

計算機システム構成設計支援エキスパートシステム

Expert Systems for Computer System Configuration Design

システムエンジニアが行う計算機システム構成設計業務には、機器仕様や接続法などに関する知識が必要である。本業務を支援し、設計品質の向上を図るため、エキスパートシステムを開発した。構成設計業務を分析することにより、関連する知識を5種類に分類し、それぞれに適した表現法で記述して知識ベースに格納した。

知識ベースの利用環境では、(1)設計図を常時表示して直接操作の対象とする機能、(2)不足の機器を補充や別機器による置き換えに当たって理由を説明する機能に特徴がある。保守環境では、知識の構造などに関するメタ知識により、(1)知識の入力を誘導する機能、(2)入力知識の誤りを指摘する機能に特徴がある。

辻 洋* Hiroshi Tsuji
飯塚由美子* Yumiko Iizuka
山中止志郎** Toshirō Yamanaka

1 緒 言

計算機システムのSE(System Engineer)の業務の一つに計算機システム構成設計がある。本業務は、顧客の要求をもとに中央処理装置、磁気ディスク装置、磁気テープ装置などから成る計算機システムを構成するものであり、大きく分けて次の二つから成る。

- (1) トランザクションの負荷、件数や蓄積するデータ量から機器を選択し、構成の概略を決める。
- (2) 各機器の接続条件を調べ、接続のために必要なオプション機器を付加することにより、構成の詳細を決める。

(1)の概略設計にはシミュレーションモデルに基づく性能評価技法¹⁾が有効であり、(2)の詳細設計にはCAD(Computer Aided Design)が有効である。

計算機システム構成の詳細設計を支援するCADの一つの有効な実現形態として、エキスパートシステムを開発した²⁾。エキスパートシステムとは、専門家や熟練者の知識を知識ベースに記憶しておき、非専門家や未熟練者が、記憶された知識を利用することによって、専門家や熟練者並みの知的活動を可能にするものである。エキスパートシステムをCADに利用すると、(1)良い設計を行うために優れた設計者のノウハウを活用すること、(2)このノウハウを段階的に獲得すること、が可能である。CAD用のエキスパートシステムでは、プロダクションルールという単一の知識表現に対し、前向き推論により動作するものが多い。中でも、米国カーネギーメロン大学が開発したR1^{3),4)}が、プロダクションルールの有効性を実証したという点で有名である。

知識ベースに記憶する構成設計に関する知識の保守は、計算機技術の進歩が著しいため、頻繁に行わなければならない。知識の保守とは、単なる維持、管理だけでなく、内容の更新

までも意味する。計算機システム構成設計のための知識は、機器の仕様、機器間の接続のノウハウ、設計手順などと種類が多い。このため、知識を保守するに当たっては、必ずしも単一の知識表現だけに頼ることが適しているとは限らない。

計算機システム構成設計支援エキスパートシステムでは、知識ベースの保守性を重視し、複数の知識表現形式を採用した。本稿では、このエキスパートシステムの設計思想と構造について述べる。

2 計算機システム構成設計支援システムの実現課題

計算機システム構成設計業務を支援するCADシステムを実現する上での課題を明らかにするため、SEの行動を分析した。

SEは、顧客の要求をもとに計算機システムを構成するために、関連する機器の最新マニュアル、仕様書を手元に集め、選択できる機器や接続法を知る。接続する上で必要なオプション機器を調べる。設計手順に基づいて設計図を作成する。構成の拡張性、信頼性などのチェックを設計図の上で行う。構成設計に関して、より熟練者である上長や同僚及び関連部署のレビューを受ける。良い設計図や類似の構成図を参考にすることもある。SEの業務を図1に示す。

図1に示すように、計算機システム構成設計業務では、次の情報やノウハウなどが用いられる。

- (1) マニュアル、仕様書
- (2) 構成図
- (3) 設計者に共通している設計手順
- (4) 熟練者だけが持つノウハウ

CADシステムを実現するには、これらの情報やノウハウを表現、利用及び獲得する方法が課題となる。CADシステムを

* 日立製作所システム開発研究所 ** 日立製作所大森ソフトウェア工場

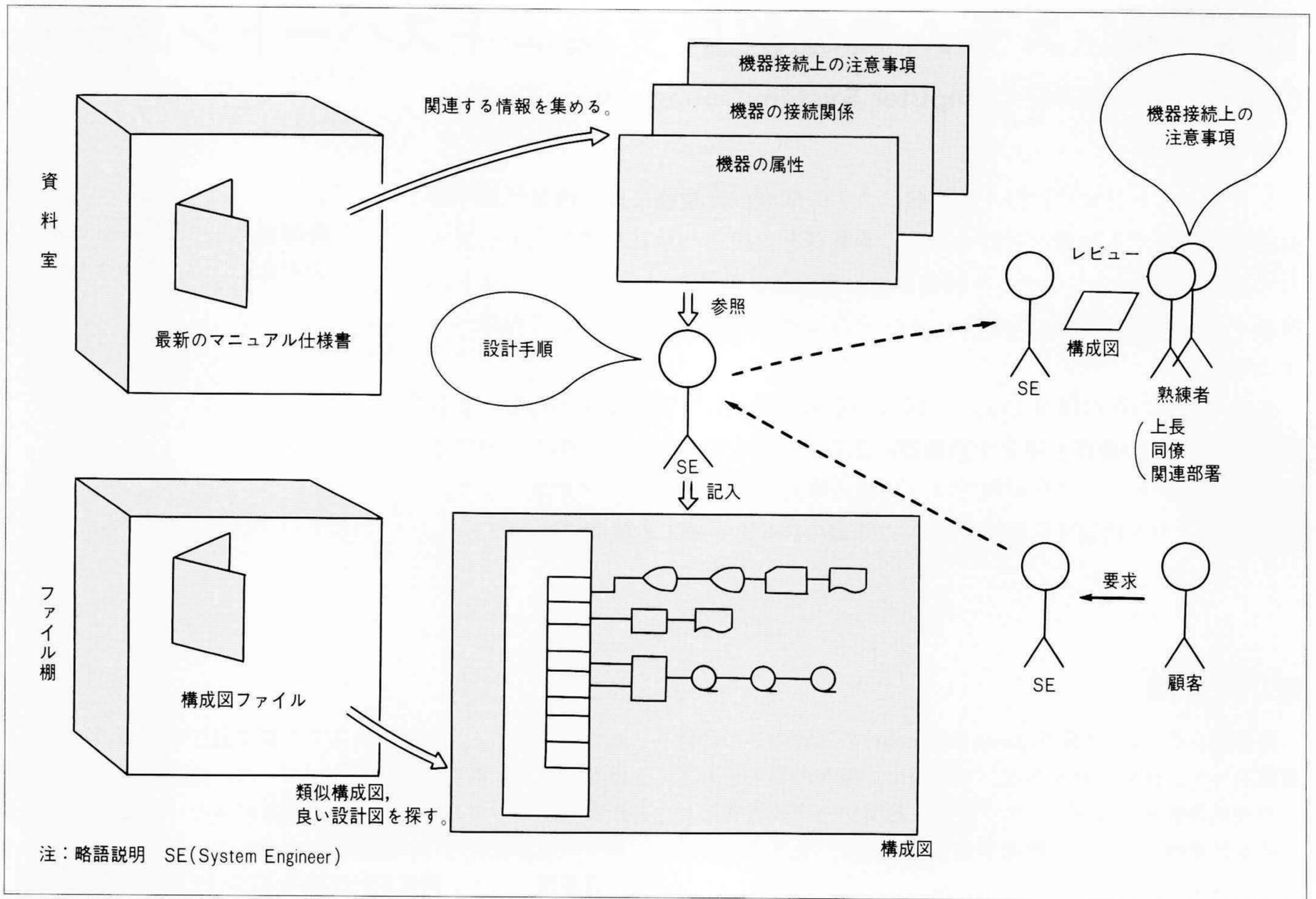


図1 計算機システム構成設計業務の概要 SEは、顧客の要求をもとに関連する情報を収集し、熟練者のレビューを受けながら設計を進める。

エキスパートシステムとして実現する理由は、これらの情報やノウハウを知識として表現し、次の機能を備えるためである。

(1) 構成設計に関する知識の利用と獲得

構成の状況によっては、ある機器(群)を別の機器(群)に置換するほうが経済的であったり、拡張性が良い場合がある。また、複数の機器を接続する場合に、オプション機器が必要となる。そのため、設計中の構成の品質を良くするための知識を記憶しておき、利用する。このような知識を、一度に完全な形で獲得することは困難であるため、継続的に充実していくことを可能にする。

(2) 機器の仕様情報の保守性

計算機システムを構成する機器は、一般に絶えず新製品が発売される一方、旧式になった製品は販売が停止される。また、当初提供されていた機器の機能が拡張されることもある。そのため、機器の最新情報を保持するために、機器の仕様情報のモジュール性を高め保守性を良くする。

(3) 設計者の思考過程に沿ったインタフェース

SEは、構成図を書きながら業務を進める。設計のレビューを受けるときにも構成図を用いる。SEは、構成図という処理対象物を中心に業務を考えるので、図を見ながら操作できるインタフェースを提供する。

3 知識表現の考え方

計算機システム構成設計業務に関する知識の表現法について述べる。

3.1 知識の分類

知識表現法としてプロダクションルール、フレーム、関係、述語論理などが知られている。初期のエキスパートシステムでは、いずれか一つの知識表現に基づき知識ベースが構築されることが一般的であった。しかし、それらの表現法には長所、短所があり⁹⁾、CADのような種々の情報を取り扱う分野では、必ずしも単一の知識表現法に頼ることが適しているとは限らない。良い知識表現とは、次の要件を備えたものであるとする。

- (1) 記述の方針が立てやすい。
- (2) 記述内容が読みやすい。
- (3) 保守しやすい。
- (4) 記述量が少なく済む。
- (5) 実行効率が良い。

最近では、表現対象の特性に対応して、良い知識表現法を選択し組み合わせることにより知識ベースを構築する例が増えてきた。しかし、その組合せ法は容易には決まらない。

計算機システム構成設計業務に関して、先に抽出した知識

を人間が認識したり、扱ったりしやすい集まりに分ける。マニュアル、仕様書には、大きく分けて機器の属性、接続関係、接続上の注意事項の3種類が書かれている。上級SE(熟練者)だけが持つノウハウは、機器接続上の注意事項の一種とみなせる。これより、知識を表現するために、機器の属性、機器の接続関係、機器接続上の注意事項、構成図及び設計手順の5種類に分類する。

3.2 知識表現と例

(1) 機器の属性

属性の継承機能(is-aリンク)を持つフレーム表現⁶⁾により機

器の属性を記述する。フレーム表現では、機器が共通に持つ属性を上位のクラスで定義すると、下位のクラスで重複して定義する必要はない。中央処理装置をスーパークラスとして記述し、HITAC M-280Hなど個々の装置をサブクラスとして記述した例を図2に示す。

(2) 機器の接続関係

接続が可能な機器の組合せを2項関係(二つの集合に属する要素の組み)で表現する。例を図3に示す。2項関係による記述の利点は、検索機能を強力にすることができることである。例えば、図3の2項表現では、「中央処理装置」を検索キーに

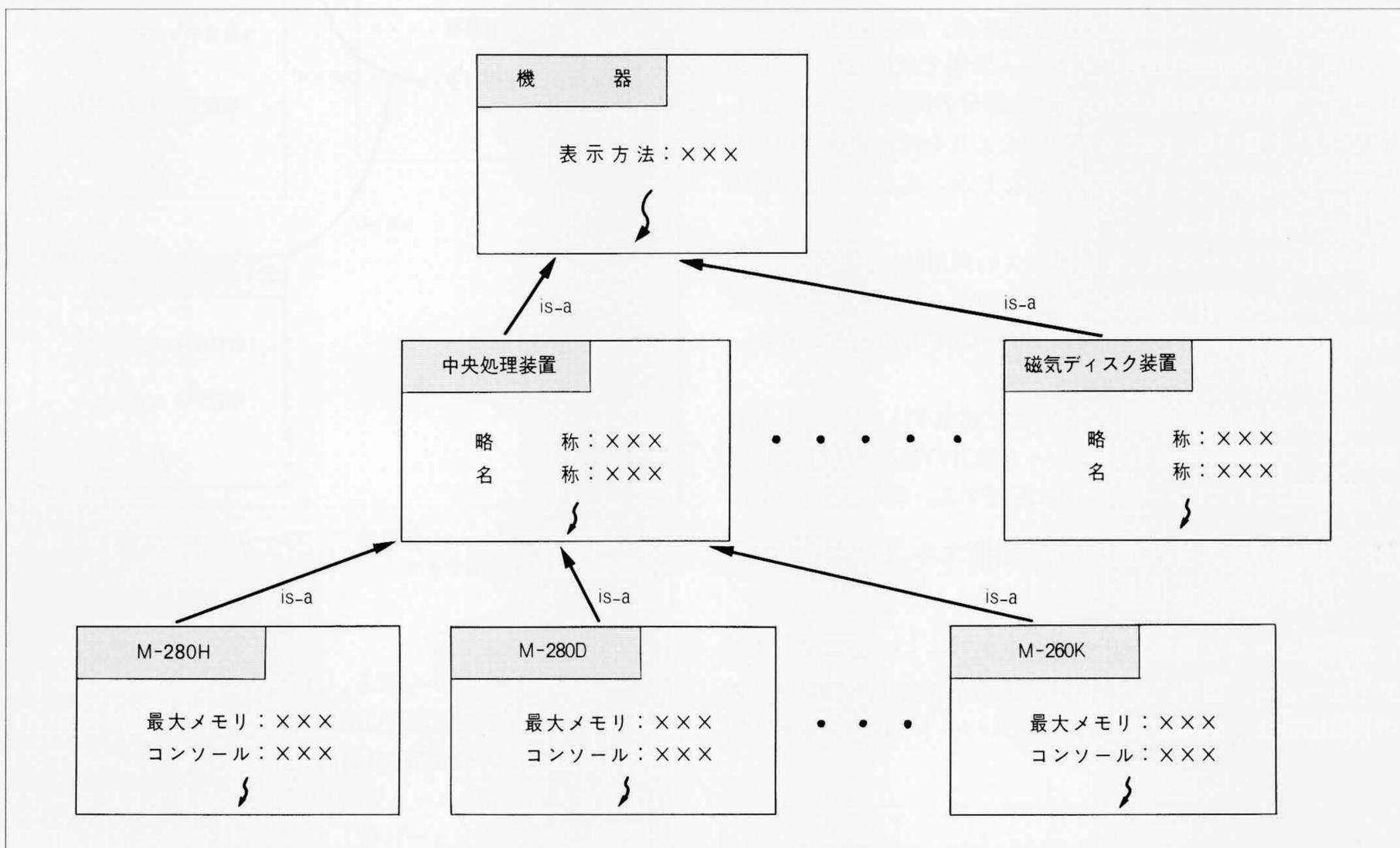


図2 機器の属性のフレーム表現例 フレーム表現のis_aリンクを用いると、上位クラスで定義された属性は下位に継承される。

中央処理装置	磁気ディスク装置	磁気ディスク装置	磁気ディスク制御装置
M-260H	H-8576-12	H-8576-12	H-F8538-40
M-260H	H-8598-12	H-8576-12	H-8538-2
M-260H	H-8595-12	H-8576-12	H-8536-A2
M-240H	H-8576-12	H-8598-12	H-8538-1

↑ 中央処理装置と磁気ディスク装置の接続関係

↑ 磁気ディスク装置と磁気ディスク制御装置の接続関係

図3 機器の接続に関する2項関係表現例 M-260HとH-8576-12は、接続可能であることを示している。2項関係で表現すると、検索機能を強力にすることができる。

して接続可能な「磁気ディスク装置」を検索することや、逆に「磁気ディスク装置」を検索キーにして接続可能な「中央処理装置」を検索することが可能である。

(3) 機器接続上の注意事項

複数の機器の接続に関し、機器の組合せに依存して「オプション機器を必ず付加しなければならない。」という規則と、「オプション機器の付加が望ましい」あるいは「別の機器に置換したほうが拡張性に富む。」などというノウハウが存在する。これらをいずれもプロダクションルールで記述する。例を図4に示す。構成の状況を認識して行動を起こすことを表現するにはプロダクションルールが適している。

(4) 構成図

構成図はフレーム表現により記述する。例を図5に示す。(1)に示した機器の属性のフレーム表現ではis-aリンクを用いたが、構成図の表現には、全体と部分の関係を表わすpart-ofリンク⁶⁾を用いる。part-ofリンクにより全体構成は中央処理装置構成、磁気ディスク装置構成などから成るといった構造的な表現が可能となる。

構成図のフレームが、知識ベースの利用時に更新されるのに対し、(1)の機器の属性を表現するフレームは、知識ベースの保守時に更新されるので同じフレームでも用途が異なる。

(5) 設計手順

「はじめに中央処理装置を決め、次に磁気ディスク装置、又は磁気テープ装置を決める。」といった設計の基本的な手順に関する知識については、手続き的に記述する。例を図6に示す。

4 計算機システム構成設計支援エキスパートシステムの構造と機能

計算機システム構成設計支援エキスパートのユーザーインタフェースは、図7に示すようにSEの操作による知識ベースの利用環境と、技術管理部門(エキスパート)の操作による知

```

if   リモート コンソール ディスプレイが
      付いている。
      リモート コンソール ディスプレイは
      必要ではない。
      CPUにオプションH-P8862-2がない。
then CPUにオプションH-P8862-2を付ける。
if   スtring クロス コールしている。
      H-8576系のディスク Stringである。
      1台目のディスクにオプション
      H-F8576-31が付いていない。
then 1台目のディスクにオプション
      H-F8576-31を付ける。
    
```

図4 機器接続上の注意事項のプロダクションルール表現例
構成の状況に応じて、操作する規則やノウハウはプロダクションルールで表現する。

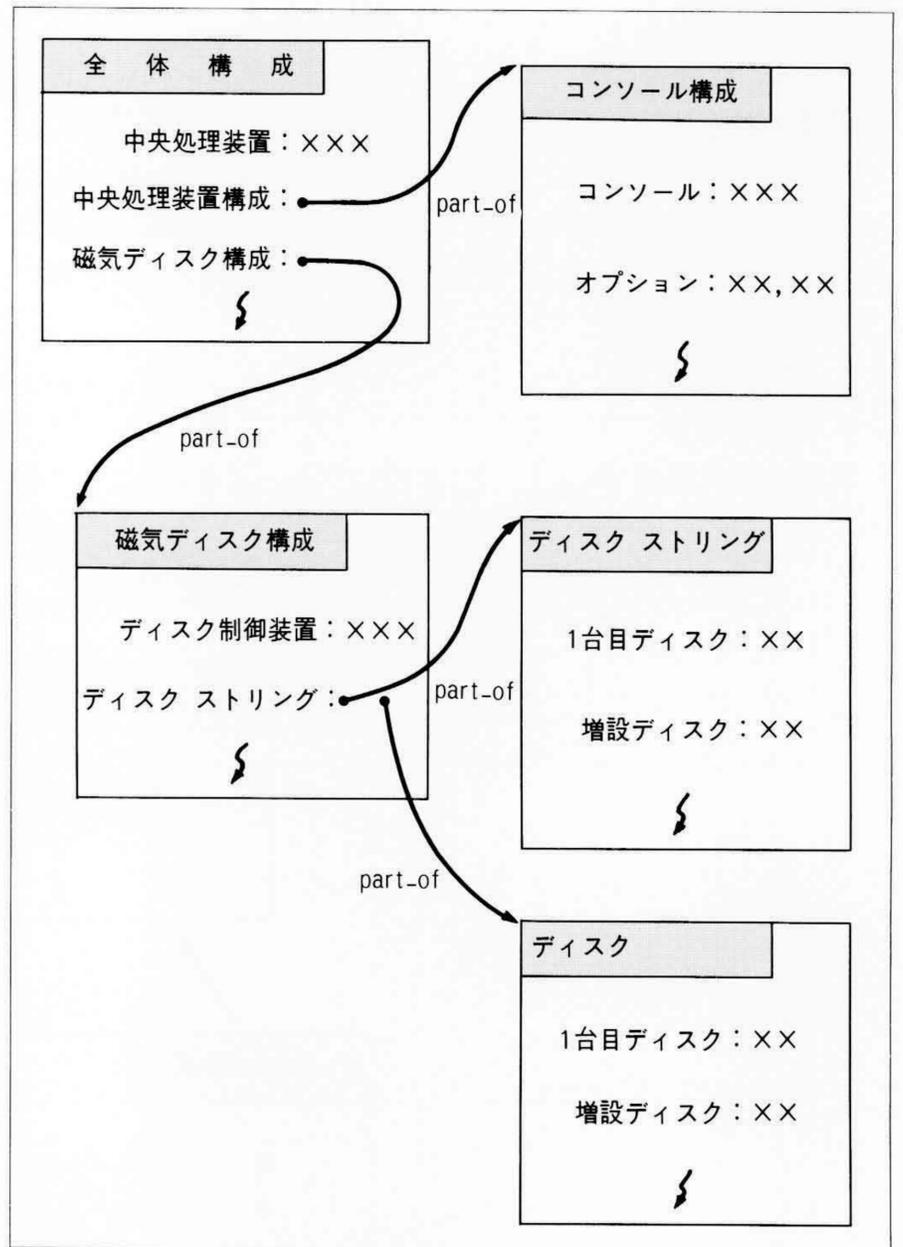


図5 構成図のフレーム表現例 フレームのpart_ofリンクを用いると、複雑な構造を表現できる。

識ベースの保守環境から成る。今回開発したエキスパートシステムは、知識処理言語VOS3/HI-UX PROLOG⁷⁾とPL/Iによって記述した。推論機能(前向き推論、フレームへのアクセス手段など)、知識ベース管理機能(知識をメモリにロードする機能、知識をモジュール化して記憶する機能など)、知識保守誘導機能を本エキスパートシステムの応用的な側面(知識ベースの定義内容)とは、独立に設計した。この結果、知識ベースの内容、構成図ファイルの構造及び知識のメタ情報を変更するだけで、種々の構成設計業務を支援するエキスパートシステムに上記推論機能などを応用できる。

4.1 利用環境

利用環境では、図8に示すように常にグラフィック端末に構成図と選択できる操作のメニューを画面に表示しておき、ペンで図面やメニューを選択することによって設計を進められるようにした。この機能により誤操作を防止できるだけでなく、処理結果を常に目で確認しながら操作できる。他の特徴は次に述べるとおりである。

(1) 推論により、エキスパートシステムが自動的に構成図に機器の図を付加したり変更する場合は、その理由を利用者に説明する。この説明機能により、利用者の構成設計業務に関する熟練度が、エキスパートシステムの利用回数に比例して高くなる。

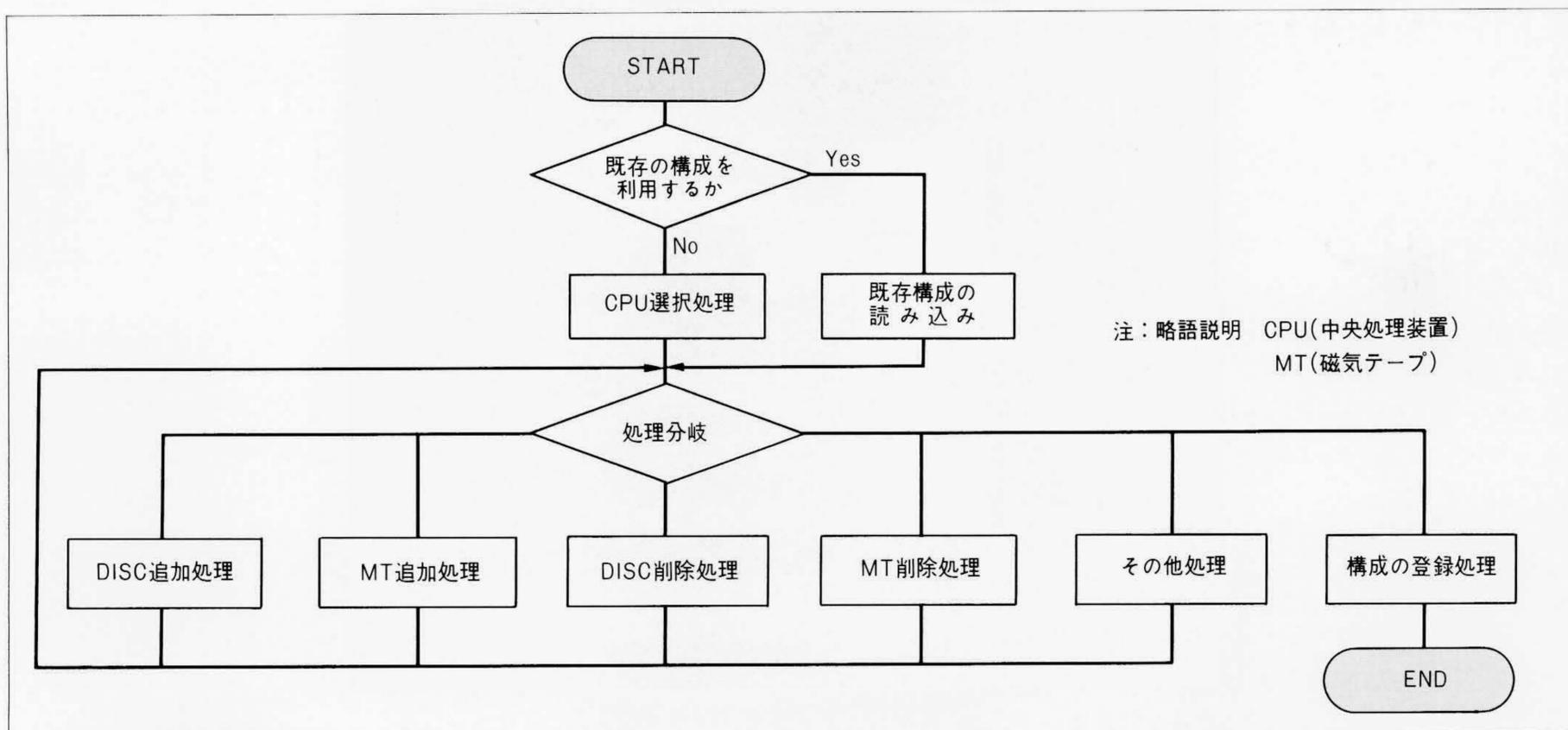


図6 設計手順の手続き表現例 手順に関する知識は、従来のプログラミング同様手続きとして表現する。

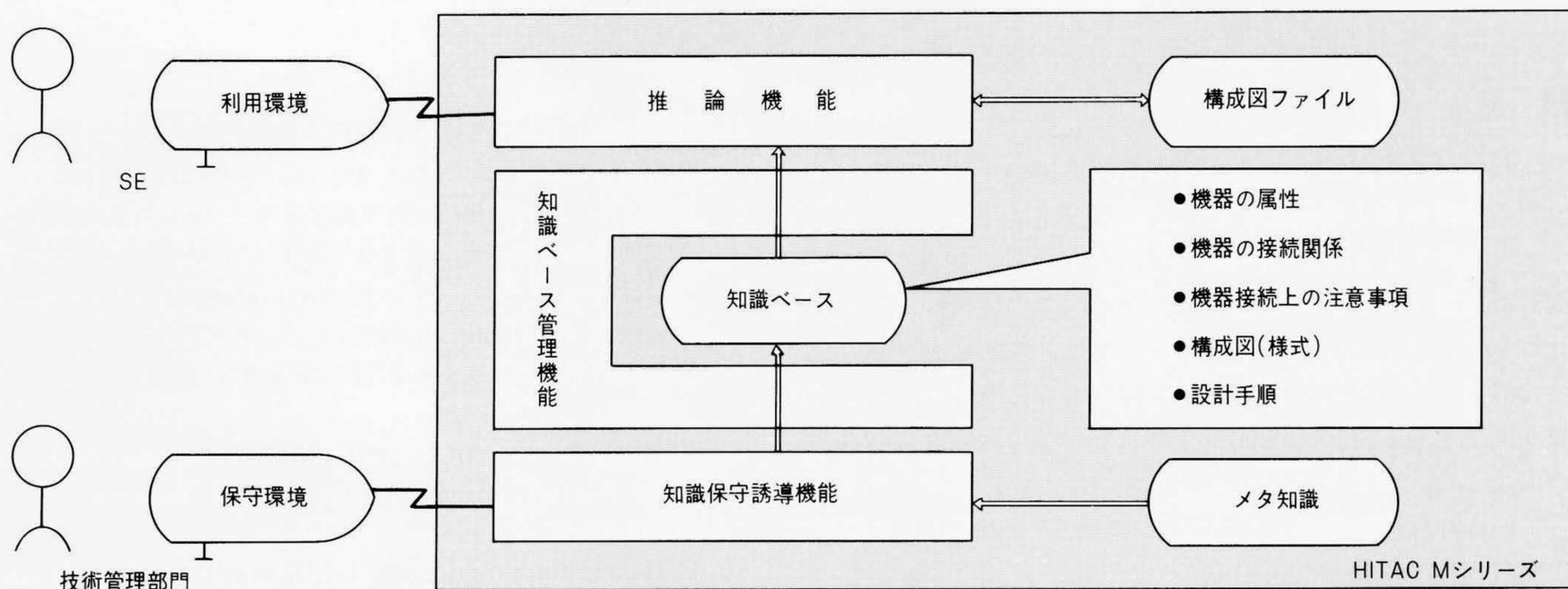


図7 計算機システム構成設計支援エキスパートシステムの構造 ユーザーインターフェースとして、知識ベースの利用環境と保守環境があり、システムの内部は応用特有の知識ベースとは汎用な機能群から成っている。

- (2) 構成図を記憶しておくので、再利用できる。この機能により、白紙の状態から設計しなくても既存の図面を修正して、新しい構成図を短時間で作成したり、構成の代替案を作成することが容易となる。
- (3) 構成図から機器構成表を作成することができる。

4.2 保守環境

知識ベース内の知識は、PROLOGにより記述されているが、技術管理部門のエキスパートがPROLOGを直接用いて知識を保守することは困難である。そこで知識の構造などに関するメタ知識⁹⁾を記憶しておき、知識ベースを保守するときの操作性の向上を図った。メタ知識の活用による保守環境の特徴は次に述べるとおりである。

- (1) 知識として定義すべき情報が何であるかを利用者に示し、操作を誘導する。例えば、機器の仕様情報のメタ知識として

機器フレームの持つ属性を記憶しておき、新しく機器が追加される場合、その属性値をユーザーに質問する。

- (2) ユーザーが入力した知識をチェックし、誤りを指摘するとともに再入力を要求する。例えば、「中央処理装置の最大メモリサイズは正の整数であり、ある上限値以下である。」というメタ知識を利用する。このようなさ(些)細なメタ知識でも、ゼロを一つ多くキーインするなどの操作ミスを防止するので、知識ベースの整合性の維持に有効である。

- (3) 知識ベースの首尾一貫性を守るため、不足した知識の入力をユーザーに要求する。例えば、「機器が新しく登録されたならば、その機器は接続関係の知識にも含まれなければならない。」というメタ知識が記憶され利用される。

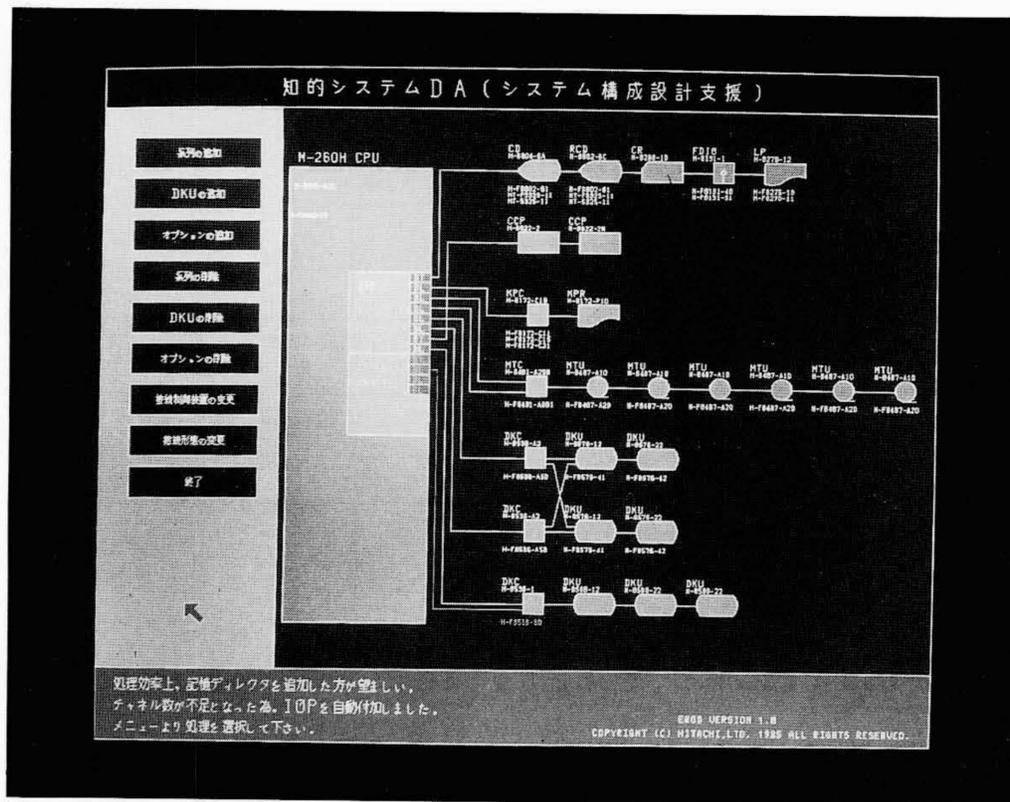


図8 計算機システム構成設計支援システムのユーザーインターフェース
 利用者は、表示されている構成図面と処理メニューをペンで選択し操作する。誤操作が防止されるだけでなく、処理結果を直ちに目で確認できる。

5 結 言

本稿では、計算機システム構成設計支援エキスパートシステムの知識表現と構造を中心に述べた。本エキスパートシステムを開発する以前には、COBOLで手続き的に記述された構成設計支援システムが開発されていた。この従来システムと比較して、本エキスパートシステムでは、取扱いが困難であった設計ノウハウの記憶と利用が可能となったため、設計品質が向上した。更に、CADシステムとしての保守性、拡張性が向上した。本エキスパートシステムは、先に開発し実用化している計算機室機器レイアウトシステム⁹⁾などとともにSEの生産性の向上に寄与している。

取り上げたCADシステムは、「エキスパートが、資料室やキャビネットから機器の仕様を記述したマニュアルを取り出し、机上で書式の定まった図面を作成し、完成した図面をファイルに綴じておき再利用する。」というデスクワーク業務を支援するものである。したがって、ビジネス分野のオフィスワーカーの知識表現、エキスパートシステム化についても本稿で述べた考え方が利用できるかと確信している。

参考文献

- 1) 北嶋, 外: 計算機システム構成の最適設計支援ソフトウェア ISCP/Sの開発, 日立評論, **65**, 8, 563~566(昭58-8)
- 2) 飯塚, 外: 計算機構成設計支援エキスパートシステムの開発, 第33回情報処理学会全国大会予稿集(6M-9)(昭61-10)
- 3) J. McDermott: R1: Rule-Based Configurer of Computer Systems, Artificial Intelligence 19, 39-88(1982)
- 4) S. Polit: R1 and Beyond, The AI MAGAZINE Winter, 76-78(1985)
- 5) K. Niwa, et al.: An Experimental Comparison of Knowledge Representation Schemes, The AI Magazine, 5-2, 29-36(1984)
- 6) P. H. Winston: Artificial Intelligence, Addison-Wesley (1977)
- 7) 広瀬, 外: 知識処理言語“VOS3/HI-UX PROLOG”の高速化方式とプログラミング環境, 日立評論, **69**, 3, 209~214(昭62-3)
- 8) D. R. Barstow, et al.: Reasoning about Reasoning, In F. Hayes-Roth, et al, Ed., Building Expert Systems, Addison-Wesley(1983)
- 9) 渡辺, 外: 知識工学の計算機室機器レイアウトCADへの応用, 日立評論, **67**, 12, 967~970(昭60-12)