

令和 3 年 6 月 8 日現在

機関番号：12101

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K13144

研究課題名（和文）ものづくり教育における教示方法の違いが及ぼす学習効果の脳科学的検証

研究課題名（英文）Educational Neuroscientific Research on Learning Effects According to Different Teaching Methods in Technology Education

研究代表者

臼坂 高司 (Usuzaka, Takashi)

茨城大学・教育学部・准教授

研究者番号：30610688

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、認知神経科学に基づき、ものづくり学習において教示方法の違いが及ぼす学習効果の検証を行った。具体的には、木材加工学習を取り上げ、教示方法の違いが及ぼす学習成績を確認するとともに、NIRS（Near Infra-Red Spectroscopy）脳計測装置を用いて脳血流量の変化を計測した。その結果、学習指導に役立つ有益な示唆を得ることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では感情の変化を伴う教示を与えることにより、どのような学習効果が得られるのか、脳機能計測手法を適用し、認知神経科学の視点から研究を展開した。感情の変化を伴う教示に効果があれば、学習効果を高める指導法を教育現場に提供することが可能となり有意義であると考えられる。脳活動データに基づいて学習プログラムを作成することは、社会的にも強く要請されている科学的根拠に基づく教育を実施する上で重要であり、教育と認知神経科学を密接に関連させた研究の発展につながる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to examine hemodynamic brain activity while doing woodworking according to different teaching methods. Near-infrared spectroscopy (NIRS), which is a noninvasive method used to calculate concentration changes in blood oxy-hemoglobin (oxy-Hb), deoxy-hemoglobin (deoxy-Hb), and total hemoglobin (total-Hb), was used in experiments. The results of this research provide useful suggestions for learning.

研究分野：技術教育，木材加工教育

キーワード：認知神経科学 ものづくり 道具操作 教示方法 脳血流 技能

1. 研究開始当初の背景

中学校の技術科教育では、木工具(のこぎりや玄能など)の道具操作を通したものづくり学習が行われており、基礎的な技能を習得することは、重要な学習要素の1つである。著者は、のこぎり引き学習を脳科学的に検証する研究に取り組んでおり、教示群(先に教示を与えその後切断調査を行う群)と試行教示群(最初は教示を行わずに切断調査を行い、その後教示をしてから再度切断調査を行う群)を比較したところ、試行教示群の方が前頭領域の広範囲な部位において脳活動が活発になることを明らかにした(若手研究(B), 研究課題番号 15K17394, 「ものづくり学習における神経教育的アプローチを取り入れたカリキュラム開発」, 2015~2018)。教示の内容はのこぎりの縦引き刃と横引き刃についての知識であり、試行教示群では、教示のない最初の切断調査において、刃によってなぜうまく切れるのか、切れないのかを試行錯誤したことで、教示効果が教示群よりも強く表出したと考えられる。しかし、これはのこぎり異なる2つの刃をもつ特有の工具であるため検証できた研究である。それ故、他の木工具では、教示の順番を入れ替えるといった方法は効果的ではない。従って、他の木工具ではどんな教示を与えると最も効果があるのか検証する必要があると考えられる。

中学校では教師が生徒を集めて師範した後、子どもたちは作業台に戻り、学んだ内容を実行することが一般的である。しかし、指導書の内容を教示しても全てを覚えきれないことがあり、教師に何度も尋ねる様子がしばしば観察される。これは、通常の師範では細部に渡って学習のポイントを記憶できないことや仮に記憶したとしても実行する段階でその情報を適切に引き出せないことが原因と考えられる。学習者の記憶を向上させるための方法として、ここでは、認知神経科学の知見である感情の変化を伴う教示方法を取り上げる。

感情を伴う出来事はよく記憶される。例えば、うれしかった出来事や悲しかった出来事など感情を伴う体験はそうでない場合よりもよく記憶されるが、これらのメカニズムが脳科学的に報告されている(ニュートン別冊 脳力のしくみ, 2014)。従って、感情の変化を伴う教示を与えることで、指導書に書かれている従来の指導法よりも学習効果(学習内容の記憶や運動技能)が向上することが期待できる。

技術科教育では、職人のような高度な技能ではなく、基礎的な技能の習得が行われる。玄能を例に挙げると、「最初は玄能の平らな面で、終わりは材面に傷が付かないように、曲面で打つ。ひじを支点にして、手首も使って打つ。」といった内容を学んだ後、必要な情報をワーキングメモリとして保持し、動作を繰り返すなかで最終的な長期記憶としての保存がなされる。この時、作業中の前頭連合野の脳活動を評価することができれば、教示効果を説明・裏付けるための有効な手段になると考える。近年、現代的教育課題の解決を図るために、教育分野に認知神経科学の知見を活かしていくことが期待されており、教科教育においても脳活動データを取り入れた研究を推進することは意義があると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では感情の変化を伴う教示を与えることにより、どのような学習効果が得られるのか、脳機能計測手法を適用し、認知神経科学の視点から研究を展開する。感情の変化を伴う教示に効果があれば、学習効果を高める指導法を教育現場に提供することが可能となり有意義であると考えられる。脳科学的データに基づいて学習プログラムを作成することは、社会的にも強く要請されている科学的根拠に基づく教育を実施する上で重要であり、教育と認知神経科学を密接に関連させた研究の発展につながる。

ここで使用する NIRS 脳計測装置は、身体を動かすことができない、もしくは大型の装置に拘束される MRI や MEG に比べ、ダイナミックな動作を伴う脳機能を計測することが可能であり、道具操作中の脳活動を評価することが可能である。

3. 研究の方法

本研究では、3つの実験による検証を行った。それぞれの実験概要を以下に示す。

(1) 情動を伴う教示方法に関する調査研究

ものづくり初学者を調査協力者として、情動を伴う教示方法によって記憶の保持がどのように変化するかを調査した。具体的には、技術に関する専門的な授業を受けていない学生を実験群(情動を伴う教示を与える群)と統制群(情動を伴う教示を与えない群)に分けて実験を行った。両群に対して、教示後すぐに1回目の理解度調査を行い、1週間後に2回目の理解度調査と想起調査を実施した。

(2) 失敗認識の有無が及ぼす学習効果の認知神経科学的検証

失敗認識の有無がのこぎり引きに及ぼす影響を、認知神経科学に基づいて検証した。実験では、調査協力者を失敗を認識する群(実験群)としない群(統制群)に分けた。統制群では教示を与えずに1回目の試行を行い、その後教示をしてから2回目の試行を行った。教示の内容はのこぎり

り引きの際の視線と頭の位置についてであった。実験群でも教示を与えずに 1 回目の試行を行ったが、その後失敗を認識させた。具体的には、自身の失敗した切断面を確認して、なぜ失敗したのか原因を考えさせた。その後、統制群と同様の教示を与え、2 回目の試行を行った。脳活動の評価には NIRS 脳計測装置を使用して、のこぎり引き作業の課題前及び課題中の脳血流を測定し、相対的な変化を評価した。また、切断成績として切断時間と切断角度を測定した。

(3) ポジティブな情動が木工具操作に及ぼす学習効果と脳活動の検証

ポジティブな情動が木工具操作に及ぼす学習効果を認知神経科学に基づいて検証した。実験ではくぎ打ち中の脳血流量を 2 回計測した。具体的には、調査協力者を 3 群(1 回目の計測後に、作業中の様子をほめる過程評価群、成果物のみをほめる結果評価群、何もほめない無評価群)に分けて実験を行い、技能成績(打撃本数と打撃回数)と脳活動を考察した。

4. 研究成果

3 つの実験の成果を、以下に示す。

(1) 情動を伴う教示方法に関する調査研究

まず、情動を感じさせる動画の有効性を検証した。内容として動画の視聴後にどのように感じたかと中学生が視聴する教材として適切かの 2 点についてアンケート調査を行った。調査協力者全員が「驚き」「怖い」といったネガティブな情動を感じたことが分かった。教材として危険性が伝わるといった回答が多かった。

次に実験群と統制群の理解度調査の結果を分析した。実験群の 1 回目と 2 回目、及び統制群の 1 回目と 2 回目を比較するために対応のある t 検定を実施した。その結果、1%水準で有意な差が認められたため、両群とも 1 週間たつと記憶の保持量が減少する結果が示された。

一方で、想起調査によって記述された情動を感じさせる内容の出現回数を検定した結果、実験群の方が 1%水準で有意に高い結果となった。実験群では、全員が情動を感じさせる内容を記述しており、記憶の保持が強化されたと考えられる。

(2) 失敗認識の有無が及ぼす学習効果の認知神経科学的検証

切断成績の検証

群と試行回数によって切断時間に違いがあるかを検証するために、群と試行回数を独立変数、切断時間を従属変数とする 2 要因分散分析を行った。その結果、試行回数の主効果のみ有意差が見られた(1%水準)。

群と試行回数によって切断角度に違いがあるかを検証するために、群と試行回数を独立変数、切断角度を従属変数とする 2 要因分散分析を行った。その結果、群の主効果および試行回数の主効果、さらに交互作用が有意であった(5%水準)。群要因の各水準における試行回数要因の単純主効果の検定を行ったところ、実験群の 2 回目の試行で有意な上昇が見られた(1%水準)。失敗を認識させた後に教示を与えることで、切断角度が向上する可能性が示唆された。

脳活動の評価

1 回目と 2 回目の試行について、群ごとに課題前と課題中の脳活動の差を比較するために対応のある t 検定を実施し、その際、第 1 種過誤を防ぐために有意確率について Bonferroni の補正を行った。その結果、統制群は有意な部位が 12 個(1 回目)から 1 個(2 回目)となり大幅に減少した(5%水準)。これは、教示を与えても、試行を繰り返すことで慣れが生じ、脳活動が減少したためと推察される。一方、実験群では 1 回目の 13 個より減少してはいるが、2 回目でも有意な部位が 7 個認められた(5%水準)。そのため、実験群では失敗認識による効果が見られたものと思われる。すなわち、1 回目の試行後において、与えられた教示と失敗認識の統合ができたため、2 回目の試行では結果の予測やより良い行動の選択に関わる部位の脳活動が活性化したものと考えられる。

(3) ポジティブな情動が木工具操作に及ぼす学習効果と脳活動の検証

打撃成績の検証

調査協力者の技能成績は打撃本数と打撃回数で評価した。打撃本数では、各群において増加が見られた。群と技能調査回数によって打撃本数に違いがあるかを検証するために、群と技能調査回数を独立変数、打撃本数を従属変数とする 2 要因分散分析を行った。その結果、技能調査回数の主効果のみ有意差が見られた(1%水準)。

打撃回数では、過程評価群、結果評価群では、減少が見られたが、無評価群では微増した。群と技能調査回数によって打撃回数に違いがあるかを検証するために、群と技能調査回数を独立変数、打撃回数を従属変数とする 2 要因分散分析を行った。その結果、群、技能調査回数および交互作用のいずれにおいても有意差は得られなかった。

脳活動の評価

各群において、技能調査 1 回目と 2 回目の脳活動の差を比較するために対応のある t 検定を

行った。その結果、過程評価群において、技能調査2回目に酸素化ヘモグロビン濃度が5%水準で有意に減少しているチャンネルが7個あることが分かった。結果評価群と無評価群では、有意な増減は見られなかった。過程評価群は、技能調査2回目において、1回目よりも血流を使わずにくぎ打ち作業をすることができるようになったと考えられ、ほめの効果によるものと推察される。

(4) まとめ

本研究により、木材加工学習において、科学的根拠に基づいた指導方法の開発に役立つ成果が得られた。今後も、学習効果を高める教示方法の検証を行い、教育と認知神経科学を密接に関連させた研究の発展に貢献していく所存である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Sakaba, R. & Usuzaka, T.	4. 巻 -
2. 論文標題 Emotional Teaching Strategies in Japanese Technology Education	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of E-Learn: World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education	6. 最初と最後の頁 108-113
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tamatani, D., Usuzaka, T. & Shoji, H.	4. 巻 -
2. 論文標題 Effects of Feedback and Reflection on Performance during Wood Sawing and Prefrontal Cortex Activation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of EdMedia + Innovate Learning	6. 最初と最後の頁 297-302
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Sakaba, R. & Usuzaka, T.
2. 発表標題 Emotional Teaching Strategies in Japanese Technology Education
3. 学会等名 E-Learn: World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tamatani, D., Usuzaka, T. & Shoji, H.
2. 発表標題 Effects of Feedback and Reflection on Performance during Wood Sawing and Prefrontal Cortex Activation
3. 学会等名 EdMedia + Innovate Learning 2020 Online (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------