3D スキャナーを用いた患者体表形状取得による腹腔鏡ポートレイアウトシステムの開発

The Development of Trocar Layout System for Laparoscopic Surgery for Neurologically Impaired Children Using a Three- Dimensional Scanner

2161002

研究代表者	鹿児島大学学術研究院	小児外科	家　入　里　志
共同研究者	九州大学 ARO 次世代医療センター	臨床試験担当	植　村　宗　則

［研 究 の 目 的］

本研究では小児外科医が対象とする体躯が変形した重症心身障害児（図 1）の腹腔鏡手術の問題点である術者の手と患者の変形した体躯との干渉を解決し，手術に最も適したトロカーレイアウトをシミュレーション可能なシステムを開発することを目的とした。今回対象とした患者は変形のために手術操作のトロカーの位置や術者の手術操作の範囲が制限されることが非常に多い。具体的にはカメラヘッドが患者の膝や大腿と接触して思うような視野が得られない，あるいは，同じように接触して術者の鉗子操作を行う手が制限を受けるなどである。今回その問題の解決のために，外科医の体腔外操作領域および腹腔内の鉗子先端移動領域の算出を表明形状の取得が可能な 3D スキャナーのデータと術前画像を用いたボリュームデータと統合することによる臨床応用を最終目的とした。

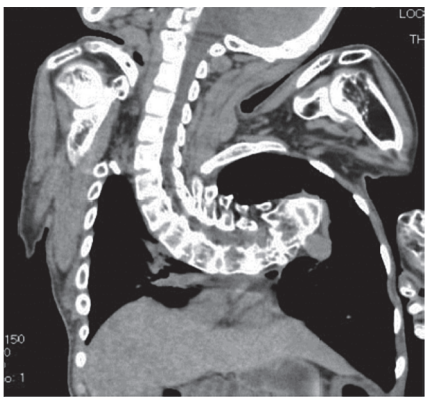

図 1　高度に変形をきたした患者 CT 画像

［研究の内容，成果］

1. 術前画像の取得およびボリュームデータ作成

変形患者の術前の CT・MRI 画像を撮像し，3DViewer を用いて体内の臓器変形や変位をあらかじめ推定し 3D 画像を作成した。対象は実質臓器（肝臓，脾臓，腎臓）とし，変形率の参考として，Open MRI 下に手術を行った症例の気腹前後のデータによる扁平化率を用いた（図 2）。

2. 3D スキャナーを用いた体表のスキャニング

全身麻酔が導入された患者を対象に，気腹前後で体表形状を 3D スキャナーで取得した（図

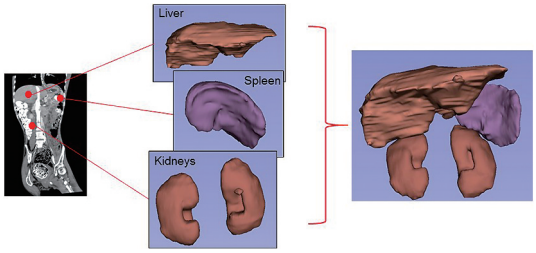

図 2　部臓器ボリュームデータの作成

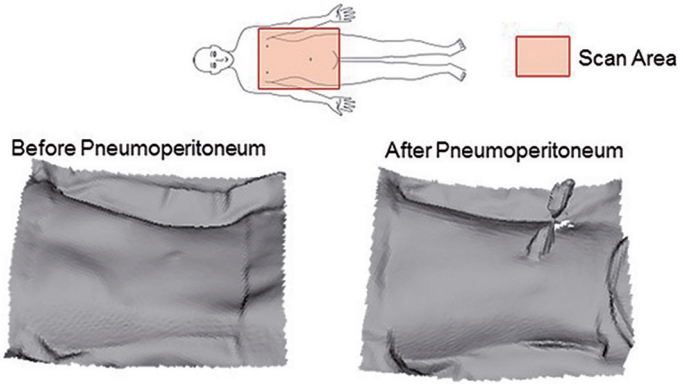

図３　気腹前後の体表形状データの取得

3)。これにより気腹前後の腹部を変形患者の表面形状含めた患者の 3D 情報がえられ，データを差し引くことにより腹腔内の鉗子先端の操作可能領域がボリュームデータとして得られることになる。この場合単純に差し引きするだけでなく，気腹圧により腹腔内の臓器は実際には扁平化をきたし，後腹膜臓器は沈み込む現象が起こるため，その現象を加味したデータ値を計算して割り出すこととした。

3. 体表形状データと腹部臓器のレジストレーション

1&2 で得られたデータの座標を統合し，気腹前後の腹腔内の仮想空間を作成した（図 4)。これにより腹腔内での内視鏡術具の操作空間がシミュレーション可能であった。臨床症例で実測値に基づく気腹での腹腔内の仮想空間を再現したシミュレーション画像は世界初と考えられる。

4. トロカーレイアウトのシミュレーション

収集したデータを用いて臨床例でのシミュレーションを行った。シミュレーションに基づく臨床応用の結果が手術の遂行に支障のないトロカーのボリュームデータレイアウトであったかどうかと，干渉の有無の検証および実測値としての術者の手の体腔外の操作領域と鉗子先端操作領域とシミュレーションデータと比較を行なった（図 5)。また臨床例を重ねることに

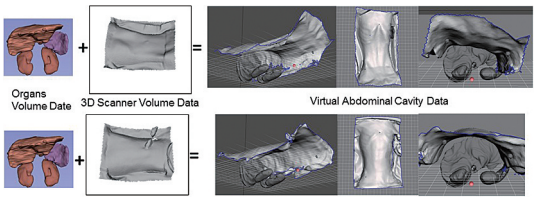

図４　体表形状データと腹部臓器のレジストレーションによる腹腔内仮想空間

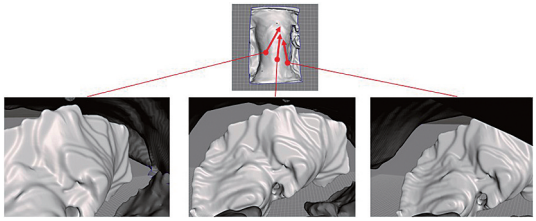

図５　体表からのトロカーレイアウトシミュレーション

よってシステムのブラッシュアップを行うとともに，変形以外の症例に関しても適応し，患者体格の違いによる検証も同時に行った。

［今後の研究の方向，課題］

現在のシステムでは管腔臓器のボリュームデータ取得とその変形には対応が不可能であり，今後は腹腔内全臓器に対する変形を加味したシミュレーションが課題である。いずれは計算機の性能向上に伴い腹腔内全臓器を加味したシミュレーションが可能となると考えている。さらにこのシステムの実用化は，最終的に重症心身障害児のみならず，定型化された手術を行う成人外科と異なり多彩な術式と術野を対象とし，

新生児からあらゆる体格の患者の内視鏡外科手術を行う小児外科医にとって術前画像（CT/MRI）と3Dスキャナーによる手術直前（気腹導入後）の体表形状取得によりトロカーレイアウトが決定可能な簡便で画期的なツールとなると考えている。また将来的には現在国内で適応拡大が進むロボット手術におけるアームのレイアウトを含めた臨床応用が可能となると考えている。

［成果の発表，論文等］

論文

1．Kawamura K, Seno H, Kobayashi Y, Ieiri S, Hashizume M, Fujie MG : Design parameter evaluation based on human operation for tip mechanism of forceps manipulator using surgical robot simulation. Advanced Robotics, Published online : 14 Jan 2016

2．Obata S, Ieiri S, Jimbo T, Souzaki R, Hashizume M, Taguchi T : Feasibility of Single-incision Laparoscopic Percutaneous Extraperitoneal Closure for Inguinal Hernia by Inexperienced Pediatric Surgeons ; Single incision versus multi incision Randomized trial for 2 years. Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques. 26(3) : 218-221, 2016

3．Koreeda Y, Kobayashi Y, Ieiri S, Nishio Y, Kawamura K, Obata S, Souzaki R, Hashizume M, Fujie MG : Virtually transparent surgical instruments in endoscopic surgery with augmentation of obscured regions. International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, 11(10) : 1927-36, 2016,

4．Jimbo T, Ieiri S, Obata S, Uemura M, Souzaki R, Matsuoka M, Katayama T, Masumoto K, Hashizume M, Taguchi T : Where is the most appropriate port location for Laparoscopic Hepatico-enterostomy : the study using the disease specific training Simulator for children. Pediatric Surgery International, 32(9) : 901-7, 2016

5．Tomikawa M, Uemura M, Kenmotsu H, Konishi K, Ohuchida K, Okazaki K, Ieiri S, Tanoue K, Hashizume M : Evaluation of the 10-Year History of a 2-Day Standardized Laparoscopic Surgical Skills Training Program at Kyushu University. Surgery Today, 46(6) : 750-756, 2016

6．Jimbo T, Ieiri S, Obata S, Uemura M, Souzaki R, Matsuoka N, Katayama T, Masumoto K, Hashizume M, Taguchi T : A New Innovative Laparoscopic Fundoplication Training Simulator With a Surgical Skill Validation System. Surgical Endoscopy, 31(4) : 1688-1696, 2017

7．Ikee T, Onishi S, Mukai T, Kawano T, Sugita K, Moriguchi T, Yamada K, Yamasda W. Masuya R, Machigashira S, Nakame K, Kaji T, Ieiri S : A comparison of the characteristics and precision of needle driving for right-handed pediatric surgeons between right and left driving using a model of infant laparoscopic diaphragmatic hernia repair. Pediatric Surgery International, 33(10) : 1103-1108, 2017

8．Uemura M, Tomikawa M, Miao T, Souzaki R, Ieiri S, Akahoshi T, Lefor AK, Hashizume M Feasibility of an AI-Based Measure of the Hand Motions of Expert and Novice Surgeons, Comput Math Methods Med. Volume 2018, Article ID 9873273, 2018

9．Ieiri S, Obata S, Jimbo T, Souzaki R, Uemura M, Hashizume M, Taguchi T ; Laparoscopic intragastric surgery for gastric tumor to preserve cardia function under augmented reality navigation system —the first application for child case— Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques & Part B : Videoscopy, 26(*) 2016,

10. Kawano T, Idesako T, Eura R, Sugita K, Moriguchi T, Yamada K, Ohishi S, Yamada W, Nakame K, Mukai M, Kaji T, Nakagawa M, Ieiri S : Cystoscopic-assisted laparoscopic resection of mullerian duct remnant in a male presenting with uterus and vagina. Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques & Part B : Videoscopy, 27(1) 2018

11. Yamada K, Kaji T, Kawano T, Moriguchi T, Sugita K, Masuya R : Machigashira S, Onishi S, Yamada W, Nakame K, Mukai M, Kawano Y, Ieiri S : Successful treatment of laparoscopic lateral segmentectomy for intra-hepatic portosystemic shunt transection in an infantile case. Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques & Part B : Videoscopy, 27(1), 2018

12. Yano K, Mukai M, Kawano T, Yamada Y, Yamada Y, Masuya R, Machigashira S, Nakame K, Kaji T, Ieiri S : Successful laparoscopic distal pancreatectomy for huge solid pseudo-papillary neoplasm with spleen and vessel preservation- a case report of 11 years old girl. Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques & Part B : Videoscopy, 27(*) 2018

13. Kawano T, Yano K, Kawano M, Murakami M, Baba

T, Onishi S, Harumatsu T, Yamada K, Yamada W, Masuya R, Machigashira S, Nakame K, Mukai M, Kaji T, Ieiri S : Left Thoracoscopic Approach for a Bronchogenic Cyst Originating from the Lower Esophagus in the Posterior Mediastinum in a 9-month-old boy —A Case Report. Journal of Laparoendoscopic & Advanced Surgical Techniques & Part B : Videoscopy, 27(*) 2018

国際学会発表

1. Yamada K, Yano K, Kawano M, Onishi S, Yamada W, Masuya R, Kawano T, Machigashira S, Nakame K, Mukai M, Kaji T, Uemura M, Kawamura K, Ieiri S : The Development of an Idealized Trocar Layout Decision System for Laparoscopic Surgery for Neurologically Impaired Children Based on Intra- and Extra-Abdominal Working Space Calculations Made Using a Three-Dimensional Scanner. The 27th Annual Congress of International Pediatric Endosurgery Group (IPEG2018), Seattle, WA, U.S.A., 2018