

# 仮想オブジェクトを介した視覚的コミュニケーションにおけるターン テイクダイナミクス分析

## Analysis of turn-taking dynamics for visual communication via virtual objects

入江 諒<sup>†</sup>, 金野 武司<sup>‡</sup>

Ryo Irie, Takeshi Konno

<sup>†</sup> 金沢工業大学, <sup>‡</sup> 電子情報通信工学科

Department of Electronics, Information and Communication Engineering

b1443804@planet.kanazawa-it.ac.jp

### Abstract

What kind of characteristics do humans read from others in determining their “human-like movements”? In this study, we designed an experiment that allows participants to visually interact with others through a virtual object. As a result of the experiments between humans and between humans and a computer that performs random movements, movements of an object between humans tended to show coordination. Moreover, compared to the movements between a human and a computer, they were confirmed to show significantly higher correlation coefficient. However, the analysis of movement patterns and the questionnaire collected from the study participants reveal that higher correlation coefficient is not sufficient to assess human-like movements, and there is a need for quantitative assessment by switching the role, that is, turn-taking of the leader-follower relationship in the coordination movement.

**Keywords** — Human-like movements, Turn taking, Human-computer interaction

### 1. はじめに

インターネットを介して大勢の人が参加することのできるコンピュータゲームでは、人が操作するキャラクターだけではなく、計算機のアルゴリズムで動くキャラクターがいる。そういったキャラクターは見るだけで計算機が動かしていると分かることが多い。しかし、それがどういった特徴によるものであるのかは良くわかっていない。人は他者の動きの観察から人らしさをどのように感じ取っているのだろうか。

人の動作の三次元計測によって人らしい動きを解明しようとする研究 [1, 2] は多いが、人の動作は非常に複雑であり、計測されたデータから人らしさを感じる

本質的な要素を抽出することは難しい。これに対して、飯塚 [3, 4, 5] は指の動きと触覚のみを通じた二者間でのインタラクション実験を実施している。この実験で飯塚は人どうし、および人と人記録データでの実験を行ない、その結果から、相手が人であることを認める重要な要素として応答的なターンテイクがあることを指摘している。しかし飯塚らの研究は、視覚的動作パターンにおける人らしさの知覚的動作特徴を明らかにするには至っていない。

そこで我々は、飯塚らと同様に単純なインタラクション環境を用意しつつ、視覚的なチャネルにおいて二者の運動の相互作用の変化パターンを計測する実験を設計し実施する。この実験において、相手を人だと判断する際の動作特徴を調査するために、人どうしのインタラクション実験と共に、人と計算機でのインタラクション実験を実施する。さらに、人と計算機の実験では、計算機の動きを人とは明らかに異なるようにする。こうすることで、人どうしの動きを計算機の動きとの差として明確に特徴づけられるようにすることを狙う。次節以降では、上記の考えに基づいて設計した実験室実験について説明する。

### 2. 実験室実験

実験では二人の参加者が背中合わせに設置されたコンピュータ端末の前に座る。両者の端末の画面上には中央に直径約 16[mm] の円形のオブジェクトが横並びに 2 つ配置される (図 1)。それぞれの円は一方を自分が操作し、他方を相手が操作する。自分が操作する円はオレンジ色で、相手の円は緑色で表示される。円はテンキーパッドの矢印ボタンによって左右にのみ動かすことができ、自分の円の位置の変化は相手に直ちに反映されるようになっている。また、円は互いにすり抜けることができないようになっている。飯塚らの研究 [4] では互いの移動場所がすり抜けるように

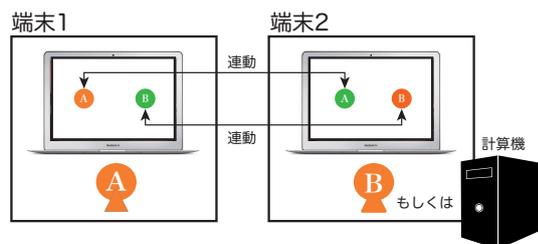


図1 実験環境

なっているが、視覚的動作特徴として「押す／押される」の関係としてターンテイクを表現できるようにするためにこのような設定とした。

## 2.1 実験手続き

参加者は、コンピュータ端末越しに簡単なゲームに取り組むことが説明され、最初に操作に慣れるための練習を90秒間を上限に行なった。参加者は90秒を1セッションとして、計15セッションに取り組んだ。このうち、初めの5セッションは人どうしで行なわれ（人-人条件）、残りの10セッションでは相手が人と計算機で5回ずつランダムに入れ替わった（人-計算機条件）。人-計算機条件で参加者は、相手が計算機になる場合には二人ともが計算機を相手とした。また、人-計算機条件では、1回のセッションが終わるたびに、相手が人であったか、計算機であったかについてのアンケートに答えた。このアンケートでは、同時にそのように判断した根拠となる動作特徴を自由記述で答えた。1セッションごとの正解についてはフィードバックしなかった。初めの5セッションが終わった後で、参加者には相手が人であるか計算機であるかがランダムに入れ替わることが伝えられた。同時に参加者には相手が人であるのか計算機であるのかを判断すると共に、自分が人であることを相手に伝えようとするように指示された。

## 2.2 実験設備と計算モデル

実験システムはMATLABにPsychtoolbox [6, 7, 8] を組み合わせて構築した。モニターはEIZO製FlexScan EV2316Wを用い、画面サイズは510 × 290 [mm] (1920 × 1080 [pixel]) だった。描画更新のサンプリング時間は10[msec]とした。1サンプリング時間あたりの円の移動距離を10 [pixel] としたため、人が操作する円の移動は270.8[mm/sec]の等速度運動であった。

計算機が動かす円は、サンプリング時間ごとに±15[pixel]の範囲でランダムに移動するようにした。従って、最大移動速度は406.2[mm/sec]であった。このような動作にすることで、人の動かし方とは明らかに異なる動きを実現した。

## 2.3 参加者

実験には5ペア（計10名）が参加した。参加者はいずれも金沢工業大学の男子学生で年齢は21～22歳（平均=21.3, SD=0.458）であった。また実験は全て同大学で行なわれた。

## 2.4 結果

参加者が体験した15セッションのうち、相手が人もしくは計算機とランダムに入れ替わった後半10セッション（人-計算機条件）における正答率は76%だった。そのうち、人の動きに対する正答率は72%であり、計算機の動きに対する正答率は96%だった<sup>1</sup>。この結果は、人の動作と計算機の動作が異なるものとして認識されたことを示している。

参加者が実際にどのような動かし方をしたか、その特徴的な例として人-人条件のグラフを図2に、人-計算機条件のグラフを図3にそれぞれ示す<sup>2</sup>。人-人条件では、2つの円の位置が同調して動く様子が多く観察された。他方、人-計算機条件では、計算機がランダムウォークするため、人-人条件で見られる動作とは大きく異なるパターンとなっている。図3で興味深いのは、セッションの前半で人の方が機械に合わせて小刻みに円を移動させつつも、セッションの後半では本来の人らしい動きに変わっていることである。

円の動かし方についてのパターンを見ると、両者には同調度合いについて違いがあるように見える。そこで、2つの時系列についてピアソンの積率相関係数を算出してみる。人-人条件での5セッションの相関係数は平均0.816 ( $SD = 0.073$ )、人-計算機条件での10セッションのうち、人-人条件での5セッションの相関係数は平均0.783 ( $SD = 0.093$ )、計算機相手での5セッションの相関係数は平均0.329 ( $SD = 0.041$ ) だった（図4）。この3条件について参加者内計画による分散分析を実施すると、有意な主効果が確認

<sup>1</sup>ただし、ペア5の人-計算機条件での人-人条件で行なった4回目のセッションで、一方の参加者が全く円を動かさないことがあったため、このセッションは外れ値として以降のデータ分析から除外した。

<sup>2</sup>これらの例では、いずれも人は人と、計算機は計算機と正しく認識した。

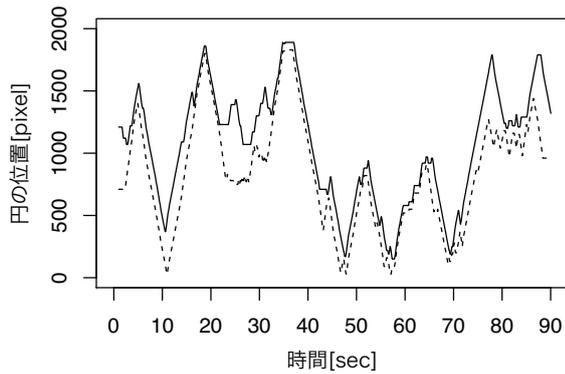


図2 人どうしでの円の移動パターン

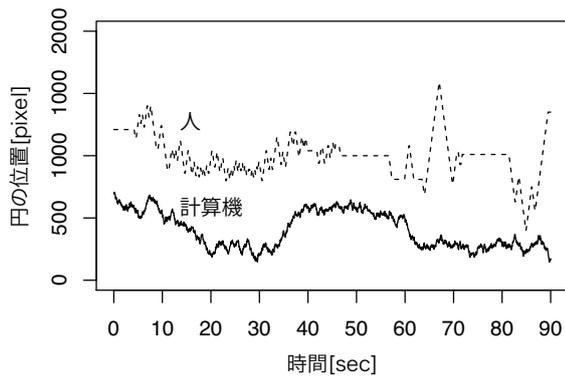
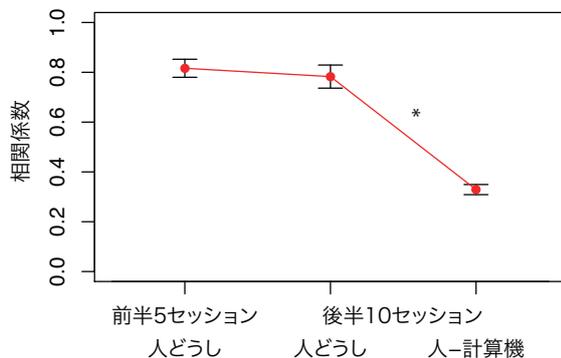


図3 人-計算機での円の移動パターン

された ( $F(2, 8) = 51.01$ ,  $MSE = 0.007$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = 0.905$ ). Holm 法を用いた多重比較の結果, 人どうしでの相関係数についての2つの平均値には有意差がなく, 人どうしと人-計算機間の相関係数の平均には有意差があった ( $p < .05$ ). この結果は, 人どうしでの動きの特徴の1つとして, 時系列間の相関の高さがあることを示している.

図4 人-人条件, 人-計算機条件での相関係数. \*  $p < .05$ .

### 3. 議論

結果より, 人らしい動きの特徴が相関係数の違いに表れるような同調的な動きにあることがわかった. では, 2つの時系列が同調的でありさえすれば, 人は相手を人が動かしていると判断するだろうか. 人-人条件での正答率が72%であったことを考えると, 同調だけでは相手を人と判断することはできないのではないかと考える. 事例としてはまだ少ないが, 人-人条件で, 相関係数が高いにも関わらず相手を計算機と判断したケースがあった. 人-計算機条件で人と対した5セッションにおいて, 人ではなく計算機だと答えたのは, 5ペア10人中8人で, 14セッションあった(28%). また, 一人当たりの間違える頻度は平均1.4回 ( $SD = 1.17$ )であり, 特定の人に誤回答が偏っていたのではなかった. このとき, 誤回答したセッションでの相関係数の平均は0.813 ( $SD = 0.228$ )だった. これは, 相関係数が高いにも関わらず誤回答をすることがあったことを示している.

誤回答をしたときの判断の根拠を尋ねたアンケートでは, 「あまりついてこなかった」, 「動きがぎこちなかった」, 「相手が自分の動きに合わせてくれなかった」, 「動きを合わせてこなかった」, 「自分が止まっているときの動きが不自然」といった記述が見られた. これらは自分の動きに対して相手からの応答が返ってこないことを根拠として相手を計算機と判断していたことを示しているのではないだろうか.

相手の動きに応答的になることについて, 同調傾向は確かに重要な要素の一つであるが, 相関係数はその傾向を適切に表現するには不十分であることが考えられる. また, 一方向的な同調ではなく, 交互に主従関係が入れ替わることも重要であると考えられる. 図3に示した動作パターンは, 人-計算機条件での一事例だが, 人は最初に計算機のパターンに同調するような動きを見せつつも, 途中から今度は自分のターンであるかのように, 相手が自分に同調してくるかどうかを試すような動きをしている. これに対して計算機が全く応答しなかったことから, 相手を計算機と判断したのではないかと考えられる. 以上のようなことから, ただ同調するのではなく, 「押す/押される」の役割の交代が行われること, すなわち, ターンテイクのパターンの繰り返しが重要なのではないかと考える. また, このパターンを定量的に抽出することが, 人らしい動きの特徴解明に必要なものと考えられる.

#### 4. 結論

我々は、視覚的な動作において、人が他者に「人らしい動き」をどのような特徴から感じ取っているのかを調査するために、コミュニケーションチャネルを限定し、仮想的なオブジェクトを介して他者とインタラクションする課題を設計し実施した。結果、オブジェクトの操作に関して、人どうしでの動作パターンには同調傾向が現れることが確認された。この同調傾向は、人と計算機の動作パターンと比較した場合に、2者間の時系列パターンの相関係数の高さとして表現できることを確認した。しかし、同時に人どうしの同調パターンを適切に特徴付けるには相関係数の尺度では不十分であることも確かめられた。アンケートの記述および動作パターンの観察からは、同調の主従関係が一方ではなく交互に入れ替わること、すなわちターンテイクの重要性が示唆された。

#### 謝辞

本研究は、JSPS 科研費基盤研究 (B) 「個性を持つロボットの制作による〈心と社会〉の哲学」／課題番号 15H03151 の助成を受けた。ここに記し謝意を表します。

#### 参考文献

- [1] H. Joo, H. Liu, L. Tan, L. Gui, B. Nabbe, I. Matthews, T. Kanade, S. Nobuhara, and Y. Sheikh (2015) “Panoptic studio: A massively multiview system for social motion capture,” *In Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision*, 33343342.
- [2] 仲地 一世, 片上 大輔, 竹内 勇剛 (2011) “Kinect センサを用いた自分らしさ認知の解析,” 27th Fuzzy System Symposium, 128-133.
- [3] T. Forse, H. Iizuka, and T. Ikegami (2014) “Embodied social interaction constitutes social cognition in pairs of humans: A minimalist virtual reality experiment,” *Scientific reports*, 4:3672, 1-10.
- [4] 飯塚 博幸 (2014) “複雑系アプローチによる他者の認識とコミュニケーションの創発,” 計測と制御, 53(9), 821-827.
- [5] 飯塚 博幸, 安藤 英由樹, 前田 太郎 (2012) “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, J95-A(1), 165-174.
- [6] Brainard, D.H. (1997) “The Psychophysics Toolbox,” *Spatial Vision* 10, 443-446.
- [7] Pelli, D.G. (1997) “The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies,” *Spatial Vision* 10, 437-442.
- [8] Kleiner M, Brainard D, Pelli D, 2007, “What’s new in Psychtoolbox-3?” *Perception* 36 ECVF Abstract Supplement.