

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 4 月 30 日現在

機関番号：14401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24650095

研究課題名(和文) 発達原理解明のための柔軟な皮膚に覆われた胎児ロボットと子宮環境の開発と検証

研究課題名(英文) Development and validation of a fetus and preterm infant robot with soft skin and artificial uterine environment

研究代表者

森 裕紀 (Mori, Hiroki)

大阪大学・工学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：80610849

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円、(間接経費) 900,000円

研究成果の概要(和文)：発達ケアにおける感覚モニタリングと発達原理モデル検証のために35週齢の胎児とそれと同等の早産児の形態を模した胎児・早産児ロボットを開発した。体重・身長は受胎後35週齢をターゲットとして2.5kg、46cmとした。形状は実際の胎児を参考にして設計し3Dプリンタにより造形した。関節は小型マッキベン型空気圧人工筋により全身の関節が駆動する。これにより子宮内と発達ケア環境を実際に用いられる器具等を用いて定量比較したり、早産児マッサージをモニタリングする事で理学療法士のケア改善に役立てられると考えている。

研究成果の概要(英文)：For monitoring feeling of a preterm infant in a developmental care and a fetus in a uterine environment, and for an examination of our nervous system model of fetus, we developed a fetus and preterm infant robot whose weight and height are equivalent to 35 gestational weeks fetus and preterm infant: The weight is 2.5 kg and the height is 46 cm. The form of the body is based on the form of real human fetus and the body is constructed by a 3D printer. The robot is driven by McKibben-type pneumatic actuators. We will use the robot for comparing the feeling of fetus and preterm infant in respective environments numerically and implement a nervous system model that we already have proposed for human fetus to validate in the real world.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：胎児 早産児 ロボット 発達ケア 子宮環境

1. 研究開始当初の背景

(1) 子宮内から子宮外への連続した感覚運動経験を再現できれば胎児から新生児に至る連続的な発達理解を深める事ができる。そこで本研究では、胎児と出生直後の早産児を模した「胎児ロボット」を開発し、それを用いて、経験に伴う神経系結合や行動の自己組織化の観点から検討を行い、子宮内経験に基づく発達モデルを構築する。「遺伝か経験か(Nature or Nurture)」を巡る論争は、純粋な科学的興味のみならず近年の早産児の増加から医学・発達ケアの分野からも関心が高まっている。胎児ロボットにおける成果は胎児・新生児発達の理論的背景の理解と早産児用の発達ケア用品のテスト等を通じて新しい療育の提案に寄与する。

(2) 胎児期の子宮内での経験は、低次の認知・運動発達への影響や高次脳機能の発達にも強い影響を与えられている。胎児の聴覚や味覚の記憶[Hepper 1996]、触覚の学習[Lejeune et al. 2010]、早産児の歩行発達の遅れ[Jeng et al. 2000]などの知見から子宮内経験が低次の認知・運動系に影響を与えている可能性と共に、早産児に自閉症等の発達障害の割合が大きい[木原ら 2008]ことから高次の認知機能や社会性にも重大な影響を与えている可能性を示唆している。近年、我国では全体の出生数の減少にも関わらず、早産児の出生数が増加し社会問題となっている。早産児に対して子宮内経験の欠如を補うため、ネスティングやスワドリングと呼ばれる布で児を包む子宮内環境を再現しようとした発達ケアが行われている。しかし、このケアは医師や看護師、理学療法士の経験的な知見に依存しており[木原・中野 2009]、その有効性に関しても論争されている[van Sleuwen et al. 2007]。この論争は、子宮内での胎児の発達メカニズム自体がほとんど理解されていないことも原因であり、胎児の発達メカニズム解明は自然科学的興味だけでなく医学的にも必要である。

2. 研究の目的

(1) 提案者らは、高度に精密な胎児の全身筋骨格系コンピュータシミュレーションにより発達メカニズムを解明してきた[森・國吉 2010, Mori and Kuniyoshi 2010, Mori and Kuniyoshi 2011]。しかし、子宮内発達から社会性に至る発達を構成的に解明し、発達ケアに貢献するためには、実際に子宮環境および養育者と触れ合える環境をシームレスに経験する人工エージェントの存在が欠かせない。そのためシミュレーションだけでなく実世界で行動できる胎児ロボットが必要である。胎児の発達メカニズムを解明し、発達ケアを科学的に検討するために受胎後 35 週相当のサイズ、質量分布、柔軟な皮膚に感覚器を持つ、胎児の身体とを模したロボット及び人工子宮環境を開発する。

(2) このロボットは胎児・新生児の感覚運動情報を得るための「動くセンサ」として用いたり、子宮内と子宮外において胎児や早産児に与えられる刺激を計測するために使用する。また、胎児シミュレーション[森・國吉 2010]で行ったように神経系モデルと接続する事で子宮内から子宮外に至る発達過程を再現し、発達における遺伝か経験かの議論に新たな視点を与える事ができると考えられる。

3. 研究の方法

(1) ターゲットとする受胎後 35 週齢の胎児の体重や身長を考慮した上で全身のデザインを決定する。

(2) アクチュエータやセンサ、構造を作る材料や方法を選定する。

(3) 工作を行いロボットを実現する。

4. 研究成果

(1) 35 週齢の胎児を実現するため胎児の成長発達を調査し詳細設計を行った。以下が実現したロボットの仕様である。

(2) 身体形状と造形: 体重 2.5kg、身長 46cm 程度とし、CAD により形状や機構を設計した(図 1)。全身の関節自由度は腕(肩 3×2、肘 1×2)、脚(股関節 3×2、膝×2、足首 1×2) 体幹・首(3×4) とした(図 2)。背骨はボールジョイントにより実現したが、コンネクス社製 3D プリンタにより精密に造形する事により、より人間に近い機構が実現した

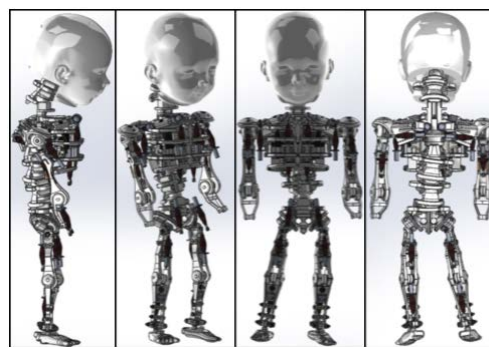


図 1: CAD による設計

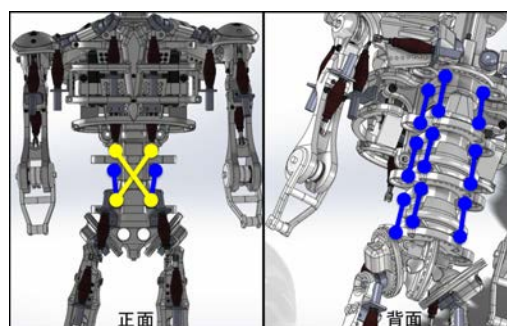


図 2: 3D プリンタを用いたボールジョイントによる背骨の実現

(図2)。肩関節は肩甲骨の挙上動作と自由な回転を実現するため図3のような二段階の関節構造を設計した。股関節はボールジョイントにより実現した(図4)。図5は実現した全身機構である。

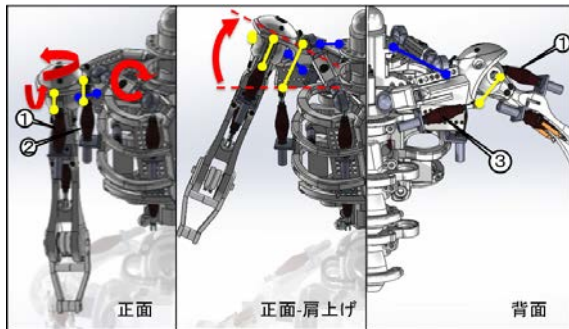


図3：肩関節の動作

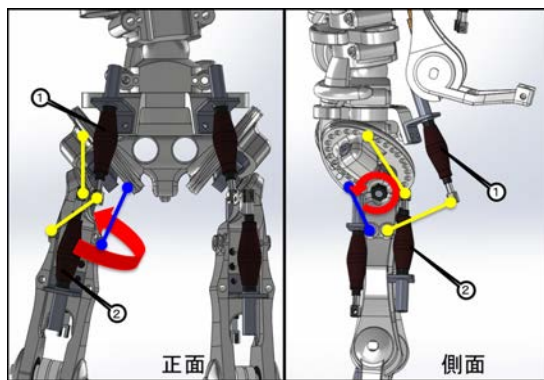


図4：股関節の筋配置

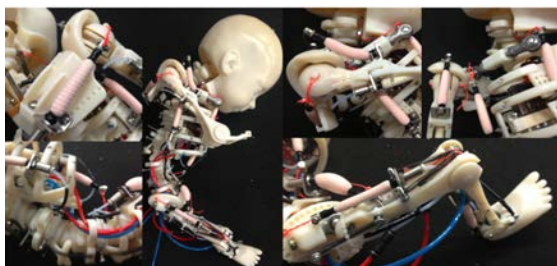


図5：3D プリンタにより実現した胎児ロボット

(4) アクチュエータ：ロボットの全身駆動を目的とする体重の範囲内で実現するため、軽量で十分な力を出力できるスキューズ社製の小型マッキベン型人工筋とコイルバネにの拮抗駆動により全身を動作する。また、水中での動作を確認し、羊水環境でも動作できる事を示した(図5)。

(5) 駆動装置等：胸部に小型の空気圧電磁弁を収納する事で外部からのケーブルを空気1本と電源ケーブル、信号ケーブルにまとめる事ができ、動きを損なわないへその緒のような形態として実現する事ができた。

(6) 触覚センサとしてタカノ社製の Electric Impedance Tomography 方式の触覚センサを選定した。

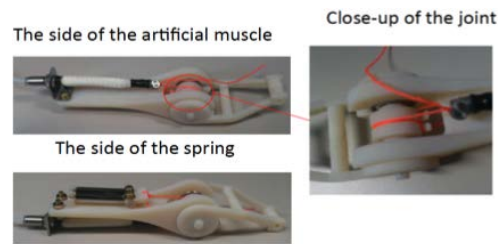


図6：マッキベン型人工筋による肘関節の実現

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計2件)

阿久津大惟 森裕紀 「発達メカニズムの解明と発達ケア評価のための胎児・早産児ロボットの設計と開発」 第31回日本ロボット学会学術講演会

森裕紀 「胎児の行動発達モニタリング - 胎児シミュレーションを軸に-」 新生児呼吸療法モニタリングフォーラム 長野県大町市文化会館

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

国内外の別：

○取得状況(計0件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.er.ams.eng.osaka-u.ac.jp/hiroki/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森裕紀 (大阪大学)

研究者番号 : 80610849

(2) 研究分担者

()

研究者番号 :

(3) 連携研究者

()

研究者番号 :