

学位論文要旨

学位論文題目： 東洋医学における舌診と深層学習に関する研究

申請者氏名： 安 振宇

東洋医学とは古代中国を起源とし、日本や韓国を含む世界中の国々に広がり、発展してきた医学である。東洋医学における診察は、四診（望診、聞診、問診および切診）と呼ばれる4種類の診察法で構成されている。この中で望診は、患者の顔色、表情、皮膚、爪、頭髪、舌などを注意深く観察する診察法であるが、これらのうちでも舌を見る舌診が特に重要とされている。舌診とは、舌の色・乾燥度・舌の苔（舌苔）などを診ることにより、五臓六腑の状態を診断する手法である。なお、舌は直接的或いは間接的に多くの臓腑と繋がっている。一般的に舌表面は舌尖部、舌辺部（左と右）、舌中部、舌根部の5部位に別れ、それぞれ舌尖部は心肺、舌辺部は肝胆、舌中部は脾胃、舌根部は腎、と各臓腑に対応し、それらの部位による変化は内臓気血の盛衰が舌に影響し、病変が舌に現れた症状として、内臓の変化を反映したものである。

五臓六腑とは、東洋医学において人体の内臓全体を指す際に使用される表現であり、具体的には五臓は肝・心・脾・肺・腎を指し、六腑は胆・小腸・胃・大腸・膀胱・三焦を指す。経脈とは身体を縦に流れる脈であり、気と血の通路の役割を果たすものである。気・血・津液は生きるために必要なものであり、いわゆる代謝物質である。また、経穴は一般的に経脈に沿って配置されており、人体の表面に存在している。

鍼灸治療は、東洋医学の治療法の1つであり、鍼または灸で経穴を刺激することによって、その刺激が経脈に伝わり、体内の気・血・津液が改善され、その結果、五臓六腑の機能が活性化される。鍼灸治療は、副作用が少なく、病気の予防や難病の治療などにも有効であることから、WHOに認められ、今や世界中に広まっている。しかしながら、鍼灸治療は未だ経験的・臨床的に行われることが多く、治療の仕組みや過程が科学的に解明されていない部分が多い。そのため、現代の西洋医学や科学技術的な観点も取入れた客観的・統一的な研究方法や評価基準・評価方法の確立が求められている。

このような東洋医学の現状を踏まえ、深層学習という Artificial Intelligence (AI) 技術を活用して、四診から鍼灸治療における治療方針の決定までを総合的に支援する鍼灸治療支援システムの開発を目指している。このシステムは主に、四診を支援してその結果を解析する機能（機能1）、治療用経穴の候補を抽出する機能（機能2）、治療用経穴の候補を評価する機能（機能3）の3つから構成されている。

本論文では、鍼灸治療支援システムの機能1として舌診を取り上げ、深層学習を活用し

た舌状態の自動認識による臓腑の健康状態を自動診断する5分割診断法と舌画像の識別による裂紋舌（れつもんぜつ）の自動診断法を提案した。

5分割診断法では、Mask R-CNN を用いて舌画像の認識と切り抜きを行い、その結果を5つの部位に分割した上で、各部位の画像における症状の有無を判定することで、各部位に対応する臓腑の健康状態を判定する。各部位の症状の有無の判定には、LeNet, ResNet50, ResNet101, DenseNet169によるアンサンブル学習を用いる。

また、裂紋舌の自動診断法では、舌画像の認識と切り抜きから得られた舌のみの画像データを裂紋舌の自動認識学習に適用して、裂紋舌のみの画像データを抽出した上で、裂紋舌の裂紋状態を判定する。裂紋舌の自動認識と裂紋舌の裂紋状態の判定には、LeNet, ResNet50, ResNet101, DenseNet169, ConvNeXt-Tiny の5つの画像認識モデルによるアンサンブル学習を用いる。

提案した5分割診断法と裂紋舌の自動診断法を評価するために、各々を適用する評価実験を行った。実験結果より次のことが明らかになった。なお、それぞれの手法では比較的古いモデルと比較的新しいモデルである ConvNeXt-Tiny も活用するがそれらの効果と有用性も確認された。

- (1) 舌の5部位に対応する臓腑の健康状態の判定については、アンサンブル学習を用いた場合、その正解率が80%以上で、5つのモデルを個別に用いて学習した時のいずれの最良の結果よりも高くなっている。よって、舌画像による臓腑健康状態の診断においては、アンサンブル学習を用いた5分割診断法は極めて効果的であると言える。
- (2) 裂紋舌の自動認識学習については、アンサンブル学習を用いた場合、設定した4種類の学習率において、いずれも正解率が90%であり、5つの個別の画像認識モデルの学習における最良のテスト結果より高くなっていることから、アンサンブル学習を用いた方が効果的である。
- (3) 裂紋舌の裂紋状態判定学習については、5つの個別の画像認識モデルの学習とアンサンブル学習を用いた場合、それらの最良のテスト結果として、各々の最高な正解率が80%と85%であることから、アンサンブル学習を利用した方がより効果的であると言える。

以上の(1)～(3)より、本論文で提案した5分割診断法と裂紋舌の自動診断法は、それぞれ臓腑健康状態の自動診断と裂紋舌の自動診断に極めて効果的である。

これらの診断法では、深層学習を舌診に活用することで、より客観的かつ効果的な診断支援が可能となり、健康管理や医療の向上にも繋がるものである。

学位論文審査の概要と結果

報告番号	東アジア博 甲 第 171 号	氏 名	安 振宇
論文題目	東洋医学における舌診と深層学習に関する研究		

(論文審査概要)

本学位論文は、東洋医学の診察法の望診（ぼうしん：視覚情報を用いる診断法）の中で特に重要視される舌診を取り上げ、それを支援する、AI技術の一種である深層学習を用いた舌診支援システムの実現手法を提案し、評価実験によりその有用性を論じたものである。

東洋医学において、舌は直接的あるいは間接的に複数の臓腑（五臓六腑とも呼ばれる）と繋がっており、舌の状態を診断することで様々な臓腑の健康状態を把握できると考えられている。本論文では、舌の画像から臓腑の状態を自動判定する5分割診断法と、舌表面に亀裂がある“裂紋舌”の裂紋状態の度合いを自動的に判定する裂紋舌自動診断法を提案している。

5分割診断法は、深層学習の技術を用いて、舌を含む口周りの画像から舌部分のみを自動認識して切り出した上で、5つの部位に分割し、各部位に対応する臓腑の状態（病状の有無）を判定する。裂紋舌自動診断法は、5分割診断法にて何らかの病状があると判定された舌画像に対して、深層学習を適用することでその症状の進行度合いを判定するものである。また、本論文では提案した二つの手法に対して、舌診に関する専門書に掲載されている画像を用いた評価実験を行い、その有効性を確認している。論文の構成は次の通りである。

第1章では、序論として研究の背景と目的、及び、提案する2つの手法の特徴や意義を説明している。その後、本論文の全体構成について述べ、舌画像の自動認識に関連する先行研究を紹介したうえで、東洋医学における本論文の位置づけについて説明している。

第2章では、東洋医学において舌診が発展してきた背景と現状を紹介し、舌診とそれに関連する幾つかの概念を説明している。さらに、舌表面と五臓六腑の関係、及び、裂紋舌について述べ、深層学習を舌診に活用した先行研究を踏まえつつ、本研究で用いる深層学習の手法と2クラス分類の評価指標について説明している。

第3章では、舌診支援システムで用いる深層学習を活用した舌の5分割診断法を提案している。はじめに、舌診支援システムの構成と処理手順について概説している。次に、5分割診断法における舌の自動認識、切り抜き、5つの部分画像への分割について述べたあと、5つの画像認識モデルを用いた臓腑状態判定のための学習、及び、それらの一部を組み合わせたアンサンブル学習について述べている。さらに、テスト用画像を用いた評価実験を実施し、その結果から、舌画像による臓腑健康状態の自動診断において、アンサンブル学習が極めて効果的であると結論づけている。

第4章では、深層学習を活用した裂紋舌の自動診断法を提案している。まずは、裂紋舌の自動診断手順を概説した上で、5つの画像認識モデルを用いた裂紋舌画像の自動認識と裂紋舌に基づく裂紋状態判定の学習、および各々の学習で設定した各種パラメータについて説明している。次に、提案した手法における、5つの画像認識モデルを用いた学習結果及びそれらのモデルを融合させたアンサンブル学習の結果を、テスト用画像を用いた評価実験を通して比較し、その結果から、裂紋舌の診断においてもアンサンブル学習が有効であると結論づけている。

第5章では、本論文で得られた研究成果をまとめたうえで、その研究成果の応用に関する今後の展望および研究をさらに発展させるための課題を述べている。

以上の学位論文の内容から、審査委員会は次のように評価した。

1. 創造性：東洋医学における舌診の重要性、及び、その現状と課題、関連研究を十分に理解し、深層学習を用いて、臓腑の病状の有無を自動判定する5分割診断法を提案し、さらに、病状の進行度合いを視野に入れた裂紋舌自動診断法を提案している点は新規性が認められる。したがって、創造性の点においては優れている。
2. 論理性：先行研究を引用しながら東洋医学や舌診における課題を明らかにしている。また、舌診の理論に基づきながら、深層学習というAI技術を取り入れた自動診断手法を提案し、その処理手順についてもアルゴリズムを提示しつつ丁寧に論じている。一部、論文中に冗長な表現はあるものの、評価実験を行いその結果を用いて提案手法を評価しており、論文としての論理性には問題がない。よって、論理性の点においては達成できている。
3. 厳格性：関連する文献を可能な限りカバーしており、先行研究についても丁寧に渉猟している。また、提案した手法を評価する実験においても専門書に掲載されている画像を活用しており、用いているデータの信頼性も問題ない。よって、厳格性の点においては達成できている。
4. 発展性：提案した手法を発展させることで、舌診の支援技術の確立に繋がり、主観的な要素を減少させた、客観的かつ一貫性のある舌診が期待される。また、診断の精度向上や迅速化といった医療従事者の診断業務の支援のみならず、日々の健康管理での活用など幅広い応用が考えられる。よって、発展性の点においては優れている。

以上の4つの観点に対して、本論文は全体的に達成していることから、論文審査を「合」と判定した。

論文審査結果

合・否

審査委員 主査 (氏名) 中田 亮

(氏名) 葛崎 洋

(氏名) 鷹岡 亮