

仮想オブジェクトを介した視覚的インタラクションにおける ターンテイクダイナミクス分析

Analysis of turn-taking dynamics for visual interaction via virtual objects

入江 諒^{1*} 金野 武司¹
Ryo Irie¹ Takeshi Konno¹

¹ 金沢工業大学 工学部 電子情報通信工学科

¹ Department of Electronics, Information and Communication Engineering,
Kanazawa Institute of Technology

Abstract: 人は他者のどのような動きから人らしさを感じているのだろうか。我々は視覚的なオブジェクトを介したインタラクション環境を用意し、人どうし、あるいは人とコンピュータの間でのインタラクション実験を実施した。結果、人どうしではインタラクションパターンに多くの同調傾向が見られ、二者の動作間に高い相関関係が確認された。しかし、同調傾向は人らしい動作の指標として十分ではない。本研究では、人らしさを感じさせるインタラクションパターンを定量化するために、リーダー/フォロワーの状態判定に基づくターンテイキングの指標を作成し、その説明力を検証した。

1 はじめに

他者とのインタラクションにおいて、人は様々な情報から相手の人らしさを感じとっている。その中でも重要な特徴の1つに対話中のターンテイキング（話者交代）がある。このターンテイキングは対話に限定されるものではなく何らかの主従交代が行なわれるダイナミクスに一般化できると考えられる。飯塚ら [1, 2] は、触覚のみを使ったインタラクション環境を構築し、相手が人であるかどうかを判定する重要な特徴としてターンテイキングがあることを示している。我々はこのターンテイキングの特徴が視覚的なインタラクション環境においても観察されるかどうかを確かめるため、仮想オブジェクト（コンピュータ画面に表示した円図形）を介した二者での視覚的インタラクション環境を構築し、相互運動の変化パターンを計測した。結果、人どうしの動作パターンにおいて高い同調傾向が見られ、これが相関係数の高さとして定量化できることを確認した [3]。

しかし、人どうしの実験と共に仮想オブジェクトをランダムに動かすコンピュータとのインタラクション実験を行い、参加者に相手が人であったかコンピュータであったかを報告してもらおうと、コンピュータについてはほぼ全ての参

加者が相手は計算機であったと答えた一方で、相手が人であるときには相手が計算機であったと報告する事例が全体の約3割程度発生した。このとき、相関係数はいずれも同等の高い数値を示していたことから、人らしいインタラクションを測る指標として相関係数は不十分であることがわかった。また、同時に尋ねた判断の理由を分析すると、交互作用における主従関係の入れ替わりが起らなかったことを理由とする報告が多く見られた。そこで我々は、相関係数に代わり、オブジェクトを動かす際のリーダー・フォロワーを判定し、その割合を計算することでターンテイキングの特徴を指標として取り出すことを試みる。本論では、作成する指標が、人どうしの実験において相手を人もしくは計算機と判断した結果をどの程度説明できるのかを調べ、その結果を報告する。

2 実験室実験

実験では、二人の参加者が向かい合うように設置されたコンピュータ端末の前に座る。互いの姿が見えないように両者の間には衝立が設置される。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

*連絡先： 金沢工業大学 工学部 電子情報通信工学科
〒921-8501 石川県野々市市扇が丘7-1
E-mail: b1443804@planet.kanazawa-it.ac.jp

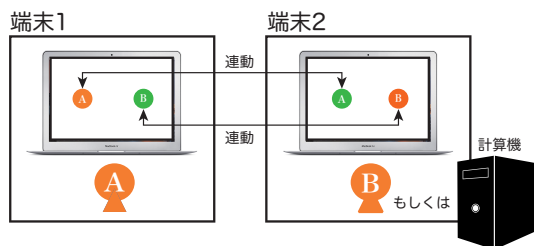


図 1: 実験環境

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の画面に映る円（緑色）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 [1, 2] では互いの移動場所がすり抜けるようになっていたが、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キング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 セッションは自由に動かすように指示され、人どうしで行なわれた（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-人、人-計算機混在条件）。人-人、人-計算機混在条件で参加者は、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-人、人-計算機混在条件では、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 [4, 5, 6] 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]

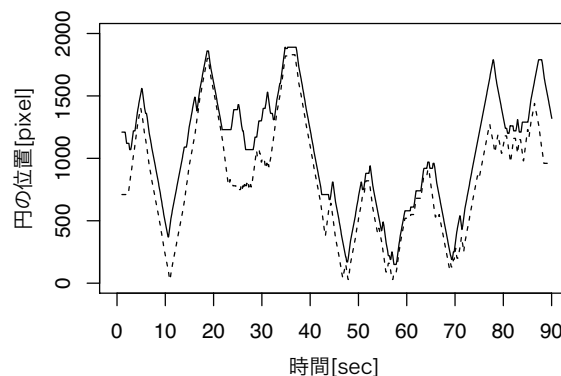


図 2: 人どうしでの円の移動パターン

(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 265.6 [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 398.4 [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 ターンテイキング指標

人どうしで円を動かすと、多くは図 2 のような同調傾向を示す。これは、飯塚ら [1, 2] の実験と比較すると、ターンテイキングの特徴に大きな違いがあることがわかる。飯塚らの実験では触覚のみのインタラクションとなるため、相手の位置と自分の位置との距離がわからない。このために、観察されるターンテイキングは、話者交代と同様に一方が動いているときには他方が止まり、他方が動けば一方が止まるというダイナミクスを持つようになる。しかし、我々の実験環境では相手の円との距離が視覚的にわかるため、互いに動き続けており、この中で「追う／追われる」の状態を入れ替える現象が生じるのだと思われる。本研究ではこの「追う／追われる」の状態を特定し、ターンテイキングの指標を以下のように計算する。まず、円の動作を「動いている／静止している」の 2 状態にし、基本的には一方の参加者の動作状態に他方の状態が移ったとき、移られた方をリーダー (L)、移った方をフォロワー (F) と判断する。これは、相手の動作状態に自分が合わせたかどうかを判断の基準とするものである。具体的には、3 時刻分の円の位置 ($P(t-2), P(t-1), P(t)$) から、2 時刻分の「動いている (1) / 静止している (0)」

表 1: リーダー、フォロワー判定表

		$s_1(t-1)$		0		1		
		$s_1(t)$	$s_1(t)$	0	1	0	1	
0	$s_2(t-1)$	$s_2(t)$	0	1	0	1	0	1
	1	0	0	QQ	LQ	FL	LQ	
1	1	0	QL	QQ	FF	LF		
	0	1	LF	FF	QQ	QL		
	1	1	QL	FL	LQ	QQ		

状態 $(s(t-1), s(t))$ を計算する.

$$s(t) = \begin{cases} 1 & P(t-1) \neq P(t), \\ 0 & otherwise, \end{cases} \quad (1)$$

ここで、時刻 t は実験システムの動作サンプリング時間 10[msec] での離散時間である.

続いて、それぞれの動作状態を用いて、表 1 に従ったリーダー・フォロワーの判定を行なう。ここで Q は不明な状態である。最後に、1 回のセッションにおいてリーダー (L) と判定された数を二者それぞれでカウントし (N_{L1}, N_{L2})、二者間のリーダー比率 (R) を次式で計算する。

$$R = 1 - \frac{|N_{L1} - N_{L2}|}{N_{L+F+Q}}, \quad (2)$$

ここで、 N_{L+F+Q} は判定状態の総数である。この R は、互いがリーダーであった時間が等しいときに最大値である 1 になる。逆に、どちらかにリーダーの割合が傾いていると 0 へ向かって小さくなっていく。以降、この R をリーダー比均等率と呼ぶ。

2.4 参加者

実験には 10 ペア (計 20 名) が参加した。参加者はいずれも金沢工業大学の学生で、男子学生 19 名、女子学生 1 名で年齢は 21 から 23 歳 (平均 = 21.35, $SD = 0.572$) であった。また実験はすべて同大学で行われた。

2.5 結果

人-人、人-計算機混在条件の 10 セッションにおいて、人-人条件の正答率 (相手を正しく人と答えた割合) は 69 %、人-計算機条件の正答率 (相手を正しく機械と答えた割合) は 96 % だった。ランダム動作の計算機を相手にした場合に、参加者はほぼ全てのセッションで

相手が計算機であると答えた。しかし、人どうしの条件では、約 3 割の参加者が相手が人であるにも関わらず計算機だと答えた。この回答で群を分け、それぞれの群で二者間の円の位置変化についてピアソンの積率相関係数及びリーダー比均等率の平均を計算した結果を図 3, 4 に示す。いずれの指標も人-人条件と人-計算機条件を分けることはできるが、それぞれの条件内で、人の回答の違いを説明するような有意な違いを確認することはできなかった。

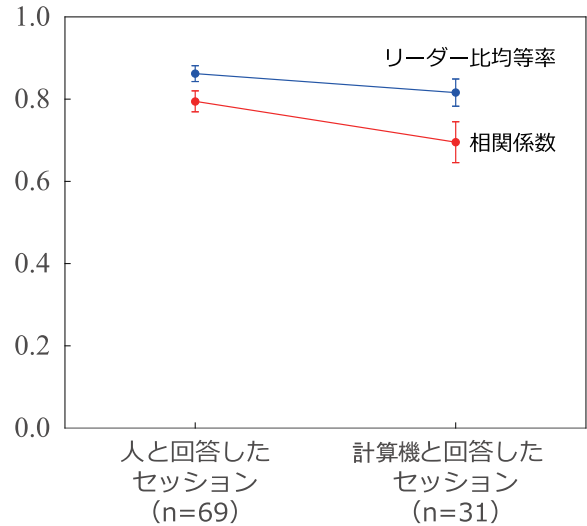


図 3: 人-人条件での相関係数とリーダー比均等率。エラーバーは標準誤差

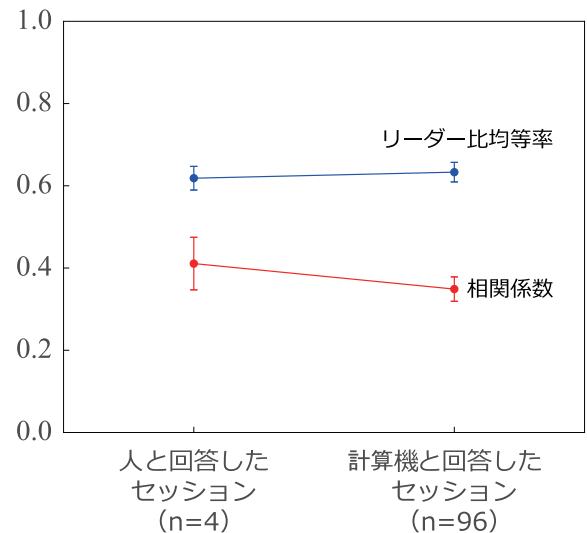


図 4: 人-計算機条件での相関係数とリーダー比均等率。エラーバーは標準誤差

3 議論

相関係数と同様に、リーダー比均等率の指標は人-人条件と人-計算機条件を分けることができたが、我々が本来期待した人-人条件で相手を人と答えたダイナミクスと、計算機と答えたダイナミクスを分けることはできなかった。この結果は、リーダー比均等率が「リーダー/フォロワー」の入れ替わりとしてのターンテイキングを捉えることができていないことを示している。この原因としてすぐに挙げられることが2つある。1つは、本論で作成したリーダー比均等率が、円が動いているか静止しているかの2状態しか扱っていないことである。円は左右に動くことができるため、左動作/静止/右動作の3状態で判定する方法を考えることができる。2つ目は、状態判定がシステムのサンプリング時間である10[msec]間隔で行なわれていることである。10[msec]という非常に短い時間でリーダー/フォロワーを判定することに問題があると考えられる。今後は、上記のような点でターンテイキングの指標を見直す必要があるだろう。

また別の可能性として、アンケートで報告されたリーダー/フォロワーの関係がそもそも円の位置の変化ダイナミクスに含まれていないことも考えられる。つまり、全くの偶然として人の動作を計算機であると判断したのではないかということである。この可能性を判断するための分析を行なうことも今後の重要な課題の一つである。

4 結論

本論では、コンピュータのモニタに表示された仮想的なオブジェクト(円)を二者で操作したときの変化ダイナミクスに対して、リーダー/フォロワーの状態を判定し、リーダー比率の二者間での均等さによってターンテイキングの特徴を取り出すことを試みた。結果、そのリーダー比の均等率は、人どうしの動作パターンと人と計算機での動作パターンの違いを識別することができた。しかし、人どうしの動作パターンのうち、相手を人と回答した動作パターンと計算機と回答した動作パターンの間に有意な違いは見られなかった。これは、我々が作成した指標がターンテイキングの特徴を取り出すには不十分であったことを示している。

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] 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.
- [2] 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.
- [3] 入江 諒, 金野 武司 (2017) “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の分析” 日本認知科学会第34回大会, 747-750.
- [4] Brainard, D.H. (1997) “The Psychophysics Toolbox,” *Spatial Vision* 10, 443-446.
- [5] Pelli, D.G. (1997) “The VideoToolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies,” *Spatial Vision* 10, 437-442.
- [6] Kleiner M, Brainard D, Pelli D, 2007, “What’s new in Psychtoolbox-3?” *Perception* 36 ECVF Abstract Supplement.