

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 3 日現在

機関番号：14202

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500884

研究課題名（和文） 力覚提示を伴う一対多外科手術技能伝達による学習効果の検証

研究課題名（英文） Verification of effectiveness on skill learning using one-to-many tactile transfer in surgical simulation

研究代表者

小森 優 (KOMORI MASARU)

滋賀医科大学・医学部・教授

研究者番号：80186824

研究成果の概要（和文）： 低侵襲な腹腔鏡手術の訓練システムとして VR 技術を用いたシミュレーションシステムが浸透している。しかしその実態は、教育に時間を避けない外科医が適切な指導を行わなければ、有効な学習効果は得られない。本研究は、複数の医学生や研修医を同時に指導できるシミュレーションシステムと指導法を提案し、その評価を行ったものである。このシステムでは、複数の手術シミュレータをネットワーク接続し、指導医の規範操作を各学生が用いるシミュレータ上で再現することができる。手術部位の映像だけでなく、手術器具を操作する手元の映像や操作の進め方を学生の「手を添える」ように誘導し学習させる。その有効性を検証した。

研究成果の概要（英文）： In this research, a laparoscopic surgery training system in which one trainer can teach plural trainees was constructed, and the effectiveness of skill learning was verified. The system is constructed from plural surgical VR simulators interconnected over a network. On this system, one teaching surgeon can show a model performance simultaneously to plural student's simulators. Not only a visual performance, but also motion force of hands can be shown on a student's simulator. So a student can trace the handling of the teacher's forceps. An evaluation of effectiveness of this force guidance method on a surgical simulator was done.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
2012年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学・教育工学

キーワード：分散協調教育システム、技能伝達、手術シミュレーション、VR技術、触感技術

1. 研究開始当初の背景

腹腔鏡手術シミュレータを始めとするシミュレータ教材は医学教育の中に定着しつつある。しかし、手術手技を正しく学ぶには熟練医の指導が欠かせない。特に初期学習期における手術機材の操作を自己流に学んでしまうと、その後の技能習得に支障をきたす。そのため、指導医が「手を添えて」操作を指導するといった訓練場面が見受けられる。日常業務に多忙な外科医がこうした訓練指導に多くに時間を避けないことは、想像に難くない。このような状況で、指導医が多数の医学生を効率よく訓練できるシステムと、これまで独習で学べなかった手の動きを伴う、あたかも「手を添えて指導されている」かのような手術シミュレータの開発とその手法を模索していた。

2. 研究の目的

手術シミュレータを用いた手技訓練において、一人の指導医が多くの被訓練医（医学生）を効率よく指導できるシステム、手法を開発する。このため、従来のシミュレータで用いられてきた術野映像からのフィードバックによる学習だけでなく、手元動作としてのどのように操作すればよいかを力覚を伴う形で提示できるシステムを構築する。また、一人の指導医が複数の医学生を指導できる1対多訓練システム(図1)として機能するようにする。このシステムを用いて比較的単純な手技に対する学習効果を評価する。

3. 研究の方法

(1) 手技訓練の対象手術

本研究では腹腔鏡下胆嚢摘出術を対象とした。この手術の典型的な進行は、肝臓の圧排による作業(手術)スペースの確保、胆嚢および胆嚢管・血管の癒着や周辺の組織からの剥離、胆嚢動脈および胆嚢管のクリッピングと切離、胆嚢の摘出の手順で進められる。ここでは、胆嚢底部を把持して肝臓を圧排する手技学習(図2)を評価の対象とした。

(2) 研究に用いたシミュレータと術野データ

本研究者は別途プロジェクトで腹腔鏡手術シミュレータ(図3)を開発しており、これをプラットフォームとして実験を行った。この手術シミュレータは、2本の鉗子に接続された力覚提示デバイスを内蔵しており、手術部位の生体モデルへの操作に応じて、力学計算された応力提示を行う。同時に計算された組織の変形を映像として提示する(図4)。このシミュレータは複数台(現在3台)がネットワ

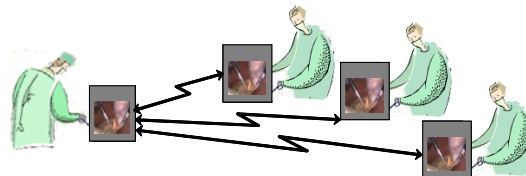


図 1.1 対多訓練システムのイメージ図



図 2. 胆嚢把持と肝臓圧排操作



図 3. 使用した手術シミュレータ



図 4. 指導医によるシミュレータ操作

ーク接続され、初期状態、操作情報などを交換しあう。さらに、指導医や訓練医の手元操作の映像(図5)や音声も通信される。このシステムではシミュレータ群を用いてリアルタイムに教育する形態を基本とするが、教師



図 5. 鉗子操作手元映像の提示例

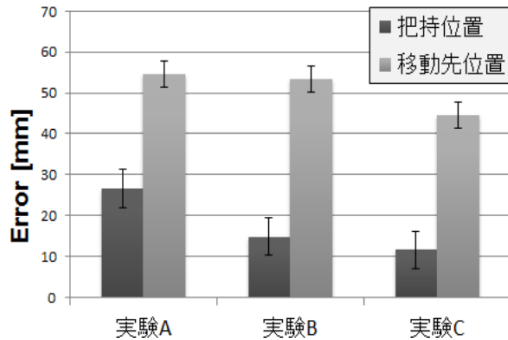


図 6. 胆嚢の把持位置と移動先位置の誤差

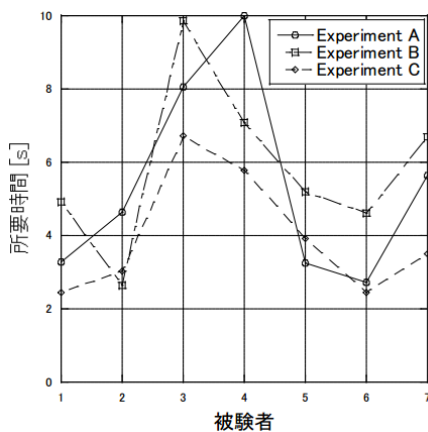


図 7. タスク遂行の所要時間

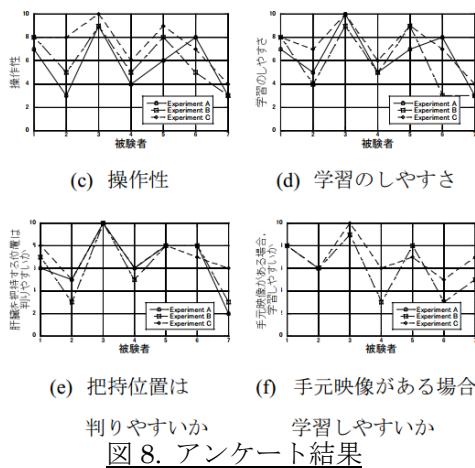


図 8. アンケート結果

データを記録し、再生する事もできる。今回は後者の機能を用いて、以下の3種類の情報提示手法下で手技学習効果の評価を行った。

- A: 指導医の手技による術野映像提示
- B: 術野映像(A)と指導医の鉗子操作の手元映像提示
- C: 術野映像(A)、手元映像(B)提示と力覚提示による誘導

各手法での学習効果を、胆嚢把持および肝臓圧排の手技操作を課題タスクとして評価した。学習過程は、次の通りである。

1. 機器操作を理解するための1分間の練習
2. 各手法による課題タスクを5回連続して練習
3. 1分間休憩
4. 学習した課題タスクを3回実施

評価項目として、各タスクの圧排位置・把持位置精度、所要時間、アンケートを用いた。アンケートは、操作、学習のしやすさ、課題目標(最終位置)は判りやすいか、手元映像が学習に役立ったかについて、10点満点のスコア記入とした。被験者数は7名で、同じ被験者に対してA、B、Cの各条件下で2~3日の間隔を空けて実験した。

4. 研究成果

胆嚢の把持位置および移動先位置の教師データとの誤差は、A群(術野映像のみ)に比してC群(力覚誘導+手元映像+術野映像)が有意に少ない($\alpha=0.05$)。B群(手元映像+術野映像)はAとCの中間にあたるが、胆嚢把持位置の誤差が大きく移動先誤差は小さく現れた(図6)。タスク遂行時間もA群に比してC群は短い(図7)。B群はむしろ長時間を要した被験者が多く、手元映像への視線移動が影響しているものと思われる。

この結果から、力覚誘導を伴う学習が有効であることが明らかになった。

一方、1名の指導医による複数の学生への指導形態、1対多技能伝達が可能なシステムを構築した。現状では、この効果を定量的に示すことはできなかった。この手法が効率的であることは自明である。しかし、同時に指導医の動作を提示することだけなら、記録された教師データを用いても同じことができる。リアルタイムなフィードバックも可能なこの1対多訓練システムの有用性を証明するには、実際の臨床実習等で実証する必要がある、今後の課題である。1対多訓練を有効に進めるため、力覚誘導と通常のシミュレーション動作を自在に切り替えられる機能等も実装を終えている。また、1対多の形態はネットワークを介して遠隔地間の訓練指導にも適用出来、遠隔訓練の実験も行った。今後、更なる工夫を加えて、実際の訓練での使用を目指す。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 5 件)

- (1) Kazuyoshi Tagawa, Hiromi T. Tanaka, Yoshimasa Kurumi, Masaru Komori, Sigehiro Morikawa: A Laparoscopic Surgery Simulator Using First Person View and Guidance Force, Stud Health Technol Inform, Vol.184, 431-435, 2013
(査読有)
- (2) 田川 和義, 田中 弘美, 小森 優, 来見 良誠, 森川茂廣: 一人称視点映像 と誘導力提示による腹腔鏡下手術手技の VR 訓練システム, 日本 VR 医 学会論文誌, Vol. 10, 11-18, 2012
(査読有)
- (3) Kazuyoshi Tagawa, Hiromi T. Tanaka, Yoshimasa Kurumi, Masaru Komori , Sigehiro Morikawa: Expression of Cystohepatic Duct Anomaly Using Modular Structured Organ Model in a Laparoscopic Surgery Simulator, Int J Computer Assisted Radiology and Surgery, Vol.7, 194-196, 2012
(査読有)
- (4) 田川 和義, 田中 弘美, 来見 良誠, 小森 優, 森川茂廣: 腹腔鏡下胆嚢摘出術のVR 訓練システムの構築, 日本コンピュータ外科学会誌, Vol. 10, 340-341, 2012
(査読有)
- (5) Nakagawa S, Tagawa K, Tanaka HT, Kurumi Y, Morikawa S, Komori M: Efficient detachment simulation using online re-mesh models of rectangular tetrahedral volume mesh, Int J Computer Assisted Radiology and Surgery, Vol.6, S118-S120, 2011
(査読有)

[学会発表] (計 7 件)

- (1) 加藤十磨, 田川和義, 田中弘美, 小森 優, 来見良誠, 森川茂廣: 重畳 映像と誘導力提示を用いる腹腔鏡下手術手技訓練システムの提案とその学習効果の評価, 第 17 回日本バーチャルリアリティ学会大会, 2012 年 09 月 12 日, 神奈川
- (2) 近江奈帆子, 田川和義, 田中弘美, 小森 優: バリエーションを有する オブジェクトの構成的多重解像度モデリング, 第 17 回日本バーチャルリアリティ学会大会, 2012 年 09 月 12 日, 神奈川
- (3) 田川和義, 田中弘美, 小森 優, 来見良誠, 森川茂廣: 臓器異型に対応 した腹腔鏡手術シミュレータの構築, 第 12 回日本 VR 医学会学術大会, 2012 年 08 月 25 日, 千葉
- (4) 小森 優, 田川 和義, 田中 弘美, 森川 茂廣, 来見 良誠: 腹腔鏡手術シミュレータのための臓器異型モデル構築, 第 11 回日本 VR 医学学術大会, 2011 年 8 月 30 日, 奈良
- (5) Nakagawa S, Tagawa K, Tanaka HT, Kurumi Y, Morikawa S, Komori M: Efficient detachment simulation using online re-mesh models of rectangular tetrahedral volume mesh, Comp. Assist. Radiology and Surgery 2011, 2011 年 6 月 23 日, Berlin
- (6) 大石 達弥, 田川 和義, 小森 優, 田中弘美: 1 対多の教示機能を備えた遠隔触覚協働環境の構築, 第 10 回日本 VR 医学学術大会, 2010 年 9 月 4 日, 京都
- (7) 田川 和義, 長谷川 恭子, 備籐 達郎, 小森 優, 来見 良誠, 他: 「どこでも高度医療」実現のためのボリュームベース遠隔触覚協働環境の研究開発, 第 10 回日本 VR 医学学術大会, 2010 年 9 月 4 日, 京都

[その他]

ホームページ等

腹腔鏡手術シミュレータを題材としたVR技術の医療応用

<http://www.shiga-med.ac.jp/hqseimei/research.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小森 優 (KOMORI MASARU)
滋賀医科大学・医学部・教授
研究者番号：80186824

(2)研究分担者

来見 良誠 (KURUMI YOSHIMASA)
滋賀医科大学・医学部・教授
研究者番号：70205219

重歳 憲治 (SHIGETOSHI KENJI)
滋賀医科大学・医学部・助教
研究者番号：70335165