

# ポータブルNIRS器機を用いたプログラミング学習中の脳血流量の変化 —発話プロトコル分析と脳血流量の変化の基礎実験—

Changes in cerebral blood flow during programming learning using a portable NIRS instrument  
—Basic experiment of speech protocol analysis and changes in cerebral blood flow—

本郷 健<sup>1</sup>, 八高 隆雄<sup>2</sup>

<sup>1</sup>大妻女子大学社会情報学部, <sup>2</sup>横浜国立大学

Takeshi Hongo<sup>1</sup>, Takao Yakou<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Social Information Studies, Otsuma Women's University

12 Sanban-cho, Chiyoda-ku, Tokyo, 102-8357 Japan

<sup>2</sup>Yokohama National University

59 Tokiwadai, Hodogaya-ku, Yokohama-shi, 240-8501 Japan

キーワード：脳活動，学習，NIRS，プロトコル分析，コンピュータプログラミング言語  
Key words : Brain activity, Learning, NIRS, Protocol analysis, Computer programming language

## 抄録

本稿はプログラミング中の認知活動と脳血流量の関係を簡易なポータブルNIRS装置を使用してどの程度解明できるかを確認するための基礎実験の報告である。その背景として、先のプログラムの学習に対するMRIやfMRIを用いた研究において前頭極皮質の役割の重要性を指摘し、それに基づく、前頭極の機能の強化に寄与する教材及び指導法を提案するに至った。そのための第一歩として、fMRIよりも行動が制限されないポータブルNIRSによって、プログラミング中の認知活動がどの程度解明出来るかを明らかにすることを目標とする。ここでは4つのプログラミング中の認知活動と脳血流の変化の関係を定性的に分析した。その結果、NIRSの脳血流量の変化は認知活動の変化を敏感に反映していることが確認できた。そのことから脳血流データを定量的に分析する意義、可能性及び解析方法の視点を得ることができた。

## 1. はじめに

筆者らは、先のMRIやfMRIを利用した脳画像解析のコホート研究により、プログラミングの学習が問題解決力の基礎となる粘り強さ・やり抜く力や意欲を支える神経基盤としての左・右前頭極皮質、左・右淡蒼球の機能を強化することを明らかにした<sup>[1],[2]</sup>。MRIやfMRIなどの大型機器を使用した研究では、被験者を機器まで移動させ測定すること、さらに測定中の身体の動きが制限される<sup>[3],[4]</sup>ため、拘束された状態での測定にならざるを得ない。これに対してNIRSでは、測定できる範囲は限定されることやデータの絶対値に問題があるものの、被験者のより自然な状態での計測が行えるメリットがある<sup>[4]</sup>。著者らは、より実践的に教育の場に持ち込むことが可能で、教育活動中の脳機能の測定を可能とするウェアラブル光トポグラフ

ィ(NIRS)を使って、学習中の脳活動データを測定し、指導法や教材の在り方を評価・改善することを計画している。

この計画達成のための予備調査として、本研究では、NIRSの特性や取り扱いについて確認し、これが学習研究への程度利用可能であるかという基礎資料の収集を目的とする。具体的には、被験者の発話プロトコルからの認知活動状況と脳血流量の関係を定性的に分析する。

## 2. 近赤外線分光器の測定原理と発話プロトコル分析

### 2.1. 近赤外線分光器

一連の機能的近赤外線分光機は、近赤外光を用いて脳の血流変化を非侵襲的に測定する方法である。本研究では、NIRS装置としてNeU社のHOT

2000 を使用した。頭部に 3 cm 間隔で光源と受光センサーを配置し、脳の活動変化を測定するものである。光源には、800nm 近傍の近赤外光と呼ばれる波長帯を使用している。近赤外光は人体組織を透過するが、血液中のヘモグロビンには吸収されるという性質がある。また、脳神経の活動には酸素とグルコースが必要で、これらを運ぶのもヘモグロビンを含む血液の流れである。このため脳活動が活発な部位はヘモグロビンが増加し、近赤外光の透過度が減衰する。これらのイメージを図 1 に示す。NIRS はこの光の変化量を測定することにより脳の活動を局部的ではあるが可視化するものである。予め脳の活動部位がある程度特定できていれば、計測アプリソフトを利用することで各センサーから取得したデータを解析し「脳指標 (BrainActivityIndex)」として得ることができる。解析では「real-time scalp signal separating (RT-SSS)」と呼ばれる手法が用いられている<sup>[5]</sup>。

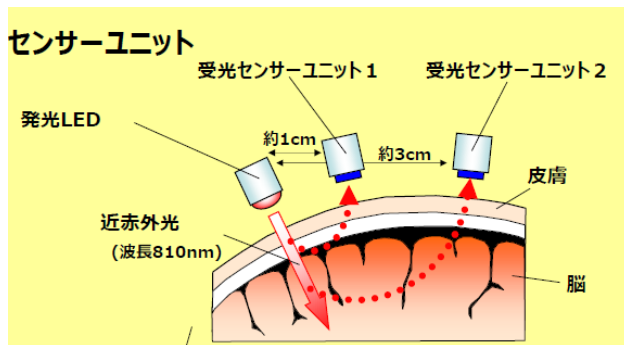


図 1 血流変化の光による計測  
(研究開発向け 携帯型脳活動計測装 HOT-2000  
取扱説明書 より)

## 2.2. 発話プロトコル

発話プロトコル法は、人が課題を遂行中に頭の中で考えていることを声に出して言語化し、その発話内容を分析することで思考過程を解明する手法である。発話プロトコル法は同時発話プロトコル法と回顧発話プロトコル法がある。ここでは、同時発話プロトコル法を用いて、データを取得する。同時発話プロトコル法では、被験者は課題を遂行するとともに頭に浮かんだ事柄を言語化するため、発話法にある程度慣れておく必要がある。今回の被験者は、発話法の手法をよく理解している。

## 3. 実験

### 3.1. 実験内容

本実験では、未習得プログラミング言語を習得する過程での学習者の脳血流量の変化と認知活動との関係を探るため、NIRS を装着した状態でプログラミング学習を実施した。この時の NIRS の測定値として出力されるデータは以下である。

- ① Device time  
記録した時刻
- ② Headset:  
100msec サンプリングにてカウントアップしているタイマー数値
- ③ HbT change(left subtracted)  
左センサー脳指標 (SD 距離 3cm の信号から SD 距離 1cm の信号を一定の割合で差し引いた値です。スパイクノイズは除去済みです)
- ④ HbT change(right subtracted)  
右センサー脳指標 (SD 距離 3cm の信号から SD 距離 1cm の信号を一定の割合で差し引いた値です。スパイクノイズは除去済みです)
- ⑤ Estimated pulse rate  
センサーの計測値から推定した脈拍数
- ⑥ HbT change(left SD1cm)  
左センサーLED からの距離 1cm の計測値
- ⑦ HbT change(left SD3cm)  
左センサーLED からの距離 3cm の計測値
- ⑧ HbT change(right SD1cm)  
右センサーLED からの距離 1cm の計測値
- ⑨ HbT change(right SD3cm)  
右センサーLED からの距離 3cm の計測値

また、3 軸方向の加速度データは Accerelo-X,Y,Z に、3 軸方向の角速度データは Gyro-X,Y,X に記録される。

本実験では、NIRS データとしては⑦HbT change (left subtracted)と⑨HbT change(right subtracted)の脳血流量変化、及び⑤Estimated pulse rate を利用し、認知活動のデータは、発話プロトコル分析によって得られた定性的データを利用した。

### 3.2. 実験デザイン

教育研究においては、近年では多くの被験者を対象にデータの統計処理による有意差検定を採り入れた横断的研究が多いが、ルソーやペスタロッ

チの初期の研究手法は特定の個人の学習プロセスを詳細に検討する縦断的な研究手法であった<sup>[6],[7]</sup>。プログラミング学習においても、ある年齢段階から新しい学習をスタートさせる場合に、それまでの学習経歴はまちまちであり、平均化してデータ処理するスタイルの研究を進める前段階として、事前の学習段階が明らかな特定被験者に対して、学習プロセスを詳細に調べる研究の蓄積が必要であろう。本研究ではこのようなコンセプトを基にして、すでにコンピュータの原理を理解し、FORTRAN や BASIC を理解している1名の被験者を対象にして、全く未知の Python プログラム言語を学習するプロセスを調べることにした。

発話プロトコルの内容は音声と映像とでビデオに記録する。同時に脳血流量の変化及び心拍数を NIRS によって記録する。

計測点は図2のように国際10-20法における Fpz の点から背側方向に約15mm、左右方向に焼約30mmの位置における2点とした。脳血流量の変化は図の左右2点の前頭葉部の深さ1cmと3cmの位置から取得したデータから算出される。

被験者は、70歳代の男性1名で Python プログラム言語の学習は未経験である。被験者はプロトコル分析の手法について、利点や欠点そして被験者として発話者が取るべき発話方法等は理解している。

被験者は Python の入門テキストを読み、理解できたところでパーソナルコンピュータを使って、その内容を確認する。被験者は、その間の頭の中で考えたことを声に出して言語化する。発話の内容は、被験者に取り付けた遠隔マイクを介して、ビデオ録音され、その映像とともに記録される。

認知活動が変化したと考えられる場面の脳血流量の変化を分析する。

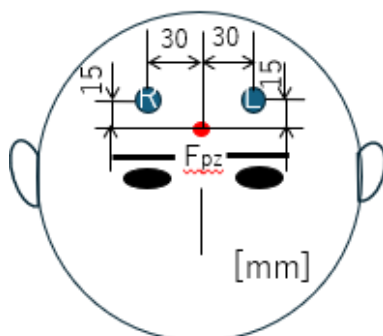


図2 測定位置

### 3.3. 実験プロトコル

予備実験のプロトコルを以下に示す。

- 1) 実験方法について解説する。頭に浮かんだ事柄を素直に言語化することを告げる。
- 2) 測定器を取り付け、学習用の Python テキストとパーソナルコンピュータの置いてある机の前に座る。
- 3) 被験者の安静時の脳血流量と心拍数を測定する。
- 4) 作業を開始する。その間、左右の脳血流量の変化と心拍数を測定する。
- 5) 作業内容は Python の解説書を読み、パーソナルコンピュータで実行して確認する。
- 6) 被験者の疲労や学習内容を勘案して、セッション間に休憩を入れた。1セッションは長くて約25分で3セッション行った。

## 4. 実験結果

得られた脳血流量の変化と被験者の発話内容とを同期させ、発話内容から推定される認知活動と脳血流量の変化との関係を定性的に分析する。

ここでは、特徴的な認知活動の変化が現れた時の脳血流の変化を考察する。

### 1) 実験開始時の血流量の変化

図3に実験の開始前の安静時から作業を始めた時の脳血流量の変化と心拍数を示す。図中の灰線は脈拍、朱線は右脳血流量変化、および青線は左脳血流量変化であり、横軸は経過時間である。また図の下を表1にその時の発話の内容を示す。表1中の数字列は機器を稼働させてからの経過時間  $t$  である。( )内は、観察者が観察した被験者の様子を記してある。

実験開始前(経過時間  $t=150$  s~ $200$  s)では、脈拍は穏やかに推移し、開始に向けてやや増加している。 $t=150$  s 前後では、血流量 HbT は、右脳側も左脳側もほぼ同程度であるが、脈拍同様に開始に向けて増加する傾向にある。ここで右脳血流量の変化 HbT-R は左脳血流量の変化 HbT-L と比べてよりプラス方向で推移している。さらに左右の HbT は互いに同期して変化していることが確認できる。この同期のトリガーの原因が何であるかは、発話が行われていないため不明である。おそらく目が閉じた状態で目の動きを反映しているのではないかと考えられる。

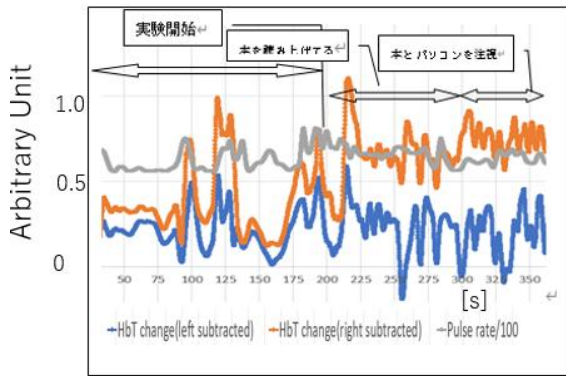


図3 実験開始時の変化

表1 実験開始時の変化

200	スタート
212	16 ページから始めます
215	1 の 2 初めの一步
222	簡単なコードを実行しようから行きます (鉛筆を持ち、ノートに向かう。インタプリンタに (読み間違い))
234	パイソンはコードをインタプリン阿多に 直接入力しながら
244	逐次的に実行できる。なるほど
273	(本を読み上げて) なるほどね
281	(本を読む) なるほど
288	本書であつかう Python のバージョンは 3.2 になります。(ソフトのバージョンを見 つめる)
292	パソコンのバージョンはテキストより新 しいな
314	起動しています。
321	あ止まっちゃった (画面が消えた)
325	(本の内容とパソコンの画面の状態が一致 していることを確認している) おーあつて ますね。
340	画面に矢印のようなものが三つ表示され ています。あります
351	インタープリンター、インタプリンタです ね

実験開始の  $t=200$  s から、脈拍は穏やかにやや下がりがりながら推移している。一方、血流量の変化 HbT は、右脳側も左脳側も増加するが、右脳側の HbT-R

の方が流量多く、両者には明確な差が認められる。

この変化の特徴を表 1 の行動内容と対応させると、テキストを読んで理解する ( $t=200$  s ~  $300$  s) 間も、その後の本を読みながらパソコンの操作をしようとして、パソコンと本の両方に目を行き来させると、右脳側の血流量はさらに多い状態で推移している。

実験を開始して本を読み始めると脈拍、右脳血流量変化の平均値が大きくなり、続いて、本を読みつつパソコンを操作すると脈拍平均値はやや上昇し、右脳血流量変化平均値はさらに増加した。左脳が数学的な考え方が得意で、右脳はパターンや空間認識が得意と言われているが<sup>8)</sup>、プログラミング学習のスタート時には空間やパターンを認識する脳の部位がより賦活している可能性が考えられる。

## 2) キー操作エラーの発見と修正時の脳血流量の変化

図 4 は、学習開始後の比較的早い段階で、キーボード操作等の単純なエラーを見つけ、修正する場面での脳血流の変化を示したものである。表 2 にキー操作ミスの発見と修復時における発話の内容を記した。それによると、被験者は  $t=423$  s で間違いに気づく。すると心拍数が増加している。その後、左脳の血流量がやや減少し、その後左右の血流量が大きく増加することが分かる。

ついで  $t=435$  s で間違いを発見後に入力し直す。この間に血流量の変化 HbT は波を打ちながらも、操作ミス発見後増加している。

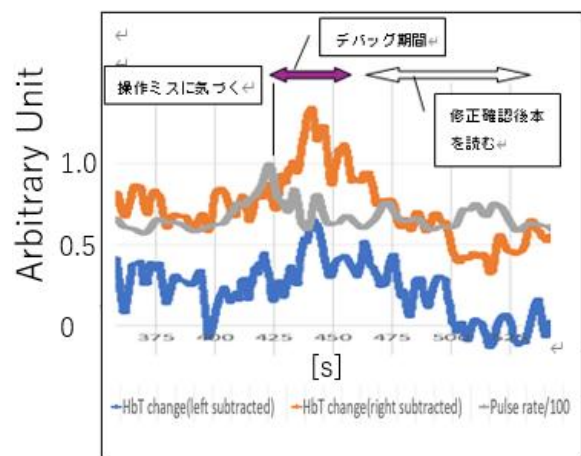


図4 キー操作エラーの発見と修正

表2 キー操作エラーの発見と修正時の発話

327	(本を読み上げている) 半角になっているかな. なってるなってる.
395	まず行きまーす. (手が上がりキーボードに移動)
413	Print (Hello World) (読み上げながら入力をする.)
423	間違った間違った
432	何処が間違っただかといううと. あそうか
435	これ間違っただな一, コーテーションの代わりのこれをいちゃった
448	あ色が緑になった. 緑になるのは, エンターを押します.
457	オー出来た
459	なるほど
467	コードが実行され, Hello World が表示されました. うん (テキストを読んでいる)
490	なるほど
498	(セッションがおわり) 1 の三へ行きます. (鉛筆を動かしてメモ) この間本を読む

さらに,  $t=457s$  で修正操作を実行すると正しい答えが出力され,  $t=459s$  で正しい答えを確認し納得する. その後次のセッションの解説を読み始める. という操作が行われる. この間の HbT の波形は, 間違いを見つけ修正の操作の段階になると減少し始める.

これらの一連の操作過程で, 常に HbT-R の方が HbT-L より高く, かつ両者はほぼ一定間隔を保った状態で変化している.

このように, 単純な操作ミスを見つけて対応していく過程においては, まず操作ミスの発見で脈拍が増加し, その対応を考えている間に HbT が増加し, 対応が決まりそのための行動に移ると脳 HbT は減少する傾向を示す.

また, これらの一連の操作過程で, 常に HbT-R の方が HbT-L より高い. このことは, この場合にも右脳の方が強く賦活されている可能性がある.

### 3) 予測との不一致時の脳血流量の変化

図5は, テキストの記述に納得がいかず, プログラミングを実行することで, テキストの誤りを発見して, 納得する場面での脳血流量の変化を示す. また表3はその時の発話プロトコルの記述で

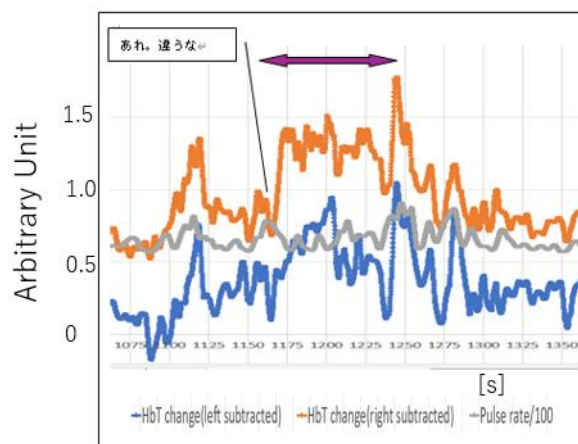


図5 予測との不一致時の脳血流量の変化

表3 予測との不一致時の発話

1075	1年の365日は何週あるか求めなさい. 1週間は七日だから365日を7で割ってみましょう
1098	画面を見て, うん??7で割ってはいけないんだ.
1110	整数部分を求めるんだ. //で割ると. /で割るとなるほど
1140	余りの計算は, %
1158	1 2 3 4 5 6 % 3 2 1 あれ
1161	(余りの演算子を使ってパソコンに入力) あれ違うな. 再度テキストを見ながら打ち直す
1194	あれ本が間違ってたんだ. あれ本は1 2 3 4 5までしかやってないじゃないか. いい加減な本だな, この本は
1200	打ち直して
1222	もう一度入れ直す. 再入力
1234	再度打ち直す
1244	本が間違っているんですね
1248	次のセッション3番へ
1254	台形の面積を求める課題

ある. これは一種の思考のトラブル発生時に生じる脳血流量の変化と考えることができる.

$t=1075s$  の時前後では, 割った余りや整数部を返す演算子の確認を行っている.  $t=1098s$  で1年間は何週かを計算する演算問題を行っている. 割った整数部を求める問題を間違えた場面である. 7で

割ってはいけないことを入力して気づく．心拍数がやや増加している．左右の血流量が増加する左の血流量の変化が大きい．その後本を読みながら演算の働きを確認し納得する．

t=1158sで、再び躓く．割った余りを計算しているが、パソコンの結果と本の結果が違うことに気づく．その後しばらくトライエンドエラーを繰り返すが、t=1194sで本の間違いに気づく．再度打ち直して、本の間違いを確信する．

ここで2つのトラブルがある．一つはt=1098sでの小さなミスに伴うもの．もう一つはt=1158sから始まるテキストの記述ミスの発見である．いずれの場合にもHbT-Rの方がHbT-Lより高く、かつ両者とも一旦は上昇するがその後減少に転じている．変化の程度は後者のテキストの記述ミスの発見の方が大きい．ここまでの学習では右脳のHbT-Rが常に高く変化も大きかったが、トラブルへの対応などの強い思考力が必要とされる場面では、演算や論理的な働き司る<sup>10)</sup>と一般に考えられている左脳の寄与が大きくなることが示唆された．

#### 4) 眠気を感じた時の脳血流量の変化

図6および表4は、それぞれ眠気を自覚した時の脳血流量の変化およびその発話を示している．

順調に学習が進んでいたが午後の時間になり、眠気と疲労が出てきて、眠くなった時の変化である．本人も眠気を強く感じて、t=235sの時にそのことを訴えていた．

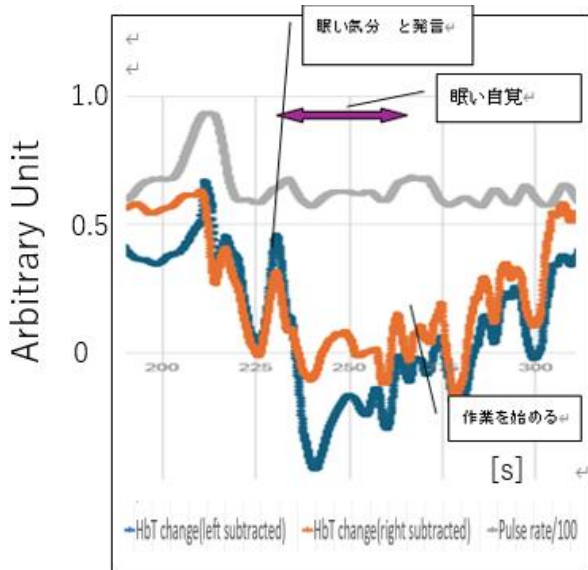


図6 眠気のある時の脳血流量の変化

表4 眠気のある時の発話

223	ページが、えーと
230	あれ、23ページ
235	えーと、今気分がですね．午後に入って少し眠くなってきました．疲れがはいって来たので多少変わるかもしれません．
255	重複しますけど、インプット関数でデータを読み込もう．繰り返します．
262	文章は読まないで、言語だけ打ってみます．(キーボードに向かってプログラムのみを打つ．)

このように眠気を催し、学習意欲が消失すると、脈拍はなだらかに一定になり、HbTは減少し、右脳側と左脳側がほぼ同程度のレベルまで低下する．また少し時間を置き、再度作業を開始するとこれらの値は学習時の様に増加を始める．

#### 5. 考察

今回の予備実験は被験者の発話内容を基準として4つの特徴的な認知活動の場面を取り上げ、脳血流量の変化を定性的に分析した．その結果、4つの場面で、(1)プログラミング学習の開始、(2)機器操作上のトラブル、(3)自己の理解不足が原因で生じた認知上の小さなトラブル、および(4)テキストの記載ミスを見出してそれを解決していくという認知上の大きなトラブル、そして最後に(5)眠気による学習意欲喪失という問題に対する血流量の変化に対する基礎データが得られた．

まず脈拍の変動および増加は学習意欲の増加とかかわりがありそうである．上記5つの場面で認知活動が活発と考えられる状況では脈拍の変動や値はやや増加している．しかしその変化は血流量程顕著ではない．

一方血流量は、上記の5つの場面で、理解を伴う認知活動がより活発であろうと思われる場面でより増加している．しかも右脳側のHbT-Rが常に高い値を示した．テキストを読むだけよりも、パソコンと向き合ってテキストを参照しながら学習すること、さらにトラブルを解決する場面でより知的興奮が高まるものと考えられる．プログラミング学習初学習者に対して、学習過程をfMRIを用いた3次的に調べた研究では、右脳下前頭極と有意の相関が認められている<sup>12)</sup>．さらにMRIによ

る長期記憶においても右脳前頭極がプログラミング学習に有意に作用することが確認されている<sup>[1]</sup>。これらのことから学習初期からの右脳前頭葉での血流量平均値の増加はこの部分での血流量を増加によって供給されるグルコースを脳の活動を活性化させているものと思われる。このような供給されるエネルギーの増加がニューロンの働きを活性化させかつ増加を引き起こしているものと推察される。右脳は記憶容量も大きくイメージ記憶を担う部分である。キーボードやコンピュータとの接触は長期記憶にもつながり右脳と関連しているものと思われる。一方、左脳では、認知上の重要事項の解決にはHbT-Lが増加し、賦活している。左脳は文字や数式などの分析的な記憶と関連する部位と言われて、さらに記憶容量も小さく、短期的な記憶をつかさどる。この事からエネルギーの間欠的な短期消費による脳活動が左脳の論理的な学習を支えている可能性が考えられる。

このように典型的な認知活動をプロトコルの発話から抽出し、対応する時の脳血流の変化を定性的に分析することにより、脳血流の変化は発話から読み取れる認知活動の変化に敏感に対応していることが確認できた。

## 6. まとめと今後の課題

今回の予備実験を通して、測定器の特徴や特性の概要を把握することができた。予備実験では、脳血流測定器は、認知活動の変化に敏感に反応していることが確認できた。この予備実験から、脳血流データを定量的に分析する意義や可能性を確認することができた。

今後は、この成果をもとに定量的な解析方法を考案する。さらに本来の目的である、実践的な教育活動での認知活動の分析のための実験方法の開発を行っていきたい。

## 謝 辞

本研究は令和4年度大妻女子大学戦略的個人研究費(N2213)の助成を受けた研究の一部である。

## 引用文献

- [1] Takeshi Hongo, Takao Yakou, Kenji Yoshinaga, Toshiharu Kano, Michiko Miyazaki, and Takashi Hanakawa. Structural Neuroplasticity in Computer Programming Beginners. *Cerebral Cortex*. 2022, 33(9), p.5375-5381, <https://doi.org/10.1093/cercor/bhac425>, (accessed 2025-3-1).
- [2] 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*. 2023, 228, p.1691-1701, <https://doi.org/10.1007/s00429-023-02674-3>, (accessed 2025-3-1)
- [3] 高倉大匡. 近赤外線分光法, *Equilibrium Res*. 2015, 74(6), p.553-556.
- [4] 柳沢一機. 網島均. 丸茂喜高. 広瀬悟. 清水俊行. 泰羅雅登. 土師知己. 機能的近赤外分光装置(fNIRS)を用いた高次脳機能計測とその評価. *ヒューマンインタフェース学会論文誌*. 2009, 10(2), p.183-191.
- [5] Masashi Kiguchi, Tsukasa Funane. Algorithm for removing scalp signals from functional near-infrared spectroscopy signals in real time using multidistance optodes. *Journal of Biomedical Optics*, 2014, 19(11), 110505, <https://doi.org/10.1117/1.JBO.19.11.110505>, (accessed 2025-2-1).
- [6] J.J.ルソー. 今野一雄訳. 「エミール」. 岩波文庫, 1963.
- [7] J.H.ペスタロッツ. 長田新訳. 「隠者の夕暮れ」. 岩波文庫, 1982.
- [8] 田中文夫. 「賢い脳の作り方」. クォーク編集部編. 講談社α文庫. 第3章1節, 1998, p.97-119.

---

**Abstract**

---

This paper reports on a basic experiment to confirm the extent to which the relationship between cognitive activity and cerebral blood flow during programming can be clarified using a simple portable NIRS device. As a background, we pointed out the importance of the role of the frontal pole cortex in the previous studies using MRI and fMRI on program learning, and based on this, we are trying to propose teaching materials and instructional methods that contribute to the enhancement of the function of the frontal pole. As a first step, we aim to clarify the extent to which cognitive activities during programming can be substituted by portable NIRS, which is less action-limiting than fMRI. Here, we qualitatively analyzed the relationship between cognitive activity and changes in cerebral blood flow during four programming sessions. As a result, it was confirmed that changes in cerebral blood flow in NIRS sensitively reflected changes in cognitive activity. The results of this study provide a perspective on the significance, possibility, and analysis method of quantitative analysis of cerebral blood flow data.

---

(受付日：2025年3月6日，受理日：2025年3月31日)



**本郷 健 (ほんごう たけし)**

現職：大妻女子大学社会情報学部教授

プロフィール：

埼玉大学大学院 工学研究科 修士課程修了（工学修士）。博士（学術）埼玉大学。

日本教育情報学会評議員（2002～2003），同理事（2004～現在），同副会長（2010～2023），『教育情報研究』編集委員長（2014～2022），同編集委員理事（2014～現在）。日本図学会理事（2009～2013），『図学研究』編集委員（2001～2010）。国立研究開発法人国立精神・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客員研究員（2017～現在）。1952年埼玉県生まれ。埼玉大学大学院終了後，埼玉県立高等学校，埼玉県立南教育センター，川村学園女子大学を経て，大妻女子大学に勤務した。

専門は情報教育学，情報科教育学。1990年代よりプログラミング作成時における思考過程の研究に従事，その後，情報教育，メディア教育に従事。現在は国立精神・神経医療研究センターと共同してプログラミング学習と脳の構造変化及び賦活領域の解明の研究を行っている。

主な著書，論文：

本郷健，松田晃一．学生のためのPython．東京電機大学出版局．2017，185p．

本郷健ほか3名．StarLogoプログラミング．東京電機大学出版局．2009，184p．

本郷健（編集著者代表）．文部科学省検定教科書（情I707）高等学校 情報I．開隆堂出版．2022．

Takeshi Hongo, Takao Yakou, Kenji Yoshinaga, Toshiharu Kano, Michiko Miyazaki, and Takashi Hanakawa. Structural Neuroplasticity in Computer Programming Beginners. *Cerebral Cortex*. 2022, 33(9), p.5375-5381.

Kenji Hishikawa, Kenji Yosinaga, Hiroki Togo, Takeshi Hongo, Takashi Hanakawa. Changes in functional brain activity patterns associated with computer programming learning in novices. *Brain Structure and Function*. 2023, 228, p.1691-1701.

本郷健ほか4名．情報的な見方・考え方を構成する枠組みと中心概念の提案．日本教科教育学会誌．2017，40(1)，p.45-58．

山本利一，本郷健ほか2名．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．2016，32(2)，p.3-12．

本郷健ほか4名．英国のICTカリキュラム改訂の背景と日本の情報教育の枠組みに関する基礎的研究．教育情報研究．2015，31(1)，p.11-23．