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(和文)	在宅酸素療法患者の外出支援用酸素運搬ロボットの開発―患者による複数機器試用評価―
Title(English)	Development of a mobile robot carrying oxygen equipment to support home oxygen therapy patients - Evaluation of the prototypes by patients -
著者(和文)	遠藤玄, 入部正継, 田窪敏夫, 家村侑, 池田遼太, 大西幸平, 前田直人, 齋藤勇真, 福島E.文彦, 鏑木武, 小谷素子, 石橋大輔, 大平峰子, 平井一也, 石川朗
Authors(English)	Gen Endo, Masatsugu Iribe, Toshio Takubo, Yu Iemura, Ryota Ikeda, Kohei Onishi, Naoto Maeta, Yuma Saito, Edwardo F. Fukushima, Takeshi Kaburagi, Motoko Kotani, Daisuke Ishibashi, Mineko Ohira, Kazuya Hirai, Akira Ishikawa
出典(和文)	日本呼吸ケア・リハビリテーション学会誌, Vol. 25, No. 3, pp. 367-371
Citation(English)	The Journal of the Japan Society for Respiratory Care and Rehabilitation, Vol. 25, No. 3, pp. 367-371
発行日 / Pub. date	2015, 12

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

在宅酸素療法患者の外出支援用酸素運搬ロボットの開発

―患者による複数機器試用評価―

Development of a Mobile Robot Carrying Oxygen Equipment to Support Home Oxygen Therapy Patients – Evaluation of the Prototypes by Patients –

遠藤玄 1)2)（責任著者，会員番号 9500），入部正継 3)，田窪敏夫 4)，家村侑 2)，池田遼太 3)，大西幸平 3)，前田直人 3)，齋藤勇真 3)，福島 E.文彦 2)，鏑木　武 6)11)，小谷素子 7)11)，石橋大輔 8)11)，大平峰子 9)11)，平井一也 5)11)，石川朗 10)11)

Gen Endo 1)2), Masatsugu Iribe 3), Toshio Takubo 4), Yu Iemura 2), Ryota Ikeda 3), Kohei Onishi 3), Naoto Maeta 3), Yuma Saito 3), Edwardo F. Fukushima 2), Takeshi Kaburagi 6)11), Motoko Kotani 7)11), Daisuke Ishibashi 8)11), Mineko Ohira 9)11), Kazuya Hirai 5)11), Akira Ishikawa 10)11)

東京医科歯科大学 生体材料工学研究所 1)，東京工業大学 大学院理工学研究科 機械宇宙システム専攻 2)，大阪電気通信大学 大学院工学研究科 制御機械工学専攻 3)， 東京女子医科大学 第一内科 4)，長野市民病院 呼吸器内科 5)，長野市民病院 リハビリテーション科 6)，小谷医院 7)， 帝人在宅酸素医療（株）長野営業所 8)，東長野病院内科 9)， 神戸大学 大学院 保健学研究科 保健学専攻 10)，北信ながいき呼吸体操研究会 11)

1) Institute of Biomaterials and Bioengineering, Tokyo Medical and Dental University

2) Department of Mechanical and Aerospace Engineering, Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology

3) Division of Mechanical and Control Engineering, Graduate School of Engineering, Osaka Electro-Communication University

4) Department of Medicine I, Tokyo Women's Medical University

5) Department of Pulmonary Disease, Nagano Municipal Hospital

6) Department of Physical Therapy, Nagano Municipal Hospital

7) Kotani Clinic

8) Nagano Regional Office, Teijin Home Healthcare Limited

9) Department of Internal Medicine, East Nagano Hospital

10) Faculty of Health Sciences, Graduate School of Health Sciences, Kobe University

11) A Meeting for the Pulmonary Rehabilitation Studies in Hokushin

【要旨】在宅酸素療法患者の外出を支援するため，電動モータを用いて酸素機器を運搬するロボットの試作を行った．患者とロボットがどのような位置関係で，どのような入力装置であれば操作性が高く，患者に好まれるのかを調査した．患者が 5 種類（6 台）の試作機を用い，酸素ボンベを搬送しつつ一定経路を移動した後，聞き取りによるアンケート調査を行った．参加者 18 名の内，試作機毎の延べ 22 の有効回答を得た結果，使用したいタイプは，患者の後方に位置し，紐の長さと向きで操作するタイプのニーズが高かった．

Key Words：在宅酸素療法――移動ロボット――外出支援――QOL

緒言

在宅酸素療法（home oxygen therapy: HOT）は，慢性閉塞性肺疾患（chronic obstructive pulmonary disease: COPD）に代表される呼吸器疾患により肺機能の低下した患者に対して，鼻や口から高濃度の酸素を常に供給し，血中酸素濃度を高める療法で，日本でおよそ 16 万人が加療中であると推計されている[1)]．在宅のまま治療できることから，比較的高い Quality of Life（QOL）を保つことが出来る一方，外出の際には携帯型酸素機器を搭載したカート（全質量およそ 4kg）を搬送しなければならず，肉体的・心理的負担から家に引きこもりが

ちになる患者も少なくない．実際，病気になってからの社会生活の変化を問う患者アンケートでは，HOT・人工呼吸療法実施群は，非実施群に比して交友関係・趣味・親類近所付き合い・仕事量の項目で，活動性が低いことが報告されている[2)]．一方で運動療法による呼吸リハビリテーションの有用性は，近年医学的根拠を確かなものとしており[3)]，特に歩行に代表される下肢の運動による全身持久力トレーニングの有用性のエビデンスは最も高く，多くのガイドラインで推奨されている[4)]．

外出時における酸素機器運搬による煩わしさ・身体負荷を軽減するため，患者団体であるNPO法人日本呼吸器障害者情報センターは，酸素犬と呼ぶ酸素カート搬送用の特別な介助犬を育成した[5)]（図１）．ところが訓練に時間がかかり育成費用が150万円程度と高額であった．もちろん多くの人がペットとして犬を飼うのと同様，犬との生活は介助以外の様々な側面で心の安らぎをもたらすが，一方で，酸素ボンベ搬送という機能のみに着目すれば，移動ロボットによる工学的解決策も模索しうるのではないかと筆者らは考えた．

本研究の目的は，人に代わって酸素機器を電動で運搬する移動ロボットを開発し，HOT患者の外出を支援することである．そしてそれが真に役立つ機器となるために，研究開発の初期の段階から，患者による具体的な試用評価を積極的に取り入れていくことは極めて重要である．現在までに，紐を引くことで先

導する患者に一定距離で追従する２輪駆動型の移動ロボットを複数製作し，電動で運ぶことのコンセプトそのものの評価や，好まれるサイズ，目標とすべき仕様などをアンケート調査により明らかにしてきた[6)]. 現在までに 3 回の患者による試用評価，アンケート調査を実施してきたが，患者からの要望を聞くに従い，好まれる移動体の操作方法・人との相対位置が，患者の生活環境や身体的能力に依存して異なるのではないかとの仮説に至った．本論文では特に患者とロボットがどのような位置関係で，どのような入力装置であれば操作性が高く患者に好まれるのかを調査した．計 5 種類（6 台）の試作機を製作し，試用評価を行ったので報告する．

対象・方法

長野県北信地域で，包括的呼吸リハビリテーションプログラムに取り組む「北信ながいき呼吸体操研究会」と，その派生団体である「北信フライングディスククラブ」の協力を得て，第 3 回 HOT フライングディスク大会に合わせて試用評価を行った．試用評価の参加者は HOT 実施中の 18 名（男性 14 名，女性 4 名）（COPD 9 名・肺結核後遺症 5 名・その他 4 名）で，平均年齢 75.2±4.7 歳である. 外出時の酸素流量は中央値 1.5 L/min（最小 0.5 L/min，最大 3.0 L/min）である．日頃から自主的にフライングディスクの練習会を開催するなど，社会

参加・外出機会の比較的多い患者である[7]．大会参加選手である患者は，待機場所からおよそ15～20m離れたフライングディスクのスローイングラインまで移動し，10回の試技を行い再び待機場所に戻る．この移動を2往復行う際に，それぞれ種類の異なる酸素運搬ロボットを18名全員に試用してもらった．また大会終了後に会場ロビーにて，希望者は自由に各ロボットを試用できる機会を設けた．その後，使用感・要望について対面聞き取り式のアンケート調査を行った．アンケートの内容は，試用したロボットと，使いたいと思うロボットを訊ね，試用したロボット毎に1回答とし複数回答を許した．また身体活動の指標として1週間の平均的な外出時間を訊いた．

本調査は，東京工業大学疫学研究等倫理審査委員会の承認を得て実施した（承認番号：第2013002号）．具体的には，ロボットを使用する患者に対し，事前に口頭ならびに研究協力依頼書により，本実験の意義，目的，方法，予測される利益・不利益，個人情報の保護，研究成果の公表等について説明を行い，同意書の提出を以てインフォームドコンセントを得た．安全のため，すべてのロボットの後方には常に調査実施者が付き添い，いつでも緊急停止できるよう配慮するとともに，不測の事態に備え，ボランティア行事用保険・生産物賠償責任保険等に加入した．

調査対象とした5種類（6台）の試作機は以下の共通する特徴を持っていた．

（1）十分実用的かつ低価格とするため，最も簡潔な移動方式である電動車輪型である．（2）使用する電動モータの数は最大 2 つまでとした．（3）ロボットは患者の位置を測定し，その距離が一定になるように車輪の回転速度を制御できるようにした（つまり，患者が速く歩けばロボットも速く移動し，患者が停止すればロボットも停止する．患者が右に歩けばロボットも右に移動するよう制御した）．（4）患者の位置の計測は，低コストな有線式（ハンドルや紐）で行った．開発した試作機各々の特徴・概観を表１に，調査の様子を図２に示す．

結果

聞き取りによるアンケート結果を表２に示す．18 名中アンケートの有効回答者数は 12 名であり，複数回答を含む全有効回答数は 22 であった．また過去の試用評価[6)]において，テザー型を操作した経験のある患者は 11 名であった．試作機ごとの使用された延回数は，カート型が 2 回と少なかったものの，それ以外はほぼ均等に使用された．最も使用したいタイプについては，(b)(c)テザー型（41%），(d)カート型（27%），(f)前押し型（18%），(a)ハンドル型（9%），(e)伴走型（5%）であった． この結果テザー型が最もニーズが高いことが分かった． 全患者の平均外出時間は 10.3 時間／週で，テザー型，カート型を選択し

た患者の平均外出時間が長い傾向にあった.

考察

試用された延回数と利用希望試作機を見比べると，ハンドル型・伴走型は試したものの希望する患者が少なかったことが分かる．一因として考えられるのは，ハンドル型では現行機器に対する優位性が見えにくいこと，伴走型は操作に慣れが必要で思い通りに動かせなかったことが推察される．一方でテザー型・カート型では，試用された延回数以上の希望が得られている．これは今回試用していないにもかかわらず，過去の操作経験や見た目などで選択しているものと推察される．また 1 名を除くすべての患者が，過去にテザー型を操作した経験があり，ロボットへの慣れによる操作のしやすさが，テザー型の評価を高めた可能性がある．同様にカート型についても，現在利用している受動車輪型カートとほぼ同じタイプであるため，親和性が高かったものと思われる.

また一週間の平均外出時間と嗜好されたロボットの関係では，手ぶらで歩くことのできるテザー型や，現行機器に近く小型に構成できるカート型を選択する患者の外出時間が長いことが分かった．一方で，杖代わりに支えとなる前押し型や伴走型を選ぶ患者は，これらに比して外出時間が短い結果となった．このことから活動度の高い患者に対しては，テザー型やカート型が適することが

示唆される．なお当該地域の HOT 事業者からのヒアリングによれば，　本調査に参加している HOT 患者は，普段から活動的で外出頻度が高い方が多いとのことである．従って本来足腰に不安のある方のために開発した前押し型・伴走型であるのに，想定した患者が今回は評価に参加していない可能性が考えられる．今後は病院の通院に来られる患者なども対象として，より広範な患者からの評価を得たいと考えている．

最後に本研究の限界について述べる．アンケート調査は，理想的には初見の患者に対して，すべての試作機を同じ時間だけ試用してもらい，その後にもっとも良い試作機を選択してもらうべきであろう．しかしながら，現実的には限られた時間・試作機台数の中での調査であったため，最大でも 3 種類までの試用に留まった．より客観的なデータとなるためには，試用時間などの条件を均一化してより多くの患者で調査を行い，さらなる評価が必要で今後の課題と考える．

結語

本論文では，HOT 患者の外出を支援する新たな機器として移動ロボットを用いることを提案し，どのようなタイプが実際に望まれるかを，第 3 回 HOT フライングディスク大会での試用を通して評価を行った．その結果評価に参加した

患者では，テザー型のニーズが高かった．今後はさらに多くの患者でより客観的な条件で試用評価を行うとともに，各試作機の信頼性・操作性・安全性を高め，より実際の使用状況に近い条件で試用評価を行っていきたい．

謝　辞

本研究の一部は（公財）テクノエイド協会介護機器モニター調査事業の支援を受けました．関係各位に感謝いたします．

文　献

1)　ガスメディキーナ 2014 Vol.19，ガスレビュー社，大阪，2014，41.

2)　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：第２部患者アンケート調査結果 病気になってからの社会生活の変化．三嶋理晃，在宅呼吸ケア白書 2010，社団法人日本呼吸器学会，東京，2010，60.

3)　Ries A., Kaplan R., Limberg T., et al. : Effects of pulmonary rehabilitation on physiologic and psychosocial outcomes in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Ann Intern Med, 122: 823-832, 1995.

4)　Nici L, Donner C, Wouters E, et al. : American Thoracic

Society/European Respiratory Society statement on pulmonary rehabilitation. Am J Respir Crit Care Med, 173:1390-1413, 2006.

5） 遠山雄二，村田朗，工藤翔二：酸素犬の育成とその有用性の検討．日呼管誌，12：378-380，2003.

6） Endo, G., Iemura, Y., Hirose, H. et al.: 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, 2013.

http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6650479

（2015 年 2 月 28 日現在）

7） 原田友義，小谷素子，大平峰子，他：フライングディスクとの出会い―HOT 患者の立場から―．日呼ケアリハ学誌，20：268-271，2010.

8） 入部正継，大西幸平，前田直人，他：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，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会予稿集，2A1-C10, 2013.

9） 鵜飼伸雄，遠藤玄，福島 E.文彦，他：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 5 報：ユーザビリティを考慮した菱形 4 輪車両の改良-, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会予稿集, 2A2-V09, 2012.

10)　入部正継，齊藤勇真，川﨑豊，他：HOT 患者の外出支援のための酸素ボンベ搬送カート―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―，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会予稿集，2A1-C11, 2013.

11)　入部正継，池田遼太，前田直人，他：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―，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会予稿集，2A1-C07, 2013.

12)　入部正継，前田直人，大西幸平，他：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―, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会予稿集，2A1-C09, 2013.

図1　酸素犬　写真提供：NPO 日本呼吸器障害者情報センター

表1　試作機の特徴と概観

試作機名称	(a)ハンドル型	(b)テザー型 （小型）	(c)テザー型 （屋外対応）	(d)カート型	(e)伴走型	(f)前押し型
操作方法	ハンドルの傾き・向き	紐の長さ・向き	紐の長さ・向き	ハンドルの力	ハンドルの力	ハンドルの力
ロボット位置	後方	後方	後方	後方	側方	前方
長所	・直観的に分かりやすい操作.	・直観的に分かりやすい操作. ・紐を腰に付けることで手ぶらで歩ける.		・現行機器に似ており親和性が高い. ・小型化・軽量化可能.	・側方にあることで安心感がある. ・杖代わりになる.	・前方にあることで安心感がある. ・体重を預けることが出来る.
短所	・常にハンドルを保持する必要. ・杖代わりにはならない.	・ロボットが視野に入らず手ぶらであるため追従しているか不安感がある. ・杖代わりにはならない.		・操作に慣れが必要.	・幅を取る. ・操作に慣れが必要.	・操作に慣れが必要. ・大型・重い.
概観						
詳細仕様	文献8）	－	文献9）	文献10）	文献11）	文献12）

(a) ハンドル型　(b)テザー型（小型）　(c)テザー型（屋外仕様）　(d)カート型　(e)伴走型　(f)前押し型

図2　試用評価の様子

表２　試作機種別の調査結果

試作機種類	(a) ハンドル型	(b)(c) テザー型	(d) カート型	(e) 伴走型	(f) 前押し型
試用された延回数（回）	5	6	2	4	5
利用希望数（回答）	2	9	6	1	4
利用希望割合（%）	9	41	27	5	18
平均外出時間 （時間／週）	4.5	11.7	11.8	6.3	7.6