

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 力制御による伴走型搬送カートの実現
Title	Robotic cart development for carrying oxygen cylinder to support HOT patients -Realization of the companion cart by force control-
著者	入部正継, 池田遼太, 前田直人, 大西幸平, 遠藤玄, 田窪敏夫, 大平峰子
Author	Masatsugu IRIBE, Ryota IKEDA, Naoto MAETA, Kouhei Onishi, Gen ENDO, Toshio TAKUBO, Mineko OHIRA
掲載誌/書名	, 2A1-C07, ,
Journal/Book name	, 2A1-C07, ,
発行日 / Issue date	2013, 5
URL	<a href="http://www.jsme.or.jp/publish/transact/index.html">http://www.jsme.or.jp/publish/transact/index.html</a>
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.

# HOT 患者の外出支援のための酸素ボンベ搬送カート開発 —力制御による伴走型搬送カートの実現—

## Robotic cart development for carrying oxygen cylinder to support HOT patients

-Realization of the companion cart by force control-

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

Masatsugu IRIBE, Ryota IKEDA, Naoto MAETA, Kohei ONISHI, O.E.C.U., iribe@isc.osakac.ac.jp  
Gen ENDO, T.I.T., Toshio TAKUBO, T.W.M.U., Mineko OHIRA, Higasinagano Hospital

Home Oxygen Therapy (HOT) patients always need to be supplied high concentration oxygen, and they also need to carry portable oxygen cylinders when they go out. However the oxygen cylinders seem to be heavy, so we propose and develop new type of robotic cart for carrying oxygen cylinder to support HOT patients. Our proposed robotic cart applies side-by-side running and following style to carry oxygen cylinder by using handle shape interface which has 4 force sensors to generate the robot's moving direction and velocity. In this paper we describe the concept and principle of robotic cart operation.

**Key Words: Home Oxygen Therapy, Support robot, Force sensory control**

### 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体の中に酸素を十分に取り込めないという患者に対して、鼻からカニューラと呼ばれるチューブを用いて、長期にわたり自宅で高濃度の酸素を供給することにより血中の酸素不足を補いながら行う治療法である。患者は自宅に酸素濃縮器を設置し、図 1 に示すように外出時に酸素ボンベを携帯することで入院することなく日常生活の質を保ったまま加療を続けることができる。

COPD の治療には体力の維持を目的として適度な運動が有効であり、散歩などが推奨されている、しかしながら現行の携帯用酸素ボンベは必ずしも軽量ではなく、代表的な携帯用酸素ボンベと搬送用カートを合わせると約 5kg の質量となる。カートの運搬は坂道などでは肺機能に負担をかけるだけでなく、「常にボンベを運搬していなければならない」という心理的負担となり、それに加えて患者は酸素ボンベの酸素が無くなるという不安を常に抱えているため、自宅に引きこもりがちになる患者も少なくない[1]。

著者らはこれらの問題解決を目的として酸素ボンベ搬送用カートの有用性を提案し、その具体的な仕様と達成方法についてハイパー・テザー型のインターフェイスを使用した試作



Fig.1 Home Oxygen Therapy patient's going out  
(Offered by TEIJIN PHARMA LTD.)

機による実験により、その有用性を示してきた[2][3]。

ところで、著者らは 2012 年 6 月 10 日に東京ステーションコンファレンス 5 階にて実施された第 18 回 J-Breath 医療講演会に参加し、携帯用酸素ボンベ搬送用の移動ロボットのコンセプト説明およびデモンストレーションを行い、アンケート調査を行った。図 2 にそのデモンストレーションの実施風景の様子とデモンストレーションに使用したロボットを示す。そして、このアンケート調査の一部に図 3 の内容を記載し、どのような搬送方式の移動ロボットが望ましいかを調査した。



Fig.2 Demonstration to HOT patients and the demonstrated HT-type mobile robot (Photos are offered by J-Breath, NPO)

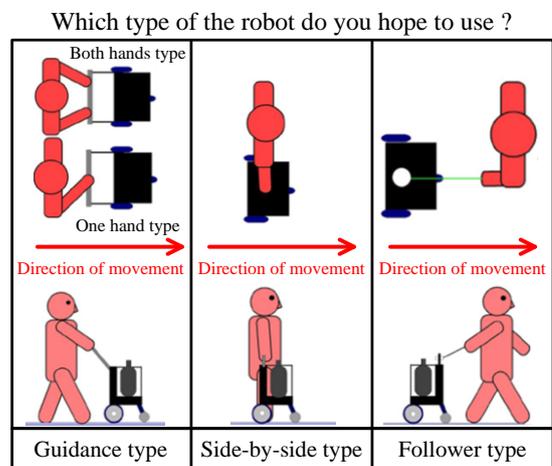


Fig.3 The questionnaire performed to HOT patients

その結果を図 4(a)に示すが、これからわかるように特定の搬送方式の移動ロボットが望まれるということではなく、どれも同じ程度で望まれている傾向があることがわかる。ところが、一週間の外出時間の総和を示す図 4(b)の結果から推察すると、外出時間の多い患者（ユーザ）は伴走型や追従型などロボットに寄り掛かることが少ない方式のロボットを望んでいるように考えられる。

さらに著者らは、2012年9月15日に長野県障害者福祉センター・サンアップルにて HOT 患者が行っている第 44 回北信フライングディスククラブ交流会でのフライングディスク競技の練習会にて上述と同様のデモンストレーションを実施した。その様子を図 5 に示す。そしてここでもアンケート調査の一部に図 3 の内容を記載し、どのような搬送方式の移動ロボットが望ましいかを調査した。その結果を図 4 と同様に図 6(a), (b)に示す。この結果からわかるように、HOT 加療中の患者の中でもリハビリテーション運動であるフライングディスク競技の練習会に積極的に参加する集団内で採取したアンケート結果では、伴走型を望むという結果が一番多く、伴走型は HOT 患者の中でも比較的元気な患者に求められる形になるのではないかと考えられる。

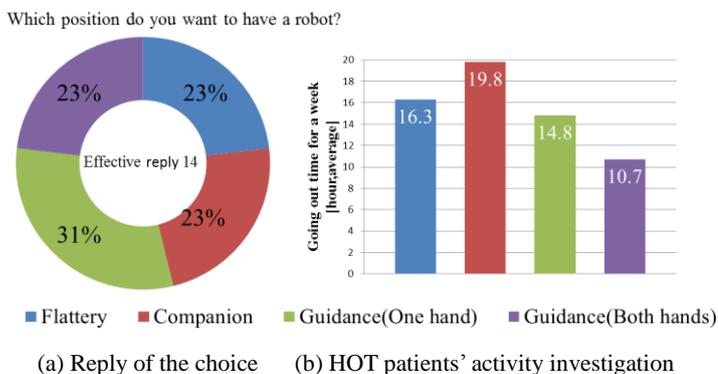


Fig.4 Questionnaire results (on 10<sup>th</sup>/June/2012)



Fig.5 Demonstration to HOT patients and the demonstrated HT-type mobile robot (Photos are offered by Hokushin Flying Disc meeting)

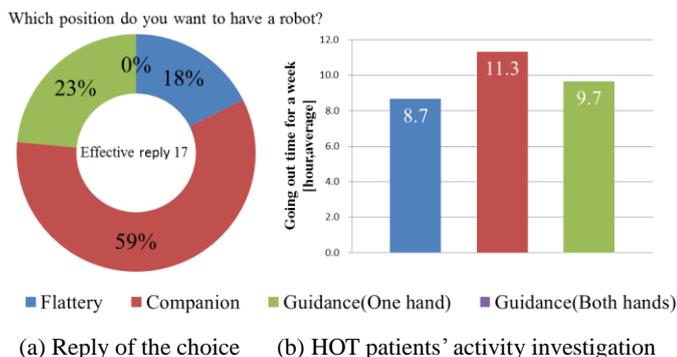


Fig.6 Questionnaire results (on 15<sup>th</sup>/September/2012)

また、伴走型搬送用移動ロボットはロボット自体がユーザ自身の真横に位置することで、ユーザに最も近い位置でロボットが動作することが可能である。またユーザからロボットに搭載された携帯用酸素ボンベが常に見えるため、操作しやすく安心感も与えられるというメリットがある。

これらのことを考慮して、本研究では伴走型方式の搬送カートについて検討を実施し、開発を行う。

## 2. 試作機の概要

試作機的设计にあたり、実機の高さ寸法に関しては一般に市販されているキャリー・バックの寸法をもとに設計し、最小で 800mm, 最大で 1060mm とした。また、患者の個人差に合わせて高さを 800mm~1060mm の間で 50mm 毎に高さを調節できる仕様とした。

また、一般的に利き腕は右利きが多いと考えられるため、試作機の実機は右利き用としている。試作機の CAD 図面を図 7 に、寸法詳細を表.1 に示す。

### 2.1 実機の動作原理

ユーザはハンドル部を把持し、進みたい方向へ体ごと移動する際にハンドル部に進行方向への押力を与える。その押力を測定し、移動速度と進行方向を算出して駆動輪を動作させる。その押力を測定する力センサの配置を図.7 右側部に示す。

ハンドル内部には力センサが前後左右の 4 方向に配置されている。力センサはニッタ株式会社の Flexi Force A201-100 を採用した。ハンドル部の持ち手部分を構成する棒状の部品は、図 5 に示すように後方に比べて前方の取付け部分に 3mm の遊びとなるクリアランスを設けており、持ち手部分の前方が微小量だけ動くようになっている。そのため、ユーザが持ち手部分を把持して移動するだけで各方向の力センサを押すこととなり、その押力で前後左右の移動方向の指定が可能となる。

安定したセンサ信号を取り出すためには、押力をセンサへ均一に伝えることが必要となるが、そのために棒状の部品と各力センサの間にクッション材を挿入し、押力が均一に伝わりやすい構造としている。

Table 1 Specifications

Dimension[W×D×H(max)]	370×236×800(1060)[mm]
Weight	6.54[kg]
Drive wheel diameter	140[mm]

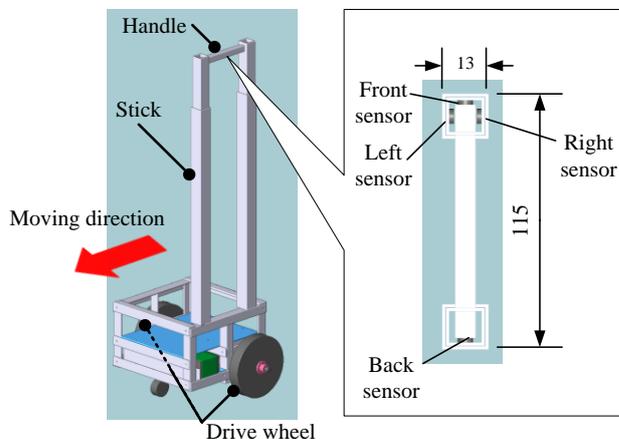


Fig.7 3D-CAD drawing of the prototype robot

次に、車体を動作させるための駆動輪の回転速度を決定する理論式を導出する。車体の移動は左右の車輪の回転比で決定されることより、Front Sensor の値を  $F_F$ 、Back Sensor の値を  $F_B$ 、Left Sensor の値を  $F_L$ 、Right Sensor の値を  $F_R$  とする。前後方向の速度については  $F_F$  と  $F_B$  の値を基準に算出し、左右旋回速度については  $F_R$  と  $F_L$  の値を使用して算出する。その結果、得られる計算式は以下の(1)式となる。

$$\begin{cases} \omega_L = K_S(F_F - F_B) + K_T(F_R - F_L) \\ \omega_R = K_S(F_F - F_B) - K_T(F_R - F_L) \end{cases} \quad (1)$$

(1)式中のパラメータ  $K_S$ 、 $K_T$  はユーザによって異なると思われる押力から移動速度までの感度係数である。これらのパラメータはユーザの身長、体重、体力等の要素によって、調整することを想定している。

### 3. カセンサの特性実験

持ち手部に使用する棒状の部品の形状や表面の粗さなどにより同じカセンサを使用しても個々の信号の値にばらつきが生じる。そこで実際にハンドル部を試作し、各方向にカセンサを取り付けて実際に押力を加えて出力信号を測定しカセンサの特性を確認する。測定は持ち手部の中心におもりを取り付け、各方向のカセンサに 4.90N, 9.80N, 14.70N, 19.60N, 25.37N, 37.67N, 50.45N の計 7 パターンの荷重を加え、その加えた力に相当する電圧値を各 10 回測定する。そして横軸に測定した電圧の 10 回の平均値を、縦軸加えた力を取った時の関係を図 6 に示す。

これからわかるように、その関係はばらつくと同時に指数関数で近似する事ができる非線形特性を示す。しかし実際にユーザがロボットを動作させる時に押力の大小により同じ感度で電圧を出力しておくようにしなければ、ユーザが使いづらさを感じてしまう事が懸念される。そこで、非線形な信号を線形に変換する事により加えた力に比例的に電圧が出力されるように操作することを試みる。

以上をふまえて、ハイボット社の TITech SH2 Tiny Controller マイコンを使用し 4.90N~50.45N の力を前後左右に与えた時の左右の車輪の駆動する PWM 比を測定する。そして測定された値を(1)式に代入しその結果を図 7 に示す。

この結果からわかるように前方向に力を加えていくと直進、後方向に力を入れると後進、右に力を入れると右向きに超信地旋回、左向きに力を入れると左向きに超信地旋回となり(1)を使うことで進行方向とその速度が変化できる事が確認出来る。

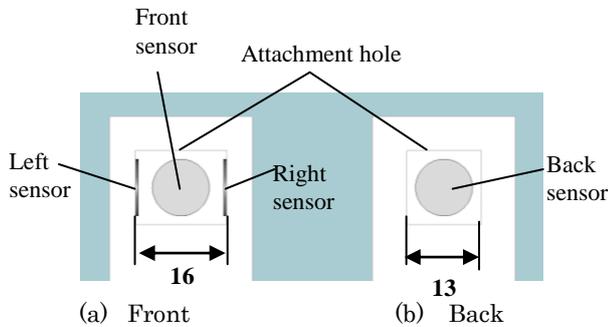


Fig.5 Right-and-left detection procedure

### 4. 結言

本稿では、アンケート調査より新しい操作方法の酸素ボンベ搬送カートを考案し、動作原理の理論式の導出を行い試験機を用いて実験を行う事でその理論式が実用できる事を証明した。

今後の課題としてハンドル部を製作し、マイコンを使い走行試験の実施が挙げられる。

### 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, “在宅呼吸ケア白書 2010”, 社団法人日本呼吸器学会, 2010
- [2] M.Iribe, 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.

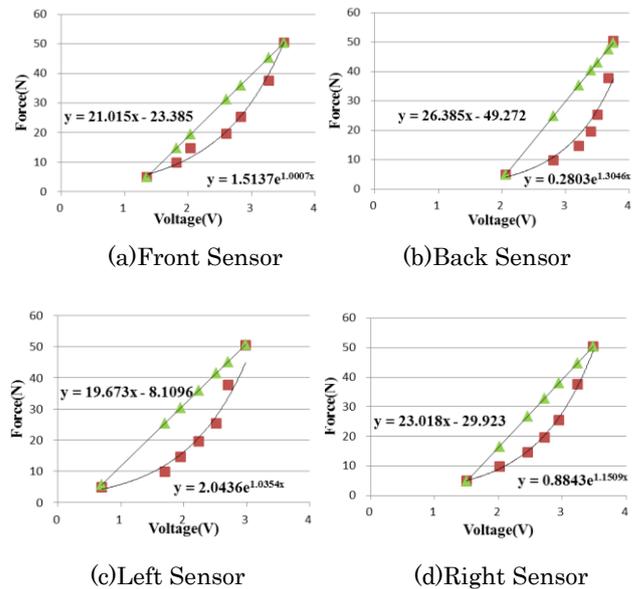


Fig.6 Sensor parameter

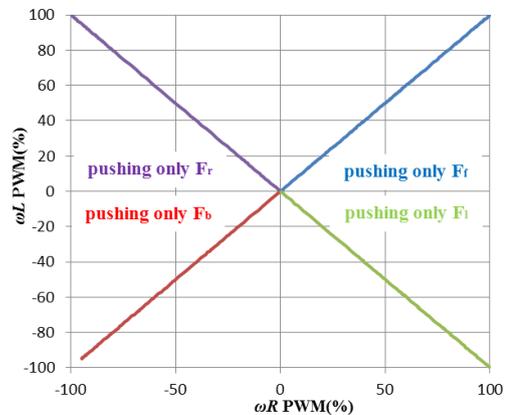


Fig.7 Relation between the right wheel and the left wheel