

## 中国における医療用人工知能発展の歴史的分析：

### 中医学エキスパートシステムを中心に

秦嶺\*<sup>1</sup>

#### Historical Analysis of Medical Artificial Intelligence Development in China: Research Centered on the expert system of traditional Chinese medicine

QIN Ling\*<sup>1</sup>

**Abstract**-This study is based on a historical analysis of the technological development and introduction of artificial intelligence for medical use in China, based on the progress of application of artificial intelligence technology development to the medical field of traditional Chinese medicine and the experience of many experts in clinical practice. Through the application history of Traditional Chinese Medicine (TCM) expert systems technology, we will review its historical characteristics and the necessity of TCM expert system technology. By examining the application cases of TCM expert systems, we can find that Traditional Chinese Medicine (TCM) expert systems play an important role as an auxiliary means of diagnosis and treatment for doctors. This paper finds that the development of Traditional Chinese Medicine (TCM) expert systems is directly related to the change of Chinese government's science and technology policy through the investigation of the application history of Traditional Chinese Medicine (TCM) expert systems. At the same time, because the science and technology policy directly related to the traditional Chinese Medicine (TCM) expert systems appeared late, so the implementation technology of the traditional Chinese Medicine (TCM) expert systems is still insufficient. The technical level adopted in the implementation of the existing traditional Chinese Medicine (TCM) expert systems is still in a relatively low state. Therefore, whether in hardware or software, we should develop a new integrated traditional Chinese Medicine (TCM) expert systems based on the treatment theory of many Traditional Chinese Medicine (TCM) expert systems, so as to meet the needs of modern Traditional Chinese Medicine (TCM) expert systems diagnosis, people's need for healthy life, and medical care. Finally, when studying the historical issues of Traditional Chinese Medicine (TCM) expert systems, the Chinese government's science and technology policy changes are also an integral part.

**Keyword:** Artificial intelligence, traditional Chinese medicine, expert systems, historical analysis

#### 1. はじめに

本研究は、中国における医療用人工知能の技術開発と導入の歴史的な分析により、人工知能技術開発の中医学<sup>1</sup>医療分野への応用の歴史を通して、中医学エキスパートシステムに関する課題を再考察することを目的とする。中国における中医学エキスパートシステムが初めて中医学医療分野へ導入されたのは1978年である。中医学エキスパートシステムとは、中医学における医学専門家に倣って医療を施すコンピュータ・プログラムのことである。

中医学エキスパートシステムについては、先行研究により諸課題が指摘されている。1991年に曹素元・魏善初・蔡芳珍は、関幼波によって開発された中医学エキスパートシステムに用いられた「加重求和法」(weighted sum)を

主に分析し、中医学医療分野において、エキスパートシステムを適用した場合、中医学従事者は、ある程度のコンピュータ知識を身に付ける必要があり、また、中医学に関連するプログラムを開発する技術者は中医学の基礎理論を理解する必要があると指摘している[1]。1993年に黄衛平は、脳科学研究の方法に着目し、中医学エキスパートシステム開発に応じたプログラムがいくつかのディープラーニングの機能を有するべき課題を研究した。彼は中医学エキスパートシステムを整理し、13の事例において用いられた技術開発を検討した結果、中医学専門家の経験をアルゴリズム化する技術力が依然として不足していることを明らかにしている[2]。

中医学エキスパートシステム発展に応じた複合型人材<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 伝統的な中国の中医学の研究分野は、日本の漢方の研究分野とある程度似ている。「中国で育まれた深い知恵と実績のある伝統医学」中医学について漢方と鍼灸 株式会社誠心堂薬局によると、中医学とは2000年以上の歴史を持つ中国伝統医学のことであり、

\*<sup>1</sup>: 岡山大学大学院ヘルスシステム統合科学研究科

\*<sup>1</sup>: Graduate School of Interdisciplinary Science and Engineering in Health Systems, Okayama University

日本で一般的に馴染みがある「東洋医学」という言葉は、東洋起源の伝統医学のことを指し、中医学(中国)、漢方(日本)、韓医(朝鮮半島)など東アジアの伝統医学をすべて示し、これらの医学はいずれも起源は中国であり、中国から伝わった後、その土地の風土や気候に合わせて独自に発展を遂げていったのであるという。

<sup>2</sup> 中国では、複合型人材とは、一般的に2つ以上の専門や学問分

並びに技術水準の不足という課題について考察した白春清は、2011年までの中医学エキスパートシステム開発の経緯及び成果を系統的に整理し、病気の種類、臨床応用、これまでのシステム開発に用いられた技術などを検討した。その結果、システム開発及び適用に役に立つ複合型人材が不足していること、プログラム開発に関するパターンも立ち遅れていること、さらに病症に対する言語表現が一致していないことなどの問題を指摘している[3]。また、白春清は中国でのエキスパートシステムの文献の収集を行い、開発データを分析することにより、2008年までに開発されてきたエキスパートシステムは約220あり、そのうち中医学エキスパートシステムは約180あることが明らかになり、180の内の約50が技術審査を受け、約30が受賞された。

2021年に中医学エキスパートシステム研究者である文志華・夏帥帥・劉東波・晏峻峰は、中医学の弁証論治<sup>3</sup>のアルゴリズム化のプロセスを中心として、ビッグデータ及びディープラーニングの事例研究に言及しているが、事例は単に5例を挙げたに過ぎない。しかもこれらのシステムに用いられた診断技術はいくつかの病気診断に役立つものの、診断の効率は設定されたコンテキスト次第であるため、仮にコンテキストがなくなれば、システムの弁証論治診断機能も消失するという。また、診断の効率も低いという課題があげられている[4]。

このように、先行研究はそれぞれの視点から中医学エキスパートシステムの諸問題について検討しているが、その内容は概説的なものにとどまっており、問題解決の

具体的な方策には言及していない。また、中医学全科医学<sup>4</sup>の改革にふれていない。つまり、中医学エキスパートシステムは、ハードウェアにおいても、ソフトウェアにおいても、より多様な治療理論による統合的な中医学エキスパートシステムに開発する必要がある。特にこれまでの研究において開発についての歴史的な考察が不足している。

以上を踏まえて、本稿では中医学エキスパートシステムの実装事例に注目し、医師の診断支援手段としての中医学エキスパートシステム開発と実装のプロセスを明らかにするとともに、中医学エキスパートシステム技術応用の歴史を明らかにする。中医学エキスパートシステム技術応用の歴史を通し、その歴史的な特徴と中医学エキスパートシステム技術の必要性を歴史的に再考察する。

## 2. 中国における人工知能技術開発と医療分野への応用の歩み

### 2.1 中国人工知能技術開発の歩み

1950年代には、世界の多くの先進国が人工知能の研究と利用を始め、特にアメリカと日本は、第5世代コンピュータ開発に関する知能化研究を推進してきた。それに対し、中国の人工知能研究は遅く始まり、技術基盤が弱く優秀な人材も不足していた[5]。それにもかかわらず、中国の人工知能分野での研究者は国内外の重要な賞を受けた。下記の表1は2016年『科学技術導報』に掲載された蔡自興<sup>5</sup>によって書かれた「中国人工知能40年」により、作成した。

野の基本知識や基本能力を備えた人材を指す。本稿で複合人材とは、中医学に関する知識とコンピュータ科学と数学に関する知識の両方を持った人材を指す。

<sup>3</sup> 弁証論治、また弁証施治と称して、弁証と論治の2つの過程を含む。1974年に発行された『中医学基礎』第4版では、中医学の重要な診断方法論である「弁証論治」が教科書に正式に掲載された。「弁証」とは、疾病の証候を分析・弁別・認識することである。「論治」とは、弁証法の結果に応じた治療法を確立することであり、疾病を認識し、解決する過程である。

<sup>4</sup> 殊に中国が2012年公表した「十二五」において医療衛生体制改革企画である実施プランを強化することでは、初めて全科医師の重要性が強調された。具体的な内容は次のようである。

四、基本薬品制度及び基層部医療衛生機関経営新体制を強固・整備すること（六）全科医師制度の整備を推進する。全科医師制度の確立が基層部医療衛生機関強化の肝心な措置とされ、標準化の養成、転職の養成、登録医師の招聘、特殊なポストの配置といった対策が講じられ、全科医師陣の整備が促進された。2015年まで基層部医療衛生機関のための全科医師が15万人以上育成され

た。都市での万人あたりの医師数は2人であり、郷鎮での衛生院にも全科医師がいる。家庭と医師の予約診断によるサービスパターンを積極的に推進されている。次第に全科医師と住民による契約サービス関係が結ばれ、住民のために持続的なヘルスマネジメントサービスが提供されるようになった。国務院が「十二五」において医療衛生体制改革企画である実施プランを公表した知らせについて国務院 2012年3月21日 ([http://www.gov.cn/zhengce/content/2012-03/21/content\\_6094.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2012-03/21/content_6094.htm))

<sup>5</sup> 蔡自興は福建省莆田市で生まれ、有名な人工知能研究者である。1962年9月西安交通大学の電気工学科を卒業した。2014年呉文軍人工知能科学技術功績賞を受賞した。2016年IEEE Fellow、2019年IEEE Life Fellowに選ばれた。蔡教授は、主に知能システム、人工知能、知能制御、知能ロボットの研究に従事している。彼は知能システム、ロボット工学、自動制御の分野でよく知られており、中国の知能制御、人工知能、ロボット工学の学術的リーダーの一人であり、知能科学技術の発展に重要な貢献をしてきた。中国で「中国の人工知能教育の最初の人物」として知られている。

表1 人工知能分野での研究者受賞一覧

授賞年	受賞歴のあるプロジェクト名	受賞者名	受賞者所属	受賞名・授与組織
1978	幾何学的定理機械証明	呉文俊	中国科学院	全国科学大会重大科学技術成果賞 全国科学会議
1984	問題階層的ソリューション理論	張鈞	中国科学院	ICL 欧州人工知能賞 欧州人工知能会議
2000	幾何学的定理機械証明	呉文俊	中国科学院	第1回国立科学技術賞 国家科学技術賞委員会
2008, 2010	国際虹彩認識アルゴリズムコンペティションチャンピオン	譚鉄牛	中国科学院	IEEE/IAPR International Joint Conference on Biometrics, IJCB
2011	情報科学の理論的基盤を構築し、人工知能の中核を革新する	鐘義信	中国人工知能学会	第1回呉文俊人工知能技術賞功労賞 国立科学技術賞委員会は設立を承認し、中国コンピュータ協会がレビュー
2012	人工知能システムの新しい理論を遂行し、人工知能システムの新しい技術を開く	塗序彦	中国人工知能学会	第2回呉文俊人工知能技術賞功労賞国立科学技術賞委員会は設立を承認し、中国コンピュータ協会がレビュー
2013	知識工学の中核理論を拡大し、分散知的理論の基礎を革新し、知的科学の理論的システムを構築する	史忠植	中国人工知能学会	第3回呉文俊人工知能技術賞達成賞国立科学技術賞委員会は設立を承認し、中国コンピュータ協会がレビュー
2014	知能科学の理論の拡大、知能科学教育の革新、知能科学の発展の促進	蔡自興	中国人工知能学会	第4回呉文俊人工知能技術賞功労賞 国立科学技術賞委員会は設立を承認し、中国コンピュータ協会がレビュー
2014	知識工学と知識ベースのソフトウェア工学	陸汝鈞	中国科学院	中国コンピュータ協会生涯功労賞 国立科学技術賞委員会は設立を承認し、中国コンピュータ協会がレビュー
2014	統計的推論に基づく発見的検索、トポロジーベースの空間計画法	張鈞	中国科学院	中国コンピュータ協会生涯功労賞 国立科学技術賞委員会は設立を承認し、中国コンピュータ協会がレビュー

上記の表1の中で特に世界に大きな影響を与えた科学者は呉文俊と張鈞である。

呉文俊は1919年上海で生まれ、1940年上海交通大学で数学を専攻し、学士号を取得した。1947年フランスのストラスブール大学に留学し、1949年博士号が授与され、その後1951年中国に戻った。代表論文は「On the decision problem and the mechanization of theorem-proving in elementary geometry.」である。彼の研究は、近代数学史上中国人独自の研究分野を切り開いたものであると評価されている。呉文俊の提出した幾何学的定理機械証明が、後にサーフェス・ステッチングやコンピュータビジョンなどの多くのハイテク分野で中核的な問題を解決するために使用され、この研究成果を契機として世界において、幾何学定理の機械証明に関する研究と応用が急増した。

1982年、アメリカ人工知能協会の会長であるブレッドソンと他の有名な科学者は、連名で呉文俊の研究を称賛した[6]。また、この機械による幾何学定理の証明と発見の手法—幾何学定理機械証明が、1978年中国全国科学大会で重大科学技術成果賞を受賞した。

張鈞は1935年3月26日福建省福州市福清県で生まれ、コンピュータサイエンス及びテクノロジーの専門家であり、ロシア自然科学院と中国科学院の研究者でもある。また、1983年清華大学に設立された中国での最初の知能ロボット研究所の責任者である。イタリアのピサで開催された第6回欧州人工知能会議(ECAI)において、彼のプランニングと検索の分野に関する論文は最優秀論文に選ばれ、同年「欧州人工知能賞」を受賞した。論文は「Ling Zhang and Bo Zhang, The successive SA\* search and its co



computational complexity」である。これは、人工知能に関する重要な国際会議で発表された最初の学術論文であり、人工知能の分野で中国人が受賞した最初の重要な国際賞でもある。張鉞が提出した理論は、当時のコンピュータ知識表現の実現に大いに寄与した[7]。

社会的要因は、技術の発展を促進させる歴史的要因の一つである。中国において人工知能に関する研究が開始されたのは1978年以降であり、当時人工知能技術を開発することが国家戦略として位置づけられ、中国政府が主導して人工知能技術の発展を推進した。

その後、1981年9月、中国人工知能学会(CAAI)が長沙で設立され、秦元勳<sup>6</sup>が初代理事長に選ばれた。于光遠<sup>7</sup>は大会の間に大型座談会を開き、人工知能の認識について検討した。当時、于光遠は「人工知能は新興の科学であり、我々は積極的にこれを支持すべきである。一方、いわゆる「超能力」の研究は疑似科学であり、支持するべきではなく、断固として反対すべきである」と指摘した。1982年には、中国人工知能学会の刊行物である『人工知能学報』が長沙で創刊され、人工知能に関連する中国での最初の学術刊行物となった。1984年、中国で最初の知能コンピュータ及びそのシステムに関する全国学術セミナーが開催された[8]。

1986年から知能コンピュータシステム、知能ロボットと知能情報処理などの重要なプロジェクトが国家ハイテク研究発展計画(863計画<sup>8</sup>)に組み入れられた。それにより、現在の人工知能の研究結果に基づき、未来の中国における人工知能の開発に関する予測計画が数多くつくられた。その後、専門誌である『アナログ認識と人工知能』は1987年創刊され、1989年中国の人工知能制御合同会議(CJCAI)が初めて開催された[8]。1993年知能制御と知能自動化などのプロジェクトが国家科学技術クライミ

ング計画に組み入れられ、2013年BSBLIT(Brain Science and Brain-Like Intelligence Technology)が実施された。BSBLITは「中国脳企画」と略称され、主に二つの研究方向がある。一つは、脳の未知の解明や脳の脳疾患の攻略を目指す脳科学研究であり、もう一つは、人工知能技術の構築・発展を狙う類いの脳研究である。このBSBLITの実施により2017年新世代の人工知能開発計画が導入された。2015年、製造分野でのAI活用を推進するため、中国国務院が「中国製造2025」計画を提出した。2016年、ロボット活用の拡大、特に医療分野でロボット技術の活用を促進するため、中国政府によって「ロボット産業発展計画」が公表された。AI技術革新で世界の技術大国になるため、中国国務院によって2017年に「次世代AI発展計画」が公表され、2018年『人工知能標準化白書』、2019年『中国の新世代の人工知能技術産業開発報告書』という人工知能技術の開発に関する標準の指導書が出版された。2021年、中国政府によって『中華人民共和国国民経済及び社会発展第14回5ヵ年計画と2035年長期目標の概要』が公表され、その中に中国の人工知能技術の発展レベルを高める新たな目標も提案されている。

このように、中国での人工知能技術開発の歴史の中で、政府主導の特徴が顕著である。同時に、科学者によって開発された新しい技術と新しい科学理論も、中国の人工知能技術の発展に重要な影響を与えている。

## 2.2 医療診断に関わるコンピュータ技術の起源

コンピュータ支援診断(CAD)技術は画像特徴を自動的に取り出すだけでなく、機械により、計算方法を学習し、病変検出及び診断を行うこともできる。従って、多種の疾病の多パターンの映像・画像の分析に幅広く応用されるようになり、医学の映像検査の価値を高めた。この概念を系統的に整理したのはアメリカの学者Ledleyであり、彼は

<sup>6</sup> 秦元勳は1923年2月13日貴州省貴陽市で生まれ、有名な数学家である。中国において、常微分方程式の理論、運動安定性、近似解析、機械引導公式などの研究の創始者であり、計算物理学という新たな学科を切り開いた。中国の初めての原子爆弾、水素爆弾の威力の計算を担当していた。1982年国家自然科学賞一等賞原子爆弾、水素爆弾設計原理での物理力学数学理論プロジェクトの担当者の一である。中国组织人事报新闻网 2022-09-27 “大力弘扬科学家精神”系列文摘 秦元勳：隐姓埋名铸“两弹”(http://cpc.people.com.cn/n1/2022/0927/c443712-32534672.html) (中国組織人事新聞ニュースウェブサイトにおける2022-09-27「科学家の精神を大いに提唱すること」シリーズダイジェストにより、秦元勳は自分の名を隠して「原子爆弾、水素爆弾」を製造したという。)

<sup>7</sup> 于光遠は、1915年7月15日上海で生まれ、中国の経済学者である。1936年清華大学物理学科卒業、中共中央宣伝部理論処副処長、中国科学院哲学社会科学学部委員、科学規画委員会副秘書長などを歴任し、1964年7月科学技術委員会副主任となった。1977

年12月に国家科学技術委員会副主任に就任し、その後中国社会科学院マルクス・レーニン主義・毛沢東思想研究所所長、国務院学位委員会委員、中国社会科学院副院長、顧問、全国人民代表大会代表、中共中央顧問委員会委員などを歴任した。おもな著作に『思考と実践』・『改革・経営・生活・組織整備』などがある。『矢吹晋「評伝(于光遠)」(『日中経済協会会報』1987年6月号)』

<sup>8</sup> 1986年3月に始まったハイテク技術の研究発展計画。王大コウ、王滄昌、楊嘉志、陳芳允の4人のベテラン科学者が1986年3月3日、「世界の先端技術から取り残されないためにも、国内のハイテク技術を発展させていく必要がある」として、中国共産党中央に陳情書を提出したことから始まった。問題を重視した鄧小平氏は「すぐに決めるべきで、引き延ばすべきではない」とし、計画の開始に向け自ら指示を行った。その後の全面的な科学論証や技術論証を経て、国務院は「ハイテク技術研究発展計画概要」を批准。これが通称「国家863計画」と呼ばれる。「人民網日本語版」2003年2月13日(http://j.people.com.cn/2003/02/13/jp20030213\_26019.html)

1966年最初にコンピュータ支援診断 (computer-aided diagnosis, CAD) を発表した。これは映像学・医学画像処理技術及び他の手段である。つまり、主に画像採集・画像事前処理・関心区域(region of interest, ROI)分割・特徴提出・分類識別などにより、病気の発見を支援し、診断の効率を高めることである[9]。

Dendral は 1960年代の人工知能プロジェクトであり、未知の有機化合物を質量分析法で分析し、有機化学の知識を用いて解明するものである。スタンフォード大学で、エドワード・ファイゲンバウム、Bruce Buchanan、ジョシュア・レーダーバーク、Carl Djerassi が開発し、プロジェクトは 1965年開始された[10]。

Mycin (マイシン) は、スタンフォード大学で 1970年代初めに 5~6年の歳月をかけて開発されたエキスパートシステムである。Lisp で書かれ、ブルース・ピキャンンとエドワード・ショートリッフェが開発した。Dendral から派生したものであったが、かなり修正されている。システムは伝染性の血液疾患を診断し、抗生物質を推奨するためにデザインされており、患者の体重により供与量を調節する。Mycin の名称の由来は、多くの抗生物質にサフィックス「-mycin」がつくからである[11]。

このように、初期に開発された医学分野に関わるエキスパートシステムはいくつかあるが、1980年代において人工知能開発に用いられた技術は未熟であった。その由緒は主に 2つある。

当時のコンピュータのストレージ技術のハードウェアに関しては、保存できるデータが限られており、ソフトウェアについては、エキスパートシステムの開発に用いられた技術の種類が極めて少なかった。なお、当時において、Mycin システムモデルは既にエキスパートシステムの最も成熟した技術開発フレームワークであり、この技術フレームワークはその後、中国における中医学エキスパートシステムの開発にも大いに役立っている。

### 2.3 中国人工知能技術の医療分野への応用の歩み

医療分野では、人工知能の適用が可能となっており、医療業界の発展に大いに影響を与え、医療サービスの水準を高める重要な要因となっている。同時に、ますます深刻化していく人手不足問題を解決するために、人工知能技術が導入された。従って、医療分野における人工知能応用の歩みを的確に把握することが重要である。

1976年アメリカのスタンフォード大学はエキスパートシステムを開発し、『Computer-Based Medical Consulta-

tion: MYCIN』という専門書を出版した。この影響により、中国は 1978年中医学エキスパートシステム (最初は弁証論治電子計算機と呼ばれた) の開発を開始し、刮目すべき業績 (例えば、関幼波肝臓病診断システム) を成し遂げた。それに伴い、多くの経験豊かな高名の専門家の経験に基づいて構築されたエキスパートシステムが臨床の現場で応用されるようになった。その後約 10年間にわたり、各種のエキスパートシステムは次々と開発され、それらのシステムのすべては開発の中心となった高名な専門家の氏名がついている。特に 1983年から 1989年にかけてシステムのプログラムの開発はかつてないブームとなった。さらに中医学エキスパートシステム開発に関する重要な技術と経験を多く積み重ねてきたことに加え、西洋医学エキスパートシステムに関する研究も推し進められた。

中国衛生部は 1984年中医学の診断治療システムに関わる研究を中医学研究方針の一つに定め、正式に所属する複数の機関に指示した。その後国家科学技術委員会はシステム研究を国家「第 7回 5 年計画」<sup>9</sup> 難関課題プロジェクトとして実施し[12]、中医学の技術開発を初めて国家計画に盛り込んだ。

「第 8回 5 年計画」から「第 10回 5 年計画」までの三つの 5 年計画が実施され、中医学の研究方向と基礎制度の構築などが定められた。

「第 11回 5 年計画」から「第 13回 5 年計画」までの三つの 5 年計画が実施された結果、中医学の研究分野において次の 3つの重要な目標が確立された。中医学の全面的な情報化の目標、中医学の新しい人材育成体系、中医学の技術革新である。特に、新たな人工知能技術の中医学研究への応用が確立された。そのなかに、中国が 2012年公表した「第 12回 5 年計画」における医療衛生体制改革企画である実施プラン強化では、初めて全科医師の重要性が強調された。

その後、2020年、斬新的なスマートホスピタルを構築するため、国家衛生健康委員会によって《关于进一步完善预约诊疗制度加强智慧医院建设的通知》(「予約診療体制の一層の充実とスマートホスピタル構築の強化に関するお知らせについて」) が公表された。2021年、医療保障制度や医療情報技術の向上のため、中国国務院によって《“十四五”全民医疗保障规划的通知》(「第 14回 5 年計画の国民医療保障計画のお知らせ」) が公表され、2022年、中医学の健康サービス能力と技術革新を向上させるため、中国国務院によって《“十四五”中医药发展规划的通知》(「第

<sup>9</sup> 中国の五カ年計画 (規画正式名称は「中国国民経済と社会発展五年計画要綱」): 中国の五カ年計画はソ連の五カ年計画を模範として計画的な国家の統制のもとで工業・農業における生産力の向上を目指し、ソ連の技術と資金の全面的な援助で実施される。小

島晋治・丸山松幸『中国近現代史』1986 岩波新書  
第七次五カ年計画 (七五計画) 1986年 - 1990年  
([http://www.gov.cn/ztl/content\\_87112.htm](http://www.gov.cn/ztl/content_87112.htm))

14回5ヵ年計画での中医薬発展計画のお知らせについて」が公表された。

このように、中国では人工知能技術が医療分野への応用の歴史において、政府主導(特に5ヵ年計画を中心として)の特徴が顕著である。

### 3. 中医学エキスパートシステムの実現

#### 3.1 システムの実装原理

疾病診断というのは非常に複雑で難しい作業であり、診断には複数の判定方法が用いられることにより、的確な診断が行われる。

また、知識表現とは、概念としての知識をコンピュータ処理向きにモデル化し、形式化するためのアルゴリズムである。知識型システムの大きな特徴は、知識を記述する知識ベースとそれを利用する推論機構が分離しているが、知識表現とその利用法である推論は密接に関係している。強力な知識ベースシステムの実現には、強力な知識表現が必要である[13]。

西洋医学は自然科学に基づくのに対し、伝統的な中医学は中国独自の自然哲学に基づいている。そのため、中医学の診断型エキスパートシステムにおける曖昧知識の表現方法が必要となる。

本稿での曖昧知識とは、中医学エキスパートシステムによる診断時に使用されているファジー理論知識である。弁証法において、物事は常に両面に分けられ、正確さと曖昧さという二重性を持っている。一方では正確な方法が科学的な方法であり、他方では曖昧な方法も科学的な方法であると考えられる。中医学の分野における多くの現象と概念は、伝統的な数学言語で表現できないが、自然言語でよりよく解釈できる。中医学診断におけるファジー言語は、中医学診断の過程で避けられない属性であり、中医学の思想と文化の本質を正確に表現するために不可欠なツールでもある。

患者の症状から身体の状態を把握し、治療方針を決定し、それに応じて方法を選択する中国独自の診断・治療システムがあり、中国では「弁証論治」と呼ばれている。この弁証論治がアルゴリズム化にとって重要な課題である。

#### 3.2 弁証論治のアルゴリズム開発

中医学エキスパートシステム開発には多くの人工知能技術の応用が必要であり、かつパラダイム標準(如何に中医学病理を的確に診断するかというパターン)に基づくことが重要である。この機能を開発するには症状、体調、診断標準システムの情報が必要である。そのため、中医学において常に実施されている診断方法、即ち弁証論治はアルゴリズム化させることが必須である。

1980年代での中医学の人工知能研究は、単に診断プロ

セスの論理認知に注目するのみであり、アルゴリズムとソフトをデザインすることだけであった。

近年の人工知能技術の飛躍により、こうした課題の解決が目覚しいが、従来の研究パターンも依然として重要である。つまり人工知能の成果は、ソフト構造及びアルゴリズム、膨大なデータ量とコンピュータの巨大な計算力次第である。

#### 3.3 曖昧知識情報処理

中医学エキスパートシステムの一般的なシステムの基本構造は知識ベース、推理装置、人間と機械の相互接続、知識の獲得・更新である。推理装置は知識ベースでの知識により、人間と機械のやりとりを通し、情報を読み取り、多くの推理方策と制御方策により、ユーザー(普通は診断医者或いは患者)の多様な疑問に回答(診断報告或いは治療方針)する。

中医学での弁証論治認知パターンは、「観る」「聴く」「問う」「診る」の4つである。患者の病気の症状、体調、発病の軽重といった弁証的客観情報を収集した上で、中医学の理論により、統合的に分析し、治療の方策を絞り、処方を出し、投薬するという「理論」「方策」「処方」「投薬」のような緻密な中医学の提案に基づき、患者に具体的に治療を施すことになる[14]。従って、最新のコンピュータ技術を活用し、この弁証論治のプロセスをアナログ化する手法は極めて重要である。多くの医療エキスパートシステムの作動プログラムは発生式システム知識ベースをパターンとして開発されたものであり、知識の表示形式は症状・診断といった情報により、プログラム化されている。

しかし、これまでの中医学エキスパートシステムに関する開発理論は、例えば、Thomas Bayes 関数をアルゴリズムの中核として開発されたタイプであり、初代のエキスパートシステム(MYCIN)を参考にして開発されたものである。また、あらゆる不確かな推理に基づいた伝統的エキスパートシステムに用いられた診断装置は1種、またはあるタイプの病気しか診断できず、患者による大量のデータにも左右される。さらに、患者の症状と表現は曖昧である可能性があり、同様な症状であっても他の病気の症状であることもあり得る。そのため、エキスパートシステムの設計者は、新たなアイデア、即ち曖昧推理理論を導入し、医療エキスパートシステムを開発しなければならない。

1965年アメリカのカリフォルニア大学の Lotfi Zadeh は曖昧集論と曖昧ロジックという概念を発表し、1983年「曖昧集とシステム論の生物学における応用」を発表した。その後この理論は医学応用に導入された[15]。

システムの実装原理、弁証論治の開発、曖昧知識情報処理などの中医学エキスパートシステムの発展に寄与する実績があるが、まだ二つの課題が存在する。

第一に、アルゴリズムである。新たなアルゴリズムは



次々と現れてきて、技術合同が重要な趨勢になっている。超大規模予定演習モデルが技術効果の絶えざる向上を促しており、引き続き規模がより大きく、タイプが多方向に向かっている。OpenAI は 2020 年に GPT-3 を登場させ、その後 Google, HUAWEL, 智源研究院, 中科院, 阿里巴巴などの企業と研究機関も相次いで超大規模予定演習モデルを登場させた。例えば, Switch Transformer, MT-N LG, 磐古, 悟道 2.0, 紫東太初, M6 などがある[16].

第二に、基礎計算力である。ある計算力は絶えず飛躍していくが、新技術はまだ探索段階である。特に人工知能計算力は絶えず飛躍している。演習用と推論用の IC「Integrated Circuit Chip」も拍車をかけて変化していく。しかし、Open AI データでは、モデル計算量の成長速度は遥かに人工知能ハードウェアの成長速度に勝っている。アルゴリズム応用と同様に、中医学エキスパートシステム研究者にとってはコンピュータハードウェア開発に関してはさらなるスピードが求められている。

#### 4. 中医学エキスパートシステム実装事例

本章では、中医学エキスパートシステム発展について歴史的視点で検討する。

まず、多くの専門家の経験に基づいて構築された臨床の現場で応用されている中医学エキスパートシステム実装事例を検討し、中医学エキスパートシステム(1978年-1986年)に関する課題を歴史的に再考察する。

次に、中国における医療用人工知能の技術開発と導入の歴史的分析により、その各時期の歴史的特徴を明らかにす

表 2 中医学エキスパートシステム

システム名称	開発年	システムでの主な開発技術
関幼波肝臓病診断エキスパートシステム	1980	IBM-PC , prolog 言語 LOGLISP
鄒雲翔腎臓病診断エキスパートシステム	1982	IBM-PC , prolog 言語 LOGLISP
李玉奇慢性胃炎弁証診断エキスパートシステム	1983	IBM-PC , prolog 言語 LOGLISP
羅元愷生理病診断エキスパートシステム	1984	IBM-PC , Rule-Bassed Expert System, MECOS-1
姚貞白女性診療科診断エキスパートシステム	1984	IBM-PC , MTGIES 編集・翻訳システム
孫同郊乙型肝炎診断エキスパートシステム	1986	IBM-PC , MBASIC, CH3

##### 4.2.1 関幼波肝臓病診断エキスパートシステム

1970年代には中医学分野にコンピュータが導入され、中医学の臨床経験やコンピュータによる弁証論治の研究が取り組まれた。肝臓病専門家である関幼波教授は1980年肝臓病を診断するエキスパートシステムを作り、北京市科学技術進歩一等奨を受賞した。第一診療プログラムをもとに、1982年6月第二診療プログラムに関する研究を完成させた。1984年3月第二診療プログラムを利用し患者を約1.5万人診断し、病歴を約200カルテ作成した。120例の慢性延期性肝炎と慢性活動性肝炎の治療効果を分析

る。

##### 4.1 考察の対象とする文献データの選定理由

本章の文献データは論文集『中医アナログ計算機並びにエキスパートシステム概論』である。この論文集は1989年世界第6回世界医療と健康情報学会(MEDINFO)が北京で開催された際、世界医薬関係者及び計算機関係者に中国の医薬学情報処理技術の発展を紹介するために編集されたものである。論文集に掲載されていた論文でのエキスパートシステムの開発事例に関する記事は、すべて開発者自らが執筆したものであり、関連する研究資料である。また、この論文集の編集が行われた機関は国家中医学管理局、中国医薬情報学会、機械電子工業部計算機科学技術委員会、中国人工知能学会、中国中医学研究院である。そのため、この論文集は国家主導で編纂され、当時の最も代表的な中医エキスパートシステムに関する詳細な情報が収録されており、中医エキスパートシステムの開発史の研究における最も重要な歴史文献である。また、これは中国政府の協力によって編纂された唯一の中医学エキスパートシステムの開発の歴史に関する論文集でもある。

なお、関幼波肝臓病診断エキスパートシステムに関する評論は、彼が所属した北京中医病院により発表された歴史的な資料である。

##### 4.2 中医学エキスパートシステム実装事例研究

筆者は既存の中医学エキスパートシステムの文献データを収集し、下記のように表2を作成した。これらのエキスパートシステム実装の事例を分析することにより、中医学エキスパートシステムに関する史料をよりの確に把握することができると思う。

した結果、治癒率は80%であった。

1981年2月から11月にかけて関幼波教授は自ら83例の慢性肝炎患者を治療し、治癒率は81.9%であった。両者の治癒率を比べると、差異は極小であるため、関幼波教授の弁証論治が確立されたと言える。その後、中国国内の各地で約20の病院において関幼波肝臓病診断エキスパートシステムが導入されることにより関幼波教授の治療サービスの範囲を拡大した[17].

最初の中医学エキスパートシステムの代表としての関幼波肝臓病診断エキスパートシステムの開発は、中医学治

療技術のデジタル化の新たな歴史を切り開いており、その後の他のシステムの開発のために貴重な経験も提供している。このシステムの開発では、初めて MYCIN モデルをプログラム開発に使用することを試みた結果、中医エキスパートシステムの技術的実現可能性が証明された。

#### 4.2.2 鄒雲翔腎臓病診断エキスパートシステム

中国南京中医学院の副院長である鄒雲翔教授は腎臓病の専門医である。彼の学生と南京工学院王能斌準教授の学生が協力し、1982年に鄒雲翔腎臓病診断及び授業経験応用ソフトというエキスパートシステムの開発に成功し、その後鄒雲翔腎臓病コンピュータ診療は開始された。1984年11月西安において開催された全国コンピュータ応用展覧会に参加し、一等賞を受賞した。1985年日本の筑波で開催された国際科学技術展覧会に展示された[18]。

このシステムは約6年間の臨床応用を実施し、鄒雲翔教授の病院において腎臓病患者を約2万人治療した。その結果、治療しにくい慢性腎臓炎の治癒率は90%であり、急性腎臓炎もよりよい高い治癒率となり、今まで約20の病院において導入された[18]。

関幼波肝臓病診断エキスパートシステムに基づいた鄒雲翔腎臓病診断エキスパートシステムの開発でも MYCIN モデルがプログラムに応用された。同時に本システムの一部の機能が強化された。例えば、人とコンピュータとの相互作用というインタラクティブな能力である。

#### 4.2.3 李玉奇慢性胃炎弁証診断エキスパートシステム

李玉奇教授は中医学の専門家であり、慢性胃炎治療の権威である。このシステムを設計する前に、開発チームは彼の治療経験と大量の病歴を収集し、著作『萎縮性胃炎弁証治療』及び講義資料を分析した。また李玉奇教授の外来と臨床での治療と投薬、授業と質問回答などについて慢性胃炎治療に関する内容も把握した。これらの準備を整えた上で、李玉奇教授の慢性胃炎治療の臨床経験及び学術理論に則り、電子計算機慢性胃炎弁証診断エキスパートシステムの設計を遂行した。1983年8月外来診療部門において試験的に導入され、治療患者は196例であった。このシステムは李玉奇教授の慢性胃炎治療の経験を反映し、臨床は周文学が指導する萎縮性胃炎研究チームにより実施され、治療の結果は本人の治療結果とほぼ一致していた[19]。

関幼波肝臓病診断エキスパートシステムと鄒雲翔腎臓病診断エキスパートシステムと同様に、本システムの開発でも MYCIN モデルがプログラムに応用されたが、このシステムの開発では、データの階層化処理がより一層重視された。

#### 4.2.4 羅元愷生理病診断エキスパートシステム

羅元愷教授は広州中医学院の婦人病診療専門家であり、医療、教学、科学研究に約40年取り組んでいた。羅元愷教授の貴重な医学経験を伝え、多くの患者のために、羅元

愷教授によって治療された前兆流産と婦人病の経験は次々とエキスパートシステム化され、1984年認定をうけ採用された。このシステムは「Rule-Based Expert System」であり、診断装置と知識データベースと全体データベースから成っている[20]。

このシステムについて、羅元愷教授が自ら治療した217例の婦人病患者の病歴に基づいて比較した。その結果、このシステムの弁証論治の209例が羅元愷教授の治療に一致しており、適合率は96.3%であった。その後、このシステムは中国の8の省の18の病院において導入され、評価された[20]。

前述した開発事例を参考に、本システムは引き続き MYCIN モデルが採用された。開発の過程で本システムは推理装置の設計革新が行われ、羅元愷の開発チームが自ら開発した MECOS-1 という推理装置を用いた。

#### 4.2.5 姚貞白女性診療科診断エキスパートシステム

雲南省出身で有名な中医学専門家である姚貞白教授は一生を通して中医薬事業に取り組んでいた。彼の著作は『祖国医学对世界医学的发展和贡献』(『祖国医学が世界医学への発展及び影響』)であり、1984年以来、医療理論と学術理論はプログラム化し、臨床・教学に応用した[21]。

このシステムは1986年9月雲南科学技術委員会によって審査された。その後、昆明市第一人民医院及び昆明市中医病院の臨床診療部門において導入された。半年にわたり、治療患者は1800例も達し、診断の適合率と治癒率は94%以上であった[21]。

このシステムは前述したシステムと同様に MYCIN モデルを応用したが、開発の過程で編集・翻訳機能の設計革新が行われ、姚貞白の開発チームが独自に開発した MTG IES 編集・翻訳システムを採用した。

#### 4.2.6 孫同郊 B 型肝炎診断エキスパートシステム

西南医科大学の孫同郊教授は中国の肝胆道疾患の専門家であり、伝統的な中医学と西洋医学の統合に長年にわたり従事しており、1980年以来、B型肝炎の治療における伝統的な中医学の臨床研究に専念した。“中医治疗92例乙型肝炎 HBsAG 转阴和免疫功能观察”(「伝統的な中医薬による B型肝炎 HBsAG の負の変換と免疫機能の観察の92例治療」)、“慢性肝炎中医治疗中的一点体会”(「伝統的な中医薬による慢性肝炎治療の小さな経験」)は、孫教授の代表的な学術研究論文である[22]。

孫同郊 B型肝炎診断エキスパートシステムは、1985年1月西南医科大学において試験的に導入され、同年4月に正式に使用された。81例の臨床(B型肝炎 HBsAG 変化)を分析した結果、診断の適合率と治癒率は98%以上であった[22]。

このシステムの特徴は MYCIN モデルを応用しながら、開発の過程でソフトウェア環境を革新し、特別な漢字シス



テム (例 MBASIC, CH3) を適用したことである。

#### 4.3 中医学全科エキスパートシステムの開発

現代医学の発展に伴い、臨床部門がより一層整ったことにより、医療レベルの向上をある程度促進させたが、中医学の弁証論治のような完全性と社会性を無視することもよくある。ある意味で、伝統的な中医学は一般診療 (General practice) の基本的な特徴を備えており、伝統的な中医学の一般診療を発展させることが不可欠である。そのため、この課題を把握する必要がある [23]。

1957 年英国のエジンバラ医科大学で一般医学科が設立されて以来、一般診療は数 10 年間にわたり、世界中で急速に発展してきた。1989 年 11 月、国際総合医学会議が北京で開催され、1990 年北京において北京一般診療会が設立された [24]。その後、中医学全科エキスパートシステムの開発を始めることになった。例えば、2013 年、国医堂中医学全科エキスパートシステムは、近現代において活躍された経験豊かな高名な中医学専門家たちの臨床経験と 5 年制中医学学部生の授業内容及び現代人工知能技術と伝統的中医学弁証論治を取り入れたものである。さらに携帯電話版の APP ソフトもある。中医学のエキスパートシステムは初めて単一のシステムからネットワークステジ化への転換に成功したため、革新的な開発だと言える。

#### 4.4 中医学エキスパートシステムにおける今後の課題

上記の中医学エキスパートシステム実装事例を歴史的に検討した結果、医師の診断の支援手段としての中医学エキスパートシステムのありかたのみならず、中医学エキスパートシステムによる治癒率について確認することができた。例えば、関幼波肝臓病診断エキスパートシステムによる肝臓病医療の治癒率は関幼波教授の治癒率とほぼ同じように、各中医学エキスパートシステムの診断の適合率が全部 90% 以上である。

これらの代表的な中医学エキスパートシステムの開発に成功したことは、1978 年から 1986 年にかけて、中国が独自で中医学エキスパートシステムを開発する技術力を有したことを示している。また、当時の技術開発のレベルから考えると、これらの中医学エキスパートシステムは医療診断支援の役割を十分に果たしている。しかも、海外の先進的な AI 技術が中医学エキスパートシステムの開発に応用されることができるとのみならず、未来の中医学エキスパートシステムの開発を促進させることもできる。

しかし、1989 年世界第 6 回世界医療と健康情報学会 (MEDINFO) が開催された以降、中医学エキスパートシステムの開発は一時停滞状態に陥った。その原因は 2.3 で言及したように「第 8 回 5 年計画」から「第 10 回 5 年計画」までの間、中国の中医学研究が研究方向と基礎制度の構築などに重点を移したことによる。

2012 年頃までの「第 12 回 5 年計画」(2.3 で言及し

た) 時期に、中医学エキスパートシステムの技術開発が再び議題に挙げられるようになり、人材育成から新技術の応用に至るまで全面的に中医学エキスパートシステムの開発が強化された。このように、中国政府の科学技術政策は、中医学エキスパートシステムの開発に主導的な役割を果たしており、システム開発の歴史的特徴を検討する際の最も重要な参考要因である。

しかし、既存の中医学エキスパートシステムのプログラムのほとんどは、依然として単一の中医学エキスパート理論によって作られている。そのため、高齢化社会における現代中医医療の診断、健康システムのサポート、介護といった新たなニーズのために、国家の科学技術政策においては、新たな多くの理論が集積される中医学エキスパートシステム開発が提案されている。従って、中医学エキスパートシステムに関連する技術開発の歴史を検討する場合、中国政府の科学技術政策の変化に焦点を当てる必要がある。

## 5. おわりに

以上のように、中国における医療用人工知能の技術開発と医療分野への応用の歩みと中医学エキスパートシステムの開発を歴史的に検討してきた。

中国での中医学エキスパートシステムの開発は、中国政府の科学技術政策の変化に直接関係しており、現在の技術開発への転換は、「第 13 回 5 年計画」以降からである。既存の中医学エキスパートシステム実装に用いられた技術水準はまだ低い状況にあり、かつ関連の構造計算方法とモデル作りにおいてはまだ開発途上である。現在の使用モデルは既存の人工知能と統計学の方法を参考にして作られたものであり、同時に弁証論治である「中医学診断理論」を柱として開発されてきた構造計算方法とモデル作りの開発数が限定的であるため多様性に富んだ中医学診断を支援できていない状況である。

従って、40 年間以上にわたる人工知能技術の応用のプロセスを歴史的に再考察することにより、系統的でかつ全面的に中医学エキスパートシステムの発展の過程と成果を把握することができるようになる。その上、中医学エキスパートシステム技術開発においては、より先進的な人工知能技術を導入する必要があると考えられる。例えば、経験モデル+ビッグデータ分析に基づいた機械ディープラーニングのようなより完成度の高い中医学エキスパートシステムの開発に関しては、中医学の基礎的な統合性研究理論や基礎知識の整理を行った上で、作業できるアルゴリズム及び新たなアルゴリズムに転換させるという革新に重点を置くことが期待される。

## 参考文献

- [1] 曹素元,魏善初,蔡芳珍.中医专家系统研究的回顾与思考[J].中国医药学报,1991(06):54-56,64. (曹素元·魏善初·蔡芳珍.『中医エキスパートシステム研究の回顧及び思考』.中国医薬紀要,1991(06):54-56,64.)
- [2] 黄卫平.中医专家系统研究概况与展望[J].医学与哲学,1993(01):17-19. (黄衛平.『中医エキスパートシステム研究概況及び展望』.医学と哲学,1993(01):17-19.)
- [3] 白春清.中医专家系统三十年.医学信息(上旬刊),2011,24(02).PP:550-552. (白春清.中医エキスパートシステム三十年.医学情報(上旬刊),2011,24(02).p.550-552.)
- [4] 王志华,夏帅帅,刘东波,晏峻峰.中医智能辨证诊断技术的演进与问题探讨[J].世界科学技术-中医药现代化,2021,23(11):4298-4304. (王志華, 夏帥帥, 劉東波, 晏峻峰.『中医学の知能弁証論治技術の発展及び問題に関する検討』.世界科学技術—中医学現代化,2021,23(11).p.4298-4304.)
- [5] 《人工智能标准化白皮书(2018版)》指导单位:国家标准化管理委员会工业二部.编写单位:中国电子技术标准化研究院.(国家標準化管理委員會工業2部.中国電子技術標準化研究院(2018)『人工知能標準化白書』.2018)
- [6] 新华网.共和国荣光 吴文俊:创“中国方法” 寻数学之“道”[J] 2019-10-09 (新華網. 共和国の栄光 吳文俊:「中国の方法」を創造し, 数学の「道」を求める 2019-10-09)
- [7] 贺迎春,丁亦鑫.人民网—人民日报海外版 张钹:中国人工智能奠基者(科教人物坊)(賀迎春·丁亦鑫. 人民網—人民日報海外版 張鈹「中国知能定礎者」「科学教育人物坊」) 2021-08-30 <http://finance.people.com.cn/n1/2021/0830/c1004-32211567.html>
- [8] 蔡自兴. 中国人工智能 40 年[J]. 科技导报, 2016, 34(15): 12-32. (蔡自興『中国人工知能40年』.科学技術導報 2016, 34(15): 12-32.)
- [9] Ledley RS, Jacobsen J, Belson M. Bugsys: A programming system for picture processing: Not for debugging. Communications of the ACM. 1966;9(2):79-84
- [10] Lederberg, Joshua Feigenbaum, Edward A. Buchanan, Bruce G. Lindsay, Robert K. DENDRAL: A Case Study of the First Expert System for Scientific Hypothesis Formation. Artificial Intelligence 61(1993),p,209-261
- [11] Bruce G. Buchanan, Edward H. Shortliffe, Rule Based Expert Systems: The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project, Massachusetts: Addison-Wesley, 1984-1 (<http://www.shortliffe.net/Buchanan Shortliffe-1984/MYCIN%20Book.htm>)
- [12] 中华人民共和国国家科学技术委员会《关于编制十五年(1986-2000年)科技发展规划的报告》(中華人民共和國 国家科学技術委員會『1986~2000年国家科学技術發展企画』15年企画 1985-12-20. [http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjgb/ndtjgb/qgndtjgb/200203/t20020331\\_30004.html](http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjgb/ndtjgb/qgndtjgb/200203/t20020331_30004.html) 参照日 2022-6-15)
- [13] 王耀輝,張応中,羅曉芳. Semantic Query for Engineering Knowledge Graphs Combining Rule Reasoning[J]. 計算機科学と応用, 2019, 09(05): 993-1002. <https://doi.org/10.12677/CSA.2019.95112> 参照日 2022-3-18
- [14] 许家伦.基于四诊信息决策支持的中医健康评价体系研究述评与展望[J].中国中西医结合杂志.2012年03期.(許家倫.『四診情報判断支援に基づく中医学健康評価システムのレビューと展望』.中国中西医结合雜誌, 2012, 32, p. 307-310.)
- [15] Fuzzy Set Theory in Medical Sciences Author links open overlay panel M. M. Gupta R. R. Martin-Clouaire P. N. Nikiforuk IFAC Proceedings Volumes Volume 16, Issue 13, July 1983, Pages 29-30
- [16] 中国信息通信研究院《人工智能白皮书 2022 年》(中国情報通信技術学院『人工知能白書(2022)』中国情報通信技術学院, 2022-4-12)
- [17] 北京中医医院《关幼波诊疗程序诞生始末》(北京中医医院『関幼波肝臓病診断プログラム誕生始末』 [https://www.bjzhongyi.com/gzb\\_mygs\\_detail/4656.html](https://www.bjzhongyi.com/gzb_mygs_detail/4656.html) 参照日 2022-7-21)
- [18] 谭德高, 黄新吾, 邹燕勤.“邹云翔中医肾系疾病计算机诊疗, 教学, 护理和咨询系统” 中医计算机模拟及专家系统概论. 秦笃烈, 鲍亦万. 人民出版社, 1989, P.39-58 (譚德高·黃新吾·鄒燕勤.「鄒雲翔中医腎臟疾病計算機診療, 教学, 看護, 諮問システム」.『中医アナログ計算機並びにエキスパートシステム概論』.秦篤烈·鮑亦万(編).人民出版社, 1989, p. 39-58.)
- [19] 李玉奇, 李永明, 高秀英, 李娟, 张泽清, 周学文.“李玉奇慢性胃炎辩证施治系统” 中医计算机模拟及专家系统概论. 秦笃烈, 鲍亦万. 人民出版社, 1989, P.197-206 (李玉奇·李永明·高秀英·李娟·張澤清·周学文.「李玉奇慢性胃炎弁証論治システム」.『中医アナログ計算機並びにエキスパートシステム概論』.秦篤烈·鮑亦万(編).人民出版社, 1989, p.197-206.)
- [20] 郭昌谷, 朱秉匡.“罗元愷痛经辨证施治系统” 中医计算机模拟及专家系统概论. 秦笃烈, 鲍亦万. 人民出版社, 1989, P.1-33 (郭昌谷·朱秉匡.「羅元愷生理病弁証論治システム」.『中医アナログ計算機並びにエキスパートシステム概論』.秦篤烈·鮑亦万(編).人民出版社, 1989, p. 1-33.)
- [21] 姚承济, 翟世捷, 姚克敏, 杨本权, 柴青.“姚贞白妇科专家诊疗系统及医学智能通用编辑系统 MTGIES-1” 中医计算机模拟及专家系统概论. 秦笃烈, 鲍亦万. 人民出版社, 1989, P.61-88 (姚承濟·翟世捷·姚克敏·楊本權·柴青.「姚貞白女性診療科診断エキスパートシステム及び医学知能通用プログラム MTGIES-1」.『中医アナログ計算機並びにエキスパートシステム概論』.秦篤烈·鮑亦万(編).人民出版社, 1989, p. 61-88.)
- [22] 李良军.“孙同郊乙型肝炎专家诊疗系统” 中医计算机模拟及专家系统概论. 秦笃烈, 鲍亦万. 人民出版社, 1989, P.228-255 (李良軍.「孫同郊 B 型肝炎診断エキスパートシステム」.『中医アナログ計算機並びにエキスパートシステム概論』.秦篤烈·鮑亦万(編).人民出版社, 1989, p. 228-255.)
- [23] 李心机. 中医院校应发展全科医学教育[J]. 中医教育, 1995(03):21. (李心機.『中医薬大学が中医学全科エキスパートシステムを開発すべき』.中医教育, 1995, (03): 21.)
- [24] 肖正平. 中医教育与全科医学[J]. 中医教育, 1995(02):55-56. (肖正平.『中医教育及び全科医学』.中医教育, 1995, (02): 55-56.)