

2D-4

Abductiveモデルによる診断システムにおける
コストと危険度を考慮した質問生成法

上野田 明 永田 守男

慶応義塾大学理工学部管理工学科

1 はじめに

推論方式として演繹を用いた診断システムは数多く存在する。しかし、この手法では、診断過程で確認された兆候を引き起こす原因が多数あり、一つの兆候についての母集団を確定することが難しい。そのため過去の診断から客観的に計算できる「確率」を利用できず、主観的な確信度を用いているものが多い。一方、推論方式にAbductoinを用いれば、ある原因が起こったときにその兆候が起こる確率が容易に計算でき、客観的的判断が可能になる。

2 本研究の基盤

Abductiveモデルによる診断システムにおけるYunらのParsimonious Covering Theory²⁾では、診断問題を図1のようなモデル<D,M,C,M*> (M*は存在している兆候)で定式化している。この理論に基づいたSEARCHアルゴリズムでは、仮説が複数の原因で構成される複合診断を可能にするために、兆候を説明しうる部分集合が存在しても仮説として認めたくえで、兆候に対する仮説を条件つき確率をもとに求める。しかしこのアルゴリズムは、どの兆候が存在しているかが分かっているときに、与えられた兆候に対して適切な仮説を生成するもので、どの兆候を調べるべきかの質問手順を指示することはしない。

この理論に従って仮説を生成するKMS.HTでは、どの兆候が存在するかの質問を行うが、その方法は「未確認の兆候の中で、現在仮説を構成している原因が引き起こすデータベースの最初に登録されている兆候を質問する」というものである。

本研究では、現実の診断問題を反映させるために、複合診断を仮定し、原因の危険度と兆候の存在を確認するためのコストという2つの重み付けパラメータ(図1参照)を導入する。その上で、SEARCHアルゴリズムを基盤とした効率的な質問列の生成法を提案する。

3 本研究の枠組み

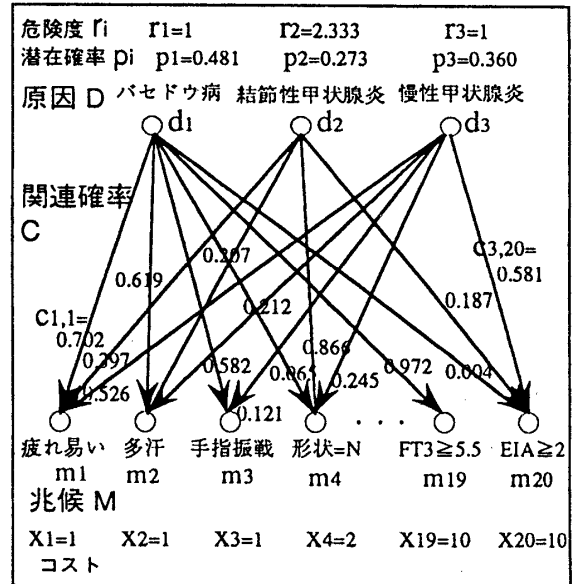


図1 Abductiveモデル<D,M,C,M*>

仮説Hは、過去のデータをベイズの定理により統計処理した「確率」をもとにSEARCHアルゴリズムによって生成し、診断のための質問の手順は前述の重み付けパラメータも用いて生成するアルゴリズムを提案する。質問の手順としては、コストを考慮して効率的に質問するもの、危険度を考慮して致命的な原因を見逃さないように質問するもの、両方を考慮して質問するものの3種類を生成するようにする。また、ある程度以上の検査を行っても診断の結果に影響が無い事が予想される場合には、検査の効率を高めるため、その旨を表示した上で質問の生成を終了するようにする。

まず、以下の2つの指数を導入する。

$$\text{指数1}(d_i, m_j) = c_{ij} \times p_i - \left(\sum_{k=1}^n (c_{kj} \times p_k) \right) / n$$

$$\text{指数2}(m_j) = \sum_{i \text{ s.t. } d_i \in D - H_{\max}} (c_{ij} \times p_i) - \sum_{i \text{ s.t. } d_i \in H_{\max}} (c_{ij} \times p_i)$$

(p_i は原因 d_i の潜在確率、 c_{ij} は原因 d_i が兆候 m_j を起こす確率
 H_{\max} は、仮説の中で一番確率の高い仮説、 n は原因の数)

ここで、指数1は兆候 m_j が原因 d_i と他の原因との間にどれだけ差をつけらるかを表わし、指数2は兆候 m_j が仮説Hに現在採用されていない兆候にたいしてどれほどの検出力があるかを表わす。つまり、指数1の大きいものを用いて質問を行えば、いくつも存在する競合する仮説の確率に差をつけることができ、指数2の大きいものを用いて質問を行えば、現在の仮説の正しさを確認することができる。

危険度を重視した質問列の生成では、指数の潜在確率 p_i に危険度 n を乗じた指数を用い、コストを重視した質問列の生成では、兆候を検査するためのコスト x_j で指数全体を割った指数を用い、両方を重視した質問列の生成はその両方を行った指数を用いる。

質問列の生成は以下のステップによる。

1. まず初めに指数1によって質問を生成し兆候が存在していなければこれを続ける。
2. 指数2によって質問を生成する。
3. 指数2による質問によって一番確率が高い仮説が変化しないなら診断終了。
4. 仮説が変化しているなら2へもどる。

4 実験と評価

以上の提案に基づいたシステムを構築し、甲状腺疾患病名診断（バセドウ病、結節性甲状腺炎、慢性甲状腺炎）および微分計算問題誤答診断（合成関数の微分、商の導関数、積の導関数、整関数の微分）における複合診断問題で実験を行なった。本システムが一番適切と判断した仮説の正解数（正解率）、および一番適切と判断した仮説の確率の33%以上の確率をもつ仮説の正解数（正解率）を表1と表2に示した。表からわかるように、全兆候を検査するより安いコストで同じもしくはそれ以上の精度で危険な原因を指摘でき、また、全兆候を検査するよりはるかに安いコストである程度の診断ができることが分かった。

5 結論

本研究の手法により、コストを重視することによって質問のための検査コストを大幅に減らすことができ、危険度をパラメータとすることにより致命的な兆候を見逃さないような質問の生成が可能であり、冗長な質問を排除して適切な質問列を生成できることが確

認された。この結果は、さまざまな診断問題に対して有効であると考えられる。

表1. 甲状腺疾患の複合診断の結果

		全兆候を検査		危険度重視の検査		両方重視の検査		コスト重視の検査	
		全体	複合	全体	複合	全体	複合	全体	複合
正解(全体)	1位の仮説	708 87%	12 16%	715 87%	6 8%	598 73%	3 4%	589 72%	0 0%
	33%以上	737 90%	24 32%	771 94%	58 76%	721 88%	39 51%	688 84%	22 29%
(危険度大)正解	1位の仮説	146 64%	12 19%	156 69%	6 10%	95 42%	3 5%	132 58%	0 0%
	33%以上	173 76%	24 39%	210 93%	58 94%	186 82%	38 61%	156 69%	21 34%
一人分の検査コスト		89.00		23.81		12.80		9.03	

表2. 微分計算ミスの複合診断の結果

		全兆候を検査		危険度重視の検査		両方重視の検査		コスト重視の検査	
		全体	複合	全体	複合	全体	複合	全体	複合
正解(全体)	1位の仮説	25 68%	13 50%	22 59%	10 38%	21 54%	12 46%	19 51%	10 38%
	33%以上	34 92%	20 77%	34 92%	20 77%	34 92%	20 77%	32 86%	19 73%
(危険度大)正解	1位の仮説	5 45%	5 45%	4 36%	4 36%	4 36%	4 36%	4 36%	2 18%
	33%以上	8 73%	8 73%	8 73%	8 73%	7 64%	7 64%	6 55%	6 55%
一人分の検査コスト		12.00		4.68		3.05		2.95	

謝辞

貴重なデータと有益な御助言をいただいた本塾大学医学部衛生学教室の吉田勝美先生、相談にのっていただいたデータをとっていただいた本塾女子高等学校の国府方久史先生、また、一部のデータ収集に協力いただいた研究室の大学院と学部の諸姉に感謝いたします。

参考文献

- 1) Shortliffe, E., Buchanan, B., "A Models of Inexact Reasoning in Medicine", *Mathematical Biosciences* 23, pp.351-379, 1975
- 2) Yun Peng, James A. Reggia, "Abductive Inference Models for Diagnostic Problem-Solving", Springer-Verlag, 1990