

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

Forming an attachment to a robot that reacts selectively to infant-directed speech

柴田 諒子¹ 小島 隆次² 佐藤 佳織¹ 橋倉 悠希¹ 尾関 基行¹ 岡 夏樹¹

Shibata Ryoko¹, Kojima Takatsugu², Sato Kaori¹, Hashikura Yuki¹, Ozeki Motoyuki¹, Oka Natsuki¹

¹京都工芸繊維大学 ²滋賀医科大学

¹Kyoto Institute of Technology ²Shiga University of Medical Science

Abstract: It is known that the prosodic feature of infant-directed speech (IDS) is different from that of adult-directed speech (ADS). Two hypotheses, H1: a robot that reacts selectively to IDS elicits IDS from its partner, and H2: talking to a robot with IDS strengthens an attachment to the robot, were tested by two experiments in which subjects interact with a robot that reacts selectively to IDS or ADS. Although the experiments did not support H1, they showed that another hypothesis, H3: a robot that does not move well elicits IDS from its partner, will be supported by additional experiments. The experiments also demonstrated that H2 will be supported by additional experiments, and that a robot that reacts selectively to IDS forms a better impression than the robot that reacts selectively to ADS.

1. はじめに

赤ちゃんに対する発話 (Infant-Directed Speech : IDS) は大人に対する発話 (Adult-Directed Speech : ADS) と比べて、韻律が特徴的に変化することが知られており [1,2,3], 主に基本周波数が高くなる (声の高さが高くなる), 基本周波数が大きく変化する (抑揚がある), ゆっくりとした話し方である, といった特徴がある。これらの特徴は文化差や個人差はあるが実際に子どもがいる人, 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 [4].

赤ちゃんに対して愛着が湧き, その結果 IDS が誘発されると考えるのが一般的だと思われるが, 逆に「IDS で話しかけることにより愛着が湧く」ことがありえるのではないかと我々は考えた。

そこで, 本研究では, 田中 一晶ら [5] によって試作された IDS に選択的に反応するロボットとそうでないロボットを使用して, 次の 2 つの仮説を実験的に検証することを目指した。

仮説 1: IDS に選択的に反応するロボットにより, IDS が誘発される。

仮説 2: IDS が誘発された場合, そうでない場合よりも, ロボットに対する印象がよくなる。

ロボットに対して愛着が湧くことで, 飽きずに長期にわたってインタラクションをもつことができ, 我々の生活によりロボットが浸透する手助けになると考えられる。さらに学習機能を備えたロボットであれば, 継続的なインタラクションを通じて, ユー

ザに適応することができ, ユーザとのよりよい関係を築けることが期待できる。



Fig.1 実験に用いたロボット(左)と実験セット

2. 実験 1

2.1. 目的

この実験の目的は, IDS に選択的に反応するロボットにより IDS が誘発されるか, また IDS が誘発された場合はそうでない場合よりも, ロボットに対する印象がよくなるかを, 実験的に調べる。

2.2. 実験方法

被験者 大学生, 大学院生 37 名 (男性 21 名, 女性 17 名, $M=21.70$ 歳, $SD=3.04$) であった。

装置と刺激 実験セットを Fig.1 に示す。本実験では, 約 5 分 (290 秒) 間, Fig.1 中央奥のディスプレイに 10 枚のスライドを順次提示し, スライド毎に

Fig.1 手前のおもちゃの名前を教える等のタスクを設定した。Fig.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板で改変したものである。名前を, 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声の基本周波数を Fig.2 中の f_{0N} とし, これを基準として, IDS / ADS 条件での, 各周波数の声に対するロボットの動きの大きさを, ロジスティック関数を用いて Fig.2 に示すとおりに決めた。

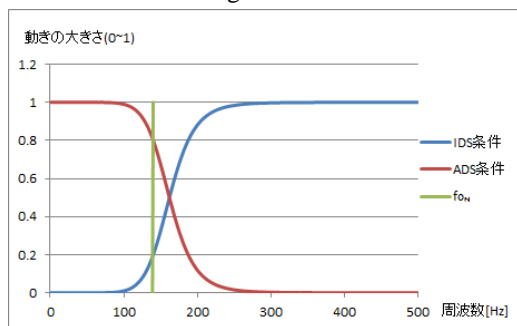


Fig.2 声の高さとロボットの動きの大きさの関係

実験デザイン 使用したロボット(ADS に反応するロボット, IDS に反応するロボット)の1要因2水準, 被験者内計画とした。

手続き 実験の前に被験者に, マイクテストと称して, 朝日新聞の天声人語と適当な単語の羅列を読み上げてもらい, この時の基本周波数を平常時の声の基本周波数 f_0 とした。被験者には, 口頭, および紙面にて以下の説明を行った。

- ロボットの名前(ひなちゃん/かなちゃん)
- 声をかけたら動く
- 声の高さで動きが変わる
- 高い声や低い声で話しかけてください

各条件での実験開始前にスライド1枚分の練習課題を行った。実験は, 各実験条件で約290秒ずつ, カウンタバランスを取るために19名(男性9名, 女性10名)が先にIDS条件から, 残りの18名(男性12名, 女性6名)がADS条件から行った。そして, 実験後にアンケート, インタビューを行った。アンケートは5段階のSD法で, 感性評価についての質問が34項目, 各ロボットについて尋ねた。また, 被験者自身の傾向が感性評価に影響しないか調べるために, 4件法「当てはまる - やや当てはまる - あまり当てはまらない - 当てはまらない」で空想傾向[6]と, 「2歳未満の子どもと接する機会があったか」を尋ねた。インタビューは, 「声の高さでひなちゃん/かなちゃんの動きがどう変わると感じたか」「ひなちゃん, かなちゃんの動きに差異を感じたか」など

を尋ね, 発話により自由に回答してもらった。

2.3. 実験結果と考察

被験者ごとのマイクテストとIDS条件, ADS条件のときの基本周波数を Fig.3 にグラフで示す。このとき, IDS条件の基本周波数はADS条件の基本周波数より, 有意に高くなった($t(36)=6.01, p<.05$)。

一方, インタビューで「声の高さでひなちゃん/かなちゃんの動きがどう変わると感じたか」と尋ねたが, 「ひなちゃんが高い声で反応し, かなちゃんが低い声で反応する」と気づいた被験者はいなかった。

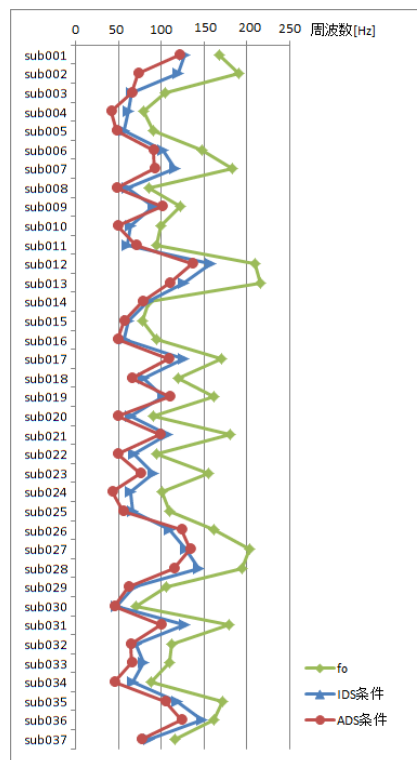


Fig.3 実験1の被験者ごとの基本周波数

Fig.2の関数形は, IDS条件では被験者は平常時より高い声を出すことを想定し, IDS/ADS両条件で動きの大きさが同程度になることを狙い設計した。ところが, Fig.3に示す通り, IDS/ADS両条件での f_0 はマイクテスト時の f_{0N} よりも一貫して低いことが分かった。実験時の音声ログの聴取により, この原因を次のように推測した。

- 朗読は声を張って読み上げるため高い声になる傾向がある
- 朗読に比べ, IDS/ADS条件での発話は, スライドによるタスク切り替え時などに, 「えーっと」「あー」などの言いよどみや独り言を含み, それらの f_0 は低い傾向がある

以上のように, 朗読音声の f_0 を平常時の f_{0N} とすることは不適切であったと考えられる。 f_{0N} が対ロボッ

ト発話よりも高い値に設定されてしまったため、IDS 条件では多少高い声を出してもロボットがあまり動かず、Fig.4 に示すように、ADS 条件と比べて、IDS 条件でのロボットの動きが有意に小さくなった ($t(36)=12.50, p<.01$).

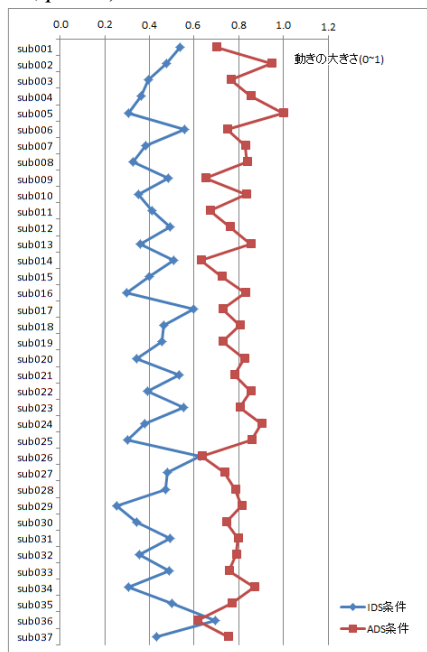


Fig.4 各ロボットの動きの大きさ

印象評価データについて、探索的因子分析を行った。因子分析での因子抽出法は最尤法、回転法はプロマックス法を使用した。因子数は、相関係数行列の固有値が 1.0 以上であるか否かとスクリープロットを基準にして、5 因子に決定した。

どの因子にも負荷量が.40 に満たない項目を省いて 27 項目により再度、最尤法・プロマックス回転により因子分析した結果を Table 1 に示す。

第 1 因子は長期的に感じ得るロボットへの好感が高い項目で構成されるので「愛着」と命名した。第 2 因子は、ロボットと接する際の好感に関する項目で構成されるので「好感」と命名した。第 3 因子はロボットを人や生き物であると感じることに関わる項目で構成されるので「人らしさ」と命名した。第 4 因子はロボットから感じる賢さに関する項目で構成されることから、「知性」と命名した。第 5 因子はロボットそのもののイメージに関わる項目で構成されることから、「イメージ」と命名した。

また、尺度の信頼性を示す指標であるクロンバックの α 係数の値については、尺度全体が $\alpha=.89$, 第 1 因子が $\alpha=.89$, 第 2 因子が $\alpha=.75$, 第 3 因子が $\alpha=.79$, 第 4 因子が $\alpha=.81$, 第 5 因子が $\alpha=.70$ であった。

以上の因子分析で絞り込まれた質問項目に対して、ひなちゃん/かなちゃんへの印象評価をまとめたも

Table1 各ロボットの印象の因子分析結果

項目内容	F1	F2	F3	F4	F5
離れたい	.77	.13	.22	-.03	-.08
見たくない	.70	.30	-.08	-.05	-.14
触りたくない	.68	-.09	-.12	-.14	-.05
他人のようだ	.59	.07	.34	-.05	-.07
大きい	.56	-.11	-.22	.03	.28
手放したい	.53	.17	.02	.03	.16
不気味な	.52	-.01	.48	-.04	-.03
恐ろしい	.49	.14	.22	.07	.19
嫌い	.46	.19	.40	-.02	.02
無視したい	.11	.71	.05	.03	-.02
話しかけたくない	.29	.71	.12	-.18	-.02
退屈な	.14	.58	.03	.05	-.01
すばやい	-.09	-.56	.15	-.28	.01
話しかけにくい	.11	.53	.34	-.07	-.10
放置したい	.48	.52	-.29	.00	-.13
落ち着きのある	-.29	.48	-.12	-.46	.06
親しみにくい	.26	.46	.23	.01	-.08
活気のない	-.08	.42	.39	.02	.34
人工的な	.02	.07	.79	-.02	.04
機械的な	.16	-.12	.77	-.12	.11
ぎこちない	-.32	.27	.55	.14	.12
愚かな	-.01	-.05	-.02	1.00	.08
無能である	-.10	.29	-.23	.83	-.07
無責任な	.11	-.07	.25	.49	-.07
かたい	-.10	-.06	.26	.02	.91
冷たい	.05	.14	.25	.12	.59
強い	-.09	-.01	-.39	-.11	.55

のを Fig.5 に示す。ただし、第 5 因子については、本稿で必要になるロボットへの印象評価項目ではないため掲載していない(Fig.8-10 についても同じ)。

これらの項目のうち、かなちゃんの方が、印象が高い項目について「話しかけたくない - 話しかけたい」($t(36)=2.03, p<.05$)、「放置したい - 動かしたい」($t(36)=1.92, p<.05$)、「落ち着きのある - 落ち着きのない」($t(36)=2.03, p<.05$)、「活気のない - 生き生きとした」($t(36)=1.82, p<.05$)、で有意差があった。また、ひなちゃんの方が、印象が高い項目について「愚かな - 賢い」($t(36)=2.21, p<.05$)で有意差があった。

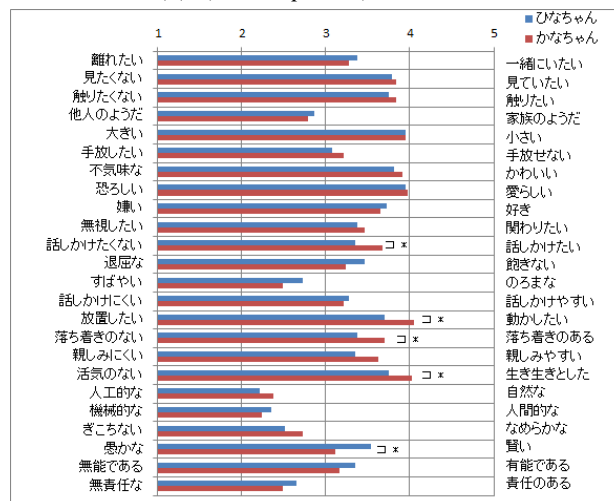


Fig.5 各ロボットに対する印象

しかし、この印象の差の要因が「IDS/ADS で接した」ためなのか「動きが大きかった/小さかった」ためなのか要因が分離できていない。次節の実験 2 においてこの分離を試みるが、以下においてもロボットの動きが大きかった場合と、小さかった場合に分

けて印象を分析することにより要因の分離を試みる。

被験者の各ロボットの動きの大きさの値より中央値を取り、中央値以上の人を動きが大きい群、中央値未満の人を小さい群として、それぞれの群の印象を調べた。このとき IDS 条件では動きが大きい人の印象は動きが小さい人の印象に比べて高く、ADS 条件では動きが大きい人の印象は動きが小さい人の印象に比べて低いことが多かったが有意差はなかった。IDS 条件では高い声に対して動きが大きくなるが ADS 条件ではその逆となる。従って、以上の結果は高い声を出した場合に印象がよいことが多かったと言い換えることができ、高い声を出すことにより印象がよくなった可能性があることを示すが、有意差がないためそう結論付けることはできない。更に印象が高い群同士を比べると IDS 条件の方が、印象が高いことが多いが、有意差はなかった。

「2 歳未満の子どもと接する機会があったか」の問いに関しては、全被験者が「当てはまらない」「あまり当てはまらない」を選択したので、ほとんど接する機会を持たないと考えられる。

各被験者の空想傾向が高い人と低い人について、2 群に分けて分析を行った。分け方として、全被験者の空想傾向のポイントより中央値を取り、その中央値以上の人をここでは傾向の高い群、中央値未満の人を傾向の低い群とした。このとき、空想傾向の低い群の人の印象はひなちゃんの方が低いのに対し、空想傾向の高い群の人の印象はひなちゃんの方が高いことが多かったが有意差はなかった。

3. 実験 2

3.1. 目的

実験 1 では、印象の差の要因が被験者自身の発話によるものなのか、ロボットの動きの大小によるものなのか正確に分離できていなかった。本実験ではこの分離を試みる。

3.2. 実験方法

被験者 大学生、大学院生 11 名(女性 7 名, 男声 4 名, $M=21.18$ 歳, $SD=2.32$) であった。

装置と刺激 実験 1 と同様である。

実験デザイン 実験 1 と同様であるが、実験 1 では結果として 1 要因になっていなかったため、動きの大小による要因を統制するために次の工夫をした。実験 1 の結果より IDS 条件と ADS 条件の基本周波数をそれぞれ f_{0IDS} , f_{0ADS} とし、

$$\frac{f_{0IDS} + f_{0ADS}}{2} = Af_{0N}$$

を、 A について全員分解き平均を計算することで、 $A = 0.64$ を得た。この数を用いてあらためて、 f_0' を以下のように定義する。

$$f_{0N}' = Af_{0N}$$

f_{0N}' を Fig.2 中の f_{0N} となるようにし、これを基準として IDS / ADS 条件での各周波数の声に対するロボットの動きの大きさを Fig.2 に示す通りに決定した。

手続き 実験 1 ではインストラクションで「声の高さで動きが変わる」「高い声や低い声で話しかけてください」とは示したが、一番よく動く声の高さを見つけ、よく動かしてあげるようには明示していないため、一部の被験者は教示通り、高い声や低い声を最後まで試し続け、結果として実験条件間で声の平均的な高低の差が付きにくくなった可能性がある。そこで、本実験では、実験条件間の平均的な声の高低に明確な差が付きやすくすることを狙い、インストラクションに「できるだけよく動く声のかけ方をしてください」という教示を追加した。

以上の点以外に実験 1 との変更点はない。

3.3. 実験結果と考察

被験者ごとのマイクテストの基本周波数に 0.64 をかけたもの(f_0)と IDS 条件、ADS 条件のときの基本周波数を Fig.6 に示す。このとき IDS 条件と ADS 条件の基本周波数に有意差はなかった($t(10)=0.07$, $n.s.$)。

Fig.6 より、マイクテストの基本周波数の値は、IDS 条件と ADS 条件のほぼ中央値となっていることがわかる。また、11 名中 6 名の被験者においては、予想に反して、IDS 条件より ADS 条件の方が、基本周

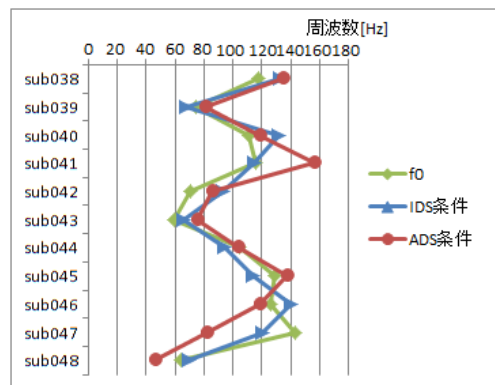


Fig.6 実験 2 の被験者ごとの基本周波数

波数が高くなってしまっている。インタビューにおいて、「ひなちゃんの高い声によく反応しました。かなちゃんは低い声によく反応しました。」と回答したにもかかわらず、ADS 条件の基本周波数のほうが高くなった被験者も 1 名みられた。この 6 名中 4 名は実験の順番が先に IDS 条件をしてから ADS 条件の実験をしたものであったため IDS 条件の影響を受け

て ADS 条件でも高い声が出た可能性が考えられる。
 また、ADS 条件で動きが悪いため動かそうとして
 思わず声が高くなってしまった可能性も考えられる。

動きの大きさについては、Fig.7 にグラフで示すが、
 有意差はなかった($t(10)=0.52, n.s.$)。これにより、動
 き大きさによる、印象評価への影響は取り除けて
 いると考えられる。

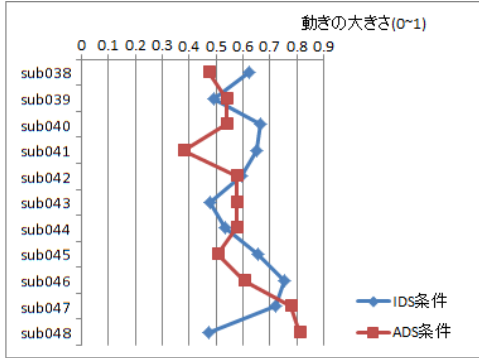


Fig.7 各ロボットの動きの大きさ

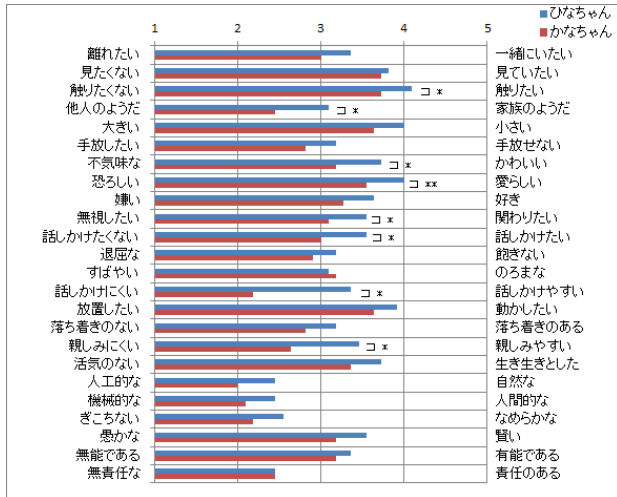


Fig.8 各ロボットに対する印象

このとき、印象について比較してみると、Fig.8 に
 示すように、かなちゃんよりひなちゃんの方が高い
 項目が多く、特に、「触りたくない - 触りたい」
 ($t(36)=2.39, p<.05$), 「他人のようだ - 家族のようだ」
 ($t(36)=2.06, p<.05$), 「不気味な-かわいい」($t(36)=2.63,$
 $p<.05$), 「おそろしい-愛らしい」($t(36)=2.89, p<.01$),
 「無視したい - 関わりたい」($t(36)=2.19, p<.05$), 「話
 しかけたくない - 話しかけたい」($t(36)=2.21, p<.05$),
 「話しかけにくい - 話しかけやすい」($t(36)=2.66,$
 $p<.05$), 「親しみにくい - 親しみやすい」($t(36)=2.17,$
 $p<.05$), の項目について、有意差があった。

ここで、実験 1 と同様に、それぞれのロボットの
 動きの大きさが大きい人と小さい人について、2 群
 に分けて分析を行った結果を Fig.9, Fig.10 に示す。

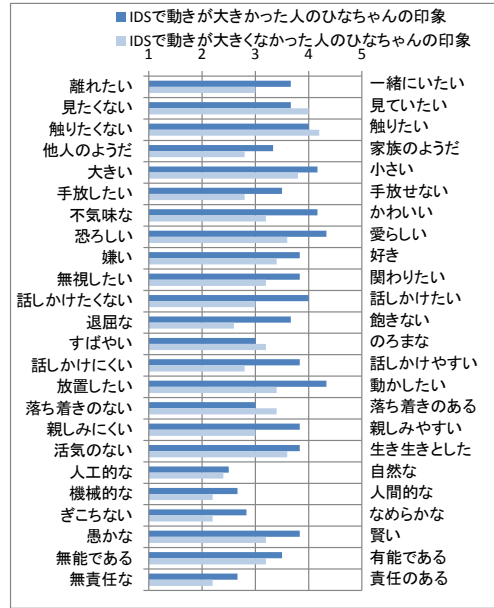


Fig.9 動きの大きさとひなちゃんの影響

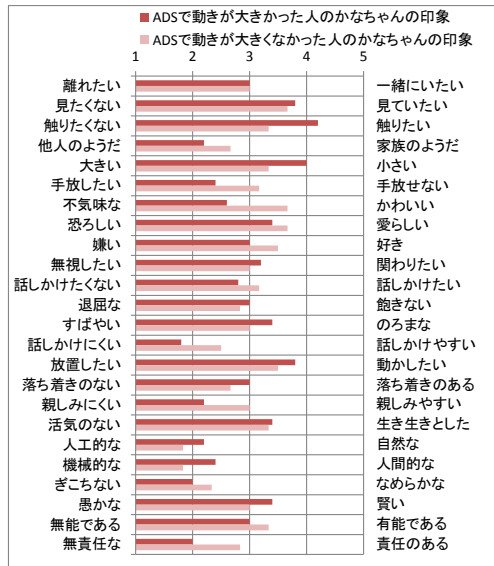


Fig.10 動きの大きさとかなちゃんの影響

Fig.9, Fig.10 を参照すると、IDS 条件では、動き
 が大きい群、すなわち、高い声で話した群が、印象
 が高い項目が目立つ。ただし有意差はなかった。

逆に ADS 条件では「手放したい - 手放せない」
 「不気味な - かわいい」「話しかけにくい - 話しか
 けやすい」「親しみにくい - 親しみやすい」などの
 項目で動きが小さい群、つまり高い声で話した群が、
 印象が高くなっている。ただし有意差はなかった。

4. 考察

仮説 1(IDS に選択的に反応するロボットにより、
 IDS が誘発される)について 実験 1 では IDS 条件の
 f_0 は ADS 条件の f_0 より有意に高かった。しかし、実

験2では両者に有意差はなかった。この違いの原因を以下で考察する。

実験1では f_{0N} が、我々が想定していたより高くなったため、IDS条件では被験者は少し高い声を出しても、ロボットはあまり動かなかった。このロボットに対して、被験者は高い声を出したが、インタビューによると、高い声でよく動くことに気付いた被験者はいなかった。したがって、ロボットがあまり動かないので**思わず声が高くなった**と考えられる。一方、ADS条件ではよく動いたので**思わず声が高くなる**ことは少なかったと考えられる。

実験2では両条件で動きの大きさが同程度であったため、**思わず声が高くなる**程度は同じくらいであったと推定される。また、実験2では「できるだけよく動く声のかけ方をしてください」という指示を加えたので、**意識的な声の高さの調整の影響**があったはずである。ただ、意識的に高くするか低くするかが被験者により異なったため、平均的には両条件で差が出なかったと考えられる。

以上をまとめると、仮説1は支持されなかったが、別の仮説

仮説3: 動きの良いロボットによりIDSが誘発される。

が支持される可能性があると考えられる。実験1と実験2では動き以外の要因も変わっているため、今後これを統制した実験を実施し仮説3を検証したい。

仮説2(IDSが誘発された場合、そうでない場合よりもロボットに対する印象がよくなる)について
実験1のIDS/ADS両条件では、高い声で話しかけた群の方が、印象が高い項目が多いが、有意差はなかった。各群の被験者数は18名と19名であったが、被験者数を増やすと有意差が出ると考える。実験1の設定では高い声で話しかけても低い声で話しかけても、動きの大きさにあまり変化はない。そのため、印象に対する動きの効果は少なく、主に声の高さが効いたと考えられる。

実験2のIDS条件でも有意差がなかったが、実験2の設定では高い声で話しかけるとよく動くため、声の高さと動きの両方の効果が足し合わされて印象が決まったと考えられる。各群の被験者は5名と6名であり、被験者数を増やすと有意差が出る可能性が高いと考える。ADS条件では、高い声で話しかけるとあまり動かないため、動きの効果が声の高さの効果を打ち消す方向に働いたと考えられる。そのため、この条件では印象の差はつきにくいと考えられる。

以上より、1)被験者数を増やし、2)動きの効果が混ざりにくいように実験条件を工夫することで、仮説2を支持する実験結果が得られる可能性が十分あると考える。

以上の他に、実験2の印象評価の結果(Fig. 8)から次を主張できる。

IDSに反応するロボットはADSに反応するロボットよりも印象がよい。

実験1(Fig. 5)では逆の結果が出ているように見えるが、これは動きの量や声の高さの影響を受けているためだと考えられる。これに対して実験2では動きの量と声の高さに差がないため上記が主張できる。

5. 今後の展望

今回の実験では、朗読という形で平常時の f_{0N} を求めたが、適切ではなかった。ロボット向けの発話から平常時の f_{0N} を求めるように改善したい。

また、スライドによる被験者への指示の中に「名前を呼んだら手を挙げるように教える」などのタスクがあったが、こうしたタスクでは、実際にはロボットはランダムに動いているのだがたまたまロボットが指示通り動くと、印象がよくなり、偶然の要因が印象を左右することになる。今後の実験ではこのような行動の具体的な指示を含むタスクは除き、調べたい要因の効果をできるだけ純粋に取り出したい。

この他に、ロボットの反応の随伴性の良し悪しも印象に影響すると考えられるので、これも正確に統制できるようにしたい。

6. 謝辞

本研究は科研費(21500137)の助成を受けた

参考文献：

- [1] 瀬戸口裕二, 林部英雄: 乳児の母児間音声相互作用に関する研究, 横浜国立大学教育紀要, Vol. 33, pp. 281-293 (1993).
- [2] Burnham, D., et al.: What's New, Pussycat? On Talking to Babies and Animals, Science, Vol. 296, No. 5572, p. 1435 (2002).
- [3] Inoue, T., et al.: Development of Infant-directed Speech Discrimination Method by Application of Hidden Markov Model, The World Journal of Biological Psychiatry, Vol. 9, No. 1, p. 154 (2008).
- [4] 中川愛, 松村京子. 乳児との接触未経験学生のあやし行動: 音声・行動分析学的研究. 発達心理学研究 Vol.17, No. 2, pp. 138-147, (2006).
- [5] 田中一晶ら. 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, 2pages (2010).
- [6] 岡田 齊, 松岡 和生, 轟 知佳. 質問紙による空想傾向の測定 Creative Experience Questionnaire 日本語版(CEQ-J)の作成. 『人間科学研究』文教大学人間科学部 第26号, pp. 153-161, (2004).