

## 異なるメディアに現れるバーチャルエージェントが

## ユーザの行動に与える影響

## Effects of different media for on-screen agents on users' behaviors

小松 孝徳<sup>\*1</sup> 関 友樹<sup>\*2</sup> 山口 智治<sup>\*3</sup> 笹間 亮平<sup>\*3</sup> 山田 敬嗣<sup>\*4</sup>  
 Takanori Komatsu Yuuki Seki Tomoharu Yamaguchi Ryohei Sasama and Keiji Yamada

<sup>\*1</sup> 信州大学ファイバーナノテク国際若手研究者育成拠点  
 IYREC, Shinshu University

<sup>\*2</sup> 信州大学大学院総合工学系研究科  
 Graduate School of Science and Technology, Shinshu University

<sup>\*3</sup> NEC C&C イノベーション研究所 <sup>\*4</sup> 日本電気株式会社  
 NEC C&C Innovation Research Laboratories NEC Corporation

We experimentally investigated users' reactions toward an on-screen agent appearing on three different types of media: a 42-inch television (120 cm away from participants), 17-inch display (80 cm), and 4.5-inch mobile PC (40 cm). Specifically, we observed whether the users accepted the agent's invitation to a Shiritori game while they were engaged in given tasks. The results showed that most participants who received the invitation from the on-screen agent appearing on a 4.5-inch mobile PC accepted the agent's invitation, while most participants did not accept the invitation from the agent appearing on the other two formats. We then investigated their reactions toward the agent the other situation; that is, appearing on 42-inch television (80 cm away), 17-inch display (40 cm) and 4.5-inch mobile PC (80 cm). The results showed that the participants still significantly accepted the invitation from the on-screen agent appearing on the 4.5-inch mobile PC from 40 cm away, and then clarified that the factors of the shorter distance from the agent and of the appropriate media type affected the participants behaviors whether they accepted or rejected the agents' invitations.

## 1. はじめに

我々の日常生活における様々なタスクを支援するために、ロボットエージェントやバーチャルエージェントなどの様々な人工エージェントの開発が活発に行われている。これまでは多くの研究が、バーチャルエージェントよりもロボットエージェントの方がユーザにとって快適なインタラクションを提供できると報告してきたが[Shinozawa 04; Powers 07; Wainer 06], 近年の情報端末および大画面テレビなどの様々なメディアの進化や普及につれて、バーチャルエージェントであってもロボットエージェントと同じような快適なインタラクション環境が提供可能であると報告され始めている[Kidd 04; Komatsu 08; Komatsu 09]. このことから、様々な種類のメディア上にバーチャルエージェントが現れることで、あらゆる状況におけるユーザを支援できるインタラクション手法の構築が期待されている(例. ユーザが屋外や緊急時に遭遇した場合などのロボットエージェントが使用できないような状況における、バーチャルエージェントによるユーザ支援など)。

しかしながらこれまで、バーチャルエージェントが現れるメディアの違い自体がユーザの行動や印象に与える影響は考慮されてはいなかった。そこで本研究では、バーチャルエージェントが現れることが想定される大画面テレビ(42 インチ大型プラズマテレビ), 一般的な PC モニタ(17 インチ液晶 PC モニタ), モバイル PC(4.5 インチモバイル PC)といった三種類のメディアに注

目し、これらのメディアに現れたバーチャルエージェントとインタラクション状態にあるユーザの行動が、メディアの違いによってどのような影響を受けるのかを実験的に検証することとした。

## 2. 実験1

### 2.1 実験設定

バーチャルエージェントとのインタラクション状態にある実験参加者の行動を観察するための実験環境として、二重課題法に基づいた「ダミーしりとりゲーム」[Komatsu 08; Komatsu 09]を実験環境として使用した:まず実験者は、実験室に入室した実験参加者に対して「本実験の目的は、ピクロスゲームを行っている際のマウスの軌跡を調査するものです」というダミーの目的を教示する。そして、「私(実験者)が、実験を監督することで生じる人的影響を除去するために、バーチャルエージェントが実験で指示を出します」と続けて教示した後、実験者が退室する。その後、バーチャルエージェントが参加者に対して、「それでは、準備ができたなら『じゅんぴができた』と言って下さい」と音声で指示を出し、「準備ができた」と参加者が回答すると、「ピクロスゲームを始めてください」と指示を出す。ピクロスゲームは実験参加者正面の46インチ大型液晶モニタに投影された(図1)。

参加者がピクロスゲームを開始してから1分後、エージェントが参加者に対して、『ねえねえ、ひまだなあ、しりとりしない?』としりとりを誘い、参加者が「いいよ」「うん」などと誘いを受諾する回答をした場合、実際にしりとりを開始する。ここで、本実験の真の目的は、「実験参加者が、エージェントからのしりどりの誘い

連絡先:小松孝徳, 信州大学ファイバーナノテク国際若手研究者育成拠点, 〒386-8567, 長野県上田市常田 3-15-1, Tel: 0268-21-5588, Fax: 0268-21-5884, e-mail: [tkomat@shinshu-u.ac.jp](mailto:tkomat@shinshu-u.ac.jp), URL: <http://tkomat-lab.com>

を受諾したか否か」という点を観察することである。実験参加者は大学生であるため、エージェントとしりとりを行うことはピクロスゲームに従事しながらの片手間であっても行うことができる程度の認知的負荷が低いタスクであると考えられるため、参加者が「このバーチャルエージェントはインタラクション相手としてふさわしい」と認識している場合には、参加者がエージェントからのしりとりを受諾すると考えられる(例. 工作中に自分の子供が「しりとりして遊ぼう」と言ってきた際、大抵の親は仕事を中断することなく、しりとりに応じることができるであろう)。また、参加者がエージェントからのしりとりを受諾しなかった場合は、5回目までは30秒間隔でしりとりを誘い、それ以降は1分間隔で誘うこととした。そして、参加者がピクロスゲームを開始して10分が経過した後、エージェントは『ピクロスゲームを終了してください』と指示を出し、実験を終了した。

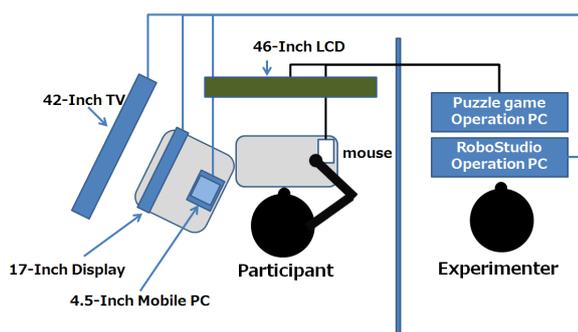


図1: 実験設定

## 2.2 使用したバーチャルエージェント

本実験では、NEC社製のソフトウェアプラットフォームRoboStudioに搭載されたPaPeRoロボットシミュレータ(以下、CG PaPeRo)をバーチャルエージェントとして使用した。

## 2.3 被験者

本実験には30人の大学生(19-23歳;男性15人,女性15人)が参加し、それぞれ以下の三つのグループに無作為に配置された。

- Group 1 (10人): CG PaPeRoが42インチ大型プラズマテレビ(Sony製FWD-42PX2)に現れるグループ。実験参加者からの距離120cmに設置され、画面上のCG PaPeRoの高さは約38cmであった。なお、CG PaPeRoは800x600 [pixels]の解像度で表示され、CG PaPeRoの音声はディスプレイ裏面に設置されたラウドスピーカーから表出した。
- Group 2 (10人): CG PaPeRoが17インチPCモニター(Eizo製FlexScan S1701)に現れるグループ。実験参加者からの距離80cmに設置され、画面上のCG PaPeRoの高さは約14.5cmであった。なお、CG PaPeRoは800x600 [pixels]の解像度で表示され、CG PaPeRoの音声はディスプレイ正面に内蔵されたスピーカーから表出した。
- Group 3 (10人): CG PaPeRoが4.5インチモバイルPC(Sony製VAIO type U VGN-UX90S)上のワイド画面に現れるグループ。実験参加者からの距離40cmに設置され、画面上のCG PaPeRoの高さは約4cmであった。なお、CG PaPeRoは、1024x600 [pixels]の解像度で表示され(ワイド画面のために、横方向の解像度はGroup 1および2と異なるが、縦方向の解像度はGroup 1および2と同じ)、CG PaPeRoの音声は携帯ミュージックプレイヤー用の外付けスピーカーから表出した。

三種類のメディアと実験参加者との距離は、それぞれのメディアを使用するにあたっての自然な距離として選択された。なお、バーチャルエージェントは、被験者に対していわゆるface-to-faceの対面状況ではなく、左斜前方約60度の方向に設置され、正面に設置されたピクロスゲームとエージェントとを同時に見ることができないように設定された(図3)。このような非対面状況を採用した理由としては、バーチャルエージェントから何らかの支援を受けたい状況にあるユーザは、バーチャルエージェントと対面状態にあるのではなく、すでに何らかの別のタスクに従事している状況が多いと考えられるからである。また、エージェントが参加者としりとりを行う際は、隣室の実験者がRoboStudio付属のTTS(Text-To-Speech)機能を利用して、エージェントから発話を表出した。エージェントの音声はどの実験条件であっても、参加者の頭部で50dB (FAST, A)になるように設定された。例として、Group 1における実験風景を図3に示す。



図2: (上)42インチ大型プラズマテレビ, (下右)17インチPCモニター, (下左)4.5インチモバイルPC



図3: 実際の実験風景(Group 1の場合)

## 2.4 実験結果

本実験ではまず、各実験条件にて10人中何人の参加者がバーチャルエージェントからのしりとりを受諾したか否かに注目した。その結果を図4に示す。その結果、大型テレビ上にエージェントが現れたGroup 1では10人中2人、PCモニター上に現れたGroup 2では10人中3人、モバイルPC上に現れたGroup 3では10人中8人がそれぞれエージェントからのしりとりを受諾していたことが明らかになった。フィッシャーの直接確率検定により各実験条件においてしりとりを受諾した人数を統計

的に比較すると, Group 1 と Group 3 の間(片側検定: $p=.012$ ,  $p<.05$  (\*))および Group 2 と Group 3 の間(片側検定: $p=.035$ ,  $p<.05$  (\*))に有意差を観察することができた。

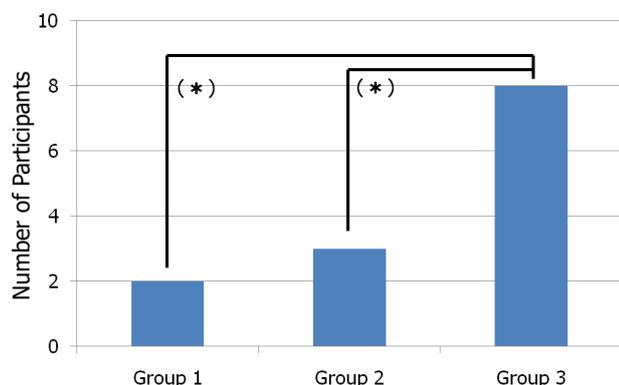


図 4: Group 1~3 においてしりとりを受諾した参加者数

また各実験条件間において、「ピクロスゲームを何問解くことができたのか」「参加者が実験中にピクロスゲームから目を離してエージェントの方を向いていた時間の割合」という二項目についても調査したが, これらの項目においては実験条件間に有意差を観察することはできなかった(ピクロスゲームの回答数: Group 1=1.8回, Group 2=2.0回, Group 2=2.0回,  $F(2,27)=.06$ , n.s.; 実験時間中 10 分間にエージェントの方を向いていた割合: Group 1=0.833%, Group 2=0.703%, Group 3=0.926%,  $F(2,27)=.06$ , n.s.). このことから, 与えられたダミータスクに対峙する態度に関しては実験条件間に差異は存在していなかった一方, エージェントからのしりとりに応じたか否かという現象については明確に差異が存在していたことが明らかになった。

よってこの実験結果より, 実験参加者にとって最もふさわしいバーチャルエージェントは, 参加者から 40cm の距離に置かれたモバイル PC 上に現れたものであったことが確認された。この結果は, GoldStein ら[GoldStein 02]の「ユーザは小さいコンピュータに対して丁寧ふるまわない(*People are not polite toward small computers*)」という主張に代表されるような「大きいスクリーンにエージェントを投影することで参加者に対して没入感を与えることで自然なインタラクションを演出する」というこれまでの方法論とは相反する結果になっている点が興味深い。

ただ, この実験設定からは, 参加者がしりとりを受諾する要因が「参加者からメディアまでの距離(例. 近ければ良い)」「特定のメディア(例. モバイル PC だと良い)」のどちらに依存するものかは明らかにすることはできない。そこでこの実験 1 の結果を踏まえて, ユーザの行動に対するこの二要因の影響を詳細に検証するための実験 2 を続けて行った。

### 3. 実験 2

#### 3.1 被験者

本実験には 30 人の大学生(19-22 歳; 男性 15 人, 女性 15 人)が参加し, それぞれ以下の三つのグループに無作為に配置された。なお, これらの参加者は上述の実験 1 には参加していない。

- Group 4 (10 人): CG PaPeRo が 42 インチ大型プラズマテレビに現れるグループ。実験参加者からの距離は 80cm に設定された。つまり, Group 1 で使用した大型テレビの位置を縮めて, Group 2 の PC モニタと同じ位置に設置した

条件。なお, 画面上の CG PaPeRo の高さおよび解像度は Group 1 と同様である。

- Group 5 (10 人): CG PaPeRo が 17 インチ PC モニタに現れるグループ。実験参加者からの距離は 40 cm に設定された。つまり, Group 2 で使用した PC モニタの位置を縮めて Group 3 と同じ位置に設置した条件。なお, 画面上の CG PaPeRo の高さおよび解像度は Group 2 と同様である。
- Group 6 (10 人): CG PaPeRo が 4.5 インチモバイル PC 上のワイド画面に現れるグループ。実験参加者からの距離は 80 cm に設定された。つまり, Group 3 で使用したモバイル PC の位置を遠ざけて Group 2 と同じ位置に設置した条件。なお, 画面上の CG PaPeRo の高さおよび解像度は Group 3 と同様である。

これらの実験条件における参加者の行動を観察することで, 実験 1 の結果から示唆された二つの要因の影響(「参加者からメディアまでの距離」「特定のメディア」)について言及できると考えられる。具体的には, 実験結果によって以下のような二点が言及可能となる。

- 「参加者からメディアまでの距離」要因が参加者の行動に影響を及ぼしている場合:
  - Group 4 の参加者のうち, しりとりを受諾した人数が Group 1 より有意に多い
  - Group 5 のしりとりを受諾した人数が Group 2 よりも有意に多い
  - Group 6 のしりとりを受諾した人数が Group 3 よりも有意に少ない
- 「特定のメディア」要因が参加者の行動に影響を及ぼしている場合:
  - Group 4 のしりとりを受諾した人数が Group 1 と同じような人数
  - Group 5 のしりとりを受諾した人数が Group 2 と同じような人数
  - Group 6 のしりとりを受諾した人数が Group 3 と同じような人数

なお, 実験 2 の実験設定および環境は, 実験 1 と同様のものを使用した。

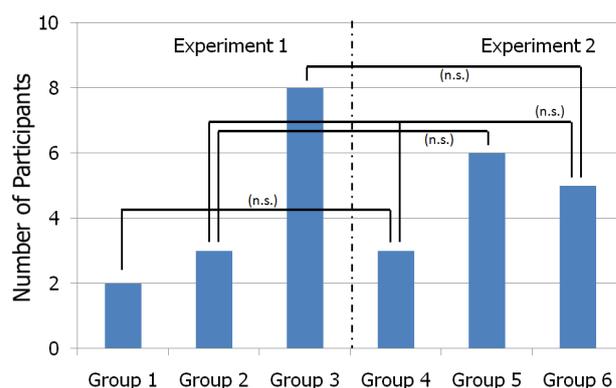


図 5: Group 1~6 においてしりとりを受諾した参加者数

#### 3.2 実験結果

Group 4~6 における実験参加者 10 人中何人がしりとりを受諾したのかを, 実験 1 の結果と併せて図 5 に示す。その結果, 大型テレビの距離を 120 cm から 80 cm に縮めた Group 4 では 10 人中 3 人, PC モニタの距離を 80 cm から 40 cm に縮めた

Group 5 では 10 人中 6 人, モバイル PC の距離を 40 cm から 80 cm に伸ばした Group 6 では 10 人中 5 人がエージェントからのしりとりを受諾していた。

上記の二つの言及点を検証するため, Group 1 と Group 4 間, Group 2 と Group 5 間および Group 3 と Group 6 間において, しりとりを承諾した参加者数についてフィッシャーの直接確率検定を行ったところ, これらの間に有意差は観察されなかった (Group 1-4: 片側検定  $p=0.50$ , n.s.; Group 2-5: 片側検定  $p=0.1849$ , n.s.; Group 3-6: 片側検定  $p=0.1749$ , n.s.). また, ピクロスゲームを何問解いたのか, および実験中の参加者がどれだけエージェントの方を向いていたのかという二項目についても調査したが, これらの間にも有意差は存在していなかった。

よって本実験の結果より, 「特定のメディア」要因が参加者の行動に影響を及ぼしている際に見られる現象が観察されたようにも見える。ただし, ただし, Group 3 と Group 6 においてしりとりを承諾した人数には統計的有意差は観察されなかったものの, その人数はモバイル PC の距離が遠ざかるにつれて 8 人から 5 人へと大きく減少していたり, Group 2 と Group 5 においても承諾した人数には統計的な有意差は観察されなかったものの PC モニタの距離が短くなるにつれて 3 人から 6 人へと大きく増加していたりと, 「参加者からメディアまでの距離」要因の影響も排除できず, 「特定のメディア」要因のみが参加者の行動に影響を与えていたとは言い難い。さらに, 三種類のメディアと参加者との距離が 80 cm に設定されている Group 2, 4, 6 の三条件間にて, しりとりを承諾した人数をフィッシャーの直接確率検定と比較しても, これらの実験条件間に有意差が観察されなかったことから, モバイル PC を使えば必ずしもそこに現れたエージェントからのしりとりを許諾しているわけではないことが理解された。

その一方, 参加者との距離を 120 cm に設定した際にしりとりを受諾した人数が 10 人中 2 人であった大型テレビ (Group 1) を, 距離 80 cm に近づけても (Group 4), 受諾した人数は 10 人中 3 人に留まっていた。この結果からは, 大型テレビにエージェントが現れた場合には, いかなる距離に設定してもしりとりを受諾しにくいという現象を示しているといえる (被験者から 40 cm の距離に大型テレビを設置することは本実験設定では物理的に不可能)。

よって本実験 2 の結果より, 「モバイル PC は距離が遠くなるとしり通りの許諾率が下がる」「PC モニタは距離が近くなると許諾率が上がる」「大型テレビは距離が近くなるとしり通りの許諾率は変わらない」という現象が観察されたため, 「参加者からメディアまでの距離」「特定のメディア」要因のうちどちらかの要因のみが被験者の行動に影響を与えているのではなく, メディアの種類ごとにユーザとの適切な距離が存在している可能性が示唆された。

#### 4. おわりに

本研究の目的は, バーチャルエージェントが現れるメディアの違いが, インタクションの当事者であるユーザの行動にどのような影響を及ぼすのかを実験的に調査することである。具体的には, 120cm の距離に設置された大型テレビ, 80cm の距離に設置された PC モニタ, そして 40cm の距離に設置されたモバイル PC の画面上に現れたバーチャルエージェントからのしり通りの誘いを実験参加者が受諾するか否かを実験的に観察した。その結果, 40 cm の距離に設置されたモバイル PC 上に現れたエージェントからのしり通りの誘いが最も高い割合で受諾されていたことが明らかになった。この結果より, 「参加者からメディアまでの距離」「特定のメディア」という二つの要因が参加者の行動に影響を与えると考えられたため, 80 cm の距離に設置した

大型テレビおよびモバイル PC という二つの実験条件および 40 cm の距離に設置した PC モニタという実験受験の合計三つの条件を追加することで, これらの要因の影響を考察することとした。その結果, 「モバイル PC は距離が遠くなるとしり通りの許諾率が下がる」「PC モニタは距離が近くなるとしり通りの許諾率が上がる」「大型テレビは距離が近くなるとしり通りの許諾率は変わらない」という現象が観察されたため, 「参加者からメディアまでの距離」「特定のメディア」要因のうちどちらかの要因のみが被験者の行動に影響を与えているのではなく, メディアの種類ごとにユーザとの適切な距離が存在していることが示唆された。

本実験において最も興味深い現象の一つが, 実験参加者がエージェントからのしりとりを受諾する場合や実際にしりとりを行う場合であっても, 実験参加者はエージェントの方をほとんど見ていないという点である。このようにほとんどエージェントの方を向いていない状態であっても, エージェントからのしりとりを許諾するか否かという行動に統計的な差が生じていることを踏まえると, 実験参加者はエージェントから発せられている音声情報を利用して, しりとりを許諾するか否かを決定しているという可能性が示唆される。よって, エージェントが現れたメディアとは異なる位置に置かれたスピーカからそのエージェントの音声を発したり, エージェントを表示させずにスピーカの位置だけ変更したり, また参加者にヘッドフォンを装着してもらった上でメディアの種類および位置を変更することを実験条件として設定することで, どのような要因がエージェントからの誘いを許諾する際の要因となるのかを詳細に追求していく必要がある。

#### 参考文献

- [Shinozawa 04] Shinozawa, K., Naya, F., Yamato, J., and Kogure, K.: Differences in effects of robot and screen agent recommendations on human decision-making, *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 62, 267 – 279 (2004).
- [Powers 07] Powers, A., Kiesler, S., Fussell, S., and Torrey, C.: Comparing a computer agent with a humanoid robot, In: the 2nd ACM/IEEE International Conference on Human-robot Interactions, pp. 145 – 152 (2007).
- [Wainer 06] Wainer, J., Feil-Seifer, D. J., Sell, D. A., and Mataric, M. J.: Embodiment and Human-Robot Interaction: A Task-Based Perspective, In: 16th IEEE International Conference on Robot & Human Interactive Communication, pp. 872 – 877 (2006).
- [Kidd 04] Kidd, C., Breazeal, C.: Effect of a robot on user perceptions, In: 2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 3559 – 3564, (2004).
- [Komatsu 08] Komatsu, T., and Abe, Y.: Comparing an On-screen Agent with a Robotic Agent in Non-face-to-face Interactions, In: the 8th International Conference on Intelligent Virtual Agents (IVA08), pp. 498-504 (2008).
- [Komatsu 09] Komatsu, T., and Kuki, N.: Investigating the Contributing Factors to Make Users React Toward an On-screen Agent as if They are Reacting Toward a Robotic Agent, In: the 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN2009), pp. 651-656, (2009).
- [Goldstein 02] Goldstein, M., Alsio, G., and Werdenhoff, J.: The Media Equation Does Not Always Apply: People are not Polite Towards Small Computers. *Personal and Ubiquitous Computing*, Vol. 6, 87-96 (2002).