

ポータブルトイレを搭載した 移動マニピュレータの自律移動制御

Autonomous movement control of mobile robot equipped with portable toilet and manipulator

○ 富士谷 裕介(岩手大学), 三浦 研人(岩手大学), 高橋 洸介(岩手大学),
湯川 俊浩(岩手大学)

○ Y. Fujiya, K. Miura, K. Takahashi, T. Yukawa

岩手大学大学院機械システム工学専攻
Graduate School of Iwate University, Mechanical Systems Engineering

キーワード: ライントレース(Line Trace), マニピュレータ(Manipulator),
自律移動制御 (Autonomous movement control)

連絡先: 〒020-8551 盛岡市上田 4-3-5 岩手大学工学部機械システム工学科 湯川 俊浩
TEL:019-621-6403, FAX:019-621-6403, E-mail: yukawat@iwate-u.ac.jp

1. 緒言

平成二十六年の総人口に占める六十五歳以上の高齢者の割合は 25.9%で過去最高となり,平成四十七年には 33.4%になるという予測もされている¹⁾.一方,身体にハンディキャップがある人は 176 万人で,人数は年々増加している²⁾.こうした現状において,介護分野への工学的な貢献には大きな期待が寄せられている.

家庭における介護を考えた場合,在宅ケアサービスは手続きが必要な上,費用がかかるため家族への負担は大きい³⁾.在宅介護には,被介護者の障害に応じた移動や排泄といった補助が求められる.車椅子を利用とする場合,

ベッドと車椅子間の移動が必要であり,介護

者への肉体的,精神的な負担が大きい.

本研究では,被介護者が自分で排泄が不可能である場合の支援システムの一つとして,車いすと一体となった排泄介護用の移動ロボットを開発する.車いすの座席を便座として使用し,車いすの下部にロボットを収納する.ロボットは,排泄物を収容するタンク,タンク内を清掃するためのマニピュレータからなる.ロボットが居住建物内の任意の地点からトイレまで排泄物を運搬し,排出,洗浄した後,再び車いすまで自律移動で戻る一連のタスクを検討する.

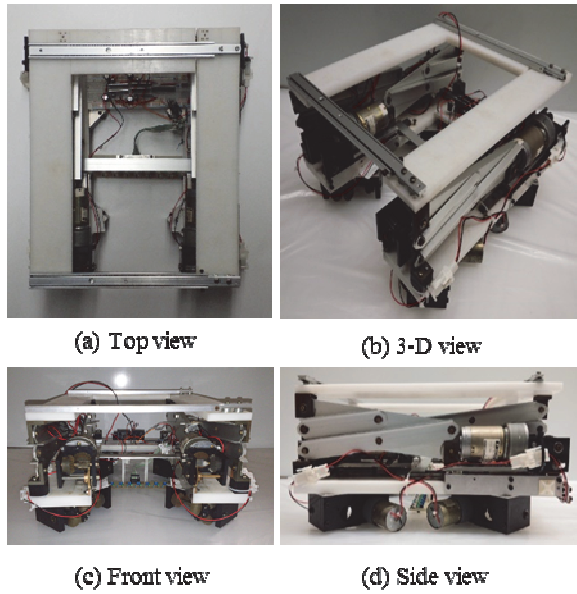


Fig. 1 Overall view of the mobile robot

とくに本研究では、寝たきりの被介護者を介護する際、介護者の負担を減らす支援システムの一つとして、車いすの下部に収まる排泄介護用移動ロボットを開発する。

2. 移動ロボット

本研究では、車いすの下部に収まる大きさの排泄介護用移動ロボットを提案した。この移動ロボットにマニピュレータを搭載し、ポータブルトイレ内に付着した排泄物を洗浄する機能をもたせる。移動ロボットの全体図を Fig. 1 に示す。

2.1 機能, 機構

移動ロボットは高さ 200[mm], 横幅 320[mm], 奥行 350[mm], 質量 8.8[kg]で、ポータブルトイレを便座まで持ち上げるためのパンタグラフを用いた伸縮機構と、ロボットを便器の大きさまで拡張する機構を搭載している。各機能を動作させたとき、横幅は 450[mm], 高さは 410[mm]となる。移動ロボットの車輪はオムニホイールであり、全方向に移動する。

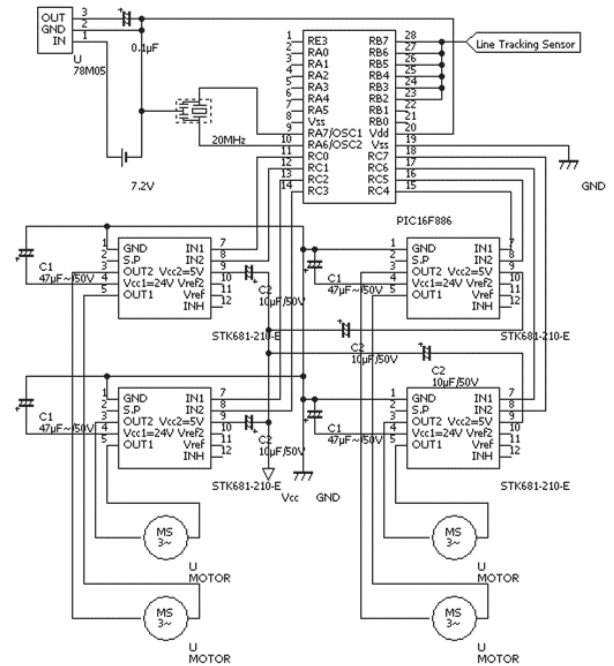


Fig. 2 Circuit diagram of the control system which is installed in the mobile robot

2.2 センサ

移動ロボットにはカメラ (iBUFFALO 社製, BSW32K11H), 磁気センサ (Honeywell 社製, HMC6352) を搭載し, OpenCV を用いた画像処理をおこない, 移動軌跡を描写する。また, ライントレースセンサ (レインボープロダクツ社製) を利用したライントレースによって移動を制御する。

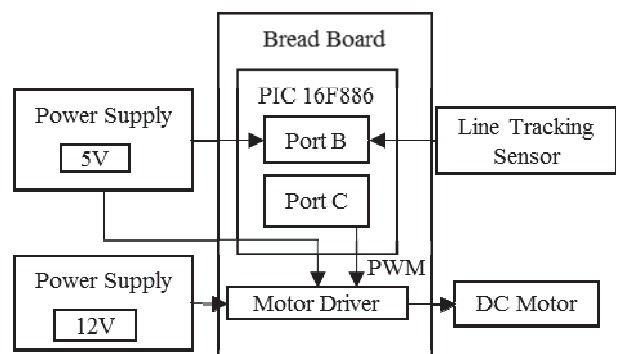
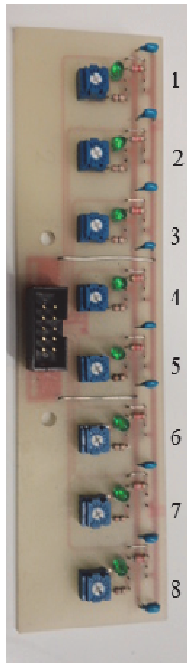
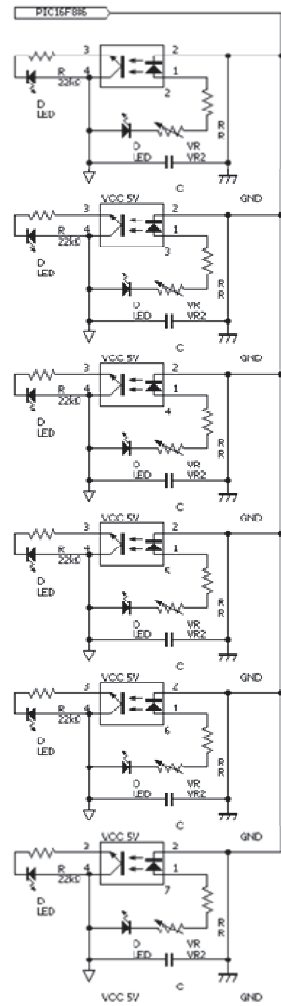


Fig. 3 Control system of the robot



(a)



(b)

Fig. 4 Circuit diagram of the line trace sensor

2.3 移動制御系

ロボットの移動制御はすべてマイコン（マイクロチップ社製，PIC16F886-I/SP）を用いておこなう。移動制御システムの回路図を Fig. 2 に，制御の概要を Fig. 3 に示す。DC モータ（日本サーボ社製，DME44S50G72B），モータドライバ（SANYO 社製，STK-681-210-E）がブレッドボード上で接続されている。

部屋に置かれた車いすから居宅のトイレまでのロボットの誘導はライントレースによっておこなう。移動ロボットに搭載されたライントレースセンサからの信号を PIC

が受け取り，モータ駆動の信号をモータドライバを介してモータに送信する。ライントレースセンサの回路図と写真を Fig. 4 に示す。PIC の入出力ポート B を介して，ライントレースセンサの信号を検知し，ポート C を介してモータを制御する。

ライントレースセンサには光センサが八つ搭載されているが，本研究での移動にはこの八つのセンサのうち 2~7 の六つを用いる（Fig. 4 参照）。光センサは誘導ラインと垂直かつ，進行方向と垂直になるように一列に並べられている。センサの中央がラインから離れた距離に応じて二種類の曲率の異なるカーブとその場回転（ターン）をおこなう。

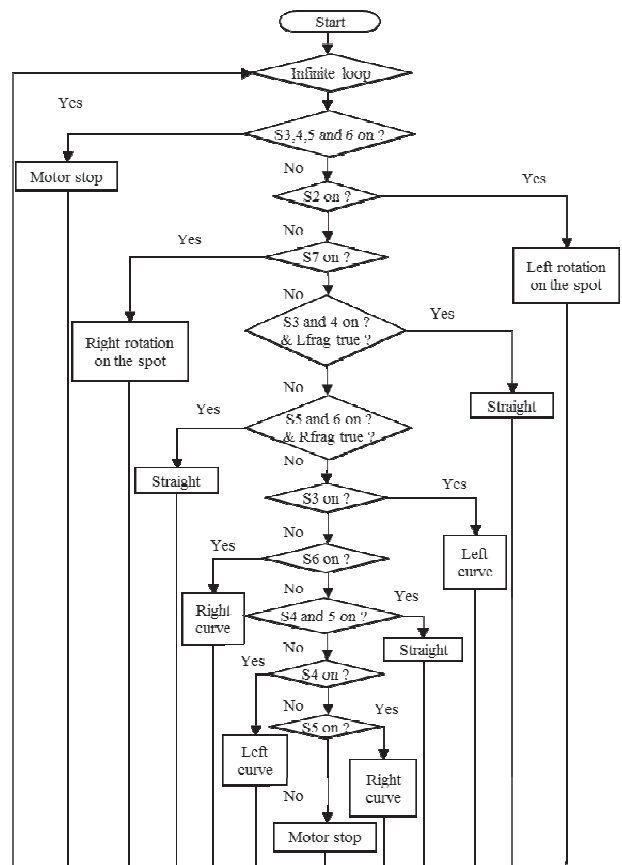


Fig. 5 Program flow chart of the line trace

移動台車のステアリングの制御には PWM を用いるのが一般的であるが、PIC による PWM 制御回路機能を用いずにプログラム上で擬似的 PWM 信号を出力し、速度制御をおこなった。ライントレースのプログラムフローチャートを Fig. 5 に示す。プログラムの優先度はターン、カーブ、直進の順に高くなるように設定した。

2.4 走行実験

自律移動の実験では、カーブの走行において、カーブの外側と内側で車輪の回転数を PWM で制御でき、移動することができた。

移動ロボットにマニピュレータを搭載し、アームの先端にカメラを取り付け、1 [s] おきに画像を取得することでライントレースによる移動軌跡を取得する。

トレースするラインは直線と曲線と直角で、ラインの幅は 30 [mm] とする。

3. 移動ロボット搭載マニピュレータ

本研究におけるマニピュレータは球体関節のもつ二自由度のほかに、移動台車による平面方向の移動とオムニホイールによるその場回転、パンタグラフによる持ち上げ動作が加わり四自由度増えることになる。アームにはねじり回転のない球体関節が根元と中間に一つずつあるので全体の自由度は八自由度となる。

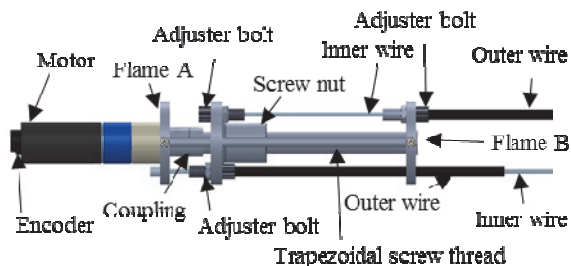
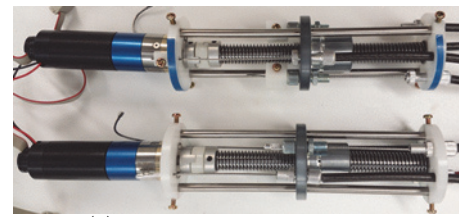
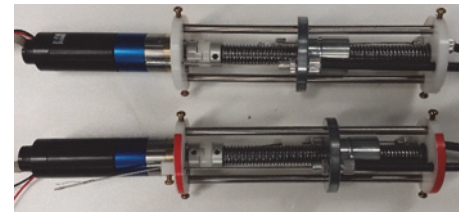


Fig. 6 The detail of the actuator



(a) Actuator with four wires



(b) Actuator with two wires

Fig. 7 Two types of actuators

3.1 マニピュレータ機構

ロボットに搭載したポータブルトイレの洗浄用としてワイヤ駆動式のマニピュレータの開発を行った。ワイヤは、自転車の変速機に用いられているインナーワイヤと OUTER ワイヤを用い、ワイヤを張るための駆動部品はプーリではなく、台形ねじ (THK 社製, CS 12T+1000), スクリューナット (THK 社製, DCM12), モータ (Faulhaber 社製, DC マイクロモータ, 2342 S 012CR, ギヤヘッド (23/14:1), エンコーダ (磁気エンコーダ IE2-64) を組み合わせたアクチュエータを設計した。アクチュエータの詳細図と写真を Fig. 6, Fig. 7 に示す。

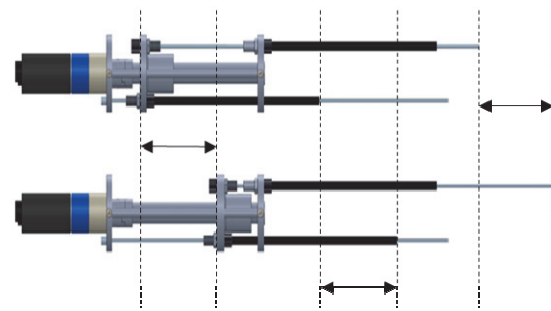


Fig. 8 Change of the length of the wire by motor

アクチュエータ部はカップリングでモータとスクリー軸が接続され、二枚の筐体フレームの間にスクリーナットが取り付けられる。フレームは二本の支柱によってのみ固定される。フレーム A にはインナーワイヤ、フレーム B には A とは反対側の OUTER ワイヤ、スクリーナットには残りのワイヤの端を固定する。インナー/A OUTER ワイヤの双方の相対長さを変化させることで、テンドン機構として動作する。アクチュエータ部のワイヤ長さが変化した状態を Fig. 8 に示す。

シリアルアームは球状関節でつながれており、アームの根元には半球状の土台を置く。球状関節は半球を二つ合わせたものを用いる。球状関節のアクチュエータとして、関節用とアーム用の二組、計四本のワイヤを操作する。

3.2 アクチュエータの並進力

台形ねじの駆動トルク T は、出力並進力 F_a 、リード L 、および効率 η を用いて、 $T = F_a L / 2\pi\eta$ と表される。ここで、駆動トルクは、モータの推奨トルク $T = 0.016$ [Nm] とギアボックスの減速比 14:1 から $T = 0.224$ [Nm] となる。スクリー軸のリード $L = 2$ [mm] は既知である。ねじ効率を $\eta = 0.5$ とすると、並進力は $F_a = 3518$ [N] となる。

3.3 マニピュレータの制御

マニピュレータの制御法は、移動部と同様に、エンコーダ付モータを用いる。このエンコーダはインクリメンタル形である。PIC16F886 の内臓 EEPROM を利用し、連続的にマニピュレータの位置姿勢情報を記憶させることができる。

3.4 実験システム

マニピュレータの姿勢を測定するために、

先端に三軸加速度センサ(秋月電子通商, KXM52-1050)を取り付ける。今後、各関節部とアーム全体における可動角度域を計測する予定である。センサを取り付けたマニピュレータの様子と三軸加速度センサの回路図を Fig. 9, Fig. 10 に示す。

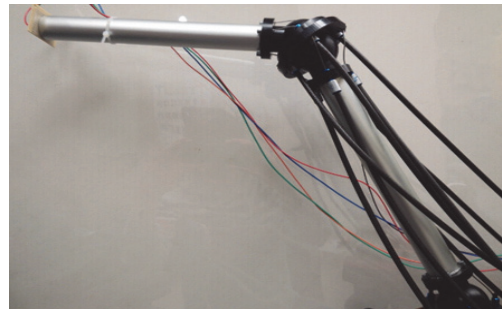


Fig. 9 The proposed manipulator

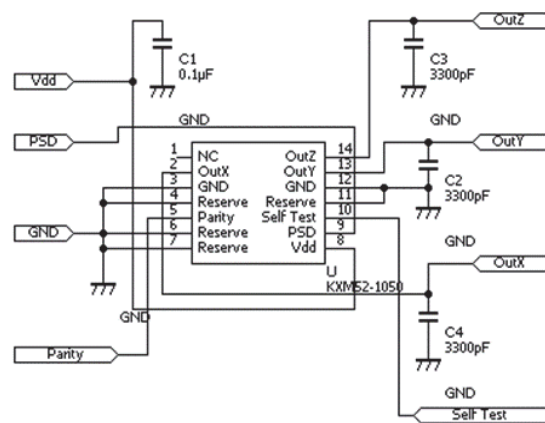


Fig. 10 Peripheral circuit of an acceleration sensor

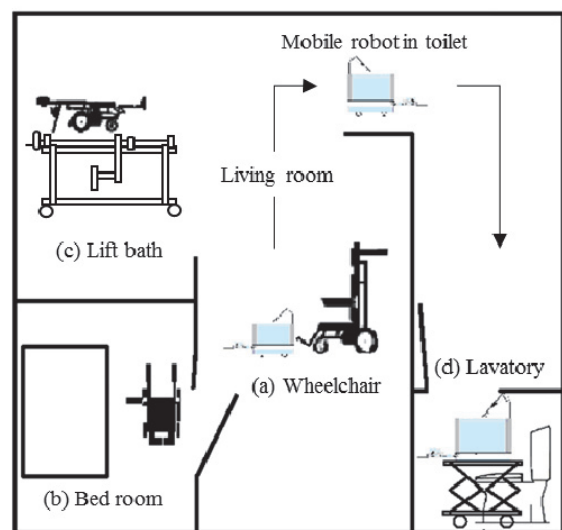


Fig. 11 Diagrammatic illustration in house

4. 介護システムへの応用

本研究の介護支援システムを用いた実際の生活環境での支援の様子を Fig. 11 に示す. 自ら車いすの乗り降りができない被介護者を想定している. (a)はフルリクライニング機能をもつ電動車いすで, (b)の寝室や(c)の浴室への移動ができる. このシステムの主な要素はこの電動車いすである. この電動車いすの座席下部にポータブルトイレを積んだ移動ロボットを格納し, 車いすに乗ったままでも排泄を可能にする. 排泄後, 移動ロボットは(d)の便器まで移動し, 伸縮機構により便座の上までポータブルトイレを持ち上げる. ポータブルトイレの底面には開閉機構を設け, 汚物を排出する. 移動ロボットには, 排泄物を洗い落とす目的でマニピュレータを取り付ける. これにより介護者の介護時の不快感を軽減することができる. 電動車いすを完全にリクライニングし, 横臥状態の被介護者をリフト装置に乗せて, ハンドルの操作のみで被介護者の入浴やベッドへの移動が可能になる. このリフトにより, 介護者の肉体的負担は軽減される. 本研究では(a), (d)に関わる移動ロボットを開発した.

5. 結言

介護システムの開発の一つとして, ポータブルトイレを搭載し, 洗浄用のマニピュレータを搭載し, 車いすに収納できる排泄介護用移動ロボットを開発した. PIC を用いた移動制御によって, 従来の直線と回転以外に曲線に沿った移動を確認し, また, 洗浄用のマニピュレータを開発した. 今後はライントレースの移動軌跡の計測による高精度位置決めを実現させ, マニピュレータの可動範囲を計測し, ハンドリング機能を調査する予定である. そして, マニピュレータによる洗浄機能を実現させる予定である.

参考文献

- 1) 総務省統計局, 統計トピックスNo. 84, 高齢者の人口
<http://www.stat.go.jp/data/topics/topi841.htm>
- 2) 厚生労働省, 身体障害児・者等実態調査, 2006
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001059905>
- 3) 大川井宏明, 解説 福祉介護志向工学の構築に向けて, 日本福祉工学会誌, 7, 2, pp. 2-7, 2005.