

母体に優しい母乳搾出技術

西 恵理

摂南大学 理工学部 電気電子工学科 准教授



◆ モロー反射

- 大きな音を立てた際に乳児が両手を広げて抱きつこうとする。

◆ 歩行反射

- 両脇を支えて、足を床に着け、少し前かがみの姿勢をとらせると足を交互にあげて歩くような動作をする。

◆ 手掌把握反射

- 手の平に大人の指などを入れるとギュッと握る

◆ □唇補足反射（吸着）

- □唇による乳輪から乳首への密着，
□腔内で密着状態を維持する，生後7
か月ごろ消失

◆ 吸啜反射（吸啜）

- 舌をうねらせながら，乳首・乳頭を
圧搾。生後4か月ごろ消失。

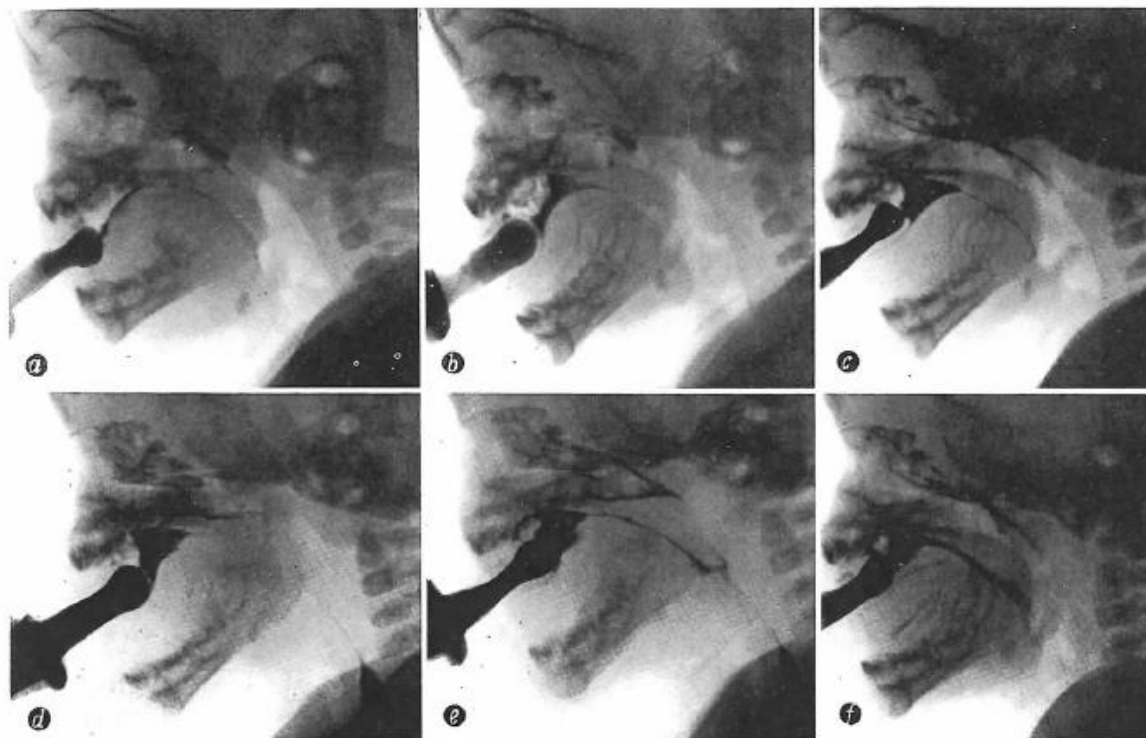
◆ 嚥下反射（嚥下）

- 母乳を食道へ流入させる



◆ X線撮像法

- 乳汁に造影剤を混入させ、吸啜時の乳児を撮像



G.M.Ardran, F.H.Kemp, J Lind: A cineradiographic study of bottle feeding.Br J Radiol, Vol.31, pp.11-22, 1958.

◆ 小型ビデオカメラを用いた手法

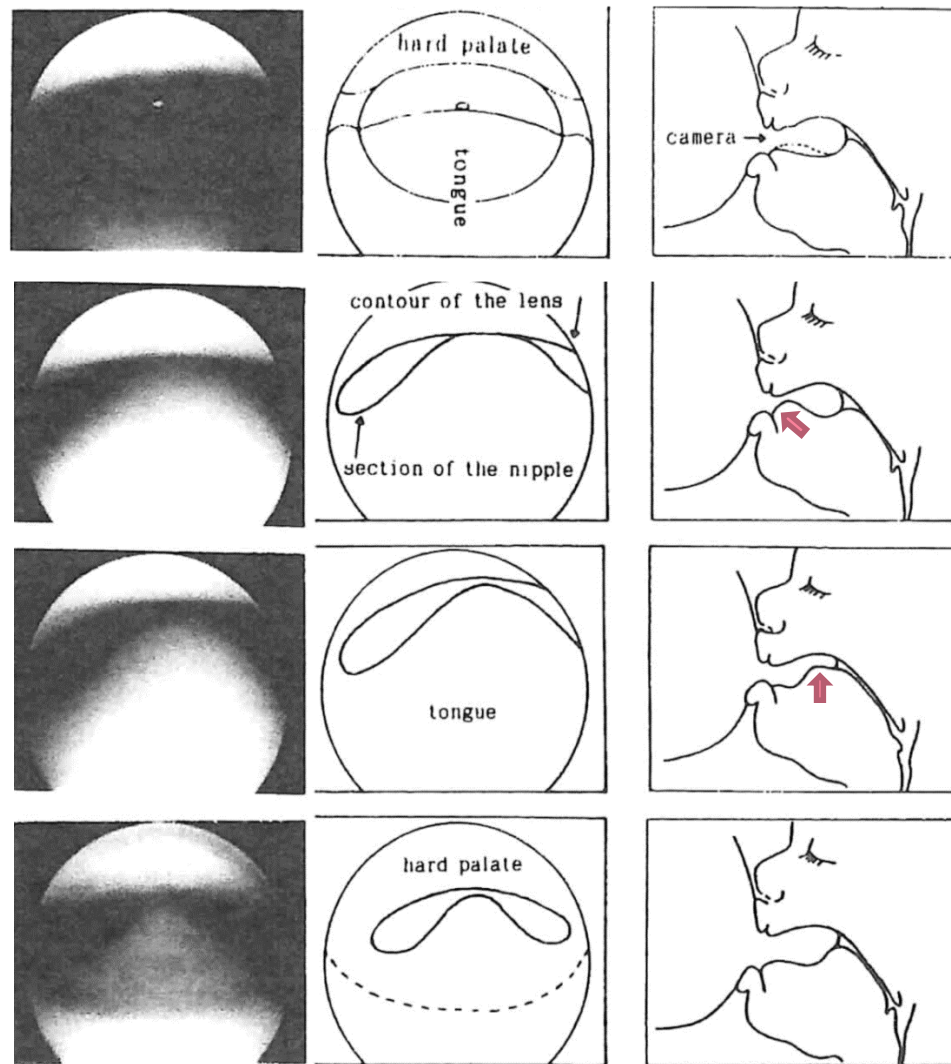
- 哺乳瓶の底にビデオカメラを取り付けて口腔内の様子を観察

隆起が舌尖部から舌根部へ移動



ぜんどうよううんどう
蠕動様運動

K.Eishima: The analysis of sucking behavior in newborn infants, Early Human Development, Vol.27, pp. 163-173, 1991.



ユニセフとWHO共同で発表「母乳育児成功のための10カ条
(Ten Steps to Successful Breastfeeding)」に基づいたサポート

- 24時間母子同室にする
- 赤ちゃんが欲しがるときに、欲しがるまま授乳をすすめる
- 哺乳瓶、乳首、おしゃぶりの使用とリスクについて母親に相談する

しかし、一方で

- 自分の母乳がきちんとあたえられているかわからない
- 赤ちゃんが母乳を十分な量飲めているかわからない

授乳について困ったこと

(厚生労働省「平成27年乳児栄養調査」)

授乳について困ったこと	総数* (n=1,242)	栄養方法(1か月)別(n=1,200)		
		母乳栄養 (n=616)	混合栄養 (n=541)	人工栄養 (n=43)
困ったことがある	77.8	69.6	88.2	69.8
母乳が足りているかどうかわからない	40.7	31.2	53.8	16.3
母乳が不足ぎみ	20.4	8.9	33.6	9.3
授乳が負担、大変	20.0	16.6	23.7	18.6
人工乳(粉ミルク)を飲むのをいやがる	16.5	19.2	15.7	2.3
外出の際に授乳できる場所がない	14.3	15.7	14.4	2.3
子どもの体重の増えがよくない	13.8	10.2	19.0	9.3
卒乳の時期や方法がわからない	12.9	11.0	16.1	2.3
母乳が出ない	11.2	5.2	15.9	37.2
母親の健康状態	11.1	11.2	9.8	14.0
母乳を飲むのをいやがる	7.8	3.7	11.1	23.3
子どもの体重が増えすぎる	6.8	5.8	7.9	7.0
母乳を飲みすぎる	4.4	6.7	2.2	0.0
人工乳(粉ミルク)を飲みすぎる	3.7	1.1	6.1	7.0
母親の仕事(勤務)で思うように授乳ができない	3.5	4.2	3.0	0.0
相談する人がいない、もしくは、わからない	1.7	0.8	2.6	0.0
相談する場所がない、もしくは、わからない	1.0	0.3	1.7	0.0
その他	5.2	4.9	5.7	4.7
特にない	22.2	30.4	11.8	30.2

◆ 赤ちゃんは元気に育つのか？飲めているのか？

➤ 口の中の動きはどうなっている？



◆ 飲む力は弱くないか？

➤ 平均的？

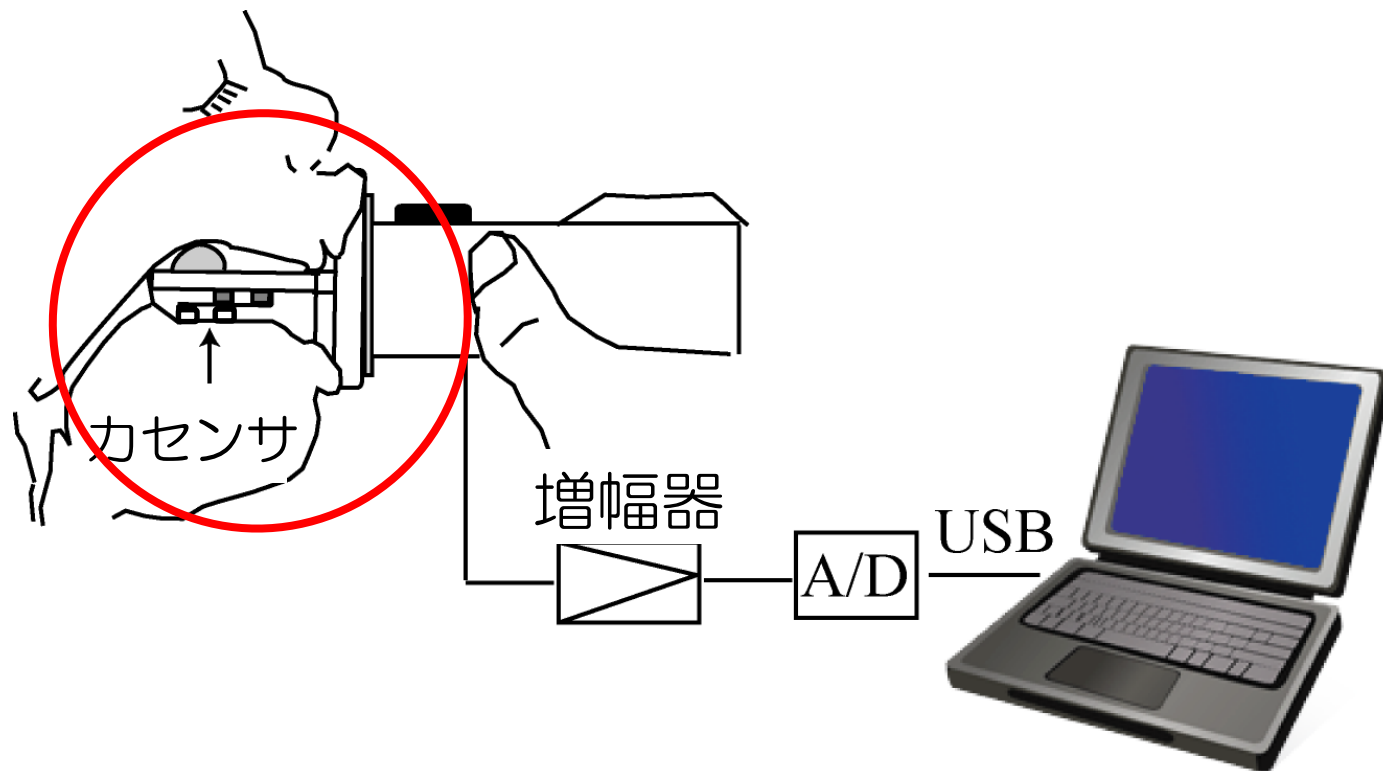
◆ 仕事に復帰するまでに保育園に入れる？

もし入れない場合，赤ちゃんの面倒は誰がみる？

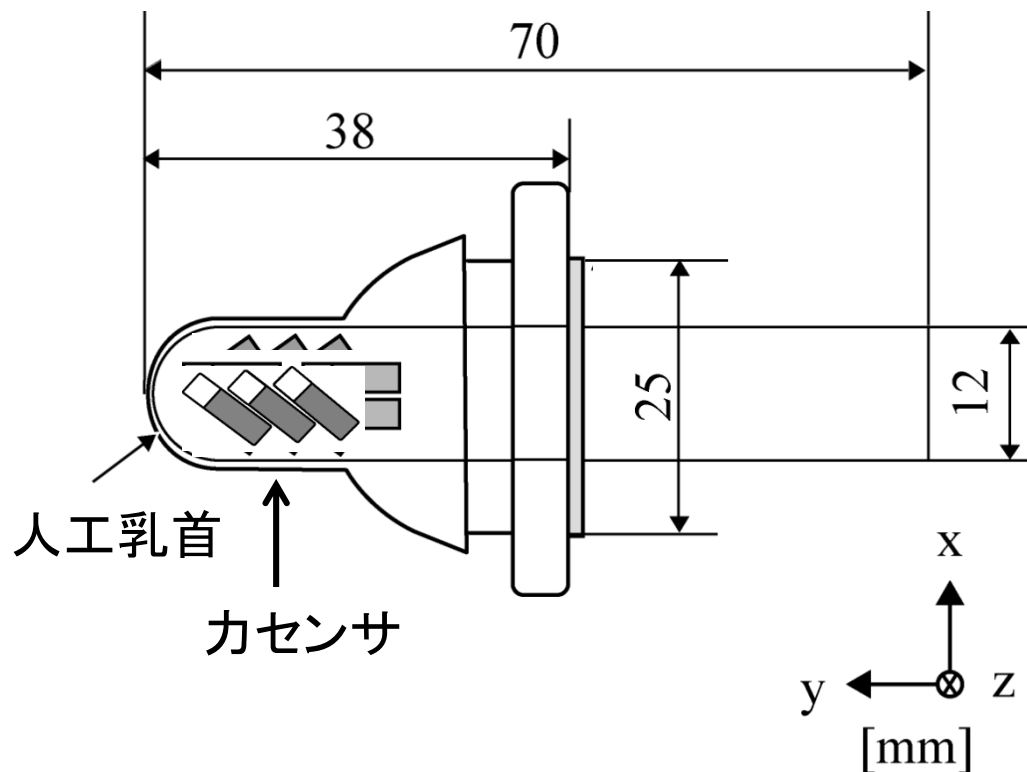
◆ 母乳で育てたいけど，搾乳はどうする？

母親に対して負担を軽減するため、乳児の舌運動（蠕動様運動）を取り入れた搾乳器を開発すること

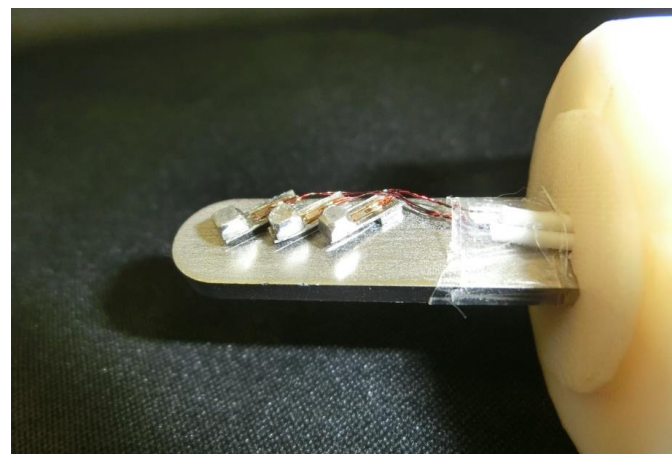
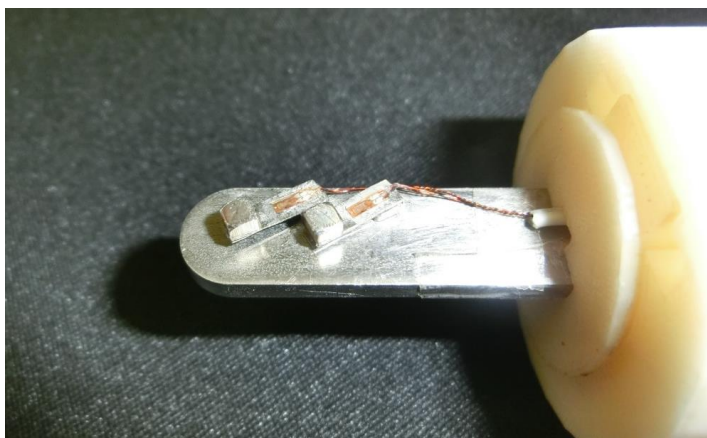
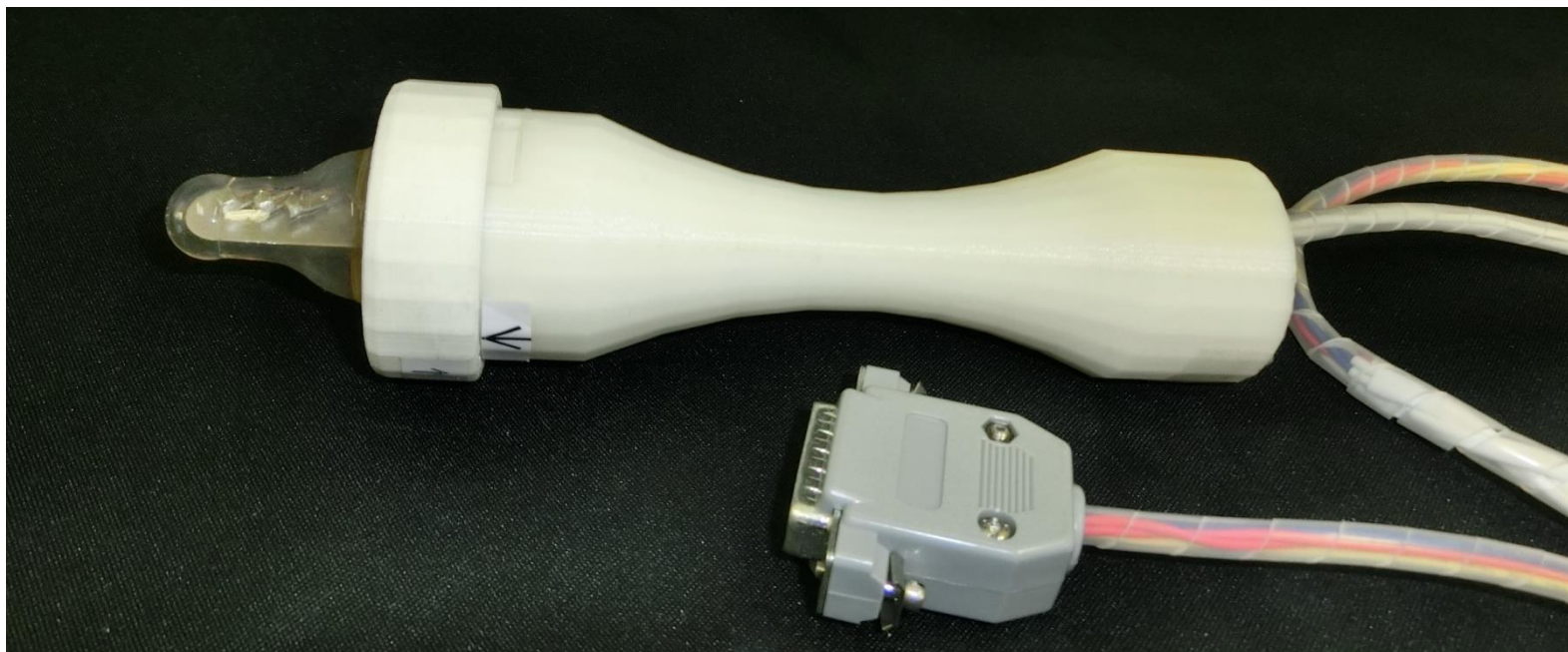
- ①乳児の吸啜時における舌運動（蠕動様運動）を計測
- ②力波形から舌運動の特徴を解析
- ③舌運動（蠕動様運動）の特徴を模擬する力点部の製作
- ④搾乳器の開発

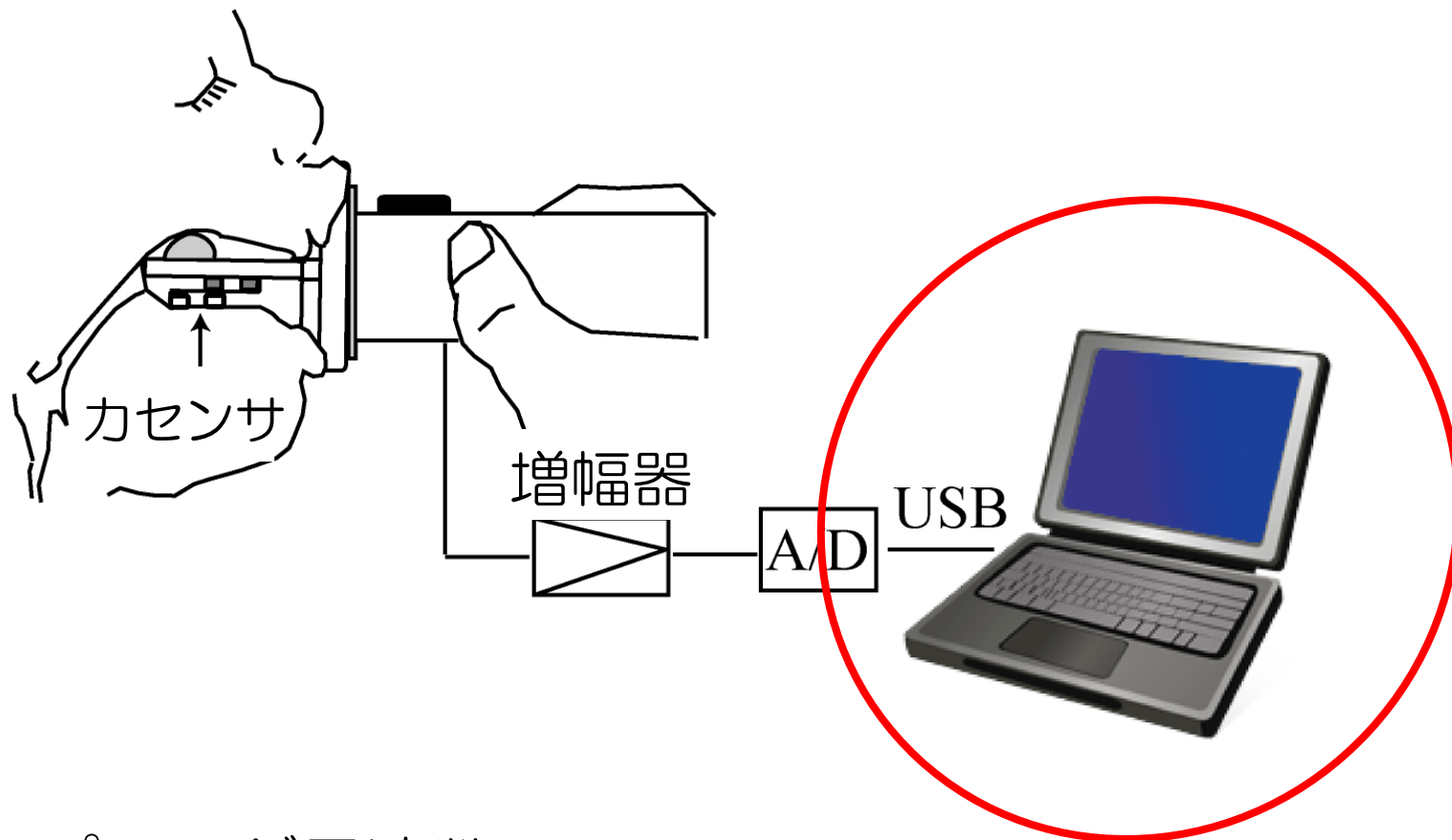


- サンプルング周波数：100Hz
- 量子化分解能：12bit

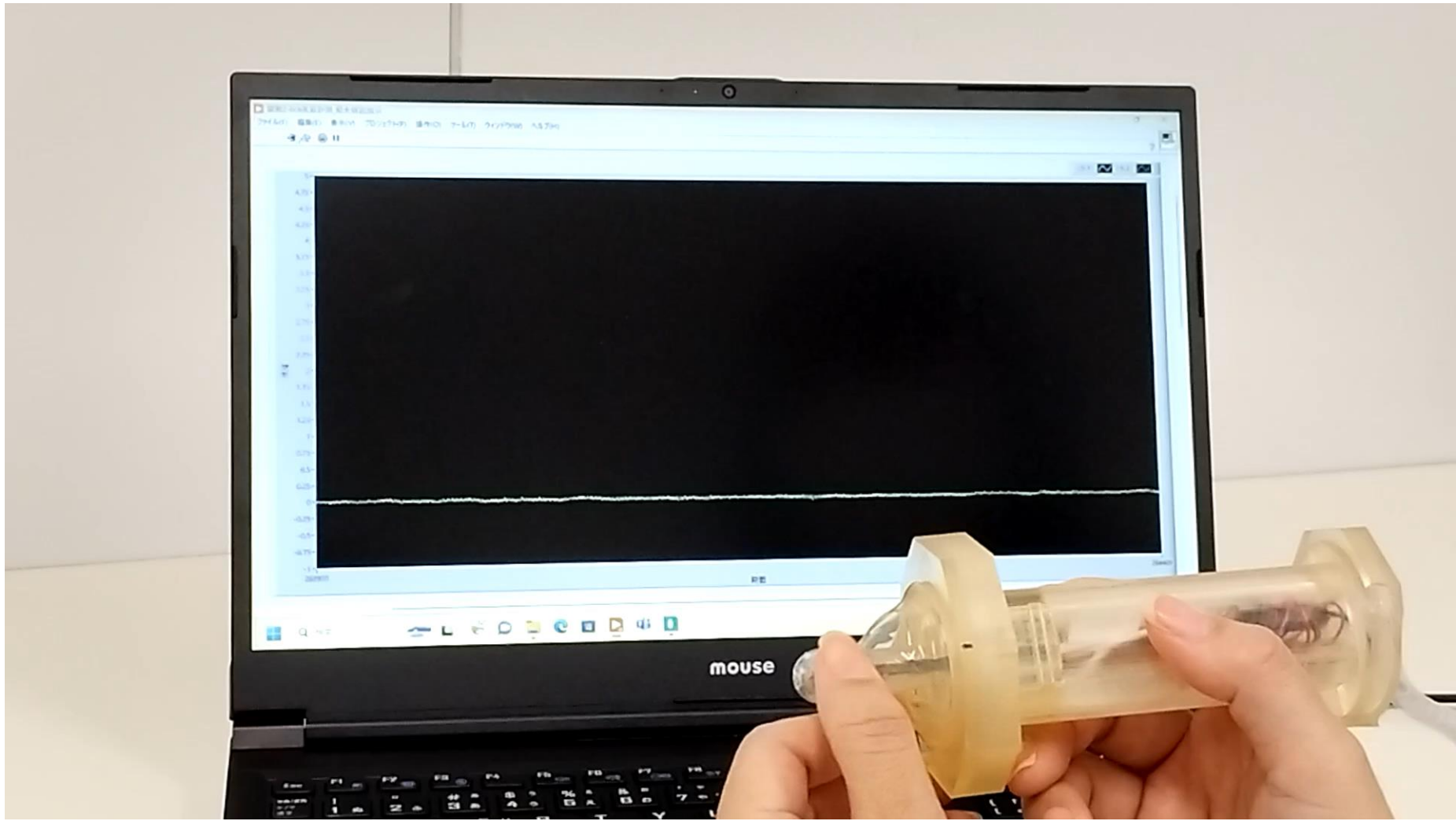


センサは任意に配置可能

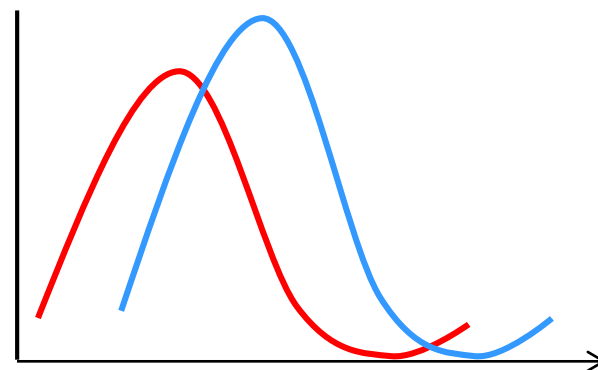
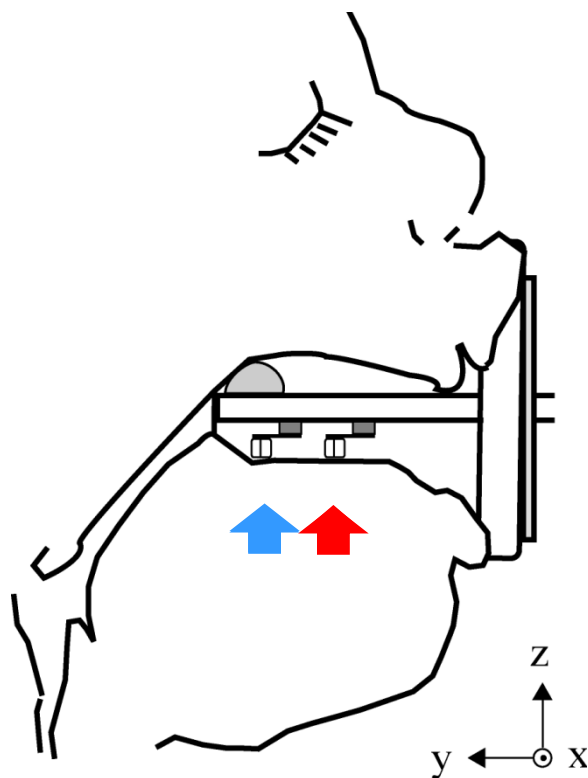




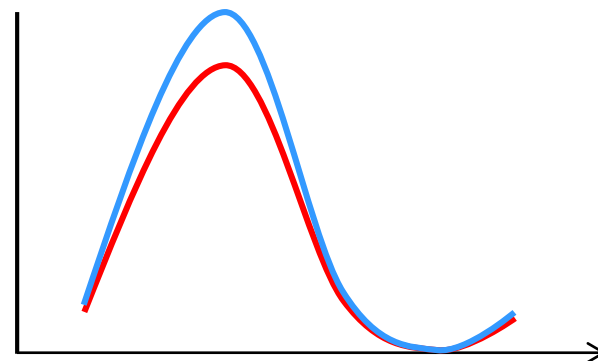
- サンプルング周波数：100Hz
- 量子化分解能：12bit



- ◆ 平らなステンレス板に2個の小型力センサを配置し、吸啜時における舌—人工乳首接触力を計測



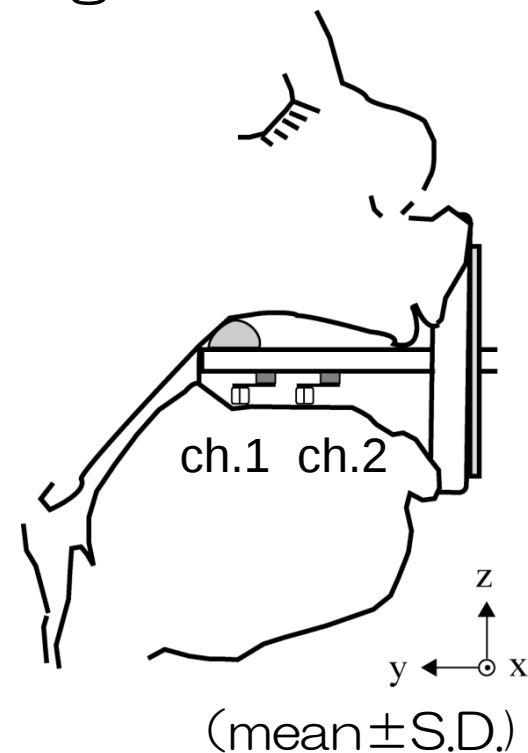
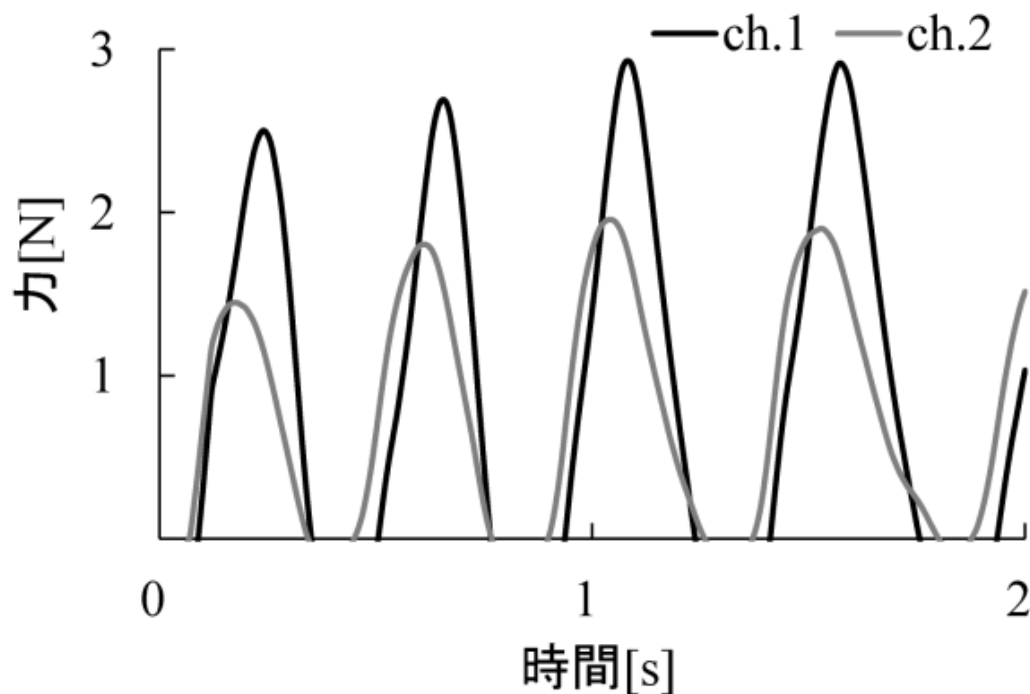
→ 位相が異なる波形



→ 位相が同じ波形

被験児A(女児)

在胎週数40週，出生体重3086 g



	日齢	最大接触力[N]		吸啜周期[s]
		ch.1	ch.2	
被験児A	生後21日	2.76 $\pm$ 0.18	1.78 $\pm$ 0.20	0.45 $\pm$ 0.03

乳児の舌力を直接計測した研究は世界初！

T.Niikawa, C.Hagino, E.Nishi, R.Kawachi, K.Minato and Y.Takada :
“ Measurement of Tongue-Artificial Nipple Contact Pressure during Infant Sucking ” , IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, Vol.7, No.2, pp.190-196 (2012)

まずは計測を行い、**舌の運動メカニズム**を解明
することで、様々な問題の解決へ

臨床応用

- 吸啜不良診断
- 先天的疾患の早期発見

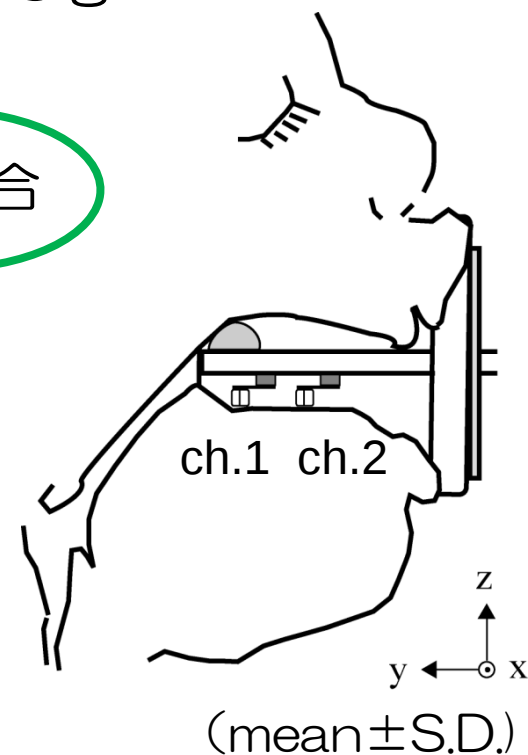
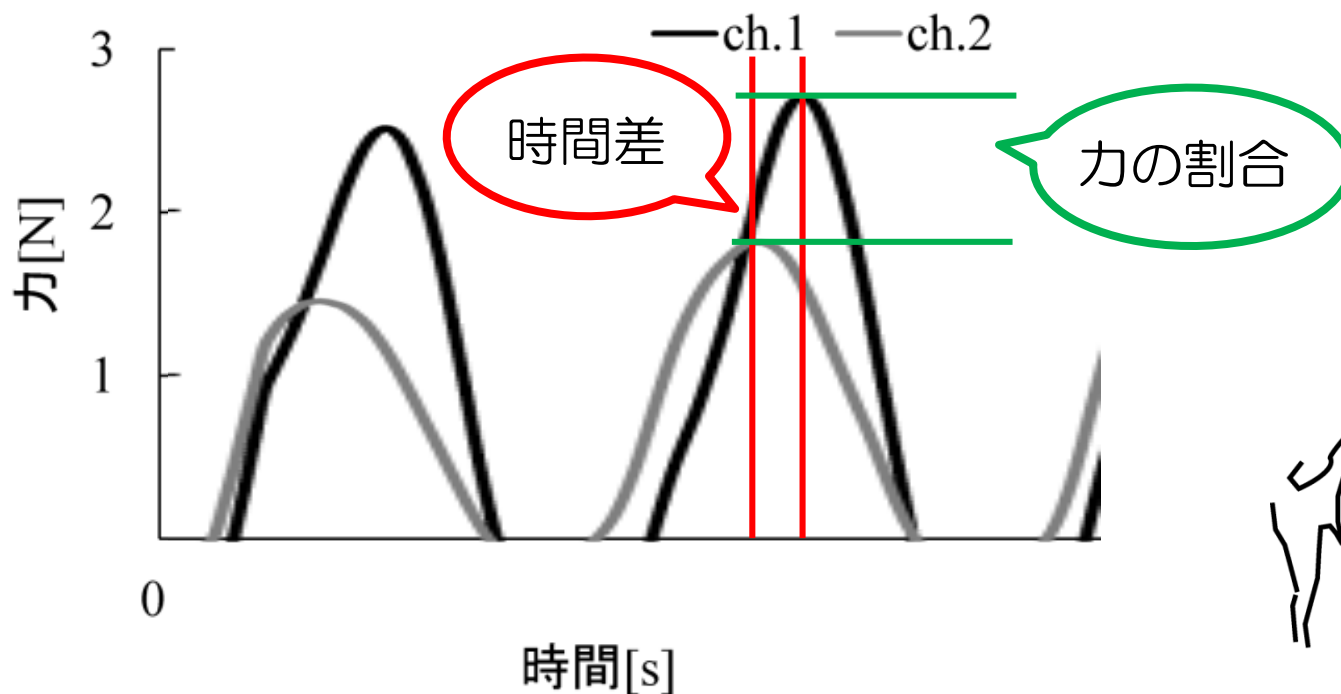
人工乳首

- 母乳と人工ミルクの両立（乳頭混乱）
- 人工乳首の選択

搾乳器

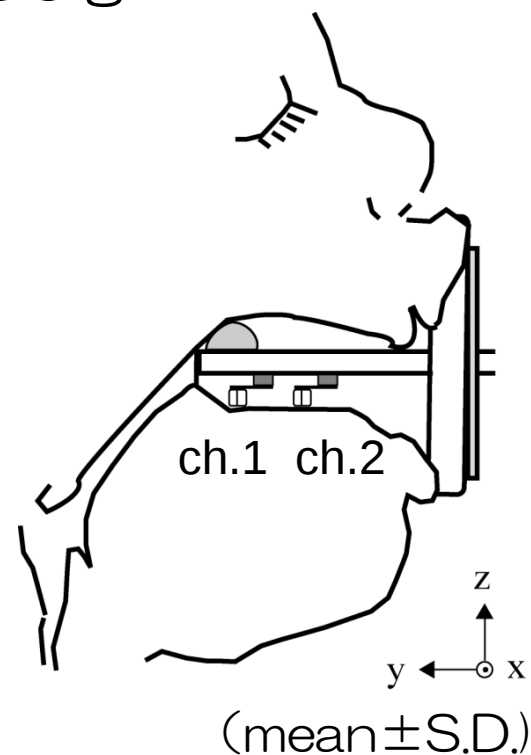
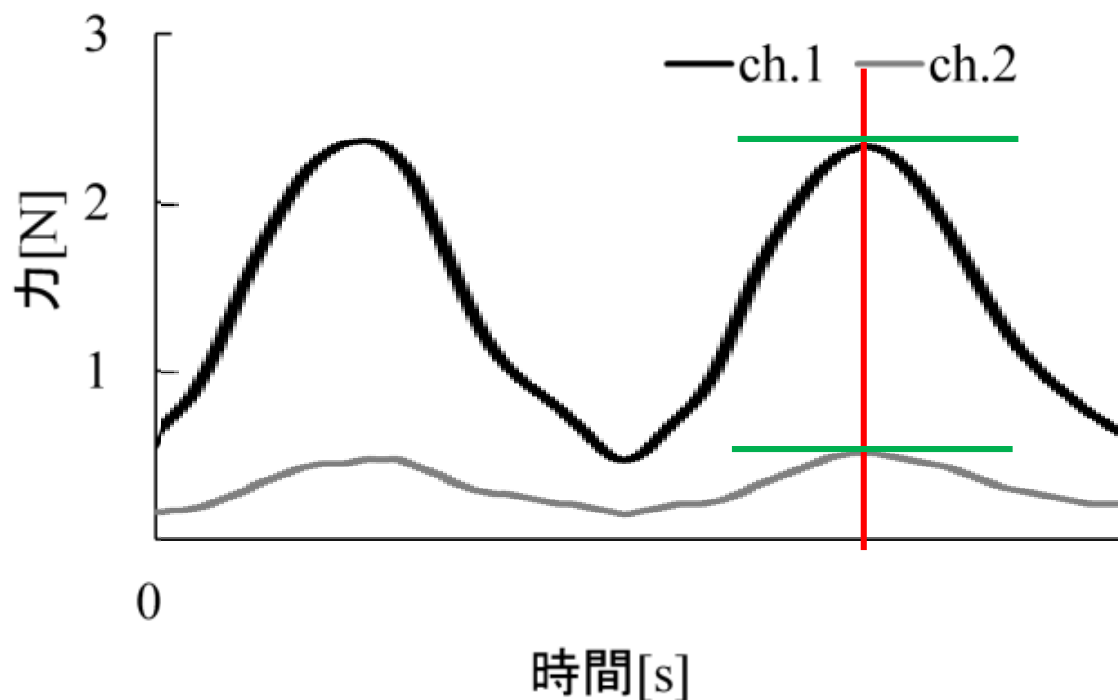
- 痛くない搾乳器
- 母親のストレス軽減のための環境作り

被験児A(女児)
在胎週数40週，出生体重3086 g

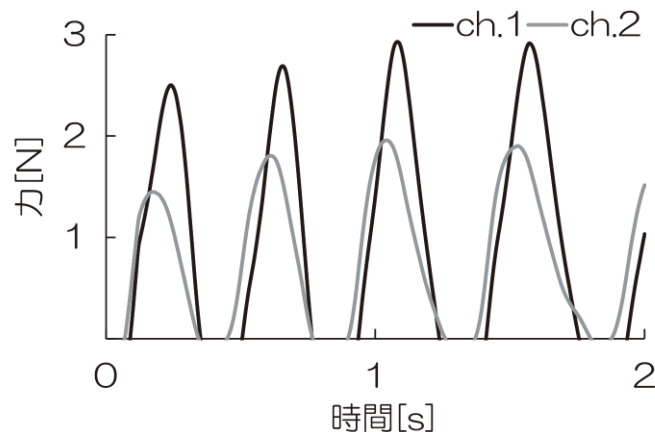


	日齢	最大接触力[N]		吸啜周期[s]
		ch.1	ch.2	
被験児A	生後21日	2.76±0.18	1.78±0.20	0.45±0.03

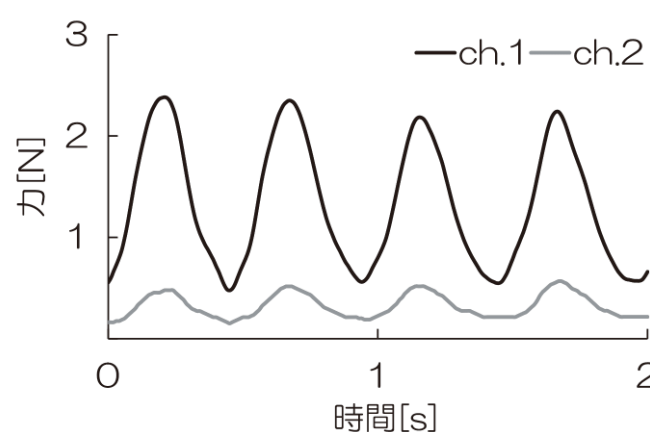
被験児C(男児)
在胎週数34週，出生体重1590 g



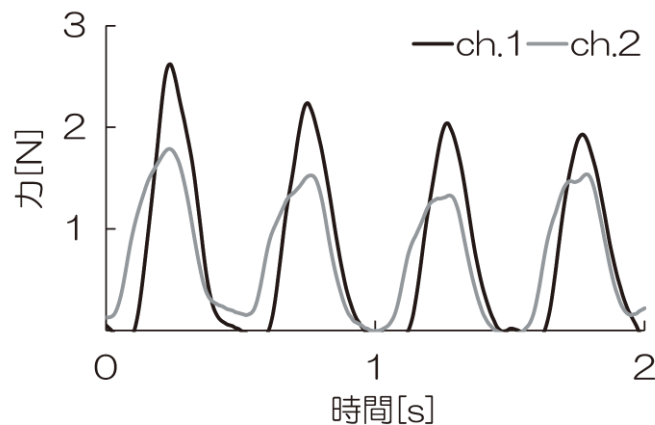
	日齢	最大接触力[N]		吸啜周期[s]
		ch.1	ch.2	
被験児C	生後44日	2.29 ± 0.08	0.52 ± 0.03	0.48 ± 0.03



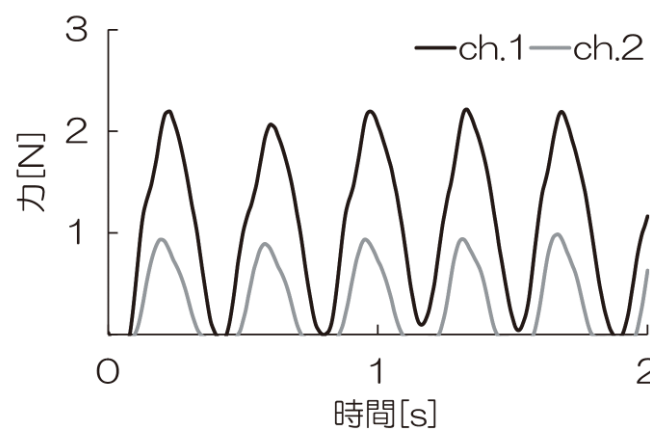
被験者A (健常)



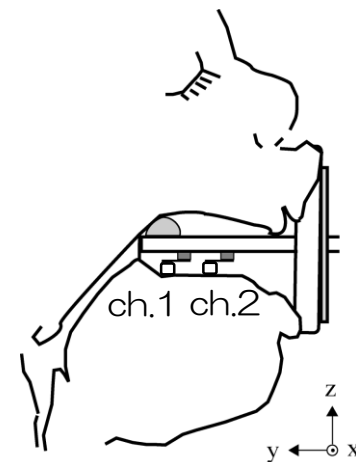
被験者C (吸啜不良)

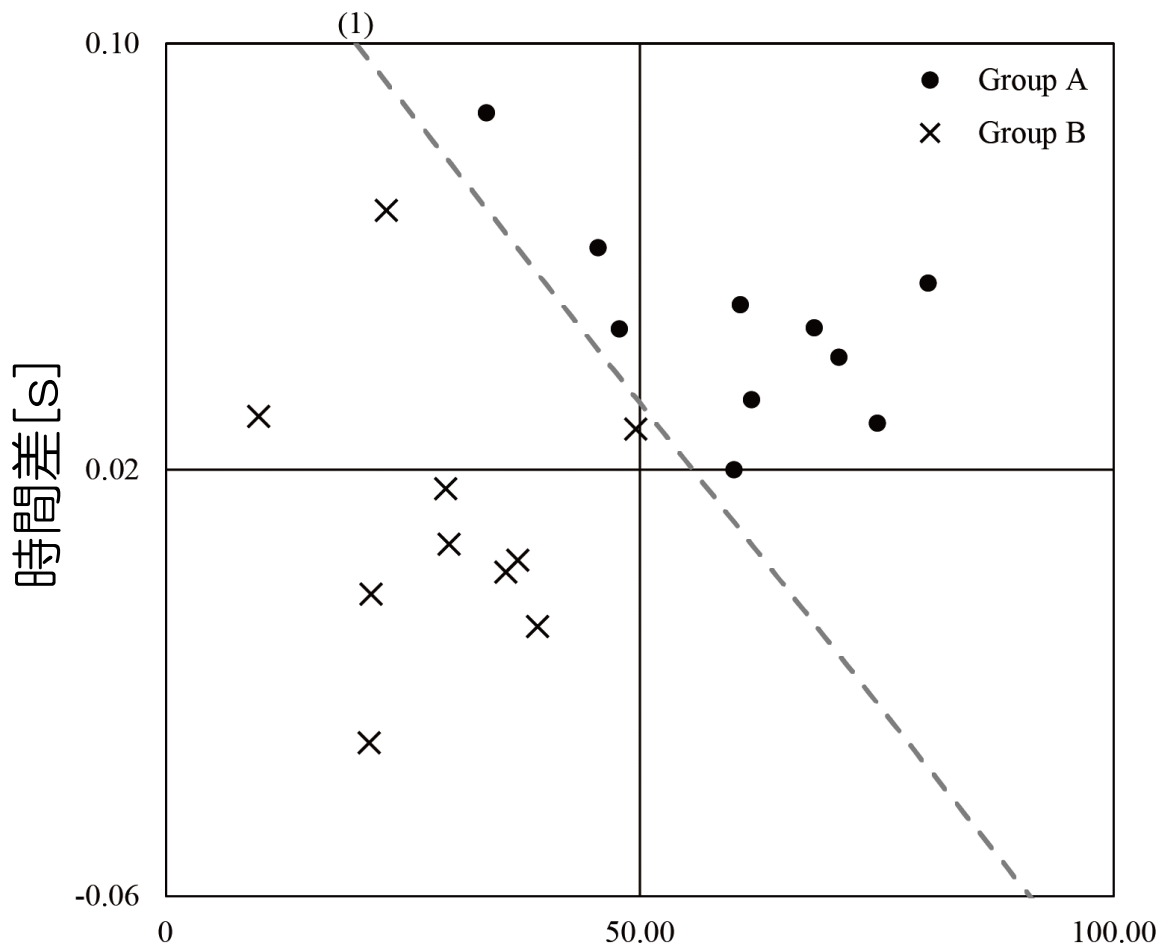


被験者B (健常)



被験者D (吸啜不良)





母乳を直接摂取するためには、**力と時間差の協調**が重要であることが考えられる

分離境界線(1)

$$y = -0.0022x + 0.1445$$

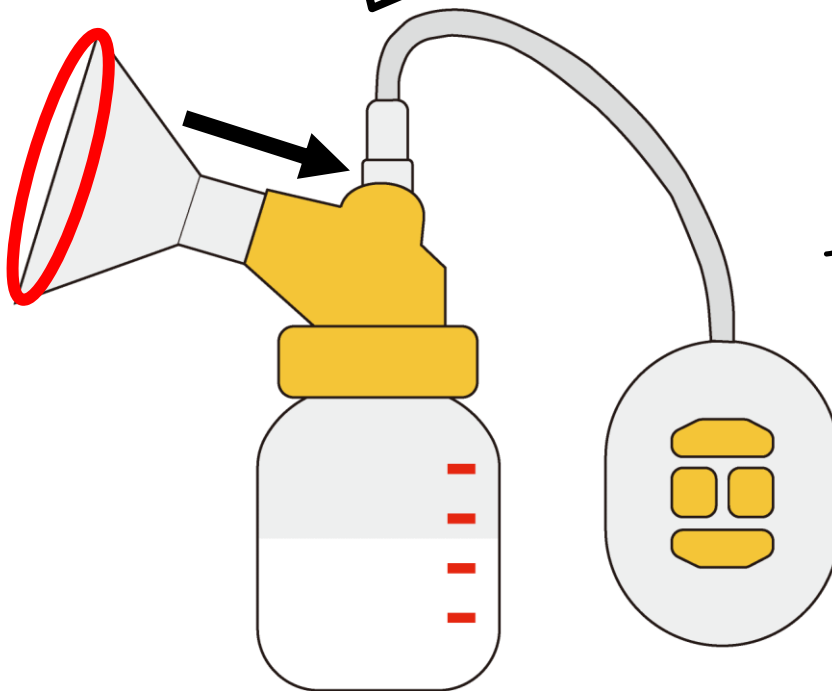
$$\frac{-0.0022x}{y - 0.1445} = 1$$

吸啜能力の評価へ

西恵理, 塩野貴正, 平岡勝之, 奥田遼友, 利光勝久: “乳児の吸啜時における蠕動様運動の力学的特徴について”, 電気学会論文誌C, Vol.141, No.11, pp.1138-1143 (2021)

乳房に押し当てる

圧力をかけ
乳汁を搾出



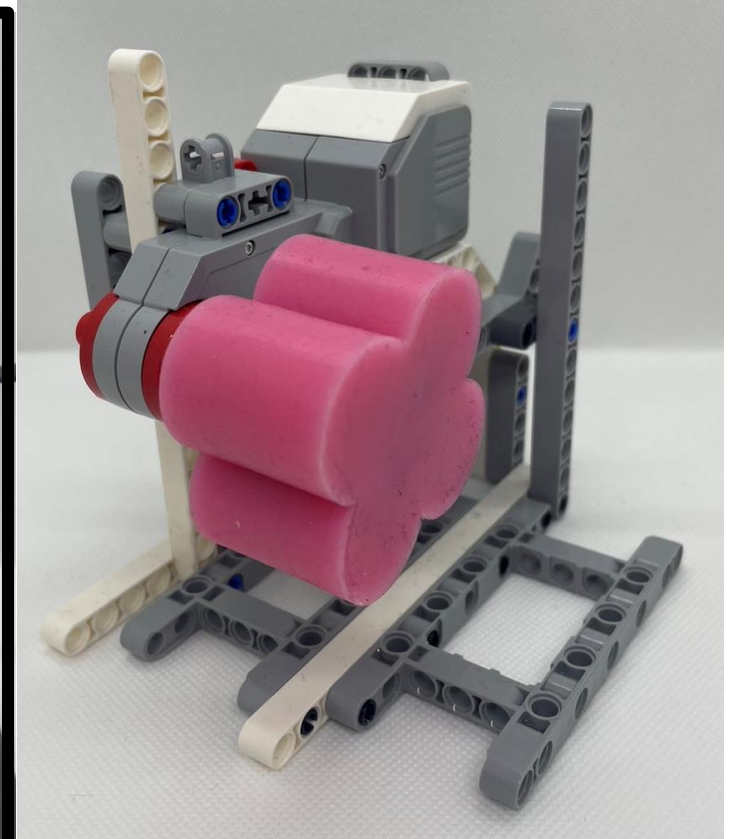
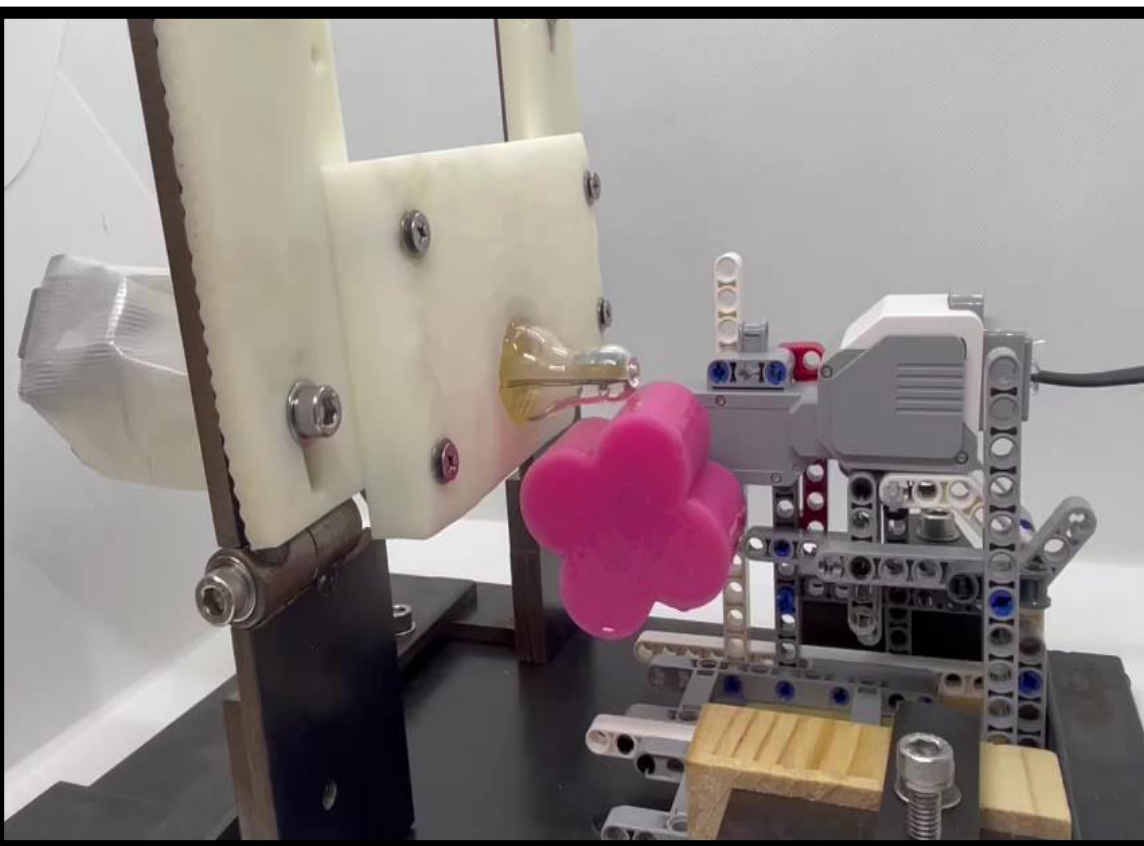
強い圧力をかけることで
陰圧を利用し乳汁を絞り出している

その結果

- ・ 痛みが生じる
- ・ 乳腺炎を引き起こす
- ・ 精神的に苦痛が生じる

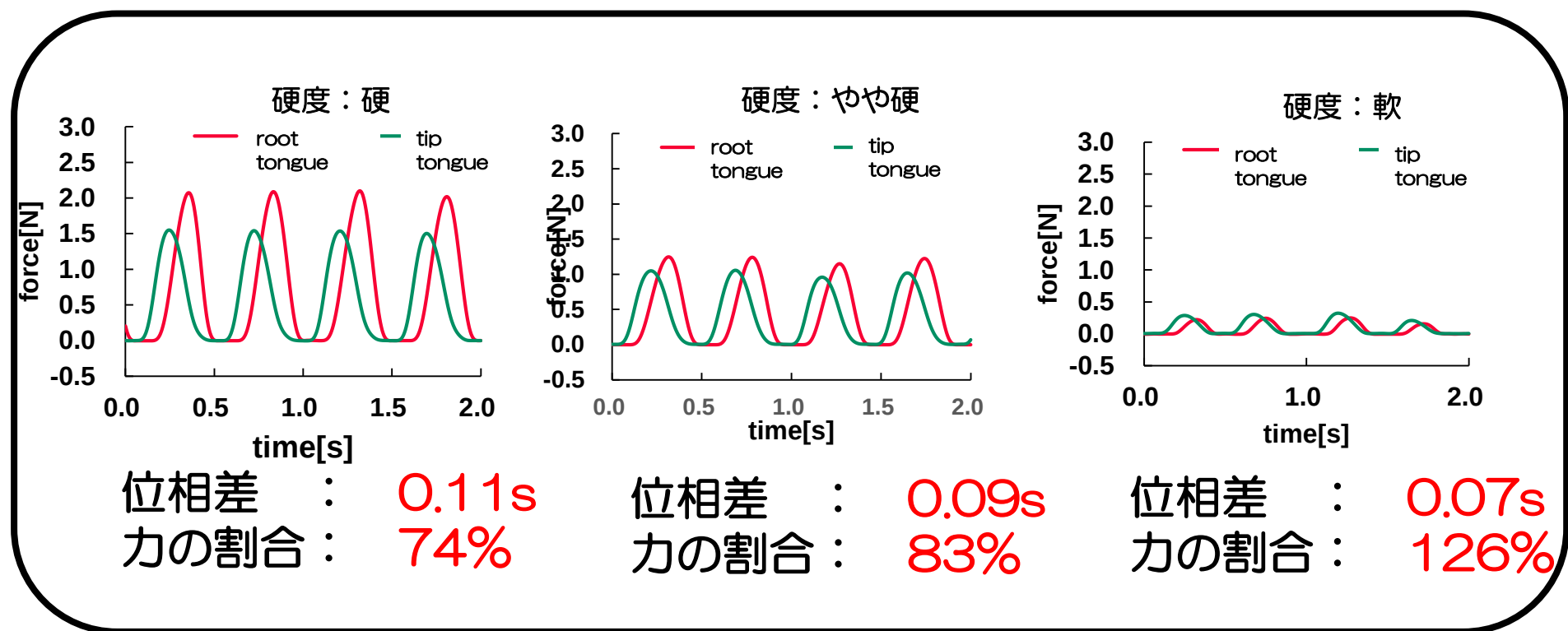
乳児の舌運動（蠕動様運動）
を再現できていない

藤本紗央里，横尾京子：“早産児の母乳育児における電動搾乳器の有効性”，日本新生児看護学会誌，Vol.15，No.2，pp.2-10（2009）





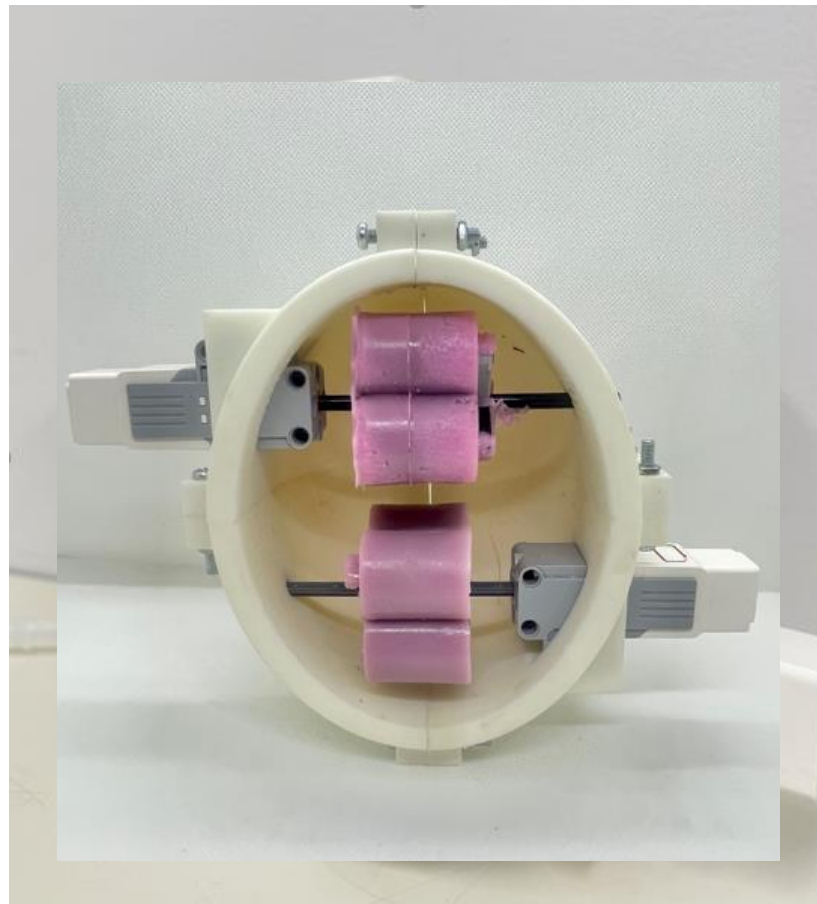
力点部の円の直径、円の中心点の間隔、形、硬度を少し変更するだけで大きく力波形に違いが生じる

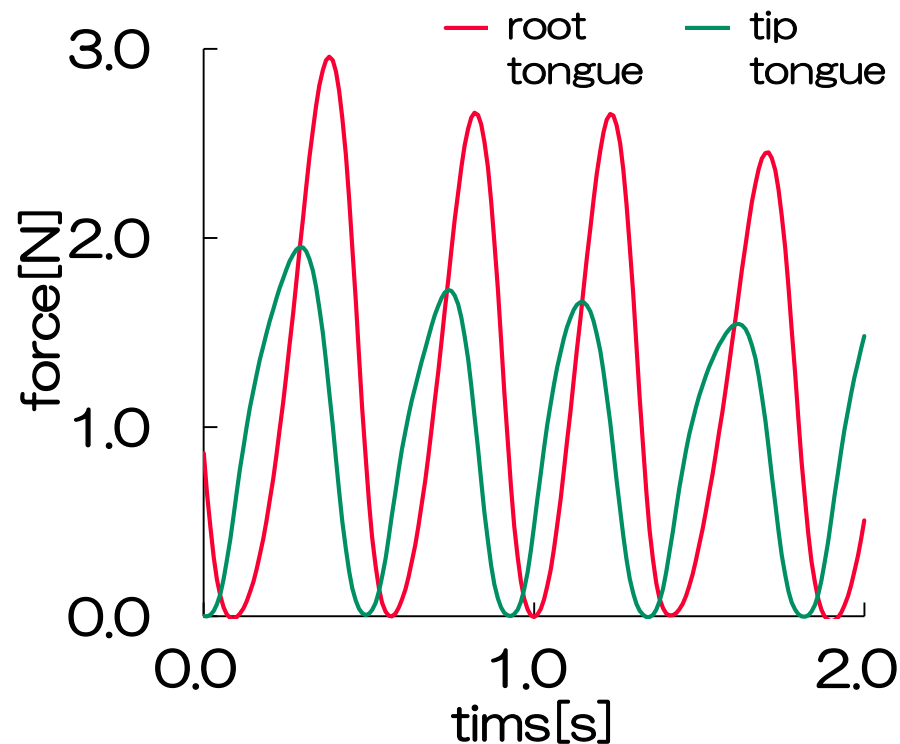


搾乳器の大きさ

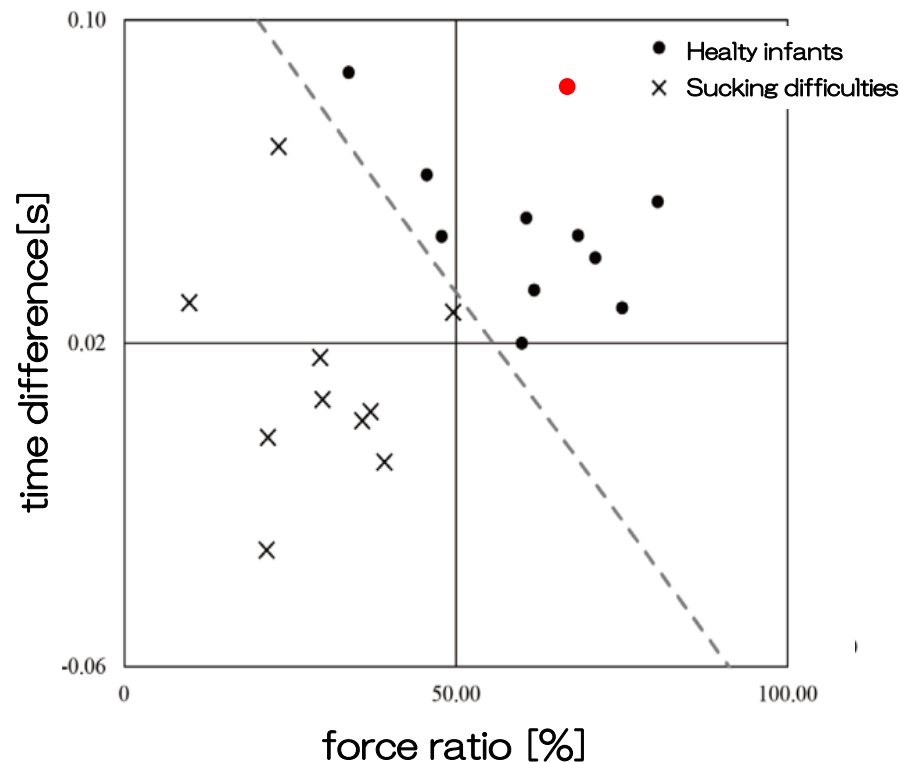
長径	140mm	お椀型
横幅	110mm	
奥行	80mm	

- 力点部を2つ内蔵 ➡ 搾出能力を向上
- 肌にふれる箇所はカバーを装着 ➡ 衛生面に配慮
- 柔らかいゴムカバーの先端にチューブを設置
➡ 乳児の吸啜時に生じる陰圧を模擬することで乳汁を搾出

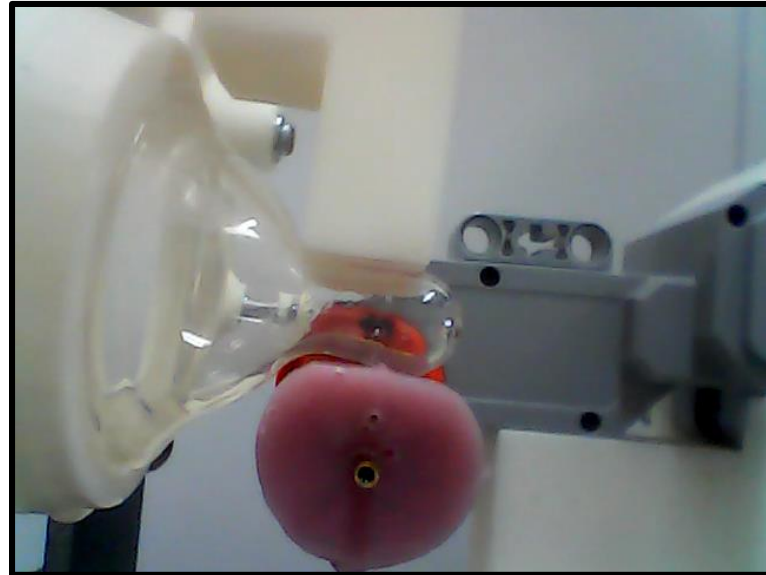
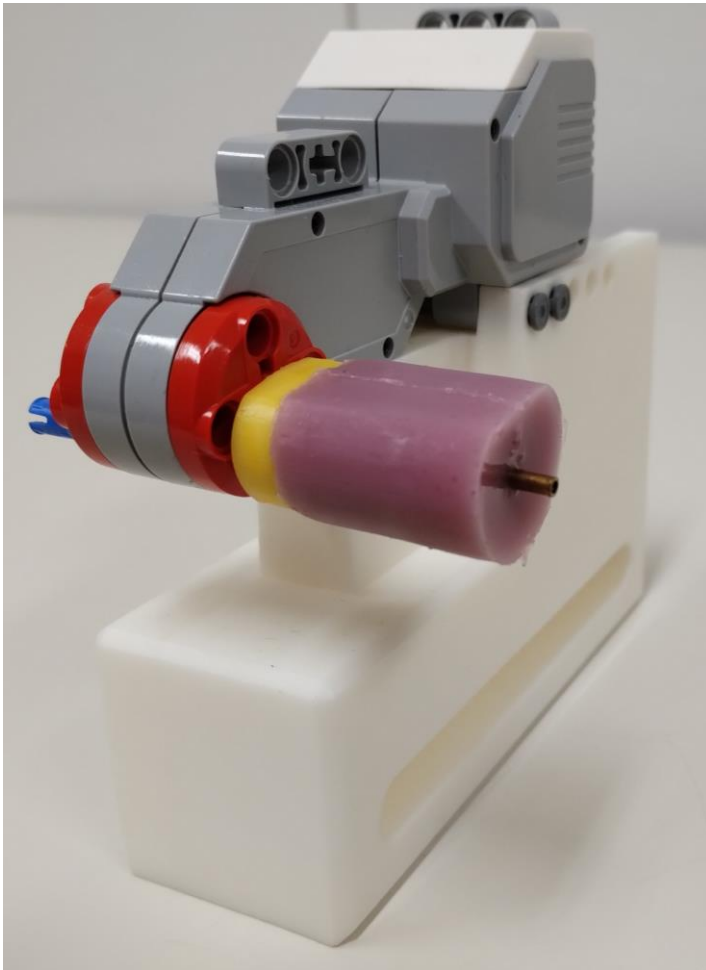




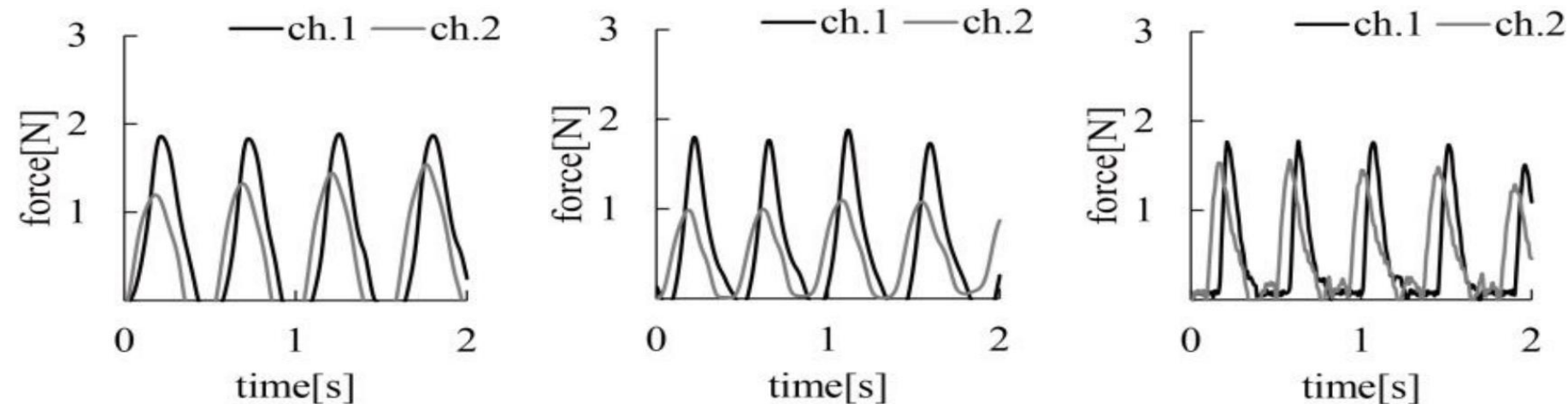
位相差：0.09s 力の割合：64%



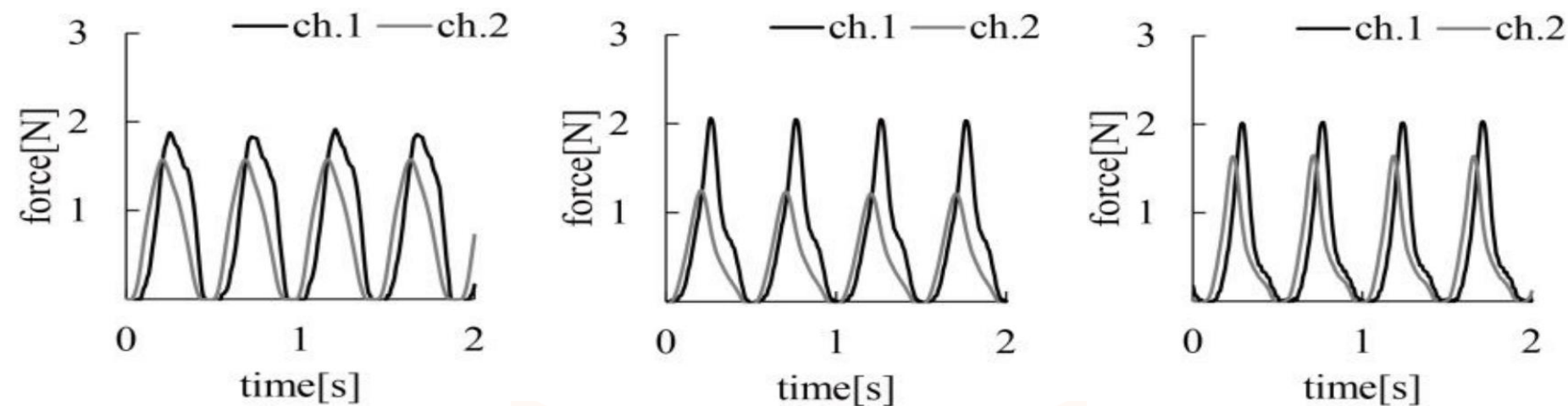
西恵理，塩野貴正，平岡勝之，奥田遼友，利光勝之：“乳児の吸啜時における蠕動様運動の力学的特徴について”，電気学会論文誌C（電子・情報・システム部門誌），No.11，pp.1138-1143（2021）



乳児の舌力波形



乳児の舌運動再現モデル





平均	11.0 g
標準偏差	0.9 g
(3分間)	

乳児は1回の哺乳で10～30分の時間を要し30～200ccの乳汁を摂取

■搾乳器への適用

以下のような企業との共同研究を希望

(1)乳児ケアやサポートへの適用

- ①少子化問題に取り組む企業
- ②共働き世帯のサポートを真剣に考えている企業

(2)新製品への適用

- ③新たな搾乳器の開発を望む企業
- ④ベビー用品への参入に興味がある企業

(3)素材の適用領域拡大

- ⑤抗菌，耐久性等に強みのある素材関連企業
(清潔さ，メンテナンス性を考慮した実装)

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称：口腔内モデル、吸啜再現装置
および搾乳器
- 出願番号：特願2023-050629
- 出願人：学校法人 常翔学園
- 発明者：西 恵理

お問い合わせ先

摂南大学

研究支援・社会連携センター

T E L 072-800-1160

e-mail SETSUNAN.Kenkyu.Shakai@josho.ac.jp