T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	日常生活支援のための実用的ロボティックフォロワの研究-第 7 報：患者アンケートを反映した操作ユーザインターフェイス開発-
Title	
著者(和文)	入部正継, 前田直人, 大西幸平, 池田遼太, 齊藤勇真, 遠藤玄, 家村侑, 田窪敏夫, 大平峰子
Authors	Masatsugu Iribe, Naoto MAETA, Kouhei Onishi, Ryota IKEDA, Gen Endo, Yu Iemura, Toshio Takubo, Mineko OHIRA
出典 / Citation	日本ロボット学会学術講演会, , , 3F2-04
Citation(English)	, , , 3F2-04
発行日 / Pub. date	2013, 9
権利情報 / Copyright	本著作物の著作権は日本ロボット学会に帰属します。 Copyright (c) 2013 The Robotics Society of Japan.

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

日常生活支援のための実用的ロボティックフォロワの研究
-第 7 報：患者アンケートを反映した操作ユーザインターフェイス開発-

○入部正継，前田直人，大西幸平，池田遼太，齊藤勇真 (大阪電気通信大学)
遠藤玄，家村侑（東京工業大学）
田窪敏夫（東京女子医科大学），大平峰子(東長野病院)

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鼻や口から供給することで血中酸素濃度を保つ療法（図 1）であり，現在日本では約 16 万人が加療中である[1]．この HOT 加療中の患者は，生活の質（QOL）や体力を維持するために散歩やリハビリなどの運動が一般に推奨されている．しかし，患者が散歩や運動のために外出する際には定期的に詰め替えを行う酸素ボンベとそれを運ぶカートを携帯する必要があり，これは肉体的・心理的負担となっている[1]．そのため患者は外出が億劫で家に引きこもりがちになったり鬱症状に陥ったりすることもあり，QOL 低下の原因となっている．

そのような背景の中，我々は HOT 患者がより気軽に外出して QOL を高めることができるように，酸素機器を積載して HOT 患者に追従する電動式搬送移動体ロボットを提案し研究開発を行ってきた[2][3]．具体的には，ハイパーテザー（HT）方式と呼ばれる「紐を引っ張って機器を操作する」ユーザインターフェイス（UI）によるユーザ追従型移動体ロボットを試作し，健常者による設計評価だけでなく，実際にユーザとなる HOT 患者へのデモンストレーションを現在まで継続して行っている．そして，その結果をアンケート調査によって評価を行い，得られた知見とニーズを研究開発へフィードバックし，機器の性能と有用性の向上を実現している[4]．

ところで，上述した HT 方式での UI 以外にも潜在的なニーズが存在するかどうかを後述するアンケート調査を行ったところ，HOT 患者からの回答の内容には「現在使用している搬送カートと同等の取り扱いが可能なロボットがあるとよい」，「歩行補助器を兼ねた前方先導型のロボットなども欲しい」等の搬送時の移動形式と操作方法に関するニーズも少なからず見受けられることがわかった．そこで我々はこれらのニーズを受け止め，酸素機器搬送のための移動体ロボットの移動形式と操作用 UI に関する検討を開始した．

本稿では，まず上述した移動ロボットのデモンストレーションによるアンケート調査とその結果の評価について述べる．次にその結果から構想を得て製作した試作機の概要と，それらを用いたユーザテスト評価の内容について述べる．

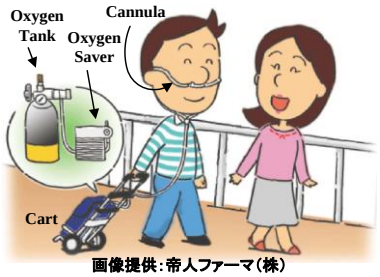


図 1　在宅酸素療法患者の外出の様子

2. HOT 患者へのアンケート調査

2.1 デモンストレーションによるアンケート調査

現在までに我々は HOT 患者へのデモンストレーションとアンケート調査を 2 回実施した．1 度目は 2012 年 6 月に行われた第 18 回 J-Breath 医療講演会にて，設計者による動作デモンストレーションと希望する患者による操作テストを実施し，その感想をアンケート調査で採取した．2 度目は同年 9 月に行われた第 44 回 北信フライングディスククラブ交流会にて，HOT 患者が競技を合間に試作機を使用してもらい，1 度目と同様に感想をアンケート調査で採取した．それらのデモンストレーションの様子を図 2 に示す．

(a) 第 18 回 J-Breath 医療講演会での様子

(b) 第 44 回北信 FD クラブ交流会での様子

図 2　在宅酸素療法患者へのユーザテスト

2.2 アンケート調査結果のまとめ

実施した酸素機器搬送ロボットに関するアンケート内容とその回答を図 3 に示す．ここでは HOT 患者の日常活動の活発さの度合いを 1 週間あたりの延べ外出時間で判断している．

このアンケート結果より，HOT 患者の日常活動の活発さと希望する移動方式には強い相関があると判断できる．具体的には，活動度合いが低い患者は自身よりも前方を伴走するロボットを希望する傾向が強く，逆に活動度合いが高い患者は自身よりも後方か横側にあるロボットを牽引することを希望する傾向が強いことが確認できる．

なお，上述のアンケート回答については標本数が少ないために統計的に有意な判断であるとは言いがたい．しかしながら，少ない標本数でこれだけの傾向が確認できることを考慮すると，HOT 患者の個人差に対応可能な酸素機器搬送移動ロボットの仕様を複数用意することは有用であると考えられる．

3. 試作機の開発と評価

本節では，前述したアンケート結果を受けて開発した 3 種類の移動方式と 2 種類の操作 UI を採用した試作機 4 台の概要について説明する．そしてそれらの試作機を使用して，HOT 患者による簡易的な使用感調査とその結果について述べる．

3.1 ユーザ先導型移動体ロボットの試作概要

1 週間の延べ外出時間が少ない HOT 患者のニーズがあると考えられる「患者の前方で移動する先導型」の移動形式の移動体ロボットの試作を行った[5]．その外観と制御系ブロック図を図 4 に示す．

この試作機では操作 UI として左右のハンドル部に力センサを配置し，操作者がハンドル部を押す力成分を速度目標値として検知している．そしてその制御入力に対してインピーダンス成分を調整する制御を採用し，立ち上がり速度の特性を調整する．その制御系には 2 自由度 PID 制御器を採用しており，系の安定性と追従性については制御器 $C_2(s)$が補償し，制御入力から出力までの特性（すなわちインピーダンス成分の特性）を $C_1(s)$が補償している[6]．

3.2 ユーザ伴走型移動体ロボットの試作概要

1 週間の延べ外出時間が多い HOT 患者のニーズがあると考えられる「患者の横側で移動する伴走型」移動形式の移動体ロボットの試作を行った[7]．その外観と制御系ブロック図を図 5 に示す．

この試作機では，ハンドル部に加わる力成分を検知し，それから前後左右の移動方向と速度に対する制御入力値を算出し，駆動輪を動作させている．

3.3 ユーザ追従型移動体ロボットの試作概要

3.3.1 ジョイスティック UI による移動体ロボット

1 週間の延べ外出時間が比較的多い HOT 患者のニーズがあると考えられる「患者の後方で移動する追従型」移動形式の移動体ロボットの試作を行った[8]．その外観と制御系ブロック図を図 6 に示す．

この試作機では操作 UI にジョイスティック型のハンドル装置を採用しており，そのハンドル部のピッチ軸とヨー軸周りの倒れ角度で移動速度と旋回速度が決定される．また操作時の入力に対するインピーダンス特性を調整可能とするために 3.1 節で述べた試作機と同様に 2 自由度 PID 制御器を採用している．

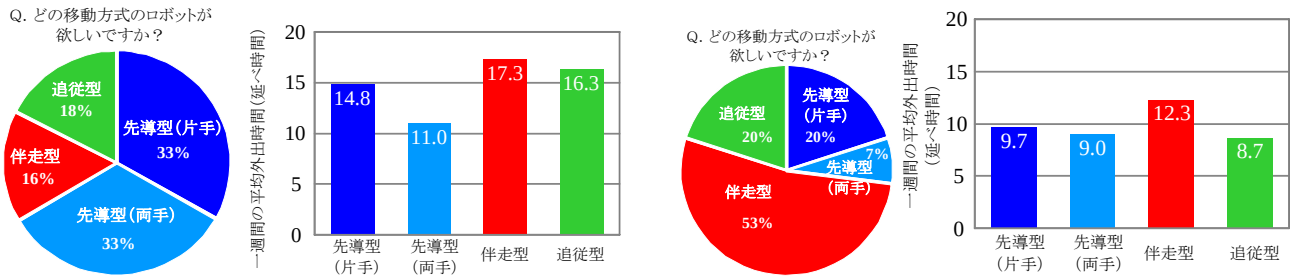
3.3.2 力制御 UI による移動体ロボット

前節と同様に「患者の後方で移動する追従型」移動形式の移動体ロボットを，3.1 節と同様に力センサを使用した力制御型の操作 UI を採用して試作した[9]．その外観と制御系ブロック図を図 7 に示す．

この試作機では駆動部分に差動歯車を使用し，DC モータ 1 個で前後方向の移動を行う．旋回動作については，差動歯車の特長である左右両軸の回転速度差を吸収する動作を利用し，操作者の移動方向に対して受動的に追従する．

3.4 HOT 患者によるテスト動作による評価

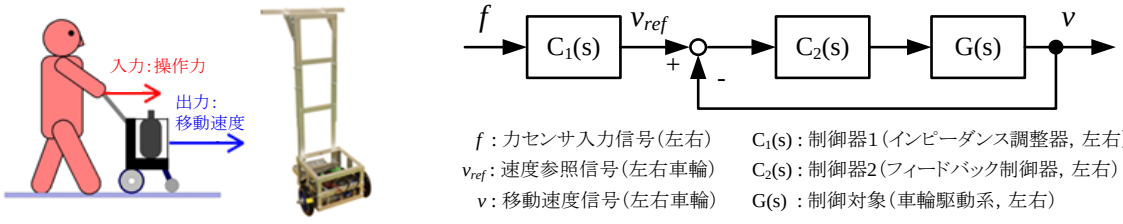
3.1～3.3 節で説明した試作機 4 種と，従前に開発した HT 方式の試作機 2 種の合計 6 台を使用して，HOT 患者へのデモンストレーションとユーザテストを実施し評価を行った．使用した試作機 6 台の外観とテストの様子を図 8 に，評価後のアンケート調査結果を図 9 に示す．



有効回答数 12（複数回答含）
(a) 2012 年 6 月のアンケート結果

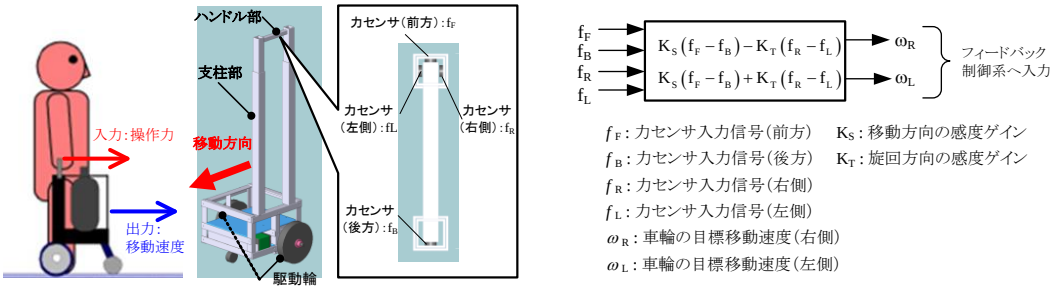
有効回答数 15（複数回答含）
(b) 2012 年 9 月のアンケート結果

図 3　HOT 患者へのアンケート調査結果



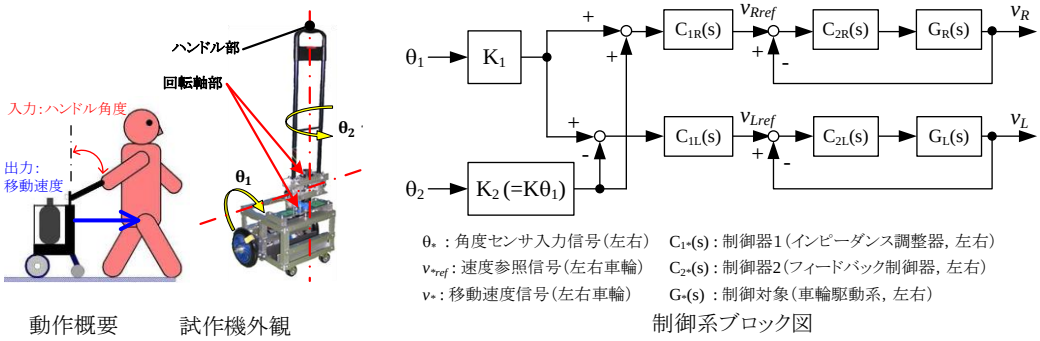
動作概要　試作機外観　制御系ブロック図

図 4 先導型移動ロボットの概要と制御ブロック図



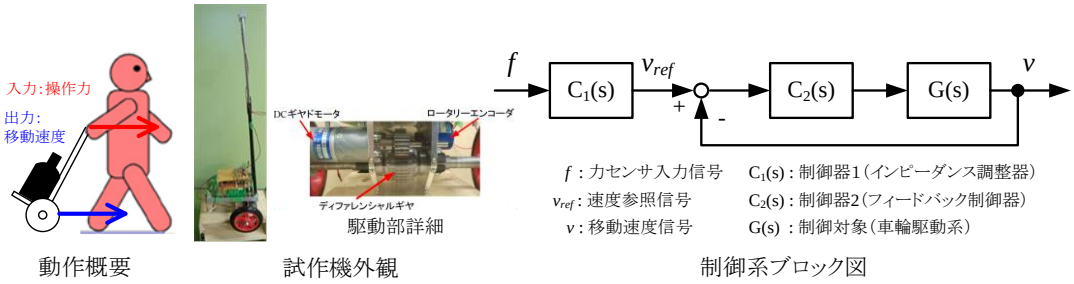
動作概要　試作機外観　制御系ブロック図

図 5 伴走型移動ロボットの概要と制御ブロック図



動作概要　試作機外観　制御系ブロック図

図 6 追従型移動ロボット(ジョイスティック UI 方式)の概要と制御ブロック図



動作概要　試作機外観　制御系ブロック図

図 7 追従型移動ロボット(力制御 UI 方式)の概要と制御ブロック図

(a) 使用した試作機:写真左から順に追従型(ジョイスティックUI方式, HT方式, HT方式, 力制御UI方式), 伴走型, 先導型の移動体ロボット

(b) フライングディスク競技中のHOT患者の移動の際に各種試作機を使用して頂き, その感想をアンケート調査で採取する.

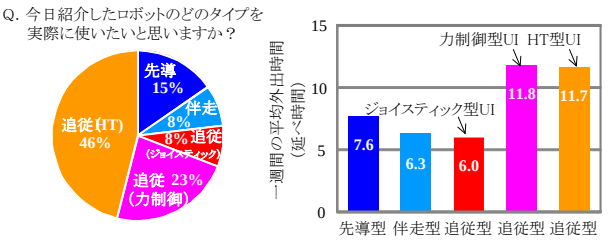
図 8 テストに使用した試作機 6 台とテストの様子

図 9（a）は HOT 患者が実際に試作機を使用した後に実施したアンケート調査のうち，「どの移動方式の搬送ロボットを使いたいか？」という設問への回答結果をまとめたものである．日常活動の活発さと希望する移動方式について着目してみると，活動度合いが高い傾向にあると考えられる患者は明らかに追従型の移動方式を望んでいることが確認できる．そして活動度合いが低くなるにしたがって，先導型，伴走型へと推移していることがわかる．これは，図 3 の結果と異なっているが，実際にユーザとなる患者が使用してみた結果で入れ替わった優先度であることは，非常に興味深く思われる．

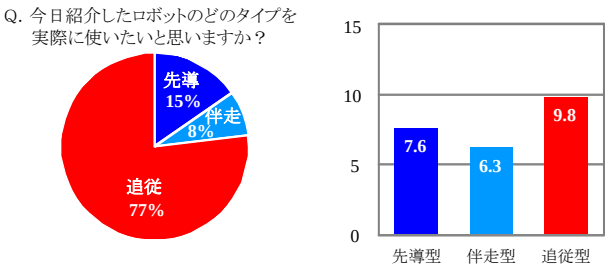
図 9（b）は上述の回答内容を追従型の移動方式の試作機の結果をまとめて示したものである．この結果からも，日常活動の活発さが高い順に追従型，先導型，伴走型が希望されていることがわかる．

これらのアンケート調査については，回収した回答が母数として少ないことや，そもそもリハビリテーション活動であるフライングディスク競技に参加する患者が調査対象であるため，標本として偏りが存在する可能性が高いことは十分に考慮せねばならない．しかしながら，図 9 に示す傾向を確認できたことは，本研究開発を継続していく上で重要な知見が得られたと思われる．

また操作 UI に関する評価結果については，自由記入コメントとして感想を採取した．今回は母数が少ないために，定量的にまとめるには至らなかったが，操作性については「操作時の感度」や「試作の完成度」が低いことを指摘する意見が多かった．これは今後の課題となる．



(a) 移動方式に関するアンケート調査結果（各試作毎）



(b) 移動方式に関するアンケート調査結果（方式毎）

図 9 HOT 患者へのユーザテスト後の評価結果
（有効回答数 13）

4. 結言

本稿では HOT 患者の外出支援のための電動式搬送移動体ロボットについて，どのような移動方式と UI が適しているかを調査することを目的として，患者へのアンケート調査結果を反映させた試作を行った．そして，それらの試作を使用して実際に HOT 患者によるユーザテストを実施し，その評価を行った．

これにより得られた知見を活かして．今後も実用化を目指した研究開発を継続していく．

参　考　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] 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, pp.779-787, 2012.

[4] G. Endo, M. Iribe, Y. Iemura, R. Ikeda, K. Onish, N. Maeta, E. F. Fukushima, S. Hirose, M. Ohira, T. Takubo. Study on a Practical Robotic Follower to Support Home Oxygen Therapy Patients -Questionnaire-Based Concept Evaluation by the Patients-, IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR), C28, Jun. 2013.

[5] 入部, 前田, 大西, 池田, 遠藤, 田窪, 大平, “HOT 患者の外出支援のための酸素ボンベ搬送カート開発 -前方支持 I/F による搬送カートの力制御-”, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2013, 2A1-C09, 2013.

[6] 須田, “PID 制御”, 朝倉書店, 1992.

[7] 入部, 池田, 前田, 大西, 遠藤, 田窪, 大平, “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-”, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2013, 2A1-C07, 2013.

[8] 入部, 大西, 前田, 池田, 遠藤, 田窪, 大平, “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-”, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2013, 2A1-C10, 2013.

[9] 入部, 齊藤, 川崎, 遠藤, 田窪, “HOT 患者の外出支援のための酸素ボンベ搬送カート開発 -キャリーカート型 I/F による搬送カートのコンプライアンス制御-”, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2013, 2A1-C11, 2013.