

原 著

術後感染症診断支援システムへのファジィ理論の応用

堀 義巳¹⁾ 有田清三郎²⁾

川崎医療福祉大学 医療技術学部 医療情報学科¹⁾

関西医科大学 医学部 数学教室²⁾

(平成9年5月21日受理)

Application of Fuzzy Theory to the Diagnosis of Surgical Site Infection

Yoshimi HORI¹⁾ and Seizaburo ARITA²⁾

*1) Department of Medical Informatics
Faculty of Medical Professions
Kawasaki University of Medical Welfare
Kurashiki, 701-01, Japan*

*2) Department of Mathematics
Kansai Medical School
Hirakata, 573, Japan*

(Accepted May 21, 1997)

Key words : fuzzy inference, surgical site infection, medical information, diagnosis

Abstract

It is important to prevent surgical site infections after gastrointestinal operations. Therefore surgeons prescribe antibiotics using their subjective judgments based on many kinds of patient information, such as fever, white blood cell count, complaints of pain, etc. However, infections are difficult to detect because the information used for diagnosis has fuzziness and the logic of detecting is subjective. In this paper, we propose a new system for supporting the diagnosis of surgical site infections using fuzzy inference on the multiple items of patient information.

要 約

胃癌などの消化器外科手術において、術後感染症の防止はきわめて重要な課題である。現

在, 術後感染症を診断する基準はなく, 外科医の主観的判断に任されている. 術後感染症診断の観察項目は, 小野寺栄養免疫指数などの術前情報, 合併切除臓器, 手術時間などの術中情報, 白血球数, ドレーン, 白血球分画等の術後情報ときわめて多項目にわたる. 我々は術後感染症の発症に大きな影響を及ぼすと考えられる, 熱型, 白血球数, 白血球分画などの多項目の時系列データに注目し, 感染症発症に関する早期発見のための診断ロジックをファジィ理論を使って構築した.

結 言

医療現場において診断は大きな役割を果たすが, その診断ロジックは医師の経験と主観的な判断に依存していることが多い. 胃癌などの消化器外科手術において, 術後感染症の防止は重要であるが術後感染症を診断する基準はなく, 外科医の主観的判断に任されている. また術後感染症診断の基礎となる情報は, 小野寺栄養免疫指数等の術前情報, 合併切除臓器, 手術時間等の術中情報, 白血球分画等の術後情報ときわめて多項目にわたり, かつこれらの情報が経時的に変化する. 我々は術後感染症を対象にして, 術前, 術中, 術後情報を基に, ファジィ理論を用いた術後感染症のための診断ロジックを構築し, これを搭載した医療診断コンピューターシステムを開発した.

ファジィ推論による医療診断システム

医療診断システムは所見項目(入力), 診断結果(出力)及び入力と出力を結び付ける診断ロジックで構成される. 入力部門の所見項目は検査データに見られる数値データや痛みの有無等の問診情報に示されるようなカテゴリー(有, 無), (+, ±, -)などのデータがある. 出力部門の診断結果は(癌, 非癌), (感染症, 非感染症, 判断不明)などの2値または3値に分類されたカテゴリーデータである. したがって, 入力部門を結び付ける診断ロジックは, 入力部門の数値またはカテゴリーを出力部門の数値またはカテゴリーに対応させるため, 種々の対応方式, 関係方式が与えられている. これらの対応方式のうち, 従来からよく用いられているのがスコア方式である. これは入力項目の数値に対して得点を与える方式で, 例えば, 白血球数(WBC)が12000のとき, 0.0001をかけて, 感

染症の度合いの得点=1.2点を与える. 多項目の入力データには, これらの得点の合計点を総合評価点とする. これに対して, 痛みの有無などのカテゴリーデータとの合併も考えて各項目をそれぞれ(+, ±, -)などのカテゴリーに分けてすべてのカテゴリーに得点(カテゴリーウエイト)を与える方式もある. たとえばカテゴリーの(+)に2点, (±)に1点, (-)に0点の得点とする. さらに入力項目に, 数値データとカテゴリーデータが混在する場合, 数値データをカテゴリーデータに変換して, すべてをカテゴリーデータに換等して得点を与える. たとえば, WBCは数値データであるが, このWBC値を(+ : 12000以上), (± : 6000~12000) (- : 6000未満)の3つのカテゴリーに分け, 感染症の度合い得点を(+)のとき2点, (±)のとき1点, (-)のとき0点と定めるときWBC=12000は感染症得点=2点となる. ところがWBC=11990では得点=1点となり, わずか10の測定値でちがいを生ずる. このような判定をクリस्प判定という. ファジィ理論はカリフォルニア大学L.A.Zadeh教授によって提唱[文献1]され, またファジィ理論の医学応用はE. Sanchez[文献2], 有田[文献3, 4, 5]などがある. ファジィ推論による診断方式はこのようなクリस्प判定の欠点を補うものとして登場した. ファジィ推論による診断ロジックではまず入力を数値データではなく幅を持った集合と考える. 具体例で示そう. WBC12000のデータをWBC(Large), (Moderate), (Small)の3つの集合の度合いで示す. たとえばWBC12000はWBC(+)0.3, WBC(±)0.7, WBC(-)0.0となる. つぎにWBC(+)やWBC(-)が診断結果の感染症度合いとどのように対応するかをIF-THENルールで構成する.

ここでは

IF WBC (L) THEN 感染症 (大)
 IF WBC (M) THEN 感染症 (中)
 IF WBC (S) THEN 感染症 (小)

の3つのルールが準備されたとする。ファジィ推論では診断結果(出力)の感染症(大),(中),(小)も数値ではなく集合として表し、例えば三角形のメンバーシップ関数で構成する。[Fig. 1 参照]

WBC12000は WBC (+) 0.3, WBC (±) 0.7, WBC (-) 0.0の度合いで、3つの IF THEN ルールで診断結果(感染症)について3つの集合が(0.3, 0.7, 0.0)という重みで与えられる。WBC についての総合診断は重なり合った3つの集合の和集合となる。最終診断を数値としてとらえたとき、この和集合の重心をとることにより診断結果を得る。ファジィ推論法はスコア法の欠点を補い評価に連続性を与える。本論文では術後感染症発症のための診断システムとしてファジィ推論法を用いた多項目の入力データによる診断支援システムを構築した。

ファジィ理論の術後感染症診断への応用

1. 術後感染症

術後感染症は、外科手術後の患者に起こる合併症で、特に細菌の存在する食道、胃、小腸、大腸等の部位を扱う消化器外科では重要な課題となっている。感染が起こると、腹腔内腫瘍、腸炎、創感染、尿路感染等を起こす。現在、術後感染症の予防は抗菌薬を投与することによって行われているが、抗菌薬使用方法は主治医の

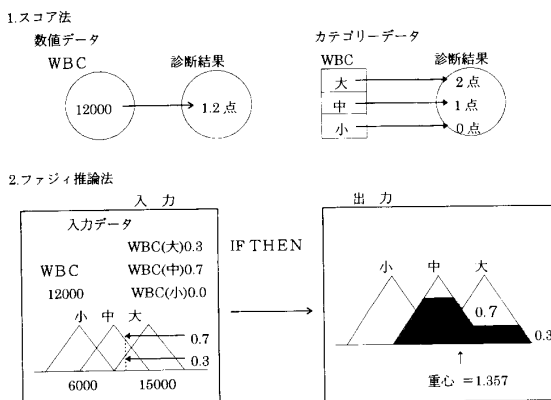


Fig. 1 スコア法とファジィ推論法の比較

経験に基づいて主観的に判断されてきた。本論文では、術後感染症診断支援システムの構築のため発症に関係した観察項目として、小野寺栄養免疫指数、術中出血量、合併切除臓器、熱型、白血球数(4日目)、CRP(4日目)、白血球分画(Stab: 0, 1, 4日目)、白血球分画(Lymph: 0, 1, 4日目)を使用しファジィ推論を基にした多項目データによる診断ロジック[Fig. 2]を構成した。

2. データ

対象としたのは1992年1月から1994年12月までの胃癌全摘出手術を行った54症例(感染症発症有: 14症例, 感染症発症無: 40例)であり、感染症発症の有無の判定は7日以内の細胞診によって行われた。術後感染症発症発見のための情報には[Table 1]のような術前、術中、術後情報がある。観察項目は手術を行う前の“術前情報”, 手術時の“術中情報”, 手術後の“術後情報”の3つに分けられる。今回、診断システムの観察項目として小野寺栄養免疫指数、術中出血量、合併切除臓器、熱型、白血球(4日目)、CRP(4日目)、白血球分画(Stab: 0, 1, 4日目)、白血球分画(Lymph: 0, 1, 4日目)を採用した。

3. ファジィ診断ロジック

術後感染症診断における観察項目群を入力、診断結果(感染症の度合い)を出力と考え、入出力関係をファジィ理論を用いた診断ロジック

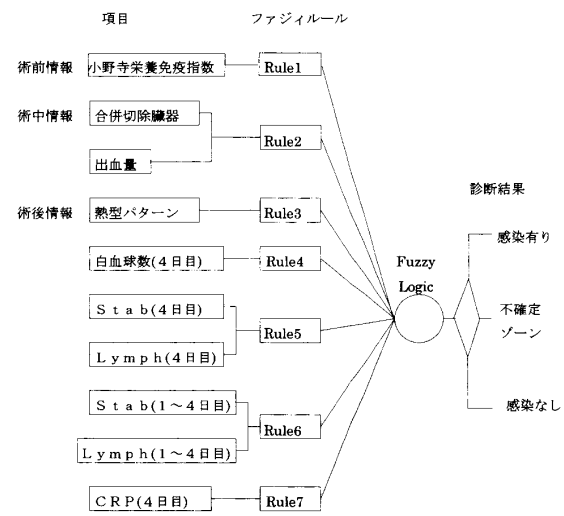


Fig. 2 術後感染症発症発見のためのファジィ診断システム

Table 1 術後感染症における観察項目

	観 察 項 目
術前情報	<ul style="list-style-type: none"> 年齢 ・ 性別 ・ 血糖値 ICGk値 ・ 小野寺栄養免疫指数
術中情報	<ul style="list-style-type: none"> 手術術式 ・ 合併切除臓器 リンパ節郭清 ・ 手術時間 術中出血量 ・ 輸血量
術後情報	<ul style="list-style-type: none"> 熱型 ・ WBC (0, 1, 4, 日目) CRP (0, 1, 4 日目) 白血球分画(Stab: 0, 1, 4 日目) 白血球分画(Lymph: 0, 1, 4 日目)

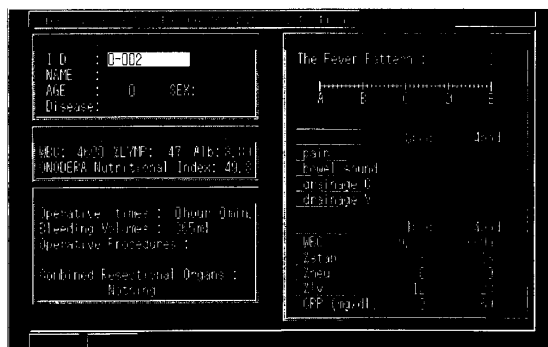


Fig. 4 感染症観察項目の入力画面

Table 2 Stab, Lymphより感染度合いを求めるファジィ規則表

		Lymph		
		small	middle	large
Stab	large	感染有	感染有	不確定
	middle	不確定	不確定	感染無
	small	感染無	不確定	感染無

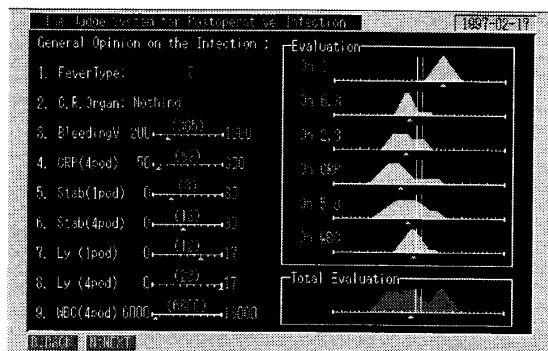


Fig. 5 ファジィ推論診断結果の出力画面

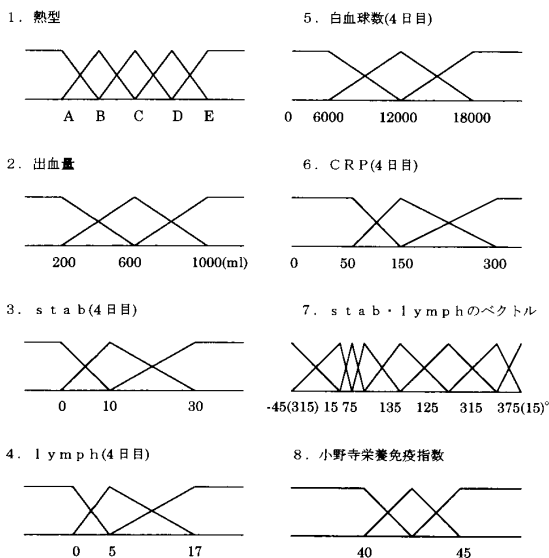


Fig. 3 入力メンバーシップ関数

で構成した。すなわち、我々はまず10項目からなる観察項目のそれぞれについて、入力メンバーシップ関数 [Fig. 3] を作成した。各項目または2項目での感染症度合いを出力メンバーシップ関数として作成した。さらに、入力メンバ

ーシップ関数と出力メンバーシップ関数を結ぶ診断ロジックにファジィ理論の10組の IF THEN ルールを準備した。白血球分画の Stab と Lymph のファジィ規則表を [Table 2] に示す。ファジィ推論の1例を白血球分画で示す。入力部門（前件部）では、4日目の白血球分画（Stab, Lymph）をはじめ各項目についてそれぞれ“Small”, “Middle”, “Large” のラベル付けを行い、[Fig. 3]に示す入力メンバーシップ関数を設定した。出力部門（後件部）では、Stab, Lymph の関係を基に感染度合いにより“感染有”, “不確定”, “感染無”を設定し、Stab の3レベルと Lymph の3レベルをすべて組み合わせ、[Table 2] のように9 (= 3 × 3) 通りのファジィ推論を行った。これらの規則を、「If Stab is large and Lymph is small Then 感染有」, 「If Stab is small and Lymph is large Then 感染無」などで示した。全項目の総合判断を10組のファジィ集合の和集合の重心の値で算出し、さらに判定結果を感染症有り、不確定、感染症無しの3段階で表示した。これらのソフトをパーソナルコ

Table 3 感染症ファジ診断結果

	ファジ診断システム			
	感染症無	不確定	感染症有	計
感染症有	0	1	13	14
感染症無	35	3	2	40
計	35	4	15	54

ンピュータ PC-9821 af に搭載した, 感染症観察項目の入力画面を [Fig. 4] に示す. またファジ推論診断結果の出力画面を [Fig. 5] に示す.

4. ファジ診断結果

胃癌全摘手術を行った54症例を用いて診断した結果, 感染症無 (35症例), 不確定 (4症例), 感染有 (15症例) の判定を得た. 「感染症発症有」 (14症例) のうち, ファジ診断で「感染有」と判定されたのは13例, 「感染発症無」 (40症例) で診断が「感染無」と判定されたのは35例であった. ファジ理論によって感染有の (14症例) は13症例が感染有, 1例が不確定 (感染有とも感染症無とも判定しがたい) と診断され, また感染無の症例 (40症例) のうち, 35症例が感染無, 感染有が2症例また, 3症例が不確定と診断された. この結果, 正診率 (感染症の症例を感染有, 非感染の症例を感染症無と判定) は $((13+35)/(14+40))=89\%$, また, False Negative (感染症の症例を感染症無, 非感染の症例を感染有と判定) は $(0+2)/(14+40)=2\%$ であった. 以上のファジ診断成績から今回我々が提案した術後感染症ファジ診断システムではエキスパート医師の診断成績に劣らない良好な結果と言える.

考 察

今回, 我々は術後感染症について, 小野寺栄養免疫指数, 術中出血量, 合併切除臓器, 熱型, 白血球数 (4日目), CRP (4日目), 白血球分画 (Stab: 0, 1, 4日目), 白血球分画 (Lymph: 0, 1, 4日目) 等の術前, 術中, 術後の多項目情報を基にファジ推論を用いた感染症診断システムを構築した. 我々はこれらの術後感染症の多項目情報を用いたファジ推論を行った結果, 正診率は89%また, False Negativeは2%ときわめて良好な診断結果を得た. 今後さらに症例数を増やし, このファジ診断システムの精度を検証していきたい.

多項目の入力データをもった診断ロジックをつくることはなかなか難しい. それは, 項目間の相互関係が複雑にからまって, 複雑系を構成しているからである. この複雑系は, 多項目だけでなく時間にも依存している. 医療情報は多項目データと時系列データ, さらに各項目がファジ性や不完全性をもっているからである. ファジロジックでの問題点は, メンバーシップ関数の location パラメータと divergence パラメータの2つを設定しなければならないことである. 我々の診断システムでは, ファジ推論におけるメンバーシップ関数のこれらのパラメータをヒューリスティックに決定したが, これをシステムティックに決める方法はいまだ見付かっていない. 今回我々は, ファジ推論による術後感染症診断支援システムを開発した. 医療現場では, さらに術後の圧痛, ドレーン, 患者の表情等を考慮して総合的な判断を行っており, これらの項目を取り入れ, 更に安定した診断支援システムを構築していきたい.

文 献

- 1) Zadeh LA (1965) Fuzzy sets. *Information and Control*, **8**, 338-353.
- 2) Sanchez E (1986) Medical Applications with Fuzzy Sets. *Fuzzy Sets Theory and Applications*, Dordrecht : D.Reidel Publishing Company, pp331-347.
- 3) Arita S (1991) Development of an Ultrasonographic Cancer Diagnosis System Using Fuzzy Theory. *Japanese Journal of Fuzzy Theory and Systems*, **3** (3), 215-230.

- 4) Arita S, Yoned M and Hori Y (1993) Supporting System for the Diagnosis of Diabetes Mellitus Based on Glucose Tolerance Test Responses Using a Fuzzy Inference. *Fuzzy Logic-State of the Art*, (ed. R. Lowen and M.Roubens), London : Kluwer Academic Publishers, pp301–310.
- 5) Tsutsui T and Arita S (1994) Fuzzy-Logic Control of Blood Pressure Through Anesthesia. *Journal of Clinical Monitoring*, **10**(2), 110–117.
- 6) 有田清三郎 (1991) ファジィ理論の医療画像への応用. 日本ファジィ学会誌, 412–421.
- 7) 有田清三郎, 米田正也, 堀義巳 (1991) 糖尿病ファジィ診断ロジックの開発. 医療情報学連合大会論文集, p411–412.
- 8) 有田清三郎 (1992) メディカル・ファジィのはなし. 日刊工業新聞社, 初版, 東京.
- 9) Janathan L and Meakins MD (1994) Guidelines for Prevention of Surgical Site Infection. *Surgical Site Infection*, **10**, 127–138.
- 10) 横山 隆, 児玉 節, 竹末芳生, 宮本勝也, 桧山英三, 村上義昭, 山東敬弘, 立本直邦 (1994) 術後感染症を防ぐために術前に何を行っておくべきか. 消化器外科, **17**, 19–25.
- 11) 堀 義巳, 有田清三郎 (1993) ファジィ理論を応用した診断支援システム —— 前立腺癌超音波診断への応用 ——. 川崎医療福祉学会誌, **3**(1), 119–127.
- 12) 廣田 博, 有田清三郎, 堀 義巳 術後感染症の早期発見のためのファジィ診断ロジック. *Biomedical Fuzzy and Human Sciences*, **2**(1), 69–75.
- 13) 有田清三郎, 堀 義巳, 廣田 博 (Nov. 1996) ファジィ理論を用いた術後感染症早期予知システム. 第16回医療情報学会連合大会, 16th JCMI, pp200–201.