

博 士 学 位 論 文

内 容 の 要 旨
お よ び
審 査 結 果 の 要 旨

第44編

令 和 5 年 度

神 奈 川 工 科 大 学

は し が き

本編は、学位規則（昭和28年4月1日文部省令第9号）第8条によるインターネットの利用により公表を目的として、令和5年度内に本学において博士の学位を授与した者の、論文内容の要旨および論文審査の結果の要旨を収録したものである。

学位記番号に付した甲は、学位規則第4条第1項（いわゆる課程博士）によるもの、乙は、同規則同条第2項（いわゆる論文博士）によるものであることを示す。

（令和6年4月 発行）

< 目 次 >

甲第49号	川崎 路浩	穿刺業務の観察によるスタッフ教育のための 機械学習利用に関する研究 ～ 臨床データを用いた人間工学的アプローチ ～ ・・・・・・・・・・	1
-------	-------	---	---

氏名(本籍)	川崎 路浩 (愛知県)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第49号
学位授与日	令和6年3月20日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻名	工学研究科 情報工学専攻
学位論文題目	穿刺業務の観察によるスタッフ教育のための機械学習利用に関する研究 ～ 臨床データを用いた人間工学的アプローチ ～
論文審査委員	(主査) 神奈川工科大学 鈴木 聡 教授 神奈川工科大学 納富 一宏 教授 神奈川工科大学 田中 博 教授 神奈川工科大学 高尾 秀伸 教授 神奈川工科大学 三枝 亮 准教授 東都大学 大坪 茂 教授

内容の要旨

バスキュラーアクセスに対する穿刺は血液透析治療において重要な要素である。そして、超音波画像診断装置の普及により穿刺部位を視覚的に確認しながら穿刺を行えるようになった。しかし、エコーガイド下穿刺技術の普及と最適化には継続的なトレーニングが必要であるが、OJTによる人の経験や勘に頼る教育となる傾向がある。そこで本研究では、「エコープローブ操作に着目した操作技術の顕在化」、「機械学習を使った穿刺手技の評価」、「認知負荷の軽減と機械学習を用いた支援システムの実現性」をおこない、バスキュラーアクセスへの穿刺の質の向上と、医療現場におけるリスクの軽減、穿刺教育の効果的な方法を探求することを目的とした。

エコープローブ操作に着目したエコーガイド下穿刺技術の顕在化では透析専門クリニックで働く臨床工学技士5名を対象に、エコーガイド下穿刺をおこなう際のエコープローブ操作をモーションキャプチャで数値化し主成分分析などによる解析をおこない、プローブ操作技術が個人の背景や状況に応じて異なる可能性が示唆された。本検討ではプローブ操作の被験者によるパターンを顕在化し、教育や臨床へのフィードバックができる可能性が示された。エコーガイド下穿刺の有効性を高める上で、変数の相互作用とプローブ操作の役割を理解することの重要性が浮き彫りになった。

医療従事者の穿刺と機械学習の組み合わせによる、機械学習を使った穿刺手技の評価では透析専門クリニックで働く臨床工学技士6名を対象として、穿刺時の手(指)の動きをビデオカメラで撮影し、Open Pose(深層学習を用いて人物の関節の動きを可視化)を使用し座標データに変換した。このデータを基に機械学習モデルを用いて、本研究で定義したエラー

を分類した。また、散布図行列とオートエンコーダーを用いて特徴量を分析し、モデルは高い精度でエラーを識別できたが、過学習の対処と臨床データへの適用にはさらなる検証が必要であることが示唆された。

認知負荷の軽減と機械学習を用いた支援システムの実現性に関する検討では穿刺における認知負荷を評価するため、視線追跡装置を使用し、被験者の眼球運動を記録した。このデータを分析し、各タスクイベントの注視時間と認知負荷の関係を検討した。結果として、注視時間の長さはタスクの習熟度や認知負荷と関連しており、被験者間での違いが明確に観察された。また、機械学習モデルを用いた分析では、注視時間が最も重要な特徴であることが示され、穿刺の理解度や認知負荷の高さを示唆している可能性があることが分かった。この検討は、穿刺教育において、学習者の認知負荷を評価し、個別化された指導を提供するための重要な指標として機能すると考えられる。ただし、サンプル数の不足やデータセットの不均衡などの制約があり、これらの課題を解決することが必要である。

本研究では、エコープローブ操作に着目し、散布図行列や主成分分析を用いて操作パターンを顕在化することで、教育と訓練の方法を改善することを目指した。また、機械学習を用いた手技評価の導入により、穿刺の成功率を向上させ、医療従事者への認知的および身体的負荷を軽減することが期待される。さらに、機械学習を用いた支援システムの開発によって、穿刺タスクにおける認知負荷の軽減が実現される可能性がある。穿刺時の視線データから得られる情報を分析することで、教育や学習プロセスの設計に役立てることができる。これにより、個々の学習者のニーズに合わせたカスタマイズされた教育が可能となり、穿刺技術の習得をより効率的かつ効果的に行うことができる。医療スタッフの技術向上、患者ケアの質の向上、そして医療教育の改善に貢献するものと考えられる。穿刺技術の向上は患者の治療に直接的な影響を与え、医療スタッフの技能向上と教育方法の改善は長期的な医療サービスの質向上に寄与すると考えられる。

審査経過の要旨

1. 審査の経過

- (1) 2023 年 11 月 22 日、川崎路浩氏より指導教員の鈴木聡に対し学位論文が提出された。
- (2) 2023 年 11 月 30 日、情報工学専攻会議にて予備審査開始および予備審査委員について審議・承認された。
- (3) 2023 年 12 月 11 日 17:00~19:20、予備審査会が開催された。その際、提出された論文について各審査委員からのコメントに従い修正と推敲を行うことにより、本請求論文は学位本審査に耐えられると判断され、予備審査は終了した。その後、申請者は審査委員の指摘に基づき論文の修正を行った。
- (4) 2024 年 1 月 10 日、情報工学専攻会議にて審議の結果、提出論文の受理を決定した。
- (5) 2024 年 1 月 19 日、工学研究科委員会において提出論文の受理を決定し、上記 6 名を審査委員にすることを決定した。

- (6) 2024 年 2 月 10 日 9:30～11:25, 公聴会を開催した。聴講者は 22 名であった。
- (7) 2024 年 2 月 10 日 11:30～11:45, 審査委員 5 名による審査委員会を開催した。審査期間中における内容に基づいて審議の結果, 申請論文は博士論文としての学術性, 新規性, 有効性, 実用性を有すること, また, 申請者は博士の学力に相応しい学力, 語学力を有していることを審査委員 5 名で確認した。本研究は学術研究としての条件を十分満たしていると判断し, 全会一致で合格と判定した。
- (8) 2024 年 2 月 14 日 情報工学専攻会議において, 指導教員の鈴木聡から本審査結果について報告された後, 構成員による投票が行われ, 満場一致で合格が承認された。

2. 審査結果

合格