

学位論文及び審査結果の要旨

氏名 佐久間 義友

学位の種類 博士(工学)

学位記番号 理工博甲第10号

学位授与年月日 令和3年3月25日

学位授与の根拠 学位規則(昭和28年4月1日文部省令第9号)第4条第1項及び横浜国立大学学位規則第5条第1項

学府・専攻名 理工学府・数物・電子情報系理工学専攻

学位論文題目 Dependable learning scheme of recurrent neural networks for prediction model of drug effect in a human body
(和訳 人体の投薬効果のモデル予測のためのリカレントニューラルネットワークの高信頼学習方式に関する研究)

論文審査委員 主査 横浜国立大学 教授 河野 隆二
横浜国立大学 教授 濱上 知樹
横浜国立大学 教授 落合 秀樹
横浜国立大学 客員准教授 李 還幫
横浜国立大学 准教授 杉本 千佳
横浜国立大学 准教授 島 圭介

論文及び審査結果の要旨

本論文は、手術中における麻酔医の不足や麻酔医の負担軽減のために、麻酔の鎮静作用評価に用いられる BIS(Bispectral index) 値や脈波、心拍(HR: Heart rate)などの鎮痛作用を評価するバイタルバイタルを適切な範囲に収め、手術開始してから各種バイタルが適切な範囲に収まるまでの時間(麻酔導入時間)、手術終了後患者が目覚め安定するまでの時間などを効率化し、麻酔医を支援することを目的としている。そのために、リカレントニューラルネットワーク(RNN)を用いて、患者への麻酔投与の量やタイミングに応じた BIS 値などの人体のバイタル信号の変動を機械学習し、麻酔医のオペ中の操作を補助する制御システムを提案し、その性能評価などを英語でまとめている。

本研究では、RNNによる人体の麻酔投与に対する BIS 値変動の予測モデルの同定(学習)精度を向上させるにあたり、主に二つの問題を提起しそれぞれに対して提案を行っている。第一に、RNNの学習に一般的に用いられる確率的勾配降下法(SGD)では設定した学習率によりモデルの推定精度が変化するという問題がある。この問題に対して、学習率と学習安定性の

関係を理論的に解析し、RNN の安定性が保証できる条件を満たすように学習率を適応的に更新する方法を提案している。第二に、モデルの学習に用いるバイタルデータに測定ミスや ECG などのほかのバイタルの混入によるアーチファクトが含まれる場合、そのアーチファクトによって同定精度が低下する恐れがあるという問題がある。この問題に対して、アーチファクトをバイタルデータの前後関係から検出する手法を提案している。特に、ECG の R 波などの瞬時的なアーチファクトの検出に特化した手法を本研究では提案し、検出閾値による誤検出・未検出のトレードオフおよびそれが RNN を用いたバイタル推定に及ぼす影響を考慮し、提案した麻酔投与サポートシステムの高信頼化、高効率化を達成できることを性能解析により示している。

以上のように、本研究は、先端 ICT とデータサイエンスを活用した手術中の麻酔制御に対する支援という医療 ICT と NN による機械学習の融合領域の研究と位置付けられ、現在のコロナ禍における医療現場の逼迫する医療者の負担軽減、高信頼サポートに有効な科学技術として、学術、産業界のいずれにおいても高く評価される成果を上げ、これに続く今後の研究開発が期待される。これらの一連の研究成果は、学会論文誌、国際会議などに既に発表され評価を得ており、本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値を有するものと認められる。