



妊婦体験と胎児体験を繋ぐ 触覚相互コミュニケーションシステム Touch Love の開発

Development of Haptics Mutual Communication System
Connecting Pregnancy Experience and Fetal Experience: Touch Love

木村正子¹⁾²⁾, 藤井綺香³⁾, 伊東健一³⁾, 田中由浩²⁾
Shoko KIMURA, Ayaka FUJII, Kenichi ITO, and Yoshihiro TANAKA

- 1) 北陸先端科学技術大学院大学 (〒923-1292 石川県能美市旭台 1-1, shoko.kimura@jaist.ac.jp)
2) 名古屋工業大学 工学系研究科 (〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町, tanaka.yoshihiro@nitech.ac.jp)
3) 東京大学 (〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1, a-fujii@jsk.imi.i.u-tokyo.ac.jp)

概要: 胎児体験 VR 「Into the Womb」の拡張として、母親と胎児のインタラクションを模した触覚伝送システム「Touch Love」を開発した。本システムでは、母親役が腹部に巻いた加速度センサを備えた妊婦ベルトを触ると胎児役が着たジャケットの背中側の振動子を通じて触れられた感覚が伝わり、同時に、胎児役が加速度センサを装着して足を動かすと妊婦ベルトの振動子を通じて胎児に蹴られたような感覚が伝わる。

キーワード: 触覚コミュニケーション, 触覚, インタラクション, 妊婦体験, 胎児体験

1. はじめに

本研究では、妊婦体験システムを開発し、様々な方に体験いただくことで、妊娠・出産や乳幼児に対する社会的理解を促進し、妊婦や乳幼児に寛容な社会の手助けとなることを目指している。

代表的な妊婦体験には、「妊婦体験ジャケット」[1]がある。主に市町村や産婦人科が主宰するマタニティクラスで使用されており、重りのついたジャケットを身に付ける。これに対して小坂らは、妊娠過程を擬似的に体験可能な妊婦体験ジャケット「Mummy Tummy」を開発した[2]。エアアクチュエータを使用し、母親役のお腹に圧力提示することで、胎児が妊婦のお腹を蹴る様子などを再現し、見事に赤ん坊が十月十日を胎内で過ごす様子を提示している。また飯田らは、両親に理解し易い新生児の育児行動を伝え、両親の肯定的な育児行動を継続することを目標として Jan Tedder 氏により開発された HUG (Help-Understanding-Guidance) Your Baby 育児支援プログラムを日本語版へ翻訳した[3]。赤ちゃん人形を用いたおくるみレッスンや、新生児の行動パターン、育児経験者からの苦労やヒントを伝えることで、育児に関する教育活動に貢献している。

一方、本稿の著者である木村と藤井らは、胎児体験を目指した「Into the Womb」を開発している[4]。初期モデルとして、巨大な子宮型ベッドを作成し、体験者にベッドに



図 1: 提案する触覚システム「Touch Love」.

寝そべってもらい胎児視点での VR 映像と音の提示を行なった。体験した経産婦や女性の方々から「パートナーに胎児体験 VR を体験させて、妊娠と出産の大変さを少しでも理解して欲しい」などの声を頂いた。さらに、次のモデルとして、乳児を落ち着かせるために布で包み込む「おくるみ」と呼ばれる育児手法を成人に応用した「大人巻き」と呼ばれる手法を活用し、体験者を柔らかい布で包み、先の VR 映像と音を組み合わせ、子宮の中にいるような感覚を与えることを目指したシステムを開発した[5]。さらに、「Into the Womb -born Again-」では、多言語で母親の声が聞こえるだけでなく、より胎内にいるかのようなリラックスする音源を採用し、胎児体験に深みを持たせた[6]。



図 2: 大人巻きをされている体験者の様子。

本研究では、妊婦体験および胎児体験を組み合わせることで、より妊婦と乳幼児に対しての理解を深められるのではないかと考え、これまでの「大人巻き」を活用した胎児体験を拡張し、妊婦側と胎児側に双方向の触覚伝送を加えた身体的相互インタラクションシステム「Touch Love」(図 1)を開発した。触覚を取り入れることで母親役と胎児役との間に繋がりを感じさせることができると考えられる。母と子の触覚を通じた繋がりを体験することで、少しでも妊婦や乳幼児へ優しく接したり、思いやりを持つことへと繋げていきたいと考えている。

2. Touch Love の構成

2.1 概要

本研究で提案するシステム「Touch love」では、母親役と胎児役の 2 名で体験を行う。母親役の体験者が、妊婦がお腹を触るような動作をすると、その振動が胎児役に伝わる。また、胎児役が足を動かすと母親役の腹部に振動が伝わり、胎児が動く様子を擬似体験することができる。妊娠中の母親と胎児を模した、触覚相互コミュニケーションシステムである。

2.2 大人巻きを活用した胎児体験 VR

胎児役は、筆者らがこれまでに提案してきた大人巻きを用いた胎児体験 VR システム[4-6]を組み合わせた体験を行う。以下、詳細を説明する。

大人巻きとは日本の京都の助産師が考案した「おくるみ」の手法の一つである。これは、同じく「おくるみ」の手法の一つである「おひなまき」から着想を得たものである。「おひなまき」をされた乳児は、母親の胎内に似た包まれることによる安心感と温かさを感じて安らぎ、眠気を催し、泣き止むことができるといわれている。大人巻きはこれを大人に応用し、全身を布で包むことで、リラックスすることを目指したものである。大人巻きの様子を図 2 に示す。

VR 機材は Oculus Quest を使用した。VR 映像では、タイトル画面の後に、胎児の様子を客観的に見ているアングルから、徐々に体験者が胎児視点となったアングルに移り変わることで、胎児に戻ることを表現する。胎児に戻った状態の体験者は、胎児の一人称視点となり、羊水や臍の緒などの子宮内の様子を見ることができるとともに、コントロ



図 3: VR 映像の様子。

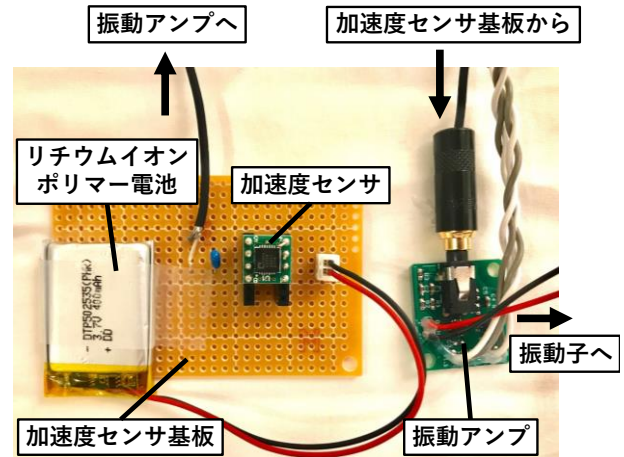


図 4: 提示システムの基板。

ーラーで胎児の両手を動かすことができる。手を大きく動かすと、それに応じて羊水が揺れ動く様子が見える。体験の最後には、胎児の様子を客観的に見ているアングルに戻り、胎児が光で包まれていく映像により、生まれることを表現する。VR 映像の内容の一部を図 3 に示す。

また、体験中に両親の声及び羊水や心臓の鼓動などを表現した音流すことで、胎内の世界への没入感を高めることができるようにしている。

胎児役の体験の流れを説明する。ヘッドマウントディスプレイ(HMD)及び背部に振動子を搭載したジャケットを着用し、加速度センサを搭載したデバイスを両足に装着した状態で、柔らかいクッションの上に広げた伸縮性の良いレオタード生地 of 布の中央部で三角座りする。そして、大人巻きを用いて全身を布で包まれる。布の中では子宮内を表現した映像と音の提示に加え、布の外にいる母親役の人との触覚を通じたインタラクションを行うことができる。体験時間は約 2 分とした。

2.3 胎児役と母親役の触覚相互通信システム

本研究では、胎児役と母親役それぞれが装着するための、加速度センサ (Kionix, Inc. 製の KXR94-2050) および振動子 (株式会社アクーヴ・ラボ製のバイプロトランスデューサー Vp2 シリーズ) から構成された触覚提示システムを開発した。提示システムで用いている基板を図 4 に示す。

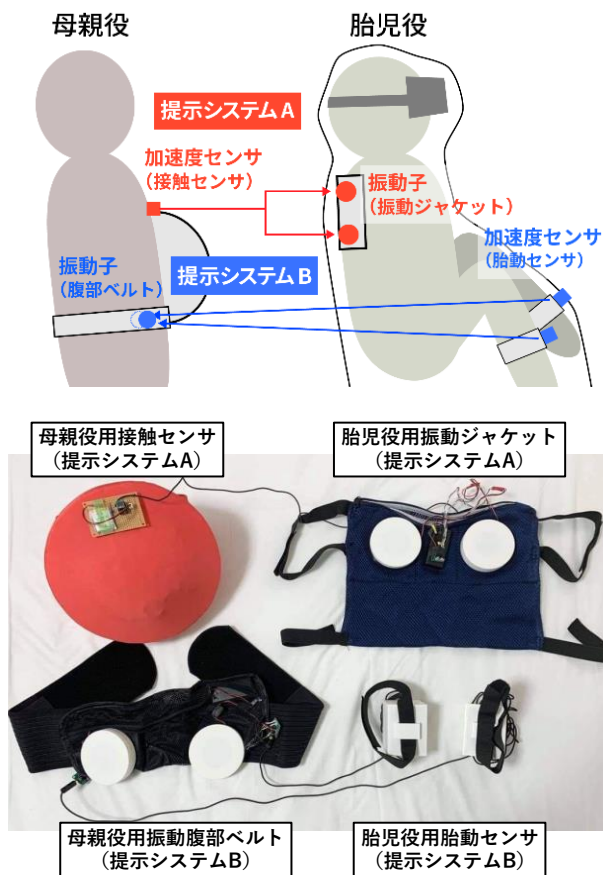


図 5: 開発した母親と胎児の相互インタラクションシステム。



図 6: Touch Love を装着した写真。(上左: 母親役の腹部に加速度センサを装着して撫で動作を行っている様子, 上右: 胎児役が背中側に振動子を搭載したジャケットを着用した様子, 下: 胎児役が足部にケースに入れたセンサ基板を装着した様子)

システムは、図 5 に示すように、母親役の腹部から胎児役の背中へ振動を伝える提示システム A と、胎児役の脚から母親役の腹部へ振動を伝える提示システム B からなる。

センサおよび振動子は、胎児役・母親役双方に伝えるべき振動に合わせた方法で装着するようにした(図 6)。また、ハウリングを防止するため、離れた位置に配置した。母親役は、提示システム A のセンサを、妊婦の腹部を模した発泡スチロール製の半球上に取り付け、提示システム B の振

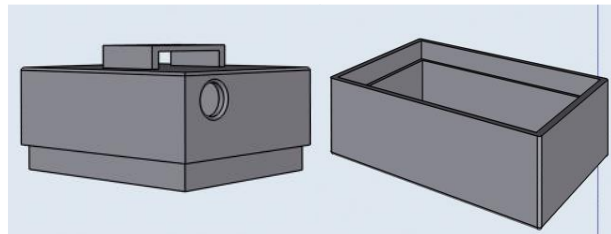


図 7: 3D プリンタで作成した胎児役足部センサ基板用ケースの設計モデル。

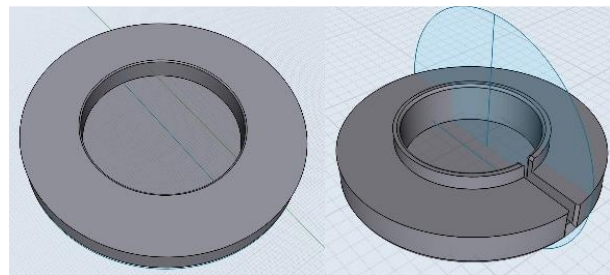


図 8: 3D プリンタで作成した胎児役背部及び母親役腹部振動子用ケースの設計モデル。

動子を腹部左右にベルトを通して装着する。胎児役は、背中に提示システム A の振動子を、両脚に提示システム B のセンサをそれぞれ装着する。また、胎児役のキック動作を明確に振動として提示するため、センサ基板を $60 \times 60 \times 30 \text{ mm}^3$ のケースに入れた上で両足首に装着するようにした。ケースは直方体の一つの面に固定バンドを取り付けるための突起を加えた形状で、設計は Shape3D で行い、3D プリンタで作成した(図 7)。胎児役が足を動かした際に箱と基板が衝突し、その振動を加速度センサで検出することで、胎児が子宮内部を蹴っている感覚を再現することを狙ったものである。また、胎児役の背中用と母親役の腹部用の振動子を固定し、体験者に振動が伝達しやすくするための、振動子ケースも制作した(図 8)。

提示システム A では、母親役が発泡スチロールを撫でる・軽く磨るなどの動作をすると、半球全体が振動し胎児役が背中に装着した振動子から振動刺激が提示される。なお、振動を胎児役の背中全体に伝えるために、1つの加速度センサの情報を胎児役の背中に設置した 2 つの振動子に伝えた。提示システム B では、胎児役の左右の脚で蹴る動作(以下キック動作と呼ぶ)を独立に母親役の左右の腹部に伝達するため、1個のセンサと 1 個の振動子からなる回路を 2 回路使用する。

加速度センサの情報としては、検出した 3 軸の加速度のうち、z 軸のみを提示に使用した。振動を増幅させるために加速度センサに内蔵されているローパスフィルタをカットオフ周波数 100 Hz に設定し、アンプを通して、振動子でその情報を提示する。なお、センサ用の電源として 1 セルのリチウムイオンポリマー電池を用いるとともに、振動子用の電源として単 3 乾電池 2 本を用い、持ち運びやすさを確保した。

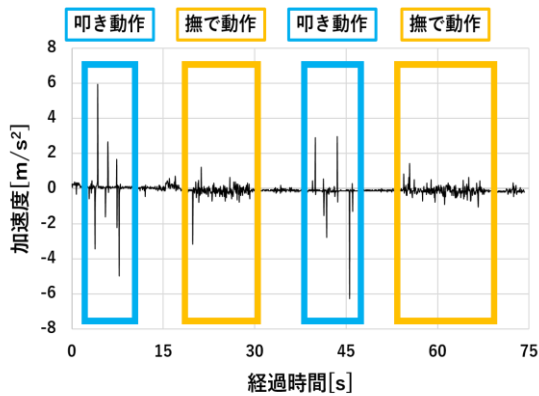


図 9: 母親役が妊婦ベルトに接触動作を行った際の加速度センサの z 軸の変化の様子。

3. 胎児役及び母親役に提示される振動の評価

提示システムを体験者が実際に装着したときに生じる振動を、加速度センサを用いて計測した。測定は加速度センサ (Kionix, Inc. 製の KXR94-2050) を z 軸が振動子に垂直になるように固定した状態でを行い、z 軸の変化量に関して Arduino を用いてデータを取得した。提示システム A において母親役が妊婦ベルトを撫でたときと叩いたときに胎児役の背中側に伝わる振動を測定した値を図 9 に示す。撫でたときは $\pm 1 \text{ m/s}^2$ 程度の微小な波形変化が継続したのに対して、叩いたときは $\pm 3\text{-}6 \text{ m/s}^2$ 程度の大きな波形変化が短時間みられた。また、提示システム B において胎児役がキック動作を行ったときに母親役の腹部に伝わる振動を測定した値を図 10 に示す。キック動作を行ったときに $\pm 3\text{-}5 \text{ m/s}^2$ 程度の大きな波形変化が短時間みられた。これらのことより、ゆっくりと撫でる動作をしたときには微細な振動を一定時間、叩く・キックなどの急な動作をしたときには大きな振動を一瞬生じさせることができていることがわかる。

4. おわりに

本論文では、妊婦 (母) と胎児 (子) の触覚相互インタラクションシステム Touch Love の開発について述べた。HMD と大人巻き手法を用いた VR システムに、加速度センサと振動子を用いた触覚伝送システムを母親役と胎児役にそれぞれ装着することで、振動を通した双方向の触覚コミュニケーションを実現した。今後、無線化やより臨場感を高めるための触覚伝送の改良を行い、体験の効果を高めるために心理テストや生体信号測定を実施し、本提案システムが妊婦や胎児に対する理解を深めることに有効であるか検証を行いたい。そして、将来的には触覚機能を搭載し進化した胎児体験 VR 「Into the Womb」として VR 体験展示に繋げ、妊婦体験と胎児体験を繋ぐ触覚コミュニケーションとして教育機関や両親学級・マタニティクラスへ導入し、妊娠・出産や乳幼児への社会的理解を促進する教材になることを切に願う。

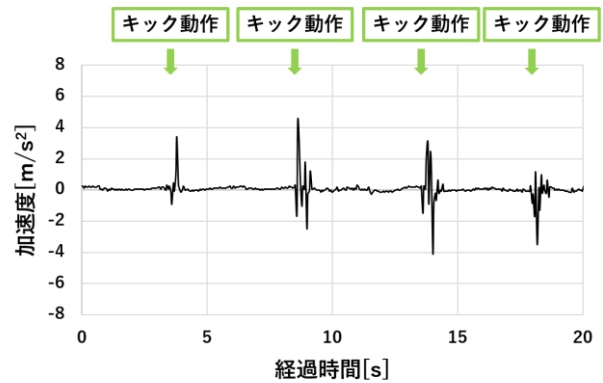


図 10: 胎児役が蹴り動作を行った際の加速度センサの z 軸の変化の様子。

謝辞 本論文は 2019 年度計測自動制御学会 SI 部門触覚部会の国内留学サポートプログラムの支援と奨学金をいただいた成果である。また、本研究に作業場所を提供して下さった本郷 Lab-Cafe の皆様、国内留学の手続にてお世話になりました北陸先端科学技術大学院大学の宮田一乗教授、イメージ動画の音楽を選定頂きました明治大学森勢研究室の坪井理人さん、胎児体験の体験向上のために産婦人科の見学を快く引き受けて下さった市立札幌病院産婦人科医長の首藤聡子医師、おこうち産科婦人科院長の大河内俊洋医師、会社員という立場にも関わらず国内留学の時間を許可して下さいました日本サード・パーティ株式会社に感謝する。

参考文献

- [1] “妊婦体験ジャケット” .
http://www.kokenmpc.co.jp/products/life_simulation_models/nursing_education/lm-054/index.html, (参照 2019-12-16).
- [2] 小坂崇之, 笹山裕輔, 岩本拓也. 妊婦体験ジャケット「Mommy Tummy」の開発. 情報処理学会インタラクション 2010 論文集, 2010. pp. 89-92
- [3] 飯田真理子, 新福洋子, 谷本公重, 松永真由美, 堀内成子. 日本語版 “HUG Your Baby” 育児支援プログラムの開発. 日本助産学会誌. 2017. vol. 31. no. 2. pp. 187-194
- [4] 藤井綺香, 木村正子, 秋山秀郎, Into the Womb, 第 19 回東京大学制作展, 2017.
- [5] Shoko Kimura, Ayaka Fujii, Shoichi Hasegawa, Kazunori Miyata, Into the Womb -The Japanese method called “Otona-Maki” VR experience warmly wrapped in cloth
Hands on Demos, IEEE World haptics Conference 2019
- [6] Shoko Kimura, Ayaka Fujii, Kenichi Ito, Kazuki Asakura, Rihito Tsuboi and Kazunori Miyata. Into the womb – born again: A VR experience of being warmly swaddled using “Otonamaki” from Japanese method. Laval Virtual 2020 #ReVolusion Research & VRIC ConVRgence 2020, pp.169-171, (Laval, FRANCE, Apr, 2020)