

平成 30 年 9 月 7 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K12043

研究課題名(和文) デジタルおしゃぶり：発達認知科学的知見に基づく新たな情報デバイスの設計と開発

研究課題名(英文) Digital Pacifier: Design and Development a New Digital Device based on Developmental Science

研究代表者

開 一夫 (Hiraki, Kazuo)

東京大学・大学院総合文化研究科・教授

研究者番号：30323455

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、認知的・言語的機能が低下あるいは発達途上であっても柔軟に用いることのできる情報デバイスをデザイン・開発することを目的として研究を進めた。具体的には、既に開発済みの「デジタルおしゃぶり」のプロトタイプを改良し、発達認知神経科学的実験とデバイスの改良を同時並行的に行いながら、口唇部で操作する情報入力装置を開発した。本研究の特徴は、意思表示や言語機能・認知機能が発達途上の乳幼児を対象としたデバイス評価実験を実施したことである。

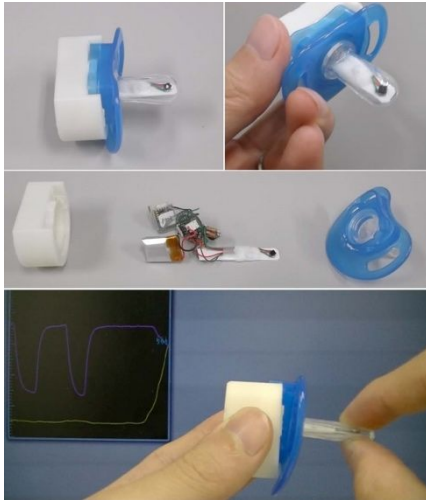
研究成果の概要(英文)：In this research, we aimed to design and develop an information device that can be flexibly used even if the cognitive / linguistic function is deteriorated or in the process of development. Specifically, we improved the prototype of "digital pacifier" which has already been developed and clarify the usability of the device as an information input device which operates at the lip part. In parallel we conducted developmental cognitive neuroscience experiment and device improvement. The point of this research is that the device evaluation tests were conducted for infants who are developing.

研究分野：発達認知科学

キーワード：デジタルおしゃぶり デジタルデバイス IoT 意図

1. 研究開始当初の背景

身障者や高齢者を対象としたコミュニケーション支援技術に関しては、近年その重要性が認知されており、実用化されている装置も散見される。たとえば、ALS など重度の身障者でも随意的に動かすことのできる身体部位を特殊なセンサでモニターし、画面上のソフトキーボードでの入力操作を補助することで情報機器や家電機器を操作可能にしたものが存在する(日立製作所「伝の心」など)。しかしながら、こうした支援機器は、成人 ALS 患者など言語的能力を獲得後に病態が悪化した人々をターゲットとしており、認知的・言語的機能が発達途上にある小さな子どもや認知的機能が低下した高齢者には適用することができない。現状では、認知的・言語的機能が未発達な若年障がい児、あるいはこれらの機能が極端に低下した高齢者のコミュニケーションを支援するための技術は国内外を問わず見あたらず、有効な研究アプローチが切望されている。



こうした背景にあって、本研究の最終目標は、認知的・言語的機能が未発達あるいは低下していても適用することが可能な情報デバイスを設計・開発することである。このための具体的アプローチとして我々が提案するのは、乳幼児研究用に我々が開発した「デジタルおしゃぶり装置」(上写真、特許申請中)を情報入力装置として改良し、乳幼児・若年齢児だけでなく健常成人や認知機能の低下した高齢者にも活用してもらうための課題を明確にすることである。口唇部は生後すぐ(あるいは胎児期)から自由度をもって動かすことのできる唯一の部位である。我々が開発したおしゃぶりデバイスは、最先端のセンサ技術と組込コンピュータ技術を用いることで、乳幼児・成人の口唇部の運動を精緻かつ安全に計測可能であり、使用には四肢

の運動を全く必要としない。



乳児研究における非栄養吸嚙行動は、注視時間に基づく研究法が主流となる以前から、新生児を対象とした実証的研究で用いられてきた。特に、音声言語発達の分野では、欧米の研究者らによって行われた実験研究により、重要な発見がいくつもなされている(たとえば、DeCasper and Spence(1986)、Mehler, et al., (1988)など)。しかしながら、近年では吸嚙行動を指標とした研究は殆ど行われていない。その理由として考えられるのは、従来の装置が大掛かり、かつ、実験の実施と解析にコストがかかることがあげられる(上図)。

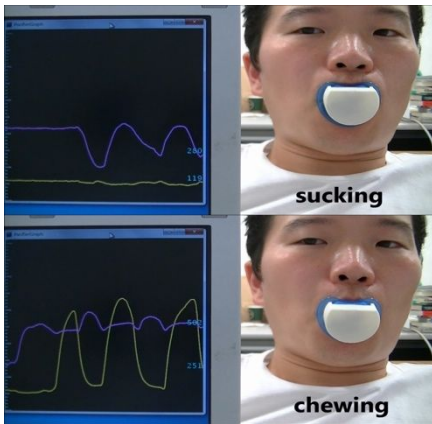
2. 研究の目的

本研究では、上述した研究の最終目標を達成するため、平成 27 年度と 28 年度の 2 年間でデジタルおしゃぶりをを用いた発達認知神経科学的実験とデバイスの改良を同時並行的に行いながら、**発達認知学的知見に基づいて、トグルスイッチ(on-off スイッチ)・ポインティングデバイス・意図表出装置としてのデジタルおしゃぶりの可能性と課題を、既存の入力デバイスとの比較から明らかにする。**

我々が開発した「デジタルおしゃぶり」は、**四肢の制御能力が未発達な乳幼児にも適用できる情報デバイスである(次頁)**。このデバイスは組込システムの技術を用いて、コンパクトかつ無線(Bluetooth)で複数のコンピュータと通信可能である。また、圧力センサではなく、2 つのフォトセンサによっておしゃぶり乳首部の形状を高い時間解像度でセンシングしているため口腔内の異なる運動(sucking, chowing)を計測することができる。

3. 研究の方法

我々の開発したデジタルおしゃぶりは既に多数の乳児(3 ヶ月から 12 ヶ月の健常児)を対象とした発達科学実験(具体的には随伴性の検出に関する発達科学的研究)に適用済みであり、乳幼児の非栄養吸嚙行動を口バストに計測可能なことが確認されている。



本申請研究では、**デジタルおしゃぶりを新たな情報入力デバイスとして活用することに挑戦**する。一般的情報入力デバイスとしては、キーボードやマウス・タッチパネル・ジョイスティック等さまざまなものが実用化されているが、これらは基本的に手指による操作を要求している。四肢運動制御が困難な患者が口唇部のみで操作できるマウス(クチマウス、徳器技研工業(株)等)も開発されているが、装置は固定式で成人での使用が前提とされている。一方、我々のデジタルおしゃぶりは、既製の乳幼児用おしゃぶりにセンサを挿入する形で実現されており、持ち運びが容易であるため、スマートフォンやグラスタイプモニター等での使用も可能である。

さらに、本申請研究では、認知的・言語的に発達途上あるいは低下した乳幼児・高齢者に向けたコミュニケーション支援技術の構築を最終ターゲットとしていることは特筆に値する。これまでの研究が子ども向けコミュニケーション支援技術を軽視していたことは、脳性麻痺や ASD などの子ども達にとってはクリティカルな問題である。なぜなら、近年の発達科学は、コミュニケーション能力の基盤として、発達初期における子と養育者間の健全かつ十分な社会的相互作用によるアタッチメント形成が重要視されているからである。重度の身体的障がい児においては、社会的相互作用の対象となる相手(養育者)の行動に対して反応したり、自身の意思や情動状態を表出したりすることが困難である。逆に養育者(や介助者)側の視点に立つと、自分の行為に対する反応が微弱な相手(子ども)に対して一方向的に働きかけることが難しくなり、結果的にやり取りを継続することが困難になる。アタッチメントの形成には、十分な随伴的相互作用経験が必要条件であるとすると、たとえ子どもが相手(養育者)の表出を認知できたとしても、自然に反応できない場合は、この経験が極度に限定されてしまうことになる。障がいを伴って生まれた子どものためのコミュニケーション支援技術の開発には、前言語的コミュニケーションに焦点をあてつつ、微弱な反応でもアタッチメント形成を促進する方法を考慮しなければならぬ。

「デジタルおしゃぶり」は、吸啜行動をリ

アルタイムで他のモダリティ(視覚刺激や音)に変換することを可能としており、PCディスプレイ上のCGオブジェクト等の操作のための情報入力デバイスとして用いることで、発達途上の子どもと養育者との相互随伴的なやり取りを支援してアタッチメント形成に貢献することが期待できる。

身障者・高齢者のコミュニケーション支援技術創出を前提とした研究アプローチを確立するため、身障者や高齢者を直接対象とした研究を行うのではなく、乳幼児を対象とした行動実験・脳活動計測実験を行うことが研究方法における中心的アイデアである。具体的には、「デジタルおしゃぶり」をテストベッドとして、以下の3つの研究項目を実施した。

【研究項目1】脳活動指標・行動指標を駆使したスイッチとしての評価実験

【研究項目2】複数センサを用いた「デジタルおしゃぶり」の改良

【研究項目3】乳幼児をモデルとした意図表出装置としての可能性

4. 研究成果

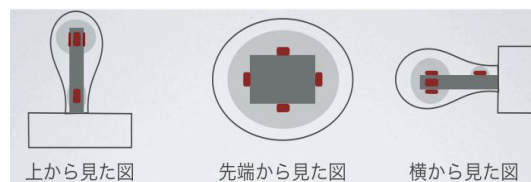
【研究項目1】脳活動指標・行動指標を駆使したスイッチとしての評価実験

この研究項目では「デジタルおしゃぶり」の on-off スイッチとしての可能性と課題を成人(大学生)で検討した。具体的には、音刺激や視覚刺激の検出直後に(すばやく)反応することを要求する **単純反応課題**(simple-reaction task)とある刺激が呈示された場合にのみ反応する **Go/No-Go 課題** ボタンスイッチと「デジタルおしゃぶり」の2種類の反応方法で実施し、反応時間・正答率の差異を分析した。

分析の結果、デジタルおしゃぶりをを用いた場合とボタンスイッチを用いた場合には反応時間・正答率ともに差異がみとめられず、デジタルおしゃぶりの入力デバイスとしての有効性が確認できた。

【研究項目2】複数センサを用いた「デジタルおしゃぶり」の改良

従来の「デジタルおしゃぶり」は、右上図



に示した通りおしゃぶり乳首部の先端(tip)と根元(base)のそれぞれに1つずつフォトセンサを配置する形で実装されている。現状の装置でも、吸啜や咀嚼など異なる複数の行動を時間解像度よく計測することが可能であるが、文字入力や画面上の任意の位置の指示(ポインティング)など細かな動作を要求する作業に関しては十分な性能とは言いがたい。そこで、【研究項目2】では、右図に示した通り、フォトセンサを5つに増やし、方

向指示を可能とした。これにより、モニター上の任意の位置を一般的マウスやジョイスティックのように指示することが可能となり、完全ハンズフリー情報入力装置として、四肢動作が困難なユーザだけでなく、一般（健常）ユーザの情報入力装置としても用いることが期待できる。このバージョンのデジタルおしゃぶりの有効性の検討については今後課題である。

【研究項目3】乳幼児をモデルとした意図表出装置としての可能性

乳幼児を対象とした実験では、まず2画面選択注視法(preferential looking; PL法)を用いた随伴性検出の行動実験を行う。ここでは、PL法において並列呈示される刺激の一方をデジタルおしゃぶりで検知された吸啜行動データに随伴して視覚対象の大きさや音(ピッチ)を変化させ、もう一方の刺激はランダムに変化させる。乳児(5ヶ月児から12ヶ月児)が区別するかどうかをアイトラッカーを用いた注視行動の分析と非栄養吸啜行動の時系列データの分析から明らかにした。従来の随伴性検出研究では、乳児の足運動をカメラでとらえ、それをモニター上にフィードバックするといった方法が取られていた。しかし、乳児は日常的に足運動の視覚的フィードバックを経験しているため、その影響を排除できていない。これに対して、吸啜行動の視覚刺激は自分で直接観察することはできないので、随伴性のある・なしに対する乳児の反応を検討する上で優れている。本研究の成果は現在国際誌に論文投稿準備中である。

今後の課題

研究当初に目論まれていた、EEGとデジタルおしゃぶりをを用いた事象関連電位研究については、デバイスの特性上モーションアーチファクトが載りやすく、未だ有益な知見を与えることはできていない。今後は分析方法を改良するなどして、発達認知神経科学的な研究にもデジタルおしゃぶりを活用していくよう検討中である。

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 6件)

1. Ozawa S, Hiraki K. Distraction decreases prefrontal oxygenation: A NIRS study. *Brain and Cognition* (in press) 査読あり
2. Alimardani M, Hiraki K. Development of a Real-Time Brain-Computer Interface for Interactive Robot Therapy: An Exploration of EEG and EMG Features during Hypnosis. *World Academy of Science, Engineering and Technology*,

International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering, (2017.2)11(2):135-143. 査読あり

3. Kanakogi Y, Inoue Y, Matsuda G, Butler D, Hiraki K, Myowa-Yamakoshi M. Preverbal infants affirm third-party interventions that protect victims from aggressors. *Nature Human Behaviour* (2017.1.30)1:0037 査読あり
4. Kawamoto T, Ura M, Hiraki K. Curious people are less affected by social rejection. *Personality and Individual Differences* (2017.1.15)105:264-267. 査読あり
5. Ohki T, Gunji A, Takei Y, Takahashi H, Kaneko Y, Kita Y, Hironaga N, Tobimatsu S, Inagaki M, Kamio Y, Hanakawa T, Hiraki K. Neural oscillations in the temporal pole for a temporally congruent audio-visual speech detection task. *Scientific Reports* (2016) 6:37973. 査読あり
6. Matsuda G, Ishiguro H, *Hiraki K. EEG-based mu rhythm suppression to measure the effects of appearance and motion on perceived human likeness of a robot. *Journal of Human-Robot Interaction*. (2016.3) 5(1) 68-81. 査読あり

〔学会発表〕(計 7件)

1. 開 一夫 教育とIT CRN アジア子ども学 交流プログラム第1回国際会議 2017.3.4 CROWN PLAZA SHANGHAI(中国・上海) 招待講演
2. 開 一夫 赤ちゃんを研究する 発達基礎科学シンポジウム 2017.2.18 東京大学(東京都文京区), 招待講演
3. 開 一夫 社会性の発達と人工知能 東京学芸大学附属幼稚園子育てトーク 2017.1.24 東京学芸大学附属幼稚園(東京都文京区), 招待講演
4. 開 一夫 赤ちゃんが社会とかわるとき: 発達認知神経科学的研究 第32期静岡県小児科医会「冬の学術講演会」 2016.12.3 静岡第一ホテル(静岡県静岡市)、招待講演
5. 開 一夫 ペダゴジカルマシンのための2人称研究 CViM(203回)特別講演 2016.9.6 富山大学(富山県富山市)、招待講演
6. 開 一夫 ロボットとのファーストコンタクト 日本科学未来館イベントミニトーク 2016.7.9-10 日本科学未来館(東京都江東区)、招待講演

7. 開 一夫 社会性の発達と脳科学 第 69 回
日本保育学会 2016.5.8 東京学芸大学
(東京都小金井市)、招待講演

〔図書〕(計 3 件)

1. Hiraki K. Pedagogical Machine: Studies Towards a Machine that Teaches Humans. In Human-Harmonized Information Technology Springer Japan (in press)
2. 開 一夫、金山範明(編)「脳波解析入門：EEGLAB と SPM を使いこなす」
(東京大学出版会)
3. 開 一夫、藤本美貴「ミキティが東大教授に聞いた赤ちゃんのなぜ？」(中央法規)

〔産業財産権〕

出願状況(計 1 件)

名称：“おしゃぶり”
発明者：開 一夫・石井健太郎・黒石純子・大杉佳美・角田奈々
権利者：開 一夫・石井健太郎・黒石純子・大杉佳美・角田奈々
種類：特願
番号：2016-030412
出願年月日：2016
国内外の別：国内

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<https://ardbeg.c.u-tokyo.ac.jp/ja/top/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

開一夫 (Hiraki Kazuo)

東京大学・大学院総合文化研究科・教授

研究者番号：30323455