

# コンピュータ障害対策支援エキスパートシステム

## Expert System for Computer Trouble Shooting Assistance

コンピュータ障害対策支援システムでは、製品仕様に基づいた障害対策基本手順に関する知識と、保守実務に基づく専門技術者の経験的知識とを効率よく管理し、かつ処理効率がよく、しかも保守員に対する優れたマンマシンインタフェース機能を備える必要がある。この必要性を満たすため、エキスパートシステム構築ツールES/KERNELを利用することによって、情報の追加・更新が容易に扱え、良好なマンマシンインタフェースを具備した実用的なコンピュータ障害対策支援エキスパートシステムを開発した。

本エキスパートシステムは、障害対策基本手順に関する知識と経験的知識を一体化した統合形知識ベースシステムとして、クリエイティブワークステーション2050上で実現している。また、マンマシンインタフェースの向上を図り、中形はん(汎)用コンピュータに応用した。

山岸令和\* *Norikazu Yamagishi*

延命史雄\* *Fumio Enmei*

竹下和春\* *Kazuharu Takeshita*

### 1 緒言

コンピュータシステムに発生した障害を迅速に修復するためには、(1) 障害原因の切り分け方法、(2) 推定交換部品リスト、(3) 修復方法などに関して、保守員に適切なアドバイスを提示するコンピュータによる支援システム<sup>1)</sup>が有効である。この支援システムでは、機器の更新、システムの仕様変更に対処して内容を変更することはもちろん、多くの保守経験によって得られた診断上のノウハウを常に追加・更新することが肝要である。このような機能を持った支援システムを構築する場合、従来のデータベースやデシジョンテーブルを中心とするプログラム手法では、それらの情報の追加・更新に多大の労力を必要としていた。これを改善するため、情報の追加・更新が容易にできるエキスパートシステム構築ツールES/KERNEL<sup>2)</sup>(Expert System/KERNEL)を利用し、保守拠点の保守員に適切なアドバイスを提供する支援システムを開発した。

本稿では保守拠点の保守員に適切なアドバイスをするために必要な知識として、製品仕様に基づいた障害対策基本手順知識(以下、基本知識と呼ぶ。)と、豊富な保守経験から得た診断上のノウハウ(以下、経験的知識と呼ぶ。)の二つの知識を一体化した統合形知識ベースシステム、保守員とのマンマシンインタフェース機能の向上策などについて述べる。

### 2 システムの位置づけ

コンピュータシステムに障害が発生し、顧客の処置で修復が困難と判断された場合、保守員の派遣を要請する。サイトに到着した保守員が、通常の保守では修復が困難と判断した場合、専門技術者のいる保守拠点へ連絡して、より高度な判

断を要求する。

この専門技術者のいる保守拠点では、障害情報を収集し、情報の分析結果からサイトの保守員に障害切り分け方法、対策方法などを指示し修復する。専門技術者は、障害要因を想定し、障害を切り分ける技術を知識として持つため、迅速な情報の分析及び指示が可能である。そこで専門技術者の知識を活用できるエキスパートシステム<sup>3)~7)</sup>を導入することで、専門技術者のいない保守拠点でも迅速な対応を可能にする支援システムを実現した。

本システムは、全国に散在する保守拠点の保守員に対し、専門技術者の豊富な経験に基づく障害原因の究明と、その対策方法に関するアドバイスを提供する支援システムとして位置づけられ、同時に、保守拠点での(1) 保守技術力の向上、(2) 正確・迅速な対応、(3) 障害解析力の向上など、トータルな障害対策支援技術の向上を目指したシステムである。

### 3 システムの基本機能と構成

#### 3.1 基本機能の概要

障害対策を支援するシステムでは、それを利用する保守拠点の支援活動に合わせ、保守員に適切にアドバイスする機能が有効である。そこで、実用的な支援システムの実現を目的として、次の機能<sup>8)</sup>を具備することにした。

##### (1) 問診ガイド機能

障害現象を的確に把握し、障害要因の究明に必要な情報を漏れなく提示するガイド機能

##### (2) 推定交換部品リスト提示機能

障害部位の対策に必要な推定交換部品名、部品管理番号な

\* 日立電子サービス株式会社

を一覧リストとして提示する機能

(3) 想定障害要因提示機能

障害の因果関係をもとに、想定される障害要因を提示する機能

(4) 障害切り分け方法提示機能

更に障害部位を絞り込むために、データ採取あるいは保守治具によるテスト、診断などの障害切り分けを行うための手段・方法、注意事項などを指示する機能

(5) 障害対策方法指示機能

障害部位を指摘し、その障害の対策手段、方法、注意事項などを指示する機能

3.2 システム構成

本システムは、図1に示すようにクリエイティブワークステーション2050(以下、ワークステーション2050と略す。)と、ES/KERNELを利用している。

本システムは、推論処理部と、マンマシンインタフェース部から構成される。マンマシンインタフェースは、(1)多重画面表示部、(2)カラー、図形表示部、(3)簡易操作部から構成される。知識ベースは、(1)問診ガイドに関する知識、(2)推定交換部品に関する情報、(3)障害の因果関係に関する知識、(4)障害切り分け手順に関する知識、(5)障害対策手順に関する知識などによって構成される。保守員は、ワークステーション2050のディスプレイ及びマウスによって本システムと対話する。

3.3 知識ベース

障害対策を支援する保守拠点の保守員に適切にアドバイスするためには、専門技術者の経験的知識だけでは断片的であり、それだけでは不十分である。

したがって、実用的なエキスパートシステムを構築するためには、多くの保守経験によって得られた経験的知識のベースとして、対象となる機器の基本知識を利用することが重要なポイントとなる。

そのため、知識ベースの作成、登録、実行性能、保守性などに関し、次の点に考慮する必要がある。

- (1) 処理対象知識の増加に伴う性能低下の防止
- (2) 基本知識と経験的知識に対する保守性の向上

(3) 知識の追加・更新に対する整合性、矛盾性の確認の容易化

(4) システムの動作確認の容易化

以上を考慮した統合形知識ベースシステムについて次に述べる。

(1) 統合形知識ベースシステム

内容の追加・更新の頻度が高い経験的知識に対する保守性、及び動作確認性を考慮して、基本知識と経験的知識は、分離独立した知識ベースとして構築することにした。

この分離独立した知識ベースの推論を性能低下させずに実行させる方法として、基本知識と経験的知識を推論の実行時にダイナミックに一体化して利用できる統合形知識ベースシステムを実現することにした。

(2) 実現方法

分離独立した知識ベースの構成要素である基本知識と経験的知識の関係を図2に示す。基本知識は、障害の切り分け手順が階層的に整理されたものであり、経験的知識は、障害切り分けの途中から切り分け手順の一部をバイパスするグループ1の知識と、その対策から更に詳細に障害要因を切り分け、推定交換部品を絞り込むグループ2の知識である。

本システムでは、基本知識からグループ1の知識へ分岐させるルールと、基本知識からグループ2の知識へつなぐルールの2種類のルールの知識表現方法を採用することにした。

(3) 知識ベースの構造と保守性

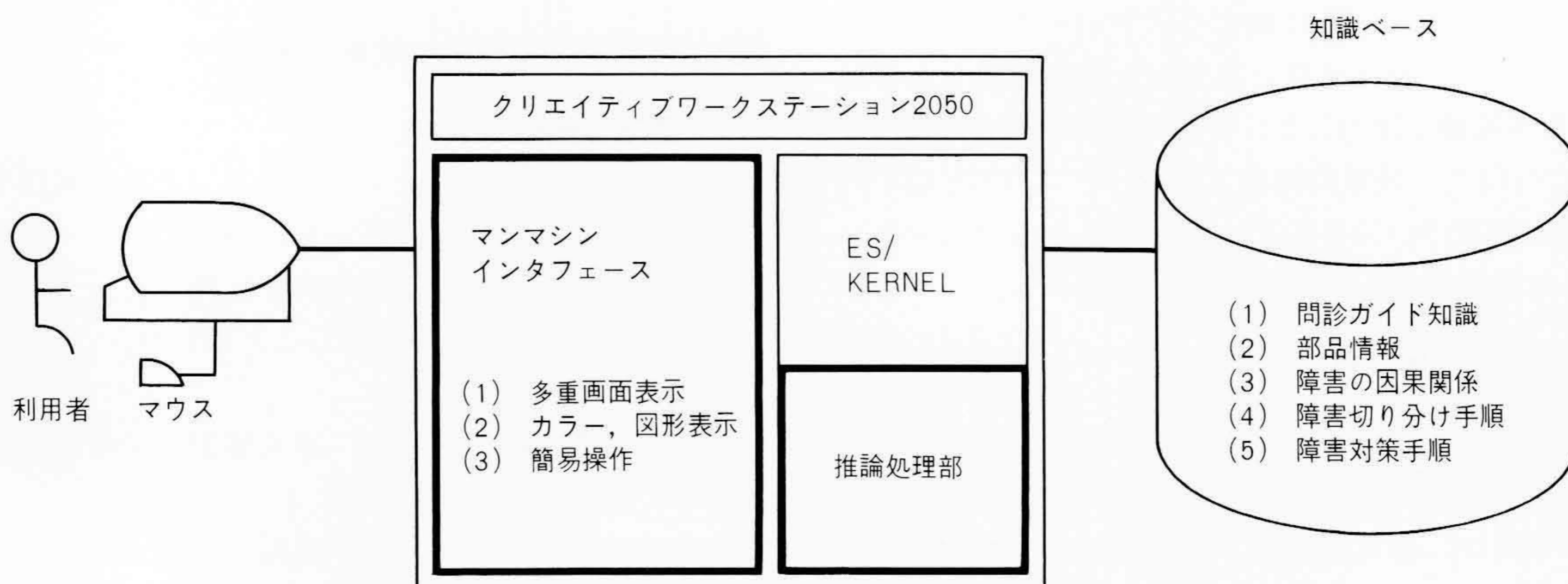
統合形知識ベースシステムでは、数千件に及ぶ知識が羅列されるために、知識ベースの保守性を考えた場合、次の点を考慮する必要がある。

- (a) 知識の追加・更新に際し、全知識ベースの内容を見直さなくてもよいようにする。
- (b) 推論の対象となる知識の範囲を限定する。
- (c) 知識の追加・更新後の動作確認は変更部分の範囲でできるようにする。

以上のことを考慮して、知識の属性に従ったグルーピングによって知識ベースの構造化を図った。

3.4 知識ベースの表現方法

本システムでは、基本知識及び経験的知識ともにルールと



注：略語説明 ES/KERNEL (Expert System /KERNEL)

図1 システムの構成 本システムは、知識ベースに格納された問診ガイドなどの知識によって推論を行い、多重画面表示などのマンマシンインタフェースを通じて、問診ガイドから障害対策方法までをコンサルテーションする。

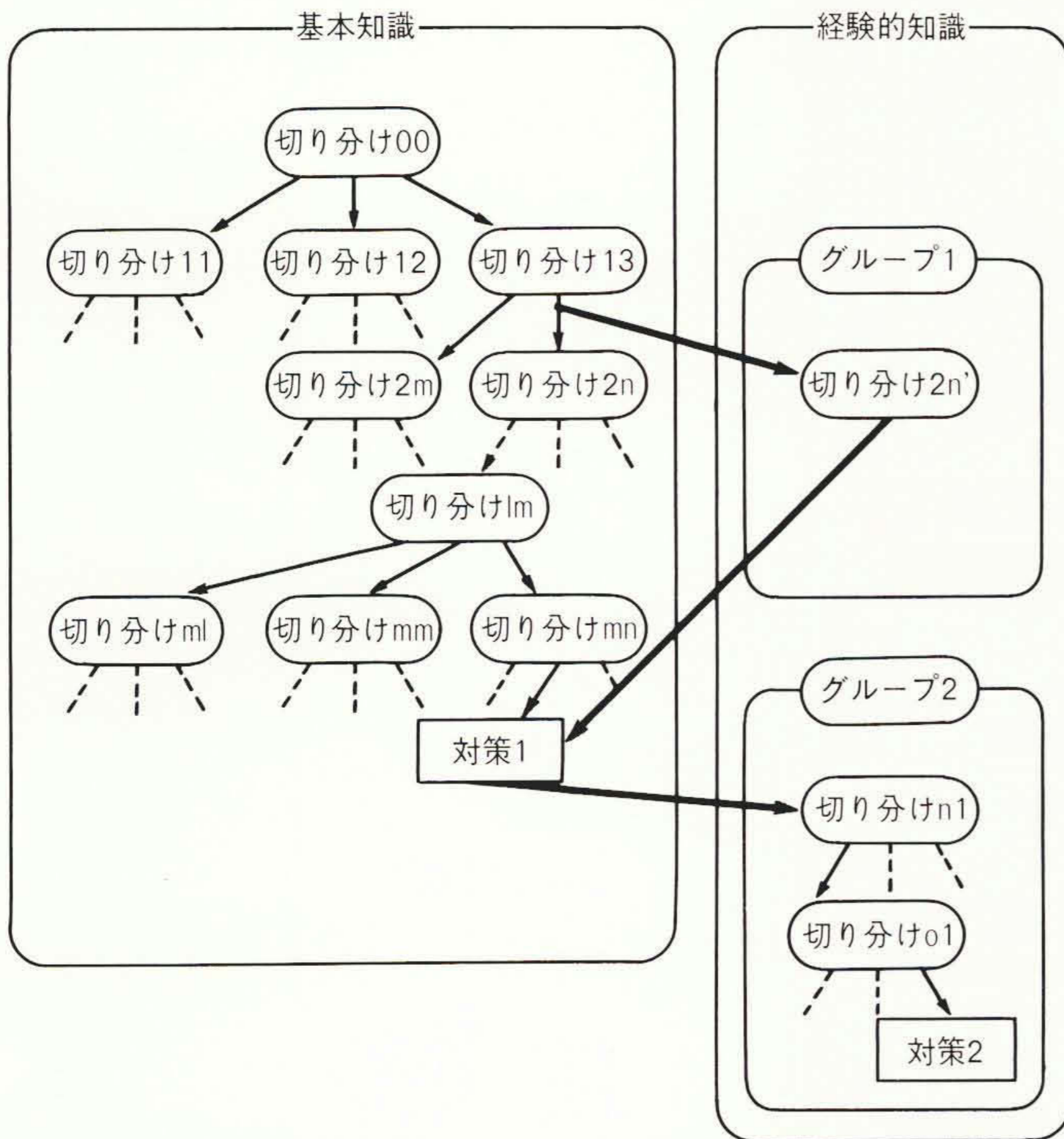


図2 基本知識と経験的知識の関係 基本知識は障害の切り分け手順が階層的に整理されたものである。経験的知識は、基本知識の切り分け手順の一部をバイパスしたり、更に詳細に切り分ける知識から成る。

フレームから構成される。ルールは、障害の切り分け手順、フレームは画面表示と図形表示データ、及びマウスからのデータ入力用として使用している。

電源異常の場合の一例を図3に示す。

### 3.5 推論方法

本システムでは、推論の高速性を考慮して、障害の現象から結論である原因を究明する前向き推論を採用した。

```

(電源ユニットルール群)
(電源ユニットルール0
IF
  (ROP切り分けの @状態1 が 電源ユニット異常 である)
THEN
  (send 電源ユニット methodg4)
)
:
(電源ユニットルール2
IF
  (電源ユニットの @SVP1緑 が 消灯 である)
  (電源ユニットの @緑消灯ランプ が SVP1 を要素としない)
THEN
  (send 電源ユニット assign(電源ユニット状態判定, 緑一部消灯)
    add_set(緑消灯ランプ, (SVP1)))
  )
)
    
```

(a) ルールの表現例

```

(電源ユニット_CLASS
super_class system
SVP1緑 (data_type string)
SVP1黄 (data_type string)
:
黄点灯ランプ (data_type string set 3)
)
(電源ユニット
class 電源ユニット_CLASS
#methods
#c_method
methodg4()
{ c_methg4(); }
#methods_end
)
    
```

(b) フレームの表現例

図3 知識ベースの表現例 ルールには障害の切り分け手順を記述し、フレームには画面表示、図形表示情報及びマウスからの情報入力用として使用する。

### 3.6 マンマシンインタフェース

保守拠点の保守員は、障害に直面した緊張状態でサイトと通話をしながら、ワークステーション2050のディスプレイ及びマウスによって、そのつどシステムと対話する。

このような時間的に緊迫した条件下で本システムは動作しなければならないため、リアルタイムで使い勝手のよいマンマシンインタフェースが必ず(須)となる。

この条件下で具備すべき使い勝手のよいマンマシンインタフェースとは、

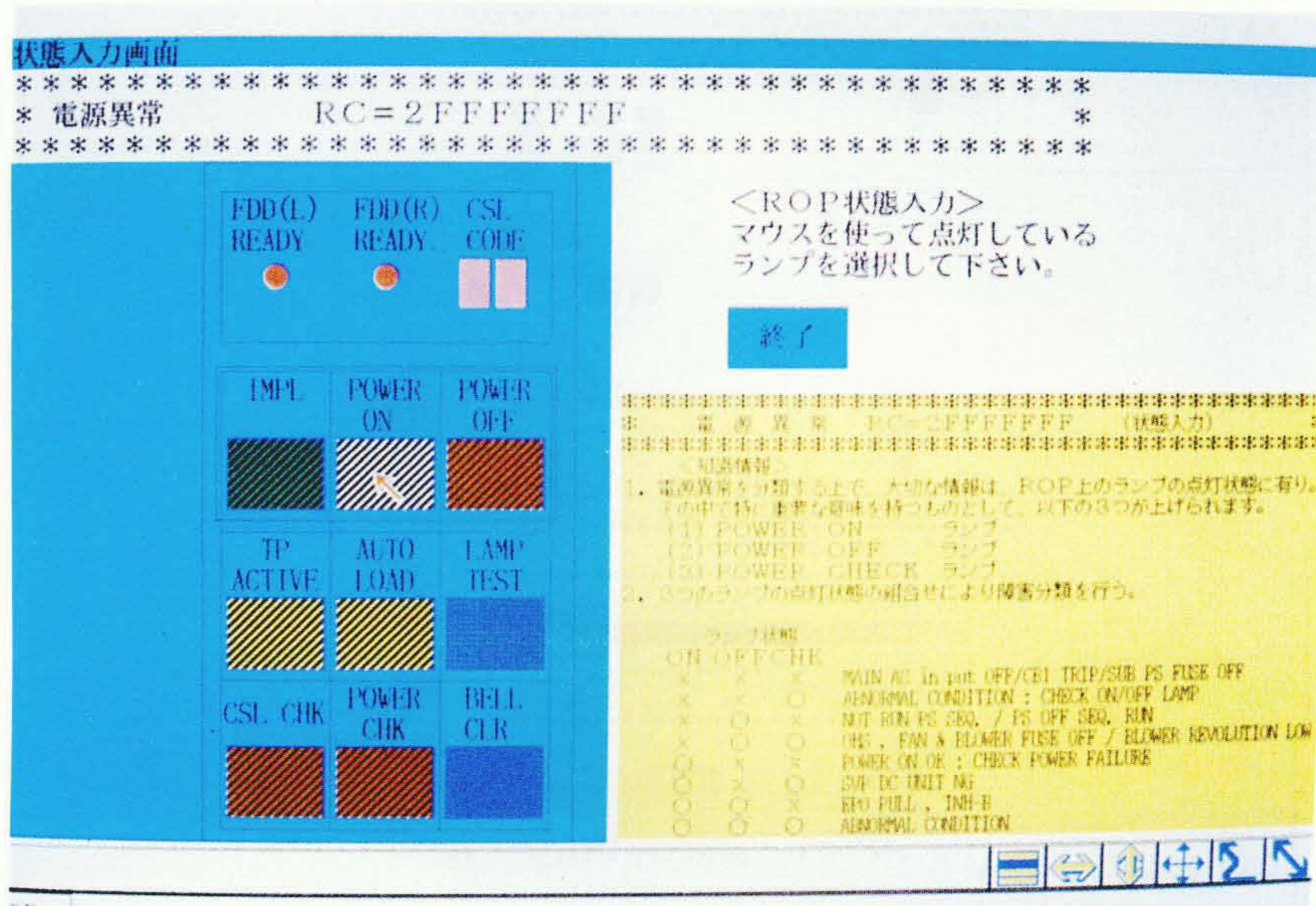


図4 図形表示例 対象となる機器の実装位置や形、色などをビジュアルに表示することによって、問診又は指示などが確実にできる。斜線部分は、マウスを使用することによって、ランプ点灯状態を直接入力できる。

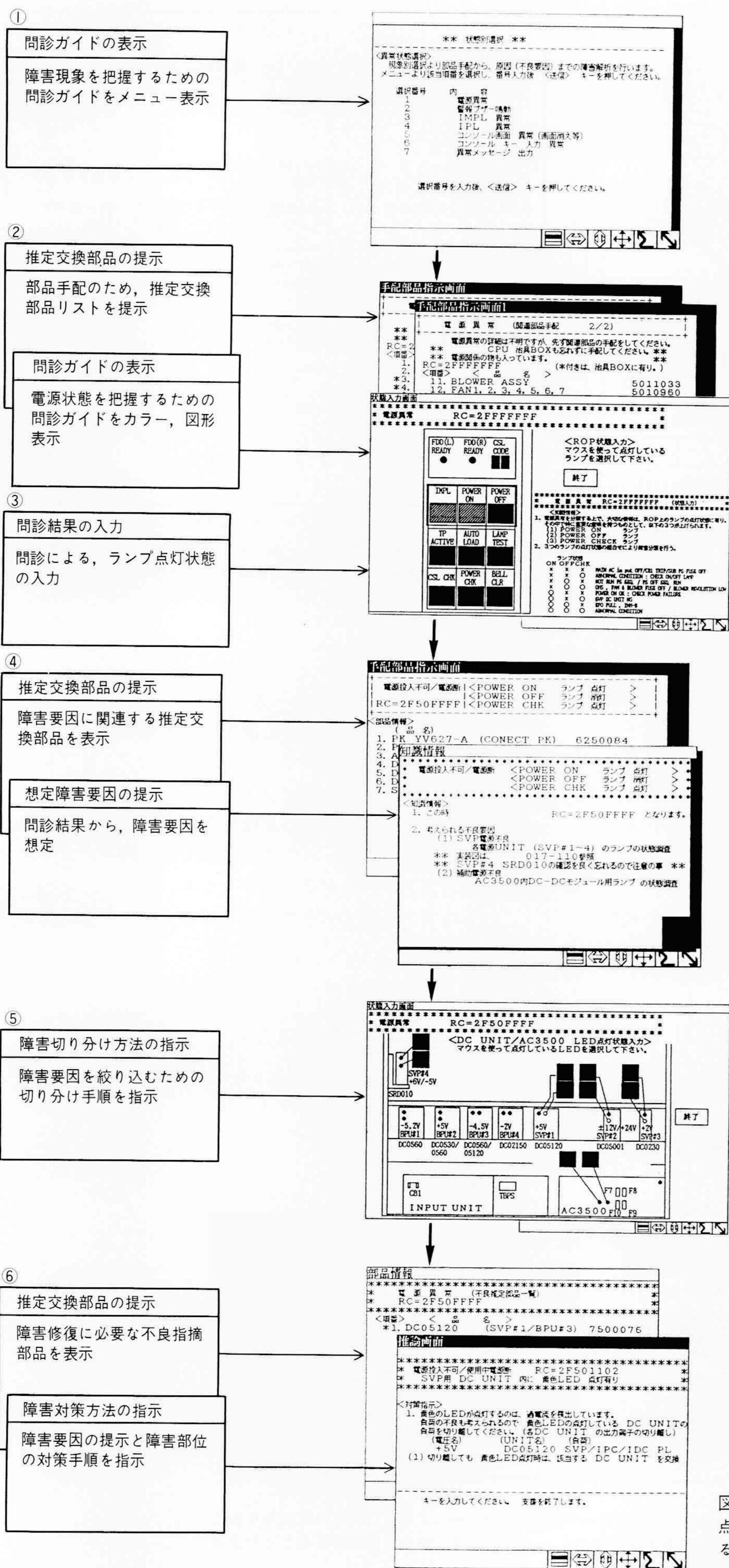


図5 コンサルテーション手順の実例 保守拠点での保守員の障害対策支援動作に合わせて実行させることによって、親しみやすいマンマシンインタフェースを実現している。

- (1) 複数画面にまたがる必要な情報を常に参照可能
- (2) 表示内容を一目見て理解可能
- (3) 操作回数が少なく、簡単な操作で指示、応答可能などである。上記の要求を満足させるため、ワークステーション2050の持つ機能をフルに活用することで、マンマシンインタフェースの向上を図った。

#### (1) 多重画面表示

マルチウインドウ機能によって、ワークステーション2050のディスプレイ上に即時に論理的な単一画面を複数面表示できるため、必要情報を簡単にページめくりのイメージで操作できる。

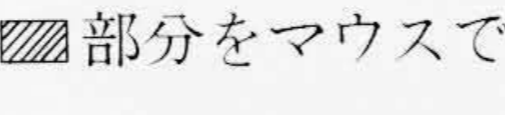
#### (2) カラー、図形表示

問診又は指示をする場合の対象となる機器の実装位置や形、色などを、ビジュアルに表示できるカラー、図形表示機能を活用することにした。その一例を図4に示す。

これはコンピュータ内部の電源ユニットの実装図であり、ランプ位置、その形状、色などを表したものである。

#### (3) 簡易操作

利用者との対話回数が増加することが予想されるので、できるだけ操作回数が少なく、簡単な操作で指示、応答できることが必要となり、マウス操作による入力方法を採用することにした。

図4に示したように、電源ユニットのランプ点灯状態の入力を行う場合には、表示画面を見ながら、部分をクリックすることによって簡単に入力できる。

### 4 中形はん用コンピュータシステムへの応用例

以上に述べたエキスパートシステムを、中形はん用コンピュータでの障害対策支援に応用した。

障害対策支援の一例として、「システム立ち上げ時電源が投入できない障害」の場合について、図5をもとに述べる。

#### (1) 問診ガイドによる現象入力

最初に障害現象を把握するため、問診ガイドをメニュー表示する。

#### (2) 推定交換部品の提示

電源異常を選択することによって、障害対策に必要な推定交換部品リストと、更に詳細な現象を把握するための問診ガイド「ROP(Remote Operator Panel)状態入力」が多重表示される。「ROP状態入力」の問診は、CPU(Central Processing Unit)のROPを図形表示したもので、ランプの点灯状態をマウスによって入力する。

#### (3) 想定障害要因の提示

ランプ群の点灯状態によって、想定される障害要因を推論し、推定交換部品リストと想定した障害要因が提示される。

#### (4) 障害切り分け方法の指示

障害要因を更に絞り込むために、情報の収集、及び切り分け手順を指示する。

電源障害の切り分けは、詳細な電源状態を示すランプの点灯状態をマウス入力によって行う。

#### (5) 障害対策方法の指示

ランプ点灯状態によって障害部位を推論し、最終結論として、障害部位を修復するのに必要な部品、及び対策手順が多重表示される。

以上のように本支援システムは、保守拠点での保守員の障害対策支援動作に合わせた機能を実現し、優れたマンマシンインタフェース特性を発揮している。

## 5 結 言

コンピュータシステムの障害対策支援分野でのエキスパートシステムの実用化を図るために、ワークステーション2050とES/KERNELを利用したコンピュータ障害対策支援エキスパートシステムを開発し、中形はん用コンピュータ障害対策支援に応用した。

ますます大規模化、広域化するコンピュータシステムに対する保全技術力の向上のため、専門技術者の高度な知識を組み込んだ障害対策支援エキスパートシステムの必要性は増大している。今後、更に機能向上を図るとともに、適用範囲の拡大を図っていく考えである。

### 参考文献

- 1) 新井, 外: 診断型エキスパート・システム, 情報処理, 28巻, 2号, 177~186(1987)
- 2) 特集 知識工学の情報処理分野への応用: 日立評論, 69, 3(昭62-3)
- 3) E.A.Feigenbaum: The Handbook of Artificial Intelligence Vol.1, 2, 3(1981)
- 4) Benjamin Wah: COMPUTERS for Artificial Intelligence Applications(1986)
- 5) 田中: 知識工学(1984)
- 6) 知識工学, 情報処理, 26巻, 12号(1985)
- 7) 小特集 知識工学とその産業分野への応用: 日立評論, 67, 12(昭60-12)
- 8) 山岸, 外: エクスパートシステム・汎用コンピュータ障害対策エキスパートシステムの開発, 情報処理学会第36回(昭和63年前期)全国大会, 1597~1598(1988)

## 論文抄録

### ランに対する座標演算に基づく 2値画像の高速回転のための 一手法

日立製作所 嶋 好博・柏岡誠治・他1名  
電子情報通信学会論文誌D  
J71-D, 7, 1296~1305(昭63-7)

画像の回転は、画像処理の基本的な機能であり、オフィスでの文書画像処理や産業用ロボットなどの工業用画像処理に利用される。

本論文では、特に、2値デジタル画像を対象として、従来の画素データを用いた回転方法とは異なり、黒画素の線分から成るランの始点及び終点の座標データをもとに2値画像の回転を高速で行う方法を提案する。本方法では、このランデータに対する実数演算により、任意の回転角度の画像回転が実現できるため、はん(汎)用プロセッサに適した方法であり、また、処理の高速化、使用メモリの削減も可能な実用的な方法である。この回転方法はランデータ上で横及び縦方向の斜交軸変換を順次行い、回転画像を求めるものである。実際の文書画像に対して大形計算機上で画像を回転させ、この処理時間を求め、本方法の有効性を実験的に確認した。

### 文脈自由文法を利用した 通信プロトコルの一検証法

東京工業大学 黒沢 馨・  
日立製作所 茂野丈至・他1名  
電子情報通信学会論文誌  
J70-D, 4, 804~810(昭62-4)

多くの通信プロトコルは二つの有限状態機械の通信という形でモデル化される。YuとGoudaは、メッセージが1種類で各有限状態機械にmixed nodeという状態がないとき、デッドロックの検証が多項式時間で実行できることを示した。

本稿は、メッセージが1種類の場合、mixed nodeの存在を許しても、デッドロックの検証が多項式時間で実行できることを示すものである。

これは、デッドロック状態に至る通信系列が文脈自由語になることを示すことによって導かれる。すべてのメッセージを1種類に変換したプロトコルにデッドロック状態が存在しなければ、元のプロトコルにもデッドロックが存在しない(ただし、その逆は不成立)という意味で、この結果は重要である。

### 会話型評価と自動評価による 画像処理手順のプロダクション システム

名古屋大学 鳥脇純一郎・  
日立製作所 折田三弥彦・他3名  
電子情報通信学会論文誌  
29-2, 105~113(昭63-4)

画像処理・認識の応用展開は、拡大するニーズに追従できないという状況にある。その原因の一つとして、画像処理ソフト開発の専門家が少ないことが挙げられる。そこで、専門家の代わりにユーザーと対話して画像処理手順が生成できるような、いわゆる画像処理エキスパートシステムのニーズが生まれた。

画像処理エキスパートシステムは、1983年に日本で最初に提唱され、以来、産・学・官で盛んに研究されている。

本論文は、その中で手順推論の高速化と柔軟性の向上について検討し、言葉などによる問い合わせと、認識対象の輪郭などを画面に向かって図形で直接入力するという特徴例示を融合した新しい対話形態を提案するものである。また、これとともに、画像処理の個々の手法に関する知識だけを用いて、手順を柔軟に生成するプロダクションシステムを提案している。