

研 究 報 告 書

解剖・作業情報の計測・分析・提示技術に基づく外科医療の最適化

研究タイプ: 通常型

研究期間: 2016 年 12 月 ～ 2020 年 3 月

研 究 者: 中村 亮一

1. 研究のねらい

本研究のねらいは、情報計測・分析・提示技術の導入により、低侵襲外科医療の信頼性向上と最適化を達成し、高いレベルでの標準医療の提供が可能な社会を実現する事である。近年の情報技術の発展は医療の高度化にも大きく貢献しており、診断データの統計的分析に基づく疾病予防研究や、画像処理技術による病変の早期発見・見落としの低減、放射線治療における精密な照射計画と実行、ネットワークを利用した地域連携など、多くのベネフィットを産んでいる。このように診断情報・カルテ情報をベースとした ICT 革命が進む一方、職人的高度技術職能の性格が強い外科の領域では、手術室の前(診断から治療計画)と後(治療予後診断)では進んでいる情報戦略が手術室の中(手術)では十分に活用されていない。昨今取り上げられることの多い内視鏡下手術などでの医療過誤を低減し、国民に信頼される外科治療サービスを提供するためには、手術手技そのものに対して情報技術基盤を用いた高度化・最適化・可視化を達成し信頼性向上をはかる事が求められている。

そこで本研究では、手術における患者解剖(作業対象)と術者手技(作業内容)をデジタルデータとして取得し様々な情報学的手法による分析を応用することにより、個々の術式の工程と術者の技量を評価し課題把握と解決を図るプラットフォームを構築する。このための基盤となる情報技術の基礎研究を実施する。具体的には、手術誘導装置である手術ナビゲーションシステムにより取得が可能な患者解剖情報と術者手技情報の連結情報を用いて高度・精緻な手術工程・技能分析法を開発し、ナビゲーション誘導下での低侵襲手術および手術トレーニングにおける作業工程・技能の分析、評価を行う技術を開発する。

この研究を通じ、外科医療の高度化(技術レベルの向上)、信頼性向上(客観的知見に基づく治療選択とインシデントの回避)、新規医療機器・技術の研究開発促進(客観的評価指標による医療機器レギュラトリーサイエンスの構築)に資する新たな外科医療情報戦略とアプリケーションのための基盤技術を築くことを目標とした。

2. 研究成果

(1) 概要

職人的高度技術職能の性格が強い外科の領域において、信頼される外科治療サービスを提供することを目標として、手術手技そのものに対して情報技術基盤を用いた高度化・最適化・可視化を達成し信頼性向上に挑戦した。(下図に、背景と研究のコンセプトを示す。)

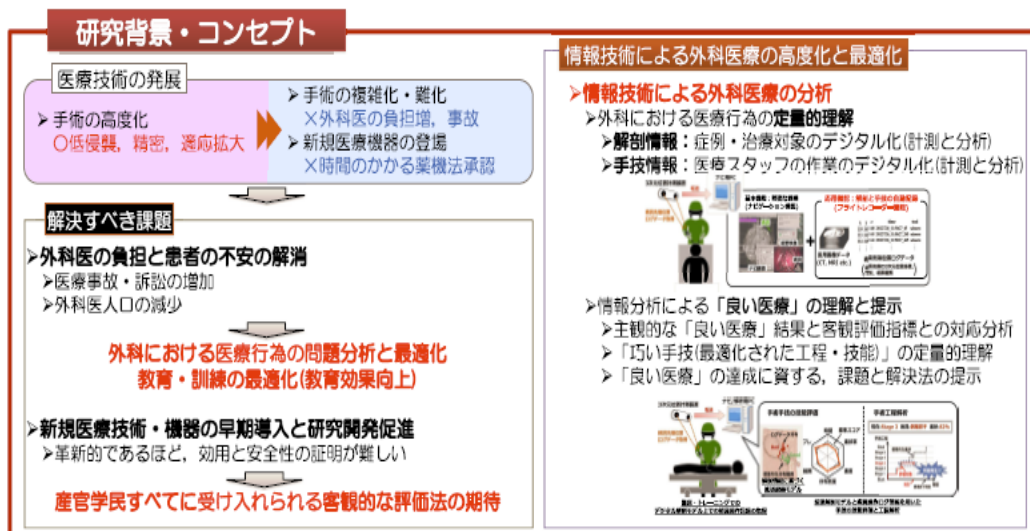


図 1 情報技術による外科医療の信頼性向上に向けた背景とコンセプト

そこで、ナビゲーション誘導下での低侵襲手術および手術トレーニングにおける作業工程・技能の分析、評価を行う技術の開発を行った。

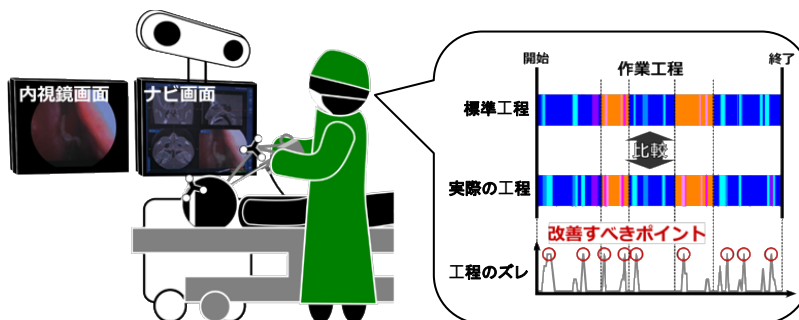


図 2 開発したシステムの概念

(2) 詳細

具体的技術として、①解剖学的臓器モデルを用いた工程・技能分析用拡張臓器モデルの構築、②拡張臓器モデルと術具ナビゲーションログ情報を用いた手術工程分析アルゴリズムの高度化、③トレーニング環境への応用のための動画像処理による術具軌跡計測法と評価法の開発を進め、これらによる④手術環境・治療技術最適化のための術式評価・教育プラットフォームを開発した。

- ① 内視鏡下鼻副鼻腔手術(ESS)を対象に、熟練した外科医の手術工程データベースを作成し、このデータベースから「標準的な正しい手術のやり方」を示す標準手術工程モデルを作成する手法を開発した。

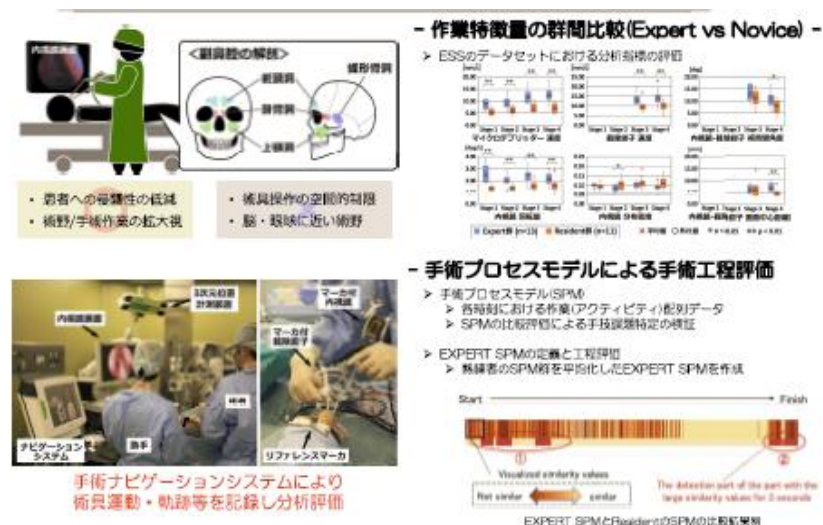


図3 内視鏡下副鼻腔手術(ESS)へのシステム適用

- ② このモデルを用いて個々の手術での問題点(標準工程から外れた操作をしている点)を自動抽出する工程改善・教育システムの基礎技術を開発した。それにより、ESSのトレーニングシステムを開発した。このシステムでは、トレーニング記録映像をコンピュータが自動処理し、手術道具・内視鏡の操作技能を評価する機能を実装した。

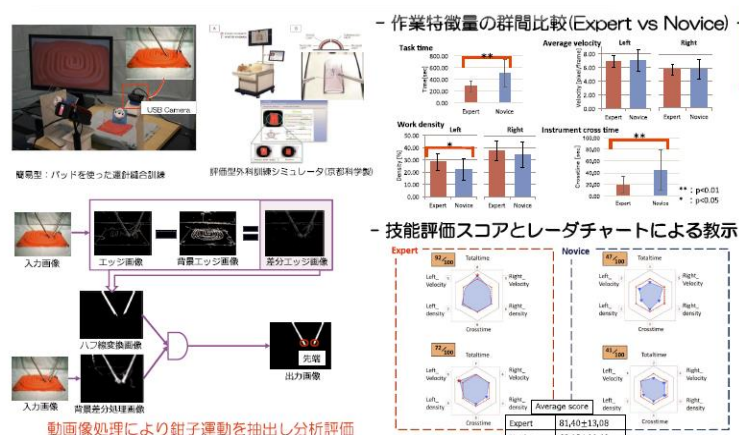


図4 内視鏡下基礎手技トレーニングの概要

3. 今後の展開

開発した情報戦略基盤を臨床・トレーニングのみならず新規医療機器開発研究に応用することで、薬機法承認に資するレベルの新規医療機器評価手法の創成に挑戦する。

4. 自己評価

本研究のねらいは、情報計測・分析・提示技術の導入により、低侵襲外科医療の信頼性向上と最適化を達成し、高いレベルでの標準医療の提供が可能な社会を実現する事である。具体的には、手術ナビゲーションシステムにより取得が可能な患者解剖情報と術者手技情報の連結情報を用いた高度・精緻な手術工程・技能分析法を開発し、ナビゲーション誘導下での低侵襲手術および手術トレーニングにおける作業工程・技能の分析、評価を行う技術の開発することを目標として挑戦した。

結果的には、内視鏡下鼻副鼻腔手術(ESS)を対象にした手術工程分析アルゴリズムの高度化、トレーニング環境への適用では、一定の成果を上げることができたと考える。しかし、開発した情報戦略基盤を臨床応用や新規医療機器の開発までには至らなかった。実用化に向けて医療機関、医療機器メーカー等との連携を進めて、さらに研究を深めていきたい。

5. 主な研究成果リスト

(1)論文(原著論文)発表

1. Takaaki Sugino, Ryoichi Nakamura, Akihito Kuboki, Osamu Honda, Masashi Yamamoto, Nobuyoshi Ohtori, "Comparative analysis of surgical processes for image-guided endoscopic sinus surgery", International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, 14(1):90-104, 2019,2018/9/8.
DOI:10.1007/s11548-018-1855-y
2. Tomoko Yamaguchi, Ryoichi Nakamura, Laparoscopic training using a quantitative assessment and instructional system International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, 13(9):1453-1461, 2018 2018/4/28
DOI:10.1007/s11548-018-1771-1
3. Takaaki Sugino, Akihito Kuboki, Nobuyoshi Otori, Osamu Honda, Masashi Yamamoto, Ryoichi Nakamura, Quantitative analysis of a camera operation for endoscopic sinus surgery using a navigation information: clinical study Journal of Japanese Society of Computer Aided Surgery, 19(1)17-25, 2017 2017/3/9
DOI: 10.5759/jscas.19.17
4. Takaaki Sugino, Hiroshi Kawahira, Ryoichi Nakamura, "Comprehensive surgical task analysis on image-guided surgery", Journal of Medical Imaging and Health Informatics, 7(4):780-787, Aug 2017,2017/8/1.
DOI:10.1166/jmihi.2017.2103

(2)特許出願

研究期間累積件数:0 件

(3)その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

主要な学会発表

1. M. Kontto, R. Nakamura, “Features from non-linear scale space using fast guided filter for navigation system in Water-Filled Laparoendoscopic Surgery (WaFLES)”, The 32nd International Congress on Computer Assisted Radiology and Surgery (CARS2018), ドイツ(招待講演), (2018 年 6 月)
2. T. Yamaguchi, T. Sugino, R. Nakamura, “Laparoscopic training system with quantitative skill assessment and instruction module based on trajectory analysis of surgical instruments”, The 31st International Congress on Computer Assisted Radiology and Surgery (CARS2017), スペイン(招待講演), (2017 年 6 月)

受賞

1. 日本コンピュータ外科学会 2018 年度論文賞, 日本コンピュータ外科学会 (2018 年 11 月)

著作物

1. “手術ロボット・マニピュレータ・デバイスの研究開発動向”, 日本コンピュータ外科学会誌, 20(3):126-128,2018, 2018/11/2, <https://doi.org/10.5759/jscas.20.126> (2018 年 11 月)
2. “ゼロからわかる人工知能 仕事編”, 科学雑誌 Newton 別冊 (2018 年 12 月)

報道

1. テレビ朝日:2019 年 2 月 26 日放送, 「羽鳥慎一モーニングショー」,「聞きトリ」,「画期的! 町工場が生んだ医療用トレーニング器具ー 医療界に革新を! 腹腔鏡トレーニング器具を開発」 (2019 年 2 月))

アウトリーチ

1. 日本科学未来館 サイエンティスト・クエストーあなたと考えるあたらしい科学とくらし 「情報技術で手術が変わる?」 (2017 年 7 月)

以上