

令和元年6月27日現在

機関番号：12612

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2014～2018

課題番号：26118003

研究課題名（和文）子供＝大人インタラクションの認知科学的分析とモデル化

研究課題名（英文）Cognitive analysis and modeling of child-adult interactions

研究代表者

長井 隆行（Nagai, Takayuki）

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・特任教授

研究者番号：40303010

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 56,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、子どもと大人のインタラクションを対象に、他者モデルを基盤としたインタラクションの心的ダイナミクスを解明することを目指した。具体的な課題は、他者モデルを認知的視点でモデル化し、その計算モデルを確立すること、および他者モデルを実装したエージェント同士が相互に適応していくダイナミックな心的過程を明らかにすることであった。そこでまず、確率モデルや深層学習を用いたモデルを提案し、このモデルが保育士と子どものインタラクション実験の知見に合致する振る舞いを表現できる可能性を示した。また、開発したモデルをもつ2体のエージェントが相互適応することをシミュレーションで示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

HAIにおいて、他者モデルを基盤としたインタラクションの心的ダイナミクスをモデル化している例はほとんどなく、その足掛かりを得たという意味で、本研究結果の学術的意義は大きい。本研究から得られるモデルが、子ども－人工物インタラクションの新たな局面を引き出すことになり、実社会への影響も大きいと考える。特に、育児や保育の現場にこうした成果を応用することを考えており、それにより、現在、育児や保育の現場が抱えている様々な問題を解決できる可能性がある。

研究成果の概要（英文）：In this study, we aimed to understand the mental dynamics of interaction based on "mental model of others" in child-adult interaction. The specific task is to understand "mental model of others" from a cognitive viewpoint and to build its computational model. And then the dynamical mental process of agents, which have the mental model of others and adapt to each other, is examined. At first, we proposed a model using probabilistic model and deep learning, and showed the possibility that these models can represent the behavior of the interaction between childcare workers and children. We also showed by simulation that two agents with the developed model mutually adapt.

研究分野：人工知能

キーワード：他者モデル 子ども－大人インタラクション リトミック 模倣 集団

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ロボットなどの人工物は、センシング能力、身体能力など人間にはるかに及ばない存在である。そうした人工物が、人と永続的にインタラクションする存在になることはできるであろうか？ヒューマン=エージェントインタラクション(HAI)研究における多大な努力にもかかわらず、未だその間に答えることは難しい。しかしながら最近の研究は、即時的で表層的なやり取りではなく、人とエージェント間の関係性の構築が重要であることを明らかにしつつある。申請者らのグループは、この点を子供とロボットの遊びという文脈において追究している。子供とロボットが初対面から徐々にうちとけて長期的に遊ぶためには、ロボットが子供の内部状態を推定し、子供モデル(他者モデル)に基づいて適切なタイミングで適切な働きかけを行うことが重要であることを実験的に示した。ここで重要なのは予測性であり、ロボットが子供の期待に応える(子供の予測性を高める)ことが「ロボットが自分のことを考えてくれる他者である」という感覚につながる。我々はこの感覚を友好感と呼び、ロボットへの視線頻度パターンが友好感を客観的に評価できる指標であることを示唆する結果を得た。しかし、従来研究で明らかになっていないことは多い。特に他者モデルに基づくインタラクションの心的ダイナミクスの解明は、インタラクションの本質に迫るために重要な課題である。そこで本提案課題では、子ども=大人(もしくは大人の操作するロボット)間の他者モデルを基盤としたインタラクションダイナミクスの計算モデルを確立することで、永続的なHAI(Life-long HAI)の実現にむけた他者モデルの獲得と運用の技術を提供することを目的とする。特に子供とのインタラクションに着目する主な理由は、以下の三つである。一つは、子どものインタラクションが言語を中心とする大人同士のインタラクションと、非言語を中心とする人間=動物インタラクションのちょうど中間的な存在であり、現状の対話エージェント技術に比較的近い位置にあるためである。二つ目として、内部状態が比較的素直に表面化して内部状態の観察がしやすく、母親など近親者の評価も得やすいため、現象の解釈が容易である点が挙げられる。最後に、子供を対象としたエージェント技術の確立は、核家族化した現代の社会的ニーズとして重要であるだけでなく、Life-long HAI を考えるとその最初の対象は子供であり、子供に対してうまく適用できることが今後のHAI技術発展・普及の鍵であるとも言える。

2. 研究の目的

1) インタラクションにおける他者モデル

まず、本課題の中心となる『他者モデル』がいかなるものであるかを明確化する必要がある。申請者らはすでに、単純な状態遷移モデルでこれを表現した。しかし、より複雑で表現力の高いモデルを考えなければ、インタラクションの複雑なプロセスを解明しモデル化することはできない。また、他者モデルを運用し相手の意図を予測することで、自身の行動を決定するプロセスを明らかにする必要がある。こうした、他者モデルを用いた他者の心的状態予測に基づく行動決定こそが心的コミュニケーションの本質である。子ども=大人(もしくは人工物)間インタラクションにおいては、子どもの「相手に対する予測性」を向上させるために、大人がどのように行動するかが重要となる。これは子どもにとっての「相手が予測しやすい」というメタ認知が、友好感の基盤となっているという我々の仮説に基づいている。本課題ではこの仮説の検証を含め、他者モデルとその運用・行動決定全体を包含した『インタラクションのモデル』を明らかにし、計算モデルの構築、実験に基づく実証、ロボットへの実装・評価を行う。

2) インタラクションダイナミクスの計算モデル

1)では、個々のもつ他者モデルのみを考えているが、実際にはこれらが相互作用することでインタラクションが成立している。つまりインタラクションのダイナミクスとは、お互いに予測性を高め合おうと自分の振る舞いと他者モデルを変化させるプロセスであると言える。このプロセスを1)のモデルの相互作用という形でモデル化し、シミュレーション、インタラクション実験、実験データ解析結果との照合、ロボットへの実装と実証実験・評価という手順で深化させて行く。

3) モデル構築や実証のための実験パラダイムやセンシング・データ解析手法

上記1)~2)を実現するにあたり、子ども=大人インタラクション実験を検討する必要がある。本課題では、没入型遠隔操作ロボットを用いた新たな実験パラダイムを導入し、必要なセンシング技術や得られる膨大なデータの解析手法を確立する。

3. 研究の方法

本研究課題では特に子どもと大人のインタラクションに着目し、他者モデルを基盤としたインタラクションの心的ダイナミクスを解明することを目指した。他者モデルとは、他者の心的状態を推定して行動を理解・予測するための他者に関する認知モデルである。

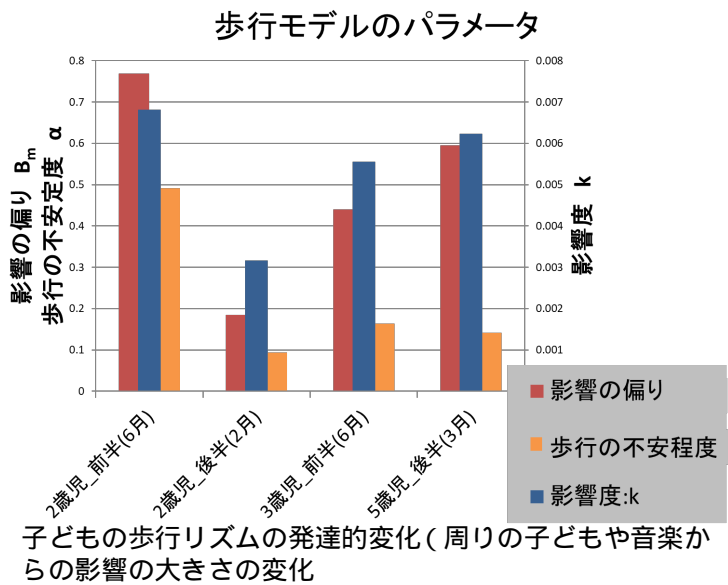
上記3つの目的を達成するために、リトミックと呼ばれる子どもたちの集団活動を対象とし、4年にわたり縦断的にその振る舞いを観察・解析した。そのためのセンシング手法や解析手法を初年度に開発し、データを各チームで共有することで、それぞれの視点で解析し議論することを繰り返した。

4. 研究成果

(1) リトミックにおける動きと言葉の分析とモデル化

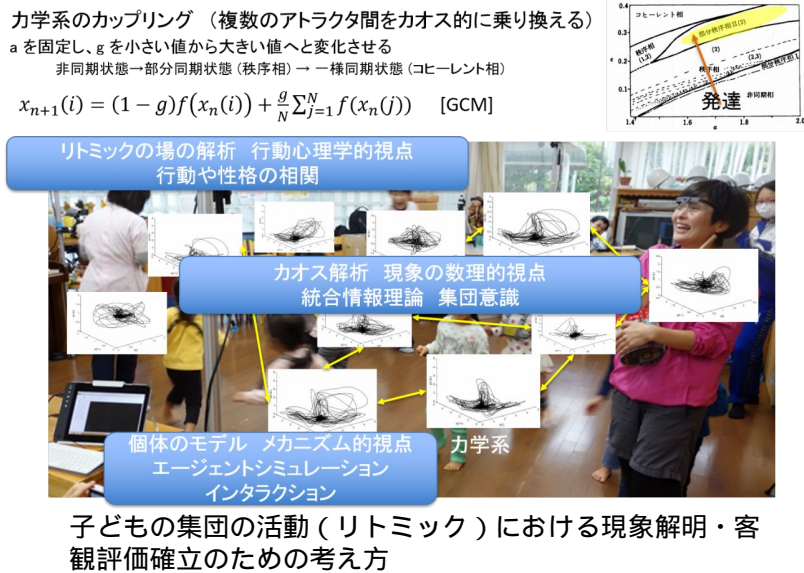
リトミックにおける動きと言葉の発達の变化について以下の観点から分析・モデル化を実施した:

1. 走る活動における子どもの集団の振る舞いの発達の变化を定量的に分析し、社会性の発達との関係を論じた。
2. 集団の中での子どもの主体性と相互主体性の発達を指導者と子どもの言葉の変化に注目して分析した。
3. 子どもの歩行リズムが周囲からの影響で決まるモデルを作り、実験データへのフィッティングにより、周りの人や音楽からの影響の大きさの発達の变化を推定した。
4. 移動エントロピーとカオスニューラルネットワークを用いて、主導的/追従的なインタラクションの学習と切替のモデルを構築した。



(2) 子どもの集団の一体感に関する研究

リトミックと呼ばれる子どもたちの集団の活動を縦断的に計測することで、集団における子どもの社会性の発達や「一体感」の存在や客観的な指標、メカニズムを研究した。本研究における重要な成果は、1) ソシオメータとカメラを用いた子どもたちの集団の比較的自由的な活動の計測手法の確立、2) 計測データの解析手法の確立、3) 統合情報量を用いた子どもたちの一体感の客観指標とそのメカニズム解明への基礎的な検討結果、の3点である。



5. 主な発表論文等

Nakamura, T., Nagai, T.: Ensemble-of-Concept Models for Unsupervised Formation of Multiple Categories, IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems, 10, 4, 1043-1057, 2018, 12

Abe, K, Shiomi, M., Pei, Y., Zhang, T., Ikeda, N., Nagai, T.: ChiCaRo: tele-presence robot for interacting with babies and toddlers, Advanced Robotics, 32, 4, 176-190, 2018, 6

岡夏樹: ヒューマン ロボットインタラクションを通じた終助詞の意味獲得, 日本認知言語学会論文集, 18, 2018, 4

深田智: Let's+移動動詞表現と子どもの運動能力及び社会性の発達", 日本認知言語学会論文集, 18, 555-560, 2018, 4

Nishihara, J., Nakamura, T., Nagai, T.: Online Algorithm for Robots to Learn Object Concepts and Language Model, IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems, 9, 3, 225-268, 2017, 9

中村友昭, 長井隆行, 船越孝太郎, 谷口忠大, 岩橋直人, 金子正秀: マルチモーダル LDA と NPYLM を用いたロボットによる物体概念と言語モデルの相互学習, 人工知能学会誌, 30, 3, 498-509, 2015, 3

阿部香澄, 日永田智絵, アッタミミ ムハンマド, 長井隆行, 岩崎安希子, 下斗米貴之, 大森隆司, 岡夏樹: 人見知りの子とロボットの良好な関係構築に向けた遊び行動の分析, 情報

処理学会論文誌, 55, 12, 2524-2536, 2014,12

〔雑誌論文〕(計 10 件)

〔学会発表〕(計 121 件)

〔図書〕(計 9 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 4 件)

名称: 情報処理装置、情報処理方法、及びプログラム

発明者: 大森隆司、山田徹志

権利者: 大森隆司

種類: 特許

番号: 特願 2018-36546

出願年: 2018

国内外の別: 国内

名称: 遠隔遊び支援システム、心的状態・性格推定システム、遊び推定システム、方法およびプログラム

発明者: 長井隆行、阿部香澄、濱田侑輝

権利者: 電気通信大学

種類: 特許

番号: 特願 2016-225250

出願年: 2016

国内外の別: 国内

名称: ビデオチャットの接続先選択インタフェース

発明者: 阿部香澄、池田成満、長井隆行

権利者: 電気通信大学

種類: 特許

番号: 特願 2016-237624

出願年: 2016

国内外の別: 国内

名称: ビデオチャットロボットシステム、手渡し遊び制御方法および手渡し遊び制御プログラム

発明者: 長井隆行、阿部香澄、裴雅超、張亭芸、日永田智絵

権利者: 電気通信大学

種類: 特許

番号: 特願 2016-05302

出願年: 2016

国内外の別: 国内

取得状況(計 0 件)

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 岡夏樹

ローマ字氏名: Oka Natsuki

所属研究機関名: 京都工芸繊維大学

部局名: 工芸科学研究科

職名: 教授

研究者番号(8桁): 20362585

研究分担者氏名: 中村友昭

ローマ字氏名：Nakamura Tomoaki

所属研究機関名：電気通信大学

部局名：情報理工学研究科

職名：助教

研究者番号（8桁）：50723623

研究分担者氏名：大森隆司

ローマ字氏名：Omori Takashi

所属研究機関名：玉川大学

部局名：工学部

職名：教授

研究者番号（8桁）：50143384

研究分担者氏名：田中一晶

ローマ字氏名：Tanaka Kazuaki

所属研究機関名：京都工芸繊維大学

部局名：情報工学・人間科学系

職名：助教

研究者番号（8桁）：70721877

(2)研究協力者

研究協力者氏名：深田智

ローマ字氏名：Fukada Chie

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。