

令和 2 年 5 月 18 日現在

機関番号：15401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K17915

研究課題名(和文) 技術リテラシーを育成するための技能の効果的・効率的な指導法に関する基礎的研究

研究課題名(英文) A basic study on the method of effective and efficient teaching of the skill for the technology literacy

研究代表者

木村 彰孝 (Kimura, Akitaka)

広島大学・教育学研究科・准教授

研究者番号：50508348

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、中学校技術科「材料と加工の技術」の技能の指導方法と教材の評価手法として、前頭前野の脳活動に着目した。きりを用いた穴あけ加工と製図の学習方法を対象とした実験を行い、その有効性を検証した。その結果、技能の理解・習熟度を前頭前野の脳活動により客観的かつ詳細に評価することの可能性を示すことができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

知識・理解や技能の効果的・効率的な指導法や教材を開発するためには、指導内容を生徒が理解できているか、技能が身についているか否かについて、客観的に評価すると共に、理解・習熟度に応じた指導法の体系化が必要と考える。本研究では、前頭前野の脳活動による客観的かつ詳細な評価を通して、成果物(図面、製作物など)やアンケート(主観評価)では知ることのできない詳細な情報を得ることの可能性を示すことができた。今後、生徒の個に応じた指導方法や教材の開発などへの活用が期待できる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we focused on the brain activity in the prefrontal cortex as a method for teaching skills and evaluating teaching materials in the "Technology of materials and their processing" of junior high school technology education. We examined the drilling process using cuttings and the learning of drafting, and verified the effectiveness. As a result, it was possible to objectively evaluate the degree of understanding and proficiency of skills by the brain activity in the prefrontal cortex.

研究分野：技術教育、Wood and Human Relations

キーワード：ものづくり 中学校技術科 材料と加工の技術 技能 前頭前野の脳活動 理解度 習熟度

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

ものづくりはものに対する興味・関心や好奇心を高め、巧緻性や思考力・判断力を養い、職業観・勤労観を育む上で重要な素養を含むものであり、子どもの成長に必要不可欠な活動といえる。しかし、社会や生活の変化により学校や家庭・地域における子どものものづくり経験は減少しており、それにより若者の理工系・ものづくり産業離れ、技術の継承および担い手不足などといった問題が起きている。

普通教育におけるものづくり教育は、主に中学校技術・家庭(技術分野)(以下、技術科)が担っている。技術科では、ものづくりなどの実践的・体験的な学習活動を通して、基礎的・基本的な知識及び技術を活用すると共に、技術と社会や環境との関わりについて理解し、技術的課題を適切に解決する能力、および技術を適切に評価し活用する能力、つまり技術リテラシー(技術的素養)の育成が求められている。技術リテラシーを育成するためには、技術的課題を適切に解決する能力や技術を適切に評価し活用する能力のベースとなるもの、つまり基礎的・基本的な知識及び技術の習得や技術と社会や環境との関わりについての理解が生徒に身につけていることが必要不可欠であると考えられる。しかし、現行の中学校学習指導要領では4つの内容が必修化され、幅広い内容の学習を通して技術リテラシーを育成することが求められていること、加えて次期学習指導要領では技術と社会・環境との関わりについての理解などについて更なる充実が求められており、少ない授業時数の中で幅広い内容を学習しなくてはならない現状にある。

知識・理解や技能の効果的・効率的な指導法を開発するためには、指導した内容を生徒が理解できているか、技能が身につけているか否かについて、客観的に評価すると共に、理解・習熟度に応じた指導法の体系化が必要と考える。これらを実験する方法として、質問紙や評価基準を基にした評価が行われている。しかし、これらの評価は評価尺度の捉え方が評価者の主観に左右され、効果的・効率的な指導法を開発する段階での評価手法としては客観性に劣るのではないかと考える。加えて、加工の正確性や身体の動きを用いた評価も行われているが、理解・習熟の程度・過程を思考や意識の面から詳細に評価することはできない。

### 2. 研究の目的

本研究では、技術リテラシーを育成するためのベースとなる知識・理解や技能の効果的・効率的な指導法を提案することを目指す。そのうち、本研究課題における研究期間内では技術科「材料と加工の技術」の技能面の指導方法や教材について、思考・意識に関連する前頭前野の脳活動による評価手法を確立することに加え、技能の効果的・効率的な指導法の提案し、その有効性を授業実践により評価することを目指すものである。

### 3. 研究の方法

#### (1) きりによる穴あけ技能の習熟度の違いが前頭前野の脳活動に与える影響

研究代表者らは、既往の研究によりのごぎり挽きの習熟度の違いが前頭前野の脳活動の活性化に影響を与える可能性を示した<sup>1,2)</sup>。本研究課題では、のごぎり挽きと比較して学習内容・ポイントが少なく、身体、特に頭部の動きによる生体反応への影響が少ないことから、きりを用いた穴あけ加工に着目した。きりによる穴あけ技能の習熟度の異なる被験者を用い、その違いが作業時の前頭前野の脳活動に与える影響を検討した。

脳活動の測定には、光イメージング脳機能測定装置(Spectratech OEG-16)を用いた。額にセンサー(16ヶ所を測定)を取り付け、作業前・中・後の酸素化ヘモグロビン濃度変化(oxyHb)などを経時的に測定した。被験者は健康な男性(22.1±2.2歳、右利き)とし、中学校卒業後に木材加工の技能に関する専門的な指導を受けていない未学者14名と大学の授業で専門知識・技能を学んだ既学者4名とした。なお、本研究は広島大学大学院教育学研究科倫理審査委員会の承認により実施した。被削材はヒノキ板目板(300×95×15mm)を用い、木裏中央部に15mm間隔で記入した印(10個×3列)上に四つ目ぎり(全長325、刃先長さ60、穴の直径約3.5mm)で穴を開けさせた。

実験の流れについて、はじめに実験概要の説明と同意書の記入、事前アンケート(経験、得意不得意など)を行った後、センサーを取り付け、安静座位にて頭の中で1から数字を60秒間数えさせた。次に、穴あけ加工を始める直前の姿勢で15秒間静止させた後、穴あけ作業を120秒間行わせた(図1)。その後、終了直後の姿勢で15秒間静止させた後、安静座位にて頭の中で数字を60秒間数えさせた。上記を3回繰り返した後、事後アンケート(加工の難易度、加工精度など)を行った。



図1 (1)の様子(静止・作業時)

#### (2) 立体の提示方法の違いが第三角法による正投影図の製図作業時の脳活動に与える影響

研究代表者らのこれまでの成果と技術教育において脳活動に着目した既往の研究<sup>例えば3-6)</sup>を踏まえ、製図学習の技能の効果的・効率的な指導法を開発と評価を行った。現行・次期学習指導要領と現行教科書などを踏まえ、第三角法による正投影図の学習方法に着目し、以下を検討した。

立方体16個で構成された図形を用いた場合

紙に描いた等角図(jw-cadにより作成し、机上にて提示)、木製の实物模型(1辺20mmの立方体を接着することで作成し、机上にて提示)、前に設置したモニタに投影した3D画像(SketchUp

を使用)の3種類により等倍の立体を被験者に提示し、紙に等倍で第三角法による正投影図に書き換える(図2)課題を行わせた。立体は、縦60×横60×高さ40mmの直方体(1辺20mmの立方体18個)から1辺20mmの立方体を2個取り除いた立体を4段階の難易度別に各6種類作成し(図3)、難易度の低いものから順に2種類ずつ、立体の確認方法毎に最大で8種類提示するよう計画した。被験者内で同一図形が提示されないよう、被験者毎にランダム化した。脳活動の測定には、光イメージング脳機能測定装置(Spectratech OEG-16)を用いた。額にセンサーを取り付け、課題作業前・中・後の酸素化ヘモグロビン濃度変化(oxyHb)などを経時的に測定した。被験者は健康な右利きの男性13名(22.3±1.3歳)とした。なお、本研究は広島大学大学院教育学研究科倫理審査委員会の承認により実施した。

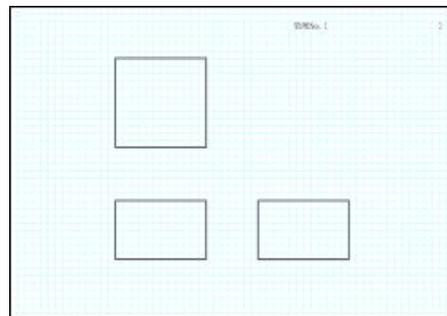


図2(2)で用いた作図用紙(正面・平面・右側面図の外枠のみ記載)

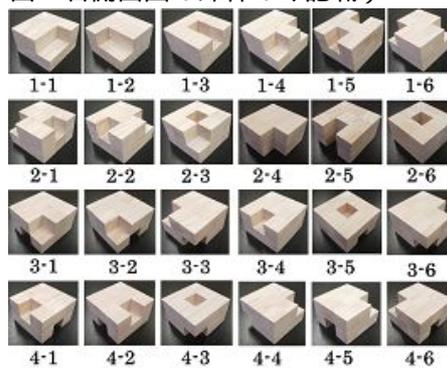


図3(2)- で用いた図形(木製)

実験の流れについて、はじめに実験概要の説明と同意書の記入、事前アンケート(経験、得意不得意など)を行った。次に、製図の役割、図の描き方、実験方法の説明と練習を行った後、センサーを取り付けた。実験は、安静(前の十字を見ながら数字を1から暗唱)2分-作図(立体の確認と作図の繰り返し)10分-安静(前述と同様)2分-事後アンケート(POMS短縮版:金子書房、図法の理解度、製図の難易度、図面の正確さ)の順に行った。一連の実験を5分程度の休憩を設けながら3回(3種類の立体の提示方法)繰り返した。

立方体15個で構成された図形を用いた場合

前に設置したモニタに投影した等角図(jw-cadにより作成)と3D画像(SketchUpを使用)、プラスチック製の实物模型(3Dプリンタにより作成し、机上にて提示)の3種類により等倍の立体(全て白色)を提示し、紙に等倍で第三角法による正投影図に書き換える(図2)課題を行わせた。立体は、より難易度を高め、縦60×横60×高さ40mmの直方体(1辺20mmの立方体18個)から1辺20mmの立方体を3個取り除いた立体を4段階の難易度別に各6種類作成し(図4)、難易度の低いものから順に2種類ずつ、立体の提示方法毎に最大で8種類提示するよう計画した。被験者内で同一図形が提示されないよう、被験者毎にランダム化した。脳活動の測定には、光イメージング脳機能測定装置(Spectratech OEG-16)を用いた。額にセンサーを取り付け、課題作業前・中・後の酸素化ヘモグロビン濃度変化(oxyHb)などを経時的に測定した。被験者は健康な右利きの男性18名(21.4±2.0歳)とした。なお、本研究は広島大学大学院教育学研究科倫理審査委員会の承認により実施した。

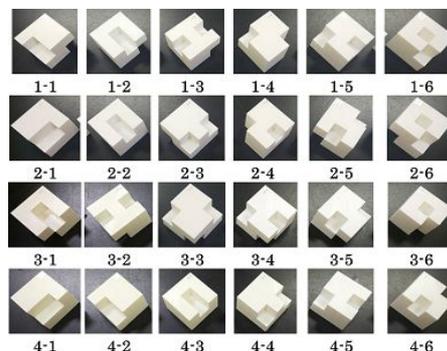


図4(2)- で用いた図形(プラスチック製、3Dプリンタにより作成)

実験の流れはと同様とした。実験の様子を図5に示す。



図5(2)-の様子(作図時)

#### 4. 研究成果

(1) きりによる穴あけ技能の習熟度の違いが前頭前野の脳活動に与える影響

穴あけの総加工数について、既学者は未学者と比較して有意に多くなる傾向が確認されたことから、穴あけ加工技能が異なる被験者群であったと言える(図6)。oxyHbについて、未学者と既学者の共に作業によりoxyHbは増加した。習熟度間でみると、未学者は既学者と比較してoxyHbの変化量は小さくなる傾向を示し、左半球のみ未学者は既学者と比較してoxyHbの変化量が有意に小さい傾向が認められた(図7)。利き手と脳の関係において、優位半球は右利きの95%以上、左利きの70~80%が左半球であること<sup>7)</sup>、左半球は言語的な刺激(思考、判断、意思など)の認知に優れていること<sup>8)</sup>から、左半球において有意傾向が認められたと推測される。また、研究代表者らののこぎり挽きを対象とした既報<sup>1)</sup>において、未学者は既学者と比較してoxyHbの変化量は有意に大きかったことから、加工内容により前頭前野の脳活動は異

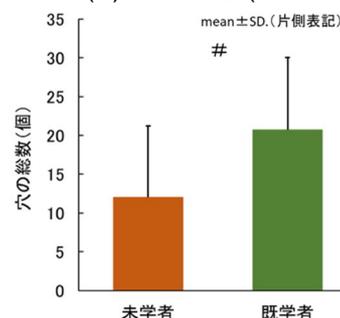


図6(1)既学者と未学者における穴あけの総加工数(#:p<0.1(Wilcoxonの順位和検定))

なる可能性が示唆された。

(2) 立体の提示方法の違いが第三角法による正投影図の製図作業時の脳活動に与える影響

立方体 16 個で構成された図形を用いた場合

全被験者の oxyHb の平均値を比較した結果、3D 画像を用いた場合のみ全ての測定位置で有意な変化が認められなかった。また、製図得意群では全ての学習方法において一部を除いて有意な変化は認められなかったのに対し、製図苦手群では 3D 画像を用いた場合のみ、全ての測定位置で有意な変化が認められなかった(図 8)。図面の回答数や正答率、作業直後の図法の理解度、製図の難易度、図面の正確さの主観評価は学習方法間で有意差は認められなかった。

立方体 15 個で構成された図形を用いた場合

全被験者の oxyHb の平均値を比較した結果、実物模型を用いた場合において有意な変化を示した測定位置が最も少なかった。また、製図既学者群(中学校卒業後に製図の専門的指導を受けた者)では全ての学習方法において有意な変化は認められなかったのに対し、製図未学者群(中学校卒業後に製図の専門的指導を受けていない者)ではいくつかの箇所では有意な変化が見られ、特に 3D 画像を用いた場合は有意な変化が認められた全ての測定位置で上昇した。同様に、製図得意群では全ての学習方法において有意な変化は認められなかったのに対し、製図苦手群ではいくつかの箇所では有意な変化が見られ、特に 3D 画像を用いた場合は有意な変化が認められた全ての測定位置で上昇した(図 9)。図面の回答数や正答率、作業直後の図面の正確さの主観評価は学習方法間で有意差は認められなかった。作業直後の図法の理解度と製図の難易度の主観評価は学習方法間で有意差が認められ、理解度は 3D 画像-実物模型-等角図、難易度は等角図-実物模型-3D 画像の順に高い得点を示したものの、多重比較の結果、学習方法間で有意差は認められなかった。

と の結果から、製図の学習方法や技能の習熟度、得意不得意、立体の違いにより前頭前野の脳活動は異なること、つまり思考・意識の程度が異なることが示唆された。また、図面の評価や主観評価では読み取ることでできない思考・意識の変化を前頭前野の脳活動により詳細に評価することが可能であることが示唆された。

本研究課題全体を通して、「材料と加工の技術」の技能面の理解・習熟度を前頭前野の脳活動により客観的かつ詳細に評価することの可能性を見出すことができた。成果物や主観評価では知ることのできない詳細な情報を得ることが可能となることで、生徒の個に応じた教材や指導方法の開発などへの活用が期待される。しかし、他の技能や教材、指導方法の評価への適用の可否については、十分なエビデンスが得られていない。加えて、提案した製図の学習方法について、授業実践を行うことができず、前頭前野の脳活動などとの対応を検討することができなかったことから、引き続き研究を進める計画である。

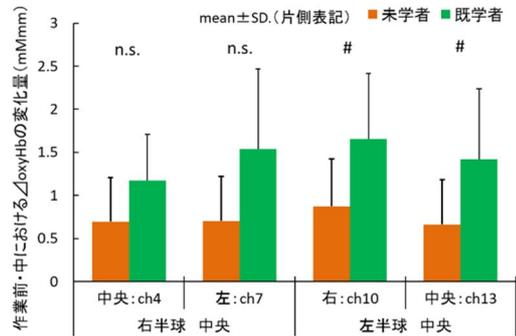


図 7 (1)作業前と作業中における oxyHb の変化量 (#:p<0.1、n.s.:有意差なし(Wilcoxonの順位和検定))

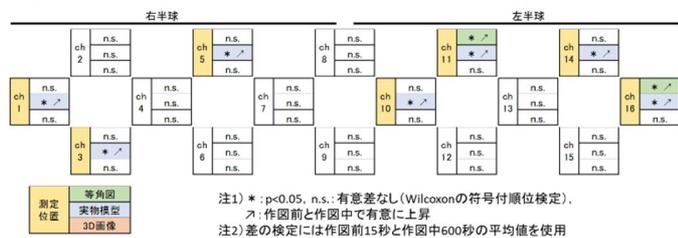
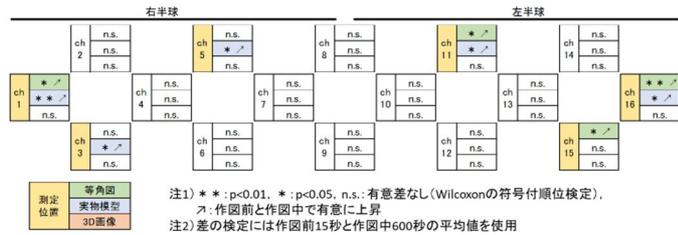


図 8 (2)- 作業前と作業中における oxyHb の変化量 上段:全被験者(n=13)、下段:製図苦手群(n=7)

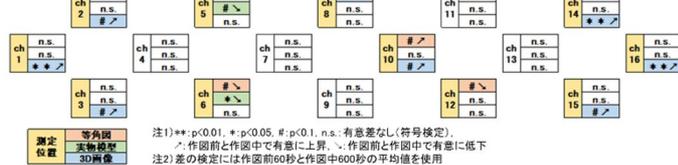
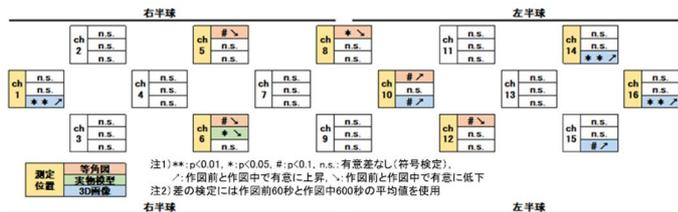


図 9 (2)- 作業前と作業中における oxyHb の変化量 上段:全被験者(n=18)、中段:製図未学者群(n=13)、下段:製図苦手群(n=11)

<引用文献>

- 1) 木村彰孝、藤田遼、藤本登：のこぎり挽き技能の習熟度の違いが前頭前野の脳活動に与える影響、日本産業技術教育学会第 58 回全国大会講演要旨集、p.148 (2015)
- 2) 木村彰孝、藤田遼、藤本登：のこぎり挽き技能の習熟度の違いが前頭前野の脳活動に与える影響 - 学習前後の比較を通して -、日本産業技術教育学会第 59 回全国大会講演要旨集、p.34 (2016)
- 3) 竹野英敏、戸崎聡：簡易脳波計による小学校プログラミング教材「宇宙飛行士になってみよう」学習時の評価、日本産業技術教育学会第 61 回全国大会講演要旨集、p.139 (2018)
- 4) 竹野英敏、藤田和幸：脳波からみたデジタルペン、タブレット PC 及び紙と鉛筆を用いた記述回答時のストレス比較、日本科学教育学会研究会研究報告、Vol.30、No.8、pp.53-58(2016)
- 5) 臼坂高司、葛山俊介、勝二博亮：教示方法の違いがのこぎり引きの切断成績と脳活動に及ぼす影響、科学教育研究、Vol.42、No.4、pp.419-428 (2018)
- 6) 高橋将太郎、臼坂高司、勝二博亮：下穴条件の異なる釘打ち作業と脳活動の関連、日本産業技術教育学会第 26 回関東支部大会講演論文集、pp.13-14 (2014)
- 7) 細田多穂ら編：中枢神経障害理学療法学テキスト、南江堂、pp.15-24 (2008)
- 8) 日本生理人類学会編：人間科学の百科事典、丸善出版、pp.164-165 (2015)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 岩崎透子、木村彰孝
2. 発表標題 立体の提示方法の違いが第三角法による正投影図の製図作業時の脳活動に与える影響 - 立方体15個で構成された図形を用いて -
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第63回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岩崎透子、木村彰孝
2. 発表標題 生理指標を用いた製図の学習方法の評価に関する基礎的検討（1）心理指標と書き換え作業について
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第62回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村彰孝、岩崎透子
2. 発表標題 生理指標を用いた製図の学習方法の評価に関する基礎的検討（2）前頭前野の脳活動と自律神経活動について
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第62回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村彰孝
2. 発表標題 材料と加工の技術における板材を用いた木製品の構想・設計・製作 の繋がりを意識した試作用材料と学習の流れの検討
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第62回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村彰孝
2. 発表標題 きりによる穴あけ技能の習熟度の違いが前頭前野の脳活動に与える影響
3. 学会等名 日本産業技術教育学会第61回全国大会
4. 発表年 2018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
--	---------------------------	-----------------------	----