

## 複写機故障診断支援エキスパートシステムの開発

7B-3

今井 達也 加藤 英一 小田 利彦 山本 聡 森 俊二  
(株) リコー 中央研究所

## 【はじめに】

複写機の故障診断を支援するために実用を指向した診断型エキスパートシステムDERPを開発した。本システムは充分に実戦的なシステムとするために以下の特徴を持つ

- ・事象間の因果関係に基づいた独自の知識表現
- ・故障原因候補を漸次絞りこんでいく型の診断方法
- ・ウインドウシステムを用い情報の入力変更を常時可能とした診断時ユーザインターフェース
- ・各種の知識検査機能を持つ知識エディタ

## 【知識獲得】

知識は、本システム開発メンバが実際に複写機の設計部門へ参加し、対象とする新機種の開発を通して獲得した。また、サービス部門と協力し、サービス現場での経験の知識も獲得した。一般に、複写機の故障は新機種発売後1年位に多発する傾向があり、従ってこの期間が診断支援システムの最も有効な期間でもある。このため診断用の知識は設計開発時から獲得しておく必要がある。本システムでは、原理機構から予想される故障の知識と過去の機種経験で知識ベースを構築している。

## 【知識表現】

故障現象、部品の異常な状態や動作、機械周辺的环境、機械の使用条件等を事象と呼ぶ。特に故障現象と故障原因を故障事象と呼ぶ。因果連鎖木は、故障現象を始点とし、その故障原因(一次原因)の候補、更に二次原因と続く、故障の因果関係の連鎖した構造である。故障原因の候補は、真の故障原因である可能性の尺度(確信度)を持ち、これは原因の起こり易さに基づく。また、確信度に影響を及ぼす要因を支持条件として、この条件の成否によって、確信度を増減させる。

因果連鎖木は、ある故障事象に対する全ての故障原因を列挙して完全な連鎖木を作り、次にそれらをつなぐことにより作成した。しかし、つないだ時に整合がとれない場合があるが、これは原因候補条件で解決している。また、故障原因の中には、その原因自身が異常な場合(自依原因)と、他からの影響により、振舞いが異常な場合(他依原因)がある。本システムでは、これらを区別して取り扱う。

## 【知識ベース】

前述の知識表現を計算機上に実現する為、フレーム型知識ベースを用い、全ての事象を3つ組、

{オブジェクト スロット名 スロット値}  
で表現した。また、因果関係自体もフレームで表現し、種々の知識(デフォルトの確信度、支持条件等)をそこに格納した。

## 【診断方法】

診断は前述の知識表現に基づき、与えられた情報により考えられる故障原因候補を絞りこむというスタイルを持つ。すなわち、一つの故障現象もしくは一次原因に対して因果(関係)連鎖により関係付けられている故障原因を候補とし、因果関係中の支持条件に従ってその候補の確信度を決定する。確信度の決定はその因果関係が持つデフォルトの値に対してその因果関係中のそれぞれの支持条件の成立により値の増加、減少が行なわれ決定され、確信度がしきい値以下になったとき、その候補は削除される。各支持条件は既に獲得されている事実に基づき評価される。一つの支持条件中に真偽が未知、すなわち得られていない情報に関する条件がある場合、その支持条件は不成立とし、値の増減は起こらない。この場合、未知情報に関する質問が過去に表示されていなければそれを診断時ユーザインターフェースを通して表示する。新たな情報(新たな事実もしくは変更)が診断時ユーザインターフェース側から通知されると各支持条件の成立不成立が見直され、それに基づいて確信度が変更される。

## 【診断時ユーザインターフェース】

本システムのユーザインターフェースはマルチウインドウシステムを用いて一度表示された全ての質問を画面上に保存し、それらへの応答をユーザが任意の時点で行なうことを可能としている。さらに前述の診断方法とあわせて診断の開始時点では考えられる全ての故障原因候補がデフォルトすなわち一般的な可能性の順に画面上の診断結果表示用ウインドウに表示され、常時可能な情報の追加、修正の度に故障原因の絞り込み及びその確信度が変更され結果が確信度順に更新表示される。このような診断環境により既に得られている情報を有効に利用する事が可能となる。すなわちシステムが診断の時点で表示する質問に対し、ユーザはその時点で既に分かっている情報のみを応答すればよく、システムはその情報を使って可能な絞り込みを行ない、結果を表示する。絞り込みが不十分な場合や結果がおかしい場合にはさらに未応答の質問に対して応答することにより結果が漸次リファインされる。さらに一度セットした値の変更が可能であり、特定の質問に対する応答が診断結果にどう影響するかが容易に判断できる。

質問は、故障原因候補のリストがユーザインターフェースを通して画面上に表示される度に、候補の順位を変更するものとしてリストと一緒に診断部側からユーザインターフェース側に通知される。質問は「XのYは？」という形、すなわち一つのオブジェクト(X)の属性(Y)の値を問うものであり、応答の候補は予め用意されている。

e x. 質問文 「用紙のサイズは？」  
応答候補 {A 4, A 3, B 5, B 4, 未知}

Expert System for trouble shooting on Plain Paper Copiers

Tatsuya IMAI, Eiichi KATOH, Toshihiko ODA, Akira YAMAMOTO, Shunji MORI  
RICOH Corp.

各質問は一度画面上に表示されると、診断が終了するまで保存され、画面上の質問文をマウスで選択することにより応答候補のメニューが表示され、値をセレクトする事ができる。変更された値は診断部に通知され、絞り込みの再検討が行なわれる。

【知識編集エディタモジュール】

本システムは、専門家から獲得した知識を効率良く計算機に格納するため、専門家モデルに基づく知識編集エディタモジュールを備える。このモジュールは、

- ・フレーム型知識ベースと専門家モデルの知識構造のギャップを吸収し、入力時に文法的な誤りを防ぎ、ユーザに理解し易い知識モデルを提供する
- ・因果連鎖等をグラフィカルに表示し、知識の内容を理解しやすくする
- ・マウス、メニューを用い、キーボード入力を最小に抑えたユーザフレンドリなインターフェイス
- ・知識の検査機能を備え、診断に十分な知識かどうかの判断が得られる

などの特徴を備え、以下のエディタ群

1. 因果連鎖を表示するトップレベルのエディタ、
2. 因果連鎖に関する知識を編集するエディタ、
3. 故障処置に関する知識を編集するエディタ、
4. 事象を編集するエディタ

から構成される。

知識の検査機能とは、以下の知識ベース内の知識の内容を調べる機能である。

1. 原因を区別するための支持条件が設定されているか  
(目的)：原因を絞り込むために必要な知識獲得
2. 故障を引き起こす各原因候補の確信度が十分かどうか  
(目的)：欠如した可能性がある原因の知識獲得
3. 原因に故障処置が設定されているか  
(目的)：原因の枝刈りに有効な故障処置の知識獲得
4. 因果関係にループが生じていないか  
(目的)：誤った因果連鎖の可能性を調べる

これらの検査は、全ての因果連鎖、または近接した因果連鎖の範囲で行なわれる。

さらに、編集している知識ベースからただちに診断を行なうことができ、編集している知識の有効性を確認することができる。

このような知識編集エディタを使用することで、計算機に不慣れな専門家でも自分が持つ知識から知識ベースを構築することができる。

【終わりに】

実用化を指向した診断型エキスパートシステムの開発例を報告した。本システムは当社のテクニカルサポートセンターで運用体制に入っており、顧客先のサービスエンジニアからの問い合わせに対しアドバイスを与える目的で利用されている。

謝辞

本研究を進めるにあたり、ご協力を頂いた、当社複写機事業部ならびに販売本部の方々に深く感謝いたします。

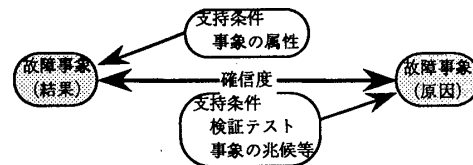


図1 故障事象間の関係

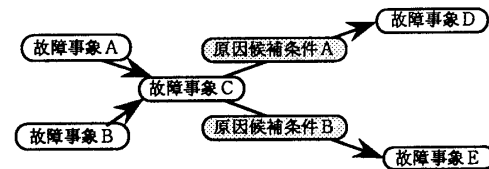


図2 原因候補条件

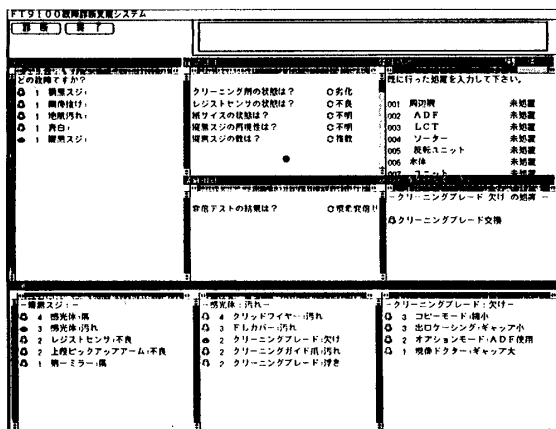


図3 診断時インターフェース

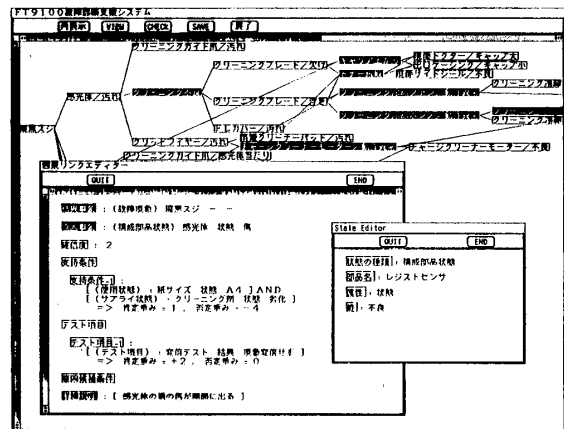


図4 知識編集エディタ