

卒業論文要旨

7軸ロボットアームにおける障害物回避動作生成手法の開発

Development of an Obstacle Avoidance Motion Generation Method for a 7-axis Robotic Arm

システム工学群

知能ロボティクス研究室 1230119 中村 圭佑

1 緒言

現在の日本では少子高齢化により高齢者が増加しているがそれに伴い生産年齢人口は減少傾向にある⁽¹⁾。生産年齢人口の減少は働き手の減少であるので介護職に回せる人材が不足することが懸念される。そのため介護分野の負担を軽減することができれば社会的に有益である。

生活支援ロボットは要介護者の生活支援をする目的で開発されている。上半身は人型であり人間のような行動が可能であり、下半身はオムニホイールにより全方位への移動が可能となっている。

本研究では7軸アームを搭載した人型生活支援ロボットを用いて、ロボットの安全性を高め、安心して使用できるようにするためアームの障害物回避動作生成手法を開発する。アームが障害物を避けるためには、障害物を認識し、場合に応じて動作の停止や経路の変更を行う必要がある。本報告では、アームと障害物が衝突するのを避けるため、7軸アームの各関節とカメラから取得された障害物との相対座標に応じて回避動作生成手法を提案する。最後にシミュレーションにより、本提案手法の有効性を示す。

2 生活支援ロボット

本報告で使用する生活支援ロボットの外観を図1に示す。上半身に搭載されているロボットアームは、7自由度であり人間のように様々な複雑な動きを行うことができる。下半身にはオムニホイールを搭載しており、機体を回転することなく全方向へ任意に移動させることができる。頭部と胸部には3Dカメラを搭載しており、周囲の状況を立体的に取得することが可能である。下半身土台に搭載されている測域センサ等多種のセンサを利用して周囲状況の検知に利用できる。

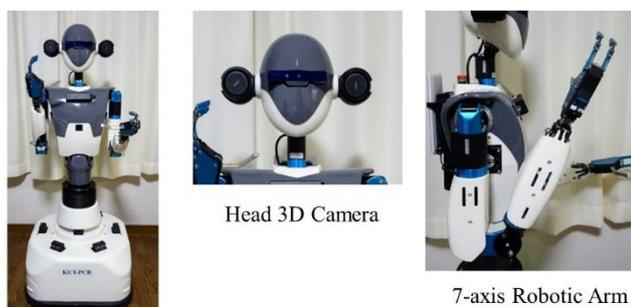


Fig.1 Life support robot

3 ロボットアームの制御

3.1 順運動学

生活支援ロボットの7自由度ロボットアームのモデルを図2に示す。順運動学を用いてロボットアームを数式で表す。

順運動学の計算では、複素数を拡張した四元数⁽²⁾を利用し、角度はオイラー角を使用した。四元数は任意のベクトルを回転軸としてベクトルを回転させる手法であり、オイラー角は回転された座標軸基準の角度のことである。腹部に原点を置き、各軸ごとに回転後の次の軸の座標を算出し、加算をすることでロボットアームの先端座標を導出した。回転四元数を式(1)、回転四元数の総乗を式(2)、ロボットアームの先端座標導出式を式(3)に示す。

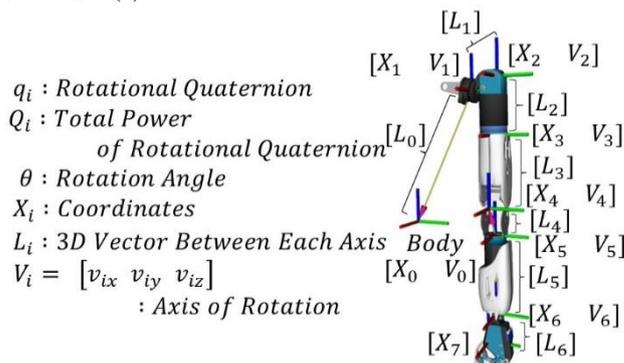


Fig.2 Robot arm model (Left)

$$q_i = [\cos \frac{\theta}{2} \quad v_{xi} \sin \frac{\theta}{2} \quad v_{yi} \sin \frac{\theta}{2} \quad v_{zi} \sin \frac{\theta}{2}] \quad (1)$$

$$Q_i = \prod_{n=0}^i q_n \quad (2)$$

$$X_{i+1} = Q_i L_i Q_i + X_i \quad (3)$$

3.2 衝突回避プログラム

障害物との衝突を回避するためには、ロボットアームの座標及び障害物の座標を取得し、相対位置関係を把握する必要がある。よってアームの座標は式(1)(2)(3)を用いて順運動学により導出を行う。本報告におけるアームの座標はアームの先端座標とする。また、障害物の座標はカメラから取得された点群データを利用する。衝突回避プログラムのフローチャートを図3に示す。本プログラムではアームの動作前に動作予定のアームの座標を順運動学にて導出し、後述する衝突判定を行い、衝突しない場合にアームを動作させ、衝突する場合はその場で待機をさせる。

3.3 衝突判定

衝突回避プログラムに用いる衝突判定には、障害物とアーム間の相対距離を用いる。図4に示すようにあらかじめ当たり判定となる基準距離を用意し、その基準距離と障害物とアーム間の相対距離の比較を行う。基準距離よりも相対距離が大きい場合は、当たり判定である球の外部に障害物が存在するので衝突しないと判断する。逆に基準距離よりも相対距離が小さい場合は、球の内部に障害物が存在するので衝突する

と判断する。

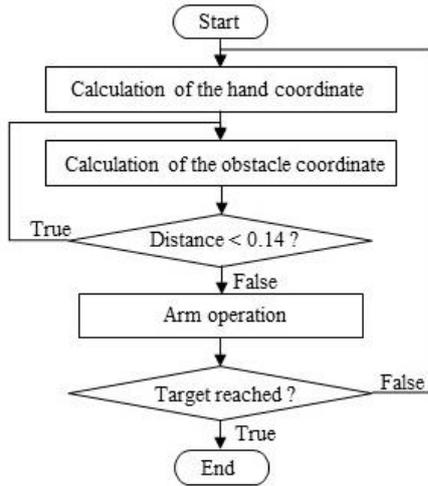


Fig.3 Flow chart of collision Avoidance

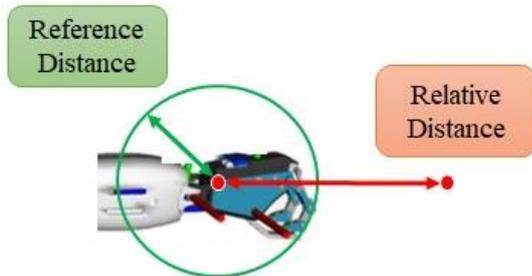


Fig.4 Image of collision detection

4 シミュレーション

4.1 シミュレーション環境

提案したプログラムの有効性を検証するためにシミュレーションによる実験を行った。衝突回避プログラムに従って障害物に衝突せず先端座標を制御できるか確認する。3パターン測定し、パターン1はプログラム起動後12秒経過で障害物をシミュレーション上から取り除き、パターン2は障害物を設置せず、パターン3は障害物を取り除かなかった。生活支援ロボットと障害物の位置関係を図5に示す。障害物は、各辺が1mの立方体を用意し、立方体の重心が式(4)に示す位置に設置した。また本シミュレーションでは障害物を認識する座標は1点に絞りを簡略化を行っている。先端座標と先端座標の目標座標を式(5)に示す。なおこの値はx軸座標であり、y軸座標及びz軸座標は一定値とする。計測は各関節の角度が0の状態から始め、一定時間が経過するまで行った。

$$\text{Centroid coordinates} = [1 \ 0 \ 0] \quad (4)$$

$$\text{Target coordinates} = [0.15 \ 0.30 \ 0.45] \quad (5)$$

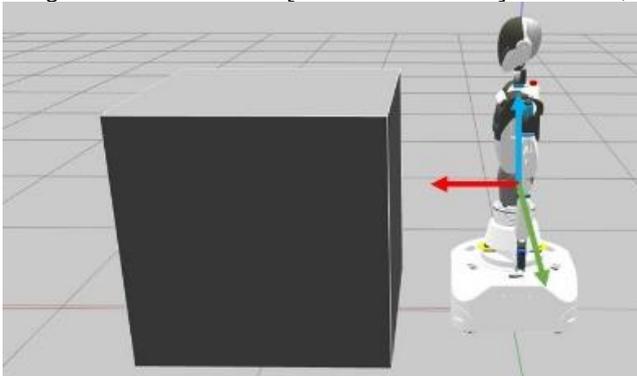


Fig.5 Diagram showing location

4.2 シミュレーション結果

シミュレーション結果を図6に示す。図6(a)について、はじめx軸の値が増加し折り返すようにして一つ目の座標に到達後、間を明けず二つ目の座標へ向かいその場で16.8秒前後まで静止しその後、三つ目の座標へ到達した。はじめのx軸の増加後引き返す動きは図6(b)に示すように稼働可能範囲の関係で曲線を描く際のものであると判断できる。また二つ目の座標にて6秒あたりから16秒あたりまでの静止は図6(c)及び図6(d)と比較して障害物を認識して静止していると判断できる。12秒後に障害物を取り除いているのにも関わらず再び動き始めるまでに5秒程度の間が存在しているのは、点群データから座標を取得する際の最適化が十分でないと考えられプログラムを見直すことで間の短縮は行えると考えている。

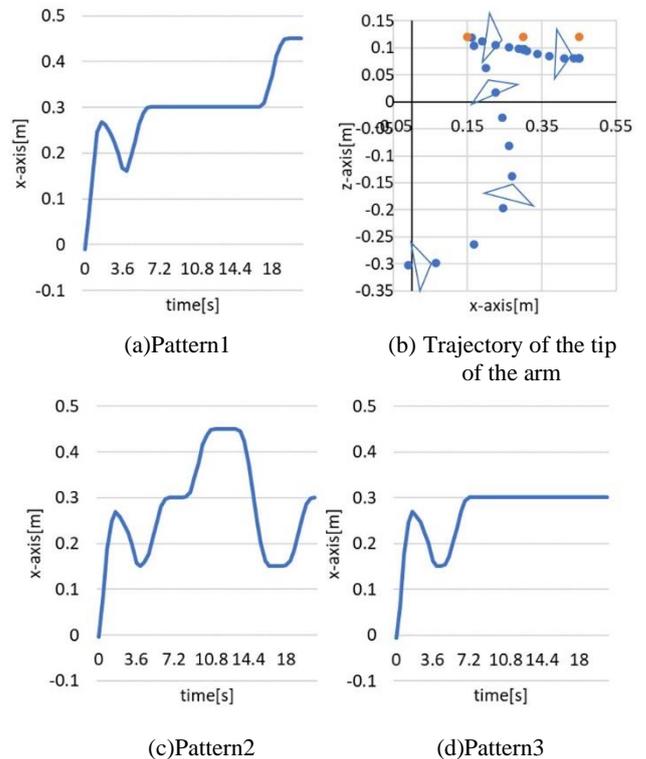


Fig.6 Coordinates of the tip of the arm

5 結言

本報告では、生活支援ロボットのロボットアームを用いた衝突回避プログラムの有効性をシミュレーション実験にて検証した。結果としては障害物の有無を判断しアームを動作させ衝突を回避することができた。

今後は障害物の有無の判断を行う時間の短縮やアームの停止だけではなくアームの動作による回避の方法の検討をする。

文献

- (1) 厚生労働省, “第176回社保審一介護給付費分科会「介護分野をめぐる状況について」” pp. 15
- (2) 坂上志之, 杉本浩一, “位置・姿勢誤差補償によるロボットの高精度軌道制御”, 日本機械学会論文集C編, 52巻, 474号 (1986), pp. 507-514.