

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 20 日現在

機関番号：14302

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H03499

研究課題名(和文) 学習者間の「教え - 学び合い」過程における教育効果の脳生理学的解明

研究課題名(英文) Using brain physiology to explain educational effectiveness in the process shared between learners of teaching and learning from each other

研究代表者

黒田 恭史 (Kuroda, Yasufumi)

京都教育大学・教育学部・教授

研究者番号：70309079

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 6,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、実際の授業場面で理論的・経験的に活用されてきた、学習者同士の「教え - 学び合い」過程に着目し、教える側と学ぶ側の役割交替による教育効果を、脳生理学的に解明することである。役割交替の教育効果を、行動観察やインタビュー等に加え、生理学的視点からそのメカニズムを分析し、よりよい役割交代について検討する。

大学生2名1組を対象とした実験では、「教える側」と「学習する側」を、ある一定の時間(15秒間毎)で交互に入れ替わるという課題を開発し、同一被験者が、一つの問題解決過程の中で「教える側」と「学ぶ側」の異なる役割を担った際の脳活動の特徴、及び2名間の脳活動変化の関連について検討した。

研究成果の概要(英文)：This study focused on the process shared between learners of “teaching and learning from each other” as it has come to be used theoretically and practically in actual classroom situations and to explain the educational effectiveness that results from switching between the roles of teacher and learner in terms of brain physiology. The study analyzes the mechanisms behind the educational effectiveness of role switching from perspectives in brain physiology and investigates improvements in role trading.

In an experiment with one group of two university students, an exercise was developed whereby participants would take turns alternating between the roles of “teacher” and “learner” in a specific time; the study examined the special characteristics of brain activity when the same two experiment participants took on the differing roles of “teacher” and “learner” and also examined the relationship between changes in the brain activity of each participant.

研究分野：数学教育学

キーワード：神経科学 生体情報

1. 研究開始当初の背景

(1) 非侵襲脳活動計測技術の発展や、学習過程における脳活動の計測が可能な機器の開発等により、脳科学の研究方法を教育研究に応用する動きが世界的規模で広がっている。経済協力開発機構（OECD）の教育研究革新センター（CERI）は、学習科学と脳研究プロジェクトを開始し、とりわけ言語能力、計算能力、生涯学習（認知症含）の各分野についての研究を推進してきた（OECD 教育研究革新センター、2010）。それと連動して、日本では文部科学省が「脳科学と教育」研究に関する検討会を発足させた。近年では、世界各国において Educational Neuroscience（教育神経科学）に関する国際会議が開催されるようになり、医学、心理学、工学、そして教育学の研究者らが協力して、新たな学際的研究分野の確立に取り組んでいる。

(2) 1990年代に開発された近赤外分光法（NIRS：Near Infra-red Spectroscopy）による光計測装置は、被験者の学習過程における脳内のヘモグロビン濃度データを取得できるため、理解過程における生理学的データを取得可能である。とりわけ、2010年には、複数人の脳活動の同時計測が可能な装置が日本で開発され、今日ではより教育研究に活用可能な装置へと発展している。その結果、現在では次のような研究パラダイムの転換がなされつつある（黒田他、2015）。

- ・「刺激－反応」を対象とした実験から、思考・理解といった高次な脳機能を対象とした実験へ
- ・脳傷病患者を対象とした診断・治療から、健常な成人や子どもを対象とした計測・分析へ
- ・他から遮断された実験室内での実験環境から、他との交流のある教室空間での実験環境へ
- ・単独被験者の脳活動計測から、複数被験者の脳活動の同時計測へ

2. 研究の目的

(1) 本研究の目的は、上記の研究成果を踏まえ、実際の授業場面で理論的・経験的に活用されてきた、学習者同士の「教え－学び合い」過程に着目し、教える側と学ぶ側の役割交替による教育効果を、脳生理学的に解明することである。役割交替の教育効果を、行動観察やインタビュー等に加え、生理学的視点からそのメカニズムを分析し、より効果的な役割交替のあり方や、学習者が教えるという行為の教育的意義、教師の適切な学習者間への関与の仕方について検討する。

(2) 具体的には以下の2点を明らかにすることを目的とする。

- ・1名の被験者が、学ぶ側から教える側に切り替わる過程における脳活動の特徴を明らかにする。

- ・2名の被験者が、教える側と学ぶ側を相互に交替する過程において、両者の脳活動に連関があるのか、その特徴は何であるのかを明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 研究の方法は、図1の手順のとおりである。図1の左上の①において、実験課題開発等の実験環境の構築を行う。この際、脳科学的立場からではなく、教育学的立場から課題設定を行うようにし、教育現場における実際の検討課題を実験課題に反映するようにする。続いて、右上の②において、脳活動計測実験を実施する。装置の発展により、現在では、健常な成人のみならず、小学生でも計測することが可能となっているが、本研究では、恒常的・安定的に「教え－学び」あう場面を再現する目的から、大学生同士を被験者として実験を実施する。右下の③において、脳活動データ分析を実施する。データ分析に際しては、医学研究で多用される脳活動の「部位」を特定化する空間分解能分析ではなく、特定部位の時系列変化を観察する時間分解能分析を主に用いることとする。役割交替という時間経過による脳活動の変化に着目するためである。左下の④において、教育実践などに対する評価を実施する。これは行動観察やインタビューによる従来の教育学的研究手法による基本データの集積のためのものである。これらの成果を総合し、中央下の⑤において、新たな教育学の知見の解明に着手する。

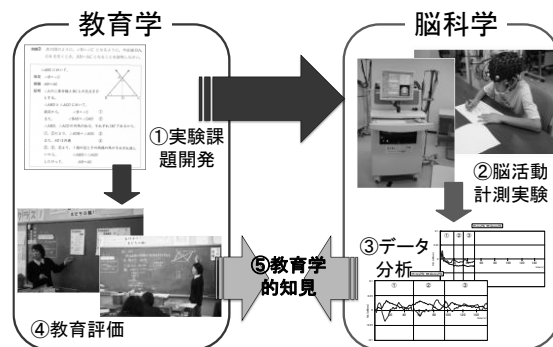


図1 研究方法のモデル図

(2) 上記の研究の方法に従い、二人同時脳活動計測実験を計画した。

実験課題は、7つのピースを全て用いて指定された形を構成するタングラム課題4試行を設定した（図2）。実験は2名1組で実施し、「教える側（課題解決者）」と「学習する側（課題観察者）」を、一定の時間（15秒間毎）で交互に入れ替えるという条件のもと実施した（図3）。タングラムを双方の被験者（A、B）に1セットずつ用意し、最初15秒間被験者A（課題解決者）が課題に取り組み、その間、被験者B（課題観察者）はその様子を観

察した。その後 15 秒間被験者 B が課題に取り組み、被験者 A はその様子を観察した (図 4)。これを交互に繰り返し、制限時間を 180 秒間とした。

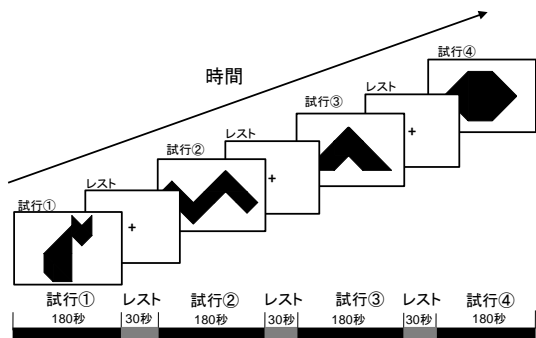


図 2 タングラム実験課題



図 3 二人同時計測実験場面

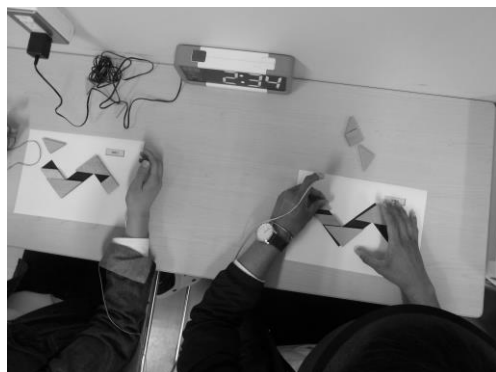


図 4 右：課題解決者、左：課題観察者

4. 研究成果

(1) 被験者は、大学生 2 名 1 組を 6 組、計 12 名であった。被験者の平均年齢は 21.1 歳、性別は男性 10 名、女性 2 名であった。

(2) 行動観察結果については、正答率、所要時間、標準偏差について計測、分析を行った (表 1)。正答率では、試行②が最も高く、試行①が最も低い結果となった。平均所要時間は、180 秒間で完成しなかった場合は 180 秒間とし、180 秒間以内で完成した場合は実時間を用いて算出した。その結果、試行②が最も短く、試行①が最も長い結果となった。標準偏差は、試行①、試行②が小さく、試行③、試行④が大きい結果となった。

試行①は最初の問題であったため、15 秒お

きに役割が変わることへの戸惑いなども影響して、正答率が低く、所要時間が長かったのではないかと考えられる。

表 1 正答率、平均所要時間、標準偏差

	試行①	試行②	試行③	試行④
正答率 (%)	50	100	67	83
平均所要時間 (秒)	154.2	68.7	132.7	107.8
標準偏差	35.8	34.8	56.9	59.7

(3) 脳活動データについては、各被験者とも計測部位は前頭前野の 16 カ所として、各実験課題時の oxyHb と deoxyHb を計測した。図 5 が 16 カ所のデータであり、本分析では、最もノイズが少なく安定的にデータ取得ができ、左右対称な位置の比較の議論も可能である、ch7 (右前額部) と ch10 (左前額部) に着目して分析を行った。

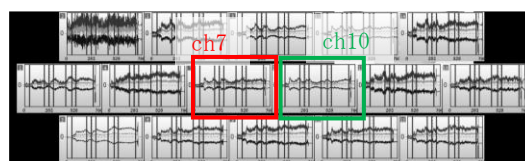


図 5 前頭前野 16 カ所の脳活動データ

図 6 は、試行①における被験者 A と被験者 B の ch7 と ch10 の oxyHb の時系列データである。赤色線とピンク色線が被験者 A のそれぞれ ch7 と ch10 の部位のデータ、緑色線と薄緑色線が被験者 B のそれぞれ ch7 と ch10 の部位のデータである。図の上部に A、B、A、B、・・・と付しているのが、その時間帯に課題解決を行っている被験者である。この試行では、制限時間 180 秒以内に正答に至ることができなかった。脳活動データより、被験者 A、B ともに、総じて課題解決時の方は、oxyHb が上昇傾向にあり、課題観察時の方が下降、もしくは均衡傾向にあることがわかる。すなわち、被験者間を同一時間帯で比較すると、oxyHb は逆の向きに変化していることとなる。試行全体としては、試行の初期の上下変動を除くと、時間が経つにつれ緩やかに上昇する傾向にある。

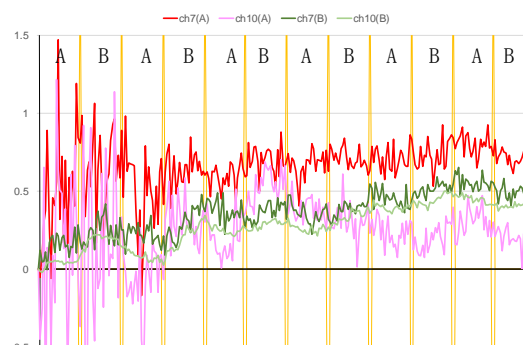


図 6 試行①の被験者 A、被験者 B のデータ

図 7 は、試行③における被験者 A と被験者 B の ch7 と ch10 の oxyHb の時系列データである。この試行では、171 秒で正答に至った。脳活動データより、被験者 A、B ともに、総

じて課題解決時の方は、oxyHb が上昇傾向にあり、課題観察時の方が下降、もしくは均衡傾向と、試行①と同様の変化をしていることがわかる。試行全体としては、時間が経つにつれ緩やかに上昇する傾向と、こちらも試行①と同様の変化をしている。

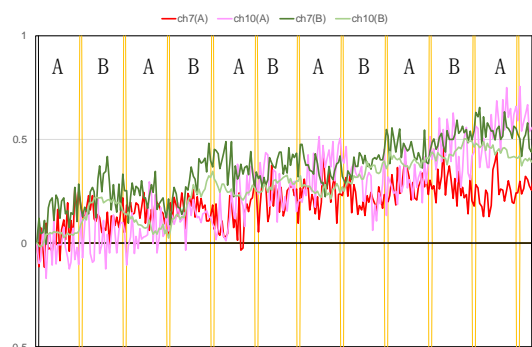


図7 試行③の被験者A、被験者Bのデータ

図8は、試行②における被験者Aと被験者Bのch7とch10のoxyHbの時系列データである。この試行では、68秒で正答に至った。脳活動データより、被験者A、Bともに、総じて課題解決時と、課題観察時の差異があまりなく、均衡状態が続いていることがわかる。試行全体としても、時間経過による上下変動はあまり見られない。

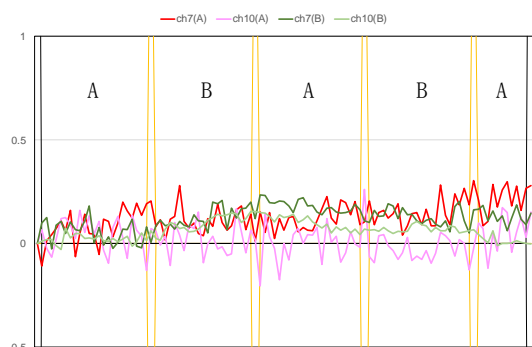


図8 試行②の被験者A、被験者Bのデータ

(4) まとめとして、同一の被験者が、「教える側(課題解決者)」と「学習する側(課題観察者)」を交互に交替することにより、脳活動に変化が見られた。具体的には、「学習する側(課題観察者)」よりも、「教える側(課題解決者)」の時間帯の方が、より脳が賦活(oxyHbが増加)する傾向にあることが明らかになった。一方で、「学習する側(課題観察者)」の時間帯では、脳活動が下降、均衡になるということが明らかになった。両者を考え合わせると、教えるという行為は、よりエネルギーを必要とすることであり、学ぶという行為は、落ちつき客観視するというところから、両者を効果的に転換することで、一人の学習者内で、生理学的に異なる状況を作り出すことができ、そのことが、学習に好影響をもたらすのではないかと考えられる。

また、前述の試行②では、課題難度が低い

ために双方の生理学的な呼応が見られないということが推測されたので、難度の適正化も「教えー学び合い」活動において重要な要素であることが確認された。

<参考文献>

①OECD 教育研究革新センター編著、脳から見た学習ー新しい学習科学の誕生、2010、明石書店
 ②黒田恭史、岡本尚子、前迫孝憲、NIRSを用いた脳活動計測技術がもたらす教育神経科学の可能性、日本レーザー医学会誌、Vol. 36、No. 2、2015、176-185

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 1件)

①黒田 恭史、岡本 尚子、前迫 孝憲、NIRSを用いた脳活動計測技術がもたらす教育神経科学の可能性、日本レーザー医学会誌、査読有、Vol. 36、No. 2、2015、176-185

[学会発表](計 27件)

①倉橋 七緒、黒田 恭史、小学校算数科における立体図形と展開図に関する児童の認識特性ー第5学年を対象とした視線移動計測実験から一、教育システム情報学会2016年度学生研究発表会、2017
 ②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、数学教育学会春季年会、2017
 ③岡本 尚子、黒田 恭史、除法筆算観察時における教師の視線特徴、第35回日本生理心理学会大会、2017
 ④岡本 尚子、黒田 恭史、教師の計算観察過程における着眼点ー視線計測による大学生との比較をとおして一、数学教育学会秋季例会、2017
 ⑤黒田 恭史、算数教育の課題を探るー小学校の内容と方法を見直すー、数学教育学会秋季例会2017
 ⑥岡本 尚子、黒田 恭史、鈴木 麻希、文章問題観察時の視線特徴ー教職課程学生と非課程学生の比較一、数学教育学会春季年会、2017
 ⑦H. EDA, M. YAMAZAKI, N. OKAMOTO, Y. KURODA, Laterality Index plot of NIRS data clearly indicates the difference of the brain activation during Kraepelin performance test and the 2-digit calculation test, 14th Polish-Japanese Seminar on Biomedical Engineering, 2017
 ⑧ Naoko Okamoto, Yasufumi kuroda, Pre-service teachers' eye movements while observing children's calculation process, International Conference on Interdisciplinary Social Sciences, 2017
 ⑨黒田 恭史、生体情報がもたらす数学教育

の新たな潮流、日本・中国数学教育国際会議、2017

- ⑩ Hideo Eda, M. Yamazaki, N. Okamoto, Y. Kuroda, Increase of the deoxyHb calculated by NIRS indicates artifact, that does not contradict BOLD theory of fMRI, Neuroscience 2017, Society for Neuroscience, 2017
- ⑪ M. Yamazaki, Hideo Eda, N. Okamoto, Y. Kuroda, We can know whether you are motivated or not by measuring brain activity, Neuroscience 2017, Society for Neuroscience, 2017
- ⑫ 岡本 尚子, 黒田 恭史, 図形課題解決時における学習者の視線移動特徴、数学教育学会春季例会、2016
- ⑬ 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
- ⑭ 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
- ⑮ 岡本 尚子, 黒田 恭史, 野杵 紗千, 教員養成課程学生と非課程学生の除法筆算過程観察時の着目点の違い、数学教育学会秋季例会、2016
- ⑯ 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部門シンポジウム、2016
- ⑰ Naoko Okamoto, Yasufumi kuroda, Influence of hints in the teaching-learning process: A neuroscientific study, EARLI Neuroscience and Education, 2016
- ⑱ Yasufumi Kuroda, Naoko Okamoto, CHANGES IN BRAIN ACTIVITY WHILE ENGAGING IN NUMBER SEQUENCE QUESTIONS OF VARYING DIFFICULTY, Proceedings of 13th International Congress on Mathematical Education, 2016
- ⑲ H. EDA, M. YAMAZAKI, N. OKAMOTO, Y. KURODA, Laterality Index plot of NIRS data indicates the brain activation laterality for calculation test and for Kraepelin performance test, Society for Neuroscience, 2016
- ⑳ M. YAMAZAKI, H. EDA, N. OKAMOTO, Y. KURODA, Can we capture lateralization of brain activities with EEG and/or NIRS?, Society for Neuroscience, 2016
- ㉑ 岡本 尚子, 黒田 恭史, 展開図の立体構成過程における眼球運動計測、第33回日本生理心理学会大会、2015
- ㉒ 黒田 恭史, 岡本 尚子, 生体情報を教育学研究に活かすことへの躊躇とその克服、日本教育学会第74回大会、2015

㉓ 岡本 尚子, 黒田 恭史, マップリーディングにおける眼球運動、教育システム情報学会第40回全国大会、2015

㉔ 岡本 尚子, 黒田 恭史, 図形課題解決時における助言者の視線移動特徴、数学教育学会秋季例会、2015

㉕ 中島 悠, 黒田 恭史, 岡本 尚子, 浅井 和行, 二次元情報をもとにした三次元立体構成時における視線移動、日本教育メディア学会第22回年次大会、2015

㉖ 黒田 恭史, 日本において教育神経科学が確立されるためには、第32回日本脳電磁図トポグラフィ研究会、2015

㉗ Yasufumi kuroda, Naoko Okamoto, Brain activity during processes of teaching and learning. Redesigning Pedagogy International Conference. Singapore, 2015

[図書] (計 1件)

① 黒田 恭史, 本当は大切だけど、誰も教えてくれない算数授業50のこと、190、明治図書

6. 研究組織

(1) 研究代表者

黒田 恭史 (KURODA, Yasufumi)
京都教育大学・教育学部・教授
研究者番号：70309079

(2) 研究分担者

前迫 孝憲 (MAESAKO, Takanori)
大阪大学・大学院人間科学研究科・教授
研究者番号：00114893

江田 英雄 (EDA, Hideo)
光産業創成大学院大学・光産業創成研究科・教授
研究者番号：00395237

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