

中国伝統医学（中医学）情報共有支援のための 証間の関係モデル化手法

五十嵐 文¹ 高橋 滉一² 力武 克彰^{2,a)} 早川 吉弘^{2,b)} 関 隆志^{3,c)} 高橋 晶子^{2,d)}

受付日 2019年6月16日, 採録日 2019年11月29日

概要: 日本では高齢化が急速に進むにつれて、医療従事者の負担と国民医療費の増加が顕著になっており、中医学が予防医学の1つとして注目されている。しかし、中医学の診断は定性的なデータに基づくため、診断の際、中医学に関する豊富な知識と経験を必要とする。そのため、医師の診断を支援する枠組みが求められる。そこで本研究では、患者の病態を示す「証」とその証を引き起こす「原因」の関係を分析し、医師に提供することで患者に対する最適な治療法の決定を支援する証間の関係モデル化手法を提案し、証間の関係に適用可能であるかを検証する。

キーワード: 中国伝統医学（中医学）、診断支援、DEMATEL法、ISM分析、意思決定支援

Relation Analysis Method of Pattern in Traditional Chinese Medicine Information

AYA IGARASHI¹ KOICHI TAKAHASHI² YOSHIAKI RIKITAKE^{2,a)}
YOSHIHIRO HAYAKAWA^{2,b)} TAKASHI SEKI^{3,c)} AKIKO TAKAHASHI^{2,d)}

Received: June 16, 2019, Accepted: November 29, 2019

Abstract: Traditional Chinese medicine, which is one kind of preventive medicine, has been drawing attention for the purpose of reducing the burden on health care workers and national medical expenses accompanying the aging of the population. Physicians need extensive knowledge and experience, because diagnosis of Traditional Chinese medicine is not based on quantitative data. Therefore, a framework to support diagnosis of physicians is needed. Thus, we propose an analysis method of a relationship between patterns. The purpose of this study is to assist to decide optimal treatment of patients by analyzing and providing physicians with the results of analyzing relations between patterns. Pattern means the patient's physical and mental conditions. It was confirmed effective as a result of experiments to see if the proposed method is applicable to relations between patterns.

Keywords: Traditional Chinese medicine, diagnostic support, DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory), ISM (Interpretive Structural Modeling), medical decision support

¹ 東日本旅客鉄道株式会社
East Japan Railway Company, Shibuya, Tokyo 151-8578, Japan

² 独立行政法人国立高等専門学校機構仙台高等専門学校
National Institute of Technology, Sendai College, Sendai, Miyagi 989-3128, Japan

³ 涌谷町国民健康保険病院
Wakuya-town National Health Insurance Hospital, Todagun, Miyagi 987-0121, Japan

a) yoshiaki@sendai-nct.ac.jp

b) hayakawa@sendai-nct.ac.jp

c) tseki.tohoku@gmail.com

d) akiko@sendai-nct.ac.jp

1. はじめに

日本では高齢化が急速に進むにつれて、医療従事者の負担と国民医療費の増加 [1] が顕著になっている。健康寿命（健康上の問題で日常生活が制限されることなく生活できる期間）を延ばすことを目的として生活習慣の改善などを行う予防医学に注目が集まっている [2]。予防医学の1つとして、健康状態から病気を発症する兆しを予知・察知することで病気の発症を防ぎ、また病気になった状態でも、その進行を防ぐなど、中国伝統医学（中医学）の未病の概

念がある。この健康と病気の状態を示す未病を改善することで疾患の発症を未然に防ぐことができる。また中医学の診断は現在深刻な医療課題であるメタボリックシンドロームや、がん発症の原因ともなりうる炎症、神経・精神疾患の初期症状の改善にも効果的である。

しかし、医師による中医学の診断は、患者の訴えや症候（問診など）から心身の状態を示す「証」を特定し患者にとって最適な治療法を選択する必要がある。診断の際には、中医学に関する豊富な知識と経験を持った熟達した医師でなければ困難である。この中医学に基づいた診断では、個々の患者に対して病態図（詳細は、4.1.2 項の図 5、図 6 に示す）を作成し、患者の全身状態を把握し複数の証の関係性を明確にすることが正確な診断に有効ではあるが、病態図の作成は専門的な知識に基づきすべて手作業で行っているため、十分に活用されていない。したがって、多くの医師が中医学の診断を正確に行うためには、中医学に関する豊富な知識を共有し、病態図の作成をシステム化することで、医師の診断を支援する枠組みが必要である。

そこで、本論文では、患者の病態を示す「証」とその証を引き起こす「原因」の関係を分析し、医師に提供することで患者に対する最適な治療法の決定を支援する証間関係モデル化手法を提案する。さらに、実際の診療現場から得られた証と証間関係性に対して提案手法を適用して分析を行い、その結果が実際の診療結果と矛盾がないかを中医学の専門医を含めて確認することで、証間関係に適用可能であるかを検証する。

2. 関連研究と提案

2.1 関連研究

中国伝統医学（中医学）は、人間が不快・苦痛に感じたり、変だと思ったりする「自・他覚症状」をもとに病変をとらえ、数千年にわたる治療上の試行錯誤を繰り返し、経験を積み重ねて自然界の草根木皮を用いた治療医学の体系を形成してきたものである [3]。中医学の診断は望診、問診、切診の四診という方法を用いて病気の性質や状況を判断する。医師は四診により得られた疾病の信号に対して、分析を行い患者の心身の状態を示す「証」を判断する [4]。

医療分野における診断支援システムとして、患者の呈している症状から可能性の高い疾病を提示することを目的とする医師の意思決定支援システムが数多く研究されている。意思決定支援システムの研究は 1970 年代後半から 1980 年代に始まり、医療エキスパートシステムが開発されたが、実用化には多くの課題が存在し、現在も研究が行われている。1980 年代の松本らの東洋医学エキスパートシステムの開発では [5]、専門家の経験則を if-then 型の知識ベースを用いてルール化し、ルールに対して確信度処理を行うことで患者に適した証や方剤に関する情報を提供する。知識

ベースシステムは症候から想定できる病態や疾患をルールに従って予測し、その仮説の確信度を参照しながら検証する。しかし、症候の組合せと疾患の関連を専門家がルールとして与えているため、専門家の負担が大きいという問題が存在する。

また、近年、電子カルテなどの診療データ、健康診断データ、服薬履歴データなどの医療健康に関する情報のデータ化が著しい。特に、電子カルテは 1999 年に厚生労働省が認可して以降、大規模な病院を中心に利用率が高まっており、2014 年には精神科および結核病床のみを有する病院を除く全一般病院の 34.2%、400 病床を有する大規模病院では 77.5% に導入されたという報告もある [6]。電子カルテを用いることで患者の問診記録、検査結果などを病院間で共有することが容易になるだけでなく、睡眠や食生活などの患者の生活習慣の電子記録をあわせて考えることにより、将来的に各患者に適した医療を提供することが可能になると考えられる。

このような背景から電子カルテにより蓄積された診療データを用いて、可能性の高い疾患を提示するだけでなく、その疾患に類似している疾患を提示するシステム [7] や、列挙した候補疾患の有無を判断するために必要となる検査項目を提供するシステム [8] が研究されている。また、Katayama らの東洋医学に関する証の予測システムでは [9]、慶應義塾大学医学部漢方医学センターで収集された初診患者 2,830 人の患者の問診内容（369 項目）や診断された証、西洋医学における病名（ICD-10 コード）に関するデータを含む診療データ 16,805 件（再診も含む）を用いて機械学習を行い、患者の問診内容から証である虚証、実証^{*1}の予測を行う。機械学習で用いられる学習データである問診内容は yes-no の 2 択で答える質問と視覚的評価スケール（VAS: Visual Analog Scale）^{*2}を用いて症状の主観的な痛みを示す質問の 2 種類を用いる。この問診内容を用いることで患者が自覚していない考慮すべき症状も把握可能であり、患者の潜在的な証も予測することが可能である。また前述の専門家の負担に関する問題も実際の診療で用いられる電子カルテから診療データを収集するため、負担が小さいと考えられる。しかし、これらのシステムは問診内容から証を予測することが可能であるが、患者に該当する証が複数存在する場合、それらの証間関係を推測することは困難である。中医学では、患者の複数の証が関わって患者の症状が現れていることが多く、証間関係も考慮して診断を行わなければ適切な治療法の見つけられない可能性がある。

*1 虚証：体に必要不可欠な正気が不足した状態、実証：体に不要で有害な病邪が存在する状態 [3]

*2 「0」を痛みはない状態、「100」をこれまで経験した一番の痛みとして、現在の痛みが 10 cm の直線上のどの位置にあるかを示す方法

2.2 技術的課題と提案

前述のとおり、中医学に関する診断支援システムの研究が行われているが、患者の心身の状態を示す証を特定し、患者に対する最適な治療法の決定を支援するためには以下の技術的課題の解決が求められる。

(P1) 患者が発症している潜在的な証や今後発症するであろう証の予測が困難

中医学では、問診の際に患者が自覚している症状だけでなく、患者自身が自覚していない症状を引き出して診断する必要がある。しかし、従来の意思決定支援手法は患者自身が自覚している症状から心身の状態を示す証を予測するため、患者自身が自覚していない症状を考慮できず、医師が判断を間違えれば適切な治療法の選択につながらない可能性がある。

(P2) 候補の証が複数存在する場合、各証の関連性や証の発症時期の把握が困難

従来の意思決定支援手法は、問診内容から患者が発症していると推測される証の情報を医師に提供し、医師の意思決定を支援することを目的としている。

そこで本研究では、上記の技術的課題を解決するために以下の提案を行う。

(S1) DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) [10] 法を用いた証間における関係の強さの分析

DEMATEL 法は、問題解決や合意形成を目的に項目間の関係の強さの分析が可能な手法である。そのため、中医学知識から得られる証間の関係に DEMATEL 法を適用することで、各証間の関係の分析が可能となる。これにより、他の証に与える影響が大きい証の特定や最も治すべき証の特定が可能になると考えられる。また、証間の関係を分析することで、患者の症状から予測した証間の関係だけでなく、予測された証と関係が強い潜在的な証や今後発症するであろう証の推測が可能となり、患者の自覚症状だけでなく、自覚していない症状を考慮した診断が可能になる。

(S2) ISM (Interpretive Structural Modeling) [10] 分析を用いた証の多階層分類

ISM 分析は項目間の因果関係や関連性を表現できる数学モデルを用いて客観的に項目間の階層構造を明確化する手法である。そのため、中医学知識から得られる証間の関係に ISM 分析を適用することで、患者に該当する証の発症時期の把握が可能になると考えられる。患者に該当する証が複数存在する場合、複数の証に対して影響を与える証は患者の初期症状、または根本的な原因となる証である可能性が高いと考えられる。また、ある証が他の証から影響を受け、自身からは関係を持たない場合、その証は最近発症したものであると予測することができる。したがって、

ある証が他の証に影響を与える場合（原因）とある証が他の証から影響を受ける場合（結果）を考慮した証の階層分けを行うことで、患者に該当する証の発症時期の把握が可能となる。

上記の (S1), (S2) により証間の関係の分析を行うことで、患者の最も治すべき証の特定や潜在的な証、今後発症する可能性がある証を考慮した診断、また患者に該当する証の発症時期の把握を可能にする手法を実現することで、医師の診断を支援し、患者に対する的確な診断や治療法の決定を可能にする。

3. 証間の関係モデル化手法

3.1 証間の関係モデル化手法の概要

文献から得られる中医学知識を用いて患者の症状から予測された複数の証の関係を分析し、証間の関係を医師に提供する証間の関係モデル化手法は、DEMATEL 法を用いて証間における関係の強さの分析を行い、ISM 分析を用いて患者に該当する証を発症時期ごとに分類する。

本章では、本手法で用いられる DEMATEL 法および ISM 分析の原理について説明し、最後に、証間の関係に DEMATEL 法を用いた証間の関係の強さの分析方法と証間の関係に ISM 分析を用いた証の階層分類方法について述べる。

3.2 DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) 法

DEMATEL 法は専門的知識から問題の構造を明らかにするものであり、問題複合体の本質を明確にし、共通の理解を集める手法である [10]。この手法は、スイスのバテル研究所が世界的複合問題 (World Problematique, 南北問題, 東西問題, 資源・環境問題など) を分析するために開発された [10]。さらに世界的複合問題のほかに環境アセスメント, 都市再開発問題, 学校における教科カリキュラムの編成, 競技者ランキング問題など, 定量的なデータだけでなく定性的なデータの分析にも適用が可能である [11], [12]。この手法の特徴は以下のとおりである。

- (1) 与えられた問題 (テーマ) に対する要素 (問題項目) 間の影響度 (寄与度) を明らかにする手法である。
- (2) 専門家が持っている専門的な知識をアンケートで集約することで問題の本質を明確にし、要素を段階的に比較する。
- (3) アルゴリズム的であり、コンピュータによる解析を活用する。

3.3 ISM (Interpretive Structural Modeling) 分析

ISM 分析は数学モデルを用いて、客観的な方法で問題の要因を階層構造に分解することが可能であり、J.W. Warfield によって提唱された。このモデルの特徴は以下のとおりである [10]。

- (1) 問題を明確にするためには、多くの人の知恵を集める必要があるとする参加型のシステムである。
- (2) プレーンストーミング*3で得られた内容を定性的な方法で構造化し、結果を視覚的（構造階層）に示すシステムである。
- (3) DEMATEL 法と同様にアルゴリズム的であり、コンピュータによる解析を活用する。

ISM 分析を実際の問題に適用することにより、人間の持つ直感や経験的判断による分析における矛盾点を修正し、問題をより客観的に明確にすることができる。

3.4 DEMATEL 法を用いた証間における関係の強さの分析

中医学知識から「ある証の症状が悪化して他の証を引き起こす関係」を抽出し、抽出された証間の一対比較より、証 i が証 j にどれだけ直接影響（寄与）しているかを c_{ij} で表した行列 C （因果関係マトリクス）を作る。（例：図 1）

成分 c_{ij} は証 i が証 j に与える直接影響（寄与）の程度を示す。これらの一対比較は専門家にアンケートを行い作成するものであり、専門家は形容的な尺度にともなう数値により、各影響（寄与）の程度 c_{ij} を評価する。本研究では、ある証と証に因果関係があると記載されている文献が多いほど証間の直接影響（寄与）が高いと仮定し、行列 C を作成する際の各影響の程度は該当する文献数とする。行列 C は直接的影響（寄与）のみを表しているため、各要素間の間接的影響（寄与）を考える。そこで、まず行列 $C = [c_{ij}]$ から直接影響行列 X を次式により定義する。

$$X = \left(\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n |c_{ij}| \right)^{-1} \cdot C \quad (1)$$

すなわち、この行列は、各要素間の直接的な影響の強さを相対的に表示したものである [10]。次に、 X^2 の (i, j) 要素を $x_{ij}^{(2)}$ とすると、

	j=1	2	3	4	5
i=1	肝鬱	-	1	-	3
2	肝血虚	-	-	-	2
3	腎陽虚	-	-	-	-
4	湿	3	1	-	-
5	飲	-	-	-	-

証	未来の証	参考文献
肝鬱	飲	文献A
肝鬱	飲	文献B
肝鬱	飲	文献C

図 1 因果関係マトリクス C (“-” は 0 を示す)
Fig. 1 The matrix C of causal relationship.

*3 集団的思考の技術で、通常リーダーを含めて 5-10 人が集まり、できるだけ奇抜な思いつきをできるだけ多く出しあい、他人の案はけっして批判しない。案の選択は、のちにそのための別の会合を開いて行う。この方法を個人の思考の態度とするときはソロ・プレーンストーミングという。1939 年に A.F. オズホーンが、アメリカの広告会社で妙案を出す方法として試みたのが始まりである（平凡社『世界大百科事典』より）。

$$x_{ij}^{(2)} = \sum_{k=1}^n x_{ik} \cdot x_{kj} \quad (2)$$

を得る。因果関係マトリクス C の各証間において、推移関係が成立すると考えると、2 段階による間接的な影響が 2 つの直接的な影響の積、すなわち $x_{ik} \cdot x_{kj}$ により表せる（例：図 2）。したがって、 X^2 の要素 $x_{ij}^{(2)}$ は、証 i から証 j へ他のすべての証 ($k = 1, 2, \dots, n$) を通じての 2 段階による影響の程度を示す。同様に X^m の (i, j) 要素 $x_{ij}^{(m)}$ は、 m 段階での証 i から証 j へ間接的な影響の程度を求めることができる。したがって、

$$X + X^2 + \dots + X^m = \sum_{i=1}^m X^i \quad (3)$$

は、 m 段階までの直接的および間接的な影響の総和を示す。次に、各証間の直接的および間接的な影響を測る総合影響行列 Z を求める。 $m \rightarrow \infty$ のとき $X^m \rightarrow 0$ となるならば*4、行列 X の必要十分条件は X のスペクトル半径 $\rho(X) = \max_i |\lambda_i|$ に対して、 $\rho(X) < 1$ となる。また、総合影響行列 Z は正方行列である直接影響行列 X の等比級数と考えられ、また自身の証に対して関係を持つとすると、

$$Z = E + X + X^2 + X^3 + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} X^n \quad (4)$$

となる。また等比級数の和の公式より総合影響行列 Z は

$$Z = \sum_{n=1}^{\infty} X^n = X(E - X)^{-1} \quad (5)$$

となる。本研究では式 (5) の総合影響行列 Z を用いて、各証間における関係の強さの分析を行う。

3.5 ISM 分析を用いた証の多階層分類

ある証から他の証に影響を与える場合（原因）とある証が他の証から影響を受ける場合（結果）を考慮した証の階層分けを行う。因果関係マトリクス C より、証間の直接的な因果関係の有無を 0, 1 で表現した隣接行列 A を作成する。

	肝鬱	肝血虚	腎陽虚	湿	飲
肝鬱	-	-	0.25	-	0.75
肝血虚	-	-	-	-	0.5
腎陽虚	-	-	-	-	-
湿	0.75	0.25	-	-	-
飲	-	-	-	-	-

	肝鬱	肝血虚	腎陽虚	湿	飲
肝鬱	-	-	0.25	-	0.75
肝血虚	-	-	-	-	0.5
腎陽虚	-	-	-	-	-
湿	0.75	0.25	0.19	-	0.69
飲	-	-	-	-	-

直接影響行列 X

総合影響行列 Z

図 2 行列例

Fig. 2 Examples of a matrix.

*4 $m \rightarrow \infty$ のとき $X^m \rightarrow 0$ となるという仮説は、「間接的影響は因果の連鎖が長くなるにつれて減少していく」という経験的事実による。

$$A = a_{ij} = \begin{cases} 1 & (\text{証 } i \text{ から証 } j \text{ へ直接的因果関係あり}) \\ 0 & (\text{証 } i \text{ から証 } j \text{ へ直接的因果関係なし}) \end{cases} \quad (6)$$

隣接行列を二乗した A^2 の (i, j) 要素 $a_{ij}^{(2)}$ は、証 i から他の証を1つ経由して証 j を発症する際の経路数を示す。具体的に図3に示す隣接行列 A^2 の湿の行 ($a_{湿, j}$) に着目すると、湿から肝鬱の関係は $a_{湿, 肝鬱}^{(2)} = 0$ であるため、湿から他の証を1つ経由して肝鬱を発症する経路はないことが分かる。また、湿から飲の関係は $a_{湿, 飲}^{(2)} = 2$ であるため、湿から他の証を1つ経由して飲を発症する経路は2通り存在することが分かる。同様に、 A の m 乗の ij 要素 $A_{ij}^{(m)}$ は、証 i から証 j に至る長さ m のパスを表し、 A, A^2, \dots, A^m の総和は、経路する可能性のあるすべての経路数を求めることができる。このとき、経路の有無を示すため1以上の要素をすべて1に置き換えた行列を可到達行列 T とする。すなわち、

$$T = \text{Sign}(E + A + \text{Sign}(A^2) + \dots + \text{Sign}(A^m)) \quad (m \rightarrow \infty) \quad (7)$$

となる。ここで、 Sign は行列の各要素を正なら1に、0以下なら0に置き換える関数とする[11]。また、自身の証に対して関係を持つものとし、 T の対角成分は1とする。次に可到達行列 T より、自身の証または自身より下の階層に位置する証と関係を持つ証を抽出していくことで証の階層分けを行う。証の階層分類の手順は以下のとおりである。

Step.1 図4(a)に示すとおり、証全体を $S = S_1, S_2, \dots, S_n$ とすると、ある証 S_i に着目し、 S_i から影響を与える (S_i が原因となり発症する) 証の集合 R_i と、 S_i に影響を与える (S_i を発症する原因となる) 証の集合 A_i を求める。

Step.2 図4(b)に示すとおり、 R_i が A_i に含まれる場合

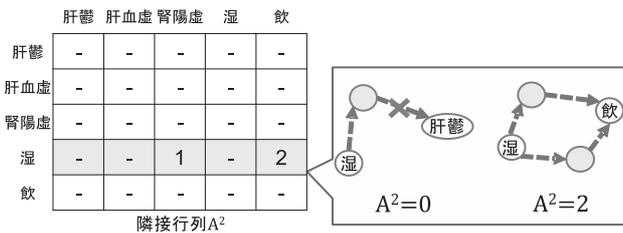
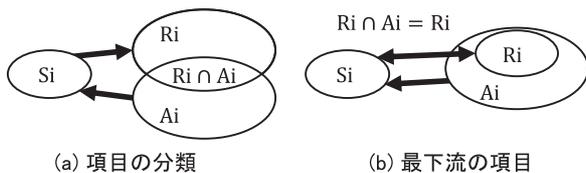


図3 隣接行列 A^2

Fig. 3 Adjacency matrix A^2 .



(a) 項目の分類

(b) 最下流の項目

図4 証の分類と最下流の証の抽出条件

Fig. 4 Extraction condition of grouping patterns and lowest level patterns.

($R_i \cap A_i = R_i$: 条件1) の S_i を最下流の証として抽出する。また、最下流の証は、他の証から影響を受け、自身または自身より下の階層に位置する証以外の証に対し、影響を与えない証を意味する。

Step.3 抽出した証を除く S に Step.2 を繰り返す。

上記の手順を繰り返すことで、証を多階層に分類することが可能である。

4. 実験と評価

4.1 総合影響の分析

4.1.1 実験目的

3.4節で提案した DEMATEL 法を用いた証間の関係の分析が可能であるかを検証した。また、分析結果を中医学を専門とする医師に評価していただき、中医学知識に提案手法を適用可能であることを検証した。

4.1.2 実験概要

本実験は、本研究で提案する総合影響の分析を中医学に関する知識に適用し、証間の関係の強さを分析した。実験では医師が作成した患者9人分の病態図に記述されている27の証の因果関係データを用いて総合影響を算出した。また、求めた総合影響を用いて各証が他の証に与える間接および直接的な影響の程度と各証との関連性を求め、他の証に与える影響が最も大きい証を確認した。

病態図は症状と証の関係やある証から他の証を発症する関係などを図式化したものである。病態図の表記例を図5に示す。医師は病態図を作成することで患者の心身の状態を総合的に判断し、治療法を決定する。図5において、四角は証、楕円は症状を示す。また、六角形は患者が強く訴えている主訴を意味する。

図6に、実験で使用したものに類似した診療で実際に使用する病態図の例を示す。実際の診療では、図6よりも複雑な病態図となる場合がほとんどであるため、本実験で用いた病態図に本研究の手法を適用することで、本研究の検証を行うことができる。また、中医学による診断では、1人の患者が複数の証を持っているのが一般的であり、その関係性は複雑であるため、本実験で用いる証の因果関係で総合影響を示すことができ、かつその結果を、中医学の専

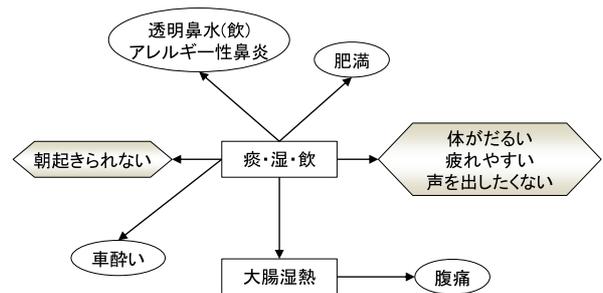


図5 病態図の表記例

Fig. 5 Example of disease state chart.

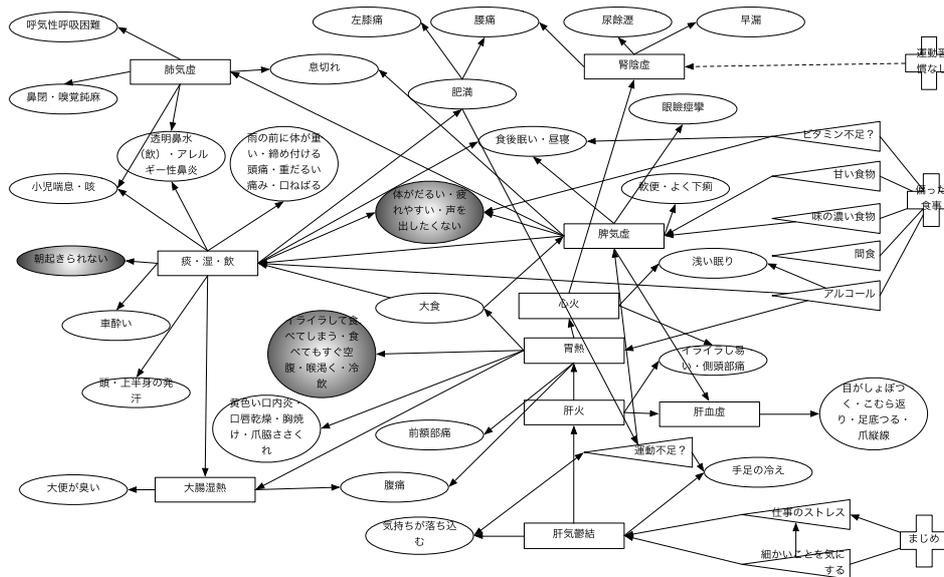


図 6 診療で使用する病態図の例
 Fig. 6 Example of disease state chart used for consultation.

門医が妥当だと判断すれば、本手法が中医学知識やその診断に適用可能であることを確認できる。

4.1.3 実験手順

実験手順は以下のとおりである。

- Step.1 医師が作成した患者 9 人分の病態図の数を証間の直接的な関係の強さとし、因果関係マトリクス C を作成する。
- Step.2 因果関係マトリクス C から総合影響行列 Z を算出する。
- Step.3 求めた総合影響行列 Z から、証数を $n (= 27)$ としたとき、証 $i (S_i)$ の影響度 (*Influence*)、関連度 (*Relation*) を以下の式から算出する。また、影響度は証 $i (S_i)$ が他の証に与える影響の程度、関連度は証 $i (S_i)$ と他の証の関わりを程度を表す。
- Step.4 中医学の専門医によって、分析結果の妥当性を確認する。

$$\begin{cases} Influence = \sum_{j=1}^n Z_{ji} - \sum_{j=1}^n Z_{ij} \\ Relation = \sum_{j=1}^n Z_{ji} + \sum_{j=1}^n Z_{ij} \end{cases} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (8)$$

4.1.4 実験結果

証間の関係の強さと各証の影響度/関連度を図 7 に示す。図 7 に示す矢印は、総合影響行列 Z から求めた証間の関係の方向と強さを表し、関係の強さによって矢印の種類を変えて表記する。また縦軸の影響度 (*Influence*) より、影響の程度が正となる証は影響を与える側、負となる証は影響を受ける側となる可能性が高いことを意味する。

4.1.5 考察

図 7 より、他の証に与える影響が最も大きい証は脾気

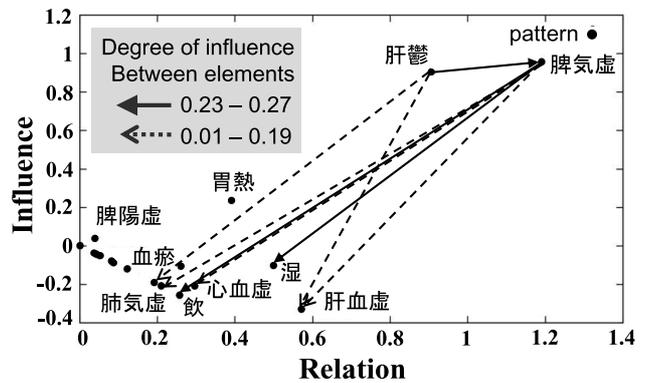


図 7 証間の関係と証の影響度/関連度
 Fig. 7 Relations between patterns and strength of influence/relations of patterns.

虚であることが判明した。また、すべての証間の関係で最も因果関係が強い関係は、脾気虚 → 湿であり、それに続いて肝鬱 → 脾血虚、脾気虚 → 飲の関係が強い。この結果は、中医学の専門医による診断と傾向が一致していることを、実験で用いた病態図を作成した中医学の専門医が確認した。これらの証間の関係は中医学で広く認知されている関係であり、DEMATEL 法を用いた証間の総合影響の分析は可能であると考えられる。また、DEMATEL 法を用いることで、患者に該当する証と関係が強い証も把握することが可能であり、関係が強い証が証候補ではない場合、その証を潜在的な証または今後発症する可能性のある証として医師に提供することができる。これにより、医師は患者により適した診断が行えると考えられる。

4.2 証の多階層分類

4.2.1 実験目的

3.5 節で提案した ISM 分析を用いてある証が他の証に影

響を与える場合（原因）とある証が他の証に影響を受ける場合（結果）を考慮した証の階層分けが可能であるかを検証した。

4.2.2 実験概要

本実験は、中医学に関する知識に提案手法の証の多階層分類を適用させ、結果と原因を考慮した証の階層分けが可能であるかを検証した。

実験では、4.1.2 項と同様に医師が作成した患者 9 人分の病態図に記述されている 27 の証の因果関係データによる分析と、文献 [13] から得た 964 件の証の因果関係データによる分析の 2 つを行い、それぞれで証の階層分けが可能であるかを確認した。

4.2.3 実験手順

実験手順は以下のとおりである。

- Step.1 データを基に因果関係マトリクス C を作成する。
- Step.2 因果関係マトリクス C から直接および間接的な因果関係の有無を表現した可到達行列 T を算出する。
- Step.3 求めた可到達行列 T から、最下流の証の抽出条件 ($R_i \cap A_i = R_i$) を用いて証の階層分けを行う。
- Step.4 中医学の専門医によって、分析結果の妥当性を確認する。

4.2.4 実験結果

医師が作成した病態図に記述されている 27 の証の因果関係データから証を階層分けした結果を図 8 に示す。() に示す数字は自身の証を除く他の証との因果関係数を表し、() がない証は因果関係数が 0 とする。また 1 冊の文献から得た 634 の証の因果関係データ 964 件を用いて証を階層分けした結果を表 1 に示す。表 1 において、証数は各階層に分けられた証の数、因果関係数は自身の証に対する因果関係を含む、各階層に分類された証が持つ因果関係数の最小値と最大値を意味する。

4.2.5 考察

可到達行列から階層分けされた証と因果関係を持つ証がどの階層に分類されているかを検証した結果を図 9 に示す。その結果、自身より下の階層に因果関係を持つすべての証が存在し、また自身より下の階層に位置する証から影

響を受けないことが分かった。したがって、ISM 分析を用いた証間の関係を考慮した証の階層分けは可能であると考えられる。次に、図 8 より、5 階層に分類された肝鬱は 22 の証と因果関係を持ち、最も多くの証と因果関係を持つことが分かった。しかし、4.1.4 項の図 7 より、他の証に影響を与える程度が最も大きいのは、4 階層に分類された脾気虚であり肝鬱に比べて影響度が 0.053 ポイント高かった。このことから、より多くの証と関係を持つ肝鬱は、他の各証に与える影響が小さく、脾気虚は他の各証に与える影響が大きいため、脾気虚の影響が最も大きくなったと考えられる。また、多階層分類では証間における関係の強さや他の証に与える影響が大きい証の把握は困難であり、総合影響の分析もあわせて行うことで証間の関係の強さの把握が可能になる。次に、表 1 より、証が持つ因果関係数は階層が上がるごとに増加することが分かった。また、階層分けされた証と因果関係を持つ証は、自身の階層より下の階層に分類されたことから、文献から得られた大量の因果関係データにも適用が可能であることが判明した。これらの結

表 1 証 634 の分析と因果関係数

Table 1 Analysis of pattern 634 and the number of causal relationship.

階層	証数	因果関係数
16	11	152-157
15	14	138-187
14	16	133-165
13	16	124-146
12	13	123-150
11	6	114-125
10	7	111-117
9	14	110-116
8	26	101-131
7	28	95-114
6	53	94-101
5	23	14-93
4	15	5-23
3	56	3-22
2	60	2-9
1	276	1

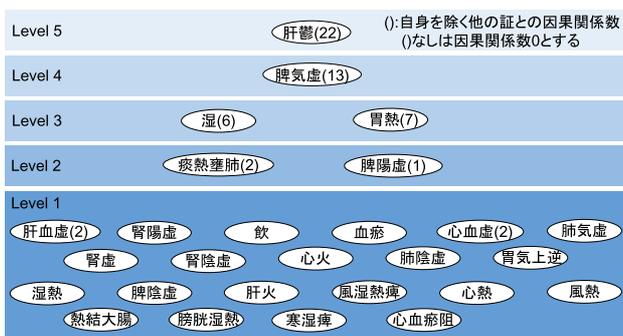


図 8 27 の証を階層分けした全体構造

Fig. 8 The classified structure with 27 patterns.

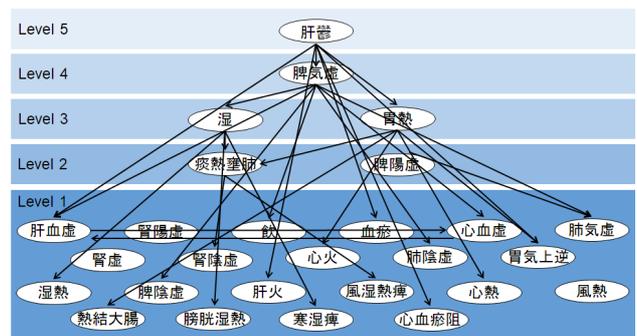


図 9 各証間の因果関係

Fig. 9 Causal relationship between patterns.

果については、中医学の専門医による見解と傾向が一致しており、適切に関係性を分類できており、病態図作成の支援に適用可能である。

5. おわりに

本研究では、中医学の診断において、文献から得られる中医学に関する知識を用いて患者の症状から証を特定し、さらに証間の関係を分析することで、患者に該当する証間の関係を医師に提供し、患者に対する適切な治療法の決定を支援することを目的として、意志決定支援手法である DEMATEL 法および ISM 分析を用いた証間の関係モデル化手法を提案した。本論文では、実際の診療から得られた病態図のデータを用いて実験を行い、証間の関係モデル化手法によって証間の関係の強さと証の階層分けが可能であることの確認を行った。また、実験結果には実際の診断と同じ傾向があり、提案手法が妥当であるということ、中医学の専門医が確認した。これより、証間における関係性の強さと発生時期の把握が可能であることを確認した。

今後は、多くの病態図のデータを用いることで病態図作成支援システムの検討を行うとともに、DEMATEL 法の影響力からの閾値を設定し、ISM 分析で階層性を求める手法などの検討を行っていく。さらに、実際の診療から得られた結果をフィードバックすることで、より適切な診断を支援するシステムとして実現していく。

参考文献

- [1] 内閣府：経済財政運営と改革の基本方針 2018（オンライン），入手先 (<https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/cabinet/2018/decision0615.html>)（参照 2019-03-01）。
- [2] 内閣官房長：健康・医療戦略推進本部，健康・医療戦略—平成 29 年 2 月 17 日閣議決定（オンライン），入手先 (<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kenkouryou/senryaku/>)（参照 2019-03-01）。
- [3] 森 雄材：漢方・中医学臨床マニュアル—症状から診断・処方へ，医歯薬出版（2004）。
- [4] 平馬直樹，兵頭 明，路 京華，劉 公望：中医学の基礎，東洋学術出版社（2006）。
- [5] 北村新三，辻 茂樹，田中克己，松本克彦，森 英樹：東洋医学エキスパートシステムの開発—東洋医学の普遍化を目指して，日本良導絡自律神経学会雑誌，Vol.32，pp.132-135（1987）。
- [6] 厚生労働省：医療分野の情報化の推進について：医療分野の情報化の現状（オンライン），入手先 (https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/iryuu/johoka/index.html)（参照 2019-03-01）。
- [7] ジャンミシー・パッターモン，金谷敦志，梅村恭司，古田輝孝，櫻井潤児，木村通男：医療情報システムのデータマイニングによる関連病名の発見，情報処理学会全国大会講演論文集，Vol.66，No.3，pp.81-82（2004）。
- [8] 香川璃奈，篠原恵美子，河添悦昌，今井 健，大江和彦：病名を介する検査推薦システム構築に向けた同時に行うべき検査項目ペアの自動抽出方法の開発，医療情報学，Vol.36，No.3，pp.113-122（2016）。
- [9] Katayama, K., Yamaguchi, R., Imoto, S., Watanabe,

K. and Miyano, S.: Analysis of questionnaire for traditional medicine and development of decision support system, *Evidence based Complementary and Alternative Medicine*, Vol.2014, 974139（2014）。

- [10] 木下栄蔵：わかりやすい意思決定論入門—基礎からフuzzy理論まで，近代科学社（1999）。
- [11] 豊田武俊，堀井秀之：構造モデル化手法の社会問題への適用 原子力発電所トラブル隠しを題材に，社会技術研究論文集，Vol.1，pp.16-24（2003）。
- [12] 畝田道雄，村上昇啓，高島伸治，神宮英夫，石川憲一：感性評価による日本刀の美しさに関する研究，精密工学会誌，Vol.83，No.4，pp.361-366（2017）。
- [13] 兵頭 明，柯 雪帆：中医弁証学，東洋学術出版社（1999）。



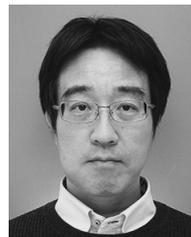
五十嵐 文

2017 年仙台高等専門学校情報システム工学科卒業。2019 年同専攻科情報電子システム工学専攻修了。2019 年東日本旅客鉄道株式会社入社。意思決定理論の研究に興味を持つ。



高橋 滉一

2018 年仙台高等専門学校情報システム工学科卒業，同専攻科情報電子システム工学専攻進学。現在は感情認識を活用した研究に興味を持つ。



力武 克彰

2004 年東北大学大学院情報科学研究科博士課程後期修了。2004～2008 年科学技術振興機構・戦略的創造研究推進事業（CREST）特別研究員。2008～2012 年仙台高等専門学校助教。2012 年～現在，同校准教授。現在は組込みシステムの設計・開発手法の研究に従事。博士（情報科学）。



早川 吉弘

1990 年東北大学大学院工学研究科電子工学専攻博士課程前期 2 年の課程修了。1990～1992 年福島県福島ハイテクプラザ研究員，1992～2009 年東北大学電気通信研究所助教，2009～2013 年仙台高等専門学校准教授，2014 年～現在，同校教授。現在はニューラルネットワークを用いた情報処理に関する研究に従事。博士（情報科学）。



関 隆志

東北大学大学院医学系研究科修了。韓国韓医学研究院客員教授。東北大学・弘前大学・岡山大学非常勤講師。WHO テンポラリーアドバイザー。涌谷町国民健康保険病院技術参事。漢方薬，鍼灸治療の基礎および臨床研究，非侵襲的治療デバイス開発，伝統医学データベース開発に従事。博士（医学）。



高橋 晶子（正会員）

東北大学大学院情報科学研究科博士後期課程修了。（独）日本学術振興会特別研究員，仙台高等専門学校助教を経て，同准教授。知識処理，エージェント指向コンピューティングの研究開発に従事。博士（情報科学）。