

タイトル	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2報)
著者	深谷，健一；渡部，敦；佐藤，俊輔；斉藤，大起
引用	工学研究：北海学園大学大学院工学研究科紀要，8： 41-46
発行日	2008-09-28

研究論文

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2報)

深谷 健一*・渡部 敦**・佐藤 俊輔***・斉藤 大起****

Intuitive Manipulation to Mobile Robot by Hand Gesture (2nd Report)

Ken-ichi Fukaya*, Atushi Watanabe**, Shunsuke Sato***, Taiki Saitou****

Abstract

We developed the intuitive manipulation apparatus by which a mobile robot moves by hand gesture of an operator. Static and dynamic acceleration and rotational velocity derived from declination, swing and rotation of hand are measured by acceleration sensors and the gyro sensor. Data of sensors are analyzed by H8/3052F micro computer attached to the apparatus. The hand gesture type judged is sent to a mobile robot and the robot acts according to its gesture type with announcing its manipulation. Experiment shows the feasibility of intuitive hand gesture manipulation to a mobile robot.

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、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、テレビ、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⁾。サービスロボット実現には人間とのコミュニケーション技術の発展が不可欠である。

情報家電やモバイル機器の分野では「だれでも」、「どこでも」使えるインタフェースとして実世界での利用を想定した身体・手指ジェスチャなどの非言語的(ノンバーバル)インタフェース²⁾の研究が進められており^{3)~5)}、ロボット分野でも手ジェスチャによる人間とロボットとのコミュニケーションが研究されてきた^{6)~10)}。

ジェスチャ認識には視覚センサが利用されてき

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・認識する画像処理技術が要求される。情報家電では利用者が常にカメラの方向を向いているのに対し、移動ロボットの応用では、走行するとロボット搭載カメラが常に操作者の方向を向いているわけではなく、通常の単眼(双眼)カメラ利用では視野の制約が大きくなる。解決手段として全方位カメラ利用が考えられるが、画像解像度が低く処理が難しい。手ジェスチャ認識の方法として指の屈曲を光ファイバで検出するデータグローブがあり、バーチャルリアリティの分野で従来から利用されてきたが、高価な装置である。また、指の屈曲ジェスチャは必ずしも移動ロボットの運動と対応せず、直感性に欠けるきらいがある。近年、自動車用エアバックやカメラ手振れ防止などの用途で

* 北海学園大学大学院工学研究科電子情報工学専攻

Graduate School of Engineering (Electronics and Information Eng.), Hokkai-Gakuen University

** 北海学園大学工学部電子情報工学科 (現在: トヨタテクニカルディベロップメント株式会社)

Faculty of Engineering (Electronics and Information Eng.), Hokkai-Gakuen University (present: Toyota Technical Development Corp.)

*** 北海学園大学工学部電子情報工学科 (現在: Sky 株式会社)

Faculty of Engineering (Electronics and Information Eng.), Hokkai-Gakuen University (present: Sky Co., Ltd.)

**** 北海学園大学工学部電子情報工学科 (現在: 株式会社中央エンジニアリング)

Faculty of Engineering (Electronics and Information Eng.), Hokkai-Gakuen University (present: Chuo Engineering Co., Ltd.)

大量に使用されている安価な加速度センサやジャイロセンサを利用して人間の動作を検知する方式が試みられており^{4),5)}、カメラのような視野の制約もなく安価である。

我々はすでに2G加速度センサ1個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きた¹¹⁾。しかし、手の傾け、振り、回転を1個のセンサのみで検出することは難しく、ジェスチャの種類や精度に制約があった。本研究では2種類の加速度センサとジャイロセンサを用いて、手の傾け、振りおよび回転のジェスチャを検知し、移動ロボットに直感的な動作指示を与えることの出来るインタフェースへと改良を進めたので報告する。

2. システムの構成

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 $\pm 2\text{G}$ 2軸加速度センサ（Analog Devices社製 ADXL202JE）、 $\pm 20\text{G}$ 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

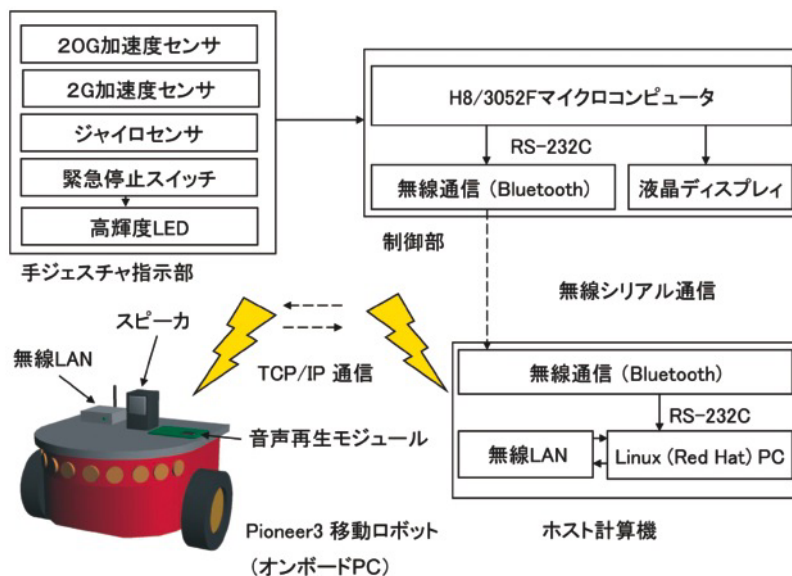


図1 システム構成

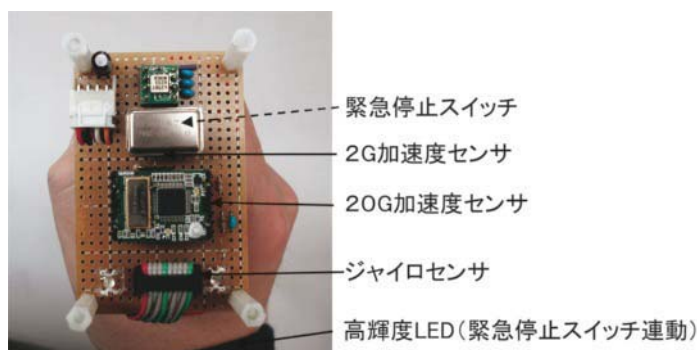


図2 手ジェスチャ指示部

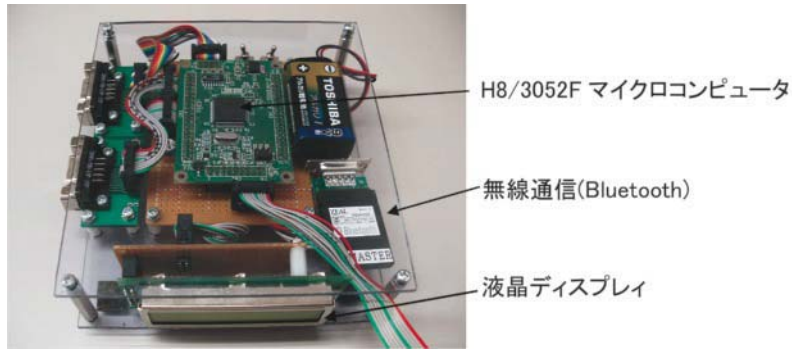


図3 制御部

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 ± 0.6 G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 ± 2.0 G未満の値を検出すると静的加速度の検出、 ± 2.0 G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] 以上の場合は時計周り回転、 -1500 [deg/sec] 以下の場合は反時計周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。

静的加速度ではX軸、Y軸の各軸100個のサンプリングデータから平均加速度を求め、その大きさと方向を計算する。図6に示す実測例では平均加速度はX軸： 0.49 G, Y軸： 0.80 Gであり、大きさ 0.93 G, 方向 59 度が求められる。 $350 \sim 10$ 度, $80 \sim 100$ 度, $170 \sim 190$ 度, $250 \sim 290$ 度の方向はそれぞれ右, 前, 左, 後の傾け, その他の方向は斜め傾けと判定する。図7の実測例に示すように、動的加速度では取得したX, Y, Z軸の各100個のサンプリングデータから、ピークからピークまでの値を求めることで、どの軸を振ったかが判別でき、さらに最大値, 最小値の検出順序により各軸の正負も判別できる。ジャイロセンサの角速度計測例を図8に示す。時計, 反時計回りの手ジェスチャと前方振り動作では角速度が異なっており判別できる。

静的加速度と動的加速度の認識精度を調べるために、被験者4人に手ジェスチャでX軸、Y軸の前後左右の動作を各20回ずつ操作してもらった。

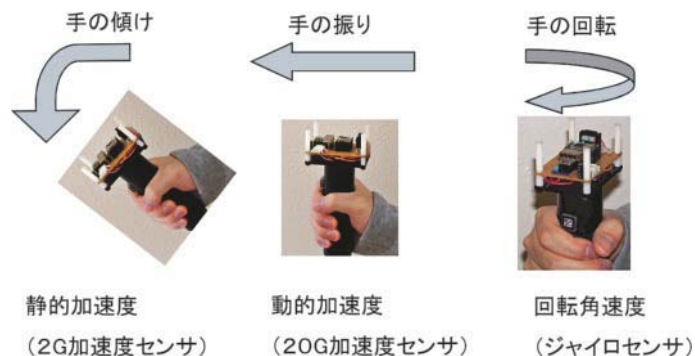


図4 手ジェスチャとセンサの対応

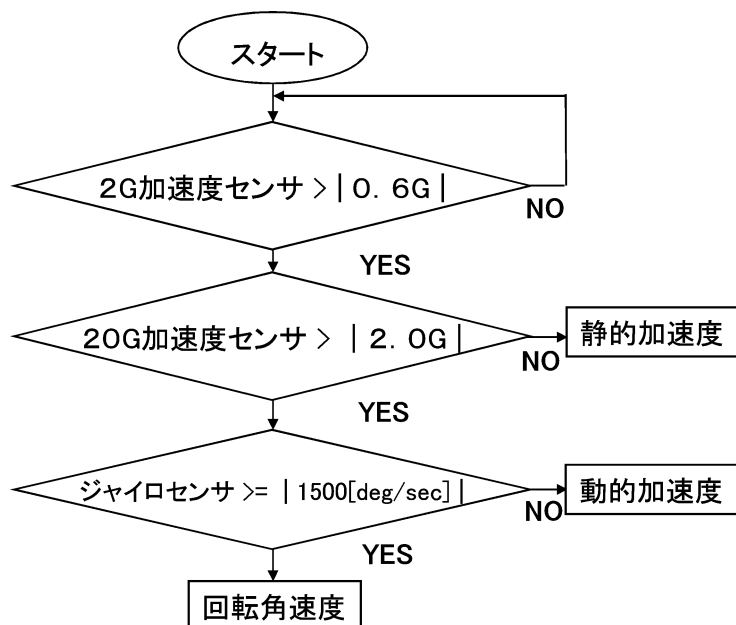


図5 手ジェスチャ判定フローチャート

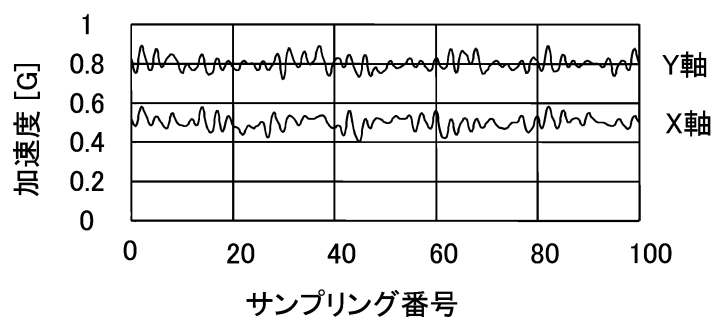


図6 静的加速度実測例

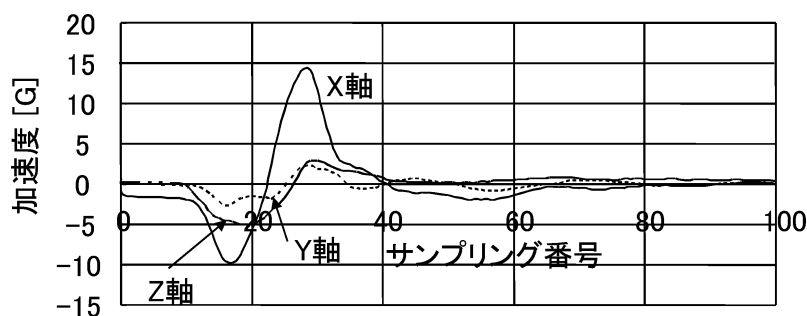


図7 動的加速度実測例

その結果、正解率は静的加速度操作では95%、動的加速度操作では78%であった。静的加速度の検出精度は高いが、動的加速度検出精度は静的加速度に比べ低い。また静的加速度は習熟の必要なく使えるのに対し、動的加速度操作ではある程度、操作に慣れる必要がある。

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に対応させる。また手を前に傾けたら前進あるいは手を前に振ったらスピードアップのように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。この考えに基づき図9に示すセンサ座標系に対応するロボット動作の種類を表1の

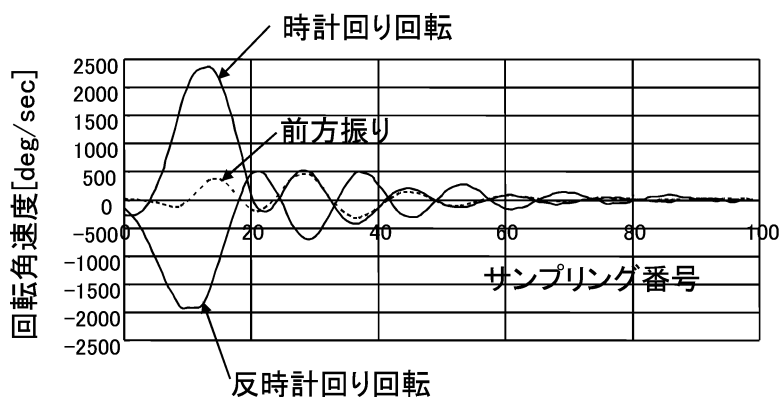


図8 回転角速度実測例



図9 センサ座標系



ように設定した。ここでロボットの動作はロボット固定座標系にもとづいている。

5. 動作実験

製作した手ジェスチャ指示インタフェースを使用した動作実験を行った。動作識別のすべてを行い、正しく動作するかを確認した。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。図10に手前方傾け指示ジェスチャ時のロボット前進移動状況を示すが、手ジェスチャがそのまま移動となり直感的にわかりやすい。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分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

表1 手ジェスチャと移動ロボット操作の対応関係

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



図10 前方傾けによる前進移動実験

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できた。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で操作者や周囲の人がロボットの動作を確認できるシステムになっており、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。今回の研究では加速度センサ、ジャイロセンサを使用することでジェスチャを認識するインタフェースの製作とシステムの構築を行った。また動作実験をすること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。

現時点では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、これは人間の短期記憶に関するミラーの法則(7 ± 2)¹²⁾に則れば多すぎ、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。

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) 黒川隆夫：ノンバーバルインタフェース，オーム社，1994.
- 3) 沼崎俊一，森下明，梅木直子，土井美和子：ジェスチャ入力に適した画像入力装置の提案とその3次元情報検出性能の検討，情報処理学会論文誌，Vol.41，No.5，pp.1267-127，2000.
- 4) 塚田浩二，安村通晃：Ubi-Finger：モバイル指向ジェスチャ入力デバイスの研究，情報処理学会論文誌，Vol.43，No.12，pp.3675-3684，2000.
- 5) 矢谷浩司，田村晃一，杉本雅則，橋爪宏達：ユーザの位置，方向，ジェスチャを認識することによるモバイルデバイスのための情報移動手法，ヒューマンインタフェース学会研究会，Vol.104，No.169，pp.19-24，2004.
- 6) S. Iba, J. M. Vande Weghe, C. Paredis, and P. Khosla: An Architecture for Gesture Based Control of Mobile Robots, Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS'99), pp. 851-857, October, 1999.
- 7) 村嶋照久，久野義徳，島田伸敬，白井良明：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.
- 8) M. Strobel, J. Illmann, B. Kluge and F. Marrone: Gesture Recognition in a Spatial Context for Commanding a Domestic Service Robot, In Proc. of the 33rd International Symposium on Robotics (ISR), 2002.
- 9) 古城直樹，稲邑哲也，岡田慧，稲葉雅幸：原始シンボル空間を用いたヒューマノイドによる手ジェスチャ認識，第24回日本ロボット学会学術講演会講演論文集，1M11，2006.
- 10) J. Richarz, A. Scheidig, C. Martin, S. Muller and H. Gross: A Monocular Pointing Pose Estimator for Gesture Instruction of a Mobile Robot, International Journal of Advanced Robotic Systems, Vol.4, No.1, pp.139-150, 2007.
- 11) 深谷健一，山田暁人，佐々木政年：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，北海学園大学工学研究科紀要第6号，pp.39-43，2006.
- 12) G. A. Miller: The magical number seven plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information, Psychol., Rev. 63, pp.81-97, 1956.