

審査の結果の要旨

氏名 栗山 貴嗣

本論文は「A Model of Continuous Social Play Co-creation through Exploratory Response Elicitation」と題し、乳児と養育者の間でのやりとり遊びについて、その連続的な共創を成立させる乳児の認知モデルを構成論的に明らかにしたものであり、全8章から成る。やりとり遊びとはボールのやりとりをはじめとした親子間の遊びとしての非言語的コミュニケーションである。これは自分が他者に対して影響を与えることができることを理解して自らその方法を発見していく認知能力の現れであって、言語理解の前駆とされており、社会的知能の基盤として極めて重要である。実際の乳児を考えるならば、やりとり遊びはあるひとつの遊びが獲得されて終わりではなく、次々と新しいやりとり遊びが共創されていくものである。しかしながら従来のやりとりモデル研究は、ある安定的なやりとりに辿り着く収束的性質、あるいは常にやりとりに変化させていく発散的性質に着目したものがあつたもの、それらをいかに両立させて連続的にやりとり遊びが共創されているのかは扱われてこなかつた。本研究では、乳児が自らの働きかけに対して養育者とのやりとりが成立しているかどうかを常に判断しながら、現在のやりとりに続けるべきか、新しいやりとりに移行すべきかをバランスすることで連続的なやりとり遊びの共創を実現する乳児モデルを提案した。これは、多様性を生む社会的知能の理解、限られたやりとりに固執しがちな自閉症の理解とその療育、飽きのこないインタラクションを生成可能なコミュニケーションロボットへの応用の基盤となる。

第1章「Introduction」では、人同士のやりとりが収束的・発散的性質を持ち合わせながら連続的に共創され続けることを指摘し、そのようなやりとりが人・ロボット・インタラクションに求められる背景、および既存のやりとりモデルの限界について述べている。

第2章「Social Plays」では、乳児と養育者の間で行われるやりとり遊びの例・性質・発達について述べるとともに、これが連続的に共創されるやりとりの原型となっていることを指摘し、これをモデル化する意義を述べている。

第3章「Interaction Rule Learning through Response Elicitation」では、やりとり遊びの核が「やりとりルール（＝乳児の行動と養育者の行動の対応関係）」であることを指摘し、乳児の随伴性認知などの知見から、養育者の応答を予測してそれを引き出すように乳児が行動することで乳児がやりとりルールを理解していくモデルを提案した。実験設定はボールのやりとり遊びの場面を想定して、コンピュータ画面上に向かいあうように二つのヒューマノイドロボットを配し、一方は乳児ロボットとして提案したモデルに基づいて行動し、もう一方は養育者役のロボットとして被験者がゲームコントローラを用いて操作するものとした。両者は前後上下に手を動かして物理シミュレーション世界のなかでボールを使ってやりとり遊びをすることができる。実験は、被験者にはボールを使って乳児ロボットと自由にやりとり遊びしてもらふこととし、やりとりルールの観点から行われたやりとり遊びを解析した。結果、乳児ロボットはやりとりルールを学習することができると同時に、乳児ロボットの行動に対する養育者役被験者の応答は移り変わりやすいことが示されている。

第4章「Continuous Co-creation through Response Habituation」では、やりとり遊びの連続的な共創に向けて、やりとり遊びが獲得されるまでの発達過程の知見から、養育者の応答が分かりきっているときはその応答を引き出すように行動することに乳児は飽きるという馴化の要素をモデルに導入し、安定的なやりとり遊びを乳児側から崩すことによってやりとり遊びが探索的になり、様々なやりとり遊びが連続的に共創されることを示している。そして、やりとり遊びが次々移り変わることを評価する手法として、長い時間窓で

の乳児養育者間の関係性の強さに対する短い時間窓での関係性の強さを評価する手法を提案し、馴化によってやりとり遊びにバリエーションがもたらされることを示している。

第5章「Searching for Communicative Actions within Imitation」では、模倣を通して乳児は新しいやりとり遊びを発見できることを示している。安定的に行われていたやりとり遊びが崩されたとき、また新たなやりとり遊びに入っていくためには乳児はやりとり遊びに使われうる行動を見つけなければならない。そこで養育者の行動を模倣してしまうという乳児の性質と養育者の応答を予測してそれを引き出すように乳児が行動する性質が共存することによって、養育者の行っているやりとり遊びに使われうる行動を乳児が取り込んで新しいやりとりに入っていくことができることを示している。

第6章「An Integrated Model for Continuous Co-creation」では、提案してきた「相手の応答が予測できる行動を起こすことによる応答の引き出し」「応答が予測できることが十分に確認された行動の抑止」「模倣による試行」の統合モデルを示し、模倣した行動の中からやりとり遊びに使われる行動が応答予測によって選取られ、応答引き出しと馴化のみの場合に比べてやりとり遊びのバリエーションが増加し、統合モデルではスムーズに新しいやりとり遊びに移り変わり続けることを示している。

第7章「Discussion」では、提案したモデルが更に複雑・現実的なやりとり遊びに向けてどのように展開されうるかを議論している。本論文の実験では、やりとり遊びを成立させる本質的原理に焦点を絞り、特定のやりとり遊びに限定されない一般的な原理を扱うため、場面はやりとり遊びの一般型である対面での物体を介した三項関係とし、また実世界認識行動機能については、両者の動作空間は手の前後・上下・開閉の3次元に限定する、相手の手やボールの位置は完全に把握できるものとする、乳児ロボットの行動開始タイミングは一定時間間隔とするなど、単純化し抽象化されている。これらを緻密化するにあたって本論文で明らかにした原理と干渉する場合の扱いは今後の課題となる。さらに、やりとり一般に見られる乳児の情動表出および乳児らしい見かけが、やりとり遊びの文脈で養育者の挙動に与える影響について実験により考察している。また提案したモデルに基づくコミュニケーションロボットによる自閉症療育への応用可能性について議論している。

第8章「Conclusion」では、以上を統括し、提案したやりとり遊びの連続的共創モデルが本論文の学術的寄与であるとして結論づけている。

以上、これを要するに、本論文は、やりとり遊びの連続的共創が、「相手の応答が予測できる行動を起こすことによる応答の引き出し」を基盤に「応答が予測できることが十分に確認された行動の抑止」「模倣による試行」による探索的な応答の引き出しによって実現されることを示し、やりとり遊びにおける乳児の認知モデルを示した。これにより、ひとつのやりとりで終わるのではなく果てしなく変化しながらやりとりを続けていく社会的知能の理解、やりとりの移ろいやすさの観点からの自閉症行動の理解とその療育、事前にプログラムされたやりとりを超えてオーナーとのやりとりの中で新しいやりとりを生み出すコミュニケーションロボット工学への端緒が開かれたと言える。

以上の理由から、本論文は知能機械情報学上貢献するところ大である。よって本論文は博士（情報理工学）の学位請求論文として合格と認められる。