

# 分離した身体を持つロボットによるインタラクション戦略の生成

## Emerging Interaction Strategy by a Robot with Separated Body

大澤 博隆<sup>\*1</sup>  
Hirotaka OSAWA

Mahisorn Wongphati <sup>\*2</sup>

今井 倫太<sup>\*2</sup>  
Michita IMAI

<sup>\*1</sup> 筑波大学  
University of Tsukuba

<sup>\*2</sup> 慶應義塾大学  
Keio University

The human manipulator behaves as if she/he becomes the robot and finds the optimal communication strategies using attachable and detachable robot's shapes and modalities in immersive discovery method. In this study, we applied immersive discovery method to separated robot and analyzed the result. Found results are compared with the strategy extracted in previous experiment that uses immersive discovery method with human-like robot.

### 1. はじめに

我々の社会をサポートするためのロボット技術・エージェント技術が普及してきた。このような社会において、人間から円滑な指示を受け取り、人間に情報を伝えるために、エージェントが人間に対しどのように振る舞い情報を伝えればよいか課題となってきた。特に、形態を変化させられるバーチャルエージェントと異なり、実世界上で動くロボットタイプのエージェントの場合には、形態を変化させるコストが大きい。また、ロボットが実行するタスクに入出力が制約される。このような条件下では、ロボットのインタラクション戦略を注意深く設計する必要がある。

実世界エージェントであるロボットの形態設計手法としては、人間同士のインタラクションを模範とし、それを模倣するというアプローチが主流である(Hirai, Hirose, Haikawa, & Takenaka, 1998)。しかしこのやり方では、人間形状以外のロボットエージェントにおいて、どのような振る舞いが相対的に効率の良いコミュニケーションを行えるか厳密に知ることができない。ロボットのデザインはタスクに密接に依存しており、人間-人間間のインタラクションと同程度の情報伝達を達成する擬人化条件を揃えられない場合もある。人間-人間間でのインタラクションの知見を目標にするというやり方は、人間とヒューマノイドの情報伝達手法は設計できても、その結果を人間と異なる形状を持たざるを得ないロボットへ適用するのが難しい。

この問題の解決のため、本研究者はこれまで、人間自身がロボットの入出力を借り、システムの内部から効率の良いインタラクションを探る、という没入型発見法を提案してきた(大澤 & 今井, 2013)。前回の研究では、没入型発見法を人型のロボットのうち首が動くもの、動かないもの双方に適用し、首が動くときにうなずきを中心とした対話、首が動かないときにロボットの動きを模倣する動作になることを確認した。本研究では没入型発見法を使い、身体が分離したロボットにおいて、人間がインタラクション戦略をどのように発見するか観察した。個々のロボットが分離していても、個々のロボットが相対として一つのエージェントのように振る舞うことは可能である。このように、ユーザが感じるエージェントの身体位置を自由に移動させることができれば、例えば部屋自体がエージェントのようにユーザに感じさせ、部屋全体の意図などを推定し、行動を予測させることも可能となる。

### 2. 没入型発見法について

没入型発見法は、人間を HAI におけるインタラクション戦略解を求めるための計算資源とみなす。そして、この計算資源から効率的に情報を取り出すため、人間の入出力をロボットの入出力に射影する、という考え方をを行う。言語学習の分野においては、学習対象者を外国語環境に置き、没入させて学習を早める、という教育手法が検討されている(Uhl Chamot & El-Dinary, 1999)。没入型発見法ではこのような人間の可変性、環境適応の素早さを利用し、入出力として外国語のような言語コミュニケーションではなく、人間とは違うロボットの入出力を当てはめ、人間という計算資源に対し、インタラクション戦略を学習させ、発見させる。人間がロボットの立場で振る舞い、周囲とコミュニケーションを取ることで、人間同士のやり方とは異なる、新たなインタラクション戦略発見することができる。同様の手法は高齢者の立場になる「高齢者擬似体験セット」を用いたデザイン手法として、有効であることが示されている(田村, 牛田, & 大石, 2001)。

### 3. 実験設定

本研究では没入型発見法を用いて、分離した身体を持つロボットのインタラクション戦略を人間の操作者に発見させる。使用したロボットは回転テーブル型の1軸のロボット、および7軸のアーム型ロボットであった。本研究ではこの結果を人型ロボットの実験結果と比較する(大澤 & 今井, 2013)。

実験参加者はロボットを操作する操作者と、ロボットとインタラクションする参加者の2人に分かれる。操作者の学生は自身の体にモーションキャプチャシステムのマーカーを自由に取り付け、各モーションキャプチャの動きを回転テーブルやアームの動きに対応させる。対応関係は操作者が自由にプログラムすることが可能である。操作の様子を図1に示す。

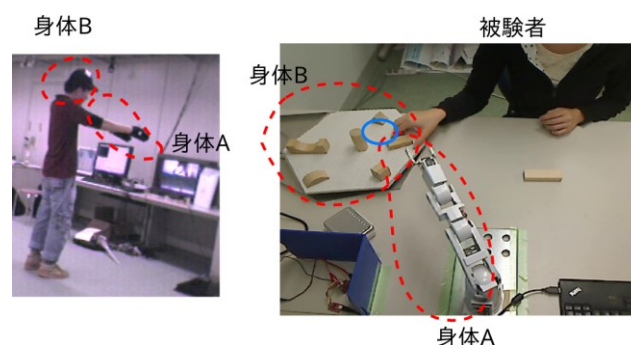


図1 分離した身体の接続図

一方で参加者側の学生は、回転テーブルとアームの前に座り、両ロボットの動きを見て、それに合わせて行動を行う。

本研究では、回転テーブル上に 7 つの積み木を置き、それぞれの組に対し図 2 のような 3 点の積み木のどれかを支持し、組み立てさせ方をロボットから人間へと伝達させた。図の積み木はどれも、5 種類のブロックを組み立てる課題であり、指示回数はどれも同じく 5 から 8 回、30 秒から 1 分の間で組み立てが可能であった。操作者はまず組み立て後の図を確認し、積み木を動かすことなく、ユーザーに対して積み木を動かす指示を行った。このようにして、人間同士の積み木構築のインタラクション戦略を調べた。インタラクション戦略の学習は各組において 1~2 時間かけて行われた。

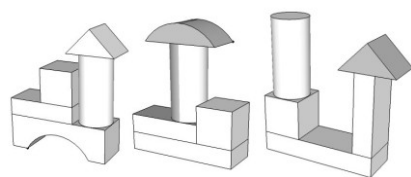


図 2 積み木課題

### 3.1 積み木課題における観察点

## 4. 評価結果

30 人の被験者が実験に参加した(男性 25、女性 5)。すべての被験者は大学生であり、各被験者の年齢は 20-25 歳の間であった。

### 4.1 操作時間の比較

15 組の被験者のうち、8 組の被験者が積み木の組み立て方の情報伝達に成功し、7 組の被験者が情報伝達失敗した。情報伝達に成功したグループの平均操作時間は  $n=8$  のとき 99 秒 (S.D. 30 秒) であった。同課題を人型ロボットで行った際は、全 18 組のうち 15 組が成功している。平均操作時間は  $n=15$  のとき、91 秒 (S.D. 29 秒) であった。従って、成功した場合には人型ロボットと同程度の操作時間で伝達が行われていることがわかる。ただし、人型の形状の場合の伝達成功率は 83% であり、分離した身体を持つロボットでは 53% である。これは統計的に有意な差とは言えないが、失敗の確率がやや増えていることが示唆されている。

### 4.2 成功時の行動

成功した 8 組の行動の内、回転台を使用したグループは 7 組であった。残りの 1 組は回転台を使用せず、情報伝達を行った。実験後の自由記述アンケートにより、成功したグループはアームを指示用に使い、回転テーブルはあくまで物体を近づけるために使用していたことがわかる。この場合、インタラクションは主にアームに対して行われており、回転テーブルを情報提示対象としては理解していなかった、ということになる。

### 4.3 失敗時の行動

失敗した組の要因は様々であった。1 組のグループは肯定・否定の動作に回転テーブルを使用したか、この動作が被験者に対しわかりづらかったため失敗している。また、別のグループは動作が小さくいと伝達に失敗していた。2 組のグループは途中で配置を間違え、間違えた配置を取り除くことができなかつ

たため失敗した。その他のグループでは動作に無駄な動きが大きく、情報をうまく切り分けられなかった、ということが言える。

## 4.4 考察

人型ロボットの場合と比べ、分離した身体を持つロボットの場合には、たとえ事前に操作者と参加者が十分なトレーニングを重ねていたとしても、認識に失敗する可能性があることがわかった。また、人型ロボットの場合には、首固定の場合に模倣行動が発見されたが、今回そのような現象は観察できなかった。ただし、アームによる領きを省略し、伝達時間の短いインタラクション戦略を模索したグループは存在した。

分離したロボットを用いた今回の評価結果や自由記述より、情報伝達がうまくいくかいかないかは、まず動きの切り分けが上手くできているかどうか、であることが示されている。この結果は前回行った人型ロボットの実験とよく似ており、情報のシンボル化が重要であったことが示唆される。

また、今回の分離したロボットの身体では、成功したグループは情報伝達の役割をアームに集中しており、社会的な信号を両方のロボットに載せたグループは失敗している。アームを対話者と見做す方が認知的負荷が低かったことが示唆される。

## 5. 結論

本研究では没入型発見法を使い、身体が分離したロボットにおいて、人間がインタラクション戦略をどのように発見するか観察した。観察結果より、身体が分離した状態における情報伝達でも、情報がシンボル化されるような明確な伝達が必要であることがわかった。今回の例ではアーム自体がエージェントとみなされているようだが、どのような条件下でエージェントが分離するか、より詳しい実験を行なって条件を検討したい。

## 参考文献

- [Hirai 1998] Hirai, K., Hirose, M., Haikawa, Y., & Takenaka, T.: The development of Honda humanoid robot. *Proceedings. 1998 IEEE International Conference on Robotics and Automation (Cat. No.98CH36146)* (Vol. 2, pp. 1321-1326), 1998.
- [Uhl Chamot 1999] Uhl Chamot, A., & El-Dinary, P. B.: Children's Learning Strategies in Language Immersion Classrooms. *The Modern Language Journal*, 83(3), 319-338, 1999.
- [大澤 2013] 大澤博隆, 今井倫太: エージェントのインタラクション戦略探索のための没入型発見法. *人工知能学会論文誌*, 28(2), 160-169, 2013.
- [田村 2001] 田村徹, 牛田典彦, & 大石巖: 擬似高齢者メガネ装着時における可読性の評価. *東京工芸大学工学部紀要*, 23(1), 76-82, 2001.