

# 感性伝達関数を用いた首振り動作による ロボット指示に関する研究

## Research on Robots Instruction by Head Movement Using “Kansei” Transfer Function

山本智規\*, 柴田論\*, 神代充\*\*

Tomonori YAMAMOTO\*, Satoru SHIBATA\*, and Mitsuru JINDAI\*\*

When a human gives instructions to a robot, simple and intuitive instruction method is needed. In this research, we suggest an interface to give robot instructions by the movement of the human head. The intersection point between the table top and the extension line of the head direction is treated as the instruction point and the interface system where the robot follows the movement of the instruction point is constructed. Furthermore, the “Kansei” transfer function whose input is the instruction point and the output is the reference point of the robot motion is introduced. The human instructions are converted to smooth movements of the reference point using the “Kansei” transfer function. The parameter of the “Kansei” transfer function were experimentally examined for their influence on human emotion and sensitivity.

**Keywords:** *Instruction, Head Movement, Kansei Transfer Function*

### 1. 緒言

高齢社会の急速な進行に伴い、医療や生活支援の分野で、高齢者や身体障害者の介護・機能代替などを目的とした様々なロボットの研究が行われている [1-7]。このようなサポートロボットと人間の関係は様々なものが考えられるが、本報告では、人間と動作空間を共有して、部屋の中で人間のためにもものを取ってくる、人間のためにもものを運ぶ、といった用途にサポートロボットを使用することを考える。

介護者及び被介護者がサポートロボットを使用することを考えると、そのヒューマン・マシン・インタフェース (以下、HMI) は、これまでの工業製品や家電製品と比べて、より直感的に使用できることが望ましい。このような観点に立った興味深い研究がいくつか報告されている。例えば、身体の不自由な人たちが、負担のかからない動作を用いて、コンピュータに文字を入力する等の HMI について、多数の報告がなされている [8-11]。また、顔や頭部、視線により人間が指示を出しそれに従って動作を行うロボットの研究も盛んに行われている [12-14]。

石井 [12] は、四肢障害者のための食事支援ロボットの研究をおこない、頭部に取り付けたレーザポイントの光を操作パネルに照射することによってロボットに指示を与えるシステムを構築した。足立ら [13, 14] は、乗っている人間の負担を減らす目的で、顔情報、特に視線情報をもとに搭乗型移動ロボットの走行支援を行うシステムについて検討している。これらのような、顔の向きをもとにロボットに指示を与える方法は直感的であり、四肢で操作レバー等を操作して動作を指示することが困難なユーザーに対して有効である。

これらの研究で提案された HMI は、直感的な操作でロボットに指示を与えることができるが、指示によって、ある定められた動作目的のみが与えられ、その動作目的を達成するに至るロボットの運動特性にはあまり重点が置かれていない。人間の身近な環境で活躍するロボットを考えた場合、動作目的を達成する過程でのロボットの運動特性は、人間心理に強く影響することが知られている。柴田ら [15] は、ロボットが人間へものを

\* 松山市文京町3番 愛媛大学大学院理工学研究科

\*\* 岡山県総社市窪木 111 岡山県立大学情報工学部

\* Graduate School of Ehime University, Matsuyama, Ehime, Japan

\*\* Okayama Prefectural University, Soujya, Okayama, Japan

日本感性工学会論文誌 Vol.7, No.4, pp. 701-708 掲載

原稿受理 平成 20 年 10 月 31 日

差し出す場合の運動軌道について解析し、望ましい速度パターン、および最大速度の存在を示している。その報告の中で、女性は動作後半に滑らかな速度減少を示す釣り鐘形速度パターンに好感を示し、男性は人間の生成する速度パターンか、それを台形や三角形で近似したものであれば違和感を抱かないということを示している。さらに、心理的に好ましい最大速度が存在し、適切な値より大きくなると、ロボットの動作に対してよい印象を抱かなくなることを示している。このように、動作目的に至るまでのロボットの運動特性は、人間心理と深い関わりがあるといえる。この報告は、ロボットが自立して運動する様子から人間がどのような印象を受けるかというものであるが、人間がロボットを操作した場合についても明らかにすることは重要である。

このような観点から、筆者らのグループでは、人間の指示に追従するロボットシステムに注目し、そのシステムにおいてロボットの追従運動を人間心理に望ましいものへと変換する“感性伝達関数”という概念を提案し、研究を行ってきた [16–19]。勘久保ら [16–18] は、指先指示に追従するロボット運動の単純な例として、1自由度の場合を対象に感性伝達関数を導入し、心地よさや安心感といった人間的効果が得られることを明らかにしている。また、小壁ら [19] は、ロボットから人間への手渡し動作の生成に感性伝達関数を用いることで、人間に与える心理的・感性的影響を様々に変化させられることを示した。

以上のことから、本報告では、操作する人間の負担が少ない直感的なインタフェースとして、人間の顔の向きに着目し、その変化（首振り指示）に協調してロボットが軌道生成を行うシステムを提案する（図1）。顔の向きによる首の運動を指示命令とし、ロボットがその首の運動に協調して追従するように動作することを可能とすれば、ロボットの動作中の速度、軌跡を上肢が不自由な指示者でも直接調整することが可能となる。また、ロボットの操作方法は簡単で直感的に理解しやすいため、人間にとって肉体的、心理的負担の低い操作方法を実現することが期待できる。

さらに、顔の向きを指示入力として、“感性伝達関数”を用いてなめらかな波形に整形し、平面上を追従運動する2自由度のロボットに対する目標軌道を生成する手法を提案する。その際、感性伝達関数のパラメータを、人間とロボットの位置関係によってユーザーが調整できるようにし、人間からの相対距離によってロボットの指示に対する動作特性を変化させることを考える。また、そのときの動作特性に対して人間が受ける心理的・感性的効果について感性評価を行い、検討する。

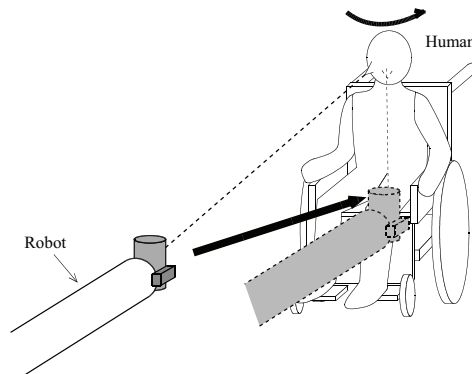


Fig. 1 Robots instruction by head movement

## 2. 首振り指示を用いたロボットシステム

本報告では、ロボットを操作する人間にとって負担の少ない直感的なインタフェースとして、首振り動作に注目する。人間の顔が向いている方向がロボットのエンドエフェクタの動作平面内で指す点を指示点とし、頭部を動かして顔の向きを変化させ、指示点を移動させる。そして、この指示点の移動に追従してロボットが移動するシステムを構築する。以下、この指示方法を、首振り指示と呼ぶ。

### 2.1. 指示点の算出

まず、図2に示すように、ロボット座標系 ( $O - XY$ ) と、人間の頭部の中心を原点とした頭部座標系 ( $O_h - X_h Y_h Z_h$ ) をとる。頭部座標系の原点は、ロボット座標系における ( $G_X, G_Y, H$ ) の位置に設定してある。顔の向き正面方向を  $X_h$  軸、横方向を  $Y_h$  軸、鉛直方向を  $Z_h$  軸とする。このとき、 $Z_h$  軸周りの回転角度を

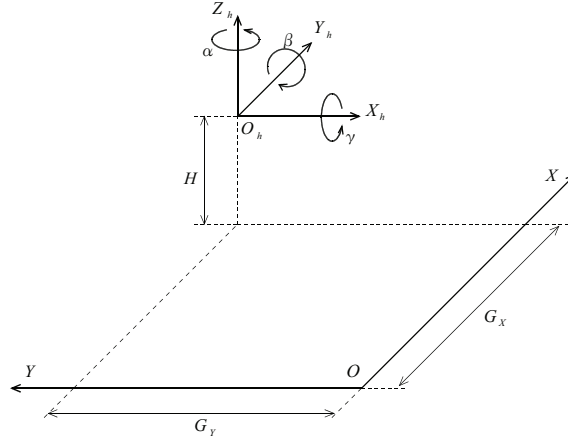


Fig. 2 The coordinate axis, yaw angle, pitch angle and roll angle

ヨー角  $\alpha$ ,  $Y_h$  軸周りの回転角度をピッチ角  $\beta$ ,  $X_h$  軸周りの回転角度をロール角  $\gamma$  とする。図2において,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  の順に回転させることで, 一意に頭部の状態が決定する。このとき, 回転行列  $R$  は, 式 (1) のように表される。

$$R = \begin{pmatrix} \cos \alpha \cos \beta & \cos \alpha \sin \beta \sin \gamma - \sin \alpha \cos \gamma & \cos \alpha \sin \beta \cos \gamma - \sin \alpha \sin \gamma \\ \sin \alpha \cos \beta & \sin \alpha \sin \beta \sin \gamma - \cos \alpha \cos \gamma & \sin \alpha \sin \beta \cos \gamma - \cos \alpha \sin \gamma \\ -\sin \beta & \cos \beta \sin \gamma & \cos \beta \cos \gamma \end{pmatrix} \quad (1)$$

顔を正面方向に向けた時を初期状態として, このときの方向を表す単位ベクトルは次のようになる。

$$i = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (2)$$

回転行列  $R$  を用いて  $i$  を変換すると, 顔の向きを表す方向ベクトル  $Ri$  が得られる。

$$Ri = \begin{pmatrix} \cos \alpha \cos \beta \\ \sin \alpha \cos \beta \\ -\sin \beta \end{pmatrix} \quad (3)$$

方向ベクトル  $Ri$  に平行で, 頭部の中央 (原点  $O_h$ ) を通る直線が, 人間の顔の向きの延長線となる。

$$\frac{x_h}{\cos \alpha \cos \beta} = \frac{y_h}{\sin \alpha \cos \beta} = \frac{z_h}{-\sin \beta} \quad (4)$$

ここで, 図3(b) から, 前方の机の上に指示点を生成する場合, 机を表す平面と, 式 (4) の交点を求めればよい。ここで, 机を表す平面は

$$z_h = -H \quad (5)$$

となる。式 (4) と式 (5) より, 直線と平面の交点, すなわち,  $X_h Y_h$  座標上における指示点  $(x_{hi}, y_{hi})$  は

$$(x_{hi}, y_{hi}) = \left( \frac{H \cos \alpha}{\tan \beta}, \frac{H \sin \alpha}{\tan \beta} \right) \quad (6)$$

となる。この点をロボット座標系で表すと,

$$(x_i, y_i) = \left( \frac{H \sin \alpha}{\tan \beta} + G_X, G_Y - \frac{H \cos \alpha}{\tan \beta} \right) \quad (7)$$

となる。この点  $(x_i, y_i)$  を, 首振りによる指示点とする。なお,  $(G_X, G_Y, H) = (900, 1200, 500)$  [mm] とした。

## 2.2. 感性伝達関数

これまで筆者らは, 人間と共存するパーソナルなロボットに対し, 人間が手先等を用いた連続的な指示運動を与え, それに追従運動するシステムを提案してきた。これは, 目的に至る途中の運動軌道をリアルタイムで

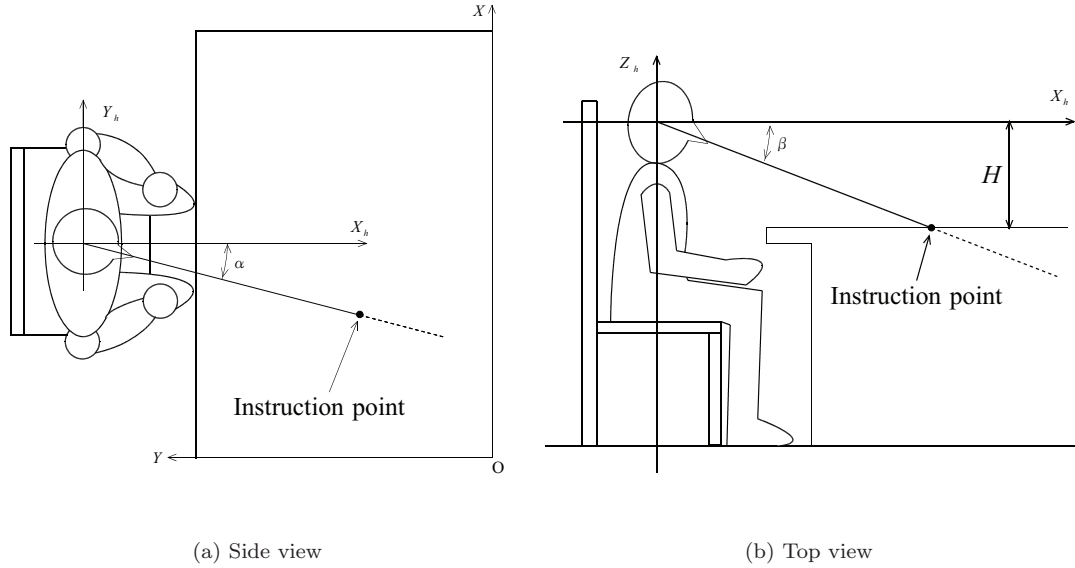


Fig. 3 Instruction point

ユーザが指定できるという点で有効な手法である。そして、その入力（手先等の位置変化）と出力（ロボットの追従運動）の関係に、1次遅れ要素や2次遅れ要素等の線形な変換を行う“感性伝達関数” [19]を導入し、追従運動に独特の滑らかさ、やわらかさを付加することによって、人間心理に好ましい感性的効果をロボットの追従運動に与えることを提案した。

本研究では、算出された指示点に対し、感性伝達関数を付加することで、人間の首振り指示を滑らかなものに変換し、ロボットへの目標入力とすることを考える。ここで、感性伝達関数として二次遅れ要素を用いる。二次遅れ要素は応答の時間遅れに関するパラメータである固有周波数と、振動性に関するパラメータである減衰率の2つのパラメータを持っており、比例要素に比べ、立ち上がり時間後半で滑らかな速度変化を生成することができる。また、それぞれのパラメータを変えることにより容易に速度特性を変化させることができる。このように、二次遅れ要素を採用することで、指示運動をより滑らかに変換してロボットへの目標入力とすることが可能となる。

図4に感性伝達関数を導入したシステムを示す。人間の首振り動作に対して、感性的、心理的效果を有する独特の滑らかさを付加したロボットの協調運動となるよう、広義の感性伝達関数を設定し、その特性を実現させるために、センサシステムの出力に施した感性コントローラのパラメータを望ましいものに調整することが本研究の狙いである。センサシステムにノイズ成分があり、ロボットの制御系が優れたものでなければ、それらを補償する能力も感性コントローラに与えることが必要になる。本報告のように、センサシステム、およびロボットの入出力特性が比例要素として扱って差し支えないものであるなら、センサシステムの出力に施した感性コントローラは感性伝達関数と一対一に対応する。このとき、感性伝達関数（感性コントローラ）のパラメータ値を、人間心理に好ましいロボットの協調運動となるように設定することが目的となる。

感性伝達関数は、ロボット座標の  $X$ ,  $Y$  軸成分それぞれについて、次式のように表される。

$$G_X(s) = \frac{K_X \omega_X^2}{s^2 + 2\zeta_X \omega_X s + \omega_X^2} \quad (8)$$

$$G_Y(s) = \frac{K_Y \omega_Y^2}{s^2 + 2\zeta_Y \omega_Y s + \omega_Y^2} \quad (9)$$

ここで  $\omega_X$ ,  $\omega_Y$  は固有周波数、 $\zeta_X$ ,  $\zeta_Y$  は減衰係数である。

### 3. 実験

#### 3.1. システムの構成

首振り指示インタフェースに基づくシステム構成を図5に示す。

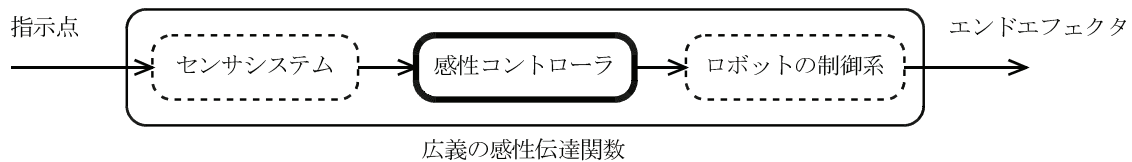


Fig. 4 “Kansei” transfer function

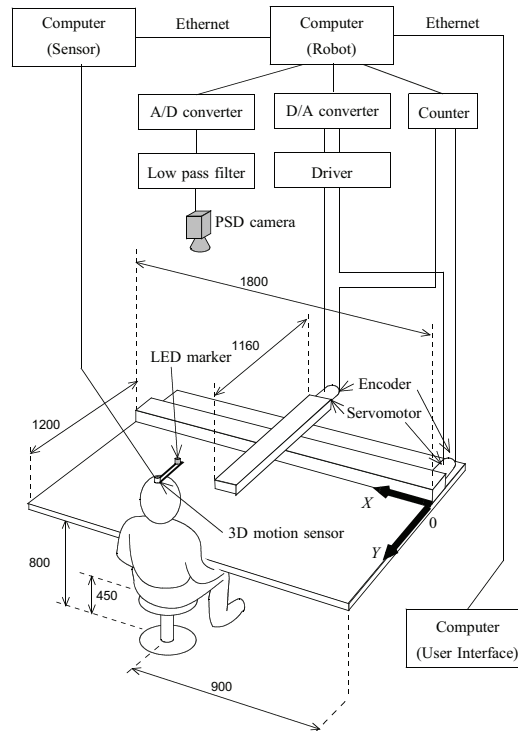


Fig. 5 Experimental setup

被験者は、図6に示すセンサを取り付けた帽子をかぶり、ロボットに正対して座る。

帽子に取り付けられたセンサは、3D モーションセンサ (NEC/TOKIN 社製, MDP-A3U9S) と PSD センサシステム (浜松ホトニクス社製, C5949-04) の LED マーカであり、これらのセンサにより人間の顔の向きを計測する。なお、前章におけるヨー角  $\alpha$  は PSD センサシステムで、ピッチ角  $\beta$ 、およびロール角  $\gamma$  を 3D モーションセンサで計測する。まず最初に、被験者には正面を向いてもらい、このときのセンサから得られた角度を初期値とする。被験者が首を動かした際の、初期値からの相対角度を、頭部座標系における角度とする。PSD センサシステムによって得られた2つの LED マーカの位置に比例した電圧を、ローパスフィルタ (カットオフ周波数 10[Hz]), A/D 変換器 (インタフェース社製, PCI-3523A) を通してロボット制御用コンピュータ (CPU クロック周波数: 466MHz) に取り込む。

コンピュータ内で得られた電圧信号を位置情報に変換し、その位置情報をもとに2点を結ぶ直線を求め、角度を算出する。また、計測された3D モーションセンサからの角度情報は、Ethernet 接続されたロボット制御用コンピュータに送られる。送信に要する時間は 1[ms] 未満である。計測されたデータをもとに指示点を算出し、ロボットへの指示入力とする。そして、指示入力に対して、ロボット制御用コンピュータで感性伝達関数を施し、ロボットの目標位置を算出し、これに対しロボットの高精度位置決め制御を行う。

ロボットとして、2軸直交型ロボット (THK 社製, X 軸: GL-20, Y 軸: GL-20, 稼動範囲 2000 × 1200[mm]) を用いる。ロボットの位置は、ロータリーエンコーダからのパルス信号を、カウンタボード (インタフェース社製, PCI-6201E) を介してロボット制御用コンピュータに取り込む。また、算出されたロボットの操作量を、D/A 変換ボード (インタフェース社製, PCI-3523A), ドライバ (安川電機社製, SGDA-04AS) を介してサーボモータ (安川電機社製, SGM-04A) へと送り、位置制御を行う。

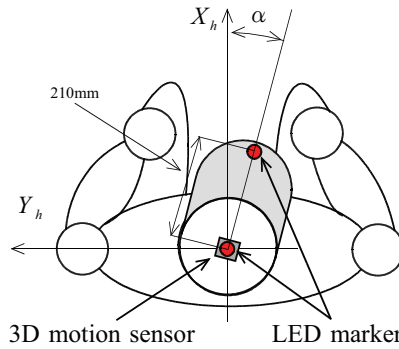


Fig. 6 Sensors

これらの処理をリアルタイムで繰り返し行うことにより、連続した運動指示、追従運動が実現できる。なお、ロボット制御用コンピュータのオペレーティングシステムは ART-Linux [20] を使用しており、実時間でタスクを実行できる。系のサンプリング時間は 16[ms]、サンプリング毎のロボットの目標位置追従精度は 3.62[mm] であり、高精度に目標軌道に追従している。また、指示者が容易に感性伝達関数のパラメータを調整することが可能なように、パラメータ調整用ユーザインタフェースを設けたコンピュータを指示者の傍らに設置した。

### 3.2. 実験方法

手嶋ら [21] は、スカラ型ロボットアームの水平面内回転運動に対する人間の恐怖心について検討した。その報告の中で彼らは、人間とロボットがある程度の距離以上離れていると、たとえロボットの動作速度が大きくとも人はあまり恐怖心を抱かないが、逆に距離が接近すると速度があまり大きくなくても恐怖心を強く抱くことを明らかにした。このことは、人間とロボットの位置関係により、人間の心理・感性に受け入れられるロボットの速度が変化することを示している。また、勘久保ら [16-18] は、人間の指示入力に対して様々な伝達関数を介してロボットの制御目標を生成し、左右方向、または前後方向に動作する 1 自由度ロボットを操作する実験を行った。その結果、左右方向と前後方向で、指示動作の速度分布が異なることを明らかにした。また、伝達関数のパラメータを調整することで、人間心理に与える影響を変化させられることを示した。これらのように、人間とロボットの位置関係、運動方向は人間心理に異なる影響を与える重要な要因であるといえる。

本報告では、人間の首振り指示を、感性伝達関数を用いてロボットへの動作指示へと変換することを考えている。このとき、感性伝達関数のパラメータを、人間とロボットの位置関係により変化させることで、より人間の心理・感性に受け入れられるような動作が生成できると考えられる。具体的には、ロボットの移動可能範囲を格子状のエリアに分割し、それぞれのエリア内で感性伝達関数のパラメータである固有周波数の値を設定する。ロボットのエンドエフェクタがあるエリア内に存在するとき、ロボットは設定されたパラメータ値を用いた感性伝達関数により目標値を算出し、それに基づいて移動する。そして、異なるエリアに入ると、そのエリアに設定されたパラメータ値へと変化させていく。このようにして、ロボットの位置によってその動作特性を変化させ、より人間心理に好ましい追従運動となることを目指す。

図 7 のように、ロボットの動作範囲である縦 900[mm]、横 1500[mm] の平面を、一辺が 300[mm] の正方形に縦 3 つ、横 5 つの 15 のエリアに分割する。分割したエリアごとのパラメータは、人間に対し水平方向である  $X$  軸方向成分  $G_X(s)$  と、接近方向である  $Y$  軸方向成分  $G_Y(s)$  をそれぞれ独立して設定できるようにする。このエリアの大きさは、予備実験を行い、一定のパラメータでほぼ同じ心理的評価が得られる最大の領域であることを確認している。また、減衰係数のパラメータについては振動成分を生じさせないよう 1.0 を用いる。

被験者は、ロボットに正対して座る。そして、ロボットを移動させたい場所に顔を向けることでロボットへの指示動作を行う。その指示動作に対して、ロボットは、感性伝達関数を介し速度波形を生成し追従動作を行う。

被験者には、横 1500[mm]、縦 900[mm] の二次元平面内の範囲を任意の速度、時間でロボットを動かしてもらおう。そして、指示に対するロボットの協調運動が被験者にとって心地よくなるまで、各エリアにおける固有周波数の調整を行ってもらおう。調整用のインタフェースは、図 8 に示されるものを用いる。このインタフェースはマウスによって操作でき、エリアごとの固有周波数を 0.5[rad/s] ごとに、0.5 から 7.0[rad/s] の範囲で選択できるようになっている。選択したパラメータは、ロボット制御用コンピュータに送られる。

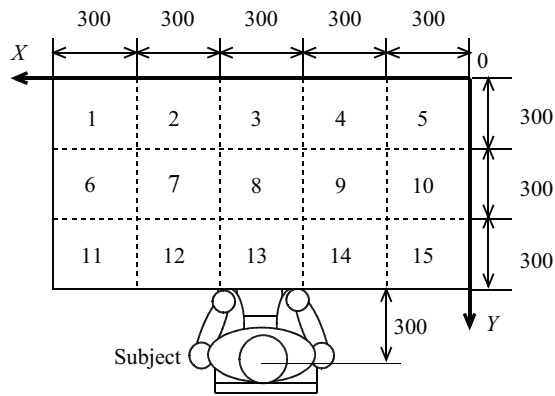


Fig. 7 Divided areas

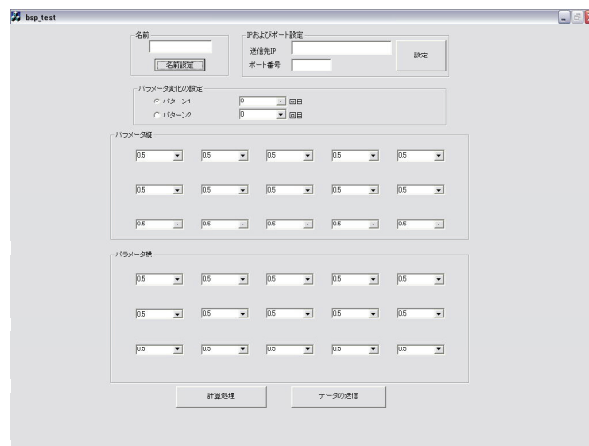


Fig. 8 User interface

#### 4. 実験結果および考察

健康な男子学生 15 人に対して実験を行った。感性伝達関数の固有周波数の初期値は、 $X$  軸方向成分、 $Y$  軸方向成分とも、すべてのエリアで  $3.0[\text{rad/s}]$  とした。実験を行い、調整を行った後の固有周波数を図 9, 10 に示す。

図 9 は  $X$  軸方向成分、図 10 は  $Y$  軸方向成分で、(a),(b) はある被験者の調整後の値、(c) は全被験者の平均値を示す。

図 9 より、 $X$  軸方向では、被験者 1, 2 ともに被験者の正面付近 (エリア 12, 13, 14) で固有周波数の値が小さくなる傾向が見られた。その他の被験者についても、同様の傾向が見られた。また、エリア  $1 \rightarrow 6 \rightarrow 11$ ,  $2 \rightarrow 7 \rightarrow 12$ ,  $3 \rightarrow 8 \rightarrow 13$ ,  $4 \rightarrow 9 \rightarrow 14$ ,  $5 \rightarrow 10 \rightarrow 15$  のように、 $Y$  軸に平行な成分では、すべての被験者が、人間に近づくにつれて固有周波数の値が小さくなるように設定していた。図 9(c) より、固有周波数の平均値は  $1.5 \sim 3.0[\text{rad/s}]$  の範囲に分布しており、全体の平均は  $2.42[\text{rad/s}]$  (標準偏差  $1.35[\text{rad/s}]$ ) であった。図 10 より、 $Y$  軸方向では、 $X$  軸方向と同様に、被験者 1, 2 ともに被験者の正面付近 (エリア 7, 8, 9 および 12, 13, 14) で固有周波数の値が小さくなる傾向が見られた。その他すべての被験者についても、同様の傾向が見られた。また、 $Y$  軸に平行な成分では、15 人中 13 人が人間に近づくにつれて固有周波数の値が小さくなるように設定していた。図 10(c) より、固有周波数の平均値は  $1.0 \sim 2.0[\text{rad/s}]$  の範囲に分布しており、全体の平均は  $1.46[\text{rad/s}]$  (標準偏差  $0.65[\text{rad/s}]$ ) であった。

今回の実験において、調整に要する回数は最大 6 回、最小 2 回で、被験者にとって心地よいパラメータとなるまでに、平均 3.47 回 (標準偏差 1.25) の調整を要した。

以上の結果から、全体として、被験者の近傍において  $Y$  軸方向、 $X$  軸方向も感性伝達関数の固有周波数の値が小さくなる傾向が見られる。これは、被験者近傍において、ロボットが大きな速度・加速度で動作すると心

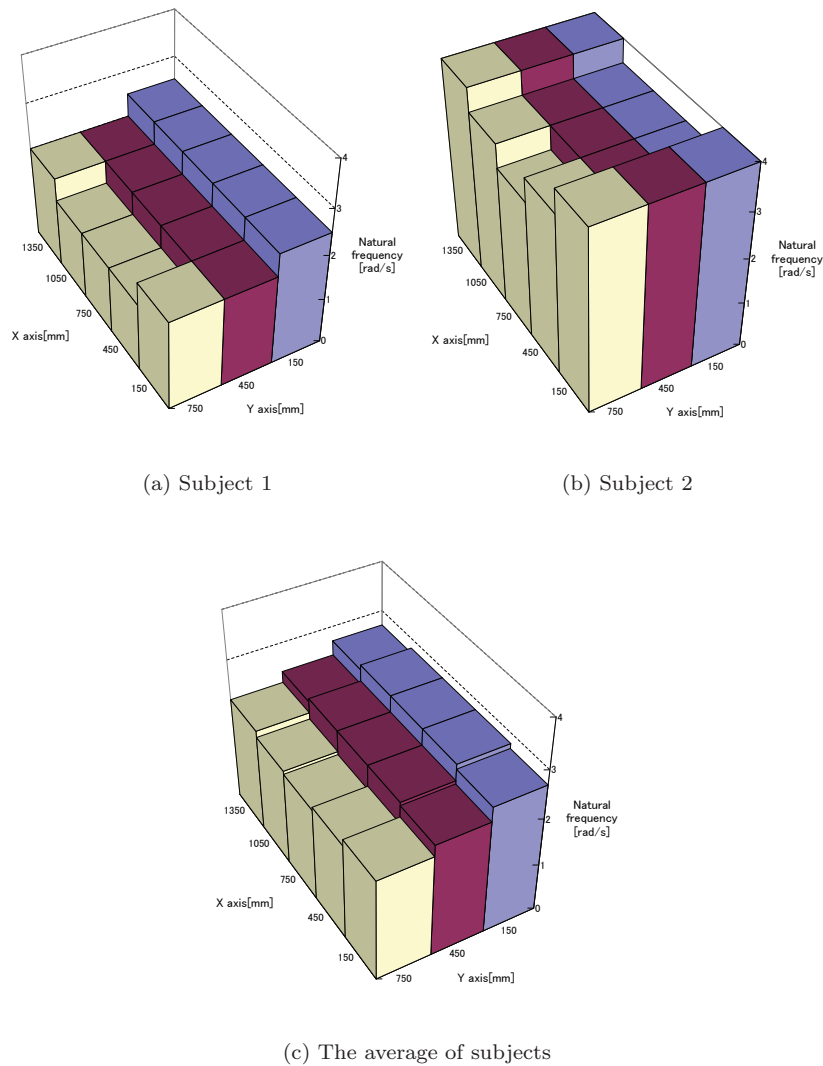


Fig. 9 Natural frequency of Kansei transfer function ( $X$ axis element  $G_X(s)$ )

理的に好ましくないため、固有周波数を小さく設定し、ロボットの動きを緩やかにしたためと考えられる。また、縦方向と横方向の固有周波数を比較すると、縦方向の固有周波数が小さくなる傾向が見られた。これは、ロボットが被験者に対して接近する動作が急激な場合、恐怖感や違和感が大きく心理的に好ましくないため、被験者からの距離が等しいエリアにおいても  $Y$  軸方向の固有周波数は  $X$  軸方向の固有周波数より小さく設定されたと考えられる。

図 11 に、被験者がロボットに対して首振り指示を行った際の、調整前と調整後のロボットの速度波形の一例を示す。なお、ロボットは図 7 のエリア 10 の中央付近からエリア 6 の中央付近に動作させた。図より、調整後のロボットの動作速度のピーク値は、調整前のそれと比較して速くなっていることが分かる。これは、固有周波数を小さく設定した結果、ロボットの動きが調整前と比較して緩やかになったため、首振り指示が落ち着いて行えるようになり、指示の速度が上がったためだと考えられる。

さらに、初期固有周波数 (3.0[rad/s]) と、エリアごとに固有周波数を調整した場合について、どちらがロボットを操作しやすいかについて、一対比較を行った場合の結果を図 12 に示す。被験者のうち、15 人中 14 人 (93%) が、固有周波数を調整したもののほうが操作しやすいと答えており、エリアごとに固有周波数を調整することによって、より人間にとって操作しやすいロボット動作が可能となることがわかる。

図 9, 10 を見ると、エリアごとに感性伝達関数のパラメータ値が不連続に変化している場合がある。ロボットが異なるエリアに移動する際の不連続なパラメータ切り替えによる運動への影響は、厳密には無視できないと考えられるが、パラメータ一定の場合と比較すると、提案手法は操作しやすいという評価を得ており、また、



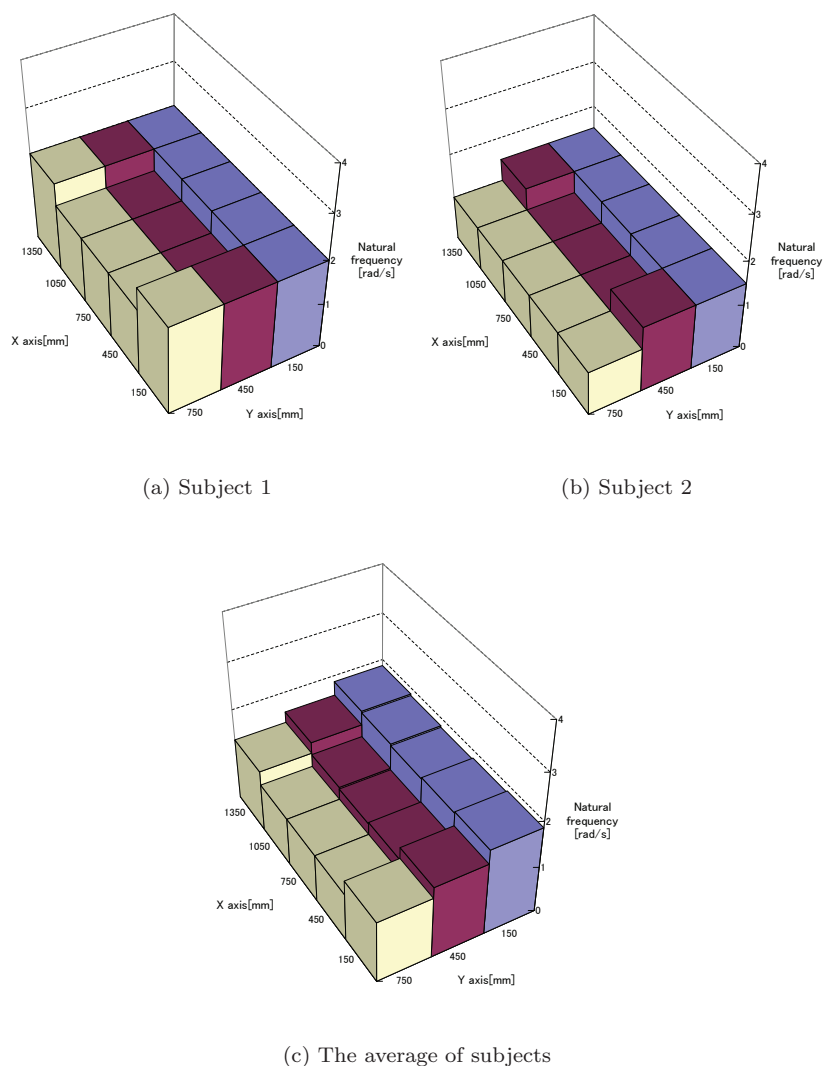


Fig. 10 Natural frequency of Kansei transfer function ( $Y$ axis element  $G_Y(s)$ )

図 11 に示すように、パラメータ可変の場合の速度波形は、パラメータ一定の場合に比べて不連続な変化が目立つとは言い切れず、その影響は小さいといえる。

## 5. まとめ

本研究では、人間が顔を向けた方向を指示点として、その指示点をロボットの動作指示とする“首振り指示”インタフェースを提案した。そして、首振り指示インタフェースを用いて動作するロボットシステムを構築した。本システムでは、人間の首振りという直感的な動作でロボットを操作することが可能となった。

さらに、本システムでは、人間の首振り指示による指示点に対し、“感性伝達関数”を導入することにより、人間の行う指示動作を滑らかなものに変換し、ロボットの動作目標点を生成した。また、人間とロボットの位置関係によって好ましい感性伝達関数のパラメータ値は異なるとの考え方から、人間とロボットの位置関係及び運動方向に応じて“感性伝達関数”の固有周波数の値を調整できるようにした。

構築したシステムを用いて、被験者に対して動作実験を行ってもらい、被験者にとって好ましい動きが生成できるように感性伝達関数のパラメータ値を調整してもらった。その結果、人間に対して水平方向よりも、人間に対して接近する方向のパラメータ値を低めに設定する傾向があることが分かった。また、水平方向、接近方向とも、人間の近傍で固有周波数の値を低く設定することが分かった。

これらのことから、首振り指示インタフェースを持つ、人間の近傍で動作するロボットシステムにおいて、人間の近傍で適切な感性伝達関数のパラメータを設定することで、人間にとって使いやすく、心理・感性に受

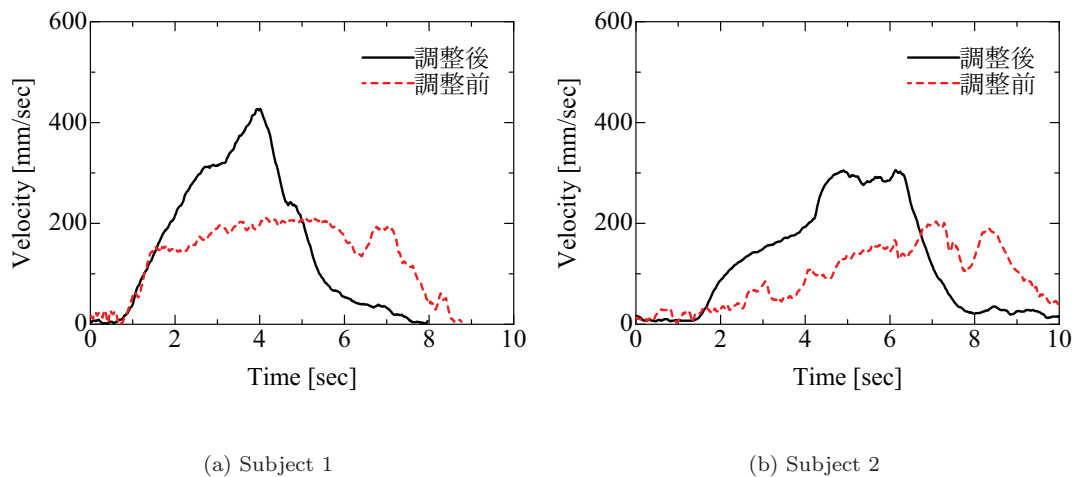


Fig. 11 Velocity profiles both before adjustment and after adjustment

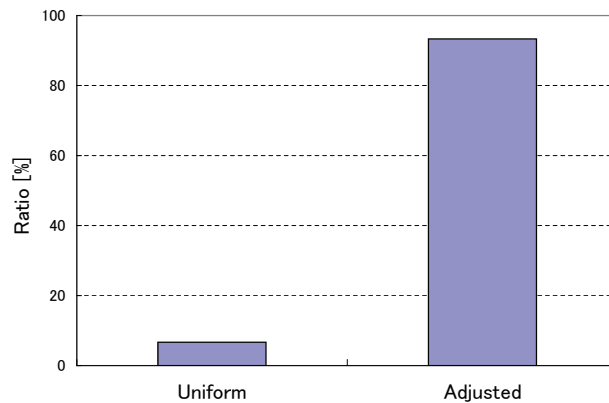


Fig. 12 Result of paired comparison

け入れられる動作を実現できることを明らかにした。

本研究で提案した手法では、エリアごとに感性伝達関数のパラメータ値は不連続に変化している。このような不連続な切り替えは、速度の不連続な変化を生じさせる可能性があり、それらが人間心理に与える影響は、本報告ではあまり見られなかったものの、否定できない。このような不連続なパラメータ値の変化をなくし、パラメータ値の変化を滑らかに行う手法を、今後検討していきたい。

#### 引用文献

- [1] 森下広, 名須川治, 佐藤友正: 患者支援ロングリーチマニピュレータの実現, 第14回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 381-382, 1996
- [2] 手嶋教之: 食事支援マニピュレータとその要素技術, 日本ロボット学会誌, 14, 5, 624-627, 1996
- [3] 中村雄一, 小谷信司, 森英雄: 歩行ガイドロボットの音声インターフェース, 第17回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 1149-1150, 1999
- [4] 手嶋教之, 福田茂孝, 米田隆志, 舟久保熙康: 福祉ロボットの音声操作に関する基礎的研究(第1報) - 2次元位置・方向の音声指示法の評価 -, 第13回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 1035-1036, 1995
- [5] 山崎宗重, 神田真司, 長谷川二美, 上田昌伸, 丸山次人, 松熊研司, 河野寿之, 横山和彦: 高齢者・障害者用食事搬送自動ロボットシステム, 第17回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 497-514, 1999
- [6] 真部靖弘, 服部元史, 田所諭, 高森年: ペトリネットによる人間行動パターンモデルと行動予測(行動予測に基づくホームロボットの運動生成を目指して), 日本機械学会論文集(C編) 63, 609, 287-294, 1997
- [7] 加藤一郎: リリスロボット - 生活支援ロボット - の構想, 日本ロボット学会誌, 11, 5, 614-617, 1993

- [8] 伊藤和幸：ビデオキャプチャによる眼球運動計測及び環境制御への応用，ヒューマンインタフェース学会論文誌，5，4，2003
- [9] 高松亮，佐藤誠：最適視点視野による掌の追跡と手指形状認識に基づくポインティングデバイスの提案，ヒューマンインタフェース学会論文誌1，1，1999
- [10] 松本敏幸，山田耕一：高齢者のためのポインティング操作支援システム，ヒューマンインタフェース学会論文誌，6，3，2004
- [11] 青木洋貴，伊藤謙治：日本語入力用インタフェースの習熟過程の分析，日本人間工学学会誌，41，6，2005
- [12] 石井純夫：四肢障害者のための食事支援ロボット，日本ロボット学会誌，16，3，306-308，1998
- [13] 足立佳久，中西知，久野義徳，島田伸敬，白井良明：顔の視覚情報を用いた知的車椅子，日本ロボット学会誌，17，3，423-431，1999
- [14] 足立佳久，恒成裕行，松本吉央，小笠原司：ユーザの注意推定に基づく搭乗型移動ロボットの走行支援システム，ヒューマンインタフェース学会論文誌，6，3，265-273，2004
- [15] 柴田論，猪岡光：評定尺度法によるロボット運動の心理的評価，人間工学学会誌，31，2，151-159，1995
- [16] 勘久保広一，柴田論，神代充，山本智規，清水顯：手先の指示に協調するパーソナルロボットの心理評価，日本機械学会論文集(C編)，68，676，3697-3704，2002
- [17] Satoru SHIBATA, Kouichi KANKUBO, Mitsuru JINDAI, Tomonori YAMAMOTO, and Akira SHIMIZU: FAVORABLE CHARACTERISTICS OF INTELLIGENT MACHINE COOPERATING WITH INSTRUCTIONS BY FINGER MOVEMENTS -IN THE CASE OF ONE-DIMENSIONAL MOVEMENT-, Kansei Engineering International, 5, 1, 1-9, 2004
- [18] 勘久保広一，柴田論，神代充，山本智規，清水顯：手先指示に協調するパーソナルな智能機械に関する基礎的研究～接近運動に対する心理的評価～，感性工学研究論文集，4，2，1-7，2004
- [19] 小壁正義，山本智規，柴田論：“感性伝達関数”を用いた腕型ロボットから人間への手渡し運動，感性工学研究論文集，6，2，79-86，2006
- [20] 石綿陽一，松井俊浩：高度な実時間処理能力を持つLinuxの開発，第16回日本ロボット学会学術講演会予稿集，355-356，1998
- [21] 手嶋教之：福祉ロボットにおける心理面からみた安全性(第1報)ーロボット速度・顔からの距離と恐怖心ー，第10回ロボット学会学術講演会予稿集，1107-1108，1992