

HOT 患者の外出支援のための伴走型搬送カートの開発

Study of escort type robotic cart development to support HOT patient's going out

○上殿泰生 (阪電通大)

入部正継 (阪電通大)

遠藤玄 (東工大)

田窪敏夫 (女子医大)

Masatsugu IRIBE, Yasuo UEDONO, O.E.C.U., Gen ENDO, Tokyo Tech, Toshio TAKUBO, TWMU

Abstract: Home Oxygen Therapy (HOT) patients need portable oxygen equipment at the time of their 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 escort type cart which moves next to the users. We propose new operation interface device which has high reliability and capability of easy-understandable operation, and then we verify its validity by dynamical simulation applying Open Dynamics Engine. In this paper, we report the result and show the effectiveness of our proposed interface device.

Key Words: Home Oxygen Therapy, Support going out life, Person following, Power assisting robot

1. 緒言

慢性閉塞性肺疾患などの肺疾患に対する対症療法として在宅酸素療法 (Home Oxygen Therapy; HOT) が施される。HOT 加療中の患者は外出時に酸素ボンベ, または酸素濃縮機を搬送用カートに搭載して携帯することで日常生活を送ることが可能となる。また, HOT 患者は体力維持のために散歩等の運動が推奨されているが, 現行のカートは付属品等を合わせると質量が約 4~5[kg]となり, 心肺機能が低下している HOT 患者にとっては肉体的にも精神的にも大きな負担となる⁽¹⁾。

そこで本研究では, HOT 患者の肉体的, 精神的な負担を軽減し, 体力維持を目的とした運動 (外出) を促すためにパワーアシストによる移動支援が可能な酸素機器搬送カートの開発を試みる。この開発を行うにあたり, 従来研究を参考に, 従来よりも操作が簡単で, 患者が移動する方向をより正確に伝えることが可能な操作インターフェイス (I/F) の開発を試みる⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾。

2. 操作インターフェイス装置の開発

2-1 操作 I/F 装置の概要

本研究では, 現在流通しているスーツケースやキャリーバックなど同様の操作方法で, 不意に体の姿勢が維持できなくなったときには体重を預けて杖代わりになることが可能となる, 人間の横に位置して移動する伴走型移動体カートの開発を試みる。その際に特に参考にする従来研究例⁽²⁾で提案された伴走型カートの操作 I/F 装置の動作原理を図 1 に示す。このカートでは, ユーザが操作するハンドルの支持部分の内部の 4 方向に圧力センサが設置されており, ユーザがハンドルを把持して移動するときにハンドル部がユーザの移動方向のセンサに接触することで, ユーザの進行方向の力センサに力が加わり, その加えた力に比例した速度でカート移動体が動作することが可能になっている。

しかしこの I/F では, ハンドル部と支持部は微小なクリアランスの中で動作するようになっていることから, ハンドル部をひねる動作を行ったときに取付け部で部品が突然固定 (ロック) されてしまう問題を内包している。しかしその一方で, この操作方式は微小な力で操作する事が可能であり, 操作者が意識をして操作を行うことなく, 操作を行うことが可能である。ところで, キャリーバッグやスーツ

ケース等の普及している市販品等を使用する際, 操作者は積極的にカートの姿勢制御・速度を操作している。このことからこのような伴走型のカートは, より積極的に操作可能な I/F 形式で操作した方がよいと考えられる。そこで従来研究よりも信頼性高く操作が簡単で, 操作者の意図する動きを正確に検知することが可能な, 操作 I/F 装置が必要だと考えられる。

以上より, 図 2 に示す方式の操作 I/F 装置を提案する。表 1 にその仕様の詳細を示す。ユーザがハンドル部を操作する際の前後方向へのハンドルへの入力 (押力) を前後方向に配置した圧力センサで検知し, 旋回方向の操作入力はハンドル部の回転角度をポテンショメータで検知する。この 2 種類のセンサを用いて前後方向, 旋回方向の 2 つの要素を検知し, 車体駆動の制御を行う。

2-2 提案する操作 I/F 装置による動作制御

2.1 節で上述した操作 I/F 装置を使用したカート移動体の動作制御方式について述べる。図 3 に示すように, 制御対象のカート移動体は左右対称の位置に車輪があり, 左右それぞれが独立して駆動し異なる回転速度で動作することが可能な差動駆動機構を有している。

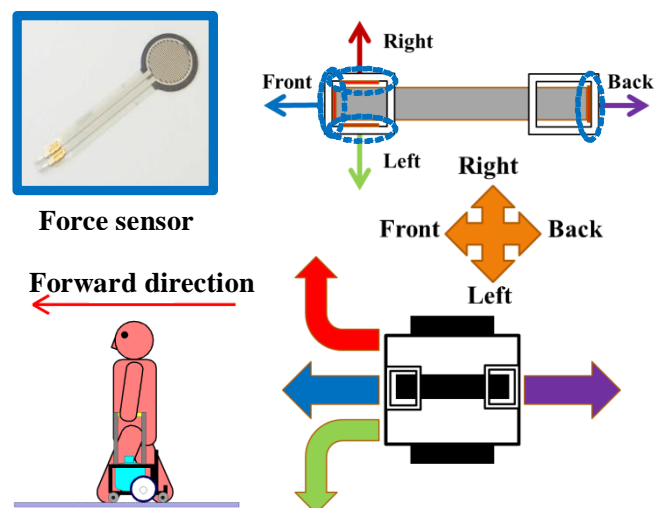
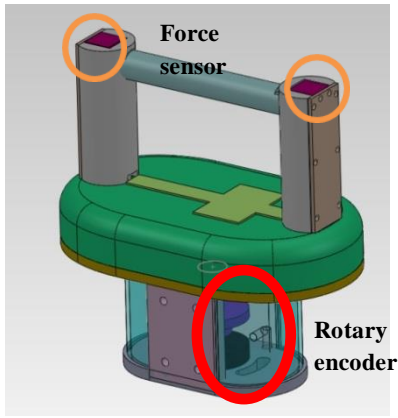


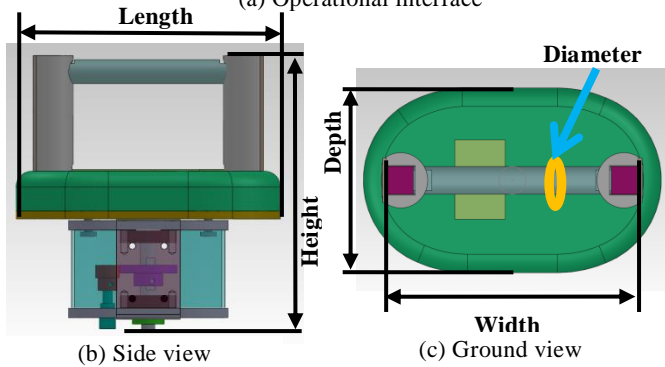
Fig.1 Escort type robot and handle



(a) Operational interface

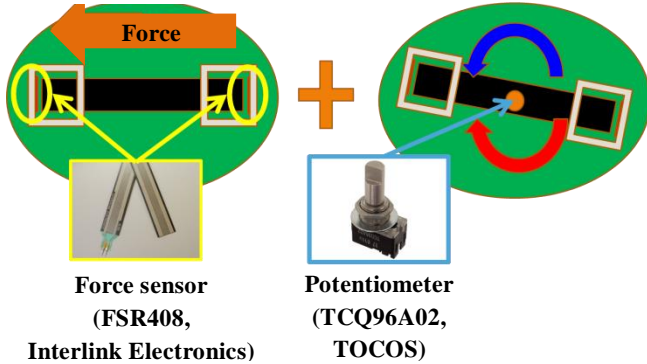
$$\begin{cases} V_R = K_S F + K_T \theta \\ V_L = K_S F - K_T \theta \end{cases} \dots (1)$$

(1)式にある係数 K_S , K_T は、それぞれ直進動作と旋回動作の感度を調整するパラメータである。この(1)式を使用したカート動作のシミュレーションを行い、提案する操作方式の効果を検討する。シミュレーションには動力学シミュレーション環境 Open Dynamics Engine (ODE) を使用する。このシミュレーション環境内で差動駆動方式の移動体モデルを作成し、ハンドル部に押力 F [N]と回転角度 θ [rad]を数値的に与え、感度パラメータである K_S , K_T を変化した時の動作の様子を調べる。評価するのは移動体モデルの重心位置の時系列軌道と姿勢角度とする。図4に使用する移動体モデルとシミュレーション実験の概要を、表3に感度パラメータである K_S , K_T の値の組み合わせを示す。



(b) Side view

(c) Ground view



Force sensor (FSR408, Interlink Electronics)

Potentiometer (TCQ96A02, TOCOS)

(d) Detection principle of operation IF

Fig.2 Operational interface model

Tab. 1 Operational I/F Spec

Height	175[mm]
Width	165[mm]
Depth	100[mm]
Setting Weight	2.5[Kg]
Length	144[mm]
Diameter	Φ 30[mm]
Movable scope	-22.5 ~ 22.5[deg]

動作時にユーザが操作 I/F 装置に入力するパラメータは、前後方向に配置した圧力センサで検知する力 (押力) F [N] と、ハンドル部に取り付けたポテンショメータで検知する旋回角度: θ [deg]である。この操作 I/F 装置への入力信号をもとに、左右の車輪の回転角度 θ_R , θ_L と左右車輪による移動速度 V_R , V_L を設定する。移動速度 V_R , V_L の値は以下の(1)式で算出する。

Tab.2 Input and output signal list

V_R	Moving velocity of right wheel
V_L	Moving velocity of left wheel
F	Output force
θ_R	Turn angle of right tire
θ_L	Left angle of left tire
Θ	Output rotation angle

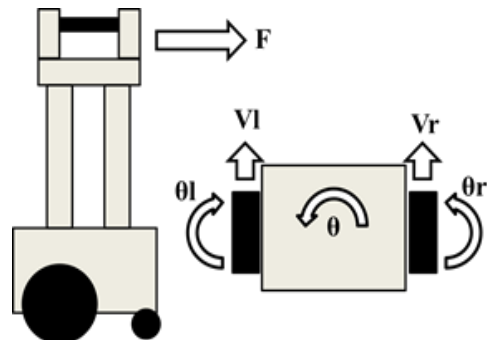


Fig.3 Drive unit used in simulation

Tab.3 Set parameters list

	K_S	K_T
Pattern A	1.60	14.5
Pattern B	5.00	14.5
Pattern C	1.60	30.0

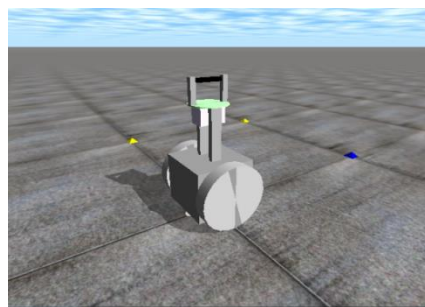
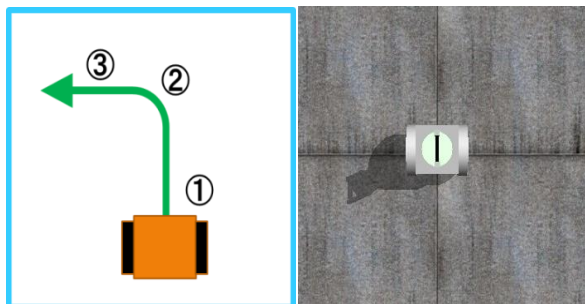
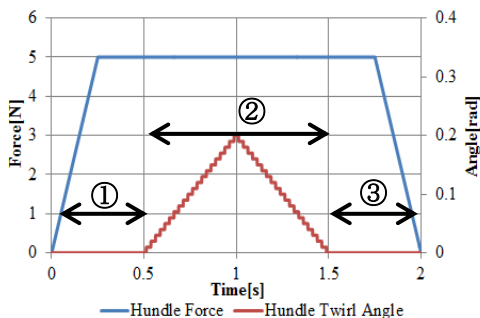
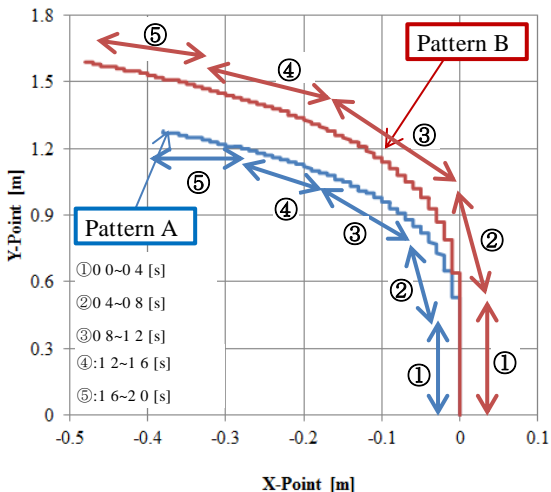


Fig.4 ODE model

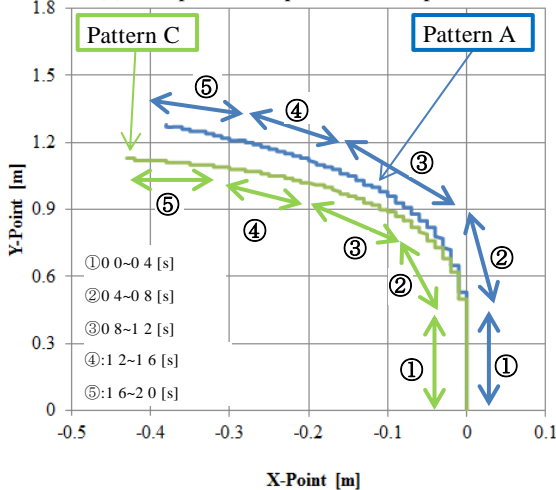


- ① Accelerating gradually, and the cart moves straight forward.
- ② At $F = 5[N]$, it begins to bend gradually.
- ③ After turning, it goes straight then stops slowly

Fig.5 State of the experiment



(a) Comparison of pattern A and pattern B



(b) Comparison of pattern A and pattern C

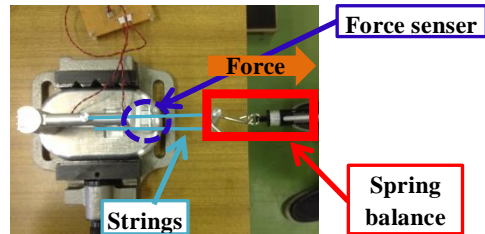
Fig.6 Difference of due to the sensitivity parameters

実験で得た駆動部が動作した時の軌道を図6に示す。これらの実験データから、感度パラメータである K_S と K_T の2つの係数を組み合わせることで、決められた値の中であっても多様な動作を行うことが可能であると言える。このことから、現在開発を行っているこの操作 I/F 装置は、設定次第で操作者が意図する動作を実現することが可能であるということが判明した。以後の実験では今回行ったパラメータパターン以外の組み合わせでシミュレーションによる実験を行う。

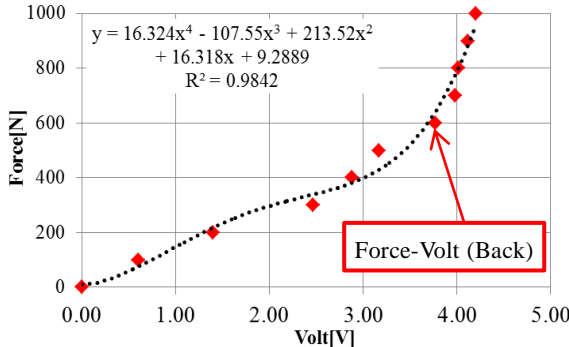
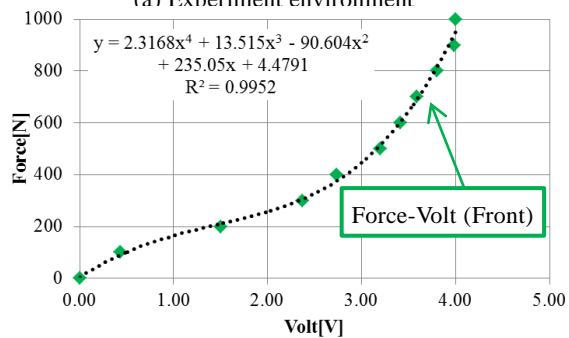
2-3.操作 I/F の測定について

1節で述べた操作 I/F 装置の測定を行う。最初に力センサの測定を行う。測定は圧力センサの直接荷重をかけ、センサの出力電圧を測定する。具体的には、上述した操作 I/F 装置のハンドル部に荷重を加えた時のセンサの出力電圧を測定する。力センサは InterLink 社製の FSR408 を使用する。

はじめに操作 I/F に圧力センサを設置し、ハンドル部と接触することで電圧を出力可能な状態にする。次にばねばかりを柱に固定し、操作 I/F 装置を牽引する。その際に出力される力センサの電圧をオシロスコープで測定する。力センサに $100\sim 1000[g]$ の荷重を $100[g]$ 単位で加え、この実験を3回行い、その結果を平均して力-電圧の式を作成する。その実験環境および結果を図7に示す。これらの結果より、操作 I/F 装置を用いると $100\sim 600[g]$ までの圧力を細かく測定できると考えられる。この結果を用いることでハンドル部に加えられる力に対する速度を出力することが可能であると言える。



(a) Experiment environment



(b) Output forces by the operation interface (upper: Front sensor, lower : Back sensor)

Fig.7 Experiment of pressure sensing with FSR408

次にポテンシオメータの測定を行う。操作 I/F 装置のハンドル部を持ち、左右に回転させる。操作 I/F 装置には物理的にリミットを設けており、左右毎に 22.5[deg]で動作が止まる構造になっている。実験ではリミットになるまでハンドル部を回し、リミットになる度に逆の回転方向を力を加えて、リミットになるように回転させた。その実験風景を動画で記録し、その際の持ち手の動いた軌跡の解析をモーションキャプチャソフトを用いて計測を行い、持ち手が動いた角度の検出をした。使用するソフトは L.A.B 社製の PVstudio3Dveer2.29 を用いた。このソフトを使用して計測した軌跡角度データと、ポテンシオメータが出力したデータと比較し、操作 I/F 装置とポテンシオメータの出力誤差を確認する。実験風景と結果を図 8 に示す。

これらの結果より、モーションキャプチャソフトを用いて測定した場合は-21.6~21.6[deg]であり、オシロスコープを用いて測定したポテンシオメータの出力は-23.1~24.4[deg]であった。生じた誤差の原因はギア同士のかみ合いから生じたバックラッシュと、用いた測定器具の測定誤差だと考えられる。しかし、生じた角度誤差は約 1~2[deg]であり、マイコンを用いた制御や、不感帯の設定を行う事で解消可能だと考える。以上より、製作した操作 I/F は想定した動作を完了する事が可能であり、出力した電圧および角度の値はソフトによるオフセットなどを用いることで、操作 I/F に加えられた荷重・回転角度を高精度に検出する事が可能であると言える。

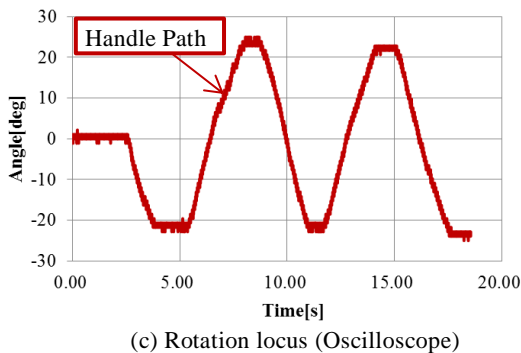
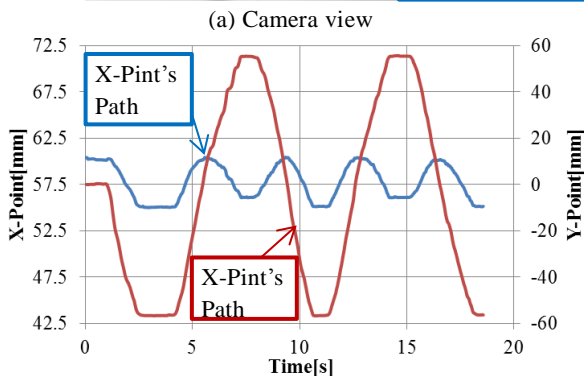
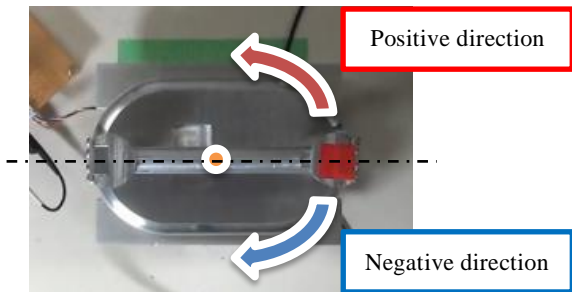


Fig. 8 Rotation angle experiments with the encoder

3.結言

本稿では従来研究例を基により直感的かつ操作性の高い操作 I/F 装置の提案を行い、その装置の設計を行った。そして提案した操作 I/F 装置を用いた際の車体動作を確認するためにシミュレーションを行い、動作制御の確認を行った。その後設計した操作 I/F 装置の試作を行い(図 9 参照)、各センサの測定を行った。今後の予定として、今回試作した操作 I/F 装置と、従来研究で用いられていた操作 I/F 装置を用いて操作性の比較を行い、外出可能な駆動部の設計・製作を行った後、実地実験・ユーザアンケート調査を行う予定である。

参考文献

- [1] 松本, 本野, 笠本, 里, 清水, 塩塚, “HOT 患者の外出に対するアンケート調査”, 理学療法学, Vo.26, No.supple(19990523), p.117, 1999
- [2] 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. 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年5月, つくば, (DVD-ROM).
- [3] 入部 正継, 前田 直人, 大西 幸平, 池田 遼太, 遠藤 玄, 田窪 敏夫, 大平 峰子. 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年5月, つくば, (DVD-ROM).
- [4] 前田, 入部, 遠藤, 田窪, 大平, “HOT患者の外出支援のための先導型移動ロボット”, 平成25年度計測自動制御学会関西支部・システム制御情報学会若手研究発表会論文集, p1-4, 2014 1月, 大阪

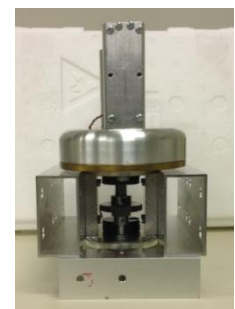
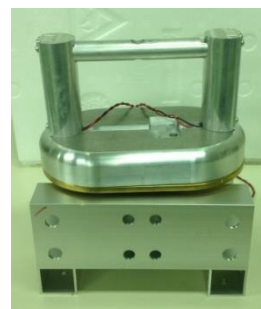
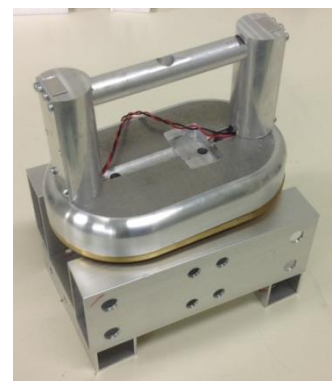


Fig.9 The fabricated operation IF