

超音波診断ロボットを用いた診断画像自動取得のための研究

○渡部祐介 周家禱 藤林巧 松山桃子 山田望結 石川智大 門間翔 西山悠 小泉憲裕(電通大)

月原弘之(東大) 沼田和司(横浜市大) 飯島秀幸 岩井敏行 永岡英敏(大林製作所)

1. 緒言

近年、少子高齢化の影響により高齢者による病気の増加が起きている。一方、少子化の影響を受け医師の人数も減ってきているため、医師一人当たりの業務量が増加や医療サービスの地域格差などが存在しており負担軽減や導入する機器のコスト削減が課題となっている。超音波診断は非侵襲性でリアルタイム性に優れ、安価であるため、上記の課題に対応する画像診断技術として近年注目されている。しかし、超音波診断は医師の操作技術に影響を受け、取得できる画像の精度が変わってしまうという問題点が存在している。実際法的にエコー検査ができる医療従事者の一部しかエコー検査に自信を持っていないため、誰でも高精度で画像を取得することのできるような技術精度の高水準化が求められている。

上記を踏まえて、本研究ではベッド型超音波ロボット装置(Robotic Ultrasound Diagnostic System:RUDS, 図1)[1]を用いて超音波画像を自動取得することのできるアルゴリズムの開発を目的とする。本実験ではRUDSを用いて超音波ファントムABDFAN(京都化学)の超音波画像を取得するために、テンプレートマッチング法を用いて任意の位置からターゲット位置までの移動制御実験に関して報告する。

2. 手法

2.1 テンプレートマッチング

テンプレートマッチング(以下TM)とは、テンプレートと呼ばれる小さな一部の画像領域と同じパターンが画像全体の中に存在するか入力画像上でテンプレートを移動させ、重なった部分の

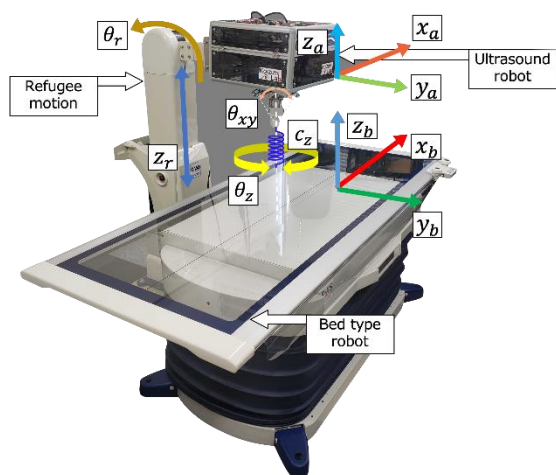


図1 ベッド型ロボット装置(RUDS)

類似度を計算し最も類似度の大きい箇所を探索する処理である[2]。本研究では正規化相互相関を用いて類似度の計算を行った。正規化相互相関は計算結果が1に近づくほど類似していることを示す。

2.2 位置制御アルゴリズム

RUDSのグロブ部に取り付けてあるCCDカメラ(図2)でABDFANを撮影する。ABDFANにシールを貼っておきこの位置をターゲット位置とする。図3にアルゴリズムのフローチャートを示し、以下に位置制御アルゴリズムの詳細について述べる。位置制御は機構の安定性や接触後のグロブの自由性の確保のためベッド部で行う。

P-1: カメラから外観の撮影を行う。

P-2: 撮影画像とテンプレート画像となるターゲット画像を用いてTMを行う

図2 位置制御アルゴリズムの概要

P-3: テンプレート結果の中心座標とカメラの中心座標の差を各軸で取得する。

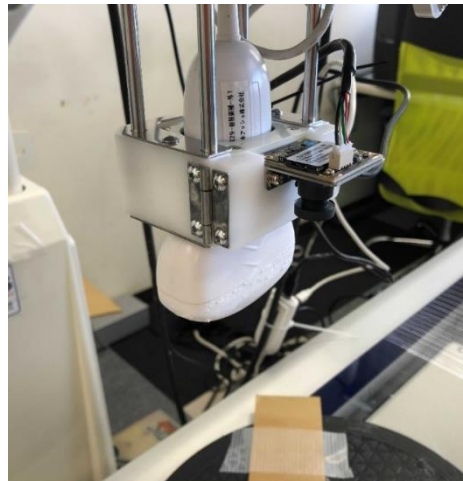


図2 先端部のカメラ

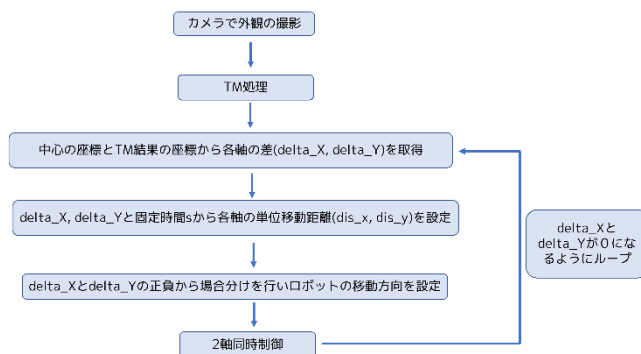


図3 位置制御アルゴリズムの概要

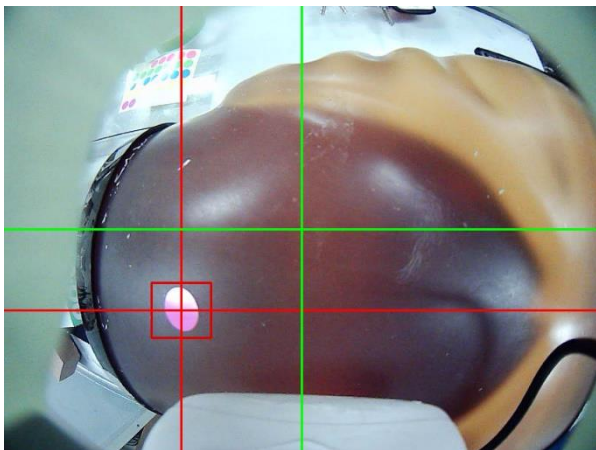


図4 TM 処理後の入力画像

- P-4: 差分と固定時間から単位移動距離を設定.
- P-5: 取得した差分から場合分けを行い各軸の移動方向を設定する.
- P-6: 差が 0 になるまでループ処理を行いベッドを移動させる.

3. 実験

3.1 実験概要

位置制御アルゴリズムの精度実験を行った. 図3に CCD カメラからの入力画像を示す. 緑線の交点が入力画像の中心, 赤線の交点 TM の結果の中心位置で赤四角が TM の検出位置である. また, 移動方向設定時の場合分けは入力画像の中心から見て右上, 右下, 左上, 左下の4つに分類した.

3.2 実験結果

図5(a)~(d)に制御結果のグラフを示す. グラフ内の青線はカメラ画像の中心位置と TM の中心位置の距離, 黄線が X 軸, 赤線が Y 軸の距離である. グラフ内の距離の数値は全て絶対値である. グラフに示されている通り, ターゲットが中心位置から右側にある場合は全ての数値が 0 へ収束していくが, 左側にあるときは中心位置と X 軸が + の方向へ発散していくことがわかる.

4. 考察

グラフから中心から右側にターゲットがあるとターゲットがカメラの中心位置から離れていっていることがわかる. 各軸の動きをみると y 軸は 0 に向かっているのに対し, x 軸が中心位置から離れていっていることがわかる. そのため, x 軸のモーターの設定やアルゴリズムの部分で問題があると考えられ, その部分を改善することができたらベッドのどの位置からでもターゲット位置を取得することができ, 超音波画像の取得をすることができると思われる.

また, カメラがプローブに直接ついているわけではなく, ギャップが存在しているためターゲット位置を対象臓器上に直接設定することができないため, 少し離れた位置にターゲット位置を設定しなければならない. そのためこのギャップを考慮した位置推定法を考えなければならない.

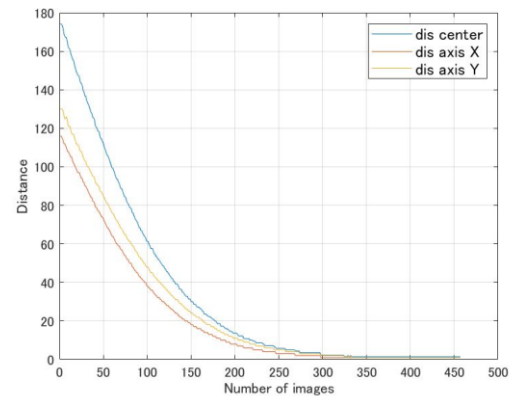


図5(a) ターゲット位置右上

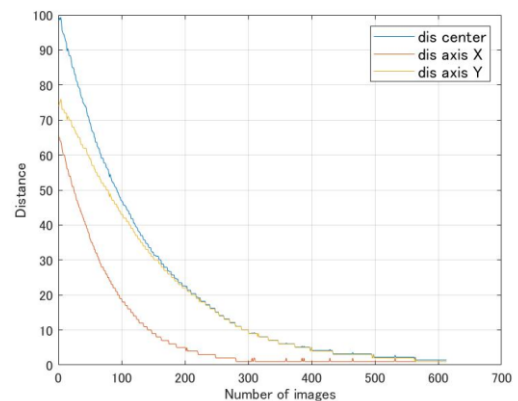


図5(b) ターゲット位置右下

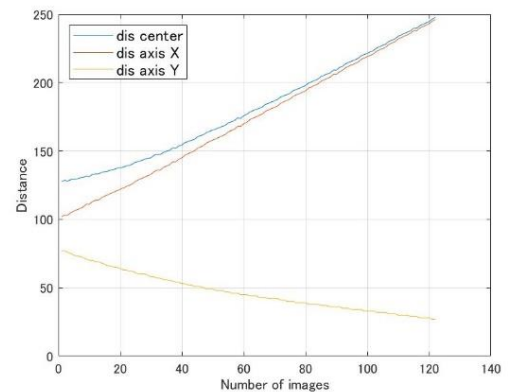


図5(c) ターゲット位置左上

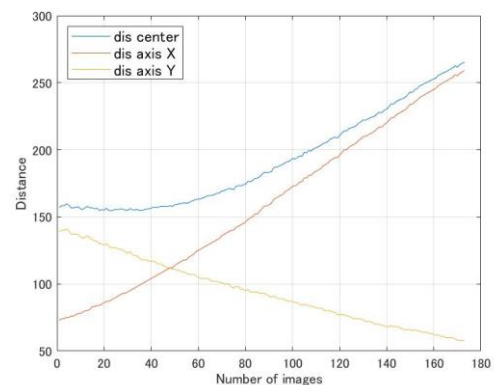


図5(d) ターゲット位置左下

5. 結言

本研究では超音波画像取得のための自動位置取得法について報告した。提案手法における位置取得はターゲット位置がカメラ中心位置から左側にあった場合は位置取得可能であったが、右側にあった場合は x 軸が逆方向は動いてしまい、位置設定ができないという結果となってしまった。

今後は x 軸の動作制御のアルゴリズムの見直しやプローブとカメラのギャップを考慮した画像処理、また接触後の回転検出を目標としていく。

参考文献

- [1] Kento Kobayashi et al:” Development of bed-type ultrasound diagnosis and therapeutic robot”, CBS, 2019
- [2] Leydon, P.et al (2019). Cross-correlation template matching for liver localisation in computed tomography. *IMVIP 2019: Irish Machine Vision & Image Processing*, Technological University Dublin, Dublin, Ireland, August 28-30. doi:10.21427/8fgf-y08.