

展示案内ロボット： 来訪者に向けた効果的な案内ビヘイヴィアの検討

Exhibition Guide Robot: Effective Behavior to Involve Human in Interaction

鳩康彦*1
Yasuhiko Hato

Thomas Kanold*1*2

石井健太郎*3
Kentaro Ishii

今井倫太*4
Michita Imai

*1慶應義塾大学 理工学研究科
Graduate School of Science and Technology, Keio University

*2Technische Universität Darmstadt

*3科学技術振興機構
Japan Science and Technology Agency

*4慶應義塾大学 理工学部
Faculty of Science and Technology, Keio University

This paper proposes a robot communication strategy that enables a human context to be incorporated into a robot's context. The strategy's fundamental principle is that a robot will show awareness of a human context. In our pilot study, many participants did not actually start interacting with a robot, but tested its functionality. According to the results of the pilot study, we implemented a robot with behaviors that showed awareness of such peculiar human behaviors. We conducted a field experiment to verify the effectiveness of the robot's behaviors for showing awareness. The results indicated that showing awareness can be a method for involving humans in an interaction with a robot.

1. はじめに

近年、博物館や展示場等の公共の場へ案内ロボットを導入する研究が多くなされている [1, 2]。これらのロボットは、誰でも容易にコミュニケーションできるように、発話やジェスチャを用いて人とインタラクションする。しかし、人がロボットに注意を向けていなければ発話やジェスチャでのインタラクションは成功しない。発話やジェスチャでのインタラクションには、人の注意をロボットに向けさせるためのコミュニケーション・ストラテジーが必要である。

Shiomi らは科学博物館で、コミュニケーション・ロボットを用いて来訪者の案内を行った [3]。来訪者が首に下げている RFID タグにより、ロボットは人を識別でき、名前を呼ぶことができる。アンケートの結果、RFID タグ情報を利用するロボットは、利用しないロボットよりも高い評価を得た。また、岡田らは美術館において案内ロボットによって提示されるコンテンツを聞く人々のビヘイヴィアを調査した [4]。岡田らは説明中の人間の首の動きに注目し、ロボットにはそれが実装されていた。

このように、人の注意をロボットに向けさせるロボットのコミュニケーション・ストラテジーは研究されてきた。しかしながら、Shiomi らは、来訪者はロボットの説明を聞いていないことがしばしばあると報告している。ロボットが展示の説明をしている間、彼らはロボットに触ったり、RFID タグをロボットに繰り返し見せたりするという。2.2 節に示す我々の予備実験でもこれに似た現象が観測された。ロボットから案内を受けた 60 人中 28 人が、案内を聞かず、ロボットを観察していた。予備実験において、話を聞かない来訪者には、特に 2 つのビヘイヴィアが観測された。1 つ目は、ロボットの反応を確かめるためにロボットのカメラの前で手を振るといったビヘイヴィアである。2 つ目は、ロボットの機構や外見を観察するというビヘイヴィアである。これらのビヘイヴィアをする人々は、ロボットを見ているが、コミュニケーションはしていない。我々はこ

連絡先: 鳩康彦, 慶應義塾大学大学院理工学研究科, 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1, TEL/FAX: 045-560-1070, hato@ayu.ics.keio.ac.jp

の問題は、人とロボットがお互いどのようにインタラクションしたいかが一致していないことだと考えている。ここで、「動作主体が相手とどのようにインタラクションしたいか」を「コンテキスト」と定義する。例えば、ロボットのカメラの前で手を振る人のコンテキストは、「ロボットの画像処理機能を確認したい」である。岡田らはインタラクションを継続させることに成功しているが、コンテキストの不一致の可能性を議論していない。

我々は、人のコンテキストをロボットのコンテキストに一致させるコミュニケーション・ストラテジーを提案する。ロボットが人のコンテキストに気づいていることを示すことで、人の注意をロボット自身からロボットの発話に向けさせることを狙う。このコミュニケーション・ストラテジーを *showing awareness* (SA) と呼ぶ。ロボットがコンテキストへの気づきを示すことで、人々はロボットの意図を推測し、話を聞くようになる。

我々は建物の案内をするコミュニケーション・ロボットを開発した。それを大学の校舎のロビーに設置し、SA を用いた案内と、用いない案内での来訪者の反応を比較した。この際、予備実験の結果に従い、SA を用いた次の 2 つの発話を用意した。ロボットのカメラの前で手を振る人に対して (a) 「大丈夫、見えてますよ」、ロボットの問いかけに無反応な人に対して (b) 「話、聞いてますか」と発話させた。

2. 背景

2.1 関連研究

Hayashi らはオープン環境での実験を行っている [5]。ロボットは駅に設置され、駅の情報や旅行情報を提供するタスクを担っていた。ロボット 1 台かロボット 2 台、および no-interactive behavior (来訪者が存在するしないに関係なく案内を続ける) か interactive behavior (来訪者をきた時に挨拶をし案内を始める) かを組み合わせた 4 条件を比較した。その結果、ロボット 2 台による no-interactive behavior が、最も来訪者を情報へ引きつけた。Hayashi らは我々と目的を同じくしているが、この実験はロボットのコミュニケーション手法を改善するものではない。

ロボットと人との関係性は互いを理解しあうのに必要である。関係性の存在により、発話が不鮮明であっても人はロボットの意図を推測するようになる [6]。Ono らは人の発話理解のプロセスに注目し、既に関係性を築いた PC 上の CG エージェントをロボットに移すことでロボットと人との関係性を築くことに成功している。Ono らはノン・ヴァーバルな手法を用いているが、我々は発話で関係性を築くことを目指している。

2.2 予備実験

大学の学園祭の研究紹介展示において、各展示の紹介を行ったロボットに対する人の反応を観察した。上半身人型のロボットを会場に配置し、通りかかる人に声をかけ展示紹介をする。その際の人の反応を観察し、ロボットが指差した方向を振り返るかをカウントした。指差し方向に振り返った人をロボットのコンテンツに注目しているとみなすと、47% の人がロボットのコンテンツに注意を向けず、以下に示す 2 つの行動のどちらかをとった。

1. ロボットの画像処理機能を確認するためにロボットのカメラの前で手を振る。
2. ロボットがどのように造られているのか確認するために近づき、しばしばロボットに触る。

これらの人々のコンテキストは画像処理機能を確認したい、または細部を確認したいである。一方、ロボットのコンテキストは人々に案内したいである。

2.3 本研究の扱う課題

予備実験は、人間のコンテキストがロボットのコンテキストと一致していないと情報が伝わらないということを示している。そこで、以下の 2 つの振舞いを我々のターゲットとする。

WB: Waving Behavior. 来訪者はロボットのカメラの前で手を振る。また、ロボットの頭が彼らをトラッキングすることができるかどうか確かめるために、ロボットの周りを回ることもある。

NIB: No-Interaction Behavior. 来訪者は外見を観察するためにロボットに近づくが、ロボットとコミュニケーションしない。No-Interact はロボットの問いかけに対して無反応ということの意味する。

3.1 節に示す提案手法により、以下の 2 つの目標を達成することを試みる。

- 人々にロボットの機能の確認や細部の観察をやめさせる。
- ロボットとコミュニケーションをし始める。

3. 提案手法

この節では、人のコンテキストを変えさせるコミュニケーション・ストラテジーを提案する。このストラテジーを *showing awareness (SA)* と呼ぶ。

3.1 コミュニケーション・ストラテジー

WB および NIB の人々はロボットをコミュニケーション・パートナーとみなしていない。これらの人々のコンテンツは、ロボットの機能、もしくは構造を確認したいである。SA はこういった来訪者のコンテキストを変え、ロボットのコンテキストと一致させることを狙う。SA は発話によりなされ (SA 発話)、人のコンテキストが以下のように変化するようにデザインされる。この変化は図 1 にも示される。

State 1: 人とロボットのコンテキストそれぞれにおいて、インタラクションが一方向である。

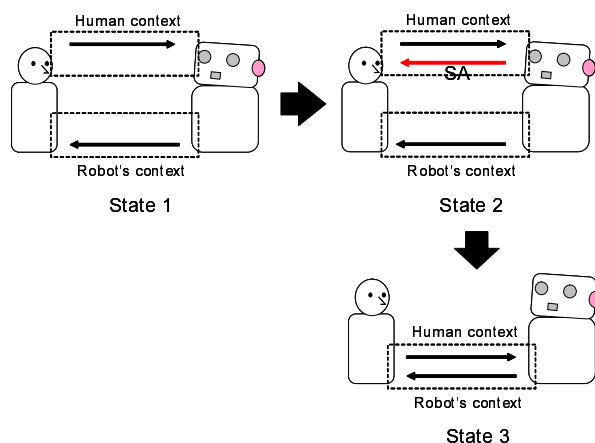


図 1: SA による人のコンテキストの変化

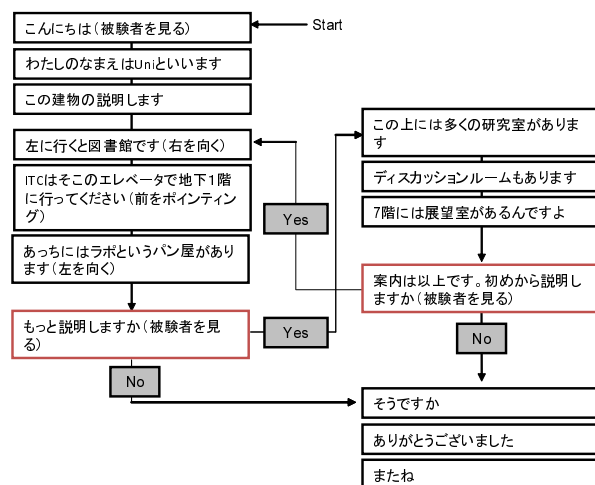


図 2: 案内の流れ: 黒枠は UNI の発話を表す。赤枠は来訪者の返答を要求する UNI の発話を表す。灰色枠は来訪者の返答を表す。案内は矢印に沿って進む。

State 2: ロボットが SA 発話により人のコンテキストに気づいていることを示す。それにより人のコンテキストでのコミュニケーションが双方向になり、人はロボットを対話相手であると感じる。

State 3: 人は対話相手の意図を推論しながらコミュニケーションを行うため [7]、発話内容からロボットの案内を聞いて欲しいという意図を推測し、ロボットのコンテキストで対話を開始する。

WB, NIB それぞれについて、以下の 2 つの SA 発話を用意した。

- (a) 大丈夫、見えてますよ。聞いてくださいね。
- (b) 話、聞いてますか。聞いてくださいね。

3.2 ロボットの案内ビヘイヴィア

ロボットの案内コンテンツを図 2 に示す。ロボットは通常、来訪者の顔を追いかけ、方向を示すポインティング・ジェスチャーを用いながら近くの人に施設案内をする。図の赤枠で示す問いかけで、来訪者の返答を要求し、その返答によりコンテンツは分岐する。発話「またね」でコンテンツが終了する。

来訪者が画像処理機能を確認する振舞いを見せたとき、ロボットは発話 (a) を用いる。もっと説明するかどうかの質問をしたとき、来訪者が何も答えなければロボットは発話 (b) を用いる。

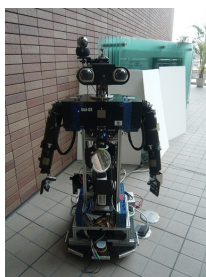


図 3: 実験で用いたロボット:UNI

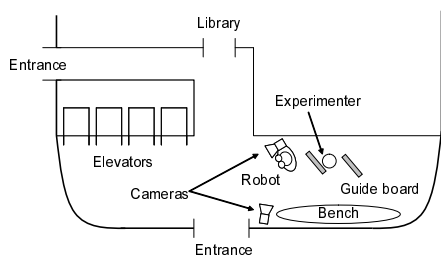


図 4: 実験環境

4. 実験

3.1 節で示した SA の効果を検証するために実験を行った。

4.1 仮説

仮説: ロボットのコンテンツへ注意を向けていない来訪者のコンテキストは、ロボットが人のコンテキストに気づいていることを示すこと (SA) により変化する。

4.2 実験環境

慶應義塾大学矢上キャンパスの 14 棟エレベータホールに UNI と名づけたコミュニケーション・ロボット (図 3) を設置し、実験を行った。この場所はオープン環境であり、来訪者はこの場所を日頃から利用している。来訪者は普段この場でロボットを見ないので、興味を示しロボットに近づいてくることを狙う。ただし、来訪者は実験を行っていることを知らない。

実験環境を図 4 に示す。来訪者に気づかれぬよう、実験者は案内板の裏でロボットを操作した。2 つのカメラを設置し実験の様子を記録した。1 つは来訪者の振舞いと反応を記録するために UNI の頭部に置かれた。もう 1 つは実験風景全体を記録できる場所に設置した。

4.3 実験方法

実験に際し、ロボットは Wizard-of-Oz で操作した。実験者はカメラを通して常に実験風景を観察し、人が通りかかった時、ロボットの頭を来訪者に向け、「こんにちは」と発話させた。

UNI が「またね」と言った後、もしくは来訪者が UNI を離れた後、実験者が案内板の後ろから現れ、アンケートに答えてくれるよう頼んだ。アンケートでは、年齢、性別、ビデオの使用許可、及び感想を尋ねた。

仮説の検証のため、WB と NIB の人々を、図 2 に示すビヘイヴィアと SA 発話を用いた実験群と、図 2 のビヘイヴィアのみを用いた統制群とに分けた。

4.4 予測

以上の実験設計に基づく実験の予測は以下の通りである。

1. 実験群の来訪者は、SA により UNI の案内コンテンツに注意を向けるようになるので、統制群の来訪者よりも UNI の発話を多く聞く。

2. 実験群の来訪者は、SA 発話 (a) により UNI の画像処理機能の確認及び構造の観察を止める。
3. 実験群の来訪者は、SA 発話 (b) により UNI の問いかけに答えるようになる。

5. 結果と考察

実験は 2 日間実施され、44 組のグループ (計 74 人、女性 21 人、男性 53 人) が参加した。1 名のグループは 23 組、2 名以上のグループは 21 組であった。実験群が 30 人 (15 グループ)、統制群が 44 人 (29 グループ) に分類された。アンケートに答えた来訪者の平均年齢は 26.9 歳 (男性 22-61 歳、平均 28.8 歳; 女性 19-36 歳、平均 24.4 歳) であった。

5.1 予測 1

14 個の発話が案内コンテンツとして用意された (図 2)。それぞれのグループが UNI から離れるまでの間、再生された発話を数えた。その結果、実験群では 9.0 個の発話が、統制群では 9.8 個の発話が再生された。実験群での発話数と統制群での発話数との間に有意差は見られなかった。

SA により実験群の来訪者は UNI の案内コンテンツを聞くようになるので、実験群ではより多くの発話が再生されると我々は考えていた。これに反し、上述のような結果になったのは、来訪者が既に建物についてよく知っており、UNI の説明に興味を示さなかったからと考えられる。

5.2 予測 2

実験群の中の WB の人々をターゲット群とする。ターゲット群はカメラの前で手を振る人々 (図 5)、および UNI の頭が彼らを追うのを試すために UNI の周りを歩く人々 (図 6) からなる。

SA により、WB を止めた来訪者を数えた結果、9 人中 3 人が SA の後 WB を止め UNI と対話を始め、また、9 人全ての来訪者が UNI の SA 発話に驚きを示した。このように我々の手法は、33% の人々が機能確認ビヘイヴィアを止めさせることができた。この現象は、来訪者が UNI の意図を推測しコンテキストを変えたからだと考えられる。

しかしながら、来訪者の 67% は彼らのコンテキストを変えずに UNI の顔追跡機能を楽しんでいた。ここには 2 つの可能性があると考えられる。

Failure 1: UNI の意図が推測できなかったため、来訪者はコンテキストを変えなかった。

Failure 2: UNI の意図は理解したが、対話が成立したコンテキストに留まっていたため、来訪者はコンテキストを変えなかった。

SA 発話 (a) の内容と、全ての来訪者が驚きを見せたことを考慮すると、Failure 2 が WB を止めなかった理由であると考えられる。この場合、驚きは来訪者が UNI の意図の存在を期待していなかったことを表している。

さらに、建物について既に知っていたことも来訪者が UNI の案内コンテンツに興味を持たなかったことの原因であると考えられる。

5.3 予測 3

実験群の中の NIB のグループが、SA の後 UNI と対話を始めるかどうかを観察した。この検証では、1 名のグループおよび 2 名以上のグループは同等に扱われる。

予測 3 の検証のため、実験群から 6 グループを抽出した。彼らは UNI の「もっと説明しますか」もしくは「はじめから説明しますか」を聞いたが、この問いかけに初めは答えなかった。

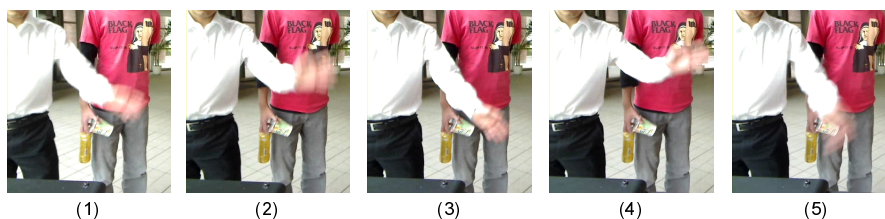


図 5: カメラの前で手を振る来訪者

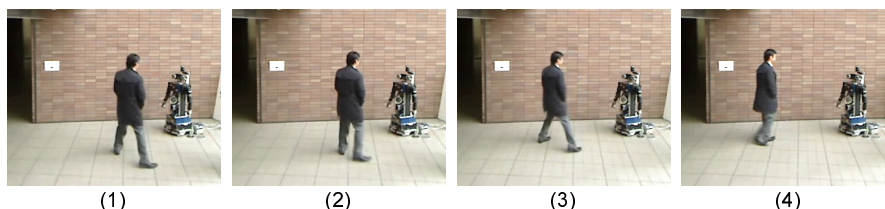


図 6: UNI の周りを回る来訪者

人々である。6 グループのうち 3 グループが、SA 発話 (b) により何かしら答えるようになり、また、この場合も 6 グループ全ての来訪者が UNI の SA 発話に対して驚きを示した。UNI の「話、聞いてますか」に対して「聞いてますよ」や「すみません」と答えていた。このように、我々の手法は NIB を示す実験群の来訪者の 50% をインタラクションに引き込むことができた。

これは、SA により来訪者のコンテキストが変わり、UNI の案内コンテンツに注意を向けるようになったからと考えられる。

逆に、他半分の来訪者は UNI の意図を理解していたが、彼ら自身のコンテキストに留まりインタラクションを始めなかった。SA 発話 (b) の内容と来訪者の驚きを考慮すると、NIB を止めなかったのは Failure 2 が理由であると考えられる。

5.4 HRI への本研究の貢献

本稿では、ロボットの珍しさゆえに発話内容に注意を向けない人々を扱った。しかし、SA はロボットに慣れた人々に対しても利用できると考えている。例えば、ロボットに話しかけるかどうか迷っている人や、地図の前で何かを探している人等に「何かお困りですか」と話しかけることによって、ロボットとの対話に引き込むことができる。このように、SA は人がロボットのコンテキストに乗っていないときに、人をロボットとの対話に引き込むことに対して有効であると考えられる。

6. 結論

本稿では公共の場での案内ロボットのためのコミュニケーション・ストラテジー SA を提案した。ロボットはコンテキストを変えさせるために来訪者のコンテキストへの気づきを示し、来訪者にロボットの発話内容に注意を向けさせる。

我々は大学の校舎のロビーにて実験を行った。SA は画像処理機能を確認する来訪者の 33% を、ロボットの問いかけに無反応な来訪者の 50% をインタラクションに引き込むことができた。この結果は、SA は来訪者を対話に引き込む手法になりうることを示唆している。

参考文献

[1] J. Schulte, C. Rosenberg, and S. Thrun, Spontaneous, Short-term Interaction with Mobile Robots, *Proceed-*

ings of the 1999 IEEE International Conference on Robotics & Automation, pp. 658-663, 1999

- [2] Y. Koide, T. Kanda, Y. Sumi, K. Kogure, and H. Ishiguro, An Approach to Integrating an Interactive Guide Robot with Ubiquitous Sensors, *Proceedings of 2004 IEEE RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, Vol. 3, pp. 2500-2505, 2004
- [3] M. Shiomi, T. Kanda, H. Ishiguro, and N. Hagita, Interactive Humanoid Robots for a Science Museum, *Proceedings of the 1st ACM SIGCHI/SIGART conference on Human-robot interaction (HRI'06)*, pp. 305-312, 2006
- [4] 岡田真依, 星洋輔, 山崎敬一, 山崎晶子, 久野義徳, 小林貴訓, 観客を話に引き込むミュージアムガイドロボット - 言葉と身体的行動の連動 -, *Human-Agent Interaction Symposium 2008*, pp. 2B-1, 2008
- [5] K. Hayashi, D. Sakamoto, T. Kanda, and M. Shiomi, Humanoid Robots as a Passive-Social Medium - A Field Experiment at a Train Station *Proceedings of the ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction*, pp. 137-144, 2007
- [6] T. Ono, M. Imai, and H. Ishiguro, Anthropomorphic Communications in the Emerging Relationship between Humans and Robots, *Proceedings of the 2000 IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication*, pp. 334-339, 2000
- [7] D. Sperber and D. Wilson, *Relevance: Communication and Cognition*, Oxford, Basil Blackwell, 1986