

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 10 日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26870428

研究課題名(和文)革新的な手術技術評価手法による内視鏡外科手術トレーニング支援システムの開発

研究課題名(英文)Innovative skill assessment and training system for laparoscopic surgery

研究代表者

植村 宗則 (Uemura, Munenori)

九州大学・医学研究院・研究員

研究者番号：50636157

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、熟練した医師の経験と勘を頼りにした、いわゆる「名人芸」といわれる客観的には伝えがたい技術を、新しい手術手技評価方法と新しい情報処理システムにより、医師の得意、不得意、医師の技量、何が身に付いており、何が身に付いていないのかを明確にし、具体的かつ定量的にフィードバックする事が可能な、より進化した革新的内視鏡外科手術トレーニング支援システムを開発することである。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this project is to develop an innovative training system for laparoscopic surgeons that can clarify surgeons' skills such as surgeons' strong point, weakness by using chaotic hand motion analysis methodology.

研究分野：医工学

キーワード：手術トレーニング 内視鏡外科 技術評価

### 1. 研究開始当初の背景

内視鏡外科手術は、1990年に腹腔鏡下胆嚢摘出術が発表されて以来爆発的な発展を遂げており、その低侵襲性ゆえに今後ますます適応が広がっていくものと考えられる。一方で、最近本手術に関する医療事故が相次ぎ、社会的にも問題になっている。これは多くの場合、医師の内視鏡外科手術や先端医療機器に対する理解や認識の不足、未熟な技術に起因するものであり、このような事故の防止のためには低侵襲手術治療における専門的な教育・訓練が重要であることは論を待たないところである。欧米の内視鏡外科手術の教育・トレーニングは我が国に比べて進んでおり、France、StrasbourgのEuropean Institute of Telesurgery (EITS)や、Spain、CaserezのMinimally Invasive Surgery Center (MISC)など、世界中から受講者が集まる施設も存在する。また、内視鏡外科手術の教育・トレーニングに関する論文も多く、ボックストレーニングにおける多数のタスクに関しても、トレーニング効果を示す報告がなされている[1]。北米では内視鏡外科手術教育が進んでおり、若手内視鏡外科医に対してドライボックスによるトレーニングが義務化されている。

Fundamentals of Laparoscopic Surgery (FLS)が定める一定基準を満たさなければ実際の内視鏡外科手術は行えないシステムになっている。以上のごとく我が国より数段進んでいる欧米でも、エビデンスに基づいたカリキュラムに沿ってトレーニングを行い、さらにそのトレーニングより発生するデータを用いて学術的研究を行っている施設は少ない。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、熟練した医師の経験と勘を頼りにした、いわゆる「名人芸」といわれる客観的には伝えがたい技術を、新しい手術手技評価方法と新しい情報処理システムにより、医師の得意、不得意、医師の技量、何が身に付いており、何が身に付いていないのかを明確にし、具体的かつ定量的にフィードバックする事が可能な、より進化した革新的内視鏡外科手術トレーニング支援システムを開発することである。

### 3. 研究の方法

#### 新機軸の手術技術評価法(関数)の開発

Uemuraらがカオス理論を用いて考案した客観的な手術手技解析手法[2]を応用し、技術評価関数構築を構築し、潜在的な動作の差異を客観的かつ定量的に評価するカオス解析を用いた技術評価法(関数)の開発を行った。具体的には、経験症例数300例以上の内視鏡外科医11名(熟練者群)と、経験症例数10例未満の内視鏡外科医27名(初心者群)における技術評価タスク(九州大学病院内視鏡外科手術トレーニングセンター[3])中の鉗子先端軌跡を上述手法で解析し、両群間で統計的に際が生じるパラメータを特定し、手術手技評価

関数とした。

自己学習型手術手技評価システムの構築  
Neural Network (NN)を構築し、で導出した手術手技評価関数を用い、熟練者と初心者の振り分けを学習させ、自己学習型手術手技評価システムを構築した。と同じ被験者と評価パラメータを用い、正確にNNが熟練者と初心者を区別できるようになるまで学習を行った。NNの精度検証として、と同じ条件かつ重複のない内視鏡外科医(熟練者12名、初心者17名)の鉗子先端軌跡をNNへ入力し、その正解率を検討した。

臨床における手術手技評価システムの有用性の検討

で構築した自己学習型手術手技評価システムを用い即座に医師の技術レベルを評価、提示する自己学習型内視鏡外科手術トレーニング支援アプリケーションを開発した。本アプリケーションを九州大学病院内視鏡外科手術トレーニングセンターおよび日本内視鏡外科学会にて運用し、本研究で開発した手術手技評価システムの臨床的有意性を検証する。

### 4. 研究成果

新機軸の手術技術評価法(関数)の開発  
熟練者群と初心者群間における鉗子先端軌跡のカオス解析結果を、それぞれ、Mann-Whitney U testを用いて比較したところ、1. 両手鉗子の重心、2. 相対距離、3. 重心速度、4. 相対速度、移動距離における5. 不安定軌道第2周期、6. 同第3周期、移動速度における7. 不安定軌道第2周期および、8. 同第3周期にそれぞれ統計的有意差を認め、それらを術手技評価関数とした。

自己学習型手術手技評価システムの構築  
学習に用いたNNは入力層、隠れ層、出力層の3層からなる(図1)。入力パラメータはで導出した8つのパラメータとした。NNにおける熟練者群と初心者群の識別を行い、7回の学習において、識別率は0.99であった。

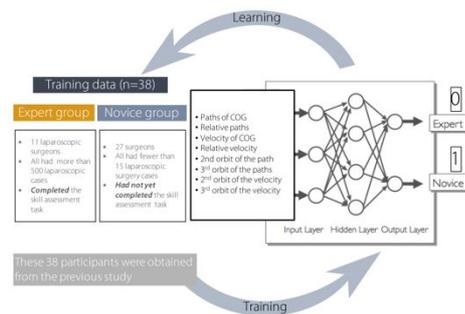


図1 自己学習型手術手技評価システム

次に、経験症例数300例以上の内視鏡外科医12名(熟練者群)と、経験症例数10例未満の内視鏡外科医17名(初心者群)における技術評価タスク中の鉗子先端軌跡をNNに入力し、

自己学習型手術手技評価システムによる技術レベル判別を行った。その結果、正答率は79%であった(図2)。

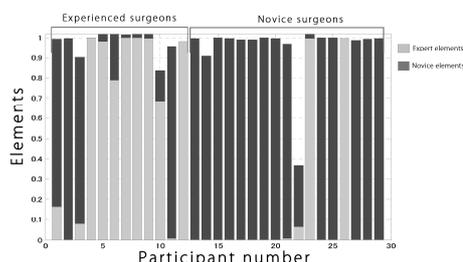


図2 自己学習型手術手技評価システムにおける判別結果 (白: 熟練者要素、黒: 初心者要素)

臨床における手術手技評価システムの有用性の検討

で構築した自己学習型手術手技評価システムを用い、即座に医師の技術レベルを評価、提示する自己学習型内視鏡外科手術トレーニング支援アプリケーションを開発した。現在、本アプリケーションを九州大学病院内視鏡外科手術トレーニングセンターおよび日本内視鏡外科学会にて運用し、本研究で開発した手術手技評価システムの臨床的有意性を検証している。

#### <参考文献>

1. Munz Y et al. Laparoscopic virtual reality and box trainers-Is one superior to the other?, Surg Endosc 18:485-494,2004.
2. Uemura M, et al. Significance of metacognitive skills in laparoscopic surgery assessed by essential task simulation. Minim Invasive Ther Allied Technol 23:165-72.
3. Tomikawa M, et al. Evaluation of the 10-year history of a 2-day standardized laparoscopic surgical skills training program at Kyushu University. Surg Today 46:750-6.

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 16 件)

1. Ieiri S, Jimbo T, Koreeda Y, Obata S, Uemura M, Souzaki R, Kobayashi Y,

Fujie MG, Hashizume M, and Taguchi T (2015) The effect of forceps manipulation for expert pediatric surgeons using an endoscopic pseudo-viewpoint alternating system: the phenomenon of economical slow and fast performance in endoscopic surgery. *Pediatr Surg Int.* 2015 Oct;31(10):971-6

2. Jimbo T, Ieiri S, Obata S, Uemura M, Souzaki R, Matsuoka N, Katayama T, Masumoto K, Hashizume M, and Taguchi T (2015) Effectiveness of short-term endoscopic surgical skill training for young pediatric surgeons: a validation study using the laparoscopic fundoplication simulator. *Pediatr Surg Int.* 2015 Sep;25(9):775-81
3. Uemura M\*, Jannin P, Yamashita M, Tomikawa M, Akahoshi T, Obata S, Souzaki R, Ieiri S, and Hashizume M (2015) Procedural surgical skill assessment in laparoscopic training environments. *Int J Comput Assist Radiol Surg* 11:543-52.
4. Tomikawa M, Uemura M, Kenmotsu H, Konishi K, Ohuchida K, Okazaki K, Ieiri S, Tanoue K, and Hashizume M (2015) Evaluation of the 10-year history of a 2-day standardized laparoscopic surgical skills training program at Kyushu University. *Surg Today* 46:750-6.
5. Uemura M\*, Sakata K, Tomikawa M, Nagao Y, Ohuchida K, Ieiri S, Akahoshi T, Hashizume M (2015) Novel surgical skill evaluation with reference to two-handed coordination. *Fukuoka Igaku Zasshi.* 2015 Jul;106(7):213-22.

6. Obata S, Ieiri S, **Uemura M**, Jimbo T, Souzaki R, Matsuoka N, Katayama T, Hashizume M, and Taguchi T (2015) An Endoscopic Surgical Skill Validation System for Pediatric Surgeons Using a Model of Congenital Diaphragmatic Hernia Repair. *J Laparoendosc Adv Surg Tech* 2015 Sep;25(9):775-81
7. Nakadate R, Nakamura S, Moriyama T, Kenmotsu H, Oguri S, Arata J, **Uemura M**, Ohuchida K, Akahoshi T, Ikeda T, Hashizume M (2015) Gastric endoscopic submucosal dissection using novel 2 . 6-mm articulating devices : an ex vivo comparative and in vivo feasibility study. *Endoscopy* 47:820-4.
8. Arata J, Kogiso S, Sakaguchi M, Nakadate R, Oguri S, **Uemura M**, Cho B, Akahoshi T, Ikeda T, Hashizume M (2015) Articulated minimally invasive surgical tool for laparoscopy based on compliant mechanism. *Int J Comput Assist Radiol Surg*. doi: 10.1007/s11548-015-1159-4
9. **Uemura M**, Kenmotsu H, Tomikawa M, Kumashiro R, Yamashita M, Ikeda T, Yamashita H, Chiba T, Hayashi K, Sakae E, Eguchi M, Fukuyo T, Chittmittrapap S, Navichareern P, Chotiwan P, Pattana-arum J, Hashizume M\* (2015) Novel , high-definition 3-D endoscopy system with real-time compression communication system to aid diagnoses and treatment between hospitals in Thailand. *Asian J Endosc Surg* 8:139-147
10. 山下実, **植村宗則**, 松岡紀之, 家入里志, 大内田研宙, 赤星朋比古, 富川盛雅, 池田哲夫, 橋爪誠 (2015) 内視鏡外科手術における縫合技術評価法の有用性に関する研究 . *日本コンピュータ外科学会誌* 17:15-22.
11. **Uemura M**, Yamashita M, Tomikawa M, Obata S, Souzaki R, Ieiri S, Ohuchida K, Matsuoka N, Katayama T, Hashizume M\* (2014) Objective assessment of the suture ligature method for the laparoscopic intestinal anastomosis model using a new computerized system. *Surg Endosc* 29:444-452.
12. Kobayashi Y, Sekiguchi Y, Noguchi T, Takahashi Y, Liu Q, Oguri S, Toyoda K, **Uemura M**, Ieiri S, Tomikawa M, Ohdaira T, Hashizume M, and Fujie MG (2014) Development of a robotic system with six-degrees-of-freedom robotic tool manipulators for single-port surgery. *Int J Med Robot* 11:235-46.
13. Tashiro Y, Okazaki K, **Uemura M**, Toyoda K, Osaki K, Matsubara H, Hashizume M, and Iwamoto Y (2014) Comparison of transtibial and transportal techniques in drilling femoral tunnels during anterior cruciate ligament reconstruction using 3D-CAD models. *Open access J Sport Med* 5:65-72.
14. **Uemura M**, Tomikawa M, Kumashiro R, Miao T, Souzaki R, Ieiri S, Ohuchida K, Lefor AT, and Hashizume M\* (2014) Analysis of hand motion differentiates expert and novice surgeons. *J Surg Res* 188:8-13.
15. **Uemura M**, Tomikawa M, Nagao Y, Yamashita N, Kumashiro R, Tsutsumi N, Ohuchida K, Ieiri S, Ohdaira T, and Hashizume M\* (2014) Significance of metacognitive skills in laparoscopic surgery assessed by essential task

simulation. Minim Invasive Ther Allied Technol 23:165-72.

〔学会発表〕(計 11 件)

1. ○Munenori Uemura, Makoto Yamashita, Morimasa Tomikawa, Satoshi Obata, Takahiro Jimbo, Noriyuki Matsuok, Makoto Hashizume, Yoichi Nakanishi “SUGGESTION OF NOVEL MEASUREMENT METHODOLOGY FOR PERFORMANCE EVALUATION OF MEDICAL EQUIPMENT” SAGES 2016, Boston USA, 2016 年 3 月 (ポスター発表, 査読有)
2. ○Morimasa Tomikawa, Munenori Uemura, Tomohiko Akahoshi, Kazuo Tanoue, Makoto Hashizume, “DATA-BASED SELF-TRAINING GUIDELINE FOR LAPAROSCOPIC SURGICAL SKILLS ACCORDING TO THE OPERATIVE EXPERIENCES” SAGES 2016, Boston USA, 2016 年 3 月 (ポスター発表, 査読有)
3. ○M. Uemura, M. Yamashita, M. Tomikawa, R. Souzaki, S. Ieiri, N. Matsuoka, T. Akahoshi, M. Hashizume, “New objective skill assessment system for the laparoscopic intestinal anastomosis model and evaluation of validity”, ACCAS 2015, Singapore, 2015 年 7 月 (口頭発表, 査読有)
4. ○M. Uemura, M. Tomikawa, T. Miao, T. Akahoshi, S. Ieiri, M. Hashizume, “New skill evaluation system based on hand motions during the performance of laparoscopic surgery”, SAGES 2015, Nashville, Tennessee, U.S.A, 2015 年 4 月 (口頭発表, 査読有)
5. ○M. Uemura, M. Tomikawa, T. Miao, T. Akahoshi, S. Ieiri, M. Hashizume, “Hand motions during the performance of laparoscopic surgery – correlation between skill factors and surgical performance”, 2014 CARS Computer Assisted Radiology and Surgery, Fukuoka, Japan, 2014 年 6 月(ポスター発表, 査読有)
6. ○M. Uemura, P. Jannin, M. Yamashita, M. Tomikawa, M. Hashizume, “Procedural surgical skill assessment in laparoscopic training environments”, 2014 CARS Computer Assisted Radiology and Surgery, Fukuoka, Japan, 2014 年 6 月 (口頭発表, 査読有)
7. ○Uemura M, Yamashita M, Tomikawa M, Obata S, Souzaki R, Ieiri S, Ohuchida K, Matsuoka N, Katayama T, and Hashizume M “OBJECTIVE ASSESSMENT OF THE SUTURE LIGATURE METHOD FOR THE LAPAROSCOPIC INTESTINAL ANASTOMOSIS MODEL USING A NEW COMPUTERIZED SYSTEM” SAGES 2014, Salt Lake City, Utah, U.S.A, 2014 年 4 月(ポスター発表, 査読有)
8. ○植村宗則, 笠間和典, 関洋介, 金尾祐之, 倉島庸, 富川盛雅, 赤星朋比古, 橋爪誠: 新規開発の客観的技術評価型シミュレータを用いたハンズオンセミナーの提案-開催実績と実用性の検証-, 第 28 回日本内視鏡外科学会総会シンポジウム 21「内視鏡手術のシミュレーショントレーニング: 最近の展開とその効用」大阪, 2015 年 12 月 12 日(口頭発表, 査読有, シンポジウム)

9. ○**植村宗則**, 「評価型外科縫合シミュレータの開発経緯と活用法」第33回日本肥満症治療学会学術集会 Hands on Suturing Seminar 『完全体腔内消化管吻合セミナー-Boot camp for Bariatric and Metabolic Surgery』, 幕張, 2015年6月25日, (招待講演, 講師)
10. ○**植村宗則**, 富川盛雅, 赤星朋比古, 苗鉄軍, 宗崎亮太, 家入里志, 大内田研宙, 山下実, 池田哲夫, 橋爪誠: カオス解析を用いた内視鏡外科手術における鉗子先端動作解析～熟練者と初心者の潜在的な動きの違い～, 第27回日本内視鏡外科学会総会シンポジウム 21「内視鏡外科手術のトレーニングを科学する」, 盛岡, 2014年10月4日(口頭発表, 査読有, シンポジウム)
11. ○富川盛雅, **植村宗則**, 赤星朋比古, 苗鉄軍, 宗崎亮太, 家入里志, 大内田研宙, 池田哲夫, 橋爪誠: 内視鏡外科手術短期集中トレーニングの意義—九州大学内視鏡外科手術トレーニングセンターにおける解析, 第27回日本内視鏡外科学会総会シンポジウム 21「内視鏡外科手術のトレーニングを科学する」, 盛岡, 2014年10月4日(口頭発表, 査読有, シンポジウム)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計1件)  
 名称: 縫合手技評価装置、縫合手記評価装置用プログラム、及び、縫合シミュレータシステム  
 発明者: 片山 保、松岡 紀之、**植村 宗則**、橋爪 誠  
 権利者: 片山 保、松岡 紀之、**植村 宗則**、橋爪 誠  
 種類: 技術  
 番号: 特願 2014-126006  
 出願年月日: 平成 26 年 6 月 19 日  
 国内外の別: 国内

○取得状況(計1件)

名称: SUTURE TECHNIQUE EVALUATION APPARATUS, RECORDING MEDIUM STORING PROGRAM FOR SUTURE TECHNIQUE EVALUATION APPARATUS, AND SUTURE SIMULATOR SYSTEM  
 発明者: Tamotsu Katayama, Noriyuki Matsuoka, **Munenori Uemura**, Makoto Hashizume, Takahiro Jimbo, Satoshi Obata, Satoshi Ieiri, Tomoaki Taguchi  
 権利者: Tamotsu Katayama, Noriyuki Matsuoka, **Munenori Uemura**, Makoto Hashizume, Takahiro Jimbo, Satoshi Obata, Satoshi Ieiri, Tomoaki Taguchi  
 種類: 技術  
 番号: 20150371558  
 取得年月日: January 26, 2016  
 国内外の別: 国外

〔その他〕

学会賞(計2件)

1. Biomedical Engineering Society and IEEE EMBS Singapore Chapter with Young Investigator Award (YIA) Anniversary Asian Conference on Computer Aided Surgery (ACCAS2015), “New objective skill assessment system for the laparoscopic intestinal anastomosis model and evaluation of validity” 2015年7月11日(筆頭著者)
2. 第1回九州内視鏡下外科手術研究会研究奨励賞「革新的な手術評価手法による内視鏡外科手術トレーニング支援システムの開発」2014年9月6日(筆頭著者)

6. 研究組織

(1)研究代表者

植村宗則 (Munenori Uemura)  
 九州大学大学院 医学研究員 共同研究員  
 研究者番号: 50636157