

平成 28 年 6 月 16 日現在

機関番号：32639

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25330176

研究課題名(和文) ヒトは何故、他者に対して公平に振舞うのか-公平性の基盤を探る-

研究課題名(英文) Do people behave Why fair to others. -Where does the fairness come from?-

研究代表者

岡田 浩之 (OKADA, Hiroyuki)

玉川大学・工学部・教授

研究者番号：10349326

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：我々ヒトの日常生活は、他者に大きく依存し、他者との人間関係を調整する社会の規範・秩序に従っている。そのような社会規範や秩序維持に不可欠な心の性質の一つとして、公平性がある。それは遺伝的血縁や人種、ひいてはヒトだけに限られたものではない。何故、他者に対して公平に振舞うのだろうか？本研究では、(1)社会的場面において、幼児はどのようにして公平性を獲得するのか(2)ロボットなどの機械に対しても、不公平を感じるのは何故かの2点から社会における公平性の基盤を明らかにすることを目的とした。

研究成果の概要(英文)：Daily life of our human, highly dependent on others, are in accordance with the norms and order of society to adjust the human relationship with others. As one of the nature of the critical mind to maintain such social norms and order, there is fairness. It genetic blood or race, not confined only to turn humans. Why, I wonder behave fair to others? In the present study, in (1) social scene, also with respect to the machine, such as the one (2) robot to win the fairness to how infants, in society from the why of the two points feel a sense of injustice aimed to clarify the foundation of fairness.

研究分野：認知科学

キーワード：公平感 利他性 ロボット コミュニケーション

## 1. 研究開始当初の背景

### (ヒト社会における公平性)

社会心理学では Adams の衡平理論に端を発し、分配的公平性に関する知見が数多く積み重ねられてきている。しかし近年、社会生態的な適応の所産として心の性質を理解しようとするアプローチが脚光を浴びつつあり、その観点から公平性とその維持にかかわる行動を捉えようとする場合、問題になるのは、進化の産物であるヒトがいかにして公平性のような心の性質を獲得したのかである。たとえば、ヒトに特徴的な例として、遺伝的に関係の無い他者への利他行動がある。遠くの土地に住む二度と会わないような者に対しても人々が利他的に振る舞う光景は、日々生活する中で度々見かけることができる。非血縁者に対する利他行動は、他の動物ではほとんど報告されておらず、何故人類がこのような利他性や公平性傾向を持つように至ったのかという問いは、社会科学のみならず生物学においても重要なトピックの一つである。利他行動に関しては進化生物学者の提案した間接互惠性モデル (Nowak & Sigmund, 1998) によって、「他者に対する利他行動が評判を介して第三者から報われるために人々は利他的に振る舞う」と説明されている。本研究で対象にする、自他間の公平性の理解は、どのような行為が間接互惠的な利他行動となるかを知るための土台であり、ヒト幼児および霊長類の公平性、そしてロボットに対するヒトの公平性にも利他性と同様のモデルが当てはまるかは興味深い問題である。

### (公平性の発達)

提案者らが行った、未就学児童 (3、4、5 歳児) における心の理論の発達が分配行動と互惠性に与える影響を検討した予備的調査では、positive な互惠性に関しては心の理論が関係しているが、negative な互惠性に関しては心の理論は関係しないことが示唆された (Takagishi et al, 2010)。この調査を通じて、3、4、5 歳と心の理論の発達段階を経るに従い、食料等の分配行動に互惠性が生じ、幼児が社会的な場面において公平性を発達の獲得していく可能性がうかがわれた。

### (ロボットに対する公平感)

コミュニケーション場面において、相手の心を理解する能力 (心の理論) は重要である。このような能力は、機械の操作などの物理的なインタラクションでは必要とされないはずだが、我々はヒトに限らずロボットのように心を持たない存在にもしばしば心的なものを感ずてしまう。これはヒトに特徴的な心の働きの一つと言える。事実、提案者は自律移動ロボットによる対人コミュニケーションの研究 (岡田ら、2010 研究業績の 17、18) を通じ、高度な自律性を持ったロボットに対しては乳幼児や成人の区別なく、ロボットの社会性が相互コミュニケーションに影

響を与えるという結果を得ている。

これらの背景を踏まえ、本研究では「ヒトの公平感が個体発生そして系統発生に基盤を持つ適応的意義の高い認知機構であること、そして、それゆえにヒトに限らずロボットなどのコミュニケーション可能な対象に対しても適応され得る、柔軟かつ堅固な機構である」という仮説を提唱し、乳幼児での発達の視点、ヒトとロボットのコミュニケーションの研究を統合し、ヒトの公平性の認知的基盤とその特徴を明らかにする。

これまでも公平感に関するモデルが提案され、そのモデルを検証するような実験が行われてきたが、そのほとんどは成人を対象とした実験であり、公平感を支える要因の解明を主な目的としている。これに対し本研究では、ヒトが社会において他者と相互作用する過程で、どのように公平感を獲得するのかという発達プロセスをダイレクトに検討し、その解明を目指す。発達、計算モデル、ロボティクスなど複数の領域にまたがる学際的な研究であることが、本研究の独創的な点である。

本研究の理論的背景の一つとなっている間接互惠性モデルは論理的には正しいが、これまで生物学的視点のみで論じられてきており、モデルの前提となるべきヒトの認知・心理的特性に関する心理学及び社会科学からの蓄積はほぼ無視されている。

本研究は、モデル構築と実験を相互補完的に用いることにより、これまで見過ごされてきた人間の認知・心理的特性を組み込んだ、より精緻なモデルの構築を可能とする。さらには、ヒト乳幼児、対ロボットに関する比較検討から得られる、公平性に関するモデルは、社会心理学・発達心理学のみならず、ヒトの公平感の進化の解明に取り組んでいる、霊長類学、進化生物学といった分野に対して大きなインパクトを持つことが予想される。

これから始まるであろう、ヒトとロボットの共存社会において不公平感を感じさせないコミュニケーション戦略の構築は重要な課題である。本研究の成果はコミュニケーションにおける不公平感の低減だけでなく、ヒト・ロボットの安心・安全な共存社会の構築に繋がると考える。

## 2. 研究の目的

本研究では以下の 2 点から公平性の基盤を明らかにすることを目的とした。

(1) 社会的場面において、幼児はどのようにして公平性を獲得するのか

幼児が彼らの社会において他者と相互作用する過程で、公平性をどのように獲得するのかという発達プロセスを明らかにする。

具体的には、幼児の現実的社会場面における行動観察を行い、他者に対する公平行動が評判を介して第三者から報われることを意図

して人々が公平的に振る舞う【間接互惠性】をベースにした計算モデルを構築する。

(2) ロボットなどの機械に対しても、不公平感を感じるのは何故か

ヒトがロボットに対しても不公平感を感じるのか明らかにする。

(1) で構築したモデルを自律ロボットに実装し、ヒト対ロボットのコミュニケーション場面においてロボットの示す擬人性・社会性をコントロールして公平感の基盤を探るとともに、ヒトと共存するロボットの新たな設計原理を構築する。

### 3. 研究の方法

認知発達科学、計算モデル、ロボティクスの専門家でチームを組織し、幼児の行動実験、自律移動ロボットとのコミュニケーション実験を互いに密接に連絡を取りながら行った。初年度は公平分配の発達に関して幼児の行動実験と対ロボットコミュニケーションの研究は独立して進めるが、研究2年目(平成26年)の段階で、間接互惠性に基づく公平感の説明モデルを構築し、モデルベースでの検証実験を乳児、成人(対ロボット場面)に対して行う、基礎研究とロボットコミュニケーションのような工学的応用研究が双方向的に互いを支える循環的な研究形態をとった。

(1) 分配行動の互惠性の発達と心の理論の関係の検討

#### 【行動実験】

社会的な場面における公平性の発達過程を分配行動課題で観察する。特に、心の理論の発達段階との関連に注目した。提案者らの先行研究で示唆された、positive な互惠性に関しては心の理論が関係しているが、negative な互惠性に関しては心の理論は関係していない、ということを確認するとともに、間接互惠性の発揮にとって重要な要素である、「相手の気持を考慮する」ことの発達が分配行動と互惠性に与える影響を明らかにするため、以下の から の実験を行った。

3, 4, 5 歳の園児に対して、最後通告ゲーム(Ultimatum Game: UG)を行った。すべての被験者を分配者と受け手に二分し、子供たちに人気の「消しゴム」を分け合う。UGでは分配者の立場に立てば、受け手に拒否をされないような提案をしなければ、消しゴムを受け取ることができない。つまり、分配者がUGにおいて消しゴムを受け取るには、受け手の行動を推測する必要がある。

UGに引き続き独裁者ゲーム(Dictator Game: DG)を行う。DGではUGで分配者になった参加者がDGでは受け手に、UGで受け手になった参加者が分配者に割り当てられ、UGでの分配行動がDGにどのような影響を与えるのかを観た。

最後に全ての被験者に誤信念課題

(Sally-Anne task)を行い、心の理論の発達を調べた。未就学児への経済ゲーム実験は、課題への理解の困難さといった方法論的な難しさからこれまで行われてこなかったが、申請者は未就学児でも理解できる実験装置を開発し、予備実験の結果、装置の有効性を確認し、互惠性と心の理論に密接な関係があることを示唆する結果を得ている。

平成25年度は幼児の現実的社会場面をより反映させるために、分配者と受け手の関係を以下のようにコントロールした。これにより、分配の公平性を支配する要因を定量的に明らかにし、下記に述べる計算モデル化におけるパラメータ決定に利用する。

- ・分配者と受け手の性別を変える
- ・分配者と受け手の年齢を変える
- ・分配者と受け手の“仲の良さ”を制御する

ヒトはロボットに対して不公平感を感じるのか?

既に述べたように、本提案では「公平性への選好」はヒト相手に限らずロボットなどのコミュニケーション可能な対象に対しても適応され得る、柔軟かつ堅固な機構であると考えた。それを検証するために、ここでは、ヒトはロボットを単なる機械としてみているのか、それとも、自分に類する何か心的なものをロボットに感じているのか、様々なロボットとのコミュニケーション場面において不公平感の有無を調べた。最近、ロボットとヒトのコミュニケーション実験と称してWOZ(Wizard of oz)法が用いられることが多いが、提案者らは幼児においてさえも、ロボットの背後にいる“人間”の存在をすぐに見破ってしまうことを明らかにした。従って、本来のロボットとのコミュニケーションを研究するには、【自律ロボット】を用いることが必須であると考えた。提案者はロボカップ@ホーム世界大会において2度の世界チャンピオンになるなど、すでに完成度の高い自律移動ロボットを複数台所有しており、平成25年度は(1)で行った、最後通告ゲームと独裁者ゲームをヒトにロボット相手に行ってもらい、ヒト同士が行った場合との比較を行った。ロボットとコミュニケーションするヒトとしては、幼児から成人、老人と様々な年代を対象とし、世代間でのロボットへの印象の変化を調べた。

平成26年度および27年度は対人および対ロボットにおける分配行動の互惠性の発達と心の理論の関係に関して、高次の心の理論が発達している児童(小学生)と未発達の児童の利他行動を比較した。また、対象を成人から老人まで広げ、年齢に関わらず広くヒトに共通する公平性の基盤を明らかにすることを試みた。特に、人々は、不公平な状況に直面した場合、公正さを回復しようと動機づけられるという、先行研究を批判的に検証した。

対ロボットの実験では、それまでの成果に基づき、外見的印象と音声対話がコミュニケーション場面における互惠性を支配すると仮定し、ロボットの種類や行動をコントロールし、ヒト同士での結果との差がロボットの何に由来するものなのかを明らかにした。その際、ヒトに近い所謂ヒューマノイドロボットやペットロボット、機械的なロボットなど、ロボットの外見的印象が与える影響の定量的な測定や特に音声対話に注目。音声認識の精度や音声合成の品質を定量的に操作することを試みた。

#### 4. 研究成果

(1) 分配行動の互惠性の発達と心の理論の関係に関して、社会的な場面における公平性の発達過程を分配行動課題で観察した。特に、心の理論の発達段階との関連に注目し、提案者らの先行研究で示唆された、positive な互惠性に関しては心の理論が関係しているが、negative な互惠性に関しては心の理論は関係していない、ということを確認するとともに、間接互惠性の発揮にとって重要な要素である、「相手の気持を考慮する」ことの発達が分配行動と互惠性に与える影響を明らかにするための調査を行った。

(2) 計算モデル化に関して、ヒトが持つ公平感に関し、間接互惠性を基本としたモデルで説明することを試みた。つまり、他者に対する公平行動が評判を介して第三者から報われるために人々は公平的に振る舞うと説明する。具体的には岡田が既に提案したコミュニケーションモデルを応用し、他者の行動を観察し、他者の意図やプランを推定、それに合わせて自身の行動を決定するモデルにおいて、非論理的推論、相互理解、意図推定の能力の発達と公平感発揮との関連に注目したシミュレーションプログラムを作成した。

(3) 対人および対ロボットにおける分配行動の互惠性の発達と心の理論の関係の検討では、高次の心の理論が発達している児童(小学生)と未発達の児童の利他行動を比較した。また、対象を成人から老人まで広げ、年齢に関わらず広くヒトに共通する公平性の基盤を明らかにすることを試みた。特に、人々は、不公平な状況に直面した場合、公正さを回復しようと動機づけられるという、先行研究を批判的に検証することを目的とした実験を行った。対ロボットの実験では、前年度までの成果に基づき、外見的印象と音声対話がコミュニケーション場面における互惠性を支配すると仮定し、ロボットの種類や行動をコントロールし、ヒト同士での結果との差がロボットの何に由来するものなのかを明らかにした。特に、ヒトに近い所謂ヒューマノイドロボットやペットロボット、機械的なロボットなど、ロボットの外見的印象が与える影響を明らかにした。また、特に音声対話に注目。音声認識の精度や音声合成の品

質を定量的に操作した。

(4) ヒト・ロボット共存社会において不公平感を感じさせない対話戦略の構築では、ロボットとのコミュニケーション課題を複数のユーザや複数のロボットが存在する社会において、不公平感を感じさせないロボットの対話戦略の構築研究に発展させた。ユーザ発話の曖昧性と音声認識による曖昧性を共有信念(研究業績の9番等)を用いて低減し、コマンド理解率を向上させることで、結果として不公平感を感じさせない対話戦略を開発した。共有信念を通じた相互理解を基盤にした、対話と行動を用いたコミュニケーションにより不公平感の低減だけでなく、ヒト・ロボットの安心・安全な共存社会の構築に繋がる部分が部分的に確認できた。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計7件)

(1) 岡田浩之: 語の意味の生成過程における「対称性」の役割。2016 人工知能学会誌、31(1), 100-105(1026)

(2) Sawa Senzaki, Takahiko Masuda, Akira Takada, Hiroyuki Okada: The Communication of Culturally Dominant Modes of Attention from Parents to Children: A Comparison of Canadian and Japanese Parent-Child Conversations during a Joint Scene Description Task. PLOS ONE, 1-20, 2016  
<http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0147199> (査読有)

(3) Takayuki Fujii, Haruto Takagishi, Michiko Koizumi, Hiroyuki Okada: The Effect of Direct and Indirect Monitoring on Generosity Among Preschoolers. Scientific Reports 5, Article number: 9025 (2015)  
doi:10.1038/srep09025 (査読有)

(4) 稲邑 哲也, タン ジェフリー, 萩原 良信, 杉浦 孔明, 長井 隆行, 岡田 浩之: 大規模長時間のインタラクションを可能にするロボカップ@ホームシミュレーションの構想とその基盤技術。知能と情報 26(3) 698-709 2014年(査読有)

(5) Takahashi, H., Saito, C., Okada, H., Omori T., An investigation of social factors related to online mentalizing in a human-robot competitive game., Japanese Psychological Research, 55(2), pp.144-153, 2013 (査読有)  
DOI:10.1111/jpr.12007

(6) 阿部香澄, 岩崎安希子, 中村友昭, 長井

隆行, 横山 絢美, 下斗米 貴之, 岡田 浩之, 大森 隆司: 子供と遊ぶロボット: 心的状態の推定に基づいた行動決定モデルの適用, 日本ロボット学会誌, Vol.31, No.3, pp.263-274, 2013 (査読有)

(7) Tetsunari Inamura, Jeffrey Too Chuan Tan, Komei Sugiura, Takayuki Nagai, Hiroyuki Okada: Development of RoboCup@Home Simulation towards Long-term Large Scale HRI, Volume 8371 of the series Lecture Notes in Computer Science pp 672-680, 2013 (査読有)

[学会発表](計8件)

(1) Jeffery Too Chuan Tan, Tetsunari Inamura, Yoshinobu Hagiwawa, Komei Sugiura, Takayuki Nagai, Hiroyuki Okada: A new dimension for RoboCup@home: human-robot interaction between virtual and real world. HRI2014, 2014, Beilefeld (Germany)

(2) Takayuki Fujii, Haruto Takagishi, Hiroyuki Okada: The impact of direct and indirect cues of monitoring on prosocial behavior in preschool children. The 15<sup>th</sup> annual meeting of the Society for Personality and Social Psychology, 2014, Austin (USA)

(3) Michiko Koizumi, Haruto Takagishi, Takayuki Fujii, Hiroyuki Okada: Four-Year-Old Children can Detect Others' Altruism. The 15<sup>th</sup> annual meeting of the Society for Personality and Social Psychology, 2014, Austin (USA)

(4) 仁科 国 之、高岸 治 人、藤井 貴 之、岡田 浩 之: 一人っ子は利他的か? 未就学児を対象にした実験。日本社会心理学会、2014年、北海道大学(北海道札幌市)

(5) 藤井 貴 之、高岸 治 人、岡田 浩 之: 二次の信念理解の発達と評価懸念との関連。日本社会心理学会、2014年、北海道大学(北海道札幌市)

(6) Chizuko Murai, Michiko Miyazaki, Masaki Tomonaga, Hiroyuki Okada, Mutsumi Imai: The origin of a uniquely human thinking bias: The symmetry inference bias in human infants and chimpanzees Proc. of the 2014 International Conference on Infant Studies, 2014, Berlin, Germany.

(7) 岡田 浩 之: RoboCup@Home におけるソフトウェアプラットフォーム、計測自動制御学会 SI 部門講演会(招待講演) 2013年12月19日、神戸国際会議場(兵庫県神戸市)

(8) 藤井 貴 之、高岸 治 人、岡田 浩 之: 利他行動における監視の効果: 発達研究による検討。第54回社会心理学会、2013年、沖縄科学技術大学院大学(沖縄県恩納村)

[その他]  
<http://okadanet.org/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

岡田 浩之 (OKADA, Hiroyuki)  
玉川大学・工学部・教授  
研究者番号: 10349326

### (2) 研究分担者

大森 隆司 (OMORI, Takashi)  
玉川大学・工学部・教授  
研究者番号: 50143384

村井 千寿子 (MURAI, Chizuko)  
玉川大学・脳科学研究所・科研費研究員  
研究者番号: 90536830

高岸 治人 (TAKAGISHI, Haruto)  
玉川大学・脳科学研究所・助教  
研究者番号: 90709370