

# スマートフォンを用いた新生児あやし動作の教示システム

辻ひより<sup>1,a)</sup> 山本匠<sup>1,b)</sup> 山路碧空<sup>2,c)</sup> 小林麻衣子<sup>3,d)</sup> 佐々木恭志郎<sup>4,e)</sup> 麻生典子<sup>2,f)</sup>  
杉浦裕太<sup>1,g)</sup>

**概要：**不適切なあやし動作は、子どもの心身の健康や安全への影響や、親子間の愛着、つまり絆や感情的な繋がり形成に影響を及ぼす。よって、養育者が適切なあやし動作を習得することは重要である。本研究では、スマートフォンを用いて専門家が行う新生児あやし動作を教示するシステムを提案する。スマートフォンをぬいぐるみに取り付けて、あやす際の新生児を抱く角度と揺らしの大きさを評価し、アプリケーションによりフィードバックを返す。提案システムを評価するために、異なる学習方法の2群での学習前後のデータを比較した。助産師のあやし動作の動画を見ながら、ぬいぐるみを使ってあやし動作を練習する Video (V) 群と、動画視聴に加えてシステムを使ってぬいぐるみで練習する Video + System (V + S) 群である。その結果、傾斜角つまり新生児を抱える際の頭の持ち上げる角度をトレーニングするのにシステムは効果的であった。

## 1. はじめに

子どもの泣きは養育者にストレスを与えることで、虐待の原因になりうる [1]。子どもを泣き止ませるために養育者が行うのがあやし動作である。しかし、不適切なあやし動作が心身に与える問題として大きく3つの観点がある。親子間での愛着つまり絆や感情的な繋がり形成を阻害する可能性や、社会情動発達の遅延を引き起こす可能性がある [2]。また、激しい頭部の揺さぶりは頭部外傷が生じるリスクがある [3]。したがって、養育者が適切なあやし動作を習得することは重要であるが、学ぶ場は限られている。

特に、初めて養育者となる場合、必要な知識の欠如が意図せず新生児に危険を与えうる。さらに、初めての育児には不安が伴い、養育者は試行錯誤しながら知識や技術を習得する [4]。こういった技術習得の支援は重要である一方で、本物の新生児を使ったトレーニングはリスクが高く、新生児へのセンサの取り付けは倫理的にも問題となる。

Liu らはあやし動作の習得のトレーニングシステムとして、赤ちゃん型シミュレータとアプリケーションを用いた



図 1 提案システム。ユーザはぬいぐるみにスマートを装着する (左)。スマートフォンに内蔵されたセンサから、スマートフォン画面上でフィードバックを行う (右)。

システムの Pababy[5] を提案した。シミュレータにはタッチセンサ、加速度センサ、振動センサが埋め込まれており、ユーザが抱く、たたく、あやすなどの動作を行うと、アプリケーション上、またはシミュレータが動く、泣くなどのリアルタイムフィードバックを返す。これによりユーザに正しい抱き方・たたき方・あやし方を教授することができる。このシステムは、実際の新生児を利用せずトレーニングが可能という利点がある。しかし、システムの利用には専用のセンサを備えたシミュレータが必要であり、家庭などで気軽に利用するにはハードルが高い。

本研究では、スマートフォンを用いて、専門家の行う新生児あやし動作を、ユーザが習得することを支援するシステムを提案する (図 1)。ここで、新生児看護に精通している専門家として助産師と定義し、本システムにて助産師の動きを模倣することでより簡易的にあやしのスキルを獲得

<sup>1</sup> 慶應義塾大学

<sup>2</sup> 神奈川大学

<sup>3</sup> 早稲田大学

<sup>4</sup> 関西大学

a) hiyori-t.01@keio.jp

b) imuka06x17@keio.jp

c) r202370030yb@jindai.jp

d) maikoyoshida417@gmail.com

e) kyoshiro0920@gmail.com

f) ft101895ru@kanagawa-u.ac.jp

g) sugiura@keio.jp

することを目的としている。ユーザはスマートフォンをぬいぐるみに取り付け、ぬいぐるみを新生児に見立ててあやし動作を行う。スマートフォン内蔵センサから、あやし動作中の新生児の姿勢角、揺らしの大きさを取得する。1人の助産師によるデータを真値として、真値をもとに設定した閾値から逸脱した際に画面上と音声にてフィードバックを返すことで、ユーザは助産師によるあやし動作を模倣することができる。本研究では、新生児の首がすわっていない新生児の抱き方である、横抱きに焦点を当ててシステムを実装した。システムの有効性を測るために評価実験(N = 16)を行った。あやし動作の学習において、助産師があやししている動画を見ながら練習する群と、助産師の動画の視聴に加えて本システムを使用しながら練習する群で学習効果を比較した。実験には1種類のぬいぐるみを使用した。その結果、姿勢角のうち傾斜角に関してシステム使用による効果が見られた。Pababyと比較して、ユーザが気軽に入手可能なぬいぐるみとスマートフォンで構成されたシステムであるため、家庭などで気軽に利用が可能であるという利点がある。

本研究の貢献を以下に示す。

- (1) スマートフォンとぬいぐるみを用いて家庭で手軽にあやし動作をトレーニングできるシステムを提案し、実装した。
- (2) 助産師のあやし動作を模倣できるかの評価実験を行った。

## 2. 関連研究

### 2.1 赤ちゃんのためのシステム

赤ちゃんを対象としたHCI分野の研究が増えてきている。例えば、ロボットにて赤ちゃんとの接触を再現する研究として、赤ちゃんの状態や動きを表現するロボットで、ユーザのアクションに応じて反応を返すYotaro[6]がある。また、Real Baby[7]は赤ちゃん模型とVRを使用したシミュレータシステムで、表情変化が可能な赤ちゃんを再現している。

赤ちゃんを対象としたHCI分野の研究の中でも、子育て支援システムは、親の精神的負担の軽減につながる事が確認されている[4]。子どもの泣きに焦点をあてた研究として、Yaoら[8]は実世界で乳児の泣き声を検出するモデルを提案している。また、VaishnaviとSuveethaによる研究[9]では、新生児の泣き声の種類を分類して泣きの理由を予測している。そのほか、センサを用いて赤ちゃんの健康や安全を守るシステムが提案されている。PneuMat[10]ではセンサと空気圧駆動装置をもとにマットが形状変化するシステムで乳児の寝姿勢を調節する。また、赤ちゃんにウェアラブルセンサを取り付けるアプローチとして、ModHera[11]は、センサで赤ちゃんの生体信号データを取得して、親はリストバンドにて赤ちゃんの状態を把握でき、

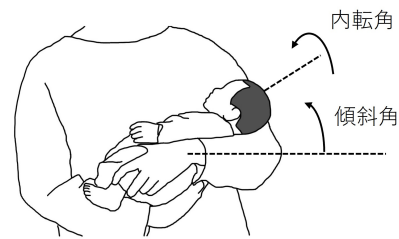


図2 内転角と傾斜角の定義

表1 助産師によるあやし動作の計測結果

	真値
内転角	12.81°
傾斜角	51.57°
加速度	0.97 m/s <sup>2</sup>

かつフィードバックを受け取ることができるシステムである。また、Yaoらの研究[2]ではセンサ値から乳児を抱っこする動作の検出モデルの提案がなされている。

新生児や乳幼児看護の支援システムとしてトレーニング要素のあるシステムの研究も行われている。その中であやし動作の習得を支援するシステムとして、新生児を模したシミュレータPababyを挙げる。シミュレータに内蔵したセンサでリアルタイムにユーザの動作を評価し、シミュレータの動きやアプリにてフィードバックを返す。Pababyによってあやし動作への理解に繋がり、効果的にあやし動作を習得できると期待されている。

本システムはスマートフォンとぬいぐるみであやし動作の習得を支援する。Pababyと比較して、あやし動作の練習に実際の新生児を使わない侵襲性の低い手法という点は共通している。しかし、Pababyの利用にはマルチセンサを取り付けた赤ちゃん型のシミュレータが必要であり、家庭で気軽に練習をすることは困難である。これに対し本研究はスマートフォンとぬいぐるみを用いるシステムとすることで、家庭において手軽にトレーニングが可能になる。

### 2.2 ウェアラブルデバイスを用いたスキルトレーニング

スキルトレーニングや運動支援、リハビリテーショントレーニングにおいて、ユーザの動作を評価してスキルの習得を支援するシステムとして様々なセンシング方法やフィードバック方法が提案されている。例えば、LiebermanとBreazeal[12]は映像より動作を評価し、触覚フィードバックを返すことで運動学習を改善するシステムを提案した。また、NurseCare[13]では背中につけたセンサで動作を評価し、スマートフォンの振動でリアルタイムにフィードバックを返す。

その他、スマートフォン内蔵のセンサを用いることで特別な機器を必要としないトレーニングシステムが多く提案

されている。Xia らによる研究 [14] や Thomas らによる研究 [15] では、動きを評価したい部位にスマートフォンを取り付け、3D アバターでの視覚的表現と音声による運動の指示にてマルチモーダルなフィードバックを返している。

本研究では、これらのスキルトレーニング手法をもとにしている。ユーザがスマートフォンを取り付けたぬいぐるみをあやし、その際スマートフォン内蔵のセンサで取得されるデータから動きを評価する。フィードバックには、スマートフォン画面上にてあやし動作に連動した赤ちゃんのオブジェクトや動きを正すための矢印、テキストの表示、そして泣き声の再生があり、これらによって動きの指示を行う。

### 3. 事前実験

本システムに必要である、新生児を抱く時の姿勢角やあやす時の揺らしの大きさの真値を決める予備実験を行った。新生児看護に精通している専門家として、助産師 1 名 (46 歳、臨床歴 23 年) に実験を要請した。あやしに使用したのは、新生児を想定した 3kg の沐浴人形 [16] である。実際の新生児をあやす時を再現してデータを取得するため、重さや形状が新生児に近い本人形を使用した。横抱き (人形の頭を助産師の左側に向ける) の状態であやし動作を行ってもらい、1 分間のデータを取得した。胸に XSENS DOT を取り付けることで実験時の姿勢角と加速度を取得した。姿勢角は内転角と傾斜角の値、揺らしの大きさは加速度センサの値を使用した。図 2 のように、内転角は人形を水平な状態から人形の体軸を中心にユーザの体側に向けた角度、傾斜角は人形を水平な状態から胸を中心に頭を上げる方向に回転させた角度と定義している。表 1 で示す通り、60Hz で 1 分間計測したそれぞれの値の平均は内転角が  $12.8^{\circ}$ 、傾斜角が  $51.6^{\circ}$ 、加速度は  $0.97m/s^2$  と分かった。

### 4. 実装

本システムは、スマートフォンアプリケーションにてユーザに新生児のあやし方を教示するシステムである。ユーザは、図 1 (左) に示すように、ウエストポーチを用いてスマートフォンをぬいぐるみに取り付け、ぬいぐるみを新生児に見立ててあやし動作を行う。その際、スマートフォン内蔵センサにてあやし動作中の新生児の姿勢角、揺らしの大きさを取得する。Pababy で取得されていた情報のうちスマートフォンで取得できる 2 要素のデータに焦点を当てている。事前実験より得た助産師のあやし動作のデータを真値として、真値から逸脱した際に画面上と音声にてフィードバックを返す。スマートフォンは HUAWEI P30 lite を使用し、アプリケーションは Unity を用いて実装した。

画面には、スマートフォンの傾きと連動する新生児のオブジェクト、姿勢角の表示テキスト、キャリブレーション

ボタンを設置した。始めにスマートフォンを平行にした状態でボタンを押してキャリブレーションを行うとフィードバックが開始される。姿勢角におけるフィードバックについては、閾値を真値の  $\pm 5^{\circ}$  とし、センサ値が逸脱した場合に角度を赤字で表示、適切な姿勢角に戻す方向に矢印を表示、また新生児の泣き声を再生する (図 3 (a), (b))。揺れの大きさは、暫定的に真値の  $+0.5m/s^2$  を閾値とし、逸脱した場合に赤字で “Too big!” と表示し (図 3 (c))、泣き声を再生する。揺れは過度に大きい場合が新生児にとって危険とされているため [3]、閾値の底は設定していない。

## 5. 評価

### 5.1 ユーザ調査

システムの有効性を評価するため、ユーザ実験を実施した。新生児を模した人形を助産師があやす動画を見ながら、ぬいぐるみでトレーニングする Video (V) 群、動画視聴に加えてシステムを使用しながらぬいぐるみでトレーニングする Video + System (V+S) 群の、あやし動作の学習方法の異なる 2 群を設定した。使用したぬいぐるみは全長約 50cm の羊型のぬいぐるみである。そして、両群での学習効果を比較した。V 群は男性 6 名、女性 2 名 (平均年齢 21.9 歳、標準偏差 0.8 歳) で 1 人は年 2 回あやしを行っており、1 人は 5 年前に数回あやしの経験がある。それ以外はあやしの経験がなかった。V+S 群は男性 5 名、女性 3 名 (平均年齢 22.5 歳、標準偏差 1.5 歳) で、1 人は 2 年前に 1 度あやしを行っており、5 歳の頃と 6 歳の頃にあやしの経験のある人が 1 人ずつ、それ以外はあやしの経験はなかった。

図 5 に実験の流れを示す。まず、参加者に横抱き (人形の頭を左側にして抱く) であやし動作を 1 分間自由に行うよう指示した。事前実験と同様に、XSENS DOT センサを装着した沐浴人形を用いた。学習フェーズでは、V 群はビデオを見ながらぬいぐるみであやし動作を学習し、V+S 群は動画の視聴に加えて、システムを使ってぬいぐるみであやし動作の学習を行った。学習時間はあらかじめ決めておらず、参加者に終了の判断を委ねた。最後に、参加者に再度 1 分間、人形を使った横抱きでのあやし動作を実施してもらった。そして、学習前後の内転角、傾斜角、加速度の 1 分間のデータの平均を比較した。

### 5.2 結果

図 4 に示すように、各参加者の学習後の内転角、傾斜角、加速度の平均値と、それらに対応する真値との絶対誤差を、V 群と V+S 群で比較した。

まず、正規性を評価するために Shapiro-Wilk 検定を用い、等分散性を評価するために Levene 検定を用いた。有意水準は 5% ( $\alpha = 0.05$ ) とした。V 群では、内転角データは正規分布に従わず ( $p_V = 0.013$ ;  $p_{V+S} = 0.855$ )、両

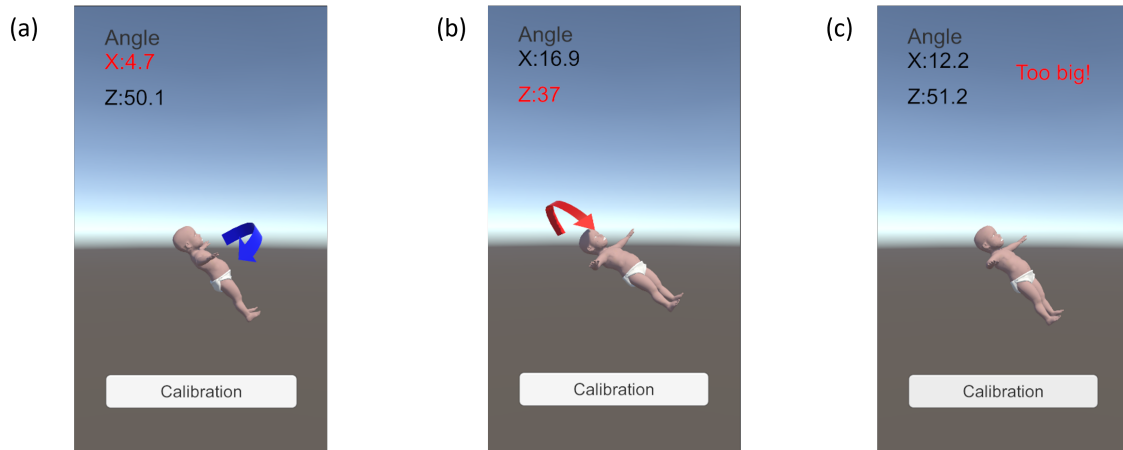


図 3 アプリケーションの UI 画面： (a) 内転角, (b) 傾斜角, (c) 加速度フィードバック

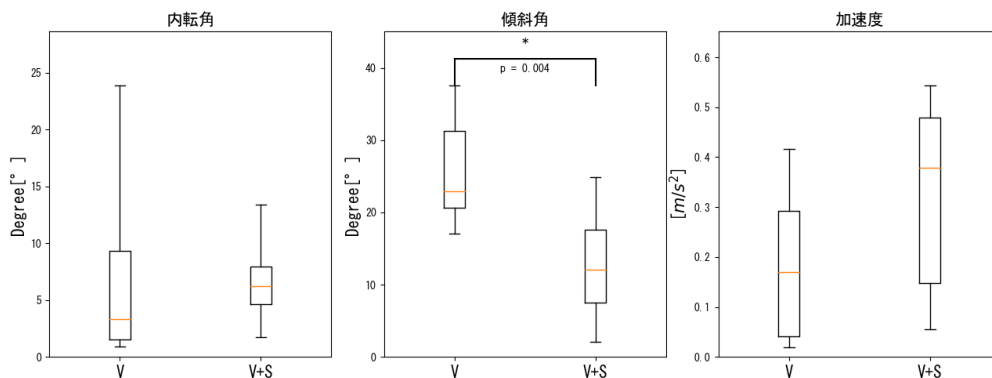


図 4 学習後のデータと真値での絶対誤差

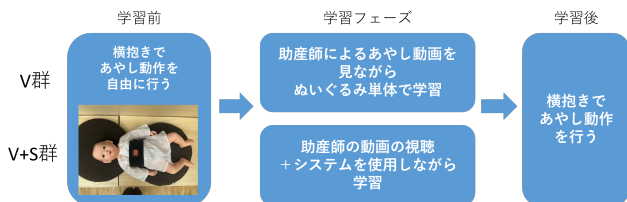


図 5 実験フロー

群の分散は等しかった ( $p = 0.346$ )。傾斜角と加速度のデータは、両群とも正規分布に従い (傾斜角:  $p_V = 0.187$ ;  $p_{V+S} = 0.827$ , 加速度:  $p_V = 0.240$ ;  $p_{V+S} = 0.201$ ), 両群の分散は等しかった (傾斜角:  $p = 0.906$ , 加速度:  $p = 0.597$ )。そのため、内転角データについてはマン・ホイットニーの  $U$  検定、傾斜角と加速度データについては  $t$  検定を用いて両群を比較した。

V 群では、内転角、傾斜角、加速度について、学習前の値と対応する真の値との絶対誤差は、それぞれ  $10.25^\circ$ ,  $38.69^\circ$ ,  $0.30m/s^2$  であった。学習後、これらの誤差はそれぞれ  $6.67^\circ$ ,  $25.81^\circ$ ,  $0.18m/s^2$  に減少した。V+S 群では、これらの誤差は学習前にそれぞれ  $9.75^\circ$ ,  $36.08^\circ$ ,  $0.50m/s^2$  であったが、学習後にはそれぞれ  $6.59^\circ$ ,  $12.36^\circ$ ,  $0.32m/s^2$  に減少した。このように、学習後は両群とも絶対誤差が減少した。

内転角については、学習後の平均誤差は V+S 群の方がわずかに小さかったが、両群間の差は有意ではなかった ( $p = 0.505$ ,  $r = 0.171$ )。傾斜角については、V+S 群は学習後の絶対誤差が小さく、有意差が認められた ( $p = 0.004$ ,  $d = 0.660$ )。加速度については、V 群の方が誤差が小さかったが、有意差は認められなかった ( $p = 0.137$ ,  $d = -0.347$ )。実験結果は、傾斜角の点でシステムの有効性を実証した。

### 5.3 分析

図 6 に示すように、V 群と V+S 群それぞれの内転角、傾斜角、加速度データの分布を分析した。内転角に関しては、V 群と V+S 群の学習後の平均値は、それぞれ  $16.02^\circ$  と  $15.99^\circ$  であった。どちらの値も真値より大きく、有意差は見られなかった。両群とも、真値の  $12.8^\circ$  と比較すると、学習前の平均値であるそれぞれ  $5.56^\circ$  と  $16.12^\circ$  より改善が見られた。しかし、学習後のデータとして、V 群より V+S 群の方が標準偏差が小さかった ( $sd_V = 9.35$ ;  $sd_{V+S} = 6.67$ )。システムによるフィードバックが提供されることで参加者間の内転角の範囲が狭くなったと考える。

傾斜角については、V 群と V+S 群の学習後の平均は、それぞれ  $25.76^\circ$  と  $39.75^\circ$  であり、有意差が見られた。つまり、人形の頭の位置は V+S 群の方が高かった。両軍と

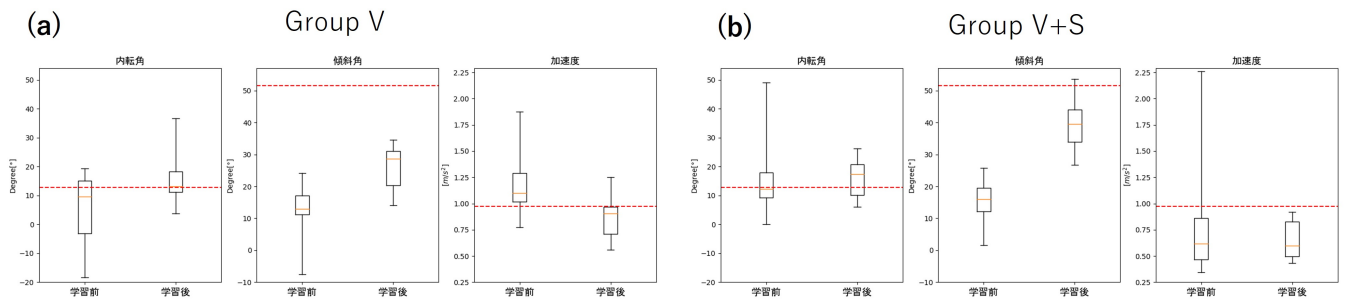


図 6 (a) V 群と (b) V+S 群の学習前後のデータ分布

も学習前の平均値であるそれぞれ  $12.89^\circ$  と  $15.50^\circ$  から改善されている。しかしながら、傾斜角の真値が大きく、動画だけでは傾き度合いの正確な理解が難しかったと考えられる。それに対して、本システムでは適切な傾斜角を示す矢印にて効果的なフィードバックを提供したことが、有意差につながったと考える。頭を持ち上げることができない新生児にとって、首の角度は呼吸のしやすさに直結しており、生死に関わることさえあり [17]、新生児を抱く際の頭を持ち上げる角度である傾斜角を教示するのに効果的であった本システムは、新生児の安全を確保するのに有用であると言える。

加速度に関しては、学習後の平均値は、V 群が  $0.87m/s^2$ 、V+S が  $0.65m/s^2$  であり、両者に有意差はなかった。V 群では、学習前の平均が  $1.18m/s^2$  であり、改善が見られた。逆に V+S 群では、訓練前の平均値は  $0.83m/s^2$  であり、真の値からさらに乖離していた。しかし、両群で加速度の閾値を超えた参加者はいなかった。本システムは加速度よりも姿勢角に関するフィードバック要素が多い。V+S 群の参加者は、学習中動画よりもシステムを重視したため、姿勢角を模倣しようとする意図が強まり、激しい揺れを行わなかった可能性がある。また学習前の段階より、V 群では 8 人中 3 人が真値より小さい加速度値であったのに対し、V+S 群は 8 人中 7 人が真値より小さい加速度であった。つまり、V+S 群では学習前の段階でも激しい揺れを行わない人が多く、このことが結果に寄与している可能性がある。

## 6. 制約、今後の展望

### 6.1 スマートフォンを使うシステムの制約

本システムはユーザが各自でスマートフォンをぬいぐるみに取り付け、キャリブレーションを行う必要がある。ユーザがスマートフォンをぬいぐるみに取り付ける際に、ぬいぐるみの角度とスマートフォンの角度にずれが生じる可能性がある。また、地面に平行な状態でキャリブレーションボタンを押す必要があるが、この際にスマートフォンの角度と地面にずれが生じる可能性がある。よって、適切にスマートフォンをぬいぐるみに取り付けられない場合と地

面に平行な状態でキャリブレーションを行わない場合には、真値の角度を教示することができない。

スマートフォンを使った本システムでは、家庭での利用が容易であるが、計測・提示できる情報が少ない。例えば、今回の実装ではスマートフォンで角度と加速度を計測しているが、ユーザがぬいぐるみのどこを触って抱いているかの計測はできない。また、実際の新生児のように、ぬいぐるみを動かすことは困難である。

### 6.2 適切なあやし動作に関する議論

本研究では、一人の助産師のデータに基づいて、あやし動作の真値を定義した。そのため、適切な動作の代表値としての真値の信憑性には限界がある可能性がある。しかし、専門的な動作の学習を支援することに焦点を置くと、参加者が助産師の動作に近づくことができたことから、システムは有効であったと考えられる。

新生児を対象に実験を行うことは困難であり、実際の新生児看護における、個々に合わせたあやし方に対する実践的な理解が不足している可能性がある。実際には、新生児の行動のばらつきや個人の好み、成長段階によって、最も効果的なあやし方が変化する可能性がある。従って、助産師や心理学の専門家との協力を通じて、あやし動作の重要な特徴を明確にし、真値や閾値などのシステムのデザインをさらに検討する必要がある。例えば、助産師の教育現場でのあやし方に関する教育方法を探索することで理解を深めることが可能であると考えられる。

### 6.3 実験デザイン

本実験では、各群 8 人で行われた。ここで、得られた結果は群間の参加者による個人差が影響を及ぼす可能性がある。群間において参加者の特徴が偏っていた場合、システムによる効果か個人差による影響か区別することが難しい。システムの有効性をさらに確認するためには、効果検証に適切なサンプルサイズを設計して、両群での学習効果の有無をより信頼性の高いデザインで検証することが重要である。今回はサンプルサイズが小さく、参加者の個人差によるノイズを制御することができないと考える。

実験にて、それぞれの参加者には、学習を1セット行ってもらった。しかし、一度のトレーニングでは学習効果の得やすさには個人差があると考え。また、継続的に行うことで適切なあやし動作を安定して行うことができるようになる。そのため、各群にて長期的に学習を続けた場合の学習効果の比較も検証する意義がある。

本研究では定量的な調査を行っており、角度や加速度における評価を行った。しかし、今後は定性的な調査を行い、システムの使いやすさや追加的に必要と考える機能等に関するユーザからのフィードバックを受けることで、システムの改善に繋がると考える。

また、本研究では一種類のぬいぐるみを使って評価を行った。そのため、重さや形状の異なるぬいぐるみを使用した場合の効果のばらつきの有無の評価を行っていない。そのため、システムの頑健性を検証するために多様なぬいぐるみで効果を確認することも重要だと考えられる。

## 7. おわりに

本研究では、スマートフォンを用いて新生児をあやす動作の専門知識の習得を支援するシステムを考案した。本システムと動画を用いた学習を組み合わせることで、新生児の姿勢の傾斜角つまり新生児を抱える際の頭の持ち上げる角度について、助産師の動作とより高い類似性を獲得することができた。今後は、アプリケーションのさらなる改良と機能拡充により、新生児看護支援における本システムの有効性の向上を目指す。

**謝辞** 本研究の一部は、JSPS 科研費（課題番号：JP23H01046）の支援を受けたものである。

## 参考文献

- [1] S. A. Reijneveld, M. F. van der Wal, E. Brugman, R. A. Sing, and S. P. Verloove-Vanhorick, "Infant crying and abuse," *Lancet*, vol. 364, no. 9442, pp. 1340–1342, Oct 2004, doi: 10.1016/S0140-6736(04)17191-2.
- [2] X. Yao, T. Plötz, M. Johnson, and K. de Barbaro, "Automated detection of infant holding using wearable sensing: Implications for developmental science and intervention," *Proc. ACM Interact. Mob. Wearable Ubiquitous Technol.*, vol. 3, no. 2, Article 64, Jun. 2019, doi: 10.1145/3328935.
- [3] J. Dart, and S. Cumberland, "Fragile brain, handle with care," *Bulletin of the World Health Organization*, vol. 87, no. 5, pp. 331–332, 2009, doi: 10.2471/blt.09.030509.
- [4] L. Barclay, L. Everitt, F. Rogan, V. Schmied, and A. Wyllie, "Becoming a mother—an analysis of women's experience of early motherhood," *Journal of Advanced Nursing*, vol. 25, no. 4, pp. 719–728, Apr 1997, doi: 10.1046/j.1365-2648.1997.t01-1-1997025719.x.
- [5] J. Liu, Y. Zhao, J. Wang, C. Xie, F. Cheng, J. Nie, G. Yan, C. Yao, L. Zhou, P. Hansen, F. Ying, and G. Wang, "Pababy: An interactive system for first-time parents to learn neonatal nursing," in: *Extended Abstracts of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '22)*, New Orleans, LA, USA, 2022, Article 320, pp. 1–7, doi: 10.1145/3491101.3519722.
- [6] H. Kunimura, C. Ono, M. Hirai, M. Muramoto, W. T. Matsuzaki, Toshiaki Uchiyama, K. Shiratori, and J. Hoshino, "Baby type robot 'YOTARO'," in: *ACM SIGGRAPH 2009 Emerging Technologies (SIGGRAPH '09)*, New Orleans, Louisiana, USA, 2009, Article 3, p. 1, doi: 10.1145/1597956.1597959.
- [7] Y. Mochizuki, R. Hsieh, D. Agatsuma, T. Asano, M. Higashida, T. Nishikizawa, and A. Shirai, "Real Baby - Real Family: Holdable tangible baby VR," in: *Proceedings of the Virtual Reality International Conference - Laval Virtual 2017 (VRIC '17)*, Laval, France, 2017, Article 4, pp. 1–4, doi: 10.1145/3110292.3110297.
- [8] X. Yao, M. Micheletti, M. Johnson, E. Thomaz and K. de Barbaro, "Infant crying detection in real-world environments," in: *ICASSP 2022 - 2022 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*, Singapore, Singapore, 2022, pp. 131–135, doi: 10.1109/ICASSP43922.2022.9746096.
- [9] V. Vaishnavi and P. Suveetha Dhanaselvam, "Neonatal cry signal prediction and classification via dense convolution neural network," *J. Intell. Fuzzy Syst.* vol. 42, no. 6, pp. 6103–6116, Jan. 2022, doi: 10.3233/JIFS-212473.
- [10] Y. Zhao, Y. Shen, X. Wang, J. Cao, S. Xia, F. Ying, and G. Wang, "PneuMat: Pneumatic interaction system for infant sleep safety using shape-changing interfaces," in: *Extended Abstracts of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '21)*, Yokohama, Japan, 2021, Article 227, pp. 1–7, doi: 10.1145/3411763.3451597.
- [11] L. Zhang, L. Liu, W. Ying, M. Huang, C. Yao, and F. Ying, "ModHera: A modular kit for parents to take care babies," in: *Proceedings of the 20th Annual ACM Interaction Design and Children Conference (IDC '21)*, Athens, Greece, 2021, pp. 547–551, doi: 10.1145/3459990.3465209.
- [12] J. Lieberman and C. Breazeal, "TIKL: Development of a wearable vibrotactile feedback suit for human motor learning," *IEEE Transactions on Robotics*, vol. 23, no. 5, pp. 919–926, Oct. 2007, doi: 10.1109/TRO.2007.907481.
- [13] M. Dürr, C. Gröschel, U. Pfeil, and H. Reiterer, "NurseCare: Design and 'in-the-wild' evaluation of a mobile system to promote the ergonomic transfer of patients," in: *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '20)*, Honolulu, HI, USA, 2020, pp. 1–13, doi: 10.1145/3313831.3376851.
- [14] C. Xia, X. Fang, R. Arakawa, and Y. Sugiura, "VoLearn: A cross-modal operable motion learning system combined with virtual avatar and auditory feedback," in: *Proc. ACM Interact. Mob. Wearable Ubiquitous Technol.*, 2022, vol. 6, no. 2, Article 81, doi: 10.1145/3534576.
- [15] T. Stütz, M. Domhardt, G. Emsenhuber, D. Huber, M. Tiefengrabner, N. Matis, and S. Ginzinger, "An interactive 3D health app with multimodal information representation for frozen shoulder," in: *Proceedings of the 19th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services (MobileHCI '17)*, Vienna, Austria, 2017, Article 3, pp. 1–11, doi: 10.1145/3098279.3098562.
- [16] 京都科学, 沐浴人形 柔シリーズ "新太郎くん・桃子ちゃん" A形. [http://www.kyotokagaku.com/jp/products/\\_data/m5963\\_a/](http://www.kyotokagaku.com/jp/products/_data/m5963_a/) (閲覧日: 2023年10月10日)
- [17] M. E. Case, "Abusive head injuries in infants and young children," *Legal Medicine*, vol. 9, no. 2, pp. 83–87, Mar. 2007, doi: 10.1016/j.legalmed.2006.11.017.