音声対話におけるロボットの外見と明滅光源 ASE がユーザの印象に与える影響

Impressions of Robot Appearance and Blinking Light as Artificial Subtle Expressions in Human-Robot Speech Interaction

小林 一樹 [1*] 船越 孝太郎 [2] 山田 誠二 [3] 中野 幹生 [2] 小松 孝徳 [4]
Kazuki Kobayashil[1] Kotaro Funakoshi[2] Seiji Yamada[3]
Mikio Nakano[2] Takanori Komatsu[4]

[1] 信州大学 大学院 工学系研究科
[1] Graduate School of Science and Technology, Shinshu University
[2] (株) ホンダ・リサーチ・インスティチュート・ジャパン
[2] Honda Research Institute Japan Co., Ltd.
[3] 国立情報学研究所／総合研究大学院大学／東京工業大学
[3] National Institute of Informatics / SOKENDAI / Tokyo Institute of Technology
[4] 信州大学 ファイバーナノテク国際若手研究者育成拠点
[4] International Young Researcher Empowerment Center, Shinshu University

Abstract: In this paper, we describe an investigation into users' impression that is provided by a blinking light expression as an artificial subtle expression (ASE) and an robot appearance. In the experiments with participants, four conditions based on the ASE and the robot appearance factors were used for investigating participants' impressions on the dialogue and robots. We developed an electric pedestal to show the blinking expression, on which the robot was fixed. Participants engaged in hotel reservation tasks with a spoken dialogue system coupled with the interface robots on the pedestal. The robots responded to them by speech and the blinking light. The results of questionnaire analyses suggested that the box-type appearance provide an exciting and a content impression on the dialogue.

1 はじめに

人間同士のコミュニケーションにおいて，顔の表情や視線，身振りなどの非言語情報の重要性が指摘されている．非常に些細な変化による非言語情報であっても心的状態を伝達しており，そのような表出は subtle expression と呼ばれている．このような背景から，ロボットや擬人化エージェントに subtle expression を実装して人間とのコミュニケーションを円滑化する研究が行われている．しかし，わずかな動作や変化を行うにも多くの関節を必要としたり，自然でスムーズな動作が求められるために制御が複雑になる問題がある．

この問題に対し，我々は Artificial Subtle Expression (ASE) を提案し，光の明滅や音声をわずかに変化させる人工的な表出であっても内部状態をユーザに伝達できることを示してきた．たとえば，発光ダイオードの明滅によってロボットが「音声を認識している／考えている」という内部状態を伝達し，ユーザとの円滑な話者交替を実現している [船越 09]．また，ロボットがユーザにアドバイスを与える場面において，ビープ音を付加することでロボット自身が抱く確信度を伝達できることを示した [小松 10]．

ASE の利点は，コストを抑えた実装が可能であり，ユーザが事前知識なしに直観的に理解できる点である．さらに，上記の発光ダイオードの明滅による ASE では，ユーザは対話やロボットの印象をポジティブに評価する傾向があった [船越 11]．しかし，ASE を用いればどのようなロボットであってもポジティブな印象を与えられるのかどうかは明確になっていない．そこで，本研究で対話対象であるロボットの外見の違いと ASE による発光ダイオード明滅の有無がユーザの印象に及ぼす影響を実験的に調査する．

*連絡先：信州大学 大学院 工学系研究科 情報工学専攻
〒 380-8553 長野県長野市若里 4-17-1
E-mail: kby@shinshu-u.ac.jp

2　台座型明滅光源デバイス

外見の異なるロボットで明滅光源を利用するために，台座型明滅光源デバイスを開発した．図 1 に示すように，台座の上に対話対象であるロボットが設置される．台座自体が明滅するため，上に設置できるサイズであれば様々な外見のロボットを利用することができる．台座にはバッテリを内蔵した制御回路が内蔵され，無線 LAN を介して外部から LED の明滅を制御する．

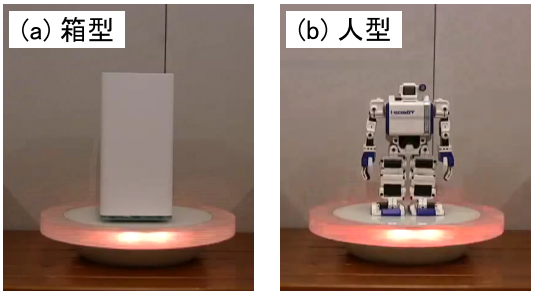

図 1: 台座型明滅光源デバイスとロボット

3　実験

対話タスクを通してロボットの外見と明滅光源の有無がユーザの印象に与える影響を調査した．参加者はロボットとの音声対話によりホテルの予約を行う課題に取り組んだ．音声対話システムは先行研究 [船越 11] と同様である．使用したロボットは箱型と人型の二種類である．対話システムは音声信号を検出すると台座を明滅させはじめ，ロボットが応答を開始した時点で明滅を停止する．台座の明滅パターンは 15Hz の方形波であり，提示時間は参加者の発話時間＋ 4 秒とした．処理遅延に 0.4 秒要するため，参加者の音声が消失してから 3.6 秒間音声が検出されないとき，ロボットは参加者のターンが終了したと判断して発話を開始する．この明滅の役割は，ロボットが音声信号を受け取り，それを処理していることをユーザに示すことである．これにより，ユーザとロボットとが同時に発話することを抑制する．先行研究における同様の実験では発話衝突の抑制が確認されている．

参加者は椅子に座り，目の前のロボットと対話を行いホテルの部屋を予約するように指示された．全ての課題終了後，参加者は対話に対する印象やロボットに対する印象などについてのアンケートに回答した．参加者は男性 26 名，女性 27 名の合計 53 名であった．年齢は 19 歳から 51 歳（平均年齢は 26.0 歳，S.D=7.8）であった．

4　実験結果と考察

対話の印象に関する 18 項目の評価値に対して因子分析（プロマックス回転，最尤法）を行い，スクリープロットを参考に 4 因子を抽出した．これらの因子を先行研究 [船越 11] に基づいて解釈し，それぞれ「安心性因子」,「娯楽性因子」,「親和性因子」,「リラックス因子」と名付けた．回帰法によって因子得点を求め 2 要因の分散分析を行ったところ，安心性因子と娯楽性因子について外見の主効果にそれぞれ有意傾向が認められた（$F_{1,47} = 2.95, p = .09; F_{1,47} = 2.94, p = .09$）．いずれも箱型の外見の方が高い得点を示した．

ロボットの印象に関する 20 項目の評価値に対して同様に因子分析を行い,「外向性因子」,「積極性因子」,「親和性因子」,「信頼性因子」,「重厚性因子」の 5 つの因子を抽出した．因子得点に対し 2 要因の分散分析を行ったところ，どの因子においても明滅要因と外見要因の有意差は認められなかった．この結果から，明滅の有無と外見の違いはロボットの印象に大きな影響を与えない可能性が示唆された．

本実験の結果では，これまでの実験で確認されていた ASE による明滅光源の有効性が確認できなかった．今回の実験では音声認識率が高く，最初から対話がスムーズに進んだために，発話衝突があまり生じなかったことが理由の 1 つだと考えられる．明滅光源の効果は，ノイズなどが大きく認識が不安定になる場面で発揮されることが期待されるため，今回のように音声認識率が高い状況では ASE の必要性が低かったと考えられる．

5　まとめ

本研究では，人間とロボットとの音声対話において，ロボットの外見の違いと明滅光源による ASE の有無が対話やロボット自体に対するユーザの印象に及ぼす影響を調査した．外見の違いを比較するために，台座型の明滅光源デバイスを開発し，その上に対話対象として箱型と人型のロボットを設置した．実験では実験参加者にロボットとの対話によるホテル予約課題を行わせ，アンケート調査を実施した．因子分析により抽出された対話の印象に関する因子のうち，安心性と娯楽性に関する因子において外見の主効果に有意傾向が認められ，箱型の方が安心で娯楽性が高い印象をユーザに与えられる可能性が示された．

参考文献

[小松 10] 小松 孝徳, 山田 誠二, 小林 一樹, 船越 孝太郎, 中野 幹生 : Artificial Subtle Expressions: エージェントの内部状態を直感的に伝達する手法の提案, 人工知能学会論文誌, Vol. 25, No. 6, pp. 733–741 (2010)

[船越 09] 船越 孝太郎, 小林一樹, 中野幹生, 山田誠二, 北村泰彦, 辻野広司 : Artificial Subtle Expression としての明滅光源による音声対話の円滑化, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J92-A, No. 11, pp. 818–827 (2009)

[船越 11] 船越 孝太郎, 小林 一樹, 中野 幹生, 小松 孝徳, 山田 誠二 : 対話の低速化と Artificial Subtle Expression による発話衝突の抑制, 人工知能学会論文誌, Vol. 26, No. 2, pp. 353–365 (2011)