OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	脳活動計測による問題解決過程の分析と教育への応用
Author(s)	岡本, 尚子
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/497
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【26】

氏名	岡本尚子（おかもとなおこ）
博士の専攻分野の名称	博士（人間科学）
学位記番号	第　23516　号
学位授与年月日	平成22年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 人間科学研究科人間科学専攻
学位論文名	脳活動計測による問題解決過程の分析と教育への応用
論文審査委員	（主査） 教授　前迫　孝憲 （副査） 教授　苧阪満里子　　教授　志村　剛

論文内容の要旨

神経科学と教育学の学際的研究領域は，2つの研究分野が融合を目指す新しい領域である。そこでは，人間を自然科学的視点と社会科学的視点から融合して捉えた新しいモデルをつくり出そうとする営みにより，双方の学問分野に多くの知見がもたらされることが期待されている。とりわけ，教育学においては，学習歴の多様化や説明責任の重要性の高まりへの対応だけでなく，創造力やコミュニケーション力を評価する手法の開発に神経科学との学際的研究が期待され，現在はその具体的な応用の検討が希求されているといえる。そこで，本研究では，教育学の視点から脳活動計測実験を実施する実証的な手法を用いることで，神経科学の教育への応用の方向性を検討する。

以下，本論文の構成と各章で明らかになった知見について述べる。

第1章においては，研究背景として，神経科学と教育学の学際的研究の新興の経緯を概観した。教育学側からの検討課題として，脳活動データ分析の精緻化，実験環境を実際の教室空間へ近づけていくことの重要性が指摘された。これを踏まえ，本研究では，大学生と小学生を対象に，算数科の主要領域から「計算問題」と「図形問題」を実験課題に設定した脳活動計測実験をとおして，問題解決過程における脳活動の特性（oxygenated hemoglobin；oxyHb，deoxygenated hemoglobin；deoxyHb）を分析することを目的とした。実験では，通常の問題解決に加えて，教師の助言を想定したヒント提示を問題解決過程に行い，その影響による脳活動データの特性についても調べることとした。また，学習者の特性を説明できる新たなデータの分析手法についても検討することとした。具体的に，次の4点を達成目標に設定した。(1)学際的研究の動向の概観，(2)算数科における検討課題の整理，(3)脳活動計測の実施と新たな分析方法の検討，(4)教育学への応用の検討。

第2章においては，神経科学と教育学の学際的研究が本格化した1990年代後半から現在に至るまでの約10年間の研究についての整理を行い，教育現場での神経神話の拡大や，教育学の関わりの弱さなどを指摘した。これらと，海外で学際的研究を実施した筆者の経験への言及により，今後の方向性について検討を行った。「統計処理による実験結果を一律に教育実践に適用するのではなく，統計処理とケーススタディーを組み合わせて結果を分析し，適用可能性を検討すること」や「年齢や性別など，明確に異なる個体差のみを基準に実験結果の分析と適用方法を検討するのではなく，実験課題に対する適正や背景などをも踏まえ，総合的に分析し，各タイプに応じた適用方法を検討すること」などを提案した。

第3章においては，脳活動計測実験の実験課題の設定に向けて，現在の子どもの学習実態と検討課題をまとめた。日本における全国規模調査である全国学力・学習状況調査の算数科から，主要な領域である「数と計算」，「図形」に関する結果の分析を行った結果，「数と計算」では，一般的な計算問題の答えを求めさせるだけではなく，計算過程や演算構造を，文字式の形式を用いて考えさせることの必要性が指摘できた。「図形」については，面積，体積などを求めさせたり，試行錯誤の操作で解決させたりせず，図形の性質を用いて論理的に図形の構成を考えさせることの必要性が指摘できた。

第4章においては，非侵襲的な脳活動計測装置について，教育研究の利用可能性の観点から比較を行い，各装置を利用した研究動向を調査した。その結果，費用・非拘束性・静音性などの側面から，近赤外分光法による光計測装置が教育研究で利用しやすく，とりわけ年少者への活用可能性が高いことが明らかとなった。そこで，第5章から第8章での脳活動計測実験においては光計測装置を利用することとした。

第5章から第8章においては，大学生を基礎実験，小学生を主実験として，脳活動計測実験を実施した。第3章での内容を踏まえ，実験課題は，「計算問題」として虫食い算を，「図形問題」として図形の構成を設定した。また，実験環境としては，学習者が1人で学習を行う場面を想定した「個別学習場面」，教師から助言を与えられる中での学習場面を想定した「ヒント提示場面」の2つを設定した。実験結果より，総じて，難度が高い場合や解決方法の模索時には，oxyHbが顕著に増加する傾向にあった。ただし，極めて難度が高いと感じた場合には，oxyHb，deoxyHbとも増加が見られた。oxyHbについては左右両側の部位で同様の変化を見せる場合が多いが，deoxyHbについては，理解や慣れにより，増加部位の局所化がなされる可能性が考えられた。難度が低い場合や解決方法の獲得後には，oxyHb，deoxyHbともに顕著な増加は見られなかった。また，ヘモグロビン濃度変化の周波数解析（高速フーリエ変換）を実施した結果，ヒントの参照により問題解決が可能な場合や，解決方法の獲得後など，被験者の緊張状態が低いと考えられる場面において，0.25Hzを中心とした帯域に振幅が確認された。一般に心拍の周波数解析を行うと，緊張状態が低い場合に，0.25Hzを中心とした帯域に呼吸成分が反映した増加が見られるとされている。ヘモグロビン濃度変化の周波数解析においても，呼吸成分によって緊張状態が反映された可能性が考えられた。

第9章においては，総合論議として，本論文の総括を行った。4つの達成目標に沿って得られた成果をまとめると次のようになる。(1)学際的研究においては，神経神話の拡大や教育学の関わりの弱さが問題であり，今後は，教育研究への神経科学の応用を踏まえて，教

育学側からも研究方法を提案することが必要である。(2)算数科においては，答えまでのプロセスの表現やそこでの関係性を理解することの不十分さが課題である。(3)被験者の感じる難度や，ヒント提示による解決方法の獲得過程の状況が，ヘモグロビン濃度変化に反映された可能性がある。また，ヘモグロビン濃度変化の周波数解析が，学習過程の緊張状態の度合いを考察する新たな分析方法の1つとなる可能性がある。(4)脳活動データは，学習者の学習状況を診断する上での生理学的「客観」指標，教師の指導方法を改善する上での生理学的「分析」指標となる可能性がある。

論文審査の結果の要旨

本論文は、教育分野における脳活動計測に関する一連の研究から構成されている。すなわち、神経科学と教育学の学際的研究が本格化した1990年代後半からの研究動向を概観し課題を抽出、全国学力・学習状況調査の算数科主要領域「数と計算」「図形」に関する分析から実験課題の設定を試みている。また、非侵襲的な脳活動計測装置の教育利用について近赤外分光計測法NIRSの有効性を検証、「虫食い算」と「図形の構成」課題の大学生と小学生における問題解決過程のNIRS計測データの分析結果等を９つの章に分けてまとめている。

実験環境として、学習者が一人で学習を行う「個別学習場面」と、教師から助言が得られる状況を想定した「ヒント提示場面」を設定、難度が高い場合や解決方法の模索時には酸素化ヘモグロビン oxyHb の増加を認めている。また、極めて難度が高いと思われる場合には oxyHb に加え、脱酸素化ヘモグロビン deoxyHb の増加や局所化を指摘している。さらに、周波数解析（FFT）を行い、ヒント参照により問題解決可能な場合や解決方法の獲得後等に心拍呼吸性変動と考えられる成分を検出しており、緊張状態の同時計測の可能性を指摘している。これらの測定手法や成果は、教育工学分野のみならず、本学際領域の今後の研究に広く影響を与えるものと考える。

以上の理由から、本論文は、博士（人間科学）の学位論文として十分に価値あるものと判定した。