

博士学位論文審査結果要旨

西暦 2022 年 9 月 5 日

研究科、専攻名 バイオ・情報メディア研究科 コンピュータサイエンス専攻

学位申請者氏名 Mohannad Alkanan

論文題目 A Study on Classifying Fetal Distress from Large-Scale Cardiotocographic (CTG) Data Using Different Machine Learning Approaches

審査結果の要旨

2022年8月31日に東京工科大学内において学位申請者 Mohannad Alkanan氏の学位審査公開発表会が開催され、博士学位論文に関する発表とその質疑応答が行われた。

本博士学位論文は、大規模なCTG (Cardiotocography : 胎児心拍計測器)データに対し、さまざまな機械学習を用いて胎児状態を分類し認識する技術に関するものである。

産科医は、母体と胎児の健康と安全性に甚大な影響を与えうる情報を得るためにCTGと呼ばれる計測器を用いている。しかしながら、CTGデータは雑音が多いこと、出力データの解釈が容易ではなく医師によって異なってしまう場合があること、CTG使用にあたっては継続的に専門家の立ち合いが必要であることなど、さまざまな課題に直面している。このような背景から、本研究では、CTG の現在の課題を克服し、胎児の潜在的な合併症を予測するための支援を行うために、人工知能を用いたさまざまなアプローチを提供することを目的としている。

本研究の主要な成果は以下の3点である。

第一の成果は、危険度の高い出産を検出するアルゴリズムを確立したことである。まず、CTG信号の雑音を除去した後に、CTG信号から日本産科婦人科学会 (JSOG) のガイドラインに基づく重要な特徴量を抽出した。続いて、それらの特徴量に対してSVM(Support Vector Machine), RF(Random Forest), DT(Decision Tree)およびANN(Artificial Neural Network)の4つの機械学習手法を適用して危険度の高い出産を検出するためにどの手法が適しているのかを実証的に示した。評価実験を行うにあたっては、3種のデータ (pH値のみ / Apgar1(アプガースコア1分後)とApgar5(アプガースコア5分後)のスコア / pH値とApgar1とApgar5のスコア) に対して実施した。この結果、最も高い性能を示したものは、“Apgar1とApgar5のスコア” に対してRFを用いた場合で、AUC(Area Under the Curve)が0.89となることがわかった (医師が判定した場合にはAUCは0.7程度だと言われていることから0.89は実用的な高い数値であることがわかる)。

第二の成果は、CTG 画像と妊娠期間から特徴量を直接抽出する多入力畳み込みニューラルネットワーク (Convolutional Neural Network(CNN)) モデルを提案したことである。第一の成果とは根本的に異なる点は、日本産科婦人科学会 (JSOG) のガイドラインに基づく重要な特徴量を抽出するのではなく、CTG画像をそのまま入力とし、特徴量抽出そのものを機械学習で行っている点である。この提案モデルによってアプガースコアが低い乳児を事前に予測することが可能となり、Apgar5のスコアが 7未満の乳児の分類についてはAUC = 0.958 を達成し、Apgar1またはApgar5のスコアが 6未満の乳児の分類についてはAUC = 0.955 を達成

することに成功した。

第三の成果は、異常検出敵対的生成ネットワーク (AnoGAN: Anomaly detection with Generative Adversarial Networks) を使用して、正常および異常な CTG 画像の分析と評価を実施したことである。まず、pH 7.1 以上の妊婦である多数派クラスのみをトレーニングすることで、人工知能の主要な課題であるデータの不均衡を克服した。これはほとんどの人工知能システムではデータ不均衡時には最適な学習が行えないため、その課題解決を目的としたものである。さらに、もともとのAnoGANはDCGAN(Deep Convolutional GAN)をベースとしているのに対し、DCGANの改良であるWGAN(Wasserstein GAN)およびWGANGp(WGANの改良方式)をベースとした新しいAnoGANを提案、実装した。これらの新しいAnoGANアーキテクチャを用いて、分析および評価を行った結果、 $\text{pH} < 7.1$ の CTG 画像は $\text{pH} \geq 7.1$ の CTG画像よりも異常スコアが高くなる傾向があることが判明した。

以上の通り、本博士学位論文は大規模なCTGデータに対しさまざまな機械学習手法を用いて胎児状態を分類する技術に関するものであり、上述した3つの重要な成果を含んでいる。これらの成果により、出産中に遭遇するリスクを軽減するために医療チームを支援することが可能となることから、本研究が有する価値は極めて高いものである。

本学位論文は、コンピュータサイエンス分野はもちろんのこと医工学分野においても当該分野の学術発展に寄与する部分が少なくない。また、学位審査公開発表会後に実施された筆記試験では、人工知能全般に関する基本的な知識が問われたが、この試験に対する回答も高い得点が得られていることから、博士として十分な学力を有しているものと判定される。

以上の理由から、審査委員会はMohannad Alkanan氏に対して博士(コンピュータサイエンス)の学位を授与するのに十分な学識と能力を有しているものと認める。

審査委員 主査

東京工科大学 教授 亀田 弘之