

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：16301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500653

研究課題名(和文) 首振り指示に基づくヒューマンロボットインタフェース

研究課題名(英文) Human -robot interface based on instructions by neck movement

研究代表者

柴田 論 (Shibata, Satoru)

愛媛大学・理工学研究科・教授

研究者番号：10263956

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円、(間接経費) 1,050,000円

研究成果の概要(和文)：人と同じ環境で日常的な支援を行うロボットの実現のための基礎的アプローチとして、発話や上肢に障がいを持つ人でも指示を出すことのできる、首の運動(顔の向きの変化)を全方向移動ロボットへ与える運動命令とするヒューマンロボットインタフェースを提案した。操作者のロボットへの運動指示をより明確にするために、頭頂部からロボットの動作環境上にレーザー光線を照射し、首の運動により変化する光点の移動にロボットが追従するシステムを構成した。また、運動指示に対するロボットへの追従運動がより操作者にとって好ましいものとなるように、人間心理に受け入れられる感性コントローラを導入し、その効果について確認した。

研究成果の概要(英文)：A human-robot system in which a mobile robot moves according to the instruction of the laser spot projected by the laser pointer attached at the human head is considered. Human gives instruction of desired movement to the robot by rotating his or her head. Three modes, stopping mode, following mode, and a mode to move to the desired position autonomously, are introduced. In the following mode, robot can realize intended movement by following the movement of the laser spot on the floor. Kansei controller is introduced between the instruction movement of the laser spot and following motion of the robot to realize psychologically acceptable motion of the robot. The effectiveness of the proposed system is discussed experimentally using an omni-directional robot.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学，リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：ヒューマンロボットインタフェース 福祉ロボット 感性工学

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、医療・福祉分野において、高齢者や身体障害者の生活支援、職場における就労支援を果たすロボットの必要性が高まってきた。これに伴い、人間が指示を出しそれに従い動作を行うロボットについての研究が、生活支援の分野で種々行われている。例えば、音声により指示を与え、それを認識してロボットが運動を行う、あるいは、ジェスチャや指先のサイン、動きによる指示を与え、それをシステムが認識して動作を行う等の報告がある。

(2) 申請者らは、発話や上肢に障害を持つ人でもロボットへの指示を行う事のできる、首の運動による顔の向きをロボットマニピュレータへ与える指示命令とするインタフェースを考案し、学術的に評価されている。しかしながら、人間の身の回りで移動しながら支援するロボットのインタフェースに関しては検討していなかった。

本申請は、この考案に基づく首振りによる移動ロボット操作についてのものである。提案するシステムでは、操作者にとってより直感的にわかりやすいインタフェースとするために、頭頂部にレーザーポインタを取り付けてロボットの動作環境上にレーザー光線を照射し、床面上の光点をロボットが追従する指示点とする。そして、この指示光点に移動ロボットが追従することを基本とする。レーザーポインタを用いて移動ロボットの操作対象物を指し示すことのみを目的とすると、移動ロボットの現在位置から操作対象物までの軌道を指示することは出来ないが、本研究では指示に追従することにより目標点までの軌道を指定することが出来、操作者にとって安心である。

2. 研究の目的

(1) まず、提案に基づく機能を実現するためのシステムの構築を行う。操作者は頭頂部にレーザーポインタを装着し、床に向かってレーザーを照射する。ここで床に照射されたレーザーの光点（指示点）は操作者の顔の向きに対応している。指示点は上部に取り付けた2台の CCD カメラによりサンプリングタイム毎に撮影され、画像処理用コンピュータにてステレオカメラの原理により座標値の算出を行う。算出された座標は Ethernet 接続された、あるいは無線により全方向移動ロボットへ送られる。ロボットでは送られてきた指示点の座標の変化に追従する運動を生成する。これらに伴う画像処理に基づく光点の計測精度、全方向移動ロボットの追従精度、サンプリングタイムを評価し、人間と共存する移動ロボットのインタフェースとして有効な一手段になりうることを確認する。

(2) 本提案は、操作者がレーザー光点による運動指示を与え、それに移動ロボットが追従

することにより運動が生成されることを目的としているが、ロボットの追従を停止させることもレーザー光点により指示できることが必要である。操作者がロボットをある場所に止めておきたい場合は停止モードとしてその場にロボットを停止させ、逆にロボットを動作させたい場合は追従モードとしてロボットを操作する、といったモード切り替えを導入（業績2）し、首振り指示により容易に行えることができれば理想的である。そこで、レーザーの光点の挙動によりロボットを停止、追従させるモード切り替えを行う操作方法を提案する。モード切り替えを行う際の操作者の負担を人間工学的に評価し、さらに操作感等についての主観的評価を行い、それらの結果をモード切り替え方式へとフィードバックする。

(3) ロボットの追従運動をより滑らかな人間心理に受け入れられるものとする感性コントローラを導入する（業績1, 7）。それにより画像計測などにより生じるノイズがどの程度軽減されているか、また、ロボットの追従運動が人間心理に好ましい影響を与えているかについて明らかにする。さらに、感性コントローラのパラメータを、操作者自身が自ら望ましい値に調整する方法を提案し、その有効性について実験的に評価する。

3. 研究の方法

(1) オムニホイールを用いた全方向移動ロボットの製作

首振りによるレーザーポインタ指示に追従する移動ロボットは、レーザー光点の運動に自由に追従させるため、足回りにオムニホイールを有する全方向移動型とする。また、ロボットの大きさは、同じ部屋等に人間と共存して日常的に補助を行うという目的から決定する。オムニホイールは3個、ローラーホイール方式にて配置する。

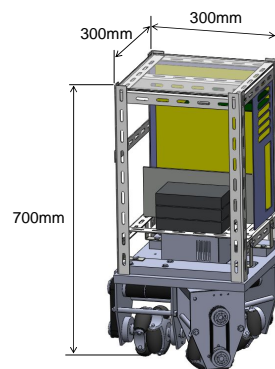


図1 オムニホイールを有するロボット

(2) ステレオカメラによる指示光点の位置計測

操作者の首振りにより投影されたレーザー指示光点の3次元座標は、ステレオカメラにより計測される。ステレオカメラでは少なく

とも2台のカメラを配置する必要がある。図は、2台のカメラによるステレオマッチング法に基づくレーザー光点の3次元計測のモデル図を示している。2台のカメラは同じ CCD カメラで焦点距離等の設定も同じに調整し、光軸と画像平面内の水平方向を平行に設置する。これにより、左右の画像平面内の特徴点の対応付けは、同じ座標値を持つエピポラライン上の探索により容易に行える。対応点が求まると、三角測量の原理により、レーザースポットの3次元座標を得る。床面上の指示光点の位置変化を計測するためにステレオカメラを用いるが、通常環境下において光点を認識可能なカメラ、画像処理ボードの構成、高精度な認識を実現する環境上の配置を実現する。

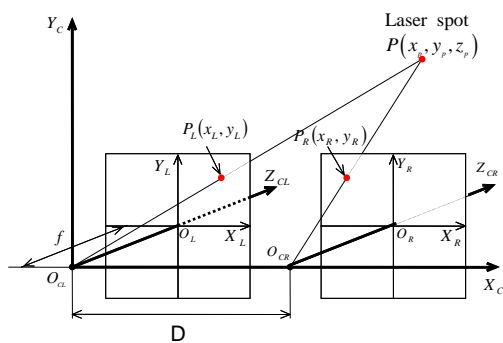


図2 ステレオカメラによる光点の認識

(3) 感性コントローラの導入

申請者は、ロボットに代表される知能機械が人間の指示運動に追従する場合、遅れなしに即座に追従するより、やわらかさ、滑らかさを付加した追従運動を生成する方が心理的に望ましいことを明らかにしてきた。さらに指先指示運動に協調するロボットシステムにおいて、指先の指示運動とロボットの追従運動の間に2次遅れ系の伝達関数で表される調整関数を導入し、より指示者にとって心理的に好ましい追従運動の生成を実現している。本申請においても、首振りによるレーザポイントの光点の運動を指示運動とし、それにロボットが追従するという関係は、人間の指示運動に追従する知能機械と見なすことが出来、調整関数を導入することにより追従運動の心理的効果が期待できる。この調整関数を感性コントローラと呼び、ステレオ法)により測定されたレーザポイントの指示点とロボットへの目標位置指令の間に挿入する。この感性コントローラのパラメータを、操作者にとって好ましいものに設定することで、ロボットの追従運動を人間心理に好ましいものにする事が可能となる。

(4) モード切替の提案

操作者がロボットをある場所に止めておきたい場合は停止モードとしてその場にロボットを停止させ、逆にロボットを動作させ

たい場合は追従モードとしてロボットを操作する、といったモード切り替えを導入し、首振り指示により容易に行えることができれば理想的である。そこで、レーザの光点の挙動によりロボットを停止、追従させるモード切り替えを行う操作方法を提案する。

4. 研究成果

(1) レーザポイントをを用いた首振り指示によるロボット操作システムを実現するために、オムニホイールを用いた全方向移動ロボットの製作を行い、完成した。図は完成した全方向ロボットの外観である。



図3 製作した全方向移動ロボット

操作者に対する心理的影響を考慮し、足回りに低振動型オムニホイールを使用した。この全方向移動ロボットは、図4に示されるように中心から等距離に等角度にオムニホイールを配置した。これにより、順運動学が容易に与えられ、ロボット本体の並進運動、回転運動を高精度で実現できることを確認した

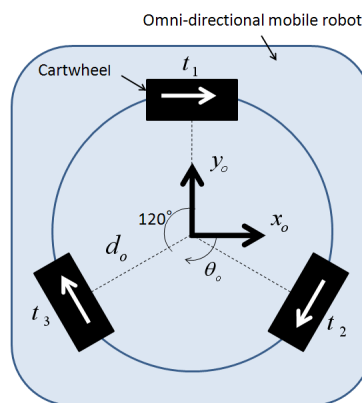


図4 オムニホイールの配置

(2) ステレオ法に基づく光点の認識と、ロボットの動作生成システムの構築

環境の上部に2台のカメラを設置し、ステレオカメラによる床面上のレーザ指示光点の位置計測システムを構築した。そして、

ステレオカメラにより得られた光点の指示運動に追従するロボットの制御系を構成した。

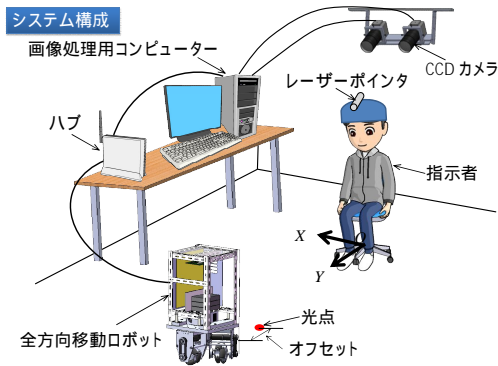


図5 システム構成

(3)画像処理による光点の抽出

環境上のカメラにより撮影された光点は、ステレオ法により3次元計測を行うために、画像処理により画面上の位置を特定される必要がある。これは、輝度値変換、ラベリング処理、重心抽出という方法により実現した。

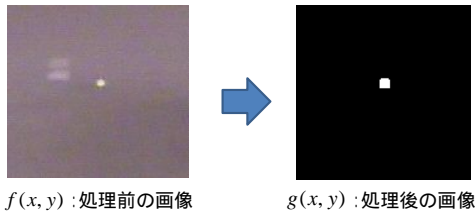
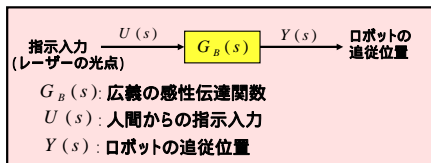


図6 閾値処理による光点の抽出

(4)感性コントローラを用いた心理的に好ましい追従動作の実現

ロボットが人間の指示運動に追従する場合、やわらかさ、滑らかさを付加するほうが心理的に望ましいため、それを実現する2次遅れ系の感性コントローラを指示運動と目標運動の間に挿入し、人間の操作に対するロボットの追従軌道を、より滑らかなものとする事が可能なインタフェースを構築した。



広義の感性伝達関数

$$G_B(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2} e^{-L_1 s}$$

ω_n : 固有周波数 (時間遅れ)
 ζ : 減衰係数 (振動)
 L_1 : むだ時間

図7 感性コントローラの導入

感性コントローラは、系全体が図7に示されるように、2次遅れ要素+無駄時間要素とな

るよう構成された。

(4)首振り指示によるモード切替え

また、操作者がロボットをある場所に止めておきたい場合は停止モードとしてその場にロボットを停止させ、逆にロボットを動作させたい場合は追従モードとしてロボットを操作する、といったモード切り替えを導入し、首振り指示により操作・停止を容易に行えるシステムを実現した。

ロボットを停止させる場合には図8のようにロボットの前面にレーザー光点を照射する。システムはレーザー光点がロボットの前面に照射されたことを確認すると、速やかに停止モードに移る。再びロボットを動かしたい場合には、図9に示されるようにレーザー光点をロボットの手前の床面上に照射する。これをシステムが認識すると、ロボットはレーザー光点の動きに滑らかに追従する。

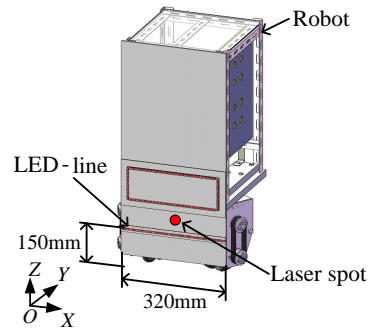


図8 停止モード

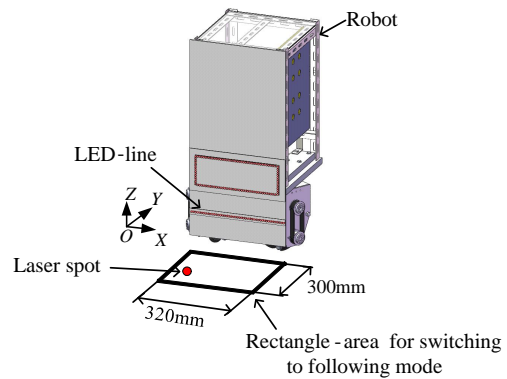


図9 追従モードへの移行

(3)評定尺度法による心理的評価

構成したシステムを用い、実際に首振りにより移動ロボットの操作を行ってもらい、評価実験を実施した。その際の指示光点に対するロボットの追従特性、操作感、ロボット運動の印象を評価した。評価手法としては、心理学的的主観評価として種々のロボット運動の評価に用いられている評定尺度法を用いた。その結果、感性コントローラを用いることにより、ロボットの追従特性は人間心理に好ましいものであることを心理学的に明ら

かにし、感性コントローラの望ましいパラメータには個人差があるため、それらを調整可能なインタフェースに対して高い評価を得た。

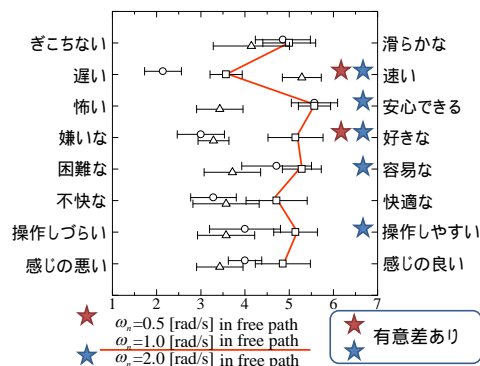


図 10 心理評価結果

6. 研究組織

(1) 研究代表者

柴田 論 (SHIBATA, Satoru)

愛媛大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：10263956

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Satoru SHIBATA, Tomonori YAMAMOTO and Mitsuru JINDAI, A MOBILE ROBOT OPERATION WITH INSTRUCTION OF NECK MOVEMENT USING LASER POINTER, KANSEI ENGINEERING INTERNATIONAL, 査読有, VOL.11 NO.2, 2012, pp.51-58.

〔学会発表〕(計 1 件)

柴田論, 山本智規, 首振り指示に基づくロボット操作インタフェース, 生活生命支援医療福祉工学系連合大会, 2014.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等