

ソフトウェア CAD における 図形処理法の一考察

堂山真一 竹内英二

NTT電気通信研究所

ソフトウェア設計用知識ベースシステムのマンマシンインターフェースには、人間の直観に訴える図形表現が有効である。しかし、知識ベースシステムは記号処理をベースにしており、数値処理である図形処理との間には大きなセマンティックギャップがある。本稿では、このギャップを埋め、人間と知識ベースシステムがスムーズに対話できる図形処理インターフェースについて報告している。

本インターフェースは、複数の知識ベースシステムで共用することをねらいとして、図形の形と意味を図形処理プログラムと知識ベースシステムで分離管理する点が特徴である。知識ベースシステムに図形の数値データを意識させないために「図形部品」「座標名」という概念を導入した。本システムを交換機の制御ソフトの設計知識ベースシステムに適用している。

A Graphic Man-Machine Interface for Software Design Expert Systems

Shin-ichi DOYAMA, Eiji TAKEUCHI

NTT Electrical Communications Laboratories

3-9-11, Midori-Cho, Musashino-Shi, 180 Japan

This paper describes a graphic processing method for man-machine interface of software design expert systems. There exists a large semantic gap between symbolical expression in expert systems and numerical expression in the graphic program. Therefore, a logical interface is required which enables expert systems to communicate easily with human by graphics.

Graphic part and named coordinates are introduced to provide effective graphic interface of expert systems and common usability of the graphic program. It finds that this graphic program encourages the development of expert systems for switching system design.

1. はじめに

ソフトウェアの仕様と熟練者のノウハウを知識ベース化し、これを利用しながら設計を進めることができれば、ソフトウェアの生産性を飛躍的に向上できる可能性がある。ソフト設計者の知的活動を知識ベースにより高度に支援するソフトCAD知識ベースシステムの研究を進めている[1]。

ソフトウェアの設計・理解には人間の直観に訴える図形表現が有効である。しかし、知識ベースシステムは記号処理をベースにしており、数値処理である図形処理との間には大きなセマンティックギャップがある。

本稿では、このギャップを埋め、設計者と知識ベースシステムがスムーズに対話できる図形インターフェースについて報告する。ソフト設計に用いる図面（ソフト図面）の特性を明らかにし、知識ベースシステムとの対話処理のための要求条件を整理する。この解となる図形処理インターフェースを提案し、これを用いた電子交換機のソフトウェア設計支援知識ベースシステムを紹介する。

2. ソフトウェア CAD

2.1 背景

大規模ソフトウェアは仕様が複雑で多くのノウハウが関連しており、設計には経験と知識が要求される。

知識処理技術の応用である知識ベースシステムの導入により、熟練者の知識や経験を蓄積し、これをを利用して設計を高度に支援できる可能性が出てきた。これをソフトCAD知識ベースシステムと呼ぶ。現在我々は、電子交換機の制御用ソフトウェア（以後交換ソフトウェアと呼ぶ）の設計に適用する研究を進めている[1]。

ソフトウェア設計では仕様記述手段として従来よりフローチャートなど各種の図面を利用している。図は、人間

にとり効率的なメディアで、設計者の思考や情報伝達の重要な役割を果している。したがって、ソフトCAD知識ベースシステムのマンマシンインタフェースにも図形表現が適している。

しかし、記号処理に基づく知識ベースシステムは、数値処理である図形処理とは質的に異なる。両者がスムーズに通信できるようこの間を結ぶ適当な図形インターフェースが必要となる。

ハードウェアCADにおいては、GKSなど図形端末のハードに依存しない標準図形インターフェースを制定し、図形端末の進歩からアプリケーションを分離することにより、ハード・ソフト両者の流通性向上を図っている。しかし、これらのインターフェースは知識ベースシステムにとって論理レベルが低く、効率的でない。

ソフト図面はハード設計に用いる図面（ハード図面）に比べて単純である。ソフト図の範囲に限定すれば、記号処理と親和性のよい高い論理レベルの図形インターフェースを設定できる可能性がある。

2.2 交換機制御ソフトウェア

本論に入る前に、本稿が扱うソフトCADの内容を明確化するため、我々が対象としている電子交換機の制御用ソフトウェアと設計に利用されている図面を簡単に紹介する。ただし、本稿で述べる図形インターフェースは交換以外のソフト設計分野で幅広く利用可能な一般性がある。

今日、電子交換機は単に電話回線を接続するだけでなく、種々のサービスの実施や料金の計算などを行っており、通信ネットワークの高度化、高信頼化を実現している。交換機は巨大なオンラインシステムであり、多彩なサービスと高い信頼性を実現するため、そのプログラムは数十万行に達する。

交換機のソフトウェアには大きく分けて2種類ある。電話の交換サービスを行う呼処理プログラムと交換機のハードウェア障害を検出し、処理続行可能な系を再構成する障害処理プログラムである。

(1) 呼処理ソフト設計

交換機は、電話の受話器の上げ降ろしやダイヤルなどの信号を受信し、これに対して必要なアクションをとる。信号とアクションの膨大な組み合わせを効率的に記述するため、オートマトンを導入している。すなわち、各端末に対して交換機はどのような状態で信号を待つか、信号受信時にはどのような遷移動作をとるかを状態遷移図で表現している。(図1)機能追加に伴い状態数は増加を続けている。状態の設計にはサービス仕様や交換機ハードウェアに関する広範な知識が必要である。

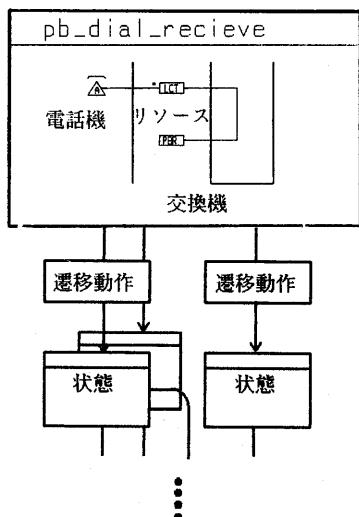


図1 状態遷移モデルの例

(2) 障害処理ソフト設計

通信ネットワークのサービスは一時も停止できない。この社会的要請に応えるため、交換機のハードウェアは障害発生時に切り替えて処理を継続できるよう設計されている。各装置には障

害検出機構が組み込まれており、常時障害の発生を監視している。障害処理プログラムは、障害検出機構からの信号の分析、障害発生箇所の推定、および装置切替の一連の処理をmsオーダーで実行しなければならない。

従来、設計者は交換機の装置構成図(図2)を参照しながら、想定される障害がどのように検出されるか、どこが本当の障害なのか、どこを切り替えるのが最も早く安全かを検討している。しかし、交換機装置の多様化が進む今日、机上検討では限界にきている。

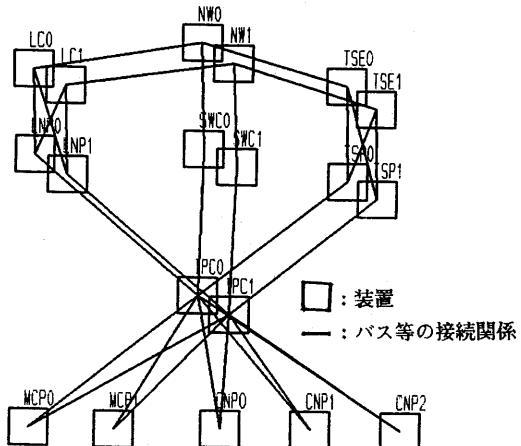


図2 交換機の論理的な装置構成図例

2.3 ソフト画面の特徴

前項で紹介した交換ソフト設計に用いる図面の特徴は以下のとおりである。

(1) 形状の相対性

ソフト図に登場する図形はシンボルであって、物理的対象を表しているものではない。その形、色など图形としての属性は抽象的な意味しか持っていない。图形の配置にも相対的な意味しかない。これは形や位置の正確さが重要なハード図と対照的な点である。

(2) 関係的重要性

ソフト図では、あるシンボルが別のシンボルより上にあるとか、線で結ばれているといったシンボル間の関係が重要な意味を持つ。

3. 図形処理の要求条件

知識ベースシステムが設計者と図面を介してスムースに対話できるため、図形インターフェースを記号ベースにすることが望ましい。また、開発の効率化のためには、図形インターフェースを標準化し、複数の知識ベースシステムで図形処理プログラムを共用することが望ましい。

以上の基本的な要求条件をブレークダウンして、以下の具体的条件を設定した。

3.1 形と意味の分離

知識ベースシステムから図形のための数値処理を切り離すため、図形の形の管理は図形処理プログラム側で、意味の管理を知識ベースシステム側で行う機能分担とする。

3.2 形と意味の対応

本图形インターフェースは、図形処理プログラムと知識ベースシステムに分離された形と意味の情報を結ぶ役割を担っている。このための条件は以下のとおりである。

(1) 図面の種類

図面の種類によって使用するシンボルの形も意味付けも異なる。人間または知識ベースシステムは、これから作成しようとする図面の種類を図形処理プログラムに宣言し、これを選択できること。

(2) 図形の認識

2次元の線画表現にはあいまい性がある。例えば、図3(a)の図形は(b)や(c)のようにいく通りかの解釈ができる。

人間の描いたこのような図面を知識ベースシステムが認識できること。

(3) 論理化

人間は画面上の図形をポインティングして対象を指示する方が容易である。一方、知識ベースシステムは、ポインティング結果の座標値ではなく、ポインティングされた対象の名前で指示を

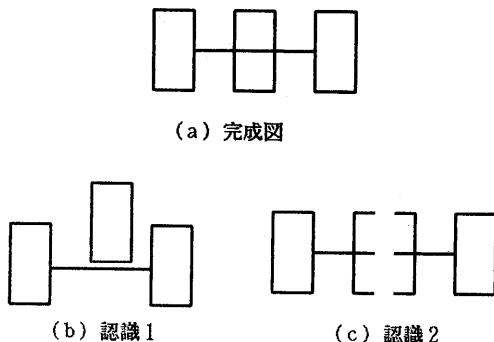


図3 あいまいな图形の例

受けられること。この変換を論理化と呼ぶ。

3.3 自動作図

人間の作図だけでなく、知識ベースシステム側が独自の判断で作図できること。

大半のソフト図は、シンボルの配置とそれらの間の結線で作図できる。したがって、作図の自由度は配置と結線である。

見やすい图形の自動配置は未だ確立されていないこと、本稿の知識ベースシステムは自動配置をねらいとするものでないことから、配置の指定は人間に任せる基本方針を探る。しかし、知識ベースシステムの探索や試行経過を表示する場合、構成が事前に分からぬ無限の作図となる。したがって、知識ベースシステム独自に图形を配置できる機能は必要である。

4. 図形インターフェースの提案

4.1 図形部品の導入

形と意味の対応をとるため「图形部品」を導入する。图形部品は、知識ベースシステムが操作できる图形の最小単位である。知識ベースシステム側の意味との対応付けには图形部品の名前を用いる。

图形部品の形状や色などは人間が定義し、图形部品データベースに登録す

る。このデータベースは図面の種類毎に用意する。知識ベースシステムは作図の前にデータベースを選択する。

人間の作図手順を限定することにより、知識ベースシステムによる图形認識の問題を解決することができる。すなわち、人間が图形部品を選択し、配置位置を指定する。これを受けた知識ベースシステムが图形処理プログラムに命令を出し、作画する。この方式では、画面上の图形が重なってあいまいになってしまっても知識ベースシステムが誤認する心配はない。

ソフトウェアCADでは、同形の图形部品を複数個使用する場合が多い。例えばフローチャートでは、サブルーチンを表すシンボルは同形であり、名前でそれらを識別している。したがって、图形部品の形と意味を1対nに対応させることができれば图形部品の定義量を大幅に削減できる。このため「タイプ/インスタンス」の概念を導入する。图形部品を使用する際は定義された图形のタイプからコピーする。

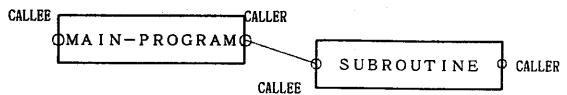
インスタンスには個別にタイトルを付与できる。タイプは名前で、インスタンスは番号で形と意味の対応をとる。

4.2 座標名の導入

形と意味を対応付ける別の方法が「座標名」である。知識ベースシステムが座標の絶対値を意識せずに作図できるよう座標に名前を付与する機能である。例えば、知識ベースシステムは「部品RUNNERを座標名FIRST-BASEに置け」といった命令で配置が行える。絶対座標値と座標名の対応は人間が定義する。座標名は、配置だけでなく線を引く際にも利用できる。

图形部品の間を結線するため、图形部品と一緒に移動する座標名を導入する。これを「端子」とよぶ。知識ベースシステムは「部品MAIN-PROGRAMの端子CALLERと部品SUBROUTINEの端子CALLEEを

結線せよ」といった命令で線を引くことができる。(図4)



『部品MAIN PROGRAMの端子CALLERと
部品SUBROUTINEの端子CALLEEを結線せよ』

図4 端子名による結線の例

知識ベースシステムにとって、より論理的な「MAIN-PROGRAMとSUBROUTINEを結線せよ」が望ましいが、图形部品のどことどこを結ぶかはその图形の意味付けに関連していて一律に処理できない。例えば、前述のサブルーチン呼び出しの例では、呼び出し側の左から呼び出された側の右へ線を引くという約束がある。このような図面毎の約束を图形処理プログラムに意識させると共用ができなくなる。

4.3 複合图形部品の導入

一つの图形が複数のサブ图形から成り立っている場合がある。例えば、1つのプログラムがいくつかサブプログラムから構成されている図面(図5)や交換機がいくつもの装置から構成されて図面(図2)がある。複数の图形部品が意味的に一つのまとまりを持つものと考え、これを扱うため「複合图形部品」を導入した。

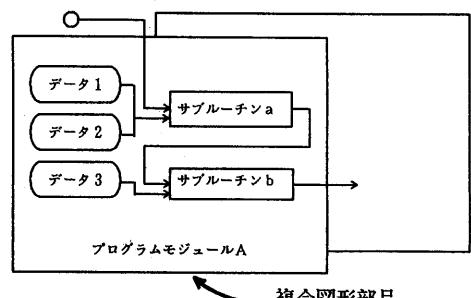


図5 複合图形部品の例

複合図形部品は仮想的な部品で、名前の付与、移動、色変更、消去などが行える。また座標名を定義できる。図形部品のインスタンス生成時にそれが属する複合図形部品名を指定する。

複合図形部品導入の効果は以下のとおりである。

(1) 論理化

人間は、知識ベースシステムに対して、直観に合った意味的にまとまりのある単位で図形を指定できる。

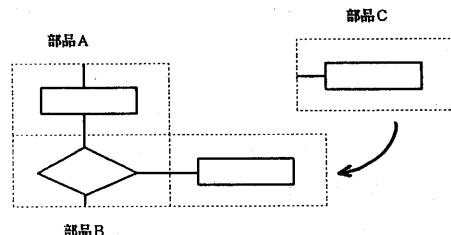
(2) 作図

図面上の図形間の重なり方を制御するため図形部品に表示の優先順位を付与する必要がある。しかし、図面上の全ての図形部品の優先順位を個別に管理するのは困難である。表示の優先順位を複合図形部品間と複合図形部品内とに階層化すれば、優先順位管理が簡易化される。

4.4 トランプ式図形配置法の導入

知識ベースシステムが独自に簡易に図形を配置するための支援機能として、図形部品の「トランプ式配置法」を導入する。例えば、「部品Cを部品Bの右に置け」といった命令で配置することができ

る。(図6)



「部品Cを部品Bの右に置け」

図6 トランプ式配置の例

5. システム構成例

開発中の電子交換機のソフトウェア設計を支援する2種類のソフトCAD知識ベースシステム[2,3]に本図形インターフェースを実際に適用している。設計者はこれらの知識ベースシステムと対話しながら交換ソフト仕様の設計、検索、実験を行うことができる。

知識ベースシステムはLISPマシン上で、図形処理プログラムはVAX上で走行しており、GKS規格の図形端末を使用している。図7にソフトCAD知識ベースシステムの構成、図8に図形インターフェースの動作例を示す。

本図形インターフェースの導入により、知識ベースシステム個別に対GKSインターフェースの図形処理を作成する場合に

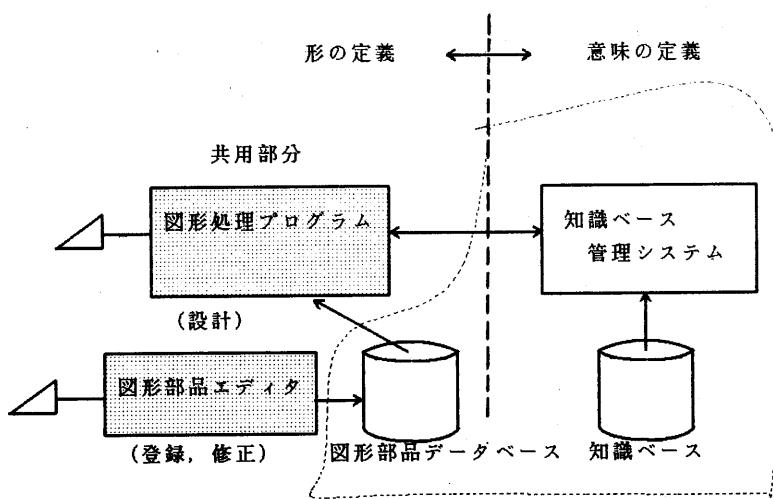


図7 ソフトCAD知識ベースシステム構成例

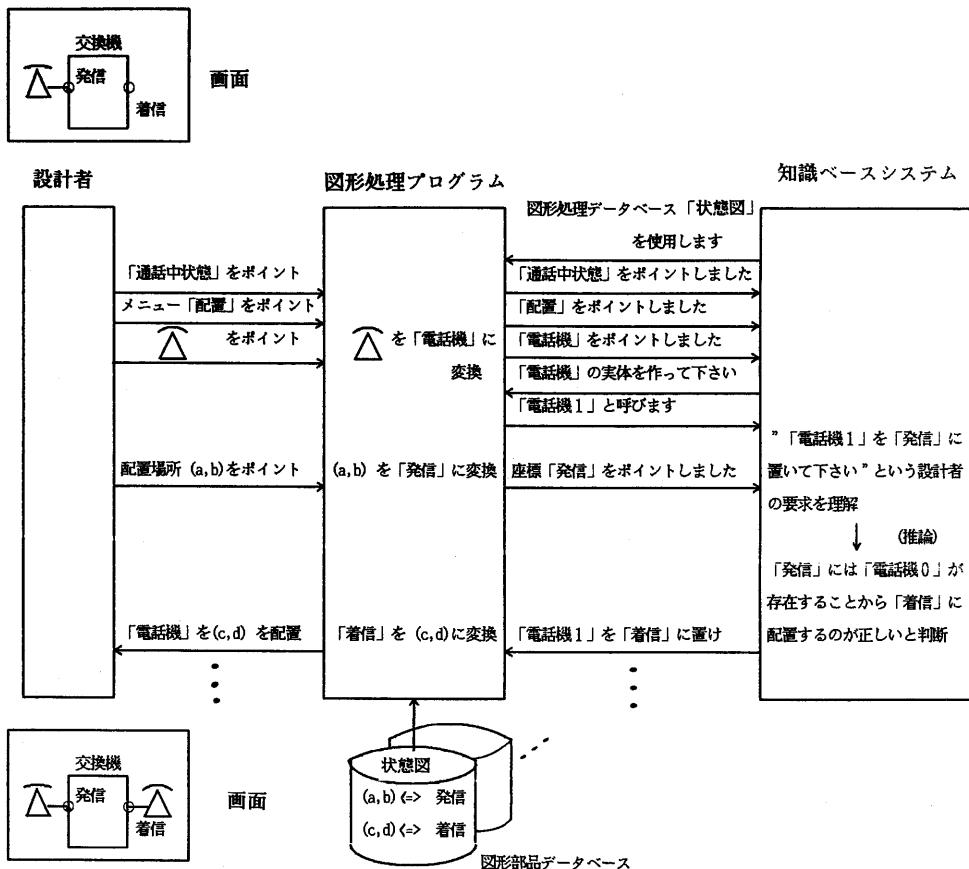


図8 図形処理プログラムの動作例

比べて、知識ベースシステム作成の生産性を約2倍に高めることができた。

6. むすび

ソフトウェアの設計を知識ベースシステムにより支援するCADシステムにおいて、人間と知識ベースシステムが画面を介してスムーズに対話できることをねらいとした图形インタフェースについて検討した。图形部品、座標名、複合图形部品の導入により、図面の種類によって異なる图形の形の管理と意味の管理を分離し、图形処理プログラムを共用できることを示した。

参考文献

- [1] 渡辺、堂山 「交換ソフトウェア用CADに関する一考察」 信学技報

SE84-137

[2] 堂山、渡辺 「状態遷移図用 知的CADに関する一考察」 信学全大60年度 1908

[3] 小野、渡辺 「交換機障害処理への知識処理適用」 信学技報
FTS85-17