

1.はじめに 既存建築物の耐力診断には、関係する要素が非常に複雑なので専門家でなければできないと言われているが、人工知能の分野の一つとして、エキスパートシステムが開発されるおかげで、このような仕事が専門家以外の人にもできるようになっている。

エキスパートシステムとしては、必要な専門知識を持っていて、かつ、人間の考え方のまねをして推論できるべきである。つまり、知識ベースと推論機構は、エキスパートシステムにとって不可欠な二つの部分である。本文は、主としてRC造建物のひび割れ診断エキスパートシステムのための推論機構に関する問題について述べる。エキスパートシステムに用いられるプログラミング言語は、人工知能言語のLISPを使うのは多いが、本文で述べるシステムはBASICで作ったものであり、これは、計算サブルーチンと便利に接続されるためである。

2.知識の表現 知識は一連の"IF-THEN"ルールで表現されて、その形式は次のとおりである。

IF 前提 THEN 結論 (CF)

この中で、CFとは当該ルールの確実性を示すパラメーターであり、確信度と呼ばれている。次はルールの一つの実例である。

ルールA: IF "∩"型地盤不同沈下 THEN 沈下量の大きい側で建物斜ひび割れ発生(0.7)

また、あるルールの前提は別のルールの結論である場合が多い。例えば、上述のルールAの前提はルールBとCの結論である。

ルールB: IF 建物が異種地盤に跨って建てられた THEN "∩"型地盤不同沈下発生(0.8)

ルールC: IF 建物が傾斜地や崖に近接して建てられた AND 堅い地盤ではない THEN "∩"型地盤不同沈下発生(0.6)

なお、複数のルールは同一の前提で、不同の結論を持っていることもある。

こうした考察から、知識は図1のようなネットで示せる。このネットは大別して三つの層に分かれる、それぞれひび割れ類型、ひび割れの発生原因(地震、地盤不同沈下など)、それらの原因を証明するために必要な証拠または必要な計算である。おおまかに言えば、二層目の要素は一層目の要素の前提、三層目の要素は二層目の要素の前提である。

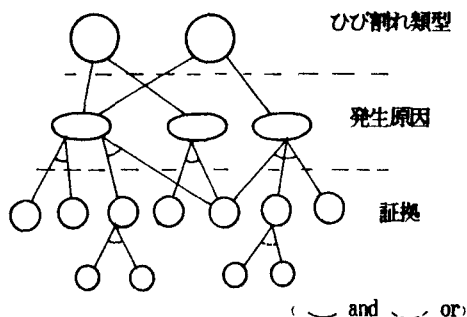


図1・知識ネット

3・確信度(CF) 証拠とされる事実もルールも不確実な場合は多い。材料や地盤などの性能や種々な条件を全く正しく掌握することはほとんど不可能である。また、種々な複雑な要素に影響されるので、ひび割れ類型を明快に判明することは容易でない場合が多い。そこで、診断システムにとって、不確実な推論という推論方法を採用したほうが適当だと思う。このため、確信度というパラメーターをとって、しかもそれによって事実とルール、または結論の確実性を示す。事実の確信度は、電算機とユーザーとの対話を通じて、ユーザーから獲得され、ルールの確信度は専門家の意見によりシステムの中で規定される。また、結論の確信度は、事実とルールの確信度から算出できる。確信度の計算規則は次のとおりである。

(1) ルールは IF E THEN H (CF) とすれば

$CF(H) = CF(E) \times CF$ ($CF(H)$, $CF(E)$ はそれぞれ結論と前提の確信度)

(2) $E = (E_1 \text{ and } E_2)$ とすれば、 $CF(E) = \min \{CF(E_1), CF(E_2)\}$

(3) $E = (E_1 \text{ or } E_2)$ とすれば、 $CF(E) = \max \{CF(E_1), CF(E_2)\}$

(4) 同じ結論を導くルールが複数存在する場合に、例えば IF E_1 THEN $H(CF_1)$ 、IF E_2 THEN $H(CF_2)$ とすれば $CF_{12} = CF_1 + CF_2(1 - CF_1)$ になる。

4・推論方法と流れ ひび割れの診断は、発生したひび割れに基づいて、経験によって可能な発生原因を推測して、そして関係する証拠を調べて、最終的な結論(ひび割れを招く原因)を導く。このような考え方は、人間専門家の実用的な方法であるが、エキスパートシステムにも適用できる。ひび割れによってその発生原因を推測するのは、ひび割れを”前提”として、前述の逆にする。例えば前のルールAに対応して、IF 建物片側斜ひび割れ発生 THEN その原因は”一”型地盤不同沈下(CF) というルールがある。一般にこのルールの確信度はもとのと違う。

エキスパートシステムの推論機構は大別して前向き推論と後向き推論に分けられる。簡単に言えば、前向き推論が条件から結論に導くという方法で、後向き推論は、まずなにか結論を設定して、そして必要な条件を調べてその結論が正しいかどうかを判断するという方法である。ここで使ったのは前向きと後向き推論とを結び方法である。ということは図2と図3から明かである。図3はシステム決定木の一部であり、条件から結論まで従う経路を示す。図3は推論の流れであり、それによって推論の手順は次のとおりである。

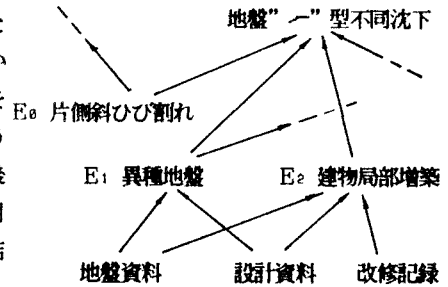


図2・決定木

1) ひび割れ類型を入力する。

2) 知識ベースの中で、入力したひび割れがIF部に含まれているルールを捜し出して、そのルールのTHEN部を可能な診断結論(以下、可能結論と呼ぶ)とする。

(これまでは前向き推論で、以下は後向き推論である。)

3) 決定木で示す経路に従って可能結論に必要な条件を順々に調査する。もしある条件がデータベースの中になければ、ユーザーに質問する。

必要な条件を調べ終わったら、可能結論の確信度を算出する。この確信度があらかじめ定めたレベルを超えると、その結論を認めて、”対策”に移行する。逆の場合はステップ2に戻る。

ユーザーからのすべての情報、または違った中間結論、例えば図2のE1節点はデータベースに入れられ、以後の推論に再び必要となれば、直接データベースから引き出せる。

5・まとめ 上述の方法によって試作した診断プログラムから、この推論機構は実行できることが分かった。もっと知識ベースを充実させると、実用的診断システムが出来ると思う。

参考文献：

- 1・鹿島建設技術研究所，既存建物の耐力診断と対策，鹿島出版会
- 2・R・I・レバイン他著，超田一郎他訳，パソコンで学ぶAIとエキスパートシステム，マグロウヒル
- 3・趙瑞清著，专家系統原理，(中)气象出版社

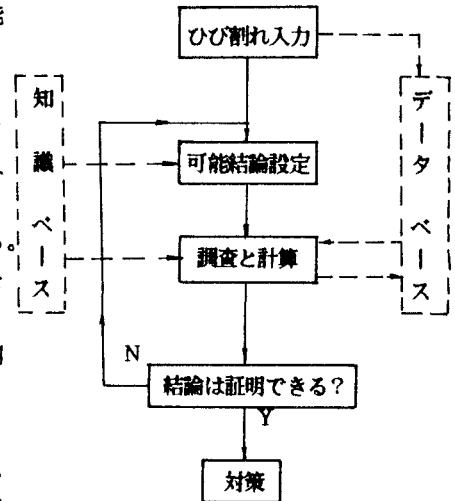


図3・推論流れ