



乳児型デバイスを用いた乳児の抱擁感覚再現手法

名富太陽¹⁾, 北畠 康司²⁾, 藤田和之³⁾, 尾上孝雄¹⁾, 伊藤雄一⁴⁾

Taiyo NATOMI, Yasuji KITABATAKE, Kazuyuki FUJITA, Takao ONOYE, and Yuichi ITOH

- 1) 大阪大学大学院 情報科学研究科 (〒 565-0871 大阪府吹田市山田丘 1-5, natomi.taiyo@ist.osaka-u.ac.jp)
 2) 大阪大学大学院 医学系研究科 (〒 565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-2)
 3) 東北大学 電気通信研究所 (〒 980-8577 宮城県仙台市青葉区片平 2-1-1)
 4) 青山学院大学 理工学部 (〒 252-5258 神奈川県相模原市中央区淵野辺 5-10-1)

概要: 親子の関係構築において、抱擁等の近接インタラクションが重要な役割を果たしている。しかし、新生児集中治療室では、新型コロナウイルス対策の面会制限により、親子が自由に接触できない。本研究では、HMDと乳児の構成要素を提示できる乳児型デバイスを用いて、乳児の抱擁感覚をVR空間内で再現することで、遠隔地の乳児と疑似的に近接インタラクションする手法を提案する。実装したデバイスを用いて、乳児の構成要素の提示が抱擁者の主観的な抱擁感覚に与える影響を評価したところ、体温を提示することで、乳児の抱擁感覚を高められることが示された。

キーワード: 抱擁感覚, HMD, 乳児型デバイス, 近接インタラクション, バーチャルリアリティ

1. はじめに

近年、日本では少子化が深刻な問題となっている。その状況を改善すべく、親の出産・育児や乳児の健やかな成長をテクノロジーで支援する、BabyTechと呼ばれる取り組みに注目が集まっており、妊婦の通院負担を軽減するMelody i[1]や睡眠中の乳児を見守るBaby Ai[2]をはじめとする、数多くのBabyTech製品が開発されてきた。その中で、新生児集中治療室(NICU)に入院している子どもに対して、母親に抱かれている感覚を提示することで、治療における乳児の身体的負担・親の心理的負担の軽減だけでなく、親子のつながりを強めることを目指す研究もなされてきた[3]。BabyTechを考える上では、この研究で示されたように、親や子それぞれに対するサポートだけでなく、親子間のつながり、すなわち愛情の醸成による親子関係の構築を支援することも考慮する必要がある。

これまでの研究により、親子、特に母子の関係構築において、抱っこなどの親と乳児が触れ合う行為(近接インタラクション)が大きな役割を果たしていることが示されている[4]。しかし、健康に問題を抱える子どもが入院するNICUでは、新型コロナウイルスの影響で、厳しい面会制限が行われており、親子が自由に接触することができない。このような直接触れ合えない親子の関係構築が難しい現状から、実際に乳児に接触することなく、遠隔地間で近接インタラクションできるシステムが必要とされている。こうしたシステムが実現できれば、直接触れ合えない親子に対して、より多くの愛情を育む機会を提供でき、親子関係構築の一助になると考えられる。

本研究では、親子の近接インタラクションの中でも、親子の良好な関係・愛着の形成を促すことが示されている抱っ

こに着目する[4]。抱っこを完全に再現するためには、親と子どもの双方に対して抱擁感覚を提示する必要があるが、まずは親に対して我が子を抱いている感覚を、乳児の抱擁感覚を提示するための要素(抱擁感提示要素)のうち、いくつかを提示することで再現するシステムの実現を目指す。本稿では、まずこのシステムを実現するためのハードウェアの設計、および実装について述べる。その後、抱擁感提示要素が抱擁感覚に与える影響について評価する。

2. 関連研究

乳児の抱擁感覚を再現する手法として、乳児型ロボットの利用が考えられる。乳児型ロボットは、認知発達やヒューマンロボットインタラクションに関する研究のために盛んに開発されており、乳児の動きを再現するロボットや、乳児の表情を再現するロボットなど、様々な種類のものが存在する[5, 6]。しかし、親に対して我が子を抱いている感覚を提示するためには、対象とする乳児の外見に合わせたロボットを、乳児ごとに作成する必要があるため、実現に多大なコストがかかる。そこで、外見を容易に変更できる特性を活かして、仮想空間内で乳児を再現する手法が提案されている[7]。この手法では、乳児の映像をヘッドマウントディスプレイ(HMD)に投影し、ユーザにベビードールを抱かせることで、乳児を抱いている感覚を提示する。これにより、乳児の外見・表情変化・ベビードールを抱くことで感じる触覚などをユーザに提示できるため、抱擁感覚を保ったまま、外見等を低コストで再現可能である。しかし、この研究では、乳児の抱擁感覚を再現するためにどのような要素が必要か調査されておらず、乳児を抱いたときに感じる体温や呼吸などの要素も提示されていない。そのため、提

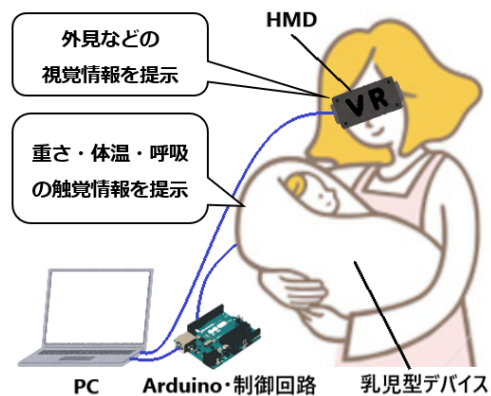


図 1: システム概要図

示されていない要素を提示することで、乳児を抱いている感覚をより向上させられる可能性がある。

本研究では、まず乳児の抱擁感覚を再現するために必要な要素について調査する。そして、調査結果に基づいて、抱擁感覚の再現に必要な要素を提示できるデバイスを開発・制作する。

3. 乳児型デバイスを用いた乳児の抱擁感覚再現手法

3.1 提示する乳児の構成要素の選定

乳児の抱擁感覚を再現するためには、抱擁感提示要素のうち、どの要素を提示するのか決定する必要がある。そこで、乳児を抱いているように感じるために必要な要素を明らかにするため、出産・育児イベントに会場した乳児の抱擁経験者 18 名（年齢や性別は記録せず）に対して、アンケート調査を実施した。アンケートでは、重さ・体温・呼吸・表情・柔らかさ・匂いの 6 要素について「赤ちゃんを抱いたとき、その要素を感じることは、赤ちゃんを抱いていると感じる上で重要だと思うか」という項目を設け、5 段階（1：全く重要だと思わない、2：重要だと思わない、3：どちらともいえない、4：重要だと思う、5：とても重要だと思う）のリッカート尺度で回答を求めた。その結果、すべての項目の平均値が 4.4 を上回る高いスコアを得た。また、赤ちゃんを抱いていると感じる上で重要だと思う順に、これらの 6 要素を順位付けしてもらった。そして、最も重要だと回答された要素を 6 点として、1～6 点にスコア化したところ、各要素の平均スコアと標準偏差は、重さ：3.82 ± 0.43、体温：5.09 ± 0.25、柔らかさ：2.64 ± 0.47、呼吸：4.32 ± 0.56、表情：3.50 ± 0.32、匂い：1.64 ± 0.21 となった。さらに、乳児を抱いているように感じる上で重要だと思う要素を列挙してもらったところ、複数の回答者が「乳児の声」を挙げた。これらの結果から、重さ・体温・呼吸・表情・柔らかさ・匂い・声の 7 要素を、乳児を抱いていると感じるために必要な可能性がある要素だと考えた。また、大阪大学医学部附属病院の小児科医 1 名に意見を求めたところ、親の声に対して乳児が反応する点も、乳児を抱いていると感じるために必要な要素だという指摘を受けた。そのため、先述した 7 要素に乳児の反応を加えた 8 要素を、乳児を抱い

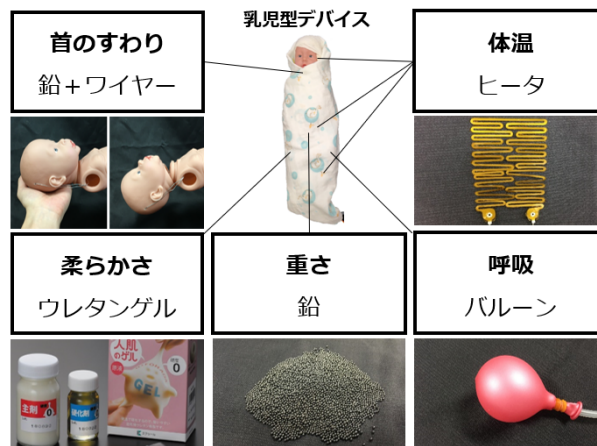


図 2: 乳児型デバイスから提示する要素とその実装方法

ていると感じるために必要な可能性がある要素だと考えた。

乳児を抱いているような感覚を提示する手法として、Real Baby[7] のように、ベビードールを使用する手法が考えられる。しかし、既存のベビードールは乳児を抱いていると感じるために必要だと考えられる 8 要素の内、一部の要素しか提示できない。そこで、ベビードールに既存のものでは提示できない要素を付与して提示することで、よりリアリティのある乳児の抱擁感覚再現を目指す。本稿では、アンケート結果における重要度評価が特に高かった、重さ・体温・呼吸の 3 要素を提示対象とする。

3.2 提案システム

本研究では、HMD と乳児型デバイスを組み合わせて、乳児の抱擁感覚を再現するシステムを提案する。提案システムの概要を図 1 に示す。Arduino と PC を通して乳児型デバイスと HMD の映像を操作し、ユーザに提示する乳児の構成要素を制御する。外見などの視覚情報については、HMD を用いて仮想空間上に乳児を投影することで提示する。重さ・体温・呼吸の触覚情報については、乳児型デバイスそのものを用いて提示する。

3.3 乳児型デバイスの制作

先述した 3 要素を提示できる乳児型デバイスのプロトタイプを制作した。重さは、乳児の成長や排便によって増減するが、抱擁中の短時間には大きく変化しないと考えられる。また、本研究では生後間もない、乳児がおくるみにくるまれている状態を想定しているため、乳児の動きによる重心変化も発生しないと考えられる。そこで、重さおよび重心は抱擁中に変化しないと仮定し、特定量の鉛を袋に入れた状態で、乳児型デバイスの腹部に配置することで提示する。体温は、数時間単位では変化するが、数十分単位ではおおよそ 1 度未満しか変化せず [8]、この変化が知覚されることは少ないと考えられる。そこで、体温は抱擁中に変化しないと仮定し、ヒータを用いて一定の温度を提示する。呼吸は、抱擁中には主に胴体の膨張・収縮によって知覚されると考えられるため、バルーンを用いて提示する。エアポンプからバルーンに空気を注入し、Arduino で制御された



図 3: 乳児型デバイスの外観 (左:表, 右:裏)

電磁弁によって空気の流入・流出を切り替えることで、呼吸時の胸部の膨張・収縮を表現する。

予備実験として、乳児の抱擁経験者 4 名に、上記の 3 要素提示を実装したプロトタイプを抱いてもらい、実際の乳児との差異に関する意見を求めた。そして、得られた二つの意見に基づいて、プロトタイプを改善した。一つ目の意見として、乳児に比べてデバイスの胴体が硬い点を指摘された。そこで、乳児との柔らかさの違いを改善するため、ユーザが触れるデバイス背面部および側面部を、赤ちゃんロボット [5] の皮膚として利用されている超軟質ウレタンゲル (人肌ゲル硬度 0 タイプ, エクシールコーポレーション製) で覆った。二つ目の意見として、デバイスの首が完全に固定されており、乳児特有の首がすわっていない状態が表現されていない点を指摘された。そのため、新生児の体重分布をもとに [9], デバイスの頭部にも重りの一部を配置し、頭部と胴体をワイヤーで接続した。これにより、ユーザが頭部を支えていないときは、頭部が下方に大きく傾く状態になるため、乳児の首が据わっていない、不安定な状態を提示できる。これらの変更を踏まえたうえで、乳児型デバイスから提示する要素を図 2 に、制作した乳児型デバイスの外観を図 3 に示す。

4. 評価実験

4.1 実験概要

抱擁感提示要素が抱擁感覚に与える影響について評価するため、評価実験を実施した。本稿では、乳児の構成要素のうち、重さ・体温・呼吸の 3 要素を評価対象とした。

被験者は、大学生 1 名・大学院生 16 名・小児科医 4 名の計 21 名 (男性 7 名・女性 14 名, 平均年齢 27.1 歳 ± 8.9 歳) であり、全員に乳児を抱いた経験があった。被験者には、図 4 のように、おくるみに包まれた乳児型デバイスを 10 秒間抱いてもらった。そして、乳児型デバイスから提示する要素を変更しながら、この手順を 9 回繰り返した。このとき、順序効果を考慮して、乳児型デバイスから提示する条件の順序を被験者ごとに変更した。その後、デバイスを抱いたときに乳児らしく感じた順に、各条件を順位付



図 4: 実験風景

表 1: 比較条件 (○: 提示あり, ×: 提示なし)

条件	重さ	体温	呼吸	医療用ベビードール
1	×	×	×	×
2	×	×	○	×
3	×	○	×	×
4	×	○	○	×
5	○	×	×	×
6	○	×	○	×
7	○	○	×	×
8	○	○	○	×
9	×	×	×	○

けしてもらった。この順位付けの際に、被験者が抱擁感覚を思い出せなくなることを防ぐため、被験者にはデバイスを抱くたびに、その条件の乳児らしさを 0~100 点で相対的に点数化してもらった。そして、最後にこの値を降順に並び替えることで順位付けしてもらった。

4.2 実験条件

本実験が評価対象とする 3 要素は、いずれも乳児型デバイスから触覚情報として提示する要素である。そこで、これらの 3 要素以外によるバイアスを少なくするために、図 4 の通り被験者には目隠しを着けてもらい、視覚による影響を排除した。また、エアポンプの駆動音による影響を低減するため、被験者にはノイズキャンセリング機能のあるヘッドホン (WH-1000XM3, SONY 製) を着けてもらい、音楽を聴きながら乳児型デバイスを抱いてもらった。

乳児型デバイスから提示する要素については、乳児の皮膚のような柔らかさおよび、新生児特有の首が据わっていない状態を、全条件で共通して提示した。一方で、表 1 の条件 1~条件 8 に示すように、重さ・体温・呼吸の 3 要素の提示を各条件で切り替えた。そして、これらの 8 条件に、ベースラインとして医療用ベビードール (LM-026G, KOKEN 製) を抱いてもらう条件 9 を加えた計 9 条件を比較した。

重さは、デバイスの胴体部分に鉛を配置した 3 kg の状態

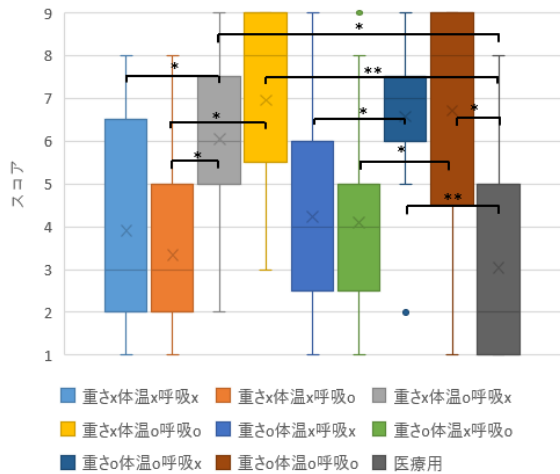


図 5: 各条件の乳児らしさの順位を 1 位を 9 点, 9 位を 1 点としてスコア化し, 9 条件のスコアを比較した箱ひげ図. (* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$)

と, 首のすわりの提示にのみ鉛を利用し, 胴体部分には鉛を配置しない 1 kg の状態を比較した. 体温は, 乳児の平均体温である 37 °C をやや誇張した約 42 °C にヒータを加熱した状態と, ヒータを加熱しない状態を比較した. 呼吸は, 約 40 回/分でバルーンが膨張・収縮する状態と, 膨張・収縮しない状態を比較した. このとき, 抱擁感提示要素として重さを提示する際の鉛の重さなど, 提示要素のパラメータは, 大阪大学医学部の関係者の意見を参考にして決定した.

5. 実験結果と考察

最も乳児らしく感じた条件を 9 点として, 順位付けされた各条件を, 1~9 点にスコア化した. 各条件のスコアを比較したものを, 図 5 の箱ひげ図に示す. 各条件の組み合わせに対し, ボンフェローニ法で補正したウィルコクソンの符号順位検定を用いてスコアを比較した結果, 図 5 に示す条件間で有意差が認められた.

図 5 より, 重さおよび呼吸の提示状況が同じ条件間では, 体温を提示することでスコアが有意に大きくなったことが確認できる. また, 体温を提示する 4 条件は, 医療用ベビードールに比べてスコアが有意に大きくなったことが確認できる. これらの結果から, 体温を提示することで, 乳児らしさは向上すると考えられる. これに対して, 重さおよび呼吸の提示による, 乳児らしさの向上は見られなかった. まず, 重さの影響がなかった原因は, 乳児らしく感じる重さに個人差があるからだと考えられる. 実験後に実施したアンケートの自由記述では, 「3kg 未満の新生児を抱く機会が多いため, 重さが軽い条件の乳児の方が乳児らしく感じた」という回答が見られた. このことから, 被験者の背景による抱擁感覚の違いが生じたため, 重さの提示が乳児らしさに影響しなかった可能性があると考えられる. また, 呼吸の影響がなかった原因として, 実装上の問題が考えられる. 実験後に実施したアンケートの自由記述でも, 「振動や機械音が乳児らしくない」という回答が見られた. このことから, 呼吸の提示が振動や機械音によって妨げられたため, 乳

児らしさに影響しなかった可能性があると考えられる. これらは, 低振動で静音性の高い機器の利用や, ユーザと機器の距離をあけるシステム設計によって改善可能だと考えられる.

6. まとめ

本稿では, 親子の関係構築支援のため, HMD と乳児型デバイスの組み合わせによる乳児の抱擁感覚再現手法を提案した. そして, 乳児型デバイスのプロトタイプを制作し, 抱擁感提示要素が抱擁感覚に与える影響を評価した. 実験の結果, 体温を提示することで, 乳児らしく感じる度合いが向上することを確認した. 今後は, カメラやセンサを用いて乳児のデータを取得し, そのデータに基づいて乳児の抱擁感覚を再現することで, 遠隔地間で近接インタラクションできるシステムの構築を目指す.

謝辞 本研究は, 大阪大学大学院医学系研究科の関係者の方々, および実験にご協力いただいた方々から多大なるご助力を頂いたものであり, ここに深く感謝の意を表します.

参考文献

- [1] <https://melody.international/>
- [2] <https://sales.liquiddesign.co.jp/>
- [3] S. Hauser, et al. Designing and evaluating Calmer: a device for simulating maternal skin-to-skin holding for premature infants, in *Proc. of CHI 2020*, pp.1-15, 2020.
- [4] R. Feldman, et al. Testing a family intervention hypothesis: the contribution of mother-infant skin-to-skin contact (kangaroo care) to family interaction, proximity, and touch, in *Journal of Family Psychology*, Vol.17, pp.94-107, 2003.
- [5] K. Narioka, et al. Development of infant robot with musculoskeletal and skin system, in *Proc. of the third International Conference on Cognitive Neurodynamics 2011*, pp.9-13, 2011.
- [6] H. Ishihara, et al. Design of 22-DOF pneumatically actuated upper body for child android 'Affetto', in *Journal of Advanced Robotics*, Vol.29, No.18, pp.1151-1163, 2015.
- [7] R. Hsieh, et al. Real Baby - Real Family: VR entertainment baby interaction system, in *Proc. of SIGGRAPH 2017*, No.20, pp.1-2, 2017.
- [8] T. Hellbrügge. The development of circadian rhythms in infants, in *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, Vol.25, pp.311, 1960.
- [9] N. Shinozuka, et al. Ellipse tracing fetal growth assessment using abdominal circumference: JSUM standardization committee for fetal measurements, in *Journal of Medical Ultrasound*, Vol.8, No.21, pp.87-94, 2000.