

# 共感するロボットの実現に向けての模倣機能と共感性に関する 検討

## Study on Imitation Function and Intensity of Sympathy Towards Sympathetic Robots

西田 亮輔<sup>1\*</sup> 長井 隆行<sup>2</sup> 大森 隆司<sup>3</sup> 尾関 基行<sup>1</sup> 岡 夏樹<sup>1</sup>  
Ryosuke Nishida<sup>1</sup> Takayuki Nagai<sup>2</sup> Takashi Omori<sup>3</sup>  
Motoyuki Ozeki<sup>1</sup> Natsuki Oka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科

<sup>1</sup> Graduate School of Science and Technology, Kyoto Institute of Technology

<sup>2</sup> 電気通信大学知能機械工学専攻

<sup>2</sup> Dept. of Mechanical Engineering and Intelligent Systems, The University of  
Electro-Communications

<sup>3</sup> 玉川大学工学部

<sup>3</sup> School of Engineering, Tamagawa University

**Abstract:** Sympathy gives a great boost to interaction, and leads to a lively and long-lasting conversation. The goal of this study is to build a robot that can create sympathetic relations with a human. In order to realize this, we plan to make a robot that is equipped with the intensity of its sympathy. The intensity varies according to the action of the interaction partner, and has an effect on its own actions. This paper describes our overall research plan and its first step.

### 1 はじめに

共感とは、他者と自分の情動を共有することである。例えば、自分が対話している相手が悲しい表情をすると自分も悲しくなったりなど、他人のことをまるで自分のことのように感じ、相手と同様の行動をとるのがその共感にあたる。実世界の例でいうならば、バラエティ番組を見ているときの笑いや、他者が泣きながら話す悲しい話を聞いているときの笑い泣きなどがこの共感にあたる。

共感というものは、両者が他方に影響しあい歩み寄るものであるため、「共感」を持ったロボットが、人間と学習やインタラクションを行えば、より円滑にコミュニケーションを行うことができる。またこれは、人間とロボットのより長期的なコミュニケーションにもつながる。

近年注目されているミラーニューロンシステムは、共感にも密接にかかわっている可能性が高い。ミラーニューロンとは、霊長類の頭頂葉など脳の一部において、他者の行動を見たときに、まるで鏡のように自分が

行動しているかのように活発化する神経細胞（ニューロン）のことを言う。現在、細胞単位でその存在が確認されている動物はマカクザルのみである [1]。しかし、Fadiga らによる、ヒトが他者の行動を観測したとき、脳のミラーニューロン領域と強くつながっている運動野も活動することを、経頭蓋磁気刺激法（TMS）により明らかにした研究 [2] や、Iacoboni らによる、ヒトが他者の行動を観測したときと、自身が実際に行動したときとの両方で上頭頂葉と下前頭回が活動することを、機能的核磁気共鳴画像法（fMRI）により示した研究 [3] もあり、ヒトの脳にもミラーニューロンは存在すると考えられている。また、前頭葉に存在する下前頭回の大脳皮質などの、ミラーニューロンが存在しているとされる脳領域は、自身の情動だけでなく他者の情動を観察する際にも反応を示すという研究 [4] がある。これらのことから、自らも執り得る、あるいは執った経験のある行為を観測することは、共感と密接にかかわっていると考えられる。

人は相手のどのような行為に対して共感するかについては、先に述べた笑い泣きや、相手と同じ行動をして互いに一体感を持つことなどがそれに当たると考える。また小嶋らは乳幼児とロボットのインタラクション実

\*京都工芸繊維大学大学院 工芸科学研究科 情報工学専攻  
〒606-8585 京都市左京区松ヶ崎橋上町 1  
Email:nishida@ii.is.kit.ac.jp

験を行い、実験を行うにつれて子どもたちはロボットの行動が自身の行動に随伴していることに気づき、それにより、より深く共感的コミュニケーションに入っていくことを示した [5]。

## 2 研究目的

本研究の目的は、共感機能を実装したロボットを作成すること、またそのロボットを用いて人とのインタラクション実験を行い、ロボットの共感の度合い (共感度) の変化の仕方や、共感機能が人とのインタラクションに与える効果を明らかにすることである。

## 3 関連研究

駒使らは、ロボットの目の発光パターンにより情動を表現でき得ることを示した [6]。また、その表現は、人とのやり取りの中で、ある種の社会的機能を持つことができることも示されている。これは、ロボットの行為によって、人の情動、あるいはそれに伴った行為を変化させることができることの、一例と考えることができる。

また鳴海らは、人間がロボットと共感した際、ロボットの意図、目的をよりの確に理解する傾向があることを明らかにした [7]。ロボットが人間に対し共感を誘う発話を行い、人間がロボットの行動をより理解しやすい状態になることを目指したもので、共感を起こしやすい「感覚的発話」を行ったとき、共感を起こしにくい「情報発話」を行った時よりも人間はロボットとのインタラクションに引き込まれ、ロボットの意図や目的をより理解しやすくなったことを示している。しかしこれは、人間側がロボットに共感した場合を調べた実験であり、ロボット自身に共感を獲得させているものではない。

これらを踏まえ、本研究では、共感するメカニズムをロボットに組み込み、インタラクションを通じて、人とロボットの間に関感状態を作り出すことを目指す。

## 4 提案手法

### 4.1 全体構想

ロボット内部に共感の度合い (共感度) を設定し、ロボットの行動に対する人側の行動のうち、いくつかをその要因として、共感度を変化させる。また、共感度の変化に伴い、人の行動に対して行うロボットの行動を変化させる。詳しい構想を図 1 に示す。

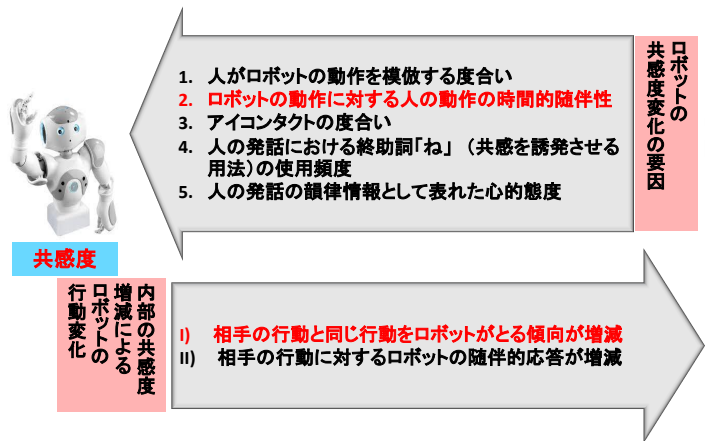


図 1: 研究の構想

ロボットの共感度は、次の諸要因により変化するとする。

- 相手がロボット (自分) の動作を模倣する度合い
- ロボット (自分) の動作に対する相手の動作 (発話も含む) の時間的随伴性
- アイコンタクトの度合い
- 相手の発話における終助詞「ね」(共感を誘発させる用法) の使用頻度
- 相手の発話の韻律情報として表れた心的態度

ここで「ロボットの動作に対する人の動作の時間的随伴性」とは、ロボットの動作開始から、人の動作開始までの遅れ時間を計測し、随伴性の指標とするものである。共感度が高まったロボットは、相手の行動を模倣する確率が大きくなり、より短い遅れ時間で相手の行動を模倣するようになる。人の側の共感度も上記の 1. から 5. と類似した要因により変化すると仮定すると、共感度の高まりによるロボット側の行動変化は人の側の共感度を上げる方向に働くことになる。こうして生じる人の側の行動変化は、さらに、ロボット側の共感度を上げる方向に働くはずである。そのイメージ図を、図 2 に挙げる。

### 4.2 研究の第一段階として

研究の第一段階は次のように進めた。本研究では、最終的な目標として「情動の共有」を掲げているが、この

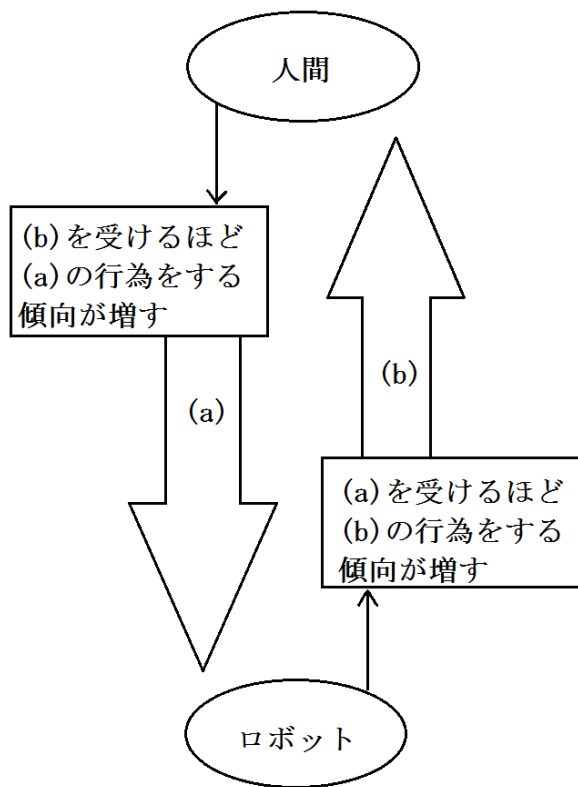


図 2: 相互に共感度を高めあうやりとり

第一段階では、ロボットによる人の情動の推測や、その情報の利用は行っていない。ロボットはNao（上半身のみ）を使用し、人の動きはKinectで検出した。よって、主な動作の対象は、頭と腕の向き、角度とした。ロボット内部の共感度変化の要因と、それによる行動変化として、図1の赤字部分を採用した（ただし発話は行っていない）。ロボットの共感度は、人の時間的随伴性により変化するが、ここでは人の頭、あるいは腕のいずれかの関節が一定以上動いた時間を、人の動作開始としている。ロボットの共感度が高まると相手の行動と同じ行動をロボットがとる傾向が増すように設計し、模倣以外の自発的なロボットの行動は、組み込みとした。この行動の種類として、次のものを使用している。

- 人に向かって手を振る（初めの挨拶）
- 握手を求めて手を差し出す
- 自分（ロボット）の右手を見つめる
- 天井を見上げて、指をさす

また、人間の動きを単純に模倣するロボットとの違いを表すため、共感度が高まりきった状態でも、100%模倣してしまうことはないように設計した。この第一段階では、相手の行動に対するロボットの応答の時間的随伴性は変化させておらず、また先に述べたように、人、ロボット両者の発話は想定せず、動作のみを採用した。

## 5 予備実験

### 5.1 実験手順

このロボットを用い、現段階での問題点を明確にするため、被験者1人に協力してもらい、試験的に予備実験を行った。被験者には、音声を使用していないことをあらかじめ伝えておき、次のような指示をした。

1. ロボットと動作だけでやりとりをしてください。
2. その中で、ロボットに「バンザイ」と「ガッツポーズ」を、動作を見せることで教えてあげてください。

今回は、時間的随伴性を計測することを目的とした「ロボットが握手を求めてきたら握手を返してあげてください」といった指示はせず、制約のない状態で自由にインタラクションしてもらった。

### 5.2 結果

実験前と後に、7段階評価（1:全く思わない～7:とてもそう思う）の同じ内容のアンケートに回答してもらった。内容とその結果を図3に示す。

<質問>	<解答>	
	実験前	実験後
1. このロボットに親しみを持っていますか？	2	3
2. このロボットは自分に親しみを持てると思いますか？	1	2
3. このロボットに共感できますか？	2	4
4. このロボットは自分に共感できると思いますか？	1	4

図 3: アンケート内容とその結果

アンケートには、質問項目のほかに、それぞれの項目に関して、なぜそう答えたかを自由記述で答えられるものを用意し、実験協力者に回答してもらった。結

果を見ると項目3, 4が特に変化が大きいが、これらの回答理由として「最初は全く動いてくれなかったが最後のほうは動きを返してくれたから」というものが挙げられていた。しかし、同項目は「発話ができないから」という理由で結果は4にとどまっていた。

実験中の、組み込みのロボットの動作に対して、人が反応して動作をするまでの遅れ時間(時間的随伴性)の推移の一例を図4に示す。1回目~5回目とは、実験中に、ロボットがその動作を行ったのが何回目であるかを示している。また、値が0を取っている所は、少なくともKinectでは、人の動作開始を検知できなかった箇所である。

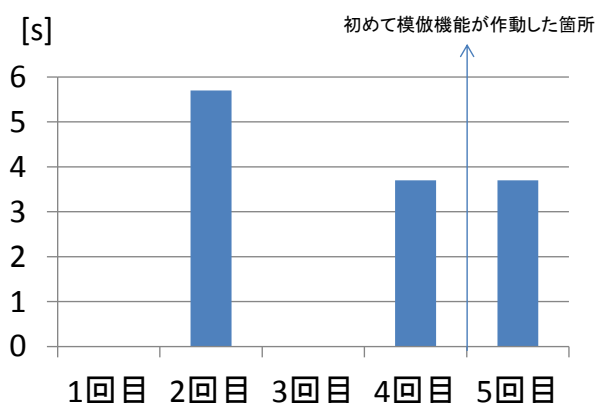


図4: ロボットの、天井を見上げて指をさす動作に対する、人の時間的随伴性の推移

ロボットは、自身の動作の終了までに、人の動作開始を検知できれば、その遅れ時間が早ければ早いほど共感度が高まり、その共感度の高まりに応じて、人の動きを模倣する確率も高まっていく。図4においては「天井を見上げて指をさす」動作を、2回目に行ったとき、4回目に行ったとき、5回目に行ったときに、人の反応を検知でき、共感度と、それに応じた、人の動きを模倣する確率が高まった。その影響もあり、4回目の後に、初めて模倣機能が作動した。図4では、回を追う毎に人の反応速度も上がっているように見え、ロボットの模倣機能によって人の側の共感度も上がり、それにより時間的随伴性が早くなっている可能性もあるが、ロボットの模倣機能が初めて作動する前の段階でもその兆候(時間的随伴性が2回目 비해、4回目は早くなっている)が見られるため、ロボットの共感度上昇による模倣機能が、人の時間的随伴性を早めたとは言い切れない。

## 6 課題

今回は、バンザイやガッツポーズ以外の人の動作、つまりロボットの動作に対して人が行う動作についての指示はしなかった。そのため、初めは人が動作を返さないこともあった。また、動作を返しても、座標の変化が腕に比べて小さい頭部では、動作開始と認識されないこともあった。そのため、組み込み用の動作として、人の動作を誘発しやすく、その時の人の関節等の座標変化が大きい動作について考えていく必要がある。また、現在はKinectの読み込みと、Naoへの操作を含めたその他のプログラムが1つのスレッドで行われている。そのため、時間的随伴性の計測がある一定のタイミングでしか行われず、細かい反応速度の上下が確認できない(図4参照)。これを解消するために、Kinectの読み込みとその他のプログラムを別スレッドで処理することで、割込みによる時間的随伴性の計測を行いたいと考えている。

アンケートの最後に、実験協力者に感想を書いてもらった。それによると、実験前アンケートでは「こういうロボットと何かをするのが初めてなので、共感や親しみなどはよくわからない」という意見や、実験後アンケートでは「喋ってくるのがなくて動きだけだったので、共感や親しみは感じにくい」という意見があった。

つまり、ロボットの行為に発話を組み込むことで、共感、親しみを人に感じさせやすくできることは十分にあり得る。また、ロボットの組み込みの動作と、それに対応する発話をセットにすることで、人の動作を誘発させる効果が増すのではないかと考えている。

また、初めてインタラクションを行うロボットでも、組み込まれている動作の種類は決まっているため、実験中の慣れによって、人側の時間的随伴性が変化してしまった可能性についても考慮する必要がある。

## 7 今後の展望

以上を踏まえて、次のような実験手順を検討している。ロボットに組み込む動作は、発話をセットにし、人の動きを誘発しやすくした動作に変更しておくとする。実験では、まず、ロボットの「人に向かって手を振る」動作、「握手を求めて手を差し出す」動作で、ロボットとふれあってもらう。ここでは、実験者側から被験者に、ロボットの動作に対して適切な動作を返すよう指示をする。その後、「人に向かって手を振る」動作、「握手を求めて手を差し出す」動作以外のロボットの組み込みの動作を、被験者に提示し、本実験へ移る。これにより、ロボットへの慣れ、ロボットの動作への慣れ、

ロボットの動作に反応することへの慣れの不足が、実験結果に与える影響を軽減できると考える。

## 参考文献

- [1] Rizzolatti, G., Craighero, L.: “The mirror-neuron system”, *Annual Review of Neuroscience*, Vol. 27, pp. 169–261,(2007)
- [2] Fadiga, L., Fogassi, L., Pavesi, G., Rizzolatti, G.: “Motor facilitation during action observation: a magnetic stimulation study”, *J Neurophysiol*, Vol. 73, No. 6, pp. 2608–2619 (1995)
- [3] Iacoboni, M., Woods, R.P., Brass, M., Bekkering, H., Mazziotta, J.C., Rizzolatti, G.: “Cortical Mechanism of Human Imitation”, *Science*, Vol. 286, No. 5449, pp. 2526–2528,(1999)
- [4] Singer, T., Seymour, B., O’Doherty, J., Kaube, H., Dolan, R.J., Frith, C.D.: “Empathy for Pain Involves the Affective but not Sensory Components of Pain”, *Science*, Vol. 303, No. 5661, pp. 1157–1162,(2004)
- [5] 小嶋 秀樹: ことばの前/下のインタラクション: ヒトの場合・ロボットの場、第 24 回 人工知能学会 AI チャレンジ研究会, pp. 73–77,(2006)
- [6] 勅使 宏武, 寺田 和憲, 伊藤 昭: ロボットの目の発光パターンによる感情表出は人の社会的意思決定に影響を与える, *HAIシンポジウム 2013*, pp. 147–150 (2013)
- [7] 鳴海 真理子, 今井 倫太: 共感に基づく人間とロボットのインタラクション, 日本認知科学会第 21 回大会, pp. 12–13 (2004)