

# ロボットと人とのコミュニケーションの誘進的確立

## Mutual adaptive communication between Robot and Human

畑田 寛久<sup>\*1</sup>  
Tomohisa Hatada

島山 誠<sup>\*2</sup>  
Makoto Hatakeyama

西田 豊明<sup>\*2</sup>  
Toyoaki Nishida

<sup>\*1</sup> 東京大学工学部  
Engineering Department, University of Tokyo

<sup>\*2</sup> 東京大学大学院情報理工学系研究科  
Graduate School of Information science and Technology,  
University of Tokyo

This paper addresses a model for the mutual adaptive communication between human and robot. It is very difficult for a human to understand the robot's operations. And reading a robot's manual is hard for human. So we propose a synchronic communication in order to understand robot's operations. In this model, a robot leads human using synchronic bodily expressions to teach human the robot's operations. A robot can show human a sense of unity by Synchronic bodily expressions. We design an adaptive robot to get features of robot's actions that cause human synchronic actions.

### 1. はじめに

現在、技術の進歩によって様々な人工物(家電製品、車、パソコンなど)が生み出されている。中でも目覚しいのがロボットである。ロボットは、工場などで用いられていた機械的なものから形を変え、我々の日常生活の中に入れていけるような形のものも多く開発されている。このような流れから、将来ロボットは我々が生活していくうえで欠かせない存在になると考えられる。そのとき、ロボットは人と共存していく上で、人とコミュニケーションを行うことができなければならない。

現在、人とロボットとのコミュニケーションはPCを介するといった、一般の人々が行うには難しい方法で行っている。また様々なタスクをこなすロボットの操作は複雑になり、人がロボットの操作方法を理解するのは難しい。そこで本稿ではロボットがロボット自身の操作方法を誘進的コミュニケーションによって人に教示する手法を提案する。ロボットが人に対して一方的に操作方法を教示すると、人の心理的負荷は大きくなる。本手法ではロボットが人の行動に対して同調動作を行い、人にロボットとのコミュニケーションにおける一体感を与える。この一体感によってロボットは自分の動作に対する人の同調動作を誘進的に引き出す。

本手法をロボットに実装し、予備実験を行った。実験で用いたロボットはヒューマノイド・ロボット「Robovie」である。実験では人とロボットの同調動作を用いた簡単なインタラクションを行った。このインタラクションの目的は、人がロボットの操作方法を理解することである。予備実験の結果、人の同調動作を誘進するようなロボット行動の特徴を得た。

本稿では、2章で人とロボットのコミュニケーションにおける問題点と提案手法について述べる。3章ではシステム構成、4章では実験方法とその結果について、5章で考察をし、6章で今後の展望について述べる。

### 2. ロボットと人とのコミュニケーション

#### 2.1 ロボットと人とのコミュニケーションにおける問題点

現在、人と同じ方法でロボットにコミュニケーションを行わせる研究が数多くなされている。その一つとして Breazeal の Kismet というロボットを用いた会話のターンテイキングの研究[Breazeal 2002] が挙げられる。この研究では、顔のみを持つロボットが、

視線情報や表情を用いて人とコミュニケーションを行っている。

本研究では、全身を持つロボットを用いる。人と同じような身体を持つロボットでは、人と同じような方法でコミュニケーションを行うこと重要だと考えられる。ロボットが人と同じ方法でコミュニケーションを行えば、人は違和感なくロボットとコミュニケーションができる。人間と同じような身体動作表現をするために、コミュニケーションを行うロボットのオントロジーを作成した[島山 2002]。

ロボットが人と同じような方法でコミュニケーションを行うには、現在次の二つのような問題がある。ロボットは人間と同じように状況を認識することができないことである。人同士がコミュニケーションを行う際に、視覚や聴覚などを用いて相手から多くの情報を得て、相互に作用しあうことによりコミュニケーションを円滑にしている。しかし、科学技術は確実に進歩してきているといっても、ロボットの知覚能力は、人の知覚能力には到底及ばない。これでは、ロボットは、不十分な情報しか得ることができない。

もうひとつは、ロボットの操作方法が複雑になると、人は操作方法を知ることが困難になることである。人が人工物を扱う際に、多くの機能が付きすぎている上に、操作に関する手がかりがないので操作方法がわからず、使いこなせないことが多々ある。ロボットにおいても当然この問題は当てはまり、様々なタスクが行えたとしても、操作方法を理解できなければ、まったく意味のないものになってしまう。

#### 2.2 提案手法

この二つの問題を解決するために、人とロボットとのコミュニケーションにおいて、ロボットが人を誘進していくことによって、コミュニケーションを進めていくモデルを提案する。これは、ロボットが人を誘進してまねをさせることによって行う。

ロボットが誘進的に操作方法を教示するのではなく、一方的に操作方法を教示すると、人の心理的負荷は大きくなる。心理的負担が大きくなると、ロボットの操作方法を人が理解の妨げになる。そこで本手法では、ロボットが人の行動に対して同調動作を行う。同調動作によってロボットは人にコミュニケーションにおける一体感を与える。この一体感によってロボットは自分の動作に対する人の同調動作を誘進的に引き出す。誘進的な教示の手順は以下のとおりである。

1. ロボットは、人に教示したい命令動作を自ら行う。
2. ロボットは、人が自分と同じ命令動作を行うのを待つ。
3. 人が命令動作を行うと、ロボットは命令に対応する動作を行う。

4. 人はロボットに対する命令動作とロボットの動作の組み合わせを理解する。

誘進的にコミュニケーションを確立する手法を用いると、認識能力が低い、操作方法が複雑では操作方法の理解が困難である、という2つの問題が解決される。本手法では、人の命令動作はロボットの動作によって誘発される。ロボットが提示する命令動作をロボットが認識できる動作にしておけば、ロボットの限られた認識能力の中でも人の命令を理解することができる。これによって認識能力が低いロボットでも人の命令動作を認識することができる。また、ロボットと人は同調動作を行うことで一体感を持つ。一体感を持っているので、人に心理的負担をかけずにロボットは命令動作を人に提示することができる。このように誘進的コミュニケーションの中で、人はロボットの命令動作を理解することができる。

### 3. 予備実験

#### 3.1 システム構成

使用したロボットは図1のロボット「Robovie」である。

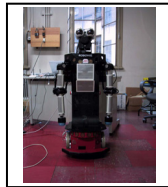


図1. 使用したロボット

このロボットは、人とコミュニケーションするために人に類似した上半身と擬人化しやすい外見を持つヒューマノイド・ロボットである。片側4自由度の腕と3自由度の頭を持っており、またカメラによって映像を取得することができる。Robovieは、人に威圧感を与えないように人よりもひとまわり以上小さいサイズになるように設計され、高さ1.2m、半径0.5m、重さ約40kgとなっている。

誘進的にコミュニケーションを確立することを実現するためにロボットに実装したシステム構成は図2のようになる。コミュニケーション手段としては、ジェスチャーのみを用いることにした。このシステムはジェスチャー認識モジュール、人がロボットとコミュニケーションをあきらめたときのための操作方法指示モジュールから構成される。

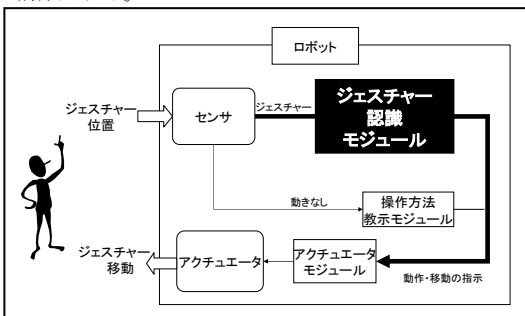


図2 システム構成

#### 3.2 ジェスチャー認識

ジェスチャー認識は、連続DPを用いたスポッティング認識を用いて行った[西村 1997]。動画像から得られる特徴として時間方向のエッジ情報を用い、これに、2値化処理、空間的リダクションという二つのプロセスを施し、特徴ベクトル場を抽出する。

連続DPは、入力画像に特徴抽出法を施したものとあらかじめジェスチャー動画像に特徴抽出法を施したもの(標準パターンと呼ぶ)のフレーム間距離を $d(t, \tau)$ として、累積距離累積距離 $S(t, \tau)$ を以下のように定義する。初期条件を、

$$S(-1, \tau) = S(0, \tau) = \infty \quad (1 \leq \tau \leq T) \quad \dots(1)$$

として、 $t \geq 1$ について漸化式、

$$S(t, 1) = 3 \cdot d(t, 1) \quad \dots(2)$$

$$S(t, 2) = \min \begin{cases} S(t-2, 1) + 2 \cdot d(t-1, 2) + d(t, 2) \\ S(t-1, 1) + 3 \cdot d(t, 2) \\ S(t, 1) + 3 \cdot d(t, 2) \end{cases}$$

$$S(t, \tau) = \min \begin{cases} S(t-2, \tau-1) + 2 \cdot d(t-1, \tau) + d(t, \tau) \\ S(t-1, \tau-1) + 3 \cdot d(t, \tau) \\ S(t, \tau-1) + 3 \cdot d(t, \tau) \end{cases} \quad (3 \leq \tau \leq T)$$

で与える。ここで、時刻 $t$ は入力に離散時刻を表し、 $\tau$ は標準パターンの長さに対応するパラメータである。連続DPの出力は、

$$A(t) = \frac{1}{3 \cdot T} S(t, T) \quad \dots(5)$$

として定める。

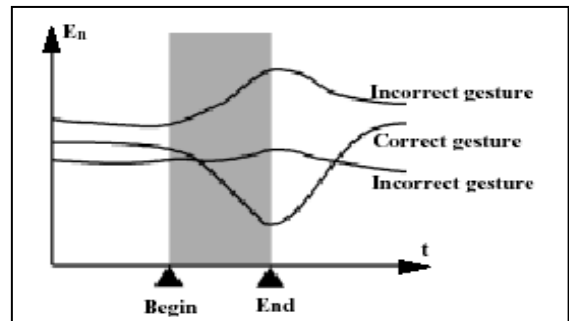


図3 特性曲線

$I$ 個の標準パターンがあると仮定すると、各時刻 $t$ においてそれと同数の $A(t)$ が生成される。これを $A_l(t)$ 、 $l=1, 2, \dots, I$ と表現すると、被験者があるジェスチャーをしたときの $A_l(t)$ の理想値は図3に示すようになり、入力ジェスチャーに対応する $A_l(t)$ だけが図3のように動作終了時付近において最小になると期待される。

#### 3.3 ロボットの動作生成

誘進的にコミュニケーションを確立するためには、動作を誘導的に引き出さなければならない。そこで、予備実験として以下の点を確認する。

1. 人はロボットと同調していると感じるか
2. 人はロボットのジェスチャーに対して同調し同じジェスチャーを行うか

被験者に与えたインストラクションは、ロボットは手の動きに反応する、ロボットの正面で一定距離離れて行ってほしい、の2点である。被験者には、いろいろな動きをしてロボットの行えることを見つけるよう指示した。インタラクションを行う時間は定めず被験者があきらめたときに終了とした。

ロボットの行動は次のように決めた。同調的動作は、首を傾げてから行うようにした。同調する動作は、

1. 右手を上上げる
  2. 左手を上上げる
  3. 右手を横上げる
  4. 左手を横上げる
  5. 両手を横上げる
- の5つである。タスクは、頷いてから行うようにした。行うタスクは、
- i. 前に進む
  - ii. 後ろに下がる
  - iii. 握手をする
- の3つである。これを、図4のようなジェスチャーを人が行ったときに行う。図中の番号はタスク番号に対応している。



図4 人が行うジェスチャー

自分から行う命令ジェスチャーは、手を光らせ、音を出しながら行うようにした。i、iiのジェスチャーを行う。その結果図5のような結果が得られた。

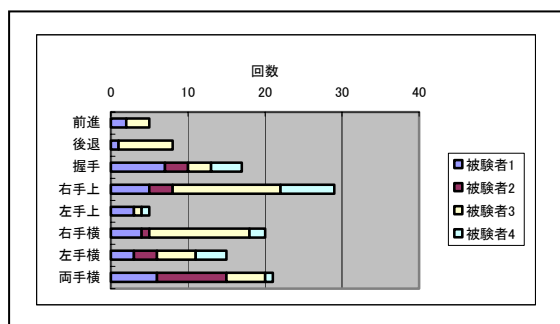


図5 ロボットの行動

#### 4. 考察

本実験で確認したことは、4章の冒頭でも挙げた2点であった。人にロボットが同調していると感じるかについては、感じさせることはできなかった。これは、ロボットは人の全ての動きに同調することはできないので、人は、ロボットはまねするようにプログラムされている、あるいは、このように反応するようにプログラムされていると感じたようであった。また、ロボットは人のジェスチャーが終わったときに認識し、そこから首を傾げ、動作を始めるのでタイムラグが生じ、人はロボットがどの動作に反応したのかわかりにくかったということも原因と考えられる。

次にロボットの動作に人が同調し、ロボットと同じ動作を行うかということについては、人は、自分の動きに対する反応か、ロボットが自分から動き出しているのか分からなかったようである。反応は、頷かせたりしてから行わせ、ロボットからの動作は手を光らせ、音を出してから行わせたが、人は音を出してから行う反応もあるのだろうと考えたようである。しかし、大きな音ともに行うことにより、人に印象付けることができ、人にロボットの動作をまねさせることはできた。

このようなことから、人間の同調動作を誘発するロボットの特徴が2つ解った。ひとつの特徴は、頷く、首を傾げるといった人間らしいロボットの動作に対して人は好印象を持つということである。今回の予備実験では、ロボットは同調動作とは関係がない、頷く、首をかしげる動作をした。ロボットを見ている人は

この動きに対して強い関心を抱いた。人の同調を誘発するためには同調動作だけではなく、情緒表出のように人間らしい動きも取り入れる必要がある。

もうひとつの特徴は、ロボット特有の動きをすることによって人間に対して強い印象を与えるということである。ロボット特有の動きとは、人の関節では不可能だがロボットの関節では可能な腕の動きなどである。今回の予備実験では全ての被験者の同調動作を誘発させることはできなかった。人がロボットの動作に関心を示さなかったためだと考えられる。人に対して強い印象を与え同調動作を誘発するために、ロボット特有の動作を効果的に用いることが必要である。

人とロボットのコミュニケーションにおいて最も大切なことは、人にロボットの行動を理解する手掛かりを与えることであると考えられる。今回は、人のジェスチャーは様々なので、人の動作に対してロボットがよく反応するようにジェスチャー認識の閾値を甘めに設定したために、人が同じ動作を行ったつもりでもロボットは違う反応を示したり、逆に人が違う動作を行っても同じ反応を示したりして、逆に人を混乱させたようであった。また、ロボットの行動が人の動作に対する反応か、自分から動いているのか区別できるよう手掛かりを与えたつもりであったが、分からなかったようなので、再検討したい。

#### 5. 今後の展望

今回は用いなかったが、音声認識を共に用いることによって、不完全なジェスチャー認識でも、情報の冗長性によりコミュニケーションはより円滑に進むようになると考えられる。簡単な単語を認識するだけでも大きな効果が期待できる。人はまず声をかけてコミュニケーションを行おうとするので「こんにちは」と言われて「こんにちは」と返すだけでも親近感は大きく増すと考えられる。

ジェスチャーの認識方法は、今回は連続 DP を用いたスポットティング認識によって行ったが、これは計算量が少なく普通の PC でも行うことができ、リアルタイムで認識が行えるという利点を持っている。しかし、ジェスチャーの終点をもって認識するのでロボットが実際に動き出すまでには、タイムラグが生じてしまう。さらに人は次の動作に移ってしまったりしてしまい、人の行動とロボットの行動の対応付けを行いにくく、ロボットが同調的な動作を行っているとは思わない。これらのような点を踏まえた上で、ジェスチャーの認識方法を検討したい。

現段階は、研究全体の目標から考えると初期段階にあたり、このような実験がベストであった。もともと評価はシステム開発に有用な情報を得るために行うものとしての意味もある。なので、今回見つけた問題点を修正した後、十分な人数を用いて再度実験を行いたい。

#### 参考文献

- [Breazeal 2002] Cynthia Breazeal: A taxonomy of social Robot, First Int'l Workshop on Man-Machine Symbiotic System, pp.259-273, 2002.
- [畠山 2002] 畠山 誠、西田 豊明: “ロボットによる身体動作表現を用いたコミュニケーションの実現”, 第 16 回人工知能学会全国大会論文集, 2002
- [西村 1997] 西村 拓一, 向井 理朗, 野崎 俊輔, 岡 隆一: “低解像度特徴を用いた複数人物によるジェスチャーの単一画像からのスポットティング認識”, 電子情報通信学会論文集, D-II, Vol.J84-D-II, No.6, pp.1563-1570, 1997