

棒に宿る心 ～1自由度オブジェクトを用いた心の解明～ Psychological Factors to Determine Leader-Follower Relations

石川 永哲^{1*} 寺田 和憲^{2†}
Eitetsu ISHIKAWA¹ Kazunori TERADA²

¹ 岐阜大学工学研究科 応用情報学専攻

¹ Information Science Division, Graduate School of Engineering, Gifu University

² 岐阜大学工学部電気電子・情報工学科

² Department of Electrical, Electronic and Computer Engineering, Faculty of Engineering, Gifu University

Abstract: Mind is abstract representations of relationship between sensory input and motor output. Mind is used to explain cause of agent's behavior. Mind is assumed to be evolutionarily acquired so as to reduce cognitive load and realize both cooperation and avoiding being exploited in a non-zero-sum game situation. People believe existence of mind. However, it is not clear that how mind is recognized in interaction dynamics. We developed a stick-mediated interactive hole to investigate the process in which people attribute mind to an entity through minimum modal interaction in a non-zero-sum game situation.

1 はじめに

ペットロボットが人に受け入れられるのは人が機械に対しても心を感じる能力を有するからである。心とはセンサ入力と行動出力の対応関係についての抽象表現であり [Whiten 96, Kozima 13, 綾屋 08], 主にエージェントの振る舞いの理由を説明するために用いられている [Gergely 95, Gergely 03, Dennett 87]. また, 心は非ゼロ和ゲーム的状况において認知資源を節約し協力行動と搾取への対抗を実現するために進化的に獲得されたと考えられている [Byrne 88].

心を感じるための要因として外見 [Krach 08, Takahashi 14] 自己推進性 [Baron-Cohen 95, Heider 44, Premack 94], 随伴性 [Bassili 76], 目的志向性 [Dittrich 94], 等終極性 [Heider 58] などが知られているがインタラクションダイナミクスの中で心がどのように認識されるかについては不明な点が多い。

ミニマムモダリティを用いたインタラクションダイナミクスの中で発現する他者性に注目した研究として飯塚らの研究 [飯塚 12] と坂本らの研究 [坂本 15] がある。飯塚らは指先に対する接触という単純な刺激を用いて研究を行い, インタラクションダイナミクスにお

ける他者の発見において模倣やターンテイキングが関係していることを示した [飯塚 12]. 一方が動き, 一方が静止するという基本単位であるターンが発生し, 交わされる情報に齟齬がないか, ターンの切り替えのタイミングが当事者間で共有できているかなど予測される要因は多くあるが, 模倣やターンテイキングが人と人工物の間のインタラクションにおいて関係の構築に意味を持ちうるということである。同様の知見は竹内らの研究によっても指摘されている [竹内 05].

一方で坂本らはコミュニケーションが始まる前の無意識な身体レベルのインタラクションに着目した [坂本 15]. 人と人のコミュニケーションでは, 相手が手を振る, 声をかける等の行動を行ったときには人は相手に注意を向け, コミュニケーションが開始される。それらの行動が観測されない限りはコミュニケーションは発生しない。町ですれ違う人々全員に注意を向けることはないことを思えば納得しやすい。坂本らによれば, 人は外部のものとの関係を持つ際, 対象が自分とインタラクション可能かどうかを判定し, 対象物に注意を向けることでコミュニケーションを行うのだという。この判定の期間を0次過程として, その過程の間にある特定の振る舞いによって対象に注意が向けられるのではという仮説を立てた。坂本らの研究, 実験の結果, 互いの動作タイミングの一致, または交互に動作することがインタラクション開始の要因である可能性が示された。

他者性の知覚における模倣, ターンテイキング, 同期は心を感じるための必要条件と考えられるが, 心が非

*連絡先: 岐阜大学工学研究科 応用情報学専攻
〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1-1
E-mail: tetsu@ai.info.gifu-u.ac.jp

†連絡先: 岐阜大学工学部電気電子・情報工学科 情報コース
〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1-1
E-mail: terada@gifu-u.ac.jp

ゼロ和ゲーム環境におけるサバイバルを実現するために獲得されてきたことを考えると、心の発現を研究する上で、ミニマムモダリティを用いたインタラクションにおいても非ゼロ和ゲーム的要素を導入することが重要である。非ゼロ和ゲーム的状况とは、協力すればより高い利益が得られるが、相手の協力的行動を搾取することによってさらに高い利益が得られる状況である。

そこで我々は、棒を媒介して押し引きインタラクションが可能な壁の穴を開発した。この装置において利得は明示的に示されない。しかし、協力的動作と敵対的、搾取的動作を表現可能である。協力的動作は押し引きインタラクションにおいて操作者の消費エネルギーを少なくするような動作である。例えば、引っ張ろうとすればそれをアシストするような動作である。一方で敵対的、搾取的動作とは操作者の消費エネルギーを増大させるような動作である。例えば引っ張ろうとしているのに反対方向に引っ張ろうとするような動作であったり、棒を引っ張ろうとして手を近づけたのに棒が引っ込んでしまうというような動作である。

本研究では装置と人が棒を媒体として非ゼロ和ゲームを行い、その中で人が装置の表現する善意もしくは悪意を認知しそれらを行動や意思決定に反映できるか明らかにする。そこで、本研究では作成した装置と棒入れゲーム、投資ゲームという2つのゲームを用いて実験をすることとする。このうち、投資ゲームは非ゼロ和ゲームである。棒入れゲームは実験参加者の主観評価の計測を、投資ゲームは行動による客観評価の計測をそれぞれ目的とするものである。さらに、本研究では「棒入れゲーム時の装置の振る舞いから、実験参加者は装置に心及び機械性を帰属させ、投資ゲーム時の意思決定にそれらが反映される」という仮説を立てた。実験より、この仮説の正しさを検証することとする。

2 実験方法

2.1 参加者と実験計画

実験参加者は岐阜大学の学生である。実験は19歳から24歳までの男性10人、女性10人（平均21.3歳、 $SD_{age} = 1.31$ ）を対象にロボット要因（協力/非協力水準：参加者間）について、1要因被験者間計画で行った。内訳は、実験装置が協力的な動作をする実験（協力水準）を10人（男性5人女性5人、平均年齢20.9歳、 $SD_{age} = 1.37$ ）、実験装置が非協力的な動作をする実験（非協力水準）を10人（男性5人女性5人、平均年齢21.7歳、 $SD_{age} = 1.10$ ）に行った。

2.2 実験装置

実験装置は、外部から挿し込まれた棒をピッチングマシンの原理で動作させることができる。穴から差し込まれた棒の位置と引き込み、押出の力は垂直面の裏側に装着されたゴムローラ付きの二つのDCモーターによって制御される（図1b参照）。使用しているモーターはmaxon社製ブラシレスモーター（EC-max22, 25W）、装着したギヤヘッドは同社の低騒音プラネタリギヤヘッド（減速比:82:1）である。装置駆動部の概略図を図1aに示す。これらの構成部品を図1cに示す壁に取り付けた。本実験は協力、非協力の2水準を用いた。それぞれの水準ではモーターの回転パターンが異なる。それぞれの回転パターンが、実験参加者と装置の目的が一致しているか、そうでないのか（協力的か、非協力的か）を表現できる。

協力動作

協力動作の動きは動作開始から停止まで、壁の中へ棒を受け入れるように継続してモーターを定速回転させる動作である。この動作の間はいつどのタイミングで棒が差し込まれても装置は抵抗なく棒を受け入れるようになっている。棒の動作速度は、実験参加者がストレスを感じないようにする（プレ実験時に指摘あり）ため最大速度の秒速30cmとした。

非協力動作

非協力状態の動作は、挿し込まれた棒を押し返したりする動作である。先述したように、非協力動作とは相手の消費エネルギーを増大させることである。本実験では参加者の目的とは棒を挿し込むことと定義し、装置がこれを拒否し、何度も繰り返し挿入動作をさせることで消費エネルギーを増大させることを目指した。非協力動作状態の装置は高い確率で壁の外方向にモーターを回転させる。回転パターンは回転時間、速度、回転方向の組み合わせによって決定する。回転時間は150ms、300ms、600msの中から等確率でランダム選択される。同様に、モーターの回転速度も低速（秒速13cm）と高速（秒速30cm）のどちらかがそれぞれ等確率でランダム選択される。モーターの回転方向は壁の外側方向（反発）が70%、内面方向（協力）が30%の確率で選択されるようにした。選択された回転時間が終了するごとに次の動作の組み合わせが選択・決定される。装置は停止指示があるまでは合計12通りの動作をランダムで選んで実行し続ける。このように動作させることで、かなりの頻度で棒は壁の外方向へ動作するようになった。

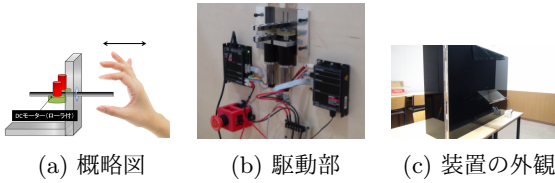


図 1: 概略図と駆動部

測定方法

測定はアンケートと経済的意思決定問題に対する行動を計測することによって行った。実験参加者に対し装置についての理解を目的としたゲームを行うよう求めた後、1 回目のアンケートに回答するよう求めた。アンケートの後、後述する投資ゲームへの参加の是非を聞いたうえで、再びアンケートに回答するよう求めた。経済的意思決定問題に対する行動とは、投資ゲームにおける判断である。

棒入れゲーム

棒入れゲームは実験参加者に装置の動作について理解を求めるものである。このゲームでは実験参加者に 2 分間の間に出来るだけ多くの棒を壁の穴に挿し込むよう求めた。本実験では実験参加者にそれぞれの装置の動作を見せることにより、装置が協力的か非協力的かを示した。

投資ゲーム

経済的意思決定問題に対する行動を計測するために、本実験では投資ゲームをアンケート後に行う。直前にインタラクションした装置を信頼し、実験報酬全額を投資するかどうかの判断を実験参加者に求めた。このゲームによって、棒の動作が非ゼロ和ゲームにおける意思決定に実際に影響するかどうかを調査する。本実験では「実験参加者は棒の動作を協力・非協力の観点で認識し、協力水準の実験参加者は投資ゲームに積極的に参加し、非協力水準の実験参加者は投資ゲームに参加しない」という仮説を立てた。

アンケート

棒入れゲームと投資ゲームの間に 1 回、投資ゲームに参加するかどうかの意思決定後に 1 回、それぞれアンケートに回答するよう実験参加者に求めた。各アンケートを表 1、表 2 に示す。

表 1: アンケート 1

質問番号	質問内容
1	あなたは相手の振る舞いを協力的だと感じた
2	あなたは相手の振る舞いを機械的だと感じた
3	あなたは相手に対して好感をもった
4	あなたは相手に対して反感（いらいら、思い通りにいかない等）をもった
5	あなたは相手に心を感じた
6	あなたは相手を賢いと感じた
7	質問 1 について、そう思った理由について出来るだけ詳しくお書きください

表 2: アンケート 2

質問番号	質問内容
1	投資しようと思った方はその理由を、投資しなかった方はその理由を出来るだけ詳しく記入してください
2	感想や何か気になった点を記入してください

2.3 実験の手順

実験参加者には以下のスケジュールで作業するよう求めた。

- 棒入れゲーム開始（防音のためヘッドホン装着）
- アンケート 1 に回答
- 投資ゲーム参加確認及びゲーム開始（防音のためヘッドホン装着）
- アンケート 2 に回答

3 実験結果

アンケートの Q1 から Q6 のそれぞれの評定値の平均及び標準誤差を図 2 に示す。なお図内での*は有意水準 5% で有意であることを示し、**は有意水準 1% で有意であることを示す。投資ゲームへの参加率を図 3 に示す。投資ゲームへの参加率について、カイ二乗検定を行った結果、水準間で有意な差は確認できなかった ($\chi^2(1) = 0.9524, p = 0.3291$)。アンケート 1 (図 2 参照) より、Q1 から Q4 までの各質問に対する評定地の平均に条件間で統計的に有意な差が見られ (一元配置分散分析, $F(1, 18) = 10.5279, p < .01$)、Q5, 6 では見られなかった。これらの結果より、装置の振る舞いから協力・非協力の意図を読み取ることは出来るものの、それが装置に対し心や賢さを感じさせる要因にはならなかったことがわかる。加えてアンケート 2 において、装置の振る舞いについての記述は極端に少なく、確率やプログラムに関係するような装置の機械らしさについての記述や、投資ゲームそのものをギャンブル

と解釈したり、好奇心からゲームに参加したなどの記述が両条件とも多く見受けられた。具体的なアンケート2の記述の例を表3に示す。表3中では、類似した記述はまとめてあり、投資した/しないに関わらず掲載している。さらに、それぞれの記述がどちらの条件の実験参加者によってされたか、またそれは何人であったかをまとめた表4も掲載する。表4においては、投資する/しないの理由を、3つのグループに分けて掲載している。1つ目のグループは協力・非協力である。このグループは、装置の振る舞いを考慮して投資ゲームに臨んだと考えられる記述をまとめている。2つ目のグループは機械的動作である。このグループは、装置が機械だと気付いたうえで、確率やアルゴリズムを考えて投資ゲームに臨んだと考えられる記述をまとめたグループである。3つ目のグループは好奇心・遊びである。このグループは、投資ゲームをギャンブルと見做してリスクから開き直ったり、好奇心や遊び心から投資ゲームに臨んだと考えられる記述をまとめたグループである。なお、1つの記述中に、複数のグループに属するような記述がみられた場合は、両方のグループにカウントしている。

表 3: アンケート 2 の記述内容

記述内容の例
・戻ってくるか来ないかの賭けも面白そうだと 思ったから。
・棒が戻ってこなければそれはそれでいいかと思った。
・機械と遊んでやろうかと思った。
・期待値が正の値であったから。
・自分には失敗しても何のリスクもないから。
・実験がどうなるか知りたかったため。
・増えたらラッキーくらいに思って投資した。
・機械が棒を押し戻してくるのは前の実験で わかっていてから。
・投資の仕組みがよくわからなかったから。
・投資することは無益になることだと考えているから。

表 4: アンケート 2 の記述グループ別人数

	協力・非協力	機械的動作	好奇心・遊び
協力水準 (10 人)	1 人	3 人	7 人
非協力水準 (10 人)	2 人	5 人	9 人

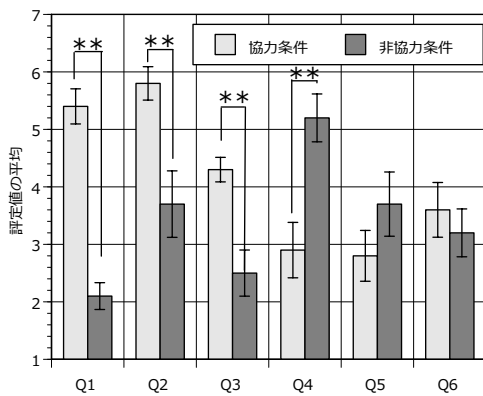


図 2: アンケート 1 結果

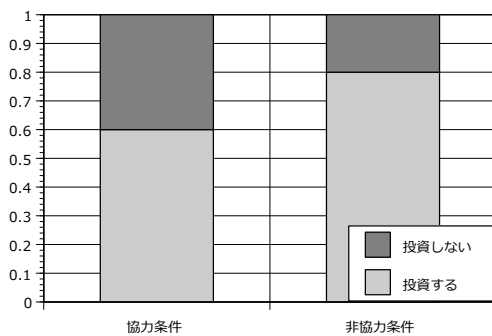


図 3: 投資率

4 議論

心を帰属させることの機能とは、異なる状況で異なる目的を想定すると合理的に理解できる振る舞いを予測することである。逆に心を帰属させない、即ち機械として扱う事は、異なる状況であっても同じ振る舞いをすると予測することである。本実験では、心のサブクラスである善意/悪意に着目した。実験参加者に対して協力/非協力の動作をする棒を提示し、その動作に対して実験参加者が心を帰属させるのか、機械性を帰属させるのかを調査した。

本研究では、実験参加者が装置に対して心もしくは機械性いずれかを排他的に帰属させるという前提のもとに実験を行った。そこでまず、主観評定に基づき、実験参加者が心と機械性のいずれを帰属させていたかについて検討を行う。実験の結果、両条件の実験参加者共に投資ゲームに積極的に参加していたことがわかった。また各アンケートより、両条件の実験参加者も共に装置に心を帰属させていなかったことがわかった。加えて、協力条件の実験参加者は装置に対して機械性を帰属させる傾向にあった。しかし一方で、非協力条件の実験参加者は装置に対して機械性を帰属させない傾向にあった。非協力条件の実験参加者は機械性を帰属させない傾向にあったが、だからといって心を帰属させていたとは言い難い(表1, Q5参照)。このことは、Q5における評定値平均が、4を下回っていたことからいえる。ただ、統計的に有意な差こそ確認されなかったものの、協力条件の実験参加者に比べ非協力条件の実験参加者は装置に対して心を帰属させやすい傾向にあると考えることもできる。これは、協力条件の実験参加者のQ5における評定値平均よりも、非協力条件

の実験参加者の Q5 における評定値平均の方が高いことから考えられる。つまり、機械性と心は、必ずしも排他的に帰属されていなかったといえる。

次に、行動指標に基づき、実験参加者が心と機械性のいずれかを帰属させていたかについて検討を行う。本実験では、棒入れゲームと投資ゲームの二つの異なる状況を用いた。棒入れゲームにおける協力行動とは、棒を引き込むことであり、非協力行動は棒を排出することである。投資ゲームにおける協力行動は棒を排出することであり、非協力行動は棒を引き込むことである。実験参加者が機械に対して心を帰属させていたとすると、協力水準の参加者は、投資ゲームで排出を期待し、投資に積極的に参加するはずである。また、非協力水準の参加者は、投資ゲームでは引き込みを予測し、投資に積極的に参加しないはずである。一方で実験参加者が装置に対して機械性を帰属させたとすると、実験参加者は棒入れゲームと投資ゲームの両方において一貫した動作を期待し、協力水準の参加者は投資ゲームで引き込みを予測し、投資に積極的に参加しないはずである。また、非協力水準の実験参加者は投資ゲームでは排出を期待し、投資に積極的に参加するはずである。

実験の結果、協力条件の実験参加者の過半数以上積極的に投資を行っていたことがわかった。また、非協力条件の実験参加者では、ほとんどの実験参加者が積極的に投資を行っていたことがわかった。投資ゲームへの投資率が両条件共に高いことから、協力条件の実験参加者は心を装置に帰属させており、非協力条件の実験参加者は機械性を装置に帰属させていたといえる。

次に、主観評価と行動評価をあわせて考慮しながら、仮説の正当性について検討する。協力条件の実験参加者の主観評価では、装置に対して機械性が帰属されており、心は帰属されてはなかった。同じく協力条件の実験参加者の行動指標評価では、心を装置に帰属させていた。また、非協力条件の実験参加者の主観評価では、装置に対して機械性は帰属されず、同様に心が帰属されたとはいえなかった。同じく非協力条件の実験参加者の行動指標評価では、機械性を装置に帰属させていた。

我々が立てた仮説である、「棒入れゲーム時の装置の振る舞いから、実験参加者は装置に心及び機械性を帰属させ、投資ゲーム時の意思決定にそれらが反映される」が正しければ、主観評価及び行動評価の両方で、心/機械性をを帰属させるに至る原理は同一である。しかし投資ゲーム後に行ったアンケート 2 の結果を見ると、この結果には疑問が残る。アンケート 2 の結果によれば、協力/非協力条件の実験参加者の両者とも、装置の振る舞いを考慮して投資をしたという記述は非常に少ない。具体的には、両条件を合計した実験参加者 20 人中 3 人が記述していた (表 4 参照)。確率やプログラムに關係するような装置の機械らしさについての記述や、投資

ゲームそのものをギャンブルと解釈し好奇心からゲームに参加したなどの記述が多く見られた。具体的には、両条件を合計した実験参加者 20 人中、機械的動作について 8 人、好奇心・遊びについて 16 人が記述していた (表 4 参照)。よって、本実験においては、両条件とも主観評価と行動評価の結果が食い違っている事がわかる。アンケート 2 の結果と合わせて考えると、装置の振る舞い以外の要因が投資ゲームにおける意思決定材料となった可能性が示される。故に、両条件の実験参加者とも棒入れゲームで帰属させた心及び機械性に基づいて投資ゲームに参加していたとは考えにくい。

さらに、本実験で想定していた「実験参加者は装置の振る舞いから投資ゲームにおける意思決定を行う」という前提には、両条件の実験参加者とも、必ずしも従っていなかったと考えられる。本実験においては心と機械性は装置の振る舞いのみから帰属されると予想していたため、両条件それぞれの結果はその前提条件を否定するものとなったといえる。以上の結果から、本実験における、「棒入れゲーム時の装置の振る舞いから、実験参加者は装置に心及び機械性を帰属させ、投資ゲーム時の意思決定にそれらが反映される」という仮説は支持されなかったといえる。

次に、両条件の実験参加者が、装置の振る舞い以外から心及び機械性を帰属させたに至った二つの要因について考察する。一つ目は、実験参加者にとって実験環境や実験装置が、明らかに機械だとわかるような要素が多かったことである。具体的には、装置の穴部分から金属部分が露出していたり、実験担当者が装置の裏に出入りする場面があったことなどがそうである。これらの要因により、実験参加者の認識に偏りが生じたと考えられる。相手が機械だと明らかにわかることは、実験参加者が装置の振る舞いそのものあまり注目しない結果を生んだと考えられる。二つ目は、投資ゲーム自体が実験参加者にとってはギャンブルゲームのように感じられる設定だったことである。これは、アンケート 2 の記述 (表 3 参照) より読み取れ、投資ゲームが本実験における行動計測には適していなかった可能性が示された。

ところで、協力条件の参加者は主観的には装置の動作を協力的、好意的に感じていたことがわかった。非ゼロ和ゲーム的状况において、人は単純な動きから協力、非協力という意図を読み取り、その影響により好感、反発といった情動変化をしようと考えられる。上記の結果と合わせて考えると、非ゼロ和ゲーム的状况の中で、行動の意思決定には相手の振る舞いが一部絡んでいることは強く示唆されるが、それよりもほかの要因が強く影響を与えうることがわかった。

5 おわりに

心は非ゼロ和ゲーム的状况において認知資源を節約し協力行動と搾取への対抗を実現するために進化的に獲得されたと考えられている。また、相手に心を帰属させることの機能とは、異なる状況で異なる目的を想定すると合理的に理解できる振る舞いを予測することである。これらの心の定義を踏まえ、本実験では、心のサブクラスである善意/悪意に着目し実験を行った。実験参加者に対して協力（善意）/非協力（悪意）の動作をする棒を提示し、その動作に対して実験参加者が心を帰属させるのか、機械性を帰属させるのかを調査した。実験の結果から、本実験における仮説は支持されなかった。ただ、我々が想定した前提から大きく外れた要因が影響したと考えられるため、本質的な部分での仮説が棄却されたとは言い切れない。また、一部の実験結果は仮説を支持しうる傾向を示した。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 15H02735 の助成を受けたものである。

参考文献

- [Baron-Cohen 95] Baron-Cohen, S.: *Mindblindness: An Essay on Autism and Theory of Mind*, The MIT Press (1995)
- [Bassili 76] Bassili, J. N.: Temporal and Spatial Contingencies in the Perception of Social Events, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 33, No. 6, pp. 680–685 (1976)
- [Byrne 88] Byrne, R. W. and Whiten, A. eds.: *Machiavellian Intelligence: Social Expertise and the Evolution of Intellect in Monkeys, Apes, and Humans*, Oxford Science Publications (1988)
- [Dennett 87] Dennett, D. C.: *The Intentional Stance*, MIT Press (1987)
- [Dittrich 94] Dittrich, W. H. and Lea, S. E. G.: Visual perception of intentional motion, *Perception*, Vol. 23, No. 3, pp. 253–268 (1994)
- [Gergely 95] Gergely, G., Nádasdy, Z., Csibra, G., and Bíró, S.: Taking the intentional stance at 12 months of age, *Cognition*, Vol. 56, No. 2, pp. 165–193 (1995)
- [Gergely 03] Gergely, G. and Csibra, G.: Teleological reasoning in infancy: the naïve theory of rational action, *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 7, No. 7, pp. 287–292 (2003)
- [Heider 44] Heider, F. and Simmel, M.: AN EXPERIMENTAL STUDY OF APPARENT BEHAVIOR, *The American Journal of Psychology*, Vol. 57, No. 2, pp. 243–259 (1944)
- [Heider 58] Heider, F.: *The Psychology of Interpersonal Relations*, Lawrence Erlbaum Associates (1958)
- [Kozima 13] Kozima, H.: Cognitive granularity: A new perspective over autistic and non-autistic styles of development, *Japanese Psychological Research*, Vol. 55, No. 2, pp. 168–174 (2013)
- [Krach 08] Krach, S., Hegel, F., Wrede, B., Sagerer, G., Binkofski, F., and Kircher, T.: Can Machines Think? Interaction and Perspective Taking with Robots Investigated via fMRI, *PLoS ONE*, Vol. 3, p. e2597 (2008)
- [Premack 94] Premack, D. and Premack, A. J.: Moral belief: Form versus content, in *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture*, pp. 149–168, Cambridge: Cambridge University Press (1994)
- [Takahashi 14] Takahashi, H., Terada, K., Morita, T., Suzuki, S., Haji, T., Kojima, H., Yoshikawa, M., Matsumoto, Y., Omori, T., Asada, M., and Naito, E.: Different impressions of other agents obtained through social interaction uniquely modulate dorsal and ventral pathway activities in the social human brain, *Cortex*, Vol. 58, pp. 289–300 (2014)
- [Whiten 96] Whiten, A.: When does smart behaviour-reading become mind-reading?, in Carruthers, P. and Smith, P. K. eds., *Theories of theories of mind*, pp. 277–292, Cambridge University Press (1996)
- [綾屋 08] 綾屋 紗月, 熊谷 晋一郎: 発達障害当事者研究, 医学書院 (2008)
- [坂本 15] 坂本 孝丈, 竹内 勇剛: 身体的なインタラクションを通じた他者性認知過程のモデル化, HAI シンポジウム 2015 (2015)

[竹内 05] 竹内 勇剛, 杉江 舞子: 踊るエージェントを通じた相互作用による対人認知過程, 情報処理学会研究報告 (知能と複雑系), No. 109, pp. 9-14 (2005)

[飯塚 12] 飯塚 博幸, 安藤 英由樹, 前田 太郎: 身体的相互作用におけるコミュニケーションとターンテイキングの創発, 電子情報通信学会論文誌 (A), Vol. J95-A, pp. 165-174 (2012)