

ロボティック IVR におけるマニピュレータと周辺環境との接触判定アルゴリズム

○城戸 脩希 (岡山大), 松野 隆幸 (岡山大), 亀川 哲志 (岡山大), 平木 隆夫 (岡山大), 見浪 護 (岡山大)

1. 緒言

我々は, CT 透視下 IVR 用針穿刺ロボットを開発している. ロボットは 6 自由度の動作が可能で, 術者が遠隔よりマスターコントローラを操作することにより, CT 透視下の針穿刺が可能である. 本ロボットを使用すれば, 手ブレのない正確な針穿刺が術者被曝ゼロで可能となる [1],[2]. 本論文では, 穿刺ロボットを用いた手技中に, ロボットがガントリなどの周辺機器と接触した場合, ロボットが周辺機器を傷つけてしまう可能性がある. そのため, 目視で監視をする人員を用意しており, 術者は接触が起こらないことを監視員に確認しながらロボットを操作するので, 手技を行う時間が長くなってしまいう問題に対して, ロボットと周辺環境との接触判定アルゴリズムを提案する.

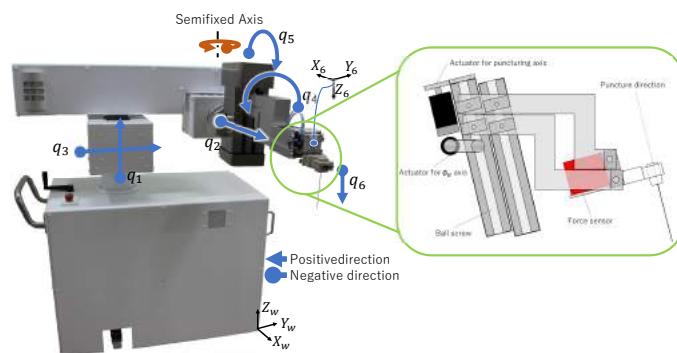


図 1 Zerobot の外観

2. Zerobot

開発した Zerobot の外観と手先部の拡大図を図 1 に示す. 針先の位置, 針の姿勢に 5 自由度, 穿刺方向に 1 自由度を持つ構成となっており, 図中の q_1, q_2, q_3 は互いに直交する直動関節, q_4, q_5 は把持している針の姿勢を変更する回転関節, q_6 は穿刺動作を行う直動関節である. コントローラを用いて, 遠隔操作が可能である. CT 装置の仕組み上, ガントリ内に金属部品が存在するとアーチファクトと呼ばれる存在しない像が現れ, 手技に支障をきたしてしまう. そのため, 針の把持部には放射線透過性を有する樹脂を使用している. また, ロボットアームに平行リンク機構を採用することで, CT 撮像断面から穿刺用モータ, 角度変更用モータを離して設置している.

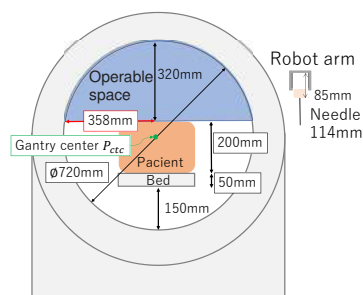


図 2 Zerobot の作業空間

2.1 CT ガントリ内の作業空間

図 2 に示すように, ガントリ内壁は直径 720mm の円柱状である. その円柱の中のベッドに患者が寝て, 撮影する. 限られた作業空間内で, 患者とガントリに当たらないようにロボットを穿刺を行う姿勢に操作することは注意を要する. 現在は穿刺前にガントリとロボットの近くで術者が針先と患者の距離およびロボットとガントリの干渉に注意しながらロボットを動作させるため時間がかかる. また, ロボットの土台部は手押し台車であり, 設置位置が毎回異なるため, ガントリとロボットの相対的な位置, 姿勢が毎回異なる. そのため, ロボットの操作に制限を設け, ガントリに衝突しないように制御することはできない.

3. 順運動学

本節ではロボットの各関節の角度および変位 q から針の姿勢, 針先位置 wP_E を計算するため, 順運動学の

式を導出する. Zerobot は 6 つの駆動軸を持つ. 6 つの駆動軸の角度 [degree] および変位 [mm] をそれぞれ q_1, q_2, \dots, q_6 とおく. 関節の駆動方法は表 1 のとおりである.

表 1 関節の駆動方法

軸	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5	q_6
駆動方法	直動	直動	直動	回転	回転	直動

3.1 ロボットのワールド座標系 Σ_W から針先 Σ_E までの同次変換行列の導出

まず, 同次変換行列に必要なロボット手先部の座標系を図 3 のように配置する. ワールド座標系から針先位置までの同次変換行列 wT_E は式 (1) のように表す.

