

腹腔の3次元点群と臓器モデルの点群レジストレーション

前田直哉[†] 小枝正直[†] 瀧田彬弘[‡] 瀧田彬弘[‡] 澤田篤郎[‡] 曲瀬敏博[‡] 小川修[‡]

[†]岡山県立大学情報工学部 [‡]京都大学医学研究科

1 はじめに

近年, ロボット支援下での内視鏡手術により, 低侵襲かつ複雑な症例の手術が可能となった. この手術をより安全かつ迅速に行うために, SLAM を用いて3次元臓器CGモデル(以下, 3DCGモデル)を内視鏡映像上に重畳し, 拡張現実感(AR)により手術をサポートするシステムが研究されている[1]. しかし, カメラのブレによる誤差や手術器具の映り込みのため, SLAMによるカメラ位置姿勢推定のみでは3DCGモデルを現実の映像に完全に一致させることは困難である.

そこで, 本研究ではより精度の高いAR実現のために, ステレオ内視鏡から得られた腹腔内の3次元点群と3DCGモデルとの点群レジストレーションによるローカルな位置姿勢合わせの検証を行った.

2 実験1:3DCGモデル同士での点群レジストレーション

実験1では, 3DCGモデルのポリゴン頂点群(以下, 点群1)(図1)と, その一部分を切り出した点群(以下, 点群2)(図2a)との点群レジストレーションを行った. この3DCGモデルは, ある患者のCT画像(DICOM)から3D Slicerを用いて腎臓部位のみ抽出して作成したものである. 処理には, 3次元データ処理ライブラリOpen3D 0.11.2を使用した. レジストレーションアルゴリズムには, Point to plane法[2]を採用した. 実験1では, 本アルゴリズムのパラメータの一つである取束判

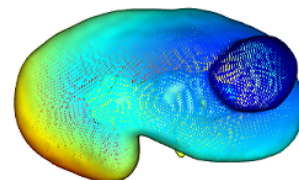
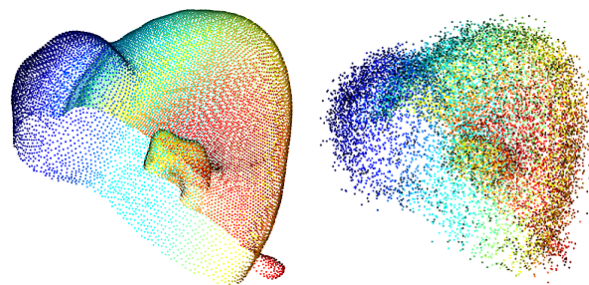


図1: 点群1



(a) $\sigma = 0$

(b) $\sigma = 1.0$

図2: 点群2

定閾値(以下, th)の変更によるレジストレーション結果を検証する. 点群1を初期位置から x, y, z 軸方向にそれぞれ1.0[cm]移動し, z 軸周りに10[deg]回転させた状態から, 点群2にレジストレーションを実行した. さらに, 腹腔は対象となる臓器に加え腹壁や脂肪などで構成されるため, 一部分の臓器にガウス雑音を加えた検証も行った. ガウス雑音は標準偏差 σ に依存しており, 本研究では $\sigma = 1.0$ としてノイズを加えた(図4a). 評価方法としては, 二乗平均平方根誤差(RMSE)を使用した. RMSEを求めるために, 正解値として移動前の点群1の座標値, 予測値としてレジストレーション後の点群1の座標値とした. 本実験では, th ごとに10回の処理を繰り返し, RMSEの平均値を算出した.

図3aにノイズを与えない($\sigma = 0$)場合, 図3bに $\sigma = 1.0$ のノイズを与えた場合にRMSEの平均値を示す. 図4に $th=1.5$ における点群レジストレーション結果を示す.

Point Cloud Registration between Intra-abdominal Point Cloud and Organ Model

Naoya MAEDA[†], Masanao KOEDA[†], Akihiro HAMADA[‡], Atsuro SAWADA[‡], Toshihiro MAGARIBUCHI[‡] and Osamu OGAWA[‡]

[†]Faculty of Computer Science and Systems Engineering, Okayama Prefectural University

111 Kuboki, Soja-shi, Okayama, 719-1197, Japan

[‡]Graduate School of Medicine, Kyoto University
Yoshidakonoe-cho, Sakyo-ku, Kyouto-Shi, Kyoto, 606-8501, Japan

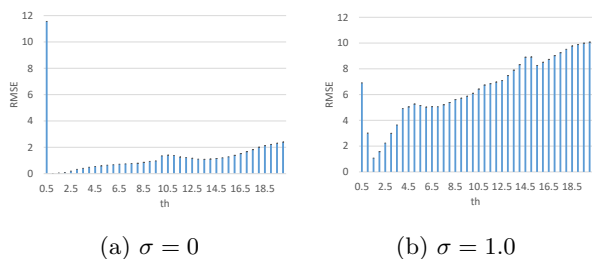


図3: 実験 1 での RMSE の平均値

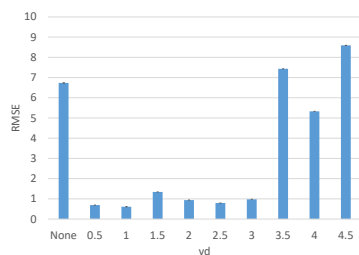


図6: 実験 2 での RMSE の平均値

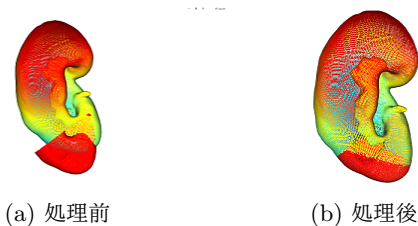


図4: 点群 1 (虹色部分) と点群 2 (赤色部分) のレジストレーション (th=1.5, $\sigma = 0$)

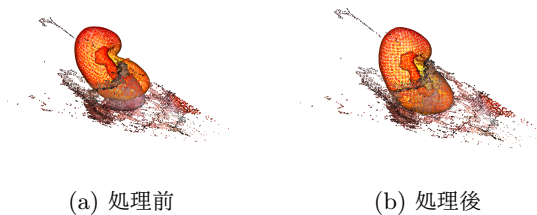


図7: 点群 1 と腹腔の 3 次元点群とのレジストレーション (vd=1.0)

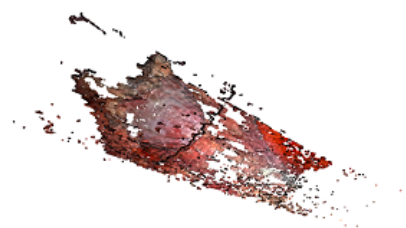


図5: 腹腔内点群

3 実験 2:3DCG モデルの点群と腹腔内 3 次元点群との点群レジストレーション

実験 2 では、点群 1 と腹腔の 3 次元点群とのレジストレーションを行った。腹腔の 3 次元点群は、daVinci Xi のステレオカメラで撮影したステレオ画像から作成したもので、点群 1 の元となった患者の腹腔内点群である (図5)。実験 2 は th=1.5 と固定し、Open3D の Voxel Downsampling (vd) により点群数を減少させた場合の比較検証を行った。

評価方法としては、実験 1 と同様に RMSE を用いた。また、正解値としては医師の指導の下、腹腔の点群と手で位置姿勢を合わせた 3DCG モデルの座標値を使用した。図6, 7にレジストレーション結果および RMSE 平均値を示す。

4 おわりに

本研究では、精度の高い AR 手術サポートシステム構築を目指し、腹腔の 3 次元点群と 3DCG モデルの点群レジストレーションの検証を行った。実験 1 では、一部の点群でノイズ無し場合には、th=1.0 で RMSE が最小、 $\sigma = 1.0$ でノイズを加えた場合は th=1.5 で RMSE が最小となった。また実験 2 では、vd=1.0 で RMSE が最小となり、vd ≥ 3.5 では RMSE の増加が見られた。以上の結果より、適切なパラメータ設定により腹腔の 3 次元点群と 3DCG モデルの点群レジストレーションが可能であることが確認された。

今後、リアルタイムの AR 手術サポートシステム構築に向けて、点群レジストレーションの高速化・高精度化ステレオ画像を基にした腹腔内点群生成の高速化・高精度化に取り組む予定である。

参考文献

[1] A. Hamada, et al., “The Current Status and Challenges in Augmented Reality Navigation System for Robot-Assisted Laparoscopic Partial Nephrectomy”, HCC2020, LNCS, vol. 12182, pp. 620–629, 2020.7.
 [2] 増田健, “ICP アルゴリズム”, 情報処理学会研究報告, CVIM168, pp. 1–8, 2009.