

平成 30 年 6 月 26 日現在

機関番号：34412

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2017

課題番号：25420421

研究課題名(和文) 哺乳時における乳児の舌運動計測に基づく異常吸啜検出アルゴリズムの構築

研究課題名(英文) Construction of an algorithm for detecting sucking abnormalities in infants based on infant tongue movement during breastfeeding

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、哺乳行動に関する臨床を支援するために、吸啜時における舌が乳首に与える力のリアルタイム計測システムの開発し、新生児を対象とした計測および異常吸啜検出アルゴリズムの構築を行った。具体的には、片持ち梁形式の小型力センサを多点に内蔵し、乳首表面にかかる力を立体的に計測できる人工乳首を開発して、乳首下部から上顎に向けて主たる力が加わっていること、吸啜は1秒間に2回程度行われていることを明らかにした。また、舌運動の解析を試みた結果、経口哺乳が確立した乳児では舌の蠕動様運動が見られる一方、確立していない乳児では確認できなかった。さらに、これらの要素を自動抽出できるシステムを構築した。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed a system that performs real-time measurement of the force applied by the tongue on the nipple during sucking by newborns. We also constructed an algorithm for detecting sucking abnormalities, with the aim of assisting clinical management related to suckling behavior. In particular, we developed an artificial nipple installed with small cantilever-type sensors at multiple points that can perform three-dimensional measurements of the forces applied to the nipple surface. We found that the force is primarily applied from the bottom of the nipple surface toward the upper jaw and that an infant sucks about two times every second. In an analysis of tongue movement, peristalsis-like movement was observed in infants who have established oral feeding skills; however, this movement was absent in infants without these skills. In addition, a system that can automatically extract these elements was constructed.

研究分野：生体計測

キーワード：哺乳行動 吸啜運動 舌運動計測

### 1. 研究開始当初の背景

わが国の出生数は、105万人(2011年)であり、ついに戦後最低の出生数を記録した。しかし、その一方で出生体重2500g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ける栄養管理は重要であり、低出生体重児については、特に哺乳行動に関して特異な点や解決すべき課題が多く、これが健やかな成長の妨げとなる場合がある。このような背景から哺乳行動の解明は急務であるが、明らかになっていない点は少なくない。

哺乳時における口腔運動の計測は、主として口腔内をカメラで観測する「透明人工乳首使用法」や超音波断層像を用いた視認によるものであり、その結果から、乳首を吸啜(吸いつく動作)する際には舌が主体的に働くことが判明した。ただし、乳汁を圧出するために必要な「舌が乳首に与える力学的作用」は以前不明のままであった。理想的な計測形態は、舌運動様態の推定と力学的計測が同時に行われることである。

### 2. 研究の目的

本研究では、哺乳行動に関する臨床を支援するために、吸啜時における舌が乳首に与える力のリアルタイム計測システムの開発し、新生児を対象とした計測および異常吸啜検出アルゴリズムの構築を行うことを目的とする。具体的には、片持ち梁形式の小型力センサを多点に内蔵し、乳首表面にかかる力を立体的に計測できる人工乳首を開発して、舌がどの方向からどれくらいの力で乳首を圧迫しているのかを時系列で調べ、経口哺乳が確立した乳児とそうでない乳児の違いを確かめる。次に、計測結果から抽出したパラメータを用いて統計分析を行い、異常吸啜の検出を試みる。最後に、吸啜機能の評価を行うことができるシステムを構築する。

### 3. 研究の方法

本研究で開発した力センサユニットの図面を図1に示す。力センサは、縦6.5mm、横2mm、厚さ0.3mmのステンレス薄板を梁とした片持ち梁型の形態で、汎用箔ひずみゲージ(共和電業社製、KFR-2N-120-C1)を梁の表面に貼付している。すなわち、垂直応力が力センサの自由端に装着された伝達ブロックを介し、ステンレス薄板に生じる歪みを基に力が計測される。なお、伝達ブロックは、1辺2mmの立方体である。センサユニットは、底面の一辺の長さを2.8mmとする正六角柱(高さ70mm)の側面三面に力センサを9mm間隔で縦に2個ずつ配置し、エラストマ製の中空の人工乳首を装着して構成されている。6個の力センサchannel 1~6(以下ch.1~6と記す)のうち、ch.1、ch.3、およびch.5は乳首の先端部に、ch.2、ch.4、およびch.6は乳首の根元部に配置した。したがって、ch.1、ch.3およびch.5は舌根部にch.2、ch.4

およびch.6は舌尖部に接触することになる[1]。本センサユニットを経口哺乳が確立している乳児3名に啞えさせ、実際に吸啜を行わせた。計測結果を図2に示す。主として乳首下部から力が加えられていること、1秒間に2回程度吸啜が行われていることが明らかとなった。

これを踏まえて、乳首下部に2つの片持ち梁型力センサを備えた人工乳首を新たに開発し、舌尖部における力の最大値、舌根部における力の最大値、それぞれの力の最大値に達する時間の差、吸啜周期を計測した。次に、これらに被験児の日齢を加えて説明変数とし、目的変数を乳汁摂取量として重回帰分析を行った。また、乳首下部に3つの片持ち梁型力センサを備えた人工乳首を開発して経口哺乳が確立している乳児とそうでない乳児に対して計測を行い、その差を検討した。図3にセンサユニットの図面を示す。

さらに、センサ部分の堅牢性の確保を目的とした点接触型力センサを利用し、吸啜の状態がリアルタイムで評価できる哺乳瓶型舌運動機能評価システムを構築するとともに、乳児用玩具を利用した舌運動検出システムを試作した。哺乳瓶型舌運動機能評価システムの外観を図4に示す。

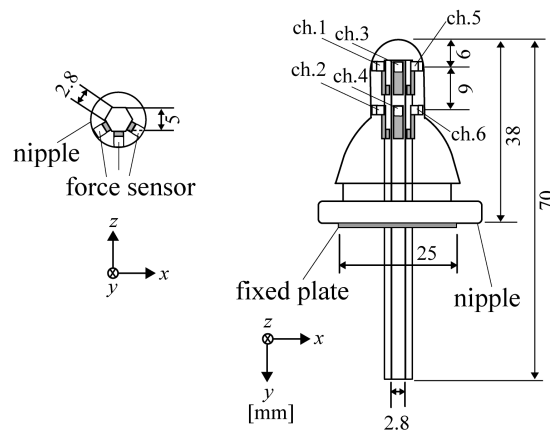


図1 カセンサユニットの図面(6ch.) [1]

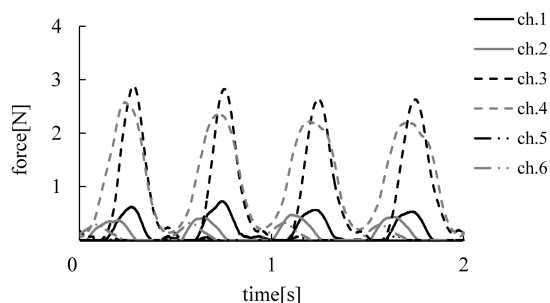


図2 計測結果[1]

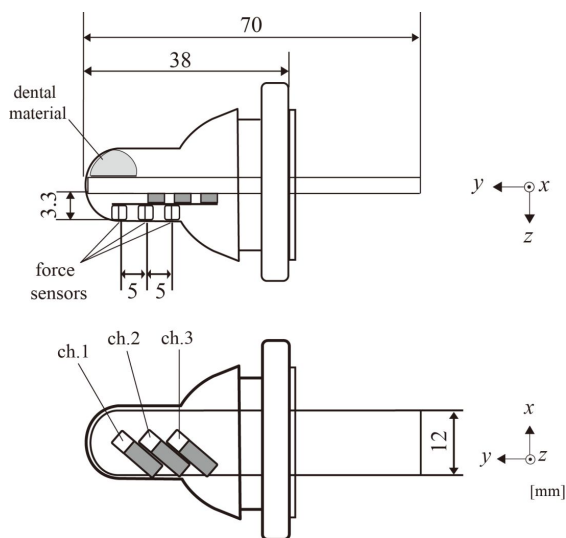


図3 カセンサユニットの図面(3ch.) [2]

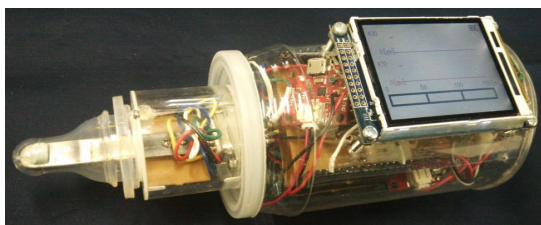


図4 哺乳瓶型舌運動機能評価システム[3]

#### 4. 研究成果

(1) 経口哺乳が確立している乳児の舌 乳首接触力の計測結果を図5に、そうでない乳児の結果を図6に示す。図5では、カセンサ ch.3 に次いでカセンサ ch.2, ch.1 の順で最大値に達しており、それぞれの時間に差があった。これは、舌の蠕動様運動を示す結果であると考えられる。一方、図6では、最大値に達するタイミングはほぼ同時であった。これは、舌尖部および舌根部が同時に乳首に接触している結果であり、有効に乳首をしごくことができずにいることが考えられる。

(2) 変数減少法を用いて重回帰分析を行った結果、乳汁摂取量と力の最大値および吸啜周期に関連が強いことが示された。さらに、経口哺乳が確立している乳児では、舌尖部に力を与えることで多くの乳汁を搾出し、舌根部において口腔内に取り込みやすくするよう調整する機能を有している可能性を見出した。

(3) 哺乳瓶型舌運動機能評価システムでは、システム全体を小型にしており、全重量も乳汁を充填した哺乳瓶と同様であるため、計測者の負担も少ない。また、吸啜周期、時系列波形およびカセンサに接触する順は液晶画面にリアルタイムで表示されるため、計測者は外観では確認不可能である口腔内の舌運動の動向を即時に確認することが可能と

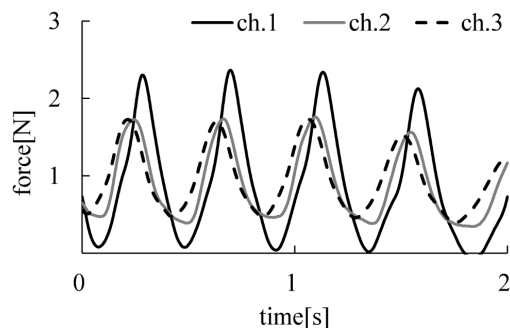


図5 経口哺乳が確立している乳児の舌 乳首接触力の計測結果[2]

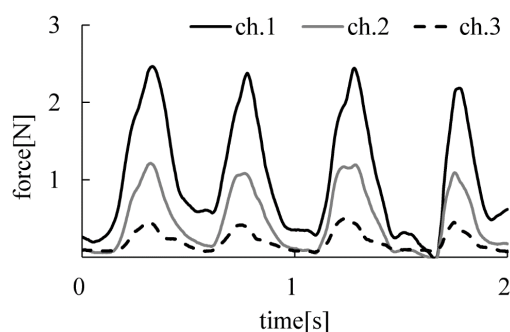


図6 経口哺乳が確立していない乳児の舌 乳首接触力の計測結果[2]

なる。小児科医にシステムを使ってもらったところ、「舌の動きが良好であるかリアルタイムでインジケータに表示されるのでわかりやすい。」「舌運動を診断する指標として利用できるのではないか。」との意見をいただいた。

これらの研究成果を家庭においても活用するため、舌運動の検出結果を乳児用玩具(ベッドメリー)の動作で確認できるようにした。実際の使用においては、母親の安心につながるなど好評を得た。

#### <引用文献>

- [1] 西恵理, 若松勇貴, 武井安津子, 新川拓也: “吸啜時における乳児の舌が乳首に与える力のマルチチャンネル計測”, 電気学会論文誌 C, 133 巻 2 号, pp.311-315(2013)
- [2] 西恵理, 長松有衣子, 黒柳裕一, 武井安津子, 榎本真宏, 新川拓也: “乳児の吸啜時における舌 - 人工乳首接触力の計測に基づく舌運動解析の試み”, 電気学会論文誌 C, Vol.135, No.11, pp.1322-1327(2015)
- [3] 西恵理, 栗山大徳, 河内了輔, 武井安津子, 長松有衣子, 黒柳裕一, 新川拓也: “乳児の吸啜時における携帯型舌運動

機能評価システムの構築と臨床への適用”, 電気学会論文誌 C, 134 巻 11 号, pp.1617-1623(2014)

#### 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 5 件)

- (1) 西恵理, 上野毅之, 新川拓也: “吸啜時における乳児用玩具を利用した舌運動検出システムの構築”, 電気学会論文誌 C, 査読有, Vol.138, No.1, pp.88-89(2018)  
DOI:10.1541/ieejieiss.138.88
- (2) 西恵理, 竹本早希, 長松有衣子, 新川拓也: “乳児の吸啜時における舌-人工乳首接触力と母乳摂取量の相関性について”, 電気学会論文誌 C, 査読有, Vol.136, No.11, pp.1519-1524(2016)  
DOI: 10.1541/ieejieiss.136.1519
- (3) 西恵理, 長松有衣子, 黒柳裕一, 武井安津子, 榎本真宏, 新川拓也: “乳児の吸啜時における舌 - 人工乳首接触力の計測に基づく舌運動解析の試み”, 電気学会論文誌 C, 査読有, Vol.135, No.11, pp.1322-1327(2015)  
DOI: 10.1541/ieejieiss.135.1322
- (4) 西恵理, 栗山大徳, 河内了輔, 武井安津子, 長松有衣子, 黒柳裕一, 新川拓也: “乳児の吸啜時における携帯型舌運動機能評価システムの構築と臨床への適用”, 電気学会論文誌 C, 査読有, 134 巻 11 号, pp.1617-1623(2014)  
DOI: 10.1541/ieejieiss.134.1617
- (5) 西恵理, 若松勇貴, 武井安津子, 新川拓也: “吸啜時における乳児の舌が乳首に与える力のマルチチャンネル計測”, 電気学会論文誌 C, 査読有, 133 巻 2 号, pp.311-315(2013)  
DOI: 10.1541/ieejieiss.133.311

[学会発表](計 11 件)

- (1) 金濱圭佑, 網島蓮, 西恵理, 新川拓也: “無線通信システムを用いた吸啜機能評価装置の開発”, ライフサポート学会第 27 回フロンティア講演会, G10-1, p.131 (2018.3)
- (2) E.Nishi, Y.Nagamatsu, and T.Niikawa: “Construction of Sucking Ability Evaluation System for Infants”, 39th Annual International Conference of the IEEE EMBC Short Papers, FrDT5-06.1 (2017.7)
- (3) 金濱圭佑, 西恵理, 河内了輔, 新川拓也: “乳児の哺乳能力に関する統計学的評価と乳汁摂取量予測システムの設計”, 平成 28 年電気関係学会関西支部連合大会, G11-5, pp.340-341 (2016.11)
- (4) E.Nishi, Y.Nagamatsu, and T.Niikawa:

“Measurement of Force Applied by Infant Tongue to the Nipple During Sucking and Investigation of the Mechanism of Tongue Movement”, 38th Annual International Conference of the IEEE EMBS, pp.2042-2045 (2016.8)

- (5) 竹本早希, 新川拓也, 長松有衣子, 西恵理: “乳児の吸啜時における舌 人工乳首接触力と母乳摂取量の相関性について”, 平成 27 年電気関係学会関西連合大会, G2-2, pp.25-26 (2015.11)
- (6) 栗山大徳, 西恵理, 長松有衣子, 黒柳裕一, 新川拓也: “乳児の吸啜時における舌運動検出システムの開発”, 第 24 回ライフサポート学会フロンティア講演会予稿集, 2A3-2, p.110 (2015.3)
- (7) 西恵理, 栗山大徳, 長松有衣子, 黒柳裕一, 新川拓也: “乳児の吸啜時における舌 - 人工乳首接触力の計測に基づく舌運動解析の試み”, 平成 26 年電気関係学会関西連合大会, G2-11, pp.42-43 (2014.11)
- (8) 栗山大徳, 西恵理, 黒柳裕一, 長松有衣子, 榎本真宏, 武井安津子, 大井康史, 新川拓也: “乳児の吸啜時における舌運動解析の試み - 哺乳に問題を抱える児を対象として - ”, 信学技報, MBE2014-54, pp.15-20 (2014.10)
- (9) 栗山大徳, 西恵理, 河内了輔, 武井安津子, 長松有衣子, 黒柳裕一, 新川拓也: “乳児の吸啜時における舌が人工乳首に与える力の時系列計測”, 平成 25 年電気関係学会関西支部連合大会, G2-8, pp.49-50 (2013.11)
- (10) E.Nishi, Y.Wakamatsu, Y.Nagamatsu, Y.Kuroyanagi, and T.Niikawa: “Measurement of Tongue-Artificial Nipple Contact Force in Infants with Sucking Difficulties”, 35th Annual International Conference of the IEEE EMBS, pp.616-619 (2013.7)
- (11) E.Nishi, Y.Wakamatsu, H.Kuriyama, Y.Nagamatsu, Y.Kuroyanagi, and T.Niikawa: “Chronological Changes of Tongue-Artificial Nipple Contact Force During Infant Sucking”, 2013 IEEE EMBC Short Papers No.3108 (2013.7)

[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