

定性推論を組み込んだ医療診断システム

4G-8

上野 博之 大和田 勇人 溝口 文雄
(東京理科大学 理工学部)

1. はじめに

定性推論は、対象とする系を定性的にモデル化することによって、系の挙動を予測する推論方式である。ここで定性的とは、系を表すパラメータが具体的な数値を取るのではなく、パラメータの順序関係あるいは増減関係が与えられているという意味である。そのため、定量的情報が十分に得られない領域に有効であるばかりでなく、挙動についての直感的説明を与えるという点で、エキスパートシステムの新しい構築方法として注目されている。しかしながら、これまでに提案された研究は、推論方式に関する問題を扱ったものが多く、定性推論を応用する方法論については、十分に検討されていない。

本稿では、我々が開発した定性推論システムを用い、医療診断システムに定性推論を適用した方法について報告する。定性推論システムはQR/ESPであり、PSI上のESPで稼働している。

2. 医療診断における定性推論の役割

MYCINを代表とする従来の医療診断システムは、専門家の経験則に基づいて、疾患仮説の推定を行っていた。そのため、疾患仮説に対応した異常状態を想定し、それがどういう所見に対応しているかを結び付けることによって、知識ベースが構築された。しかしながら、対象系のモデルを持たないこの方法では、次にあげる欠点が生じる。

- ① 範囲外の問題は解決できない。
- ② 対象系の急激な変化に対する予測ができない。
- ③ 推論の正当性が証明できない。

これに対して定性推論は、対象の構造から系の動的変化を捉えて、定量的情報が不十分な場合においてもその挙動を予測することが可能である。

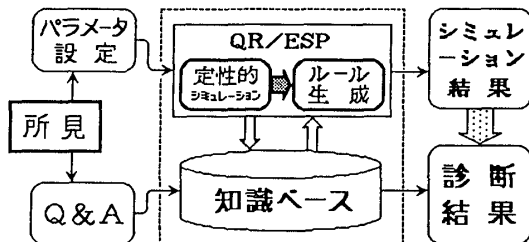


図1 システムの構成

本システムでは、定性推論を経験則ベースの診断システムの不完全な部分を補う機能として、これを組み込んだ。図1に本システムの構成を示す。

QR/ESPは、対象とする系のモデル、異常状態に対応する初期条件を与えることによって、定性的シミュレーションを行う。そしてその結果からモデルベースの診断ルールを生成し、これを経験則と協調させ、診断システムにおいて利用する枠組みを取っている。以下にその詳細を示す。

3. QR/ESP

本システムでは、医療診断の対象として、眼圧調節モデルについてその適用を試みている。

3.1 定性的シミュレーション

ここでは、対象の系の構造記述に基づいて、仮説に対応する正常あるいは異常状態の挙動を予測する。本システムにおいては、シミュレーションに用いられるモデルは、制約条件と系を表すパラメータから成っている。以下は、眼圧調節モデルにおける制約条件としての関係式の一部である。

$$q_1 = c_a \times (p_a - p)$$

毛様体に流入する血流量 q_1 は、眼動脈圧と眼圧の差 $p_a - p$ と動脈血流量 c_a の積である。

$$M + (q_1, q_2)$$

毛様体に流入する血流量 q_1 と前房毛様体組織に流入する血流量 q_2 は比例する。

$$d v = f_i - f_o$$

眼内房水変化量 $d v$ は、房水流入量 f_i と房水流出量 f_o の差である。

シミュレーターには入力情報として、まず全てのパラメータに対してその正常値を与える。

ex) 眼圧 p の正常値は p^* ($0 < p^* < \infty$)

眼動脈圧 c_a の正常値は p_a^* ($0 < p_a^* < \infty$)

その上で一部のパラメータに対して以下のように初期条件を与えて、シミュレーションを起動する。

ex) 眼動脈圧 p_a が正常値より高い

↓
初期値 p_a ($0 < p_a^* < p_a < \infty$)

シミュレーションの基本原理は、まず扱うパラメータを時間に関する関数と置いて、その変化傾向が転じた場合は、平均値の定理から、その間には必ずその傾向が一定である点が存在すると考え、これを瞬間として捉える。そして、それ以外の部分に変化の始めの状態に対する半順序関係（定性値）を与え、これを同じ傾向で変化している区間として捉える。この時この関数は、瞬間、区間を交互に繰り返す時間軸を量子化した関数として定義でき、ここである時間の状態がわかれば、それ以降の遷移を導けるというものである[3]。図2に、状態遷移の様子を表すグラフの一例を示す。

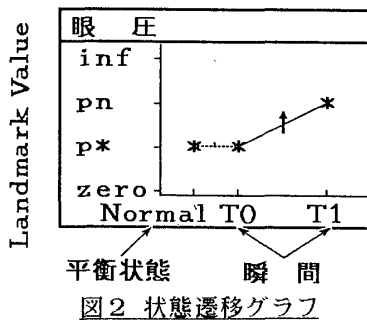


図2 状態遷移グラフ

3.2 ルール生成

ルールの生成は、定性的シミュレーションにおける結果の要約、経験則の妥当性の検討、そして経験則ベースの診断システムにおける利用を目的に行われている。これは注目するパラメータについて、異常状態の最終状態と正常状態の標識値と比較し、分類するものである。またシミュレーションにおいては、定性値のあいまい性から、通常、挙動予測は一意に定まらない。これから各仮説について、その全ての挙動に対するある所見状態が現れる頻度を、確信度としてルールに導入することができる。そしてさらに、各仮説において得られた結果をまとめ、診断システムにおいて用いるルールを生成する。確信度の変換は、Bayesの定理に基づいてこれを計算する[2]。

4. 経験則との協調

3.2において生成されたルールは、そのまま診断システムでの利用が可能である。すなわち、経験則によって対応できない状況でも、従来通りのルール適用でその対応を得ることができるという点で有効である。具体的には、生成されたルールが対象系のモデルでのあらゆる状況を予測した結果であることから、その範囲における急激な変化や経験によって得られていなかった状況に対する対応といった問題を回避できる。

このモデルベースルールを診断システムへ組み込むには、次にあげるような方法が考えられる。

- ① 経験則と混在させての利用
- ② 経験則によって対応できない状況での利用
- ③ 所見収集段階での選択による利用

②の方式は最初に経験則によって適用を試み、ここでルールの適用がなかった場合にモデルベースルール、あるいは定性的シミュレーションを起動するもので、③の方式はこの選択を所見段階におけるユーザの選択に委ねるものである。本システムにおいては③の方式を用いている。これは診断システムの使用時に、必要に応じて自由に定性推論システムを起動することを考慮したためである。ルールの使い分けについては、所見収集部にスプレッドシートを用いることによって、これを実現している。つまり、定性推論によって生成されたルールと、従来の経験則に関するシートを用意して、必要に応じてこれらを起動する構成である。システムにおける診断実験では、その適用が問題なく為されている結果を得ている。

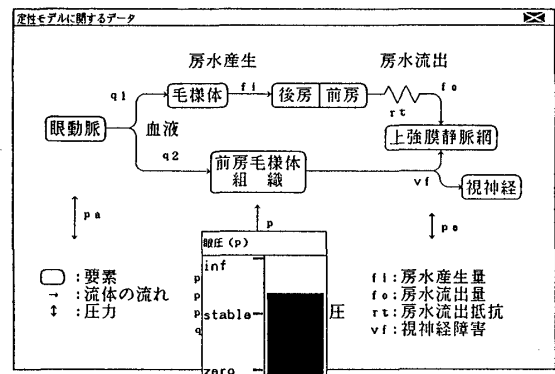


図3 定性推論に関する所見入力部

5. おわりに

本稿では、緑内障診断における定性推論システムと従来の経験則ベースの診断システムとの結合を図り、その医療領域への適用例を報告した。また、本システムでは現在のところ扱っていないが、推論に対する正当性の証明に関しては、ルールを導く過程であるシミュレーションから、挙動の直観的説明を得ることによって解決できる。このあたりは、今後の課題である。

謝辞

本システム診断システム部の開発は、溝口研究室の北村友朗君の協力によるところが大きい。同君に感謝する。

参考文献

- [1] Kuipers, B.J.: "Qualitative Simulation", Artif. Intell., Vol. 29, pp. 289-338 (1986)
- [2] 大和田, 溝口, 北沢: "定性的シミュレーションに基づく診断システムの構築法", 人工知能学会誌, Vol. 3, No. 5 (1988) 掲載予定
- [3] 大和田, 溝口: "論理型言語による定性的シミュレーションの効率化", 第37回情報処理学会全国大会予稿集 (1988)