

## Relational Interaction Design: 関係性に基づく新たなインタラクションへ向けて

小野 哲雄 坂本 大介 小川 浩平 駒込 大輔  
公立ほこだて未来大学 情報アーキテクチャ学科 〒041-8655 函館市亀田中野 116-2  
E-mail: tono@fun.ac.jp

あらまし 本稿の目的は、人間とシステムが関係を構築する際の要因を明らかにし、この関係に基づくインタラクションの設計論を考察することである。具体的にはまず、我々がこれまで行ってきた、人間とシステムとの間に関係を構築するための設計手法に関する研究を紹介する。それらは、エージェントが環境内にあるさまざまなメディアを移動しながら人間と関係を構築する手法 (ITACO システム)、ロボットと人間が同調的な身体動作をとおして関係を構築する手法 (共創対話)、三者間の社会的なダイナミクスにより関係が構築される研究 (ロボットの社会性)、および、人間がロボットの身体動作を模倣することによって関係が連続的に他者へ伝播していくという RobotMeme に関する研究である。これらの研究事例を概観することにより、人間とシステムが関係を構築する際に重要となるいくつかの要因が明らかとなる。さらに、システムと関係を構築することが人間の認知システムに影響を与えていることが明らかとなる。この2点から、関係に基づくインタラクションの設計論について考察する。

キーワード エージェントマイグレーション、同調的身体動作、ロボットの社会性、バランス理論、ミーム理論

## Relational Interaction Design: Toward a New Paradigm of Interaction based on Relationship

Tetsuo Ono, Daisuke Sakamoto, Kohei Ogawa, and Daisuke Komagome  
Department of Media Architecture, Future University-Hakodate

**Abstract** In this paper, we discuss a methodology of interaction design investigating factors regarding relation between humans and artifacts. Concretely, we introduce the results of our researches, i.e., ITACO system using an agent migration mechanism, Embodied Communication emerging from cooperative gesture, Sociality of Robots based on the balance theory, and RobotMeme applied mutual adaptation between human and robot. We will bring the problems of interaction design through this survey of our researches into relief.

**Keywords:** Agent migration, Cooperative gesture, Sociality of robots, Balance theory, the Meme theory

### 1. はじめに

人工知能の研究の進展とともに、システム<sup>1</sup>内部の「閉じた系」において知能を実現することの難しさが明らかとなってきた。これに対して、システムが人間や環境とインタラクションを行うような「開いた系」において知能の実現を試みようという研究が広がりを見せている。この場合、知能はシステムと人間 (環境) とのインタラクションによって生じる現象とみなすべきであり、このような知能を発現させるシステムを実現するためには、両者の間のインタラクションをどのように設計するかが鍵となるであろう。

人間とシステムとのインタラクションに関しては、観察に基づくさまざまな研究が行われている。たとえば、状況論的アプローチに基づく研究では、シス

テムと人間 (環境) とのインタラクションを誰が見ているのか、どのような社会的な文脈 (コンテキスト) の中でのインタラクションであるのかを考慮することが重要であると指摘している [上野 01]。また、社会学者によるエソノメソドロジ的な手法による会話分析、相互行為分析、さらにはフィールドでのワークの研究も人間とシステムとのインタラクションに関して多くの知見を見出している [山崎 04, Kuzuoka 04]。

上記の研究はインタラクションによって生じる知能を説明するうえでは重要な示唆を与えるが、システムと人間とのインタラクションをどのように「設計」するのかについては具体的な指針を与えるまでにはいたっていない。本稿では、この設計指針を考えるうえで、システムがインタラクションをとおして人間と「関係」を構築することに注目する。さらに、この関係が両者の間のコミュニケーションを円滑にすることを具体的な研究事例をとおして示す。知能システムの実現を考えるとき、この視点は重要となる。なぜなら、円滑なコミュニケーションが実

<sup>1</sup> ここでは広く、コンピュータやエージェント、ロボットなどの人工システム全般を指す。

現されているということは、人間がシステムに対して何らかの「知能」の発現を認めていると考えられるからである。また、そのようなシステムを実現するためには、従来の人工知能研究が目指したような高度な知能をシステムの内部に実現すること以上に、システムが人間と関係を築くことが重要であることを示しているからである。

本稿では「関係」の構築をシステム間の相互依存的なサイクルを形成することと定義する。つまり、「関係」の構築とはさまざまなレベルにおいて、一方だけの情報表示（行為）では完結しえず、組織的に起こる双方向の情報循環（相互行為）によって初めて形成されるサイクルであると考えられる。

本稿の目的は、人間とシステムが関係を構築する際の要因を明らかにし、この関係に基づくインタラクションの設計論を考察することである。具体的にはまず、我々がこれまで行ってきた、人間とシステムとの間に関係を構築するための設計手法に関する研究を紹介する。2章では、エージェントが環境内にあるさまざまなメディアを移動しながら人間と関係を構築する手法（ITACO システム）を紹介する。次に、3章では、ロボットと人間が同調的な身体動作をとおして関係を構築する手法（共創対話）を紹介する。前章までは二者間のインタラクションに基づく関係の構築を対象としてきたが、4章では、三者間の社会的なダイナミクスにより関係が構築される研究（ロボットの社会性）を紹介する。さらに、5章では、人間がロボットの身体動作を模倣することによって関係が連続的に他者へ伝播していくという RobotMeme に関する研究を紹介する。

これらの研究事例を概観することにより、人間とシステムが関係を構築する際に重要となるいくつかの要因が明らかとなる。さらに、システムと関係を構築することが人間の認知システムに影響を与えていることが明らかとなる。7章では、この2点から、関係に基づくインタラクションの設計論について考察する。

## 2. ITACO システム

本章では、エージェントが環境内にあるさまざまなメディアを移動しながら、人間と関係を構築する手法を紹介する。本手法を用いることで、人間はエージェントの発話を理解することが可能になり、さらにエージェントやメディアに対する愛着が生起することを示す。以上の結果をふまえて、本手法が人間の認知システムに与える影響について考察する。

### 2.1 研究の背景と目的

近年、コンピュータの小型化、高性能化が進み、我々の日常生活のさまざまな場面において、コンピュータとインタラクションを行う機会が多くなってきた。しかし、人間とこれらのコンピュータとのインタラクションはいまだ円滑なものとはなっていない。なぜならば、環境に存在するコンピュータのセ

ンサは人間の行動の文脈（コンテキスト）を理解することが難しく、またコンピュータに対する入出力方式は従来のデスクトップメタファに基づいたものが多いため自然なインタラクションを行っていく。音声などのモダリティを用いたインターフェースも可能ではあるが、その認識率の問題とともに、環境にある人工物が急に音声を発しても、人間はそれを聞き取り、理解することが難しいという問題がある [Ono 00]。今後、人間とコンピュータおよび人工物との間に関係を構築し、両者のコミュニケーションを円滑にするための手法を考える必要があるだろう。

### 2.2 方法論

2.1 節の問題点をふまえて、本節ではエージェントマイグレーションの機構を用いて、システムと人間が関係を構築する2つの研究事例を紹介する。ここでエージェントマイグレーションの機構とは、エージェントがあるメディア（たとえばディスプレイ）から他のメディア（たとえば PDA）などへネットワークを経由して乗り移るメカニズムを指す。

本節で紹介する ITACO システムは、ユーザに対して文脈に応じた適切な支援を行うエージェントシステムである。エージェントは日常的なユーザとの対話により、ユーザの趣味や行動の傾向を記憶することが可能である。そして、収集したそれらの個人情報をもとにして、各ユーザに特化したさまざまな支援を行う。図1に ITACO システムのコンセプト図を示す。たとえば、エージェントは外出するときにユーザの服に装着されたウェアラブルコンピュータへ乗り移り、スケジュールや公共交通機関の情報などをユーザに与え、帰宅したらテーブルランプへ乗り移り電気をつけるといったユーザの日常的な行動を支援する。本研究では、限定された条件下において動作する ITACO システムを試作した。具体的には、タブレット PC 上に存在するエージェントが、ユーザとの対話によってさまざまな情報を得たうえで、ウェアラブルコンピュータや、テーブルランプへ乗り移るシステムである。

このようにエージェントがさまざまなメディアへ乗り移ることによって、人間の認知プロセスにどのような影響を与えるかについて心理実験を行った。以下、2つの研究事例を紹介する。

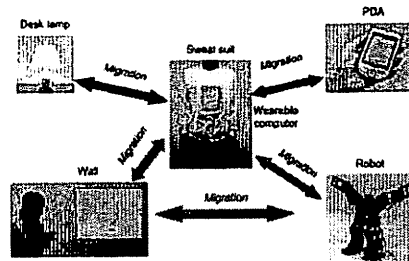


図1 ITACO システムのコンセプト図

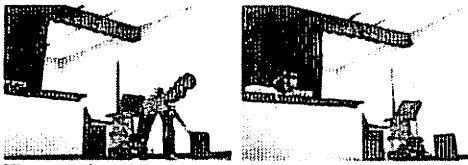


図2 ロボットの発話を理解し依頼を実行する被験者（実験条件）と発話を理解せず実行しない被験者（統制条件）

**[研究事例 1]** エージェントがノート PC からロボットのディスプレイへ乗り移るという研究事例を紹介する[Ono 00]。被験者がノート PC のエージェントとインタラクションを行っているところへロボットが近づき、低音質の合成音声で被験者へ依頼を行う。ロボットからの依頼は、進行方向にあるゴミ箱をどけてほしいというものであった。この際、実験条件（エージェントがノート PC からロボットのディスプレイへ乗り移る場合）では、80%の被験者がロボットの発話を理解し、ロボットの依頼を実行した（図 2 左）。しかし、統制条件（エージェントがノート PC からロボットへ乗り移らない場合）では、ロボットの発話を理解した被験者はわずか 30%であり、さらに 90%の被験者はロボットの依頼を実行しなかった（図 2 右）。（本実験のより詳細な手続き、結果については、[Ono 00]参照。）

**[研究事例 2]** エージェントが被験者の服に装着されたウェアラブルコンピュータ（図 1）からテーブルランプへ乗り移るという研究事例を紹介する[小川 06a]。被験者が暗い部屋に移動した際、あらかじめインタラクションを行っていたエージェントが胸のディスプレイからテーブルランプへ乗り移り、電気をつけて部屋を明るくした（実験条件）。その後、被験者にテーブルランプのスイッチを切ってもらったところ、被験者はエージェントの存在を消してしまったという喪失感とともに、エージェントに対する愛着をもっていったことが明らかとなった。これに対して、エージェントがテーブルランプへ乗り移らずに電気をつけられた場合（統制条件）では、被験者はスイッチを切ることに特別な感情を抱いていなかったことが明らかとなった。

## 2.3 本研究の意義

本章で紹介した研究事例のポイントは、エージェントマイグレーションの機構を用いたことにより、被験者と人工物の間に相互依存的なサイクルを形成することができたことである。

研究事例 1 の実験条件では、エージェントがノート PC からロボットのディスプレイへ乗り移ったことにより、その後のロボットの発話が被験者により理解され、さらにロボットの依頼を実行するというサイクルが形成されている。これに対して、エージェントが乗り移らない統制条件では、ロボットからの一方向だけの情報提示になってしまい、被験者とのインタラクションのサイクルは形成されなかった。

研究事例 2 の実験条件では、エージェントが被験者のウェアラブルコンピュータからテーブルランプへ乗り移ったことにより、その後のランプの点灯と被験者のランプに対する愛着の生起というサイクルが確認された。これに対して、エージェントが乗り移らなかった統制条件では、被験者とランプという人工物との間にインタラクションのサイクルは形成されなかった。

結論として、エージェントマイグレーションの機構を用いることにより、人間と人工物（ロボットとテーブルランプ）の間に関係を成立させることができた。この関係が両者の間に、発話理解の促進および愛着の生起という認知プロセスを起こさせたと考えられる。

## 3. 共創対話

本章では、人間と円滑にコミュニケーションを行うことができるロボットを実現するため、コミュニケーションにおける身体性に注目した研究を紹介する。具体的には、ロボットが身体的なインタラクションをとおして人間と関係を構築することの重要性とそれを実現するための手法を示す。さらに、この関係が構築された場合、人間とロボットの双方の情報伝達が円滑になることを示す。

### 3.1 研究の背景と目的

近年、円滑なコミュニケーションを実現するためには、言語情報の伝達だけでは不十分であることが明らかとなり、非言語情報を活用するための研究がさかんに行われている。しかし、非言語情報をたんにネットワークを介して伝達してもそこに円滑なコミュニケーションが実現されることはない。この理由として我々は、コミュニケーションの場で対話者間のインタラクションによって創られるような「共創」される情報を研究の対象としてこなかったためではないかと考えている。

上記の問題点を考察するため、我々は「共創対話」という枠組みを提案した[小野 01a, Ono 01b]。共創対話とは、従来の情報技術では十分に扱えなかった、身体の同調的動作による対話者間の関係の構築、およびこの関係に基づく情報伝達のメカニズムを理解するための枠組みである。つまり、従来の情報技術では、通信回線の伝送路にのるような「伝達」できる情報のみを扱い、コミュニケーションの場で「共創」される情報は対象としてこなかった。このことが、人間と人間および人間と人工物のコミュニケーションを行う際の違和感や不自然さを生じさせる原因となっていたのではないだろうか。

### 3.2 方法論

3.1 節で述べた共創対話の概念を検証するため、具体的な事例として、道案内における人間同士および人間とロボットの身体動作と情報伝達との関係に注

目した実験を行った。人間同士の道案内では、話し手も聞き手も互いに身体の向きや首、腕の動きを自律的かつ同調的に調節しながら関係を構築し、目的の場所までの道順を伝達もしくは理解しようと試みている。たとえば、両者は身体の向きを相手と同じ方向になるように調節したり、同じ方向を指差したりする動作が見られる(図3左)。このような身体動作が困難なとき、両者は互いに違和感をもち、目的の場所までの道順という情報が伝わりにくくなることが明らかとなった[小野 01a]。

人間同士の道案内の実験結果から、以下の仮説を立てることができる。

- (a) 身体と同調的動作 ⇔ 関係の構築
- (b) 関係 ⇔ 共有視点の形成
- (c) 共有視点 ⇔ 円滑な情報伝達

つまり、(a)対話者間の身体と同調的な動作が両者の間に関係を構築し、(b)この関係に基づき、話し手と聞き手がお互いの空間座標系から共有視点を形成しようと試みる。(c)この共有視点の形成が円滑な情報の伝達を可能にしていると考えられる。

実際にコミュニケーションロボットを用いて、上記の仮説を検証した。まず、ロボットが被験者に道順を教える場合を考える[小野 01a, Ono 01b]。ロボットの身体動作をパラメータとして条件を設定したところ、ロボットが人間に近い身体動作を行いながら道案内をした条件では、被験者は引き込まれるような身体動作を行うことが観察された(図4左)。さらに、この条件では道案内の情報が正確にロボットから被験者へ伝わっていた。これに対して、ロボットが身体動作を行わずに道案内した条件では、被験者の身体動作もまったく観察されず(図4右)、また道案内の情報も正確には伝わらなかった。

次に、被験者がロボットに道順を教える場合を考える[Sakamoto 05, 神田 05]。実験では、道を教える被験者の動きに対して同調的な身体動作が可能なロボットシステムを構築し、実験を行った。この結果、ロボットが被験者の動きに対して同調的な身体動作をした場合、被験者は道順を想起し、話しやすくなることが明らかとなった(図3右)。これに対して、ロボットが同調的な身体動作を行わない場合、被験者による円滑な説明が行われないことが明らかとなった。

### 3.3 本研究の意義

本章で紹介した研究事例のポイントは、対話者同士の同調的な身体動作が両者の間に相互依存的なサイクルを形成したこと、およびこのサイクルにより相互の情報伝達が円滑になったことである。

システムと人間とのインタラクションの設計を考える場合、本章で示した研究事例は重要な示唆を与えるだろう。つまり、コミュニケーションロボットを用いた場合でも、そのロボットに人間が行うような同調的な身体動作を行わせれば、人間も引き込まれるような身体動作を行い、さらに人間同士の対話のように情報の理解や想起が促進されるのである。

この場合、両者間の相互依存的なサイクルの形成(関係の構築)が、人間の認知プロセスに影響を与えていたと考えることができる。



図3 人間同士の道案内における身体と同調的動作(左)とロボットに道を教える条件での同調的的身体動作(右)



図4 ロボットが身体動作を用いて人間に道を教える条件(左)とロボットが身体動作をせずに道を教える条件(右)

## 4. ロボットの社会性

本稿ではここまで、2章においてエージェントマイグレーションの機構を用いて、エージェントと人間との関係を構築する研究を紹介した。さらに、3章では、ロボットが身体的なインタラクションをとおして人間と関係を構築する研究を紹介した。これらの章で紹介した研究では、二者間の関係の構築に限定されていた。これに対して本章では、複数の人間とロボットという三者間に構築される社会的な関係の構築に関する研究を紹介する。

### 4.1 研究の背景と目的

人間とインタラクションを行うエージェントやロボットの研究が進められているが、今後はさらに、人間と長期間にわたりインタラクションを行い、共同作業や共同生活を行えるような人工物の実現が想定されている。そのとき、このようなエージェントやロボットの存在は、人間と人工物という二者間の関係だけではなく、他の人間同士の関係にも影響を与えることが考えられる。

中西らは社会的エージェントに関する研究として、エージェントが二人の人と対話を行う際に、エージェントが人間に対してどのような影響を与えるか調べる実験を行った[Nakanishi 03]。この結果から、エージェントの社会的な態度が、人間のエージェントに対する印象だけではなく、人間同士の印象に対し

でも影響を与える可能性が示された。これはつまり、エージェントの社会性が人間同士の関係にも影響を与える可能性があるということである。

## 4.2 方法論

本節では、ロボットの社会性に関する研究事例を紹介する。我々の研究では、ロボットの社会性が人間とロボットの関係や、人間と人間の関係にどのような影響を与えるかを実験により調査した[坂本 06]。本実験ではバランス理論を用いた、ロボットを交えた三者間の対話実験を行い、対話時の身体動作の計測を行うとともに、実験後のロボットや他の被験者に対する印象評価を各被験者に求めた。具体的には、ロボットが対話者 A の発言に対して賛成する意見を述べたり、好意的な身体動作をするようにシステムを設定することで、対話者 A のロボットに対する印象が良くなるように操作した。一方、ロボットが対話者 B の発言に対しては否定的な意見を述べたり、非好意的な身体動作をするように設定し、対話者 B のロボットに対する印象が悪くなるように操作した。このように、ロボットの発言や身体動作を操作することで、人間のロボットに対する印象を変化させ、人間とロボットの社会性に関する実験を試みた。

本実験で用いたバランス理論とは三者間の関係を記述できる枠組みであり、三者間の相互の印象を正 (+) と負 (-) のラベルで表したとき、三つの印象の積が+となる均衡状態へ向かう傾向があることを示した理論である(図5)。具体的には、上記のロボットと対話者 A, B の事例では、対話者 A はロボットに対して良い印象をもつと思われるので、両者の間のラベルは正 (+) となる。逆に、対話者 B はロボットに対して悪い印象をもつと思われるので、両者の間のラベルは負 (-) となる。これらのラベルをもとに、バランス理論の予測を考えると以下のようになる。まず、図5左のように、ロボット (R) と対話者 A の間のラベルが+、ロボットと対話者 B の間のラベルが-で、A と B の間のラベルが-のとき、三つのラベル (印象) の積が正であるため均衡 (安定) 状態となる。これに対して、図5右のように、A と B の間のラベルがプラスのときは、三つのラベル (印象) の積が負であるため不均衡 (不安定) 状態になると予測される。

我々の実験の結果から、ロボットの社会的な態度が人間のロボットに対する印象だけではなく、人間同士の印象に対しても影響を与えることが確認された。具体的には、ロボットが二人の被験者に対して不平等な態度 (それぞれ+と-にラベル付けられる態度) をとった場合、被験者のロボットに対する印象が+と-になるだけではなく、被験者同士の印象もバランス理論の予測どおり-の評価となっていた。つまり、実験前はお互いに好印象をもっていた (ラベルが+であった) 被験者同士であっても、本実験の終了後には悪い印象が形成されていた (ラベルがマイナスとなっていた)。本実験の結果は、被験者同士が直接的にはインタラクションを行わなくても、

ロボットが個々に二人の被験者とインタラクションを行うことで、被験者同士の関係を壊すことが可能であることを示している。

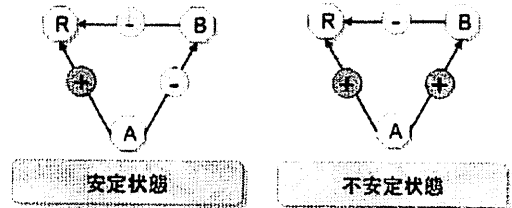


図5 バランス理論にもとづく安定状態 (左) と不安定状態 (右)



図6 被験者と平等に話す平等条件のロボット (左) と右の被験者にのみ好意的に話す不平等条件のロボット (右)

## 4.3 本研究の意義

本章で紹介した研究事例のポイントは、対話者間に構築された関係は、社会的なダイナミクスにより変化を受ける可能性があるということである。さらに、その変化を与えるのは人間だけとは限らず、ロボットやエージェントなどの人工物でも可能であるという点が重要であろう。

人間は今後、ロボットやエージェントなど日常的にインタラクションを行う可能性がある。このインタラクションは一対一の場合だけではなく、一対多や多対多となることが考えられる。ロボットやエージェントの社会性の研究は上記の意味で重要性が増すものと考えられる。

## 5. RobotMeme

4章までの研究事例では、人間とシステムの間には構築された関係は、その二者 (もしくは三者) においてのみ有効であった。本章では、その構築された関係がロボットや人間を介して、不特定多数の他者へ連続的に伝播していく研究を紹介する[駒込 07]。

### 5.1 研究の背景と目的

人間社会に参加できるロボットを実現するためには、ロボットが人間社会に適応するだけではなく、人間もロボットとのインタラクションに適応していく必要があるだろう (相互適応の必要性)。しかしこれまで、ロボットが人間の動作を模倣するなどして、社

会的スキルを獲得しようとした研究（図 7①の研究分野）は積極的に行われてきたが、人間がロボットの適応的な身体動作を模倣するという研究（図 7②の研究分野）は行われてこなかった。

本研究では、人間とロボットが適応的な知識や方法論を共有することにより、コミュニティにおいて集合的な知能を実現することを最終的な目標としている。この目標を実現するため、これまで行われてこなかった、人間がロボットの適応的な身体動作を模倣するかどうかについて実験をとおして検証を行った。

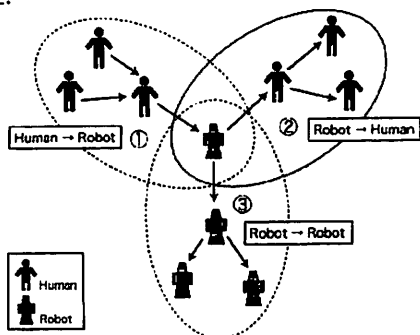


図 7 人-ロボット間の相互適応の概念図

## 5.2 方法論

本研究ではまず、ロボットの適応的な身体動作を人間が模倣するかどうかについての実験（実験 1）を行った。具体的には、ロボットが行う独特な指示動作を被験者に見せ、同じ状況に被験者をおいたとき、その動作が発現するかどうかを調べた。実験の結果、被験者は、通常人間が行わないようなロボットの指示動作を模倣し、対象物を指し示すことが確認された。さらにアンケートの結果、被験者は、ロボットの動作を模倣することにより獲得した指し示し動作を自分にとって合理的な動作であると評価していた。

次に、ロボットからの模倣により獲得した身体動作が、人間を介して他の人間に連続的に伝播していくかどうかを実験により検証した（実験 2）。実験の結果、ロボットの独特な身体動作は人間を介することで連続的・安定的に他の人間に伝播していくことが明らかとなった。

## 5.3 本研究の意義

本研究の実験の結果、人間はロボットの独特な身体動作であっても、その動作が状況適応的であり、環境が類似していればその動作を模倣することが明らかとなった。さらにこの動作が他の人間を介して伝播していくことも明らかとなった。このことは、ある状況で獲得された人間とロボットの間の「関係」が、環境の類似性や模倣対象の類似性、模倣行為自体の状況適応性などが成り立てば、人間から人間へ

伝播していくことを示している。つまり、状況・環境が整えば不特定多数への関係の伝播が可能なのである。

本研究の成果は、関係に基づくインタラクションの設計論に新たな視点を与える。つまり、人間とシステムの間構築された関係は、条件が整えばコミュニティ内の構成員で継承・保持することが可能であることを示しており、より社会的で大規模な視点からインタラクションの設計論を考えることができるのである。

## 6. おわりに

本稿では、人間とシステムの間に関係を構築するための設計手法に関する研究を紹介した。2章では、メディア間に遍在するエージェントによって人間と関係を構築する手法を紹介し、この手法が発話理解の促進や愛着の生起に影響を与えることを示した。3章では、ロボットと人間が身体的なインタラクションをとおして関係を構築する手法を紹介し、このインタラクションが情報の伝達を円滑にすることを示した。さらに4章では、三者間の社会的なダイナミクスにより関係が構築される研究事例を紹介し、実際にこのダイナミクスが人間の印象を変化させることを示した。さらに、5章では、人間とシステムの間構築された関係が、条件が整えばコミュニティの他の構成員にも伝播可能であることが示され、コミュニティ内で継承・保持される可能性も示された。

これらの研究の中心的なテーマは、人間と円滑なコミュニケーションを行うことができるエージェントおよびロボットシステムを構築するためには、従来の人工知能研究が目指したような高度な知能をそれらのシステムにもたせること以上に、システムが人間や環境と関係を築くことが重要であるということである。

つまり、我々の研究の興味は、人間とエージェント（もしくはロボット）の「間」にある。本稿の2章で述べたエージェントマイグレーションや3章で述べた同調的身体動作、4章で述べた社会的なダイナミクス、5章で述べた人間によるロボットの身体動作の模倣では、直接的かつ明示的には人間の認知プロセスにどのような影響を与えているか明らかではない。しかし、それぞれのインタラクションによって形成される関係は、発話理解を促進したり、コミュニケーションを円滑化したり、他者との関係を壊したり、ロボットの独特な動作さえも合理化して適応的に獲得している。このような関係論的な視点から、インタラクションにおいて創発する知能を観察していくことが、やや遠回りではあるが相互適応のための設計指針を確立するうえで重要であると考えている。

本稿では上記のように、システムがインタラクションをとおして人間と関係を構築することに注目して議論を進めてきた。しかし言うまでもなく、本研究の立場が、音声認識や発話理解、画像認識や情景

理解など従来の研究の成果を怪んじるものではない。事実、各章で紹介したエージェントおよびロボットシステムはこれらの要素技術を用いて構築されている。しかし今後、これらの要素技術をさらに発展させていくためには、本稿で述べた視点も重要であると考えている。つまり、システム間の関係の構築を重視した「関係論」的な視点から従来の要素技術を見直せないか、もしくは人間の認知システムの解明に結びつかないかを今後考えていきたい。

本稿の立場からインタラクションに関する考察をさらに進めていくと、人間のもつ以下の2つの能力が浮かび上がる。それらは、人間が自ら関係を構築していく能力と、他者の関係を見出す能力である。まず、最初の能力について議論しよう。すでに3章で述べたように、人間は身体的なインタラクションをとおり、ロボットと相互依存的なサイクルを形成する。さらに研究事例で示したように、このサイクルの形成が、人間の発話や想起、理解や記憶を容易にする。つまり、関係の構築が人間の認知プロセスに影響を与えていると考えられる。3.2節で紹介した共創対話の枠組みは、この身体的な関係の構築と認知プロセスが不可分であることを表している。今後はこのような個体間のインタラクションにおける関係の構築と両者をつなぐ情動的なメカニズムを明らかにしていかなければならないだろう。

次に、他者の関係を見出す能力について議論する。4章で述べたように、人間は身体的インタラクションと発話内容から他者同士の関係を推定することができる。この他者同士の関係を推定する能力が、バランス理論のような社会的なダイナミクスを生み出しているともいえる。また、日常生活においても、我々は対話している複数人の関係を容易に推定できるという実感をもっている。今後の研究の方向性として、我々はこの他者の関係を推定する能力に注目している。

人間が他者の関係をどのように推定しているのか、またその推定する能力とはどのようなものなのかについてはいまだ明らかではない。ここで個体の身体動作に関する研究に目を転じると、身体に付けられたマーカの動きからその関係性を見出すバイオロジカルモーションの研究をあげることができる。それでは個体間のバイオロジカルモーション、つまり動きの中から個体間の関係を見出す研究は可能であろうか。我々は、状況に埋め込まれた、対話時のバイオロジカルモーション (Situational Biological Motion: SBM) を用いて、対話者間の関係を推定する研究を行っている [小川 06b]。本研究の初期的な結果としては、1人の対話者のSBMを刺激として提示することで、被験者は対話の相手が人間であるのか、ロボットであるのか、他の人工物であるのかをかなりの確率で推定できることが明らかとなった。

人間がもつこれら2つの能力の解明が、システムと人間とのインタラクションの設計、およびヒューマンエージェントインタラクションに関する研究の進展に寄与するであろうと考えている。

## 参考文献

- [神田 05] 神田崇行, 鎌田正幸, 今井倫太, 小野哲雄, 坂本大介, 石黒浩, 安西祐一郎. 人間型対話ロボットのための協調的身体動作の利用, ロボット学会誌, Vol. 23, No. 7, pp. 898-909 (2005).
- [駒込 07] 駒込大輔, 鈴木道雄, 小野哲雄, 山田誠二. RobotMeme: 模倣による人-ロボットの周辺の相互適応, ヒューマンインタフェース学会論文誌. (投稿中)
- [Kuzuoka 04] Kuzuoka, H., Kosaka, J., Yamazaki, K., Yamazaki, A. and Suga, Y.: Dual Ecologies of Robots as Communication Media: Thoughts on Coordinating Orientations and Projectability, Proceedings of CHI 2004, pp. 183-190 (2004).
- [Nakanishi 03] Nakanishi, H., Nakazawa, S., Ishida, T., Takanashi, K. and Isbister, K.: Can Software Agents Influence Human Relations? -Balance Theory in Agent-mediated communications -, International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS2003), pp. 717-724 (2003).
- [小川 06a] 小川浩平, 小野哲雄: ITACO: メディア間を移動可能なエージェントによる遠在知の実現, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 8, No. 3, pp. 373-380 (2006).
- [小川 06b] 小川浩平, 中田瑞希, 小野哲雄: 隠された関係性: 連続的な身体動作情報による関係の推定, 人工知能学会全国大会 (第20回), 3F3-3 (2006).
- [Ono 00] Ono, T., Imai, M. and Nakatsu, R.: Reading A Robot's Mind: A Model of Utterance Understanding Based on the Theory of Mind Mechanism, Proceedings of Seventeenth National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-2000), pp. 142-148 (2000).
- [小野 01a] 小野哲雄, 今井倫太, 石黒浩, 中津良平: 身体表現を用いた人とロボットの共創対話, 情報処理学会論文誌, Vol. 42, No. 6, pp. 1348-1358 (2001)
- [Ono 01b] Ono, T., Imai, M. and Ishiguro, H.: A Model of Embodied Communications with Gestures between Humans and Robots, Proceedings of Twenty-third Annual Meeting of the Cognitive Science Society (CogSci2001), pp. 732-737 (2001).
- [Sakamoto 05] Sakamoto, D., Kanda, T., Ono, T., Kamashima, M., Imai, M. and Ishiguro, H.: Cooperative Embodied Communication Emerged by Interactive Humanoid Robots, The International Journal of Human-Computer Studies, Vol. 62, issue 2, pp. 247-265 (2005).
- [坂本 06] 坂本大介, 小野哲雄: ロボットの社会性: ロボットが対話者間の印象形成に与える影響評価, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 8, No. 3, 381-390 (2006).
- [上野 01] 上野直樹編: 状況のインタフェース, 金子書房 (2001).
- [山崎 04] 山崎敬一編: 実践エスノメソロジー入門, 有斐閣 (2004).