T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題	HOT患者の外出支援のための酸素ボンベ搬送カート開発 ジョイスティックI/F による搬送カートの牽引制御
Title	Robotic cart development for carrying oxygen cylinder to support HOT patients Traction control of the transport cart with joystick type I / F
著者	入部正継, 大西幸平, 前田直人, 池田遼太, 遠藤玄, 田窪敏夫, 大平峰子
Author	Masatsugu IRIBE, Kouhei Onishi, Naoto MAETA, Ryota IKEDA, Gen ENDO, Toshio TAKUBO, Mineko OHIRA
掲載誌/書名	, 2A1-C10, ,
Journal/Book name	, 2A1-C10, ,
発行日 / Issue date	2013, 5
URL	http://www.jsme.or.jp/publish/transact/index.html
権利情報 / Copyright	本著作物の著作権は日本機械学会に帰属します。
Note	このファイルは著者（最終）版です。 This file is author (final) version.

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

HOT 患者の外出支援のための酸素ボンベ搬送カート開発

ジョイスティック I/F による搬送カートの牽引制御

Robotic cart development for carrying oxygen cylinder to support HOT patients

Traction control of the transport cart with joystick type I / F

正　入部　正継　　学　○大西　幸平　　学　前田　直人　　学　池田　遼太（阪電通大）
正　遠藤　玄（東工大）　　田窪　俊夫（女子医大）　　大平　峰子（東長野病院）

Masatsugu IRIBE, Kouhei ONISHI, Ryouta IKEDA, Naoto MAEDA, O.E.C.U., iribe@isc.osakac.acjp
Gen ENDO, T.I.T., Toshio TAKUBO, T.W.M.U., Mineko OHIRA, Higashinagano Hospital.

HOT patients always need to carry portable oxygen cylinder when they go out. However the oxygen cylinder and its transport cart is heavy enough to become a burden for HOT patients. In this paper, we propose a new type of the oxygen cylinder conveyance robotic cart for HOT patients. Firstly, we describe the problems of Hyper-Tether type robotic cart, and then, we propose a new input device in order to solve the problem.

***Key Words*: COPD, Home Oxygen Therapy, Support cart, Joystick type interface**

1.　緒言

在宅酸素療法(Home Oxygen Therapy，HOT)とは主に慢性閉塞性肺疾患(Chronic Obstructive Pulmonary Disease，COPD)により肺機能が低下した患者が，入院せずとも治療を続けることができるように自宅に酸素濃縮機を設置し，血中の不足した酸素を補うために鼻からカニューラと呼ばれるチューブを用いて高濃度の酸素を供給する治療法である．また図 1 に示すように，HOT の患者は携帯用酸素ボンベを携帯することで外出することが可能となる．

しかし，携帯用の酸素ボンベは決して軽量ではなく，搬送カートと合わせると代表的なもので約 5Kg の重量になる．これは患者にとっては坂道などでの使用には肺機能に負担をかけられることが懸念されるだけでなく，酸素ボンベを運搬しなくてはならないという心理的負担が課せられることになり，外出を控えることの原因にもなっている[1]．これらの問題の解決策の一つとして現行の機器の軽量化，小型化があげられるが，本研究ではこうした患者の支援動作をパワーアシストが可能な酸素ボンベ搬送用移動ロボットで実現することを試みる．

2.　従来の研究と問題点

HOT 患者の外出支援用ロボット機器の従来研究には，Hyper-Tether 方式の追従ロボット研究等があげられる[2][3]．例えば文献[2]では，ロボットは紐を巻き取る機構にロータリエンコーダを組み合わせることで紐の伸び量を計測し，同時にヨー軸周りの回転方向を計測することでユーザの位置を推定し，追従動作を行っている．図 2 にその使用例を示す．

このように 2 つのセンサの計測値を用いることで操縦者の位置情報を検知することが可能となり，ユーザの位置に見合った目標の速度を左右車輪に設定することで追従動作を行うことができるようになる．

この Hyper-Tether 方式は機構が単純で制御しやすく，ユーザ側からも紐が伸びれば加速をするというわかりやすい動作をしているため，ロボットを操縦するという心理的不安感も軽減可能だと考えられる．しかしながら，Hyper-Tether 方式ではユーザとロボットを物理的につないでいる紐の長さが若干ではあるが可変するため，いくつかの問題が発生する．

1 つはロボットとユーザの距離が常に一定にできない問題である．基本的にユーザは，移動中に後ろから追従してくるロボットが視界に入らないため，ロボットが壁や障害物に衝突し停止，または暴走をしても操縦者は気付かずに歩行を続ける可能性が高い．そしてその結果，ユーザとロボットを物理的につないでいる紐が伸びていき，携帯酸素ボンベを搭載しているにもかかわらずユーザとの間の距離が増えることになる．これはユーザである HOT 患者にとって致命的な状態となる．

そしてもう 1 つは，第三者による干渉の問題である．人通りの多い場所では，第三者がロボットに接近したり接触する可能性が高いと考えられる．また，そのときに第三者がユーザとロボットを物理的につないでいる紐の存在に気づかなければ，ユーザとロボットの間に割り込んでしまい，カニューラと紐が第三者に巻き込まれてしまうことが懸念される．

以上より，Hyper-Tether 方式は有用性が高いものの問題点もあることがわかる．これら問題点に対応することを目的とし，本研究では新たな追従方式を実装したロボットを提案する．

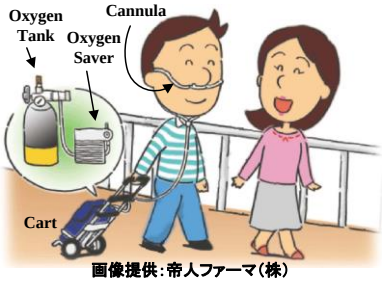


Fig.1 Home Oxygen Therapy (HOT) and its patient’s going out

Fig.2　Hyper-Tether Robot

3. 新しい制御入力デバイスの提案

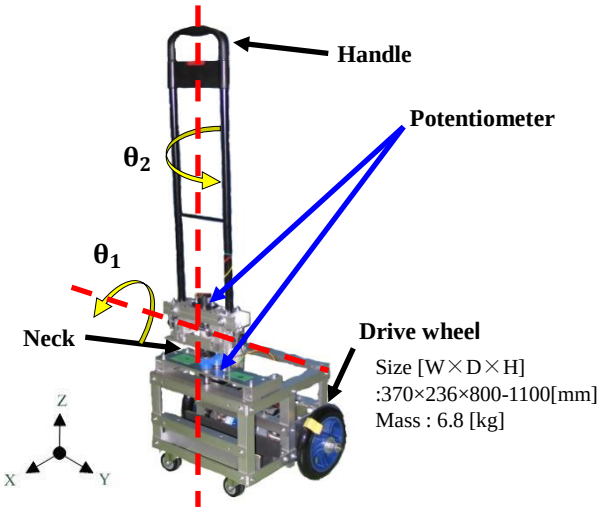
本研究では，前節で述べた紐を用いたユーザインタフェイスの問題点を解決するために，ハンドル状の剛体部品を使用したインターフェイスによる移動ロボットの制御を提案する．その試作機の CAD 図面と実機を図 3 に示す．

開発するインターフェイス装置の持ち手部分（以下 Handle 部）は市販のけん引カートのハンドル部分を流用し，ユーザの身長に合わせてその長さを調節することが可能である．

Handle 部は図 3 中のθ_1方向，すなわちピッチ角方向に回転するようになっており，その軸にはねじりバネが取り付けられ，ユーザが手を離すと Handle 部が垂直に保たれるようになっている．この回転軸には歯車を介してポテンショメータが取り付けられており，Handle 部の傾き角度が計測可能である．

また，Handle 部全体はθ_2方向に回転するようになっており（以下 Neck 部），その回転角度は Neck 部の回転軸に歯車を介してポテンショメータを取り付けて回転角度値を計測する．

この Handle 部インターフェイスを使用した操作では，θ_1とθ_2の角度を使用したジョイスティック方式を採用し，Hyper-Tether 方式での疑似ジョイスティック制御則と同じ制御則を採用する．すなわち，Handle 部の回転角度θ_1と Neck 部の回転角度θ_2の値を計測し，それに見合った左右の車輪の目標速度を設定し，その速度目標値に対するフィードバック制御系を構成することで追従動作を実現する．この方式では，Hyper-Tether 方式での疑似ジョイスティック方式と同様に，視覚的かつ直感的な動作が可能である．



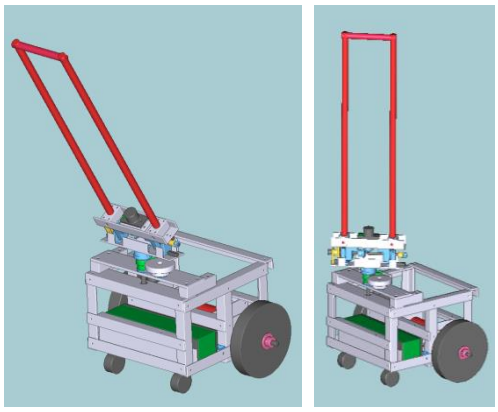


Fig.3　Oxygen cylinder transport cart

この剛体の機構を制御入力用のユーザインタフェイスに使用することで，ユーザと移動ロボットの間の距離を常に一定に保つことが可能となる．このようにユーザとの距離を一定値に拘束することができたならば，移動ロボットが障害物に接触して停止（スタック）した場合でもユーザの手には引っ張られる感触が伝わるため，ロボットが視界に無い場合でもロボットの状況を認識可能となると考えられる．

4. 制御系の設計

4.1 システムの構成

システムの構成と主要緒言をそれぞれ図.4 と表 1 に示す．前節で述べたようにθ_1，θ_2の 2 つの角度をポテンショメータで計測し，その値をもとに各駆動輪の目標角速度を決定している．各駆動輪の回転角速度計測にはロータリエンコーダを使用し，その値を使用したフィードバック制御系を構成している．

4.2 指令値の生成方法

移動ロボットがユーザに追従性よく移動するために各車輪の目標速度の検討を行う．図 5 にロボットの簡略図を示す．

Handle 部の傾きをθ_1，Neck 部の回転方向をθ_2とし，Handle 部がバネの作用で垂直に保った状態をθ_1の原点，Handle 部の前方が車体の前方部にあるときのθ_2の原点とする．

操縦者がロボットの向きに対し前方にθ_1進んだ時の左右の車輪の目標速度ω_L，ω_Rは

$$\omega_L = K_1\theta_1 \qquad \omega_R = K_2\theta_1 \tag{1}$$

で表すことができると考えられる．ここでのK_1はθ_1における速度係数である．

次にユーザが Handle 部をθ_1だけ傾けた状態で左右に移動して Neck 部がθ_2だけ回転した場合，移動ロボットがその方向に進むためには(1)式で求めた車輪回転数に対してθ_2の回転角度に応じた値を加える必要がある．例えばユーザが移動ロボットに対して左方向へ進んだ場合，ロボットは右の駆動輪の回転角速度を上昇させ，かつ左の駆動輪タイヤの回転角速度を下げることで操縦者の向きに近づけることができる．

Table1 Specifications of the robot system

CPU	SH7047F
Potentiometer	981HE
Rotary Encoder	OIH35-2000P4-L6-5V
DC Motor	TG-85R-SU-17.6-KA
Motor Driver	Hibot 1AxisDC Power Module

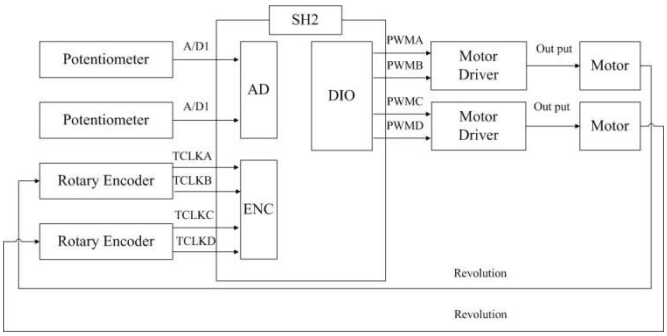


Fig.4　Control system block diagram

以上を考慮した際の左右の車輪の目標速度ω_L，ω_Rは

$$\omega_L = K_1\theta_1 - K_2\theta_2 \qquad \omega_R = K_1\theta_1 + K_2\theta_2 \qquad (2)$$

で表すことができる．この係数K_2はθ_2の速度係数である．

理論上は(2)式で計算した速度目標値に対して安定して追従するフィードバック制御系を使用することで，移動ロボットはユーザに所望の性能での追従動作を行うことが可能となる．

ところで，(1)式で与えられる移動ロボットの目標速度値が小さい場合は，その旋回動作に必要な左右駆動輪の角速度差が小さくても問題無い．しかし，(1)式で与えられる移動ロボットの目標速度値が大きい場合は，その目標速度値が小さいときと同じだけの Neck 部の回転角度であったとしても，旋回動作に必要な角速度差は大きくする必要がある．

このため，係数 K_2 の値は図 6 のように Handle 部の傾きθ_1に逆比例してK_2の係数を小さくする必要がある．この K_2 の値は次の式で与えるものとする．

$$K_2 = -0.00609\theta_1 + 0.0055 \qquad (3)$$

5. 評価実験

開発した試作機のシステムに，前項で述べた角速度目標値生成方法を実装し評価を行った．

図 7 は Handle 部の角度を 15，25，35，45[deg]とおき，Neck 部の角度を-80～80[deg]に変化さした時の左右の車輪の速度の変化を図示したものである．

破線で右肩上がりに変化しているのが右の車輪，実線で右肩下がりに変化しているのが左の車輪の速度である．0[deg]を基準に Neck 部の角度を変化させるとプラス方向に角度が上がるにつれて右の車輪の速度が増幅し，左の車輪の速度が減少しているのが確認でき，またマイナス方向にはその逆の変化をしていることがわかる．Handle 部の角度が増幅すると基準の速度が増幅しており，同様に Neck 部の角度の変化における左右の車輪が緩やかに変化しているのがわかる．これが(2)式におけるK_2の変化だということが言える．

6. 結言

本稿では従来の研究における HOT 患者のための外出支援用酸素ボンベ搬送カートの問題点を述べ，その問題を解決すべく新しい入力デバイスの提案，開発を行った．

また，開発した入力デバイスの操作性を述べ，それに合った制御則を立てた．

今後はこの制御則が実際に追従できるようパラメータの微調節をし，操作性についての評価を行う必要があるが，本稿で検討していない制御則の項目の一つとしてユーザーの身長，体格による Handle 部の変位の変化などがあり，今後はその要素を含めた制御則も検討する必要がある．

参 考 文 献

[1] 永井厚志，"在宅呼吸ケア白書 2010"，社団法人日本呼吸器学会，2010

[2] 遠藤玄，谷篤，福島 E. 文彦，広瀬茂男，入部正継，田窪敏夫，“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.8，2012，pp.35-43.

[3] M. Iribe, G. Endo, T. Takubo, et.al, “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, 2011, pp.316-323.

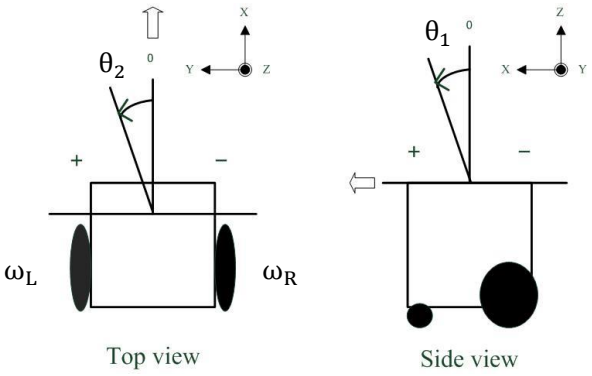


Fig.5 Simplified diagram of robot

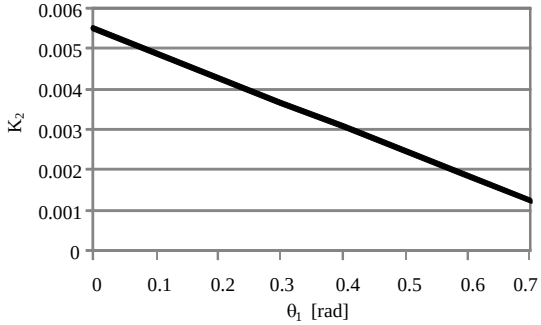


Fig.6 Simplified diagram of robot

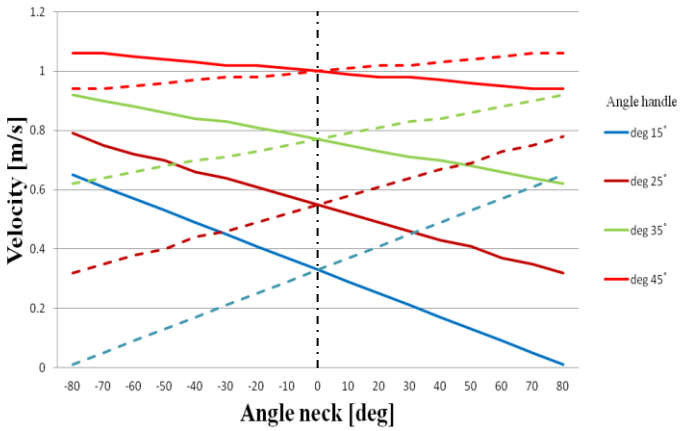


Fig.7 Change in velocity for each angle