

子育て支援ロボットの開発

Development of Childcare Support Robot

○学 二又川 求哉 (東理大) 牧野 哲裕 (東理大)
田中 直登 (東理大) 正 小林 宏 (東理大) 橋本 卓弥 (東理大)

Motoya FUTAMATAGAWA, Tokyo University of Science, f.motoya@kobalab.com
Tetsuhiro MAKINO, Tokyo University of Science
Naoto TANAKA, Tokyo University of Science
Hiroshi KOBAYASHI, Tokyo University of Science
Takuya HASHIMOTO, Tokyo University of Science

In order to reduce the childcare burden, we have been developing a childcare support robot. The robot reduces the burden by attracting child's attention when parents are busy. Also, in favor of reducing the psychological resistance to the robot, it is equipped with the function to transmit feelings through emotional expression. As a result, it could attract the interest of the infant during some time and transmit feelings at a certain extent precision. In this paper, the structure of the robot and evaluate results of the function of emotional expression and the effect of childcare support are described.

Key Words: Communication robot, Childcare support, Emotional expression

1. はじめに

現代の子育て世代は、育児を大きな負担と感じたり、育児と仕事との両立に対する懸念が増しており、この解決策として、育児負担を減らすための子育て支援ロボットの開発が試みられている^[1]。しかし、遠隔操作型のものがほとんどであり、安全性への懸念などから自律型ロボットの導入は進んでいない。さらに総務省による2015年の調査によると、介護用ロボットを利用したい、または利用を検討しても良いと回答した人が63.1%、コミュニケーションロボットを利用したい、または利用を検討しても良いと回答した人が46.3%であるのに対し、子育て支援ロボットを利用したい、または利用を検討しても良いと回答した人は30.6%に留まり、子育て支援ロボットの利用意欲は高いとは言えない。この主な理由は、「ロボットが子供の面倒を見ることに心理的な抵抗があるから」(51.7%)、「安全性が気になるから」(44.5%)^[2]であった。心理的抵抗の原因として、ロボットが何を考えているか分からないという不信感が挙げられるが、他者に感情を正確に伝達する機能をロボットに搭載することで、ロボットに対する心理的抵抗感を減らすことができると考えられる。

また、親が家事を行っている一定時間、言葉だけでなく、身体を使った遊びを通して子供の興味を惹きつけられるようなロボットが実現できれば、育児における親の負担を大幅に軽減できると考えられる。また、育児だけでなく、幼稚園や保育園において使用することで、先生の負担を減らし、技術に触れる機会ともなる。

本研究では、親が目を離している30分程度の間幼児の相手をする事により、親の育児負担を軽減する子育て支援ロボットを開発するとともに、そのロボットが他者に感情を正確に伝達する機能を搭載することを目指す。本稿では、ロボットによる感情表現動作の印象評価実験とその結果、及び、開発した子育て支援ロボットを、幼稚園で幼児とふれあわせた場合の結果を示す。

2. ロボットの概要

2.1 全体構成

子育て支援ロボットの全体図を図1に示す。図1(a)は子育て支援ロボットの全身を示しており、図1(b)に示した内部機体に発泡ウレタンで作成した外装(体、腕、尻尾、頭)を装着した外観である。外装と内部機体の間には感圧センサを取り付けており、外装が押された際にロボットが押された部位を検知できるようになっている。

また、幼児は手に取ったものを投げる可能性があり、重量が軽く脆弱な材質を使用すると、機体を投げられた際に破損し危険である。そこで、幼児に投げられないように機体の重量はある程度重く

し、ロボット内部機体の材質は強度の高いアルミニウム合金(A2024)及び強化プラスチック(FRP)を主に使用している。一方、幼児が触れる外装は、上述のように、柔らかい発泡ウレタンを用いている。さらに、ロボットを突起が少なく丸みを帯びた形状にすることで、幼児が使用した際に突起部で怪我をすることがないように留意している。

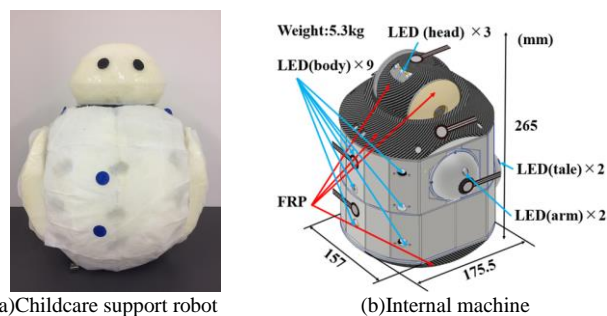


Fig. 1 Childcare support robot

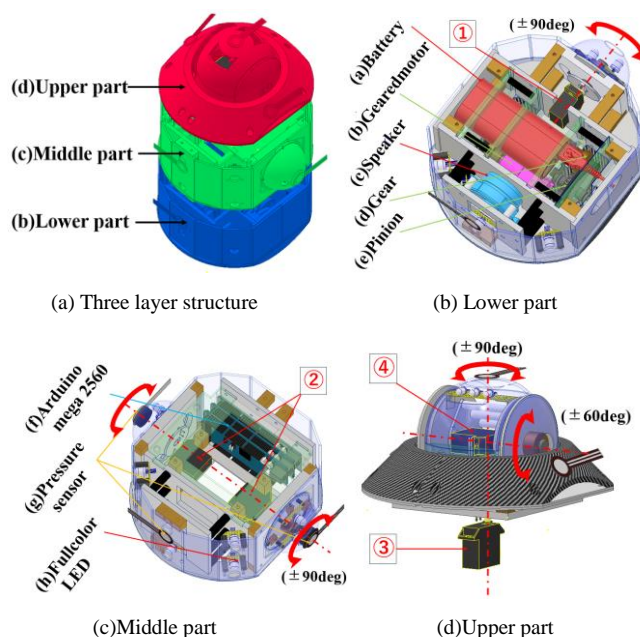


Fig. 2 Internal structure

2.2 内部構造と機能

内部機体の構造は、図 2(a)のように 3 層構造になっている(下層部: 図 2(b), 中層部: 図 2(c), 上層部: 図 2(d)). また、頭部、腕、尻尾の動作にはアクチュエータとしてサーボモータ(図中①②③④)を用いている。頭部は上下方向と左右方向の 2 自由度の回転が可能で、腕および尻尾は 1 自由度の回転が可能である。頭部の上下方向の回転については、発泡ウレタンを装着した場合、発泡ウレタンの弾性により変位量が非常に小さくなったため、本稿では用いていない。下層部(図 2(b))の底面には車輪があり、前後の移動と回転が可能である。また、フルカラーLEDを体正面に 9 箇所、頭部に 3 箇所、腕と尻尾に各 2 箇所の合計 18 箇所に設けており(図 1(b)), 8 種類の色を発光する。さらに、スピーカーを下層部に取り付けられているため、音声を使用することもできる。これらの動作、色、音を組み合わせることによってロボットの感情表現を行う。

3. 感情表現機能

3.1 感情表現機能

本研究では、心理学者 P.Ekman が万国共通に表現でき認知できるとした 6 つの基本情動(喜び、嫌悪、驚き、悲しみ、怒り、恐怖)^[3]をロボットが表現する感情とする。本ロボットは、動作、色、音声を媒体(メディア)として感情を表現するが、各感情を表現するための適切な行動は、次のように決定した。

まず、動作(x)は、このロボットの 6 自由度(頭部:1, 右腕:1, 左腕:1, 尻尾:1, 車輪:2)の動きで表現可能な動作の中から無作為に 20 種類選択し、音声(z)は、感情を表現していると思われる 20 種類の音声を無作為に用意した。色(y)は、Plutchik の感情の輪^{[4][5]}に使用されている 8 種類(緑、赤、青、黄、水色、紫、橙、黄緑)を採用した。x と z はできるだけ 6 つの基本情動にばらけるようにするために、多めに各 20 種類ずつとした。各感情に対応するロボットの行動は、各メディア(x:20 種類, y:8 種類, z:20 種類)について、それぞれ 6 つの基本情動のどれが適切と思うかを被験者(次節)に回答してもらい、最も回答率が高いものを選択した。

3.2 予備実験

被験者(23 歳前後の男女 13 名)にロボットの前に移動してもらい、ロボットの行動を 1 つずつ見せていく。そして、それが 6 つの基本情動のどれに近いと判別したかを回答してもらおう。このときの被験者による 6 つの基本情動への分類結果を図 3(a)~(c)に示す。図 3(a)は動作、図 3(b)は音声、図 3(c)は色に対する分類結果を示している。ロボットが感情表現を行う際は、感情ごとに回答率が最大のもので選択する。図中の記号は、感情ごとに回答率が最大であったものを示している((A):怒り, (B):嫌悪, (C):恐怖, (D):喜び, (E):悲しみ, (F):驚き)。また、同率の回答率がある場合は動作番号が大きなもの優先して選択している。

3.3 評価方法

前述の 3.2 の実験におけるデータから選択した 6 つの基本情動を被験者(23 歳前後の男女 10 名)に見せ、印象評価を行う。このとき、公平性を保つため、被験者は 3.2 の実験を行っていない者とする。

3.4 実験結果

図 3(a)から、動作に関しては喜び(D)に関する回答率が突出しているものが多く、動作のみでも喜び(D)の感情は表現しやすいことが分かる。それに対し、怒り(A)と恐怖(C)に関する回答率は突出しているものが少なく、動作のみでは怒り(A)と恐怖(C)の伝達は困難であると考えられる。また、図 3(b)から、音声に関しては喜び(D)、恐怖(C)、悲しみ(E)に関する回答率が突出しているものが多く、動作よりも音声の方が伝達しやすい感情の種類が多かった。また、図 3(c)から色に関しては怒り(A)、嫌悪(B)、驚き(F)において特定の 1 色のみ回答率が突出しており、特定の感情と 1 対 1 で結びつ

けやすい色であることが分かる。

各メディアの回答率が最も高い場合の行動を組み合わせるとロボットが感情表現を行った場合に、ロボットが意図した感情表現と被験者の認識する感情が一致した割合を図 3(d)に示す((A):怒り, (B):嫌悪, (C):恐怖, (D):喜び, (E):悲しみ, (F):驚き)。平均一致率は 83%となった。喜び(D)の感情に関しては、ロボットが意図した感情表現と被験者の認識が完全に一致した。また、悲しみ(E)の感情に関する正答率が喜び(D)の次に高いが、1 人だけ嫌悪(B)の感情と誤認識する被験者がいた。怒り(A)の正答率のみ他と比べて低い値になったが、怒り(A)以外の回答としては驚き(F)という回答が次いで多く、これは使用した音声が警戒音に近い音であったことが原因であると考えられる。

Bassill は顔表情から感情を識別するための訓練を受けた心理学専攻の学生に、6 基本情動を表す顔画像を見せ識別させたところ、正答率は約 87%であったと報告^[6]している。本実験では、顔表情の代わりに動作、色、音声で感情表現を行ったが、先述のように一致率は 83%となっており、ロボットの動作、色、音声をを用いた感情表現でも、感情伝達は有効に行える可能性があると言える。

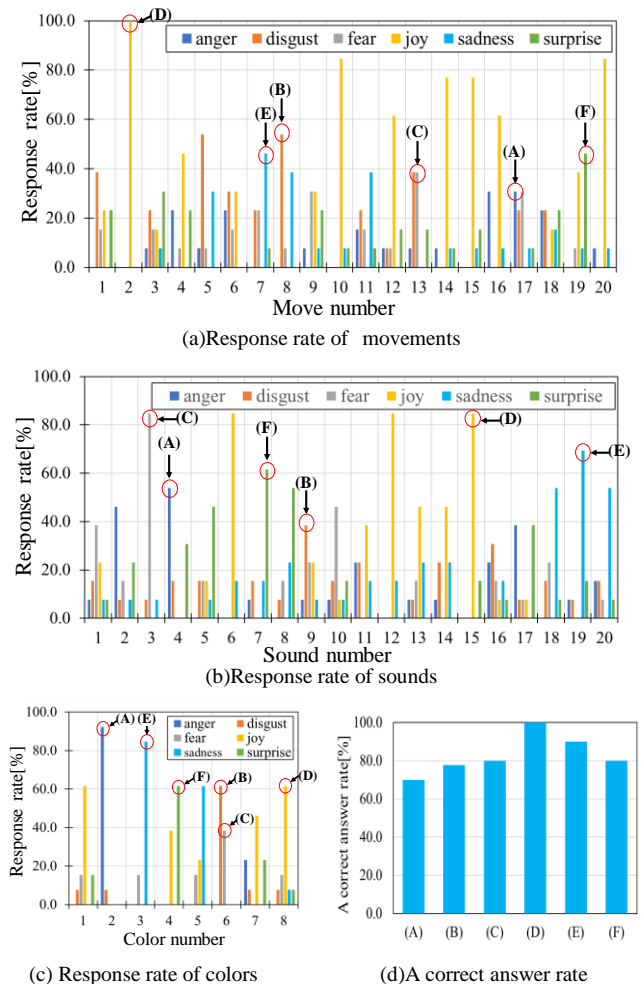


Fig. 3 The result of emotional expression experiment

4. 実地実験の実施と評価

4.1 実地実験の概要

近隣の保育園に協力してもらい、園内で子供たちに実際にロボットと遊んでもらった。参加者は 5~6 歳の園児 9 名(男児 7 名, 女児 2 名)で、3 名ずつのグループに分けて 3 回実施した。実験時間は 30 分とし、その様子をビデオカメラで撮影した。また、比較として、

参加した園児たちが普段遊んでいる様子も撮影した。

4.2 接触時のロボットの動作

園児に触られた際に、触れられたセンサの位置に応じてロボットが実行する動作を変化させた(表 1 参照)。用意したメディアは 3・1 と同様である。頭のセンサが反応した場合は x, y, z からそれぞれ無作為に 1 つずつ選んで実行, 肩のセンサが反応した場合は x, z からそれぞれ無作為に 1 つずつ選んで実行, 腕または尻尾のセンサが反応した場合は x, y からそれぞれ無作為に 1 つずつ選んで実行, 体のセンサが反応した場合は 3-2 の実験で得られた感情表現 6 種類の中から無作為に 1 つ実行するようにした。

4.3 比較条件

4.2 に示した園児が接触した際の動作とは別に、園児からの接触行動が無い間の動作として以下の 3 パターンを用意し、どのパターンが園児たちの興味を引き付け易いかを調査した。

(C1) 動作 + 発色 + 音声: 色を変化させながら八の字走行し、センサ部をタッチするよう音声で促す。

(C2) 発色 + 音声: 色を変化させながらセンサ部をタッチするよう音声で促す。

(C3) 動作のみ: タッチされるまで八の字走行を続ける。

4.4 評価方法

実験時に撮影したビデオおよびアンケートを基に以下の評価を行った。なお、(2)(3)では、20 代の大学生および大学院生 11 名で評価してもらった。

(1) 接触箇所の評価: C1~C3 条件において、部位ごとのセンサに触れる回数を求め、ロボットの待機動作パターンによる違いを評価した。

(2) インタラクションの質の評価: Tanaka らの研究⁷⁾を参考に、C1~C3 条件におけるビデオを評価者に見てもらい、接触行動が多く興味を持っている、または笑っていて楽しそうな表情をしている時をインタラクションの質が高いと仮定し、園児とロボットとのインタラクションを評価してもらった。評価は、2 分毎に 5 段階で評価してもらい、各時間における平均値を算出した。

(3) SD 法による印象評価: 形容詞対を用いた SD 法により園児とロボットとのインタラクションの印象を評価した。評価者に、①園児たちが普段通り遊んだ場合と、②園児たちがロボットと遊んだ場合(C1~C3)の 4 種類の動画を視聴してもらい、それぞれの印象について形容詞対毎に 7 段階で評価してもらった。なお、動画はすべて 10 分に統一した。形容詞対の選定では、まず、評価者の内 7 名に園児とロボットが遊んでいる様子を映した 5 分程度の動画を視聴してもらい、そのときの印象を表す言葉を複数個挙げてもらった。そして、上位 10 個の言葉から図 8 に示す形容詞対を作成した。また、自由記述欄を設け、それぞれの印象を記入してもらった。

Table 1 Combination of expression pattern

| Touched part | Behavior | Color | Sound | Emotion |
|---------------|----------|-------|-------|---------|
| Head | ○ | ○ | ○ | |
| Arms and tail | ○ | ○ | | |
| Shoulders | ○ | | ○ | |
| Body | | | | ○ |



(a)behavior + color (b)behavior + sound (c) emotion
Fig. 4 Example of the robot's behavior



(C1) (C2) (C3)
Fig. 5 Interaction between the robot and children

5. 実地実験の結果及び考察

実地実験の様子を図 5 に示す。

5.1 接触個所の評価

図 6 は、各待機動作パターンでの部位毎の接触回数を示しており、C1 と C3 では頭への接触回数が多いことが分かる。これら 2 条件では常にロボットが動いているため、簡単に触れる頭に集中したと考えられる。また、頭のセンサでは動作、色、音の 3 種類すべてを用いて反応するため、その他の部位よりも園児の気を引くことができたと考えられる。それに対し、C2 ではロボットが静止していたため、各部位の接触回数はほぼ同数となっており、C1 と C3 に比べて接触回数の総数も少ない。この結果から、ロボットが動き回っている方が園児の接触行動を引き起こし易いと考えられる。また、第 1 グループ(C1)では 23 分間、第 2 グループ(C2)では 13 分間、第 3 グループ(C3)では 18 分間の間園児はロボットと遊んでいた。このことから、ロボットが動き回っている C1 と C3 の方が静止している C2 よりも園児の接触行動を引き起こしやすいと考えられる。

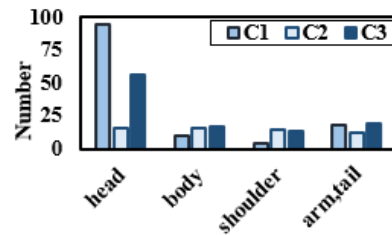


Fig. 6 Number of contact

5.2 インタラクションの質の評価

図 7 に C1~C3 における評価値の時間変化を示す。C1 と C2 では、開始時から評価値が徐々に上昇しているが、その後、C1 では 4 付近を推移しているのに対し、C2 では徐々に低下している。このことから、待機時であっても、動きがあった方が園児の興味を持続し易いことが分かる。一方、C3 では開始時から評価値が徐々に低下しており、長時間興味を引くには、動作だけではなく、色を変えたり話しかけたりすることが重要であることが示唆される。

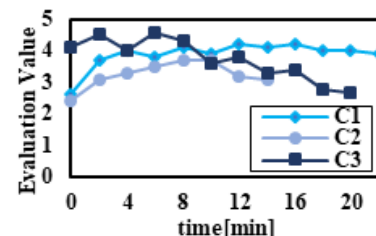


Fig. 7 Quality of interactions

5.3 SD 法による印象評価

図 8 に印象評価の結果を示す。形容詞対の左側の形容詞を 7 点、右側の形容詞を 1 点として評価値の平均値と標準偏差を求めた。この結果に対して一元配置分散分析を行い、Tukey 法で多重比較を行った結果、10 項目のうち 7 項目で有意差が見られ、C1、

C3 と C2 の間で有意差が生じている傾向があることが分かった。この結果から、ロボットに動きがある場合の子供たちの方が、評価者にポジティブな印象を与えたことが分かる。また、親密さ、不思議さにおいて、普段時と C1 あるいは C3 との間に有意差が見られた。親密さに関しては、自由記述においてもロボットと遊んでいるときの方が園児同士の会話が多かったという意見が多く見られたことから、複数人で一つのロボットと遊ぶことで向上したと考えられる。不思議さに関しては、今回のロボットが園児たちにとって初見で未知のものであったことが影響していると考えられる。

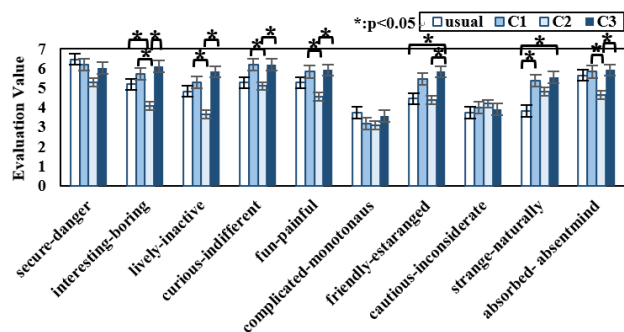


Fig. 8 Result of questionnaire conducted with SD method

6. まとめ

本研究では、親が目を離している時に幼児の相手をするこにより、親の育児負担を軽減する子育て支援ロボットを開発するとともに、そのロボットが他者に感情を伝達するための機能を搭載した。

その結果、単純なインタラクションだけであっても、20分程度は子供の興味を引き続けることができた。また、動作、色、音を用いた感情表現でも感情伝達が有効に行える可能性があることを示した。

今後は、ロボットの感情表現の機能を高度化していくとともに、時間の推移や子供の飽き具合によってロボットの反応を変更するなど、長時間興味を引き続けられるインタラクションシナリオを構築していく。

文 献

- [1] 阿部香澄, 裴 雅超, 張 亭芸, 日永田智絵, 長井隆行, "幼児と祖父母をつなぐテレプレゼンス子育て支援ロボットニーズと課題の検討—", The 29th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2015
- [2] 総務省, パートナーロボットのニーズと課題 <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h27/html/nc241350.html>, (2018/2/1 閲覧)
- [3] P.Ekman and W.V.Friesen, "Facial action coding consulting", Psychologist Press, 1977
- [4] Robert Plutchik: Emotion: Theory, Research, and Experience, New York: Academic, pp.3-33, 1980
- [5] Robert Plutchik, "The nature of emotions, "American Scientist, 2013 Information Processing Society of Japan 247 Vol. 89, Iss. 4., pp.344-350, 2001
- [6] J.N.Bassill: Emotion Recognition: The Role of Facial Movement and the Relative Importance of Upper and Lower Areas of Face, Journal of Personality and Social Psychology, 37-11 2049/2058, 1979
- [7] F. Tanaka et al., "Socialization between toddlers and robots at an early childhood education center", PNAS Nov. 13, 2007