

ロボットによる対乳児発話の誘発と印象の向上

Triggering Infant-Directed Speech and Creating Good Impression of a Robot

柴田 諒子¹ 小島 隆次² 佐藤 佳織¹ 橋倉 悠希¹ 深田 智¹ 尾関 基行¹ 岡 夏樹¹
Shibata Ryoko¹, Kojima Takatsugu², Sato Kaori¹, Hashikura Yuki¹, Fukada Chie¹, Ozeki Motoyuki¹,
Oka Natsuki¹

¹ 京都工芸繊維大学

¹ Kyoto Institute of Technology

² 滋賀医科大学

² Shiga University of Medical Science

Abstract: When we talk to infants, we tend to use infant-directed speech (IDS) rather than adult-directed speech (ADS). IDS has some cognitive effects on infants. It is not clear, however, whether IDS has some cognitive effects on the adults. In order to deal with this problem, we focused on a high-pitched voice from the outset and conducted a human-robot interaction experiment, examining the following two hypotheses: (i) the robot which reacts selectively to a high-pitched voice triggers a high-pitched voice of the users (H1) and (ii) the selective reaction improves the user's impression of the robot (H2). The results marginally supported H1 and H2.

はじめに

ロボットは社会環境、家庭環境に徐々に浸透しつつある[1]。ユーザごとにロボットとの接し方はさまざまであるが[2]、飽きなどの理由により長期的なインタラクションを持つことはいまだに難しい[3]。ここでユーザがロボットに対して愛着を持つことで、より長期的なロボットとのインタラクションを持つことが期待される。また、長期的にインタラクションを持つことで、学習可能なロボットであれば、そのユーザに適応するための学習データを多く得ることも可能であると考えられる。

ここで、我々はロボットに愛着をもってもらうために、**Infant-directed speech (IDS)**に注目した。IDSとは赤ちゃんに対して話しかけるときに自然と出る韻律が特徴的に変化する発話である。主に、声の基本周波数が高くなる、基本周波数が大きく変化する(抑揚がある)[4]、ゆっくりした話し方になる、などといった特徴が、大人同士の発話である **Adult-directed speech (ADS)**と異なる点として知られている。これらの話し方の特徴は、文化差や個人差があるが、実際に子どもがいる人や子どもと接する機会がある人以外にもみられることが知られている[5]。IDSは赤ちゃんにとって、(a) 赤ちゃんの注意をひきつける、(b) 大人の感情が赤ちゃんに伝わりやすい[6]、(c) 言語獲得に役立つ[7]、などと言った良い影響があることが知られているが、それを用いる大人への影響はあまり知られていない。ここで我々は大人にとって

も、IDSで接することで、その対象に対して愛着が湧くのではないかと考えた。なぜならば、産後うつの母親はそうでない母親に比べ、IDSがあまり出ない傾向にあり[8]、そういった母親は、しばしば子どもに虐待してしまう[9]、などといった報告がある。このことから、IDSを発することと、その対象への愛着にも何らかの相関がありうると考えたためである。

また、IDSを誘発する方法として、ロボットの外見を愛らしくしたり、赤ちゃんのようなデザインにしたりする方法も考えられるが、外見によって過度に愛らしい印象をもたれると、IDSで対象に話しかけることによるロボットへの印象への影響が正確にみることができない可能性がある。そこで、我々はロボットをIDSに選択的に反応するように設計を試みた。ただし、人の発話がIDSであるかの認識は難しく、また処理に時間がかかりロボットの即応性が削がれることが無いように、IDSの中でも特によくみられる特徴として「声の基本周波数が高くなる」点に注目した。この、高い声に選択的に反応するロボットによって、高い声が誘発されるのではないかと考えた。

以上より、田中ら[10]によって試作されたロボットを改良し、我々は以下の2つの仮説を実験的に検証した。

仮説 1: 高い声に選択的に反応するロボットにより、高い声が誘発される。

仮説 2: ロボットが高い声に反応すると、そうでない

場合と比べて、そのロボットに対する印象が良くなる。

自然で自発的な発話として IDS に着目している研究はいくつかみられるが[11, 12], これらの多くはロボットが言語習得をしたり, 発話を理解したりすることについてのものが多い. 本研究では, そもそも IDS がどのようにすれば誘発されるか, IDS を使うことによるユーザ自身への影響を調べた.

また, ロボットの身体動作とそのロボットへの印象 についての研究もいくつかみられる[13, 14]. 本研究では, さらにロボットの動作だけでなく, ユーザがどのようにロボットに話しかけるかと, 印象の関係についても注目した.

実験

目的

本実験では, 高い声に選択的に反応するロボットが高い声を誘発できるか, また高い声でロボットに話しかけることによってロボットに対して愛着が湧くかについて調べる.

実験方法

被験者 大学生, 大学院生 24 名であった. (男性 12 名, 女性 12 名, $M = 20.45$ 歳, $SD = 1.89$ 歳)

装置と刺激 実験セットを Figure 1. に示す. 本実験では 180 秒間, Figure 1. 中のディスプレイに被験者がロボットに話しかける内容が書かれた 6 枚のスライドを順次提示した. スライドに提示されたタスクは, Figure 1. 中のおもちゃの名前を説明するような内容のものであった.

Figure 1. 中のロボットは IP Robot Phone (IWAYA 製)の外見をウレタンフォームとプラスチックで改変したもので, IDS に反応する方をひなちゃん, ADS に反応する方をかなちゃんとした. 以降ひなちゃん/かなちゃんに話しかける実験条件をそれぞれ IDS/ADS 条件と呼ぶ.

各被験者の平常時の基本周波数を図中の F_0 とし, これを基準に被験者ごとに IDS/ADS 条件の声の高さに対するロボットの動きの大きさを決定した.

手続き 被験者ごとの平常時の発話の基本周波数を取得するために練習用ロボットを用意した. このロボットは名前をひなちゃんとした. ひなちゃん/かなちゃんと異なり声の高さに関わらず, 声をかけると動くロボットであり, 「普通の高さの声で話しかけてください」と教示した. このロボットで本試行の練習をし, さらにこれで得られた発話の基本周波数を, その被験者の平常時の声の高さとし, Figure 2.



Figure 1. The robot at the left moved along with the participants' speech. The display in the center showed the participants experimental instructions.

中の F_0 とした. Figure 2. の曲線は声の高さによって決定されるロボットの動きの大きさを示したもので, 横軸は声の高さで, 縦軸はロボットの動きの大きさを示している. 実線で示されている IDS 条件では声が高くなるとロボットの動きは大きくなり, 破線で示される ADS 条件では, 通常の高さの声に良く反応するように作られている.

練習試行の後に, 本試行として IDS/ADS 条件を行った. どちらから始めるかカウンタバランスを取り, 半数の 12 名(男性 6 名, 女性 6 名)が IDS 条件から,

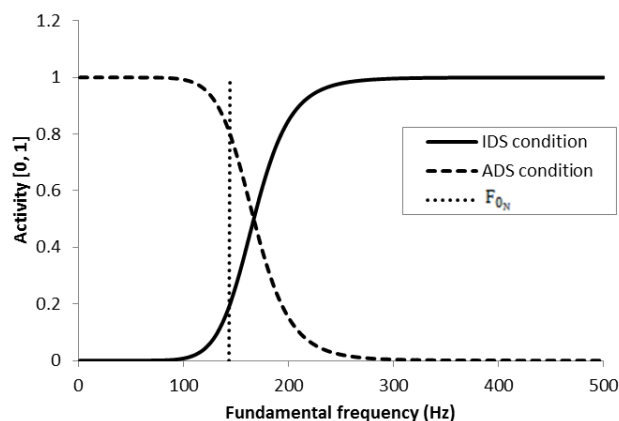


Figure 2. The contour lines represent the relationship between the activity values of the IDS- and ADS- robots, and the straight line represents the fundamental frequency, f_{0N} . The fundamental frequency for each participant is set to f_{0N} based on the results of the microphone test. For example, when a participant talked to the IDS-robot around f_{0N} , the activity value of the IDS-robot was about 0.2, and the robot moved less frequently.

残り半数の 12 名(男性 6 名, 女性 6 名)が ADS 条件から行う被験者内計画であった。最初にロボットの名前を教え, 各条件で被験者自身に普通の高さの声と少し高めの声でロボットの名前を呼ばせた。そして, その動きを観察させどちらの声に対してより良く動いたように感じたかを尋ねた。その回答の正否に関わらず, 正解を教えた。

ただし, Shibata ら[15]より明示的に高い声を出すことを強制すると, 不自然である, 出しにくい, などと言った理由により, ストレスを感じた被験者がいた。また, ロボットが自身の動く音のノイズにも反応してしまっていた点[16], およびロボットの動作の大きさが声の高さで変化していることがわかりにくかった点[17]を, 改良したため, 「高い声/普通の声により良く反応するのですが, 話しやすいように声をかけてあげてください」と, 本タスクに入る際には教示した。

実験は各条件 180 秒であり, 本施行後その条件について質問紙によりロボットの印象を尋ねた。質問紙項目は柴田ら[18]の研究で, 分析後に修正を行ったものを用いた。さらに両条件が終了したのちにインタビューを行い, どちらがよく動いたか, 感じたことなどを自由に回答させた。

結果

Figure 3.に IDS 条件と ADS 条件の被験者の声の高さの平均を示す。

IDS 条件での声の高さ($M = 149.9$ Hz, $SD = 33.2$ Hz)は ADS 条件での声の高さ($M = 144.3$ Hz, $SD = 23.9$ Hz)より高い傾向があった($t(23) = 1.96, p = .06$)。

高い声と普通の高さの声, どちらに良く反応したか気づいた人は, IDS 条件で 15 人, ADS 条件で 16 人であった。この人数については, 半数 12 名が正解に気づき半数 12 名が誤った場合と統計的に有意な差はなく(IDS 条件: $\chi^2(1) = 0.34, p = .56$, ADS 条件: $\chi^2(1) = 0.77, p = .38$), ランダムに回答したものと差があるとは言えない。

Figure 4.にそれぞれのロボットに対する印象を示す。

「動かしたい—放置したい」と「なめらかな—ぎこちない」の 2 項目以外でひなちゃんの方がかなちゃんより印象がよい。特に「飽きない—退屈な」ではひなちゃんの方が有意に高く, 「有能である—無能である」でも有意に高い傾向があった。

考察

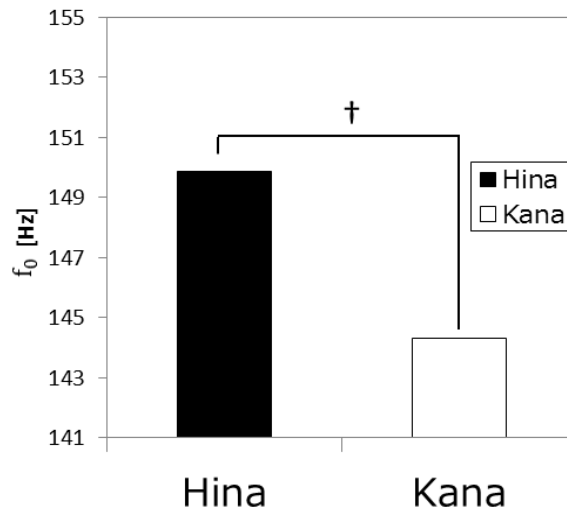


Figure 3. The graph shows the average of the fundamental frequency for each participant in each condition.

仮説 1: 高い声に選択的に反応するロボットにより, 高い声が誘発される。

本実験では, 被験者のストレス軽減の為に, 高い声を出すことを強制せず教示で「こちらのロボットは高い声に良く反応するように作られている」と気付かせたのみであった。にもかかわらず, ひなちゃんに対しては高い声で話しかけた傾向がある。小島ら[19]の実験より, ロボットが全く動かないより, 動いた方が良いという結果が得られたことから「高い声/普通の高さの声に反応し, 良く動く」という特性を気付かせたことによって, ロボットが良く動く高さの声を出したのではないかと考えられる。

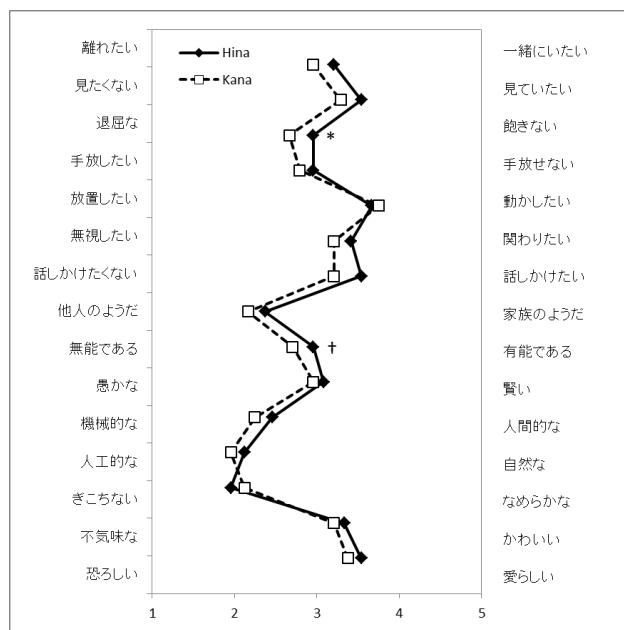


Figure 4. Semantic profiles for the impressions of the IDS- and ADS- robots.

しかしながら、ロボットの動作などを改良したにもかかわらず、どの程度の高さの声に良く反応するかについて自分から正確に気づいた被験者は多くない。また、声の高さの差も有意傾向程度にとどまっている。

原因として考えられるのが、今回はIDSの特徴の中でも、声の高さの特徴のみに注目したが、IDSには個人差があり、声の高さはあまり変化しない人もいることが挙げられる。逆に、声の高さにのみ着目した教示であったにもかかわらず、声の高さの分散について条件間で有意差があった被験者が24名中4名いた。この4名全員がIDS条件について、分散が有意に大きかった。これは、IDS条件で特に大きく抑揚の付いた話し方をしていたと考えられる。

抑揚が上げさになる点もまた、IDSの特徴として知られている。予備実験の際にも「ずっと高い声を出すのは難しい。語尾など部分的になら高い声を出しやすい」などと言った意見も得られたことから、今回の教示とロボットの設計で自然とIDSが誘発された被験者もいたことがわかる。

高い声に限定せずに、“IDS”に対して選択的に反応するように改良し、さらに精度を上げてどのような声に良く反応するかを気づくようにすることで、そのような発話を誘発できる可能性があると考えられる。

仮説2: ロボットが高い声に反応すると、そうでない場合と比べて、そのロボットに対する印象が良くなる。

高い声に反応するひなちゃんに対する印象の方が、そうでないかなちゃんと比べて良いことが結果より示された。

Shibataら[15]より、明示的に「高い声/普通の高さの声を出すよう」に指示したところ、高い声を出すよう指示した条件では少し声が高くなり、印象も良くなっている項目もあったが、有意傾向にとどまっていた。その実験のインタビューでは、「高い声で話すのは、赤ちゃんやペットと接しているようで、話しやすかった」と答えた人もいれば、「高い声は出しづらく、不自然であった」と答えた人もいた。しかしながら特に前者について、高い声で話しかけることで、ロボットに対する印象も良くなったと考えられる。

それらを踏まえて、今回の実験結果より、IDS条件では被験者の声の高さは有意に高い傾向であり、また、ひなちゃんの印象がかなちゃんに比べ有意によかった。この仮説2が言えるとき、さらに新たに以下の仮説について検証したい。

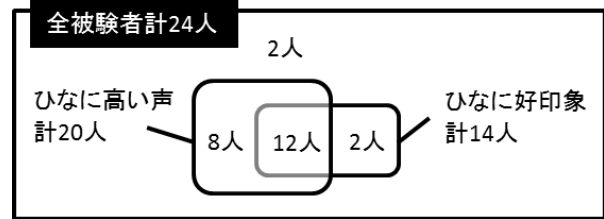


Figure 5. Venn diagram shows the number of the participant who used high-pitched voice and the number of the participant who had a better impression of Hina than that of Kana.

仮説3: ロボットに高い声で話しかけると、ロボットに対する印象が良いことの間には正の相関がある。

ここで、かなちゃんよりひなちゃんに対して高い声で話しかけた人は24名中20名であった。また、かなちゃんよりひなちゃんに対して好印象であった人は24名中14名であった。うち12名はひなちゃんに対して高い声で話しかけ更に好印象を抱いた人である。2名は、ひなちゃんに対して高い声で話しかけず、さらにひなちゃんに対する印象がかなちゃんに対してより良くなかった人である。これらの集合の関係について、Figure 5.に示す。

この分布について、声の高さとひなちゃんに対する印象について関連があるかフィッシャーの正確確率検定より、統計的に有意に関連があるとは言えなかった。 $(p = .56)$ つまり、この仮説は支持されなかった。

そもそも、仮説1よりひなちゃんに対して高い声誘発されたため、ひなちゃんに対して高い声で話しかけなかった人そのものが少なかった。さらに、仮説2より、ひなちゃんに良い印象を持った人が多く、分布そのものに偏りもあったため、統計的に有意にならなかったのではないかと考えられる。

高い声に反応するという特性がロボットに対する印象を良くする要因なのであって、高い声で話すことそのものは、その対象に対する印象の変化をもたらすような直接的な要因でないと、考えられる。赤ちゃんもIDS(≒高い声)に、よりよく反応する。この特性がIDSを養育者から誘発し、愛着形成に役立ちうると考えられることから、ロボットに対する愛着を持ってもらう際にも、そのロボットをIDSに反応するように設計することが一定の効果があるのではないか、と考えられる。

まとめ

今回の結果より、仮説1の高い声に選択的に反応

するロボットが、高い声を誘発する可能性は大いにありうると考えられる。特に、この高い声というのはIDSの特徴の一つでしかないにもかかわらず、声の高さの平均の差は統計的に有意である傾向があった。また、普通の高さの声によく反応する条件では被験者の声が低くなっていた。つまり、特定の発話や行動をユーザから誘発したいとき、i) 特定の発話や行動に対して、選択的に反応し、ii) 選択的行動をとるということを気づかせることが有効であることが示唆された。特に、ロボット側がとる行動が人にとって良い印象であるものである方がよいと考えられる。

仮説2のロボットが高い声に反応すると、そうでない場合と比べて、そのロボットに対する印象がよくなるかどうかについては、ひなちゃんの印象の方が有意に高かったことから、この仮説は支持されたと考えられる。

最後に、新たに打ち立てた仮説3の高い声で話しかけることと、ロボットに対する印象に正の相関があるかについては、この仮説は支持されなかった。

つまり、これまでの研究では、i) 高い声に選択的に反応する、ii) 高い声が誘発された、iii) 印象が良くなる、の3点について、因果関係が不明瞭であったが、ii) について、印象が良くなることと、直接的な正の相関があるとは言えないことが示された。

高い声自体は仮説1より、ひなちゃんの動作の特性により誘発された可能性が高く、また、逆に低めの声もまたひなちゃんの動作の特性により誘発されたと考えられる。つまり、どちらの条件でもロボットがよく動くように被験者は発話したと考えられる。つまり、どちらも動かそうと発話したうえで、印象に差が生じているので、「高い声に反応するという特性」がより良い印象を誘発したのではないかと考えられる。

赤ちゃんやペットなど、愛らしいと感じるからIDSが出る、というのと同様に、ロボットの高い声に選択的に反応するという特性によって、そのロボットに対して良い印象を持ち、高い声が誘発された可能性が示唆された。

今後の展望

今回の実験では、高い声に着目したが、IDSの特徴は、個人によって出方が様々である。これらの結果を踏まえ、今後は実際にロボットとインタラクションを通じてロボット側が実際に行動などを学習するような実験を行い、その際の被験者の発話量や活動量を見る際に、声の高さも分析することで、より声の高さや抑揚とロボットへの働きかけの影響を見

ていきたい。

また、被験者側の行動を誘発する際に、ロボット側の行動の選択性もまた重要となることがわかったため、今後の実験設計にこれらの知見を用いて行いたいと考えている。

謝辞

本研究は科研費(21500137)の助成を受けた

参考文献

- [1] R.A. Brooks, C. Breazeal (Ferrell), R. Irie, C.C. Kemp, M. Marjanovic, B. Scasselatiand M.M. Williamson, "Alternative essences of intelligence," Proceedings of the American Association of artificial Intelligence, pp. 961–968, 1998.
- [2] S. Turkle, W. Taggart, C.D. Kidd and O. Daste, "Relational artifacts with children and elders: The complexities of cyber companionships," Connection Science, vol.18, no.4, pp. 347–361, Dec. 2006.
- [3] 神田 崇行, 平野 貴幸, ダニエル イートン, 石黒 浩, 日常生活の場で長期相互作用する人間型対話ロボット, 日本ロボット学会誌, Vol.22, No.5, pp.636-647, (2004)
- [4] C. Kitamura and B. Burnham, "The infant's response to maternal vocal affect," Advances in Infancy Research, vol. 12, pp. 221–236, 1998.
- [5] P.K. Kuhl, J.E. Andruski, I.A. Chistovich, L.A. Chistovich, E.V. Kozhevnikova, V.L.Rysinka, E. I. Stolyarova, U. Sundberg, and F. Lacerda, "Cross-language analysis of phonetic units in language addressed to infants," Science, vol. 277, pp. 684–686, 1997.
- [6] A. Fernald, "Approval and disapproval: Infant responsiveness to vocal affect in familiar and unfamiliar languages," Child Development, vol. 64, pp. 657–674, 1993.
- [7] E.D. Thiessen, E. Hill, and J.R. Saffran, "Infant-directed speech facilitates word segmentation," Infancy, vol. 7, pp. 53–71, 2005.
- [8] E. Herrera, N. Reissland, and J. Shepherd, "Maternal touch and maternal child-directed speech: effects of depressed mood in the postnatal period," J Affect Disord, 81, pp. 29–39, 2004.
- [9] L. Murray and P.J. Cooper, "Effects of postnatal depression on infant development," Arch Dis Child, 77, pp. 99–101, 1997.
- [10] 田中 一晶, 中谷 仁, 藤原 菜々美, 佐藤 佳織,

西垣 貴央, ハサノフ トフィグ, 尾関 基行, 岡 夏樹,
対乳児発話でロボットに語りかけると、赤ちゃんら
しい印象が増すか? HAI シンポジウム 2010, 3A-6, 2
pages, (2010).

- [1 1] D. Roy, "Grounded Spoken Language Acquisition: Experiment in Word Learning," IEEE transactions on multimedia, vol. 5, no. 2, 2003
- [1 2] P. Varchavskaia, P. Fitzpatrick, and C. Breazeal, "Characterizing and Processing Robot-Directed Speech," In Proceedings of the International IEEE/RSJ Conference on Humanoid Robotics, Tokyo, Japan, 2001
- [1 3] T. Nakata, T. Mori, and T. Sato, "Analysis of Impression of Robot Bodily Expression," Journal of Robotics and Mechatronics, vol. 14, no. 1, 2002
- [1 4] A. Powers and S. Kiesler, "The Advisor Robot: Tracing People's Mental Model from a Robot's Physical Attributes," In Proceedings of the 2006 ACM Conference on Human-Robot Interaction Salt Lake City, UT: ACM Press, pp. 218-225, 2006
- [1 5] R. Shibata, T. Kojima, C. Fukada, K. Sato, Y. Hashikura, M. Ozeki and N. Oka. "Does Talking to a Robot in a High-Pitched Voice Create a Good Impression of the Robot?," In Proceedings 13th ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing(SNPD 2012), Kyoto, Japan, 2012
- [1 6] R. Shibata, T. Kojima, C. Fukada, K. Sato, Y. Hashikura, M. Ozeki, and N. Oka. Does Talking to a Robot in a High-Pitched Voice Strengthen an Attachment?. In Proceedings of the 34th Annual Conference of the Cognitive Science Society, 657. Presented at the 34th Annual Conference of the Cognitive Science Society, Sapporo, Japan, 2012
- [1 7] 柴田 諒子, 小島 隆次, 佐藤 佳織, 橋倉 悠希, 尾関 基行, 岡 夏樹. 対乳児発話に選択的に反応するロボットによる愛着の喚起, HAI シンポジウム 2011, II-2A-2, (2011)
- [1 8] 柴田 諒子, 小島 隆次, 佐藤 佳織, 橋倉 悠希, 尾関 基行, 岡 夏樹. 個人の特徴がロボットの印象に与える影響 第 26 回人工知能学会全国大会, IN2-OS-1b-2, 1-2, 山口, (2012)
- [1 9] 小島 隆次, 柴田 諒子, 佐藤 佳織, 橋倉 悠希, 岡 夏樹. ロボットの反応が発話者の空間表現語使用に及ぼす影響 第 26 回人工知能学会全国大会, IN2-OS-1b-2, 1-2, 山口, (2012)