

令和 4 年 6 月 14 日現在

機関番号：32645

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H03546

研究課題名(和文) 柔軟臓器の形状推定と術前モデルへの実時間位置合わせを行う肝手術ナビゲーション開発

研究課題名(英文) Liver surgery navigation by shape estimation of flexible organs and real-time registration to preoperative models

研究代表者

大城 幸雄 (Oshiro, Yukio)

東京医科大学・医学部・講師

研究者番号：10535008

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)：肝胆膵手術における柔軟臓器の形状推定と術前モデルへの実時間位置合わせを行う肝手術ナビゲーションツールの開発と正確性を検討した。オプティカルセンサーで構成したステレオビジョン方式の3Dカメラを2台使用して臓器形状、位置、切離面、切離線を3D撮影、解析し、切離の位置合わせをシミュレーション画面で行った。術野で抽出した切離線データの座標をシミュレーションソフトウェアに送り肝臓CGモデル上の対応する位置に切離線点群の位置を反映させた。肝受動がなく切離線の浅い外側区域切除において、グリソンが出現するタイミングはほぼ一致しておりナビゲーションの効果は有効であった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

3D手術シミュレーションはワークステーションの発展を背景に肝臓手術で保険収載となって以降必要不可欠となった。肝臓の内部は、門脈、胆管、肝静脈などの脈管が複雑に交錯しており脈管走行を把握しなければ、脈管損傷による大量出血につながり生命の危険性が高まる。手術合併症を減らすためには、シミュレーションによる事前準備に加えて、手術手順や脈管などの不可視部位をリアルタイムで可視化、提示するナビゲーション支援の出現が待たれている。手術の進行に応じて形状が変化した3D-CGモデルを観察できれば、切離位置と切離プロセスを容易に把握可能であり、次の切離の予見が可能なナビゲーションとなり手術の安全性向上につながる。

研究成果の概要(英文)：We investigated the development and accuracy of a liver surgery navigation education tool that estimates the shape of flexible organs in hepatobiliary and pancreatic surgery and registers them with a preoperative model in real time. Using two stereovision 3D cameras composed of optical sensors, the organ shape, position, cut surface, and cut line were captured and analyzed, and the registration was performed on the simulation screen. The coordinates of the cut line data extracted in the surgical field were sent to the simulation software, and the position of the cut line was reflected at the corresponding position on the liver CG model. In the left lateral segmentectomy with no hepatic mobilization and shallow cut line, the timing of appearance of the Glisson was almost the same, and the surgical navigation was effective.

研究分野：肝胆膵外科

キーワード：肝切除術 手術シミュレーション 手術ナビゲーション

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 昨今の著しい IT 技術の進歩に伴い、患者固有の医用画像を基にした 3D シミュレーション・ナビゲーションを代表とするコンピュータ外科手術支援は飛躍的に発展してきた。

(2) SYNAPSE VINCENT (富士フィルムメディカル 東京) をはじめとする 3D ワークステーションの機能が大きく向上し、消化器外科領域では、2012 年に「肝切除手術における画像支援ナビゲーション」が保険収載となって以来、わが国の肝切除を行う施設の大部分で導入され、今では欠かすことのできないものになっている。

(3) 昨今の手術ナビゲーション技術は現在位置情報の把握に関して様々な手法が試行されているが、肝切除において確立した有効な手法は未だない。

2. 研究の目的

そこで、肝胆膵手術における柔軟臓器の形状推定と術前モデルへの実時間位置合わせを行う肝手術ナビ教育ツールの開発と正確性を検討した。

3. 研究の方法

(1) オプティカルセンサーで構成したステレオビジョン方式の 3D カメラを 2 台使用して臓器形状、位置、切離面、切離線を 3D 撮影、解析し、切離の位置合わせをシミュレーション画面で行う。

(2) 本システムは、1 台の PC に接続した特殊 3D カメラセンサーにより肝臓を 3D キャプチャーし、独自開発した G-Capture ソフトウェアにより、臓器形状および切離面、切離線を計算し、LiverNavi ソフトウェアへデータを送りナビゲーション画面を出力する構成となっている。

(3) G-Capture ソフトウェアの設定：2 台の 3D センサーカメラによる術野の肝臓をキャプチャーし、Livernavi ソフトウェアから送られる臓器 3D モデル情報と予定切離線情報を使って、シミュレーション空間を実空間 (キャプチャ空間) に位置合わせを行う。

(4) LiverNavi ソフトウェアの設定：患者の肝臓 3D データを基に切除肝の支配領域を計算し切離線を設定する。次に臓器 3D モデルデータと、切離線情報 (切離線に沿って両脇に点ペアを 3~4 ペアを配置する) のデータを G-Capture ソフトウェアに送る。

(5) これまでに亜区域切除 3 例、外側区域切除術 6 例、前区域切除 3 例、後区域切除術 4 例、葉切除 4 例で行った。

4. 研究成果

(1) 実際と 3DCG の肝臓の位置合わせをしたのちに、3D カメラセンサーによる切離面の計測点群をポリゴン化した。

(2) ポリゴン面において法線計算を行って視覚化した後に、近似直線の計算式によって切離線を抽出した。

(3) 抽出した切離線データの座標をシミュレーションソフトウェアに送り肝臓 CG モデル上の対応する位置に切離線点群の位置を反映させた。

(4) 切離線を構成する点群間の距離が一定値を越えたときに切離線で最外周の境界頂点を切り離し自動で切離させた。

(5) 肝受動がなく切離線の浅い外側区域切除において、グリソンが出現するタイミングはほぼ一致しておりナビゲーションの効果は有効であった。

(6) 術式の肝受動の大きさと切離線の深さに比例して脈管の出現するタイミングのズレが生じた。

(7) まとめ： 外側区域切除の柔軟臓器の形状推定と術前モデルへの実時間位置合わせの目的は達成し若手外科医の教育に有用であると思われた。

(8) 今後の課題： 外側区域切除以外のその他の術式については今後の改良を要すると思われた。

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 大城幸雄 黒田純 三吉健太 西田清孝 島崎二郎 丸山常彦 下田貢 鈴木修司 北原格 矢野博明	4. 巻 41
2. 論文標題 肝切除ナビゲーションの現状と挑戦	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 消化器外科	6. 最初と最後の頁 1857~1863
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 大城幸雄 西田清隆 島崎二郎 下田貢 鈴木修司
2. 発表標題 肝切除ナビゲーションへの挑戦
3. 学会等名 日本外科学会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大城幸雄 岡田俊之 下村治 高橋一広 倉田昌直 小田竜也 大河内信弘
2. 発表標題 当科におけるコンピュータ支援外科手術の現状と今後の方向性
3. 学会等名 日本外科学会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大城幸雄 黒田純 三吉健太 西田清孝 島崎二郎 丸山常彦 下田貢 鈴木修司
2. 発表標題 肝切除ナビゲーションの実際と将来
3. 学会等名 日本消化器外科学会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大城幸雄 黒田 純 三吉健太 西田清孝 島崎二郎 丸山常彦 下田 貢 鈴木修司
2. 発表標題 肝切除ナビゲーションの実際と挑戦
3. 学会等名 肝臓シミュレーション研究会2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大城幸雄 黒田 純 三吉健太 西田清孝 島崎二郎 丸山常彦 下田 貢 鈴木修司
2. 発表標題 肝臓手術のリアルタイムナビゲーション開発
3. 学会等名 日本臨床外科学会2018
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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	北原 格 (Kitahara Itaru) (70323277)	筑波大学・計算科学研究センター・教授 (12102)	

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
---------	---------