

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 16 日現在

機関番号：34504

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24300088

研究課題名(和文) スキル獲得プロセスにおける楽しみの喚起とその構造に関する研究：ピアノ演奏への応用

研究課題名(英文) Arousing the pleasure (enjoyment) and its structure related to the skill acquisition process : The applicability to the piano performance.

研究代表者

長田 典子 (Nagata, Noriko)

関西学院大学・理工学部・教授

研究者番号：50368453

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 8,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、スキル獲得や学習を促す内発的動機付けと深い楽しみ(フロー)の構造化と指標化を目指し、ピアノ学習を例に研究を行った。まずピアノ演奏スキルの計測技術を開発し、また定量化するための複数の指標(指の独立性等)を作成した。次に指標を用いてピアノ学習を行い、興味を持って練習することでスキル獲得が促され、また上手くなった自分のイメージを持つことで継続的な学習がサポートされることを明らかにした。さらに、従来はフローを体験しないとされていたノンエキスパートであっても、自身で明確な目標を立てることによって、フロー体験が促されることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：In this study, we investigated the structures and parameters of skill acquisition and intrinsic motivation and deep enjoyment/pleasure (flow) that promotes learning in piano practice.

First, we developed a novel system as measured by skill and quantified it by making several parameters (e.g., finger movement). Second, through piano learning experiments with the parameters, we found that participants who are interested in playing piano and who build a positive self-image about being good at playing the piano have high accessibility to skill and carried out to continue to learn. Finally, our study showed that non-experts can experience "flow". Moreover, our results suggest that non-experts who decide upon a definite goal experience flow during piano-playing.

研究分野：感性情報学

キーワード：演奏科学 熟達過程 モーション計測 フロー 生理計測

1. 研究開始当初の背景

「良い習慣は才能を越える」と言われるように、学習やスキル獲得過程においては良質な習慣の形成・維持・発展がカギとなる。良質な習慣形成に大きな役割を果たすのが動機付けである。とりわけ「内発的な動機付け」に基づく行動は効率的で継続的であるとされている。

学習やスキル獲得過程を効率的・継続的に行う上で、「内発的な動機付け」の重要性が指摘されている。内発的な動機付けに関連する研究として、「楽しみ」や「幸せ」の研究がある (Russel, 2003; Haidt, 2006)。楽しみは外発的な動機付けと内発的な動機付けによるものに分けられ、Csikszentmihalyi (1973)は内発的動機付けの最大のものとして「フロー」(没入)と定義した(以降、内発的動機付けを意味して「楽しみ」と表記する)。最新のフローモデル(1997)では、8つの心理ステート(フロー、制御、緩和、退屈、無関心、心配、不安、興奮)が個人のスキルレベルとチャレンジレベルに応じて遷移するとされている。多くのフローの研究があるが、大半はモデルの定性的検討であり、スポーツ分野でフローの指標化 (Flow state scale; Jackson, 2002) の試みがあるものの限定的である。

フロー状態の客観的計測については最近、De Manzano(2010)がピアノ演奏中のフロー状態について心理生理学的な計測(心拍変動、大頰骨筋の活動等)を行い、フロー状態が練習を促すための報酬系の信号として機能するという興味深い結果を示している。しかしフローの長期的効果を示したのではなく、定量的評価に関してはまだ研究の緒に就いたばかりである。

一方、生産技術、スポーツ、芸術など多様な分野においても、熟練動作の伝承に関する研究が行われている。「熟練動作制御方略とは、筋活動以外の力を利用した省力化やパフォーマンス向上である」という Bernstein (1967)の仮説の関連研究や、認知科学分野で身体的スキルの獲得にはメタ認知的プロセスが伴うという研究 (hallam 2001; Suwa 2006) 等があるが、継続的学習法の効果・効率を客観的に評価する方法は確立されていない。

ピアノ演奏動作は優れた熟練動作の一つであるが、その練習法は経験論にのみ基づいており、演奏スキルの定量化や、練習が演奏技能の向上に及ぼす影響等について、定量的な評価を行った研究はない。ピアノ演奏時の手指運動制御については、古屋によるプロピアニストがアマチュアに比べ、指の独立運動能力が高いことを示した研究(2011)が、世界に先駆けたものとなっている。

2. 研究の目的

本研究ではスキル獲得過程を促進する内発的動機付け (= 楽しみ) に着目し、その構

造の解明と指標化を行う。また愉しみを喚起・増幅し、スキル獲得過程をインタラクティブに支援するモデルを確立する。さらに本モデルをピアノ演奏スキル獲得過程に応用し、スキル獲得効果・効率の促進に関して実証評価を行う。

3. 研究の方法

本研究では大きく以下の2つの課題を実施する。課題(1)は愉しみの喚起・増強に関するインタラクティブ支援モデルの構築であり、愉しみの構造分析や愉しみの客観的計測方法の検討を実施する。課題(2)はピアノ演奏スキル獲得プロセスの解明と学習効果の客観的評価方法の確立であり、ピアノ演奏スキルの分析と、それに基づく学習効果の比較検討、さらにはマーカレス手指動作計測方法の検討を実施する。

4. 研究成果

4.1. モチベータティブ・コミュニケーション・モデルの提案

愉しみを喚起・増幅し、スキル獲得過程をインタラクティブに支援する仕組みをモチベータティブ・コミュニケーションと称し、自律的動機付けを中心とした基本モデルを構築した。

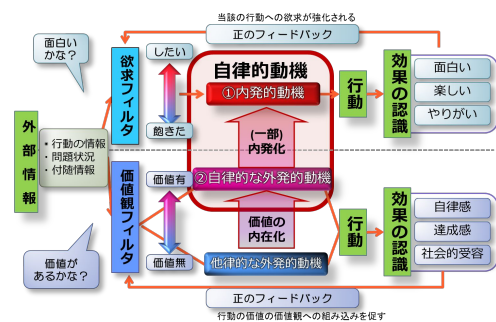


図1 モチベーションコミュニケーションモデル

4.2. ピアノ演奏スキルの定量的解析と学習効果の実験的検証

ピアノ演奏は、手指および腕の多数の関節や筋を協調させる必要があるため、長期間に渡る訓練が求められる熟練動作である。ピアノ演奏による運動機能の熟達過程や、それを支援する学習法・教育法については、これまで十分に研究されていない。様々な訓練方法の学習効果を定量的に評価することは、科学的なエビデンスに基づく正しいピアノ教育法を確立するためにも、ピアノ学習を支援するためのインタフェースを作成するためにも必要不可欠である。本研究の目的は、4日間におよぶピアノ訓練が、ピアノ未経験者の手指の関節動作および筋活動の制御方略に及ぼす影響を明らかに

することである．先行研究の結果に基づき，訓練に伴い，動作のエネルギー効率が向上するように手指動作および筋活動が変化すると仮説を立てた．ピアノ未経験者に左手で特定の音列を一定のテンポで弾く訓練課題を行ってもらい，その際の指関節の姿勢制御と指の関連筋群の筋負荷量を調べた．また本研究では，動作の正確性に関する教示が学習効果について及ぼす影響も評価するために，打鍵動作のテンポの正確性を訓練終了直後に学習者に視覚的に提示するインタフェースを作成した．

本研究の結果，教示なし群では，示指，中指，薬指のPIP関節および中指のDIP関節において，訓練に伴う関節角度の増加が認められた．また，総指伸筋と浅指屈筋の同時収縮量は，訓練に伴い減少した．一方，正確性教示群では，関節角度に関して教示なし群と同様の変化が認められたものの，同時収縮量に変化は認められなかった．これらの結果から，自身の感覚フィードバック情報のみに基づいて訓練を行うと，指の

関連筋群の負荷量が減少し，指を伸ばして弾くようになるが，テンポの正確性について教示を与えられると，筋群の負荷量は変化しないと考えられる．先行研究により，エネルギー効率と筋の同時収縮（関節剛性）との関連性が指摘されており，訓練を通して，手指動作の姿勢が再組織化され，筋収縮の生理学的効率が向上したことが示唆された．さらに，正確性についての教示を与えることで，これら姿勢の再組織化と動作効率の向上が阻害される可能性があることが示唆された．

4.3. ピアノ演奏課題における興味価値とフロー体験の関連性

長期的な訓練を伴う動作の獲得には，学習方法のみならず学習者の心理的な要因が大きく影響する．学習者の“動機づけ”の価値側面に焦点を当て，研究を行った．しかしながら近年では，学習に対する意味づけや活動の価値を自ら主体的に認めていくというように動機づけを統合的に捉える動きがある．このことから，本研究では学習動機づけの中でも主観的課題価値（献身価値，獲得価値，利用価値）に注目し検討を行う．ポジティブ心理学の分野では，フローを体験することによって更なる課題への挑戦のエネルギーやモチベーションになるとも考えられている．

本研究ではノンエキスパートを対象に，ピアノ演奏課題における課題価値（興味価値，私的獲得価値，公的獲得価値）とフロー体験（能力への自信，肯定的感情と没入意識経験，目標への挑戦）の関連性を検討した．興味価値は，課題に従事することによって愉しさ，充実感，おもしろさが得られることを意味する主観的な価値である．また，従来のフロー研究は，プロを対象とし研究が行われている．すなわち，フロー状態を経験しやすく，パフォーマンスをスムーズに行えるスキルのある人である．しかしながらノンエキスパートが感じ得るフローについての研究は極めて少ない．

その結果，興味価値が，自ら学ぶことであり長期的に学ぶ姿勢である内発的動機づけの価値側面を捉えていることが明らかになった．私的獲得価値が継続的な学習の意欲を促進する要因となることが示された．さらに，従来はノンエキスパートが小さく低いフロー（micro flow）を感じるもプロと同様の深いフローは感じないとされていた．しかしながら，本研究の結果から，ノンエキスパートもエキスパートと同様比較

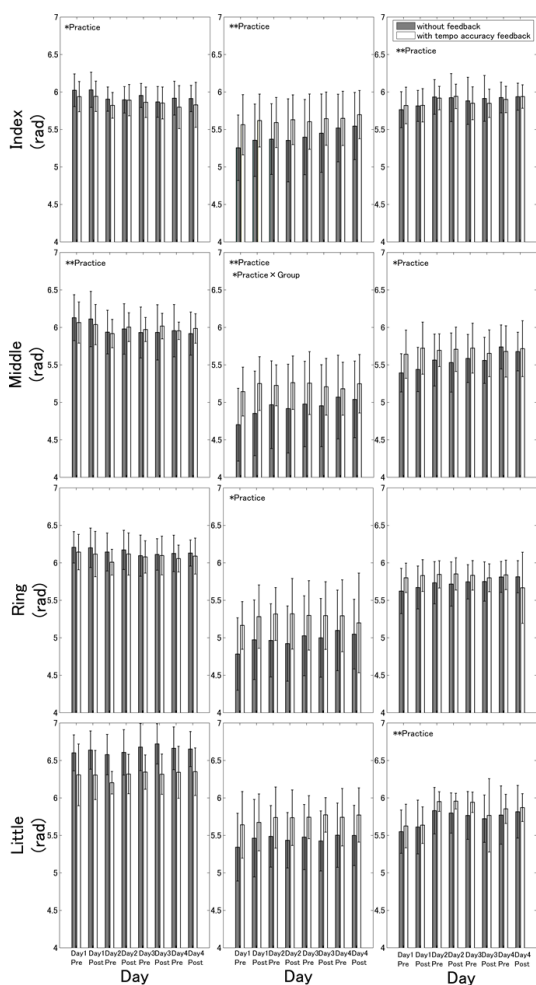


図 1. ピアノ学習過程と各指の関節角度の関係

の深いフロー体験を得ることが示唆された。このことは、ノンエキスパートがピアノ演奏に対して高い興味価値を持っていたこと、ノンエキスパート自身が明確な目標を立てピアノ学習に取り組んでいたことから推察される。

加えて、各因子のセッションにおける実験参加者の平均得点の変移を算出した。その結果、フロー体験の能力への自信因子で交互作用が有意であった。このことから、ノンエキスパートが課題価値の他に何らかの価値を感じている、すなわちスキルの獲得ができたと感じている可能性があることが示唆された。

表1. 課題価値測定尺度（公的獲得価値, 興味価値, 私的獲得価値）とフロー体験チェック・リスト（能力への自信, 肯定的感情と没入意識経験, 目標への挑戦）の各因子の相関および継続意志との相関結果。

	Task Value			Flow Experience			ENP
	V1	V2	V3	F1	F2	F3	
Public Attainment Value (V1)	—	0.34	0.60	-0.04	-0.13	0.25	0.10
Interest Value (V2)	—	—	0.67	0.42	0.57	0.43	0.64
Personal Attainment Value (V3)	—	—	—	0.21	0.22	0.17	0.38
Capability of Skill (F1)	—	—	—	—	0.40	0.38	0.24
Positive Emotion and Absorption (F2)	—	—	—	—	—	0.37	0.71
Challenge to Goal Expectation to next practice (ENP)	—	—	—	—	—	—	0.45

p < .01**

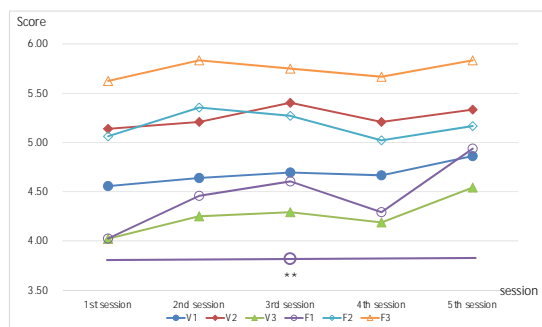


図2. 課題価値測定尺度（V1: 公的獲得価値, V2: 興味価値, V3: 私的獲得価値）とフロー体験チェック・リスト（F1: 能力への自信, F2: 肯定的感情と没入意識経験, F3: 目標への挑戦）各因子のセッションによる平均得点の変移。

4.4. ピアノ演奏学習における動機付け要因の影響

学習に対する学習者要因の一つである動機づけがスキル獲得に対して、どのような影響を及ぼすのか検討を行うために、内発的動機づけとの関連が報告されているフロー体験に注目した。フロー体験は挑戦と能力が均衡した状態であるが、学習が進むにつれて能力が高まり課題が平易となること

でフロー状態が経験されにくくなると予測される。したがって、本研究では20回の練習を通したフロー体験の推移の違いと演奏スキル獲得に対応関係があるかを検証するため実験を行った。スキル獲得の指標となる運動機能テストは、テンポと打鍵の強さ (velocity) の正確性、最速演奏課題、指の独立性を確認した。

その結果、フロー得点が向上した群（向上群）、低下した群（低下群）、低いまま維持した群（低群）があることが明らかになった。運動機能テストにおいては、フロー向上群では両手の最速演奏、右手の示指、左手の中指、右手の薬指と左手の小指の独立性が向上した。低下群では、右手のテンポの正確性、両手の打鍵の強さの正確性、両手の最速演奏が向上した。また、練習前の両手の中指、右手の薬指と左手の小指の独立性で群間に有意な差が認められ、フロー低下群でより良好であった。低群では、

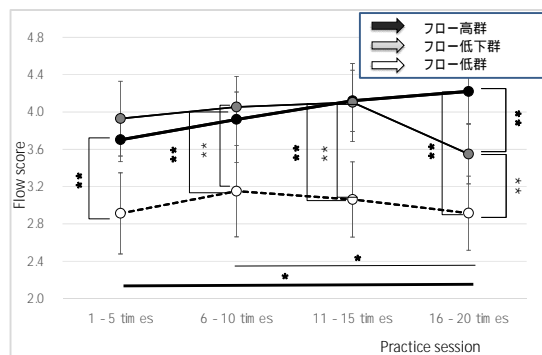


図3. 練習セッションにおけるフロー評価による群（フロー高群, フロー低下群, フロー低群）のスコア推移。

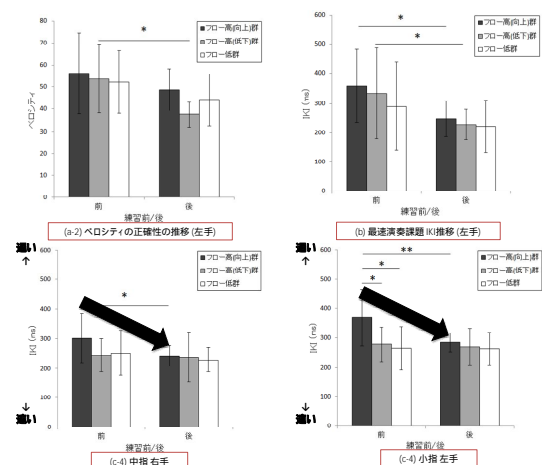


図4. 練習前/後におけるフロー評価による運動機能テストの変化（左上: ベロシティの正確性 (左手), 右上: 最速演奏課題IKI (左手), 左下: 指の独立性 (右手 中指), 右下: 指の独立性 (左手 小指))。

有意に向上した手指は特に見られなかった。また、フロー各群のピアノ演奏経験者、未経験者のバラつきを確認したところ、各群ともに経験・未経験の人数のバラつきに大きな差はなかった。このことから、フローを体験することによってスキルが向上することが示唆された。また、フローが低下することは、スキルが飽和しているのではないかと考えられる。

4.5. 微妙な表情変化検出のための学習型顔認識手法の提案

顔画像から人間の気分の良好度合いを2値推定する手法を提案した。気分の高低は顔の局所的な部位、特に口付近における濃淡変化に現れることに着目し、複数部位におけるGaborフィルタ出力を特徴量ベクトルとして表現し、事前に学習させた教師付きサンプルを用いてkNN識別を行う。微小な顔位置の変動の影響を低減するために、フィルタを摂動させて得られる出力値を用いる。実画像による実験により、約89~96%の適合率および再現率で推定可能なことを確認した。

4.6. ピアノ運指認識手法の提案とピアノ演奏スキル評価システムの開発

ピアノ演奏動作をリアルタイムに計測するための新たな方法として、解析的DPTをベースとし、複数の指先を同時に追跡し、追跡経路から運指を認識する手法を提案した。指先のセルフオクルージョンを含む、実演奏データに対する実験により本手法の有用性を確認した。

加えて、ピアノ演奏動作のリアルタイム計測技術に基づき、弾き間違いと運指間違いをタイムリーに提示できるピアノ演奏スキル評価システムを開発した。本研究では、楽譜上の音符と実際に打鍵されたキーを照合する音列照合技術、および仮説検証型、非接触、マーカレス運指認識技術を用いており、実験評価により音列照合における再現率、適合率ともに100%、運指認識成功率87.5%、演奏後誤り提示するまでの処理時間は0.01秒を確認した。

4.7. まとめ

これらの研究成果により、当初予定していたスキル獲得過程を促進する内発的動機付けの構造の解明と指標化、及びピアノ演奏スキル獲得プロセスにおける検証実験を実施できた。

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7件、すべて査読あり)

有賀治樹・西山乗・橋本学・長田典子

(2015). 5指の指先の同時追跡に基づくピアノ運指認識手法. 電子情報通信学会論文誌D, J98-D(2), 328-330.

Furuya, S., Nakamura, A., & Nagata, N. (2014). Acquisition of individuated finger movements through musical practice. *Neuroscience*, 06/2014; DOI: 10.1016/j.neuroscience.2014.06.031

Furuya, S., Nakamura, A., & Nagata, N. (2014). Extraction of practice-dependent and practice-independent finger movement patterns, *Neuroscience letters*, 577(C) 38-44.

中村あゆみ・合田竜志・古屋晋一・長田典子 (2014) モーションキャプチャと表面筋電図を用いたピアノ学習効果の評価. 計測自動制御学会論文集, 50(2), 162-169.

Furuya, S., Nakamura, A., & Nagata, N. (2013). Transfer of piano practice in fast performance of skilled finger movements. *BMC Neuroscience*, 14:133. <http://www.biomedcentral.com/1471-2202/14/133/abstract>

中村あゆみ・古屋晋一・合田竜志・巴波弘佳・長田典子 (2013). ピアノ演奏スキルの解明 - ピアノ未経験者の短期訓練による学習効果の実験的検証 -. 計測自動制御学会論文集, 49(9), 840-845.

饗庭絵里子・田中里弥・藤澤隆史・赤塚諭・下斗米貴之・長田典子 (2012). 和音進行による情動の知覚: fMRI および印象評価によるアプローチ, 音楽知覚認知研究, 18(1&2), 3-21.

[学会発表](計26件)

三宅祐美, 中村あゆみ, 片平建史, 中川小耶加, 長田典子 (2014.09.01). ピアノ演奏学習における動機付け要因の影響. 第30回ファジイシステムシンポジウム, 高知城ホール (高知県高知市).

Nakagawa, S., Miyake, Y., Kazai, K., Katahira, K., Nagata, N. (2014.07.02). The relevance of the interest value as intrinsic motivation and flow experience during piano playing. Proc. the 7th European Conference on Positive Psychology (ECP), 55, Amsterdam, Netherlands.

中川小耶加・三宅祐美・風井浩志・片平建史・長田典子 (2014.06.29). ピアノ演奏課題における興味価値とフロー体験の関連性. 日本認知心理学会第12回大会, 仙台国際センター (宮城県仙台市).

有賀治樹・岡明也・橋本学・長田典子 (2014.06.12). 初心者のためのピアノ演奏の誤り提示システムの開発, 第20回画像センシングシンポジウム

(SSII2014), パシフィコ横浜 (神奈川県横浜市).

Nakamura, A., Nagata, N., & Furuya, S. (2014.05.03). Acquisition of dexterous finger movements through piano practice. Conference Neuroscience and Music-V, Dijon, France.

Miyake, Y., Yano, H., Nakamura, A., Katahira, K., Furuya, S. & Nagata, N. (2013.11.13). Skill acquisition in piano performance: The influence of flow on learning, Proc. the 43rd Annual Meeting of Society for Neuroscience (Neuroscience2013), San Diego, USA.

矢野浩範・片平建史・長田典子 (2013.09.19). フロー体験がピアノ学習効果に及ぼす影響. 日本心理学会第77回大会, 札幌コンベンションセンター (北海道札幌市).

Nakamura, A., Goda, T., Nagata, N. & Furuya, S. (2013.08.29). Effect of daily piano practice on finger kinematics and muscular load, Proc. International Symposium on Performance Science (ISPS2013), Vienna, Austria.

Akiya Oka, Manabu Hashimoto (2013.01.30). Marker-less piano fingering recognition using sequential depth images, Proc. 19th Japan-Korea Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision (FCV2013), Incheon, Korea.

Nakamura, A., Goda, T., Miwa, H., Nagata, N., & Furuya, S. (2012.10.17). Sophistication of dexterous finger movements through daily piano practice, The 42nd Annual Meeting of Society for Neuroscience (Neuroscience2012), New Orleans, USA.

Takase, M., Aiba, E., Shimotomai, T., Fujisawa, T.X., & Nagata, N. (2012.10.15). Brain activities and impression evaluation for chord progression: The study of perception for chord progression, The 42nd Annual Meeting of Society for Neuroscience (Neuroscience2012), New Orleans, USA.

松久ひとみ・橋本学 (2012.09.12). Gabor 特徴を用いた顔画像からの微妙な表情変化の推定, 日本知能情報ファジィ学会・ファジィシステムシンポジウム, 名古屋工業大学 (愛知県名古屋市).

Nakamura, A., Goda, T., Miwa, H., Nagata, N. & Furuya, S. (2012.07.25). Effect of short-term piano practice on fine control of finger movements, ICMP-ESCOM 2012, Thessaloniki, Greece.

〔その他〕

ホームページ等

長田研究室

<http://ist.ksc.kwansei.ac.jp/~nagata/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長田 典子 (NAGATA, Noriko)

関西学院大学・理工学部・教授

研究者番号: 50368453

(2) 研究分担者

已波 弘佳 (MIWA, Hiroyoshi)

関西学院大学・理工学部・教授

研究者番号: 40351738

飛谷 謙介 (TOBITANI, Kensuke)

関西学院大学・理工学部・研究特別任期制講師

研究者番号: 50597333

橋本 学 (HASHIMOTO, Manabu)

中京大学・工学部・教授

研究者番号: 70510832

片平 建史 (KATAHIRA, Kenji)

関西学院大学・理工学部・研究特別任期制助教

研究者番号: 40642129

白岩 史 (SHIRAIWA, Aya)

鳥取大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号: 80640276

下斗米 貴之 (SHIMOTOMAI, Takayuki)

玉川大学・脳科学研究所・研究員

研究者番号: 50415361

(平成 25 年度まで)

古屋 晋一 (FURUYA, Shinichi)

上智大学・理工学部・准教授

研究者番号: 20509690

(平成 26 年度より)

(3) 連携研究者

藤澤 隆史 (FUJISAWA, Takashi)

福井大学・子どものこころの発達研究センター・特命助教

研究者番号: 90434894

饗庭 絵里子 (AIBA, Eriko)

電気通信大学・大学院情報システム学研究科・助教 研究者番号: 40569761

(4) 研究協力者

中川 小耶加 (NAKAGAWA, Sayaka)