

同調動作に基づくロボットと人間のコミュニケーション

Synchronic communication between a human and a robot

畠山 誠^{*1}
Makoto Hatakeyama

西田 豊明^{*1}
Toyoaki Nishida

^{*1} 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

The purpose of this research is natural communication between a human and a robot. In order to communicate naturally, a robot has the same communication rhythm as a human. So, a robot acts synchronic bodily expression as a human act. We take a waiter robot for example. There are many elements that a communicative robot needs in waiter's action. And we design an adaptive robot to get features of robot's actions that cause human synchronic actions.

1. はじめに

本研究ではロボットと人間の円滑なコミュニケーションを目的としている。人間同士のコミュニケーションをみても、言葉によるバーバルコミュニケーションと言葉によらないノンバーバルコミュニケーションの両方を用いている。この2つを両立させることで人間同士は円滑なコミュニケーションを実現している。人間とコミュニケーションを行うロボットは同様にバーバルコミュニケーションとノンバーバルコミュニケーションの両方を行う必要がある。

本稿では特にノンバーバルコミュニケーションに注目している。ロボットを用いることの利点として身体を持つことが挙げられる。身体を持つことで、様々な身体動作表現を行うことができ、円滑なコミュニケーションに近づくことができる。身体動作表現は発話内容を補足説明するだけではなく、会話の流れを調節する動作や、会話を始める前からの動作をもある。身体動作表現が正しく行われていないと会話が成立しない。そこで身体動作表現を用いたノンバーバルコミュニケーションに注目している。

コミュニケーションを行う際には、リズムを保つことが重要になる。コミュニケーションのリズムが単調になり一方的であると飽きてしまうからである。またコミュニケーションのリズムが崩れているとコミュニケーションを持続させることができなくなってしまう。リズムを正しく保つことで、人はロボットとのコミュニケーションにおいて没入し、人がロボットをコミュニケーションの対象としてみなすようになる。

コミュニケーションのリズムを取るために本稿では同調動作に基づくコミュニケーションを提案する。同調動作とは、相手の動作を真似ることである。ただ人の行動をそのまま真似るのでは、人はコミュニケーションの相手とみなすとは考えられない。コミュニケーションの相手であると思わせるためには、相手の意図を正しく認識することは重要になる。同調動作を提示することで、意図を理解したことを相手に伝えるようにする。

本研究では人とコミュニケーションを行うロボットの例題としてウェイターの役割を果たすロボットを設計する。ウェイターロボットにはコミュニケーションとして基本的なものが含まれている。ウェイターとしての動作を、コミュニケーションの場を作る動作、人間の状態を認識する動作、人間の動作・発言を認識する動作、ウェイター固有の動作の4つに分類した。そしてウェイターとしての振る舞いをするロボットを作成し、円滑なコミュニケーションを

目指す。

本稿では、まず2章でロボットと人間のコミュニケーションについて述べる。3章では同調動作を用いたロボットと人間のコミュニケーションについて説明する。4章ではロボットへの同調動作の実装について述べ、5章でまとめる。

2. ロボットと人間のコミュニケーション

人間同士の間で自然に行われるコミュニケーションでは、音声によるバーバルコミュニケーションと身体動作表現を用いたノンバーバルコミュニケーションに分類される。ロボットのコミュニケーションを考える前に人間同士のコミュニケーションについて考える。本稿では、ロボットの身体動作表現に注目する。コミュニケーションを行ううえでバーバルなインタラクションを行うことが必要であるが、円滑にコミュニケーションを進めるためにはノンバーバル情報が果たす役割は大きい。そこでコミュニケーションの中でノンバーバルコミュニケーションのみを考えることにする。

2.1 人間が行うノンバーバルコミュニケーションの分類

人間同士のコミュニケーションはバーバルコミュニケーションと、ノンバーバルコミュニケーションに分類される。ノンバーバルコミュニケーションとは、言葉によらない情報によるコミュニケーションである。人間同士のコミュニケーションでは、言葉のやり取りのほかに、身体動作や対人空間が情報伝達に大いに寄与する。この言葉によらない情報はコミュニケーションに参加している人が意識的に伝える情報だけでなく、無意識的に情報を提示してしまう。例えば口では自信ありげな発言をしているが、顔から汗が噴出しひざが震えている人を考える。この場合、自信があることを意識的に伝えているが体は無意識に不安を表現してしまっている。この人を見ると、自信ありげな印象ではなく不安そうな印象を抱く。このようにバーバル情報だけでなくノンバーバル情報を認識することで本当の意味を認識することができる。つまりノンバーバルコミュニケーションは発言の真意の判断基準となる。

人間が行っているノンバーバルコミュニケーションの分類として2種類の方法が挙げられる。ひとつはノンバーバルコミュニケーションを機能によって分けた方法である。パターンはコミュニケーションの社会的相互作用における行動の機能を明らかにするためにことを目的としてノンバーバルコミュニケーションを分類している[パターン 83]。もうひとつはノンバーバルコミュニケーションに必要な要素を分類したものである。ヴァーガスは人間同士のコミュニケーションに作用しているものを全て挙げている[ヴァーガス 87]。

パターンソンは人間のノンバーバルコミュニケーションの機能を「情報の提供」「相互作用の調整」「親密さの表出」「社会的統制の行使」「サービスと仕事上の目標の促進」の5つに分類した。

「情報の提供」では相手に感情を表現するための表情や表情的な動作を行って情報を伝達するためにとる動作である。会話を調節する動作を「相互作用の調整」と呼ぶ。この動作は適切な対人距離をとる、相槌を打つ動作などで実現される。「親密さの表出」は相手に対する開放の程度を示す。これは相手に対する好意や魅力に応じて対人距離を調節することで表現される。「社会的統制の行使」は地位に関連した役割の違いを示す。「サービスと仕事上の目標の促進」は医者患者に触れるといった職業上に必要な接触などがこれにあたり、個人的な特性を表さない。

ヴァーガスは人間が表現しているノンバーバルコミュニケーションを表2のように「人体」「動作」「目」「パラランゲージ」「沈黙」「対人接触」「対人空間」「時間」「色彩」の9つに分類している。

この分類では人間が実際に行う動作だけでなく、音声上の特徴や沈黙などの言葉や声に付随して表現される情報も分類している。また人体、時間や色彩といった、人間が表現しているものではなく人間が無意識に認識しているものまで分類している。人間が意識的に表現しているものは動作と目に分類している。

2.2 人とロボットとのコミュニケーションにおけるノンバーバルコミュニケーション

人間とロボットの円滑なコミュニケーションを実現するには身体動作表現を用いることが重要である。しかし動作を行えば、コミュニケーションが円滑になるとは限らない。人間とのコミュニケーションにおいては身体性を考慮した動作、会話を調整する動作をする必要がある。ロボットの身体は人間の身体に比べて自由度が少ない。よって人間と同じ豊かな身体表現能力がないのでロボットの身体動作には必ず限界がある。この束縛条件を考慮した身体的特徴を身体性と呼ぶ。コミュニケーションにおいてはこの身体性を考慮し、コミュニケーションのリアリティを表現することが必要である。

コミュニケーションのリアリティを表現するには、ロボットはコミュニケーションのリズムを保つことが重要になってくる。リズムを保つことは、「相互作用の調整」を実現することになる。リズムを保つことでコミュニケーションの流れを調節し、相槌を打つなどの動作でコミュニケーションが円滑に進む。もしロボットとのコミュニケーションのリズムが単調になると、人はロボットとのコミュニケーションに飽きてしまう。このような状況ではコミュニケーションは円滑にならない。またコミュニケーションのリズムが崩れているとコミュニケーションが破綻してしまうのでコミュニケーションが成立しなくなる。そこでコミュニケーションのリズムを正しく保ち、円滑に進むようにする必要がある。

3. 同調動作に基づいたコミュニケーション

3.1 ロボットの身体動作表現

ロボットが人とコミュニケーションを行うためには、人間と同じ身体動作表現を行うことが望ましい。そこでロボットがコミュニケーションを行うための身体動作表現のオントロジーを作成した[島山 2002]。このオントロジーではロボットの行動を、自律的に行動する自律行動と、話者として振舞うための情動行動に分類した。さらに自律行動を同調、調整、適応の3つに、情動行動を例示と情緒表出に2つに分類した。ロボットが自律的に行動し、コミュニケーションを円滑に進めるためにはコミュニケーションのリズムを保つことが重要である。リズムを保つことは同調で

実現される。そこで同調動作に基づいたコミュニケーションモデルについて説明する。

3.2 ロボットの同調動作

ロボットは人の意図を理解することはきわめて難しい。そこで、ロボットが同調動作を人に提示し、コミュニケーションのリズムを共有しながら、人の意図を理解したと人に思わせることを目的とする。これは「相互作用の調整」によって、コミュニケーションを円滑に進めるという考え方に基づいている。同調動作によってリズムを取るとは、相手の身体動作を真似ることによって実現される。ただ単に人の動作を真似るのでは、人まねロボットになってしまい、コミュニケーションをとる相手として認識されにくい。そこで相手の身体同期を取るタイミングや相手の身体動作の種類を正しく認識し、正しく同調動作を示す必要がある。

3.3 ウェイターロボット

ロボットと人がコミュニケーションを行う場として、ウェイターとしての役割を果たすウェイターロボットを例題とする。ウェイターとして働くためには、図1に挙げるような仕事を行えなければならない。

コミュニケーションの場を作る	人間の状態を認識する
<ul style="list-style-type: none"> ■ 客と視線が合ったら近づく ■ 客が手を上げて呼ぶと近づく ■ 客が一人でいると近づく ■ 数人の客がいると近づかない ■ 客に応じてふさわしい距離まで近づく 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 客とほかのウェイターを見分ける ■ 他のウェイターと連絡を取り合う ■ 客にぶつからないようにする ■ 飲み物を勧める
<ul style="list-style-type: none"> ■ 新しい料理を持っていく ■ 料理を取り分ける ■ 空いている皿・グラスをさげる ■ いっぱいになった灰皿をさげる ■ パーティーの準備・片付けをする 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 客が近づいてくると挨拶する ■ 客の注文を聞きそれに応じた行動をとる ■ 客に料理の説明をする ■ 丁寧な言葉遣いをする ■ 客を案内する
ウェイター固有の動作	人間の動作・発言を認識

図1 ウェイターロボットの仕事

ウェイターロボットの動作を、コミュニケーションの場を作る動作、人間の状態を認識する動作、人間の動作・発言を認識する動作、ウェイター固有の動作の4つに分類した。コミュニケーションの場を作る動作とはロボットが客である人に近づくことによって実現される。どのような状況になったら、客に近づいてコミュニケーションを始めるかをロボットは判断する。人間の状態を認識する動作は、主にロボットが話者として行動するために認識する動作である。人間の動作・発言を認識する動作はロボットが聞き手となって行動するときに認識している動作である。ウェイター固有の動作は、人とのコミュニケーションでは行わないがウェイターとして動作するために必要になってくるものである。

オントロジーの分類において、例示、情緒表出を行うのが人の状態を認識する動作であり、調整を行うのがコミュニケーションの場を作る動作である。適応を行うのが人の動作・発言を認識する動作である。ウェイター固有の動作は人とのコミュニケーションではないので、オントロジーによる行動の分類とは関わりがない。

ウェイターという仕事には、コミュニケーションの様々な要件が含まれている。ウェイター自身が話者となり、客に話しかけることもあれば、聞き手となって客が命令することを聞くこともある。また周囲の状況を認識して、状況に適応した行動をすることも要

求される。このようにウェ이터ロボットはコミュニケーション・ロボットの典型例であるといえる。

ウェ이터として立食パーティーで仕事を行うロボットでは、言語を使用するのは信頼性が落ちる。パーティーでは会場全体が様々な音であふれているので、人の声を認識する際にノイズがかなり載ってしまう。そこでこのような信頼性の低い音声を用いず身体動作表現のみを使うことにする。

4. ロボットへの同調動作の実装

4.1 使用する装置

使用するロボットは図 2 に示した「Robovie」を用いた。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。人が視覚・聴覚・触覚を持つようにこのロボットも距離を測るソナーや接触センサなど、センサなど様々なセンサを持つ。このような人に類似した身体とセンサを用いて、Robovie は、人とのコミュニケーションに必要な様々な対話的行動を生成することができる。さらに、本体上部に搭載された無線 LAN により、他のコンピュータにアクセスすることができる。



図 2 使用するロボット Robovie

4.2 実装方法

同調動作を実現するには人の動作を認識することが必要になる。そこで人の動画認識には Mario というライブラリを利用した[<http://www.malib.net/index.html>]。このライブラリを用い、2 台のカメラから得た映像から、人の体の中で右手と左手と顔の肌色を抽出し、その 3 点から人の姿勢を認識している。Robovie では、腕と頭を動かすことができるが、腕の動きの同調を行うことにした。頭の動きの同調は、人とロボットの視線の同調動作に当たるが、今回使用するシステムでは人の視線を認識することができないので、頭の動きの同調は行わない。

まず、2 台のカメラから得られた映像は姿勢認識モジュールに送られ、Marioによって人の姿勢を実時間で計算する。それによって得られた人の姿勢に関するデータを動作生成モジュールに送る。動作生成モジュールでは人の姿勢からロボットがどのような動作をするのかを決定する。アクチュエータモジュールでは、動作生成モジュールの結果に基づき実際にロボットの身体を動かす。このシステムの構成を図 3 に示す。

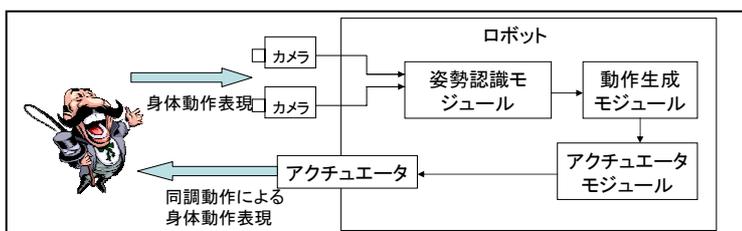


図 3 システム構成

ただ単に人が行った動作を真似るのでは、ロボットがリズムを整えているとみなすことができない。そこで動作生成モジュールの設計が重要になる。しかし、今回は人の動きをそのままロボッ

トに同調させることにした。ロボットと人のコミュニケーションでは、最初に人をコミュニケーションに引き込むことをしなければ、コミュニケーションは持続しない。引き込むためにロボットは人の全ての腕の動きに同調動作を行い、ロボットに対する興味を持たせる。そのために、最初の段階としてロボットはどの動きを同調するか判断せずに、全ての動きを同調させることにした。

5. おわりに

ウェ이터ロボットとして行動するには、最初に人間の行動を正しく認識していく必要がある。今回のロボットへの実装では、Malibという画像処理ライブラリを用いたが、人間の身体動作の認識にはミスが生じている。現在の動作の認識ではここが限界である。人とのコミュニケーションにおける同調的動作を重視してコミュニケーションの成立を目指した。システムの中で動作生成モジュールでは、人のジェスチャーをそのままロボットが行うように設定していた。人をロボットとのコミュニケーションに引き込む際には、そのようなことが重要になるかもしれないが、真似を続けるだけでは、人はロボットとのコミュニケーションに飽きてしまう。そこで同調動作を少しずつ減らしていき自然なコミュニケーションに近づける必要があると考えられる。

また今回の実装では、実際に人とのコミュニケーションを行い、評価をしていない。人とコミュニケーションを行うロボットなので、人がロボットから受ける印象を調査することは重要である。そこでこれからロボットと人がコミュニケーションに関する評価実験を行う。

参考文献

- [パターソン 83] マイルス・F・パターソン著 工藤力訳: 非言語コミュニケーションの基礎理論, 誠信書房, 1983
- [ヴァーガス 87] マジョリー・F・ヴァーガス著 石丸正訳: 非言語コミュニケーション, 新潮社, 1987
- [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