



Title	作業分解手法を用いた腹腔鏡下S状結腸切除術における自動手術技術評価に関する研究
Author(s)	大淵, 佳祐
Description	配架番号 : 2979
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(医学)
Dissertation Number	甲第16886号
Issue Date	2026-03-25
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k16886
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/99731
Type	doctoral thesis
File Information	OBUCHI_Keisuke_review.pdf, 審査の要旨 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士（医 学） 氏 名 大 淵 佳 祐

	主査	准教授	七戸	俊明
審査担当者	副査	准教授	加藤	徳雄
	副査	教授	谷口	浩二

学 位 論 文 題 名

作業分解手法を用いた腹腔鏡下 S 状結腸切除術における自動手術技術評価に関する研究
(Studies on automated surgical skill assessment in laparoscopic sigmoidectomy using
a task decomposition approach)

申請者の研究は、腹腔鏡下 S 状結腸切除術（laparoscopic sigmoidectomy : Lap-S）の手術動画を対象に、作業分解手法（task decomposition approach）に基づく人工知能（artificial intelligence : AI）による自動手術技術評価モデルを開発し、その有用性を検証したものである。

申請者は、Lap-S の手術動画の解析において、従来の作業分解における剥離（Dissection : D）と展開（Exposure : E）に加え、新たに手術無効（Invalid : I）の概念を解析に導入し、I 時間を、画面上に手術鉗子が認められず、手術操作が実質的に進行していない時間と定義した。この定義により動画を作業分解するアノテーション作業における判断基準の明確化が図られた。

次にアノテーションによる教師データを内視鏡技術認定制度（ESSQS）スコアによって 2 群に分け（+2SD 群 26 例、-2SD 群 31 例）、さらに国内 8 施設から収集した初学者（Novice）群 30 例を加えて解析した。その結果、D 時間、E 時間、I 時間、および D と E の切替回数（DE transition）が、習熟度を判別可能なパラメータであることが示された。すなわち D 時間、E 時間、DE transition は習熟度の向上に伴い減少し、I 時間は+2SD 群において初めて有意な減少を示した。

次に、手術手技評価の精度向上を目的に、従来の鉗子認識モデルに加え、画面全体の静止画を学習データに用い、D 時間、E 時間、I 時間を自動分類する DEI 分類モデルを開発し、2 つのモデルを比較検討した。その結果、鉗子認識モデルは、未学習鉗子や鉗子のブレによって精度の低下を認めるが、DEI 分類モデルは、高い分類精度が維持されることを示した。

最後に、更なる研究の成果として、既存の 9 つの手術評価ツールから評価内容の要素进行分类し、5 つの評価カテゴリーを定めた上で、ESSQS の評価項目もカテゴリー別に検討したところ、ESSQS スコアと、D 時間、E 時間、DE transition との間に複数の弱い相関関係を見出したことを報告した。

審査にあたり、まず副査の加藤准教授から、本研究で得られた結果をどのように臨床にフィードバックするかについて質問があった。これに対し申請者は、本研究は、複数のパラメータを組み合わせた AI スコアリングシステムの構築を目的としており、今回の結果から、システム導入により学習指導の効率化が期待できると回答した。また、解析では I 時間が上

級者群のみで改善する点から、上級者へと至る過程で指導的助手の指示による手術から術者主導の手術への移行が重要であり、技術指導に生かすことが出来ると回答した。

続いてアノテーション作業の方法について質問があり、申請者は、本研究では動画ではなく静止画を用いてアノテーション作業を行っていること、データ量や正確性の観点から、他の研究においても静止画を用いる手法が一般的であることを説明した。

さらに、学位論文に示された ESSQS スコアと 5 つの評価カテゴリーとの相関関係を示した研究について質問があった。申請者は、代表的な 8 つの手術評価ツールの評価項目を単語ごとに分解して、5 つの評価カテゴリーに再分類したこと、「剥離」、「展開」、「手術効率性」の 3 評価が、DEI 分類のそれぞれのパラメータに関連した、と回答した。

次に副査の谷口教授から、ESSQS における AI によるスコアリングシステムの限界について質問があった。申請者は、現時点のスコアリングシステムは、合否を分けるような点数評価には課題が残るため、本審査に進むことのできない「足切り」としての利用が現実的であること、スコアリングシステムを用いた学習環境の整備により、コストをかけずに手術技術向上につながる可能性があることを述べた。

最後に主査の七戸准教授から、本研究において申請者が担当したタスクについて質問があった。申請者は、アノテーターとともに学習データを作成したこと、AI の構築自体は専属のエンジニアが担当し、AI が算出した結果を申請者が分析し論文化したことを説明した。また、先行研究と比較した本研究の優位性について問われ、申請者は、AI スコアリングシステムにおける DEI 分類モデルの有用性を示した点であると回答した。加えて、従来の鉗子認識モデルは、胆嚢摘出術における先行研究において有用性は示されているものの、Lap-S では、視野展開は複数存在し、使用する鉗子の種類が多いことから AI スコアリングシステムが有用であると説明した。最後に主査から、AI スコアリングシステムを NCD データベースや出血量などと組み合わせて検討することにより、手術の安全性評価への応用の可能性があるとの指摘があった。

本論文は Lap-S における自動手術技能評価において、作業分解手法が有用であること、AI を用いた自動認識によりスコアリングシステムを開発した点で高く評価された。今後は、他術式への導入や、効率的な外科教育における利用、さらには医療安全分野への応用などが期待される。

審査員一同は、これらの成果を高く評価し、大学院課程における研鑽や取得単位なども併せ、申請者が博士（医学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。