

学校教育におけるプログラミング教育の必要性について

○本郷 健^{*1, *2}

*1 大妻女子大学社会情報学部 *2 国立精神・神経医療研究センター脳病態総合イメージングセンター

1. はじめに

プログラミング教育が学校教育に導入された背景には、国の産業政策の一環であったり、海外の動向に影響されたりと、さまざまな要因が影響している。プログラミング教育に関わる関係者（例えば、実践を続ける教師を取り巻く人たち）の中には、“プログラミング教育が教育的にどのような意味や意義があるのか”、を見いだせないまま、教育政策の一環であるからとして進めていることはないだろうか。また、一般市民も同様な不安を持ちつつ見守っている状況ではないかと推察する。

加えて、生成 AI が比較的容易にプログラムを作成できる時代に、プログラミングを学校教育で学ぶ意義や意味についてさらなる論考が求められる。プログラミング教育の教育的意義についての先行研究はいくつか散見できる¹⁾。近年、従来の研究手法に加えて、脳神経科学の手法を用いた教育研究の成果が報告されつつある。

2. 科学技術イノベーション計画に見る人材像の能力

内閣府「第6期科学技術・イノベーション基本計画」において、期待される人材の能力が、項目「3. 一人ひとりが多様な幸せを実現する教育・人材育成」において、以下のようにまとめられている。『一人ひとりが多様な幸せを実現する教育・人材育成の環境が整備された上で、特に必ずしも一つの決まった正しい答えが有るわけではない現実の社会の中、**試行錯誤しながら課題に立ち向かっていく能力と意欲**を持った人材を輩出する学びを実現する必要がある』。そのため『**新たな価値を生み出す人材の輩出と、それを**実現する教育・人材育成システムの実現****』が求められている。そのためには、失敗を恐れず意欲を持ってより良い解を求めた学習経験が重要である。そのことは失敗に対する**寛容性と行為主体性**を育む教育でも

ある。

そうした学習経験は、現状では多くの学習場面で実現可能であろうという仮説の段階であり、どのような具体的活動がそれを可能にするかを示す脳神経科学からのエビデンスに基づく報告は無い。

本論では、脳神経科学の成果からプログラミング教育と課題を粘り強く学ぶ能力と意欲や思考方法の関係について報告する。

3. プログラミング学習と脳研究

学習を脳科学の立場から検討する研究は、脳イメージング技術の進展とともに、医学や脳科学の分野で急速に進展しつつある。ところが長期に亘る学習コホート手法による脳構造の変化についての研究は少なく、プログラミング学習と脳構造の変化を論じた報告は、我々の知る限りにおいて無い。そこで、我々が行った研究^{2) 3)}は、

- 1) プログラムを学ぶことによって脳の構造は変化するのか？
- 2) 変化するとしたら、その部位はどこか？
- 3) その部位はどのような機能（学習機能）と関係するのか？

の課題について明らかにした。詳細な研究報告については、以下の原著論文「Structural Neuroplasticity in Computer Programming Beginners」(Cerebral Cortex (Oxford ACADEMIC))等^{2) 3)}を参考にされたい。

被験者は学習群と統制群に分けられ、学習群はプログラミングの講義・演習を受ける。統制群は、プログラミングの学習は行わない。半期にわたる実験前・後に両群のMRI画像の縦断解析を行い、両群の脳の構造的変化を分析した。また、MRI撮像に加えてアンケート調査と学習群は期末ペーパー試験並びに最終作品の提出及び問題遂行中のfMRI（機能的磁気共鳴画像法）撮像を行った。研究成果の一部を以下に示す。

図1はプログラミング学習前後で統制群に対して有意に変化した領域(部位)の一部を示す。

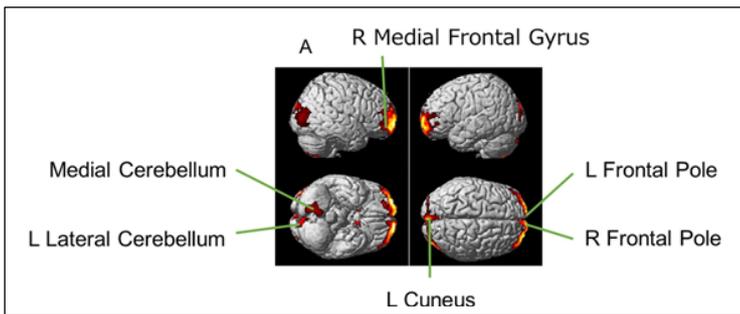


図1 プログラミング学習前後で脳灰白質が変化した部位『2)の論文から引用』

これらの研究からプログラミング学習によって以下の8つの部位において有意な神経可塑性変化が出現したことを世界に先駆けて明らかにした。それらの部位は①左前頭極、②右前頭極、③右内側前頭回、④左楔部、⑤左外側小脳(後小葉と虫部隆起(tuber))、⑥内側小脳(虫部垂(uvula)と扁桃(tonsil))、⑦右淡蒼球、⑧左淡蒼球であった。

更に行動スコアとの関係を分析すると脳灰白質の変化量と行動スコアに有意な相関が存在した。

- 1) 右前頭極と最終課題スコア (p<0.05)
- 2) 右内側前頭回とテストスコア (p<0.01)
- 3) 右淡蒼球とテストスコア (p<0.01)
- 4) 左淡蒼球とテストスコア (p<0.01)

このことから、プログラミング学習は複数の部位が連携して支えていることが分かる。

4. 脳神経科学の知見から導かれるプログラミング学習の教育的意義

①前頭極は人類が最後に発達させた部位であり、「粘り強くやり抜く力」や「未知の問題の解決に関わる」部位と考えられている。細田らは、前頭極の大きさによって、さまざまな種類のタスクをやり抜くか否かを事前に判断できると論じている。我々の結果は、先行研究を支持しつつ、課題の成績と相関して増加していることから、プログラムの課題解決が右前頭極を強化したことを示している。端的に言えば、プログラミング課題の解決は未知の問題を粘り強くやり抜く力を育んだことを

示している。

②右内側前頭回は演繹的思考を支える部位と考えられている。テストスコアと相関が有意にあることはプログラミング学習が演繹的思考の訓練に関係することを示している。さらに興味深いのは、③左・右の淡蒼球は報酬の量を予測して、「やる気」に関係する神経回路であることである。プログラミング学習は、学習意欲を高めることを示している。最近話題のAIの強化学習と関係する部位でもある。

5. おわりに

初心者のプログラミング学習は、粘り強くやり抜く力や未知の問題解決能力や演繹的思考ややる気など、いわゆる汎用的能力の育成に寄与することが世界に先駆けて示された。これらの能力は科学技術イノベーション計画で期待される能力と一致している。以上のように、プログラミング学習が人の基本的な能力形成に寄与し、社会から期待される能力の育成に関与していたことを脳神経科学のエビデンスによって裏付けられた。このことはプログラミング教育の必要性を示す極めて重要な根拠である。さらに言えば、失敗を恐れず粘り強い態度(失敗への寛容性)や行為主体性の育成に寄与することを示すものでもある。

6. 参考・引用文献

- 1) 山本、本郷、本村、永井：初等中等教育におけるプログラミング教育の教育的意義の考察、教育情報研究、32巻2号、2016
- 2) 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>
- 3) Kenji Hishikawa, Kenji Yoshinaga, Hiroki Togo, Takeshi Hongo, Takashi Hanakawa: Changes in functional brain activity patterns associated with computer programming learning in novices, Brain Structure and Function, <https://doi.org/10.1007/s00429-023-02674-3>