

身体的なインタラクションを通じた他者性の認知過程の検討

Identification of Agency on Interacting with Unknown Entity

坂本孝丈^{1*} 竹内勇剛¹

Takafumi SAKAMOTO¹ Yugo TAKEUCHI¹

¹ 静岡大学大学院情報学研究科

¹ Graduate School of Informatics, Shizuoka University

Abstract: In order to encourage communication relationships between people and artifacts, the artifact's behavioral design must be considered. We examined how people act towards an unknown entity that has no physical appearance and, thus, is without predisposed prejudice. In our experimental environment, the unknown entity is expressed as a shadow circle and the participants interacted with these shadow circles based on physical position. The participants began the experimental task by standing at a position marked by an X and we analyzed the participants' movement as they walked from one X mark to the next. When the shadows carried out an intricate movement based on the participant's position, the participants more frequently avoided or pursued the shadows. Therefore, human primary action toward a social entity responds to the movement of the target entity.

1 はじめに

情報技術の発展に伴い、ロボットなどの人工物が人と協調し作業するといった社会的な役割を担うことが期待されている。しかし、人工物が複雑な内部状態を持ち自律的に動作することで、その人工物は初めて接する人にとって不明確な動作をする「未知の存在」となり得る。このような未知の存在を人が社会的な存在として見做す過程は明らかとなっていない。そのため、人と人工物の間に社会的な関係を形成することが困難になっていると考えられる。

人は他の人を社会的な存在と見做し、たとえ初めて対面する人であってもコミュニケーション関係を形成することが可能である。しかし、人が常に他の人を社会的な存在としての他者と見做しているわけではない。例えば人混みの中を歩いている場合、すれ違う人々を単なる避けるべき存在と見做していると考えられる。一方で、人はコンピュータなどの人工物を社会的な存在として扱うことがある [1]。このことから、人は対象とのインタラクションを通して他者性を認知していると

考えられる。

人-人工物のインタラクションを促す方法として、外観を人や動物に近づける方法が考えられる。しかし、外観のデザインにとらわれることで、その人工物の利用場面が限定され汎用性を欠くことや製造コストの増大を招くことが推測される。また、外見と振る舞いのギャップによる問題も起こり得る [2]。そこで、人工物の振る舞いのみから人-人工物インタラクションを促進し、他者性の認知を促す方法を検討する。

人は幾何学図形の動きに対しても意図や生物らしさを帰属することが可能である [3]。このことから、振る舞いのみから他者性を認知することは可能であると推察される。しかし、これらの研究では、幾何学図形の動きの「観察」にとどまっており、実際にインタラクションが行われているわけではない。対象とインタラクションを行うことで、自分の行動と対象の振る舞いを対応づけることで対象の性質を同定することが可能となる。先行研究では、当事者として対象とインタラクションを行うことで、対象の動きを観察する場合は異なる印象が抱かれることが示唆されている [4]。本研究では、対象の振る舞いの観察ではなくインタラクションを介した他者性の認知過程を明らかにすること

*連絡先：静岡大学大学院情報学研究科
〒432-8011 静岡県浜松市中区城北 3-5-1
E-mail:gs12018@s.inf.shizuoka.ac.jp

を目的とする。

また、身体的なインタラクションを通して、相手が人であったか判断させるようなチューリングテストが行われている [5]。しかしこれらの研究では、被験者にあらかじめ相手の正体を同定することが課題として与えられている場合がほとんどである。この場合、被験者は対象とインタラクションを行うことが目的化されており、統制的に振る舞いの同定を行っていると考えられる。本研究では、人が対象とのインタラクションすることを目的としていない状態での行動を観察する。これにより自動的な振る舞いの同定を含めた他者認知の過程を明らかにすることを旨とする。

以上のことより本研究では、「人は、予め構築された関係性や外観による先入観を排除した対象の振る舞いからその対象を他者と見做すことが可能である」という仮説に基づき、人工物の振る舞いから他者性の認知を促す方法を検討する。特に、物理的な位置関係の変化や動きの変化のような原初的なインタラクションにおける対象を他者と見做す過程を明らかにする。本研究によりインタラクションを通して人が対象を他者と見做す過程を明らかにすることができれば、人の社会環境に適応的な人工物を設計すること可能となる。本研究で注目するインタラクションは移動体であれば可能であり、ここで得られる知見は広範な人工物に適用できると考えられる。これによりロボットなどの自律的に振る舞う人工物が人間社会に迎合されることが期待される。

2 抽象的な身体表現を持つ未知の存在とのインタラクション

2.1 未知の存在の表現

余計な要素を取り払い、最低限の情報だけを与え、相手の解釈を積極的に引き出すようなデザイン手法をミニマムデザインという [6]。例えばアナログ時計の場合、文字盤がなくとも短針と長針で時刻を表すことができる。さらに長針をなくしても短針のみで時間を表すことが可能である。よって、アナログ時計の時刻は短針の位置のみで表現できる (図 1)。このように必要な要素だけを残し、取り除くことができる情報を排除したデザイン手法がミニマムデザインである。本研究ではこのミニマムデザインの手法を用いて未知の存在を表現する。対面で人同士がインタラクションを行う場合、

相手の見た目から相手が人であることは容易に判断できる。そこで、見た目の要素を最低限まで取り除くことを考える。身体的なインタラクションを行うためには、少なくとも相手がどこにいるかわかる必要がある。そこで本研究では、位置を表す影だけを残す。影の形状についても、位置情報を表す最小の表現である円形を用いる。影の共有により相手の存在感を認知することが可能である [7] ことから、本研究では円形の影を床面に投影することで、その場に未知の存在がいるかのような表現を行う。また、歩行などの足を使った行為は無意識的に行われることに着目した研究 [8] が行われている。そこで本研究では円形の影を床に表示させた環境内に人を立たせ、無意識的な行動を含めたインタラクションの観察を行う。

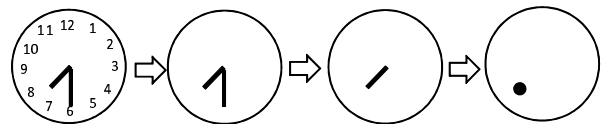


図 1: アナログ時計のミニマムデザイン

2.2 インタラクションを介した他者性の認知

2.2.1 第 3 者としての観察と当事者としてのインタラクションの違い

Heider らの実験に代表されるようなアニメーションの観察による他者性の認知は、対象の振る舞いの観察のみから行われている。この場合、人は対象の振る舞いとは関わりのない第 3 者としての視点から振る舞いの理解を行っている (図 2)。一方、本研究で行う実験のような人が当事者として対象とインタラクションを行う場合、その人自身の振る舞いによる対象の振る舞い理解への影響を考慮する必要がある (図 3)。このとき、第 3 者として観察のみを行う場合と比較すると以下のような違いが生じる。

- (a) 自分自身の振る舞いの解釈を通して、対象とのインタラクション全体の印象から対象への信念を抱くことが可能となる。
- (b) 対象の振る舞いの理解を進めるに当たり、自分の行動の変化に伴う対象の振る舞いの変化を調べることで、抱いている信念の正しさを検証することが可能となる。

これらの違いから、当事者としてインタラクションを行う場合の方が第3者として対象の振る舞いを観察する場合に比べ、対象に他者性を帰属するための条件が厳しくなると考えられる。よって、観察により得られた知見を実際のインタラクション場面に適用することは困難である。本研究では当事者として対象の振る舞いを同定する過程を観察することで、実際の人工物の設計に適用可能なモデルの作成を目指す。

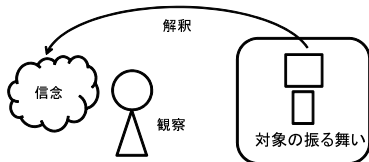


図 2: 第3者としての対象の振る舞い理解

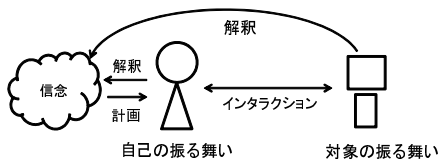


図 3: 当事者としての対象の振る舞い理解

2.2.2 対象への先入観の有無によるインタラクションの違い

人は対象とのインタラクションを通して、対象が持つ特性や振る舞いの特徴などの信念を形成していると考えられる。他者性の認知は、「この対象は他者としての性質を有している」という信念を抱く過程であるといえる。そこで、インタラクションを通じた対象への信念形成において、先入観の影響を検討し、本研究で行われる実験のアプローチの有用性について述べる。

先入観を伴うインタラクションでは、予め対象への信念が形成された状態で行動の計画が立てられインタラクションが行われる(図4)。そこからインタラクションを通じた対象の振る舞いの解釈が行われ、対象への信念と合致するものであるか判断が行われる。これを繰り返すことで、対象への信念が修正されていくと考えられる。このとき次のような問題が生じる。

- (a) 対象への信念がインタラクションを行う以前に形成されることで、人の対象への行動が予め計画さ

れたものに限定される。ゆえに、人の行動は与えられた先入観に依存したものになる。

- (b) インタラクションを行う前に対象への信念を抱いていることで、インタラクションを通じた対象の振る舞いの解釈にバイアスがかかる。ゆえに、インタラクションのデザインを考える際に、対象の振る舞いのデザインだけでなく、外観を含めた先入観の影響を考慮する必要性が生じる。
- (c) インタラクションを行う前に抱かれた信念とインタラクションを通して抱いた信念が異なる場合に、結果としてどちらの信念が採択されたのかを判断することが困難である。

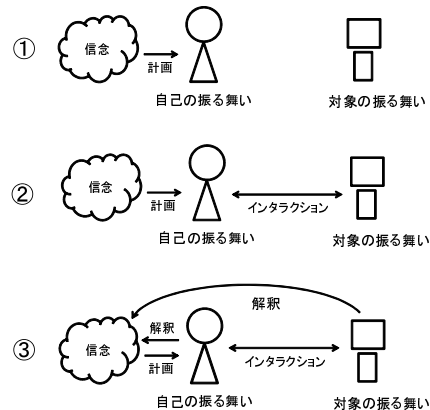


図 4: 先入観を伴うインタラクション

一方で、先入観を抱いていない状態でインタラクションが行われる場合、対象とのインタラクションが行われてから対象への信念が形成されていく(図5)。よって、予め対象への行動を計画することはなく、人の無意識的な振る舞いを含めたインタラクションが行われる。このようなインタラクションは原初的なインタラクションであるといえる。また、対象への行動を方向付ける要因は、それ以前のインタラクションにより抱かれた信念に限られる。しかし、この場合において人は対象への信念を形成することを動機づけられていないため、確固とした信念を抱くためには、対象とのインタラクションがある程度継続的に行われている必要がある。よって、対象の振る舞いのデザインのみにより、人と対象とのインタラクションの設計が可能になる。さらに、人が対象へ抱いた信念をインタラクションを終えてから調べる場合に、先入観により抱いた信

念を考慮する必要がなく、その場で行われたインタラクションにより形成された信念のみに焦点を当てることができる。よって、インタラクションを通じた対象への信念が形成された過程を調査することが可能となる。

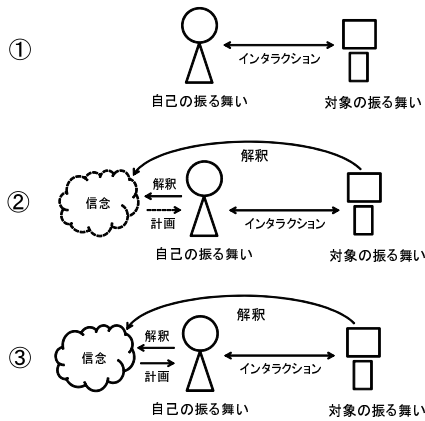


図 5: 先入観を伴わないインタラクション

以上のことを踏まえ、人と未知の存在のインタラクションを観察するための実験を行う。

3 実験

本実験では床面に円形の影を投影することで位置情報のみの対象（以下、ボール）を表現し、ボールとのインタラクションにおける人の行動を観察する。そこから対象の振る舞いの違いが人の行動や対象に対する印象に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

本実験では、人とボールのやり取りは距離のやり取りに限定される。そこで、ボールの振る舞いを位置に応じて引力と斥力が働くモデルを用いて設計する（図 6）。ボールの動きは、力が働く対象の距離が離れている場合は対象方向への加速度（引力）が生じ、距離が近い場合は対象とは逆の向きに加速度（斥力）が生じるように設計する。このモデルに基づくボールは、対象との距離に応じて対象に接近したり離れたりする。また、このモデルでは力が働く対象が複数になることで動きが複雑なものになる。そこで、円で表現したボールを 2 つ表示させ、働く力関係に基づいて動きのパターンを複数作成し実験条件とする。このボールとのインタラクションにおいて人がどのように行動するのかを観察する。

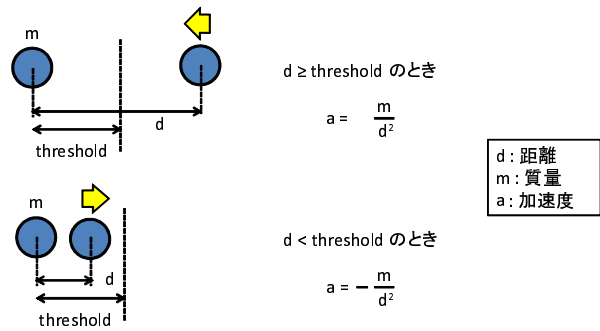


図 6: 引力・斥力モデル

3.1 実験方法

3.1.1 実験環境

床にプロジェクタの光を投射し、ボールを 2 つ投影する。Kinect センサーにより被験者の位置を取得し、ボールの位置は条件に基づき計算する（図 7）。

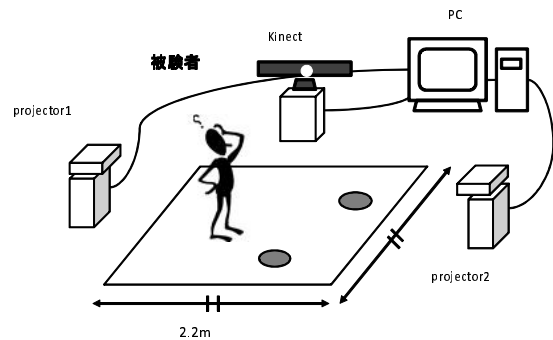


図 7: 実験環境

3.1.2 実験条件

ボールの動きを要因とし実験を行う。ボールの動きが被験者の位置に関係するか否かと、他方のボールの位置に関係するか否かの組み合わせに基づき 4 種類の動きを用いる（図 8）。ボールが被験者の位置に関係しない条件（C1, C2）では、被験者の動きに関係なくボールの動きが決定される。ボールが被験者の位置に関係する条件（C3, C4）では、ボールは被験者に近づいたり離れたりする。他方のボールに関係するか否かはボールの動きの複雑さに影響し、関係する条件（C2, C4）は関係しない条件（C1, C3）よりも複雑な動きをする。それぞれのボールの動きを水準とし、1 要因 4 水

準被験者間計画で実験を行う。なお、被験者は各条件 5 名ずつ、計 20 名の大学・大学院生である。

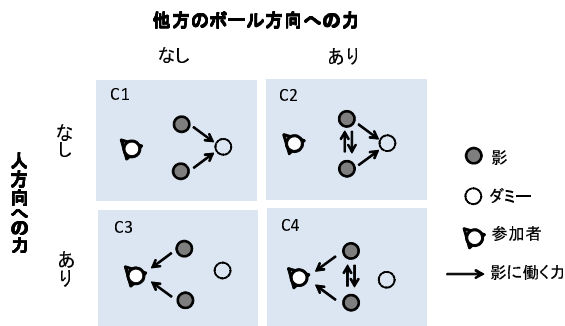


図 8: 実験条件

3.1.3 課題内容

被験者を実験室に入れ、実験中は床に投影されたプロジェクタの範囲から出ないように教示する。また赤色のバツ印が表示されている間はその上に立ち、表示されていない間は自由に行動するよう被験者に教示する。それ以外の行動に関する教示、ボールに関する説明は行わない。被験者を部屋に一人にし、30 秒後ボールの表示を開始する（図 9）。そこからバツ印を表示しない状態を 30 秒、バツ印の表示を 15 秒、別の位置へのバツ印の表示を 15 秒間行う（図 10）。これにより被験者はバツ印の位置から次のバツ印の位置まで移動することになる。このバツ印の非表示とバツ印間の移動を 1 試行とし、1 回の実験につき 5 試行繰り返す。その後ボールの表示を終了し、アンケートの回答を行わせる。



図 9: 実験風景

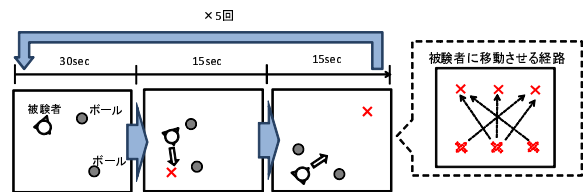


図 10: 実験課題

3.1.4 観察項目

以下の項目を観察し、分析を行う。

- 被験者の位置座標のログデータ（100ms 毎）
- ボールの位置座標のログデータ（100ms 毎）
- ビデオカメラにより撮影した被験者の行動
- 実験後のアンケート
 - － ボールに対する印象（生物性、意図性）

被験者の位置座標から、バツ印表示時のバツ印間の移動において、ボールが被験者に及ぼした影響を調査する。また、ビデオカメラにより撮影した映像から、被験者のボールに対する行動を解析する。実験後のアンケートからは課題を通してボールに対して抱いた印象を調査する。

ボールに対して、生物性および意図性を認知したかを調査するために、先行研究 [4][9] で用いられているものを基に作成した質問を実験後のアンケートに含める（表 1）。生物性尺度 3 項目と意図性尺度 3 項目について、被験者に 7 段階で評定させ、それぞれの尺度の平均値をその尺度の得点とする。

表 1: 生物性と意図性に関する質問項目

生物性	対象物は周りが見えているように感じましたか？
	課題中、対象物が事前に決められた通りに動いていると感じましたか？
	対象物が生き物であるかのように感じましたか？
意図性	対象物は目的を持って動いているかのように感じましたか？
	対象物は自分自身で動く方向を決めているように感じましたか？
	対象物は感情を持っているかのように感じましたか？

3.2 実験結果

3.2.1 バツ印からバツ印への移動

バツ印の表示位置が切り替わった際に、次のバツ印までの移動において、被験者が足元のボールを避けたり、追いかけるといった行動が観察された。また、移動開始後やバツ印へ到達した後にボールを蹴る、避けるといった行動が観察された。そこで、バツ印の位置が切り替わった直後からバツ印の表示を終了するまでの15秒間の被験者の行動を、タスクを実行するための期間とそれ以外の期間に分類し、分析を行った(図11)。

バツ印まで移動する際にボールを避けたり、追いかけていたりすることにより、被験者の移動量は大きくなる。特に、移動量のバツ印方向に対する垂直成分はタスク実行に関係のない動きである。そこで、タスク実行期間における被験者の移動量からバツ印方向に対する垂直成分を求めた比較したものを図12に示す。条件C4は他の条件に比べ、移動量が大きくなった。

また、バツ印の表示位置が切り替わってから被験者が移動するまでの時間と、被験者がバツ印の位置に到達した後の被験者の移動量を比較したものを図13に示す。条件C1,C2に比べ、C3,C4の移動量が大きくなった。

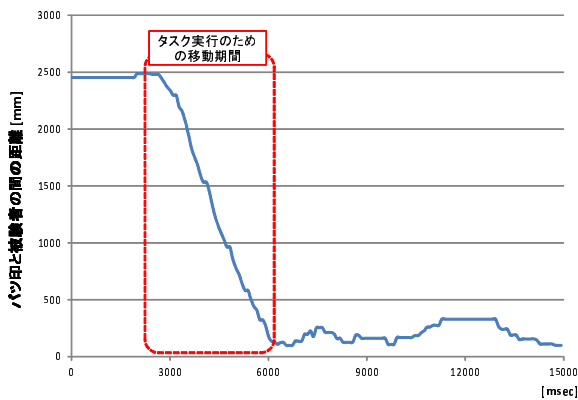


図 11: タスク実行期間の例

3.2.2 ボールの印象評価

実験後に行ったボールの印象に関するアンケートの結果を図14に示す。生物性尺度は条件C4,C3,C2,C1の順で値がわずかに大きくなっている。意図性尺度についても同様の結果が得られている。

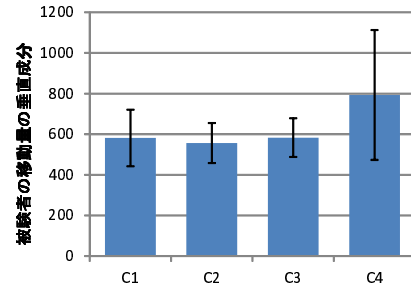


図 12: タスク実行期間における被験者の移動量(垂直成分)の比較

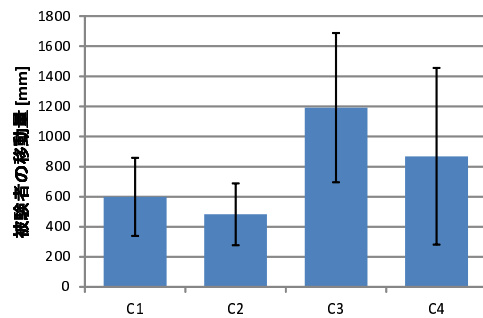


図 13: タスク実行期間を除いたバツ印表示時における移動量の平均の比較

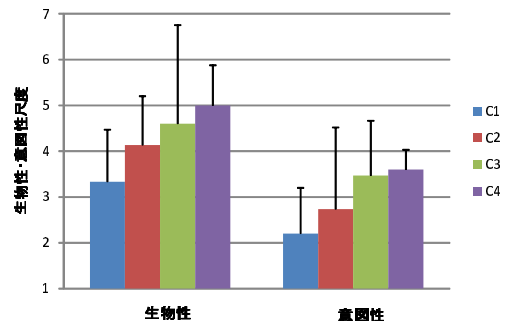


図 14: 生物性および意図性尺度の条件間での比較

3.3 考察

本実験では、引力・斥力モデルに基づき動くボールを用い、対象の振る舞いが被験者の行動に及ぼす影響を調査することを目的としている。そこでボールに関する教示は行わない状態で、ある場所から別の場所に移動する課題を被験者に行わせた。4種類のボールの動きは、被験者の行動を反映するか否かと動きがより複雑か否かの組み合わせである。具体的には、C1, C2は被験者の行動を反映せず、C3, C4は被験者に接近・回避するようにボールが動くことにより被験者の行動をする。またC2, C4のボールはC1, C3と比べ動きの複雑さが増す。

3.3.1 対象への行動の違い

結果として、ボールを避けようとする行動やボールを蹴ろうとする行動が観察された。特にC4のボールが被験者の位置と他方のボールの位置に応じて動く条件において、バツ印へ移動するタスクを実行中の移動量が増加した。また、移動するタスクを実行していない間においても、ボールが被験者の位置に応じて動く条件(C3, C4)において、そうでない条件(C1, C2)に比べ移動量が大きくなっている。これらのことから対象が自分の位置に関係して動いている場合に「追う」「蹴る」「踏む」といった対象への行動が促されたといえる。このような行動を取ることで自分の行動に対する対象の振る舞いを観察することができる。さらに、自分の行動に対して対象からの反応がある場合、異なる状況下での同種の行動や異なる行動をとることで、対象の振る舞いの理解を進めることが可能となる。このように人は未知の存在に対して、自分の行動と対象の振る舞いを対応づけていくことで、その振る舞いの性質を同定しようとしているのではないだろうか。

3.3.2 対象へ抱いた印象の違い

また、実験後のアンケートによる印象評価において、現段階では被験者数が少なく統計的な妥当性は検証できないが、「対象の動きの自分への関わりの有無」と「対象の動きの複雑さ」が生物性や意図性の知覚に影響していると考えられる。C3, C4がC1, C2と比べ、生物性尺度と意図性尺度の得点が高くなったのは、対象が自分に働きかけてくることによる影響と対象が自分の動きに応じる動きをしたためであると考えられる。C1

とC2の間の差とC3とC4の間では、C2およびC4の動く方向を決める要素が複数となることで対象の振る舞いの複雑さが増し、結果として生物性尺度と意図性尺度の得点が高くなったと考えられる。

今回の実験では被験者の行動が制限されている状況での行動の分析を中心に行っている。バツ印が非表示の間は被験者が自由に行動するため、ボールに対する行動やボールに関係のない行動は個人の特性に依存するところが大きい。そのため、ボールに対する行動の時間的な変化やボールの動きが制限のない状態での行動に及ぼす影響については、今後被験者数を増やし定量的な分析を行う必要がある。

4 総合議論

本研究は、「人は、予め構築された関係性や外観による先入観を排除した対象の振る舞いからその対象を他者と見做すことが可能である」という仮説に基づいている。今回の実験では、人工物の振る舞いを単純なモデルに基づき設計しているため、対象を他者と見做すことは困難であった。しかし、影のような実体を伴わない対象であり、かつ、外観が単純なもの(円)であってもその振る舞いの違いから人の行動や印象が変化することが示唆された。このことから、振る舞いのみから対象がコミュニケーション可能な他者であることを人が認知させることは可能であると考えられる。

ボールの動きを条件とするうえで、被験者の位置に対応して動くか否かをインタラクションの有無とし、他方のボールの位置に対応して動くか否かをボールの動き複雑さとしてボールの動きを設定した。しかし、ボールが被験者の位置に対応していない場合においても、被験者自身が動き回ること、ボールの動きと自らの動きを対応付けることは可能である。実際に、条件C1, C2の被験者の中にはボールの振る舞いを「ボールが自分を追いかけてきている」と解釈していた者がおり、このような被験者の生物性、意図性尺度の得点は比較的高い値(4~6)を示している。これは2.2.1節で述べたように当事者視点で実験を行ったためであると考えられ、対象の振る舞いを観察するだけの実験では現れないような結果であるといえる。このことから、他者性の認知過程のような対象の振る舞いに依存して抱く印象が変化し得るものは、当事者視点でのインタラクションを解析することで明らかにしていく必要があると考えられる。

対象の振る舞いと被験者の振る舞いは相互に依存しているため、今回の実験のように対象の振る舞いそのものを実験条件とすることは困難である。そこで今後の実験では、人同士がそれぞれの相手の位置と対応した人工物とインタラクションを行うことが可能な環境を設定し、そこで行われるインタラクションを観察する。人同士でコミュニケーション関係が形成された場合のインタラクションと、コミュニケーション関係の形成が阻害された場合のインタラクションを比較し、そこから、相手をコミュニケーション可能な他者であると見做す過程を明らかにする。人が対象を他者とみなしコミュニケーション関係を構築する過程をモデル化できれば、そのモデルに基づく人工物の振る舞いの設計が可能になると推察される。

5 まとめと展望

ロボットなどの自律的に動作する人工物は、初めて対面する人にとって未知の存在となり得る。このとき、人がどのように対象の振る舞いを同定し、その対象との関係を築くかは明らかになっていない。そこで、位置を表す幾何学図形（円形）の影とのインタラクションを観察し、未知の存在に対する人の行動を明らかにするための実験を行った。結果として、対象が自分の位置に応じて動く場合、「追いかける」、「蹴る」といった対象に関わろうとする行動が促された。このことから、人は自分の行動との対応付けを行うことで、未知の存在の振る舞いを同定していると考えられる。しかし、今回の実験では対象の振る舞いが自分と関わりがあることを認知することは可能であったが、実験環境や課題が単純であったため、対象の振る舞いの意図を推定することが困難であった。今後、人同士の原初的なインタラクションを解析することで、対象を他者と見做す過程を明らかにするための実験を行う。そこから、人工物に適用可能なモデルの構築を目指す。本研究の発展により、人とロボットなどの人工物の間に社会的な関係が形成されるようなインタラクションのデザインが可能になると期待される。

参考文献

- [1] Reeves, B., Nass, C.: *The Media Equation*, Cambridge University Press., (1996)
- [2] 山田誠二, 角所考, 小松孝: 人間とエージェントの相互適応と適応ギャップ, *人工知能学会誌*, Vol. 21, No. 6, pp. 648-653 (2006)
- [3] Heider, F. and Simmel, M.: An Experimental Study of Apparent Behavior, *American Journal of Psychology*, Vol. 57, pp. 67-70 (1944)
- [4] Fukuda, H. and Ueda, K.: Interaction with a Moving Object Affects One's Perception of Its Animacy, *International Journal of Social Robotics*, vol. 2, pp. 187-193 (2010)
- [5] 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, 基礎・境界*, J95-A(1), pp. 165-174 (2012)
- [6] 岡田美智男, 松本信義, 塩瀬隆之, 藤井洋之, 李銘義, 三嶋博之: ロボットとのコミュニケーションにおけるミニマルデザイン, *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol. 2, No. 2, pp. 189-197 (2005)
- [7] 三輪 敬之: 場の統合による共存のコミュニケーション技術, *電子情報通信学会誌*, Vol. 89, No. 3, pp. 218-225 (2006)
- [8] Kannape, O. A. Blanke, O.; Agency, gait and self-consciousness, *International Journal of Psychophysiology*, Vol. 83, pp. 191-199 (2012)
- [9] Opfer, J. E.: Identifying living and sentient kinds from dynamic information, *Cognition*, Vol. 86, pp. 97-122 (2001)