

令和 2 年 6 月 22 日現在

機関番号：32643

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K16650

研究課題名(和文) プログラミング能力獲得を可能にする神経基盤解明と脳可塑性を誘導する学習法開発

研究課題名(英文) Predictor of programming language learning success: The development of the inferior frontal cortex and the supramarginal cortex

研究代表者

細田 千尋 (HOSODA, CHIHIRO)

帝京大学・医学部・助教

研究者番号：20578976

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：プログラミング未経験者に12週間のトレーニングを実施した。約半数の人はプログラミング能力を獲得できる一方、残りの人は、能力獲得ができなかった。事前にとった脳情報を比較すると、プログラミング能力が獲得できる人では、できない人に比べて脳構造的機能的特性があることが明らかになった。また、能力獲得ができた人の学習前後の脳を比べてみると、能力獲得に伴い脳の可塑的变化が見られる部位があることもあきらかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、プログラミングへの関心が高まり、義務教育への導入も決定された。一方、プログラミング能力については、その特異性が研究対象としてこれまで探求されており、約半数の人において、プログラミングの素養がなく、プログラミング能力獲得が困難であることがこれまでの研究から示されている。その原因について、脳神経基盤の観点から、プログラミング能力獲得可否の個人差を検討した研究は見られなない。そこで本研究では、世界に先駆けて、プログラミング能力獲得を可能にする神経基盤の解明をすることとともに、プログラミング能力獲得に伴う脳可塑性の解明を行った。ここから得られた成果は今後のプログラミング教育に有用な情報となりうる。

研究成果の概要(英文)：Twelve weeks of training were given to healthy subjects. About half of them were able to acquire programming skills, while the rest could not. Comparing brain information obtained in advance revealed that those who could acquire programming ability had brain structural and functional characteristics compared to those who could not. Also, comparing the brains of people who have acquired skills before and after learning, it became clear that some parts of the brain showed plastic changes with the acquisition of abilities.

研究分野：認知神経科学

キーワード：プログラミング教育 脳可塑性 プログラミング適正 MRI

1. 研究開始当初の背景

プログラミング教育が義務化されることが決定した。プログラミング学習は、能力獲得に伴う個人差が大きい事が報告されており、情報系の大学生を対象としているにもかかわらず、6割の学生にプログラミングを獲得する能力がなかったという報告もある (Dehnadi S. et al, 2006)。その原因としてプログラミングのような複雑な構造の教育をどのように教育すれば効果的に学習が進むか?ということが多く研究の対象になってきているが、一方で、神経科学的な視点からの研究は一切行われてこなかった。

また、学習場面において、特定の科目がどうしてもできない等、Task-specific な自己効力感の低下は、生活全般への自己効力感へも移行する (Bandura et al, 1982)ため、学習能力の個人差の解明は重要である。そのため、プログラミング能力が義務化されている一方で、従来の研究報告のように、約半数の人がプログラミング能力がみにつかないのであれば、これは教育において大きな問題となりうる。

そこで本研究では、神経科学てきな視点から、プログラミング学習による能力獲得の可否の因子や、能力獲得に伴う脳可塑性を明らかにしていることで、今後広く行われていくプログラミング学習とその個人差を明らかにすることを目的とする。

2. 研究の目的

近年新たに開発されてきたイメージングツールと従来の画像法を組み合わせた、拡散強調画像法の新しい手法として、モデルベースで、脳内の軸索・樹状突起の密度や方向のばらつきを詳細に推定できる Neurite Orientation Dispersion and Density Imaging (NODDI)、やミエリンマップ、脳解剖画像、安静時機能結合という多次元のイメージングを用いて、より詳細な能力を予測する神経基盤や能力獲得に伴う脳可塑性を明らかに出来る可能性がある。

そこで本研究では、プログラミング学習において、6割の人間に能力・素養がない (Dehandi, 2006)は本当か?素養がないというのは、学習開始前の脳構造差が学習可否を決定しているのか?プログラミングが得意な人の脳特徴はあるのか?という未解明点を検証していくことを目的とする。具体てきには以下を検証する。

- 学習開始前の脳構造・機能によって、学習後の能力獲得度がきまるか検証
- 学習に伴う能力変化と脳の可塑的变化を検証
- プログラミング上級者と学習者の脳を比較し高度プログラミングスキルの背景の神経基盤を解明

3. 研究の方法

我々は、能力獲得の有無を決定する神経基盤を解明する為、未経験者(60名)に対し長期学習介入(12週間)を行い、学習前・後の安静時脳機能MRI画像(rsMRI)および構造MRI画像、拡散強調画像を撮像解析した。さらに、上級者20名(上級者定義:プログラミング歴5年以上で日常的にプログラミングを行っている情報学・工学部学生)と初心者(学習者)に対しても、学習者同様の脳機能画像解析をおこなった。また同時に全被験者に対し、知能検査、英語能力測定、プログラミング能力測定、人格特性計測も実施した。

また、学習者におけるプログラミング学習は、研究用に開発した e-learning による 12 週間の JAVA トレーニングとし、成績評価には、学習前後でのオラクル JAVA テスト + 毎日のテストを行なった。そのため実験開始前に全員の個人パソコンに java 環境の整備をしラーニングシステムを整えた。日々の学習は、講義動画配信とともに、テストでは、実際にプログラミングを行なってもらい、コンパイルまでできたところで、そのプログラムを提出してもらった。日々モチベーション等もアンケート後取得した。

MRI 測定については、3T MRI (Siemens Prisma) 64ch head coil を利用し、T1 を取得した。解析は、SPM 8 VBMtoolbox による下処理と統計解析を実施した。Resting state MRI は、SPM 8 conn toolbox による下処理と統計解析を実施した。Diffusion weighted imaging は、FSL による歪み補正、下処理、統計解析を実施した。Neurite Orientation Dispersion and Density imaging (noddi):TR = 3700 ms, 3 shell MPG, voxel size = 2 × 2 × 2 mm³: Matlab noddi toolbox による下処理と FSL Palm による統計解析により orientation dispersion (OD), intra-neurite volume fraction/neurite density (Vic), CSF volume fraction map を作成した

これらの画像について、学習前のデータで学習後の成績の相関解析、学習前後 (学習者 / 未学習者 × 学習の伸びあり / なし) での ANOVA、上級者と初心者の比較 (t 検定) を実施した。

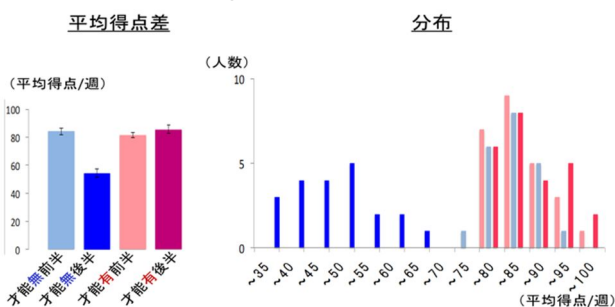
4. 研究成果

学習を完遂したのは 45 名で、平均学習時間は 1 日 70.4 (±3.1) 分であった。そのうち 25 名は、能力獲得が出来なかった (非獲得群)。能力獲得ができた 20 名 (獲得群) と非獲得群では、非獲得群の方が学習時間が長い傾向にあった (p = 0.06) にも関わらず、試験得点が有意に低かった (p = 0.02) (図 1)。

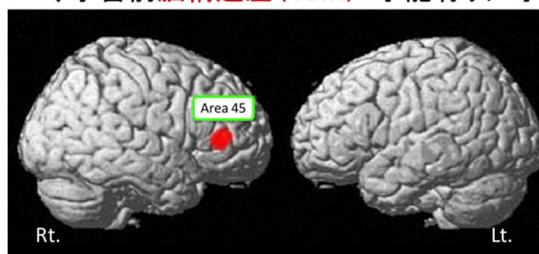
両群の知能指数に有意差はなかった (p = 0.11)。獲得群では、非獲得群に比べ、学習開始前の左下前頭回 小脳の機能連結が有意に高く、左下前頭回の体積が大きかった (図 2)。

また、プログラミング上級者群 (n=17)

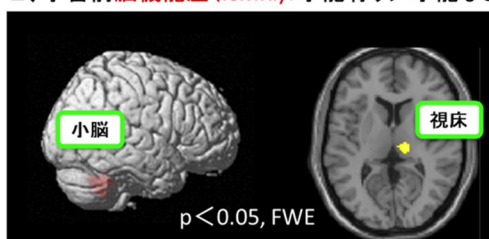
と非獲得群を比較した所、左下前頭回 小脳の機能連結に加え、左下前頭回 左上側頭回の機能連結が上級者群で有意に高く、この特徴は、獲得群と上級者群間の比較では見られなかった。獲得群の学習前後で、左上側頭回と左下前頭回 左上側頭回に有意な可塑的变化がみられた。以上より、プログラミング能力の獲得には、学習開始前の左下前頭回 小脳の機能連結および左下前頭回の構造が重要である可能性が示唆された。



1、学習前脳構造差 (VBM): 才能有り > 才能なし



2、学習前脳機能差 (rsMRI): 才能有り > 才能なし



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Chihiro Hosoda, Satoshi Tsujimoto, Masaru Tatekawa, Manabu Honda, Rieko Osu, Takashi Hanakawa	4. 巻 3
2. 論文標題 Plastic frontal pole cortex structure related to individual persistence for goal achievement	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 communicatrions biology	6. 最初と最後の頁 0
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s42003-020-0930-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 2件/うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Hosoda, C., Hamada, M., Maeshima, H., Nonaka, Y., Okanoya, K.
2. 発表標題 Development of temporal cortex can predict learning success
3. 学会等名 World Congress of Neurology（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hosoda, C., Hamada, M., Maeshima, H., Nonaka, Y., Okanoya, K.
2. 発表標題 Predictor of language learning success: The development of temporal cortex and the goal orientation
3. 学会等名 Organization for Human Brain Mapping,（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hosoda, C., Okanoya, K.
2. 発表標題 Structural and functional differences in right precentral gyrus between the skilled and the novices badminton player
3. 学会等名 Organization for Human Brain Mapping,（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 細田千尋
2. 発表標題 脳情報とAIを用いて個別的教育に応用するー英語やプログラミングは能力差の背景に脳基盤差があるー
3. 学会等名 日本感性工学会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 細田千尋
2. 発表標題 脳構造差が予測する英語能力の差とプログラミング能力の差
3. 学会等名 学研総合研究所研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Chihiro hosoda, Kazuo Okanoya
2. 発表標題 Predictor of programming language learning success: The development of the inferior frontal cortex and the supramarginal cortex
3. 学会等名 Organization for Human Brain Mapping , (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 細田 千尋、前嶋 啓彰、相澤隆寛、林拓也、岡ノ谷一夫
2. 発表標題 プログラミング能力獲得有無を予測する神経基盤解明下前頭回ー小脳の機能連結度合と構造発達がプログラミング能力を決定するĈ
3. 学会等名 脳機能イメージング研究会 (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 没入型機器利用における受容性個人差判別プログラム	発明者 細田千尋、岡ノ谷一夫	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-22238	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----