

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 5 月 17 日現在

機関番号：32663

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26730139

研究課題名(和文) 運動継続意欲を維持する運動コミュニケーションミミック

研究課題名(英文) Motion interaction mimic maintaining motivation of physical exercise

研究代表者

横田 祥 (Yokota, Sho)

東洋大学・理工学部・准教授

研究者番号：40434386

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、人と人工物(人の動きに連動する人工物ミミック(mimic))との運動インタラクションという枠組みを考え、自己の動きに同調する相手に興味を抱くという同調傾向の概念をモデル化した。このモデルは、自己の動きを模倣する「模倣性」、完全には模倣しない「他者性」、自己が予想できない他者の「意外性」の動きからなる。実験を通じた考察から、ミミックの「遅れ動作」が「他者性」、ミミックの「一致動作」が「模倣性」、ミミックの「進み動作」が「意外性」と関係のあることが分かった。さらに、人は、ミミックの動作遅れが300ms以上大きくなると遅れ動作を知覚できることが分かった。

研究成果の概要(英文)：This research considered the motion interaction between human and artificial agent (named "mimic" which imitates human motion) and modeled the synchrony tendency which subjects tend to have positive impression to others synchronizing with subject's motion. This model consists of three motion characteristics: "imitatoria" imitating subject's motion, "behavior of others" being un-synchronize subject's motion exactly and "unexpectedness" being unexpected other's motion from view point of subjects. From the experimental results, it turned out that "delay motion" of "mimic" is linked to "behavior of others", "synchrony motion" of "mimic" is linked to "imitatoria" and "lead motion" of "mimic" is linked to "unexpectedness". In addition, it is confirmed that human can perceive the "delay motion" when the other's motion is delayed over 300 ms.

研究分野：知能ロボティクス

キーワード：感覚行動システム 同調効果

1. 研究開始当初の背景

人々の健康維持には、定期的な運動が重要とされるが、これを習慣とすることが難しいという報告がある。この問題に対して、自宅で手軽に運動できるように、運動プログラムのビデオ教材や、ゲーム機のカメラ機能を利用して利用者の動作をCGで再現する方法が提案されている。しかし、前者は、定型の動きしか提示できない、後者は、再現される動作は完全に自己の鏡像である、というそれぞれの点から、すぐに運動プログラムに対する興味が低下し、運動の継続が難しくなるという課題がある。

2. 研究の目的

本研究は、人の運動意欲を保つ仕組みを見出すことを目的として、興味を持続させる、人と人工物との運動コミュニケーションという枠組みを考える。この特徴は、心理学における同調効果を基に、模倣性、他者性、意外性を組み込んだ同調モデルにある。このモデルを具現化するため、人の動きに連動する人工物ミミック (mimic) を設計する。次に、同調モデルを構成する模倣性、他者性、意外性の要因を特定し、同調効果をモデル化する。そして、ミミックにモデルを実装し、興味を保つという効果が得られるかを調べる。ここに、ミミックは人間より低い自由度で表現できるように、模倣性を保てる自由度の縮減数を検討する。

3. 研究の方法

(1) 模倣動作に対する興味の度合いの調査

まず、本研究の主張である、模倣動作が興味を喚起し、時間とともに興味が消失するという点について実験を通して調査した

人工物である仮想エージェントが人の動作を模倣したときの同調傾向を考察するために、模倣動作に対する人の興味とその低下度合いを示す馴化の関連を、実験を通して調査した。このために、Microsoft Kinect を用いてユーザの動きを取得し、仮想エージェントにその動きを実装し、被験者の前面にプロジェクタで投影する実験環境を整えた(図1, 図2)。

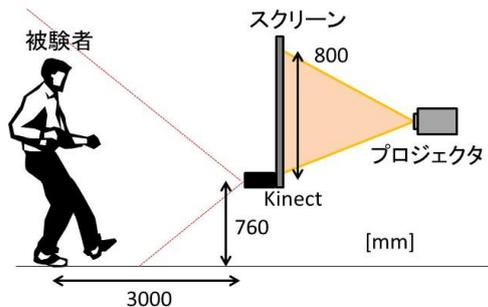


図1. 実験環境

提示するエージェントの見た目は、エージェントの動きと同様に、被験者の興味に大きな

影響を与える可能性が考えられた。そこで、本実験では、エージェントの見た目の影響を可能な限り排除するために、エージェントを棒状の線で表した。以上の環境において、被験者は、自身の動きと同じように動くスクリーン上の仮想エージェントを見て、自身の動作を変化させ、あるいは、動作を止める。この間の被験者の身体動作を測定し、被験者に対する問診と合わせ、模倣動作に対する人の興味とその低下度合いを示す馴化の関連を調査した。



図2. 実験の様子

(2) 模倣性の特徴量の選定

次に模倣性の特徴量を特定するために、人対人の動作模倣の場面において、人が、自分自身の体勢感覚によって自身の動きを認識し、視覚によって他者の動きを認識するという前提の下、自己が他者の動作を自身の模倣動作と感じる他者の動作の特徴量を選定した。実験では、被験者の片腕を任意の速さで上下に振り、他者がその動き真似る。その両者の身体動作(肩関節角度)を Kinect で測定し(図3)、実験の様子をビデオ撮影した。

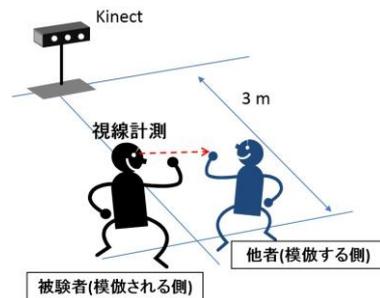


図3. 測定中の被験者と他者の動作



図4. 測定中の被験者と他者の動作

実験後、ビデオをレビューしながら、実験中、他者のどの動作が自身の動作の模倣であるか否かを被験者に問診した。図 4 に Kinect で撮影している被験者と他者の様子を示す。

### (3) ミミック設計のための自由度の縮減

人の動きの自由度は、膨大であるため、人の自由度構成をそのまま人工物で再現することは不可能である。そのため、模倣動作に影響の少ない自由度を縮減し、同調モデルを実装する人工物の設計の指針を見出す。このために、(2)の実験において、被験者に視線計測装置を装着させ、他者が自身の動きを模倣している場面にて、被験者は他者のどの身体部位を頻繁に観察するかを調べた。頻繁に被験者が観察しない身体部位は、人工物で再現しなくとも良い部位と判断でき、この部分の自由度を縮減できる。

### (4) 他者性、意外性の要因と印象評価

他者性は、他者の動きが自身の動きとは異なる動きであり、意外性は、人の予想しない他者の動きである。動作を模倣する他者の動作に、これらの動作が含まれると考える。本研究では、人は、他者の動作にこれらの動作が含まれるとの考えの下、実験を通じて、これらの動きが人に与える印象を調べ、これらの動作の特徴を調べた。この実験では、人とCGである仮想エージェントのインタラクションの場面を設定した。メトロノームの音に合わせ、被験者が両腕を上下させる。Kinectで被験者の動きを測定し、そのデータに基づき仮想エージェントの動作を生成し、被験者に提示する。このときのエージェントの動作として3つの種類の動きを用意した。3つの動作とは、被験者の動きをそのままエージェントに実装した場合の「一致動作」、被験者の動きに遅れを持たせエージェントに実装した場合の「遅れ動作」、被験者の身体動作に先んじてエージェントが動作する「進み動作」である。被験者が体を動かしながら、被験者に3つの動作をランダムに被験者に提示した。提示後、被験者に対し、アンケート(SD法: Semantic Differential 法)を実施し、印象を評価した。



図 5. 実ロボットを用いた同調モデルの印象評価実験

### (5) 実ロボットを用いた印象評価

実ロボットを用いた運動のインタラクション(図 5)における、同調モデルの印象評価を目的に実験を行った。ここでは、(3)で得られた自由度の縮減を基に、腕の上下動作を対象にし、肘の自由度を付加せず、肩関節のみ動作するロボットを用意した。ロボット以外の実験環境は、(4)の場合と同様の条件とした。被験者の両腕を上下に振る動作を Kinect で測定し、ロボットの肩のサーボモータにその値を指令し、ロボットが被験者の動作を模倣する。この場面において、ロボットの動作を被験者の動作を基に同調モデルの他者性、意外性を実装した。

## 4. 研究成果

### (1) 模倣動作に対する興味の度合いの調査

9名の被験者による実験を行った。被験者には、自身の体を動かしてエージェントとの動きを観察しながら、飽きるまで、体を動かすように依頼した。このとき、被験者の両手首と両足首の躍度の発生頻度と、動作の計測時間を測定した。その結果、次の結論を得た。

- 実験開始時は、エージェントの動きが自分の模倣動作であるとの認識がない。したがって、体の動きの変化が小さい
- 一度エージェントの動きが自分の動きの模倣動作であると分かると、その動きを確認しようとし、自身の体の動きを頻繁に変化させる。
- その後、エージェントの模倣動作になれば、興味が失われると、被験者の動きの変化が小さくなる。
- 実験終了間際つまり興味が喪失した場合、被験者は、ほとんど体を動かさない。
- 同調効果モデルの基本である模倣モデル単体では、興味の持続が難しいことが分かった。

### (2) 模倣性の要因の考察

10名の被験者とともに実験を行った。実験後の被験者に対するインタビューから、被験者が他者の動作が自身の模倣動作だと感じた動作区間を模倣動作区間(P)、感じない動作区間を非模倣動作区間(N)とした。そして、得られた動作区間を両者の関節角度軌道に重ねた(図 6)。

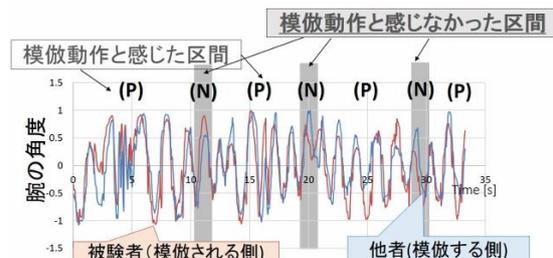


図 6. 被験者と他者の肩の角度と模倣動作区間

測定結果における両者の関節角度軌道は、振幅と位相で構成されるため、模倣区間と非模

倣区間における両者の関節軌道の振幅比と位相を求めた。そして、模倣区間の振幅比、位相差と、非模倣区間の振幅比、位相差との差を検定によって確かめた。その結果、両者の動作の位相差が、模倣動作と非模倣動作を決定する要因であることが分かった。

### (3) ミミック設計のための自由度の縮減

実験で得られた視線計測の一場面を図7に示す。

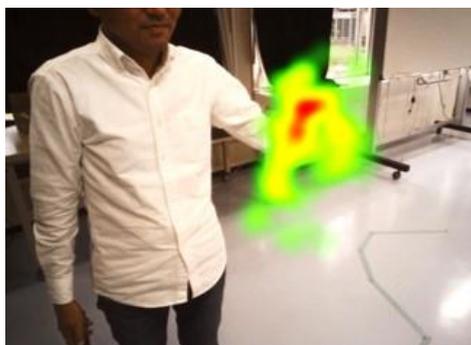


図7. 実験中の被験者の視線領域

この視線計測を(2)の実験と同時に行い、データを取得した。その結果、動作時間の約80%の時間において、被験者は他者の前腕または手首の領域を中心に他者の動きを観察していたことが分かった。このときの被験者の動作は、腕を上下に振る動作である。したがって、動きの振幅が最も大きくなる身体部位は、掌である。よって、人は、模倣動作を観察する場合、四肢の根元や体幹部位ではなく、先端部位を多く観察すると言える。このことから、動作を模倣する人工物を設計する場合、腕を上下に動作する運動については、肘の自由度を縮減できることが分かった。

### (4) 他者性、意外性の要因と印象評価

12人の被験者による実験を行った。はじめに、エージェントの動きが被験者自身よりも「遅れている」と被験者が認識する遅れのレベルを定量的に明らかにした。その結果、被験者の約4割が、エージェントの動きが300ms以上遅れた場合に、「遅れ動作」を知覚することが分かった。

つぎに、3つの動作に対する印象を評価した。その結果、被験者は「遅れ動作」に対し、「違和感」、「自分でない」という感覚を覚えたという結果を得た。一方「一致動作」では「自然な」「自分らしい」「親しみやすい」という印象を持つ結果となった。また、「進み動作」では「硬い」「激しい」とともに、「興味深い」「感じのよい」という印象で受けとめられた。

これらの被験者の印象から、一致動作は、同調モデルの「模倣性」に、遅れ動作は「他者性」に、進み動作は「意外性」として、妥当であるとの結論を得た。同調モデルの基礎である、他者が自身の動きを模倣する模倣モ

デルを基に人工物の動作を生成し、その上に、被験者に違和感を与える「他者性」の「遅れ動作」を付加する。そして、興味を喚起する「意外性」の「進み動作」を追加する。このことで同調モデルの構築が可能であると考えられる。

### (5) 実ロボットを用いた印象評価

本実験の結果、実ロボットを用いた動きのインタラクションにおいても、人工物の動きに対する印象は、(4)と同様な傾向であることが分かった。さらに、ロボットの動作の遅れ時間と被験者の腕との振幅比を個別に変化させ、被験者に提示した場合よりも、同時にロボットに実装し、被験者に提示した場合の方が、「他者性」の度合いが高いことが明らかとなった。

以上の項目を通じて、模倣性、他者性、意外性を組み込んだ同調モデルの枠組みを見出すことができた。そして、このモデルを具現化するため、人の動きに連動する人工物であるミミック（仮想エージェントと実ロボット）を設計し、同調モデルを構成する模倣性、他者性、意外性をミミックに付加した。これにより、ユーザとミミックとの運動のインタラクションにおいて、ユーザの意識を変化させることが可能であることが分かった。

なお、「他者性」「模倣性」「意外性」の各モデルの動作の提示順序や提示時間を調整することで、動きのインタラクションの場面における興味の持続や増加を期待できる可能性がある。この検証と考察が今後の展望である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

- ① 田中多恵子, 橋本洋志, 横田 祥, Psychological Evaluation of Visual Impression to Movement of Avatar, International Journal On Advances in Intelligent Systems, , 査読有, Vol. 9, no. 1&2, 2016 6月掲載予定

〔学会発表〕(計 9 件)

- ① Sho Yokota, Hiroshi Hashimoto, Diasuke Chugo, Kuniaki Kawabata, "A Study on Definition of the Imitation Motion - From the viewpoint of imitated person -", Proceedings of the 41st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2015), pp. 3248-3252, 2015年11月12日, パシフィコ横浜(神奈川県・横浜市)
- ② Sho Yokota, Taeko Tanaka, Hiroshi Hashimoto, Daisuke Chugo, Kuniaki Kawabata, "A Study on Imitation Motion based on Imitated Person's view - Finding

out the differences between imitation and non-imitation -", Proceedings of 6th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom 2015), pp. 297-301, 2015年10月19日, ジョール (ハンガリー)

③ Taeko Tanaka, Hiroshi Hashimoto, Sho Yokota, "Evaluation of Visual Impression of Delayed Movement of Avatar while Exercising", Proceedings of the Fourth International Conference on Intelligent Systems and Applications (INTELLI 2015), pp. 255-260, 2015年10月12日, St. Julians (マルタ共和国)

④ Sho Yokota, Kyousuke Tokizaki, Hiroshi Hashimoto, Daisuke Chugo, Kuniaki Kawabata, "Pedestrian's Visual Impression to the Personal Mobility - Towards the design guideline -", Proceedings of the 2015 8th International Conference on Human System Interaction (HSI), pp. 329-333, 2015年5月27日, ワルシャワ (ポーランド)

⑤ Taeko Tanaka, Hiroshi Hashimoto, Sho Yokota, Mizuki Nakajima, "PSYCHOLOGICAL EVALUATION OF SYNCHRONOUS MOTIONS OF AVATAR FOR e-LEARNING EXERCISE", The 34th IASTED International Conference on Modelling, Identification and Control", DOI: 10.2316/P.2015.826-003, pp. 193-198, 2015年2月16, 17日, インズブルック (オーストリア)

⑥ Sho Yokota, Daisuke Chugo, Hiroshi Hashimoto, Kuniaki Kawabata, "Motion Design of Service Robot - Implementation to the Robot -", Proceedings of the 40th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2014), pp. 4046-4050, 2014年10月1日, ダラス (アメリカ合衆国)

⑦ Sho Yokota, Daisuke Chugo, Hiroshi Hashimoto, Kuniaki Kawabata, "The Personal Mobility Interface including Human Twisting Motion", Proc. of The 23rd IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (Ro-Man 2014), pp. 1-5, 2014年8月26日, エジンバラ (イギリス)

⑧ Sho Yokota, Hiroshi Hashimoto, Daisuke Chugo, Kuniaki Kawabata, "Motion Design of Service Robot - Study on Human Impression -", Proc. of the 12th IEEE International Conference on Industrial Informatics, pp. 776-780, 2014年7月30日, ポルトアレグレ (ブラジル)

⑨ 横田 祥, 橋本洋志, 中後大輔, 浅間一, "動作模倣に対する興味の持続性の考察 - 基礎実験の報告-", "サービス学会 第2回国内大会", pp. 113-115, 2014年4月29日, 公立はこだて未来大学 (北海道・函館市)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

横田 祥 (YOKOTA, Sho)  
東洋大学・理工学部・准教授  
研究者番号：40434386