

氏 名 (本籍)	藤中 彩乃			
学 位 の 種 類	博 士 (工 学)			
学 位 記 番 号	博 甲 第 9806 号			
学位授与年月日	令和 3 年 3 月 25 日			
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当			
審 査 研 究 科	システム情報工学研究科			
学位論文題目	深層学習とマルチチャンネル化を用いた嚙下時 X 線動画からの頸椎椎間板領域の形態解析に関する研究			
主 査	筑波大学 教授	工学博士	工藤 博幸	
副 査	筑波大学 教授	博士 (工学)	福井 和広	
副 査	筑波大学 教授	博士 (工学)	亀山 啓輔	
副 査	筑波大学 教授	博士 (情報学)	黒田 嘉宏	
副 査	筑波大学 准教授	博士 (工学)	滝沢 穂高	

論 文 の 要 旨

嚙下は日常生活における重要な動作の一つであり、頸椎椎体や頸椎椎間板などあらゆる頸部構造物の協調運動により成立する。本論文では、嚙下時 X 線動画 (videofluorography, VF) を用いて嚙下障害と頸椎の形動態の関連性を調べることを目標とし、その中でも頸椎椎間板に着目した研究を進めている。3 章では、医師が VF から手動抽出した椎間板領域の形態解析を行う手法を提案し、頸椎固定術術前患者群 19 症例と正常群 39 症例の椎間板の形態を比較し、患者群の椎間板の特徴量の分散が正常群より大きいことを明らかにしている。4 章では、大規模な VF データセットを用いて椎間板の形態解析を行うことを目的とし、深層学習を用いて椎間板領域の抽出を自動化することを議論し、4.1 節ではモルフォロジー演算による後処理を用いた手法を、4.2 節では、マルチチャンネル化による前処理を用いた手法を提案している。モルフォロジー演算を用いた手法ではフィルタの種類やパラメータがデータセットに依存するが、マルチチャンネル化を用いた手法では複数の特徴画像の作成と焼きなまし法による特徴画像の選択を行うことで、データセットへの依存度を下げることができている。深層学習の種類や焼きなまし条件などを変更した多数の実験を行い、椎間板の抽出精度を画素単位の F 値で評価している。原画像を深層学習に入力した場合の最高値は 80.3%であったが、マルチチャンネル化を適用した場合は 81.3%に有意に向上させ、有効性を確認している。今後、対象を頸椎椎体や頸椎棘突起などに拡大し、大規模な VF データセットに提案手法を適用し、自動抽出した頸椎領域の形動態解析を行う手法を開発し、嚙下障害と頸椎の形動態の関連性を評価することによって、本論文の最終的な目標を達成することができると考えられる。

審 査 の 要 旨

【批評】

一般に、自然画像を対象とする研究分野では数千から数万の画像データを収集し、実験することができるが、医用画像分野の研究では画像収集が難しく、数十から数百の症例データしか使用できないことが多く、本研究でもそのような問題に取り組んでいる。本研究で提案されているマルチチャンネル化に基づく手法では、線形の画像フィルタだけでなく、非線形の画像フィルタによる前処理も可能で、さらに焼きなまし法によってそれらの組み合わせを最適化し、特徴抽出することによって精度向上を図っており、工学的な新規性がある。本手法を頸椎固定術術前患者群 19 症例と正常群 39 症例の VF 動画から頸椎椎間板を抽出する実験に適用したところ、原画像をそのまま深層学習に入力する手法よりも有意に精度が向上することが確認され、有効性が示されている。前述したように、本論文では深層学習を用いて VF 動画から頸椎椎間板を抽出する問題を扱っているが、本提案手法は様々な抽出器、モダリティ、対象物に幅広く適用することができると考えられる。

また、本研究では、医師が手動抽出した椎間板領域の形態的特徴量を算出し、患者群と正常群との間で差異があることを示すとともに、特定の特徴量を Support Vector Machine に適用することによって患者群と正常群を高い精度で識別できることも示している。VF 動画を用いて患者群と正常群を識別する研究例は少なく、医工学研究分野での新規性は高い。

本研究では、焼きなましの特徴選択において深層学習の学習プロセスを何度も繰り返す必要があるため最適化に時間がかかることと、深層学習によって抽出された椎間板領域を使って患者群と正常群を識別したり、嚥下障害を解明したりすることまでには至っていないことが課題として残っているが、嚥下障害の解明を進めていく一つの方向性を示した点で高く評価できる。

【最終試験の結果】

令和 3 年 2 月 8 日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。