指先指示運動に協調するパーソナルロボットシステム

Development of Personal Robot System Cooperating with Human Instruction Using Finger Movement

正 柴田 論 (愛媛大) ○正 山本 智規 (愛媛大)

Satoru SHIBATA, Ehime University, eusibata@eng.ehime-u.ac.jp
Tomonori YAMAMOTO, Ehime University

A robot system cooperating with human instruction using finger movement is proposed in this research. A two-dimensional robot moves in cooperating with the motion of human finger which corresponds to the instruction by a human to move the robot in the system. By adopting this method, smooth movement trajectory of human finger can be reflected to the motion characteristics of the robot, which is acceptable to human psychology, and the motion trajectory of the robot can be adjusted by the human arbitrary in real time. Four modes are considered to make this proposed system more practical one as follows. Mode 1 is implementation of cooperating movement, mode 2 is interrupt of the cooperating motion, mode3 is adjustment of the gain between the movement of the finger and the movement of the robot, and mode 4 is initialization of the size of the gain.

Key Words: Robot, “Kansei” transfer function, Human emotion

1. 緒言

現在, 人間から知能機械への情報伝達のためのインタフェース機器として, 人間の身体の動作による直感的インタフェースが注目されている. これは, 操作者の意思をより正確且つ簡潔に伝えることを可能としている. そこで, 本研究ではより単純かつ, 人間の意図を負担なく表現することが可能である指先指示に着目する. 指先指示の場合, 人間の指示動作に対して単純に追従するだけでは, ロボットの動作範囲が制限されるだけでなく, 遠距離におけるロボットの移動速度が大幅に大きくなってしまう. そこで, 2本の指を用いたサインを使って, 複数のモードを切り替え, 指先とロボットの移動量の変換比(以下ゲイン)を調整するシステムを提案する. また, 指先指示に二次遅れの伝達関数(以下感性伝達関数)を施し, ロボットの追従運動を滑らかなものにする. これらにより, ロボットの移動量と速度を適切にでき, 操作者にとってより使用しやすいシステムとなることが期待できる.

2. システム構成

本研究で用いる指先指示システムの構成を図1に示す. 指示点の検出方法として, 被験者の人差し指と中指の先に取り付けたLEDマーカーを真上からPSDカメラにより位置を認識し, 得られた位置情報から, 被験者の指先の指示点を算出する. また, 手先の指示運動とロボットの追従運動の間に, 感性的効果を付与する感性伝達関数を挿入する

3. 感性伝達関数のパラメータ評価実験

2本の指のサインによって, 追従運動の開始, 停止, ゲインの調整, ゲインの初期化の4つのモードを切り替える. モード1は, 追従運動の開始であり, 人差し指のみを伸展させた状態で移動目標指示をおこない, 座標それぞれの位置変化量に, 設定されているゲインを掛け合わせた量がロボットの追従目標移動量となる(図2). モード2は, 追従運動の停止であり, 人差し指と中指を伸展させることによって追従運動を停止させる(図3). モード3は, ゲインの調整であり, 中指のみを伸展させた状態で, 方向に移動させ, その最大移動量によってモード1でのゲインをそれぞれ比例的に変化させる(図4). モード4は, ゲインの初期化であり, 2本の指を同時に屈

曲させることによってモード3で調整したゲインの値を初期

Fig.1 Experimental setup

化し, 設定された元の値に戻す.

Fig.2 Mode 1

Fig.3 Mode 2

Fig.4 Mode 3

Fig.5 Mode 4

指先に取り付けた LED マーカを PSD カメラで認識可能、不可能という判断を行うことによって、これら 4 つのモードの切り替えを認識するシステムを構築した。

3.1 実験方法

被験者からの距離が変化する運動 (y 軸)と変化しない運動(x 軸)では、心理的印象が変わり、望ましいゲインと感性伝達関数のパラメータが変化すると考えられる。そこでそれぞれについて、望ましいパラメータの検討を実験的に行う。まず、代表的なゲイン値を決定するために、 x 方向(初期点 $\leftrightarrow A$ または $B, C \leftrightarrow B$ または D)、 y 方向(初期点 $\leftrightarrow C, A \leftrightarrow B, E \leftrightarrow D$)それぞれに操作してもらい操作しやすい値を決定する。次に、決定したゲインを用いて感性伝達関数のパラメータを検討する。今回用いたパラメータは減衰係数 $\zeta=1.0$ 、固有周波数 $\omega_n(\text{rad/s})=1.0, 2.0, 3.0$ である。この 3 つのパターンについて人間とロボットの関係を考える上で重要だと考えられる「安全である」、「速い」、「滑らかな」、「快適」、「操作しやすい」の 5 つの形容詞対を用いた心理評価を x, y 方向それぞれに行ってもらい。なお、評価は 7 段階で数値の大きい方が評価のよいものとし、すべての形容詞対に対して平均値の t 検定(有意水準 5%)で検定を行った。

Fig.6 Experimental method

3.2 実験結果

代表ゲイン

実験の対象者として、健常な男子学生 12 人とする。まず、操作しやすいと感じるゲインになるまで調整する実験を行い、

その値を提示してもらった。その結果、 x 方向に関しては $K_x=2.0$ から 3.0 の値が操作しやすいと感じる被験者は多く、 y 方向に関しては $K_y=1.5, 2.0$ の低い値に分布していた。この結果を平均すると、 $K_x=2.4, K_y=2.0$ となった。これらのゲインを以降代表ゲインと呼び、本システムのゲインの初期値とする。

固有周波数

各形容詞対に対する評価の平均と分散について x 方向を例として図 8 に示す。縦軸は各形容詞対であり、横軸は形容詞対に対する評価の値を示している。図 8 から、 $\omega_n=1.0$ の場合には、指先指示に対するロボットの追従速度が遅く安心できると感じる被験者は多いが、操作性が劣り、不快に感じることがわかる。 $\omega_n=3.0$ の場合には、 $\omega_n=1.0$ とは反対に、追従速度が速く安心できると感じる被験者は少ない。そのため、快適な操作とはいえ操作性が劣っている。

$\omega_n=2.0$ の場合には、追従速度が適切と感じるため安心でき、尚且つ操作性も優れると評価していることが判断できる。つまり、 x 方向について最も良いとされる固有周波数の値は、心理評価に従って $\omega_n=2.0$ となる。これは、 y 方向についても同様な結果となり、最も良いとされる固有周波数の値は、心理評価に従って $\omega_n=2.0$ となる。

(a) 固有周波数 $\omega_n=1.0$

(b) 固有周波数 $\omega_n=2.0$

Fig.7 Average and variance of evaluation

4. まとめ

本研究では、人間の指先指示によって、モード切り替え可能なシステムを構築し、ロボットに追従動作を行なわせる。そこで、望ましいパラメータ値について検討した結果、被験者からの方向に応じて、操作しやすいゲインと固有周波数の値が変化することが分かった。そして、適切なパラメータを用いることで人間心理に好ましいロボット動作を実現可能とした。ここで、操作しやすいゲインの値には個人差があるため、代表ゲインの調整を必要とする場合がある。従って、より良い操作を実現するためには、操作者それぞれに適したゲインを本システムによって自ら調整してもらい、環境状況などに柔軟に対応することが望まれると考える。