

円図形を介した視覚的同調動作における主従関係の 相関関数による分析

Analysis of leader-follower relationships in visual synchronic behavior via circles by correlation function

入江 諒[†], 金野 武司[‡]

Ryo Irie, Takeshi Konno

[†] 金沢工業大学 工学研究科 電気電子工学専攻, [‡] 金沢工業大学 工学部 電気電子工学科

[†]Electrical Engineering and Electronics, [‡]Electrical and Electronic Engineering,
Kanazawa Institute of Technology

b6800989@planet.kanazawa-it.ac.jp, konno-tks@neptune.kanazawa-it.ac.jp

概要

人とエージェントの自然な身体的コミュニケーションの成立には、二者間の動きのダイナミクスが重要な鍵を握る。特にリーダー・フォロワーといった役割の交代＝ターンテイキングが、相手に人らしさを感じさせる大きな要因になると考えられる。本研究では円図形を介した二者間の視覚的インタラクション実験と、ターンテイキングの特徴を取り出す指標の作成を通じて、相手を人であると判断する要因は、相手との同調傾向を前提としたターンテイキングにあることを明らかにする。

キーワード: Turn-taking, Human agent interaction, 非言語コミュニケーション (Non-verbal communication)

1. はじめに

近年、発展し続けているコンピュータゲーム内のAIや日常生活に普及し始めているソフトバンク社のPepperのようなエージェント（社会的ロボット）は精細な外観や高度な機能を持っているにもかかわらず、自然なコミュニケーションの実現にはまだいくつかのハードルを越えなければならないように感じる。例えば、ゲームに登場する人間の外見は質感までリアルに再現されているにも関わらず、簡単なインタラクションをすることでゲームAIだとすぐに判断することができる。また、Pepperも数分やりとりをしてみれば、インタラクション中の目線や動作に違和感を感じるようになる。社会的エージェントが人の心に作用するには、エージェントは人に対してコミュニケーションできる相手だという認識を生起させる必要がある[1]。人はどのようなインタラクションからそのような認識を持つのだろうか。

人どうしのインタラクションの基礎的な特徴の1つ

に会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ず、何らかの主従関係の交代が行なわれるダイナミクスに一般化できる。その先行研究として飯塚ら[2, 3]は、触覚のみを用いたインタラクション環境を構築し、そこでの実験結果から、相手が人であるかどうかを判断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。そこで我々も、先行研究と同様に外観や身体的動作を極力排除した環境を踏襲しながら、向かい合わせたモニターに表示される自他二つの円をすり抜けできない状態で左右にのみ移動させるという、二者間での視覚的なインタラクション実験を設計した。この実験を通じて、人であるという認識を生起させる視覚的なインタラクションパターンに、ターンテイキングのダイナミクスが現われるかどうかを調査した[4, 5]。

実験の結果、インタラクションパターンは触覚の時のように時間的に自分と相手のターンをはっきりと分離するようにはならず、同調的なパターンが観察された。そして、人どうしの円の動作パターンにはその同調傾向が高い相関係数（ピアソンの積率相関係数）として確認され、ランダムウォークする計算機とインタラクションした場合の相関係数は有意に低くなった[4]。人と計算機のインタラクション条件では、人は96%の割合で相手を計算機と判断していたが、人どうしの条件で相手を人だと判断したのは69%に留まった。その原因をアンケートの自由記述から分析すると、「自分の丸に反応してこなかったから」や「あまりついてこなかった」、あるいは「相手が自分の動きに合わせてくれなかった」等、自分の動きに対して相手の応答を求めるような回答が多く見られた。これを定量的に取り出すために相関係数による分析を行なったが、回答結果で群を分けた場合の相関係数の平均値には、減少傾向は見られたものの、統計的な有意差は

なかった。これらの結果は、相手とのインタラクションパターンから人であると判断する視覚的な動作特徴は、同調傾向を基本としながらも、それだけでは不十分であり、そこには追う/追われるの切り替わり（ターンテイキング）が必要とされることを示唆しているのではないだろうか。

同調傾向の高い時系列パターンにおいて、ターンテイキングの特徴を抽出するため、我々は逐次的な二者間の位置変化からリーダー・フォロワーの状態を定義し、その切り替わり頻度を分析した [5]。しかし、この方法は、残念ながら人と計算機の判断の違いを区別することはできなかった。この原因は恐らく、状態を定義するサンプリング時間の時系列データごとの違いに適切に対処しなかったことにあるのではないかと我々は考えている。そこで本論では、自己相関係数と同様に、二者の時系列データを時間的にシフトさせた際の相関係数の増減によってリーダー・フォロワーを判定する手法を試みたので、その結果を報告する。

しかし、この方法を実施すると、我々の予想に反して、リーダー状態の二者間での時間的な比率（以降、これをリーダー比均等率と呼ぶ）は、相手を計算機だと判断した場合の方が偏りが少ないことが判明した。ターンテイキングによってリーダー・フォロワーが適宜入れ替わっていれば、その時間的な比率は均等化すると我々は考えたが、人であった相手を計算機だと答えたときの方が、リーダーである状態の二者での時間的な割合に偏りが少ないという分析結果になった。これは、相手を人だと判断する動作特徴としては同調傾向が重要であり、ターンテイキングの特徴があることは、むしろ逆の判断を導く可能性を示唆する。ただし、このときの相関係数（同調度合い）は、人であった相手を計算機だと答えたときの方が低くなる傾向にあり、リーダー状態の時間比率の均等化（リーダー比均等率が高い状態）は、この同調度合いが低い時にも起こることに我々は気がついた。

そこで我々は、同調度合いが高い状態でありながら、かつリーダー比均等率が低い状態となるような（つまり同調はするけれどターンテイキングはしない）計算機アルゴリズムを用意し、人とのインタラクション実験を再度行なった。この実験において、同調度合いが人どうしでの時系列データと同程度でありながら、かつリーダー比均等率が低い状態の計算機に対して、人が高い割合で相手を計算機だと答えるならば、人であるという判断には同調傾向だけでは不十分であることが示されるのではないかと考えられる。

2. 実験室実験

本節では、実験に用いた課題について説明する。先行研究と合わせて2つの実験を行なったが、両者は計算機に実装されるアルゴリズムに違いがあった。先に共通する課題内容、手続きおよび設備を説明し、続けてそのアルゴリズムの違いについて説明する。

2.1 実験環境

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った。互いの姿が見えないよう、両者の間には衝立が設置された。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つ配置された（図1）。それぞれの円は一方を自分が操作し、他方を相手が操作した。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た。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た。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た。飯塚らの研究 [2, 3] では互いの移動場所がすり抜けられるようになっているが、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。

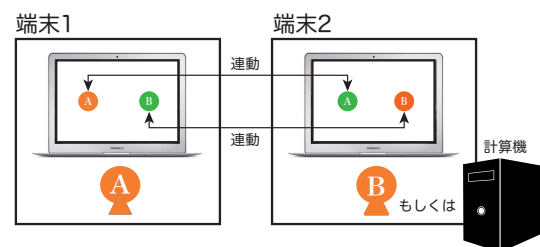


図1 実験環境

2.2 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。これを人-人条件とする。人-人条件は人どうしの円の移動パターンを調査することを狙いとしてこのような条件とした。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。これを人-人計算機条件とする。人-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-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、計算機であったかと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。15セッション終了後、アンケートをもとに簡単なインタビューを行なった。

2.3 実験設備

実験設備は、ディスプレイとPC、テンキーを接続した。使用したモニターはEIZO製FlexScan EV2316Wを用い、画面サイズは 510×290 [mm] (1920×1080 [pixel])だった。実験システムはMATLABにPsychtoolbox [6, 7] を組み合わせて構築した。描画更新のサンプリング時間は33[Hz] (30[ms])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88.5[mm/sec]の等速度運動であった。

2.4 計算モデル

先行研究 [5] では、人が動かす円とは明らかに異なる動きを実現するために、計算モデルにはランダムウォークをさせた（これをランダムウォークモデルと呼ぶ）。具体的には、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132.8[mm/sec]であった。これに対して、本論で実現したのは、高い同調傾向を示しながら、かつターンテイキングは起こらない計算モデルである。これを実現するために、計算モデルは人の動かした円の座標に、ある一定時間の遅れを持って追従し続けるアルゴリズムとした。以降、これを「遅れ追従モデル」と呼ぶ。初期状態で二者の円は500[pixel] (132.8[mm]) 離れており、計算機が操作する円が画面の端に達した場合にはこの間隔は短くなり、人の円が遠ざかった後でも元の間隔は復元されないようにした。遅れ時間の最適値を設定するため、先行研究で得られていた人どうしのインタラクションデータ

（人-人計算機条件での人どうし5セッション $\times$ 20人）を使い、それぞれの時系列データに対して計算機を追従させた場合の相関係数およびリーダー比均等率（詳細は後述）を計算した。遅れ時間を150[msec]から3000[msec]まで150[msec]間隔で変化させ、相関係数が十分に高く、かつリーダー比均等率が十分に低くなる遅れ時間を探し、結果的に1200[msec]の遅れ時間を採用することにした。このときの相関係数は平均0.85 ($SD=0.084$)、リーダー比均等率は平均0.050 ($SD=0.048$)であった。

3. ターンテイキング指標（リーダー比均等率）

人どうしで円を動かすと、多くは図2のような高い同調傾向を示す。これは、飯塚ら [2, 3] 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」の状態がダイナミクスに入れ替わる現象が生じるのだと思われる。

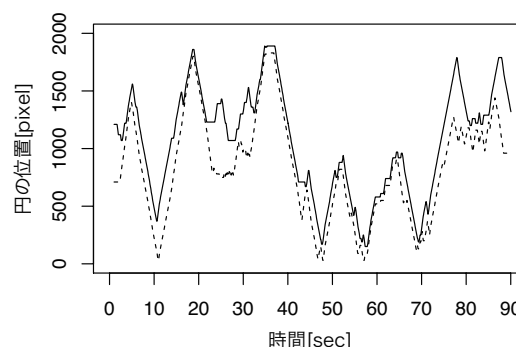


図2 人どうしでの円の移動パターン

本研究ではこの「追う／追われる」の状態を「リーダー・フォロワー」の状態として特定するために、ターンテイキングの指標を以下のように計算する。ある程度の時間幅を持ってリーダー・フォロワーの状態を判定するために、タイムウィンドウを設けてある時刻での二者の時系列データを切り出し、一方の時間を進めるかもしくは遅らせる。1サンプリング時間ずらすごとに相関係数を計算し、進めた場合／遅らせた場合それぞれの相関係数の最大値を算出する。ここで、時間

を進めたときの相関係数の最大値の方が遅らせたときのそれより高くなるようであれば、時間をずらした側をリーダーと判断する（自動的に他方がフォロワー）。これによりサンプリング時間ごとのリーダー・フォロワー状態を判定し、2つの時系列それぞれのリーダー状態の総数 (N_{L1}, N_{L2}) をカウントする。この総数は、リーダー状態と判定された時間の長さを意味する。

二者間のリーダー状態の時間的な比率が均等であれば、どちらか一方にリーダー状態が偏らずに、ターンテイクングを行っていたと判断できると考え、均等である状態が1となる指標をリーダー比均等率として次式で計算する。

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

ここで、 N_{L1+L2} 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偏っていると0へ向かって小さくなっていく。

4. 実験参加者

ランダムウォークモデルを用いた実験には10ペア（計20名）が参加した。内訳は男子学生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、遅れ追従モデルを用いた実験には4ペア（計8名）が参加した。内訳は男子学生5名、女子学生3名で年齢は19から22歳（平均 = 20.00, $SD = 1.00$ ）であった。参加者はいずれも金沢工業大学の学生であり、実験は全て同大学で行なわれた。

5. 結果

5.1 ランダムウォークモデルでのリーダー比均等率

3.節で説明したリーダー比均等率を、ランダムウォークモデルでの実験データに適用する。我々の興味の焦点は、人どうしのインタラクションであるにも関わらず、約3割の参加者が相手を計算機と判断したことにある。そこで、時系列データをペアの二人ともが相手を人と答えたセッション、ペアのいずれかが相手を計算機と答えたセッション、そしてペアの二人ともが相手を計算機と答えたセッションの3つに分け、それぞれのセッション群での相関係数とリーダー比均等率を分析する。先行研究[5]では最初の2つの群のみを分析対象としたが、算出する相関係数やリーダー比均等率は二人で1つの数値になる。このため、いづれ

か一方で計算機と答えた群との比較では、明確な違いが現れない可能性があった。よって本論では、二人ともが相手を計算機と答えた群についての比較を加える。

リーダー比均等率の算出に際しては、タイムウィンドウのサイズが重要なパラメータとなる。そこで我々は、タイムウィンドウを10サンプリング（300[msec]）から500サンプリング（15[sec]）まで変化させた場合の、リーダー比均等率の推移を調べた（図3）。グラフには、人どうしの条件で、互いに相手を人であると回答したセッション群と、互いに計算機であると回答したセッション群それぞれのリーダー比均等率の推移と、その2群間の差を等分散性を仮定した t 検定（両側）により分析した際の p 値の推移を示した（ F 検定により、ほぼ全てのタイムウィンドウでの等分散性を確認した）。

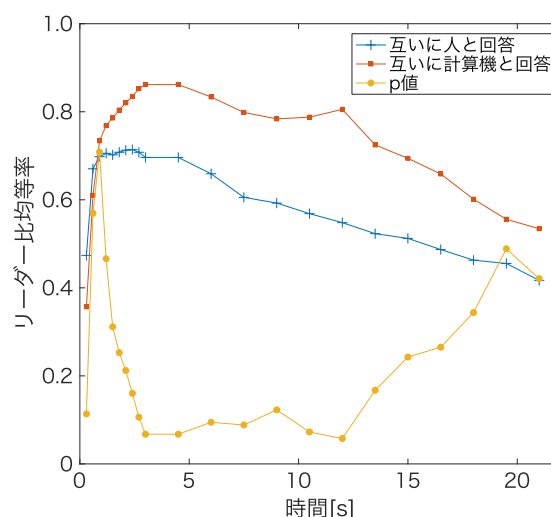


図3 タイムウィンドウサイズに対する2群（互いに人と答えた群／互いに計算機と答えた群）のリーダー比均等率と t 検定による p 値の推移

図3の推移では、3[sec]と12[sec]のタイムウィンドウにおいて差が有意に大きくなった（3[sec]の場合に $p < .067$, 12[sec]の場合に $p < .058$ ）。飯塚らの研究[2]で観察されたターンテイクングダイナミクスでは、一人のターンは1～5[sec]程度の時間であることが示されている。そこで我々は、3[sec]のタイムウィンドウを選択して、3つのセッション群間のリーダー比均等率と相関係数の関係を調べた。このグラフを図4に示す。

このグラフを見ると、我々の当初の予想に反して、相手を計算機だと答えたセッション群の方がリーダー比均等率が高くなるという結果であったことがわかる

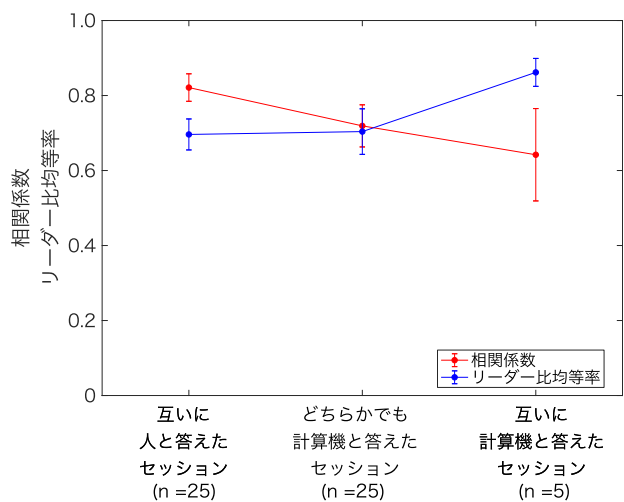


図 4 人どうしのセッションをアンケート回答で 3 つの群に分けた場合の相関係数とリーダー比均等率

(互いに人と答えたセッション群との比較: $F(24,5) = 5.13, p = .0772$, $t(29) = -1.90, p = .0675$). これは、相手を計算機だと答えたセッションの方が、ターンテイキングを偏りなく実施していたことを示すだろうか. 他方、相関係数においては、互いに相手を計算機だと答えたセッション群の方が小さくなっている (互いに人と答えたセッション群との比較: $F(24,5) = 0.369, p = .0887$, $t(29) = , p = .0687$). これは、同調傾向の低下が、相手を計算機だと判断した要因となったことを示す結果だと思われる. ここで我々はこの同調傾向の低下を見たとき、リーダー比均等率の上昇が、同調傾向の低下によっても起こるのではないかということに気がついた. そこで、人と計算機でのリーダー比均等率と相関係数の関係を確認した (図 5).

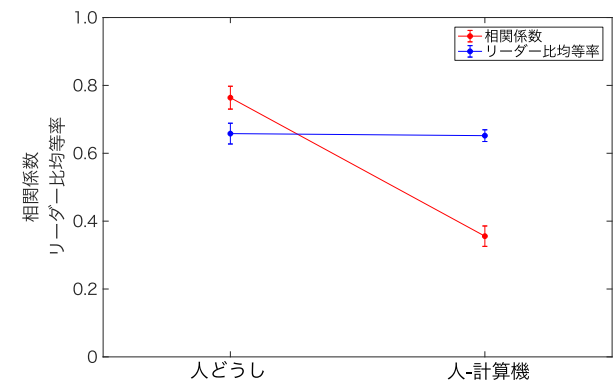


図 5 人-人計算機 (ランダムウォークモデル) 条件 (後半 10 セッション) での相関係数とリーダー比均等率

グラフを見ると、ランダムウォークモデルを相手に

していることにより、相関係数は低い値になっていることが読み取れる. これに対してリーダー比均等率は、人どうしのときの値とほぼ同じになっている. これはつまり、リーダー比均等率が同調傾向の低下によっても高くなることを示していると考えられる.

以上の結果から、リーダー比均等率の比較は、相関係数が同程度かあるいは高くなっている状態で、比較する必要があると考えられる. そこで我々は、この状態を実現するために、相関係数が同程度でありながら、リーダー比均等率が低くなるような計算機アルゴリズムを作成した. これが遅れ追従モデルである. このモデルに対して、人どうしでの判断よりも、正しく計算機であると答えることができるならば、同調傾向だけではなく、ターンテイキングの要素も人であることの判断に影響することが確認できるのではないかと考えられる.

5.2 遅れ追従モデルでの人・計算機の識別

我々が作成した遅れ追従モデルが狙い通りに機能しているかを確かめるために、人-人計算機条件での人どうし (5 セッション) および人-計算機 (5 セッション) それぞれでの相関係数とリーダー比均等率を計算した. ここで、リーダー比均等率のタイムウィンドウは前節と同じ 3[sec] とした. 結果、人どうしの条件における相関係数の平均は 0.724 ($SE = 0.042$), リーダー比均等率の平均は 0.701 ($SE = 0.032$) であり、人と計算機の条件における相関係数の平均は 0.837 ($SE = 0.018$), リーダー比均等率の平均は 0.422 ($SE = 0.035$) となった (図 6). この結果は、我々の狙い通りであったと言える. つまり、人と計算機のインタラクションにおいて、同調傾向は高いけれど、ターンテイキングはほとんど起こらないという状態を作り出せていると考えられる.

続いて、それぞれの条件でのアンケートの正答率を確認する. ランダムウォークモデルと遅れ追従モデルのそれぞれで、相手を正しく人もしくは計算機と答えることのできた割合を表 1 に示す. ランダムウォーク

	表 1 インタラクション相手に関するアンケート回答の正答率	
	人どうし	人と計算機
ランダムウォークモデル	0.690	0.960
遅れ追従モデル	0.375	0.650

モデルを相手にした時には、69.0%のセッションで人

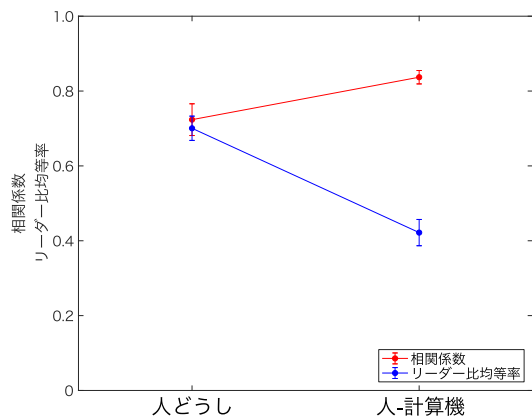


図 6 人-人計算機（遅れ追従モデル）条件（後半 10 セッション）での相関係数とリーダー比均等率

が正しく識別され、96.0%のセッションで計算機が正しく識別された [5]。これに対して、遅れ追従モデルを相手にした時には、人の正答率が 37.5%，計算機の正答率が 65.0%だった。遅れ追従モデルを相手にした場合の方が、全体的に正答率が下がっている。これは、人と計算機の動き方の違いに、ランダムウォークモデルほどのわかりやすさがなくなったためではないかと考えられる。ランダムウォークモデルでは、同調傾向の低さから相手を判断することができたが、遅れ追従モデルでは図 6 に示したように計算モデルの方がむしろ高い同調性を持つようになっていた。

ここでもし、同調傾向のみが相手を人と判断する要因になるのであれば、遅れ追従モデルを人であると答える割合が高まる（計算機を人と答えるので正答率は下がる）はずである。ところが、計算機と正しく答えた割合は、人どうしの正答率である 37.5%に比べて、65.0%と高くなった。この結果は、相手を人と判断する要因は同調傾向だけではなく、ターンテイキングの要素によっても判断されるという仮説を支持する結果であると考えられる。

この結果に対する 1 つの反論として、全体的に正答率が下がったことに関連して、遅れ追従モデルでの実験においては、参加者が全体的に相手を計算機だと答える傾向があったのではないかとこの可能性が考えられる。これに対して、それぞれの実験での人-人計算機条件（後半 10 セッション）における人／計算機の回答数を調べた（表 2）。結果、2 つの実験で回答数の割合はほぼ同じであることが確認された。

6. 議論

我々は、動きを介した二者間のインタラクションにおいて、相手を人と判断する要素には同調傾向がある

表 2 各実験の回答数（カッコ内は割合%）

	人と回答	計算機と回答
ランダムウォークモデル	73(36.5)	127(63.5)
遅れ追従モデル	29(36.3)	51(63.8)

ことを確認しつつ [4]，その他にターンテイキングの要素が重要であると考えてきた。それは先行研究 [2, 3] において指摘されていることであり，また我々の実験においては，相手が人であるにも関わらず計算機であると答えたセッションが全体の 3 割程度に上る中で，同調傾向を測る指標である相関係数がそれを十分に区別できなかったからである。ただし，両者が共に相手を人，もしくは計算機と答えたセッション群の間で相関係数の平均を比較すると，両群間の差は有意傾向 ($p < .10$) を示した (図 4)。これは，同調傾向が人らしさの判断に寄与することをさらに支持する結果であると考えられる。

本論では両群間の違いをより明確に分ける指標として，ターンテイキングの特徴を取り出すことを目的としたリーダー比均等率を作成した。しかしこの指標は，ターンテイキングの特徴によって高まるだけでなく，二者間の同調傾向が下がった場合にも高くなることを示唆する結果が得られた。そこで我々は，ターンテイキングが与える人らしさの認識への影響を明確に確認するため，相手（人）に追従するのみで，ターンテイキングを起こさない計算モデル（遅れ追従モデル）を作成し，インタラクション実験を実施した。この結果，同調度合いが人どうしでのインタラクションと同等かもしくはそれ以上であるにも関わらず，ターンテイキングの要素がない動きには，人は計算機であるという判断を下しやすいことが確認された。このことから，相手の動きを人であると判断する基準には，同調傾向だけではなく，やはりターンテイキングの要素が含まれるのだと考えられる。

最後に，我々が作成したリーダー比均等率がターンテイキングの特徴を取り出せているのかを議論する。遅れ追従モデルのように，明確にターンテイキングを行わない時系列データにおいては図 6 のように低い値が示されている。これに対して，遅れ追従モデルの実験での人どうしの時系列データに関してはどうだろうか。図 4 と同様に，セッションを 3 つの群に分けた場合のそれぞれの相関係数とリーダー比均等率を図 7 に示す。

グラフを見ると，幸いにも相関係数（同調度合い）に関してはほとんど違いがないことがわかる（リーダー比均等率は相関係数の低下の影響を受ける）。こ

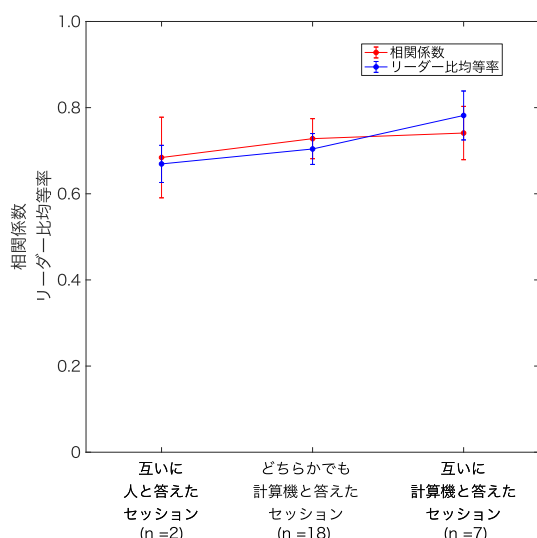


図 7 遅れ追従モデルの実験内での人-人計算機条件における、人どうしのセッションをアンケート回答で 3 つの群に分けた場合の相関係数とリーダー比均等率

の状態ではリーダー比均等率を比較してみると、残念ながら群間にはほとんど差が見られず、さらに変化の方向としても、計算機と答えたセッションの方がリーダー比均等率は高くなる傾向にある。このことから、当初我々が期待したターンテイキングの特徴をリーダー比均等率は適切に取り出せていないと言わざるを得ない。ただし、この人どうしの条件で、相手を正しく人だと答えられた割合は 37.5%に過ぎなかった。これは、人にとっても判断が難しかったことを意味する。指標の適切さを評価するためには、ある程度の高さの正答率が必要なのではないかと考えられる。これを実現するためには、90[sec] という 1 セッションの長さは不十分であるのかもしれない。

7. 結論

本研究では、人の動作に見られるターンテイキング（リーダー・フォロワーの入れ替わり）を定量的に評価するために、リーダー比均等率を作成した。この指標は、二者の時系列データを時間的にシフトさせた際の相関係数の増減に基づいてリーダー・フォロワーを判定し、さらにリーダーであった総時間の二者間での割合が均一であれば、ターンテイキングがどちらか一方に偏ることなく行なわれていたことを示す意味で 1 に近づく。

分析の結果、リーダー比均等率はターンテイキングが起こっていない場合には低くなることが確認されたものの、我々の予想に反して、相手を計算機だと判断する際に高くなるという結果が得られた。しかし、こ

の結果はターンテイキングが行なわれている方が、相手を計算機と判断しやすいことを意味しない。なぜなら、リーダー比均等率は、2 つの時系列データの同調度合い（相関係数）が低下した際にも高くなることが判明したからである。また、人の動きに遅れて追従するのみで、ターンテイキングを起こさない計算モデル（遅れ追従モデル）を作成して人とのインタラクション実験を行なうと、その計算モデルに対しては、人は正しく計算機であると答えられる傾向にあった。この結果は、人であることの判断には、同調傾向だけではなく、ターンテイキングが重要な判断要因となることを示している。

以上のことから本研究では、視覚的なインタラクションにおいてもターンテイキングの動作特徴が人であることの判断に重要な役割を持つことを確認しながらも、我々が作成したリーダー比均等率が、ターンテイキングの特徴を適切に取り出せていないことを明らかにした。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費基盤研究（B）「個性を持つロボット制作による〈心と社会〉の哲学」／課題番号 15H03151、及び MEXT/JSPS 科研費「共創言語進化」 #4903, JP17H06383 の助成を受けた。ここに記し謝意を表します。

文献

- [1] 竹内 勇剛 (2001): 人工物の人らしさと社会的インタラクション, 人工知能学会誌, 16(6), 826-833.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 入江 諒, 金野武司 (2017): 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の分析, *HRI シンポジウム 2017*, P-28(4pages).
- [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.