

卒業論文要旨

生活支援ロボットを用いた協調拭き動作の開発

Development of Cooperative Wiping Motion using the Life Support Robot

システム工学群

知能ロボティクス研究室 1230056 公文 昭良

1 緒言

居宅介護，地域密着型，施設介護サービス受給者数は令和2年度で575万人となっている。対前年度では8万人，1.4%増加している⁽¹⁾。これらの増加している介護者の負担を低減することは社会的緊急課題である。

本報告では，机を雑巾で拭く動作の実現を目的として，ヒューマノイドロボットのハンドに雑巾を持たせて，7自由度のマニピュレータの動作，1自由度のリフトと4輪オムニホイールを搭載した移動プラットフォームとの協調動作を提案する。最後に3軸力覚センサを用いたシミュレーションにより提案手法の有効性を示す。

2 生活支援ロボット

生活支援ロボット KUT-PCR を図1に示す。本ロボットは寝たきり高齢者に対する多種多様な生活支援動作を人間の使い慣れている器具を使用し1台ロボットで実現することを目的として開発をしている。

7自由度のアームと1自由度のハンドと0.3m伸縮するリフトとその場で全方向移動かつ旋回が可能な4輪のオムニホイールにより様々な生活動作に対応することができる。3軸力覚センサによりx, y方向が±250N, z方向が0~500Nまで測定できる。

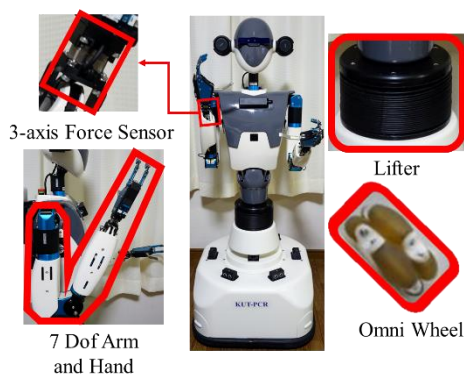


Fig. 1 KUT-PCR

3 拭き動作を実現するための運動学・逆運動学

3.1 7自由度ロボットアームの順運動学

左のロボットアームとハンドを図2に示す。回転は四元数で表した。先端座標 X_7 はハンドで半径1cmの円柱を握る場合の中心とした。原点はリフトの上に位置しているBodyとした。先端座標は原点から joint ごとに回転後の座標を計算

し順に加算することで算出した。先端傾度は単位ベクトルを用いて joint ごとに回転後の座標を計算することで算出した。

四元数を式(1)，回転四元数を式(2)，先端座標の計算式を式(3)，アームの先端傾度の計算式を式(4)に示す。

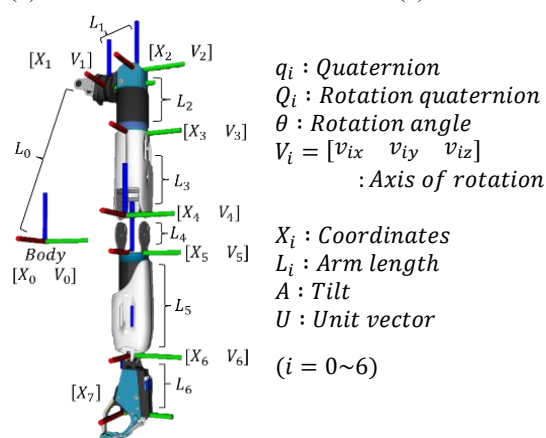


Fig. 2 Left robot arm and hand

$$q_i = \begin{bmatrix} \cos \frac{\theta}{2} & v_{ix} \sin \frac{\theta}{2} & v_{iy} \sin \frac{\theta}{2} & v_{iz} \sin \frac{\theta}{2} \end{bmatrix} \quad (1)$$

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

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

$$A = Q_i U Q_i^{-1} \quad (4)$$

3.2 7自由度ロボットアームの逆運動学解析

遺伝的アルゴリズムを用いて式(1)(2)(3)(4)から逆運動学解析を行う⁽²⁾。ランダムに生成したデータを遺伝子とした個体を複数用意して評価の高い個体を選択し，交叉，突然変異などの操作により評価の高い個体を生成することを繰り返すことにより近似解を探索する。

評価関数は目標・算出座標，目標・計測傾度の絶対誤差の合計を用いた。机の上で動作する場合を考慮して X_5 が X_7 より低い場合は評価値にペナルティを1加算した。jointの範囲外の個体に対してはペナルティを100加算した。

評価関数を式(5)示す。

$$f = |X_{goal} - X_{7j}| + |A_{goal} - A_j| + p_1 + p_2 \quad (5)$$

X_{goal} : Target coordinates

A_{goal} : Target inclination

f : Evaluation value

$p_{1,2}$: penalty

($j = 1 \sim 200$)

3.3 4 輪オムニホイールの逆運動学

進行方向の速度から各オムニホイールの速度を求める式(6)を示す⁽³⁾.

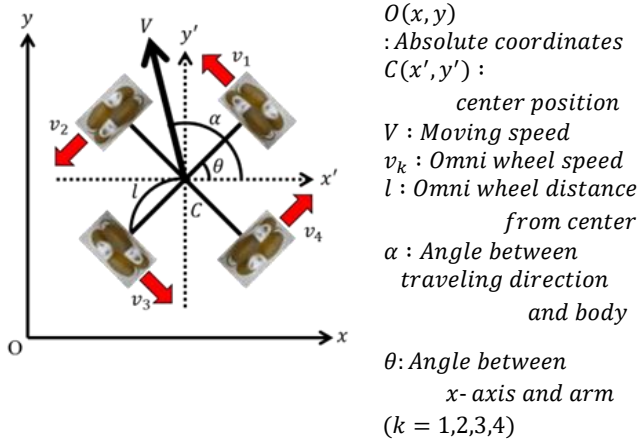


Fig. 3 Omni wheel

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin \theta & \cos \theta & l \\ -\cos \theta & -\sin \theta & l \\ \sin \theta & -\cos \theta & l \\ \cos \theta & \sin \theta & l \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \\ \omega \end{bmatrix} \quad (6)$$

V_x : velocity in x direction

V_y : velocity in y direction

ω : rotational angular velocity

4 シミュレーション

4.1 シミュレーション条件

アームとリフトとホイールの協調動作の有効性を検証するためシミュレーションを行った。目標座標に従って先端座標を制御できるか確認する。9点の目標座標を設定し、逆運動学解析により算出された角度を左のアームに入力した。目標座標のzは机の上面を拭くため一定値とした。雑巾はX7の座標系から見てx方向に0.35mの位置とした。9つの目標座標は、雑巾(縦0.15m, 横0.2m, 厚み0.01m)の縦置きで机(縦横0.913m, 高さ0.775m)の左手前1/4の範囲の端の4点を選択し、間を均等な5点になるよう選択した。目標傾度はy軸に対して-90度になる値とした。リフトは全て、ホイールは1cm以上誤差があった場合に9点ごとに目標座標に到達するように入力を行った。シミュレーションはアームのみ1回、リフト追加1回、ホイール追加2回、リフト・ホイール追加1回の計5回行った。ホイールの1回目は目標座標と算出座標の差と1つ前の目標座標と算出座標の差を考慮したを入力し、2回目はその値にそれぞれプラスの倍率をかけて行った。最後に3軸力覚センサを用いてリフトとリフト・ホイール共に1回目は前回から引き続き同じ2回目は条件を変えて2回ずつ、計4回行った。

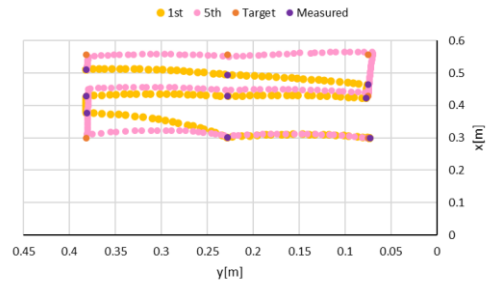
4.2 シミュレーション結果

シミュレーション結果を図4(a), (b), (c), 図5に示す。

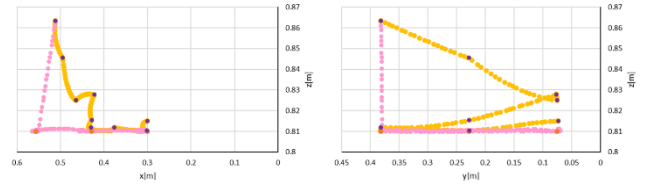
1stについて、図4(a), (b), (c)より算出座標の通りに動作していることが分かる。5thについて、図4(a), (b), (c)より目標座標に到達していることが分かる。共通しているのは曲線を描いていることである。これは指定した9点を制御して

いるだけで点と点の間である軌道は制御していないからである。

図5より、リフトを下げても-40N程度に力を一定にすることが可能であることが分かる。



(a)



(b)

(c)

Fig. 4 Trajectory of X7

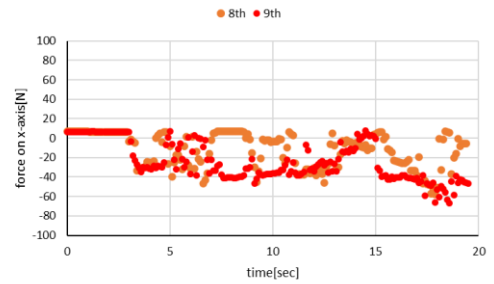


Fig.5 X value of the force sensor

5 結論

本報告では、生活支援ロボットの7自由度アーム、リフトと4輪オムニホイールによる協調動作の有効性をシミュレーションにより検証した。アームの動作を実現するための逆運動学のアルゴリズムは適切であることが判った。アームとリフトは精密な制御が可能であることを確認した。また、移動プラットフォームの逆運動学の計算式は妥当であることを確認できた。3軸力覚センサにより力を加えて拭けていることが分かった。シミュレーション上では逆運動学の計算法を用いて、本生活支援ロボットは雑巾を用いて清掃できることは示したが、実証実験を行う必要がある。

文献

- (1) e-Stat, “ポイント”, 令和2年度介護保険事業状況報告(年報), pp.1-2.
- (2) 大賀 陸司, “生活支援ロボットを用いた室内清掃動作の開発”, 高知工科大学学士論文, (2022)
- (3) 大森 雄介, “全方向移動型歩行訓練機の走行制御”, 高知工科大学院修士論文, (2015)