ジェスチャ指令による人とマニピュレータの協調作業システム

河原崎 徳 之^{*1} 保 谷 一 郎^{*2} 西 原 主 計^{*1} 吉 留 忠 史^{*1}Cooperative Work System between Human and Manipulator
using Hand Gesture InstructionsNoriyuki Kawarazaki^{*1}, Ichiro Hoya^{*2}, Kazue Nishihara^{*1} and Tadashi Yoshidome^{*1}

This paper provides a cooperative work system between human and manipulator using hand gesture instructions. The goal of our system is that the manipulator can work with humans in the same workspace according to the instructions of hand gestures. Our cooperative work system is composed of the manipulator, a PC and a trinocular stereovision hardware. Since the system has to recognize the position and posture of the hand in the three dimensional workspace, we use the trinocular stereovision hardware. The three dimensional positions of the hand and object are obtained through range images. The gesture is recognized based on the length and width of the hand. We propose the method in which the hand area is divided into two blocks in order to recognize the hand gesture rapidly. Through experimental results, we will show the effectiveness of our system.

Key Words: Hand Gesture, Stereo Vision, Human Interface, Characteristic Dimensions, Manipulator

1. は じ め に

近年、ロボットは工場などの生産現場で飛躍的な発展を遂げてきたが、今後は医療や福祉そして日常生活において人と協調して作業することが期待される (Fig. 1). 2015 年には日本の人口の 4 分の 1 が 65 歳以上になるという高齢社会を迎えるに当たり、福祉機器としてロボットが果たす役割は大きい。このようなロボットが人の日常生活に入り込むためには、ロボット自体の改良は当然のこととして、その操作方法も人との親和性に配慮したものでなければならない。複雑な操作を必要とする入力装置を用いて高齢者がロボットを操作することは不可能である。そこで人との協調作業を簡単に行わせるためには、ロボットに対してジェスチャや音声を用いた指示が考えられる。また、常に変動する状況下でロボットに作業を行わせるためには、外界を監視することで人間や作業対象物を認識し、人間の指示や意図を判断させる必要がある。一方、人の手の動きは言語を超えた自然で直感的な表現を行うことができ、幅広い指示を与えることが可能である。したがって、ロボットシステムは手の動き (ジェスチャ) を監視することにより、作業の情報、人の意志、指令等を得ることができる [1]~[5]。そのため、これまでに人の動作を実時間で認識するアルゴリズム [6] [7]、パターン空間

Fig. 1 Intelligent robot systems

軌跡を用いたジェスチャ認識方法 [8]、複雑な環境下でのロボットのインタラクティブセンシング [9] や色情報とステレオトラッキングを用いた人の指差し動作の認識方法 [10] 等が提案されている。また、人への物の受け渡しを行うサービスロボット [11] や人とロボットのアクティブインタフェース [12] が開発されている。また、視覚処理に関しては、ロボットビジョンに関して様々な画像プロセッサ [13] が開発されている。例えば、領域を限定した注視点処理による複数対象に対して並列処理機能を備えた局所相関演算処理プロセッサ [14] などである。

本研究では、人の手の動きや形状を実時間で画像認識し、ジェスチャによりマニピュレータを動作させる協調作業システムの開発を目的とする。これまでに筆者らは、画像処理により手の形状をマッチングさせることでマニピュレータを動作させるシステムを開発してきた。しかし、手の形状全体を画像認識させることは、計算量や認識精度の点から得策ではない。そこで、ステレオビジョンから得られる距離画像と色情報を用いることにより手の追跡および形状認識を行う。そして、手の形状認識の際に画像全体を使用するのではなく、手の領域を分割し、手に

原稿受付 2004 年 8 月 24 日

^{*1}神奈川工科大学^{*2}(株) セック^{*1}Kanagawa Institute of Technology^{*2}Systems Engineering Consultants Co., LTD

Fig. 2 Cooperative robot system

数点の特徴量を設定することで、効率的に認識を行うことができる。本論文では、誰でもが扱いやすいジェスチャによる直感的なマニピュレータインタフェースシステムを開発したので報告する。

本論文の構成は次のとおりである。第2章では、システムの構成および設定条件について述べる。第3章では色と距離情報による手の抽出および第4章では把握対象物の検出方法について説明する。そして、第5章では具体的なジェスチャ認識方法を説明し、第6章では動作実験について述べる。

2. ジェスチャ指令による人とマニピュレータの協調作業システム

本システムではジェスチャを用いてマニピュレータに指令を与え動作させる。Fig. 2に示すように、システムは外界認識のためのステレオビジョン、制御用PCおよび6自由度の多関節型マニピュレータから成る。ステレオビジョンは、手や対象物の三次元的位置を得ることができる。また、多関節型マニピュレータの先端には平行指ハンドを搭載している。

また、本システムを開発するに当たり、以下の条件を仮定している。

- (1) 認識対象のジェスチャは、人の手の形状だけであり、腕や体の形状や動きなどは対象としていない。
- (2) 対象物の大きさや形状および配置は未知である。ただし、対象物は作業台の上に置かれているとする。
- (3) 平行指ハンドであるため、マニピュレータは対象物を上部からアプローチし把握する。
- (4) 操作者は、作業台を間に挟んでマニピュレータと相対する位置に立ち、ジェスチャ指令を与えるとする。

3. 色と距離情報による手の抽出

3.1 色情報による肌色抽出

3.1.1 RGB値による肌色抽出

まず、数人の被験者（20代男性）についての手の色をRGB値の成分から調べた。なお、RGB値はおのおの0～255の範囲の値である。その結果、人の手のRGB値はRの値の割合がいちばん高く、続いてGとBの値となっていた。また、RとGの差よりもGとBの差の方が小さいことが確認された。これらの特徴から手を識別するために式(1)～(4)を設定し、これを「RGBフィルタ」と呼ぶ。

$$R : 96 \sim 177 \quad (1)$$

Fig. 3 CP of the hand

$$G : 53 \sim 118 \quad (2)$$

$$B : 49 \sim 109 \quad (3)$$

$$(R - G) / |G - B| = 5.5 \sim 10.8 \quad (4)$$

しかし、「RGBフィルタ」の値は明るさの影響を受けやすく、太陽光の当たる昼間と室内照明の夜とではRGBの値が変わることが問題である。そこで、輝度の情報を除いた色相による方法と併用する。

3.1.2 色相による肌色抽出

少しでも色味を感じる色を有彩色といい、色相・輝度・彩度の三つの属性がある[15]。色相とは明るさや鮮やかさにかかわらず、赤系統なら赤、緑系統なら緑というようにどの色の系統に属するかを指すものである。RGB値から色相を求める式を式(5)に示す。

$$H = \tan^{-1} \left\{ \frac{0.7R - 0.59G - 0.11B}{-0.3R - 0.59G + 0.89B} \right\} \quad (5)$$

実験的に数人の手の色相を計算した結果、各人の手の色相の値はある範囲内に収まっていることを確認した。この値の範囲が式(6)であり、これを「色相フィルタ」と呼ぶ。

$$H : 105 \sim 135 \quad (6)$$

「色相フィルタ」は、画面全体から大まかに肌色を抽出するのに適し、「RGBフィルタ」は、ある特定の色を選択することに適している。まず、「色相フィルタ」を用いて人の手に近い色を抽出する。次に、抽出された色情報から余分な色を除去するために「RGBフィルタ」を用いる。このように、段階的に肌色領域を絞り込んで抽出する。

3.2 距離情報による手の抽出

「RGBフィルタ」と「色相フィルタ」により肌色領域の抽出をした後、ステレオビジョンの距離情報から手の抽出を行う。ここでは、一般的に大人の掌の大きさが半径約40[mm]程度の球形に収まるという条件を用いた。Fig. 3に示すように、抽出した肌色領域について半径40[mm]の球の範囲内で最も肌色の画素密度の高い場所を求め、その球の中心を掌中心点CP（Center Position）と呼ぶ。ステレオビジョンの画像から、各肌色の画素の三次元位置が計算できるので、画素が高密度な場所も判断できる。このように、肌色の画素が集まっている球状領域の中心を求めているため、指の曲げ伸ばしなどによる手の形状変化にかかわらず、掌中心点CPを決定することができる。また、ジェスチャを認識するためには、常に手の位置を認識している必要がある。そのため、手の動きにあわせて掌中心点CPを追跡する。Fig. 4に手の抽出の様子を示す。Fig. 4(a)の原画像か

Fig. 4 Detection of the hand

ら色相フィルタ (Fig. 4(b)) により大まかに肌色領域を抽出する。そして、RGB フィルタ (Fig. 4(c)) により周辺のノイズを除去する。その後、肌色素の密度が高い領域より手の抽出を行う (Fig. 4(d))。Fig. 4(d) に示す CP が掌中心点である。

4. 指さしによる対象物の検出

4.1 指先の検出

2章の条件(2)で述べたように、マニピュレータに把握させる対象物の大きさや配置は事前に与えないものとする。したがって、対象物の検出は操作者の指さし動作に基づいて行う。操作者の掌中心点 CP から 60 [mm] 以上離れている肌色領域内で最も掌中心点 CP から離れている肌色の画素を指先点 FP (Fingertip Position) とする。この 60 [mm] の値は、一般的に大人の男性が手を握った場合に掌中心点 CP から拳の先端までの長さである。指を伸ばした場合は、掌中心点 CP から 60 [mm] 以上離れたところに指先が位置している。そして、Fig. 5 に示すように掌中心点 CP と指先点 FP を結ぶ指さしベクトル V を計算する。対象物は、この指さしベクトル V の方向に存在すると考えられる。

4.2 対象物位置の計算

次に、指さしベクトル V とテーブルとの交点を対象物位置 OP (Object Position) として求める。これは、対象物がテーブル上の点 OP 周辺に存在すると考えるからである。Fig. 6 にカメラ (X, Y) 座標系で表現した CP, FP および OP の幾何学的関係を示す。また、(X, Z) 座標系においても同様に CP, FP および OP の幾何学的関係が得られる。これらの関係より、対象物位置 OP (X_p, Y_p, Z_p) は、掌中心点 CP (C_x, C_y, C_z) と指先点 FP (F_x, F_y, F_z) から求められる。ここで、テーブルの高さ T_h とカメラの高さ C_h は既知とする。以下の式 (7) ~ (9) に対象物位置 OP (X_p, Y_p, Z_p) の算出式を示す。

$$X_p = C_x - \frac{(C_x - F_x)(Y_p - C_y)}{F_y - C_y} \quad (7)$$

$$Y_p = C_h - T_h \quad (8)$$

$$Z_p = C_z + \frac{(C_x - F_x)(Y_p - C_y)(F_z - C_z)}{(F_y - C_y)(C_x - F_x)} \quad (9)$$

Fig. 5 Detection of the FP

Fig. 6 Geometric relationship between CP, FP and OP

4.3 対象物の検出

対象物を検出するため、事前に対象物の置かれていない作業空間の画像 (背景画像) を取得する。そして、この背景画像と対象物が置かれた画像 (対象物画像) との差分画像により、対象物を検出する。その際、背景画像と対象物画像の画像全体を差分の対象とするのではなく、作業台上の対象物位置 OP を中心として 150 [mm] 四方の領域を対象物領域として、それ以外の領域は除去する。この 150 [mm] 四方の領域というのは、後の 6.1 節で示す実験により求めた値である。また、2章の条件(3)で述べたように、ロボットハンドは平行指であるため、対象物を上から把持するものとする。そのため、各対象物の最上部の位置を把持位置として求める。作業空間内の対象物および背景と作業台を除去した様子を Fig. 7 (a), (b) に示す。指さしにより決定された領域内に対象物が複数存在した場合、把持すべき対象物を選択する必要がある。把握対象物の決定は、操作者がマニピュレータの動きを見て、ジェスチャにより指示する。具体的には、マニピュレータハンドが順次対象物の上部に移動し、操作者が把持の指令を与えた際にハンドが対象物を把持する。

5. ジェスチャ認識について

5.1 ジェスチャの設定と手の領域分割

本システムで設定したジェスチャ指令は、Fig. 8 に示す 4 種類の手の形状である。2章の条件(4)に示したように、操作者

(a) Image of the objects (b) Objects

Fig. 7 Detection of the object

(a) Inst.1 Grasp (b) Inst.2 Deliver the object

(c) Inst.3 Approach (d) Inst.4 Stand by

Fig. 8 Instructions of hand gestures

はマニピュレータと相対する位置に立ち、4種類の手の状態をカメラに示すことで動作指令を与える。操作者の手の動きが数秒止まった状態をジェスチャ指令として判断する。

手の形状認識において、手を二つの部分（ハンド部、フィンガー部）に分割する（Fig. 9）。これは、手のジェスチャは指の形状変化によるものが多いと考えたためである。フィンガー部は、掌中心点CPから60[mm]以上離れた肌色領域とする。成人男性が手を握った状態では、掌中心点から約60[mm]先に肌色領域が存在しない。これに対して、手を開いた状態では、掌中心点CPから60[mm]以上離れた所に肌色領域、つまり指が存在する。したがって、指の開閉の状態をフィンガー部の存在により判断できる。

5.2 特徴量によるジェスチャの認識

手の形状全体をパターン認識にするのは、計算量や必要なデータ量の負担が大きくなる。そこで、手の形状を表すいくつかの特徴量を設定し、これにより効率よく手の形状認識を行う。設定した特徴量は、Fig. 9に示す長さA、BおよびCの三つである。まず、長さAは掌中心点CPから肌色領域の最遠点までの三次元距離である。指を伸ばしている場合は、肌色領域の最遠点はFPとなる。Fig. 9に示すように、画像の二次元座標をX軸とY軸とする。長さBはハンド部のY軸方向の最長幅であり、長さCはフィンガー部のY軸方向の最長幅である。これらの特徴量に対する条件を判断することで、Fig. 10に示すように段階的に手の形状を認識することができる。まず、特徴量Aが60[mm]未満であれば手は握られていると判断する。これは、指を伸ばした状態では、掌中心点CPから60[mm]以上離れた位置に指先が存在するためである。次に、指を伸ばした状態のジェスチャについて、掌を上に向けた場合はハンド部の幅が狭くなる。そこで、特徴量Bが60[mm]未満の場合は、掌を上に向けたジェスチャであると判断する。これらの条件に当

Fig. 9 Block division of the hand area

Fig. 10 General flow about the recognition of the hand gesture

てはまらない場合は、フィンガー部に注目する。人差し指1本で指し示した場合には、フィンガー部の幅が15[mm]未満になる。このことから、特徴量Cが15[mm]未満の場合は、指さしのジェスチャであるとする。これらの判断に用いた特徴量の閾値は、標準体型の成人男性のものであるが、操作者の体型により変更することも可能である。これらの特徴量は、ステレオカメラから得られる三次元位置情報と人間の身体的特徴をうまく組み合わせた方法である。また、通常のパターンマッチングのようなテンプレートも必要とせず、効率よく手の形状を認識することができる。また、手の姿勢に関しては、作業台上の対象物を指し示す指令（Fig. 8のInst.3）に対応させるため、カメラの光軸回りの回転姿勢は考慮している。しかし、任意軸回りの回転による手の複雑な姿勢変化は認識対象としていない。そのため、極端な姿勢変化がある手の形状については、認識不可能となる。

6. 動作実験

本システムの有効性を確認するために、以下に示すいくつかの動作実験を行った。本システムは、3眼ステレオビジョン（Digiclops Point Gray Research社製）[16]および6自由度の多関節型マニピュレータ（PA10：三菱重工業（株）製）を使用している。

6.1 対象物位置の算出実験

本システムでは、指さし動作（Inst.3）で指し示す位置を認識することにより、対象物位置OPを算出する。そこで、指さした位置の精度を求める実験を行った。テーブル上の1点を人

Fig. 11 Target position using hand gesture

Fig. 12 Position of the target object

差し指で指し示し、その位置を前出の式 (7)～(9) の計算により求めた。カメラ、指さし目標位置などの位置関係の上面図を Fig. 11 に示す。カメラから目標位置（対象物位置）までの距離は 1,100 [mm] である。手の位置は①～③に示すように 3 種類設定し、各手の位置につき 20 回実験を行った。指さし目標位置からのずれは、平均で 82.7 [mm] であった。手とテーブル上の目標位置の距離が離れるほどに誤差が大きくなり、対象物までの距離が 500 [mm] のときには誤差が約 83 [mm] となる。そのため、指さし動作で対象物を指定した際に、算出した指さし位置を中心として 150 [mm] 四方の領域に対象物が置かれているとして対象物の検出を行う。

6.2 指さし動作による対象物把持実験

指さし動作 (Inst.3) により対象物を認識させロボットハンドに把持させる実験を行った。ロボットハンドに把持させる対象物は、市販のペットボトル (70 × 70 × 225 [mm]) とした。対象物を置くテーブルとカメラおよび手の位置関係は Fig. 11 と同じであり、手の位置も Fig. 11 と同じく 3 種類設定した。また、対象物の位置は Fig. 12 のように 9 箇所とした。各手の位置および各対象物位置につき 5 回ずつ、計 135 回把持実験を行った。いずれの場合もロボットハンドは対象物を把持することができた。

6.3 対象物受け渡し実験

ロボットハンドが対象物を把持した後、受け渡し命令 (Inst.2) により手の位置まで対象物を持ってこることができるか実験した。対象物は、対象物把持実験のペットボトルおよび 108 × 20 × 200 [mm] の箱の 2 種類とした。各対象物につき 50 回ずつ、計 100 回実験を行った。いずれの場合も操作者の手の位置まで対象物を持ってこることができた。

6.4 ジェスチャ指令による動作実験

本システムの有効性を確認するため、設定したジェスチャ指令による動作実験を行った。マニピュレータが対象物を操作者に渡している一連の様子を Fig. 13 (a)～(d) に示す。マニピュ

(a) Inst.4 Stand by

(b) Inst.3 Approach

(c) Inst.1 Grasp

(d) Inst.2 Deliver the object

Fig. 13 Experimental results from the gesture control of the robot

レータがジェスチャ指令により正しく動作したことを確認した。対象物が複数個存在した場合、指さし位置に最も近い対象物から順番にロボットハンドを移動して次の指令を判断する。「把持」命令であれば対象物を把持して初期位置に戻り、さらに次の指令を待つ。「待機」命令の場合は、次に指さし位置に近い対象物の上へロボットハンド移動させ次の指令を待つ。このように、本システムは誤動作を防ぐため、操作者がマニピュレータの動きを見ながら対話的に指令を与えるようにしており、安全

性にも配慮している。

7. お わ り に

人の手の動きや形状を実時間で画像認識し、ジェスチャによりマニピュレータを動作させる協調作業システムの開発について報告した。本システムでは、3眼ステレオビジョンセンサを用いてリアルタイムに外界を三次元的に認識することで手の位置や動作および対象物位置を判断している。手の抽出において、「RGB フィルタ」と「色相フィルタ」を設定した。これらを併用することにより、段階的に肌色領域を絞り込んで抽出している。また、肌色の画素密度の高い点を掌中心点 CP とすることで、リアルタイムに手の動きを追跡することができている。ジェスチャの認識に関しては、手の形状全体をパターンマッチングするのではなく、手の最大幅など三つの特徴量を設定することで段階的に形状認識している。これらの特徴量は、手の大きさなどの人の身体特性に基づくものである。さらに、手の部分をハンド部とフィンガー部に分けることにより、効率よく手の形状を判断している。最後に、いくつかの動作実験により、ジェスチャ指令によるマニピュレータ協調作業システムについての有効性について確認した。

本システムで設定したジェスチャは4種類であるが、今後はジェスチャの種類を増やす予定である。また、現在は画面内に手が侵入してくることを常時監視しているが、カメラを動かして積極的に手を発見するようにシステムを拡張する予定である。

参 考 文 献

- [1] V.I. Pavlovic, R. Sharma and T.S. Huang: "Visual Interpretation of Hand Gestures for Human-Computer Interaction: A Review," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.19, no.7, pp.677-695, 1997.
- [2] N. Kashiwagi, N. Kawarazaki and K. Nishihara: "Manipulator Work System Using Vision," Proc. of the IEEE Int. Workshop on Robot and Human Communication, pp.251-255, 1998.
- [3] N. Kawarazaki, I. Hoya, R. Goto and K. Nishihara: "Intelligent Manipulator Work System Using Hand Gesture Recognition," Proc. of the International Conference on Machine Automation (ICMA 2000), pp.377-382, 2000.
- [4] 保谷, 後藤, 西原, 河原崎: "ジェスチャ指令によるマニピュレータ作業システム", ロボティクス・メカトロニクス講演会'00 論文集, 2A1-76-114, 2000.
- [5] 小池, 山藤, Sergei, 安川: "サービス用知能ロボットの開発研究 (第15報)", ロボティクス・メカトロニクス'96 講演会講演論文集, pp.634-637, 1996.
- [6] Y. Kuniyoshi, M. Inaba and H. Inoue: "Seeing, Understanding and Doing Human Task," Proc. of the IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, pp.2-9, 1992.
- [7] C.R. Wren, A. Azarbayejani, T. Darrell and A.P. Pentland: "Pfinder: Real-Time Tracking of the Human Body," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.19, no.7, pp.780-785, 1997.
- [8] S. Nagaya, S. Seki and R. Oka: "Pattern Space Trajectory for Gesture Spotting Recognition," Proc. of the 3rd Japan-France Congress on Mechatronics, pp.208-211, 1996.
- [9] T. Inamura, M. Inaba and H. Inoue: "Finding Human based on the Interactive Sensing," Proc. of Intelligent Autonomous Systems, pp.86-92, 1998.
- [10] T. Mori, T. Yokokawa and T. Sato: "Recognition of Human Pointing Action Based on Color Extraction and Stereo Tracking," Proc. of Intelligent Autonomous Systems, pp.93-100, 1998.
- [11] A. Agah and K. Tanie: "Human Interaction with a Service Robot: Mobile-Manipulator Handing Over an Object to a Human," Proc. of the IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, pp.575-580, 1997.
- [12] N. Yamasaki and Y. Anzai: "Active Interface for Human-Robot Interaction," Proc. of the IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, pp.3103-3109, 1995.
- [13] H. Moribe, M. Nakano, T. Kuno and J. Hasegawa: "Image Preprocessor of Model-Based Vision System for Assembly Robots," Proc. of the IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, pp.366-371, 1987.
- [14] H. Inoue, T. Tachikawa and M. Inaba: "Robot Vision System with a Correlation Chip for Real-time Tracking, Optical Flow and Depth Map Generation," Proc. of the IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, pp.1621-1626, 1992.
- [15] 井上, 八木, 林, 中須, 三谷, 奥井: C 言語で学ぶ実践画像処理, pp.104-111, オーム社, 1999.
- [16] 桑島茂純: "世界初のフルデジタル・ステレオ・ビジョン・システム「DIGICLOPS」と強化されたステレオ処理ソフトウェア「TriclopsAPI V2.2」", 映像情報, pp.35-40, 1999.

河原崎徳之 (Noriyuki Kawarazaki)

1960年3月12日生。1985年東京農工大学大学院工学研究科修士課程数理情報工学専攻修了。同年長崎総合科学大学電気工学科助手。1990年より神奈川工科大学機械システム工学科助手。2000年同大学福祉システム工学科講師。2003年助教授。ロボットのヒューマンインタフェースに関心を持っている。博士(工学)。計測自動制御学会, 情報処理学会, 電子情報通信学会, 精密工学会, ヒューマンインタフェース学会, IEEEの会員。(日本ロボット学会正会員)

西原主計 (Kazue Nishihara)

1938年10月22日生。1962年東京理科大学卒業。生命工学工業技術研究所(旧:製品科学研究所)所長を経て, 1992年より神奈川工科大学機械システム工学科教授。2000年福祉システム工学科へ移籍。知能機械システムの研究に従事。博士(工学)。精密工学会, 計測自動制御学会, 日本機械学会の会員。(日本ロボット学会正会員)

保谷一郎 (Ichiro Hoya)

1977年4月25日生。2002年3月神奈川工科大学大学院工学研究科博士前期課程機械システム工学専攻修了。2002年4月より株式会社セック勤務。SEとして携帯電話やPCを対象としたSVG (Scalable Vector Graphics) ブラウザの研究開発に従事。

吉留忠史 (Tadashi Yoshidome)

1972年9月28日生。2000年明治大学大学院理工学研究科機械工学専攻博士後期課程修了。同年神奈川工科大学福祉システム工学科助手。2005年同大学同学科専任講師。ロボットヒューマンインタフェース, ユビキタス, 福祉機器に関心を持つ。博士(工学)。計測自動制御学会, 日本機械学会, ヒューマンインタフェース学会の会員。(日本ロボット学会正会員)