

令和 2 年 5 月 31 日現在

機関番号：32651

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K11366

研究課題名(和文)ナビゲーション情報を利用した内視鏡下鼻副鼻腔手術における手術技術定量評価法の開発

研究課題名(英文)Quantitative analysis of surgical instruments operation using a navigation information.

研究代表者

鴻 信義 (OTORI, NOBUYOSHI)

東京慈恵会医科大学・医学部・教授

研究者番号：90233204

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：内視鏡下鼻副鼻腔手術(以下ESS)において、術者の内視鏡と鉗子に動作追跡マーカを装着し、術者の内視鏡操作と手術鉗子の作業的特徴を多角的に定量化・分析し、術者の技量レベルを推定する手法を構築した。その上で、実際のESSにおける熟練者および非熟練者の内視鏡と鉗子操作を解析した。熟練者は非熟練者と比較して、鉗子の先端速度が速く、回転量が多い(術野を様々な方向から見て切除している)。一方で熟練者の方が内視鏡の回転量が多いがゆっくり動かす傾向があった。また、熟練者の方が内視鏡と鉗子との位置関係が安定しており、さらに鉗子操作を行う部位によって速度や加速度の傾向が異なりメリハリがあると考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ESSにおける術者の技量を別の尺度から客観的に定量評価し、さらに術者ごとの手技的な特徴や改善すべき点を明確に提示、フィードバックできるシステムを構築する。ナビゲーション情報を利用して術者のESS手技・技術を定量的に様々な因子をもって解析することで、安全かつ適切なESS技術を担保するための内視鏡と鉗子動作の客観的評価方法の確立に結び付けることができる。

研究成果の概要(英文)：For evaluation of junior doctor's surgical skill, we developed a quantitative analysis method of surgical instruments operation using a navigation information. The motion of endoscope and forceps during ESS are tracked, then quantify operation by several parameters such as speed, density, rotation, distance and angle between endoscope and forceps. This method is considered useful for authorization of surgical skill in the future.

研究分野：耳鼻咽喉科学

キーワード：手術 副鼻腔 内視鏡 ナビゲーション 評価

## 1. 研究開始当初の背景

内視鏡下鼻副鼻腔手術 (Endoscopic Sinus Surgery、以下 ESS とする) は、鼻副鼻腔疾患とくに慢性副鼻腔炎に対する第一選択の術式として広く普及し、鼻閉、鼻漏、嗅覚障害といった鼻症状の改善や日常生活における QOL 向上などに関して良好な術後成績を収めてきている。しかしその一方で、眼窩壁損傷や前頭蓋底損傷などの手術時副損傷があとを絶たない。とくに眼窩壁損傷は、マイクロデブリッターの不適切な使用と相まって、内直筋損傷さらには視神経障害を伴う重大なインシデントとして発生し、その頻度は看過できずむしろ増加している印象がある。とくに、難治性である好酸球性副鼻腔炎に対しては、より徹底的な病変の除去が手術時に求められる中で、副損傷を来さないための手術手技、手術支援機器またトレーニングシステムの構築は、耳鼻咽喉科医にとっては喫緊の課題である。

ESS の術後結果は術者の経験はもちろん技量そのものに大きく左右されるが、現在まで術者の技量を図る適切な尺度は存在しておらず、実際には執刀経験数や経験年数からおおよその技量を予想しているに過ぎない。手術の安全性や技術を向上させより良好な術後結果を得るためには、ESS における術者の技量を別の尺度から客観的に定量評価し、さらに術者ごとの手技的な特徴や改善すべき点を明確に提示、フィードバックできるシステム構築が不可欠である。

## 2. 研究の目的

近年の医用画像処理技術や手術ナビゲーションの機能向上に伴い、術者の内視鏡 (直の硬性内視鏡) と鉗子 (上向き截除鉗子、マイクロデブリッター) に動作追跡マーカーを装着し、これらの操作を定量解析することが可能となった。すなわち、術者の内視鏡操作と手術鉗子の作業的特徴を多角的に定量化・分析し、術者の技量レベルを推定しうる手法を構築した。その上で、実際の ESS における熟練者および非熟練者の内視鏡および手術鉗子の動作を追跡し、両者の相違点を抽出・検討する。また、その解析結果を術者とくに非熟練医に適切にフィードバックし、さらに本解析を経時的に行うことで、手術手技の熟達度が可視化される。最終的には手術の安全性および技術向上につなげることが目的である。

## 3. 研究の方法

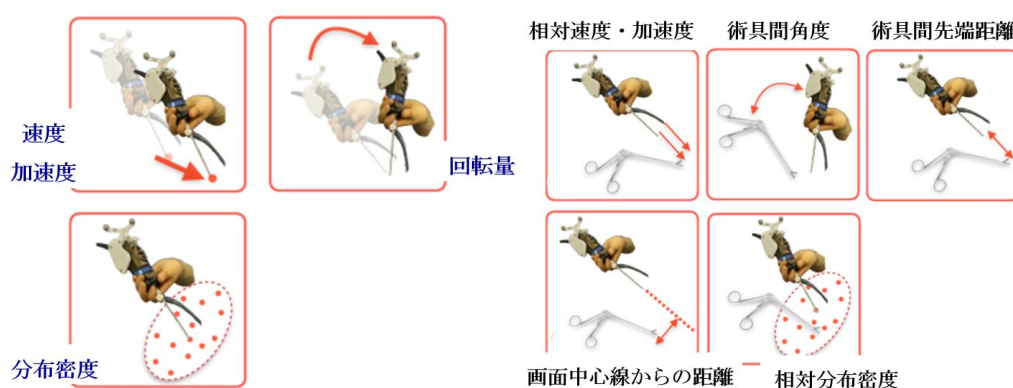
鼻副鼻腔炎に対する ESS 症例を選定し、同意取得の後、術前 CT 画像をナビゲーションシステムに取り込み、患者頭部と硬性内視鏡および各種鉗子にトラッキングマーカーを装着して執刀する。内視鏡と上向き截除鉗子などにトラッキングマーカーを装着し、ESS を施行する

熟練者の厳重な指導の下、熟練者 (執刀経験 300 例以上) と非熟練者 (執刀経験 10 例以上 50 例以下) それぞれが、あらかじめ決められたタスク、すなわち 1 段階; 鼻茸切除、2 段階; 鉤状突起切除、3 段階; 篩骨胞切除、4 段階; 第 3 基板除去、の順で手術を進める。

症例の病態 (鼻茸の有無など) や重症度などによっては、4 つの段階全てを行うのではなく、

いくつかの段階のみ選択したタスク遂行とする。またそれぞれのタスクはできるだけ不完全にならないよう注意するが、手術の安全性を最優先とする。ナビゲーションは適宜術野に挿入しオリエンテーションや鉗子操作の方向などを確認することで、手術の安全性を確実に保つ。

その間の内視鏡と鉗子それぞれの動作、また内視鏡と鉗子の相互作用を多角的な指標を用いて分析し、手術手技・技術の客観的定量評価の可能性を探る。分析指標は、内視鏡および鉗子の内視鏡および鉗子それぞれ単一術具の 1) 先端速度・加速度 2) 先端分布密度、3) 先端を中心とした回転量、4) 近似楕円体積（先端のブレや動作を近似楕円体積に変換し定量化する）、5) ターゲット間距離（先端と各切除対象部位との距離）、さらに内視鏡および鉗子の複数の術具間での協調動作として 6) 内視鏡と鉗子の相対的速度・加速度、7) 内視鏡と鉗子の先端間距離、8) 内視鏡と鉗子の角度、とし、これらの因子を定量化・グラフ化し、術者ごとの動作特徴を描出する。



単一術具の評価指標

複数術具の評価指標

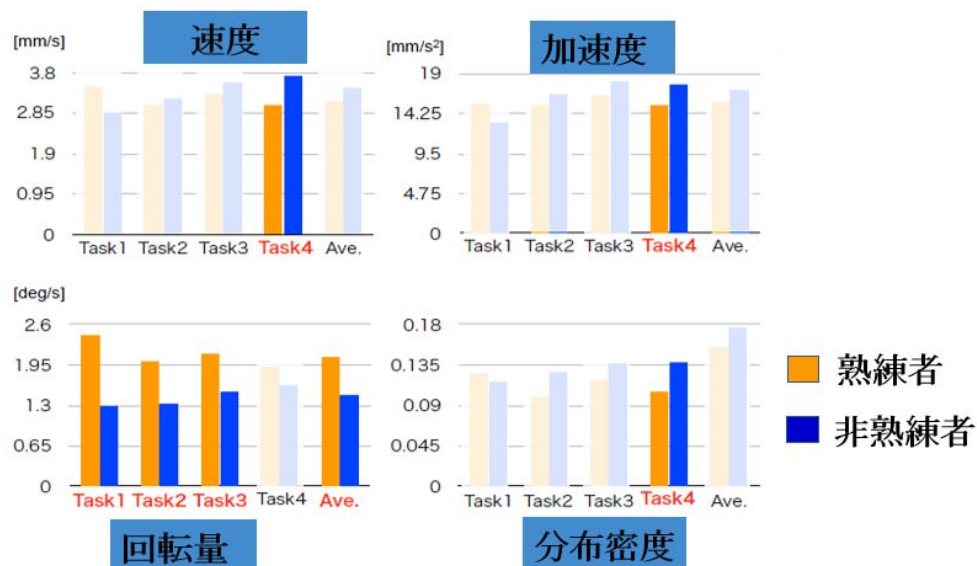
また本研究では、熟練者と非熟練者として、ESSのどのステップでどのような動作が異なりやすいのかなどを検討する。とくに、それぞれの解析指標の中でどれが最も鋭敏に術者の技量を反映し得る指標であるかを臨床的観点も踏まえて検討する。非熟練者がトレーニングを積んでいくにつれて、最も技量を反映すると思われる解析指標がその後改善されていくかどうかを前向きに観察する。また、手術終了後には結果を次の手術へ向けてフィードバックしていく。

#### 4. 研究成果

検討対象となったESS症例は50例ほどであり、全ての症例において、とくに術中副損傷や術後合併症などの有害事象は発生していない。手術自体も予定通りに終了しており、患者の自覚症状やQOLの向上が認められた。また内視鏡所見での副鼻腔の状態も改善が見られている。各対象症例の鼻茸スコアやCT scores、また同一症例での左右差などには差異を認めなかった。また、手術中にトラッキングマーカーが、術者の手の動き（捻り）や術具同士の干渉等によりナビゲーションシステムの赤外線で追尾できなくなることが数回あり、その都度マーカーの装着位置を改変し、トラッキングを改善させた。

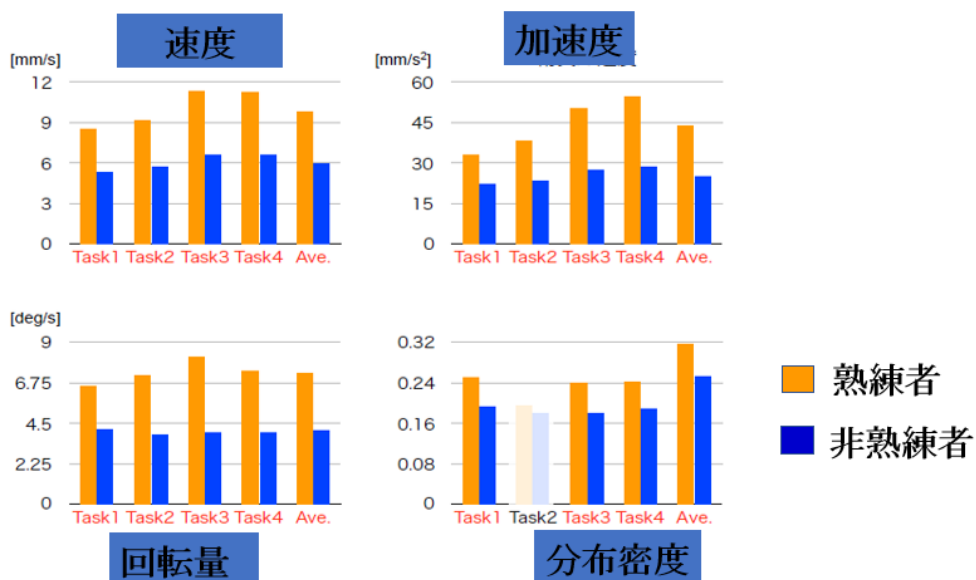
##### 1) 内視鏡動作について

熟練者は非熟練者と比較して、内視鏡の回転量が大きく、一方でゆっくり動かす傾向があった。熟練者は内視鏡をゆっくり動かしながらより多く回転させ、広い視野を確保しようとしていると考えられた。



## 2) 鉗子操作について

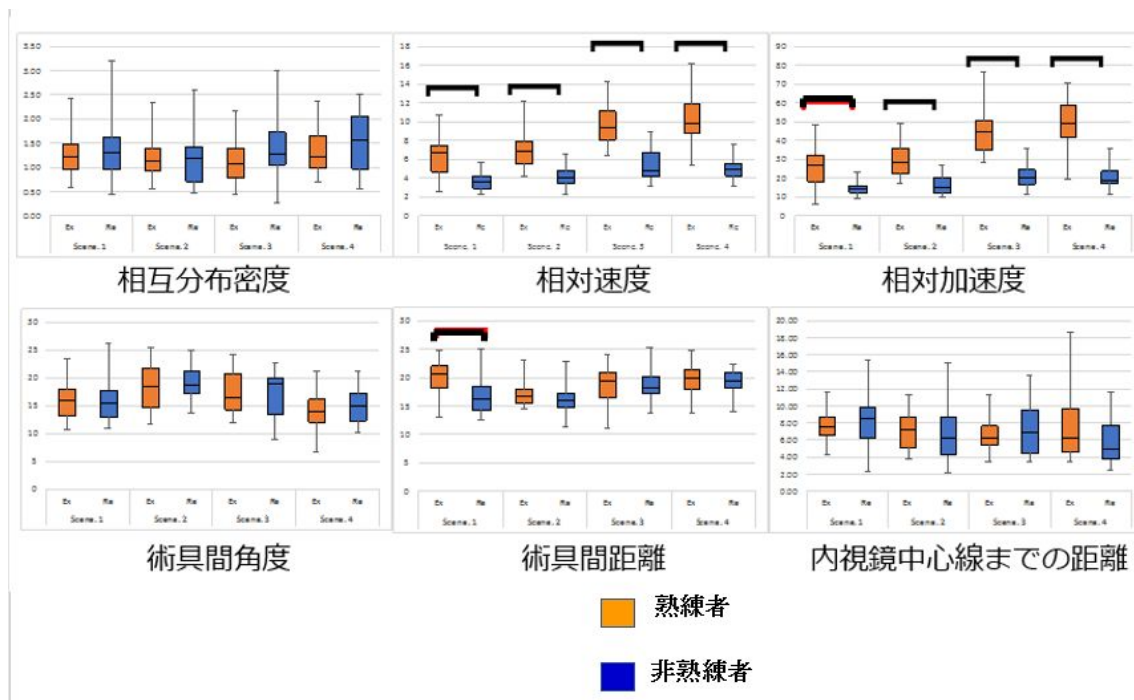
熟練者は非熟練者と比較して、鉗子（上向き截除、マイクロデブリッターとも）の先端速度が速く、分布密度が高く、また回転量が大きかった。熟練者は切除の動作が速いだけではなく、広い範囲で鉗子を使用し、また術野を様々な方向から切除している事が確認できた。さらに、ESSの各段階によって鉗子操作の速度や加速度の傾向が異なり、手術を行う部位（副鼻腔の前方が後方か）や鉗子操作に伴うリスクや難易度によって動作にメリハリをつけている事が考えられた。



## 3) 内視鏡と鉗子、両手での複数術具の動作について

内視鏡と鉗子（上向き截除、マイクロデブリッターとも）間の相対動作状況の解析では、熟練者はマイクロデブリッター操作が迅速であった。また鼻茸は少し離れて全体をみながら

切除する事が確認できた。さらに、熟練者の方が内視鏡と鉗子との位置関係が安定していた。



#### 4) 技術上達の見える化について

本研究に非熟練医として被験者となった医師に対し、1年間に3,4回、時系列で技術評価を行ったところ、いずれも内視鏡と鉗子の単一動作、複数動作において熟練者との差が少なくなる傾向にあり、上達過程を見て取ることができた。また、タスクごと、評価項目ごとに評価結果を検討することで、上達に必要な事項が詳細に(例えば内視鏡に対する相対的なマイクロブリーダーの角度が少し足りていないとか、内視鏡と鉗子先端の距離をもう少し近づける方が良いとか)示すことができた。

今後、このような研究をさらに進めていくことで、安全かつ適切なESS技術を担保するための内視鏡と鉗子動作の客観的評価方法の確立に結び付けたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Sugino T, Nakamura R, Kuboki A, Yamamoto M, Ohtori N.	4. 巻 14
2. 論文標題 Comparative analysis of surgical processes for image-guided endoscopic sinus surgery.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International journal of Computer Assisted Radiology and Surgery.	6. 最初と最後の頁 93-104
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11548-018-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 関根 留美、久保木 章人、鴻 信義、中村 亮一
2. 発表標題 医療画像処理技術を用いた、内視鏡下鼻副鼻腔手術における客観的な手術技術評価システムの開発
3. 学会等名 第119回日本耳鼻咽喉科学会学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鴻 信義
2. 発表標題 ナビゲーション情報を利用した内視鏡下鼻副鼻腔手術における手術技量定量評価の試み
3. 学会等名 第19回耳鼻咽喉科手術支援システム・ナビ研究会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	中村 亮一  (NAKAMURA RHOICHI)  (30366356)	千葉大学・フロンティア医工学センター・准教授    (12501)	

