

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 20 日現在

機関番号：34412

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22560431

研究課題名（和文） 舌－乳首接触圧計測システムの開発を通じた哺乳時の乳児舌運動メカニズムの解明

研究課題名（英文） Clarification of tongue motion mechanism during sucking based on measurement of tongue-artificial nipple contact pressure.

研究代表者

新川 拓也（NIIKAWA TAKUYA）

大阪電気通信大学・医療福祉工学部・教授

研究者番号：50340641

研究成果の概要（和文）：

乳児の吸啜時における舌の運動機能を解明するために、小型力センサを複数個内蔵した人工乳首を開発し、PC をベースとした舌－人工乳首の接触圧をリアルタイムで計測できるシステムを構築した。計測を行った結果、それぞれの力センサからは、舌の蠕動様運動を示す単振動に近い圧力波形が観測され、起因する吸啜周期は 1 秒間に約 2 回であった。また、低出生体重児においては、成長に伴って圧力の値に変化が見られた。

研究成果の概要（英文）：

To clarify the motor function of the infant tongue during sucking, we developed an artificial nipple that contained multiple small built-in force sensors integrated with a PC-based system which is capable of measuring tongue-artificial nipple contact pressures in real-time. The results from each force sensor showed a pressure waveform of a nearly simple harmonic motion that indicates peristalsis-like movement of the tongue; sucking frequency was about two times per second. In addition, in the low birth weight infant, the pressure changed as the infant grew.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	800,000	240,000	1,040,000
2011 年度	600,000	180,000	780,000
2012 年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
総計	1,800,000	540,000	2,340,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・計測工学

キーワード：乳児、人工乳首、力センサ、哺乳行動、新生児、舌－人工乳首接触圧、舌運動

1. 研究開始当初の背景

わが国の出生数は、109 万人（2008 年）であり、長期的には減少傾向にある。しかし、その一方で出生体重 2500gw 未満の低出生体重児は増加の一途をたどっており、現在、全出生数のうち 10%におよぶ。乳児の成長過程において栄養管理の重要性はいうまでもな

いが、とりわけ低出生体重児は、母乳や人工乳を哺乳する「哺乳行動」に課題を抱えている割合が多く、健やかな成長の妨げとなり、時には生命の維持にも関る。このような背景から「哺乳行動の詳細な理解」は必要不可欠であるにも関わらず、実際は解明されていない点が多い。従来、乳児の哺乳時における口

腔運動機能に関する研究は、主に医学（小児科学）、歯学の分野からの視認調査手法を用いた定性的アプローチが用いられてきた。国内外の研究動向から、定性的アプローチとしては、「透明人工乳首使用法」と「超音波断層像活用法」の2種類に大別される。これらの研究結果より、哺乳時には乳児の舌が主体的に働くことが判明した。近年では、水野ら（Early Human Development, 82, 2006）が行った、カメラでの観察に加え、圧出される乳汁の流量から乳首全体にかかる圧力を推定する試みなど、舌が乳首に及ぼす力学的作用を解析し、哺乳時の舌運動のより詳細な解明を目指す研究もおこなわれている。しかしながら、乳汁を圧出するために必要な「舌が乳首に与える圧力」、すなわち乳首上の圧分布を直接計測した例は国際的にも見当たらない。

2. 研究の目的

本研究では、吸啜時における舌の運動機能を解明するために、小型力センサを複数個内蔵した人工乳首を開発し、乳首のどの部位にどれだけの圧力がかかっているかを直接計測することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、PCをベースとした舌-人工乳首の接触圧をリアルタイムで計測できるシステムを構築し、経口哺乳が確立した乳児および低出生体重児における接触圧の計測を行った。

力センサは、縦10mm、横3mm、厚さ0.3mmのステンレス薄板を梁とした片持ち梁構造で、汎用箔ひずみゲージ（共和電業製、KFG-1N-120-C1）を梁の表面に貼付している。3mm×3mmの接触面を有する圧力伝達ブロックに舌が接触することで生じる梁のひずみから力を計測する。圧力伝達ブロックの重量は22mgで、センサの出力に与える影響は極めて少ないと考えられる。センサユニットは、12mm×70mmの樹脂板に力センサを7mm間隔で配置し、直径25mmの樹脂板およびエラストマー製の人工乳首を装着して構成されている。計測時において、センサユニットの乳首の部分が乳児の口腔内に挿入される。なお、本研究では、舌の隆起部の移動を力学的に捉えるため、配置される力センサを2個とした。本センサユニットを口腔内に挿入した際の想定図を図1に示す。これによって、舌が乳首下部に与える力を計測することが可能となる。

力センサから得られた信号は、ブリッジ回路および増幅器を介して、サンプリング周波数100Hz、量子化分解能12bitでA/D変換され、USBを経由してPCに取り込まれる。力信号は圧力伝達ブロックの接触面

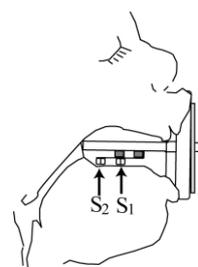


図1 本研究で開発したセンサユニットを口腔内に挿入した際の想定図[1]



図2 センサシステムの外観[1]

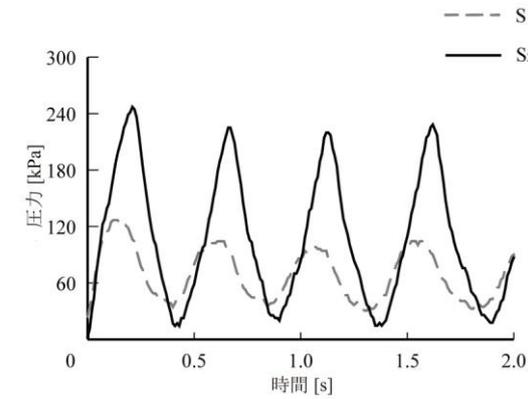
積を用いて圧力に換算され、PCに記録される。計測結果はリアルタイムでディスプレイ上にグラフ表示される。なお、本システムはセンサユニットと信号処理部が容易に着脱可能で、ポータブルな形態を有している。図2に本システムの概観図を示す。

本研究で用いる力センサの静特性について、400gwまでの荷重に対して線形性を有し、ヒステリシスは1.9%であった。一方、動特性については、センサユニットの力センサ部に400gwの荷重を加えた状態から瞬時に荷重を取り除いた時の応答時間を計測した。その結果、出力の最大値の90%から10%に達するまでの時間は0.05sであった。乳児の吸啜回数は、1秒間に2回程度といわれていることから、本センサは計測に十分な特性を有しているといえる。

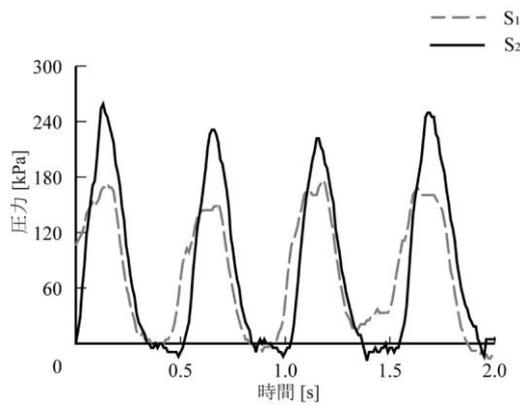
4. 研究成果

(1) 計測者が、経口哺乳確立を為している乳児を抱き、通常の授乳時と同様に本センサユニットを口腔内に挿入し、各力センサから得られる出力信号から舌が人工乳首に与える圧力を計算した。計測結果の例を図3に示す。被験者は、乳児3名（在胎週数40週出生体重3086gw生後28日の女児：被験者1、在胎週数41週出生体重3474gw生後78日の男児：被験者2、在胎週数34週出生体重1590gw生後94日の男児：被験者3）である。このように、すべての計測において、

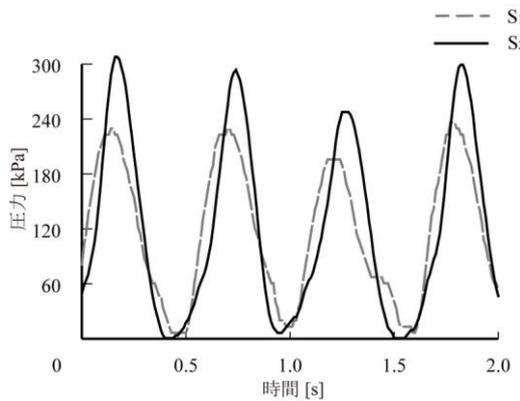
力センサ S1, S2 の両方から信号の波形が観測された。最大値に着目すると、力センサ S2 の方が S1 より大きく、吸啜は1秒間に2回程程度の周期で行われていた。これは被験者全てに現れた結果である。



被験者 1



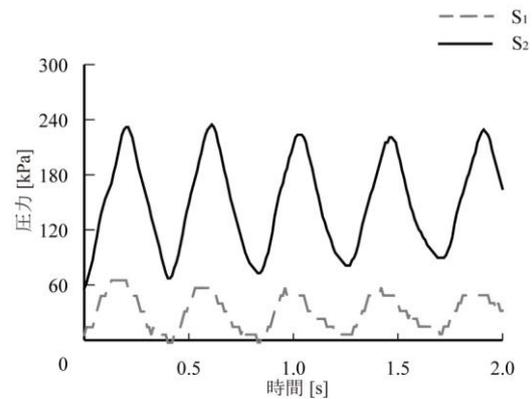
被験者 2



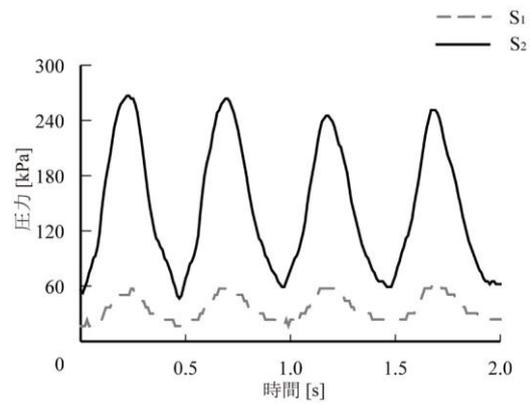
被験者 3

図3 経口哺乳確立を為している乳児における舌-人工乳首接触圧の計測結果

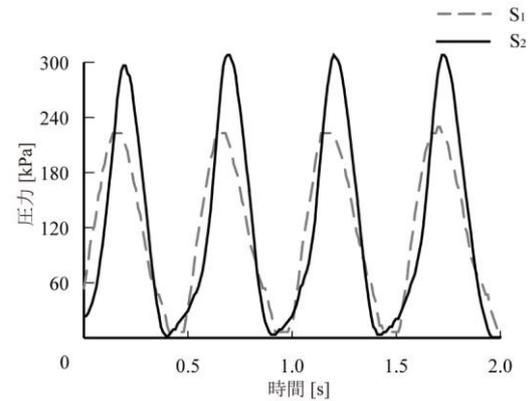
(2) 低出生体重児を被験者として、生後37日、44日、94日において接触圧の計測を行った例を図4に示す。生後34日では、力センサ S1 の接触圧の最大値は、S2 の最大値の23.5%であり、S2 と比較して極めて小さい値を示した。



生後 34 日



生後 44 日



生後 94 日

図4 低出生体重児における舌-人工乳首接触圧の計測結果

カセンサ S2 における接触圧の最小値は、75.1kPa であり、カセンサ S2 に圧力が絶えず加わっていることが示された。生後 44 日では、37 日と比較するとカセンサ S1 について圧力の最大値が増加し、カセンサ S2 の最小値は減少した。生後 94 日では、カセンサ S2 における出力の最大値は 305kPa であり、S1 の最大値は 226kPa であった。さらに、カセンサ S2 の最小値は 1.89kPa となった。生後 94 日の接触圧波形では、カセンサ S1 に次いで S2 の順で最大値に達しており 0.04s の時間差があった。これは、舌の蠕動様運動を示す結果であると考えられる。なお、計測例すべてにおいて吸啜回数が 1 秒間に 2 回程度で行われており、成長に伴う変化は見られなかった。

本成果は、乳児の吸啜時において舌が乳首に与える圧力分布の計測を行えるシステムの構築を目指して、小型力センサを配したセンサユニットを内蔵した人工乳首を世界で初めて開発した点に意義がある。また、本システムを用いて容易に舌の蠕動様運動を推定することができた。今後は、本システムを用いて、舌の力学的解析を進め、異常吸啜の検知アルゴリズム構築を目指す。

[1]は T. Niikawa, C. Hagino, E. Nishi, R. Kawachi, K. Minato, and Y. Takada: IEEJ Transaction on Electronics, Information and Systems, Vol.7, No.2, pp. 190-196(2012)より抜粋。

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 3 件)

- ① 河内 了輔, 新川 拓也, 河原崎 景太, 藤川 智彦, 武井 安津子, 湊 小太郎: “点接触型力センサを用いた乳児の舌が人工乳首に加える力のリアルタイム計測システム”, 生体医工学, 査読有, 50 巻 6 号, pp. 564-570(2012)
- ② T. Niikawa, C. Hagino, E. Nishi, R. Kawachi, K. Minato, and Y. Takada: “Measurement of Tongue-Artificial Nipple Contact Pressure During Infant Sucking”, IEEJ Transaction on Electronics, Information and Systems, 査読有, Vol.7, No.2, pp. 190-196, DOI:10.1002/tee.21715 (2012)
- ③ 新川拓也, 河内了輔, 萩野知香, 西恵理, 高田慶応, 湊小太郎: “力センサマトリックスを内蔵した舌-人工乳首接触圧のリアルタイム計測システム”, 生体医工学, 査読有, 49 巻 3 号,

501-507(2011)

[学会発表] (計 8 件)

- ① 若松勇貴, 西恵理, 長松有衣子, 新川拓也: “臨床および育児支援のための吸啜機能計測システム構築の試み”, 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会 2012 (2012. 11. 3 名古屋大学)
- ② 西恵理, 若松勇貴, 武井安津子, 長松有衣子, 新川拓也: “低出生体重児および早産児における舌-人工乳首接触圧の計測”, 生体医工学シンポジウム (2012. 9. 8 大阪大学)
- ③ R. Kawachi, T. Niikawa, T. Fujikawa and K. Minato: “Feeding bottle device to measure tongue movement during sucking”, Proceedings of the 34th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Vol. 34, pp. 567 (2012. 8. 30 Hilton San Diego Bayfront, USA)
- ④ 西恵理, 高田慶応, 新川拓也: “臨床および育児支援を目指した乳児の吸啜メカニズムの解明”, 日本生活支援工学会 第 4 回 若手研究者発表会 (2012. 6. 23 東京大学)
- ⑤ 西恵理, 大嶋莉理子, 村松明奈, 若松勇貴, 和田翔太郎, 武井安津子, 新川拓也: “マルチ出力センサシステムを用いた舌-人工乳首接触圧の計測” 電子情報通信学会 ME とバイオサイバネティクス研究会 (2011. 10. 13 大阪電気通信大学)
- ⑥ 新川拓也: “乳児の哺乳動作の計測”, 第 12 回日本医療情報学会看護学術大会プレコングレス<医工連携セッション> (2011. 7. 16 兵庫県立大学)
- ⑦ 萩野知香, 新川拓也, 西恵理, 河内了輔, 湊小太郎, 高田慶応: “乳児の吸啜時における舌-人工乳首接触圧のリアルタイム計測システム”, 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会 2010 (2010. 9. 19 大阪大学)
- ⑧ 高田慶応, 新川拓也, 佐野哲也: “新生児・乳児の吸啜時における舌運動計測システム”, 日本周産期・新生児学会学術集会 (2010. 7. 12 神戸国際会議場)

[産業財産権]

○取得状況 (計 1 件)

名称: 人工乳首および授乳観測装置

発明者: 新川拓也、和田健

権利者: 新川拓也

種類: 特許

番号: 4892200

取得年月日：2011年12月22日
国内外の別：国内

〔その他〕
ホームページ等
<http://www.osakac.ac.jp/labs/taku/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

新川 拓也 (NIIKAWA TAKUYA)
大阪電気通信大学・医療福祉工学部・教授
研究者番号：50340641