

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 (第3報)

北海学園大学 ○深谷 健一, トヨタテクニカルディベロップメント (株) 渡部 敦
要旨

人間が手を傾け, 振り, 回すジェスチャをすると, 発生する加速度と角速度を加速度センサとジャイロセンサにより検出し, 手ジェスチャに対応する動作を移動ロボットに指示できるインタフェース装置を考案した. 動作内容を音声で操作者に伝える機能もある. 操作実験を実施し, 手ジェスチャで直感的に移動ロボット操作を実現できる可能性を示した.

1. まえがき

ロボットの利用が産業用から民生用へと広がり, 人間とのインタフェース技術の発展が不可欠となっている. 「だれでも」, 「どこでも」使えるインタフェースとして身体・手指ジェスチャなどの非言語的インタフェースが人間とロボットとのインタフェースとして研究されてきた^{1), 2)}. ジェスチャ認識には視覚センサが主として利用されてきたが, 一般的な背景画像中からリアルタイムに人間の身体・手指を抽出し, 移動軌跡を解析・認識する高度の画像処理技術が要求される. 我々はすでに 2G と 20G の加速度センサを用いて手ジェスチャを検知し, 移動ロボットを操作するシステムを構築している³⁾. 今回, 手の傾け, 振り, 回転に対応する個別のセンサを利用することで, 認識する手ジェスチャの種類を増やし, 移動ロボットにさらに直感的な動作指示を与えられるインタフェースへと改良を進めたので報告する.

2. システム構成

構築したシステムの構成を図1に示す. 手ジェスチャ指示部, 制御部, 移動ロボット操作のホスト計算機, そして移動ロボットからなる. 手ジェスチャ指示部(図2)には±2G 2軸加速度センサ(Analog Devices 社製 ADXL202JE), ±20G 圧電型 3軸加速度センサ(MicroStone 社製 MA-3-20Ac), ジャイロセンサ(MicroStone 社製 MGQ1-01B), 非常停止スイッチおよびこのスイッチに連動して光る高輝度LEDが搭載されている. 指示部と接続する制御部(図3)にはマイコン(Renesas 社製 H8/3052F)を搭載しており, センサとスイッチの動作データを解析して種類を判別する. 結果をBluetoothモジュール(ADC Technology 社製 Zeal-Z1)を経由して無線シリアル通信でホスト計算機に送る. Bluetoothモジュール経由でホスト計算機が受け取ったデータは移動ロボット(Mobile Robotics 社製 Pioneer3)を動作させるオンボード計算機にコネクション型プロセス間通信により送られる. 操作者の指示に応じて制御部の液晶ディスプレイに文字表示をすると同時に, ロボットに搭載した音声再生モジュール(ALPHA PROJECT 社製 SRM-10P)から予め録音済みの指

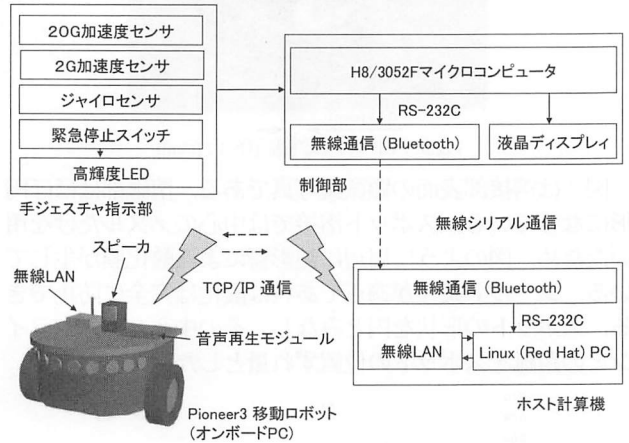


図1 システム構成

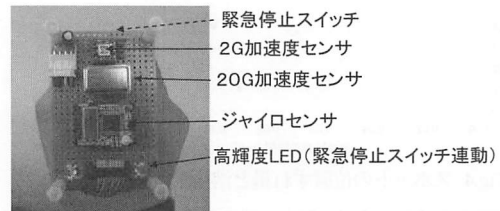


図2 手ジェスチャ指示部

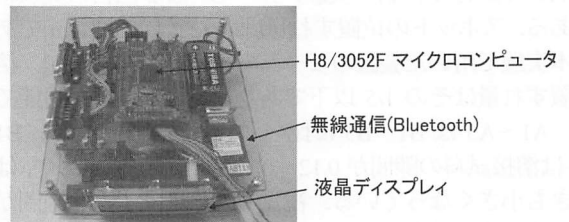


図3 制御部

示対応音声を出力することで手ジェスチャの確認を容易にしている.

3. 手ジェスチャの種類判別

図4に示すように手の「傾け」, 「振り」, 「回転」の3種類の手ジェスチャを想定すると, この手ジェスチャにより, それぞれ静的加速度(重力加速度), 動的加速度(振動), 回転角速度が発生するので, 2G 加速度センサ, 20G 加速度センサおよびジャイロセンサを用いて各運動量を検出する. 手ジェスチャの判別の制御フローを図5に示す. 予備実験により手ジェスチャの種類に応じての閾値を決定している. 2G 加速度センサが±0.6G 以上に相当する電圧を検出すると, 意図的に加速度が与えられたと

判断し処理を開始する。20G 加速度センサが±2.0G 未満の値を検出すると静的加速度の検出、±2.0G 以上の検出では動的加速度検出あるいは回転角速度検出と判別する。回転角速度の絶対値が 1500[deg/sec]以上の場合は回転運動と判別し、+1500[deg/sec]以上の場合は時計回り回転、-1500[deg/sec]以下の場合は反時計回り回転と識別される。最後に絶対値が 1500[deg/sec] 未満の角速度では動的加速度と判別される。

4. 手ジェスチャによる移動ロボット操作

人間の手ジェスチャをロボット動作に 1 対 1 に対応させ、手の動きとロボット動作に類似性を持たせると直感的に理解しやすいので、表 1 のように対応関係を設定した。ロボットの動作はロボット固定座標系にもとづく。

5. 操作実験

製作した手ジェスチャ指示インターフェースを使用した操作実験を行った。操作識別の全てを行い、正しく動作することを確認できた。直進、回転、旋回を組み合わせることにより、自在に操作することが可能である。前進の際には、ロボット前面の超音波センサにより障害物に衝突することはなく、操作者の指示ミスにも対処できた。センサが検知できない方向や誤検知により障害物にぶつかりそうになった場合には、手ジェスチャ指示部に取り付けた緊急停止ボタンを押下すると、マイコンに割り込みがかかり、停止信号がホストコンピュータに送信され、即座に停止でき、ロボットが暴走した場合の安全性を高めることが出来た。ロボットには音声再生モジュールが搭載されているため、ジェスチャに対応した音声により操作者や周囲の人がロボットの動作を確認でき、操作性の良好さに寄与している。指示装置は無線を経由するため、操作者がロボットから離れても動作指示が可能であり、さらにロボットの回転移動で操作者との位置関係が変わってもカメラ視野のような制約がないため指示に支障はなく、指示・制御部の持ち運びも容易であった。

6. あとがき

考案した装置では手ジェスチャを用いることから、人間の直感的な意図を容易にロボットに動作指示できる。操作実験で簡単なジェスチャ認識を使用して移動ロボットの直感的な操作が可能であることを確認できた。12 種類の手ジェスチャがロボット操作に使われているが、これはミラーの法則 (7±2) によれば多すぎ、ロボット操作に必須の機能に絞り込むことで使いやすさを向上させられる。またロボットに搭載する視覚センサなどを用いて操作者とロボットの相対位置関係を認識できれば、より使いやすい自然な手ジェスチャ、例えば「手招きするとロボットが自分の近くに来る」、などを実現できる。

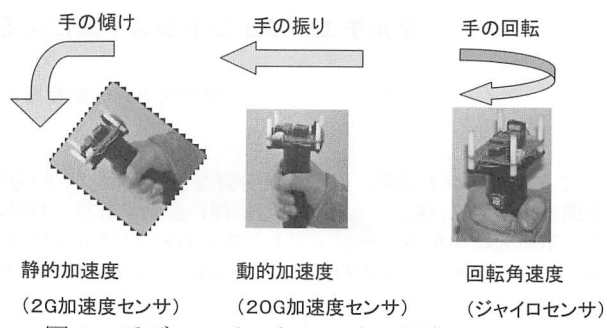


図 4 手ジェスチャとセンサの対応

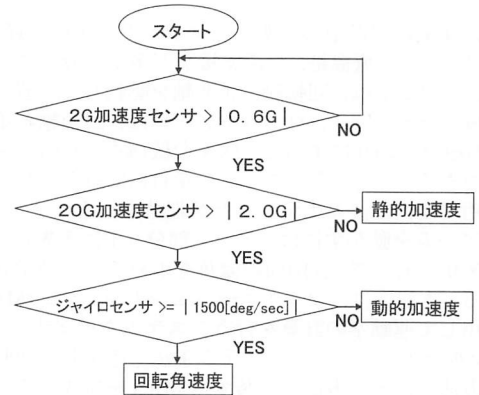


図 5 手ジェスチャ判別フローチャート

表 1 手ジェスチャと移動ロボット操作の対応

手ジェスチャ		移動ロボット操作
傾け	前方(80-100度)	前進移動
	後方(250-290度)	停止
	右(350-10度)	低速度時計回り回転
	左(170-190度)	低速度反時計回り回転
	斜め方向	その場旋回
振り	前方 (Y+)	速度増加
	後方 (Y-)	速度減少
	右 (X+)	90度時計回り回転
	左 (X-)	90度反時計回り回転
	上 (Z+), 下(Z-)	速度リセット
回転	時計回り	高速度時計回り回転
	反時計回り	高速度反時計回り回転

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) 村嶋, 久野, 島田, 白井: 人間と機械のインタラクションを通じたジェスチャの理解と学習, 日本ロボット学会誌, Vol. 18, No. 4, pp. 590-599, 2000.
- 2) S. Iba, J. M. Vande Weghe, C. Paredis, and P. Khosla: An Architecture for Gesture Based Control of Mobile Robots, IROS99, pp. 851-857, October, 1999.
- 3) 渡部, 深谷, 佐藤, 斉藤: 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ーフェース (第 2 報), 2007 年度精密工学会北海道支部学術講演会講演論文集, 305, pp. 47-48, 2007.