

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：32612

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26590150

研究課題名(和文)教育脳を探る 「教育による学習」をつかさどる脳神経基盤に関する研究

研究課題名(英文)Exploring educational brain: a study on neurobasis for learning by education.

研究代表者

安藤 寿康 (Ando, Juko)

慶應義塾大学・文学部・教授

研究者番号：30193105

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：教育学習は個体学習、観察学習とは異なる進化的に獲得されたヒトに顕著な学習様式と考えられ、それに対応する特殊な脳活動があることが予想される。本研究では、指運動の系列の記憶と再生を、個体・観察・教育の3学習条件で実行している際の脳活動をfMRIによって把握することを目的とした。

予備実験の段階として、課題の検討と開発を経て、個体と観察学習の脳活動の指運動データを収集した。その結果、個体学習では視覚野、一次感覚運動野、補足運動野、被殻、視床視覚野、小脳、視床の賦活が、また観察学習では視覚野、被殻、両側中側頭回、縁上回、両側前頭前野の賦活が顕著であり、学習様式間の差が先行研究と整合的に見いだされた。

研究成果の概要(英文)：Educational learning(learning by teaching) is thought to be evolutionarily attained followed by individual and observational learning which is assumed to be specific to Homo sapiens and, therefore, based upon some specific brain function. The purpose of the current study is to identify this "educational brain" compared with individual and observational learning situations.

In this preliminary stage, after a long-term discussion on necessary conditions for tasks of educational situation, finger movement tasks was administrated under individual and observational conditions. In individual learning condition, visual cortex, primary sensory motor cortex, supplementary motor area, putamen, thalamus visual cortex, cerebellum, thalamus. In observational learning condition, visual cortex in learning, putamen, both sides in the side temporal gyrus, edge exceeded, activation of both sides prefrontal cortex is remarkable. Thus differential activities were observed.

研究分野：教育心理学

キーワード：教育 進化 fMRI 個体学習 観察学習 心の理論 利他性 遺伝規定性

1. 研究開始当初の背景

動物の学習様式を進化(系統発生的)にみると個体学習(individual learning)、観察(模倣)学習(observational learning)、そして教育学習(learning by teaching, educational learning)の順に発生してきた。このうち個体学習は単細胞動物からあまねく動物においてみられるが、観察学習は社会性動物に、そして教育学習はヒトにおいて顕著であると考えられてきた。

近年、ヒト以外の動物 - ミアキアット、タンデムランニングアリ、シロクロヤブチメドリにも「教育」があることが発見された(Thornton & Raihani, 2008)。彼らは高次脳を用いることなく、他個体の学習を促す特別な行動をするという利他的な学習様式を特定の知識・技能伝達に用いている。このことから「教育」という学習様式になんらかの進化的基盤があることが示唆される。一方でヒトに進化的に最も近いチンパンジーに教育の存在は確認されていない。するとヒトの教育行動を支える認知神経学的基盤は何なのだろうか。

ヒトの教育に進化的基盤があることを示唆・指摘する論考(Strauss & Ziv, 2005, 2013)や発達心理学的実証研究(たとえば Csibra & Gergely (2005; 2009)の Natural Pedagogy)が報告されるようになった。申請者もこれらの研究動向と自らの双生児の社会行動の発達研究をもとに、「ヒトは生物学的な適応方略として教育による学習をする動物である」とする「*Homo educans* 仮説」を提起している(Ando, 2009)。ヒトの場合、共同注意、心の理論、言語、一般知能など進化的に獲得された脳の高次機能を利用しながら「教育」を行っていると考えられるが、その全体的なメカニズムはまだ解明されていない。

文化人類学的研究では、狩猟採集に大人から子どもへの積極的教育がみられないことが指摘されている(Lancy, 2010; 亀井, 2010)。*Homo educans* 仮説に対するこの反例に対して、申請者はカメルーンの狩猟採集民バカ・ピグミーの観察を行い、自然な社会的コミュニケーションの中に教育による学習が埋め込まれている可能性を探索しており(安藤, 2012; Ando, 2013)、同様な研究は文化人類学者も着手している(Hewlett, 2012)。また申請者は教育動機と利他性との関連の心理学的調査にも着手しつつある(安藤, 2013)。

Homo educans 仮説を検証するためのより直接的な証拠として、教育による学習を遂行中の脳活動の特徴の確認は必要不可欠と考えられる。関連領域の脳研究として、直接経験による学習時に賦活化する背側線条体が観察学習時にも同様に賦活化すること(Cooper et al., 2012)、また S-R 連合を試行錯誤で学習する場合と比較してシンボルを用いた教示に基づいて学習した時、特に外側前頭前皮質(LPFC)と他のさまざまな領域(aSTR, OFC, aPI など)とのカップリングが伴うこと

(Ruge & Wolfensteller, 2010; 2013)などの報告がある。しかしヒトの教育を特徴づけるのは単に他者の観察や他者からの一方的な教示ではなく、他者から利他的にインタラクティブになされる教示・学習であり、その特徴を抽出して探究した研究はまだない。

2. 研究の目的

「教育」とは学習者の学習を促す他者からの利他的な働きかけによって成り立つ学習様式として操作的に定義され(Caro & Hauser, 1992)、文化の創造過程にもかかわるヒト特有の独特な進化的適応方略と考えられる。本研究の目的は、このような「教育(による学習)」をつかさどる脳機能の特徴を明らかにすること、すなわち「教育脳」の探究である。

「教育による学習」(以下「E 条件」)の際の学習者の脳活動を、「個体学習」(以下「I 条件」)と「観察学習」(以下「O 条件」)の各条件下の脳活動の特徴と fMRI によって比較することにより、「教育による学習」特有の脳活動が特定されるのか、特定されるとすればその生起条件と活動の特徴を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 実験課題

fMRI 装置内で個体学習(I 条件)、観察学習(O 条件)、教育学習(E 条件)の3条件による学習様式の脳活動を的確に弁別する課題を検討した末、本研究の中で実施する課題として最終的に「指運動学習 finger movement (FM) learning」ならびに、その指の動きに言語的意味を付与した「指言語学習 finger language (FL) learning」を考案した。

FM 課題では、I, O, E の3条件とも、片手の親指を除く4指の上げ下げの特定の組み合わせを4パターン一組にして系列化し(Figure 1)、順番を画像提示する。被験者はそれを記憶、自らの手指で再生してもらうという課題である。指の動きは4指ひとつひとつに対応したボタン装置(Figure 2)を押すことによって、その反応が記録される。

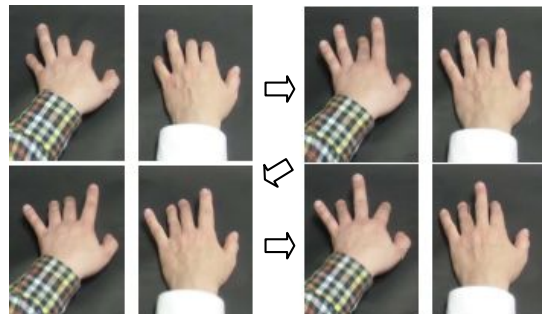


Figure 1 FM(指運動)課題のパターン例

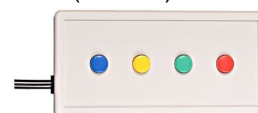


Figure 2 反应用ボタン装置 (フィジオテック HHSC-1x4-L)

I条件では、4パターンの系列ひとつひとつの画像を順次、被験者自身がボタン操作で提示させることができ、自身のペースで系列の記憶・再生ができる。

0条件では、Figure 1の4パターンの指の形を示す一対の図の一つ一つにおいて、右側が教師役、左側が学習者役として、教師役の例示に続いて学習者役がそれを模倣している様子が映し出される。1回目の例示・模倣系列では学習者がエラーを犯し、それに対して教師がエラーであることを伝えるフィードバックが、画面内に赤色の矩形を提示することによって伝えられ、再度2回目の教師の例示が示される。これに対して学習者は正しい反応を行い、それに対して成功を伝える青色の矩形が提示される。被験者はこのプロセスを観察しながら、教師役の提示するパターン系列を記憶するために、例示に合わせて指を動かすよう指示されている。

E条件ではFigure 1の4パターンの系列を右側の教師役が被験者に例示し、被験者はその系列を記憶して、自身でそれを自らボタン装置上で模倣再生する。もし被験者が系列上でエラーを犯した場合は、その直後にエラーであることを伝えるフィードバックが、画面内に赤色の矩形を提示することによって伝えられ、再度教師の例示が示されて、再度再生が求められる。もし被験者が4パターンの系列を正しく再生できた場合は、成功を伝える青色の矩形が提示される。施行は被験者が成功するまで、あるいは所定時間が経過するまで続けられる。

実験セッションの構成は、レスト(固視点[+]の凝視)30秒、各条件での学習素材の提示(80秒~108秒)、保持(固視点の凝視)30秒-テスト20秒、レスト30秒、からなる。ここから、学習状態での脳活動の差のほか、学習方法と保持、もしくはテストの状態での差を検討可能な構成とした。

FL(指言語)課題では、FM課題で用いたのと同じ指の組み合わせの一つ一つに対して一つずつを「単語」として意味をあて(たとえばFigure 1の図例で、順に「私」「白い」「犬」「好き」)、4パターンで1文を表現する(図例では「私は白い犬が好きだ」の意)ように作られた刺激素材を用いる。被験者はここから指パターンとその意味を連合学習し、さらに文法を考察する。さらに「あなた」「黒」「?(疑問の意)」「否(否定の意)」など新たな単語に相当する指パターンを導入した新たな文(例:「あなたは犬が好きですか?」「黒い犬は好きではない」)を2文学習させる。以上の学習をFM課題と同様にI,0,Eの3条件で行う。保持フェーズの後のテストフェーズでは、既習の単語だけを組み合わせ、新しい意味(例:「あなたは白が好きですか?」)を作らせる。

(2) fMRI 撮像

脳機能の撮像に用いた機材は、玉川大学脳

科学研究所 GBI 棟に設置された3テスラ臨床用MRI(型番:SIEMENS, MAGNETOM Trio, A Tim System 3T)及び32チャンネルヘッドコイル。解析ソフトspm12(v.6685)(<http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/>)。現時点では予備調査のための被験者として、成人男性2名のデータを収集した。仰臥位でMRIに入り、後部のスクリーンに投影された刺激課題を、ヘッドコイル状に設置されたミラー越しに負荷された。

4. 研究成果

(1) 脳活動に関する主な結果と考察

研究期間内に実施し、解析がなされたのはFM課題でのI条件と0条件であった。SPM(F)、 $p < 0.0001$, uncorrectedでの解析結果は以下の通りである。

I条件での顕著な反応が見られたのは、視覚野、一次感覚運動野、補足運動野、被殻、視床などであった(Figure 2)。

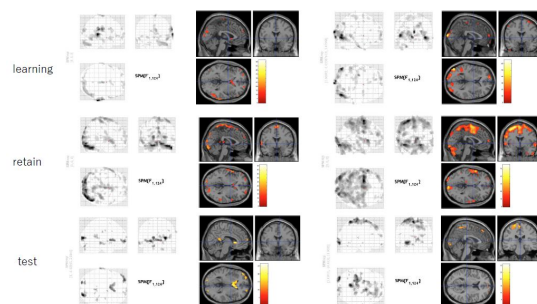


Figure 2 I(個体学習)条件下の脳の賦活(2人の被験者それぞれの各条件)

他方、0条件で顕著な反応が見られたのは、視覚野、小脳、視床、被殻、両側中側頭回、縁上回、両側前頭前野であった(Figure 3)。

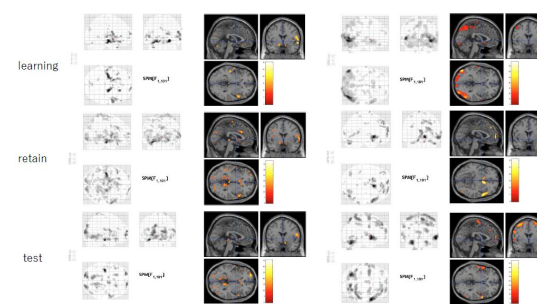


Figure 3 0(観察学習)条件下の脳の賦活

このうち両条件で共通する保持での賦活が顕著なのは、ともに視床と小脳であった。

以上から、個体学習、観察学習(そして教育学習)の際の脳活動を測定し、妥当な差異を検出できることが示された。結果は運動学習で報告されている自己ペース運動(補足運動野、被殻、視床、運動野に強い関連)と外的ペース運動(小脳、視床、運動前野、一次感覚運動野に強い関連)に関連する機能領域が観察された。さらに観察学習では両側の前頭野、紡錘状回、縁上回など幅広い領域が賦活された。これは、擬似的ではあるが、手の動きの学習場面を理解し、そこで示されてい

る手指の動きを、記憶するための手続きが行われたことを示唆したものと思われた。

また被験者個人の経験(鍵盤楽器の経験など)が、課題の理解の程度に関わることが示唆された。これは、個人によって最適な学習や教育方法が異なることにつながるだろう。

これからさらに個人の何らかの指標(学習スタイルの嗜好、パーソナリティ、利他性、教育動機など)と脳機能実験の結果を併せて分析することにより、より詳細な教育行動の神経基盤が明らかになることが示唆される。

なお今回の実験は、本来各刺激毎に3セッション繰り返す予定の刺激を、あえて1セッションのみを行い、刺激強度、呈示時間、脳の反応などを検討するために行った予備実験であるから、本実験ではさらに強い反応をとることが期待できる。

(2) 全体的考察

本研究の計画過程において、「教育学習」という学習状況を、それ以外の学習(ここでは個体学習と観察学習)との比較で脳活動として把握するための必要条件を考察すること自体が、教育学、教育心理学、そして教育実践のすべての側面に対して極めて有益であり、新たな研究課題を提起するものであった。

近年の教育(Teachingを含む)に関する発達科学的、認知科学的、比較心理学的、文化人類学的研究(たとえばKleine, 2015)から、教育の操作的定義そのものに多様性がありうることを、そしてその多様性を統合することの重要性が指摘されている。本研究では教育を教育文化の文脈的解釈に基づく文化的定義や「心の理論」「教えようとする意図」の存在のような心理学的定義ではなく、動物行動とも比較可能な行動的・機能的定義(Caro & Hauser, 1992; Csibra & Gergely, 2005)にもつばらのとって規定し、実験課題を考案した。その際にも

- ・正誤フィードバック
- ・Ostention keyとしての視線
- ・称賛的評価
- ・言語的指示
- ・学習者とのペーシング

などの諸条件の有無が、その学習を教育学習とするための必要条件となるかどうかの問題となった。

このことを確認するために、MRI内ではなく実験室実験で、本課題に相当する課題比較を大学生約20名に実施し、そのパフォーマンスと共に、学習者として主観的に抱く認知や感情の報告を得た。すると学習者は教師役からのフィードバック(言葉だけでなく顔の表情、さらにそれが与えられる「間」などから)を解釈したり、学習者が教師の能力を逆に推察して自分の行動をコントロールするなど、複雑な認知活動を行い、自己制御しながら学習を行っている様子が示唆された。

これらの教育学習において生起すると考えられるさまざまな認知の諸条件は、ひとつ

ひとつそれに対応する脳活動がどのように表れるかを解明し、その意義を検討せねばならないものと考えられる。しかし従来の教育研究において、これらの微細な脳活動が、教育に特異なのか否か、そのことの学習成果への効果量はどのくらいかを精密に分析し検討されることはほとんどなく、多様な脳活動の集合体としての教授・学習活動、あるいは教育制度といった超上位概念のもとに教育を論じてきたといわねばならない。

本研究では、萌芽的段階であることから、これら多様な教育学習のための諸条件のうち、「フィードバックの有無」だけを検討するパラダイムにとどまらざるを得なかった。またfMRI内で実装できる課題としてはFM課題を作成できたのみで、FL課題は計画段階にとどまった。特定の学習素材にとどまらず、さまざまな素材をまたぐ共通した「教育脳」の状態が検出できなければ、この概念は意味を持たないので、さらなる課題開発を続けねばならない。

今回の研究をふまえ、現在も続行中で成果を期待しているのは、「視線」「称賛」の有無のような、MRI内課題に実装可能な条件を比較し、どのような条件がとくに個体学習や観察学習と異なる「教育学習」を成り立たせているのかを明確にすること、そしてどのような課題に対するどのような「教育化」の条件が、どのようにして学習成果に結びつくのかを、脳活動の点から明らかにすることである。

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)

安藤寿康 (2016) 進化教育学とは何か - 生物学的アプローチ 哲学(三田哲学会刊)第136集, 195-236. [査読なし]

[学会発表](計 0 件)

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

[その他] ホームページ等 なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

安藤 寿康 (ANDO, Juko)

慶應義塾大学・文学部・教授

研究者番号: 30193105

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者

坂上 雅道 (SAKAGAMI Masamichi)

玉川大学・脳科学研究所・教授

研究者番号: 10225782

(4) 研究協力者

染谷 芳明 (SOMEYA Yoshiaki)

慶應義塾大学・先端研究センター・特任助教

研究者番号: 20392714