

出火判定のためのエキスパートシステム

その1 エキスパートシステムの概要

財団法人 消防科学総合センター

研究員 山 瀬 敏 郎

1. はじめに

近頃、人工知能技術を応用したエキスパートシステムなるものが注目されている。これは、ある特定の分野において、専門家に代わって問題を解決するためのシステムのことである。

このたび当センターでは、電気的な原因による火災を対象とし、出火原因を調べるためのエキスパートシステムの研究を行った。ここで構築したシステムはまだ試作的なものであるが、実用化に向けての今後の研究が期待される。

そこで今回と次回の2回にわたって、このシステムの概要について解説する。1回目の今回は、幾分抽象的な話になるが、エキスパートシステムとはどのようなものかを簡単に述べる。

2. エキスパートシステムの出現

コンピュータが実用化されはじめた1950年代中頃から、「推論」、「学習」といった人間の知的能力をコンピュータに与えようという人工知能（Artificial Intelligence：AI）の研究が始まった。当初の研究は、人間が問題を解決していくうえでの推論のメカニズムを解明し、コンピュータで実現しようというもの

であった。

1960年代の後半になって、人間の知的活動は知識により行われると考えられるようになり、AI研究の流れは、推論中心から知識中心へと移り変わっていった。

1970年代になって、特定の領域の知識を利用して問題解決を行うためのシステムが試作され、AI実用化の兆しがみえるようになった。

エキスパートシステムは、AI技術の応用の一つであり、専門家の知的作業を代行するためのシステムである。直接専門家と接する機会のない人でも、このシステムを利用することにより、専門家に近いコンサルテーションを受けることが可能になる。

3. エキスパートシステムの概念

専門家は、長年の経験等をもとに蓄積された多くの知識を利用して問題を解決すると考えられている。火災原因調査の専門家の場合を例にとると、図1に示すように、火災現場で見聞きしたこと、回収物の鑑識結果などから、専門知識をもとに結論すなわち出火原因を導出する。

このような専門家の知的作業を代行するためのエキスパートシステムの構造は、図2の

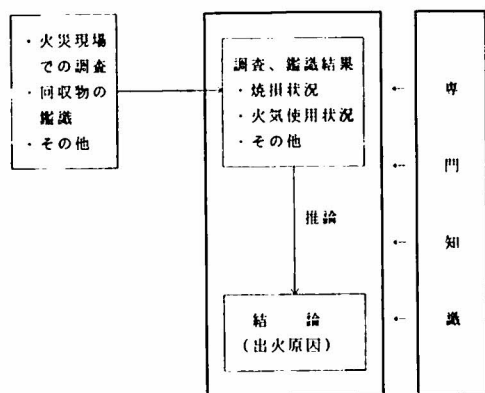


図1 専門家による問題解決の例（火災原因調査）

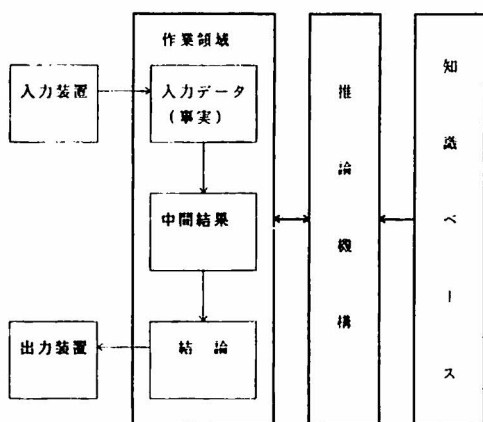


図2 エキスパートシステムの構造

ようになる。ここで、知識ベースは、専門知識をコンピュータで処理しやすい形で格納したもの、作業領域は、入力データや推論の中間結果、最終結果（結論）などを一時的に記録する場所である。また、推論機構は、知識ベースの中の知識を利用して、入力データから結論を導くための推論を行うプログラムである。

4. 知識とは何か

知識とは、問題解決や学習、パターン理解など人間の知的活動の基本となるもので、次のようなものがある。

① 事実に関する知識

対象とする世界の客観的な事実に関する知識をいう。例えば「ヘアドライヤーは、ヒータ、モータ、コンデンサ等の部品から構成される」、「コンデンサは、内部の絶縁劣化により出火する可能性がある」といった知識である。

② 経験的知識

専門家が経験に基づいて得た固有の知識をいう。例えば「〇〇のような焼け方を示す場合、××からの出火が疑われる」といった知識である。

③ 知識に関する知識

ある問題を解決するためにはどの知識が必要かという知識であり、メタ知識と呼ばれる。

5. 知識の表現方法

エキスパートシステムのような人工知能応用システムでは、知識をコンピュータで処理できるような形で表現し、知識ベースに格納する。そして、これらを利用して問題解決を行う。このための知識の表現方法としては、プロダクションルール、フレーム、意味ネットワーク、述語論理などが考えられている。これらの知識表現は、大別すると、宣言型知識と手続き型知識に分けられる。前者は、「～は、～である」、あるいは「もし～ならば、～である」といったように、知識を静的な集合として表現するものである。これに対して後者は、知識を一連の手続きとして表現するものである。従来のプログラムは知識の手続き型表現といえる。

現在までに構築されたエキスパートシステムは、ほとんどがプロダクションルールある

いはフレームによる知識表現を用いている。これは、知識の管理（追加、修正等）が容易なこと、処理がし易い（推論機構が作り易い）ことなどの理由による。

6. プロダクションルール

プロダクションルールは「if A then B」という形で記述される。もしAが成立すればBであるという意味である。Aを条件部、Bを結論部と呼ぶ。プロダクションルールによる知識の記述例を図3に示す。プロダクションルールによって推論（問題解決）を行うシステムをプロダクションシステムと呼ぶ。

7. フレーム

ミンスキーは、人間は頭脳の中にある単位で情報を構造化し知識として記憶していると考え、この単位をフレームと呼んだ。フレームによる知識表現はこの考え方に基づくもの

である。

一つのフレームは一つ概念対象を表し、スロットの集まりとして構成される。スロットは、対象についての属性などを記録する場所である。

フレームによる知識表現では、フレームを単位とした階層ネットワーク構造で知識を表現する。フレーム間の接続関係は、上位フレームと下位フレームの名前をスロットに記述することにより表現される。したがって、上位フレームから性質を継承することができ、直接フレームに記述されていないことを、階層関係をたどることによって知ることができる。フレームによる知識表現の一例を図4に示す。

8. エキスパートシステムによる問題解決

従来のシステムでは、データを処理手続きを記述したプログラムで処理することにより

```
ヘアドライヤーからの出火判定（一例）
（ルール1）
    if      （プラグの刃の先端に光沢がのこっている）
    then    （電源コードまで通電していた）
（ルール2）
    if      （電源コードまで通電していた）
    and     （機器スイッチがONになっている）

    then    （機器まで通電していた）
（ルール3）
    if      （吸い込み口に繊維の炭化物が付着している）
    then    （吸い込み口がふさがれていた）
（ルール4）
    if      （温度ヒューズに代用物を使用している）
    then    （安全装置が異常であった）
（ルール5）
    if      （機器まで通電していた）
    and     （吹き出し口の金属が変色している）
    and     （吸い込み口がふさがれていた）
    and     （安全装置が異常であった）
    then    （ヘアドライヤーの熱により出火した）
```

図3 プロダクションルールによる知識表現の例

結論を得た。エキスパートシステムでは、作業領域内のデータに対して知識を適用し、推論を行うことにより結論を導出する。プロダクションシステムによる推論の例を以下に示す。知識ベースの中には、図3のプロダクションルールが格納されているとする。

- ① 与えられた事実（入力データ）として次のものがあるとする。
 (事実1) プラグの刃の先端に光沢が残っている。
 (事実2) 機器スイッチがONになっている。
 (事実3) 吸い込み口に繊維の炭化物が付着している。
 (事実4) 温度ヒューズに代用物を使用している。

- (事実5) 吹き出し口の金属が変色している。
- ② 事実1にルール1が適用され、次の事実が中間結果として導かれる。
 (事実6) 電源コードまで通電していた。
- ③ 事実2と事実6にルール2が適用され、次の事実が中間結果として導かれる。
 (事実7) 機器まで通電していた。
- ④ 事実3にルール3が適用され、次の事実が中間結果として導かれる。
 (事実8) 吸い込み口がふさがれていた。
- ⑤ 事実4にルール4が適用され、次の事実が中間報告として導かれる。
 (事実9) 安全装置が異常であった。
- ⑥ 事実5，事実7，事実8，事実9にルール5が適用され、次の結論が導かれる。

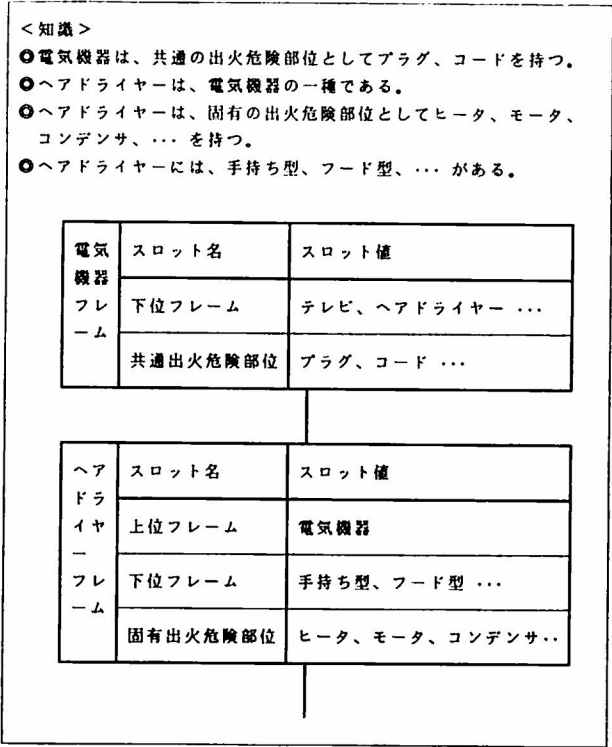


図4 フレームによる知識表現の例

(結論) ヘアドライヤーの熱により出火した。

9. エキスパートシステム構築ツール

エキスパートシステムでは、知識ベースと推論機構は完全に分離している。推論機構は、知識の表現形式が同じであれば、内容が変わっても同じものを使用することができる。例えば、同形式のプロダクションルールで表現した知識であれば、医療診断に関するものでも故障診断に関するものでも、共通の推論機構で推論を行うことが可能である。

この考え方をもとに、エキスパートシステム構築ツールなるものが市販されている。こ

れは、推論機構と知識ベースを作成、修正するための知識エディタが既に準備されており、特定の分野の専門知識を決められた形式に従って知識ベースに格納するだけでその分野のエキスパートシステムとなる汎用ソフトウェアである。これを利用することにより、エキスパートシステムの開発に要する時間が大幅に短縮される。

最近では、パソコンで利用できるツールも売り出されており、小規模なものであれば、手軽にエキスパートシステムを構築できるようになっている。次回は、このようなツールを利用した、出火判定のためのエキスパートシステムについて述べる。

救急車最適配置調査受託のご案内

当センターでは、このたび消防車最適配置システムに引き続きまして、救急車最適配置システムを開発いたしました。

本システムは、最適配置を計算するだけでなく、地区別の救急事案の発生状況や出動状況を分析し、地図に色分けして出力することもできます。

当センターでは、ご要望により調査研究の委託を受け、救急業務の改善に積極的に協力させていただきたいと思っておりますので、ご相談下さるようお願いいたします。

連絡先 財団法人 消防科学総合センター (担当 山瀬)