

学位論文要旨

学位論文題目: Development of Support System for Acupuncture and Moxibustion Treatment by Using Machine Learning (機械学習による鍼灸治療に向けた支援システムの開発)

氏名: 楊 航

Acupuncture and moxibustion treatment (AMT), a core component of traditional Chinese medicine (TCM), has been widely used to restore balance and alleviate pain by stimulating specific acupoints. However, acupoint prescription remains highly dependent on the clinical experience of individual practitioners, leading to considerable variability and a lack of standardized protocols. Although large amounts of clinical knowledge have been accumulated over thousands of years, systematic methods for objective analysis and knowledge discovery are still limited. Artificial intelligence (AI), particularly Machine Learning, has shown great potential in AMT by uncovering data-driven patterns that support clinical decision-making, in particular identifying acupoint selection from large-scale data and developing personalized treatment prescriptions. Nevertheless, its application in AMT still faces critical challenges, including data quality, model reliability, and clinical trustworthiness.

This thesis presents an intelligent AMT support system designed to overcome the limitations of traditional acupoint selection. By integrating a hierarchical classification framework with interpretable machine learning, the system provides personalized acupoint prescriptions and enhances the transparency of clinical decision-making. With physician oversight, the system integrates AI recommendations with human expertise to ensure alignment with TCM principles and established clinical standards.

Specifically, to address the challenges of data quality, model reliability, and clinical trustworthiness, this study conducted the following work:

We built a dataset of 5,000 cases covering 159 diseases and introduced a tailored data augmentation method, expanding it to 10,138 samples. This establishes a foundation for future data expansion.

Based on our analysis of AMT data from a machine learning perspective, we adopted the Hierarchical Attention-based Recurrent Neural Network (HARNN) model for

hierarchical classification tasks in this domain and validated its performance and applicability through extensive computational experiments.

To further enhance the reliability and interpretability of machine learning results, we introduced the Local Interpretable Model-Agnostic Explanations (LIME) method into the field of AMT.

Building upon this, we design an AI-assisted physician decision-making framework, integrating AI recommendations with physician expertise to ensure that AI-driven AMT aligns with TCM principles and clinical standards. Finally, we implement the system using Streamlit, providing an interactive interface for AI-assisted clinical decision-making.

The computational experiments demonstrated that on the original dataset of 5,000 samples, HARNN achieved an IoU (Intersection over Union) of 0.883 in predicting acupoint prescriptions. After data augmentation, the IoU reached 0.954 in 5-fold cross-validation, and 0.932 on a test set of 1,000 original samples. The application of LIME enables intuitive visualization of the model's prediction rationale, thereby enhancing the model's reliability.

This study develops a hierarchical and interpretable machine learning model that predicts acupoint prescriptions based on symptoms, integrating HARNN for hierarchical classification and LIME for interpretability. This provides an effective technical approach and methodology for the intellectualization of AMT.

学位論文審査の概要と結果

報告番号	東アジア博 甲 第 190 号	氏 名	楊 航 (YANG Hang)
論文題目	Development of Support System for Acupuncture and Moxibustion Treatment by Using Machine Learning 機械学習による鍼灸治療に向けた支援システムの開発		

(論文審査概要)

本学位論文は、東洋医学の鍼灸治療における経穴選択の限界を打破すべく、人工知能技術を活用した鍼灸治療支援システムを提案するものである。提案システムは、階層的分類フレームワークのモデルと配穴決定プロセスの見える化が可能な人工知能の機械学習との統合により、患者の症状に基づいた治療用経穴の処方を提供しつつ、臨床判断の透明性も担保している。本論文は全6章の構成となっている。

第1章では、本研究の背景および目的について述べている。まず、鍼灸治療 (AMT) および人工知能 (AI) の現状を概説し、AI 技術を AMT に応用する際の課題を整理したうえで、AI 技術を活用した鍼灸治療の支援システムを開発する、という本研究の目的を明らかにしている。最後に、以降の各章の構成およびそれぞれの章の概要について述べている。

第2章では、本研究に関連する先行研究および具体的な課題について述べている。まず、AMT の基本原理と配穴 (経穴処方) の特徴を解説し、従来の機械学習、アンサンブル学習、深層学習および各種モデルの解釈可能性に関する技術的背景を概説している。そのうえで、AMT 分野における機械学習技術の適用上の課題を明確にしている。

第3章では、AMT における配穴に対し、多角的な機械学習手法を適用した予備的研究について詳述している。具体的には、従来の機械学習、アンサンブル学習、深層学習、といった3つの主要なモデルのカテゴリについて比較検討している。3,000 症例のデータセットを用いた実験の結果、アテンション機構付き Seq2seq モデルが最も優れた性能を示し、交差検証で IoU 95.72%, テストセットで 95.33% を達成したことを述べている。最後に、これらの結果を踏まえ、各手法の限界について考察している。

第4章では、階層的分類モデルである HARNN を予測モデルとして採用し、LIME による解釈機構を統合した、配穴予測のための解釈可能な新規モデルを提案している。データセットの構築からモデルアーキテクチャ、評価指標に至るまで、その方法論を詳述している。5,000 症例のオリジナルデータセットを用いた実験において、HARNN は IoU 0.883 を記録した。さらにデータ拡張を適用した結果、性能は向上し、5 分割交差検証では IoU 0.954、1,000 症例のテストセットでは IoU 0.932 に達した。加えて、LIME の活用により予測根拠の直感的な可視化を実現し、モデルの信頼性向上に寄与したことを示している。

第5章では、提案モデルを応用した鍼灸治療支援システムの構築について述べている。具体的には、第4章で構築した階層的かつ解釈可能な新規モデルを基盤とし、臨床における意思決定を支援する『対話型 AMT システム』の設計および実装について詳述している。また、1,000 件のオリジナルテストケースを用いた性能評価の結果を提示している。2つの代表的な症例を通じた検証により、本システムが患者の症状に基づき病名、サブカテゴリ、および経穴処方を適切に予測できることを実証し、良好な性能が確認された。

第6章では、本研究で得られた主要な知見と貢献を要約し、論文全体を総括している。あわせて、本研究の課題と限界について言及し、提案手法の改善および応用範囲の拡大に向けた、今後の研究の方向性を展望している。

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：機械学習による鍼灸治療支援システムの開発における現状と課題および関連研究を十分に理解し、階層的分類フレームワークのモデルと配穴決定プロセスの見える化が可能な人工知能の機械学習との統合により、患者の症状に基づいた治療用経穴の処方を提供しつつ、臨床判断の透明性も担保するシステムを開発したから、本論文は、創造性において優れている。
2. 論理性：先行研究を引用しつつ課題を明らかにしている。既存の手法の長所と限界を議論しながら、独自の発想に基づいて配穴予測のための解釈可能な新規モデルを提案している。このように、本論文は、課題の提示から解決法まで一貫性のある展開をしていることから、論理性において極めて優れている。
3. 厳格性：関連する先行研究は幅広く網羅し、丁寧に渉猟している。また、提案する新規モデルは、その有効性について 1,000 件のオリジナルテストケースを用いた性能評価をしており、さらに代表的な症例を通じた検証もしている。これらのことから、厳格性において極めて優れている。
4. 発展性：開発した手法およびシステムは、経験に基づいて治療する鍼灸治療現場において、より客観的かつ新たな治療法の発見につながる。本研究の手法をさらに発展させていけば、プロセスの見える化が必要となる他分野での応用も可能である。よって、発展性において優れている。

以上より、全体的に優れていることから、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)

葛 崎 偉

(氏名)

中 田 亮

(氏名)

北 沢 于 里

(氏名)

印

(氏名)

印