

足跡インタラクションを通じた他者性の認知過程

Identification of Agency on Interacting with Computer and Attribution of Humanlikeness

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 examine agency identification, there was equipped an experimental environment for observing how people interpret other's behavior. The experimental environment which physically provided the interaction between human and computer was a media system that connects two sides of the experimental environment through the computer network. The task of experiment required participants to discriminate the other party if it was human or a computer. In this study, we regard attribution of humanlikeness toward other's behaviors as a sign of agency identification. The result of experiments suggests that human agency identification is induced by interaction between the target entity and his/herself.

1 はじめに

従来のロボットは産業用のものが主であったが、ペットロボットや掃除ロボット、学習を支援するロボットなどが登場している。それに伴い、ロボットが人のコミュニケーション対象となることが期待されている。しかし現在のところ、コミュニケーションを目的としたロボットは普及しているとは言えない。その原因の一つとして、人がロボットをコミュニケーション対象と見なすことが困難であることがあげられる。一般的に、人にとってロボットは今までコミュニケーションを取ったことがない存在である。ゆえに、ロボットの動作の目的（意図）が不明確となり、コミュニケーション関係を形成できていない可能性がある。

一方で、人にとって他の人（他者）がコミュニケーション対象となり得ることは自明である。このことから、人がロボットなどの人工物に対しそれが他者であると認知することで、その人工物をコミュニケーション対象と見なすことができると考えられる。そこで本研究では、ある対象を他者と認めた状態をその対象に他者性を認知した状態とする。ある対象に他者性を認知するかどうかは、対象の見た目から得られる先入観と対象の振る舞いに依存すると考えられる。このことから、人工物の見た目を人に近づける方法が考えられる。しかし、人工物の見た目を人に近づけることは、コス

トの増大や汎用性の欠如につながると推察される。そこで本研究では、振る舞いから他者性を認知する過程に注目し、見た目から得られる情報をできるだけ排除した対象とのインタラクションを観察する。先行研究では、相手の情報をできるだけ制限したインタラクションの場を用意し、コミュニケーションを発現させることで、その過程を解析する実験が行われている [1][2]。本研究においても、相手とのインタラクションの場を用意し相手とのやり取りを観察する実験を行う。この実験では被験者に明確な実験課題を与えない状態でのインタラクションを観察する。これにより、他者が存在するかどうかを意識しない状態から、インタラクションを通して対象の他者性を認知する過程を明らかにする。この過程を明らかにすることで、人間が親しみやすいロボットの振る舞いを実装でき、ロボットが人間社会に迎合されやすくなると考えられる。

2 ミニマムな身体表示によるインタラクション

他者性が認知される過程を明らかにするためには、インタラクションを行う対象がどのような振る舞いをするかが見た目からはわからないようにする必要がある。そこで、ミニマムデザインの手法に基づき、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、少なくとも相手はどこにいるかわかる必要がある。そこで本研究では、人

*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

の位置を表す足跡だけを残す．足跡の表現についても，位置情報を表す最小の表現である円や四角形などの幾何学図形を用いる．

人は幾何学図形に対しアニメシーや意図を知覚することができる [3]．このことから，幾何学図形を用いた単純な身体表現に対しても他者性を認知できると考えられる．また，対象とのインタラクションの有無によってアニメシー知覚のされ方が異なることが明らかとなっている [4]．このことからインタラクションを行うことが他者性の認知にも影響を及ぼすと推察される．そこで本研究では，足跡とどのようなインタラクションを行うことで他者性を認知し得るのかを調査する．

3 予備実験

相手の位置情報だけを表す足跡（円）とインタラクションを行うことによって，足跡に対し他者性を認知することが可能か検討する．

3.1 実験環境

実験環境の概要およびシステムの概要図を図 1，図 2，に示す．被験者はプロジェクタ 2 台によって床に投影された光の範囲内（1.2m × 0.9m，800 × 600 pixel）で行動させる（図 3）．Kinect センサーにより取得した被験者と実験者の腰の座標を位置情報とし，それぞれを，ネットワークを介し送受信する．送られてきた座標を基に，実験者側はディスプレイ，被験者側はプロジェクタに足跡である円を表示する．なお，実験者側のディスプレイには実験者自身の位置を表す円も表示する．

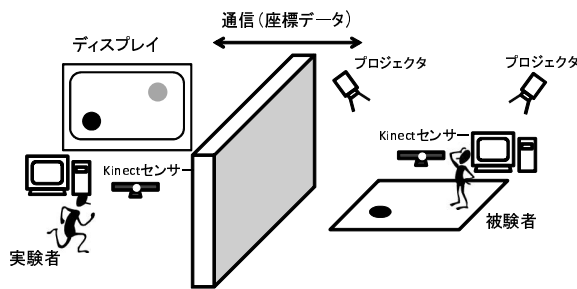


図 1: 実験環境の概要図

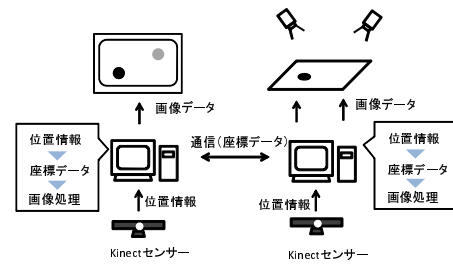


図 2: 実験システムの概要



図 3: 実験環境

3.2 実験条件

本実験は，足跡を人が操作する”人条件”と，プログラムにより足跡の座標を決定する”プログラム条件”の 2 条件被験者間計画で行う．人条件での足跡の動きを統制するために，実験者の動きの方針を予め決定しておく必要がある．実験者は足跡を被験者に接近させ，被験者が動きだすまで待機し，被験者の動きが予測できる場合は先回りするように行動する．プログラム条件では，被験者側の設備のみを用いて，Kinect センサーにより取得した座標を基に，表示する足跡の位置を決定する．具体的には，被験者の位置座標を取得する毎に足跡の現在位置と被験者の現在位置の角度を求め，その角度に 0 ~ 800 mm/s の間のランダムで進むように次位置を決定するアルゴリズムとする．

3.3 実験方法

被験者を部屋に入れ，床に投影されたプロジェクタの光の中から出ないように指示し，光の中央に立たせる．それ以外の行動に関する教示は行わず，部屋の中で一人にする．約 1 分後，床に足跡（円）を表示する．足跡が表示されてから 3 分後，足跡の表示を終了し，被験者にアンケートの記入を行わせる．

3.4 被験者

被験者は人条件 15 名，プログラム条件 15 名の計 30 名の大学・大学院生である。

3.5 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）
- 足跡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
- 足跡に対する正体判断（実験後アンケート）

Kinect センサーにより取得した被験者の位置データとビデオカメラにより撮影した映像から被験者の行動を解析する。被験者に特徴的な動きがあったか，足跡に対する行動の変化が起こったかを調査する。そのような被験者の行動が足跡に対する他者性や意図性の認知を促したかどうかを足跡の正体判断の成否や足跡に対する印象から評価する。

3.6 結果と考察

「プロジェクタの像に投影されたものの正体は何だと思いますか」という質問に対する各条件の回答は，人条件では「わからない」が一番多くなり，プログラム条件では「コンピュータ」が一番多くなった（図 4）。

足跡の正体人がであると判断した場合，被験者は足跡に対し他者性を認知していたといえるが，人条件において足跡に対し他者性を認知した被験者は 13%にとどまっている。しかし，アンケートの「あなたの目的は何でしたか」という質問に対して，人条件では「足跡と遊ぶ」や「足跡から逃げる」といった回答が得られている。これに対し，プログラム条件ではこのような回答は得られていない。このことから，人条件では，足跡は主体性を持った存在で被験者に関わろうとしていたことが認識されていたと考えられる。

では，他者性を認知するためには「自分に関わろうとする対象の振る舞い」に加え，どのような要因が必要なのか。人条件において足跡の正体人がであると判断できた被験者は，正体判断を誤った被験者に比べ移動量が多くなっている（表 5）。このことから，足跡の他者性を認知した被験者は能動的に動いていたといえる。また，先行研究では正体判断において，能動的に行動しなければ相手の正体を判断するための材料が不足することが示唆されている [5]。よって，他者性を認知するためには，「自分に関わろうとする対象の動きの

認知」だけでなく，「自分から対象に関わろうとする行動」が必要になるのではないかと推察される。この点については今後の実験によりさらに検討する。

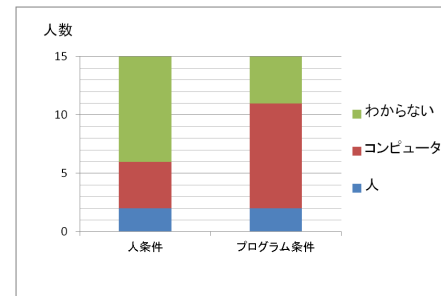


図 4: 各条件における正体判断の結果

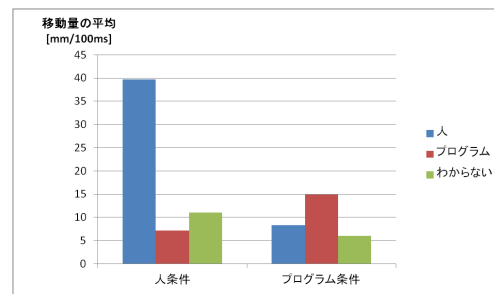


図 5: 各条件における正体判断ごとの移動量 (mm/100ms) の平均

4 「モノ」を介した足跡インタラクション実験

予備実験の結果から本実験では，被験者を 2 名 1 組とし，互いに明確な目的がなく，相手の存在を知らない状態で実験を行う。これにより，被験者の能動的な行動が他者性の認知に及ぼす影響を調査する。また予備実験では，被験者にとって行為の対象となるのは足跡のみであり，足跡の動作の対象も被験者のみであった。そのため，行動に対する意図の有無が困難であったと考えられる（図 6）。そこで，相手の行動の対象が明確となるように，場に共有された「モノ」を介したインタラクションを観察する。「モノ」を介したインタラクションが行われる場合，相手の行動が「モノ」に対しての行動なのか，自分に向けられて行動なのかを被験者が判断することが可能となる（図 7）。また，今回の実験では両足の位置を足跡として表示させる。これにより，予備実験において観察された対象を「蹴る」，

「踏む」といった行動を足跡の表示に反映させることが可能となる。

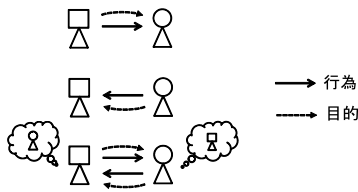


図 6: 直接的なインタラクション

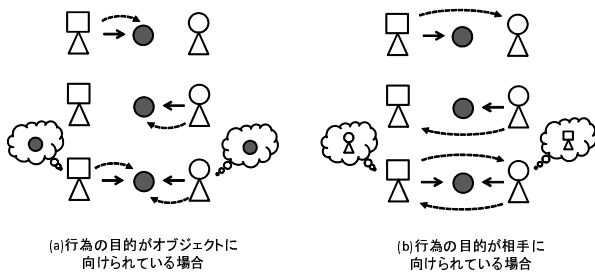


図 7: モノを介したインタラクション

4.1 実験環境

予備実験と同様に床に足跡をプロジェクタを用いて投影する。Kinect センサーにより取得した相手の両足の位置を足跡として表示させ、両部屋で位置が共有されたモノとしてボール（円）を表示する。このボールはどちらかの被験者の足に接触した場合、接触した足の速度に応じて直線的に動く。

4.2 実験方法

被験者 2 名 1 組（被験者 a,b）で、それぞれの被験者には相手の存在を知らせず、別々の部屋で実験を行う（図 8）。各部屋ではプロジェクタの像を床に投影し、両被験者にはプロジェクタの光の範囲からでないように教示する。またボールを介したインタラクションを誘発するために、被験者 a のみにボールを蹴って動かすことができることを教示する。なお、それ以外の行動に関する教示は行わない。被験者を部屋で一人にした後、それぞれの部屋の床に別室の相手の足跡とボールを表示させる。5 分後、足跡およびボールの表示を終了し、被験者にアンケートを回答させる。

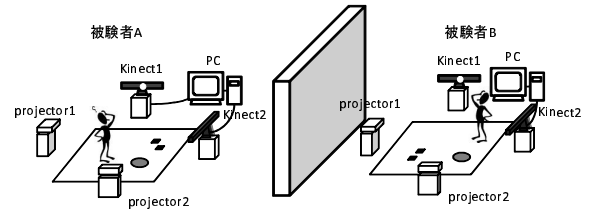


図 8: 実験環境の概要図

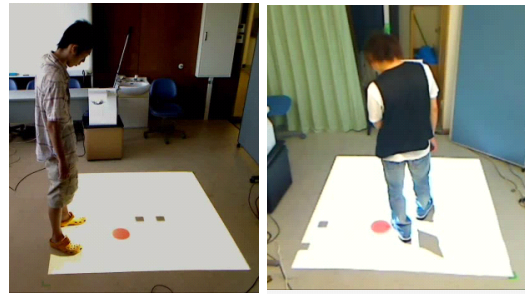


図 9: 実験環境

4.3 被験者

被験者は 5 組（10 名）の大学・大学院生である。

4.4 観察項目

本実験では以下の項目を観察する。

- 被験者の両足の動きのログデータ（100ms 毎）
- ボールの動きのログデータ（100ms 毎）
- ビデオカメラで撮影した被験者の映像
- 足跡に対する正体判断（実験後アンケート）

被験者の足の動きは Kinect センサーにより 100ms 毎に取得し、被験者の行動を定量的に解析する。またビデオカメラの映像から、足跡やボールに対する被験者の行動がどのように変化するかを分析する。これらを基に、両被験者の足跡を介したやり取りから、足跡を他者として認めたとえでの行動が生じる過程を明らかにする。また、そのような行動が正体判断に与える影響を調査する。

4.5 結果

4.5.1 正体判断

各被験者の足跡の正体判断の結果を表 1 に示す。なお、以下ではボールに関する教示を受けた被験者を a、

受けていない被験者を b とし、ペア 1 の被験者を 1a, 1b と表記する。足跡の正体を「人」と判断できたペア 2 の被験者 2a と 2b は他者性を認知していたといえる。

正体判断の理由についての自由記述では、2a は「自分の立っている所から常に離れているように感じたから」、2b は「動きに規則性のようなものがないのに、こちらの動きに合わせて動くことがあったため」としている。一方で、足跡の正体を「コンピュータ」と判断した被験者から「動きに規則性がなかった」、「自分の動きに反応しなかった」という回答が得られた。また、「わからない」と判断した被験者は「動きの予測がなかった」、「動きの規則や理由がわからなかった」という回答であった。このことから、自分の行動に対する相手の反応がない場合には他者性は認知されないと考えられる。

表 1: 各被験者の正体判断

	被験者	正体判断
ペア 1	1a	コンピュータ
	1b	コンピュータ
ペア 2	2a	人
	2b	人
ペア 3	3a	コンピュータ
	3b	コンピュータ
ペア 4	4a	わからない
	4b	コンピュータ
ペア 5	5a	わからない
	5b	コンピュータ

4.5.2 特徴的な行動

すべての被験者がボールと足跡が床に表示されていることに気づき、足跡・ボールに対し何らかの反応を示した。足跡やボールに対して以下の行動が観察された。

- 足跡やボールに接近する。
- 足跡やボールから遠ざかる。
- 足跡を蹴る、踏む。
- ボールを蹴る・踏むことで動かす。
- 接近してきた足跡やボールを避ける。

足跡やボールに対する関わり方は被験者ごとに異なっている。そこで、各被験者が足跡やボールに接近した量を比較する(図 10)。ある時間 t の被験者の位置を A_t 、足跡の位置を B_t とし、100ms 後の被験者の位置を A_{t+1} とすると、被験者が足跡に接近した量は、 $(A_t$ と B_t の距離) - $(A_{t+1}$ と B_t の距離) で求めることができる。同様に被験者がボールに接近した量も求めることができる。

また、ビデオカメラの映像とログデータを基に、被験者が足跡やボールを蹴る、踏むことで移動させた回数と、足跡やボールを避けた回数を数え、比較したものを以下に示す(図 11, 図 12)。

これらの結果から、各被験者の行動パターンを次のように分類することができる。

- ボールに対して積極的近づき、ボールを蹴って動かす。ボールを足跡にぶつけようとする(1a, 2a, 3b, 4a)。
- 足跡に対し積極的に近づく(1b, 5b)。
- ボールから積極的に距離を取ろうとする(3a)。
- ボール、足跡に対して積極的に近づいたり離れたりせず、足跡やボールが近づいてきた場合に反応する(2b, 4b)。

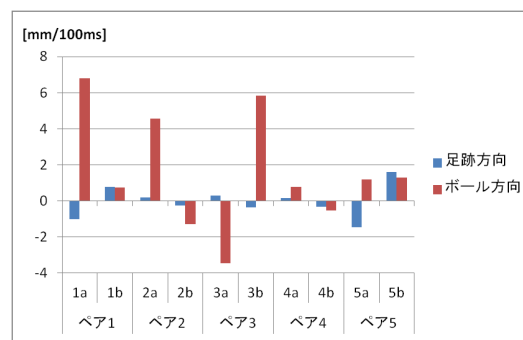


図 10: 足跡およびボールに接近した量の平均の比較

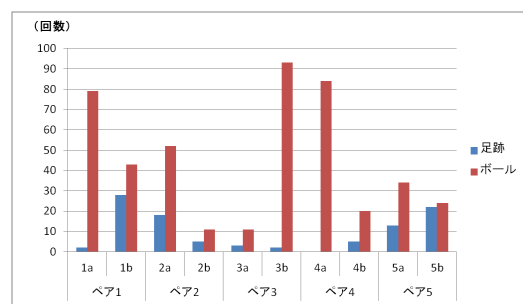


図 11: 各被験者が足跡とボールを蹴った回数の比較

4.6 考察

本研究では、人を幾何学図形のようなミニマムな表現で表し、どのようなインタラクションを行うことで対象から他者性を認知するのかを明らかにすることを目的としている。そこで、被験者の両足の位置を四角

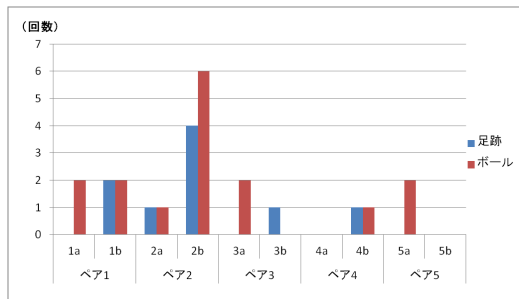


図 12: 各被験者が足跡とボールを避けた回数の比較

形で表し、ボールを介したインタラクションを観察する実験を行った。結果として、足跡に対して他者性を認知した被験者は5組中1組であった。以下では、足跡を「人」と判断した被験者 2a, 2b と他の被験者の行動を比較し、他者性を認知するための要因と他者性が認知を阻害するような振る舞いについて考察する。

予備実験では、自分から対象に関わろうとする能動的な行動が他者性の認知を促すことが示唆されている。本実験においても、図 11 に示すように 2a は、足跡に関わろうとする行動をとっている。しかし、2a よりも能動的に行動している被験者 (1a, 3b) もいるが他者性は認知されていない。そこで、2a の相手である 2b の行動に注目すると、足跡やボールの接近に対して避けるという行動をとっていることが図 12 から見受けられる。このことから、他者性を認知するためには、自分から対象に関わろうとする行動とそれに対する対象の反応が重要であると考えられる。なお、4.5.1 節で示したように正体判断の理由を問うアンケートにおいてもこのことを支持する回答が得られている。

一方で、自分が蹴ったボールの接近に対して足跡がボールを蹴り返すという状況がほとんどの被験者のペアで観察されている。これも能動的な行動に対する相手の反応といえる。しかし、このような間接的なインタラクションのみの場合、他者性は認知されていない。このことから、相手が実体を伴った存在であることが他者性を認知するための前提条件となっているのではないかと考えられる。今回の実験環境では相手の存在は視覚情報のみであるため、相手が実体を伴った存在であると判断するのは難しい。しかし、相手の蹴りやボールを足跡が避ける場合、相手に足跡が実体を伴った存在であるかのような印象を与える。そのような行動がほとんど見られなかった被験者に対しては、足跡が実体を伴った存在と見なされていなかったと考えられる。これにより、他者性が認知されなかったのではないかと推察される。

5 まとめと展望

今後、人とロボットのような人工物がコミュニケーション対象として関わる機会が増加すると考えられる。このとき、人工物の動作の目的（意図）が不明確となり、コミュニケーション関係を形成できていない可能性がある。一方で、人にとって他者はコミュニケーション対象となり得ることが自明である。このことから、人工物に対し他者性を認知することで、その人工物をコミュニケーション対象と見なすことができると考えられる。そこで本研究では、他者性の認知過程を観察するための実験を行った。予備実験では身体的なインタラクションを行うために最低限必要な位置情報のみを足跡（円）で表現し、足跡の接近に対する被験者の行動を観察した。結果として、他者性を認知するためには、「自分に関わろうとする対象の振る舞いの知覚」と「対象に関わろうとする自身の行動」が必要であることが示唆された。本実験では、両足の位置を表す足跡（四角形）とボールを介したインタラクションにおける被験者の行動を観察した。その結果、「対象に関わろうとする自身の行動」に対して対象の反応がない場合や間接的なインタラクションのみでは他者性が認知されることが示唆された。

現時点では被験者数が少なくデータが不足しているといえる。また、被験者が意図した方向にボールを蹴ることができないことがあり、両足の検出精度を上げる必要がある。その上でより詳細に定量的な分析を行う必要がある。

参考文献

- [1] Galantucci, B. Kroos, C., Rhodes, T.: The effects of rapidity of fading on communication systems, *Interaction Studies*, Vol.11, No.1, pp.100-111 (2010)
- [2] 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)
- [3] Heider, F., Simmel, M.: an experimental study of apparent behavior *American Journal of Psychology*, Vol.57, pp67-70 (1944)
- [4] 福田玄明, 植田一博.: 対象の運動に対する関わりが生物らしさの知覚に与える影響, *HAI シンポジウム*, IF-2 (2007)
- [5] 中田達郎, 竹内勇剛.: 原初的な相互行為を通じた他者との関係形成過程の観察, *HAI シンポジウム*, 2A-2 (2009)