

# エキスパートシステム構築用ミドルソフトウェアの開発

## Development of Middle Software for Expert System Building

近年、ES(Expert System)実用化の進展に伴い、ES開発時に「専門家からの知識の獲得が困難」といった問題や「現場の専門家自身で、ESをより少ない工数で開発したい」といった要望が広がってきている。これらにこたえるため、ES構築用ソフトウェアとして、知識獲得支援ツールES/TOOL/W-R(ES/Tool/Workstation-Rule Induction)と専門家自身がESを容易に開発できる診断形ES構築支援ツールES/PROMOTE/W-DIAG(ES/Problem Oriented Tools for ES/Workstation-Diagnosis)を開発した。この二つの製品を、ES/KERNELと連動させることにより、ESの開発を上流工程から下流工程まで幅広く支援する。

吉野克之\* Katsuyuki Yoshino  
山田 弘\*\* Hiroshi Yamada  
埴 信弘\*\*\* Nobuhiro Hanawa  
半井賢一\* Ken'ichi Nakarai  
高橋ヨリ\* Yori Takahashi

### 1 緒 言

近年、ES(Expert System)実用化の進展に伴い、ES開発の機会が増加している<sup>1),2)</sup>。このような状況下、ES開発時の実務的な問題点や要望が切実なものとして表面化してきた。

これらの問題点を解決し要望にこたえるため、日立製作所ではESの構築を支援するソフトウェアとして、知識獲得支援ツールES/TOOL/W-R(ES/Tool/Workstation-Rule Induction)、および診断形ES構築支援ツールES/PROMOTE/W-DIAG(ES/Problem Oriented Tools for ES/Workstation-Diagnosis)[ニックネーム：櫛(けやき)]を開発した。この二つの製品をES/KERNELと連動させることにより、ESの開発を上流工程から下流工程まで幅広く支援する。

### 2 開発の背景

#### 2.1 ES開発の現状とユーザーの要求

近年、ESは試行目的のプロトタイプではなく、実際の業務に用いる実用システムとして開発されることが多くなってきた。それにより、実際の業務スケジュールに合わせたタイムリーで迅速なシステムの開発が要求されている。

加えて、開発されるESの数も増加し、開発の従事者もシステム開発部門のエンジニアだけでなく、現場の「専門家」などの非ソフトウェアエンジニアへ広がっている。このようなESの実用化の拡大に伴い、ES開発時の「専門家からの知識の獲得が困難」または「システムの構築方法がよくわからない」といった問題、および「ESをより少ない工数で開発したい」または「専門家自身が使えるツールがほしい」といった要望が切実なものとなっている。

日立製作所ではESの開発を支援するソフトウェアとして、これまでES構築支援ツールES/KERNELを開発しリリースしている。ES/KERNELは、ES構築のための各種機能を装備し開発の支援を図っているが、非ソフトウェアエンジニアがより容易に使えるようなソフトウェアの提供などによる開発環境の整備が望まれていた。

#### 2.2 日立製作所の対応

先の問題や要望にこたえるため、ESの構築を支援するソフトウェアとしてES/KERNELに加え、ES/KERNELと比べ、より専門家や知識エンジニアに近づいた、両者の中間に位置するようなミドルソフトウェアの開発を進めている<sup>3),4)</sup>。

ひとつは、知識エンジニアの知識獲得作業を支援するツールとしてES/TOOL/W-Rを開発した。

そして、専門家自身がESを短時間で容易に開発するためのソフトウェアとして、分野別ES構築支援ツールES/PROMOTEシリーズ(ドメインシェル)を開発中であり、第一弾として、診断形ES構築支援ツールES/PROMOTE/W-DIAGをリリースした。これは、現在開発されているESの中で、最大の37.5%(1990年：国内<sup>5)</sup>)を占める診断形をターゲットにしたものである。

ES/PROMOTEとES/TOOLはシステムの開発フェーズの中での、システム開発の部分(構築)を支援するツールで、作業を容易に進められるようなマンマシンインタフェースを提供している。ES開発の流れを図1に示す。

ES/TOOLは、主として開発の上流工程である知識の獲得や収集のフェーズを支援する。そして、ES/PROMOTEは、そ

\* 日立製作所 ソフトウェア工場 \*\* 日立製作所 システム開発研究所 \*\*\* Hitachi Europe Ltd.



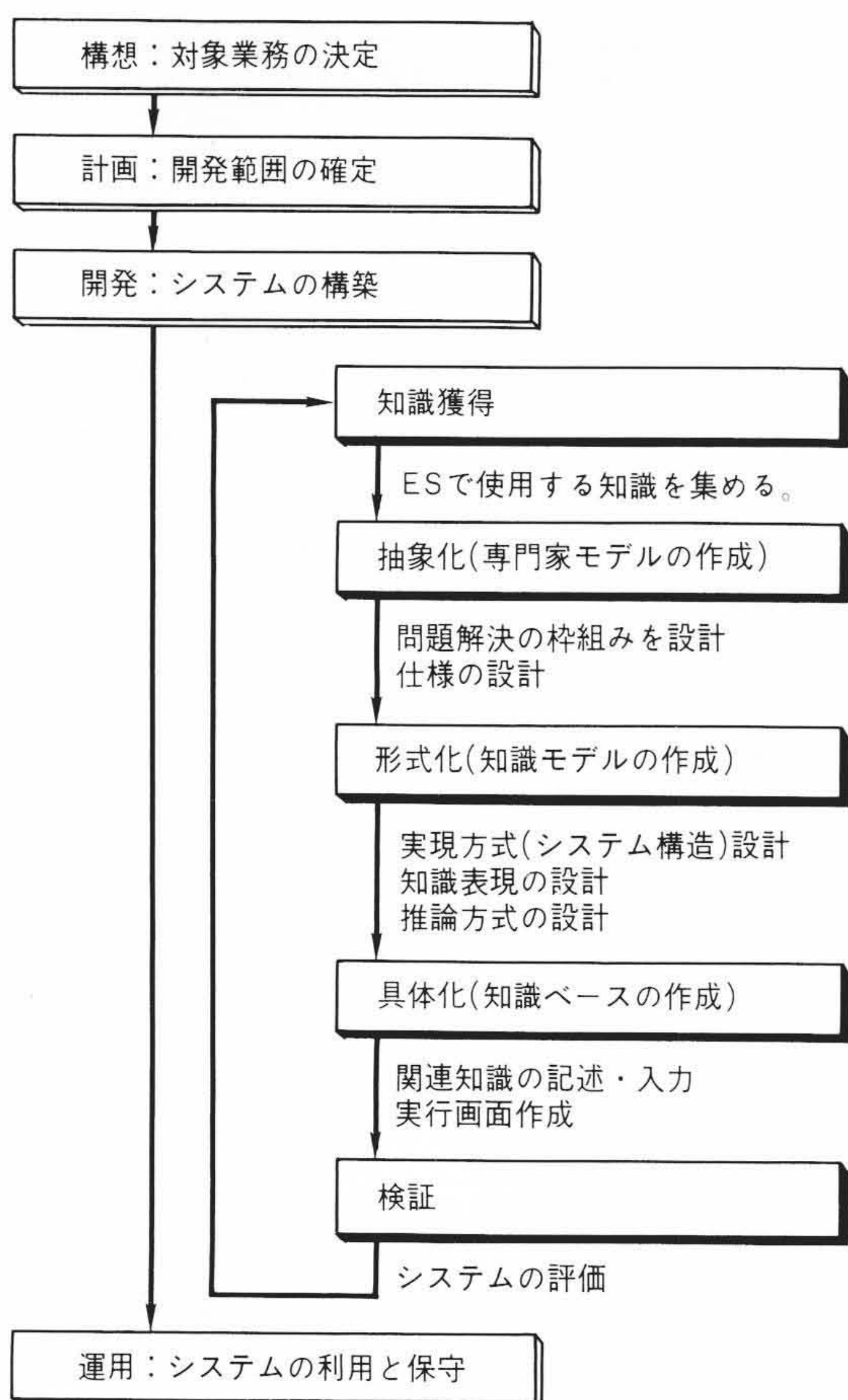


図1 ES(Expert System)開発の流れ 知識獲得から検証までのサイクルは、必要に応じて何度でも繰り返される。

の次の工程からのフェーズ(抽象化, 形式化, 具体化, 検証)を支援するもので, 収集され整理された知識を用いて, システムを構築するためのツールである。

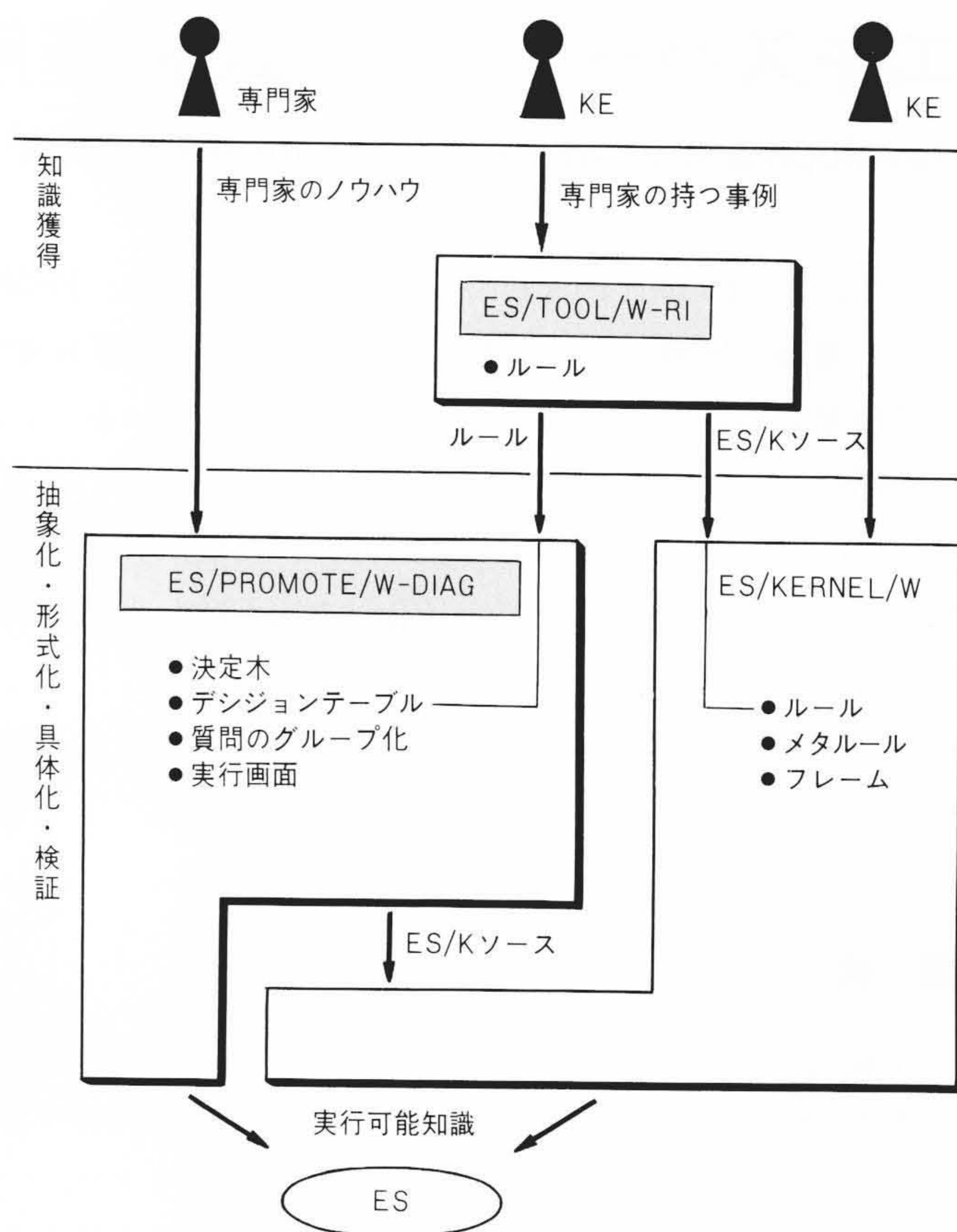
これらは, ES/KERNELと併用することにより, ESの開発を上流工程である知識獲得から最終的なESシステム構築までの幅広い開発フェーズを支援する<sup>2)</sup>。ES構築での各ツールの対応を図2に示す。特に, 診断業務については, 下記のように知識獲得からES構築までの作業を一貫して支援する。

- (1) ES/TOOL/W-RIを用い, 「専門家の持つ事例」からルールを生成(知識獲得)
- (2) ES/PROMOTE/W-DIAGを用い, 前記(1)のルールを基にESを構築, およびES/KERNELのソースを生成(抽象化, 形式化, 具体化, 検証)
- (3) 必要に応じ, ES/KERNELを用い, 前記(2)のソースをカスタマイズしESを構築

### 3 知識獲得支援ツールES/TOOL/W-RI

#### 3.1 知識獲得作業とその問題点

知識獲得とは, その業務の専門知識(問題解決の構造や, 問題を解くための知識など)を収集し, ESの知識とすることである。



注: 略語説明

KE (Knowledge Engineer)

ES/TOOL/W-RI (Expert System/Tool/Workstation-Rule Induction)

ES/PROMOTE/W-DIAG (ES/Problem Oriented Tools for ES/Workstation-Diagnosis)

ES/KERNEL/W (ES/KERNEL/Workstation)

ES/K (ES/KERNEL)

図2 ES構築下のツールの対応 RI(ES/TOOL/W-RI)はルールとES/K(ES/KERNEL)ソースを出し, それぞれDIAG(ES/PROMOTE/W-DIAG)やES/Kで利用する。DIAGは単独でも用いるが, 出力したソースをES/Kでカスタマイズすることもできる。

知識の獲得では, インタビューにより, 専門知識を専門家から聞き出す作業が最も重要となる。しかし, 専門家から専門知識を得る作業は, 最も困難で時間のかかる作業とされてきた。なぜなら, 一般に知識エンジニアは対象業務についての専門知識をあまり知らず, 一方, 専門家はESについてあまり知らない。この専門家と知識エンジニアとのギャップが障害となり, 知識の獲得作業を困難なものにしている。

ES/TOOL/W-RIは, この知識の獲得作業を支援するツールである。

#### 3.2 ES/TOOL/W-RIの概要

ES/TOOL/W-RIは, 知識源として事例を用いる。

例えば, 「熱が38.5度あり, 体がだるく, せきが出ていたときはなぜであった」などが事例である。専門家にとっては, 問題解決のプロセスや規則性よりも事例を列挙するほうが容易であり, 聞き出しやすい。一方, 知識エンジニアにとっては, 直接IF~THEN形式であげてもらったほうがわかりやすい。



ES/TOOL/W-RIは、専門家が持っている事例から規則性を見だし、ルールを生成する。そして、この生成されたルールや事例を専門家と知識エンジニアの共通の言語とし、両者の対話を円滑にしていく。最終的には、ES構築ツール用知識として、ES/KERNELのソースおよび、テスト用ESも実行画面を含めて自動生成する。また、ES/PROMOTE/W-DIAGでES/TOOL/W-RIを起動し、このルールを取り込んでデシジョンテーブルに展開することもできる。

対象とする問題は、現象を見て、用意されている結論のどれに当てはまるかを調べるような分類手法を用いた問題である。業務としては診断、分類、審査業務などが対象となり、これはES/PROMOTE/W-DIAGと同様である。

### 3.3 ES/TOOL/W-RIによる知識獲得作業

#### 3.3.1 部分問題への分割

業務は分解していくと、診断、計画などの種類にかかわらず、その中に分類・診断業務が部分問題として含まれている場合が多い。それらを解決した適切な事例が専門家やデータベースなどから得られるのであれば、ES/TOOL/W-RIを使って、その部分問題を解決するサブシステムの開発を支援することができる。

また、ES/TOOL/W-RIで知識獲得を行おうとする場合、適用の範囲はある程度絞ったほうがよい。例えば、自動車故障の診断知識を獲得する場合は、まずは故障全般についての事例を集めていくが、その後、エンジン系、駆動系などに細分化していく。

#### 3.3.2 知識獲得作業

ES/TOOL/W-RIを用いての知識獲得作業は、図3に示す手順で行う。

##### (1) 事例収集、編集

専門家が持っている事例を集め編集する。事例は表1に示すような表形式で表される。

##### (2) ルール生成

本ツールのルール生成機能を用い、事例からルールを生成する。ルール生成の際、プルーニングにより、誤った事例の影響を自動的に除去できる。また、事例を新しく追加した場合、追加事例のルール生成機能により、すでに生成したルールをできるだけ生かしながらルールの変更を行うこともできる。

(a) ルール生成：事例进行分类するのに最も有効になるように条件節の組み合わせを選び、ルールを生成していく。生成されたルールを図4に示す。

(b) プルーニング：事例データに対するルールの条件節の有効性について調べ、有効性が低いと判定された条件節を削除する。

このルールがESの知識となる。たとえば、ルールを本ツールでES/KERNELのソースに変換し、ES/KERNELの知識とすることができ、またルールをES/PROMOTE/W-DIAGの

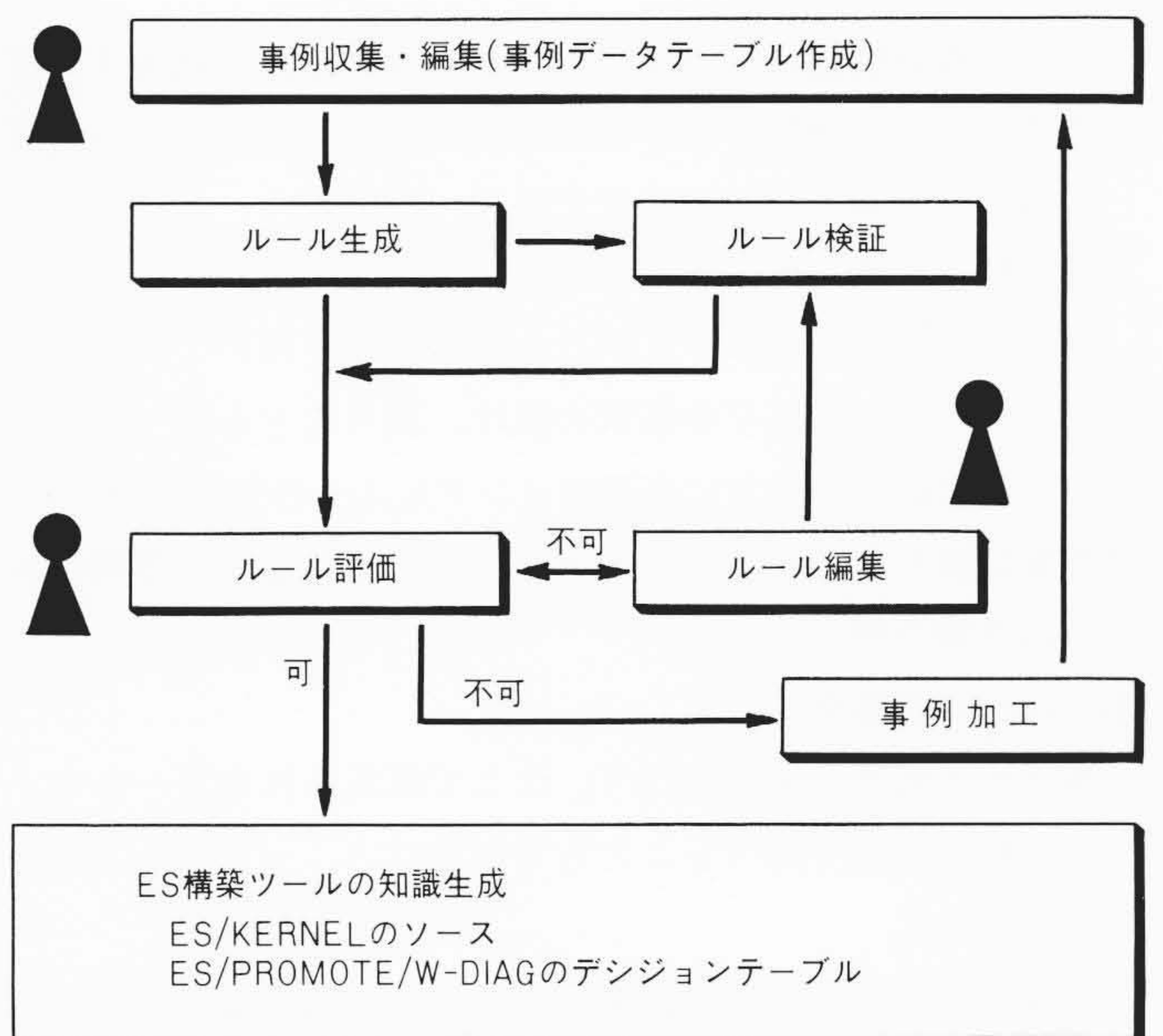


図3 ES/TOOL/W-RIを用いての知識獲得作業 図中の作業のうち、人が介入するのは事例収集・編集、ルール評価、ルール編集である。ルール評価でOKとなるまでこのサイクルは繰り返される。

表1 事例テーブルの例 1行で一つの事例を表す。

| 条 件    |      |     | 結 論 |
|--------|------|-----|-----|
| 体 調    | 体 温  | せ き | 診 断 |
| だ る い  | 37.8 | あ り | か ぜ |
| だ る い  | 36.5 | な し | 疲 れ |
| だ る い  | 38.6 | あ り | か ぜ |
| 普 通    | 36.2 | な し | 健 康 |
| 非常にだるい | 37.3 | な し | 疲 れ |
| 非常にだるい | 39.5 | な し | か ぜ |

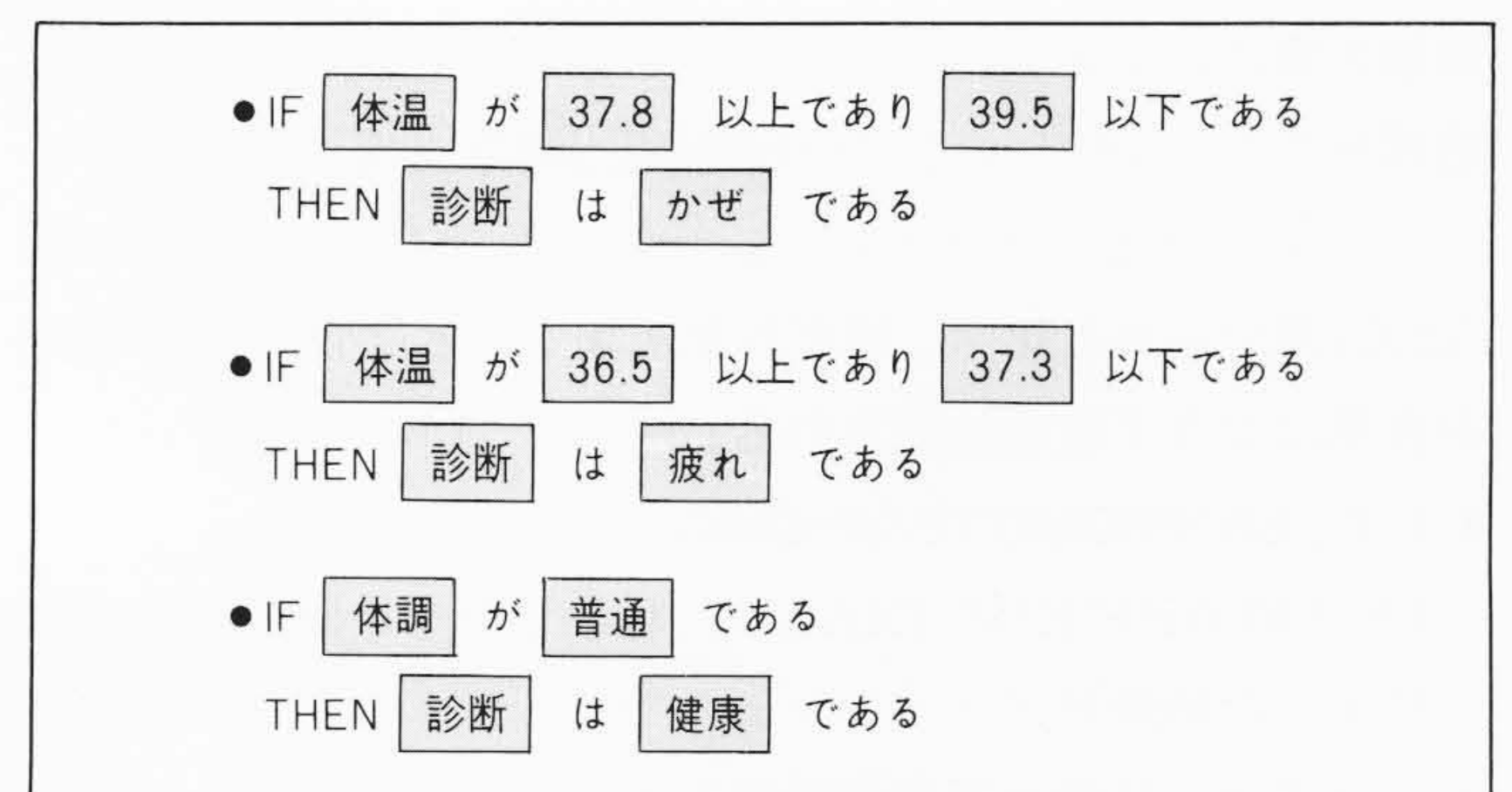


図4 生成されたルールの例 表1の事例から生成されたものを示す。

デシジョンテーブルとして使うこともできる。

##### (3) ルール評価(ルール検証)

生成されたルールを評価する。これは知識エンジニアと専門家が共同して行う。ルールは直接見ての評価もできるし、本ツールの提供する評価支援機能(ルール検証機能)を用いて行うこともできるが、いずれにせよルールのよしあしは最終的には人が判断する。



ルール検証機能はルールをテスト、分析し、評価用データを提供する。評価用データとしては、ルールがどのくらい正しく事例を分類したかを示す正当率、事例やルールに関する各種度数分布や対応表などがある。

主として知識エンジニアがこれらの情報を用いてルールを評価し、ルールの誤りや事例の抜け、誤りなどを調べる。そして、その結果をもとに次のインタビューの方向づけをし、専門家に繰り返しインタビューをすることにより、事例やルールの洗練を図っていく。

(4) ルール編集機能

ルールの表示や編集を行う。ここで修正されたルールを、ルール検証機能で調べることができる。

(5) 事例加工

生成されたルールや事例を分析し、より適切なルールが生成されるように事例を加工する。例えば、属性の簡略化や結合、属性値やクラス値の変更、クラスの追加などを行う。

(6) ゼネレーション

ES/KERNELのソースを生成する。また、テスト用ESの生成も行う。これには簡単な実行画面も付いており、システムとして動かしながら検証することもできる。

4 診断形エキスパートシステム構築支援ツールES/PROMOTE/W-DIAG

4.1 ES/PROMOTE/W-DIAGの概要

4.1.1 ドメインシェル

ESには診断形、計画形、設計形などがあり、それぞれの分野に限ってみると、問題解決方法や知識の表現方法、つまり知識の構造に共通のパターンがみられる場合がある。この共通部分をツール化したものが分野別ES構築支援ツール(ドメインシェル)である。ドメインシェルは、ES/KERNELなどの汎(はん)用ツールと比べ、適用対象が狭くなる反面、ESの構築が容易になり工数も削減される。

4.1.2 ES/PROMOTE/W-DIAG

ES/PROMOTE/W-DIAGは、対象分野を診断(分類)業務に特定した診断形ドメインシェルである。ユーザーは提供されたパターンに沿って専門知識を入力することにより、ESの構築(ES/KERNELのソースプログラム、および実行形ESの生成)が行える。本ツールにより、先の図1に示すES開発の流れの中で、「形式化」の作業は不要、また、「具体化」についてもプログラミングは不要となり、専門家でも行える。

なお、ES/KERNELのソースプログラムの生成も同時に行うため、より高度なシステムとする場合には、このソースをカスタマイズすることによって行える。また、知識獲得支援ツールES/TOOL/W-RIで獲得した知識(ルール)を利用することもできる。

対象業務や適用問題はES/TOOL/W-RIと同様に診断業

務、分類手法であるが、ES/TOOL/W-RIがサブシステム向きなのに対し、本ツールはフルシステム向きとなっている。

4.2 提供する知識構造

ES/PROMOTE/W-DIAGでは、診断形ESの大部分が何らかの形で採用している知識構造(ES/KERNELユーザーの場合)として、決定木とデシジョンテーブルを提供している(図5参照)。これらは、日常用いているものに近い簡易な知識表現であり、また、それぞれの入力用に専用エディタを提供して

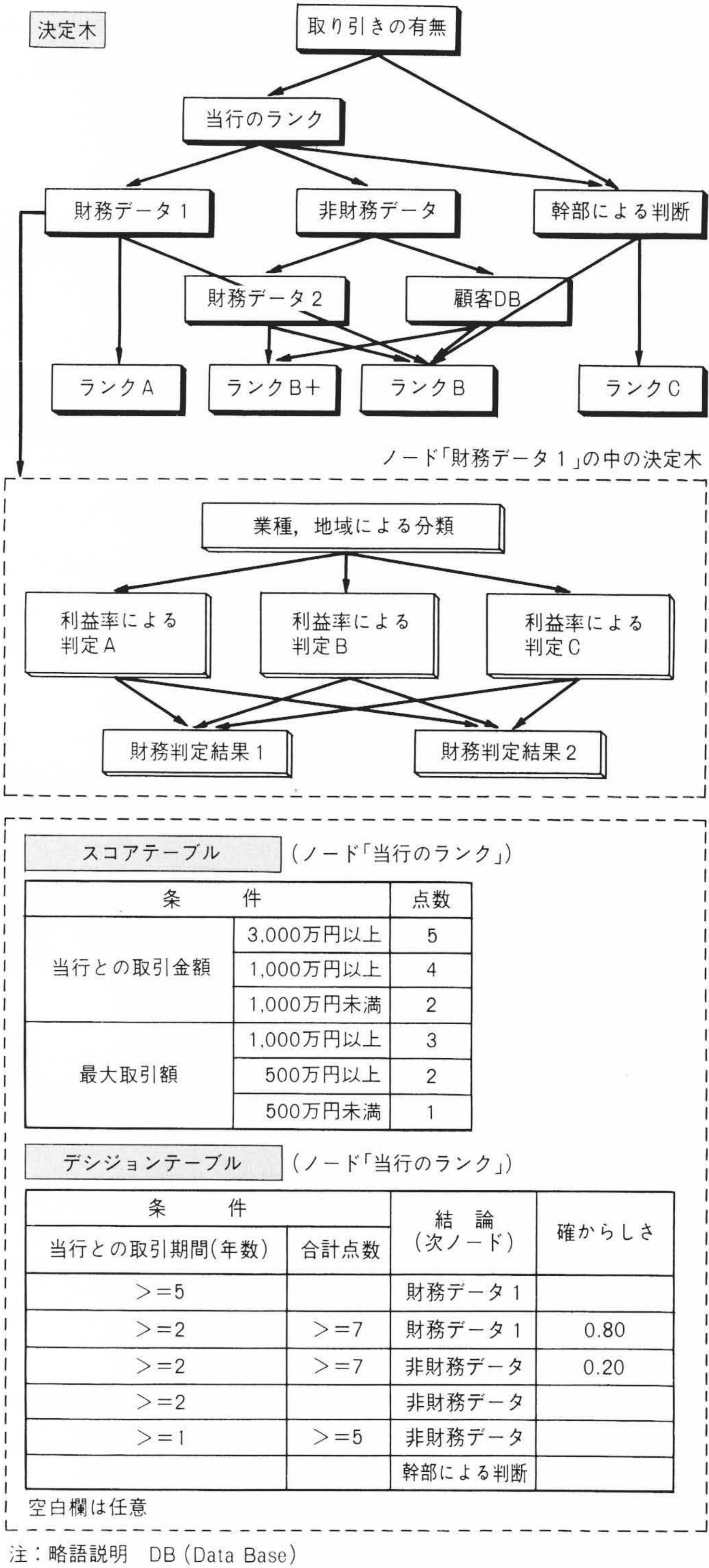


図5 ES/PROMOTE/W-DIAGで提供する知識構造 提供する知識構造は、決定木とデシジョンテーブル(スコアテーブルを含む)である。



おり、専門家でも無理なく扱えるようになっている。

#### 4.2.1 決定木

決定木は診断結果を絞り込む過程を定義する。

決定木では、ノード中に別の決定木を階層的に持つことができ、知識を効率よくまとめられる。

#### 4.2.2 デシジョンテーブル

デシジョンテーブルは決定木での分岐方法を定義する。

分岐方法では、スコアリングを用いることもでき、これにより不確定なデータに対応できるし、確率を用いて、あいまいさを含んだ分岐も行える。また、他ノードの結果や数値を分岐の判断に利用できる。

#### 4.3 ES/PROMOTE/W-DIAGによるES構築

ES/PROMOTE/W-DIAGによるES構築は、図6に示す手順で行う。

##### (1) 診断知識の入力

決定木を作成してデシジョンテーブルを定義する。この二つの作業は並行して行うことができ、一方の編集内容がそのつど他方に反映される。よって、知識が事前に整理されていなくても、木構造を考えながら分岐条件を並行して考えていくというような、知識の整理をしながらの入力が可能である。一方、知識がすでに整理されている場合、デシジョンテーブルの定義だけを行い、その結果として、決定木を自動生成させることもできる。

##### (a) 決定木作成

ツリーエディタを用いて作成する。これはグラフィックエディタとなっており、マウスで作図する感覚で木を作成していける。ツリーエディタの画面例を図7に示す。

##### (b) ノード内容(デシジョンテーブル)定義

デシジョンテーブルなどの分岐方法や結論メッセージと

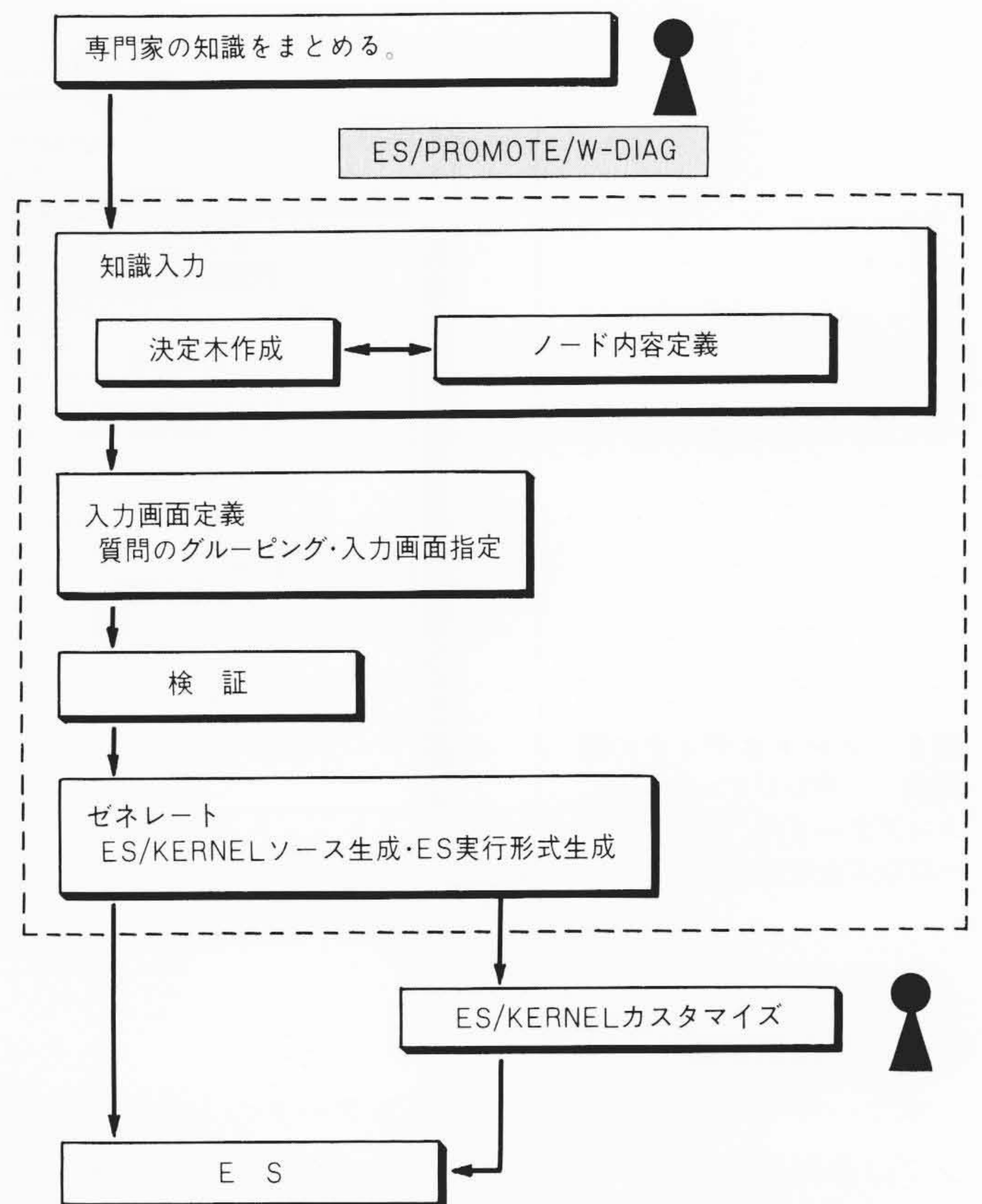


図6 ES/PROMOTE/W-DIAGによるES構築手順 決定木作成とノード内容定義は、平行に行うことができる。

いったノード内容を定義する。定義はノードエディタを用いワークシートを埋めていく方式で行う。また、ここでES/TOOL/W-RIを起動し、事例から得たルールをデシジョンテーブルに展開することもできる。ノードエディタの画面例を図8に示す。

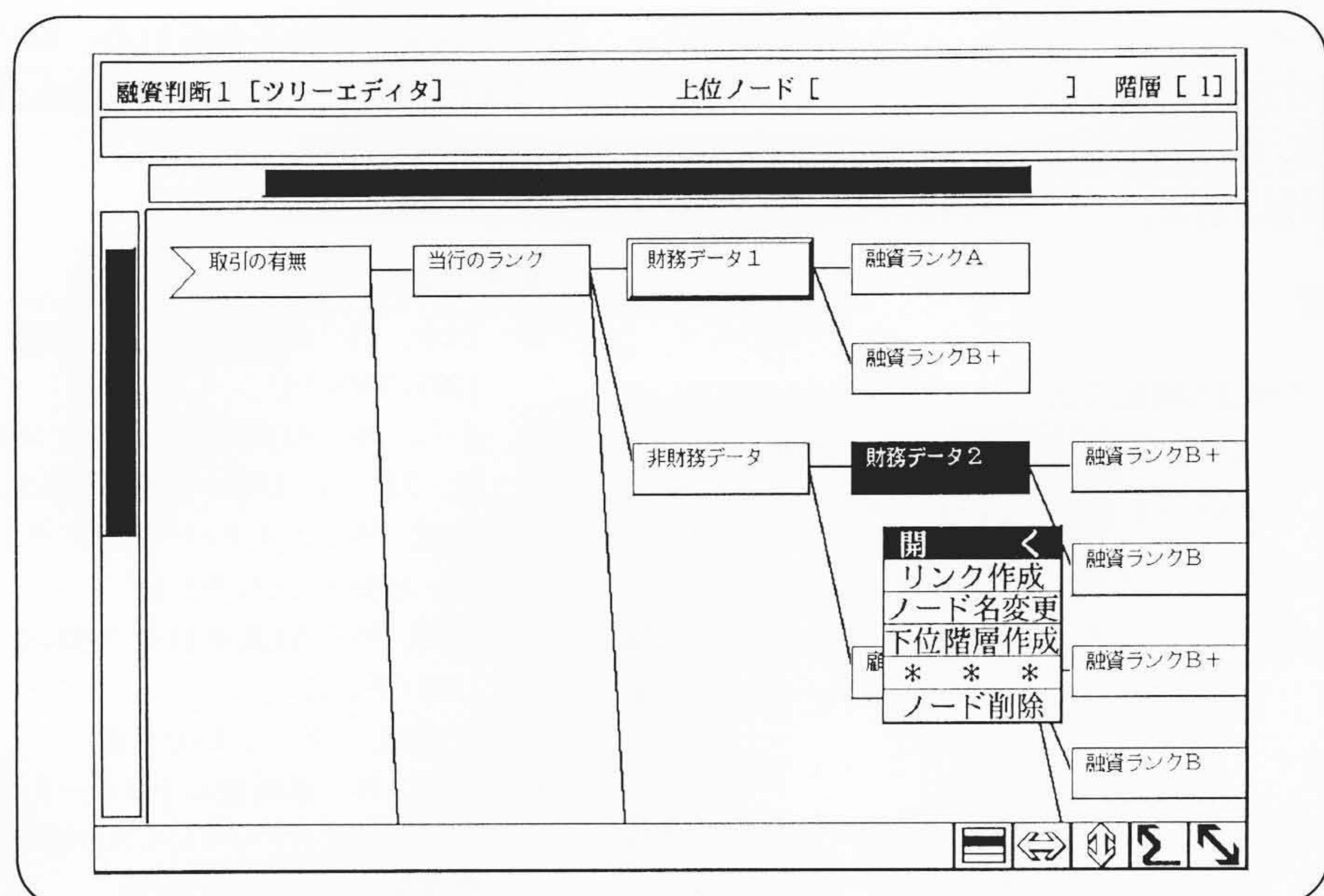


図7 ツリーエディタの画面例 左端のノードがルートとなり、右方向に伸びていく決定木を作成する。



取消

行追加行削除行移動

印刷

別ノート開じる

融資判断1 [ノードエディタ]

上位ノード [ ]

階層 [ 1 ]

|         |        |          |    |
|---------|--------|----------|----|
| ノード名    | 財務データ2 |          |    |
| メッセージ   |        |          |    |
| 下位階層    |        |          |    |
| スコアテーブル | データ    | 条件       | 点数 |
|         | 売上高利益率 | 15%以上    | 10 |
|         |        | 15%未満    | 2  |
|         | 資本利益率  | 20%以上    | 10 |
|         |        | 20%未満    | 3  |
|         | 売上高販管率 | 20%以上    | 2  |
|         |        | 10%から20% | 9  |
|         |        | 10%未満    | 5  |

デシジョンテーブル

|    |      |         |
|----|------|---------|
| 項番 | データ  |         |
| 1  | 合計点数 |         |
|    | 条件   | 次ノード    |
|    | 1    |         |
|    | >=20 | 融資ランクB+ |
|    | <20  | 融資ランクB  |

図8 ノードエディタの画面例 デシジョンテーブル、スコアテーブル、結論メッセージなどを定義する。

(2) 入力画面定義

本ツールでは、推論と推論に用いるデータの入力のタイミングは非同期であり、エンドユーザーに合わせた入力タイミングとすることができる<sup>6)</sup>。「質問」と「入力画面」との対応の定義や、入力画面の指定は専用エディタを用いここで行う。入力画面は、本ツールが提供する標準画面が自動設定されるが、ES/KERNELのUI(User Interface)ビルダで作成した画面を指定することもできる。

(3) 検証

ESが意図したものとなっているかどうかを調べる。本ツールでは検証支援機能を用意しており、これは診断事例をESに適用してみることによって行う。診断事例は事例ファイルに事前に保存しておき、検証時には、さもキーボードから入力されたかのように処理され、作業の効率化を図っている。

(4) ゼネレーション

ES/KERNELのソース生成とESの実行形式の生成を行う。生成されたESには、入力画面定義で指定した画面または標準画面などが自動付加される。

5 今後の展望

将来的には、分野別ES構築支援ツールES/PROMOTEシリーズの拡充として、ユーザーニーズに即した、需要の多い分野のドメインシェルの検討を進めていく。

また、ESは今後ますます大規模化していくと考えられる。そして、ESは現在多くみられるような同一分野に関する単体システムではなく、複数種類システムの集まりになるであろう。これらに対応できるよう、汎用ドメインシェ尔的なツールや、各ツールを統合するような開発ツールを考えていきたい。

6 結 言

ESの実用化に伴い、ESの開発・構築が身近で切実なものとなっている。そして、構築方法論や構築用ツールなどの構築環境に対しては、よりいっそうの整備と、簡易性や作業効率の向上が求められている。

ES/TOOL/W-RIの利用により、ES構築時最も障害になっている知識獲得作業、特に専門家へのインタビューの効率を上げることができる。また、ES/PROMOTE/W-DIAGの利用により、ソフトウェアエンジニアではなく、専門家自身の手でESを構築することができる。さらには、これらの二つにES/KERNELを加えた三つのツールが密接に結び付き、ES構築工程の広い範囲を、いろいろな形態で支援する。

ES構築ツールは、何ができるかに加え、どうできるかが重要な課題となってきている。ES/TOOL/W-RIやES/PROMOTE/W-DIAGは、この課題に応じるツールであると考えてる。

参考文献

- 1) 山中，外：AI実用化への展望，日立評論，70，11，1081～1087(昭63-11)
- 2) 小六，外：AI実用化の動向と日立製作所の取り組み，日立評論，72，11，1091～1098(平2-11)
- 3) 増位，外：エキスパートシステム技術の動向，日立評論，72，11，1099～1104(平2-11)
- 4) 広瀬，外：AI基本技術の動向，日立評論，72，11，1105～1112(平2-11)
- 5) 日経AI：1990.1.15号付録
- 6) 山田，外：診断型エキスパートシステムにおける相互駆動型データ入力インターフェイスの提案，情報処理学会第40回全国大会講演論文集，280～281