

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	HOT患者の外出支援のためのパワーアシストカートの開発 インピーダンス制御による人間追従制御
Title(English)	Power assist type mobile cart development to support HOT patients' going out - Study on user-following cart control applying impedance control-
著者(和文)	入部正継, 齋藤勇真, 遠藤玄, 田窪敏夫, 大平峰子
Authors(English)	Masatsugu Iribe, Yuma Saito, Gen Endo, Toshio Takubo, Mineko Ohira
出典(和文)	ロボティクス・メカトロニクス講演会2015講演論文集, , , 2A2-I04
Citation(English)	Proceedings of the 2015 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, , , 2A2-I04
発行日 / Pub. date	2015, 5

HOT 患者の外出支援のためのパワーアシストカートの開発 —インピーダンス制御による人間追従制御—

Power assist type mobile cart development to support HOT patients' going out
- Study on user-following cart control applying impedance control -

○正 入部 正継 (阪電通大) 学 齊藤 勇真 (阪電通大) 遠藤 玄 (医科歯科大)
田窪 敏夫 (女子医大) 大平 峰子 (東長野病院)

Masatsugu IRIBE, O.E.C.U., iribe@isc.osakac.ac.jp, Yuma SAITO, O.E.C.U.
Gen ENDO, T.M.D.U., Toshio TAKUBO, T.W.M.U., Mineko OHIRA, East Nagano Hospital

Home Oxygen Therapy (HOT) patients need portable oxygen equipment at the time of going out. However, the currently-used oxygen equipment is heavy enough to discourage HOT patients from their going out. Therefore we try to develop the power assist robotic cart which supports HOT patients' going out. Especially we try to develop the carry-cart type mobile robot which can assist HOT patients and be controlled by same operation of currently-used cart. In this paper, we describe our proposed carry-cart type mobile robot and then show its effectiveness.

Key Words: Home Oxygen Therapy, Power assist, Mobile cart, Force control.

1. 緒言

在宅酸素療法 (Home Oxygen Therapy, HOT) とは、肺機能の低下した患者に対して高濃度の酸素をカニューラチューブを使用して鼻や口から供給することで血中酸素濃度を保つ対症療法であり、現在日本では約 16 万人が加療中である。この HOT 加療中の患者が外出する際には、図 1 に示すように携帯用酸素ボンベとそれを運ぶ搬送カートを持参する必要があるが、これらの機器を合計すると 5kg 弱の質量となる。そのために患者にとって肉体的・心理的負担となり、外出が億劫で家に引きこもりがちになる原因となっている。HOT 患者に対するアンケート調査[1]によると、HOT 患者が外出しない理由が携帯用酸素の問題であるとの回答は 55% (有効回答数 88 名) に上り、さらに詳しく調べると、携帯用酸素の重量が問題であるとの回答が 68% (有効回答数 53 名) と、最も大きな理由であることが確認できる。

そのような背景の中、我々は HOT 患者がより気軽に外出することが可能となるように、酸素機器を搭載して HOT 患者に追従する移動体ロボットを提案している[2][3]。そしてその開発の際には実用性と将来的な普及し易さを重視して、従来研究に多く見受けられる高い技術とコストを必要とする非接触なユーザ追従方式 (例えば参考文献[4]など) を採用せず、現状で実績のある信頼性の高い既存技術を集積化することで実使用に耐える高い信頼性を有する移動体ロボットの実現を目指している。

以上より本研究では、現在、HOT 患者の多くが使用している酸素機器搬送カートと同様の操作で移動支援動作が可能で、かつ小型軽量化が容易となる構成を有するパワーアシストカートを提案し、その開発を試みる。

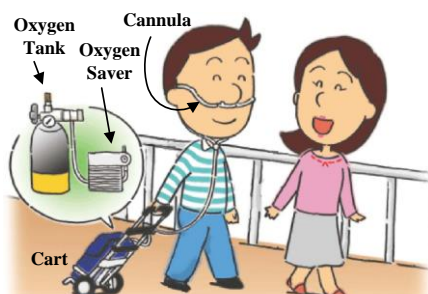
2. パワーアシストカート開発

本研究で開発したパワーアシストカートの外観を図 2 に示す。そしてこれらの内容について、以下、順に説明する。

2.1 動作原理

図 3 に本研究で提案するパワーアシストカートの移動支援動作の概要を示す。図に示すようにユーザがカートを牽引して移動する際、ユーザが把持するハンドル部に発生する牽引力 F を力センサを用いて検知する。そしてその牽引力 F の値が微小な値をとるように駆動輪の回転速度を制御し、カートの移動速度 v を調整する。具体的には、発生する牽引力 F の大きさに比例したカートの目標移動速度 v_{ref} を設定し、駆動輪がその目標移動速度を満たすように回転速度フィードバック系を構成し、移動速度を制御する。

カートの駆動部分には差動歯車機構を採用し、DC モーター一つでカートを駆動する構成をとる[5]。こうすることで、カート移動時の旋回動作は差動歯車の特性であることを応用し、ユーザがハンドル部を操作する方向に受動的な旋回動作が可能となる。また、これにより部品点数の削減によるコスト削減と故障率の減少を試みる。



Courtesy by Teijin PHARMA inc.

Fig.1 HOT patients' going out with their portable oxygen equipment



Fig.2 Overview of the proposed power assist cart

2.2 制御系設計

カート試作機のハードウェアブロック図を図 4 に示す。ハンドル部に設置した力センサ (FSR) でユーザがカートを牽引する際の牽引力を検知する。その力の信号と DC モータの回転角度がマイクロコンピュータに入力され、それらの信号をもとにフィードバック演算を実施し、DC モータを駆動する。

具体的な速度フィードバック制御系のブロック図を図 5 に示す。図 5 にあるように、本研究では速度制御系に対して 2 自由度制御系を適用する。2 自由度制御系のうち、フィードバック制御器 $C_2(s)$ については限界感度法による試行錯誤により PID 制御器を設計し、目標速度への追従性を担保する。残りのフィードフォワード制御器 $C_1(s)$ は、1 次遅れ系のローパスフィルタを採用し、その時定数はユーザの所望の値へ試行錯誤的に調整する。なお、フィードフォワード制御器 $C_1(s)$ には、力の入力すなわち加速度成分を積分して速度成分へと変換する機能と、実際に使用する際のハンドル操作からカード移動速度への応答を調整するインピーダンス成分の調整装置の機能の二つを意味する機能が内包されている。これら $C_1(s)$ と $C_2(s)$ を併せた制御器での過渡応答特性を図 6 に示す。

3. 動作実験

試作したパワーアシストカートを使用して実験を行い、その効果の有無を検討する。

3.1 基本動作実験

試作機体に質量 0[kg] から 5.0[kg] まで 1.25[kg] ずつ負荷を搭載し、図 3 に示すように室内で 5 秒間牽引動作を行う。その時の牽引力の時系列変化の様子を図 7 に示す。この結果からわかるように試作カートの牽引力は負荷の大小に関係なく 1.0 ~ 1.6 [N] 程度の大きさに収まっている。したがって移動時のパワーアシスト効果が確認できる。

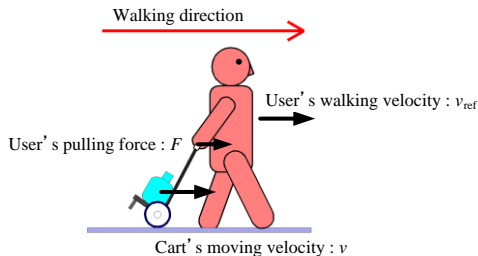


Fig.3 The developed cart's operating principle

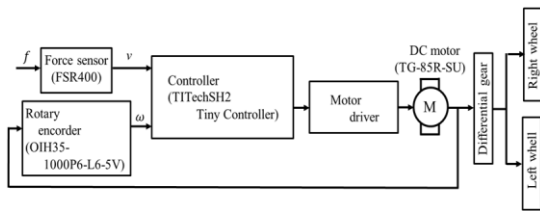
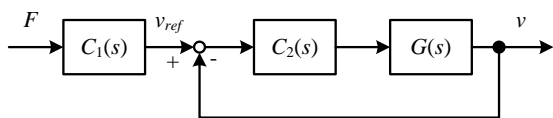


Fig.4 Hardware block diagram



$C_1(s)$: Feedforward controller, $C_2(s)$: PID Feedback controller
 $G(s)$: Control object

Fig.5 Control system block diagram of each drive wheel

3.2 屋外での動作検証

大阪電気通信大学内の舗装された傾斜のない道路で動作検証を行った。その実験の様子と牽引力の時系列変化を図 8 に示す。この結果も図 7 の結果と大差なく、1.5~2.0 [N] 程度の大きさに収まっていることが確認できる。

次に、大阪府吹田市の江坂公園で、タイルや点字ブロックのある微小な凹凸のある路面での動作検証を実施した。その時の実験の様子と牽引力の時系列変化を図 9 に示す。この結果より、路面の凹凸の影響は特に無く、路面の傾斜角度（上りと下り）の大小によって負荷が変動することがわかる。しかしながら、牽引力の平均値が下りで 1.25 [N]、上りで 1.55 [N] となっていることがわかる。

以上の結果より、実験に用いた試作カートによるパワーアシスト効果は十分に確認できたと考えられる。

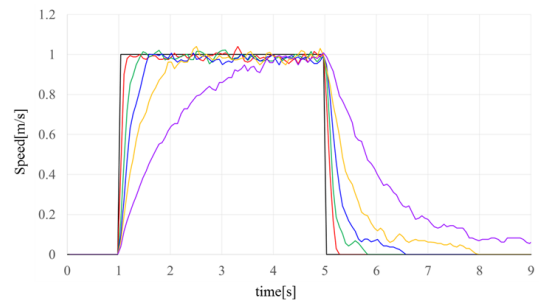


Fig.6 Transient response of the control system

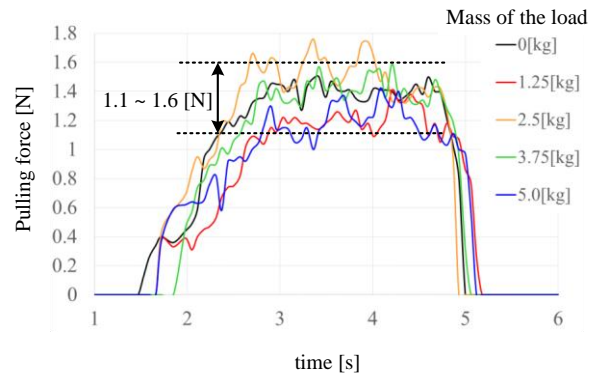


Fig.7 Experimental result of pulling force (in doors)

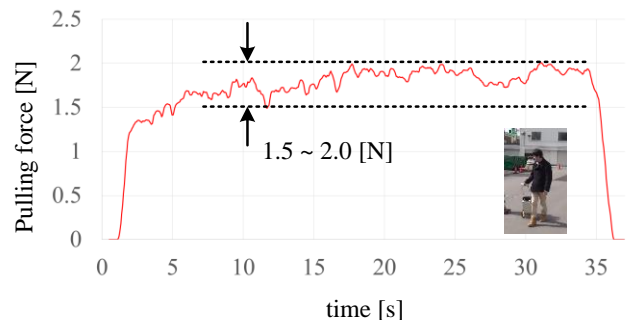


Fig.8 Experimental result of pulling force (out of doors, pavement surface)

4. 結言

本稿ではHOT患者の外出支援を行うパワーアシストカートを提案し、実際に試作し実験することでその効果を確認した。

現在、実際にHOT患者のご協力のもと、ユーザテストを開始している(図10参照)。今後はHOT患者の意見を取り入れることで、より完成度の高いパワーアシストカートの実現を目指して研究開発を進める。

文献

- [1] 日本呼吸器学会肺生理専門委員会在宅呼吸ケア白書ワーキンググループ編集, "在宅呼吸ケア白書 2010", 厚生労働省呼吸不全に関する調査研究班, (社)日本呼吸器学会, 2010.
- [2] H. Matsuda, H. Aizawa, G. Endo, T. Takubo, "Study on a Practical Robotic Follower to Support Daily Life -A mobile robot development for Home Oxygen Therapy patients with the'Hyper Tether'-", Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.23, No.2, pp.316-323, 2011.
- [3] 遠藤, 谷, 福島, 広瀬, 入部, 田窪, "在宅酸素療法患者の外出を支援する追従型搬送移動体の開発", 日本ロボット学会誌, Vol.30, No.8, pp.779-787, 2012.
- [4] 粟井, 清水, 山下, 金子, "単眼カメラとレーザレンジファインダ搭載移動ロボットによる人物追跡と自律帰還", ロボティクス・メカトロニクス講演会 2011, 2A1-H10, 2011年5月, 岡山.
- [5] M.Iribe, R.Dasai, G.Endo, T.Takubo, T.Kinugasa, K.Osuka : Study on a Practical Robotic Follower to Support Home Oxygen Therapy Patients - Prototype Cart Development Applying the Inverted Pendulum Control -, Proceedings of 2012 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO 2012), pp.1230-1235, Guangzhou, China, 2012, December.

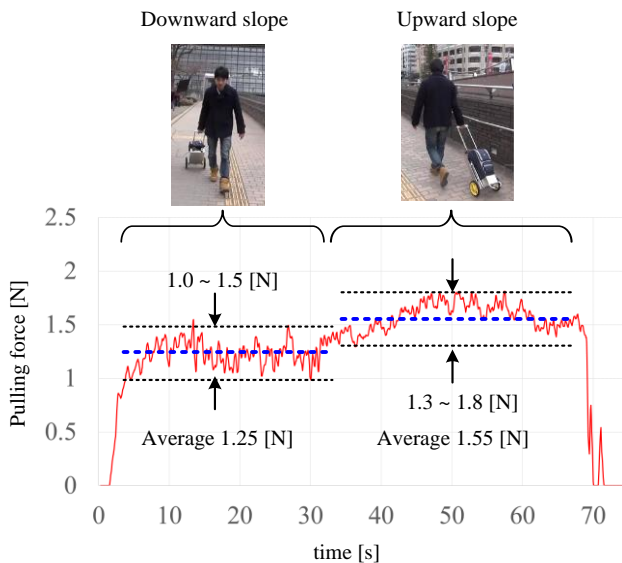


Fig.9 Experimental result of pulling force in Esaka park (out of doors, unlevelled and inclining surface)



Fig.10 User evaluation test by HOT patient (out of doors, unlevelled and inclining surface)