視覚センサと立体マーカを用いた 移乗介助ロボットの誘導について

On a guide method for self transfer robot using vision sensor and solid marker

○ 虎谷 佑一 (滋賀県立大) 正 安田 寿彦 (滋賀県立大) 学 大野 和宏 (滋賀県立大)
学 石田 裕史 (滋賀県立大) 正 田中 勝之 (滋賀県立大) 伊丹 君和 (滋賀県立大)
豊田 久美子 (滋賀県立大) 石田 英實 (滋賀県立大)

Yuichi TORAYA, the University of Shiga Prefecture
Toshihiko YASUDA, the University of Shiga Prefecture
Kazuhiro OHNO, the University of Shiga Prefecture
Hirofumi ISHIDA, the University of Shiga Prefecture
Katsuyuki TANAKA, the University of Shiga Prefecture
Kimiwa ITAMI, the University of Shiga Prefecture
Kumiko TOYODA, the University of Shiga Prefecture
Hidemi ISHIDA, the University of Shiga Prefecture

There exist handicapped who need assistance with transfer, for example, from a wheelchair to a bed. They want to transfer without helper, whenever they need. Many of transfer assist tools are not the equipment that help self transfer of handicapped, but the equipment for the reduction of helper's load. In previous works, we have proposed a self transfer assist robot that the handicapped can transfer to a desired position without helper and a mechanism for mobile function of the robot. In this paper, we study an autonomous locomotion scheme of self transfer robot using vision sensor and solid marker for effective use of the robot.

Key Words: Self transfer assist robot, Independence of the handicapped, Mobile function, Vision sensor, Solid marker

1. 緒言

私たちの研究グループでは、車椅子生活をされている方々に自立的な生活をしてもらうことを目的として、介助者の助けを受けずに一人で車椅子からベッド等への移乗動作を行えるようになる自立支援型移乗介助ロボットの研究開発を進めている。(図1参照)

開発中の自立支援型移乗介助ロボットは車椅子生活をされている方々の自立を促すことが目的である。これまでに、被介助者を移乗させる機能は実現しているが、このロボットを使用するには移乗介助動作を行う位置までロボットを運ぶ必要があり、被介助者以外の誰かがロボットを移動させなければならない。さらに、ロボット本体の重量が約100 kgとなっており、実際に人が運ぶにも、非常に多くの労力が必要である。開発中の自立支援型移乗介助ロボットをより有効に使用するためには、移動機能を付加させる必要があると考え、昨年度から研究を進めている[7]。昨年度の成果として、移乗介助ロボットを乗せて運ぶことができる移動ユニットを作成した。現段階では、この移動ユニットは外部からの命令を受けてリモートコントロールで駆動する機能しか備わっていない。この移動ユニットが移乗介助動作を行う位置へ自律的に移動できれば、その利用価値がさらに高まると考えた。

本研究では、移乗介助ロボットの自律的移動機能について検討をはじめた。単眼カメラで目的地に取り付けたマーカを認識し、その情報から目標と移乗介助ロボットの距離および目標への方向角度を算出し、目的地までロボットに自律移動を行わせる方法について研究を行った。

2. 自立支援型移乗介助ロボットの概要

2.1 移乗介助動作について

自立支援型移乗介助ロボットは、複数の関節を持つロボットアーム機構である。立ち上がり・腰掛動作に用いる回転機構、旋回動作に用いる旋回機構、車椅子からの引き出し動作などに用いる直動機構によって、試作機は構成されている。

(図2参照) アーム先端の人体保持部に胸部および腹部を預けた状態で回転関節が連動して移動し、被介助者の立ち上

(a) Before carry up action

(b) After carry up action

Fig.1 Prototype of self transfer assist robot

Fig.2 Structure of the self transfer robot represented by link model

がりおよび腰掛動作を介助する。さらに、平面内の被介助者の位置を変化させる旋回動作と直動動作を組み合わせることによって、移乗介助を行っている。

2.2 移乗介助ロボットの現状と課題

現段階での試作機で移乗介助動作を実現することができた。しかし、実際の介護の現場において、移乗介助が必要な場所は一箇所ではないので、必要な場所に移動させるか、必要な場所ごとにロボットを設置する必要がある。しかし、このような方法を用いることは非常に非効率的である。人によって移乗介助ロボットを移動させることは、自立を支援するという目的にそぐわない。必要な場所ごとにロボットを設置する場合には、導入コストの増加やロボットが場所をとってしまうといった問題があり実用的とは言えない。

そこで、移動機能をロボットに付加し、1台のロボットを複数箇所で使用できるようにすることで、このような問題を解決できると考えた。移動機能を実現するために、移乗介助ロボットを上に乗せて移動させる移動ユニットを、昨年度、試作している（図3参照）。

この移動ユニットの試作機は外部からの直接指令によって直進、その場旋回といった動作を行う機能しか備わっておらず、このまま被介助者の方が使用場所まで移乗介助ロボットを移動させることは難しいのではないかと考えた。そこで本研究では、この問題を解決するための新たな機能を移動ユニットに追加することを試みた。

Fig.3 Prototype of a unit generating mobile function

3. 構想

3.1 自律移動機能の追加

ロボットの移動機能を被介助者が単独でも簡単に使用できる方法を考えたとき、現状のような被介助者がリモコン等で直接操作して移動させる方法は実用的ではないと考えた。そこで、簡単な指令によって目的の位置まで移動させることができるような、自律移動機能の追加が有用であると考えた。

3.2 自律移動させる環境

図4に示すようにベッドが複数ある病室のような場所で使用することを考える。ベッドの位置はほぼ固定されていて、

その横の車椅子の置かれている位置は大まかにしか決まっていないと想定する。また、ロボットは部屋のある一定の待機位置に置かれている。

この環境ではベッドと車椅子間の移乗介助が必要だと考えられるので、ロボットの移動の最終目標地点は車椅子前方の位置である。移乗動作を安全に行うには図5に示すように距離 $\pm 50\text{mm}$ 、正面からの角度 $\pm 5^\circ$ 程度の誤差で位置決めを行う必要がある。

Standby position

Fig.4 Environment where the self transfer robot move

Fig.5 Target position

3.3 ロボットの誘導方法

図6で示すようにロボットの待機位置から目標となる車椅子が見える位置までの自律移動はライントレースを用いた誘導で実現することが可能であると考えた。しかし、図7で示すような車椅子が見える位置から最終目標地点までの誘導方

Standby position

Fig.6 Guide to neighborhood of the wheel chair from standby position

Fig.7 Guide to target position from neighborhood of wheel chair

法については、目標とする車椅子が常に決まった位置や向きで置かれているわけではないので、車椅子との距離や向きを確認しながら移動することが可能な誘導方法が必要となる。そこで、ロボットを最終目標地点へ誘導する方法として、視覚センサと立体マーカーを用い、その情報からロボットの誘導を行うという方法を考えた。

4. 視覚センサとマーカーによる誘導

4.1 使用するマーカー

車椅子に取り付けるマーカーとして円筒型の立体マーカーを考案した（図8参照）。これを車椅子前方の二箇所に取り付け（図9参照）。カメラに映ったマーカーの高さからマーカーとカメラ間の距離を測定すること可能である。また、円筒型の形状であることから、どの方向からも距離の測定が可能である。マーカー認識率の向上のために図8のような配色にしている。また、図9で左右の配色が違うのは左右のマーカーを区別するためである。

Fig.8 Cylindrical marker

Fig.9 Attached markers

4.2 相対位置の測定方法

図9に示すように車椅子前方の二箇所にマーカーを取り付け、視覚センサ（単眼カメラ）を用いてそれぞれのマーカーとロボット間の距離を測定する。測定した各マーカーとロボット間の距離と、既知である各マーカー間の距離を用いた三辺測量により図10に示すようなロボットと車椅子の相対的な距離 L および角度 θ を測定する。

Fig.10 Relative position

4.3 相対位置の算出

図11で示すカメラと各マーカー間の距離を L_1 , L_2 , 各マーカー間の距離を D とおく。このとき L と θ はそれぞれ式(1), 式(2)によって算出できる。

$$L = \sqrt{\frac{L_1^2}{2} + \frac{L_2^2}{2} - \frac{D^2}{4}} \quad (1)$$

$$\theta = \sin^{-1} \frac{L_1^2 - L_2^2}{2D\sqrt{\frac{L_1^2}{2} + \frac{L_2^2}{2} - \frac{D^2}{4}}} \quad (2)$$

Fig.11 Definition of L_1 , L_2 and D

4.4 誘導プログラム

前節で説明した方法を用いた相対位置の測定方法ではカメラ画像の画素数によって測定精度が変わる。画素数が多いと測定精度はよくなるが画像の処理に時間がかかる。本研究では、使用しているパソコンの処理速度を考慮して取得する画像の画素数を320×240 pixelに設定している。4.3節の方法で距離と角度を測定した結果を図12に示す。この条件では車椅子とロボットの距離が遠くなると正確な相対位置、特に角度を測定することができないことが図12よりわかる。そこで、ロボットと車椅子の距離によって動作を変える方法を考えた。具体的には、距離が遠いときにはマーカーに向かって直進して近づき、距離が近くなったとき（距離が1500mm以下となったとき）には測定した相対位置の情報を用いて目標位置まで誘導を行うというプログラムを作成した。

4.5 評価

実際に作成したプログラムで移動ユニットを移動させた。

表1に示す実験結果から、ロボットと車椅子の初期位置の距離が2500mm以下、車椅子の相対角度が15°以下程度までであれば作成したプログラムで誘導が可能であることが確認できた。照明条件に弱いことや車椅子の設置角度が大きすぎると誘導が出来ないといった問題点も見られたが、プログラムの改良により解決できると考えている。

Fig.12 Performance of the proposed program

Table 1 Results of experiments

距離 [mm]	角度 [°]	成功回数／実験回数
1500	0	10 / 10
1500	15	9 / 10
1500	30	0 / 10
2000	0	10 / 10
2000	15	9 / 10
2000	30	0 / 10
2500	0	10 / 10
2500	15	9 / 10
2500	30	0 / 10

5. 結言

現在開発中の移乗介助ロボットに移動機能を付加させるために、移乗介助ロボットを上に乗せて移動させることができる移動ユニットを試作されたが、この移動ユニットは手動操作で移動させる機能しかなかった。この方法では被助者が単独で移乗介助ロボットを使用することが難しい。そこで、ロボットが自動的に移乗動作位置へ移動する自律移動機能を付け加えることによって被助者にも扱いやすくなり移乗介助ロボットの実用性が向上するのではないかと考えた。

本研究では、移乗介助ロボットを移乗動作位置へ自律移動させることを実現させる研究の第一歩として、車椅子前方の移乗介助動作を行う位置への誘導方法について研究を行った。

ロボットと車椅子の相対位置を視覚センサ（単眼カメラ）

と立体マーカを用いて測定する方法を考案した。この情報からロボットを車椅子前方の移乗介助動作を行う位置まで誘導するプログラムを作成し移動ユニットの動作実験を行った。実験結果から、想定している移乗介助ロボットの使用環境においては、提案する手法によって、車椅子前方の移乗介助動作位置までの自律移動を実現することができた。しかし、成功率や到達時間の短縮のためにアルゴリズムの改良が必要と考えている。

今後は、問題点の改善と移乗介助ロボットの全体的な自律移動を実現させるための機能の追加を行ってきたい。

謝辞

本研究の一部はフランスベッド・メディカルホームケア研究・助成財団平成 20 年度（第 19 回）助成金によって実施いたしました。

参考文献

- [1] 鈴木貴, 高橋良彦, 小淵陽助, 高橋勝美, 坂本孝子, 松田肇, 堂園晶, 小沼洋介: 自立移乗支援システム開発を目的とした人体と移乗システムに加わる負荷測定実験, 機械学会論文集 C 編, 68 巻, 674 号, pp. 2977-2983 (2002)
- [2] 鈴木貴, 高橋良彦, 小淵陽助, 高橋勝美, 坂本孝子, 松田肇, 堂園晶, 小沼洋介: 自立型移乗支援ロボットにおける身体的負担の測定, 福祉工学シンポジウム 2004 講演論文集, pp. 169-172 (2004)
- [3] 山本康稔, 加藤宗規, 中村恵子: 腰痛を防ぐらくらく動作介助マニュアル, 医学書院 (2002)
- [4] 安田寿彦, 林琢磨, 北川泰章, 伊丹君和, 田中勝之, 豊田久美子, 石田英賽: 自立支援型移乗介助ロボットの研究 - 第 1 報: 基本構想と機構について -, 日本機械学会 2005 年度年次大会講演論文集(6), pp. 81-82 (2005)
- [5] 安田寿彦, 林琢磨, 伊丹君和, 田中勝之, 豊田久美子, 石田英賽: 自立支援型移乗介助ロボットの研究 - 第 2 報: 基本構想と機構について -, 日本機械学会福祉工学シンポジウム 2005 講演論文集, pp. 213-216 (2005)
- [6] 安田寿彦, 林琢磨, 福知倫孝, 木村陽, 伊丹君和, 田中勝之, 豊田久美子, 石田英賽: 自立支援型移乗介助ロボットの研究 - 第 3 報: 受動的脇支持部の試作 -, ロボティクスシンポジウム講演論文集, pp. 100-105 (2007)
- [7] 大野和宏, 安田寿彦, 辻幹洋, 田中勝之, 伊丹君和, 豊田久美子, 石田英賽: 自立支援型移乗介助ロボットの研究 - 第 5 報 移動機能の検討 -, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'08CD-ROM 講演論文集 (2008)