

複合的生理学データを活用した学習者の思考過程解明の可能性について

Elucidation of learner's thinking process using complex physiological data

黒田 恭史^{*1}, 近藤 竜生^{*2}, 岡本 尚子^{*3}
Yasufumi KURODA^{*1}, Tatsuki KONDO^{*2}, Naoko OKAMOTO^{*3}

^{*1}京都教育大学 教育学部 数学科

^{*1}Department of Mathematics, Faculty of Education, Kyoto University of Education

^{*2}京都教育大学大学院 教育学研究科 教科教育専攻 数学教育専修

^{*2}Graduate School of Education, Kyoto University of Education

^{*3}立命館大学 産業社会学部 現代社会学科

^{*3}Department of Social Sciences, College of Social Sciences, Ritsumeikan University

Email: ykuroda@kyokyo-u.ac.jp

あらまし：21 世紀に入り，安全かつ容易にヒトの生理学データを計測する各種装置が開発され，現在では，成人のみならず児童生徒への計測が可能となった．学習者の課題解決時の複数の生理学データの特徴と，思考過程を対応づけることで，多面的な分析の道が開ける．本稿では，脳活動と眼球運動の同時計測分析による学習者の思考過程の解明の可能性について検討する．

キーワード：脳活動，視線移動，思考過程

1. はじめに

医学や心理学の発展に寄与することを主目的として開発されてきた，各種生理学データ計測機器は，装置の高性能化，低価格化などにより，新たな研究領域を開拓することの可能性を示すものである．

とりわけ，身体にダメージを与えない非侵襲な脳活動計測装置は，ヒトの学習過程の様相を解明する可能性を大きく開くものとなった．これまでの教育研究において明らかにされてきた効果的な学習法などについて，その生理学的根拠を示したり，行動観察では見られない複数の学習における共通性を脳活動の視点から考察したりするといった研究が可能になった．

また，眼球運動計測（以下，視線移動計測）装置は，学習者自身の無意識的な視線行動を含め，課題解決時の時系列の注視点の詳細なデータを記録することができ，より細部の議論が可能になった．

本稿では，こうした生理学データ計測と分析における教育研究の可能性と検討すべき課題を整理し，複数の生理学データ同時計測による教育研究の今後について提案することを目的とする．

2. 脳活動計測における可能性と課題

2.1 脳活動計測は何を物語るのか？

装着が容易で，身体への負荷が極めて低い NIRS (Near Infra-red Spectroscopy) 装置は，脳内（深部約 3 cm）の血液内における oxyHb（酸素化ヘモグロビン）と deoxyHb（脱酸素化ヘモグロビン）の時系列における相対的な変化を計測することができるものである．一般的に，実験課題の遂行等により脳に思考による負荷がかかると，oxyHb の割合が増加し，それと連動する形で deoxyHb の割合が減少すること

が知られている．

こうした過程を計測することで，時系列における脳の各部位での賦活（活性化）の度合いを計測し，特徴を見出すことで，学習者における実験課題の特性を解明することが期待される．

たとえば，複数の類似の実験課題に取り組みせ，その間の脳活動の差異を比較することで，類似の実験課題であっても，学習者の感じる難度が異なることなどを生理学的に実証することに役立つ．

2.2 脳活動計測における検討課題

脳活動計測は，教育学研究の新たな扉を開く大きな期待を抱かせるものではあるが，その一方で，検討すべき課題も少なくない．

まず，脳活動が活性化することと学習効果との関係についての知見が確立していないことが挙げられる．時に，「脳が大きく活性化したので，学習効果が高いと考えられる」といった論理を用いることがあるが，これはかなり危険な論旨の展開である．生理学的視点から，「学習という行為によって，脳が大きく活性化した．」ことが明示できても，その逆の因果関係は推測の域を超えないのである．すなわち，容易に因果関係を用いがちであるが，この点についての十分な注意が必要である．

また，仮に脳が活性化する状態と学習効果の間に，それなりの関連性を見出すことができたとしても，脳が活性化し続けることが，学習として望ましい状況であるのかについても，検討すべきである．これまでの筆者らの研究では，方略獲得後や理解がなされた後に賦活が抑えられることから，脳活動の鎮静化の現象が，むしろ学習効果と関連しているのではないかといった結果が出ており，精緻な分析が待た

れるところである。

3. 視線移動計測における可能性と課題

3.1 視線移動計測は何を物語るのか？

ここ数年で、眼球の動きを計測するカメラがメガネのフレームに内蔵されるなど、急速な技術発展がみられる視線移動計測装置は、視界を遮断することなく、通常のメガネをかける程度の負荷で計測も可能である。

現在では眼球の動きを0.04秒ごとに計測が可能であり、専用ソフトウェアによる分析で、注視箇所の時間の差異を色によって識別可能なヒートマップや、視線移動の順序と停留（視線がある地点に留まっている状態）の時間を示すゲイズプロットなども容易に作製できる。

算数・数学の文章題や図形課題などでは、どの順序で情報を取得しているのか、また、どの情報とどの情報をつなぎ合わせることで、課題解決に接近しようとしているのかといった思考過程の詳細な分析につながる。

3.2 視線移動計測における検討課題

視線移動は実際にその箇所を注視したことを示しているため、脳活動と比較して、データに対する多義的な解釈の余地をあまり与えず、議論の骨格が明確になる。このことから、教育研究への活用が非常に効果的であると考えられる。

その一方で、ある箇所を注視することと、それを十分に観察することとは、必ずしも一致するわけではないことにも留意しておく必要がある。筆者らの研究では、看護学生と看護師に対して、「患者がベッドから立ち上がりトイレに行く場面の写真を見せ危険箇所を指摘する」といった視線移動計測実験を行ったが、両者の視線移動には大きな差異が見られないという結果を得た。ところが、看護学生よりも看護師の方が有意に多くの危険箇所を指摘したのである。すなわち、視線行動としては同様でありながらも、知識と経験の有無が、危険判断のための観察行為に影響を与えていることが示された。

4. 複合的生理学データ計測による可能性

4.1 複合的生理学データ計測の価値

行動観察やインタビュー調査といったこれまでの教育学研究の手法に加えて、生理学データの計測と分析は、教育学研究に新たな知見をもたらす可能性を持つものである。一方で、その研究の歴史は浅く、研究方法、実験方法、結果の分析と提言において、検討すべき課題が少なくない。とりわけ、単一の生理学データに基づく分析には、不安定要素が入り込む可能性が高い。

複合的生理学データ計測は、こうした不安定要素を軽減する方策の一つであると考えられる。座位（学習姿勢）での計測を可能とする教育学研究に活用可能

な生理学データには、脳活動や視線移動以外にも、心拍、脈拍、発汗、鼻部温度などがある。近年では、複数の生理学データの同時計測を想定した機器の開発が進んでおり、同時計測が以前より容易になりつつある。各生理学データの特徴を踏まえ、取得するデータの種類を組み合わせることが重要になると考えられる。

4.2 脳活動と視線移動の同時計測

これまでの脳活動と視線移動の可能性と検討課題を踏まえ、学習者が思考する際に最も重要となる脳の活動と、学習者が情報収集する際に最も重要となる視線移動の同時計測によって、どのような精緻な研究の可能性が開けるのかについて論じる。

分析に際しては、たとえば、以下の二つの方法が考えられる。

一つ目は、脳活動において特徴的な箇所を取り上げ、その際の視線移動の特徴を解明する方法である。脳活動において最も特徴的な箇所は、試行時間内での最大賦活場面の前後である。すなわち、課題遂行において最も思考に負荷がかかった場面において、学習者は課題の何を見ていたのかを特定化し、その課題の難度の高い箇所を生理学データから解明することである。これは、用紙にかかれた立体図形課題などにおいて、どの箇所を三次元的に捉えることが困難であったのかを特定化することなどに役立つと予想される。また、文章題においては、どの文脈における数値を解釈することが困難であったかなどを推測することに役立つと予想される。

二つ目は、視線移動を特徴別に分類し、時系列に区切ってそれぞれの脳活動の特徴を解明する方法である。この方法では、脳の賦活から難度の高い場面を特定するのではなく、様々な箇所の難度の差異を比較することが主たる目的となる。図形課題などにおいて、注視箇所を一定のルールで分けし、それぞれの分け箇所を注視していた時間帯毎に脳活動を分類し、活性化の平均などを比較することで、注視箇所の違いがもたらす思考負荷の程度の違いを解明することの解明などに役立つと予想される。

上述の生理学データの分析方法の改善に加え、生理学データを用いた教育研究を我が国に根付かせるためには、研究の枠組みとなる手順を確実にしておくことが重要である。すなわち、①学習者の理解困難な点の明確化、②その要因解明に直接的につながる実験課題の開発、③適切な生理学データの選択、④適正な実験の実施、⑤各分野の専門家の知見を踏まえたデータ分析、といった手順を踏むとともに、多方面の専門家を交えた組織的な取り組みを行う必要がある。

参考文献

- (1) 黒田恭史：“生理学データがもたらす数学教育学の新たな潮流”，数学教育学会誌，Vol.60，No.1・2，pp.51-55（2019）