

タイトル	力覚センサを介したひも操作による移動ロボットの誘導走行
著者	大竹，孝佳；深谷，健一；生水，明；永井，聡
引用	北海学園大学工学部研究報告，35：85-90
発行日	2008-02-00

力覚センサを介したひも操作による移動ロボットの誘導走行

大 竹 孝 佳*・深 谷 健 一*・生 水 明**・
永 井 聡**

Guided Running of Mobile Robot through String That Is Connected to Force Sensor

Takayoshi OOTAKE*, Ken-ichi FUKAYA*, Akira SYOUZU**, Satoshi NAGAI**

要 旨

移動ロボットに搭載した力覚センサにキャストを介してひもをつなぎ、人間がひもを引くとその力の大きさと方向を検出することでロボットを誘導走行させる実験システムを構築した。ロボットは軽い牽引力で自由に誘導でき、音声出力によりロボットの状態を人間に伝えることで操作性を向上させられることを実験で確認した。これにより確実に人間を追尾して荷物運搬をする移動ロボットの実現可能性を示した。

1. はじめに

近年、ロボットの利用は産業用から民生用へと広がり、環境内を移動して人間との相互作用をするサービスロボットが自動車、パソコン、携帯電話の次の生活の一部になると予測されている^{1),2)}。家庭内での荷物運搬、スーパーや飛行場での顧客の荷物運搬など、先行する人間を追尾しての荷物運搬のサービスが要求されている^{3)~5)}。追尾対象人間の衣服の色や模様をロボットに搭載する視覚センサで認識して追尾する方法が研究されているが^{6),7)}、似た服を着た人間や進路に交差する人間が出現すると間違った人間を追尾する危険がある。確実に移動ロボットに人間を追尾させる方法として、ひもにより移動ロボットを引く方法が考えられる⁸⁾。ひもを引く力が弱くても安定して追尾できれば要求条件を満足できる。さらに、ひも操作による荷物運搬の動作指示は移動ロボットの誘導方法として直感的でありわかりやすい利点もある。ひも操作によるロボットの誘導走行を人間の歩行に合わせた速度で走行させるアルゴリズムを構築することで、スムーズな誘導走行が可能となる。また、ロボットの動作を音声出力によって

* 北海学園大学工学部電子情報工学科

* Department of Electronics and Information Engineering, Hokkai-Gakuen University

** 佐鳥電機(株)

** SATORI ELECTRIC CO. LTD.

人間に伝えることでロボットとのインタフェースを改善する．以上を可視化するシステムを試みる．

2. 誘導走行システムの構成

構築した移動ロボット実験システムの構成を図1に，実験機器を搭載した移動ロボットを図2に示す．人間がひもを操作すると，ひもに接続する力覚センサ（BL AUTOTEC社製F-10）が力の大きさと方向を検出する．移動ロボット（Mobile Robots社製PIONEER 3-DX）に搭載したオンボードPCがこの力データに従って人間の意図する動作を推定する．またロボットの前方に搭載されている8個の超音波距離センサを使って，障害物までの距離を測定する．ひもと力覚センサとの接続にはキャストを使用することで360度自由に方向回転ができ，スムーズに牽引力を検出できる．ここで使用した力覚センサ・コントローラは腕ロボットの組み立て作業時のエンドエフェクタの力制御に用いられている機器で，AC100V電源が必要なためDC-AC変換器を利用した．

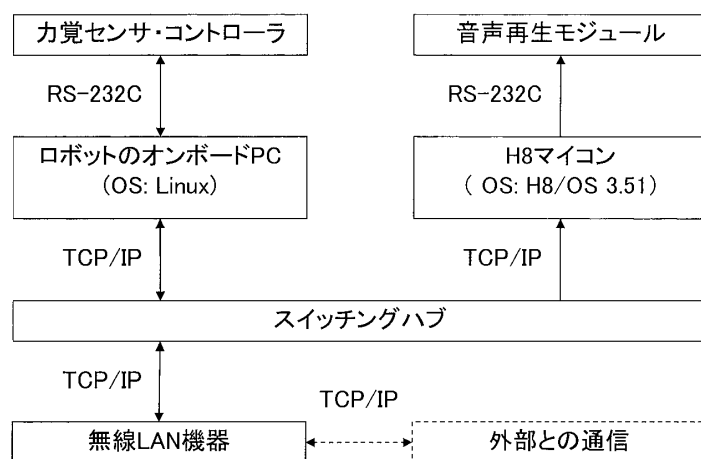


図1 移動ロボット実験システムの構成

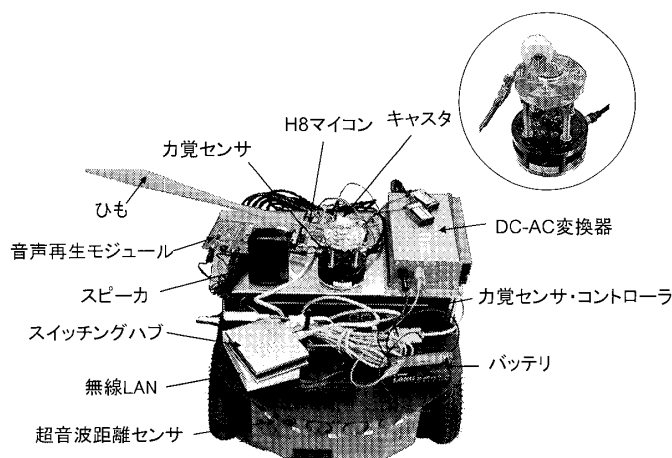


図2 実験機器を搭載した移動ロボット

音声再生モジュール（ALPHA PROJECT社製SRM-10P）はひも操作による動作の決定を音声によって人間に伝える．音声はAquesTalk（アクエスト社製）で生成した合成音声を使用した．動作と音声再生の対応関係を表1に示す．オンボードPCと音声再生モジュールの接続にはH8マイコン（H8/3069Fネット対応マイコン）を介している．これはオンボードPC側にシリアルポートが不足していたため，オンボードPCからTCP/IPによりデータをH8マイコン（H8/OS[®]利用）に送り，マイコンからRS-232Cを介してデータを音声再生モジュールに送信して音声再生を実現した．

3. 走行アルゴリズム

図3にロボットと力覚センサの座標系を示す．力覚センサを原点とした3軸方向の力 $f(f_x, f_y, f_z)$ を検出する．ここで軸はロボットの進行方向を正に取る．ロボットは f_x, f_y から得られる角度 $\theta = \tan^{-1}(f_y/f_x)$ の分だけ方向転換後，牽引力 f_x の大きさに従って前進と後退をする．ひもを引いた方向に誘導するため，後退時には θ の正負を反転させる．前進と後退は目標速度，方向転換は目標角度を与えることで行うが，目標値に到達する前に新たに目標値を設定することも可能である．図4に移動ロボット上のオンボードPCの処理の流れを示す．

表1 ロボットの動作条件と音声種別

動作	条件	音声
緊急停止	上に強く引かれた	「停止します」
後退	後ろに引かれた	「後退します」
緊急停止	障害物を近くに発見	「障害物発見」
速度制限	障害物を遠くに発見	音声なし
前進	前に引かれた	「前進します」
方向転換	左に引かれた 右に引かれた	「左を向きます」 「右を向きます」
減速	上記以外	音声なし

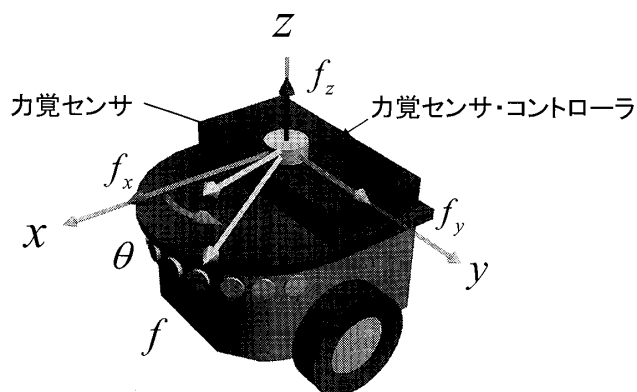


図3 移動ロボットと力覚センサの座標系

ロボットが動作を行うための条件を表1に示す．図5にこれを実現するための動作決定アルゴリズムを示す．ロボットに牽引力が加わり続けるとロボットは目標速度に向かって加速を継続するが，牽引力が小さいと徐々に減速して停止する．例えば人間がひもを持って歩き続けるとき，ロボットが加速して人間の歩行速度に近づくと牽引力は小さくなる．ロボットは減速を開始するが，徐々に歩行速度との差が大きくなるので，再び加速を開始する．結果として，ロボットは加速，減速を繰り返すことで人間の歩行速度に合わせた走行をする．

牽引力が小さい場合は徐々に減速して停止するが，緊急に停止させたい場合もある．ひもを

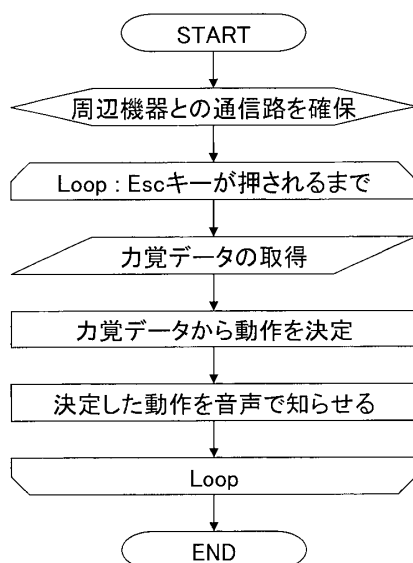


図4 移動ロボット搭載オンボードPCの処理手順

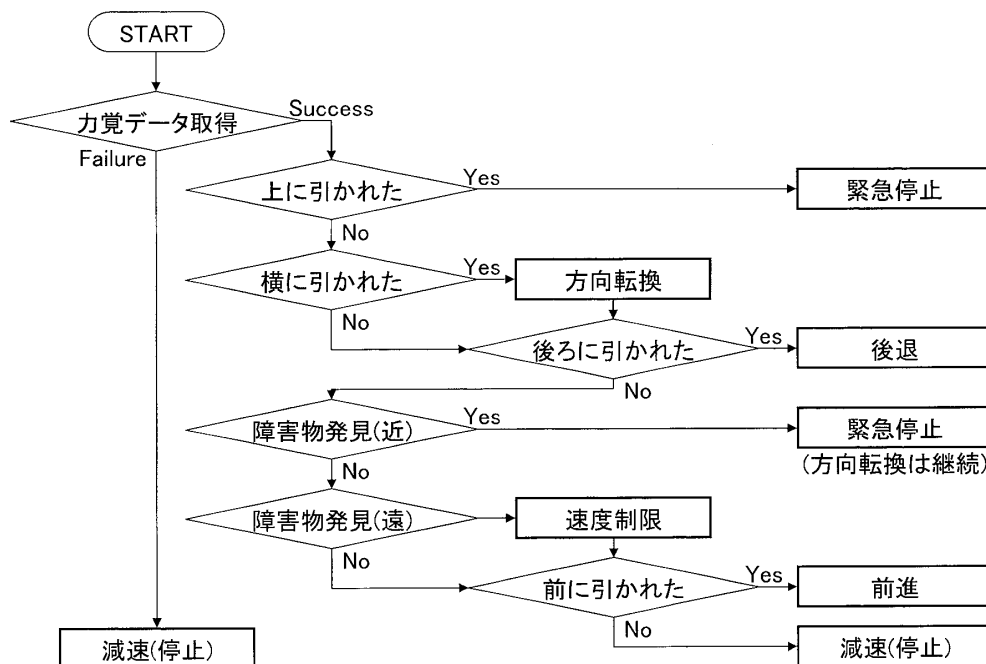


図5 動作決定アルゴリズム

上に強く引くことで、力覚センサの f_x が設定した閾値を越えると緊急停止するようにした。また、超音波距離センサが障害物を発見した場合は、障害物までの距離に応じて速度制限、または緊急停止を行う。

ロボットの後方には超音波距離センサがないため、危険回避のため後退の最大速度は前進の最大速度よりも遅く設定した。また、緊急停止は通常の停止の減速度を大きくしたものであるが、停止するまでの一定時間内は動作指示を受け付けないようにした。

4. 動作実験

ロボットに力覚センサ、音声再生モジュール等の機器を搭載して屋内で走行実験を行った。廊下で、ひもの誘導で方向転換後、歩行速度を変化させながらロボットを前進誘導させる実験を行ったが、歩行速度に合わせた滑らかな走行が可能であることを確認した（図6参照）。また実験室内で行った動作種類の確認実験では、障害物発見による緊急停止、後退動作誘導を正しく実現できた。力覚センサ・コントローラや、バッテリーなどの重い機器を積載していても、軽い牽引力で誘導でき、当初目標とした人間に追尾しての荷物運搬機能が実現できる。

問題点としては、速度が速い状態で緊急停止を行った際に、停止までの時間が長くなってしまい危険であること。障害物にぶつかるなどして移動ロボットに衝撃が加わると、オンボードPCが止まってしまうこと。また音声出力により動作の予告を行うため、意図しない動作による危険を察知することができ操作向上に役立ったが、繰り返して音声出力を行うため、耳障りに感じることもあり、これらは改善の余地がある。

5. あとがき

ひもを引いた方向に移動ロボットを誘導走行できるため、誘導する人間を見失うことなく確実にロボットが人間に追尾できる。今回の実験システムでは力覚センサ・コントローラとして

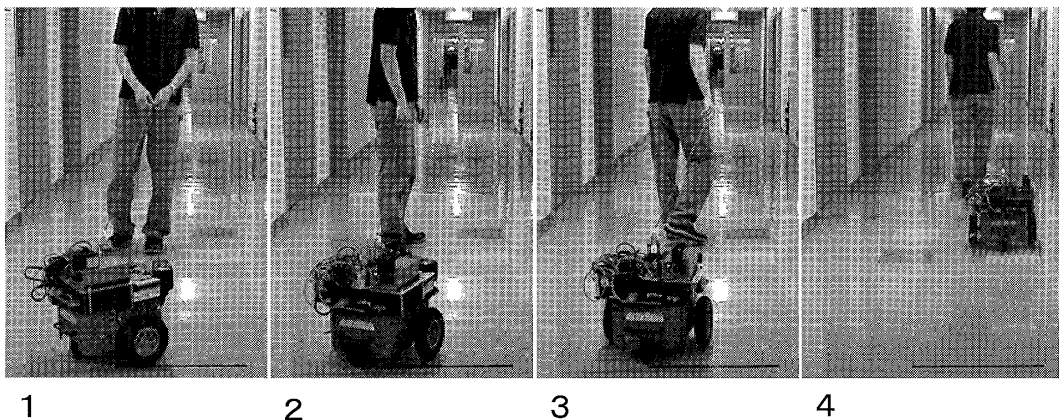


図6 ひも操作による移動ロボット誘導走行実験
(左方向転換後、追従前進)

腕ロボットの力制御に使用する機器を用いたが、マイコンと組み合わせた簡便な力検出機器の利用が可能になれば、荷物運搬のサービスロボットに適用することで有益なシステムが構築できると考えられる。

謝辞

本研究は北海学園大学ハイテク・リサーチ・センター研究費の支援を受けて行われた。

参考文献

- 1) R. D. Schraft, G. Schmierer: Service Robots, Products Scenarios Visions, A K Peters, 2000.
- 2) 経済産業省: 技術戦略マップ (2-4. 製造産業分野, ロボット分野の技術戦略マップ), www.meti.go.jp/press/20050330012/20050330012.html, 2005.
- 3) 松川善彦他: 人追従荷物搬送ロボットの開発—第1報: 概要—, 第23回日本ロボット学会学術講演会論文集, 1 I21, 2005.
- 4) 岡本球夫他: 人追従荷物搬送ロボットの開発—第2報: 技術内容—, 第23回日本ロボット学会学術講演会論文集, 1 I22, 2005.
- 5) 西村, 竹村, 溝口: 日用品ロボット化のためのセンサモジュールの開発—ついてくるショッピングカートロボット—, 第25回日本ロボット学会学術講演会論文集, 1 E16, 2007.
- 6) 園浦, 吉見, 松日楽: お供ロボット ApriAttenda の人物追従システムの開発, 第23回日本ロボット学会学術講演会論文集, 1 D18, 2005.
- 7) 坂口, 深谷: レーザポインタが指示する人間の追尾走行および目標への接近走行を実現する自律移動ロボット, 北海学園大学工学部研究報告第34号, pp. 91-96, 2007.
- 8) 山田, 大矢, 油田: 人間の紐操作による移動ロボットの誘導, 第21回日本ロボット学会学術講演会講演論文集, 3 H23, 2003.
- 9) <http://mes.sourceforge.jp/h8/index-j.html>