

# ファジィ理論を応用した舌診断支援システムの構築と検証

† 和辻 直

明治鍼灸大学 東洋医学基礎教室

**要旨：**中国伝統医学の診察法では、診察者の経験に基づいて主観的情報を取り扱うために、「証」判定が診察者によって異なることがある。従って、この主観的情報をどのように処理するかは、客観的で理論的な診察システムを構築する上で非常に重要である。

そこで、中国伝統医学の診察法の中で最も客観化が可能な舌診に着目し、診断システムの開発をすることにした。第一段階として、ファジィ理論を用いた舌診断支援システムを構築し、臨床症例による正診率の検証を行った。第二段階として本システムの信頼性を高めるために、診察者における舌所見の評価と証判定との関連性、舌証の診断ロジックを解析し、その結果を組み入れたシステムを構築し、臨床症例による正診率の再検証を行った。

その結果、1) 舌所見の評価と証判定との関連では、臨床経験によって舌所見評価および舌証判定が異なること、2) 寒熱の判定に舌色の評価が深く関連すること、虚実の証判定には老嫩や歯痕の評価が強く関与することなどが明らかとなり、これらの情報を舌診断支援システムに組み入れることにより、3) 本システムと診察者との証判定の正診率は寒熱、虚実ともに7割以上となった。

以上のことから、ファジィ推論を用いることで、舌証の判定に有用なシステム、舌診断支援システムを開発することができた。

## I. はじめに

中国伝統医学は、経験的、実践的な医学である。その診療体系は、現代西洋医学のそれとは異なり、心身両面にわたる種々の情報を総合処理して「証」(最適な治療の方針を包括するもので単に症候名ではない)を導き、それに基づいて治療を行うところにある。このような独自の診療体系を有する中国伝統医学ではあるが、補完・代替医療として重要な役割を担っており、近年、益々その潮流は盛んになりつつある。さらには現代西洋医学との組合せによる新しい医療、すなわち「統合医学」へと発展する機運にすらある<sup>1,2)</sup>。そういった中で中国伝統医学の客観化、科学化が、これまで以上に求められるようになってきた。その主要な理由は、中国伝統医学の診察法では多くの診断情報が診察者個人の五感によって判断されるため、主観的で曖昧なところがあり、しかも四診情報に基づく証の診断過程も複雑であり、臨床応用するには長年の臨床経験を必要とするからである。そのため中国伝統医学が正しく認識され、評価されるためには、主観的とされる診察法とその診断情報

の処理過程を客観的で理論的なシステムとして提示することが必要とされてきた。

これまで、その要望に応えるために幾つかの診断支援システムが開発されてきたが、その多くは中国伝統医学の古典理論を単にアルゴリズム化しただけのシステムであった。従って、当然ながらシステムによって判定される結果(「証」と診察者のそれとは一致することが少なく、臨床に応用するには種々の問題点を内包していた。そういった問題を解決するには、ひとつは診断のシステム化にどのような理論が適しているのか、もうひとつは診察者の診断過程を解析し、その内容をシステムに組み込むことが必要であると考えた。実際、このような視点に立って構築された診断システムは未だに開発されていない<sup>3,7)</sup>。

そこで、著者が注目したのはファジィ理論である。近年になって感覚情報の識別システムはファジィ理論を活用することにより、曖昧な入力情報から必要な出力情報を的確に導き出すことが可能となってきた<sup>8,13)</sup>。まさに中国伝統医学における診断情報の取り扱いの特性をシステム化するには、

平成15年10月6日受付、平成15年10月30日受理

Key Words : ファジィ理論 fuzzy theory, 舌診 tongue diagnosis, 診断過程 diagnostic process, 舌診断支援システム tongue diagnosis supporting system, 中国伝統医学 traditional Chinese medicine

† 連絡先 : 〒629-0392 京都府船井郡日吉町保野田ヒノ谷6  
Tel: 0771-72-1181(内線318) Fax: 0771-72-0326

明治鍼灸大学 東洋医学基礎教室  
t\_watsuji@muom.meiji-u.ac.jp

ファジィ理論は極めて適した理論であると考えた。既に医学におけるファジィ理論の応用研究には、超音波やCT画像診断、健康診断支援システムなどがある<sup>14-23)</sup>。東洋医学においてもファジィ理論の研究<sup>24, 25)</sup>やArtificial Intelligence (AI)の研究は以前からあるものの<sup>3-7)</sup>、臨床所見を十分に検証して構築された診断支援システムはほとんどない。

そこで、中国伝統医学の診断システムにファジィ理論を応用することで、診察者の診断情報の処理過程により近い診断支援システムを開発することにした。中国伝統医学の中でも比較的診断情報を共有しやすい舌診に焦点を当てた。舌診断支援システムの開発にあたっては、予めファジィ理論によるシステムの妥当性について、いくつかの検討を重ねてきた<sup>26, 27)</sup>。また併せて舌所見が生体内部の種々の情報を反映していることについても実証し、特に外科手術前後の舌所見の変化や終末期医療において予後判定にも応用できることを報告してきた<sup>28-30)</sup>。本稿ではこれらのことを踏まえて、ファジィ理論による舌診断支援システムの構築について検討し、併せて臨床応用の可能性についても検証したので報告する(図1)。

II. 対象と方法

1. 舌診断支援システムの開発に関する研究 (研究1)

1) 舌所見および舌証の調査対象

舌の観察対象は2000年6月16日から9月8日の間に本学附属鍼灸センターを受診した患者77例の内、舌診評価用紙に舌所見や証判定が完全に記載された73例(男性26例、女性47例、平均年齢58.6±18.3歳)とした。また、舌診判定を行う診察者は、臨床経験3年以上の6例とした。

本研究は学内研究倫理委員会の承認を得て行った。

2) 舌所見および舌証の評価方法

舌診の評価項目は舌色、乾湿の程度(舌表面)、舌尖紅、舌形(老嫩、胖大、瘦小、齒痕)、苔色、苔の厚さ、苔の剥落とし、舌診評価用紙を作成した(表1上段)。各項目の評価にはファジィスケールを用いた。例えば舌色のファジィスケールではスケールの左端が淡白舌、右端を紅舌とし、診察者が判定した舌色の相当箇所に○印をつけさせ、その中央を舌所見の数値とした<sup>31)</sup>。その際、舌所見についてはカテゴリカルスケールによる評価も同時に行った。また、診察者に舌所見から寒熱の

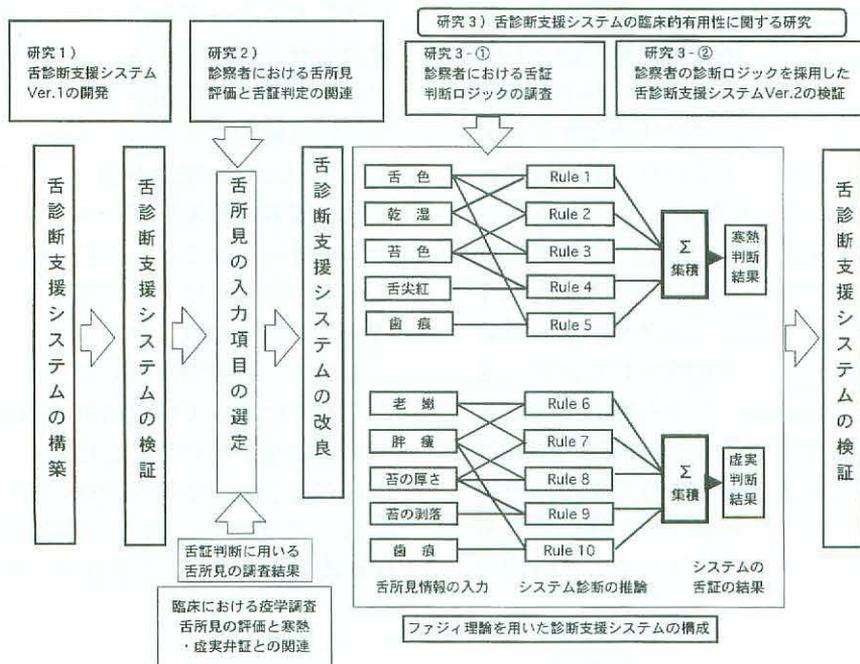


図1 舌診断支援システムの開発の概要

舌診断支援システムはファジィ理論を応用して構築され、研究1ではシステムの検証を行い、研究2では診察者における舌所見の評価と証判定の関連を調査した。研究3では複数名の診察者の証判定ロジックを導入にした舌診断支援システムを用いて、システムの臨床症例による検証を行った。

証（寒証，熱証，寒熱錯雑証，正常）と虚実の証（虚証，実証，虚実挟雑証，正常）の判定もさせた。

3) 舌診断支援システムVer.1の構築とその正診率の検証方法

(1) 本システムの基本構成

舌診断支援システムVer.1は、ファジィ理論を用いて舌所見情報より舌証を判定する診断支援システムである<sup>30)</sup>。本システムは、寒熱の判定シ

テムと虚実の判定システムの2つから成り、それぞれについて5つの舌所見情報から舌証の判定ができるように、5つのファジィ推論を設定して構築した。なお、5つのファジィ推論部のうち、3つは主力推論、2つは補助推論とした。これらの5つの推論結果を統合して、寒熱、虚実それぞれの舌証判定が出力されるようにした(図1右はシステムVer.2であるがシステムの基本構造は同じ)。

なお、本システムはMATLAB5.2.1とFuzzy Logic Toolbox (MathWorks社製)を用いて、

表1 舌診評価用紙と舌形評価用紙

舌診評価用紙		検査番号: _____	氏名: _____	調査年 月 日 時 分 天候: _____
患者の舌所見をみて、各項目ごとに評価し、○印を付けて下さい。		性別: 男・女	年齢: _____	○の大きさはこの程度で付けて下さい
1) 舌色 : 淡白舌・やや淡白舌・淡紅・やや紅舌・紅舌 やや暗紅・暗紅・他 _____	例 :	舌色: 淡白	紅舌	
2) 舌尖紅: ない・僅かにある・ある・明瞭にある	明るい	舌尖紅: 無	暗い	明瞭
3) 乾湿 : 湿润・やや湿润・適度・やや乾燥・乾燥	乾湿: 湿润	乾湿: 湿润	乾燥	乾燥
4) 老嫩 : 嫩舌・やや嫩舌・普通・やや老舌・老舌	舌形: 嫩舌	舌形: 嫩舌	老舌	老舌
5) 瘦胖 : 瘦せて小さい・やや瘦小・普通・やや胖大・胖大	瘦小	瘦小	胖大	胖大
6) 歯痕 : ない・不明瞭・少し・ある・明瞭	歯痕: 無	歯痕: 無	明瞭	明瞭
7) 裂紋 : ない・不明瞭・少し・ある・明瞭	裂紋: 無	裂紋: 無	明瞭	明瞭
8) 舌下静脈怒張: ない・不明瞭・少し・ある・明瞭	舌下静脈怒張: 無	舌下静脈怒張: 無	明瞭	明瞭
9) 苔色 : 白苔・白黄苔・黄苔・灰苔・焦黄苔・黑苔	苔色: 白苔	苔色: 白苔	黑苔	黑苔
10) 苔の厚さ: 無苔・少苔・薄苔・やや厚苔・厚苔	苔の厚さ: 無	苔の厚さ: 無	厚苔	厚苔
11) 苔の剥落: ない・不明瞭・少し・ある・明瞭	苔の剥落: 無	苔の剥落: 無	明瞭	明瞭
◎舌所見からの舌証を判断して書いて下さい。 ※寒熱錯雑、虚実挟雑は両方に○印を、強弱があれば不等号を記入。				
舌証 : 寒熱 : 寒・やや寒・正常・やや熱・熱	舌証 : 寒	熱	熱	
虚実 : 虚・やや虚・正常・やや実・実	虚実 : 虚	実	実	
その他: _____				

舌形評価用紙		温度: _____	湿度: _____	性別: 男・女	年齢: _____	※評価写真番号: _____
舌形評価をして頂く方へ 画面上にある舌写真をみて、以下の項目に当てはまる所に○印を付けて下さい。 また、右スケールにも同様にて当てはまる所に○印を付けて下さい。						
1) 嫩舌・やや嫩舌・普通・やや老舌・老舌 〔老〕: 舌表面の突起が少く、舌体が軟弱し、舌色が暗く、舌苔が厚くなること。 〔嫩〕: 舌表面の突起が多くなり、舌体が硬くなること。	嫩舌	老舌				
2) 瘦せて小さい・やや瘦小・普通・やや胖大・胖大 〔胖大〕: 舌体は正常より厚く、舌先が尖り、口の幅が狭くなること。 〔瘦小〕: 舌体は正常より薄く、舌先が丸くなること。	瘦小	胖大				
3) 歯痕が: ない・不明瞭・少し・ある・明瞭 〔不明瞭〕: 歯痕の深さが浅く、歯痕が不明瞭なもの。 〔少し〕: 歯痕の深さが浅く、歯痕が不明瞭なもの。 〔ある〕: 歯痕の深さが浅く、歯痕が不明瞭なもの。 〔明瞭〕: 歯痕の深さが浅く、歯痕が不明瞭なもの。	歯痕がない	歯痕が明瞭				
4) 裂紋が: ない・不明瞭・少し・ある・明瞭 〔ない〕: 裂紋がない。 〔少し〕: 裂紋の深さが浅く、裂紋が不明瞭なもの。 〔ある〕: 裂紋の深さが浅く、裂紋が不明瞭なもの。 〔明瞭〕: 裂紋の深さが浅く、裂紋が不明瞭なもの。	裂紋がない	裂紋が明瞭				
5) 苔がない・少しの苔・薄い苔・やや厚い苔・厚い苔 〔苔がない〕: 舌表面に苔が認められない。〔少しの苔〕: 舌表面に薄く、舌苔が認められること。 〔薄い苔〕: 舌表面に薄く、舌苔が認められること。 〔やや厚い苔〕: 舌表面に薄く、舌苔が認められること。 〔厚い苔〕: 舌表面に薄く、舌苔が認められること。	苔がない	苔が厚い				
6) 剥落が: ない・不明瞭・少し・ある・明瞭	苔の剥落がない	剥落が明瞭				
上記の所見から、虚実舌証を判断すれば何が考えられるか、書いて下さい。 なお、虚実が挟雑する場合は両方のところに○印を付けて下さい。 虚・やや虚・正常・やや実・実						
虚	実					

表1 上段は研究1，研究3に用いた舌診評価用紙である。表1 下段は研究2における舌形評価と証判定の関連性の調査で用いた評価用紙である。評価はいずれもカテゴリカルスケールとVisual analogue scaleにより行われた。

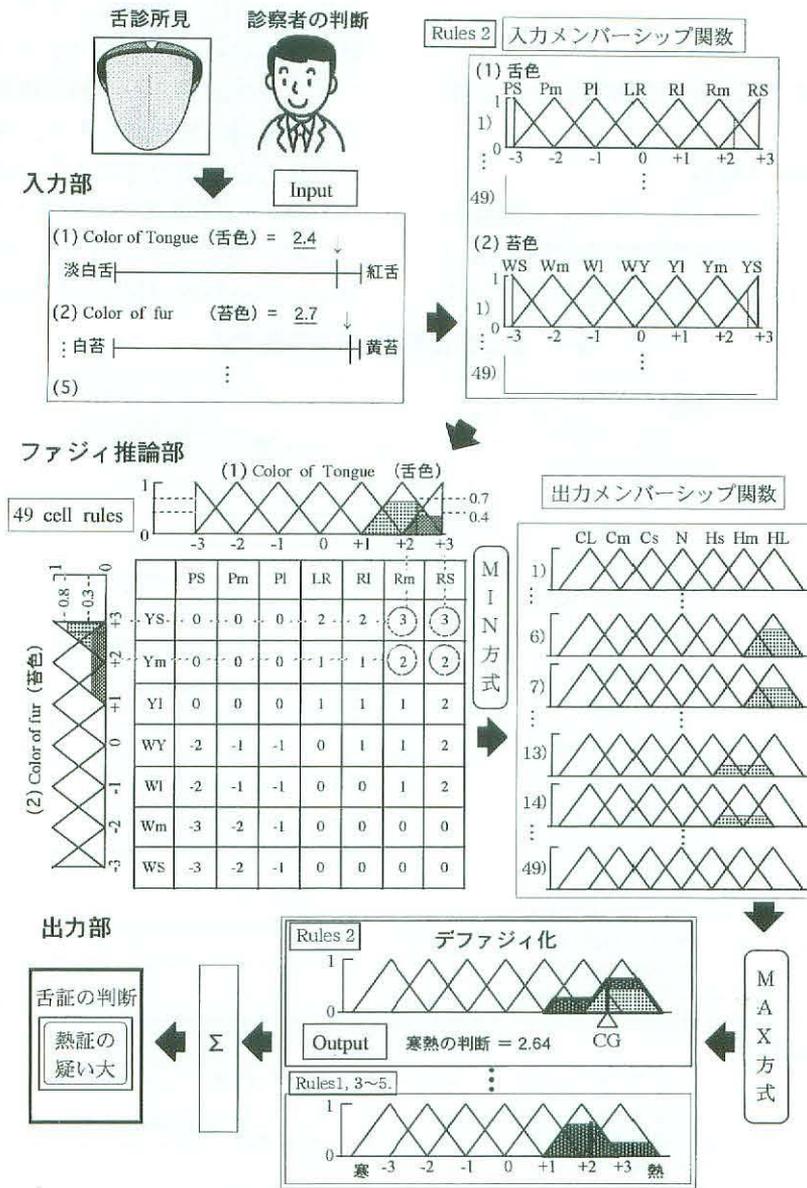


図2 ファジィ理論と舌診断支援システムの概説

図は研究1の舌診断支援システムの構成の一部を示している。ファジィ推論法をシステムのRules 2を取り上げて、舌所見情報の入力から出力の判定結果までの概要を示している。

パーソナルコンピュータ (Power Book G3, Apple社製) で作成した。ファジィシステムは Mamdaniファジィ推論法、非ファジィ化手法に重心法を用いた (図2, 詳細は付録に記載)。

(2) システムVer.1における舌所見の入力項目と証判定の出力値の設定

初期の段階では、舌所見の入力項目および舌証の種類については、主に『中医診断学』などの中国伝統医学の成書をもとに選定し<sup>(2)</sup>、前述の舌診

断支援システムVer.1を構築した。なお舌所見の項目は舌色、乾湿、苔色、苔の厚さ、老嫩、胖瘦、苔の厚さ、齒痕、苔の剥落とした。

また、本システムにおける寒熱の判定は、出力値が負値 ( $-3 \leq x \leq -0.5$  の間) で値が低くなるほど寒証の疑いが強くなり、逆に出力値が正值 ( $0.5 \leq x \leq 3$  の間) で値が高くなるほど熱証の疑いが強くなるように設定し、出力値が  $-0.5 < x < 0.5$  の間であれば正常と判定するように、出力メンバーシップ関数より任意に設定した。な

お寒熱錯雑証のように、寒証と熱証の所見が混じる場合があるが、この場合には各ファジィルールの出力値が負値と正值の両方を認め、統合する段階で出力値が互いに加減されて、正常の範囲となるため、加減される値がある一定基準を越えると、寒熱錯雑証と判定できるように設定した。

### (3) 本システムの診断能力の検証方法

舌診断支援システムVer.1の診断能力の検証は、診察者による舌証の判定結果とシステムVer.1が判定した結果との正診率（一致率）と感度、特異度を算出して行った。正診率は全症例の中で診察者における舌証の判定結果とシステムVer.1の診断結果との一致率とした。感度は証別の一致率とした。例えば、寒熱の証では、診察者の判定が30例で、その内でシステムVer.1が寒証と判定し得た症例数が24例とすると、感度は24/30例となり、80.0%となる。また、特異度とは、感度が陽性の一致率を示すことに対して、陰性の一致率を示すものである。例えば、寒証の特異度では診察者が寒証以外の証と判定した場合で、システムの判定が寒証以外の証とした場合を一致とみなし、その比率を示す。

## 2. 舌所見の評価と舌証の判定との関連性に関する研究（研究2）

### 1) 評価者

評価者は本学学生、大学院生、研修生、教員とし、調査内容を口頭で説明し、本調査に対する同意が得られた者（同意書に記載した者）に調査を実施した。その際、調査項目が多くなるために、評価者を舌色を評価する者と舌形を評価する者に分け、それぞれの評価で臨床経験3年未満の者（以降は初心者）と臨床経験3年以上の者（以降は経験者）が均等になるように調整した。その結果、舌色の評価を担当する診察者は37例で、初心者は26例（男性15例、女性11例、平均年齢22.8±1.1歳）、経験者は11例（男性10例、女性1例、平均年齢32.4±6.8歳）であった。また、舌形の評価を担当する診察者は38例で、初心者は27例（男性21例、女性6例、平均年齢24±4.3歳）、経験者は11例（舌の色識別の調査と同様の対象）であった。調査期間は2003年1月27日から2月7日までの18日間で、両方の評価を担当した者は初心者で7例、経験者で11例であった。なお、舌色の評価者には、色覚異常の有無を調査するために、

簡便法である石原式色覚異常検査（24表国際版、金原出版社）、標準色覚検査表（第3部検診用、医学書院）、FarnsworthパネルD-15テスト（Luneau社製）を用いた。

本研究は学内研究倫理委員会の承認を得て行った。

### 2) 舌所見の評価および舌証の判定の実施方法

評価者による舌所見の評価および舌証の判定は、舌画像を用いて行った。

#### (1) 舌画像の選定

舌画像の作成は、人工太陽灯と積分球、画像補正用カラーチャートを装備した舌診画像システム（ナチュラルカラーマッチング画像システム、サン・ナチュラル社）<sup>39</sup>とデジタルカメラ（EOS D60, Canon社製）を用いて撮影された成人ボランティア120例の舌画像360枚から、調査に必要な舌所見を含む舌画像34枚を選定し、コンピュータにて画像補正した。これらをさらに舌色用として16枚を、舌形用として18枚を選別した。次に臨床経験3年以上の舌診に精通した診察者6例にカテゴリカルスケールによる予備調査を行い、模範判定を作成した上で調査に必要な舌所見項目が満たされているかを検討し、最終的に舌色の評価用として9枚を、舌形の評価用として9枚を選出した。

#### (2) 舌画像の画像補正および画像測色・計測の方法

舌画像は、画像補正用カラーチャート（CAS-MATCH, ペアームディック社）を用いて色補正とサイズ補正を行った<sup>34</sup>。画像測色は舌写真の舌背の中央部9カ所（苔色の観察相当部位）、舌縁部6カ所（舌色の観察相当部位）を画像ソフト（Photoshop 5.5, Adobe社製）にてL\*a\*b\*値を測色した（測色は茸状乳頭（紅点、瘀点）を避けて、各画像で均等に測色できるようにした）。また、舌の大きさも画像ソフトによって計測した。

#### (3) 舌所見の模範評価および舌証の模範判定の設定

上記の方法で最終的に選出された舌画像を舌診に精通した診察者3例、(1)の評価者以外の者による結果と、舌画像の測色・計測の結果をもとに模範となる舌所見の評価と舌証の判定を作成して、これらを判定基準とした。

#### (4) 実施方法

舌画像提示による評価者の舌所見および舌証の判定は、外光から遮光された一定光源下（色評価用高演色性蛍光灯）で、室温（平均気温 $18\pm 2^{\circ}\text{C}$ ）、湿度（平均湿度 $55\pm 4\%$ ）もほぼ一定環境下で行った。舌画像はパーソナルコンピューター（Power Macintosh G3, Apple社製）のディスプレイに描画した。なお、ディスプレイは検者用と評価者用の2台を用意し、評価者用のディスプレイはモニターフードにて照明灯の反射を遮光し、色の対比効果を避けるために画面の背景を中灰色地した<sup>35)</sup>。また、調査では官能検査に基づく closed panel 法を用いた<sup>36)</sup>。舌画像テストでは、検査者がディスプレイ上に舌画像9枚を1枚ずつ提示して、評価者に舌の色を判定させた。なお、ディスプレイに提示する舌画像の順序は無作為に行った。

舌色の識別は、5段階のカテゴリカルスケール（Categorical Scale：CS評価と略す）とVisual Analogue Scale（VAS評価と略す）で評価させ、舌色による寒熱の証の判定も同時に行わせた（表1上段は研究1、3の評価用紙であるが、舌色、苔色、寒熱の証判定の部分は同様である）。例えば、舌色のCS評価では淡白舌・やや淡白舌・淡紅・やや紅舌・紅舌に分け、舌画像を見ながら、舌色の当てはまる場所を選ばせた。舌形状の判定は、老嫩、胖大・瘦小、齒痕、裂紋、苔の厚さ、苔の剥落の6項目とし、舌形状による虚実の証を判定させた（表1下段）。

なお、実施に当たっては、評価者全員に眼精疲労調査（眼の状態に関する質問項目16項目より成る）を行い、眼の疲労状態がないことを確認した上で実施した。また、舌診の活用の有無、実際の臨床における舌診の活用状態などのアンケートも併せて行った。さらに国際版石原表及び標準色覚検査表を用いた色覚異常検査も行った。最後にはFarnsworthパネルD-15テストを行った。

### 3. 舌診断支援システムの臨床的有用性に関する研究（研究3）

#### 1) 対象

##### (1) 舌証判定ロジックの調査対象

舌診における証判定ロジックの調査対象は、舌診に精通し臨床で舌診を応用している臨床経験5年以上の診察者6例（男性6例、平均年齢 $36.8\pm 6.5$ 歳、臨床経験年数 $14.5\pm 6.4$ 年）とした。

##### (2) 舌所見および舌診の調査対象

2003年5月6日から7月15日の間に本学附属鍼灸センターを受診した患者80例を対象とした（男性24例、女性56例、平均年齢 $62.9\pm 18.7$ 歳）。

舌診の評価は、臨床経験3年以上の診察者6例が行った。

本研究は学内研究倫理委員会の承認を得て行った。

#### 2) 舌所見および舌証の評価方法

舌診の診察項目は、舌色、舌尖紅、乾湿の程度、舌尖紅、老嫩、胖大、瘦小、齒痕、苔色、苔の厚さ、苔の剥落とし、Visual analogue scale（10 cm scale）にて評価した。また同時に5段階のカテゴリカルスケールによる評価も行った。さらに舌証の判定は、舌所見より寒熱の判定（寒証、熱証、寒熱錯雑証、正常）と虚実の判定（虚証、実証、虚実挟雑証、正常の判定）をさせた（表1上段）。

#### 3) 舌診断支援システムVer.2の作成とその診断能力の検証方法

##### (1) 本システムの基本構成

システムVer.2はVer.1のシステムを基に、舌所見の入力項目、診断ロジックを再設定し、システムの推論部を改良して再構築した。特にVer.2の診断ロジックは、臨床経験5年以上の診察者6例の診断ロジックの調査結果を集計して、システムVer.1の構成をもとに設定し、それをVer.2に適合するように取り込んだ。

##### (2) 舌所見の項目設定

舌所見の項目の設定は、これまでの調査結果と<sup>37-39)</sup>研究2の調査結果とを参考に決定した。すなわち寒熱の証判定では「舌色>苔色>乾湿>舌尖紅>裂紋≒点刺>苔の厚さ≒齒痕」、虚実の証判定では「老嫩>齒痕>苔の剥落>胖大≒舌苔の有根・無根>苔の厚さ>裂紋≒瘦小>胖瘦（胖大・瘦小）」であったことから（表2）、システムに取り込む舌所見の項目として、寒熱の舌所見は「舌色、苔色、乾湿、舌尖紅、齒痕」とし、虚実判定の舌所見は「老嫩、齒痕、苔の厚さ、苔の剥落、胖瘦」とした。「胖瘦」とは、胖大と瘦小を合わせたものである。なお、これらの選択された舌所見の項目は舌尖紅の1項目を除いて、研究1の舌所見の項目と同様であった。

表2 寒熱・虚実の舌証判定に用いる舌所見の調査結果

寒熱の証判定	順位点数	虚実の証判定	順位点数
舌色	59	老嫩	43
苔色	41	齒痕	38
乾湿	26	胖大	20
舌尖紅	23	裂紋	9
裂紋	10	瘦小	8
点刺	9	胖瘦	3
苔の厚さ	6	苔の厚さ	16
齒痕	5	舌苔の根	19
		苔の剥落	23

表は舌証（寒熱および虚実の舌証）を判定する場合に用いる舌所見を舌所見18項目から5つ以上選択した結果を示す。また、選択した舌所見を舌証の判定する場合に、重要視する舌所見を順番に並べてもらった。それらを順序別に点数評価して集計した。

(3) 証判定ロジックの調査方法

証判定ロジックの調査は、診察者によって判定された寒熱と虚実の証を、それぞれ7段階の重み付け（ウェイトと略す）で表現した。例えば、寒熱の証判定のウェイトは寒証が大、寒証がある、寒証が少しある、正常、熱証が少しある、熱証がある、熱証が大とし、-3~3の整数で表現した。具体的には、舌色と苔色の項目が提示され、舌色が紅舌で苔色が黄苔であれば、寒熱の証は何かというように、2つの舌所見項目から証を判定させ、調査用紙の表2（36マス）に記入させた。

(4) 舌診断支援システムVer.2の診断能力の検証方法

システムVer.2の検証は診察者による舌証の判定結果と比較し、正診率、感度、特異度を求めた（検証法は研究1と同様）。

4. 統計処理

統計処理ソフトは Statview 5.0 (SAS Institute 社) を用いた。研究2の統計処理は等分散の検定を行った後に、CS評価ではMann-Whitney U test, VAS評価では対応のないT-test, Welch's t-testを行った。VAS評価における舌所見の評価と舌証の判定では値を間隔尺度として扱い、舌所見の評価と舌証の判定との関連はピアソン相関係数、分散分析によって有意差を求めた。

研究3の舌証の判定における舌診断支援システムの出力値は、Bartlett検定にて等分散の検定をした後、一元配置分散分析を行った。また、群間比較はScheffe'Fを用いた。研究2と同様に舌証の判定のVAS値およびシステムの出力値は間隔尺度として、ピアソン相関係数、分散分析を行った。

表3 舌証の判定ウェイトの調査用紙

**舌証の判断ウェイトの調査 (寒熱版)**      氏名： \_\_\_\_\_ 記入日：03年 \_\_月 \_\_日

X軸とY軸に示した舌所見で 寒熱の証を判断する 場合、寒熱の証判断ウェイト値を 座標の空欄に 記入して下さい。

参考例：尿から寒熱を判断する場合  
尿から寒熱を判断する場合は、尿の「量、色、回数」などを用いる。尿の量・色・回数によって、寒熱の証判断ウェイト値が異なる。図は寒熱の証判断ウェイト値を示し、証判断ウェイト値は-3~3で表す。

**〔記入例〕** 尿の量が非常に多い

尿の回数が非常に多い

**診断ウェイト値の記入**

※座標内の線上は両端の証判断ウェイト値の中間値となる。

※証判断ウェイト値は可能な限り記入して下さい。但し、どうしても定まらない所は、空欄にして下さい。

**証判断ウェイト値**

3：熱が強い

2：熱がある

1：少し熱がある

0：正常

-1：寒が少しある

-2：寒がある

-3：寒が強い

乾燥

黄苔

乾燥

表は診察者における舌所見から舌証を判定する場合の、証の判定ウェイトの調査用紙（寒熱の証判定用）である。

表4 寒熱における診察者の証判定結果とシステムの証判定結果の関係

研究1		舌診断支援システムの証判定結果					計	感度	特異度
		寒証	熱証	寒熱錯雑	正常				
診舌 察証 者判 定の 定	寒証	30	0	0	1	31	96.8%	95.2%	
	熱証	0	11	5	4	20	55.0%	100.0%	
	寒熱錯雑	2	0	5	2	9	55.6%	92.2%	
	正常	0	0	0	13	13	100.0%	88.3%	
	計	32	11	10	20	73	正診率	80.8%	

表の縦は寒熱における診察者の証判定結果を表し、表の横は寒熱の舌診断支援システムの証判定結果を表している。システムにおける寒熱の証判定の正診率は80.8%であった。システムの証判定の感度で最も高いのは正常の100%であり、次に虚証が高く、最も低かったのは寒熱錯雑であった。

表5 虚実における診察者の証判定結果とシステムの証判定結果の関係

研究1		舌診断支援システムの証判定結果				計	感度	特異度
		虚証	実証	虚実挟雑	正常			
診舌 察証 者判 定の 定	虚証	24	0	10	7	41	58.5%	93.8%
	実証	0	0	0	0	0		98.6%
	虚実挟雑	2	0	14	7	23	60.9%	80.0%
	正常	0	1	0	8	9	88.9%	78.1%
	計	26	1	24	22	73	正診率	63.0%

表の縦は虚実における診察者の証判定結果を表し、表の横は虚実の舌診断支援システムの証判定結果を表している。システムにおける虚実の証判定の正診率は63%であった。システムの証判定の感度で最も高いのは正常であり、虚証と虚実挟雑は低かった。

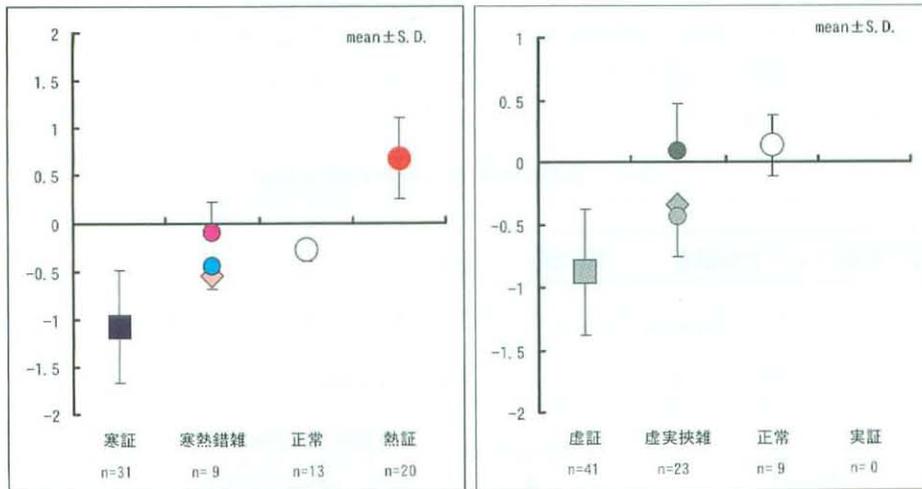


図3 舌証の判定結果と研究1のシステムによる寒熱・虚実の出力値

図は73例の臨床データにおける診察者の舌診結果と研究1の舌診断支援システムの出力値との関係を示している。横軸が診察者の舌診結果を、縦軸がシステムの出力値を示す。なお、寒熱錯雑と虚実挟雑の出力値は平均値を◆で現し、●は2系統の推論（主力推論と補助推論）から出力される値の高値と低値の平均値を示す。

### III. 結果

#### 1. 舌診断支援システムVer.1の開発に関する研究(研究1)

診察者の舌証の判定結果は、寒熱の証判定において、寒証が31例で最も多く、寒熱錯雑証が9例、正常13例、熱証が20例であった。虚実の証判定では、虚証41例、虚実挟雑23例、正常9例となり、実証は認めなかった。

一方、舌診断支援システムVer.1の結果は、寒

証が32例、寒熱錯雑証が10例、正常20例、熱証が11例であり、正診率は80.8%であった(表4)。寒熱の判定の感度は寒証が96.8%、正常100%が高く、熱証と寒熱錯雑がいずれも約55%と低かった。特異度は寒証95.2%、熱証100%、寒熱錯雑92.2%、正常が88.3%であり、いずれも高かった。

寒熱判定におけるシステムの出力値では寒証が最も低くなり、熱証が最も高くなり、寒熱錯雑と正常は0に近い値を示した(図3左)。

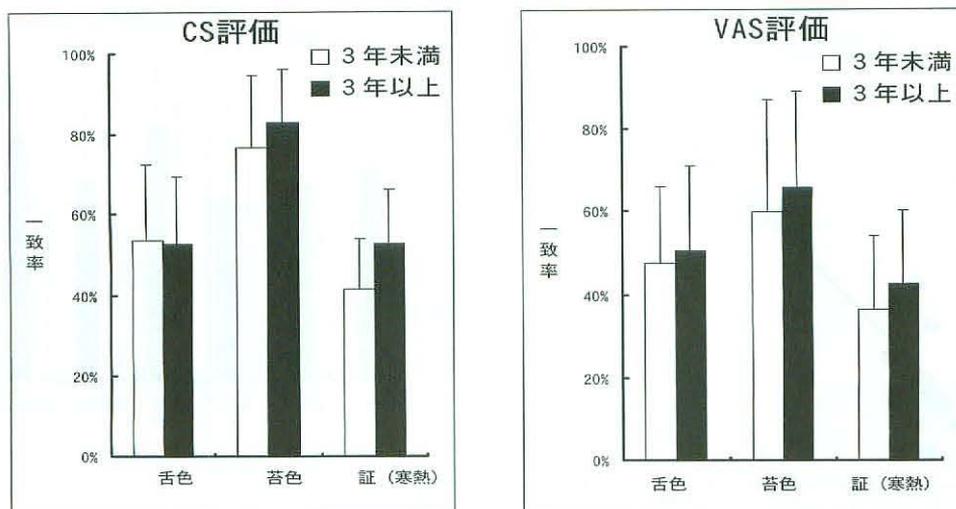


図4 臨床経験別における舌の色所見の模範評価・舌証の模範判定との一致率

図は診察者の臨床経験別における舌の色所見の模範評価および舌証の模範判定（寒熱の証判定）との一致率を示す。左側は全舌画像9枚のCS評価の一致率の平均と標準偏差を、右側は全舌画像9枚のVAS評価の一致率の平均と標準偏差を示す。なお、臨床経験3年未満を3年未満、臨床経験3年以上を3年以上と略す。

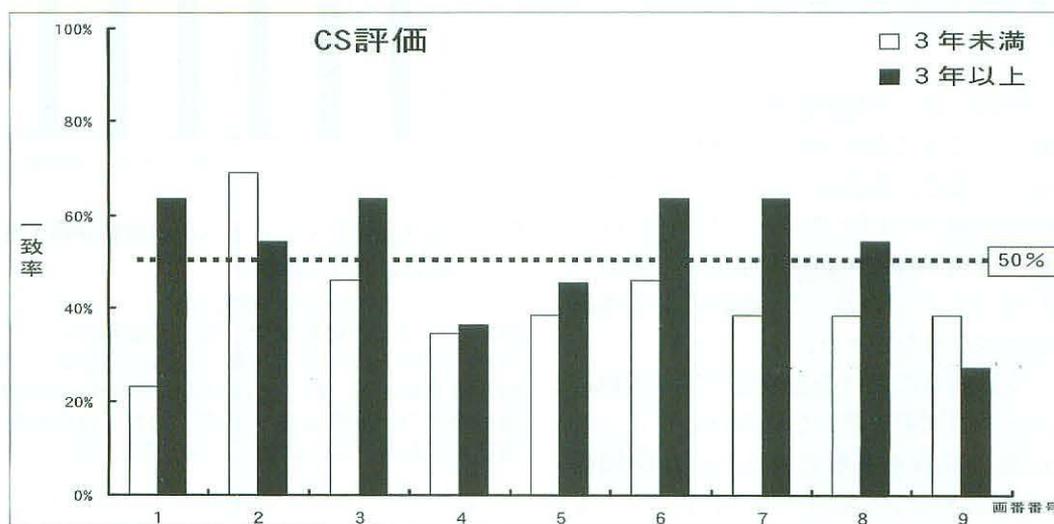


図5 臨床経験別における舌画像9枚の模範評価との一致率（舌色のCS評価）

図は診察者の臨床経験別における舌画像9枚の模範評価の一致率を示す。破線は舌色のCS評価の一致率50%を示し、臨床経験3年以上の診察者は臨床経験3年未満の者よりも一致率が高い写真が多かったことが判る。

また、虚実の判定結果は虚証26例、虚実挟雑24例、実証1例、正常22例となり、正診率は63%と低かった（表5）。虚実の判定におけるシステムの感度は正常が最も高く、虚証、虚実挟雑が約60%で低かった。特異度は虚証93.8%、実証98.6%、虚実挟雑80%、正常が78.1%であり、概ね8割以上であった。舌証の虚実判定におけるシステムの出力値では虚証が最も低くなり、正常は0に近い値となった。虚実挟雑は正值と負値が混在していた（図3右）。

## 2. 舌所見の設定と舌証の判定との関連性に関する研究（研究2）

### 1) 舌色の評価結果

全舌画像9枚における臨床経験別舌所見の模範評価および舌証の模範判定との一致率をみると、CS評価では舌色、苔色ともに臨床経験の差を認めず、VAS評価も同様に舌色、苔色ともに臨床経験の差を認めなかった（図4）。また、寒熱の証判定もCS評価、VAS評価ともに臨床経験の差を認めなかった。但し、CS評価による寒熱の証判定では統計的な差が認められなかったも

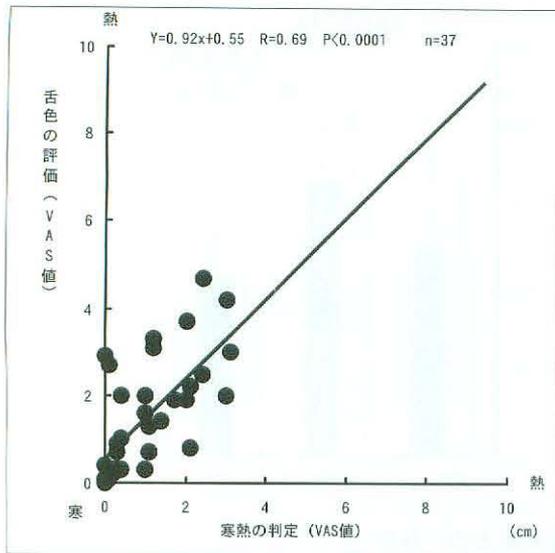


図6 舌色の評価と寒熱の証判定の関係 (代表例)

図は診察者における舌色の評価 (VAS評価) と寒熱の証判定 (VAS評価) の関係を表している。舌色の評価と寒熱の証判定の間に有意な相関 ( $R=0.69$ ,  $P<0.0001$ ) が認められた。

の、他の項目に比べて臨床経験の差による傾向が認められた。このことから舌画像9枚の各々の一致率をみても、舌証の一致率が50%を超える場合が臨床経験3年以上で多かった (図5)。なお、舌色、苔色では臨床経験3年以上の者の一致率が高い写真もあったが、CS評価による寒熱の舌証ほど差は認めなかった。

次に、全評価者における舌の色所見 (舌色と苔色) と舌証との関連を検討してみたところ、舌色では舌画像の9枚中8枚に舌証との相関関係 (VAS評価) を認めた (代表例を図6に提示)。また、苔色では舌画像の9枚中1枚に舌証との相関関係 (VAS評価) を認めた。この結果から寒熱の判定には舌色が深く関与していることが判った。

## 2) 舌形の評価の結果

舌形の評価では、全画像9枚における臨床経験別の模範評価との一致率をみても、CS評価による老嫩、胖瘦で臨床経験の差が認められた (図7上)。また、VAS評価による証判定でも臨床経験の差が認められた (図7下)。

次に舌形の各画像における臨床経験の差をみても、老嫩はCS評価、VAS評価ともに画像9枚中1枚に差が認められ、胖瘦はCS評価で9枚中2枚、VAS評価で1枚に差が認められた。苔の厚さはCS評価、VAS評価ともに画像9枚中

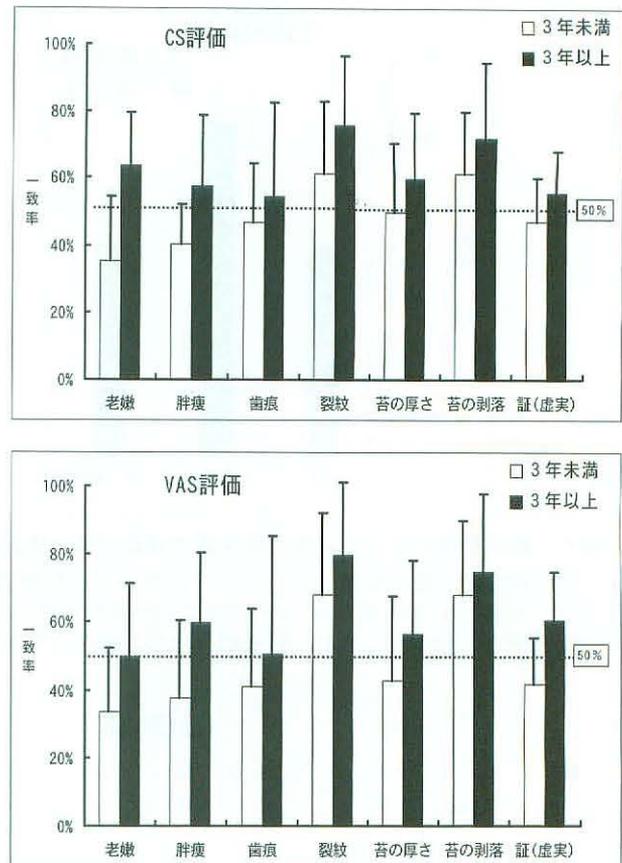


図7 臨床経験別における舌形の模範評価・舌証の模範判定との一致率

図は診察者の臨床経験別における舌形評価の模範評価および舌証の模範判定 (虚実の証判定) との一致率を示す。図上段は全舌画像9枚のCS評価の一致率の平均と標準偏差を、図下段は全舌画像9枚のVAS評価の一致率の平均と標準偏差を示す。なお、臨床経験3年未満を3年未満、臨床経験3年以上を3年以上と略す。

3枚に有意な差が認められた (代表例を図8左に提示)。裂紋はCS評価で9枚中1枚 (図8右) に、VAS評価で画像9枚中3枚に差が認められた。また、虚実の証判定でもVAS評価で9枚中1枚に差が認められた。

これらの結果から、臨床経験の差は「苔の厚さ」や「裂紋」の評価に関与し、「齒痕」や「苔の剥落」の評価には全く関与しないことが認められた。

全評価者における舌形所見と舌証との関連を検討したところ、老嫩と齒痕では舌画像9枚中3枚に舌証との相関関係 (VAS評価) を認めた (老嫩と齒痕の代表例を図9に提示)。また、老嫩と苔の厚さでは9枚中2枚に舌証との相関関係 (VAS評価) を認め、裂紋と苔の剥落は9枚中1枚だけに舌証との相関関係を認めた。この結果から虚実の判定には老嫩、齒痕が関与するものと思

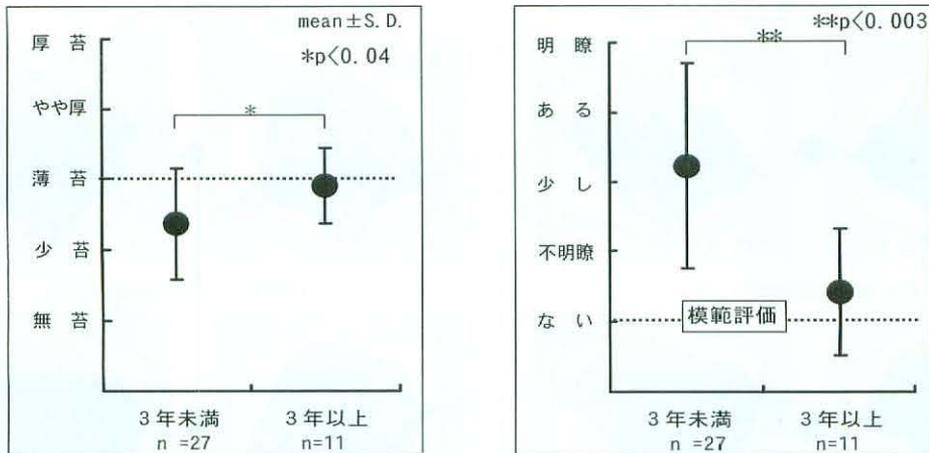


図8 臨床経験別における舌の厚さ評価と裂紋の評価 (代表例)

図左は臨床経験別における舌の厚さ評価 (CS評価) を示し、臨床経験3年の診察者は模範評価に近い評価をしていることが判る。図右は臨床経験別における裂紋の評価 (CS評価) を示し、臨床経験3年の診察者は3年未満の診察者に対して模範評価とほぼ一致しているのが判る。

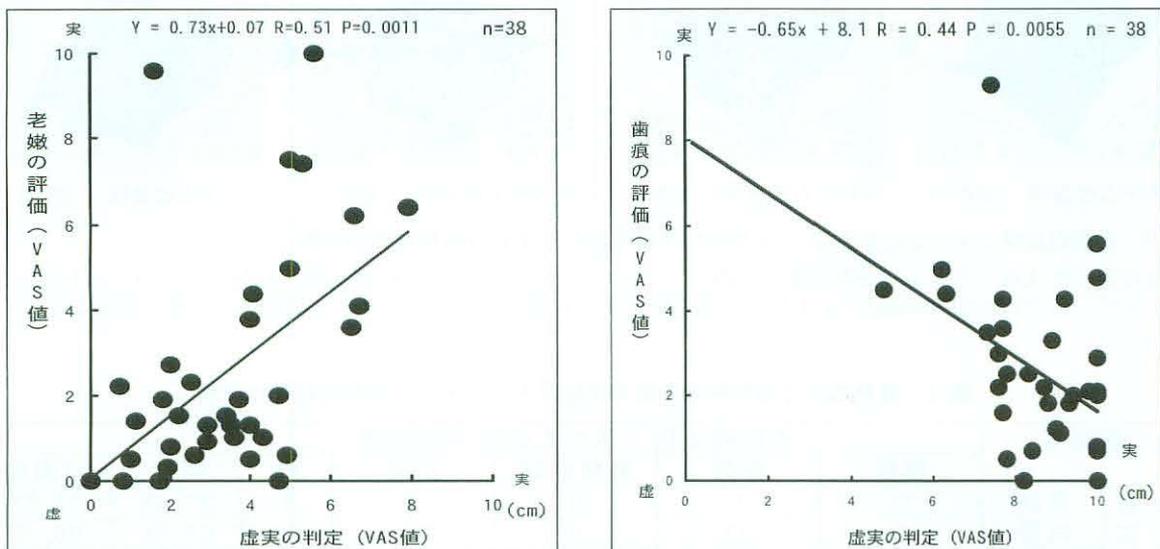


図9 老嫩および齒痕の評価と虚実の証判定の関係 (代表例)

図左は診察者における老嫩の評価 (VAS評価) と寒熱の証判定 (VAS評価) の関係を示している。老嫩の評価と虚実の証判定の間に有意な相関 ( $R=0.51$ ,  $P=0.0011$ ) が認められた。図右は齒痕の評価 (VAS評価) と虚実の証判定 (VAS評価) の関係を示している。齒痕の評価と虚実の証判定の間に有意な相関 ( $R=0.44$ ,  $P=0.0055$ ) が認められた。

われた。

なお、評価者には色覚異常は認められず、眼精疲労の状態によって舌色や舌形の評価、および証の判定が影響することはなかった。

### 3. 舌診断支援システムの臨床的有用性に関する研究 (研究3)

#### 1) システムVer.2における舌証判断ロジックの調査結果

診断ロジックの調査結果を3次元的に表すと図

10のようになる。図10の左は寒熱の証判断Rules 1~3の判断ウェイトを示し、右は虚実の証判断Rules 6~8の判断ウェイトを示す (これらの代表例のRulesはいずれも寒熱や虚実証判断のフェジ推論の主力部分にあたる)。研究3における寒熱および虚実の各々Rulesの判断ウェイトは、基本的に研究1の判断ウェイトと類似していた。研究1の判断ウェイトは均衡あるいは対称的であったのに対して、研究3の判断ウェイトは部分的な偏りを認めた。それは研究1では専門書を参考に

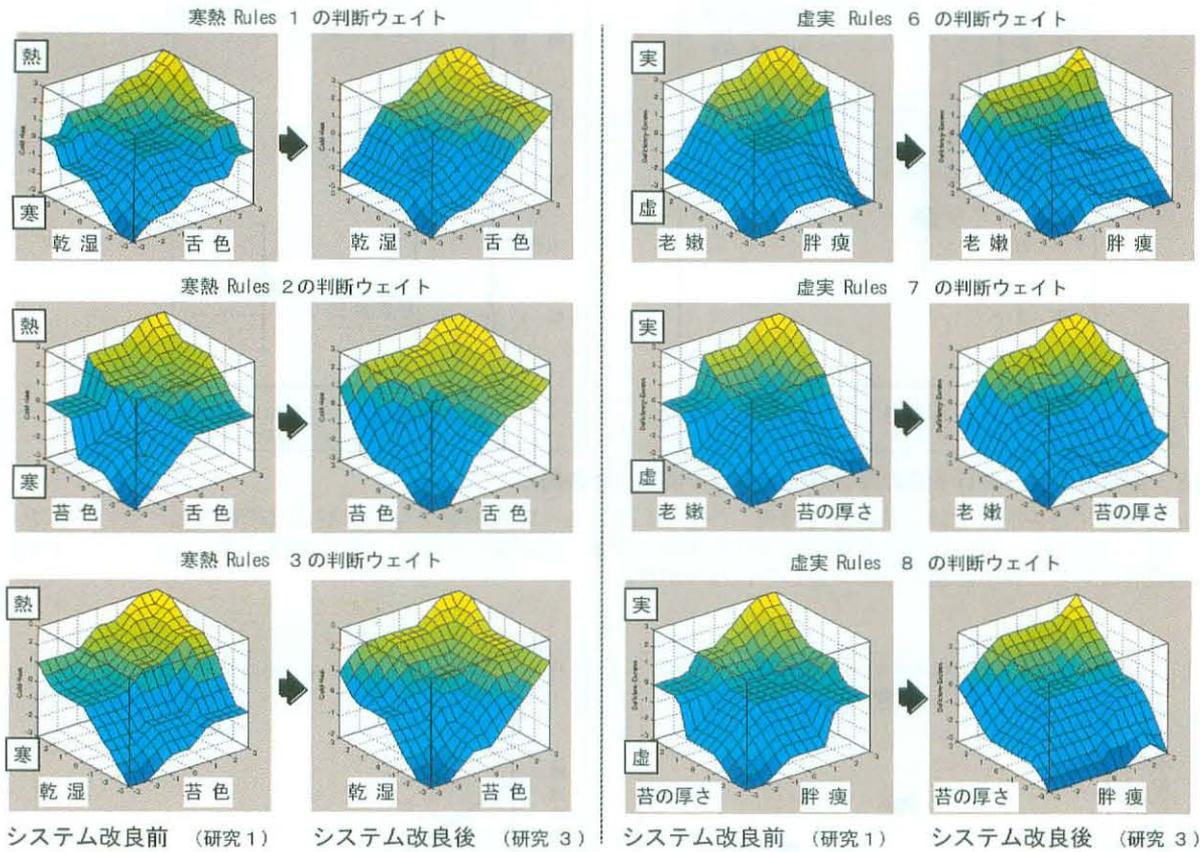


図10 舌診断支援システムの診断ロジックにおける判定ウェイトの改良前後の比較

図は舌診断支援システムの寒熱診断 (Rules 1～3) の判定ウェイトと虚実診断 (Rules 6～8) の判定ウェイトを示す。各々のRulesの判定ウェイトは左側が研究1, 右側が研究3のシステムの判定ウェイトである。

表6 寒熱における診察者の証判定結果とシステムの証判定結果の関係

研究3		舌診断支援システムの証判定結果						
		寒証	熱証	寒熱錯雑	正常	計	感度	特異度
診 察 者 判 定 の 定	寒証	25	1	0	9	35	71.4%	97.8%
	熱証	0	23	0	11	34	67.6%	95.7%
	寒熱錯雑	1	0	2	1	4	50.0%	100.0%
	正常	0	1	0	6	7	85.7%	71.2%
	計	26	25	2	27	80	正診率	70.0%

表の縦は寒熱における診察者の証判定結果を表し、表の横は寒熱の舌診断支援システムの証判定結果を表している。システムにおける寒熱の証判定の正診率は70%であった。システムの証判定の感度で最も高いのは正常の85.7%であり、最も低いのは寒熱錯雑であった。

表7 虚実における診察者の証判定結果とシステムの証判定結果の関係

研究3		舌診断支援システムの証判定結果						
		虚証	実証	虚実挟雑	正常	計	感度	特異度
診 察 者 判 定 の 定	虚証	51	0	1	6	58	87.9%	50.0%
	実証	3	0	1	3	7	0.0%	100.0%
	虚実挟雑	6	0	3	1	10	30.0%	97.1%
	正常	2	0	0	3	5	60.0%	86.7%
	計	62	0	5	13	80	正診率	71.3%

表の縦は虚実における診察者の証判定結果を表し、表の横は虚実の舌診断支援システムの証判定結果を表している。システムにおける虚実の証判定の正診率は71.3%であった。システムの証判定の感度で最も高いのは虚証の87.9%であり、逆に実証は最低の感度であった。

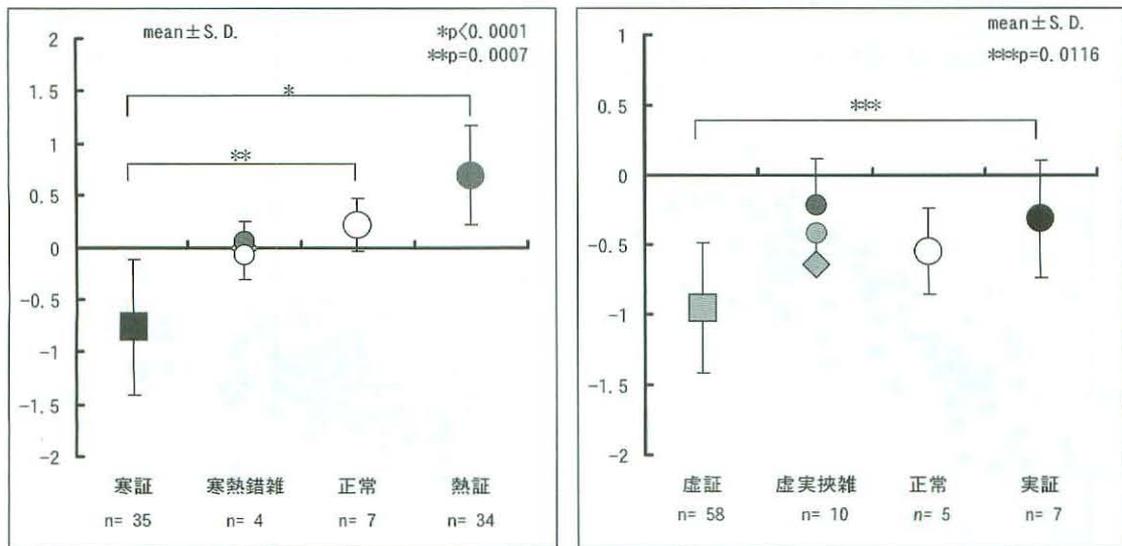


図11 舌証の判定結果と研究3のシステムによる寒熱・虚実の出力値

図は80例の臨床データにおける診察者の舌証判定と研究3の舌診断支援システムの出力値との関係を示し、図左が寒熱の証判定の関係を、右側が虚実の証判定の関係を示している。横軸が診察者の証判定結果を、縦軸がシステムの出力値を示す。なお、寒熱錯雑と虚実挾雑の出力値は平均値を◆で現し、●は2系統の推論（主力推論と補助推論）から出力される値の高値と低値の平均値を示す。寒熱の証判定の関係では寒証と熱証のシステム出力値の間に有意差があり (P<0.0001)、寒証と正常の間にも有意差が認められた (P=0.0007)、虚実の証判定の関係では虚証と実証のシステム出力値の間にも有意差が認められた (P=0.0116)。

理論的に作成したのに対して、研究3では診察者の判断ウェイトを基に作成したために、部分的な偏りとなって現れた。特に研究3では「熱」の判定に偏りがあることが示された。

2) システムVer.2の正診率と感度、特異度

診察者の舌証の判定結果は、寒熱の証判定において、寒証が35例で最も多く、寒熱錯雑証が4例、正常7例、熱証が34例であった。虚実の証判定では、虚証58例、虚実挾雑10例、正常5例、実証7例であった。舌診断支援システムVer.2の結果では、システムによる寒熱の判定結果は寒証が26例、寒熱錯雑証が2例、正常27例、熱証が25例であり、寒熱の判定におけるシステムの正診率は70%であった。診察者によって寒証と判定された症例の中で、システムも寒証と正しく判定できた症例数は25例であり、システムの寒証の感度は71.4%となった。同様に熱証の感度は67.6%、寒熱錯雑の感度は50%と低く、正常の感度は85.7%と高かった (表6)。また、特異度では寒証97.8%、熱証95.7%、寒熱錯雑100%、正常71.2%であり、寒熱錯雑が最も高く、正常が低い値となった。

舌証の寒熱判定におけるシステムの出力値では寒証が最も低く、熱証が最も高くなり、寒熱錯雑と正常は0に近い値を示した。舌証の結果と寒熱の出力値の関係は研究1と同様な傾向を示し、舌

証判定の群間で寒証と熱証との間 (P<0.0001)、寒証と正常の間に有意な差 (P=0.0007) が認められた (図11左)。また、診察者による舌証判定のVAS値とシステムの出力値との関係は有意な相関 (R=0.78, p<0.0001) が認められた (図12左)。

次に、システムVer.2による虚実の判定結果は虚証62例、虚実挾雑5例、正常13例となり、実証は認めなかった。虚実の判定におけるシステムVer.2の正診率は71.3%となった。診察者により虚証と判定された症例の中で、システムVer.2も虚証と正しく判定できた症例数は51例であり、システムの虚証の感度は87.9%となった。同様に虚実挾雑の感度は30%と低く、実証の感度は最も低い0%であり、正常の感度は60%であった (表7)。また、特異度は虚証50%、実証100%、虚実挾雑97.1%、正常86.7%であり、虚証が最も低い値となった。

舌証の虚実判定におけるシステムの出力値では虚証が最も低くなった。しかし、実証、虚実挾雑と正常はほぼ同様な値を示した。舌証の結果と虚実の出力値の関係では、虚証と実証の間に有意な差 (P=0.0116) が認められた (図11右)。また、診察者による舌証判定のVAS値とシステムの出力値との関係は有意な相関 (R=0.49, p<0.0001) が認められた (図12右)。

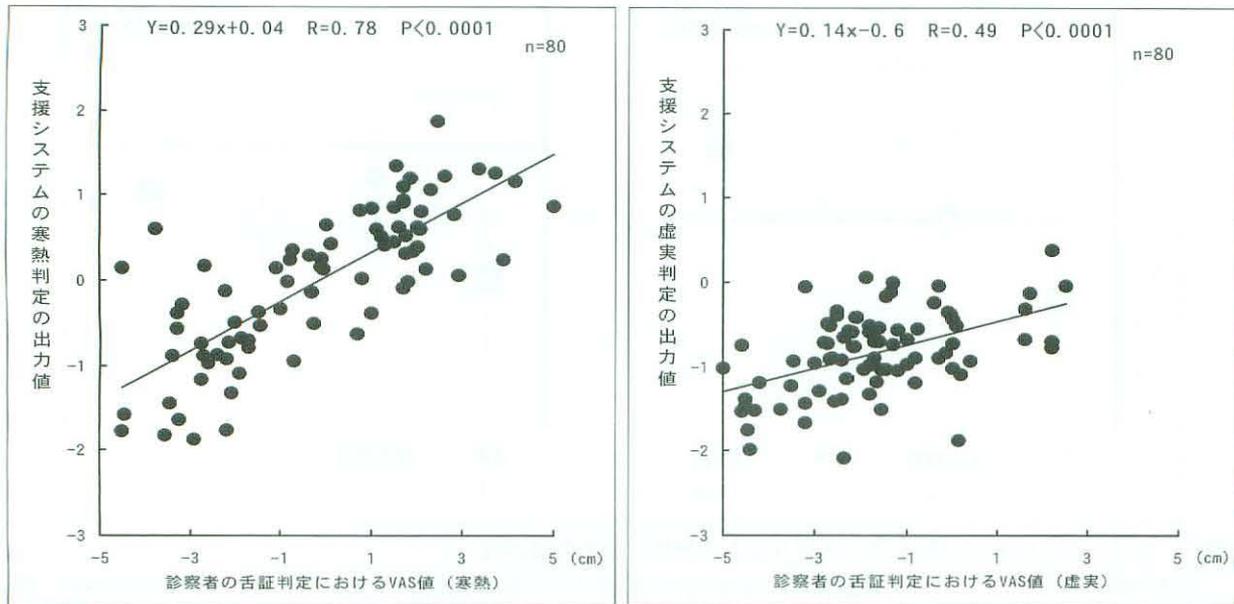


図12 診察者の舌証判定と支援システムの寒熱・虚実の出力値の関係

図左は診察者の舌証判定におけるVAS評価（寒熱の証判定）と研究3のシステムにおける寒熱判定の出力値の関係を表し、診察者による寒熱のVAS評価とシステムの出力値の間に有意な相関（ $R=0.78$ ,  $P<0.0001$ ）が認められた。図右は診察者の舌証判定におけるVAS評価（虚実の証判定）とシステムの虚実判定の出力値の関係を表し、診察者による虚実のVAS評価とシステムの出力値の間に有意な相関（ $R=0.49$ ,  $P<0.0001$ ）が認められた。

#### IV. 考察

中国伝統医学における診察とは、四診法により得られた診断情報を総合的に処理して「証」を判定することである。しかし、証の判定は五感による診察情報から導き出されるために主観的、経験的な判定となっている。このために診察者の知識や経験の違いによって、診察所見の判定基準や証の診断が異なることがあり、診察技術を修得する上で大きな課題となっている。

これまでも中国伝統医学の診察法の客観的研究は進められてきたが<sup>40-45)</sup>、証判定に関する研究は少ない<sup>46, 47)</sup>。証の判定を検討する上で、その基礎となる診察所見の評価に関する研究は不可欠であるが、この点を踏まえた研究はほとんどない。そこで、本研究では診断情報が共有できる舌診に焦点をあて、舌所見の評価と舌証の判定に関する研究を踏まえて舌診断支援システムを開発した。

##### 1. 舌診断支援システムへのファジィ理論の導入について

これまでに中国伝統医学に関する診断システムは幾つか開発されている。篠原らは鍼灸医学のための教育および診療支援システムを開発し、教育現場で利用しており<sup>5)</sup>、新村らは弁証論治エキス

パートシステムを開発し、販売している<sup>6, 48)</sup>。これらはArtificial Intelligence (AI) とExpert System (ES)を応用したもので、専門家から知識を獲得して、知識ベースに格納し、推論エンジンによって問題を解決するAIシステムである<sup>49, 50)</sup>。このシステムの長所は推論結果に妥当性があり、探索的な問題解決に適している。逆に短所は知識の獲得が負荷となる点、あいまいさを含んだ知識処理に適さない点があげられる<sup>13)</sup>。

一方、ファジィ理論を応用した診断支援システムは、医用画像診断システム<sup>18-20)</sup>、医療問診・診断システム<sup>51)</sup>、予後診断システム<sup>22)</sup>など数多くの実例があり、研究や開発がなされている<sup>52)</sup>。ファジィ理論は以前から中国伝統医学に応用が可能であると論じられていながら<sup>24, 25, 53)</sup>、ファジィ理論を応用した中国伝統医学の診療システムの報告は著者らの研究を除いて極めて少ない<sup>54, 55)</sup>。最近になって、舌診の客観化研究の一つである舌所見画像の色分析においてファジィ理論が応用されはじめた<sup>36-53)</sup>。なお、ファジィ理論を用いたシステムの長所は主観的な情報を扱うことが可能で、主観的判定をアルゴリズム化できるところであり、短所はあいまいな情報が過多になると処理ができなくなる点である<sup>13, 50)</sup>。

さらに人間の脳の神経細胞の伝達の仕組みの構成を模したニューラルネットワークによる診断システムも研究されており<sup>60)</sup>、ニューラルネットワークとファジィを結合したニューロファジィを応用した診断支援システムの研究もされている<sup>61)</sup>。現在、これらの情報処理方法を統合した診断支援システムの開発が行われており、これらの新システムは、今後、中国伝統医学の診療システムにも応用が図られるものと思われる。

いずれにしてもこれまでの中国伝統医学の診療システムでは、主観的な情報を扱えないこと、診断情報の臨床的検証が不十分であったこと、診断アルゴリズムの構築過程が不明瞭であったことなど多くの問題点があった。このため、著者は診察者における主観的情報処理に適し、かつ主観的判定をアルゴリズム化できるファジィ理論を用いて、診断支援システムを開発することとした。また、研究3のシステムの構築では、研究2の「診察者における舌所見の評価と証の判定の調査」と、研究3の「診察者の診断ロジックの調査」を検討した上で、診断アルゴリズムを改良し、舌診断支援システムの構築を行った。この点が本研究のシステム開発の特徴であり、これらの研究を通して実地臨床により近いシステムを構築できると考えている。

## 2. 舌所見の評価と舌証の判定との関連性について

舌所見の評価については、『中医診断学』<sup>62)</sup>や『漢方医学』<sup>63)</sup>などの成書により定義されているが、実際の臨床においては診察者個人の主観と経験によって評価される。従って、診察所見の評価および証の判定は個人の診察能力に影響されるため、診察技術を向上し、判定の精度を高めるためには臨床経験を積むことが必要とされている。中でも舌診は画像記録が可能で、舌所見の評価を診察者間で共有することが可能である。このために中国伝統医学の診察法の中で最も理解されやすい。舌診の研究では、舌の色分析に関する研究や舌所見と疾患との関連をみた研究が最も多いが、舌所見の評価と証の判定との関連性に関する研究は極めて少ない。また、舌所見の評価とその処理過程に関する研究や臨床経験による舌所見の評価の違いに関する研究は未だ行われていない。

著者らは既に舌所見と証（寒熱虚実）との関連性に関する研究を行っており、寒熱の判定では舌

色、乾湿が関係し、寒証では歯痕舌、熱証では舌尖紅が関係していること<sup>33)</sup>、虚実の判定では虚証の中の虚寒証には歯痕舌が深く関わっていることを明らかにしている<sup>34, 35)</sup>。しかし、既報の調査結果からは、舌所見の評価とその処理過程や臨床経験による判定能力の違いについては言及しえなかった。そういったことから著者は研究2でこれらを調査し、既報とは別の視点で舌所見と証（寒熱虚実）との関連性について検討した。

## 3. 評価者における舌の色評価と舌証の寒熱判定の関連性

研究2の舌所見と舌証との関連性に関する調査結果から、(1)舌の色評価は基本的な知識と色識別能力さえあれば、一定レベルの色識別が可能であること、(2)臨床経験により舌証の判定が異なる場合があること、(3)舌証の寒熱判定には舌色が関係すること、などが明らかとなった。

我々はこの研究を行う前に、色相の弁別能力を調査できる100色相配列検査を参考に、特定の舌画像の色相を変え、微妙に色相が異なる舌画像8枚を作成して、臨床経験の違う評価者に色の差を正しい順に並べ替えさせたところ、臨床経験の差は認められなかった<sup>64)</sup>。このことから舌色の判定は臨床経験の有無に関係なく、舌色や苔色の定義を理解し、それらの評価の仕方さえわかれば、一定の水準で評価をすることが出来ると考えた。実際、色の評価は日常的にもよく行う識別方法であるために、色覚異常や対象者の年齢差がなければ大きな差は認めないとされている<sup>65)</sup>。但し、日常生活における色評価には問題がないものの、色差の小さい色識別を不得意とする者も数名いたことから、あらかじめ診察者の色識別能を調べておくことが重要であると思われた。さらに研究2を通して、舌色の評価と寒熱の証判定との間に相関が認められたことから、寒熱の判定には舌色が深く関連することを裏付けたものといえよう。

一方、苔色の評価に関しては、舌色ほど明確に寒熱の証との関連を見いだすことができなかったが、この理由は不明である。

## 4. 評価者における舌形評価と舌証の虚実判定の関連性

舌形の評価調査では、「苔の厚さ」や「裂紋」の項目で臨床経験の差を認めたことから、これらの舌所見の評価には臨床経験が大きく関与するこ

とが明らかとなった。その理由は、苔の厚さや裂紋を知識的に理解しても、臨床経験が少ない場合は評価の基準が不安定で不明瞭になるためと考えられた。特に苔の厚さでは、苔の厚さが均一でない場合があり、このような場合では臨床経験による評価能力が大きく影響するものと考えられた。

一方、歯痕や苔の剥落のように、「歯痕があるか否か」、「苔の剥落の有無」のような比較的判別し易い所見では、一定の判別基準さえ理解していれば、余り迷うことなく評価ができるため、臨床経験の差は全く認められなかった。

「老嫩」では全9枚の平均一致率では臨床経験の差を認めたが、各舌画像別における経験者と初心者の評価には有意差を認めた舌画像は2枚のみであった。このことは臨床経験別に各舌画像で概ね差があるものの、明確に差があった画像が2枚であったことから、老嫩の評価は判別基準をよく熟知していなければ判定し難い所見の一つであると思われた。なお、このことは胖瘦でも同様な傾向であった。

全評価者における舌形の所見と舌証の関連では、老嫩と歯痕舌の評価が虚実の証判定と相関関係を認めたが、それは舌画像9枚中3枚であった。このことから、老嫩、歯痕舌の所見が虚実の証判定に必ずしも有用な所見と言えないことを示すが、「歯痕舌」は、虚証の患者4割に認め、虚寒証では約64%に認められることが判っており、歯痕が虚証の判定に必要であることが報告されている<sup>39)</sup>。また、嫩舌（舌体が腫れぼったく、軟らかな感じ）は歯痕と関連が深く、特に舌体がより腫れぼたくなると「胖嫩」となり、歯痕舌がある例は胖嫩舌の97%に認められることが判っている<sup>39)</sup>。嫩舌と胖嫩を同一と扱うことはできないが、嫩舌は胖嫩舌よりも虚証が軽度な時に認められることから、虚証の判定に関与する所見と思われた。

なお、研究2では臨床で舌診を活用しているか否かについても調査したところ、舌診の活用程度によって苔の厚さ、裂紋、苔の剥落の判定に有意差を認めた舌画像があった。このことから舌所見の判定能力は、臨床における舌診の活用状況と関係していると考えられた。

研究2で行った調査方法は、舌所見の評価と舌証の判定について客観的に評価できる方法として有用であると考え、本方法の問題点は舌画像の選定にある。今回は評価者の負担を考慮し、適正な時間内で舌画像の評価を実施するには、画像数が

多くなることは問題であると考え、9枚の画像を選定したが、9枚という少ない舌画像に多くの所見を程度別に組み込むことの困難性である。もうひとつは、舌画像からの評価の限界であり、例えば舌の乾湿は画像では表現しきれず、限界があるということである。それは老嫩の場合も同様である。なお、舌所見の評価、舌証の判定における一致率が低かった理由は5段階評価によるものと考えられた。今後、これらの問題点を克服し、舌色や舌形の判定基準のさらなる検討と言語による評価の設定だけでなく、図や画像による評価を組み入れた調査方法を検討することが必要と考える。

## 5. 舌診断支援システムの証判定について

舌診断支援システムの構築には、入力情報として舌所見の入力項目、推論部の診断ロジックが重要な要素となる。研究1と研究3のシステムの違いは主に診断ロジックである。その違いは、図10に示したように判定ウェイトに反映されている。研究3ではシステムの正診率は、寒熱では70%、虚実では71%と、共にほぼ同等の正診率となっている。研究3のシステムの寒熱判定における感度は寒証71%、熱証68%、寒熱錯雑50%、正常86%と証によって異なるが、寒熱錯雑以外は感度70%であることから、概ね妥当な感度と思われる。なお、正診率あるいは感度は症例数にも影響されることから、さらに多くの症例での検証が必要であることは、いうまでもないことである。また、寒熱錯雑の感度が低い要因には、診断ロジック（診断ルール設定やウェイトの問題）と診察者における証判定の問題点があげられる。診察者の問題点として、システムの診断結果と不一致であった24例を検討してみると、診察者の判定ミスと思われる例が4例、評価の記載ミス（CS評価とVAS評価が異なる場合）3例が認められた。さらに、研究3のシステムの寒熱判定における特異度は正常以外は95%以上と高い値となった。正常の特異度が低くなったのは、正常の感度が他の判定よりも高いことが影響していると思われる。

次に研究3のシステムの虚実判定における感度をみると（表7）、虚証の88%以外は感度が低く、実証では検出力がないという結果になった。実証については、Ver.2の診断ロジックでは虚証の判定に判定ウェイトの主眼が置かれていたこと、診察者があまり実証を判定しなかったか、あるいはシステムに組み込まれた舌所見の項目以外

で実証を判定しているかによるものと考えられた。実際に診察者が舌所見から実証をどの様に判定しているのかを評価用紙から検討してみると、実証7例の中で診断ミスが1例あり、5例が暗紅舌と舌下静脈怒張などによって、実証が決定されていた。暗紅舌や舌下静脈怒張は血瘀証を判定する重要な所見であり、血瘀証は弁証分類では気血津液弁証に属する弁証であり、舌診断支援システムで扱った寒熱・虚実の弁証範囲（気血津液弁証の前段階の弁証）と異なった弁証体系である。従って、今後、実証の感度を上げるには、暗紅舌と舌下静脈怒張などの項目を新たに加える必要があることが示唆された。また、システムの応用範囲を広げる意味で気血津液弁証の範囲を含めた診断システムの構築も必要であると思われた。さらに、感度の低い虚実挾雑では診断ロジックの問題があるものの、実証と同じように約半数が暗紅舌と舌下静脈怒張から実証もあると判定していたことが判った。なお、虚実の弁証では診察者の判定ミスと思われる例が4例であった。

特異度の観点から検討すると、虚実の特異度は、虚証の感度を上げた影響もあって、逆に特異度は他の判定よりも低い値を示した。虚証の感度を上げながら、特異度も上げるように診断ロジックを改良することが必要と考えられた。

以上のことから、研究3のシステムの正診率や感度の低下は、寒熱判定では寒熱錯雑の診断ロジックの問題と診察者側の問題、虚実判定では診断ロジックの問題があり、特に実証を正確に判定できるように診察項目の追加や診断ロジックの改変、及び虚証の判定における感度と特異度の調整を行うことが重要と思われた。これらのことが改善されれば、正診率の一層の向上につながるものと期待される。また、診察者の判定ミスなども舌診断支援システムを用いることによって、的確に検出できることが示された。

## 6. 舌診断支援システムにおけるVer. 1とVer. 2の比較

ここで舌診断支援システムVer.1とVer.2の正診率を比較すると、寒熱の正診率はVer.1で80.8%、Ver.2で70%、虚実の正診率はVer.1で63%、Ver.2で71.3%であった。一見、Ver.2のシステムでは寒熱の正診率が低下し、虚実の正診率は向上しているに見えるが、調査対象（対象患者）

や評価者が異なるために単純に比較はできない。そこで、研究1で対象となった患者73例を用いてシステムの違いを比較検証した。その結果、Ver.2の正診率は寒熱で82.2%、虚実で76.7%となり、Ver.2のシステムの正診率が明らかに高いという結果が得られた。感度についても検討すると、寒証の感度はVer.1で96.8%と高く、Ver.2では80.6%と低くなっていた。逆に熱証の感度では、Ver.1で55%と低く、Ver.2で100%となった。しかし、寒熱錯雑、正常についてはVer.1の方が10%ほど感度は高かった。なお、特異度ではVer.1とVer.2ともに同等であった。このことから、Ver.1のシステムは寒証の判定に偏りがあり、Ver.2は熱証の判定に偏りがあると考えられた。また、寒熱の証判定における診断ロジックの一部（図10）をみると、Ver.2の判定ウェイトが熱証よりも偏重している（面積的にも熱証の方面：正の値に属する割合が多い）ことから、Ver.1のシステムよりもVer.2の方で熱証の感度が優れているのが判る。さらに研究3の診察者における舌証の判定のVAS値とシステムの出力値の関係は、有意な相関が得られていることからVer.2のシステムにおける寒熱の証判定は診察者の判定と概ね一致していたものと判断される。

一方、虚実の感度ではVer.1の虚証の感度は58.5%で、Ver.2では92.7%と大幅に向上したが、虚実挾雑証ではVer.1よりも12%低く、43.5%であった。また、特異度ではVer.1の虚証の特異度は93.8%で、Ver.2では78.1%と低くなり、虚実挾雑証ではVer.1が80%、Ver.2が100%であり、感度と逆を示した。

このことは一方の証判定の感度を上げようとすると、他方の感度が下がってしまうことを示し、感度と特異度の調整や前述した血瘀の処理を含めて診断ロジックの改良が必要なところである。さらに、Ver.2のシステムにおける虚実の判定では、実証よりも虚証の判定に診断ウェイトが置かれていた。これは著者らの臨床調査では来院患者の77%（256例中198例）が虚証であり、実証は僅か3%であった<sup>39)</sup>。この結果は我が国の鍼灸臨床における患者実態の現状を現しており、診察者における診断ロジックが虚証の判定が中心になるのは仕方がないことであろう。また、診察者における舌証の虚実判定のVAS値とシステムの出力値の関係は前述した寒熱の相関よりも弱い関係にあり、現時点の舌診断支援システムは虚実の証判定より

も寒熱の証判定のほうが正診率が高いと思われる。歴史的にみても、舌診は外感熱病といった発熱疾患を対象とした診察法から発展してきており<sup>66,67)</sup>、寒熱の判定に適した診察法であることが示唆された。また、鍼灸臨床では寒熱を判定する場合に舌診が頻用されるのも事実であり、舌診の診断価値として、あえて寒熱と虚実を比較すれば寒熱の診断に臨床的価値が見いだされると思われる。

以上のことから、診察者の診断ロジックを導入したVer.2のシステムは正診率、感度、特異度、診察者の証判定（VAS値）の関係などから総合的に検討すると、寒熱の証判定のほうが、虚実の証判定よりも判定結果が優れているということが判った。また、Ver.2の虚実の証判定では感度と特異度の両方をうまく均等に引き上げることが課題となった。

なお、この診断支援システムの診断ロジックの妥当性はシステムの判定結果によってしか裏付けることはできない。但し、診断ロジックは確定されたものではなく、診察所見から証判定までの過程が概ね明らかになっていれば、システムに導入することができる。今後の課題ではあるが、他施設の診療者における診断ロジックを調査することで、本研究の診断ロジックとの比較検討ができ、幾つかの異なった診断過程の集積が可能であると推察される。

## 7. 中国伝統医学における診断支援システムの展望

中国伝統医学における診察法の研究は、診察法の客観化や<sup>40, 43-45, 68)</sup>、疾患を対象にした診察所見や証を定義づけるための研究が多い<sup>46, 47, 69)</sup>。中国伝統医学の診察所見と証との関連性、所見の出現度など疫学的研究は既に幾つかあるが<sup>39, 70, 71)</sup>、まだ充分とは言えない。診断支援システムの構築には診察所見から証判定までの処理過程の検証が不可欠であるが、この分野における研究はほとんどないのが現状である。

本研究は、診察所見から証判定の処理過程の一部であるが明らかにしたといえよう。舌所見の評価と証判定の関連性は官能検査に基づく方法を応用して検討し、舌所見から証判定までの処理過程はファジィ理論を応用した診断支援システムの構築と正診率による検証方法を用いて検討した。その際、舌診の診断アルゴリズムを踏まえて検討を進めてきたが、診断ロジックの問題、他の診察法

の所見との関連性、寒・熱、虚・実の証以外の証判定、診察所見の入力方法など、診断支援システムとしては数多くの解決すべき課題が残っている。また、舌診断支援システムに用いたファジィ理論は基本的なファジィエキスパートシステムの一部であり、ファジィ推論法には数多くの手法がある<sup>72)</sup>。今後、上記の問題点を解決していきながら、より適切な理論の導入によって、しかも将来的には他の診察法の所見も組み入れて、教育・臨床に応用できる診断支援システムを構築したいと考えている。さらに、ニューロファジィを用いた知識ベースの獲得やモデル学習型による診断アルゴリズムの獲得<sup>61, 73)</sup>、自己組織化マップ法を用いた診断支援システムなど多くの情報処理方法についても検討し<sup>74)</sup>、最も臨床に適切な伝統医学における診断支援システムを確立したいと考えている<sup>75)</sup>。

## V. まとめ

中国伝統医学の診察法の一つである舌診に注目して、舌所見から舌証の判定までの処理過程を明らかにするために、診察者における舌所見の評価と証判定との関連性を調査した。また、診察者の診断過程に基づく舌診断支援システムの構築と検証を行ったところ、以下の結果を得ることができた。

1. 舌所見の中には、臨床経験の差によって評価および舌証の判定が異なる場合があった。
2. 舌所見と証の関連では、寒熱の判定に舌色が深く関連していること、虚実の証判定には、老嫩や歯痕が関与することを裏付けることができた。
3. 舌所見の評価と舌証判定の調査は、診察者における舌所見評価や証判定を客観的に評価できる方法の一つであると示唆された。
4. ファジィ理論を舌診断支援システムに応用することで、診察者の主観的情報を処理する診断支援システムを構築することができた。
5. 舌診断支援システムの判定結果は診察者の判定結果と比較して、寒熱の証判定・虚実の証判定ともに7割以上の正診率を得ることができた。
6. 舌所見からの舌証を判定する場合に、診察者の診断アルゴリズムを適用した舌診断支援システムの診断結果から、虚実よりも寒熱の証判定のほうが関連性が高いことが示

唆された。

7. 診察者における舌所見から舌証を判定する診断ロジックを舌診断支援システムに取り込むことで、舌所見から舌証までの診断過程の一端を明らかにした。

なお、本研究の一部は文部科学省科学研究費(研究課題番号10878057, 及び研究課題番号14770187)の援助を受けた。

## 謝 辞

稿を終えるにあたり、終始御指導と御校閲を賜った明治鍼灸大学東洋医学基礎教室・篠原昭二教授に深甚なる謝意を表します。また本研究に際してファジィ理論を直接、御指導をいただきました関西医科大学数学教室・有田清三郎教授に深甚なる謝意を表します。本研究への貴重な助言と論文の御校閲を賜った明治鍼灸大学健康鍼灸医学教室・矢野忠教授に深甚なる謝意を表します。さらに本研究への貴重な助言を賜った外科学教室・咲田雅一教授、大学院東洋医学基礎・北出利勝教授に深謝いたします。臨床データの集積に御協力を頂いた明治鍼灸大学東洋医学基礎教室教員の諸先生方に深謝いたします。舌所見の撮影や検査に協力して頂いた卒業生方々に深謝いたします。

## 付 録

### ファジィ理論を用いたシステムの構築

ファジィ理論の特徴は、並列に展開された推論を合成するところに特徴がある。簡単にファジィ理論を説明すると、ある観測された情報があるとすれば、この情報に対して、Pというルールを適用してある結論を得る。同様にQというルールを適用して別の結論を得る。この二通りの結論を合成して、一つの結論を得る推論法がファジィ理論の方法である。ファジィ理論はメンバーシップ関数を用いることにより、主観的な判定のアルゴリズム化を可能にした方法である<sup>13, 15)</sup>。ファジィ理論を用いたシステムの構成は、一般的に図2に示すように入力部、推論部、出力部の3つに大きく分けることができる。本稿では寒熱の判定システムを例に取り上げ、ファジィ理論を応用したシステムを説明する。

本システムの寒熱判定の項目は、主に舌色、乾湿(乾燥・湿潤)、苔色の3項目と、補助的な項目の舌尖紅、齒痕の2項目である。ここで用いた

ファジィ推論とは舌診所見(入力情報)から舌証の診断結果へ対応させた推論方式である。図2では舌色と苔色の評価項目2項目を用いた推論方式を示している。

### 1) 舌所見の評価

舌診所見はアナログスケールを用いて、診察結果に相当すると思われる部位に印を付け、評価する。

### 2) 前件部のメンバーシップ関数

アナログスケールによって評価された値は、幾つかのラベルに対応したメンバーシップ関数(入力メンバーシップ関数という)によってグレードが与えられる。支援システムのラベルでは、「舌色」、「苔色」をそれぞれ、舌色は(Pale severe, Pale moderate, Pale light, Light red, Reddened light, Reddened moderate, Reddened severe)の7ラベル、苔色は(White severe, White moderate, White light, White and Yellow, Yellow light, Yellow moderate, Yellow severe)の7ラベルに区分した(図中の頭文字で略して表示)。舌色、苔色は入力メンバーシップ関数によってグレードが得られる。

### 3) ファジィ規則

ファジィ規則では入力メンバーシップ関数によって得られたグレードより、cell rulesの中で適合するIf-Then規則が可動して、cell rulesのグレードが求められる。

舌診断支援システムの舌証判定の推論は2項目の組み合わせによるファジィ規則を基本としている。このファジィ規則を舌所見の組み合わせに応じて作成した。舌色が「きわめて紅舌」で、苔色が「きわめて黄苔」であれば、舌証の寒熱判定は「熱証」の可能性が極めて大きい。これをIf-Then規則で記述すると、If x1 is RS and x2 is YS, then Y is HL. となる。

ここでの x1 は舌色の項目での所見評価、x2 は苔色の項目での所見評価、Y は舌証の寒熱判定の重みである。舌色と苔色の組み合わせによるファジィ規則の結論(Then部)を表にすると、49の細規則(49 cell rules)となる。図中段左の例では、入力メンバーシップ関数によって得られたグレードは舌色のラベルがRm (0.7) とRS (0.4)、苔色のラベルがYS (0.8) とYm (0.3)

となる。

#### 4) ファジィ規則とグレード

舌色と苔色の2項目によるファジィ規則の各 cell での項目間の最小グレード (MIN方式) を採用した。すなわち、一般的に  $i$  番目の項目と  $j$  番目の項目における cell ( $m, n$ ) のグレードを  $W(m, n) = \text{MIN} \{ W_i(m), W_j(n) \}$  とする。この過程を図中の例で説明すると、舌色と苔色の入力メンバーシップ関数から破線で、49 cell rulesの結論 (Then部) を選択すること (図中で破線の○) を示す。つまり、最小範囲を選ぶ過程である (舌色ラベルの  $R_m(0.7)$  と苔色のラベルが  $Y_S(0.8)$  が交わる所では、グレードは最小グレードを選ぶので (0.7) を選択。舌色ラベルの  $R_S(0.4)$  と苔色のラベルが  $Y_S(0.8)$  が交わる所では (0.4) を選択することとなる)。

#### 5) 後件部のメンバーシップ関数

舌所見による舌証の判定のための重みを表すメンバーシップ関数を舌証の判定 (寒熱の判定) の重みメンバーシップ関数 (出力メンバーシップ関数) と名付け、図の出力 (Output) のように設定する。この出力メンバーシップ関数は2項目の組み合わせによるファジィ規則に対して作られる。この場合の出力メンバーシップ関数は7ラベル (Cold large, Cold medium, Cold small, Normal, Heat small, Heat medium, Heat large) とした。

出力値は入力メンバーシップ関数に対して、49 cell rulesの中で適合するファジィ規則が可動することにより、各cellの項目間の最小グレードを選択し、出力側の判定領域を持った診断ウェイトに対応させている。これらの面の重なりあった集合を作り、この集合が判定結果となる。但し、判定結果がファジィ集合 (三角形や台形の集合面積) ではなく、単一出力値 (デファジィ化) が必要であり、集合の重心をとる方法 (center of gravity method) を用いて判定結果の値とする。

図中段右では出力メンバーシップ関数の6), 7), 13), 14)を集積する過程であり、集積方法として最大グレード (MAX方式) を用いている。次にファジィ集合から重心法 (図下段ではCGと略する) によって出力値、寒熱の判定の 2.64 が求められる。なお、本稿のシステムではこの様なルールを5つあり、最終的に合計して、出力結果を導

き出す。

#### 参考文献

- 1) 渥美和彦：統合医学としての代替医学。今西二郎編：別冊・医学のあゆみ 代替医療のいま、医歯薬出版、東京、pp32-37、2000。
- 2) 岡田昌義、吉田勝美：統合医療の実践と教育。日本代替・相補・伝統医療連合会議誌、4 (6) : 44-46、2003。
- 3) 劉公望、小森優、波多野和夫ら：診療に向けての漢方知識データベースと臨床意思決定支援システム。第5回医療情報学連合大会、5 : 543-544、1985。
- 4) 秦篤烈：Techniques and experience developing TCM expert system in China。第5回医療情報学連合大会、9 : 291-296、1990。
- 5) 篠原昭二、松本勲、矢野忠ら：鍼灸医学診療および教育支援システム (ACES) の開発。全日本鍼灸学会雑誌、36 (3) : 207、1986。
- 6) 北村新三、辻茂樹、田中克己ら：東洋医学における弁証論治エキスパートシステム。システムと制御、30 (6) : 37-38、1986。
- 7) 劉素賓、秋山茂明、白鷹増男ら：中医学的診断治療の計量医学的検討。医療情報学、7 (3) : 305-311、1987。
- 8) Zadeh L A : Fuzzy sets. Information and Control, 8 : 338-353、1965。
- 9) Zadeh L A : Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes. IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics, 3 (1) : 28-44、1973。
- 10) Mamdani E H, S Assilian : An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. International J of Man-Machine Studies, 7 (1) : 1-3、1975。
- 11) 岩井社介、片井修：あいまい情報の処理と知識工学。システムと制御、28 (10) : 557-561、1984。
- 12) 前田幹夫、村上周太：ファジィ制御とその応用。システムと制御、34 (5) : 282-287、1990。
- 13) 片方善治：ファジィ理論の演算。知能システム工学、海文堂、東京、pp72, 141-173, 143-160、1993。
- 14) 齋藤泰一：生体情報とファジィネス。システムと制御、28 (7) : 442-446、1984。
- 15) 有田清三郎：ファジィ理論の医用画像診断への応用。日本ファジィ学会誌、3 (3) : 412-421、1991。
- 16) 市橋秀友、竹村和久、山田耕一ら：診断・評価のための方法。日本ファジィ学会編：ファジィとソフトウェアハンドブック、共立出版、東京、pp811-814、2000。
- 17) Sanchez E : Medical diagnosis applications in a linguistic approach using fuzzy logic. Japanese J medical electronics and biological

- engineering, 3(11) : 23-26, 1989.
- 18) Arita S : Development of an ultrasonographic cancer diagnosis system using fuzzy theory. Japanese J fuzzy theory and systems, 3 (3) : 228-230, 1994.
  - 19) Hosoda M, Katayama Y, Arita S : Computer-assisted diagnostic system for ultrasonography using fuzzy reasoning. Biomedical soft computing and human sciences, 1 (1) : 49-56, 1995.
  - 20) Tanaka M, Kanda S : Computer-assisted diagnostic system for ultrasonography using fuzzy reasoning. Biomedical soft computing and human sciences, 4 (1) : 43-48, 1998.
  - 21) Nagata T, Ozeki S, Ohishi M, et al : Prediction of cervical lymph node metastasis in carcinoma of the tongue using fuzzy Inference. Biomedical soft computing and human sciences, 6 (1) : 51-59, 2000.
  - 22) 前田幹夫, 野見山真里, 杉森南 : 学習型ファジィ知能システムによる不妊症患者に対する妊娠予後診断. バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌, 1 (1) : 113-118, 1999.
  - 23) 増井重弘, 佐藤秀昭, 柳川穰ら : ファジィ理論を用いた生活習慣病診断支援システムの構築. バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌, 3 (1) : 19-27, 2001.
  - 24) 堀岡正雄, 矢嶋虎夫 : ファジィクラスタリングに関する一手法とその応用 - 東洋医学的医療診断への応用. バイオメディカル・ファジィ・システム講演論文集, 6 : 125-134, 1993.
  - 25) 郭戊英 : 中医理論と模糊数学. 匡調元 主編 : 中医数学病理学, 上海科学普及出版, 上海, pp76-104, 1998.
  - 26) WATSUJI T, Shinohara S, Kitade T, et al : Medical Application of fuzzy theory to the diagnostic system of tongue inspection in traditional Chinese medicine. 1999 IEEE International Fuzzy Systems Conference Association Proceedings, 1 : 145-148, 1999.
  - 27) WATSUJI T, Arita S et al : Supporting system for tongue inspection in traditional Chinese medicine using the fuzzy theory. Biomedical Soft Computing and Human Sciences, 5 (1) : 27-31, 1999.
  - 28) 和辻直, 篠原昭二, 佐々木定之ら : 手術前後における舌所見の変化. 明治鍼灸医学, 14 : 29-36, 1994.
  - 29) 和辻直, 篠原昭二, 石丸圭荘ら : 手術前後における舌所見の変化 (第3報) - 末期癌患者における舌所見の変化 -. 第45回全日本鍼灸学会学術大会予稿集, 132, 1996.
  - 30) 和辻直, 篠原昭二, 石丸圭荘ら : 手術前後における舌所見の変化 (第5報). 全日本鍼灸学会雑誌, 47 (1) : 83, 1997.
  - 31) 有田清三郎 : 痛み情報とその数量化 - 痛みのファジィ・スケール -. 医学のあゆみ, 148 (4) : 245, 1989.
  - 32) 和辻直, 篠原昭二, 北出利勝, 他 : ファジィシステムを応用した舌診における寒熱の評価. バイオメディカル・ファジィ・システム学会年次大会講演論文集, 13 : 98-102, 2000.
  - 33) 中城基雄 : 積分球と自然光照明を併用した舌診の客観化(第2報). 全日本鍼灸学会雑誌, 51 (3) : 102, 2001.
  - 34) 中城基雄, 英保武志, 久保茂正, 他 : 画像補正カラーチャートを用いた舌診の客観化. 日本東洋医学雑誌, 52 (2) : 45-53, 2001.
  - 35) 内川恵二 : 色の見えモード・恒常性・カテゴリー・記憶. 科学, 65 (7) : 429-433, 1995.
  - 36) 日科技連官能検査委員会編 : パネル, 試料の調整とその指示. 官能検査ハンドブック, 技報堂出版, 東京, pp597, 657, 1995.
  - 37) 和辻直, 篠原昭二, 渡邊勝之ら : 舌所見と寒熱の証との関連性. 日本東洋医学雑誌, 51 (9) : 211, 2001.
  - 38) 和辻直, 篠原昭二, 渡邊勝之ら : 舌所見と虚実の証との関連性. 全日本鍼灸学会雑誌, 51 (3) : 124, 2001.
  - 39) 和辻直, 篠原昭二, 山本晃久ら : 胖嫩舌, 齒痕舌と虚証の関連性. 東方医学, 18 : 5-13, 2002.
  - 40) 丸山彰貞, 矢野忠, 森和 : 鍼灸医学における舌診の客観化について. 明治鍼灸医学, 1 : 21-32, 1985.
  - 41) 張伯礼 : 中医舌診客観化系列研究. 天津中医学院学报, 4 : 36-37, 1992.
  - 42) Takechi M, Sato T : Computerized color analysis of "Xue Yu"(blood stasis) in the sublingual vein using a new technology. Am J Chinese Medicine, 25 (2) : 2-13, 1997.
  - 43) 高橋宏三, 土佐寛順, 嶋田豊ら : 腹診と腹部超音波所見との関連性について. 日本東洋医学雑誌, 42 (1) : 1-9, 1991.
  - 44) 傅聘元, 牛欣 : 脈診客観化的意義与研究発展. 中医脈象今釋 - 現代実験研究 -, 華夏出版, 北京, pp7-8, pp346, 1993.
  - 45) 上馬場和夫, O'rourke M F, 許鳳浩ら : 脈診の現代医学的価値. 東方医学, 17 (2) : 1-12, 2001.
  - 46) 寺澤捷年, 篠田裕之, 今田屋章, 他 : 瘀血証の症候解析と診断基準の提唱. 日本東洋医学雑誌, 34 (1) : 1-17, 1983.
  - 47) 嶋田豊, 古田一史, 柴原直利ら : 舌苔と気血水及び脾胃の失調病態との関連性について. 日本東洋医学雑誌, 45 (4) : 841-847, 1995.
  - 48) 北村新三, 辻茂樹, 田中克己ら : 東洋医学エキスパートシステムの設計と開発. システム制御情報学会論文誌, 2 (4) : 109-117, 1989.

- 49) 有本卓：人間の知と機械の知. システムと制御, 35 (8) : 459-463, 1991.
- 50) 小沢一雅：エキスパートシステム. システムと制御, 30 (4) : 213-218, 1986.
- 51) 中野正博：インターネットを利用した医療問診・診断支援システム. 日本ファジィ学会編：ファジィとソフトコンピューティングハンドブック, 共立出版, 東京, pp927-929, 2000.
- 52) 有田清三郎, 矢鳴虎夫, 他：医療. 日本ファジィ学会編：ファジィとソフトコンピューティングハンドブック, 共立出版, 東京, pp915-926, 930-941, 2000.
- 53) Zheng RX : Application of the law of synthetical judgment of fuzzy mathematics in clinical curative effect analysis. Zhong Xi Yi Jie He Za Zhi, 9 (5) : 302-3, 1989.
- 54) Park K S, Shin H S, Lee S R, et al : 疾病診断用知能アルゴリズム開発に関する研究 - Fuzzy Cognitive Map と Hopfield Network による方法 -. バイオメディカル・ファジィ・システム講演論文集, 10 : 99-102, 1997.
- 55) Phuong N H, Yanaru T, Minh V Q : Approach to developing a diagnostic system combining disease diagnosis of western medicine with syndrome differentiation of traditional Chinese medicine. Biomedical soft computing and human sciences, 5 (2) : 9-16, 2000.
- 56) 蔣依吾, 陳建中, 張恒鴻ら：電腦化中医舌診系統. 中国中西医结合雜誌, 20 (2): 145-147, 2000.
- 57) 李聖春, 凌昌全：計算機技術在中医舌診研究中応用發展. 安徽中医学院学報, 20 (6) : 58-60, 2001.
- 58) Ding M, Zhang J : Quantitative analysis and categorization of tongue-fur based on L\*a\*b\* color pattern. Chinese Journal of Scientific Instrument, 23 (3) : 328-330, 2002.
- 59) 三嶋博昭, 野村裕：臨床診断におけるあいまいさ. システムと制御, 28 (10) : 562-566, 1984.
- 60) 長谷川泰洋：ニューラルネットによる診断支援. 医用電子と生体工学, 5 (10) : 40-45, 1990.
- 61) 田中武昌, 河津俊幸, 神田重信：ANFISを応用したコンピュータ診断システム. バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌, 5 (1) : 49-53, 2003.
- 62) 鄧鉄濤, 郭振球：望舌. 中医診斷学, 人民衛生出版, pp119-129, 1994.
- 63) 花輪壽彦, 伊藤剛, 村主明彦：漢方の診察法. 日本東洋医学会学術教育委員会編：入門漢方医学, 南江堂, 東京, pp76-104, 2002.
- 64) 和辻直, 森岡静香, 篠原昭二, 他：舌診における色識別能の検討. 全日本鍼灸学会雑誌, 52 (3) : 300, 2002.
- 65) 森田健：感覚一般. 日本生理人類学会計測研究部会編：人間科学計測ハンドブック, 技報堂出版, 東京, pp518, 1996.
- 66) 石田秀実：舌診と時間鍼灸学. 中国医学思想史, 東京大学出版, 東京, pp278, 1993.
- 67) 季乃民主編：中国舌診發展簡史. 中国舌診大全, 学苑出版, 北京, pp1-8, 1993.
- 68) 高橋充, 長屋健, 菊池剛ら：東洋医学脈診法の機械化. 日本東洋医学雑誌, 47 (4) : 645-642, 1997.
- 69) 大島良雄, 田島数子, 宮川マリ, 他：東洋医学的「証」とプロスタグランディンとの関係について. 中医臨床, 5 (4) : 369-376, 1984.
- 70) 寺澤捷年：瘀血病態の科学解明. 日本東洋医学雑誌, 48 (4) : 409-434, 1998.
- 71) 三浦於菟, 筒井末春：瘀血患者の疫学的研究. 日本東洋医学雑誌, 48 (4) : 317-434, 1994.
- 72) 水本雅晴：ファジィ推論法. システムと制御, 28 (7) : 436-441, 1984.
- 73) 吉田勝美, 市村匠, 杉森裕樹：医療データベースからのファジィニューロによる知識獲得. 医用電子と生体工学, 13 (5) : 40-45, 1999.
- 74) 馬庭芳朗, 宇佐美眞, 徳高平蔵, 他：自己組織化マップを用いた健康診断. 徳高平蔵, 藤村喜久郎, 山川烈編：自己組織化マップ応用事例集, 海文堂出版, 東京, pp187-195, 2002.
- 75) 和辻直, 篠原昭二, 有田清三郎：中国伝統医学の診断支援システムの構築. バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌, 5 (1) : 23-30, 2003.

## Development and Verification of the Tongue Diagnosis Support System in Traditional Chinese Medicine using Fuzzy Theory

†WATSUJI Tadashi

*Department of Basic Oriental Medicine, Meiji University of Oriental Medicine*

### Abstract

**Introduction :** In traditional Chinese medicine, various mental and physical conditions are examined using the 5 senses, and syndromes are diagnosed. It has been indicated that diagnosis based on the physician's experience may be subjective and lacking objectivity. Therefore, it is desirable to present traditional Chinese medicine as a objective and theoretical diagnostic system. Among diagnostic methods by traditional Chinese medicine, tongue diagnosis is one of the most objective diagnostic methods. Firstly, the author developed a tongue diagnosis support system based on tongue diagnosis in traditional Chinese medicine using fuzzy theory. Then the system was evaluated using clinical data. Secondly, to enhance an accuracy of the diagnostic system, the author examined the relationship between observation of the tongue and syndrome diagnosis, and developed of a tongue diagnosis support system based on the physician's diagnostic process using fuzzy theory and verified using clinical data.

**Methods :** The author developed a tongue diagnosis support system based on the algorithm of tongue diagnosis in traditional Chinese medicine using fuzzy theory. The system was evaluated using clinical data in 73 patients. Observation of the tongue and diagnosis of syndromes performed by 37 physicians trained in traditional Chinese medicine were examined using tongue images. The physicians' logic in diagnosing tongue syndromes was also evaluated. Based on these evaluations, we improved the tongue diagnosis support system, and examined the accuracy of diagnosis with the system using clinical data from 80 patients and their syndromes asdiagnosed by the physicians.

**Results :** 1) Diagnosis of cold and heat syndromes in the tongue was closely related to tongue color. 2) Diagnosis of deficiency and excess syndromes was performed based on the tongue's roughness-tenderness, and teeth prints on the tongue. It was found that observation of the tongue and syndrome diagnosis differed with the physician's clinical experience. 3) The accuracy of diagnosis using the tongue diagnosis support system was over 70% for both cold and heat syndromes, and deficiency and excess syndromes on comparison of the results obtained by the support system and the physicians trained in traditional Chinese medicine.

**Conclusion :** It was suggested that diagnosis of syndromes by observation of the tongue could be objectively presented by constructing a tongue diagnosis support system using fuzzy theory.

---

Received on October 6, 2003 ; Accepted on October 30, 2003

† To whom correspondence should be addressed.

Meiji University of Oriental Medicine, Hiyoshi-cho, Funaigun, Kyoto 629-0392, Japan