

給湯機故障診断エキスパートシステムの開発

Development of a Trouble Diagnostic Expert System for Water Heaters

給湯機は、東陶機器株式会社の機能商品の代表格であり、アフターサービスの重要性は一般に認識されるところである。

また、東陶機器株式会社での知識工学研究も徐々に進み、エキスパートシステムの効果や適用対象などの推測が必要となった。

社内のニーズ調査や、シーズによる適用性比較を行ったところ、第一弾として給湯機の故障診断システムが浮かび上がった。プロトタイプの作成に引き続いて、実際に現場に持ち込んで試用テストを行ったところ、関係者からは好意的な評価を得た。

本稿では、システム開発の立場から、エキスパートシステム構築時での専門知識の収集の一例を紹介する。

福澤英司* Eiji Fukuzawa
山口慶久** Yoshihisa Yamaguchi
永富浩之*** Hiroyuki Nagatomi

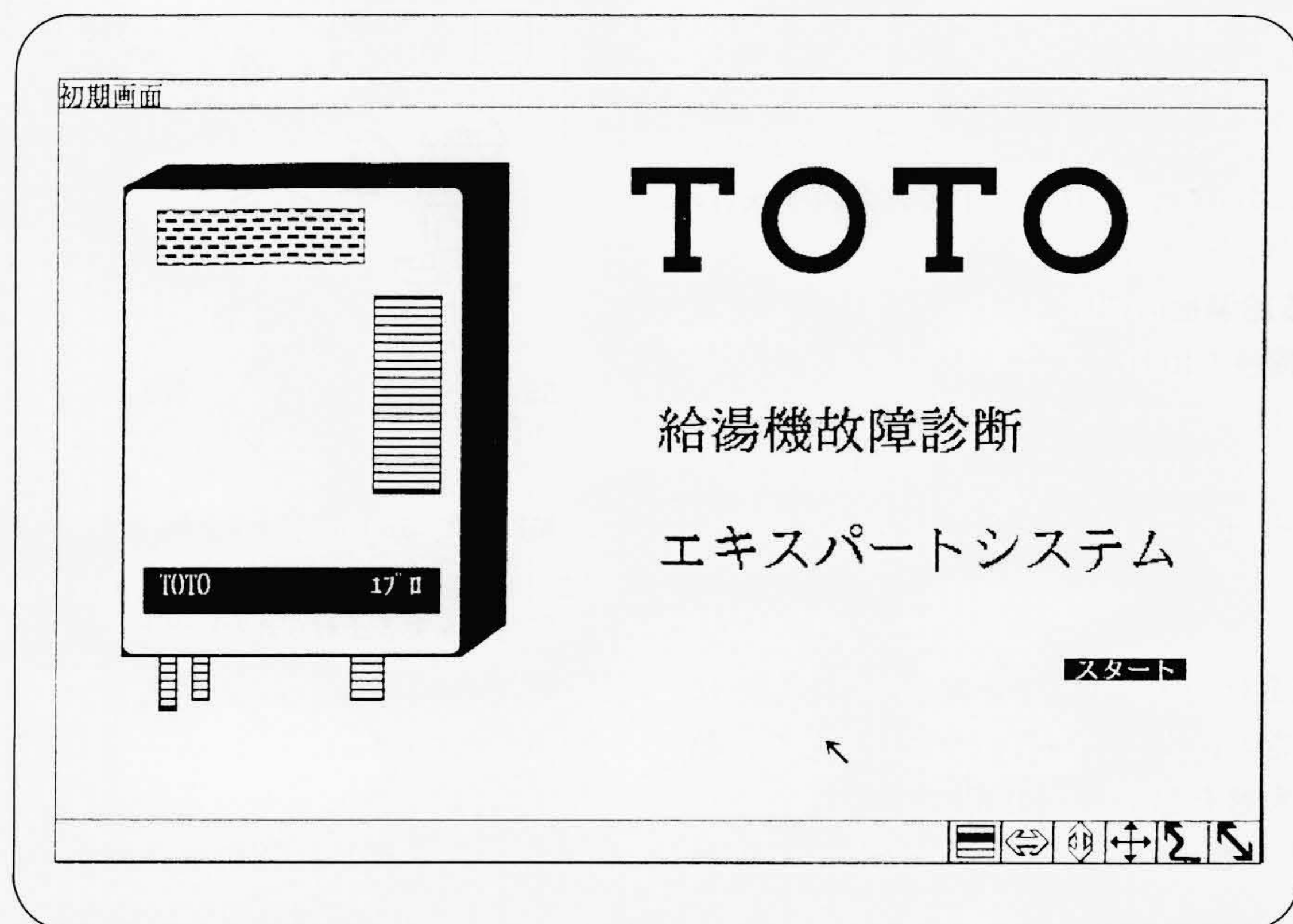
1 緒 言

AI(Artificial Intelligence)フィーバーも去って、その応用システムとしてのエキスパートシステムを適用した事例紹介が、各種紙上をにぎわすようになってから久しい。

東陶機器株式会社でも、社会の時流に乗ってAI研究をスタートし、引き続いて応用AI研究として知識工学(エキスパートシステム)¹⁾の研究に取りかかった。

以後、AI用ツールの学習、習作システムの作成という基礎段階を経て、本格的なエキスパートシステムの構築を目指す準備段階となり、そこでプロトタイプの作成に取り組んだ。

ここで紹介するのは、その第一弾として分析形に属する給湯機故障診断エキスパートシステム(以下、KESと略称する。)である(図1)。



注：略語説明 KES(給湯機故障診断エキスパートシステム)

図1 KESタイトル画面 2050ES/KERNELを使用したKESの初期画面を示す。[スタート]部をマウスでピックすると質問を開始する。

* 東陶機器株式会社技術開発部 ** 東陶機器株式会社技術企画部 *** 東陶機器株式会社情報システム部

給湯機は、東陶機器株式会社の機能商品の代表格であり、

(1) 多岐にわたる基礎知識が必要とされ、専門家の育成に時間がかかること。

(2) 機能商品であるために、ユーザーに対して迅速なサービスが必要であること。

などが、このシステムを最初にした背景にある。

また、システムを作成する側にとっても、

(1) 専門知識がマニュアルなどで比較的良好に整理されている。

(2) プロトタイプ構築に当たり、適正規模にその一部を取り出せる。

(3) エキスパートシステム運用事例の多い診断形である。

ことなどの、取りかかりやすい条件を備えていた。

2 KESの開発経緯

2.1 プロトタイプの仕様設定

エキスパートシステムの特徴の一つに、プロトタイピングの容易さが挙げられる。最近のシステム開発では、最初からすべての要求仕様を決め、外部設計、詳細設計、コーディングというステップを追った従来の開発方法に対する批判としてラピッドプロトタイピングの手法が注目されている²⁾。これはプロトタイプを作成して利用者にまず使ってもらい、システムの有効性や使い勝手をシステム開発の早い段階で評価し、より活用性の高いシステムに仕上げていこうとする試みである。

エキスパートシステムはごく最小の単位でシステムを動かすことができるようになっており、試行錯誤を経て、徐々に大きなシステムに成長していくことを可能にしてくれる(図2)。

特に今回のシステムは、本格的なエキスパートシステムへの適用を目指した最初のものであるだけに、まず利用者だけでなく、社内の多くの人たちにエキスパートシステムを理解してもらうことを念頭において、プロトタイピングの手法(段階的な追加・修正、評価)を採った。

2.2 KESの対象とする給湯機の機種

プロトタイプの対象機種をRGH160系(トリコンタイプ、能力16号)に絞った。これは、このタイプは発売後5年を経過しており、故障のパターンが大方出尽くしたこと、故障に対する処置のデータが多くそろっていることなどによって選定した。

2.3 KESの利用形態

KESを東陶機器株式会社のメンテナンス担当部門(東京)に設置して、出先からの電話による問い合わせに対応して、給湯機の故障診断を行う形態を想定した(図3)。

顧客からの要請に応じて出向いたSS(Service Shop)のサービス員が、給湯機のチェックを行った後、うまく原因が突き止められないときに、メンテナンス担当部門のクレーム受付へ電話で問い合わせる。ところが、クレーム受付に給湯機の専門家が他に出払ってその場にいなかったり、他の電話に対応している場合は、専門家でない人がKESを使って故障原因の診断を行う、というような場面を考えている。専門知識として使用したアフターサービスマニュアルは、給湯機の

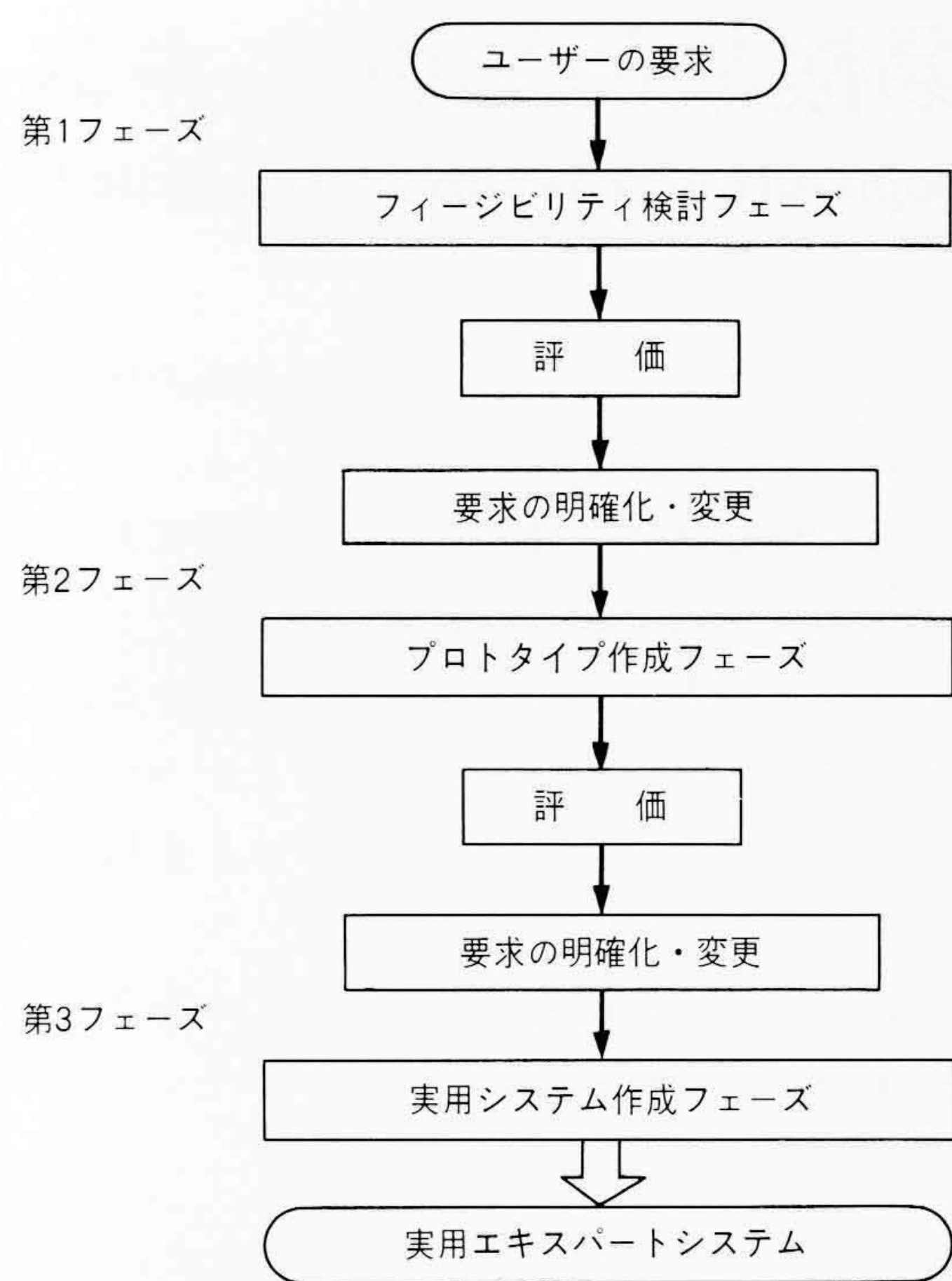
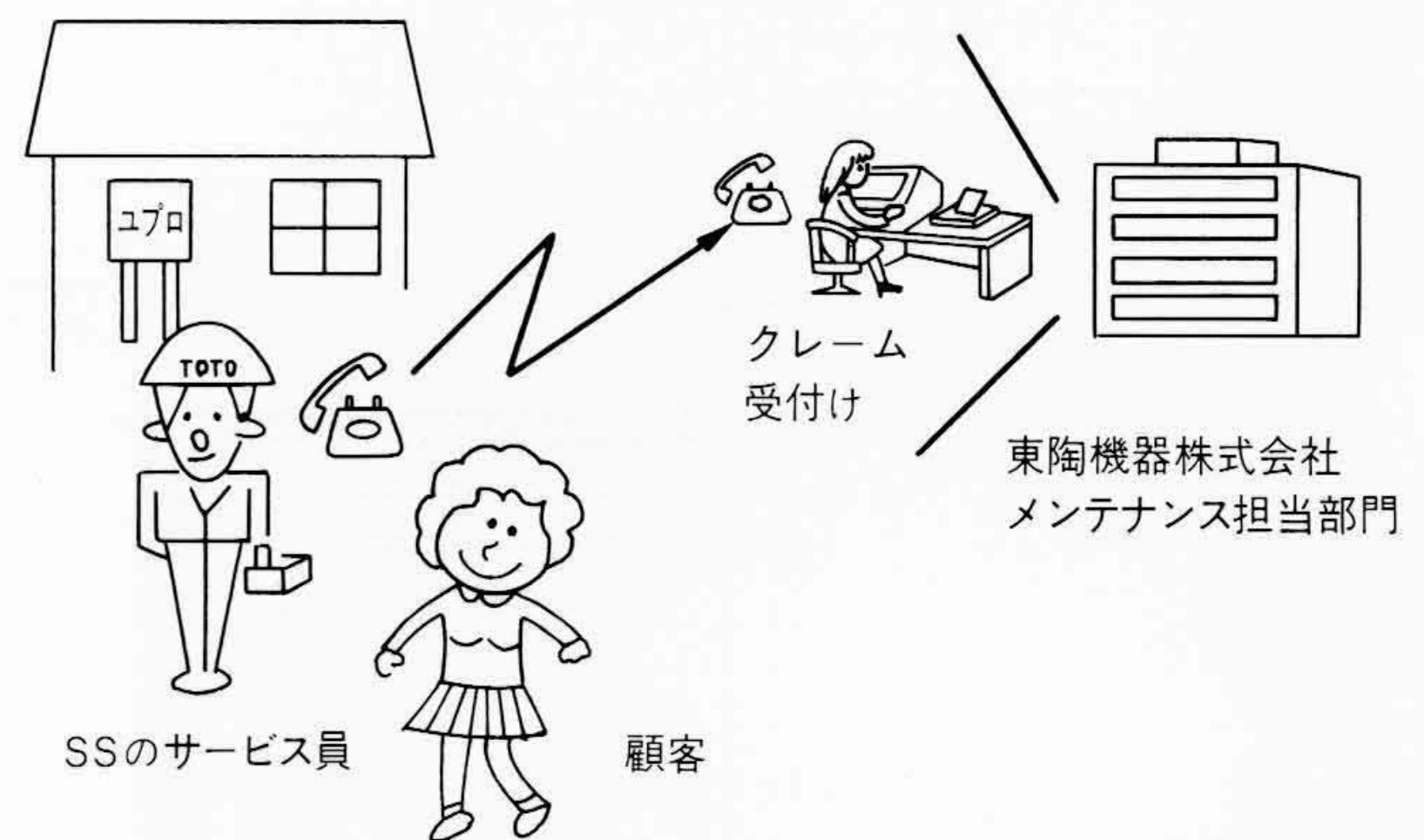


図2 エキスパートシステムの開発手順 システムのニーズをよく検討し、次にプロトタイプによってエンドユーザーにとって真に使いやすくなるように評価・改善を行ってから、実用システムを開発する。



注：略語説明 SS (Service Shop)

図3 KESの利用形態 顧客に出向いたSSのサービス員が、その場で故障原因を突き止められないときに、メンテナンス担当部門へ電話で問い合わせる。

保守教育を終了したSSのサービス員を対象に書かれており、顧客からの直接の初歩的なレベルの問い合わせは対象から除外している。

2.4 専門知識の整理

エキスパートシステムを構築する上で、最も重要な部分が専門知識の整理であると言える。AIツールと、従来形の手続き処理言語との大きな違いであると言われる保守性の良さ、いわゆる知識を後から追加していくことの容易さを生かすに

(10) 水量バルブが正常に動作しない場合

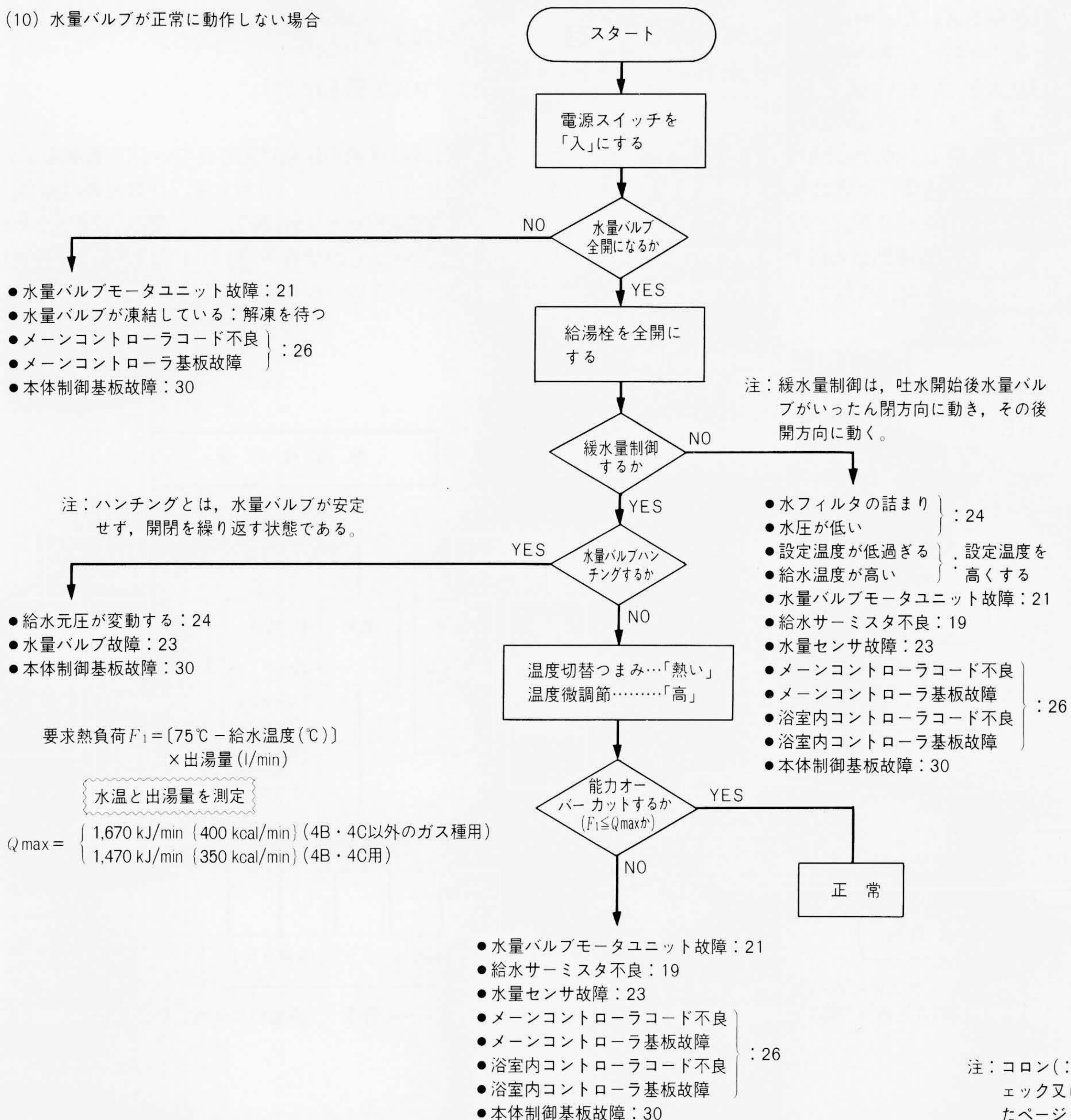


図4 給湯機アフターサービスマニュアルのチェックフロー SSのサービス員は、このアフターサービスマニュアルに従って故障診断を行っている。

は、いかに専門知識を構造化して、しかもそれを成長させていけるようにシステムを構築するか、ということに集約される。

2.5 給湯機マニュアルの専門知識

給湯機の故障診断の場合、専門知識がよく整理されているという印象があった。「給湯機アフターサービスマニュアル」(図4)は、適度の詳細さと複雑さを備えており、一機種を取り出せば、プロトタイプ(ルール数100前後)には適正なサイズであると思われる。

ところが、給湯機の専門家複数にインタビューしたところ、マニュアルには載っていない知識が未整理の状態に残されており、また印刷物の性格上、新しい知識をタイムリーにマニュアルに追加していくことは難しいということであった。

しかも、新しい機種が次々と発売されるため、新機種用マニュアルの作成や新しい故障パターンの解析に迫られて、こ

れらのデータの整理ができないというのである。

そこで、まずマニュアルの電子マニュアル化を進め、画面上に給湯機の判断に必要な情報をすべて表示するようにして、初心者にも十分に分かりやすいものとした。また、専門家にとっても、マニュアル紙上でチェックルーチンを追いかけるのに比べて、画面を眺めるほうが思考のとぎれがなく、想像力がスムーズに展開される、といったような効果があることが分かった。そこで、更に診断の正確さを増すために、専門家にKESの原因追跡の過程のプリンタ出力を渡して、すべてのパターンのチェックを依頼した。この作業によって、専門家の頭の中に埋もれていた知識を掘り起こし、確度の高い原因への優先順位づけなどの知識の整理が進展した。

2.6 知識の追加

電子マニュアル化を行った次の問題点は、電話での対応を

いかにうまく処理するかであった。マニュアルのチェックルーチンを追っていくと、いちばん深いところで約20種類の質問(点検項目)が必要となる。はたして電話の相手は対応処理時間に我慢できるか、またクレーム受付係は相手の言葉のニュアンスが読み取れるか、などの点が心配であった。

これについても、関係者に相談したところ、故障現象と原因を整理した「クレーム内容コード表」と呼ばれるクイックリファレンスがあり、早速これを専門家の協力を得てRGH160系に整理し直してKESに搭載した。これで、急ぎの電話対応には対処できるようになった。

以上のように、KESの知識整理ではKE(Knowledge Engineer)がたたき台を作って専門家に批判してもらおうといった方法を採用している。KEと専門家のキャッチボールは、早ければ早いほど、また多ければ多いほど完成度の高いシステムができ上がると確信している。

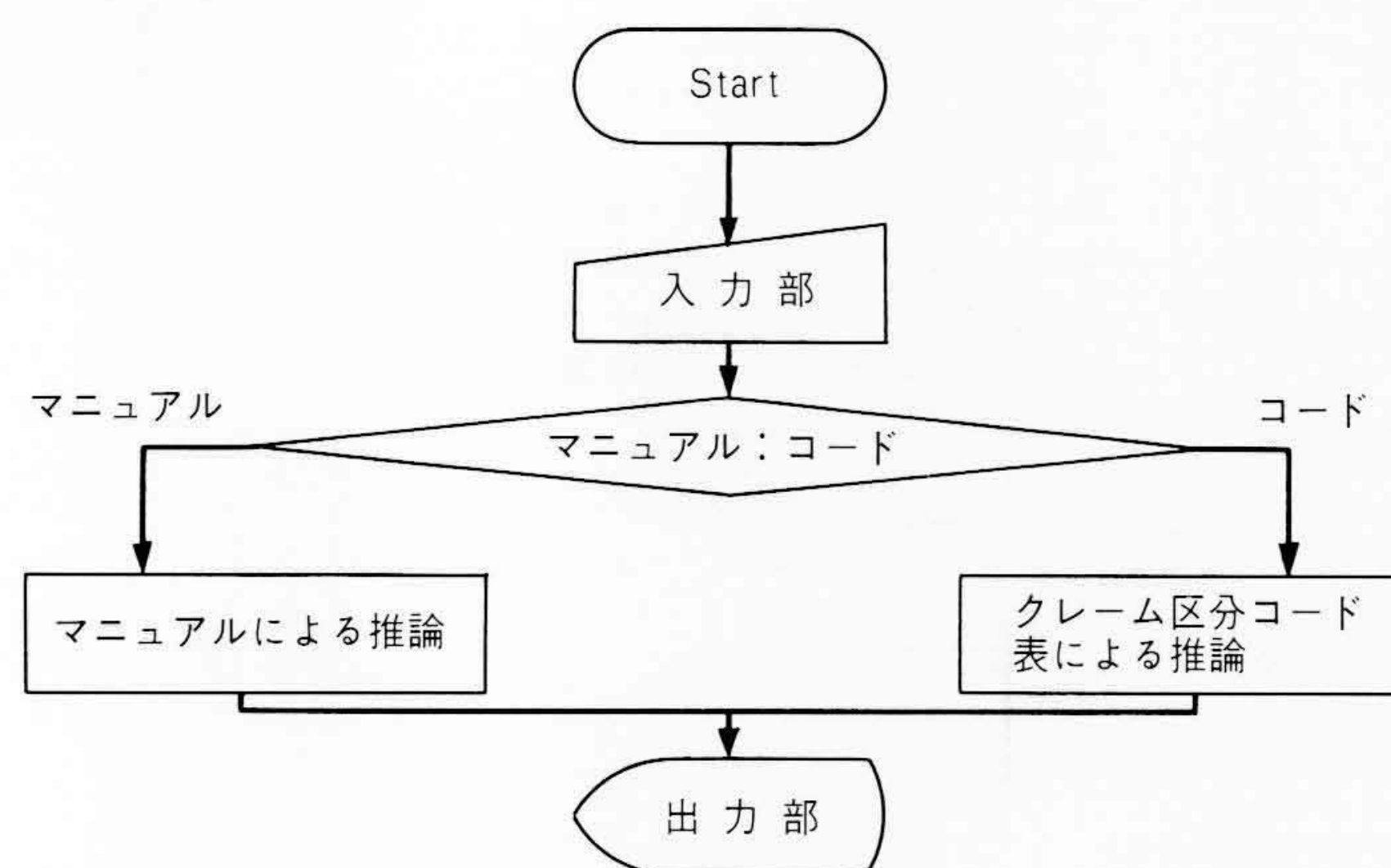


図5 KESのシステムフロー アフターサービスマニュアルによる方法と、過去の故障原因を統計的にまとめた方法による推論のどちらかを選択する。

3 KESのシステム概要

KESの主なフローを図5に示す。

3.1 入力部

データの入力は、給湯機の銘板に記されている(1)機種形式、(2)製造番号(製造年月の部分)、(3)ガス種、(4)電源の周波数、(5)設置日が1週間以内かどうか(施工ミス、操作の不慣れなどが考えられる。)というものである(図6)。ここで得られたデータは、図7に示すフレームのスロットに記憶される。

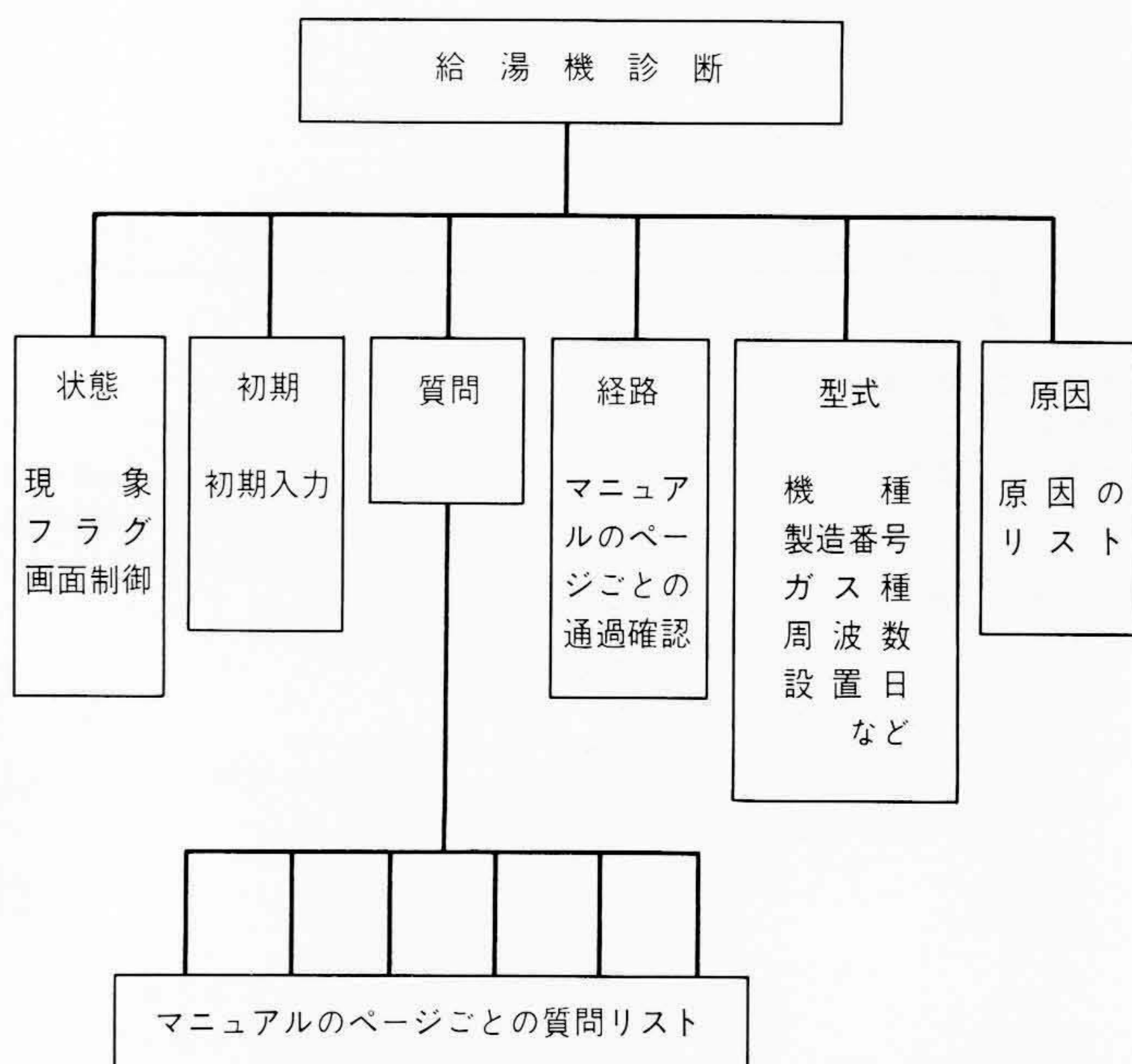


図7 KESのフレーム構成 機能的に分類して、フレーム知識を構成している。

初期画面

*** 以下の質問をして下さい ***

- 1: 給湯機の型式
- 2: 製造番号
- 3: ガス種
- 4: 周波数
- 5: 設置日(お客様より)

<給湯機の型式 及び 製造番号(上4桁)>
指定後<確認>, 入力間違いは<CLEAR>
機種 -> RGH160SS
87年

月 01 02 03 04 05 06 07 08 09 10 11 12

確認
CLEAR

図6 KES入力画面 機器の型式などを入力している。

3.2 推論部

推論部は、まず初めにマニュアルに沿って推論するか、コード表から原因と対策を導くかを選択する。

マニュアルに沿った推論では、まず10項目の現象から該当するものを選び、後はKESからのチェック項目の質問に回答していく。その画面出力を図8、9に示す。

質問に該当する箇所を吹出しで表示し、必要な参考図や説明を入れて、操作者の理解を助けるように作っている。

また、専門家からの要望で会話の履歴も画面の右下に表示した。

コード表を選択すると、図10のようにメニューが表示されるので、該当する現象を選ぶことになる。

3.3 出力部

故障原因の推論結果は、発生頻度の高いものから順を追ってリスト出力する。該当箇所は、吹出しの色を反転させて表示している(図11)。余談であるが、KESの評価の中に色がきれいで使っていて楽しい、という感想があった。

一方、会話履歴と推論の結果は、プリンタに出力ができる(図12)。

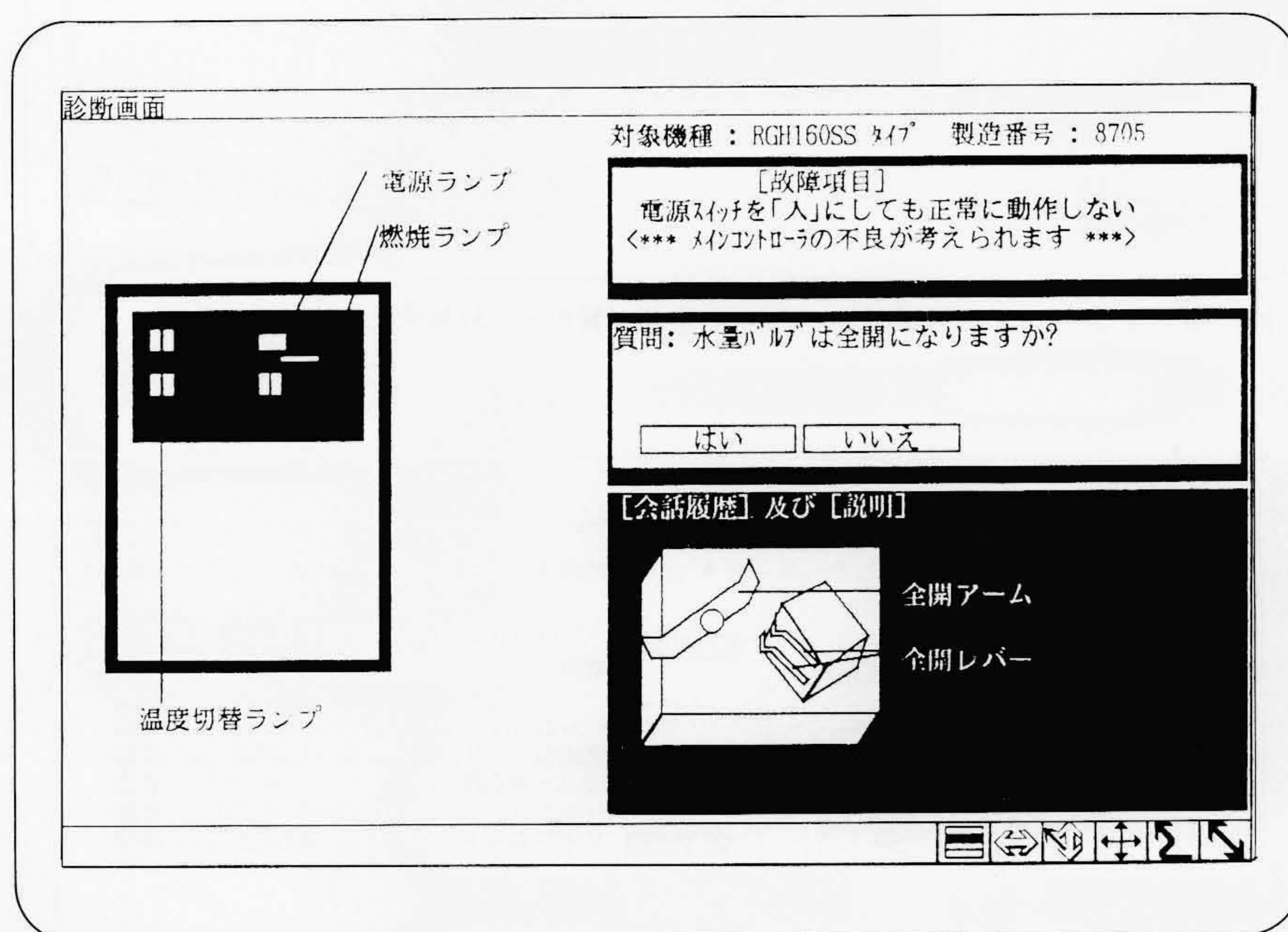


図8 診断画面(1) 故障現象に対応して質問をする。質問の補足説明を図示し、分かりやすくしている。

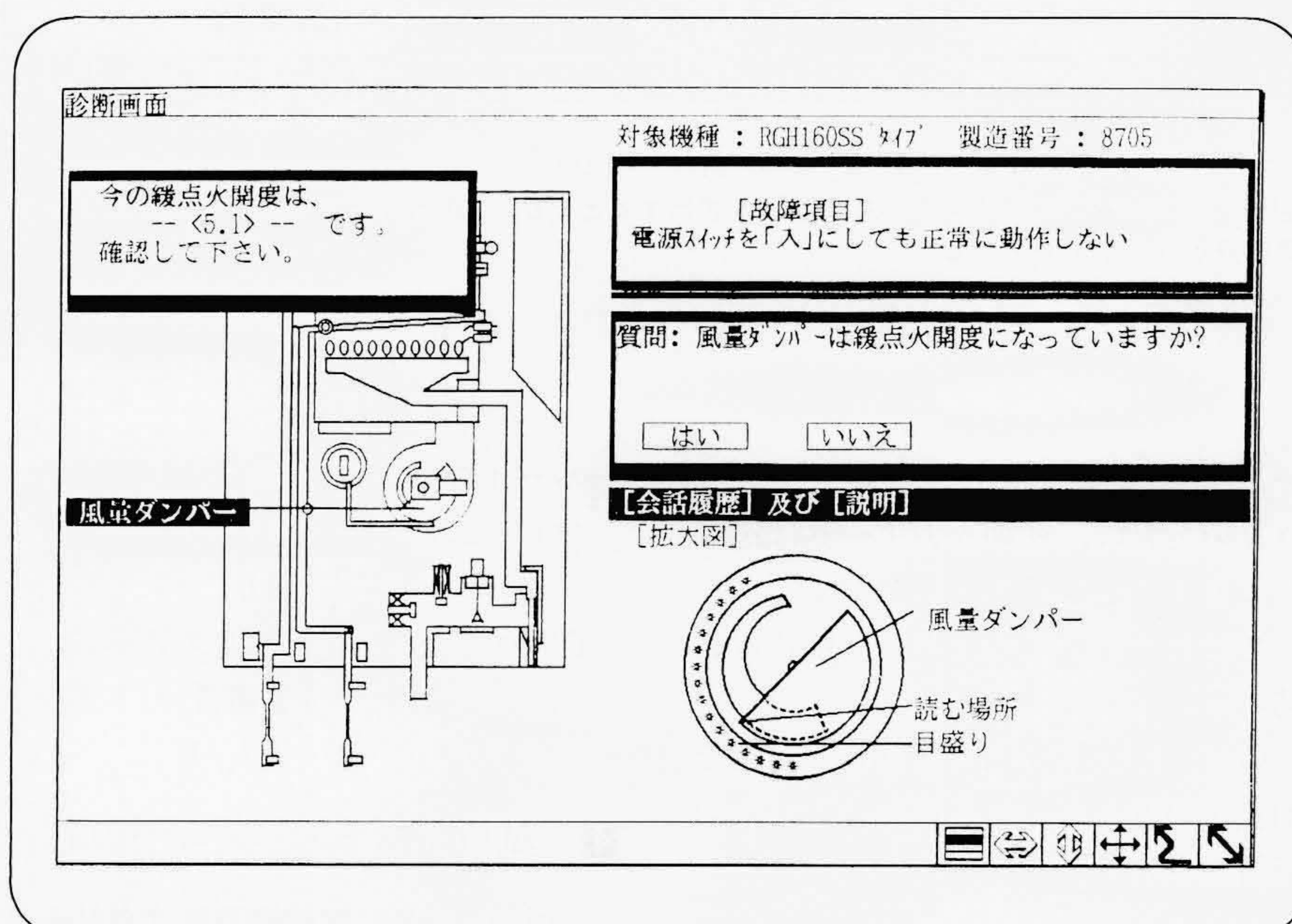


図9 診断画面(2) 質問部品の該当箇所及び部品を詳細に図示し、分かりやすくしている。

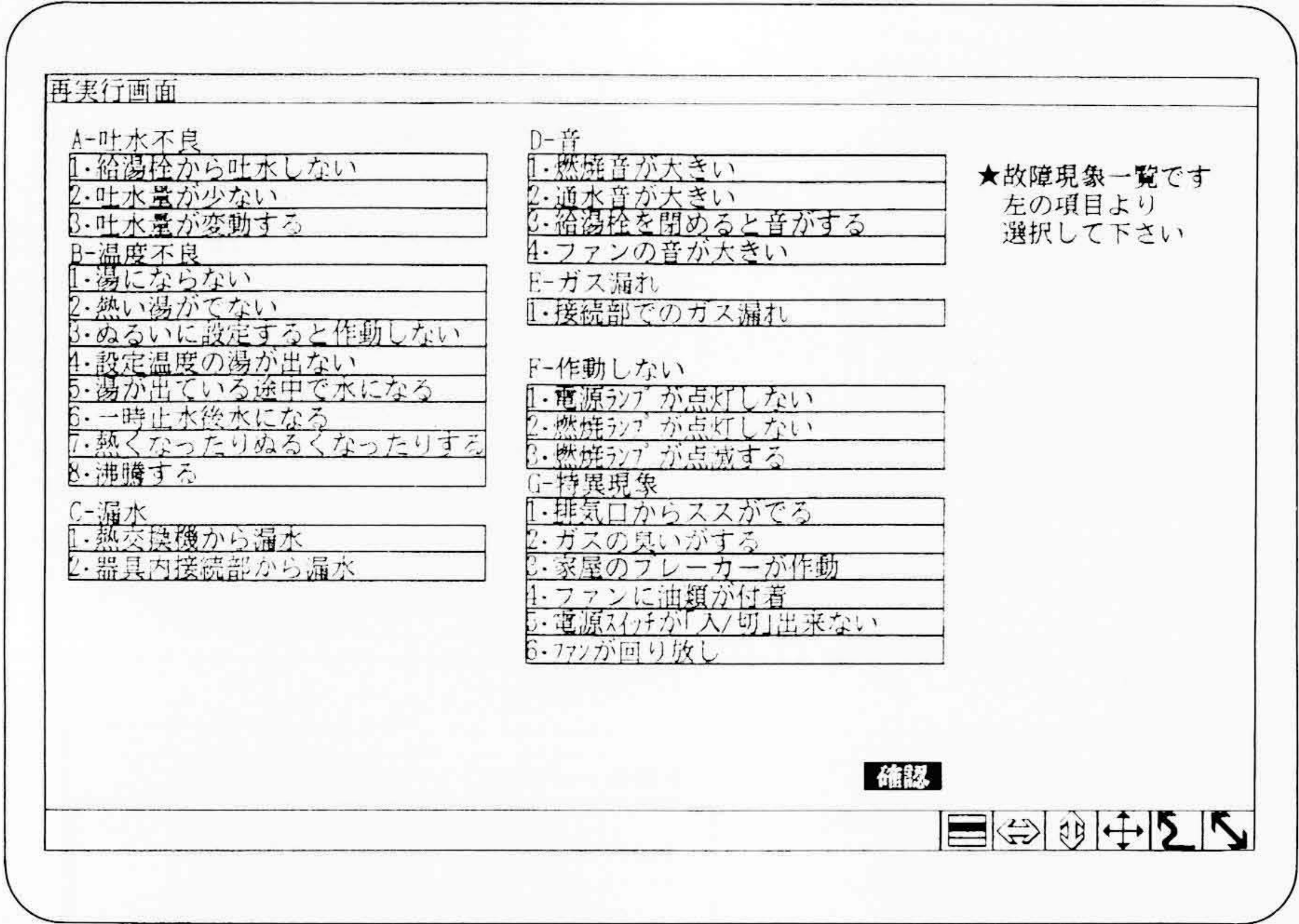


図10 コード表のメニュー画面 不良現象の一覧から、故障原因を推論する。

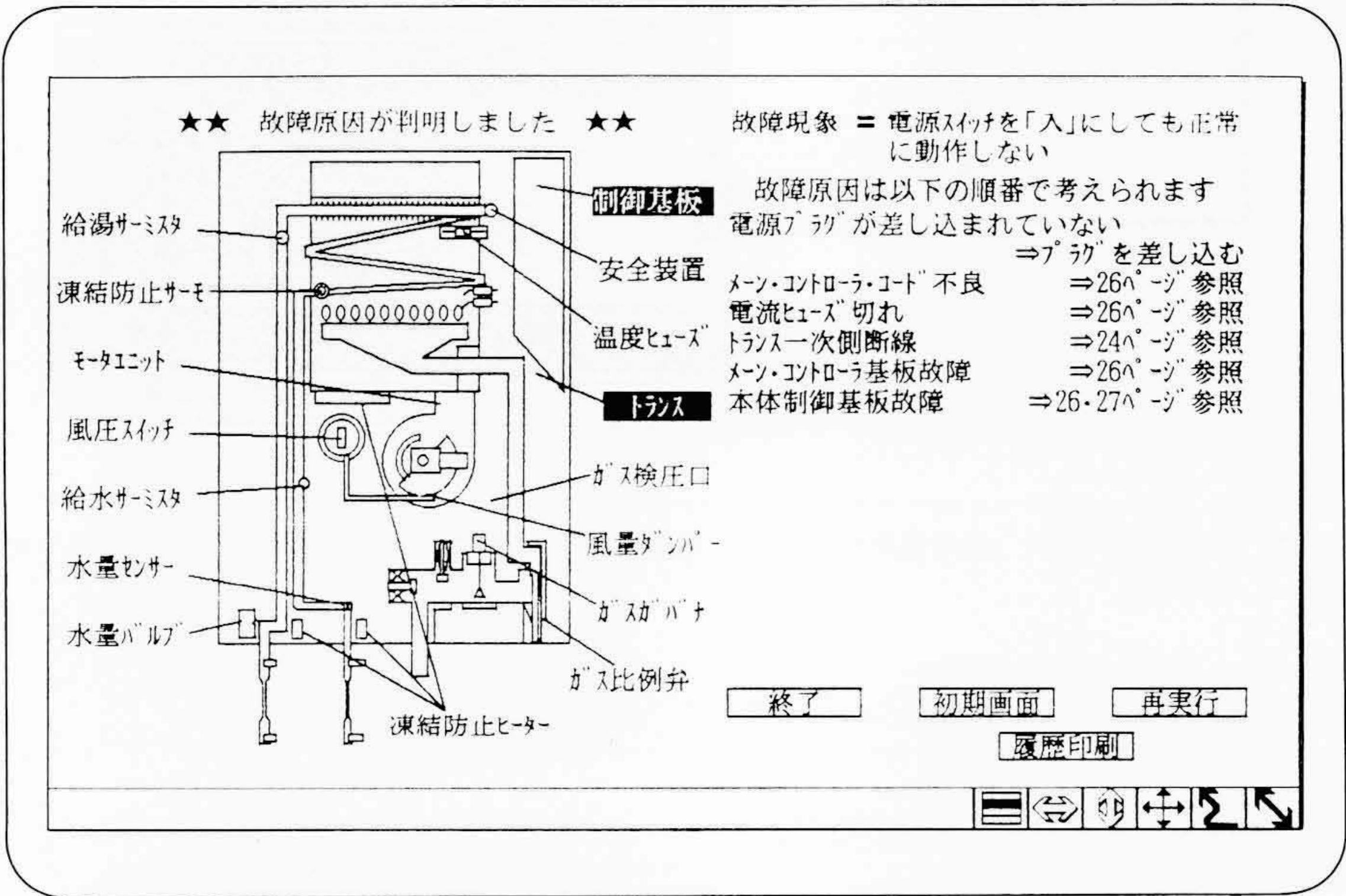


図11 故障原因推論結果 故障原因を表示するとともに、該当箇所を強調することによって更に分かりやすくしている。

3.4 その他の機能

- 診断結果に満足できないときは、初期入力データはそのままで推論を初めからやり直すことができる。
- 操作はすべてマウスで行われ、キーボードには触れる必要がないので誤操作を防げる。

また、機能とは言えないが、KES開発当時は16ビット機で作成していたので、画面表示の遅さが心配された。これは32ビット機の導入によって解消された。

3.5 KESの規模

KESの規模は次のとおりである。

ルール数	108
フレーム数	15
メタルール数	11
Cプログラム数	4 kステップ
開発期間	2 箇月
所要負荷	4 人/月

4 試用テスト

完成後、直ちに東陶機器株式会社のメンテナンス担当部門にKESを持ち込んで、約3週間にわたって実際に試用してみた。

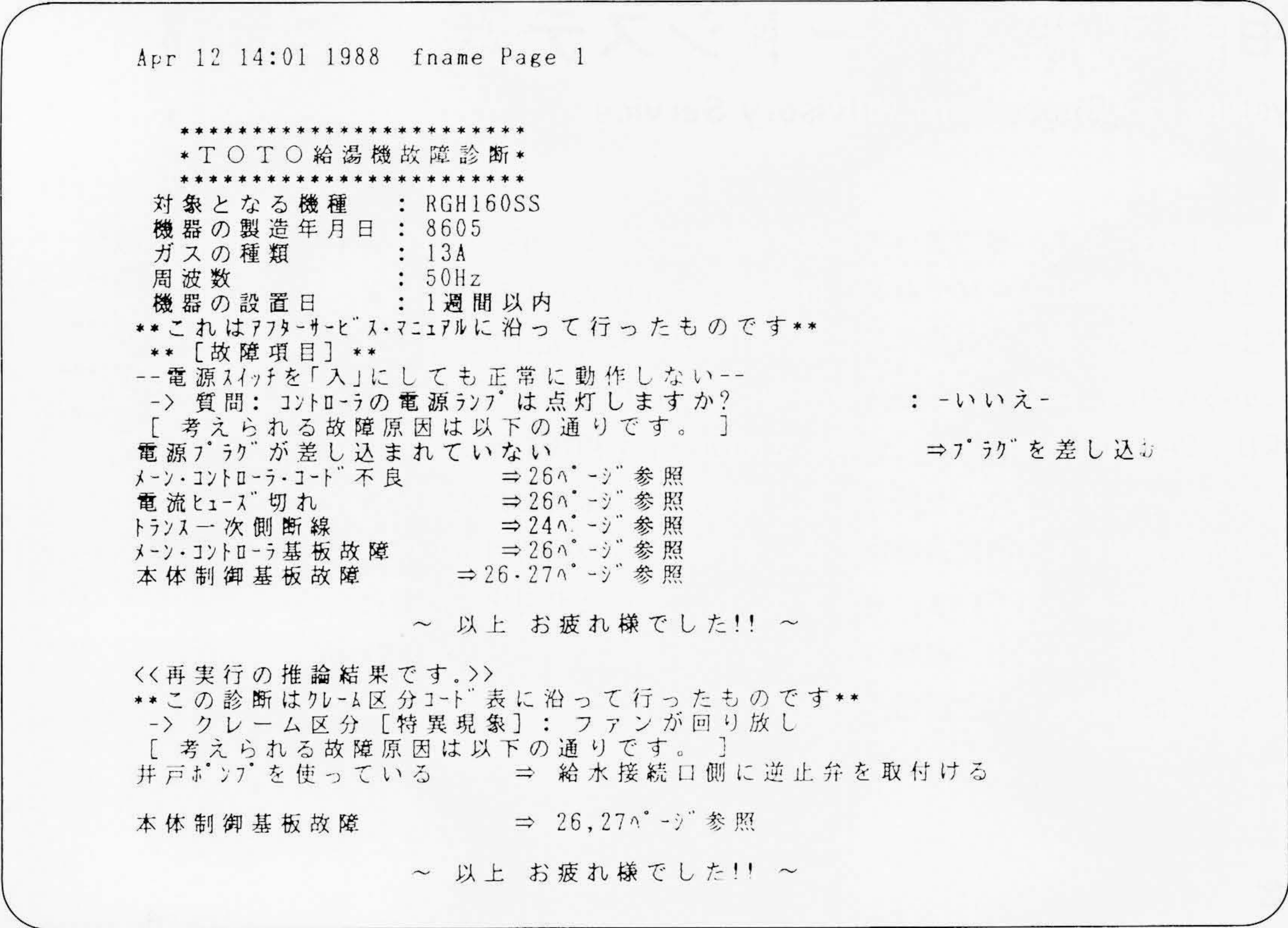


図12 推論過程の出力例 各質問に対する応答及び推論結果を印刷し、会話履歴を残している。

4.1 診断結果

KESの故障原因診断正解率は約7割くらいであった。これは知識整理の段階で、専門家の助言によって、ある部品を故障原因のリストから外していたところ、現場では意外とこれに故障原因が集中したためである。これを回答率から外すとほぼ満点に近い診断正解率であった。

4.2 操作者の評価

関係者によるKES試用後の評価を以下に述べる。
KESの長所としては、
(1) 故障診断としておおむね使えそうだ。
(2) 新人教育用(CAI: Computer Aided Instruction的)として、またベテランにも勉強意欲を駆り立てる意味で有効である。
(3) サービスの平準化にも通じる。
(4) マウスによる操作性が容易である。
という点であった。

一方、KESの短所としてベテランからは、
(1) まだ原因の絞り込みに甘さがある。
(2) 深い知識が足りない(物足りなさを感じる)。
(3) 複数の原因が混在する場合の解析ができない。
などの意見が出された。

逆に、新人の女子社員からは、
(1) 専門用語が多くて使いにくい。
(2) 電話の相手の説明がニュアンスの取り方の問題で、画面上のことばにうまく当てはまらない。
などの意見が出た。

4.3 KESへの要望事項

また、KESへの要望としては、先に指摘された欠点の逆の

- 言い方となるが、以下の項目が挙げられた。
- (1) Undo機能(やり直し)が欲しい。
 - (2) 故障原因が判明したときに、修理部品の一覧を表示させて必要な部品の在庫確認をやりたい。
 - (3) マニュアルに載っていない専門家の勘や経験を、更に盛り込んで欲しい。
 - (4) 顧客からの問い合わせ対応システムが欲しい。

5 結 言

KESについては、まだ多くの課題を残しているが、幸いにも試用の結果は好評であったので、今後はそれを一步一步クリアして、一日も早く本格的な実用化システムを構築したいと考えている。

更に、発展を続けるAI技術を今後も取り入れて、より深い知識を盛り込んだ、より高度な診断ができる完成度の高いシステムに成長させたいとも願っている。

また、計画形のプロトタイプシステムも、その有効性や必要性について現在社内評価中である。

終わりに、本システムの開発に当たり、貴重な助言と協力をいただいた、株式会社日立製作所の関係各位に対し謝意を表したい。

参考文献

- 1) 小林: 知識工学, 昭晃堂(昭和61)
- 2) アーカイブNo.6: CQ出版(昭和62-9)