

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 21 日現在

機関番号：14202

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25282154

研究課題名(和文) 多様な術野を提供するシミュレーション訓練用異型器官ライブラリシステムの構築

研究課題名(英文) Development of variation library to provide multiple views for surgical simulator

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、管腔の異形(走向異常、バリエーション)を3次元モデル化し、手術シミュレータに供給することを目的とした。これまでに開発を続けている腹腔鏡手術シミュレータの対象としてきた胆管、胆嚢周辺を中心に、腎臓、脳血管などにみられる異型のモデルを作成した。胆管、胆嚢動脈の異型モデルについては、それらが接続(分岐)する総胆管、腹部動脈(胆嚢動脈基部)で複数の異型形状を切り替えられるようにモジュール化した。

また、これら異型器官を取り巻く漿膜、脂肪、結合織モデルを人工的に生成させ、実際の術野に近い環境を合成できるようにした。

研究成果の概要(英文)：Variations of tubular organ have been modeled as 3D structure in order to provide them to VR surgical simulators in this research. Variation models around bile duct and cystic artery were developed mainly. Variation of emulgents, cerebral blood vessels and aortic arch were also modeled. These 3D models of bile duct/cystic artery were modularized, so that they can be connected to a common bile duct/abdominal aorta model.

Serosa, fat and connective tissue were automatically synthesized around duct/artery in order to increase reality to simulators.

研究分野：医工学、医療情報学

キーワード：手術シミュレーション 臓器モデル バリエーション 異形

1. 研究開始当初の背景

様々な VR 技術を活用した手術シミュレータが商品化され、多くの臨床教育現場に導入されている。これらの洗練されたシミュレータが基礎的な手技訓練に有効であることは期待通りであった。しかし、その多くが初期訓練の一部に活用されているのみで、十分活用されているとは言い難い。基礎的な手技訓練に用いられてきたボックストレーナーは安価で基本動作の習練においての操作感の面で有利であるが、複雑な術野環境を再現できるものではない。一方、VR シミュレータは高価な反面、現実似せた術野環境を提示できる。このように、それぞれ異なる有効性を有し、使い分けをすべきとされている。

わが国においても VR シミュレータがようやく普及し、各大学にスキルスラボが設置される状況に至ったものの、現状のままでは費用対効果の面からみて更なる普及と利用範囲の拡大は望めない。機能面で様々な可能性を持つ VR シミュレータに、より大きな付加価値を加えることで、新たな教育効果と普及展開が期待できる。

VR シミュレータの長所として、術野の視覚的な再現、誤処置による出血などのイベントのシミュレーション、手技操作の記録と客観的な評価などが実現されているが、さらに多人数への同時指導、遠隔指導、生体の多様性を反映した解剖構造を持つ術野モデルに対する訓練などがあげられ、これらをより強調したシステム作りと利用形態が求められる。

既に述べた通り、VR 技術を活用した手術シミュレータは既に多くの施設で臨床教育に導入されているが、総じて十分活用されているとはいえない。高額な市販のシミュレータを導入しても、すぐ「飽きられ」、活用されていない時間が多くなっている。その原因の一つは、手術シーンやシナリオがほぼ固定されていて、実際の手術で遭遇する多様な解剖構造が反映されていないことにあると考えられる。申請者らはこれまで VR 手術シミュレータを開発研究しているが、新しい展開の緒として多様な解剖構造の反映を目指した。

2. 研究の目的

本研究では種々の臓器にみられる異形、管腔の走向異常いわゆるバリエーションを持った器官を 3D モデル化し、ライブラリとして扱えるシステムを開発する。このライブラリを使用して、手術シミュレータの術野シーンを組み換えることで、同一対象の手術であっても異なるアプローチを必要とする手術シナリオを生成する。

これまでの VR シミュレータは手技の訓練に重点が置かれていた。これに対して本システムでは、より深い解剖の理解とそれに応じたアプローチを要求するトレーニングであり、VR 技術の利点を強調したものである。

本研究では、実際の手術で現れた種々の器官のバリエーションをサーベイし、3次元モデル化し、ライブラリとして蓄積する。さらにそのライブラリを使用して任意の異形を VR シミュレータの術野シーンに組み込み、訓練に活用できるようにすることを目的としている。このことにより、典型例だけでなく様々な立体構造を持った術野に対する訓練を可能とする。

文献[1]に見られるこれらのバリエーションは、いわゆる奇形ではなく多くの患者に診られており、実際の手術でも遭遇するケースは少なくない。例えば、肝管の胆嚢管との合流部におけるバリエーションでは 35%もの頻度で観察されたとする文献[2]もある。大規模な調査はなされていないが、より高い異形出現率の報告もあり、熟練医にとっては当然の事象とみなされている。このような走向異常により異なる脈管を誤認識して切断してしまう可能性があり、手術リスクの一因となっている[3]。こうしたリスクを避ける訓練として役立つ。

本研究では、バリエーションを伴った術野に遭遇した際の初学者にとっての手術シミュレーションを提供し、様々な解剖構造を提示することで既に臨床を重ねた医師にも意味のあるシミュレータとなることを目指している。

3. 研究の方法

本研究では、器官バリエーションを表現するため、以下の3つのステップに分けて進めた。

- 1) 文献やカルテ等のシェーマ、術前画像から異形・走行異常部分を抽出し、3次元モデル化する
- 2) 作成した3次元モデルをシミュレーションに必要な力学特性を付加し、異形部分の交換可能な「モジュール」として、ライブラリ化する
- 3) ライブラリから取り出した3次元モデルを VR シミュレータの術野モデル内の器官と置き換え、形状的、力学的な整合性を持たせる

ライブラリ化する器官として、申請者らが独自に開発を行っている腹腔鏡手術シミュレータの対象部位である胆嚢管(肝管、総胆管を含む)、胆嚢動脈を中心にバリエーションのモデル化を行う。更に他の器官のバリエーションも同様にモデル化できるが、シミュレータ自身の対応ができていないため、モデル作成とライブラリ化するとどめる。

前述の3つの過程を詳しく述べる。

- 1) 異形器官3次元モデルの作成
バリエーションを記載した症例報告やアトラスなどの文献からシェーマを抽出し、モデリングソフトウェアを用い立体形状を再現する。モデリングソフトウェアとして、初期形状の作成に Pixologic 社の

Sculptris を用いた。このソフトウェアは 3 次元形状を幾何学的要素で構成する CAD ソフトウェアとは異なり、自由形状を構築してゆくものである。立体モデルを作り上げる際の自由度が高く、シェーマに描かれていない立体の隠れた部分も作ることができる。

- 2) 異形モデルのライブラリ化
3 次元モデルとして作成した表面メッシュデータを内部も表現できる 4 面体メッシュに置き換え、STL 形式を基にしたフォーマットで統一し保存する。この際には、Autodesk 社の 3ds Max を用い、細部の修正なども行った。この過程の最後に、他の器官と接続、合流する面を定義し、4 面体メッシュ化の前処理をした。
- 3) シミュレーション術野への組み込み
ライブラリから取り出した 3 次元モデルを VR シミュレータの術野モデル内の器官と置き換える。異形モデルと術野モデルの 4 面体メッシュをつなぐ。

以上がデータ作成と加工の過程であり、記載が前後するが以下に、それぞれの過程での使用データの準備について述べる。

- 1) 異形器官 3 次元モデルの作成
体系的に異型モデル群を作成するために、文献資料による調査を行い、出現頻度の高いタイプから着手した。一方、出現頻度が低くとも熟練医から見て難しい手技を要するタイプも含めている。当初は胆管異型に集中してモデル化した。その後、腎血管走向や脳血管、大動脈弓のモデルを作成した。肺気管支、血管系のバリエーションも視野に入れていたが、複雑でかつ多くのタイプがあるため、現在でも調査中の段階である。

モデル化は解剖図やシェーマを基に作成することが多いため、実際の形状とは大きく異なる可能性もある。そこで、臨床医が監修した。臨床的に不自然でない範囲のモデルに収束させる。モデル化作業は、主に医学部学生が担当し、その中にはカリキュラム（滋賀医科大学 4 年次・自主研究）内で行ったものも含まれる。

どの異型モデルも外周形状をモデル化した。内腔は形状が提示されることがないため、充填されたモデルとなっている。力学面でも細い管腔は単純なバネ-質点モデルでその挙動（力学応答）を記述しているため、内腔構造を持たせていない。

作成された 3 次元モデルは、表面をメッシュ（三角パッチ）で表現し、その構造をデータとして記述した OBJ 形式で保存する。作成した 3D モデルデータは一般的な STL 形式などで出力される。立体形状作成の際に、細かく描かれた部分や形状をより滑らかにするため編集された部分は、メッシュが細かくなりすぎ、データ量が膨張するため、表面形状を大きく損なわない範囲でメッシュの統合を行い、全体のメッシュ数を抑制している。

また、形状作成の自由度が高いため、管腔表面が閉じていない「破れ」や凹んだ構造が隠れてしまう「折り込み」など立体構造として不都合な構造も生じやすい。これらは表面形状をメッシュデータに表現する際にも前処理として取り除いているが、その過程でも残るものがある。除去しきれなかったものは、次の過程で 4 面体メッシュを作成する際に取り除いている。

- 2) 異形モデルのライブラリ化
作成した 3D モデルをライブラリ化し他の用途でも使えるよう、三次元モデルの表面構造の記述に一般的に用いられている STL 形式で保存した。モデル化の際の付随情報に加え、ライブラリとした。また、STL 形式で得られた形状データは、シミュレータ上では 4 面体の集合として扱うため、4 面体メッシュデータに変換して保存した。この際、シミュレータでの力学計算の負荷を考慮して、ノード密度の最適化を行う。さらにシミュレータの高速動作のためにより低解像度にノードを集約したモデルを並列して持つようにした。

- 3) シミュレーション術野への組み込み
独自に開発してきた手術シミュレータでは、術野の立体形状と力学モデルに理化学研究所の BodyParts3D[4]に基づいて作成したものを用いている。

基盤となる術野シーンも 4 面体メッシュ構造を持っているが、細部を構成する異型モデルとは一般的に解像度（メッシュ密度）が異なる。この解像度の異なるメッシュ構造を 1 つのシーンとして扱うために、多重解像度モデル[5][6]を用いる。ここではシーンを 2 分木で表し、各階層（枝）で異なる解像度に対応することで、多重解像度を実現している。異型モデル自身をモジュール（部品）として 2 分木で表し、モジュールを入れ替えることで、高速に様々な術野シーンを構成している。本来この多重解像度は、臓器の術具による変形を表現する際に、局所の変形に対してその部位の解像度をリアルタイムに細かくし、より精度よく計算させるオンラインリメッシュと呼ぶ手法で用いてきた。

異常走向を伴った異型部位は、手術開始時には明示されていることはなく、漿膜や脂肪に覆われている。

作成したバリエーションモデルを漿膜・脂肪組織で覆うため、直交メッシュ構造を持つモデルを脈管の周囲に生成させた。これを脈管群の外周に向けて収縮させることで、脈管周りの漿膜、脂肪、結合織を表現した。収縮の強弱により、脂肪の多少を表現する。

4. 研究成果

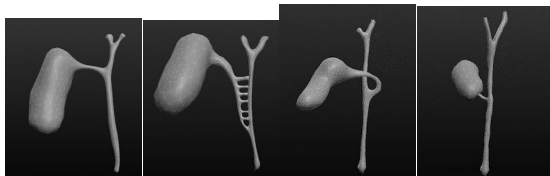
胆嚢管周辺のバリエーションをモデル化した。この領域の脈管の異常走向はさまざまに分類されており、収集した文献により分類呼称も異なっていた。ここでは引用文献[1]にあげられている分類に従った作成例について述べる。異形とみなされた注目点につい

て以下の A~D のように分けられ、それぞれについて正常型を含めて形状を分類している。また、カッコ内はそれぞれについての発生率である。

図 1~4 はこれらの分類に沿って作成した胆管、胆嚢動脈バリエーションの 3D モデルである。

胆管周辺以外の腎血管、脳血管、大動脈弓、外頸動脈といった組織についても 3D バリエーションモデルの一部を作成した。

これまでに作成してきた器官バリエーション 3D モデルを、手術シミュレーション用の術野に適用し、異形部分の置き換えを行うシステムを開発した。異形組織の置き換えだけでなく、それらを取り巻く漿膜、結合織、脂肪といった管腔や血管への視野を妨げる組織を生成する機能を作成した。この機能により、どのようなバリエーションを持つ術野かを剥離を続けながら確認するという高度な手術訓練が行える。



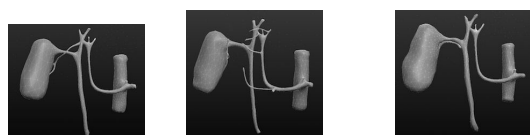
A 正常型 平行型 a 前螺旋型 b 後螺旋型

図 1 胆嚢管の合流形式による分類モデル



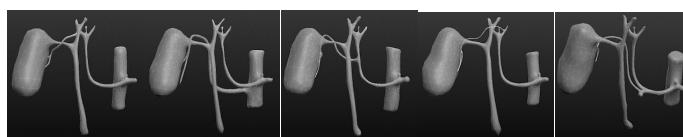
B 低位合流 高位合流 副胆管 右肝管合流 胆嚢肝管

図 2 胆嚢管の走向による分類モデル



C Calot 三角内 総胆管前方 C 胆嚢管下部または後方

図 3 胆嚢動脈の走向による分類モデル



D 右肝動脈 右副肝動脈 固有肝動脈 左肝動脈 胃十二指腸動脈

図 4 胆嚢動脈の分岐形態による分類モデル

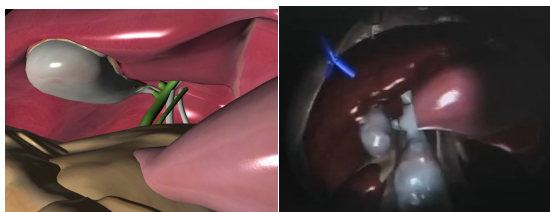


図 5 手術シミュレータへの組み込み例 図 6 漿膜で包まれたバリエーションモデル例

現在、作成したモデル群をさらに分類、整理し、2016 年 9 月に公開できるよう準備中

である。

<引用文献>

- [1] 松野正紀: 消化器外科手術のための解剖学 小腸・大腸, 肛門部疾患, 肝臓・胆嚢・胆道系, 膵臓・脾臓. メディカルビュー社, 2007.
- [2] F. H. Netter: Atlas of human anatomy (4th edition). Saunders, 2007.
- [3] 来見良誠: Q&A 腹腔鏡下胆嚢摘出術 こんなときどうする?. 医学書院, 1996.
- [4] BodyParts3D Release 4.0, Copyright© 2008 ライフサイエンス統合データベースセンター licensed by CC 表示 - 継承 2.1 日本, <http://lifesciencedb.jp/bp3d/>, 2013
- [5] K. Tagawa, S. Nakagawa, H. T. Tanaka, Y. Kurumi, S. Morikawa, M. Komori: Efficient Detachment Simulation Using Online-Remesh Deformation Models of Rectangular Tetrahedral Volume Mesh, International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, **6**, S1, 118-120, 2011
- [6] K. Tagawa, Y. Sasaki, H. T. Tanaka, Online Re-Mesh and Multi-Rate Deformation Simulation by GPU for Haptic Interaction with Large Scale Elastic Objects, Proc. of IEEE Haptics, 531-538, 2012, 10.1109/HAPTIC.2012.6183843
- [7] グラント解剖学図譜 第 6 版, 医学書院, 2011

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 4 件)

- (1) Marutani, T, Tanaka, H.T, Shimada, N, Komori, M, Kurumi, Y, Morikawa, S Eye-hand coordination analysis according to surgical process in laparoscopic surgery training, Smart Innovation, Systems and Technologies, Volume 45, 2016, Pages 237-247, (査読あり) 10.1007/978-3-319-23024-5_22
- (2) Ogawa, Y, Shimada, N, Shirai, Y, Kurumi, Y, Komori, M, Validation of knot-tying motion by temporal-spatial matching with RGB-D sensor for surgical training, Smart Innovation, Systems and Technologies, Volume 45, 2016, Pages 585-589, (査読あり) 10.1007/978-3-319-23024-5_53
- (3) Dy, M.-C, Tagawa, K, Tanaka, H.T, Komori, M, Collision detection and modeling of rigid and deformable objects in laparoscopic simulator, Progress in Biomedical Optics and Imaging - Proceedings of SPIE, Volume 9415, 2015, Article number 941525, (査読あり) 10.1117/12.2081344

(4) 田川和義, 田中弘美, 来見良誠, 小森優, 森川茂麿, "臓器異型バリエーションの構成的多重解像度モデリング", 電子情報通信学会論文誌D, Vol. J96-D, No.5, pp.1365-1373, 2013. (査読あり)
http://search.ieice.org/bin/summary.php?id=j96-d_5_1365&category=&year=2013&lang=J&abst=

〔学会発表〕(計 21 件)

(1) 田川和義, 近江奈帆子, 北脇友哉, 田中弘美, 小森優, 来見良誠, 森川茂麿, 多様な VR 術野構築のための漿膜・結合組織モデリング法, 日本 VR 医学会, 第 15 回日本 VR 医学会学術大会, 京都市・京都大学, 2015 年 9 月 12 日

(2) 田川和義, 近江奈帆子, 田中弘美, 小森優, 来見良誠, 森川茂麿, 多様な VR 術野構築のための漿膜・結合組織の半自動生成手法 電子情報通信学会, 医用画像研究会, pp.35-39, 津市・三重大学, 2015 年 5 月 14 ~ 15 日

(3) Dy, M.-C, Tagawa, K, Tanaka, H.T, Komori, M, Method in collision detection and interaction between rigid surgical tools and deformable organs, SIGGRAPH Asia 2014, 2014 年 12 月 3~6 日, Shenzhen; China

(4) K. Tagawa, N. Omi, H. Tanaka, M. Komori, Y. Kurumi, S. Morikawa, Expression of anomalies of cystohepatic duct and artery with ligament using modular structured organ model in a laparoscopic surgery simulator, 28th International Congress and Exhibition Computer Assisted Radiology and Surgery (CARS2014), 2014 年 6 月 25 ~ 28 日, Fukuoka; Japan,

(5) T. Marutani, K. Tagawa, H. Tanaka, M. Komori, Y. Kurumi, S. Morikawa, A study on recognizing surgical processes for analyzing training logs in VR Laparoscopic cholecystectomy training, CARS2014, 2014 年 6 月 25 ~ 28 日, Fukuoka; Japan, 10.1007/s11548-014-1049-1

(6) Mary-Clare Dy, Kazuyoshi Tagawa, Hiromi T. Tanaka, Masaru Komori, Collision detection and deformation with haptic feedback using hierarchical approach, Proc. Machine Perception and Robotics, 2014 年 10 月 16 ~ 17 日, Beijing; China

(7) Takafumi Marutani, Kazuyoshi Tagawa, Nobutaka Shimada, Hiromi T. Tanaka, Masaru Komori, Yoshimasa Kurumi, Shigehiro Morikawa, A study on recognizing surgical processes from training logs for VR Laparoscopic cholecystectomy surgery training support, The 17th Meeting on Image Recognition and Understanding(MIRU2014) 2014 年 7 月 28 ~ 31 日, Okayama; Japan

(8) 丸谷宜史, 田川和義, 島田伸敬, 田中弘美, 小森優, 来見良誠, 森川茂麿, VR シミュレータを用いた腹腔鏡下手術訓練支援のための手術プロセス認識・分析, 第 14 回日本 VR 医学会学術大会, 2014 年 9 月 13 日, Tokyo; Japan

(9) 丸谷宜史, 田川和義, 島田伸敬, 田中弘美, 小森優, 来見良誠, 森川茂麿, 腹腔鏡下手術の技能分析・学習支援のための手術プロセス認識手法の検討, 第 2 回看護理工学会学術集会, 2014 年 10 月 4 ~ 5 日, Toyonaka; Japan

(10) 田川和義, 田中弘美, 小森優, 来見良誠, 森川茂麿, 低侵襲手術訓練システムの開発 - 実時間軟組織シミュレーションと手術手技の遠隔教示, 第 2 回看護理工学会学術集会, 2014 年 10 月 4 ~ 5 日, Toyonaka; Japan

(11) 田川和義, 丸谷宜史, M.C.Dy, 田中弘美, 来見良誠, 小森優, 森川茂麿, 遠隔多地点手術シミュレータの実地試用実験, 第 23 回日本コンピュータ外科学会大会, 2014 年 11 月 8 ~ 9 日, Osaka; Japan

(12) 丸谷宜史, 田川和義, 島田伸敬, 田中弘美, 小森優, 来見良誠, 森川茂麿, VR シミュレータを用いた腹腔鏡下手術訓練支援フレームワーク, 第 23 回日本コンピュータ外科学会大会, 2014 年 11 月 8 ~ 9 日, Osaka; Japan

(13) Toma Kato, Kazuyoshi Tagawa, Takafumi Marutani, Hiromi T. Tanaka, Masaru Komori, Yoshimasa Kurumi, Shigehiro Morikawa, Evaluation of Haptic Teaching Approaches for Laparoscopic Surgery Training, NextMed / MMVR21 conference, Feb, 19-22, 2014, Manhattan Beach

(14) 小森優, Kinect を題材にした医学部学生自身の VR 技術利活用を促す教育の試み, 第 13 回日本 VR 医学会学術大会, 2013 年 8 月 31 日, 四条畷市

(15) 丸谷宜史, 加藤十磨, 田川和義, 島田伸敬, 田中弘美, 小森優, 来見良誠, 森川茂麿, 腹腔鏡下手術訓練支援のためのデブセンサおよび 3 次元力覚提示デバイスを用いた訓練者手技の観測・提示手法の検討, 第 13 回日本 VR 医学会学術大会, 2013 年 8 月 31 日, 四条畷市

(16) Kato T, Tagawa K, Marutani T, Tanaka HT, Komori M, Kurumi Y, Morikawa S., Evaluation of Haptic Training Methods for Laparoscopic Surgery Skill Transfer. 9th Joint Workshop on Machine Perception and Robotics. (MPR2013) 2013. 10. 31 - 11. 1 Kyoto.

(17) Marutani Y, Tagawa K, Shimada N, Tanaka HT, Kurumi Y, Komori M, Morikawa S., A Study on Transferring Veteran's Laparoscopic Surgical Techniques based on Surgical Process Model by Using Trainee's Action Archiving System. 9th Joint Workshop on Machine Perception and

Robotics. (MPR2013) 2013. 10. 31 - 11. 1
Kyoto.

(18) 近江奈帆子, 田川和義, 田中弘美, 小森優, パ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, 2013 年 9 月 12-14 日、大阪市

(19) 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, 2013 年 9 月 12-14 日、大阪市

(20) Komori M, Tagawa K, Tanaka HT, Kurumi Y, Morikawa S., Current Status of Organ Variation 3D Model Library Construction. 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (IEEE-EMBC2013), July, 3-7, 2013. Osaka

(21) Kazuyoshi Tagawa, Naoko Omi, Hiromi T. Tanaka, Masaru Komori, Yoshimasa Kurumi and Shigehiro Morikawa, A Semi-Automatic Modeling Approach for Serosa and Adhesion, Proc. of IEEE EMBC (IEEE-EMBC2013), July, 3-7, 2013. Osaka

〔図書〕(計 5 件)

(1) Tagawa, K, Tanaka, H.T, Kurumi, Y, Komori, M, Morikawa, S, Evaluation of network-based minimally invasive VR surgery simulator, Studies in Health Technology and Informatics, Volume 220, 2016, Pages 403-406, 10.3233/978-1-61499-625-5-403

(2) Marutani, T, Kato, T, Tagawa, K, Tanaka, H.T, Komori, M, Kurumi, Y, Morikawa, S, Active and passive haptic training approaches in vr laparoscopic surgery training, Studies in Health Technology and Informatics, Volume 220, 2016, Pages 215-218, 10.3233/978-1-61499-625-5-215

(3) Dy, M.-C, Tagawa, K, Tanaka, H.T, Komori, M, Hierarchical examination of colliding points between rigid and deformable objects, Lecture Notes in Electrical Engineering, Volume 277, 2015, Pages 219-223, 10.1007/978-4-431-55690-9_42

(4) Kato, T, Tagawa, K, Marutani, T, Tanaka, H, Komori, M, Kurumi, Y, Morikawa, S, Evaluation of haptic teaching approaches for laparoscopic surgery training, Studies in Health Technology and Informatics, Volume 196, 2014, Pages 192-196, 10.3233/978-1-61499-375-9-192

(5) Tagawa K, Tanaka HT, Kurumi Y, Komori M, Morikawa S., Laparoscopic surgery simulator using first person view and guidance force, Studies in Health

Technology and Informatics, Volume 184, 2013, Pages 431-435, 10.3233/978-1-61499-209-7-431

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)
取得状況(計 0 件)

〔その他〕
ホームページ等
滋賀医科大学生命科学講座・生命情報学分野
研究紹介
<http://www.shiga-med.ac.jp/?hqseimei/>
異形モデルライブラリ(公開予定)

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
(平成 27 年度は連携研究者)

森川茂廣 (Morikawa, Shigehiro)
滋賀医科大学・医学部・教授
研究者番号: 60220042(平成 25 年度まで)

田中 弘美 (TANAKA, Hiromi)
立命館大学・情報理工学部・教授
研究者番号: 10268154

田川 和義 (TAGAWA, Kazuyoshi)
立命館大学・立命館グローバル・イノベーション機構・准教授
研究者番号: 40401319

マリー・クレア・ディ (DY, Mary-Clare)
立命館大学・立命館グローバル・イノベーション機構・専門研究員
研究者番号: 70727247(平成 26 年度のみ)

(3) 連携研究者