

# 小型四脚ロボットの視覚による命令認識における階層的制御

## Hierarchical Control of a Robot in the Process of Communication with Human Fingers and Hands

渡辺 悟史†      早瀬 光浩†      嶋田 晋‡  
Satoshi Watanabe    Mitsuhiro Hayase    Susumu Shimada

### 1. はじめに

近年、ロボットは急速に発展、流通し、製造加工現場から医療分野、教育分野に至るまで浸透しており、もはや社会においてなくてはならない存在になってきている。

その中で人とコミュニケーションをとることを目的としたロボットとしてソニー製の小型4脚ロボットAIBOが広く知られている。コミュニケーションを行うには様々な認識能力が必要であるが、AIBOに本来備わっている機能として単純な形状、色の認識はできるが、人間の手の平のような形状の認識はできない[1]。

本研究では人間に対する能動的なアプローチを行うことで自然で確実なコミュニケーションの確立を目指した。例えば「お手」のような指サインでの視覚による命令認識を用いたコミュニケーションが可能である。しかし、このとき、指示する指とAIBOがぶつかるという状況が起こり、これは自然なコミュニケーションとは言えない。そこで距離センサを用いた制御を利用し、より自然なコミュニケーションの確立を目指した。

その手法として、上位レベルとしてイメージセンサから取得した画像をPCと通信、処理させ、認識速度を高めるリモートブレイン方式を使い、指サインによる行動指令を与え、下位レベルではAIBOに搭載されている距離センサを稼働させ、障害物や手を近づけすぎた等の状況や人間が離れすぎている等の状況に対応できる階層的制御を実現した。これは、サブサンプリングアーキテクチャの実現と見ることが出来る。



(a) 入力画像



(b) 肌色抽出



(c) 手の平抽出



(d) 指抽出

図1 指領域抽出

### 2. お手の認識と動作

AIBOのイメージセンサで得られた画像をPCへ送信し、PCで画像処理を行い、人間の手を認識する。

#### 2.1 肌色抽出

AIBOから送信されたRGB形式の画像(図1(a))を肌色抽出に向いているIRgByカラースペース[2]を用いてしきい値処理を行い、2値化した(図1(b))。

#### 2.2 手の平領域抽出

しきい値処理、2値化により抽出された肌色部分は手野平以外の部分や手の平の凹凸などのノイズを含むことが多い。そこで拡散と最大成分抽出を行い、手の平領域と連続した肌色部分のみを抽出した。また腕部がカメラ領域に入ってしまうと、指であるように認識されてしまうため、楕円状に視野を作り、4隅の画素を取り除くことで、手の平領域のみを抽出した(図1(c))。

#### 2.3 指領域抽出・認識

ノイズを除去して得られた2値画像に対し、収縮を8回、拡張を8回行い、処理前の画像との差分を得ることによって指部分を抽出する(図1(d))。

得られた指領域から指の本数を認識するためラベリングを行う。この際、指として不自然な大きさ、つまり一定画素数以下の領域のラベルは指でないと判断して削除する。残ったラベル成分の数で指の本数、手のひらの重心と指の重心との位置関係から手の方向や指の方向を判断する。

#### 2.4 距離の推測

対象とする人間の手は、大人と仮定して手の平領域の大きさから距離を推測し、手の平領域が小さい場合は手が遠いと判断し、前進を行って手に接近する。

#### 2.5 動作

AIBOの動作はソニー社から提供された「AIBO Motion Editor」によって作成した動作をAIBOに組み込み、指サインを認識した後、動作を呼び出し実行する(図2)。

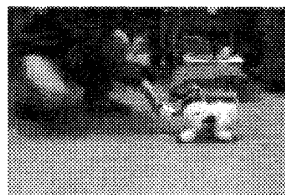


図2 お手の動作

† 中京大学大学院情報科学研究科

‡ 中京大学情報理工学部

例えば指が5本であると認識し、方向が下向きであるならば「お手」を行う。その際に手の距離を推測し、離れているならば十分接近してから動作を行う。

### 3. 距離センサの利用～階層的制御

#### 3.1 モデルベース型と行動ベース型

ロボットの行動制御は、環境情報を検知してモデル化し、モデル化された環境に基づき動作を計画し、計画通りに動作を行うというモデルベース型が多く見られる。

モデルベース型が機能を優先したモジュール分解を行っているのに対し、行動ベース型は課題を達成するための要素行動ごとに分解し、それらの組み合わせで全体の行動を表現している。モデルベース型では、環境を検知しモデル化する機能、モデル化されたものを元に動作を計画する機能、計画通りに動作を行う機能の3つのモジュールを作り、それを組み上げ、逐次的な処理において実行するが、行動ベースは知覚から動作までのどれであっても、ランダムに動く、超音波センサーで近くに障害物を発見したら避けるなど、それだけで処理が可能なものを1つのモジュールとして並列的に作り重ねていく[3]。

#### 3.2 サブサンクションアーキテクチャ

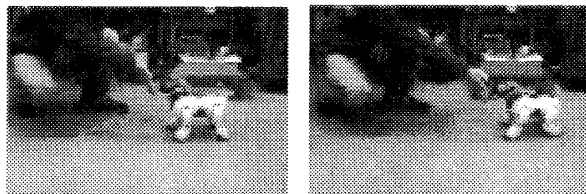
上位層の行動として、イメージセンサから得られた画像の指サインを認識して行動を行う。

行動ベース型であるサブサンクションアーキテクチャは各要素行動を階層の形で表現することで、モジュールの優先度を策定する。下の階層は上の階層の行動が成り立たなければ上の階層を無視して行動するが、上の階層の行動が成り立つ場合は上の階層が下の階層を含む形で実現される[4]。

#### 3.3 階層的制御の実装

AIBOには胸部と頭部に距離センサが搭載されており、それぞれ遠・近用となっている。このセンサの情報から行動を行うプログラムをAIBO内で作成し、AIBO内でセンサ値を読み取る。

下位層の行動として、近用センサで読み取った値が一定値以下であれば至近距離に手があるとして後退する動作を行う(図3)。また、AIBOに搭載されている遠用センサを用いることで人間が遠くにいること等を認識をさせ、例えば人間に対しAIBO近づくように促す行動をとることができる。



(a) 近づく動作

(b) 後退する動作

図3 階層的制御の事例

## 4. 実験と評価

### 4.1 動作の評価

動作の実験は、AIBOのイメージセンサの前に下向きに指5本の手の平を見せ、認識と動作が正確に行われているか検証した。また、距離センサによる距離の認識では手の平を徐々にAIBOに近づけていき、手とAIBOがぶつかることがないか検証した。

指認識は、40回中27回正しく認識を行うことができ、ほぼ正しい距離で「お手」をさせることができた。しかし指の開き具合や証明条件によって認識できない例があった。また、距離センサによる手を近づけた場合に後退する動作は40回中に手とAIBOが衝突することはなかった。

### 4.2 コミュニケーションの評価

階層的制御を用いた指サインによるAIBOとのコミュニケーションが、階層的制御を行わない場合と比べてどの程度異なるか実験を行った。

実験の概要は、10人に階層的制御を用いた指サイン認識と、階層的制御を用いない指サイン認識を行わせ、両方でアンケートを行った。その結果、10人中階層的制御を用いた方が6人がより自然なコミュニケーションが成立していると回答した。

### 4.3 考察

動作に関しては、一定の環境であればほぼ正確に認識・動作を行わせることが可能であった。一方で環境が異なると環境に合わせた調整が必要であったり、認識の精度が低下することが判明した。

コミュニケーションに関しては、多くの人が階層的制御によってより自然なコミュニケーションができたという一方、認識時間が長いという感想や、環境によって調整が必要であるという点、後退する動作は犬らしくはない、などの点でコミュニケーションとして問題があるという声があった。

## 5. おわりに

本研究によって、小型4脚ロボットへの指サインによる行動指令における階層的制御を用いたより自然なコミュニケーションを達成することができた。

## 参考文献

- [1] OPEN-RプログラミングSIG. "C++でAIBOを自在に動かす". 東京, 株式会社インプレス, 2002, 349pp.
- [2] Jay P.Kapur. "Face Detection in Color Images". Jay Kapur's Home Page. (オンライン), 入手先 <<http://www.geocities.com/jaykapur/face.html>> (参照 2007-07-04).
- [3] 石黒浩. 知能ロボットへの構成論的アプローチ. 情報処理学会誌. 44(11), 2003, 1118-1122.
- [4] 大田順, 倉林大輔, 新井民夫, "知能ロボット入門". 東京, コロナ社, 2001, 189pp.