

ジェスチャー認識システムの組み込みによる非接触入力手法の研究

製品化支援技術グループ コンピュータ応用チーム 岩崎 健太, 村山 大策

要 旨

人間がさまざまな機械を操作するためには、ボタンやキーボードのように操作をするための何らかの入力装置に触れることが一般的である。しかし、生活環境中には、入力装置に触れることが困難な状況や、煩わしい状況なども存在する。そこで、これら状況のため、人間が入力装置に触れることなく、自分自身のジェスチャーにより機械操作を行う手法について検討した。本年度は基礎的な要素技術について検討し、簡易的なプロトタイプを製作した。

1. 諸言

現在、われわれの身の回りにある機械（家電製品、PC、携帯電話、産業機械など）は、操作をするためにボタン、ダイヤル、キーボード、タッチパネルなど、何らかの入力装置に触れる必要があるものが大半である。リモートコントローラは、遠隔地の機械を操作するものであるが、それであっても、リモートコントローラ自体に触れなければ操作することはできない。

一方、われわれが置かれている状況は必ずしも入力装置に触れるのに適している状況とは限らない。たとえば、料理をしていて手が汚れている状況、仕事で重たいものを持ち運んでいる状況、高齢者が自由に体を動かせない状況、入力装置が公共の場にあり触れることが衛生上問題となる可能性がある状況など、さまざまである。このような状況において、直接入力装置に触れることなく機械操作を行えることは有益であると考えられる。

非接触で動作する機械として、自動ドアや、トイレの自動水洗などは以前より身近に存在している。しかしこれらは、「開く／開かない」、「流れる／流れない」という単純な動作のみであり、人間の意志を反映しない誤動作も多い。

本研究では、一定のルールに従って行われた人間のジェスチャー（能動的な身体動作）を認識することで、非接触でありながら人間の意図した複数通りの機械操作を行うことのできる手法について検討を行う。本年度は、基礎研究として各要素技術について検討し、簡易的なプロトタイプとして、ロボットアーム型の玩具をジェスチャーにより動作させるシステムを製作した。

2. 要素技術

本研究で用いる手法により構成されるシステムは、ジェスチャーの認識、無線通信、機械制御の主に3つの要素技術からなる。以下でそれぞれの概要を説明する。

2.1 ジェスチャーの認識

人間のジェスチャーを認識するための方法として、カメラを用いるもの、加速度センサを用いるものなど、何通りか方法が考えられるが、本研究では、まず、人間の体全体の動作を比較的容易に検出できるセンサとしてKinect（図1）を使用した。KinectはMicrosoft社が2010年に発売したセンサであり、2012年より、商用利用可能なSDK（開発用ライブラリ）が公開された。Kinectには、赤外線カメラ、赤外線プロジェクタが同一方向に向けて付けられており、赤外線プロジェクタからランダムパターンの赤外線を照射し、その結果を赤外線カメラで撮影することで撮影空間の奥行情報を非接触に捉えることができる。また、RGBカメラも赤外線カメラおよび赤外線プロジェクタと同一方向に付属しており、奥行情報と組み合わせることで、撮影空間にいる人間を認識することが可能である。その際、人間の各部の座標も取得することができる。図2は得られた座標をPC上で描画した例である。人間のジェスチャーの認識は、この認識された人間の各部の座標を連続的に取得し、その情報をPC上で解析することで可能となる。例えば、人間をXY平面に置いた場合、最初に右手のY座標が腰のY座標より下に存在し、その後、徐々に上がっていき、最終的に肩のY座標よりも高い位置に存在するようになれば、「右手を上げた」と判断することができる。なお、これは右手を上げることの

みを想定した処理であるが、実際には人間は任意に他の動作を行うと考えられる。そのため、右手が上がる途中で他の方向を向く、右手が上がるまでに大きく時間を要する、などした場合には「右手を上げていない」と判断する処理を行って誤動作を排除する必要がある。

このジェスチャー認識の処理は、Kinectに接続されたWindows PC上で、作成したプログラムを動作させることにより行う。



図1 Kinectセンサ外観



図2 人間の各部座標描画例

2.2 無線通信

2.1のジェスチャー認識により、ジェスチャーをしたかどうか、何のジェスチャーであったか、を判断したとして、その情報を利用して他の機械を制御するためには、機械に対して何らかの方法でその情報を伝える必要がある。本研究では無線での通信によりジェスチャーの情報を伝達することとした。これは、無線通信を利用することでケーブル配線の煩わしさを避けることができ、また、人間とセンサ、制御対象の機械がそれぞれ物理的に独立することで、位置的制約が緩和され、適用範囲の拡大につながると考えたためである。

無線通信には多くの通信規格が存在するが、汎用機器間でのデータ通信として以下のものに着目した。

- ・ Wi-Fi (IEEE802.11)
- ・ Bluetooth (IEEE802.15.1)
- ・ IEEE802.15.4

Wi-Fiは、企業、家庭等で主にPCや携帯端末間の通信として用いられており、高速であり、既存のLANを用いて通信を構築できるという利点があるが、比較的消费電力が高く、また、既存のLANがなければ導入コストが高くなるという欠点がある。

Bluetoothは、PCと携帯端末、PCと周辺機器など、1対1の通信として用いられており、Bluetooth用のモジュールがあれば、既存のPCや携帯端末と比較的容易に通信を構築することができる。3つの通信規格の中では、速度、消費電力とも中程度である。

IEEE802.15.4は、主にセンサデータ収集のために用いられている。消費電力が非常に小さく、比較的安価であるため、組み込み機器での利用に適している。しかし、通信速度が遅く、既存のPCや携帯端末には組み込まれていないため、これらとの通信のためには追加のモジュールが必要という欠点もある。

本年度は、Bluetooth, IEEE 802.15.4の通信規格について調査し、BluetoothでのマイコンとPCおよび携帯端末の通信、IEEE 802.15.4でのマイコンと他のマイコンおよびPCとの通信を確認した。

2.3 機械制御

2.2の無線通信で送られてきた情報から機械を動かすためには、対象の機械の動作に合わせた形で電気信号を出力する制御が必要となる。制御のための装置は、PC、専用コンピュータなどさまざまであるが、本研究では、小型、低価格であり幅広く応用が可能なマイコ

ンによる制御を対象とした。このマイコンとさまざまな電子部品を、たばこの箱程度の大きさのマイコンボードに搭載して使用することを想定している。

マイコンによる制御の処理は、マイコンに接続する装置、電子部品や、制御の内容によって異なるが、基本的には以下のような流れで行う。

- ① 無線通信モジュールより連続的に出力される信号をマイコンに入力する。
- ② 信号を解釈し、データを取得する。
- ③ 取得したデータをもとに制御動作を決定する。
- ④ 制御動作のための信号を出力し、制御対象に送る。

3. プロトタイプシステム

2章で述べた各要素技術を使用して、図3のような

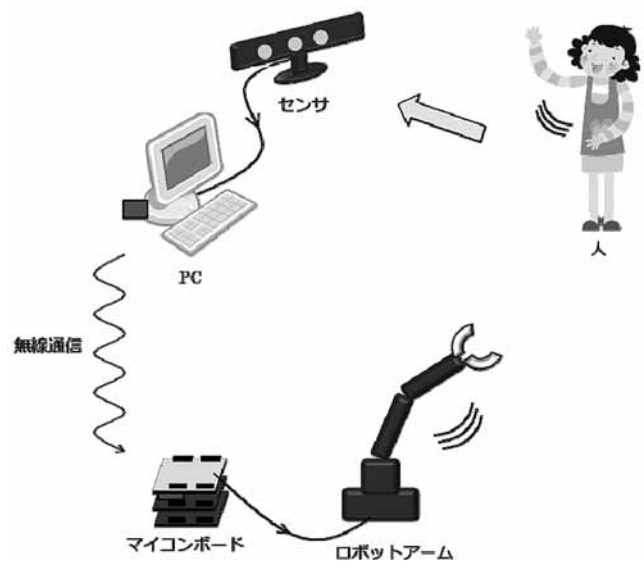


図3 プロトタイプシステムの概要

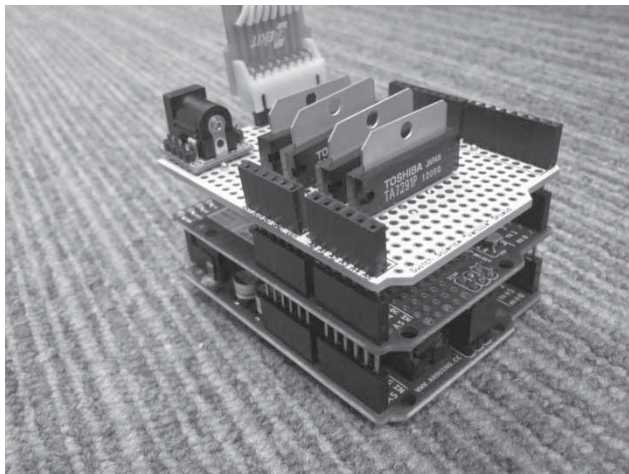


図4 マイコンボード外観

プロトタイプシステムを製作した。

3.1 システム構成

- ・ジェスチャー認識部
 - センサ : Microsoft Kinect
 - OS : Windows 7
 - 開発言語 : C#
- ・無線通信部
 - 通信規格 : IEEE 802.15.4
 - モジュール : Xbee シリーズ1/PCBアンテナ型
- ・機械制御部
 - マイコンボード : Arduino Uno R2 (図4, 図5)
 - モータドライバ : TA7291P
 - 開発言語 : Arduino言語
- ・制御対象
 - ロボットアーム : ELEKIT MR-999 (図5)

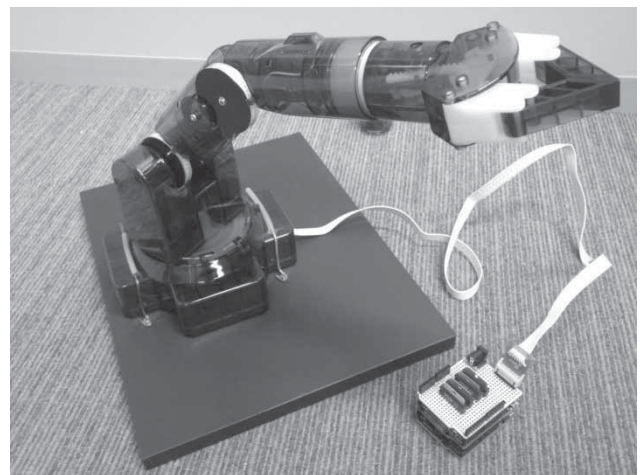


図5 ロボットアームとマイコンボード外観

3.2 システムの動作

3.2.1 制御対象

本プロトタイプシステムの制御対象は玩具用の簡易ロボットアーム (ELEKIT MR-999) である。このロボットアームには5つのDCモータが内蔵されており、「掴む／放す」、「左右の回転」、「第一（上部）関節の上下」、「第二（下部）関節の上下」、「アーム先の回転」の5軸の動作が可能である。本来は専用のコントローラを用いて操作するが、本プロトタイプシステムでは、これを改造して用いた。なお、実装の都合上、「アーム先の回転」を除いた4軸の動作について制御可能とした。

3.2.2 ジェスチャーとロボットアームとの対応

ジェスチャー入力の特長として、人間の任意の動きを一つのジェスチャーとして認識できるという点がある。そのため、ジェスチャーが重複しないようにコンピュータが識別を行えば、非常に多くの種類の入力が可能となる。本プロトタイプシステムでは、このジェスチャー入力の特長を生かし、12種類のジェスチャーを識別してロボットアームを制御できるように実装した。ジェスチャーとロボットアームの動作との対応は表1のとおりである。なお、直感的な使用のために、ロボットアームの動作にできる限り近い動きをそれぞれジェスチャーとして対応付けている。

表1 ジェスチャーとロボットアーム動作との対応

ジェスチャー	ロボットアームの動作
両手交差	掴む
両手広げる	放す
両手右へ	右回転（大）
両手左へ	左回転（大）
右手右へ	右回転（小）
左手左へ	左回転（小）
右手上げる	第一関節上昇（小）
右手下げる	第一関節下降（小）
左手上げる	第二関節上昇（小）
左手下げる	第二関節下降（小）
両手上げる	第一第二関節上昇（大）
両手下げる	第一第二関節下降（大）

3.3 オープンセミナー展示

本プロトタイプシステムを用いたデモンシステムを、本研究所平成24年度オープンセミナーにて展示した。オープンセミナーでは、子供を対象の中心と想定し、ロボットアームを操作してぬいぐるみを掴むゲーム形式での展示とした。

当日は多くの方に来訪してもらい、実際に体を動かしてロボットアームを操作してもらった(図6)。操作の様子を観察したところ、小学生未満の小さなお子さんも含め、多くの使用者が簡単な口頭と身振り手振りの説明のみでロボットアームを動かすことができた。これは、ロボットアームの動作に近い動きをジェスチャーとして対応付けた期待通りの結果である。この



図6 オープンセミナーの様子

ことから、このような直感的な対応付けが可能である本手法は学習容易性が高く、本手法を実装したシステムは機械操作に慣れていない子供や高齢者にとって有用なものとなる可能性が高いと考えられる。

一方で、一部の使用者については、ジェスチャーの誤認識という問題も見られた。誤認識の内訳としては、

(1)意図したジェスチャーをどのジェスチャーとも認識しない、(2)意図したジェスチャーを別のジェスチャーと認識する、の2通りが存在した。(1)、(2)はいずれも、ジェスチャー認識を判定するために用いた閾値のいずれかが使用者にとって適切ではなかったためであると考えられる。また、さらに(2)については、意図したジェスチャーを行うために事前に手の位置などを変更する際、その事前動作自体を別のジェスチャーであると認識していることが観察より推測された。これらのことから、より多くの使用者に対応したジェスチャーの判定、また、意図した動作と意図していない動作の明確な区別を検討することが今後の課題として挙げられる。

4. 結言

人間のジェスチャーを用いた、非接触で機械制御を行う手法の基礎研究を行った。製作したプロトタイプシステムは、本研究所オープンセミナーにおいて多くの方に使用してもらい、学習容易性の高さと、ジェスチャー誤認識の問題について確認できた。本年度は汎用的な使用のための基盤として本研究を行ったが、次

年度以降、幅広い分野での応用、製品化を視野に入れ、
研究を発展させる予定である。