

# プログラミング学習の進展に対するアンケートと脳灰白質容積の可塑的変化からの考察

本郷 健

大妻女子大学社会情報学部

国立精神・神経医療研究センター

[t\\_hongo@otsuma.ac.jp](mailto:t_hongo@otsuma.ac.jp)

八高 隆雄

横浜国立大学

国立精神・神経医療研究センター

[yakoutakao@gmail.com](mailto:yakoutakao@gmail.com)

鹿野 利春

京都精華大学メディア表現学部

[kanot101@hotmail.com](mailto:kanot101@hotmail.com)

プログラミング学習の初期段階では、学習によって脳の構造的変化が 8 か所の部位で生じ、それらの部位（神経基盤）の機能から、プログラミング学習は粘り強さ・やり抜く力、演繹的機能や報酬を予測して生じる意欲、など汎用的能力の育成と深くかかわることが示唆されている。本報では、これらに続く研究として、脳灰白質容積が変化した部位とプログラミング学習に対するアンケート結果の関係についての分析を報告する。

## 1. はじめに

著者らはプログラムを学び始めた学習者の半年にわたる脳の構造的変化を分析した<sup>1)</sup>。学習群は実験前にプログラミングの学習経験は無く、初めてプログラミングを学ぶ被験者の 36 名で、統制群は実験前・実験期間中はプログラミングの学習をしない 31 名であった。MRI の撮影は、国立神経・精神医療研究センターの 32 チャンネルフェーズドアレイ受信コイルを装備した 3T スキャナーで行っていた。高解像度 3 次元 T1 強調画像解析は、SPM12 を用いて進められていた。その実験全体の概要を図 1 に紹介する。実験前に両群とも学習に関するアンケート調査と頭部 MRI 画像を撮像した。

グについての基本命令や基本構造をペーパー試験で行っていた。

解析の結果、左前頭極、右前頭極、右内側前頭回、左楔部、左外側小脳（後小葉と虫部隆起 (tuber)）、内側小脳（虫部垂 (uvula) と扁桃 (tonsil)）、右淡蒼球、左淡蒼球 の 8 つの部位で学習の前後に有意な可塑的変化が生じたことを報告している。変化した部位のうち、右前頭極の可塑的変化は長期に亘る作品制作の成績と正の相関が、また左右淡蒼球と右内側前頭回の可塑的変化はテストスコアと強い正の相関のあることを報告している。このような点から、プログラミングを学び始めた初期の学習では、複数の部位の可塑的変化を伴いながら学習が進められたことを示していた。それらの主張は、Ivanova らが fMRI を使って、学習中の脳活動を調べた結果を支持するものであった<sup>2)</sup>。

そこで本報告では、先の研究で明らかにされた脳構造の可塑的変化と被験者のアンケート結果の関係を分析することによって、プログラミング学習の自己認識と脳構造の変化との関係を検討することを目的とする。

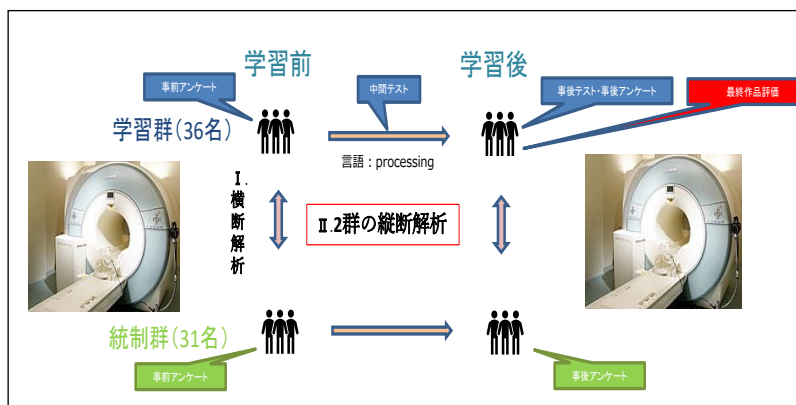


図 1 実験概要

学習は半年間で、大学の通常授業の 15 コマ (90 分) に加えて、プログラミング講習会 13 コマ (90 分) を受講した。プログラミング言語は Processing であった。中間試験はプログラミン

## 2. 研究方法

プログラミング学習後に取得したアンケートの因子分析で算出された因子得点と脳灰白質容積の可塑的変化量 ( $\Delta GMV$ ) との相関分析からプログラミング学習に対する自己評価と脳構造の変化の関係を検討する。

自己評価の指標として、学習後のアンケートの因子分析から因子得点を算出した。バリマックス回転後に4つの因子を抽出した。各因子負荷量が0.51以上の質問項目をまとめて、各因子を次のように命名した。

第一因子：数理的因子、第二因子：プログラミング態度、第三因子：共同達成因子、第四因子：(その他の因子)とした。質問項目を表1に示す。次に、被験者の各因子得点を算出した。

表1 因子グループ別の質問項目

第一因子	
問11	順次処理を説明できる
問4	数値の処理に興味がある
問5	数値の処理は得意である
問2	数学に興味がある
問7	プログラミングは得意である
問12	選択処理(分岐処理)を説明できる
問15	配列を説明できる
問8	直交座標系を説明している
第二因子	
問25-エ	やればできるという自信がついた
問25-キ	素早く応答してくれないものには、イライラするようになった
問25-オ	思ったことを明確に表現するようになった
問25-イ	すじみちを立てて物事を考えるようになった
問25-カ	自分の思うとおりに動かないものはつまらないと思うようになった
問25-ア	物事をじっくり考えるのは楽しいと思うようになった
問24-イ	配布された教材PPT(最終作品制作でよく利用した情報源は何ですか)
第三因子	
問24-エ	友人や仲間(最終作品制作でよく利用した情報源は何ですか)
問23	最終作品制作は友達と相談しながら行った
問22	最終作品制作は一人で行った
第四因子	
問9	プログラムで変数を使うことができる
問25-サ	自分で考えてもたいしたことはできないと思うようになった
問25-ウ	ミスや失敗を恐れなくなった

### 3. 結果

#### 3-1 因子得点と脳内容量の変化との相関性

因子得点と各部位のΔGMVとのピアソン相関係数が有意( $p < 0.05$ )な相関となった部位を表2に示す。

表2 因子と有意な相関関係にある部位

	第一因子 (数理的因子)	第三因子 (共同達成因子)
部		
右内側前頭回	$r=0.415^*$ $p=0.012$	—
右淡蒼球	$r=0.343^*$ $p=0.040$	$r=-0.390^*$ $p=0.021$
左淡蒼球	$r=0.387^*$ $p=0.020$	$r=-0.346^*$ $p=0.042$
内側小脳	—	$r=-0.418^*$ $p=0.012$

数理的因子(第一因子)と有意な正の相関あった部位は、右内側前頭回、右淡蒼球及び左淡蒼球の3つの部位であった。それらの部位は、先の研究結果では、テストスコアと強い正の相関がみられた部位であった。今回のアンケート調査では数理的因子と有意な相関関係にある部位であることが示された。共同達成因子(第三因子)と有意な負の相関関係にある部位は内側

小脳、右淡蒼球及び左淡蒼球の3つの部位であった。すべて負の相関があったことから、それらの部位は「共同作業によって課題を解決する」という態度ではなく、「一人で問題を解決する」と自己を評価することと関係していることが分かる。

#### 4. おわりに

初心者のプログラミング学習で生じた脳部位の構造的可塑的变化と自己評価について、以下の事柄が明らかになった。

1. 演繹的機能と関係する<sup>3)</sup><sup>4)</sup> **右内側前頭回**では、学習前後のGMVの変化量と数理的因子(興味・関心・得意)と正の相関があった。
2. 報酬を予測して意欲に関する**左・右淡蒼球**では、学習前後のGMVの変化量と数学的因子と正の相関、共同的達成因子と負の相関があった。
3. **内側小脳**では、学習前後のGMVの変化量と共同的達成因子と負の相関があった。

このことから、プログラミング学習の初心者に生じた脳部位のGMV変化量と自己評価の間に有意な関係の存在が明らかになった。

なお、本研究はJSPS科研費 課題番号18K02589の助成、および大妻女子大学人間生活文化研究所の研究助成(課題番号K1922)を受けたものである。

#### 参考・引用文献

- 1) Hongo T, Yakou T, Yoshinaga K, Kano T, Miyazaki M, Hanakawa T : Structural Neuroplasticity in Computer Programming Beginners、Cerebral Cortex, bhac425, <https://doi.org/10.1093/cercor/bhac425>
- 2) Ivanova AA, Srikant S, Sueoka Y, Kean HH, Dhamala R, O' Reilly UM, Bers MU, Fedorenko E. Comprehension of computer code relies primarily on domain-general executive brain regions. eLife. 2020;9:e58906.
- 3) Ardesheer T, Joy H. Functional specialization within the medial frontalgyrus for perceptual Go/No-Go decisions based on “What,” “When,” and “Where” related information: an fMRI study. *J Cogn Neurosci*. 2005;17:981-993.
- 4) Monti MM, Parsons LM, Osherson DN. The boundaries of language and thought in deductive inference. *Proc Natl Acad Sci U S A*. 2009;106(30):12554-12559.