

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 5 月 6 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H04225

研究課題名（和文）On the Job Training回避のための小児内視鏡手術前訓練の研究

研究課題名（英文）The establish of off the job training for pediatric minimally invasive surgery and automated analysis system of operative technique

研究代表者

内田 広夫（Uchida, Hiroo）

名古屋大学・医学系研究科・教授

研究者番号：40275699

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,100,000円

研究成果の概要（和文）：新生児や乳児の内視鏡手術は脆弱な組織を丁寧に処理しながら、複雑な手技を完遂させなければならないが、患者数が少ないことから、off the job trainingを充実させることが急務である。小児外科医を対象として、我々が作成した、食道閉鎖症、十二指腸閉鎖症、先天性胆道拡張症根治術のシミュレータを用いたoff the job trainingセミナーを3回開催し、90名以上の小児外科医が参加した。参加したすべての小児外科医が、シミュレータを用いた練習は有意義で今後も行うべきと述べた。鉗子の動きの3次元解析を完成させ、食道閉鎖症シミュレータでの手技の上手さをAI画像解析で判定できるようになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

新生児や乳児の内視鏡手術は脆弱な組織を丁寧に処理しながら、複雑な手技を完遂させなければならないが、患者数が少ないことから、off the job trainingを充実させることが急務である。我々が作成した、食道閉鎖症などのシミュレータを用いたoff the job trainingセミナーを3回開催し、90名以上の小児外科医が参加し、参加したすべての小児外科医がシミュレータの有用性を指摘した。シミュレータ上での手術操作を3次元解析し、手技の上手さをAI画像解析で判定できるようになったため、今後はより効果的なoff the job trainingが行えるようになった。

研究成果の概要（英文）：Endoscopic surgery on neonates and infants requires the completion of complex procedures while carefully handling fragile tissues, but the small number of patients makes it imperative to enhance off the job training. We held three off-the-job training seminars for pediatric surgeons using our simulators for esophageal atresia, duodenal atresia, and congenital biliary dilatation, with more than 90 pediatric surgeons participating. All participating pediatric surgeons stated that practicing with the simulator was meaningful and should be continued in the future. 3D analysis of forceps movement was completed, and AI image analysis can now be used to determine how well a technique is performed on the simulator for esophageal atresia.

研究分野：内視鏡外科手術

キーワード：内視鏡外科手術 小児 シミュレータ 食道閉鎖症 十二指腸閉鎖症 先天性胆道拡張症 AI 鉗子の動き

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

内視鏡手術は、従来の開胸・開腹手術と比較し、整容性に優れ、術後回復が早く、側彎・胸郭変形といった晩期合併症が抑えられることが示されており、小児にこそメリットの大きい手術である。さらに、食道閉鎖症や胆道拡張症などの疾患に対する高難易度内視鏡手術が2016年度より保険収載され、患者のメリットを考えるならばその手技習得は必須となっている。しかし、新生児や乳児は非常に術野が狭く、組織も脆弱であるため、繊細かつ注意深い操作や効率的な動作といった小児独自の高度な技術が医師には要求される。その上、小児外科は多種多様の疾患がある一方、各疾患数は非常に希少であることから医師一人当たりが内視鏡手術を行う機会が限られているという特徴がある。そのため、高難易度手術を行うまでに段階的なトレーニングが積めず、on the job training となっており、個人レベル、施設レベルで習熟度に大きな差が生じているのが現状である。こうした制約下においても少しでも早く技術を習得し、安全で確実な内視鏡手術を行うために術前トレーニングの必要性が認識され、ドライボックスやバーチャルリアリティシミュレータ、簡易的な疾患モデルによる練習など様々なツールが開発されてきた。しかし、これまでのトレーニングツールは単純なタスクのみしか行えない上、訓練者の自己満足にとどまることが多く、練習したことが実際の手術に反映されているのかも不明瞭であった。さらに、トレーニングツールを用いて手技評価をする研究はあるものの、正確かつ十分な方法となっておらず真の手技評価ができていないとは言い難い上、その評価結果を訓練者にすぐにフィードバックすることができないものがほとんどであった。そのため、トレーニングへのモチベーションを維持できるほどのツールはいまだにない状況であった。そこで、内視鏡手術手技の評価を訓練者により分かりやすく視覚化し、トレーニングから実際の手術まで統一された基準でシームレスに訓練者の技量を評価できる新しい評価方法の確立が重要と考え、トレーニングシステムの開発を行うこととした。

### 2. 研究の目的

これまでの手技評価手法は、ドライボックス内の単純な縫合タスク後に対象物を静止画像から解析し、縫合結果を評価する方法や、手技中の鉗子の先端の動きを光学センサーや磁気センサーを用いて速度・加速度を計測する方法が一般的である。しかし、これらは実際の手術に実装できないため、トレーニングにより手技が向上したとしても、実際の手術手技をトレーニングと同様に評価できず、安全かつ効率的な操作が行われているのか客観的に判断できなかった。また、これらの評価方法はそもそも、センサーが遮蔽物や磁性体といった影響を受けやすいため正確な計測ができていない上、これらの計測結果はトレーニングタスクを完遂した時間と相関があることが多いことや、そもそも手技操作の何を評価しているのか分からなかった。そこで、本研究は画像情報を解析する方法を用いて、トレーニングから実際の手術まで医師の内視鏡手術手技を同一の基準で評価する評価手法の開発を目的とする。

### 3. 研究の方法

今まで作成してきた小児内視鏡手術練習キットである、食道閉鎖症、十二指腸閉鎖症、肝管空腸吻合シミュレータを用いて、剥離操作、吻合操作の画像解析を行う。熟練者および初心者、初心者が練習後上手になった状態の動画の画像解析を進め、熟練者と初心者との違いを明らかにする。今までは上手いか下手かの解析は人の目による評価のほうがより正確で、AI画像解析では手術手技の上手さを判定できなかった。一つの手術手技が上達しているかどうかをAIで判断できるように、AIによる鉗子認識機構をより正確にするプログラムの作成をすすめる必要がある。鉗子先端の3次元的位置を直接記録できる装置を用いて鉗子の動き自体の解析を行っているため、その鉗子の画像解析を、実際の3次元の動きと連動させて解析をすすめ、上手な動きと

はなにかを明らかにする。鉗子の挙動を解析する際に、私達の視点とは異なった見地から、画像を Deep learning させることで、AI 画像解析でしか判定できない項目を新たに探求する。さらに横隔膜ヘルニア根治術などのシミュレータを新たに開発し、off the job training ができるようにする。最終的には多くのシミュレータで初心者、熟練者などの画像、鉗子の動きを自動解析するプログラムを作成する。またシミュレータで手術操作を行っている最中に画面上に点数が出てくるような練習システムの構築を目指す。

#### 4 . 研究成果

小児には手術後の成長発達を阻害しない低侵襲手術が望まれている。新生児や乳児の内視鏡手術は小さな working space の中で、脆弱な組織を丁寧に処理しながら、複雑な手技を完遂させなければならないが、患者数が少ないことから、手術手技を on the job training として学びながら、手術を行っている現状がある。これを防ぐために off the job training を充実させることが急務である。そのため、小児外科医を対象として、我々が作成した、食道閉鎖症、十二指腸閉鎖症、先天性胆道拡張症根治術のシミュレータを用いた off the job training セミナーを半年毎に行った。Covid-19 の感染蔓延のため、3 回しか開催することができなかったが、全部で 90 名以上の小児外科医が集い、シミュレータを用いた実習を 1 日かけて行うことができた。アンケート調査によると参加したすべての小児外科医が、シミュレータを用いた練習を意義のある練習と考え、今後行うべき練習と判断していた。鉗子の動きの 3 次元解析を完成させ、食道閉鎖症のシミュレータによる練習を行うことで、はやくタスクを行うことができるようになり、より細かい動きが洗練され無駄な動きが減り、エラーが減ることを明らかにした。(Deie K, Nakagawa Y, Uchida H, et al. Evaluation of minimally invasive surgical skills training: comparing a neonatal esophageal atresia/tracheoesophageal fistula model with a dry box. Surg Endosc 2022 in press)

このとき撮影されている画像を用いて、鉗子のアノテーションを 10000 枚以上行い、鉗子認識の精度を上げることができた。同時に手術手技評価を学習させ AI 画像解析を行ったところ、80%以上の確立で、手技の上手さを判定することができるようになった。上手な動きとは無駄な動きがなく、加速度も一定である動きで、それらを画像である程度判定することが可能であった。横隔膜ヘルニアのシミュレータを作成し、練習を行えるようになったが、このモデルでは AI 画像解析は行うことができなかった。手技を行いながら手技の判定を行うシステムを立ち上げたが、一度のミスが大きな減点となり、手技を総合的に判断することは難しく、まだ改良が必要であった。手術の CUSUM 解析をすすめることで、シミュレータを用いた off the job training の成果を実際の手術で確認できることがわかってきたため、今後はシミュレータと臨床を直接結びつける研究成果も目指して、この研究を進めていく予定である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kyoichi Deie, Yoichi Nakagawa, Hiroo Uchida, Akinari Hinoki, Chiyoie Shirota, Takahisa Tainaka, Wataru Sumida, Kazuki Yokota, Satoshi Makita, Michimasa Fujiogi, Masamune Okamoto, Aitaro Takimoto, Akihiro Yasui, Shunya Takada, Takuya Maeda	4. 巻 -
2. 論文標題 Evaluation of minimally invasive surgical skills training: comparing a neonatal esophageal atresia/tracheoesophageal fistula model with a dry box	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Surgical Endoscopy	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00464-022-09185-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 -
1. 著者名 Chiyoie Shirota, Akinari Hinoki, Takahisa Tainaka, Wataru Sumida, Fumie Kinoshita, Kazuki Yokota, Satoshi Makita, Hizuru Amano, Yoichi Nakagawa, Hiroo Uchida	4. 巻 14
2. 論文標題 Laparoscopic Kasai portoenterostomy can be a standard surgical procedure for treatment of biliary atresia	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 World Journal of Gastrointestinal Surgery	6. 最初と最後の頁 56-63
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4240/wjgs.v14.i1.56	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Takahisa Tainaka, Chiyoie Shirota, Akinari Hinoki, Wataru Sumida, Kazuki Yokota, Satoshi Makita, Hizuru Amano, Yujiro Tanaka, Hiroo Uchida	4. 巻 -
2. 論文標題 Laparoscopic definitive surgery for congenital biliary dilatation with aggressive hilar bile ductoplasty and complete resection of the intrapancreatic bile duct in pediatric patients is safe and effective, comparable to open surgery	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Surgical Endoscopy	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00464-022-09132-x	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 -

1. 著者名 Wataru Sumida, Takahisa Tainaka, Chiyoe Shirota, Kazuki Yokota, Satoshi Makita, Aitaro Takimoto, Akihiro Yasui, Masamune Okamoto, Yoichi Nakagawa, Akinari Hinoki, Hiroo Uchida	4. 巻 37
2. 論文標題 An imaging study on tracheomalacia in infants with esophageal atresia: the degree of tracheal compression by the brachiocephalic artery is a good indicator for therapeutic intervention	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Pediatric Surgery International	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00383-021-04985-0	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 -

1. 著者名 Chiyoe Shirota, Takahisa Tainaka, Wataru Sumida, Kazuki Yokota, Satoshi Makita, Hizuru Amano, Masamune Okamoto, Aitaro Takimoto, Akihiro Yasui, Yoichi Nakagawa, Akinari Hinoki, Hiroo Uchida	4. 巻 -
2. 論文標題 Single incision laparoscopic percutaneous extraperitoneal closure (SILPEC) for inguinal hernia with prolapsed ovary	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Surgical Endoscopy	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00464-021-08777-4	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 -

1. 著者名 Chiyoe Shirota, Takahisa Tainaka, Wataru Sumida, Kazuki Yokota, Satoshi Makita, Aitaro Takimoto, Hizuru Amano, Akinari Hinoki, Yasuyuki Ono, Hiroo Uchida	4. 巻 -
2. 論文標題 Thoracoscopic surgery for congenital lung cysts: an attempt to limit pulmonary resection in cases of lesions involving multiple lobes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Pediatric Surgery International	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00383-020-04793-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 -

1. 著者名 Uchida Hiroo, Shirota Chiyoe, Tainaka Takahisa	4. 巻 1
2. 論文標題 Operative Procedures: Laparoscopic Kasai Procedure	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Introduction to Biliary Atresia In: Nio M (ed)	6. 最初と最後の頁 147 ~ 156
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-16-2160-4_22	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 -

1. 著者名 Nakagawa Yoichi, Uchida Hiroo, Amano Hizuru, Hinoki Akinari, Tainaka Takahisa, Shirota Chiyoe, Sumida Wataru, Yokota Kazuki, Makita Satoshi, Okamoto Masamune, Takimoto Aitaro, Yasui Akihiro, Takada Shunya, Kato Daiki	4. 巻 -
2. 論文標題 Patients with gastric volvulus recurrence have high incidence of wandering spleen requiring laparoscopic gastropexy and splenopexy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Pediatric Surgery International	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00383-022-05125-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 -

1. 著者名 Tanaka Yujiro, Tainaka Takahisa, Hinoki Akinari, Shirota Chiyoe, Sumida Wataru, Yokota Kazuki, Oshima Kazuo, Makita Satoshi, Amano Hizuru, Takimoto Aitaro, Kano Yoko, Uchida Hiroo	4. 巻 37
2. 論文標題 Risk factors and outcomes of bile leak after laparoscopic surgery for congenital biliary dilatation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Pediatric Surgery International	6. 最初と最後の頁 235 ~ 240
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00383-020-04791-0	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 -

1. 著者名 Shirota Chiyoe, Murase Naruhiko, Tanaka Yujiro, Ogura Yasuhiro, Nakatochi Masahiro, Kamei Hideya, Kurata Nobuhiko, Hinoki Akinari, Tainaka Takahisa, Sumida Wataru, Yokota Kazuki, Makita Satoshi, Oshima Kazuo, Uchida Hiroo	4. 巻 34
2. 論文標題 Laparoscopic Kasai portoenterostomy is advantageous over open Kasai portoenterostomy in subsequent liver transplantation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Surgical Endoscopy	6. 最初と最後の頁 3375 ~ 3381
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00464-019-07108-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 -

1. 著者名 Ishimaru Tetsuya, Kawashima Hiroshi, Tainaka Takahisa, Suzuki Keisuke, Takami Shohei, Kakihara Tomo, Katoh Reiko, Aoyama Tomohiro, Uchida Hiroo, Iwanaka Tadashi	4. 巻 30
2. 論文標題 Laparoscopically Assisted Anorectoplasty for Intermediate-Type Imperforate Anus: Comparison of Surgical Outcomes with the Sacroperineal Approach	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques	6. 最初と最後の頁 350 ~ 354
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1089/lap.2018.0330	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 -

1. 著者名 Shirota Chiyo, Tanaka Yujiro, Tainaka Takahisa, Sumida Wataru, Yokota Kazuki, Makita Satoshi, Oshima Kazuo, Tanaka Tomoko, Tani Yukiko, Uchida Hiroo	4. 巻 35
2. 論文標題 Therapeutic strategy for thoracoscopic repair of esophageal atresia and its outcome	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Pediatric Surgery International	6. 最初と最後の頁 1071 ~ 1076
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00383-019-04541-x	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3件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 城田千代栄、内田広夫、檜頭成、田井中貴久
2. 発表標題 生体質感模擬臓器モデルを活用した内視鏡手術トレーニング
3. 学会等名 第36回日本小児外科学会秋季シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 内田広夫
2. 発表標題 知っておくべきサブスペシャリティ領域別トレーニングプログラムー小児外科ー
3. 学会等名 第81回臨床外科学会総会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 内田広夫、田中裕次郎、城田千代栄、他
2. 発表標題 小児外科における真の低侵襲手術を目指して
3. 学会等名 第119回日本外科学会定期学術集会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

この研究の成果として、2019年9月7日、2020年2月22日に1回あたり約30名の小児外科医を対象に小児内視鏡手術off the job trainingセミナーを開催した。以後2回の開催を予定していたが、Covid-19のため中止となった。2021年9月25日にはHybrid形式で再度開催したが、翌2月には感染状況の悪化のため、再度中止。今後もhybrid形式での開催を予定している。

開催概要（プログラム）

1. セミナー名第4回小児内視鏡手術Off the Job Trainingセミナー
  2. 日時2021年9月25日（土） 9:00～15:00
  3. 開催場所名古屋大学大学院医学系研究科 医系研究棟1号館 地下1階会議室 および Hybrid
  4. 内容食道閉鎖症・十二指腸閉鎖症・肝管空腸吻合術の生体質感模擬臓器によるシミュレータートレーニング
  5. 対象小児内視鏡手術手技の習得を目指す方、シミュレーターに興味がある方
- 【プログラム】9:30 - 受付開始10:00 - 10:05主催者挨拶  
10:05 - 10:20食道閉鎖症、十二指腸閉鎖症、先天性胆道閉鎖症それぞれのモデルでの練習方法の説明  
<実習 >10:20 - 11:20 生体質感模擬臓器を用いた実習  
<実習 >11:25 - 12:25 生体質感模擬臓器を用いた実習  
<ランチオンセミナー1 >12:35 - 12:55 『進化を遂げたハーモニック1100の紹介』  
<ランチオンセミナー2 >12:55 - 13:15 『アムコ社製品紹介』  
<実習 >13:35 - 14:45生体質感模擬臓器を用いた実習  
<閉会 >14:50 - 15:00参加証授与閉会挨拶 記念撮影

## 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	石丸 哲也  (Ishimaru Tetsuya)  (00633629)	埼玉県立小児医療センター（臨床研究部）・外科・医長    (82412)	
研究分担者	出家 亨一  (Deie Kyouichi)  (00845109)	北里大学・医学部・助教    (32607)	
研究分担者	森 健策  (Mori Kensaku)  (10293664)	名古屋大学・情報学研究科・教授    (13901)	
研究分担者	城田 千代栄  (Shirota Chiyoe)  (20378194)	名古屋大学・医学部附属病院・講師    (13901)	
研究分担者	田井中 貴久  (Tainaka Takahisa)  (30378195)	東邦大学・医学部・臨床准教授    (32661)	



6. 研究組織（つづき）

	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	藤原 道隆  (Fujiwara Michitaka)  (70378222)	名古屋大学・医学部附属病院・病院教授    (13901)	
研究分担者	檜 顕成  (Hinoki Akinari)  (90383257)	名古屋大学・医学系研究科・特任教授    (13901)	
研究分担者	田中 裕次郎  (Tanaka Yujiro)  (90382928)	埼玉医科大学・医学部・教授    (32409)	削除：2020年3月2日

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関