

## 脳生理学から見たソフトウェア分析設計作業の分解可能性

内藤有希<sup>†</sup> 高沢泰弘<sup>†</sup> 大木幹雄<sup>†</sup>日本工業大学工学部 情報工学科<sup>†</sup>

## 1. はじめに

ソフトウェアを分析し設計する作業の大部分は、言うまでもなく頭脳労働によって行われる。他者により作業内容が観測可能な肉体労働の分野では、作業効率の改善のためにインダストリアルエンジニアリング（IE）が発展して来た。しかしながら、頭脳労働を中心とした分析設計作業では、労働量の定義はおろか、どのような基本的な労働から構成されるかの解明も行われていない。分析設計時の頭脳労働を効率化する上には、頭脳労働を計量的に把握し、思考過程の最適な手順を設計する上で必要な基礎的なデータの収集と解析を行う必要がある。

本研究は、ソフトウェア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真の頭脳労働を支援する環境構築を目標とした基礎研究である。具体的には、頭脳労働の定量化とデータフロー分析や ER・クラス分析設計が、記憶や試行錯誤、予測を中心にした単位頭脳労働に分解可能かを作業の類似性から明らかにするものである。

## 2. 研究の概要

## 2.1 頭脳労働の定量化の考え方

頭脳労働を定量的に把握するには、頭脳労働の仕事量を定義する必要がある。頭脳は種々の刺激や動機に反応して、頭脳内の特定の部位が活性化することは知られている。

我々は頭脳労働を特定の部位（特に前頭葉）の時系列的な活性化状態の重ね合わせとして捉える考え方を採用している。これは、大脳皮質の血流量の変化が、ネットワーク状に連結し相互に関連する頭脳活動の一部の現象を捉えたものに過ぎず、全体状態として把握する必要があるとの考えからである。

## 2.2 頭脳労働の仕事量の定義

頭脳が活性化するには、必ずきっかけとして何らかの外的な刺激や内的な動機が存在する。

それらきっかけの大きさが、脳の血流量に変化を生じさせ、頭脳労働を継続させる。そこで式(1)に示す血流量の変化加速度と血流量の変化加速度の平均 $\bar{a}$ を用いて頭脳労働の仕事量  $T$  を定義した。これは物理的なエネルギーを加速度と距離を用いて定義することと類比させた発想であり、原因となる力の分布から、頭脳労働の仕事量を求めようとするものである。

$n$ : 計測時間に対応したデータ数

$$T = \left( \bar{a} - \bar{a} \right)^2 / n \quad \dots (1)$$

## 3. 実験方法と実験結果

光トポグラフィ装置は、頭脳労働中の頭脳の活性化状態を大脳皮質の血流量の変化で把握する装置である。頭脳労働に伴って、大脳皮質では酸素が消費される。そこで、以下に示す実験要領に従って、分析設計作業と単位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（正確には、酸化ヘモグロビンと酸素を離した還元ヘモグロビンの差異）を光トポグラフィ装置を用い、22箇所（前頭葉を中心にした部位）から測定した。

(1) 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。

(2) 対象者：21歳から23歳の分析設計の知識を有している健常男子4名を対象とした。

(3) 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。

データフロー分析（2問）

ER分析設計（2問）

クラス分析設計（1問）

(4) 計測に用いた単位頭脳労働事例：単位頭脳労働には下記の問題を行った。

知恵の輪、立体パズル、神経衰弱、数字の記憶、図形の記憶、ブロックの組立て、計算問題

## 4. 分析結果

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、一人に絞り分析を行った。

Decomposability of software analysis design work seen from brain physiology

<sup>†</sup> Yuki NAITO, Yasuhiro TAKAZAWA, Mikio OHKI, Nippon Institute of Technology

まず、比較のために計測結果を 30 秒単位に分割した。続いて、分析に影響を及ぼす可能性がある細かなノイズをデータの平滑化により除去し、次の統計量を算出した。

(1) 仕事量

脳にかかる負荷からその作業の特徴を捉える。式(2)で示すとおり、計測した 22 箇所の各部位の仕事量 T の総和Wを作業の仕事量とし、作業間の比較を行った。各作業の仕事量Wは図 1 に示すとおりである。

$$W = \sum T \quad \dots (2)$$

(2) 仕事量の相関

作業により各部位の仕事量に違いがみられる。それを各作業の特徴と考え、他の作業との各部位の類似性をピアソンの相関係数をもとに算出した。その結果、表 1 に ○印を付けた作業間で 0.5%の有意水準で仕事量間に相関があることが判明した。

5. 評価と考察

仕事量を定義することにより、これまで経験的であった頭脳労働量を客観的な数値として比較することが可能となった。

仕事量Wの大きい作業に「数字の記憶」や「ブロックの組立て」が挙げられ、逆に仕事量の小さい作業として「知恵の輪」や「立体パズル」が挙げられる。仕事量Wが大きい作業は共通して、記憶や具体的な想像を行っている。反対に「知恵の輪」や「立体パズル」のような単純な試行錯誤によって構成される作業は、仕事量Wが小さい。

単位頭脳労働の「数字の記憶」では、図 1 の作業の仕事量Wが大きい数値を示しながらも、表 1 の仕事量の相関は少ない結果となった。このことから、「数字の記憶」は他の頭脳労働に比べ頻繁に脳を活性化させ、かつ他の頭脳労働とは脳の活性化部位が異なる作業と分析できる。

分析設計作業の「DFD」を見ると、仕事量Wは他の作業と比べ中間的な数値であり、仕事量の相関が多い。これは「DFD」が他の頭脳労働と比べて平均的に脳が活性化する作業であり、かつ脳の活性化部位が他の作業と同じ箇所が活性化しているといえる。また分析設計作業の中でも「DFD」のみ、「立体パズル」の相関が無い結果となった。これにより「DFD」は他の分析設計作業と差が認められ、脳の活性化部位には違いがあると判断できた。

単位頭脳労働は作業によって他の作業と類似性が少なく、仕事量Wにもバラつきが見られた。

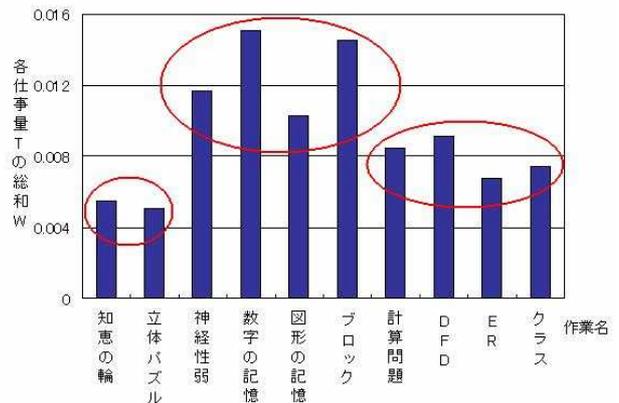


図 1. 各作業の仕事量

表 1. 仕事量のピアソンの相関

	計算問題	神経衰弱	知恵の輪	立体パズル	数字の記憶	図形の記憶	ブロック	ER	DFD	クラス
計算問題	○									
神経衰弱	○	○								
知恵の輪	○	○	○							
立体パズル	○		○	○						
数字の記憶		○			○					
図形の記憶	○	○	○			○				
ブロック	○		○	○			○			
ER	○	○	○				○	○		
DFD	○	○	○				○	○	○	
クラス	○	○	○				○	○	○	○

※ピアソンの相関係数をもとに有意水準を0.5%とし、相関があると判断されたものに○印を記入した。

分析設計作業の仕事量Wは中間的な量といえ、作業同士で同等の値を示していた。また、単位頭脳労働及び他の分析設計作業と類似性が高い特徴を示した。

以上のことから、作業の脳の使われ方を表す仕事量の相関により、作業の類似性を仕事量の視点から示すことができた。特に「DFD」は他の分析設計作業とは異なる相関を示すことから、「DFD」は「立体パズル」が示す頭脳労働が分離できることを示している。

6. おわりに

本研究で使用した光トポグラフィ装置は株式会社日立メディコより貸出を受けた。協力に感謝する。

参考文献

[1] 山下優一, 渡辺英寿, 川口文男, 牧敦, 小泉英明, “無侵襲脳機能画像計測システムとしての光トポグラフィ開発,” MEDIX, vol.29, August.1998

[2] Floyd E. Bloom, 新・脳の探検 上 脳から「心」と「行動」をみる, 中村克樹(監訳), 久保田競(監訳), 株式会社講談社, 東京, 2004.