

ソフトウェア分析におけるアブダクションの 脳生理学的な効果測定

上原 俊樹[†] 大木 幹雄[†]

日本工業大学[†]

1. はじめに

ソフトウェアを分析し設計する作業は言うまでもなく頭脳労働によって行われている。しかしながら、熟練の分析者の頭脳労働がどのような基本的な頭脳労働から構成されるかは未だ明らかにされ始めている。

本稿は、ソフトウェアの分析設計方法論を脳生理学的な見地から客観的に評価し、最適な頭脳労働を構成する要素と手順や頭脳労働を支援する環境構築を目標とした研究[1]の一環である。具体的には事象から仮設を導出する推論機能のアブダクションが、代表的なソフトウェア分析設計作業の頭脳労働や基本的な頭脳労働と関連や効果があるのかを明らかにするものである。

2. 頭脳の活性化計測の意義

2.1. 頭脳の活性化に対する基本的な考え方

脳生理学の分野では、fMRI、MEG、PET などを用いて、頭脳の各部位がどのような機能を持つかを特定する試みがなされている。しかしながら、ソフトウェアの分析設計作業は頭脳上の特定機能が密接にネットワークで連携し活性化していると考えられ、頭脳の活性化パターンや活性化状態の遷移の規則性から判断するほかない。

そこで、我々は光トポグラフィ装置を用いて、計測可能な大脳皮質の前頭葉の特に前頭連合野の活性化状態に着目することとした。前頭連合野は、脳内の様々な部位からの情報統合や、状況判断を行う場所と知られている。また、創造力や論理性もこの部位が行っていると知られている。従って、ソフトウェアの分析設計において前頭葉の前頭連合野を測定することが重要と考え測定対象とした。

2.2. 光トポグラフィ装置の概要

光トポグラフィ装置は、図 1 に示す頭蓋骨を透過する近赤外光を用いて、大脳皮質の血流内に含まれる酸化ヘモグロビン (Oxy) と脱酸化ヘモグロビン (deOxy) の変化量から、頭脳の活性化状態を測定する装置である。光トポグラフィ装置での頭脳の活性化状態を指標として、Oxy 単体を指標とする場合や Oxy と deOxy を指標とする場合などがあ

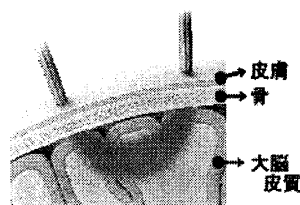


図 1 光トポグラフィ装置の原理
(日立メディコ社 [2] より引用)

るが、どの指標が最適であるか未だ確立していない。そこで、我々は式 1 に示す Oxy と deOxy の両者の差異が酸素消費量に比例すると考え、部位の活性化状態の指標とした。

$$\text{酸素消費量} = \text{Oxy} - \text{deOxy} \cdots \cdots (\text{式 1})$$

3. 実験方法

光トポグラフィ装置にてアブダクションと分析設計作業、基本的な頭脳労働を遂行中の被験者の大脳皮質における酸素消費量を測定し、関連性や効果について評価する。実験要領は以下のように行った。

(1) 測定部位：ソフトウェア分析設計作業と特に関連があるとの仮定のもとに前頭葉の前頭連合野を中心とした 22 か所の部位とした。部位の測定チャンネル CH の配置を表 1 に示す。

(2) 実験環境：測定には実験者 2 名が立ち会い、防音設備の整った部屋に被験者 1 名を配置し実験を行った。

(3) 実験時間：実験は一つの頭脳労働に対して実験 5 分、休憩 2 分で行った。

(4) 対象者：20 歳から 30 歳の分析設計の知識を有する健常男女 27 名を対象とした。

(5) 計測に用いたアブダクション事例：アブダクションには数値や文字、図の規則導出問題を 21 問を行った。

(6) 計測に用いた分析設計事例：分析設計には下記の問題を行った。

① データフロー分析 (1 問)

② ER 分析 (1 問)

③ クラス分析 (1 問)

④ ユースケース分析 (1 問)

⑤ マインドマップ (1 問)

(7) 計測に用いた基本的な頭脳労働事例：基本的単位になるとされる頭脳労働には下記の問題を行った。

① 類似検索 (24 問)

- ② 分類 (2 問)
- ③ 単純試行錯誤 (知恵の輪 3 問)
- ④ 仮説生成的試行錯誤
(ルービックキューブ 1 問)
- ⑤ 記憶とその想起 (36 問)
- ⑥ プラン生成と洗練化
(レゴブロック 1 問)

4. 実験結果と分析方法

計測結果には被験者毎に差が大きく見られたため、これを個人差と判断した。被験者間の比較が困難であるため、実験問題の平均正答率が最も高い一人に絞り分析を行った。

(1) サンプルング

分析に影響を及ぼす可能性がある細かなノイズを除去するため、5 秒単位でデータのサンプルングを行った。

(2) 部位ごとの相関

各作業 22 箇所の部位のサンプルングデータを、部位ごとに他の作業と類似性があるか、ピアソンの相関係数をもとに算出した。さらに相関係数値が -0.7 以下と 0.8 以上の部位を一覧表にまとめた。その結果を表 1 に示す。

5. 評価と考察

各作業 22 箇所の部位の相関係数を一覧表にしたことにより、各作業間の各部位の類似度が明らかになった。そこで、部位ごとに脳機能は異なるという前提の基に評価を行い、以下の結果が得られた。

(1) アブダクションと DFD, 仮説生成的試行錯誤の 3 作業間で、部位の活性化パターンに類似性がある。特に、左脳側チャンネル CH5, チャンネル CH14 の部位にて強い相関が現れていることから、3 作業間で共通して利用される脳機能であると推測される。従って、この 3 作業間では同じ頭脳の使い方をしていと考えられる。

(2) 単純試行錯誤を中心に、アブダクションと DFD の部位の活性化パターンに類似性がある。従って、アブダクションと DFD には単純試行錯誤的要素が含まれていると考えられる。

(3) 実験作業全体において、左脳側チャンネル CH10 の部位が最も多く活性化していることが確認できた。従って、ソフトウェア分析設計作業ではこの部位が活性化することが成果物に影響を与えられ考えられる。

以上の結果からソフトウェアの分析設計作業において、アブダクションが関与していると確認できた。しかし、今回個人差の影響を含めて、被験者間で比較することが出来なかったのが課題となった。今後は、個人差を含めて被験者間で容易に比較する仕組みの構築が必要である。

表 1 部位の測定チャンネル配置図

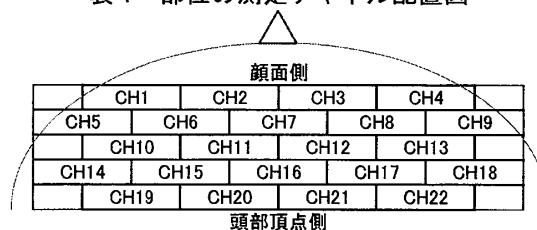


表 2 部位ごとの相関の一覧表

チャンネル	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22					
アブダクション	1																										
単純試行錯誤		1																									
仮説生成的試行錯誤			1																								
記憶とその想起				1																							
プラン生成と洗練化					1																						
分類						1																					
知恵の輪							1																				
ルービックキューブ								1																			
レゴブロック									1																		
アブダクション										1																	
単純試行錯誤											1																
仮説生成的試行錯誤												1															
記憶とその想起													1														
プラン生成と洗練化														1													
分類															1												
知恵の輪																1											
ルービックキューブ																	1										
レゴブロック																		1									
アブダクション																			1								
単純試行錯誤																				1							
仮説生成的試行錯誤																					1						
記憶とその想起																						1					
プラン生成と洗練化																							1				
分類																								1			
知恵の輪																									1		
ルービックキューブ																										1	
レゴブロック																											1

6. おわりに

本稿では、光トポグラフィ装置を用いてソフトウェア分析におけるアブダクションの関連や効果について述べた。結果、アブダクションはソフトウェア分析設計作業と関連があることが確認された。しかし、個人差を含めた被験者比較手法が必要であることが課題となった。今後は、被験者比較手法を検討する方針である。

参考文献

- [1] 内藤有希, 高沢泰弘, 大木幹雄, 頭脳労働としてのソフトウェア分析設計作業の定量化と単位頭脳作業との相関分析, 情報処理学会研究報告, 2007-SE-155, 2007
- [2] 日立メディコ, <http://www.hitachi-medical.co.jp>