

# 研究報告書

## 安心感の醸成と孤独感の低減をめざす Emotional Reality 情報技術の確立

研究期間：2016 年 12 月 ~ 2020 年 3 月

(新型コロナウイルス感染症の影響を受け 2021 年 3 月まで延長)

研究者：仲谷 正史

### 1. 研究のねらい

本研究の狙いは、触覚を通じた抗いようもない実感:Emotional Reality の意義を詳らかにし、人工知能によって高度に発達した情報化社会において、人類が不安なく生きてゆくための情報技術の開発である。

現代の情報化社会において、データの自動判別器としての人工知能が広く利用されるようになってきた。一方、人間の感覚で触覚に関するデータについて、人工知能が適用された事例はまだ多くない。この理由は、(1) 情報化することが容易ではないことに加えて(2) 触覚や身体感覚が人間の認知や心理にもたらす意味／意義が十分に理解されていない現状がある。

触覚は、視覚や聴覚が発達していない胎児のころから持っている感覚である。それが故に、子供は目に見えたどんなものにも触り、時に口に入れて確かめる性質を持つ。この性質を使って自己と環境、自己と他者との違いについて学び、認知発達が進んでゆく。やがて、触れなくても見ただけで対象物の性質が推測できるようになると、視聴覚を中心として環境の情報を得るようになって考えられている。この過程の認知発達を理解することは、乳幼児だけでなく、ヒトにおける触感覚そのものの意義を理解することにつながる。

本研究では、触覚を利用した環境の理解が最も行われる時期である乳幼児期を研究対象として選び、子育てにおいて触れること・身体感覚を得ることの効用を明らかにすることをねらいとする。このねらいを実現するために、乳幼児の遊び行動の一つである視触覚による探索行動を取り組む課題として、この行動を定量化する手法を考案することで、触覚行動の有無や多少を測れるようにする。この触覚行動の量をもって、養育者と子供間のコミュニケーション様式を検討する、乳幼児向けワークショップの効果の定量評価をした事例を示す研究を行う。

この研究を遂行することで、人間の五感においてすべての感覚を支える足場の役割をしている触覚がどのような効用を乳幼児にもたらすのかについて検討する。特に、視触覚による探索行動の定量化を最新の機械学習に支えられたパターン認識手法を援用して実現し、これまで人間でしかできなかった認知発達の定量化の自動化をめざし、多様な視点からの研究知見のさらなる取得に貢献する。この知見によって、人工知能全盛期の時代に登場する子育て支援技術を開発し、発達認知科学の基礎知見から応用研究(製品評価)までをカバーできる計測技術とその実践方法の検討を行う。

## 2. 研究成果

### (1) 概要

研究の狙いを達成するために、次の3つの研究を行った。

#### 研究テーマ A : コンピュータビジョンと人工知能を組合わせた乳幼児の探索行動の客観的定量評価系開発の研究

子供が遊ぶ時にどのような探索行動を行っているかを自動的に判別し、探索行動の種類に応じてその行動を採用している時間の長さを定量化するシステムの構築を行った。視覚探索の検出に OpenFace、触覚探索の検出に OpenPose を利用し、選好注視タスクを援用した実験手法を考案し、適切な動画撮像環境を整えることで、視触覚探索の自動定量化を実現した。

#### 研究テーマ B : 養育者が乳幼児にふれることへの態度の意識調査

アンケート調査を通して、現代の養育者がその子供に触れる／触れられる際に感じている事柄を抽出することで、養育者の乳幼児へ触れることの態度を明らかにした。その結果、親が子供に触れる場合と触れられる場合では、親が触れることに対する解釈が異なることがわかった。親が子供に触れる場合には、子供とのボンディングを感じる場合と、子供の世話をする意図の2つの意味合いを持ちうることがわかった。その一方で、親が子供に触れられる場合に、親は子供が何らかのコミュニケーションを取りたいと解釈することがわかった。

#### 研究テーマ C : 養育者と子供のふれあいを促すワークショップ開発とその実践

現時代に生きる養育者と子供と一緒に体験できる身体ワークショップを企画・実践することを目標とした。器械体操の手法に基づく指導法と、からだのつながりを意識させる手法に基づく指導法に基づいた2種類のワークショップを企画・実施をした(総参加者 94 名)。身体を動かすワークショップを通して親子がお互いに触れる／触れられる機会を増やし、参加者の触れることへの理解を促した。

この3つの研究成果は、人工知能による動作自動解析/判別が一般家庭に普及した暁に、養育者と子供のふれあいが促される社会の実装方法と、その実装によって描く未来を予見させる。具体的には、人間同士の物理的なコミュニケーション[=触覚]の必要性を気づかせ、そのコミュニケーション形態を促し、視聴覚以外の感覚チャンネルにも開かれた情報社会の実現に貢献する。これはすなわち、高度に発展した人工知能情報社会において、触覚を通じた抗いようもない実感: Emotional Reality の意義に気づき、確認することを促すメタ人工知能を開発する余地と、実体のある人間同士でしか獲得し得ない自己・他者理解の様式を保存する技術の礎を築く。

### (2) 詳細

研究テーマ A 「コンピュータビジョンと人工知能を組合わせた乳幼児の探索行動の客観的定量評価系開発の研究」 研究達成率:100%

子供が遊ぶ時にどのような探索行動を行っているかを自動的に判別し、探索行動の種類に応じてその行動を採用している時間の長さを定量化するシステムの構築を行った。DNN を利用した機械学習モデルを利用して、乳幼児が探索行動を行っている際の視線方向の検出と触探索行動の様子をビデオカメラにて撮影し、撮影データを自動で解析するシステムの構築を行った。このシステムで解析可能にするための実験パラダイムを、発達認知科学で広く使用されている選好注視タスクを援用して構築した。

構築した実験パラダイムと実験で使用する計測システムの妥当性を検証するために、日本科学未来館に設置されている「“おや？”っこひろば」での実験実施を実施した。19 名分の乳幼児データを取得することに成功し、このデータを用いて乳幼児の視触覚探索をデータ解析可能にする自動機械判別機の構築を行った。この研究成果は、2018 年 11 月に韓国にて行われたアジア触覚学会において発表を行った。

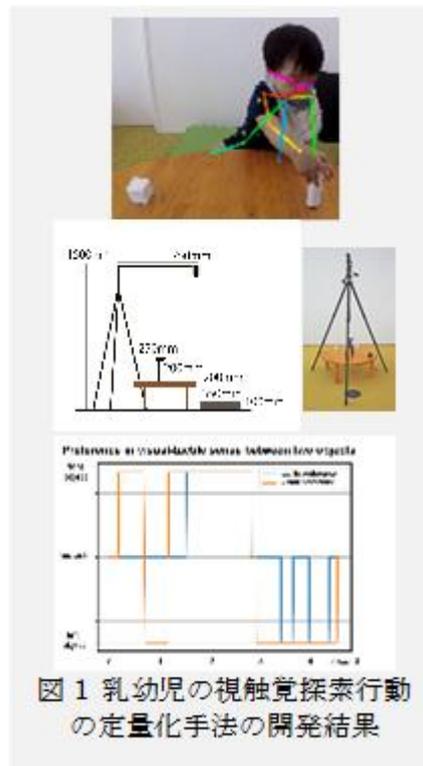


図 1 乳幼児の視触覚探索行動の定量化手法の開発結果

K. Sakurada et al., Baby Touch: quantifying visual-haptic exploratory behaviors in infants of sensory-motor development, In Proc. of AsiaHaptics 2018.

[https://doi.org/10.1007/978-981-13-3194-7\\_55](https://doi.org/10.1007/978-981-13-3194-7_55)

### 研究テーマ B 「養育者が乳幼児にふれることへの態度の意識調査」 研究達成率:70%

乳幼児に触れることに関する養育者の意識調査を行った。研究のねらいで述べたように、子供の探索行動は、その子の認知発達に影響を与えることが知られている。探索行動は視覚的なものだけでなく、手指や全身を使った触探索行動が含まれる。視覚や触覚の探索行動そのものを調べた先行研究はあるが、養育者の触れることへの態度が乳幼児の探索行動に影響を与えるかの研究は行われていない。

研究テーマ B では、アンケート調査を通して、現代の養育者がその子供に触れる／触れられる際に感じている事柄を抽出することで、養育者の乳幼児へ触れることへの態度を明らかにすることを目標とした。8つの質問項目から構成されるアンケートを作成し、0-6 歳の子供を持つ養育者 55 名に回答をしていただいた。

その結果、親が子供に触れる場合と触れられる場合では、親が触れることに対する解釈が異なることがわかった。親が子供に触れる場合には、子供とのボンディングを感じる場合と、子供の世話をする意図の2つの意味合いを持ちうることがわかった。その一方で、親が子供に触れられる場合に、親は子供が何らかのコミュニケーションを取りたいと解釈することがわかった。

この研究知見を受けて、本調査のアンケート項目を作成した。この本調査の項目を持って、日本科学未来館にて2019年現在の養育者が子供に触れることへの態度の意識の本調査を実施し、養育者の中でも触れることに積極的な場合と消極的な場合で触れる／触れられることにどのような感情を抱くかについて明らかにする。



緑川真央, 仲谷正史, 子どもに触れることに関する養育者の意識調査法の研究, 第10回多感覚研究会, 2018年10月.

### 研究テーマC「養育者と子供のふれあいを促すワークショップ開発とその実践」

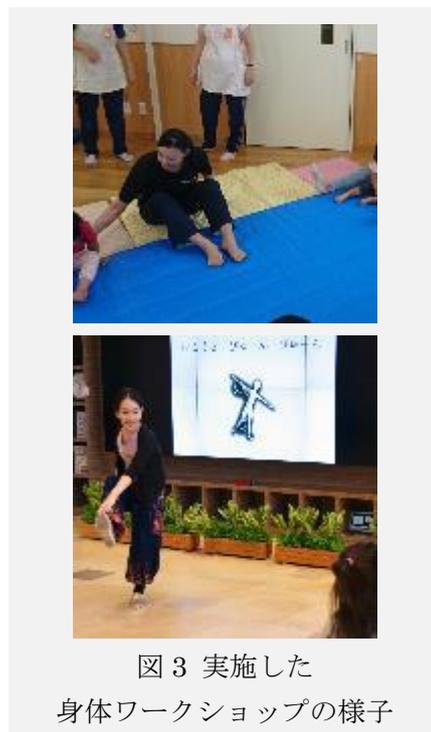
研究達成率: 60%

人工知能技術が子育てで生活の中に入り込んだときに、何に取り組むことが養育者と子供のふれあいを円滑化するかを探索的に検討することが研究テーマCの目的である。そこで、現時代に生きる養育者と子供と一緒に体験できる身体ワークショップを企画・実践することを目標とした。

この研究目標を達成するために、2種類のワークショップを企画・実施をした。1つ目に器械体操に基づく3-6歳児向けのワークショップを企画した。器械体操を子供に提供するワークショップを企画し、運営した。結果、15名の子供が参加した。

2つ目に0-2歳児にも適用可能な体操ワークショップを実施した。お茶の水女子大学の橋本有子博士に講師を依頼して、からだの動かし方を親子で学ぶワークショップの機会を企画・運営・実施を行った。結果、子供34名、大人32名が参加した。

身体を動かすワークショップを通して親子がお互いに触れる／触れられる機会を増やすことができ、参加者からも高評価を受けた。このワークショップを通して、どの程度触れることへの意識が変化するのかについては、研究テーマBで開発した質問紙を利用した調査が必要である。



### (3) 研究成果物のアウトリーチ活動 (2020 年度)

研究期間に得た研究成果物を一般の方へのフィールドワークの一環として展示会を実施した。また、研究知見を活用して実施した4件の研究プロジェクトを実事例として併置した。2020年夏のCOVID-19第1波・第2波の谷間の期間に実施したが、100名を超える来場者を得た。当日は、会場に来られない来場者のために、展示会の様子と研究内容をライブ配信する機会を設け、研究成果の情報発信に努めた。ライブ配信の内容はアーカイブとしてYouTubeにて閲覧できるようにした。(展示会ライブ配信:<https://youtu.be/yvQM03qeQmA>)

展示会会期中には、日経新聞、文藝春秋社メディア事業局の取材に対応し、当該研究の成果物を社会にわかりやすい形で発信した。触覚研究の内容は実際に触れてもらうことでその価値をよりよく理解できるが、展示会の形式を採用したことによって、新聞記事や特集記事でも平易な文章で記述していただいた。その後、月刊経団連への寄稿依頼(2020年10月)、教育研究2021年2月号「触れることの価値」特集号への掲載(2021年2月)、NPO法人ホスピタル・プレイ協会での教育講演(2021年2月、4月)、J-WAVEラジオ番組への出演(2021年4月18日に放送)依頼を受けた。今後も、さがかけ研究の成果物を社会に還元できるように、アウトリーチ活動は継続しつつ、投稿中の論文3件についても出版にこぎつけられるように進める。



### 3. 今後の展開

本研究の成果物を元にして、今後は次の3つの展開を考えている。

- (1) OpenPose/OpenFace を利用した乳幼児の視触覚探索行動の定量化システムについては、教育関連企業との研究連携／共同研究の実施を考えている。例えば、乳幼児向け玩具メーカーとの共同研究を行うことで、新しく開発された玩具が既存の玩具に比べて、視触覚探索行動をより促すのか、そうでないのかを定量化することが可能である。この知見は、玩具商品の出来を評価するだけでなく、玩具が持つ色や形状、大きさが視触覚による探索行動をどのように促進／抑制するかの知見を得ることに貢献する。この内容は産業応用の範疇にとどまらず、開発した玩具の対象年月齢である乳幼児がどのような行動を示すかの科学的な知見をもたらす。
- (2) 身体科学知見に基づくワークショップ提供のフレームワーク開発を実施する。本研究で実施した身体運動を促すワークショップ2種類は、参加者の満足度が高いものであったが、その効果の検証は参加者の感想や目に見える変化を確認した、といった定性的なものにとどまった。今後は、OpenPose などのデータ識別技術を援用した動画解析手法を利用して、体操ワークショップ前後の身体動作の変化（動かす時間／繰り返し位置精度など）を定量化することを試みる。この計測指標によって、ワークショップに参加した効果が計測できるのか、計測できるのであればどの程度の変化をもたらさうのかを、効果測定の精度検証とともに検討する。
- (3) 本研究で取得した乳幼児の視触覚探索行動のデータは OpenPose を構成する多層の畳み込みニューラルネットワークにて再学習するための元データになる。OpenPose の原著論文で使用された学習データは成人の身体データも含んでおり、乳幼児の身体スケールのデータセットだけではない。この身体スケールの違いを含む学習データがどの程度、子どもの姿勢計測に計測精度に影響を与えるかについては未検討である。本研究で取得した乳幼児の身体スケールデータを学習データとして利用することで計測精度の向上が図れるのかを検討するとともに、もし計測精度が上がる場合には、学習済みの畳み込みニューラルネットワークのパラメータを他の研究者が利用可能な状態で公開し、発達認知科学研究に取り組む（アカデミア・産業問わず）研究者に計測系の使用方法の解説を含めて技術情報を公開する。

以上の展開に加えて、3D プリンタを利用した視触覚探索行動を促す玩具開発の検討を継続するとともに、親子のふれあい意識調査の結果と、乳幼児の視触覚探索行動のパターンとの関連について検討を行い、情報化社会でますます機会が少なくなってゆくと予想される乳幼児の触れ遊びの意義を複数の視点で検討を行う。

### 4. 自己評価

研究成果は(1)発達認知科学研究の進展に貢献 (2)日本社会の次世代を育てる根幹技術の礎を築く (3)教育産業への波及効果の3点において、意義を見出すことができる。

(1) 本研究はヒトの発達認知科学研究の進展への貢献は、人工知能と、発達認知科学の実験パラダイムを有機的に結びつけることで、人工知能が乳幼児のヒューマン・ネイチャーを理解可能になる未来を示したことにある。いわゆる”人工知能”に基づくデータエンジニアリングの1

分野として、機械学習を利用した自動データ解析技術の重要性は研究者だけでなく、社会的にも広く認知されている。その一方で、一口に自動データ解析技術といっても、その解析技術そのものはデータサイエンス理論に基づくものであり、ヒューマンサイエンス研究に必要とされる具体的な内容については、研究の余地が残されていた。

科学研究の1つの目的として、ヒューマン・ネイチャー(人間の性質、人の自然)を理解することが挙げられる。ヒューマン・ネイチャーを研究することは心理学の領域であるが、人工知能に下支えされた研究手法については発展途上であった。本研究は、心理学と情報科学/情報工学を適切に組み合わせることで人工知能(自動データ識別機)が乳幼児の心の動きを行動データから読み取る一事例を示すことができたと考えている。

本研究が実施した、6-15 月齢児の視触探索行動を自動定量化する研究は、人工知能をヒトの発達状態を理解するために使用した事例である。先行研究が手動で行っていた乳幼児の行動データを短時間で多数人数分、一定の基準を持って等しく解析できるようにしたことは、発達認知科学研究を強力に推進するために欠かせない技術と自負する。

この技術は(2)日本社会の次世代を育てる根幹技術の礎となると考える。本研究のデータ工学に対する貢献は、本来、心理学や認知科学の領域であった乳幼児の発達状態を、誰にでも定量化する手法を考案し、その実証を行ったことにある。日本社会(もしくは全世界を含めた地球市民)に対して、乳幼児の発達状況を数値化して評価する1つの指標を示したことにある。これまで、乳幼児の発達については、専門家がその目で見て、判断を行うことが主に行われていた。すべての乳幼児に対してその発達状況を評価することは、物理的な時間制約を考えると現実的ではない。本研究の社会的意義は、健康診断を行うように、乳幼児の認知発達状況を定量化する1つの方法を示したことである。

本研究の経済的な意義は、既存の教育産業に人工知能を利用した教育効果の計測方法の具体例を示したことである。特に(3)教育産業への波及効果については、市販の玩具や教育ソリューションを提供する企業努力が、確かに子供の行動を変容させるのか、変容させるのであればどの程度まで変化するかを知ることができる。このようなエビデンスは、これまで専門家が基礎研究に基づいて一般的な理論を適用していたにとどまっていた教育研究成果のアウトリーチを、各個人の発達状態やその日の状態に基づく個別の検討を、高性能な計算機があれば少ない人的リソースで実現しうることを示した。このことは、各企業の努力が妥当な内容であることを自信をもって述べる1つの根拠を与え、さらなる企業努力を促進する力となる。

以上より、本研究の成果は、データ識別が可能になった現代の人工知能によって個々の人間に寄り添い、その能力を最大限に発揮するための教育方法の1つの道を示したと考える。これはすなわち、個々の人間が自信を持って刻一刻と変化してゆく環境を生き延びてゆくために、人に寄り添って未来を創る手助けとなる人工知能の1つの形を示したのが本研究であると自己評価する。

## 5. 主な研究成果リスト

### (1)論文(原著論文)発表

1. Shriniwas Patwardhan, Anzu Kawazoe, David Kerr, Masashi Nakatani, Yon Visell, Dynamics and Perception in the Thermal Grill Illusion, IEEE Transactions on Haptics, 2019,

(DOI: 10.1109/TOH.2019.2904226)

2. Kazuki Sakurada, Akari Oka, Ritsuko Kiso, Leina Shimabukuro, Aoba Ueno, Masashi Nakatani, "Baby Touch: quantifying visual-haptic exploratory behaviors in infants of sensory-motor development", Lecture Notes in Electrical Engineering, vol. 535, H. Kajimoto, M. Konyo, K-U. Kyung, S-Y. Kim, & D. Lee (eds), Haptic Interaction - Perception, Devices and Algorithms, Springer Verlag, pp. 241-246 (2018), 2019/5/14.

(2)特許出願

研究期間累積件数:0件

(3)その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

学会発表

1. Kazuki Sakurada and Masashi Nakatani, Guiding Attention with Tactile Feedback, IEEE World Haptics Conference 2019, Work-in-Progress, WP1P.13.
2. Masashi Nakatani, Masaaki Uesaka, Sayako Mogami, Zixia Zhao, Takamichi Sushida, Hiroyuki Kitahata, Masaharu Nagayama, Both spatial and temporal patterns of sensory afferents activity may explain the geometric perception in the fishbone tactile illusion, Neuroscience 2019, Nanosymposium No. 10569.

著作物

岡崎太祐, 仲谷正史, 自然を感じ HapticScape(ハプティックスケープ)を描こう, 生き物としての力を取り戻す 50 の自然体験, カシオ計算機株式会社(監修), 株式会社 Surface&Architecture(編集), pp. 49-51, オライリージャパン(2018年7月).

プレスリリース

藤沢市・慶應義塾大学 SFC 研究所・小田急電鉄の産官学連携企画 お子さまの健康な身体づくりを助ける保護者参加型子育て支援ワークショップを全4回実施(2019年5月)

<https://www.kri.sfc.keio.ac.jp/ja/news/odakyufujisawaworkshop/>

メディア報道・協力

1. 天声人語, 朝日新聞社, 2019年10月5日.
2. NHK 総合, 「若者に人気!? ASMRって何?」, ひるまえほっと, 2019年9月5日.
3. 朝日放送テレビ, 「ASMRの正体とは?」, 真相報道! 中間記者のスクープファイル!, エージェント West!, 2019年4月27日.

以上