

エキスパートシステムにおける不確実性を伴った推論
およびそのペトリネット表現

1H-7

金 群 青木 敬一

アイネス総合研究所システムリサーチセンター

1. まえがき

エキスパートシステムは、知識ベースと推論エンジンを基本構成要素としている。知識ベースを完全に正しい事実とルールで構築するのが理想的である。しかし、現実には、推論中に必要となる事実やルールなどのデータが欠落していたり曖昧であったり、不確実な場合がある。これらに対してもエキスパートシステムは推論が可能でなければならない。

ペトリネット(Petri net)⁽¹⁾は、システムにおける信号あるいは情報の流れを抽象化し簡単に表現できる有効なモデル化技法として知られ、いろいろな分野に適用できる。AI分野では、ルールベースにおける推論⁽²⁾、制御ルールの検証⁽³⁾、論理プログラムの記述⁽⁴⁾などに適用され効果が得られている。ペトリネットの実行は非決定性を有する。本研究は、ペトリネットのこの特徴を利用し、拡張モデルとして、エキスパートシステムにおいて不確実性を伴った推論を表現しようとするものである。

2. ペトリネットの概説

ペトリネットは、プレース(place, グラフ上では"○"で記す)、トランジション(transition, " | "で記す)、およびそれらの関係を表す有向枝(directed arc, "→"で記す)により構成される。プレースにトークン(token, "・"で記す)を置くことで、システムのある状態を表す。更に、トランジションは、それに入る有向枝をもつプレース(入力プレース)のすべてにトークンがあるとき、発火可能(enabled)であるという。発火(fire)が行われると、入力プレースから1つずつトークンが取り去られ、そのトランジションから出ている有向枝の終点となるプレース(出力プレース)に1つずつ加えられる。つまり、システムの状態の推移は、トランジションの発火により捕らえることができる。

3. エキスパートシステムにおける知識表現および不確実性を伴った推論

多くのエキスパートシステムは、基本となる知識表現方式にIF-THEN形式のルールが採用されている。ルールの表現方法が「IF 条件部 ならば THEN 結論部 である」となっていることから、条件部が成立するならば結論部が成立するというように解釈される。つまり、与えられた事象が条件部に照合(マッチ)するルールを見つけて、結論を選択するという方式である。図1には、自動車の冷却系の故障診断のためのIF-THEN形式のルールを示す⁽⁵⁾。

番号	ル	ー	ル
R1	IF	水温計が高い(A)	THEN 冷却水の温度が高い(B) ANDサ-スタットが壊れている(C)
R2	IF	冷却水の温度が高い	THEN 冷却水の流量が少ない(D) AND冷却水の吸熱量が大きい(E) AND冷却水の比熱が小さい(F)
R3	IF	冷却水の流量が少ない	THEN 冷却水が少ない(G) ANDシ-ク内の径が小さくなっている(H)
R4	IF	冷却水の吸熱量が大きい	THEN シ-クとピストン間の摩擦係数が大きい(I)
R5	IF	冷却水の比熱が小さい	THEN 冷却水に異物が混じっている(J)
R6	IF	シ-クとピストン間の摩擦係数が大きい	THEN オイル不足(K)

図1 自動車の冷却系の故障診断知識のIF-THENルール表現

エキスパートシステムでは、推論中に必要となる事実やルールなどのデータが欠落していたり曖昧であったり、不確実な場合がある。初期のエキスパートシステムの代表例であるMYCINは、確信度を用いて不確実な情報からの推論を可能にした。MYCINにおける推論では、ルールは条件部の確信度がある閾値より大きいとき成立する。もし条件部がORで結ばれる条件文からなるときは最大の確信度が、ANDで結ばれる条件文からなるときは最小の確信度が、条件部の確信度となる。ルールの結論部の確信度は、その条件部の確信度と掛け合わせられて、ルールの実行後の確信度となる。

Reasoning with Uncertainty in Expert Systems and its Representation by Petri Nets

Qun JIN, Keiichi AOKI

The Advanced Research Center of INES

4. 不確実性による推論のペトリネット表現

確信度を用いた推論を記述するために、従来のペトリネットにおいて、プレース中のトークンおよびトランジションに確信度を付ける。トークンの確信度はルール条件部の確信度およびルールの最終確信度と対応させ、トランジションの確信度はルール結論部の確信度と対応させる。更に、トランジションの発火に発火度を導入し、ルールが成立するかどうかを制御する閾値を表す。その結果、発火度をうまく調節することで、不確実性による推論をより正確に行なうことが可能となる。

図1に示されている自動車の冷却系の故障診断知識のルールベースおよびその推論をペトリネットにより記述すると、図2(a)となる。図2(a)において、プレースA、B、・・・、Kは、自動車の冷却系の故障診断知識の各ルールにおける条件部あるいは結論部(図1)を表し、トランジションは、各ルール(R1、R2、・・・、R6)を表している。また、有向枝は、図1では表現できなかったルール間の関係を記述している。更に、トランジションの発火は、ルールの成立を意味し、ペトリネットの実行(トランジションの発火系列)は、推論の遂行を意味している。例えば、「水温計が高い」という事象が与えられたとすれば、ルールR1が成立する。図2(a)のペトリネットモデルから見れば、プレースAにトークンが入ってくると、トランジションR1が発火し、続いてR2、次にR3、R4、R5、最後にR6が発火する。その結果、プレースC、G、H、JおよびKで表している結論が得られる。図2(b)は、各トランジションの発火度を0.5とした場合、その推論過程を捉えたペトリネットの確信度付き到達可能木である。つまり、図2(a)において、プレースAに確信度0.8のトークンが入ると、プレースC、J、Kで表している結論は、それぞれ0.72、0.576、0.648の確信度で得られる。それに対して、プレースG、Hで表している結論は、プレースDにあるトークンの確信度0.48がトランジションR3の発火度0.5より小さく、トランジション(ルール)R3が発火出来ないため得られない。非常に単純であるが、しっかりした推論を行っていることがわかる。

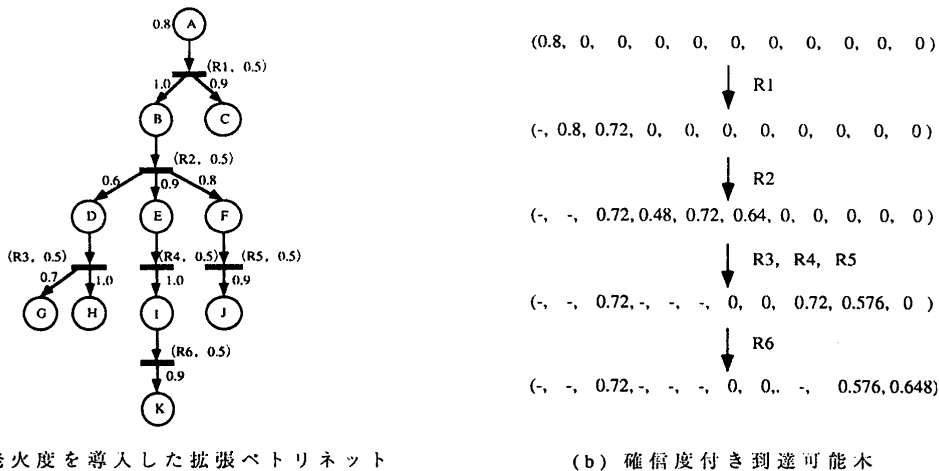


図2 不確実性を伴った推論のペトリネット表現

5. むすび

本研究では、エキスパートシステムにおける不確実性を伴った推論をモデル化し表現するために、従来のペトリネットに確信度計算の制御機能を導入した拡張ペトリネットを提案した。その結果、不確実性を伴った推論は、ペトリネットのグラフ表現によって視覚的に把握することが可能となった。

最後に、本研究の機会を与えていただいた、アイネス総合研究所小柳彌夫所長、同システムリサーチセンター木村公則研究グループ長に感謝いたします。

参考文献

- (1) J. L. Peterson: Petri Net Theory and the Modeling of Systems, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1981.
- (2) 金、青木、菅澤：“不確実性による推論を表現するファジィペトリネットモデル”，第27回SSOR予稿集，1992年8月
- (3) 村田、藤田：“ペトリネットによる制御ルールの検証”，計測自動制御学会論文集，Vol.24，No.8，pp.852-859，1989年
- (4) T. Shimura, and etc.: "Entended-Petri-Net Semantics for Logic Programs with Negation", 第9回DES研究会講演論文集，1992年7月
- (5) 平尾：エキスパートシステム入門，オーム社，1989