

そばにいるね: “並ぶ関係” に基づく Sociable PC とのインタラクションについて

Interacting with Sociable PC toward “Side-to-Side” Communication with Sociable Artifact

吉池佑太^{1*} 岡田美智男²
Yuta YOSHIIKE¹ Michio OKADA²

¹ 豊橋技術科学大学大学院 電子・情報工学専攻

¹ Graduate School of Electronic and Information Engineering, Toyohashi University of Technology

² 豊橋技術科学大学 知識情報工学系

² Department of Knowledge-based Information Engineering, Toyohashi University of Technology

Abstract: Conventional studies on human-agent interaction and human-computer interaction are mainly focusing on a manner of face-to-face communication with agent and computer. In addition, in our everyday communication, there is “side-to-side” communication when a child and mother read a picture book together. In this study, we are investigating possibilities and methodologies of “side-to-side” communication with sociable artifact, and are developing a creature, Sociable PC as a platform for the studies. This paper shows basic concept of the “side-to-side” communication with sociable artifact and some findings from experiments interacting with the Sociable PC.

1 はじめに

日常生活において、人と人とのコミュニケーションは「話し手」と「聞き手」のように、一つの対として考えられやすい。同様に、人とロボット（システム）との関係も、「伝える側」と「伝えられる側」として、お互いが対峙しあうことを前提としているのではないだろうか。例えば、キーボードやディスプレイに向かう私たちの姿はシステムと対峙している。

しかし、人と人との関わりは必ずしも「対峙しあう関係」に限られない。例えば、母親と子どもと一緒に絵本を眺めるとき、家族と一緒にテレビを観るときなど、その関係は「対峙しあうもの」ではなく、むしろ「並ぶ関係」にあると言える。

本研究では、人とロボットとの「並ぶ関係」に基づくコミュニケーションの実現を目指し、そのプラットフォームとして Sociable PC を構築してきた。本論では、人と Sociable PC とのインタラクションについて、これまでに得られた知見とその考察について報告する。

2 そばにいるね

2.1 「向こう側にいる関係」から「こちら側に一緒にいる関係」へ

人とロボットが対峙しあい、ロボットが“向こう側にいる関係”とはどのようなものだろうか。例えば、老夫婦が「縁側から見える夕日をじっと眺めている」という場面にロボットがいることを考えてみたい。

おじいさんは「秋だねえ」と言うと、おばあさんは「寒くなりましたねえ」と言う。するとロボットは「寒くなった」というキーワードの意味を受け取り、「気温が低下しています」と言いながら、エアコンをつけ、縁側の戸を勝手に閉めてしまう。このような場面に遭遇すれば、おそらく居心地が悪いと感じるはずだろう。

一方で、“こちら側に一緒にいる関係”とはどのようなものだろうか。同様な場面で考えてみたい。

おじいさんは「秋だねえ」と言うと、おばあさんは「寒くなりましたねえ」と言う。するとロボットはただ「ピー」といいながらコクリとうなずく。同じことを考えている存在が身近に居るだけであり、エアコンを動作させる事や縁側の戸を勝手に閉める事はないため、

*連絡先: 豊橋技術科学大学大学院 電子・情報工学専攻
〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1 (F1-404)
E-mail: yoshiike@icd.tutkie.tut.ac.jp

不便かもしれない。しかし居心地は悪いものではないだろう。

上記は極端な例であるものの、「対峙しあって向こう側にいる存在」と「一緒に並んでこちら側にいる存在」とでは、その心理的な距離感において大きな差がある。

本稿で「そばにいるね」というのは、単に近くにいるという距離感ではない。むしろ「こちら側に一緒にいるね」というように、同じことに関心を持ち、「いま、ここ」を共有し、賛同しているという状態の事である。

2.2 ロボットはどのように日常生活に溶け込んでいくのか

前節のように、「対峙した関係」から「並ぶ関係」へのシフトによって、コミュニケーションは伝達するという非対称な形態から、むしろ「調整しあう」「共有しあう」といった、対称で対等な形態に移行する。

ロボットが日常に溶け込むためには、人や動物などに代わるように、明示的なサービスを提供してくれる存在になることが必要だと思われる。しかし、前節のように、人の日常性を考慮し、ただそばにいてくれる存在としても溶け込めるのではないだろうか。

ロボットとの共感的なコミュニケーションの実現を目指す上では、この「並ぶ関係」を手がかりに、人間の積極的な意味付け能力を前提にしたコミュニケーションデザインを議論していくことが重要であると考えている。

2.3 関連研究

「並ぶ関係」は、二者の間で共通な物・事象がある関係（三項関係）において、身体を基盤とした相互の「なり込み」により両者の共感的な状態が構成されていると考えられる [2]。幼児と養育者との間における三項関係の成立が、原初的コミュニケーションの基底にあると言われており、人とロボットとの間で共同注意（joint attention）を実現しようとする研究もある。

例えば、Kozima らは幼児型ロボット（Infanoid）を構築している [1]。Infanoid は人の上半身を模したロボットであり、ロボットが自身の身体を自己参照しながら、仮想的に人と同様な経験をすることで、共同注意といったメカニズムや、人との共感的なコミュニケーションの諸相について構成的な解明を試みている。

また、ロボット（エージェント）側のメカニズムではなく、人側のメンタルモデルに着目している研究もある。小松らは、「ユーザがエージェントに対して期待した機能」と「実際のインタラクションにおいてユーザが感じた機能」の差に注目し、この差を適応ギャップと呼んでいる [3]。この適応ギャップという視点を考慮し、

ユーザの印象を良くするようロボットの機能をデザインすれば、ユーザからの積極的なインタラクションが期待できるという。しかし、人とエージェントとの広汎的なインタラクションを扱っているものであり、ロボットへの対人的な関わりを引き出すような、社会的インタラクションに重点が置かれているわけではない。

ロボットとの社会的インタラクションをデザインするためには、「ミニマルデザイン」と呼ぶ設計指針がある [4]。ミニマルデザインの狙いは、外見や機能的な制約があることを前提にした上で、周囲の状況や文脈の変化による人の意味付け行為を利用し、人からの積極的な関わり（対人的な行動）を引き出すことである。

著者らはこれまで、「ミニマルデザイン」に依拠し、人とロボットの「並ぶ関係」の構築を目指し、そのプラットフォームとして Sociable PC を構築してきた。そして、その理論的基盤を整理するために、人とロボットとの同型性を「実体」と「関係」という観点から特徴付けを行い、「関係としての同型性」を見出すための帰属傾向について議論してきた [5]。人とロボットの間で、同じことに関心を持ち「いま、ここ」を共有するような関係を構築するためには、この「関係としての同型性」を見出すことが必要だと考えているためである。

しかし、先攻研究では、Sociable PC とインタラクションする様子のビデオクリップを利用した「観察者」としての印象評価で議論したものであった。そのため「参与者」に対する観察・分析もする必要がある。そこで、本研究では以下の観察実験を行った。

3 実験

本実験の目的は、人の Sociable PC に対する印象や帰属傾向への影響、Sociable PC への関わり方の可能性について広く調査することである。そのために、被験者に対して、Sociable PC と 5 分間程度の自由なインタラクションをしてもらい、その様子を観察した。

以下、本実験で使用したシステム（Sociable PC）と実験内容について説明する。

3.1 Sociable PC のシステム構成

Sociable PC の外観を図 1 に示す。Sociable PC の見た目は、立方体の形で目や口、手足がなく一般的なコンピュータの筐体に近い。そして、まるでトウフのような形や触感をもつ。

ハードウェア構成を図 2 に示す。ハードウェアは、3.5 インチサイズの汎用のマザーボードを使用しているため、一般的な PC と同様に、キーボード、マウス、ディスプレイが接続可能である。また、無線 LAN や USB の周辺機器の接続も可能である。また、パソコンとし



図 1: Sociable PC

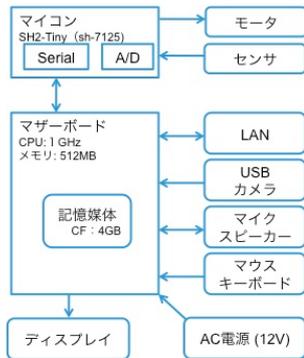


図 2: ハードウェア構成

ての機能に加えて、移動や身体配置の調整、何かに近づく・離れるなどのアドレスの表示を行うための移動用モータ、何かを探したり、うなずきや否定表現などの最小限の社会的表示を行うための3自由度のサーボモータが組み込まれている。

なお、本実験では Sociable PC の PC としての側面は利用せず、電源ケーブルのみ接続された状態で動作させた。

3.2 実験室環境

実験室の構成を3に示す。実験室は「被験者用スペース」と「実験者用スペース」に分かれている。被験者用スペースの中央と端にはテーブルが設置されており、中央のテーブル上で Sociable PC が動作可能になっている。端のテーブル上には17インチの液晶ディスプレイが設置されている。テーブルの周りは、被験者が自由に移動可能な程度の幅が確保されている。また、被験者用スペースのオプティカルフローを検出するためのカメラが2台、記録・観察用のカメラが2台設定されている。

液晶ディスプレイには4のような上向き矢印（もしくは下向き矢印）が常に表示されている。ディスプレイ側に移動するようなオプティカルフローが検出されると上向き矢印が表示され、逆のオプティカルフロー

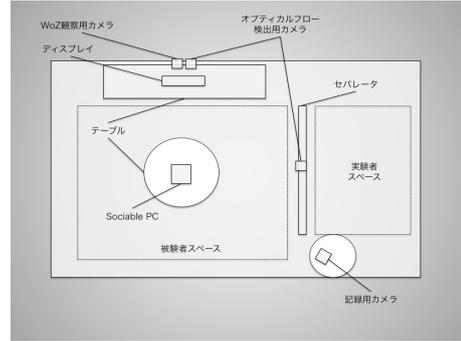


図 3: 実験室の構成



図 4: ディスプレイに表示されている矢印

の場合は下向き矢印が表示される。

なお、被験者と実験者が、お互いにその様子を直接的に見ることが出来ないよう、被験者用スペースと実験者用スペースはセパレータで区切られている。

3.3 Sociable PC の振る舞い

本実験において、Sociable PC の振る舞いは、WoZ (Wizard of Oz) 法にならない、実験者が無線 LAN 経由での遠隔操作によるものとした。実験者は、被験者と Sociable PC の様子をカメラ越しに観察しながら、Sociable PC を操作する。また、実験者はディスプレイ上に表示されている矢印の向きの情報も実験者スペースにある端末を通じて知ることができる。

なお実験者は、以下の制約の範囲内のみで Sociable PC を操作することとした。

- 1: 基本的に前進か後退のみさせる
- 2: 上向き矢印が表示されている間は前進をさせ、下向き矢印の場合は後退をさせる
- 3: 被験者がじっとしている場合は、動かないか、前進と後退を繰り返し、その場にとどまる動きをさせる
- 4: テーブルの端にいる場合も落下しないように、ルール3のように、その場にとどまる動きをさせる
- 5: 実験時間 (5分) になる前に、上記の2と3のルールを無視し、前進を続け、テーブルから落ちそうなところまで前進させる

このような制約を設定した理由は、被験者に対して Sociable PC は矢印の向きに従って動いていると気付かせつつも、(WoZ であるため) 単純なルールで動いているロボットとは思わせないことが期待出来ると考えたからである。また、テーブルから落ちそうなイベントを発生させることは、そのような状況に対してどのように対処するかという、Sociable PC に対する印象や帰属傾向を探るヒントになると考えたからである。

また、トウフのような形や触感をしているため、被験者は Sociable PC に触れやすいと予想出来る。そのため、触れた事に体するフィードバックとして、上面を「トントン」と軽く叩くとブルッと震えるような振る舞いをさせる事にした。この振る舞いは、上面の加速度センサの値がある閾値を越えると WoZ 操作とは無関係に自動的に行われる。この振る舞いによって、接触行動などを持続させるというねらいがある。

3.4 手続き

実験は、21 歳から 24 歳 (平均 21.167 歳) の男性 5 名、女性 7 名の計 12 名の被験者を対象に行った。いずれの被験者も Sociable PC を見るのは初めてであった。実験開始前に、被験者に対して以下の項目を教示した。

- 「これから案内する部屋のテーブル上にロボットが動いていますので、どのように振る舞っているのかを 5 分間観察して下さい」
- 「後でロボットがどのように動いていたかについていくつかインタビューをします」
- 「観察中は、部屋を自由に移動することや、自由にロボットに触れることをして頂いて構いません」
- 「乱暴にしなければ何をしても構いません」
- 「また、ディスプレイも設置されていますので、表示されている内容もロボットに対する観察の材料にしてください」

教示のあと、被験者を実験室に案内し、5 分間自由に観察とインタラクションをしてもらった (図 5)。

その後、以下の項目に沿ってインタビューを行った。また、半構造化インタビューにならない、被験者の回答によってはさらに詳しく尋ねることを行った。

- Q1 「立方体はどんなときに動いていたと思いましたか？」
- Q2 「矢印はどんなときに変化していたと思いましたか？」
- Q3 「立方体が落ちそうな時はどうしようと思いましたか？」



図 5: 実験中の様子

4 結果

4.1 インタビュー結果

[Q1 のインタビュー結果について]:

12 名の被験者のうち 11 名は、ディスプレイ上の矢印の向きと Sociable PC の動きの方向に関連があると感じたと答えていた。残りの 1 名は「勝手に動いているように感じた」と答えていた。しかし、インタビューの中で、「モニターを気にしている」という回答をしていたことから、Sociable PC は矢印が表示されている「ディスプレイ」と関係があると気付いていたようである。

[Q2 のインタビュー結果について]:

12 名の被験者のうち 3 名のみが、矢印の変化が自身の動き (移動) と関連していて、ディスプレイ方向に移動すると上向き矢印、逆に移動すると下向き矢印が表示されると回答していた。そして、この 3 名は自分の動きと Sociable PC の動きが関連しているかと回答した。

残りの 9 名のうち 2 名は「自分の動きに関連しているようだった」「大きく動くときに変化するようだった」など、自身の動きに矢印が関連していることは気付いていたものの、「時間経過だと思った」「床に仕掛けがあると思った」など他の要因の可能性も考えていた。残りの 7 名は「どのように動いているか分からなかった」「適当に動いていた」などと回答していた。

[Q3 のインタビュー結果について]:

Q2 のインタビュー項目において、矢印の変化が自身の動きと関連していると気付いた 3 名のうち 2 名は、後ろの方に下がって落ちないように見守ったと回答し、図 6 に示すような様子が観察された。残りの 1 名は、「前の方に行って、その後どうなるか見なかった」と回答した。

残りの 9 名のうち、4 名は「落ちてでもいいように手で支えようと思った」と回答し、図 7 のように手で支えようとする振る舞いが観察された。残りの 5 名のうち 2 名は、「落ちると思って移動させた」と回答し、実際に図 8 のように移動させる様子が観察された。残りの 3 名は「落ちそうになっても落ちる事はないだろう」と回答した。



図 6: テーブルの後ろで見守る様子



図 8: 移動させる様子



図 7: 手で支えようとする様子

4.2 Sociable PC の動きの説明のしかたについて

インタビュー中、立方体 (Sociable PC) の動きの説明する際、生き物らしく表現して回答する被験者が3名 (S5, S6, S8)、ロボットらしく表現して回答する被験者が5名 (S1, S10, S11, S12) いた。残りの4名 (S2, S3, S4, S7, S9) はどちらかに分類出来るような回答をすることがなかった。

[生き物らしく表現する被験者]:

S5 は、Sociable PC がブルッと震える様子を「触ったら、すごく嫌われているように感じた」と回答し、また、矢印に従って動く様子を「ディスプレイに注目して、それ通りに動いていると感じた」「ディスプレイを見ているのかと思って、遮ろうと思った」と回答していた。

S6 は、Sociable PC の外装をめくることをしていた。インタビュー中その事に触れると「めくったら恥ずかしがるのではないかと思った」、「ひっぱったらこっちに来てくれるのではないかと思った」と回答した。また S6 は実験中「テーブルを移動させてもいいですか？」と実験者に尋ねることがあった (実験者はその時「そのままお願いします」と回答した)。インタビュー中にその事に触れたところ「モニターばかり気にしている」「(立方体が) モニターの方に行きたいと思っている、と感じたので、机を動かして、モニターまで行かせるようにしたかった」と回答した。

S8 は、Sociable PC がテーブルの端で前進と後退を繰り返す様子を「嫌がっているようで先に進まないと思った。もう行きたくないからそれ以上先に進まない

と思った」と回答していた。

[ロボットらしく表現する被験者]:

Sociable PC が落ちそうになった際のことを、S1 は「車体がテーブルからはみ出た」、S10 は「(プログラムの) バグで本当に落ちるかと思った」と回答していた。S11 と S12 は、Sociable PC の動作について「(立方体が) どういうルールで動いているかが気になった」「矢印以外にも動く条件があると思って、何かしたら動くのではないかと終始探していた」と回答していた。

5 考察

まず、Sociable PC の動作について、ほとんどの被験者は矢印に関連した動きをすると気付いていたものの、単純なルールの基で動いていると確信して答える被験者はいなかった。また、背後で誰かが操作しているのではないかと疑う被験者もいなかった。そのため、被験者は Sociable PC をある程度自律性のある存在としてみなしていたのではないかと考えられる。これは、Sociable PC の動作の種類が単純であったために、WoZ 法に基づき遠隔操作していたことが気付きにくかったためと考えられる。加えて、被験者自身の動きが Sociable PC の動きに関連していることも、その要因となったと考えられる。

本実験における Sociable PC の振る舞いは、特に被験者とコミュニケーションをとらせるようなものではなく、また、何かとコミュニケーションをしていると思わせるようなものでもなかった。しかし、一部の被験者は、インタビューで Sociable PC の動作について「好き嫌いのような感情」や「ディスプレイに注意を向けているというような意識」、「行きたがっている/行きたくないというような信念」があるかのように回答していた。これは、単純な図形の振舞に対してさえ意図帰属が可能であるという Heider らの実験結果とも関連する [6]。また、この被験者らは Sociable PC に対して「志向的に構えていた」とも言えるだろう [7]。

しかし、Sociable PC の抽象的な姿かたちは注意方向を曖昧にしておき、動き方もゆっくりであるため、距離的に離れた対象物へ「注意を向けている」と、被

験者は感じにかかったと思われる。そのため、被験者は Sociable PC に対して、触れることや周囲に手をかざすこと、テーブル周辺を動き回るなど、至近距離での関わりをすることが多く、Sociable PC が何に注意を向けているのか/何に反応するのかを終始探索していた様子が伺えた。

このことから、Sociable PC との関わりは、身体配置の調整 (パーソナルスペースの調整)、アドレスの調整 (どこに向かおうとしているのか)、視線の調整 (どこに注意を向けているのか) などのような原初的なコミュニケーションにフォーカスされていたことを示唆する。その中で、シンプルな振る舞いでも「好き/嫌いといった感情」や「行きたい/行きたくないのような信念」が見出されていた。特に、S6 は「Sociable PC はテーブルから先は進む事が出来ないが、その先のモニターまで行きたいはずだ」と行動に出たと考えられ、共感していたとも解釈出来る [8]。

人とロボットの間で、同じことに関心を持ち「いま、ここ」を共有しているような状態をつくり出すためには、このような原初的なコミュニケーションを基底に「人と同じように周囲と関わっている」と人に感じさせる必要があると考えている。

そのためには、本実験では取り扱わなかった、「ロボットが、特に人に対して注意を向けられること」「人との随伴性 (contingency) を考慮し、単純な模倣的行為をすること」などが関連するだろう。

6 むすび

本稿では、ロボットとの共感的なコミュニケーションの実現を目指す上で「そばにいるね」というキーワードを基に議論した。そして、Sociable PC に対する印象や帰属傾向への影響の可能性、関わり方の可能性について調査すること目的に、自由なインタラクションの観察実験を行った。その結果、Sociable PC は抽象的な姿かたちやその動作の制約から、原初的なコミュニケーションにフォーカスさせ、一部の被験者は Sociable PC の動作の様子を感情や信念があるかのように例えて説明していた。

今回の初期的検討を踏まえ、今後は WoZ 法ではなく、Sociable PC のどのような振る舞いが、人の関わり方や帰属傾向に影響するかについて、「被験者の振る舞いをセンシングすること」「質問紙によるアンケート評価をすること」など、定量的な評価に基づき調査し、設計に役立てていきたい。

謝辞

本研究の一部は、科研費 補助金 (挑戦的萌芽研究 19650044、および基盤研究 (B) 21300083)、文部科学省グローバル COE プログラム「インテリジェントセンシングのフロンティア」の支援を受けた。ここに記し謝意を表する。

参考文献

- [1] H. Kozima and H. Yano: A Robot that Learns to Communicate with Human Caregivers: Proc. of the First International Workshop on Epigenetic Robotics, (2001)
- [2] 鯨岡峻: 原初的コミュニケーションの諸相, ミネルヴァ書房, (1997)
- [3] 小松 孝徳, 山田 誠二: 適応ギャップがユーザのエージェントに対する印象変化に与える影響, 人工知能学会論文誌, Vol. 24, No. 2, pp.232-240 (2009)
- [4] Matsumoto, N., Fujii, H., Goan, M., and Okada, M.: Minimal Design Strategy for Embodied Communication Agents, in In Proceedings of the 14th IEEE International Workshops on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN '05), pp. 335-340 (2005)
- [5] 吉池佑太, 岡田美智男: ソーシャルな存在とは何か— Sociable PC に対する同型性の帰属傾向について, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J92-A, No.11, pp.743-751 (2009)
- [6] Heider, F. and Simmel, M.: An experimental study of apparent behavior, American Journal of Psychology, Vol. 57, No. 2, pp. 243-259 (1944)
- [7] D.C. Dennett: Kinds of minds Harper Collins Publisher, (1996) (土屋俊訳: 心はどこにあるのか, 草想社 (1997))
- [8] サイモン・バロン=コーエン: 共感する女脳、システム化する男脳, 日本放送出版協会, (2005)