

研究報告書

「生体情報フィードバックを利用したテーラーメイドオンライン教育システム開発」

研究タイプ: 通常型

研究期間: 2014 年 12 月 ~ 2019 年 3 月

研究者: 細田千尋

1. 研究のねらい

脳機能・構造の神経基盤差と個人の意志力、英語、プログラミング能力獲得度合いの関連性を明らかにする事、及び、能力獲得の神経基盤での脳可塑性を促進する効果的な学習法を明らかにすることで、効果的な学習システムの提供を目指す。

2. 研究成果

(1) 概要

学習(英語リスニング力、プログラミング能力)、スポーツ能力を支える神経基盤・脳機能及び構造を脳機能構造計測からあきらかにし、さらに、学習ログ、日常生活ログ、心理特性検査を用いた人格特性、知能データ等も合わせたデータに対し機械学習する事で、個人に最適な学習・トレーニング法を解明する研究をおこなってきた。まず英語能力の神経機構に関する研究を糸口に、広く能力獲得の個人差の神経基盤はなにか? 脳可塑性を誘導する、より効果的な能力獲得法はあるか? という問いに関して研究を発展させ、脳機能・構造情報に対し機械学習を行う事で、従来定量化が困難であった「やる気」の脳基盤を定量化する事に成功し、国内国際特許を取得した(投稿中)。また、性格特性(楽観/悲観主義)と学習環境(競争/共同)での成績の伸びに関連があり、特性に応じた環境で学習する事が脳可塑性をより誘導する事を明らかにした。さらに、介入による各種能力(英語・プログラミング・運動)の獲得度合を学習前から予測する神経基盤(脳機能、脳構造特徴)と能力獲得による脳機能構造の可塑性解明をおこなった。これらの研究には、脳の領域を従来より、より詳細に分類し(360 領域)、微小構造まで捉える事が可能な世界再先端の脳機能構造イメージング技術(米国ヒューマンコネクトームプロジェクトで提唱されているマルチモダルな脳機能構造解析パイプラインを利用)を用いている。知る限り、健常者の長期介入研究前後でこのマルチモダルイメージング手法(安静時脳機能結合、解剖画像、拡散強調画像 noddi, ミエリンマップ、課題負荷時機能的イメージング)を用いて神経基盤及び可塑性を解明している研究は知る限り俎上にないものである。

(2) 詳細

研究テーマ1 「英語リスニング能力獲得を予測する神経基盤解明とリスニング能力獲得に伴う脳可塑性の解明」

学習やトレーニングのみならず、リハビリや禁煙など多くの事象において、“継続する事”が非常に重要である一方、いずれにおいても多くの人が途中脱落する。しかし、実験上では、脱落データは脱落として記載されるのみで、根本的になぜ脱落がおこるのか、といった点には着目されてこなかった。そこで、長期英語・運動トレーニング、短期認知タスク等ドメ

インの異なる課題において、当初高いやる気を示しているにもかかわらず途中脱落する人の神経基盤差について検討をおこなった。その結果、課題内容にかかわらず、“脱落する人”は共通して、前頭極の構造の発達がやり遂げる人に比べ有意に低い事がわかり、前頭極の発達度合から、事前にその個人が最後までやり遂げる事が可能な人物かを高確率で予測する事が出来る判別機を作成し、国内・国際特許を取得した。

さらに、この実験では、英語、運動、短期認知テストと数種類の実験をおこなっているが、いずれの実験においても、学習前の脳データを判別機を用いて判別すると、“脱落者”の脳特徴をもっている(前頭極周辺の発達が少ない)人であっても、沢山ほめられる事で学習が継続できるようになった人(やり遂げる力を獲得した人)では、前頭極の構造が可塑的に変化し、学習後の脳で判別機を実施すると、脱落者から達成者に予測が変わる事をさきかけ期間中に明らかにした。本成果は現在雑誌投稿中である。

研究テーマ2 「性格特性(防衛的悲観主義)に応じた学習環境(競争・非競争)による学習効果向上と脳可塑性の解明」

学習遂行は、期待、評価、計画、努力、回顧の一貫した行動の認知的方略を取ると定義されている¹。過去のパフォーマンス に対する認知と将来のパフォーマンスに対する期待によって、認知的方略は分類されており“方略的楽観主義(strategic optimism; SO)”は、過去のパフォーマンスについてのポジティブな認知をもちそれと一致する将来の高い期待を設定し、“防衛的悲観主義(defensive pessimism; DP)”は、過去の成功を認知しているにもかかわらず将来のパフォーマンスに対して低い期待を設定する。実際の学習の場において、どのような環境(教示法)が、DP,SO の特質に合致し、成績向上を促すのかについては明確でない。

そこで、学習意欲の高い健常大学生 83 名を被験者とし、全被験者に対し、学習介入前に、認知的方略を調べるための防衛的悲観的尺度、英語能力を知るための TOEIC、知能検査(WAIS)、MRI 検査を実施した。これらの計測から得たデータが均質になるような 2 群を作成した。学習内容は全く同様であるが、一つの被験者群には、本実験の目的について、「英語能力が伸びる事で、脳がどの位大きくなるかをみるものです。英語力を伸ばしてください(非競争環境、DP:SO=20:20)」と教示し、もう片方の群には、「この実験では、実験者間で、リスニング能力の伸び率、脳が発達する度合いを競争的にみるものです。グループ内で、順位もつけ提示します(競争環境 DP:SO=22:21)」と教示した。

その結果学習遂行について、競争群においては、DP は 22 人中 20 名が学習を最後まで遂行し(2 名脱落)SO は、21 名中 8 名が遂行した(13 名脱落)。一方、非競争環境では、DP は 20 人中 12 名が学習を最後まで遂行し(8 名脱落)SO は、20 名中 16 名が遂行した(4 名脱落)。各群における遂行者の平均学習時間に有意差は見られなかった($p=0.98$)一方、成績向上率については、DP は、競争環境下で成績がより向上し、SO は、非競争環境下で成績が向上した。学習前後の脳構造を比較してみると、競争下の DP では非競争下の DP に比べ有意に基底核に可塑性がみられ、非競争下で成績が向上した SO では、競争環境下で成績が向上した SO より有意に両側下前頭回に可塑性が見られた。

DP は、有能さの評価基準として個人内(絶対)評価よりも相対的評価を用いている可能性があると考えある。DP は、失敗から自尊心を保護するための防衛的な方略である。そのた

め「他者と比べてできること」を目標として自尊心を維持しようとしている事が学習行動に影響していると考ええる。さらに、特質と合致した学習環境で学習を遂行する事で、各特質の神経基盤である領域に学習前後での脳可塑性がみられた可能性をあきらかにした。

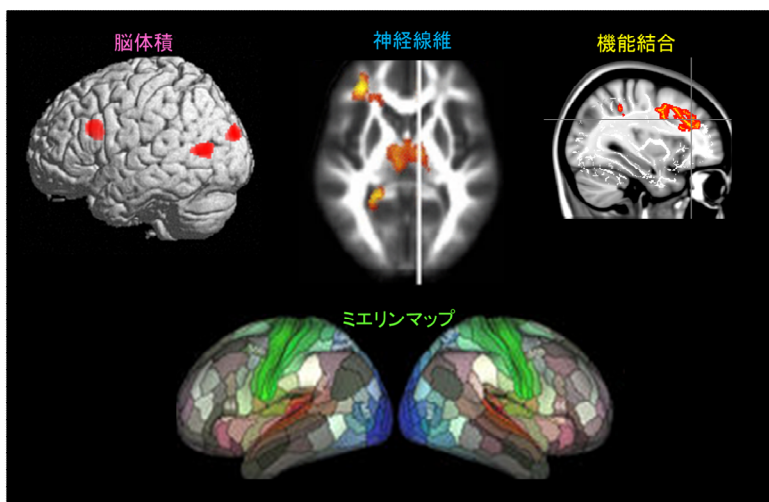
研究テーマ3 「運動学習における能力獲得に伴う脳可塑性の詳細解明:機能的脳可塑性と構造的脳可塑性が誘発される順番の解明」

運動学習に伴う、脳機能や構造の可塑的变化(能力獲得に伴う脳部位の変化)は近年多く明らかにされているが、いずれの研究においても、学習前後2地点をとるにとどまっており、どのくらいの期間のトレーニングで可塑的变化がみられるか、機能的可塑性・構造的可塑性の起こる順序等について明らかでない。そこで、50名を対象に14日間毎日の左手書字トレーニング中に、3、4日おきに計4回の多次元脳データを取得し、トレーニング期間中の脳機能構造の可塑性の詳細を検討した。その結果、能力獲得度合が大きな初期においてまず機能的変化がみられ、その後機能的可塑性が見られた部位に構造変化がみられる事が示唆された。また機能的可塑性が起こる時期に能力の発達が大きかった人ほど、学習後の成績が保たれている事も明らかになった。以上のことより、機能可塑性が起こる初期時の学習が非常に重要である可能性が示唆された。数日おきにマルチモダルに(機能・構造)MRIを取る実験は殆どなく、非常に画期的な成果であると考ええる。

研究テーマ4 「プログラミング能力の可否を予測する神経基盤とプログラミング能力獲得に伴う脳可塑性の解明」

プログラミングの義務教育化が決定した一方、プログラミング能力においてはその個人差が大きく、6割の人はプログラミング講義をうけても能力向上が見込めないとされている。そこで、60名のプログラム未経験の被験者を対象に12週間のトレーニングを実施した。その結果、学習を継続したのは、47名で、そのうち21名は、学習をしてもプログラミングができるようにならなかった。学習時間に、プログラミング能力を獲得した群とできなかった群で差はく、知能レベルにも有意差は見られなかった。しかし、2群の脳構造・機能を比較してみると、学習により能力獲得ができる群は、できない群に比べ、有意に右前頭前野、側頭頭長結合部、小脳、基底核の構造・機能に差があることがわかった。一方、能力獲得

できた群では、学習前後の脳を比較すると、側頭頭頂部の構造的可塑的变化が見られた。この実験により、プログラミング能力獲得の神経基盤の個人差をあきらかにするとともに、プログラミング能力に伴う脳可塑性も明らかにした。ここで得られた情報は、今後のプログラミング学習の導入にあたって非常に重要であると考ええる。



3. 今後の展開

英語リスニング、プログラミング等は、能力獲得に伴い、脳も可塑的に変化する事がわかった一方で、学習開始前の脳の状態から、“通常の学習を行うだけでは成績が全く伸びない可能性がある人”をスクリーニングできる可能性が示唆された。プログラミング等義務教育化が開始されることに伴い、低年齢時での学習へのつまづきを起こさせないためにも、これらの脳の違いがどの時点で起こっているものなのか等基礎研究を進めると同時に、通常の学習では学習効果が得られない可能性があるものへの効果的な支援(研究テーマ2を応用した特性に応じた教法等)を提案する仕組みを開発していきたい。

4. 自己評価

5つの学習と脳に関する研究テーマを実施し、各実験において、数十名のマルチモダルな脳機能構造計測を学習全中後で実施し、延べ、約500名の脳機能構造、性格特性検査、知能検査、各種トレーニングを実施する事ができ、それぞれの実験において有用な成果を得る事ができた。研究の進め方としては、計画から実行、解析まで一貫して一人で行い、データ整理等実験補助員とともに、おこなった。これらの研究成果は、今後順次論文発表をしていく予定であり、特にプログラミング能力や特性に応じた学習法における学習効果についてなどは、社会への普及効果が非常に高いと考えている。

5. 主な研究成果リスト

(1) 発表

1. Maeshima H, Hosoda C, Okanoya K, Nakai T. “Reduced γ -aminobutyric Acid in the Superior Temporal Gyrus is Associated with Absolute Pitch. Neuro Report.” doi: 10.1097/WNR.0000000000001137 (Dec. 2018)
2. Nakai T, Nakatani T, Hosoda C, Nonaka Y, Okanoya K. “Sense of Accomplishment Is Modulated by a Proper Level of Instruction and Represented in the Brain Reward System.” *PLoS One*. doi: 10.1371/journal.pone.0168661 (Jan. 2017)

(2) 特許出願

研究期間累積件数: 2件

1.

発明者: 細田千尋

発明の名称: 性向判別装置、タスク実行支援装置、性向判別コンピュータープログラム
およびタスク実行支援コンピュータープログラム

出願人: 株式会社国際電気通信基礎技術研究所

特許番号: 5804663

登録日: 2015年9月11日

発行日: 2015年11月4日

2

発明者： 細田千尋

発明の名称： TENDENCY DISCRIMINATION DEVICE, TASK EXECUTION ASSISTING
DEVICE, TENDENCY DISCRIMINATION COMPUTER PROGRAM, AND
TASK EXECUTION ASSISTING COMPUTER PROGRAM – diagram,
schematic, and image 08

出願人： 株式会社国際電気通信基礎技術研究所

申請日： 2015 年 11 月 5 日

特願： WO2014088073

(2) その他の成果 (主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

学会発表

1. Hosoda, C., Hamada, M., Maeshima, H., Nonaka, Y., Okanoya, K.,
Predictor of programming language learning success: The development of the inferior
frontal cortex and the supramarginal cortex.
/Organization for Human Brain Mapping(OHBM)2018, Singapore (Jun. 2018)
2. Hosoda, C., Hamada, M., Maeshima, H., Nonaka, Y., Okanoya, K.,
development of temporal cortex can predict L2 listening learning success
/World Congress of Neurology 2017, Kyoto, Japan (Jul. 2017)
3. Hosoda, C., Hamada, M., Maeshima, H., Nonaka, Y., Okanoya, K.,
Predictor of second language learning success: The development of temporal cortex
and the goal orientation.
/OHBM 2017, Vancouver, CANADA (Jun. 2017)
4. Hosoda, C., Takashi Hanakawa, Manabu Honda, Kazuo Okanoya, Rieko Osu,
Brain become more plastic by the effective learning.
/ OHBM 2015, Hawaii, USA (Jun. 2015)

以上