

# プログラミングの学習が脳の変化に与える影響の基礎的研究

Basic study on the effect of programming learning on neural network reorganization

本郷 健<sup>1</sup>, 花川 隆<sup>2</sup>, 鹿野 利春<sup>3</sup>, 八高 隆雄<sup>4</sup>, 宮崎 美智子<sup>5</sup>, 米山 泰夫<sup>6</sup>  
Takeshi Hongo<sup>1</sup>, Takashi Hanakawa<sup>2</sup>, Toshiharu Kano<sup>3</sup>, Takao Yakou<sup>4</sup>,  
Michiko Miyazaki<sup>5</sup>, and Yasuo Yoneyama<sup>6</sup>

<sup>1</sup>大妻女子大学社会情報学部,  
<sup>2</sup>国立精神・神経医療研究センター脳病態統合イメージングセンター先進脳画像研究部,  
<sup>3</sup>国立教育政策研究所, <sup>4</sup>横浜国立大学, <sup>5</sup>大妻女子大学社会情報学部,  
<sup>6</sup>大妻女子大学教職総合支援センター

キーワード : プログラミング教育, 神経可塑性, 脳情報の可視化

Key words : Programming learning, Neural plasticity, Visualization of brain information

## 1. 研究目的

プログラミング教育が推進される根拠として、①創造力, 問題解決力, 表現力の向上, ②合理性, 論理的思考力の向上, ③意欲の向上 (内発的な動機付け効果), などが一般的に主張される。しかし, このような効果が客観的なデータによって確認された例は少なく, 多くの事例は被験者の自己評価や指導者の観察を通して推測された場合がほとんどである。

一方近年, 脳活動の可視化技術が向上し, 自然言語 (英語) の習得過程とそれに伴う脳活動の分析が進んでいる。本研究は, プログラミングの学習が脳の神経可塑性の変化に及ぼす影響及びプログラミングの学習過程が脳活動に与える影響を, MRI 及び脳磁計等により測定し, プログラミング学習と脳活動との関係について検討を加える。

これら一連の研究成果を通して, プログラミング教育の指導法や教育的意義を考察するための基礎資料の収集を目的とする。

## 2. 研究実施内容

### 2-1 実験実施概要

研究計画に従い, 以下の項目を実施した。

2017年4月: 実施計画の細部について検討するとともに, プログラミングの理解度を評価する方法を議論し, 以下の2つの方法で評価することとした。(1) プログラミングの基礎知識や制御構造を質問紙により解答させる (2) 課題のテーマに沿った作品を作成し, プログラムコード (技術) と

作品の動作により総合的に評価する

事前・途中・事後のアンケートの目的と質問項目を検討する。

(1) 生命科学研究倫理委員会への審査申請

2017年5月: 大妻女子大学生命科学研究倫理委員会へ審査申請を行う。同時に, 共同研究機関である国立精神・神経医療研究センター (NCNP) の倫理委員会への審査申請を行う。

7月: 国立精神・神経医療研究センターの倫理委員会からの承認を得る。本学の倫理委員会からの意見等を受け, 修正を加えて, 7月下旬に承認を受ける。研究期間は, 平成29年7月承認日から平成32年3月31日となる。

(2) 研究協力者の公募と被験者集団の構成

研究計画の承認後, 具体的な研究活動を開始する。以下が実施内容の報告である。

2017年8月1日~: 研究協力者 (被験者) の募集とインフォームドコンセント及び同意書等の提出により研究協力者を決定する。

当初の研究協力者数は, 15名であった。研究協力者の内訳は, 以下の通りである。

表1 研究協力者の内訳

統制群	0名
実験群	15名 (19歳~20歳 女性)

(3) 研究実施内容

本年は実験群のみを対象として実験を行った。実施された内容を表2に示す。被験者は初めてプログラムを学習する集団である。9月から1月に

かけて、8回プログラミング講習会を受ける。コンピュータプログラミング言語は processing とする。processing 言語は被験者が所属する大学の専攻で、同時期に学習する唯一のプログラミング言語である。講習会の概要を表3に示す。

表3 講習会の概要

・座標系, 基本的な図形の描き方, 演習問題
・整数, 実数の使い方, ランダム値, 演習問題
・繰り返し構造 中間試験
・分岐構造, アニメーションの基本, 演習問題
・配列, 演習問題
・関数, 引数, 演習問題
・期末テスト

講習会は1コマ90分で構成され、知識の伝達よりも演習を通したプログラムの思考の育成を意図して進められた。

表4に被験者に対する検査項目を示す。

表4 検査項目概要

## a) 同意取得

- ・人数: 15名
- ・実施日: 8月1日~9月15日
- ・実施場所: 大妻女子大学

## b) 第1回 事前MRI撮像

## ① 第1回MRI撮像

- ・人数 15名
- ・実施日: 9月8日,9日,13日,14日,19日
- ・実施場所: 脳病態統合イメージングセンター (IBIC)

## ② 第2回 中間MRI撮像

- ・人数 11名
- ・実施日: 10月27日,28日,31日,11月7日
- ・実施場所: IBIC

## ③ 第3回 事後MRI撮像

- ・人数 13名
- ・実施日: 1月23日,25日,26日,27日,2月6日
- ・実施場所: IBIC

## c) Raven's 色彩マトリックス検査

- ・人数 15名
- ・実施日: 9月15日

## d) 事後アンケート・評価テスト

- ・人数 13名

- ・実施日: 10月27日,31日,11月7日,10月28日

- ・実施場所: 大妻女子大学

## e) 課題プログラムの提出

課題テーマ: 「しなやか」

『サンプルコードを示して、課題の意味するところを紹介する。ネット上のサンプルプログラムを参考にするのは構わないが、その場合は出典をコメントに明記する。評価の観点は、「技術(コード)」+「美しさ」又は「楽しさ」とする。』

- ・人数 13名

- ・実施日: 1月12日

- ・実施場所: 大妻女子大学

## 2-2 データの分析

## 2-2-1. 学習に取り組む事前意識(得意と興味)

プログラミング学習に取り組む被験者の自己に対する評価および思惑が、その後の学習に影響する可能性が考えられる。そこで学習に取り組む前の事前アンケートによって国語、英語、数学および図形処理などのプログラミング学習との関連が予測される教科に対して、被験者はどのように自己判断をしているかを調査した。その結果が図1から図4である。いずれの場合にもほぼ直線関係にあり、一義的には得意な教科ほど興味も高いことが分かる。詳細に見ると、国語は両者の相関が高く、数学と図形処理はやや相関が下がり、英語は関連があるもののばらつきも大きい。

これらの結果は、国語や数学などの小学生から学習してより理解が深まっている教科では、全体の教科内容を理解しているため自己の立場をより正確に認識しているため得意と興味の相関が高まったものと推察される。これに対して英語は未だ教科内容全体を把握したとの認識が低いため相関が下がったものと考えられる。

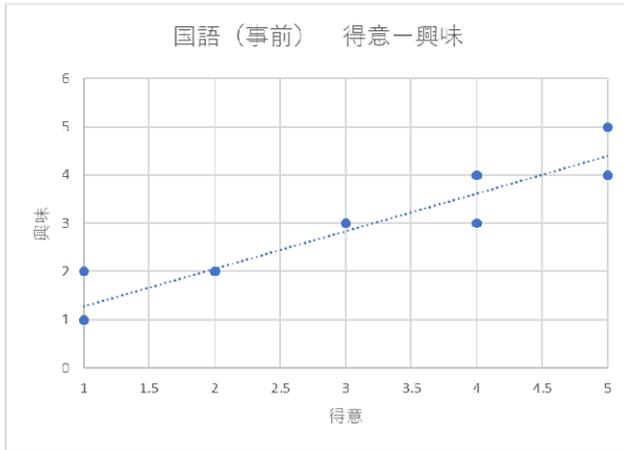


図1 国語の事前アンケート 横軸(得意)ー縦軸 (興味)

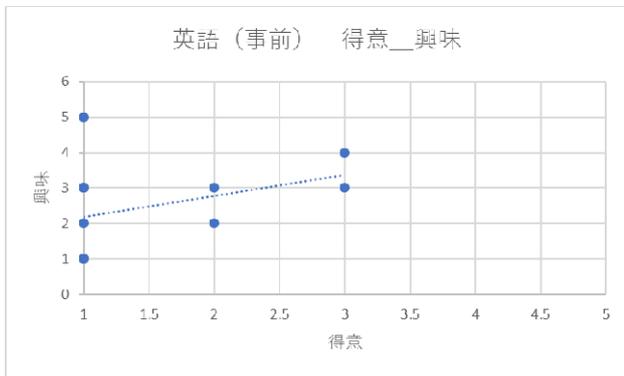


図2 英語事前アンケート 横軸(得意)ー縦軸 (興味)

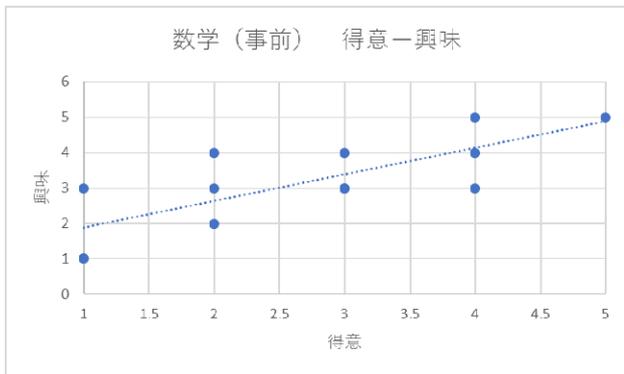


図3 数学事前アンケート 横軸(得意)ー縦軸 (興味)

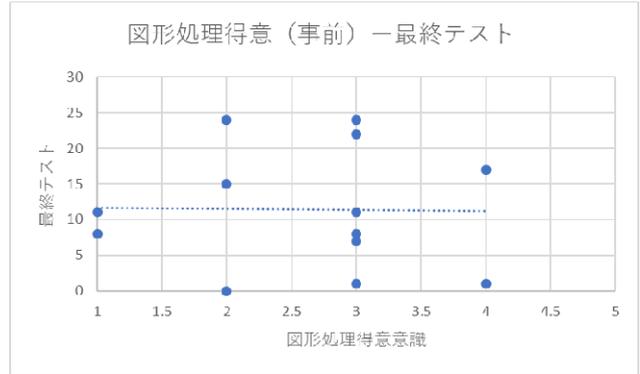


図4 図形処理事前アンケート 横軸(得意)ー縦軸 (興味)

2-2-2. 学習の成果に及ぼす潜在能力・意識の問題  
一連のプログラミング学習が終了後に最終テストを行い、学習の成果を調べた。図5から図8は事前のアンケートの教科に対する得意の程度と最終試験の結果との関係である。国語、英語、数学、図形処理のいずれに対しても、ばらつきが大きく、両者の関係は認められない。被験者数が少ないことにもよるが、これらの結果は、今回のような入門段階のプログラミング学習の獲得はこれまでに学んだ教科とは直接結びつかないことを示していると推測される。今後より数学的な演算が要求される段階になるとその傾向が変化する可能性は十分に考えられるが、この段階では影響が少ないようである。

一方、図9はプログラミング学習終了後の事後アンケートによるプログラミングが得意と最終試験の結果である。この場合には、わずかながら、得意と認識している被験者ほど最終試験が高い傾向が認められる。(2はどちらともいえない、3はどちらかといえばそう思う)

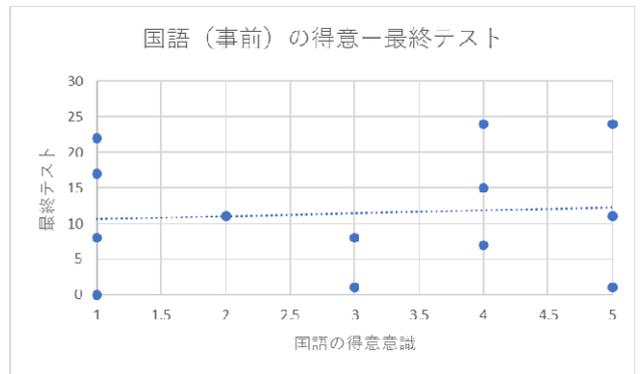


図5 国語 横軸(事前アンケートの得意)ー縦軸 (最終テスト)

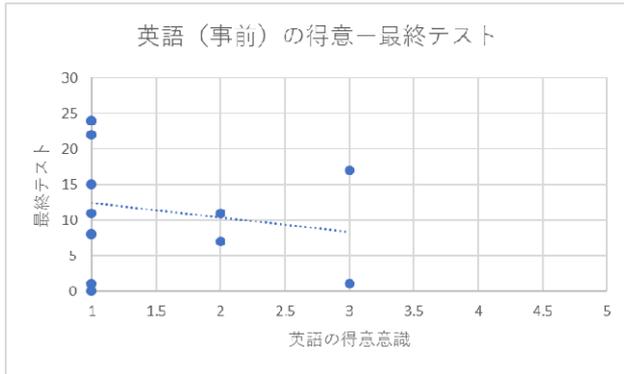


図 6 英語 横軸(事前アンケートの得意)—縦軸 (最終テスト)

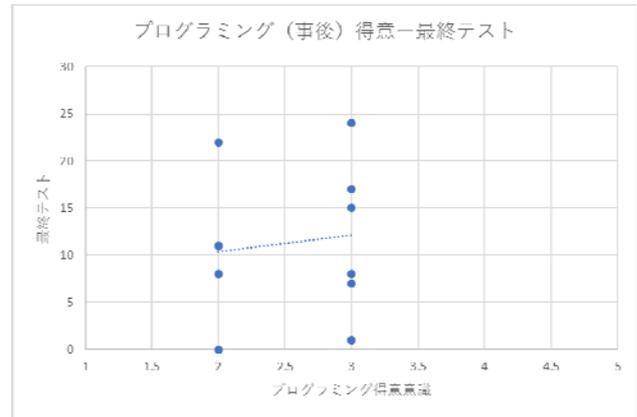


図 9 プログラミング 横軸(事後アンケートの得意)—縦軸 (最終テスト)

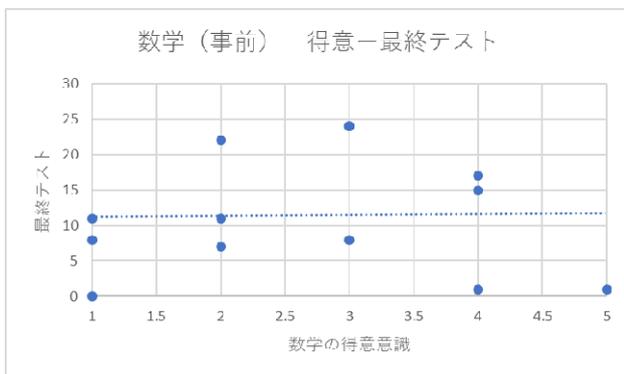


図 7 数学 横軸(事前アンケートの得意)—縦軸 (最終テスト)

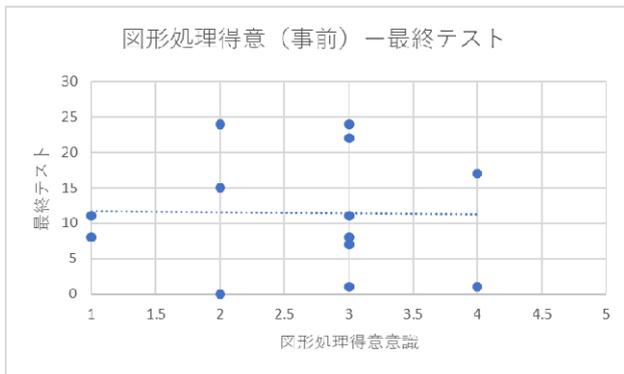


図 8 図形処理 横軸(事前アンケートの得意)—縦軸 (最終テスト)

### 2-3-1 学習前後の脳画像の分析

13名の被験者に対して、プログラミング学習の前、中間、および終了後の脳の形態をMRI画像分析により調べた。

MRI撮像のデータから学習前後の脳構造の比較を試みた。分析はMatlab上で動作するSPM12を利用した脳形態画像解析手法であるVBM

(voxel-based morphometry)を利用した。

学習前後の構造の群間比較を行うため、画像の前処理として、MRI画像の分割化→灰白質テンプレートの作成→DARTTELでの位置合わせ→MNI空間への標準化→モジュレーション→平滑化を行った。

統計モデルを作成する過程で、共変量としてプログラミングに関する最終テストの成績を利用した。

統計的推定を行った結果の例を図10に示す。図10は、事前と事後の二条件の下での灰白質画像に対するt検定の結果である。閾値(threshold)は0.001とし、extent thresholdは0を指定している。多重比較補正を行わない場合で0.1%の有意水準で有意となる領域をガラス脳に投影した結果を示している。図11は、図10と同じ条件におけるガラス脳とsurface renderingによる結果の表示である。表面から20mmの深さまでの結果が表示されている。図12は、同じ条件における横断slice上の表現である。

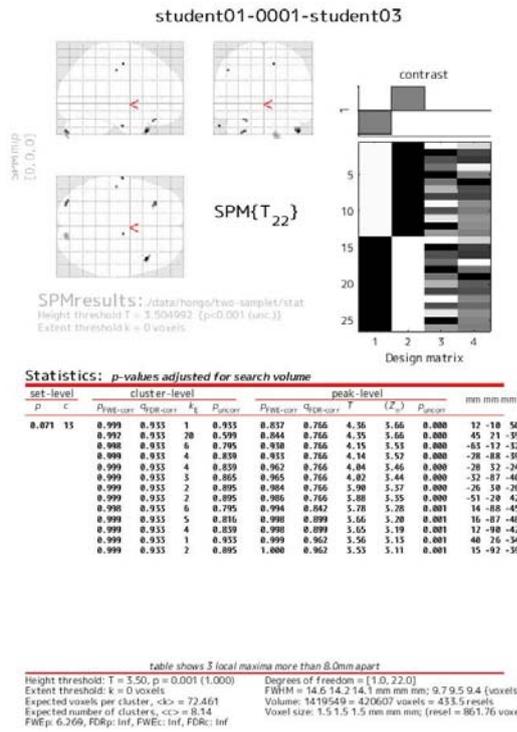


図 10 灰白質画像の t 検定の結果

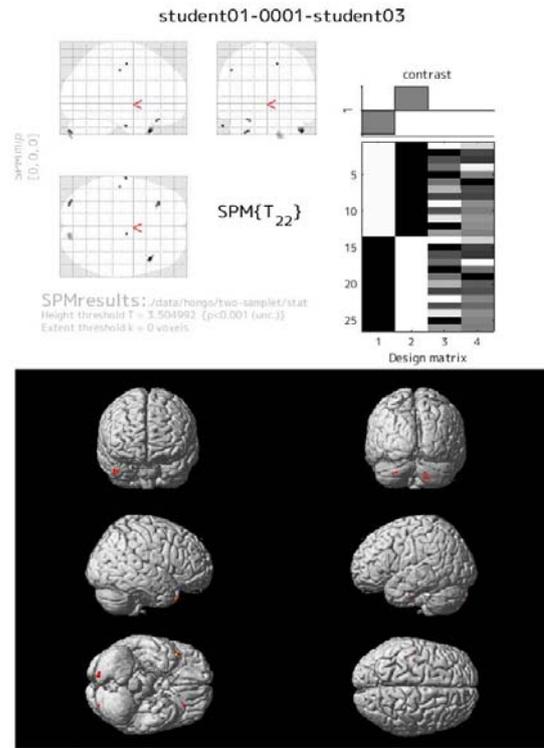


図 11 群間比較 (t 検定) の結果 (ガラス脳と render 表示)

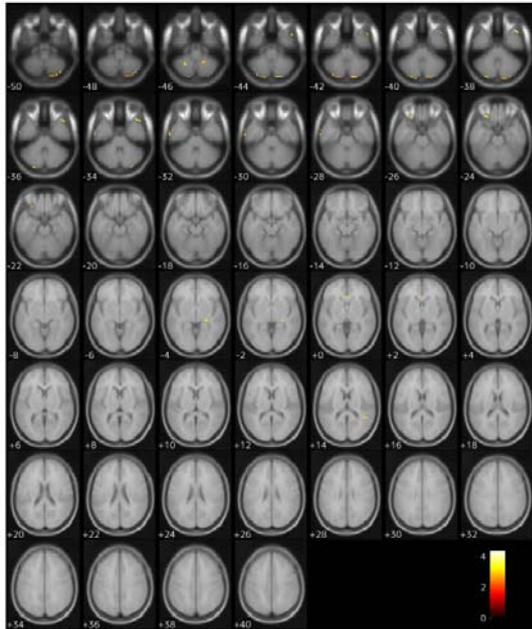


図 12 群間比較 (t 検定) の結果 (slice 表示)

本年の被験者数は 13 名と十分な数ではないため、脳形態画像解析による詳細な分析は今後の課題としたい。限られた被験者数における現在までの分析プロセスを述べるにとどめたい。

本年度の今後の研究として、脳画像解析における共変量を、アンケートの評価値や最終課題の評価値、プログラミング最終テストの評価値などを利用して、多面的な統計的推定を進める予定である。

### 2-3-2. 脳の可塑性に及ぼす潜在能力・意識の影響

事前と事後の MRI 画像の脳の大きさを標準化した後で灰白質の体積変化  $\Delta GMV$  を求めた。  $\Delta GMV$  と各教科に対する得意意識の関連を整理した。整理した事例を図 13 から図 17 に示す。図 13 の最終試験と全灰白質容量の間にはわずかな相関が認められる。被験者数が増えればこの相関はより高まることが予測できる。

一方、教科と  $\Delta GMV$  の関係を見ると図 14 の国語では認められないものの、図 15 の英語、図 16

の数学、図形処理、技術家庭科などの教科に対しては図 13 の最終試験と同じような傾向が見受けられる。

いずれも被験者数が少ないことから統計的な検定までは行っていないが、今後被験者数を増やした段階で、先のような観点からの考察も深めたい。

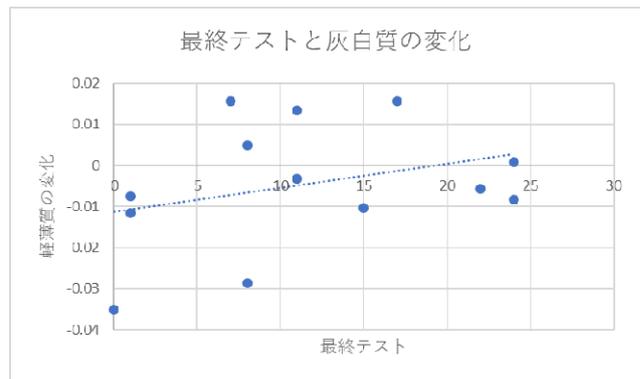


図 13 横軸(Final Test)ー縦軸 ( $\Delta GMV$ ) の関係

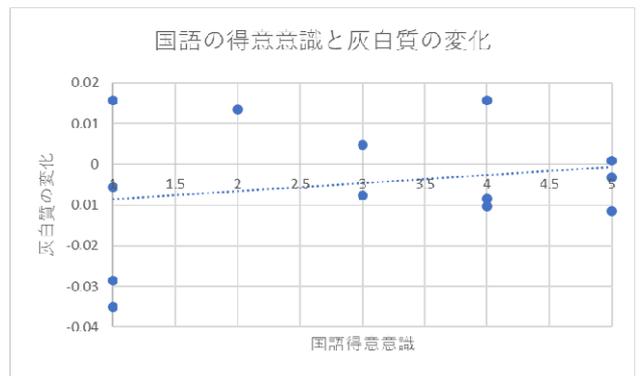


図 14 横軸(国語が得意)ー縦軸 ( $\Delta GMV$ ) の関係

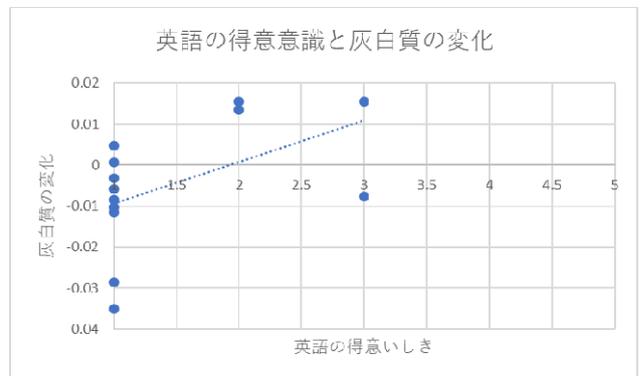


図 15 横軸(英語が得意)ー縦軸 ( $\Delta GMV$ ) の関係

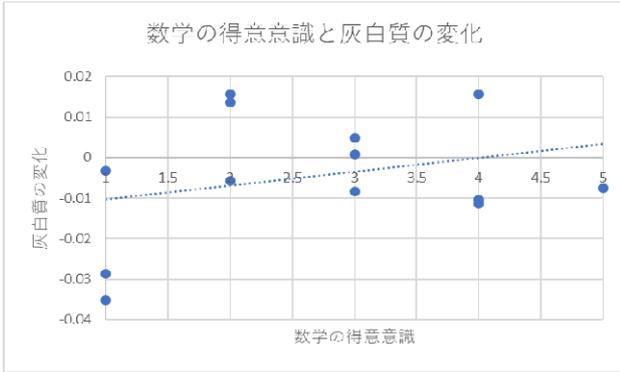


図 16 横軸(数学が得意)–縦軸 (ΔGMV) の関係

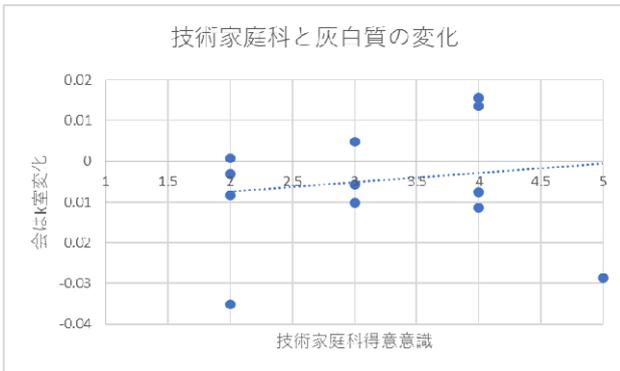


図 17 横軸(技術家庭が得意)–縦軸 (ΔGMV) の関係

### 3. まとめと今後の課題

以上のように、本研究計画は順調に進んでいる。しかし、研究期間が9月から1月ということもあり、得られたデータを多面的に十分な分析が終了しているわけではない。また、被験者数が13名という条件で得られたデータ数は、統計的推定に十分な母数とは言い難い。

一方、概念的な分析でも述べたように、興味深い傾向も様々に見受けられる。

従って、今後の研究の課題として、以下のような点の解明が求められている。

- 1) 統計的推定をかなえる母数として、実験群及び統制群の被験者数を30名以上にすること。
- 2) 講習会の内容を強化し、学習活動の負荷を掛ける方法を検討すること。例えば、Webを利用した学習方法も検討するなど。
- 3) 学習前後の神経可塑的変化の部位の解剖学的位置を同定すること
- 4) プログラミングの学習の効果を明らかにするために、灰白質の変化量とプログラミング学習効果、例えば、プログラミングの最終テストの成績や最終課題の評価、学習時間、学習意欲、学習に対する自己評価などとの相関解析を行うこと
- 5) 変化部位の解剖学的部位の同定に基づき、課題を解決する場面における脳活動の時間的変化を計測すること。

などである。

以上のような分析を通して、プログラミングの学習とそれを支える神経基盤の有無などを明らかにするとともにプログラミングの学習と脳活動との関係について明らかにする。

### 謝辞

本研究の遂行にあたり、データ分析ネットワークシステムの利用及び分析ソフトウェアの運用について、丁寧な心温まるご指導をいただきましたIBIC 流動研究員の水野佑治氏に心より感謝申し上げます。

### 参考文献

- [1] 青木茂樹, 笠井清登: すぐできるVBM精神・神経疾患の脳画像解析 spm12 対応, 学研メディカル秀潤社, 2014