

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

北海学園大学工学部 ○大竹孝佳 深谷健一 佐鳥電機(株) 生水明 永井聡

要旨

移動ロボットに搭載した力覚センサにひもをつなぎ、人間のひもを引く力と方向を検出することでロボットを誘導走行させる。ロボットはDCモータで駆動できるため、軽い牽引力で自由に誘導できることを実験で示した。また、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っており、多数の人間が直感的に理解しやすいロボットへの動作指示が必要となっている。直感的な動作指示として紐操作による動作指示¹⁾や、手ジェスチャを用いた動作指示²⁾などが挙げられる。

ひも操作による動作指示は荷物運搬ロボットの誘導方法として直感的である。本研究では、ひも操作によるロボットの誘導走行を人間の歩行速度に合わせた速度で走行するアルゴリズムを構築することで、スムーズな誘導走行を可能にする。また、ロボットの状態を音声出力によって人間に伝えるシステムを構築した。

2. システム構成

システムの構成図をFig. 1に示す。人間が力覚センサを介してひもを操作すると、移動ロボット(Mobile Robots社製 PIONEER3-DX)に搭載したオンボードPCは力覚センサ(BL AUTOTEC社製 F-10)から得られる力データに従って人間の意図する動作を決定し、さらに、音声出力によって人間にどのような動作をするのかを伝える。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。実験に使用したロボットをFig. 2に示す。ひもは犬の散歩用を使い、力覚センサとの接続にはキャストを使用することで、スムーズに牽引力を検出する。

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Table 1に示す。

Fig. 1に示したように、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 LANボード)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問題を解決するために、H8マイコンとH8/OS(みついわゆきお氏開発)を利用することでオンボードPCと音声再生モジュールの通信を実現した。

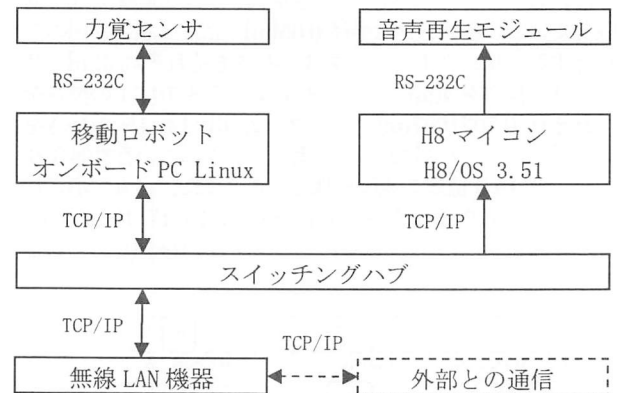


Fig. 1 システム構成

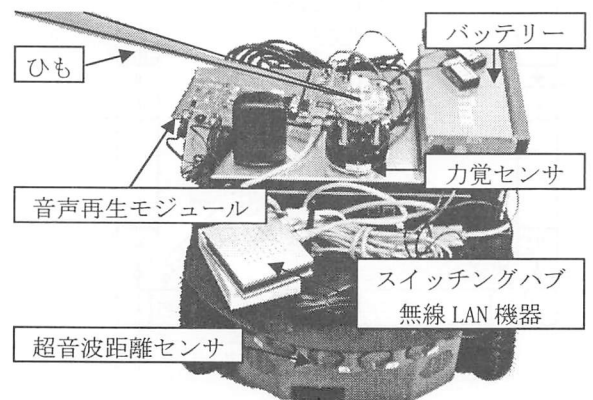


Fig. 2 実験機器を搭載した移動ロボット

3. 走行アルゴリズム

Fig. 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。 x 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 θ の分だけ方向転換し、 f_x に従って前進・後退する。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・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。

ロボットが動作を行うための条件を Table 1 に示す。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。ひもを上強く引くことで、力覚センサの f_z が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られないようにした。

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。搭載した機器をすべてバッテリーで動作させることで、実験中の行動範囲を広くした。

研究室前の廊下で、歩行速度を変化させながらロボットを誘導する実験を行った。実験は前進動作で行ったが歩行速度に合わせた走行が可能であることを確認した。

研究室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、後退動作での誘導が正しく動作した。力覚センサや、バッテリー等の重たい機器を積載していても、軽い牽引力で誘導できた。廊下実験と室内実験の様相を Fig. 4 に示す。

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ったため危険であること。障害物にぶつかる等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の二つが挙げられる。

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る。

5. あとがき

ひもを引いた方向にロボットを誘導走行できるため、直感的インタフェースだといえる。ペットロボットの誘導や、荷物運搬に適用することで有益なシステムが構築できる。

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

Table 1 ロボットの動作条件と音声

上から順に優先度が高く、条件を満たしたものを選択する。ただし、方向転換は前進・後退と同時に行うことができる。

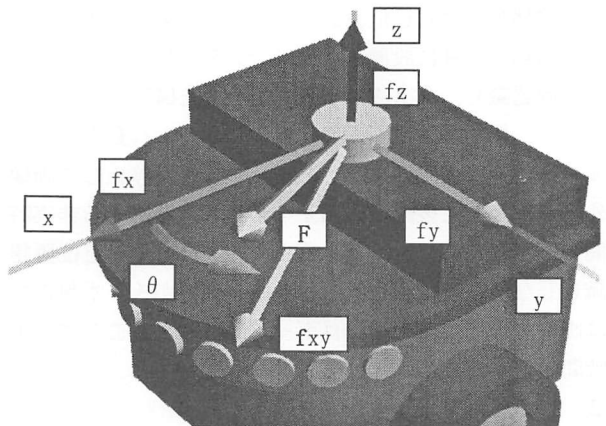


Fig. 3 移動ロボット上の力覚センサ座標系



Fig. 4 廊下実験(左)と室内実験(右)の様相

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) 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概要集, p. 243(3H23), 2003
- 2) 深谷, 山田, 佐々木: 手ジェスチャを用いた移動ロボットの直感的動作指示インタフェース, 2006 年度精密工学会北海道支部学術講演会講演論文集, 113, pp. 25-26, 2006