

2020. 11 ブログ：「脳科学からプログラミング教育を考える」を読んで、の詳細
(→ <http://www.1968start.com/M/blog/index2.html#2011>)

「脳科学からプログラミング教育を考える」を読んで

中所武司

■この本の読書のきっかけ

情報処理 Vol. 61 No. 11 (2020. 11)

「脳科学からプログラミング教育を考える」(pp. 1120-1125) の、
副題「プログラミング的思考は汎化するのか？」について、
小学校でのプログラミング教育の目的という観点で興味を持った。

■断片的コメント

以下に、興味本位のコメントを述べる。

→★の部分は、私のコメント

1 【プログラミング教育が目指すものとは？】

・「2020 年 小学校学習指導要領総則」引用

「プログラミング的思考」の定義は、

「自分が意図する一連の活動を実現するために、どのような動きの組合せが必要であり、
一つ一つの動きに対応した記号を、どのように組み合わせたらいいのか、記号の組合せを
どのように改善していけば、より意図した活動に近づくのか、といったことを論理的に
考えていく力」

さらに、

「小学校段階において学習活動としてプログラミングに取り組むねらいは、プログラミング
言語を覚えたり、プログラミングの技能を習得したりといったことではなく、
論理的思考力を育むとともに、プログラムの働きやよさ、情報社会がコンピュータを
はじめとする情報技術によって支えられていることなどに気付き、身近な問題の解決に
主体的に取り組む態度やコンピュータ等を上手に活用してよりよい社会を築いていこう
とする態度などを育むこと、さらに、教科等で学ぶ知識及び技能等をより確実に
身に付けさせることにある。」

→★引用文献と引用箇所は以下：

小学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説 総則編 平成 29 年 7 月

https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/03/18/1387017_001.pdf

第 3 章 教育課程の編成及び実施 第 3 節 教育課程の実施と学習評価

1 主体的・対話的で深い学びの実現に向けた授業改善

(3) コンピュータ等や教材・教具の活用、コンピュータの基本的な操作や
プログラミングの体験

→★小学校におけるプログラミング教育の目的が、
プログラミング言語やプログラミングの技能の習得ではなく、
論理的に考えていく力の育成である、ということには、賛成。

→★私の持論は、プログラミングの本質は、段取りや手順を考えること。

例1：運動会の実施にかかわるすべての人たちの行動を記述する

（事前の準備、時系列&並行処理での関係者の担当業務実施などの段取りを考える）

例2：個人でカレーライスを作る流れを明記する（材料準備から食事の提供まで）

- ・本解説の副題「プログラミング的思考は汎化するのか？」について、
認知科学、社会科学、脳科学の研究成果の観点から述べる。

2 【領域固有の知識が他の領域の問題解決に有用なのか？】

- ・「メタ認知」は、汎用性が高いと考えられている
- ・メタ認知とは、認知や知識に関する認知
 - *自分の思考や行動そのものを対象化して認識することにより、
自分自身の認知行動を把握する思考
 - *メタ認知スキルは、15歳ころから身につき始める

→★本論とは関係ないが、私の修士論文の研究で、思考過程のモデル化に用いた
「考えている自分を考える」手法は、メタ認知の活用と言える？

<http://www.1968start.com/H/8604WhoAml>

- ・プログラミング的思考が汎用性のあるものか、脳科学の観点から、
プログラミングについて研究されているものを紹介する

3 【プログラミングスキルと脳】

3.1 [プログラミングスキル獲得を予測する要因と脳の特徴]

- ・プログラミング自体の学習能力には個人差が大きい
- ・情報系大学生でも、約4割はプログラミングスキルを十分に獲得できない報告あり
- ・プログラミング能力にかかわる因子の研究は古くから活発に行われてきた
- ・数学的能力と、プログラミング能力、空間情報処理能力が相関する報告あり
- ・数学的能力が優れたものは、空間情報処理課題でも正答率が高く、課題実施時に、
左右の頭頂葉の活動が高まるので、頭頂葉は、プログラミング学習処理の個人差を
担っている
- ・筆者のJavaプログラミング学習の実験では、頭頂葉の一部と前頭前野の発達度合いが、

プログラミングスキル獲得可否の予測要因の可能性あり

→★ソフトウェア開発の分野では、個人の能力差が大きいことを拙著でも記述している
拙著：「ソフトウェア工学（第3版）」（朝倉書店 2014）

<http://www.1968start.com/M/lecture/SE3index.html>

＜「2.3.1 節 生産性の定義」から抜粋＞

『個人差の問題も重要である．．．ツールや開発プロセスの良し悪しによる差が
1.5 倍程度なのに対し、開発者あるいは開発チームの能力差は 3.5 倍以上となっている』

3.2 [プログラミング実施時の脳活動]

・ソースコードの理解課題における脳血流測定により、活動が増加した脳の部位について：

* 下頭頂小葉、運動前野

注意力、作業記憶、問題解決が必要な認知作業において、しばしば活性化する領域

* 下頭頂小葉

ソースコードのような数字と文字の組合せによる関係性把握課題で活動が顕著
（中でも、数学的アルゴリズムの運用課題で顕著）

* 運動前野

構文理解におけるワーキングメモリ機能に加え、注意機能に関係

* 下前頭回、中側頭回

言語処理に対応する領域で、相互に神経接続されており、適切な語彙が選択され、
全体的な文脈に統合する働き

* 下前頭回

ブロードマン 44 野は、統語レベルでの意味処理に関連

* 中側頭回

後部のブロードマン 21 野は、単語レベルの意味処理にかかわる

→★要するに、ソースコード理解には、一般の言語理解と同じ脳の部位が使われている

・ソースコードの理解課題において、活動が低下した脳の部位についての考察：

* 帯状回前部、帯状回後部

デフォルトモードネットワークと呼ばれる自己意識にかかわるシステムを構成。
認知活動を行うときには活動が低下する。
実験では、ソースコードが複雑になるほど大きく低下している

→★要するに、集中力が増したということかな？

・総じて、プログラミング理解には、言語処理機能や注意機能にかかわる領域の活動増大と
自己意識にかかわる領域の活動低下が見られたが、異なる議論もあり、さらに研究が必要

3.3 [プログラミングスキル獲得によって脳が変化する?!]

- スポーツ選手や音楽家は、トレーニングの結果として、認知能力（英語力など）と非認知能力（やり抜く力など）の獲得による脳の可塑性を獲得
- プログラミング能力、プログラミング的思考についてはどうか？
- 論理的思考（推論）については、右前頭葉下部の活動の活発性と相関あり
- 創造性の高い人は、デフォルトモードネットワークや背外側前頭前野を含む実行機能ネットワークの活動が高い
- プログラミングエキスパートは、ソースコード理解時に、左前頭葉下部、左中前頭回、右下前頭回三角部が活動している
- 初心者がプログラミング学習すると前頭葉下部に可塑的变化あり
- プログラミングエキスパート（大学院生）は初心者より前頭葉下部が発達している
- 筆者の研究では、プログラミング学習に伴う一般的な論理的思考力の向上は明らかでない

→★論理的思考にもいろいろあり、プログラミングスキルにもいろいろある。

より細かい対応の分析が必要。たとえば、問題解決の処理アルゴリズムを考案する能力とそれをプログラミング言語で表現する能力は別のものでは？

論理的思考力は前者と関係し、後者は語学力と関係があるのでは？

4 【プログラミング教育に関する提言】

- プログラミング教育の意義を、プログラミングスキルの獲得以外の、そこから汎用される能力とし、さまざまな科目において利用する仕組みを作るには、もう少しその妥当性を検討していく必要もある。
- 数学、運動、英語と同様に、プログラミングにも得意不得意がある。
- 筆者らの研究では、脳機能や脳構造の違いが存在する可能性あり
- このようなスキルをすべての科目に導入すれば、不得意な人が、すべての科目において自己効力感を失っていく可能性あり
- 科学的にも実証し得る、効果的プログラミング教育法、プログラミング的思考育成法を早急に明らかにしていくことが重要。

→★要するに、効果的プログラミング教育法とプログラミング的思考育成法を

分けて考える必要がある。プログラミング技法の学びは、論理的思考力の獲得に有用だが、論理的思考力の獲得のために、プログラミング技法の習得が必要なわけではない

→★以下の2例に類似性があるのでは？

* 処理の流れはフロー図などで記述できるが、プログラミング言語での記述は不得意

* 自分の考えを日本語で明瞭に表現できるが、英語での表現は苦手

以上