



# 生理情報による学習環境の知的活動種類の分析

張, 帆

---

(Degree)

博士 (学術)

(Date of Degree)

2018-03-25

(Date of Publication)

2019-03-01

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第7234号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1007234>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



(別紙様式3)

## 論文要旨

氏名 張 帆

専攻 グローバル文化専攻・情報コミュニケーション

指導教員氏名 村尾 元

論文題目 (外国語の場合は日本語訳を併記すること)

### 生理情報による学習環境の知的活動種類の分析

#### 論文要旨

本研究では、知的活動種類を生理情報に基づいて分類および検出する手法を提案する。知的活動種類の分類と検出は、知的生産性に関する研究で重要である。ここで知的生産性とは知的生産を行う際の効率を指す。これは知的産出と知的吸収に分けることが出来るが、この場合は知的吸収の効率を指す。知的吸収の具体的な例としては、学習が挙げられる。この効率は学習環境が影響を与えるが、中でも教室環境の影響は大きい。この学習効率への影響については以前より多くの研究が報告されている。特に、教室内の環境として、気温や音量・音の種類、空気環境について検討されることが多い。また、学習課題としては、暗算や記憶、読書などの比較的簡単な課題が用いられている。

最近の研究では、知的生産性の評価に際して、より細かい枠組みが提案されており、知的活動は第1階層の「情報処理」、第2階層の「知識処理」、第3階層の「知識創造」に分類されている。作業環境は各階層の知的活動に異なる影響を与えることが分かっている。従来の研究で利用されてきた暗算、記憶、読書などのタスクは第1、第2階層に分類される。第3階層の「知識創造」については、これを「拡散的思考」と「収束的思考」に分けて行った研究があり、この2種類の知的活動に対する環境の影響は異なることが報告されている。

以上より、知的生産性に関する研究では、知的活動種類の分類とこれの検出が必要であることが分かる。しかし、作文のように一つの作業であっても、その過程においては、

いくつかの異なる段階の知的活動が混在するが、これを実際の作業中はもちろん、実験中であっても検出するのは困難である。

筆者は修士論文において、自習過程における集中度の向上を目的として、脳波信号によって推定された集中度を音声で学習者にフィードバックするシステムを提案した。音声フィードバックの種類による効果を検討するために、レポート作成を課題として、ピアノノート、通常の音楽 (BGM)、環境ノイズといった3種類の音声をを用いて実験を行った。その結果、環境ノイズを用いた場合には平均集中度の向上と、集中度継続時間の向上といった効果が確認できたが、BGMを用いた場合の効果は不明確であった。最近の研究では、BGMは収束的思考よりも拡散的思考に対してポジティブな効果があり、さらに、メロディ中心のBGMは収束的思考を妨害することが示されている。しかし、修士論文の実験で行ったレポート作成の課題は、どちらの知的活動に分類されるかは明確ではない。

作文の過程では、「アイデアの発想」の段階を拡散的思考、「まとめ」の段階を収束的思考と見なす知見もあり、知的活動をさらに細分化する意見もある。このことが修士論文における音声フィードバック、特にBGMを利用した場合の結果につながったと考えられた。

以上のように、知的活動種類の違いは、環境要素による知的生産性に対する影響だけでなく、フィードバック信号の効果にも影響を与える。しかし、現在の知的活動種類の分類とその検出手法、特に高階層の知的活動については、ある基準は定められているにしろ、基本的に研究によって異なるため、その分類と検出手法を、異なる作業種類や環境要素に対して共通して利用できるかどうかは疑問である。

そこで本研究では、知的活動、特に高階層である第3階層の知的活動を、生理情報の変化に基づいて分類し、自動的に認識する手法を提案する。

本論文では、まず、従来研究の整理を行い、知的活動種類に対する、生理情報に基づく指標とその分類方法について検討した。続いて、脳波と皮膚抵抗、心拍変動といった生理情報を利用した活動種類の分析方法について予備実験を行い、利用する生理情報の検討を行った。これらの結果から、脳波と心拍変動を利用して、知的活動状態を、第3階層の知的活動種類である「拡散的思考」と「収束的思考」に分類する手法を提案した。この手法では、得られた生理情報の周波数領域における変化データを入力し、2種類の知的活動を教師として、サポートベクターマシン (SVN) により学習させた。未学習のデータを用いて検証した結果、正解率は83.3%、適合率は87.5%という結果が確認できた。なお、この実験では、修士論文と同様に音声フィードバックを実施したが、分類の精度は音声フィー

ドバックの有無に影響を受けないことを確認している。

続いて、収束的思考に分類される読書活動における知的活動種類の細分化について検討を行った。読書の対象としては、統計学の教科書、英文の科学書籍、日本の漫画という3種類の書籍を用いた。複数の被験者に対して、実験中の心拍変動と皮膚抵抗の変化情報を収集した。その結果、読書活動には、異なる知的活動種類が複数存在することが確認できた。

さらに、その知的活動種類は、書籍の種類には強い関連がなく、すなわち、その生理情報から書籍の種類を推定することは困難であると判明した。

分析の結果、心拍変動と皮膚抵抗反応の変化パターンと、被験者の評価キーワードとの関係から、少なくとも4種類の知的活動種類に分類できること、さらに、それらは書籍に対するイメージと関連があることが分かった。生理情報の変化を入力、4種類の知的活動種類を教師として、多層フィードフォワードニューラルネットワークを用いて学習させ、これを未学習の生理情報を用いて検証した結果、95%という平均精度が得られた。これより、読書という、従来は収束的思考に分類されていた知的活動種類の細分化とその検出が可能であることが示された。

論文審査の結果の要旨

氏名	張 帆		
論文題目	生理情報による学習環境の知的活動種類の分析		
判定	合格 ・ 不合格		
論文チェックソフトによる確認	<input checked="" type="checkbox"/> 確認 <input type="checkbox"/> 未確認 理由：		
審査委員	区分	職名	氏名
	委員長	教授	森下 淳也
	委員	教授	玉置 久 (神戸大学大学院システム情報学研究所)
	委員	教授	村尾 元
	委員		印
	委員		印
要 旨			
<p>本論文は脳波や心拍数、皮膚抵抗値といった生理学的データを用いて、学習時における思考状態を推定しようとするものである。これにより、簡単に言えば、学習者が集中しているかどうか、さらには、興味を持っているかどうか、能力的に学習についてこれるかどうかを自動的に判別しようとする。</p> <p>従来、学習のような知的作業中の思考状態は大きく2つの相に分けて捉えられている。1つは考えを広げる段階である発散的思考。もう1つは考えをまとめる段階である収束的思考である。本研究は、この2つの思考状態の相を、生理学的データを用いて分別できるのか、ということから始まり、さらには、生理学的データに基づいて、より詳細な思考状態の推定を行おうと試みる。</p> <p>本論文では、大きく3つの実験を通して、これらの問いに答えようとしている。実験1では、パズルゲームと物理ゲームという異なる2種類のゲームをしている被験者の生理学的データを計測し、収束的思考と発散的思考の分類を試みる。実験2では、収束的思考が必要とされている読書中の被験者の生理学的データを計測し、アンケート結果と合わせて分析することで、被験者の思</p>			

考状態と生理学的データの関係を明らかにしようと試みる。実験3では、同じく読書をしている被験者の思考状態を、生理学的データに基づいて自動的に分類しようと試みている。自動分類の目的では、多層ニューラルネットワークやSVMといった機械学習の手法が用いられている。

本論文は6章から構成されている。第1章は研究の目的とそこに至った背景及び本研究の学界における位置づけを十分な量の既発行の文献を参照しながら説明されている。第2章では、本研究で利用する生理学的データとその分類手法などについて、関連文献を参照しながら説明されている。第3章以降は、本研究で行われた実験について説明が行われている。

まず第3章では、実験1について、その目的と実験内容及び分析手法、実験結果と分析結果及び考察が行われている。特に実験データと分析結果については、詳細なデータが掲載されており、異なる2種類のゲームを行っている時に生理学的データに特徴が表れ、それにより収束的思考と発散的思考といった思考状態を分類することが可能であることが示される。

第4章では、実験2について、その目的と実験内容及び分析手法、実験結果と分析結果および考察が行われている。実験2では異なる種類の書籍を読書中の被験者の生理学的データを計測、詳細に分析をしている。従来、読書は収束的思考が支配的であるという考えられてきたが、本研究では、読者の言語的なスキルやバックグラウンドとなる知識、興味などに応じて、同じ書籍であっても異なる思考状態になる場合があること、また、それらは当然ではあるが、読書中にも刻一刻と変化することが明確に示されている。

第5章では、実験3について、その目的と実験内容及び手法、実験結果と考察が行われている。ここは本論文の核とも言える部分である。ここで筆者は、読書中における思考状態を、アンケートに基づき、読者のスキルや書籍への集中度などに応じて4つに分類している。さらに、これに基づいて機械学習を行うことにより、生理学的データから、読書中の4つの思考状態を自動的に分類できることを示している。

第6章はまとめと結論である。

論文全体を通して、やや日本語の表現的に不安な部分もあるものの、思考状態を自動的に分類するという新規性とその有用性がデータに基づいて論理的かつ明確に説明されている。

本論文の一部は3件の国際論文誌に掲載されている。また、3件の査読付き国際会議での口頭発表が行われており、国内会議3件と合わせて合計9件の発表が行われている。いずれも情報分野に関する学会会議であり、一部は生体情報処理の専門的な学会会議である。

本研究の学界における重要な貢献は、知的作業中における、思考状態が従来のような収束的思考と発散的思考という2つの相では語りきれないこと、もちろんこれは推測されていたことではあるが、それを、実験により明らかにした点。また、読書中という限られた状況ではあるが、思考状態を分類する新たな4つのパターンを提案し、さらに、生理学的データに基づいて思考状態をこの4パターンに自動分類できることを示した点にある。今後、コンピュータがユーザをサポートする様々な場面で、ユーザの思考状態に合わせたサポートを行う場面で有用であり、学界のみならず、実際の場面でも今後貢献すると期待できる。

以上のような理由から、本審査委員会は、張帆氏に博士(学術)の学位を得る資格があると判定する。