

令和元年6月13日現在

機関番号：34315

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K13589

研究課題名（和文）助言が学習者に及ぼす情意的影響の生理学的分析

研究課題名（英文）Physiological analysis of affective effects of advice for learners

研究代表者

岡本 尚子（OKAMOTO, Naoko）

立命館大学・産業社会学部・准教授

研究者番号：30706586

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、学習者の複数の生理学データを同時計測することにより、指導者からの助言が、学習者に及ぼす情意面の影響を明らかにすることである。具体的には、課題遂行中の脈波、呼吸、皮膚コンダクタンスの計測を行い、学習者を後押しする助言「正の助言」、注意喚起を行う助言「負の助言」の2つの助言が学習者に及ぼす影響の違いを検討した。

その結果、試行錯誤を求める課題において、ストレスに対して促進性の変化を表す呼吸数は、負の助言時の方が増加した。覚醒水準の高さを反映する皮膚コンダクタンスは、負の助言時の方が高い結果となった。負の助言は、学習者の覚醒水準を高めるだけでなく、ストレスを高める可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本における生理学データを扱う教育研究は、欧米諸国と比較すると十分とはいえない。そうした中、学習者に与える影響を生理学的に分析した点に、本研究の学術的意義がある。

また、本研究では、教育場面を想定して、他者からの関与である助言を取りあげ、生理指標の計測を行った。教授・学習場面で実際に起こりうる、学習者を後押しする助言「正の助言」、注意喚起を行う助言「負の助言」を設定し、その影響を検討することにより、教育への還元を目指した点に社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：This study simultaneously measured physiological indices of learners in an experimental environment similar to the typical learning environment. The aim was to elucidate the affective influence that an instructor's advice has on learners in physiological terms. Specifically, pulse wave, respiration, and skin conductance were simultaneously measured and the effects that two kinds of advice-“positive advice,” advice that encourages learners, and “negative advice,” advice that promotes awareness in learners-have on learners were examined.

As a result, the respiratory rate, which represents a reaction to stress, increased during negative advice. Skin conductance, which reflects the level of arousal, was higher during negative advice. Our findings suggested the possibility that negative advice not only increases learners' level of arousal but also increases their stress level.

研究分野：数学教育学

キーワード：数学教育 脈波 呼吸 皮膚コンダクタンス 助言

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

1990年代以降、生理学データの計測技術の急速な発展によって、負担が少なく、より簡便な計測が可能になった。その結果、成人のみならず子どもに対する計測も容易になり、教育学研究においても生理学データを扱う研究が世界的に広まりを見せている。

例えば、経済協力開発機構(OECD)教育研究革新センター(CERI)は、“脳”に着目し、1999年に「学習科学と脳研究プロジェクト」を発足させた(OECD 2002)。この流れを汲む形で、2001年には日本においても文部科学省が「脳科学と教育」研究に関する検討会を立ち上げている。最近では、欧米を中心に Educational neuroscience (教育神経科学) という研究領域が提唱され、国際的に教育学と生理学の研究領域の接近が進んでいる(Thomas 2013)。

筆者らは、これまで、生理学データとして“脳”及び“視線”に着目し、算数・数学の課題解決過程における脳活動と視線のデータの計測実験を実施することで、思考の程度や解決手順などの学習の様相を明らかにしてきた(岡本 2012)。これらの研究において、実験中に問題が発生して声掛けを行った際、被験者に極度の緊張や焦りなどの情意面の変化が生じ、誤答や所要時間に影響を与えていることが明らかになった。

同様に、教育現場においても学習者に対する指導者の指示や助言は、学習者の情意面を正の方向にも負の方向にも影響を与える。したがって、生理学データによって、緊張や焦りなどの情意的な側面の検出ができれば、より適切な助言のあり方の検討が可能になると考えられる。

2. 研究の目的

指導者からの助言を想定した環境において、算数・数学の課題解決時の学習者の脈波、呼吸などの生理指標を同時計測することにより、助言が学習者に及ぼす影響を明らかにする。具体的には、指導者から学びを後押しする「正の助言」を受けた場合、注意を喚起される「負の助言」を受けた場合の特徴を比較し、相違について考察を行う。

3. 研究の方法

複数の基礎的実験を実施した結果を踏まえ、最終的な方法として下記の実験を設定した。

(1) 対象

大学生10名を対象に実験を実施したが、その内1名は条件が合わず助言ができなかったため、9名(男性6名、女性3名、平均21.4歳±1.74、右利き)を分析対象とした。

(2) 実験課題

実験課題には、タングラム(三角形、四角形の7つのピースを用いて、指定された形を構成するパズル)を設定した(図1)。左手に生理指標計測のセンサーを装着するため、パズル操作は右手のみで行うこととした。1試行1問とし、全部で4試行を行った。1試行の制限時間は120秒に設定し、試行間には、安静状態に戻るよう60秒以上のレストを設けた。

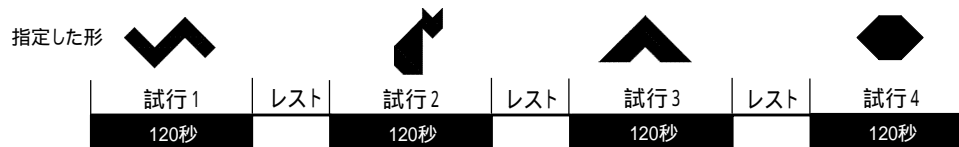


図1 実験課題設定

4試行中2試行の課題中には、正しくピースを置いた後に「正の助言」音声流した。具体的には、「いい調子ですね」「うまく進められていますね」「その調子で続けましょう」「よくできていますね」「順調に進められていますね」の5種類とし、ランダムな順序で提示した。

上記以外の2試行の課題中には、誤ってピースを置いた後に「負の助言」音声流した。具体的には、「よく見てみましょう」「落ち着いて考えてみましょう」「よく考えてみましょう」「慎重に取り組みましょう」「注意深く考えましょう」の5種類とし、ランダムな順序で提示した。

助言音声は、ナレーション作成ソフト(かんたん!AITalk3, エーアイ社)を用いて作成した。正の助言2試行、負の助言2試行の順序は、対象者ごとに異なるように設定した。

(3) 生理指標計測

バイタルモニターProComp Infiniti (Thought Technology Ltd. 製)を用いて、脈波、呼吸、皮膚コンダクタンスの計測を行った。脈波センサーは左手第3指に装着した。皮膚コンダクタンスは通電法を用い、センサーを左手第2指と第4指に装着した。呼吸は、胸部あるいは腹部にベルト状のセンサーを装着して計測した。計測中、センサーを付けた左手は机の上に置き、動かさないように教示を行った。サンプリング間隔は、脈波が2048回/秒、呼吸と皮膚コンダクタンスが256回/秒であった。実験課題前は、安静状態で2分間のデータ計測を行った。

(4) 分析方法

分析ソフトウェアには、BioGraph Infiniti (Thought Technology Ltd. 製)を用いた。脈

波データについては、脈拍数（回/秒）、脈波 HF 成分（ms²）、LF/HF 成分を算出した。LF 成分は低周波数領域（Low Frequency band）であり、0.04Hz~0.15Hz とした。HF 成分は高周波数領域（High Frequency band）であり、0.15Hz~0.4Hz とした。LF 成分、HF 成分の算出にあたっては、FFT（Fast Fourier Transform）を用いたパワースペクトル解析を行った。呼吸データについては呼吸数（回/秒）を、皮膚コンダクタンスについては皮膚コンダクタンス変化（ μS ）を分析対象とした。いずれの結果についても、正の助言、負の助言間で t 検定を実施した。

4. 研究成果

刺激への馴化を考慮し、正の助言、負の助言それぞれの 1 試行目を分析対象とした。

(1) 行動データ

正の助言、負の助言それぞれについて 9 名の平均所要時間と平均助言回数を算出した(表 1)。所要時間、助言回数とも、有意な差は認められず（所要時間： $t(8)=0.36$, n.s., 助言回数： $t(8)=2.00$, n.s.）、問題難度や助言条件に大きな差はなかったと判断した。助言間隔としては、約 110 秒間に約 3 回の助言であったことから、およそ 37 秒に 1 回の頻度で助言を行ったことになる。

表 1 1 試行あたりの平均所要時間と平均助言回数

	正の助言（標準誤差）	負の助言（標準誤差）	t 検定
所要時間（秒）	110.3 (8.7)	111.7 (7.0)	n.s.
助言回数（回）	3.0 (0.3)	3.3 (0.3)	n.s.

(2) 生理指標データ

脈拍数（回/秒）、脈波 HF 成分（ms²）、LF/HF 成分、呼吸数（回/秒）、皮膚コンダクタンス変化（ μS ）を算出したが、とりわけ脈波 HF 成分（ms²）、LF/HF 成分数値の個人差が大きかったことから、いずれについても、各試行の平均値を安静時の平均値で除した割合を算出することとした(表 2)。したがって、数値が 1 のときは安静時と同じであることを、数値が 1 より大きい場合は安静時よりも高い割合であることを表す。

表 2 安静時に対する生理指標データの割合平均

	正の助言 / 安静時 (標準誤差)	負の助言 / 安静時 (標準誤差)	t 検定
脈拍数	1.02 (0.01)	1.02 (0.01)	n.s.
脈波 HF 成分	1.40 (0.52)	1.10 (0.18)	n.s.
脈波 LF/HF 成分	1.20 (0.15)	1.43 (0.31)	n.s.
呼吸数	1.04 (0.03)	1.07 (0.04)	*
皮膚コンダクタンス	1.65 (0.37)	2.33 (0.61)	*

* $p < 0.05$

脈拍データについて、脈拍数は、正の助言、負の助言いずれも 1.02 となり、安静時と比べて大幅な増加は見られなかった。また、正の助言、負の助言の間に有意差は認められなかった（ $t(8)=0.61$, n.s.）。

心拍、脈波の LF 成分 HF 成分は、自律神経系と関連があることから、ストレス指標として用いられている。具体的には、ストレス状態時に活発になる交感神経は LF を媒介して伝わるため、ストレス状態時に LF パワーの増大につながり、リラックス状態時に活発になる副交感神経は HF を媒介して伝わるためリラックス状態時に両者のパワーの増大につながる（秋山、加藤 2016）。これらの特徴を利用し、HF 成分はリラックス状態時にのみ増加することから、HF 成分の数値の高さをリラックスの高さとして、また、LF/HF 成分の値の高さをストレスの高さとして活用がなされている。本研究の各成分を分析した結果、数値としては、リラックスを反映する HF 成分は負の助言時に低く、ストレスを反映する LF/HF 成分は負の助言で高い結果となった。ただし、いずれについても有意な差は認められなかった（HF: $t(8)=0.75$, n.s. LF/HF: $t(8)=0.94$, n.s.）。

呼吸は、ストレスサーに対し、速くなる、あるいは深くなるような変化が生じ、換気量の増加がなされる。すなわち、呼吸はストレスに対して促進性的変化を表すとされている（寺井 2017）。呼吸数を算出した結果、正の助言時よりも負の助言時の方が、有意に高い値となった（ $t(8)=2.75$, $p < 0.05$ ）。このことから、負の助言時の方がストレスの高さを感じていたことがうかがえる。

皮膚コンダクタンスは、覚醒水準の高さを反映する指標とされている。ネガティブな感情か、ポジティブな感情かといった感情価ではなく、覚醒の高さに対して反応が増加する(本多 2017)。分析の結果、皮膚コンダクタンスは、正の助言時よりも負の助言時の方が、有意に高い値となった ($t(8)=2.66, p < 0.05$)。負の助言によって注意が喚起され、覚醒水準が高まったと考えられる。

以上のことより、タングラムのような試行錯誤を必要とする課題において、負の助言は、学習者の覚醒水準を高める効果がある一方、同時にストレスを高める可能性があることが示された。特に、注意を喚起する助言を行う際には、学習者のストレスを高めてしまう可能性を理解し、各学習者の性格特性や学習状況を踏まえて、適切なタイミングを計る必要があるといえる。

<参考・引用文献>

秋山早弥香, 加藤由花, 装着型デバイスを利用した日常生活におけるストレス状態推定手法, 情報処理学会研究報告, Vol.2016-DPS-166, No.17, 2016, 1-7

本多麻子, 発汗, 堀忠雄, 尾崎久樹(監)生理心理学と精神生理学 第I巻基礎, 2017, 207-210, 北大路書房

OECD, Understanding the Brain: Towards a New Learning Science. 2002, OECD

岡本尚子, 算数課題を用いた脳活動と視線移動の計測, 日本・中国数学教育国際会議発表論文集, 2012, 154-159

寺井堅祐, 呼吸の生理学, 堀忠雄, 尾崎久樹(監)生理心理学と精神生理学 第I巻基礎, 2017, 197-200, 北大路書房

Thomas, M. S. C., Educational neuroscience in the near and far future: Predictions from the analogy with the history of medicine. Trends in Neuroscience and Education, 2, 2013, 23-26.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計2件)

Naoko Okamoto, Yasufumi Kuroda, Characteristics of eye movement in the instruction process of teachers and the problem-solving process of students: The case of figure problems, Ritsumeikan Social Science Review, 査読有, Vol.54(4), 2019, 39-50

岡本尚子, 山下芳樹, 小学校教員養成における正課外行事での教職能力育成の可能性, 査読有, Vol.52(4), 2017, 83-96

[学会発表](計19件)

岡本尚子, 黒田恭史, 学習中の助言が学習者に与える影響, 第37回日本生理心理学会大会, 2019年

岡本尚子, 生理学的アプローチによる学習・教育研究 科学的根拠に基づく教育の可能性, 日本発達心理学会第30回大会, 2019年

山崎まどか, 江田英雄, 岡本尚子, 黒田恭史, 脳活動計測の教育分野への応用例 学習者のやる気を脳活動で評価できるか?, 第35回日本脳電磁図トポグラフィ研究会, 2019年

Madoka Yamazaki, Hideo Eda, Naoko Okamoto, Yasufumi Kuroda, Development of mutual learning system for advanced educational research. - NIRS and GSR measurement during tangram puzzle, Society for Neuroscience 2018, 2018年

肥後克己, 岡本尚子, プランニングと系列順序記憶の関連についての検討, 第82回日本心理学会大会, 2018年

矢藤優子, サトウタツヤ, 岡本尚子, 安田裕子, 鈴木華子, 川本静香, 神崎真実, 中田友貴, 肥後克己, 孫怡, 妹尾麻美, 学融的な人間科学の構築と科学的根拠に基づく対人援助の再編成 人間性(人格性)成長の一貫性を前提としたパーソナリティの探究へ向けて, 第27回日本パーソナリティ心理学会, 2018年

岡本尚子, 教師になっても折れない心・体・頭づくり, 「学び続ける教員」をテーマとするシンポジウム, 2017年

黒田恭史, 岡本尚子, ICTを用いた算数教材制作における教員養成としての効果, 日本教育実践学会第20回研究大会, 2017年

Madoka Yamazaki, Hideo Eda, Naoko Okamoto, Yasufumi Kuroda, We can know whether you are motivated or not by measuring brain activity, Society for Neuroscience 2017, 2017年

肥後克己, 岡本尚子, 空間性ワーキングメモリ課題遂行時の方略利用, 第81回日本心理学会大会, 2017年

岡本尚子, 生理学的手法を用いて, 教育を科学的に考える, けいはんなオープンイノベーションセンター第9回大学リレーセミナー, 2017年

西村綾夏, 鈴木麻希, 中谷公彦, 岡本尚子, 図形の回転移動課題解決時における視線移動特徴, 教育システム情報学会2016年度学生研究発表会, 2017年

岡本尚子, 黒田恭史, ヒント提示過程における助言者の視線移動特徴, 数学教育学会2017年度春季年会, 2017年

Hideo Eda, Madoka Yamazaki, Naoko Okamoto, Yasufumi Kuroda, Laterality Index plot of NIRS data indicates the brain activation laterality for calculation test and for Kraepelin performance test, Society for Neuroscience 2016, 2016年

Yasufumi Kuroda, Naoko Okamoto, What does development of brain activity measuring apparatus bring to educational research?, 計測自動制御学会ライフエンジニアリング部門シンポジウム, 2016年

黒田恭史, 岡本尚子, 前迫孝憲, 深田英里, 算数文章題解決過程における視線移動の特徴, 教育システム情報学会第41回全国大会, 2016年

Naoko Okamoto, Yasufumi Kuroda, Influence of hints in the teaching-learning process: A neuroscientific study, European Association for Research on Learning and Instruction, Neuroscience and Education Group, 2016年

Yasufumi Kuroda, Naoko Okamoto, Changes in Brain Activity While Engaging in Number Sequence Questions of Varying Difficulty, 13th International Congress on Mathematical Education, 2016年

岡本尚子, 黒田恭史, 助言者 - 学習者の関係における視線配分と助言の有効性, 第34回日本生理心理学会大会, 2016年

〔図書〕(計1件)

岡本尚子, 黒田恭史 他, ミネルヴァ書房, 算数科教育, 2018, 204 (1-22, 23-35, 75-101, 144-173)

〔その他〕

立命館大学研究者学術情報データベース

<http://research-db.ritsumeai.ac.jp/Profiles/103/0010246/profile.html>

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 黒田 恭史

ローマ字氏名: KURODA, Yasufumi

所属研究機関名: 京都教育大学

部局名: 教育学部

職名: 教授

研究者番号(8桁): 70309079

研究分担者氏名: 前迫 孝憲

ローマ字氏名: MAESAKO, Takanori

所属研究機関名: 大阪大学

部局名: 人間科学研究科

職名: 教授

研究者番号(8桁): 00114893

研究分担者氏名: 江田 英雄

ローマ字氏名: EDA, Hideo

所属研究機関名: 光産業創成大学院大学

部局名: 光産業創成研究科

職名: 教授

研究者番号(8桁): 00395237

(2) 研究協力者

研究協力者氏名: 精山 明敏

ローマ字氏名: SEIYAMA, Akitoshi

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。