールドに具体値を設定し、ページを生成する。さらに、ページをドキュメント単位にデータベースに格納する。すなわち、文書処理とデータ処理およびデータベース処理を結合するキー・コンポーネントである。

5.1 ドキュメント生成における関連要素

ドキュメント生成では、前章で述べたドキュメント・データベース、ユーザが作成したEDB、および、フォーム処理プログラムを動的に制御しながら実行する。フォーム処理プログラムは、処理手続と1:1に対応しており、生成対象とするフォームの種類と、可変フィールドの導出方法を規定している。

フォーム処理プログラムは、Fortran等の通常のプログラミング言語を用いて記述され、図5.1の例に示すように以下の要素から構成される。

① データベース処理部：DBMSのデータ操作言語を用いて、データベースからデータを検索する部分。

② データ処理部：ホスト言語の機能により、データの演算を行う部分。

③ フォーム処理部：フォームの指定等、フォームからページに変換するためにフォーム制御文を用いて記述した部分。表5.1に、フォーム制御文の種類と機能を示す。

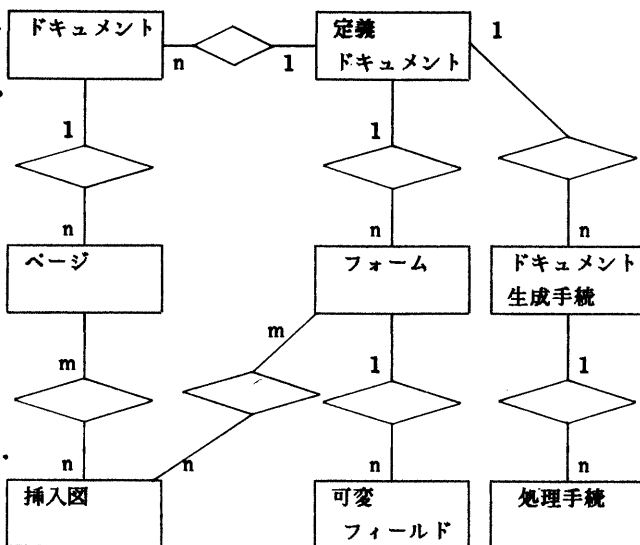


図4.1 ドキュメント・データベースの構成

表 5. 1 フォーム制御文一覧

NO.	フォーム制御文	フォーム制御文の機能概要
1	OPEN	指定されたフォームの処理開始
2	CLOSE	指定されたフォームの処理終了
3	GETF	指定された可変フィールド値の端末入力
4	PUTF	指定された可変フィールド値の端末出力
5	SETF	指定された可変フィールド値の フォームへの設定
6	REFF	フォームから、指定された 可変フィールド値の読み込み
7	GETV	指定された共通フィールド値の端末入力
8	PUTV	指定された共通フィールド値の端末出力
9	SETV	指定された共通フィールドへの プログラム変数値の設定
10	REFV	指定された共通フィールド値の プログラム変数への設定

```

① %OPEN FORM1 ;

② %REFV ?SAKU, ?REV ;
-----
③ ?SAKU, ?REVのデータを用いて
   データベース検索(データベース操作言語)
-----

④ %GETF ?W1, ?W2, ?W3 ;

-----
⑤ データベース検索データと端末入力データを用いて
   設計計算(Host言語)
-----

⑥ %LINK BOLT(?SIB, ?TAB, ?FB, ?QB);

⑦ %SETF ?PI3, ?AS1, ?AS2 ;
   .
   .
⑧ %SAVE PAGE1 ;

⑨ %CLOSE FORM1 ;

END
    
```

図 5. 1 フォーム処理プログラムの例

5.2 ドキュメント生成の実行制御方式

前に述べたように、ドキュメント生成によって用いられる情報は、あらかじめドキュメント定義機能によってデータベースに登録されている。ドキュメント生成では、先ずドキュメントの生成対象を決定する所から処理が始まる。以下、図5.1のフォーム処理プログラムを引用しながら、実行制御の方式を述べる（適宜、図中の番号を引用する）。

(1) 先ず、利用者から、ドキュメント生成手続名および生成ドキュメント名を得る。前者からドキュメント生成手続と定義ドキュメント名が判る。後者からは、データベースに格納する際の識別名が決定される。

(2) ドキュメント生成手続の先頭に指定されている処理手続を得る。処理手続には、対応するフォーム処理プログラム、その格納ライブラリ、必要な入出力ファイル情報等が、保持されている。これを基に、入出力ファイルの動的な割り当て、および、フォーム処理プログラムの動的な起動を行う。

(3) フォーム処理プログラムは、OPEN制御文を発行しフォームの処理を開始する(①)。次に、REFVにより共通フィールドの値を得る(②)。共通フィールドは、以下の目的のために存在する。

- ・フォーム中には現れないが、端末からの入力が必要な場合
- ・フォーム処理プログラム間で、データの授受が必要な場合

このようにして得たデータを用いて、データベースの検索(③)や設計計算(⑤)を行う。また、GETFにより端末から可変フィールド値を入力したり(④)、複雑な技術計算等のために既存のプログラムを動的に呼び出す(⑥)。決定した可変フィールド値は、SETFを用いてフォームに設定する(⑦)。最終的に、SAVEを発行し、生成ページをデータベースに格納する(⑧)。CLOSE制御文により、一つのフォームの処理が終了する。

(4) ドキュメント生成では、フォーム制御文を受け取ると、可変フィールドの属性を参照し、次のような編集を行う。

・データの入出力形式から内部形式への変換、逆変換

- ・データの書式に従った編集

・フォーム中での、詰め、切り捨て、埋め字処理

(5) 一つのフォーム処理プログラムの実行が終了すると、ドキュメント生成は、当該プログラムが使用したファイルを解放する等の終了処理を行う。その後ドキュメント生成手続から次の処理手続を取り出し、それに対応するフォーム処理プログラムの実行準備を行う。

以上に示したように、一つのドキュメント生成手続に定義されている全ての処理手続を、順番に連続して実行することにより、一つのドキュメントが生成される。

図5.2は、例で示したフォーム処理プログラムが対象とする、フォームの一部である。《?PNAME》、《?W1》、《?PI3》等が可変フィールドで、?PNAMEは文字型、?W1は整数型、?PI3は、実数型で指数表示と言うふうに、デー

本計算書は「縦軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基

1. 設計条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ(m)	固有周期(s)
?PNAME	?TA1	?TATE ?YUKA	?T

(注) 0基準床レベルを示す。

2. 機器要目

W ₁ (Kg)	W ₂ (Kg)	W ₃ (Kg)	E ₁ (Kg/mm ²)	E ₂ (Kg/mm ²)	E ₃ (Kg/mm ²)
?W1	?W2	?W3	?E1	?E2	?E3

I ₃ (mm ⁴)	A _{S1} (mm ²)	A _{S2} (mm ²)	A _{S3} (mm ²)	h ₁ (mm)	h ₂ (mm)
?PI3	?AS1	?AS2	?AS3	?H1	?H2

3. 結論

部材	材料	応力	算出応力	許容応力
?BUZA	?BMA T	引張	$\tau_b = ?SIB$	$f_{to} = ?FTO$
		せん断	$\nu_b = ?TAB$	$f_{ts} = ?FTS$
				$f_{sb} = ?FSB$

すべて許容応力以下であるので安全である。

4. 計算数値

4.1 固有周期

$T_1 = ?T1$
$T_2 = ?T2$

4.2 基礎ボルトに働く力

$F_b = ?FB$
$Q_b = ?QB$

図5.2 フォームの例(1部分)

データベースに定義されている。このフォームから生成したページが、始めに示した図 2. 2 である。?PNAMEは《フクスイポンプ》, ?W1は《24600》, ?PI3は《7.723×10¹⁰》に、各々変換されていることが判る。

6. グラフ作成支援

設計業務では、技術データや試験データ等の数値データを、グラフに変換して検討する機会が多い。したがって、グラフ作成を計算機で支援する効果は、大きい。この場合、問題となるのは、大量の数値データの入力方法と、グラフ表示種類の多様性である。

本システムは、基本的に、エンジニアリング・データベースの構築を前提としている。データベースには、上記のような数値データも含まれている。したがって、データベースからグラフ化に必要なデータの検索方法が課題となる。一方、グラフの多様性に応えられるような、柔軟性・拡張性が必要となる。

図 6. 1 に、本システムのグラフ作成機能の構成を示す。本機能は、グラフ化データ作成コンポーネントとグラフ表示コンポーネントの、二つの部分に分かれている。

(1) グラフ化データ作成コンポーネント

本コンポーネントには、コマンド処理機能、データベース・アクセス機能、グラフ・インターフェイス機能がある。コマンド処理機能は、ユーザとの対話部分で、データベースの検索に必要な情報を、次のような、グラフ向きを入力方法で与える。

- ・ X 軸用のカラム、Y 軸用のカラム、ソート（順序付け）の有無
- ・ グルーピング用のカラム
- ・ カラムの存在するデータベース
- ・ 検索の条件

データベース・アクセス機能は、これらの情報から検索コマンドの作成および実行を行い、要求データを内部に蓄積する。

グラフ・インターフェイス機能では、このデータをグラフ表示コンポーネントの形式に変換する。

(2) グラフ表示コンポーネント

本コンポーネントは、(1) から渡されたデータの表示を行う。標準的なグラフ・パッケージと同時に、専用プログラムを追加することができる。

本方式は、非常にシンプルであるが、始に述べたデータ入力と表示種類の課題に対して、有効な方法である。

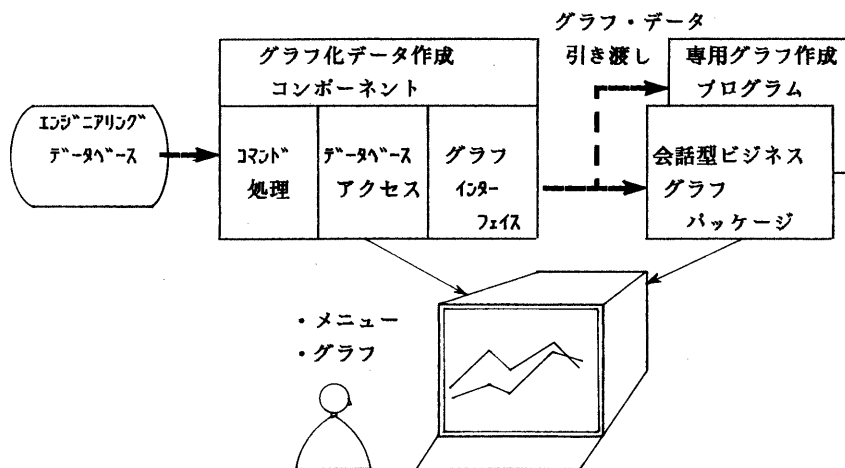


図 6. 1 グラフ作成機能の構成

7. おわりに

設計業務のサポートを目的とした、エンジニアリング・データ文書化／グラフ化支援システムの構成及び実現方式に関する詳細について報告した。本文中でも述べたように、設計ドキュメントの作成を支援するためには、文書処理、データ処理、データベース処理、ドキュメント管理、図形処理の機能を包含する必要がある。本システムでは、文書処理、図形処理等に関しては、既存のソフト・パッケージを活用し、システムとして統合化する手段を用いている。本システムは、現在、実験システムの開発を終了し、適用実験中である。

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、
(昭51-3、昭52-3、昭53-3)
- 2) CAE (Computer Aided Engineering) に関する調査
研究報告書、日本情報処理開発協会 (昭57-3)
- 3) File Structures and Data Bases for CAD
(Proc. of IFIP WG5.2 Working Conf.)
North-Holland Pub. Co. (1982)
- 4) Computer Aided Design, 11, 3 (CADデータベース
特集号) (May 1979)
- 5) 木村：エンジニアリング・データベース、精密機械、47、11 (昭56-11)
- 6) F. Nakamura, et al. : Design Document Gene-
ration from Engineering Databases,
Proc. of InterGraphics '83 (April 1983)
- 7) Chen, P. : The Entity-Relationship Model
- Toward a Unified View of Data,
ACM TODS, Vol. 1, No. 1 (March 1976)
- 8) 中村他：エンジニアリング・データ文書化支援システムの開発－全体構想、
情報処理学会第27年全国大会 (昭58-10)
- 9) 木村他：エンジニアリング・データ文書化支援システムの開発－実現方式、
情報処理学会第27年全国大会 (昭58-10)
- 10) 金居他：エンジニアリング・データ文書化支援システムの開発－ドキュメント
生成機能、情報処理学会第27年全国大会 (昭58-10)