エキスパートシステム構築ツールの新しいトレンド

―ES/KERNEL/Wの知識表現と推論方式―

New Trend of Expert System Building Tools

-Knowledge Representation and Inference Mechanism of ES/KERNEL/W-

日常のビジネス業務にエキスパートシステムを大幅に導入しようとする機運が高まってきた。これには、業務の処理内容が記述しやすい知識表現とその知識を高速に処理する機構を持ち、知識の正しさの検証が簡単に行えるエキスパートシステム構築ツールが必要である。ES/KERNEL/Wは、上記の要請にこたえるために新しく開発したエキスパートシステム構築ツールである。従来形のES/KERNELの上位互換ツールとして、ホスト計算機HITAC-Mシリーズ用の構築ツールES/KERNEL/Hと共通の知識表現、推論方式を備えているため、ホスト、ワークステーションの任意の組合せ上で、ES/KERNELで構築した知識ベースを処理することができる。また、多くの異なる知識ベースを協調的に推論処理する機能や、ホスト上の既存ユーティリティを自由に利用できる機能も備えているので、どのようなアプリケーションも思いのまま作ることができる。

增位庄一* Shôichi Masui 礒辺 寛** Hiroshi Isobe 山中止志郎*** Toshirô Yamanaka 片山 修**** Osamu Katayama 西野秀毅***** Hideki Nishino

1 緒 言

銀行,証券,保険,流通などの代表的ビジネス分野で,エキスパートシステム¹⁾が多数開発されつつあり,相続相談など個別の専門家に代わって適切なアドバイスをする相談形システムの有用性は広く認識されてきた。これらに続くものとして,ビジネス戦略の決定などの高度に知的な業務のエキスパートシステム化が考えられ始めている。

これらのエキスパートシステムの構築を容易にするための ソフトウェアであるエキスパートシステム構築ツールは、専 門家の経験則だけを知識ベースとするプロトタイプ開発用ル ールベースシステムから、静的なデータの取扱いが可能で実 用システム開発に適したルールとフレームを組み合わせたES/ KERNEL (Expert System/KERNEL) のようなハイブリッド システムへと成長してきた。この成長は、上記のようなビジ ネス分野での多数のエキスパートシステムの開発を可能とし たが、今後のエキスパートシステムは、従来のような個別の 専門家の知識をルールやフレームで表現しただけのエキスパ ートシステムでは対応ができないと考えられる。図1に示す ように、立場の異なる専門家の知識を協調的に利用するとと もに、リアルタイムに更新されるデータや業務手順を記述し た手続きプログラムを活用した推論処理を実現し、更には既 開発のエキスパートシステムそのものまで一部に組み込むな ど、種々な知的資源をうまく組み合わせることが必要になる。

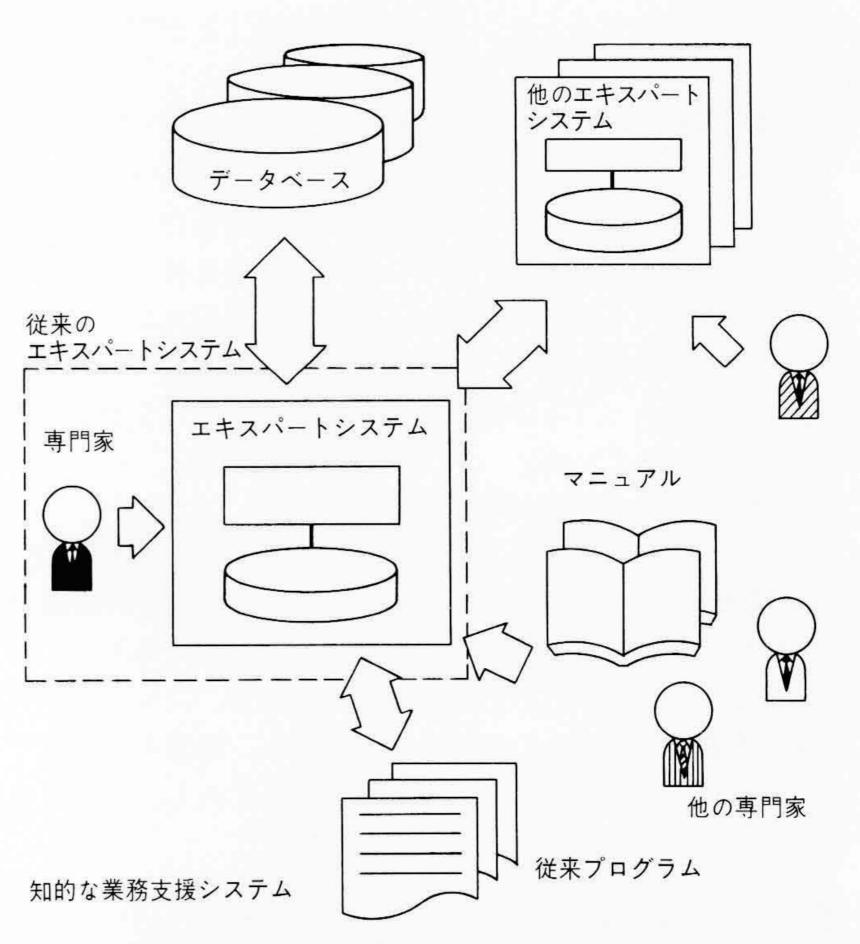


図 | 知的な業務支援システムの構想 知的な業務を支援するには、専門家の知識だけでなく、種々な知的資源の有機的な統合システム化が必要である。

^{*} 日立製作所システム開発研究所 ** 日立製作所ソフトウェア工場 *** 日立製作所大森ソフトウェア工場 **** 日立ソフトウェアエンジニアリング株式会社 ***** 日立西部ソフトウェア株式会社

このようなトレンドを先取りし、高度なエキスパートシス テムを開発するためには、従来のエキスパートシステム構築 ツールの機能をはるかに越える新しい構築ツールの提供が必 要である。機構的には、業務の記述が容易な知識表現を備え、 数千を超える大量の知識を高速に処理し,かつ既存のシステ ムと容易に連携できることが要求される。また、専門家自身 が知識を自然語で自由に入力したり,知識の正しさの検証が 簡単なコマンドで行えるような開発支援機能2)が必す(須)とな る。

ES/KERNEL/W(ES/KERNEL/Workstation)は、これら の要求を満たすことを目的として開発した実用的なエキスパ ートシステム構築ツールである。既に1,000本を超える利用を 得ているES/KERNEL3)の上位互換ツールとして、ES/ KERNELで構築した知識ベースをそのまま処理できることは もちろん, ES/KERNEL及びES/KERNEL/Wを用いて構築 した多くの異なる種類の知識ベースを互いに結合し、協調的 に動作させることができる。また、ホスト計算機HITAC-M シリーズ用の構築ツールES/KERNEL/H(ES/KERNEL/ Host)とも共通の知識表現、推論方式となっているため、ホス ト、ワークステーションの任意の組合せ上で、ES/KERNEL で構築した知識ベースを推論処理することができる。更に, ワークステーション上やホスト上の種々の既存ユーティリテ ィが自由に利用できるようになったため、どのようなアプリ

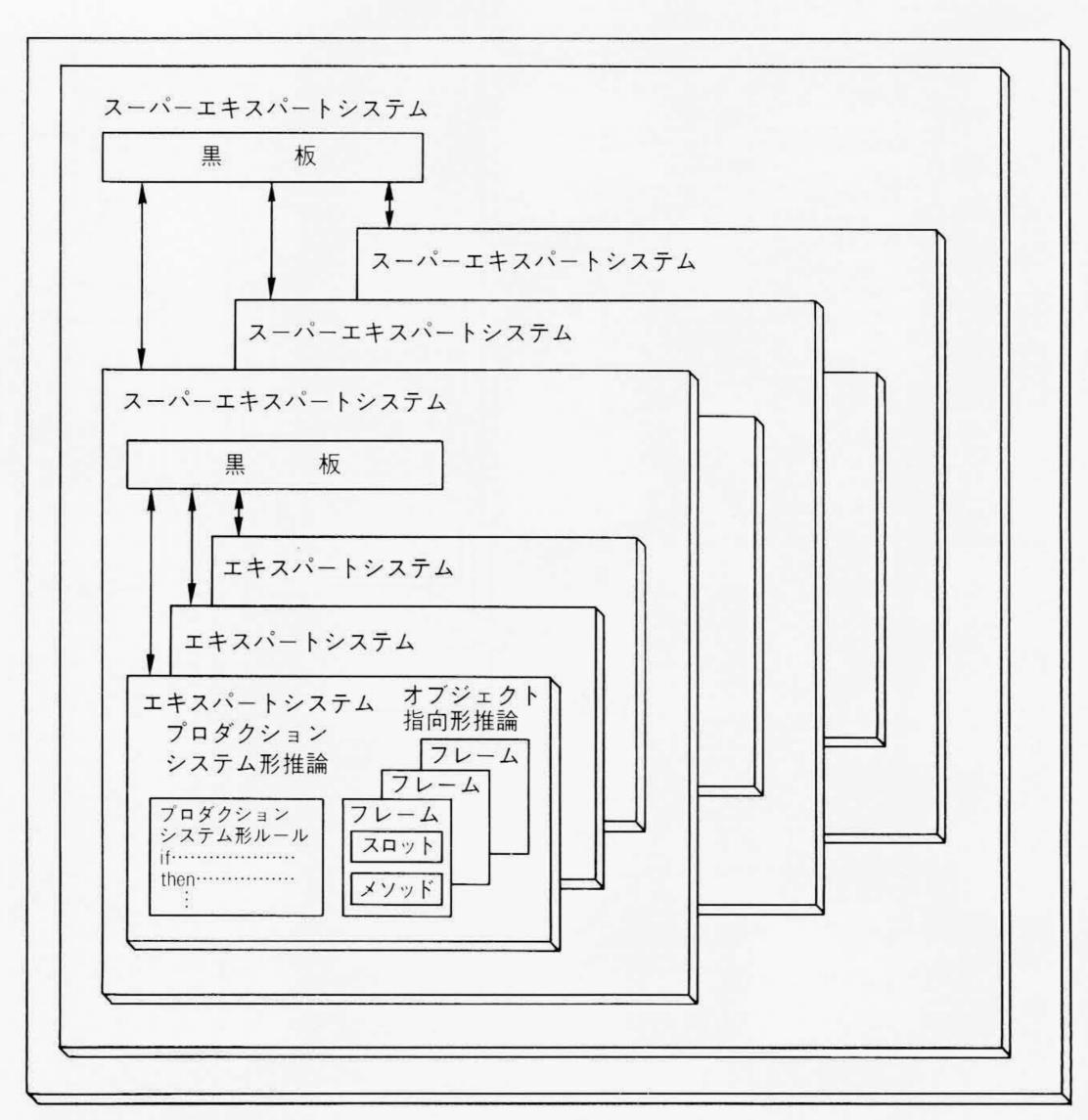
ケーションも思いのまま作ることができる。開発環境として も,本特集の別論文で述べるように、知識テーラやUI(User Interface) ビルダなど優れたマンマシンインタフェース4)が提 供される。これにより、知識の入力形態を自由に変更したり、 エンドユーザーとの会話画面などを簡単に定義できるように なるため、計算機の専門家の手を煩わすことなく知識ベース の作成ができる。

本稿では、エキスパートシステム構築ツールの新しいトレ ンドとしてのES/KERNEL/Wの考え方,特徴的な知識表現, 及び推論方式について述べる。

2 ES/KERNEL/W

ES/KERNEL/Wは、大規模なエキスパートシステムを簡単 に作るためのソフトウェアツールである。このツールはクリ エイティブワークステーション2050上で動作するが、前述の ようにHITAC-Mシリーズ上のツールであるES/KERNEL/H と知識表現,推論方式を共通化している。このため,ワーク ステーション2050の高度なマンマシンを利用して知識ベース を作成し、それを超高速のMシリーズで実行することもでき る。以下、その開発思想と特徴について述べる。

(1) 大規模で実用的なシステムを作ることができること。 エキスパートシステムの設計では、当初から大規模システ ムをねらいとした設計を行うことは難しく、知識の集まりや



多階層協調形推論方式 個別のエキスパートシステムを複数個統合し、相互に 協調させるのがスーパーエキスパートシステムである。そのための機構として、スーパー エキスパートシステムには黒板が準備されている。

すいところから個別に開発が始められることが多い。この場合,実用のエキスパートシステムは,これらの多数の小さなエキスパートシステムを再構成して作られることになる。

ES/KERNEL/Wは、図2に示すように、ES/KERNELを用いて作った個別のエキスパートシステムを、上位のスーパーエキスパートシステムが統合する「多階層協調形」と呼ぶ推論方式を提供する。この統合は、共通データ領域である黒板を介して行われる。この方式によって、個別のエキスパートシステムを統合してスーパーエキスパートシステムを作り、それらを統合してより上位のスーパーエキスパートシステムを構成するというように段階的にエキスパートシステムを大規模化していくことができる。

(2) 大量の知識が簡単に取り扱えること。

ES/KERNEL/Wは、関連する知識を一まとまりとして取り扱うオブジェクト指向による大量知識の効率的な管理方式を提供し、知識の保存や取出しを極めてやさしくしている。具体的には、個別のエキスパートシステムが一つのオブジェクトとして統一的に管理されるとともに、それらを統合する上位のスーパーエキスパートシステムも同じオブジェクトとして階層的に管理される。各エキスパートシステムがどのスーパーエキスパートシステムに属しているか、このスーパーエキスパートシステムに属しているか、このスーパーエキスパートシステムがどんなエキスパートシステムから構成されているか、などは「多階層知識ネットワーク」として管理されており、即座に知ることができる。このため、1万件を超える大量の知識も簡単に整理し、効果的に利用することができる。

(3) エキスパートシステム開発が効率的に行えること。

エキスパートシステムは、高度に知識集約的なシステムである。その価値は集められる知識の質と量に依存する。ES/KERNEL/Wでは、図3に示すように、知識を提供する専門家及びナレッジエンジニアのために、次のような高度な対話形インタフェースを提供している4)。

(a) 知識エディタ

知識入力用の構造エディタで,知識の構文定義を知らなくても入力が可能である。

(b) 知識デバッガ

知識の表示,修正や部分実行,トレースなどの機能を提供し,知識の正しさの検証が容易になる。

(c) 知識ブラウザ

ルールとフレームの相互の関連をビジュアルに示す機能 で、知識の抜けなどが即座に把握できる。

(d) 知識テーラ5)

専門家自身が知識の入力を行うことを可能とするカスタ マイズドエディタで、自然語による入力を可能にする。

(e) UIビルダ

パネル操作,作表,作図などのユーザーインタフェースの設計,開発を容易にする。

(4) 既存システムとの連携が容易なこと。

エキスパートシステムの実用性は、既存のデータやプログラムを自由にアクセスできるようにすることで飛躍的に高められる。ES/KERNEL/Wは、既存のシステムとの間で以下の

連携が可能である。

- (a) RDB(リレーショナルデータベース)のテーブルや意思決定支援システムEXCEED2(Executive Management Decision Support System 2)テーブル、作表用ソフトウェアOFIS-POL/EV(Office Automation and Intelligence System Software-Problem Oriented Language/Excellent View)表データなど各種外部データを読み込んで推論に使用できる。また、推論結果を外部データベースや表に書き込むことができる。
- (b) 意思決定支援システムEXCEED2のデータ加工解析,作表,作図などのコマンドを推論途中に実行できる。
- (c) OA(Office Automation)ソフトウェアOFIS-EVシリーズで作成した図、表、グラフ、画像入りの文書を任意の

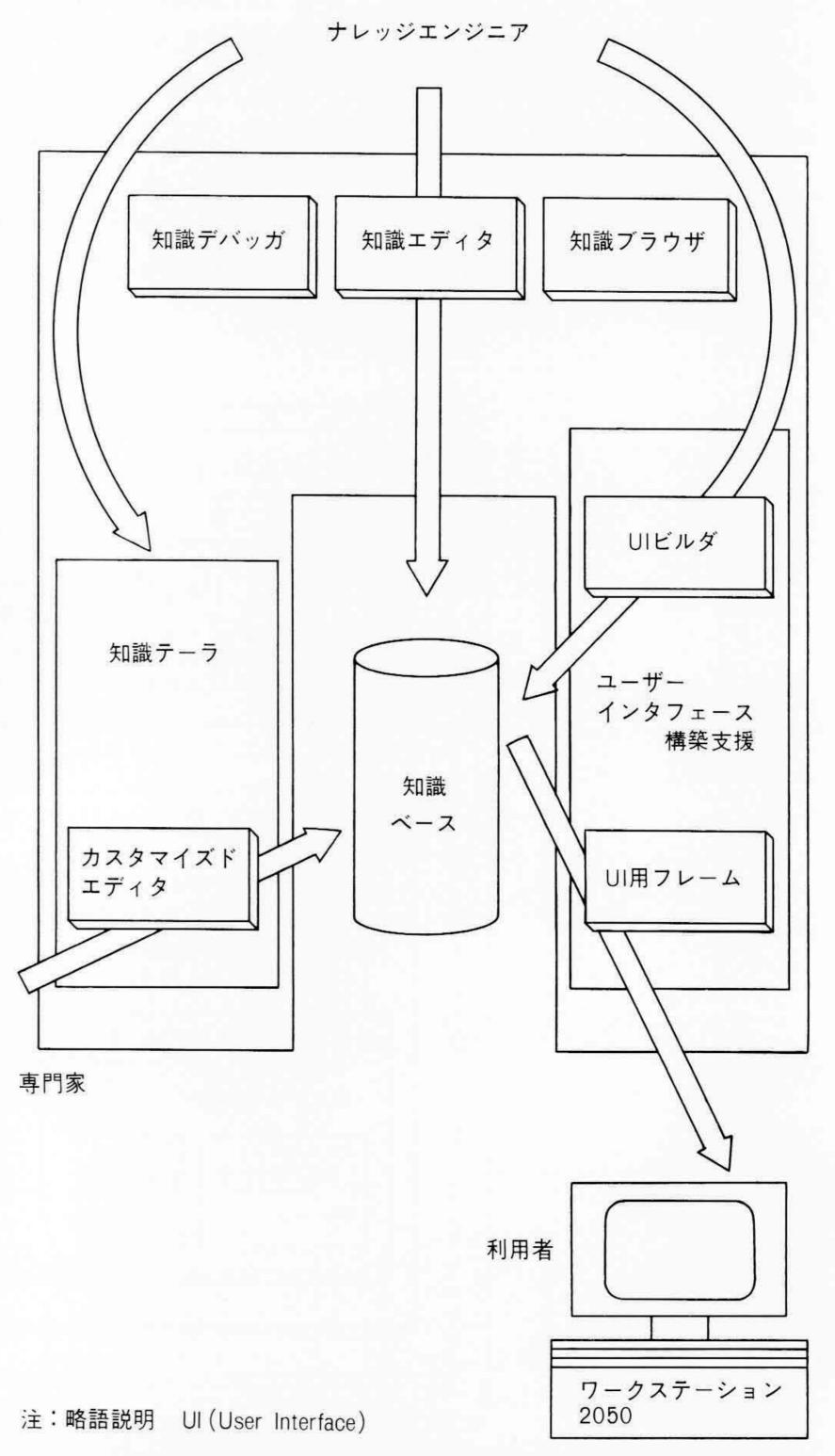


図3 ES/KERNEL/Wの開発環境 専門家でも容易に取り扱いができる高度な対話形インタフェースが提供されている。特に知識テーラは、専門家自身による知識の入力を可能とする有用なツールである。

時点で表示できる。

(d) C記述の外部プログラムを推論実行中に使用できる。

3 多階層協調形推論方式

ここでは、多階層協調形推論方式を簡単な例題に基づいて 説明する。多階層協調とは、個別に開発されたエキスパート システムを上位統合することによって、個別エキスパートシ ステムの変更なしに、システムの大規模化を可能とする推論 方式である。例えば、個別のエキスパートシステムとして、 次のような二つのエキスパートシステムが既にあったとする。 (1) 株式エキスパートシステム:資金をどの株式に投資すれ ばよいかを決定するシステム

(2) 貯蓄エキスパートシステム:資金を元本保証の金融資産として運用するシステム

この二つのエキスパートシステムを有効に利用して、資金 の最適運用を立案する資金運用エキスパートシステムを作る ことを考えよう。従来の方式では、二つのシステムの知識べ ースを一つに併合し、知識間の不整合や矛盾をチェックし、 統合するための知識を追加するなど新しい知識ベースとして 作り直すことが必要であった。しかし、この作業は統一性の ない複数のエキスパートの知識を統合することを意味し、非 常に困難であるうえ, その正当性の検証はほとんど不可能に 近いものになるという問題を含んでいた。日立製作所は、こ の問題が既存の知識ベースを作り直すということから生じる ことに着目し、個々のエキスパートシステムを機能として利 用し、個々の知識ベースはなんら変更を加えない方式を考え た。上記の例の場合、運用先の選択はそれぞれのエキスパー トシステムに任せ,双方のエキスパートシステムの上位に、 資金配分や提案内容の判定をする資金運用エキスパートシス テムを作るという、図4に示すような構成をとろうと考えた のである。同図の資金運用エキスパートシステムの機能は,

- (1) 顧客とのQ&A(資金量,投資態度などの問い合せ)
- (2) 個別のエキスパートシステムの起動
- (3) 提案内容の判定,最適案の取りまとめと提示などであるが,下位の株式エキスパートと貯蓄エキスパートは,上位から示された資金量に応じて従来の機能を実行し,その結果を上位に返せばよいので,全く知識ベースを変更しなくて済む。

この例のように、個々のエキスパートシステムの機能を生かした形でそれぞれを統合し、互いに協調させながら推論を進めていく上位エキスパートシステムを定義していく方式を「多階層協調形推論方式」と呼ぶ。以下では、この方式特有の知識の書き方、知識の使い方について説明する。

3.1 知識表現

ES/KERNEL/Wは、ES/KERNELの上位互換ツールであり、基本的な知識表現は、図5に示すようにES/KERNELと全く同じである。ES/KERNEL/Wでは、マネージャという概念と、黒板という概念が新しく加えられた。

3.1.1 マネージャ

ES/KERNELで作られるエキスパートシステムは、通常、 問い合わせ-推論-結果表示が一つのサイクルを形づくる閉じ

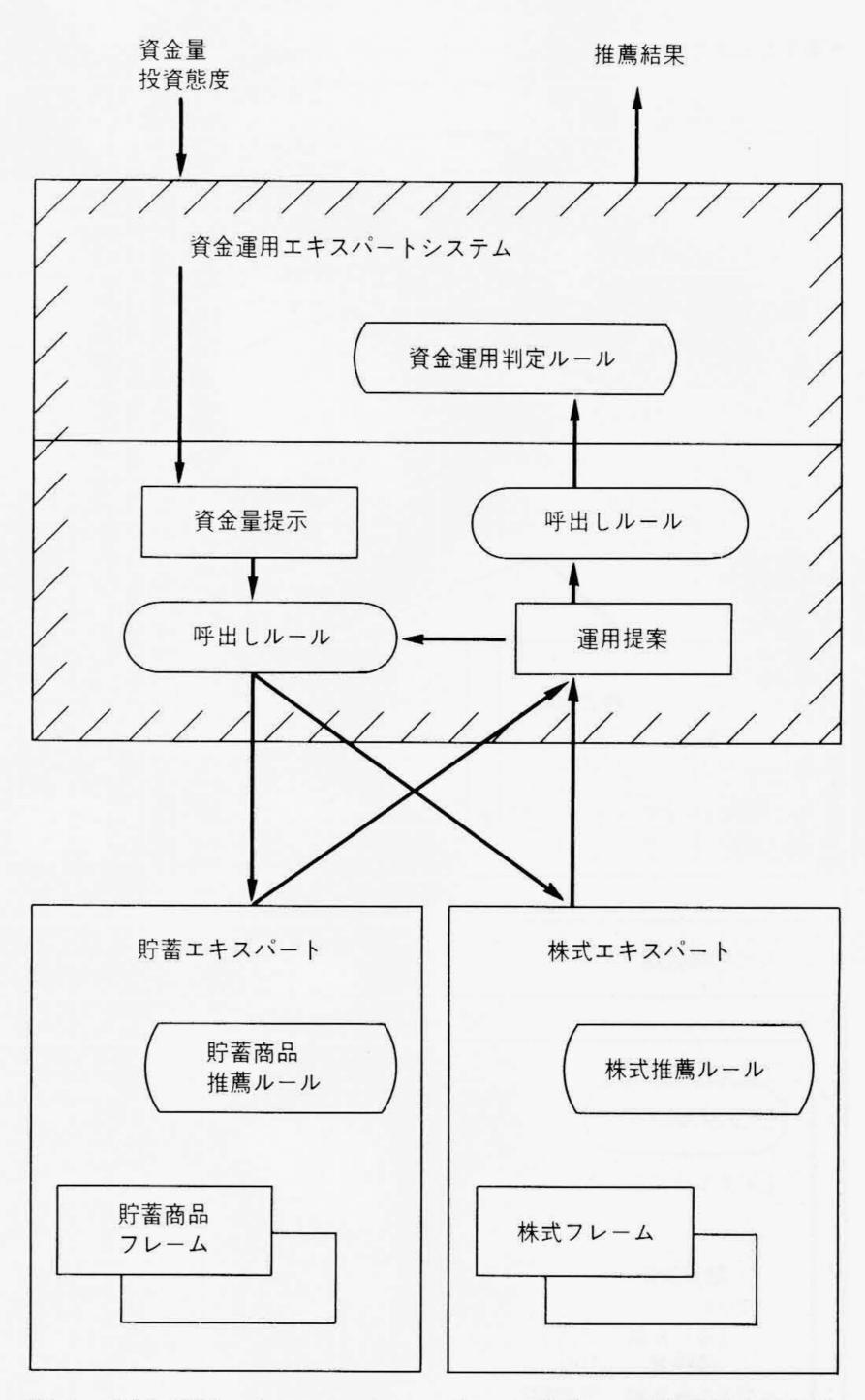
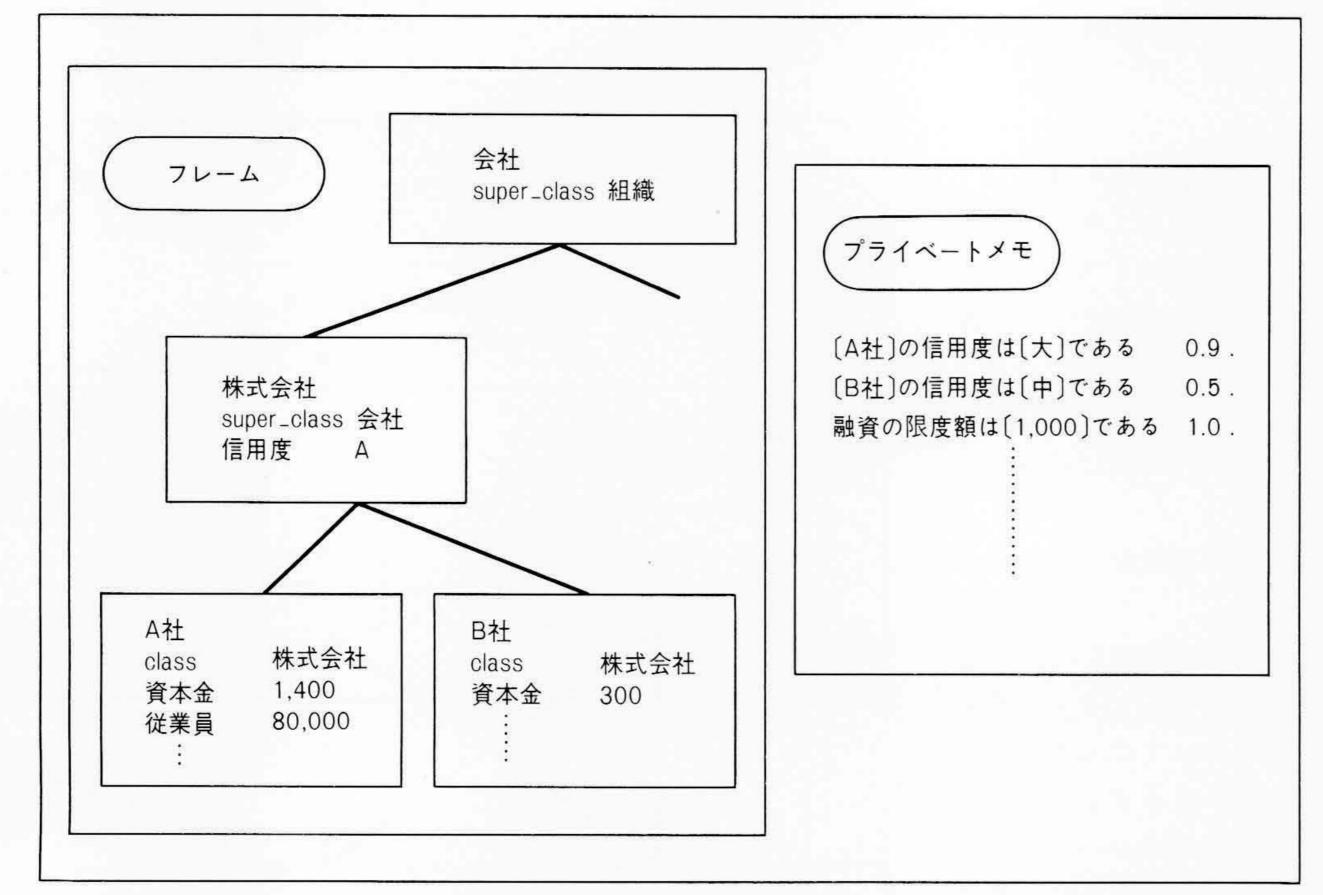


図4 資金運用エキスパートシステムの構成 多階層協調形推論 方式によって、既存の二つのエキスパートシステム「株式エキスパート システム」、「貯蓄エキスパートシステム」を統合した構成をとっている。 斜線の部分だけの追加によって、大規模システムに発展させられる。

たシステムになっている。したがって、個別のエキスパートシステムを「多階層協調」方式で上位から呼びだせるようにするにはなんらかの仕掛けが必要となる。これを可能にし、エキスパートシステムを外部から機能的に呼び出せるようにする代理人の役目を果たすものがマネージャである。そのためマネージャは、推論のための段取りをつけ、推論を促し、結果を返すといったような手続き的な処理を担当する。マネージャを定義するのには、C言語的な手続き記述言語と、知識ベースを呼び出したり、推論を行わせたり、フレームの内容を書き換えたりする知識ベースシステム固有の機能を遂行するシステム関数が用意されている。大部分の応用では、このシステム関数を必要に応じて並べるだけでマネージャを定義できる。

図5には、マネージャ関数「知識ベース起動」の定義が含まれている。この「知識ベース起動」はこのマネージャが定

● 事実形知識表現



●手続き形知識表現



upk_goは知識ベース起動の ためのマネージャ関数

● ルール形知識表現

```
メタルール
                                    ルール
(メタルール1
                                  {信用チェックルール群}
                                  (大規模ルール
  融資決定
                                  if (?会社 の @資本金 が 1,000 以上であり
 then
                                            @上場 が (第1部 である
  (ルール群 信用チェックルール群
                                             または 第2部 である))
  優先度 100
  (ルール群 限度額設定ルール群
                                  then
  優先度 90
                                  [?会社]の信用度は[大]である。0.9
  (ルール群 救済関連チェックルール群
                                  (send ?会社 assign (ランク, AAA)))
  優先度 80
```

図 5 ES/KERNEL/Wの知識表現 ES/KERNELの知識表現「ルール形知識表現」と「事実形知識表現」に、エキスパートシステムを機能的に呼出し可能にする「マネージャ」を記述する「手続き形知識表現」が加わった。

義されたエキスパートシステムに対して「知識ベース起動」 というメッセージを送り、資金額が300万円以下の場合に、貯 蓄優先戦略という知識ベースを起動する。

3.1.2 黒 板

マネージャを個々のエキスパートシステムの代理人とすると、その代理人どうしが会議を行う場を提供するのが黒板である。黒板には、フレームやプライベートメモなど、他のマネージャの伝達したいデータを記述することができる。黒板上のデータの書込み、読出しにはマネージャ用のシステム関数が準備されている。

ES/KERNEL/Wでは、黒板上に指定のフレームやプライベ

ートメモが現れたら直ちに反応する黒板インフォーマ(ルール形式)を定義することができる。このインフォーマは会議の監視人(司会者)の役割を果たし、問題となるような記述や解決すべき課題が黒板に現れたとき、その解決を個別のエキスパートエージェントに指示できる。

3.2 推論機能

ES/KERNEL/Wの知識表現は、上記のようにマネージャと 黒板によって特徴づけられる。この二つの知識表現がどのよ うに処理されるかについて以下に説明する。

ES/KERNEL/Wの推論は、任意のエキスパートシステムに メッセージ(マネージャ関数の起動メッセージ)を送ることで

開始される。メッセージを受けたエキスパートシステムは, 該当するマネージャ関数に関する以下のような処理を上から 順に実行する。

(1) マネージャ関数の起動

他のエキスパートシステムにメッセージ送信し,マネージ ャ関数の処理依頼する。

(2) 黒板への書込み

黒板に書込みがなされたとき、その黒板のインフォーマを 最初に調べる。該当するインフォーマルールがないときは、 マネージャ関数の処理を続行する。インフォーマルールが動 作したときは、その動作に続く機能(例えば別のマネージャ関 数の起動や黒板への書込み)を先に実行する。

(3) ルール実行

自分のエキスパートシステムのルール群に起動をかけ、ル ール群の処理を直ちに実行する。

(4) フレーム、プライベートメモ書込み 書込みを行った後, 直ちにマネージャ関数の処理に戻る。

4 将来動向

ES/KERNEL/Wの高速性⁶⁾と多階層協調形推論方式とい う特徴が最も生かされる分野は金融,流通などの大規模ビジ ネスアプリケーション"である。例えば、ディーリングなどの 予測を伴うシステムは, ベテランのノウハウによる知識処理 とリアルタイムに変化するデータに関する数値処理の融合が 必すである。ES/KERNEL/Wはこれらのアプリケーションに 最適であり、今後はこのような大規模アプリケーションの開 発と実用化を、強力に推進していきたい。

日立製作所は,現在のツールは,まだプログラミング言語 の領域にあると認識している。推論機能の強化や知識表現の 洗練化は図られてきたが、与えられた知識の範囲でしか推論 できず,知識の獲得はまだ人間に頼っているというのが現状 である。今後は、本当に「賢い」ツールを目指して、常識を 備え, 教えられていない場合には類推し, また事例から学習 する知識獲得を備えるなど,人間に近づくためのあらゆる努

力をツール開発に注いでいきたい。現在でも,世界の多くで より「賢い」ツールの開発を目指した実験が行われている。 部分的には利用可能であると思われる技術, 例えば仮説推論, 定性推論などがツールとして登場するにはさほどの時間は要 しないであろうが、知識情報処理が更に発展するには、これ らの新技術が新しい応用を生み出すことが必要である。

言 5 結

知識工学技術をベースにしたエキスパートシステムの開発 は、実用化に向かって着実な歩みを始めている。従来、不可 能と思われていた応用を可能にし、計算機の可用性を高める という効果は既に認められた事実である。今後はこの技術の 可能性を高めるための推論機能の高度化や、知識表現の多様 化などに関する種々の試みを続けることが必要である。また 冒頭に述べたように、 高度に知的なビジネス業務の支援が可 能な実用的で大規模なシステムを数多く構築し、役立つ技術 としての評価を高めていく努力も必要となろう。ここで紹介 したES/KERNEL/Wは、そのようなシステムの実現を可能と するツールの一つである。

参考文献

- 1) 森,外:金融機関におけるエキスパートシステム,日立評論, 69, 3, 255~258(昭62-3)
- 2) 増位:エキスパートシステム構築ツールの現状とその動向、電 気学会雑誌, Vol.107, No.7(1987)
- 3) 金森,外:ES/KERNELでの知識表現方法と高速推論方式, 日立評論, 69, 3, 219~224(昭62-3)
- 4) 吉村,外:ES/KERNEL/Wの開発環境,日立評論, 70, 11, $1094 \sim 1099$ (昭63-11)
- 5) 辻、外:メタ知識による知識ベースの保守方式とその適用例、 人工知能学会誌, Vol.3, No.3(1988)
- 田野、外:知識ベースシステム構築用ツールEUREKAにおけ る高速処理方式,情報処理学会論文誌, Vol.28, No.12(1987)
- 7) 森,外:ビジネスマンのためのAI入門,オーム社(1988)