

素人でも訓練によりプロ棋士と同じ直観的思考回路を持てる

—直観的思考は継続的な練習の積み重ねで養われる—

本研究成果のポイント

○素人20人を対象に4カ月にわたる「5五将棋」の訓練

○訓練により素早く無意識に次の最善手を考え出す直観的思考能力が上達

○訓練前後で大脳皮質の活動は変化しないが、訓練後には尾状核での神経活動が出現

理化学研究所（野依良治理事長）は、将棋の経験がない20人の被験者を対象に、将棋を単純化した「5五将棋」の一定の訓練を4カ月間行い、訓練初期と訓練後の脳の働きを機能的磁気共鳴画像法（fMRI）^{*1}で測定・比較しました。その結果、訓練を通じて直観^{*2}的思考能力が上達すると同時にプロ棋士と同じ直観的思考の神経回路が発達することを確認しました。これは、理研脳科学総合研究センター（利根川進センター長）認知機能表現研究チームの田中啓治チームリーダーと万小紅（ワン シャオホン）研究員、機能的磁気共鳴画像測定支援ユニットの程康（チェン カン）支援ユニットリーダー、電気通信大学大学院情報理工学研究科伊藤毅志助教、富士通、富士通研究所らによる将棋プロジェクト^{*3}の研究成果です。

プロ棋士は、長い訓練と対戦経験から得た情報を基に、瞬時に状況を判断し最適な次の一手を直観的に導き出すことができます。研究グループは2011年に、プロ棋士が直観的な次の一手を導き出す時に、大脳基底核^{*4}にある尾状核^{*4}を通る神経回路を使っていることを発見しました。しかし、この直観的思考の神経回路を使うことができるのは、長年にわたる訓練によるものか、もともと尾状核の神経回路の働きが良かったのか判断がつきませんでした。

今回の研究では、将棋を単純化した5五将棋を使い、将棋の経験がない20人の被験者に、コンピュータープログラムを使って4カ月間にわたる一定の訓練を行い、訓練前後の脳の働きを調べました。その結果、訓練を通じて5五将棋の詰め将棋を短時間に解く直観的思考能力が上達し、訓練後にはプロ棋士と同じように直観的思考の時に尾状核の神経活動が活発化していました。さらにその神経活動の強さと正答率には相関関係があることも分かりました。

この結果は、素人でも一定期間集中的に訓練すれば、プロ棋士が使っている直観的思考の神経回路を発達させることが可能なこと、つまりプロ棋士が持つ直観的思考回路は特別なものではなく、地道な訓練によって養われることを示しました。

本研究成果は、米国の科学雑誌『*The Journal of Neuroscience*』（11月28日号）に掲載されます。

1. 背景

勝負の世界には、瞬間的に有利不利を判断して正しく対処できる優れた能力を持つ人がいます。このレベルに達するには、その分野での集中した訓練を長期にわたって行うことが必要であるといわれています。運動技能の訓練の場合と同じく、訓練の初めには意識的に時間をかけて解決策を考え出します。しかし、経験が蓄積するにつれて思考過程は自動的に、そして素早くなっていきます。この無意識的な思考過程を「直観」と呼びます。この直観的思考は、勝負の世界以外にも熟練した医師の正確な診断や技術者のシステム故障の的確な診断などに重要であることが知られています。熟達者の長年の経験と知識に基づいた直観が、マニュアル化できないような事態の解決法を見つけ出すのですが、本人にも論理立てて説明することが難しく、直観的思考を他者に伝達、または教育することが困難であると考えられています。そのため、直観的思考の仕組み解明が待ち望まれています。

将棋やチェスなどのボードゲームは規則が明確なので、優れた認知技能能力を持つ熟達者の心理学または脳科学的研究に適しています。過去に行われたチェスに関する認知心理学の研究の中で、世界トップクラスの競技者と愛好家レベルの技能の最も大きな違いは、短時間に見た盤面における次の一手（最善手）が直観的に分かる能力であることが報告されてきました。

2011年に社団法人日本将棋連盟らと協力して行った将棋プロジェクトの研究では、詰め将棋問題を1秒で解く直観課題と、8秒かけて意識的・論理的に解く長考課題におけるプロ棋士の脳活動を比較しました。その結果、直観課題と長考課題に共通して大脳皮質のいくつかの部位の活動が活発化する一方で、直観課題の時だけ大脳基底核に位置する尾状核の活動が活発になることを発見しました（図1）。また、プロ棋士における尾状核の活動はアマ棋士よりも強かったため（図2）、プロ棋士が持つ優れた直観的思考能力の基礎は尾状核を含む神経回路の利用にあると主張しました（2011年プレスリリース

<http://www.riken.jp/r-world/info/release/press/2011/110121/detail.html>）。しかし、この研究では、棋士がプロになる前の脳活動とプロになった後の脳活動を比較していないため、プロ棋士を目指す過程の長期間にわたる訓練によって次の一手を考え出すために尾状核神経回路を使うようになったのか、もともと尾状核神経回路の活動が活発だった人がプロ棋士になれたのかの判断はつきませんでした。

そこで、今回の研究では、将棋の経験がない素人を対象にして一定期間の訓練を行い、その訓練前後で直観的思考課題に取り組んでいる脳活動を測定、比較することで、訓練と尾状核の活動の関係を調べました。

2. 研究手法と成果

(1) 4カ月間にわたる5五将棋の集中訓練

5五将棋とは将棋を単純化したもので、将棋と比べて盤面が狭く、使う駒の種類も限られています。通常の将棋は、1局が130手程度で終了するのに対し、5五将棋の1局は30～40手程度です。将棋に比べてシンプルであり、将棋と同じく規則がはっきりしているため、今回の訓練対象に適当です。（図3）

将棋や5五将棋の経験がない男性（20～22歳）被験者20人を対象に、4カ月間にわたってコンピュータープログラムを相手に毎日5五将棋の対局を行うように指

示しました。

このプログラムは対局だけでなく、求めに応じて次の一手のヒントも与え、強さも指定することができるようにしました。被験者には概ね50%の率で勝つようにプログラムの強さを指定するように指示しました。また被験者の動機づけのため、訓練期間の終わりに5五将棋のトーナメント大会を行い、上位半分以上の成績を挙げた人には賞金を出しました。実際には、1日当たりの被験者の訓練時間は平均40分で、個人差はありますが、訓練後にはそれぞれに5五将棋が上達していました。

(2) 訓練初期と訓練後に行った直観的思考課題時の脳活動の測定

直観的な次の一手を考え出す（直観的思考課題）ときの脳活動を調べるために、5五将棋の詰め将棋問題を2秒提示し、次の3秒以内に4個の選択肢から最善手を選ばせるという課題を与え、その間の脳活動を測定しました（図4）。180個の詰め将棋問題を用意し、約11秒ごとに次々と異なる問題を与えました。訓練を始めてから2～3週目に1回目の測定を、訓練期間終了後に2回目の測定を行い、訓練前後を比較しました。また、測定中のノイズを極力減らすために、対戦相手の駒だけがある盤面を見て、駒のひとつである「玉」の位置を4つの選択肢から選ぶコントロール課題も混ぜることで、盤面の知覚と4個の選択肢から1つを選ぶ動きに伴う余計な脳活動を差し引きました。訓練初期の直観的思考課題における正答率は平均31%でしたが、訓練後にはほぼ全員の正答率が上昇し平均40%までに達しました。（図5）。

機能的磁気共鳴画像法（fMRI）で観察したところ、訓練初期の直観的思考課題遂行中には前頭前野背外側部を含む大脳皮質のいくつかの領域が活動しました。これらの大脳皮質の活動の空間分布と強さは訓練後もほとんど変わりませんでした。これに対し、訓練初期に見られなかった尾状核の活動が訓練後に現れました（図6）。また、直観的思考課題遂行中の尾状核の神経活動の強さは、訓練による直観的思考課題の正答率の上昇に相関していることが分かりました（図7）。

3. 今後の期待

今回の研究から、素人であっても毎日一定の訓練を継続的に行えばプロ棋士と同じ直観的思考回路を持つようになることが分かりました。この直観的思考回路は大脳皮質ではなく、尾状核という構造に依存しています。尾状核は大脳皮質の前頭前野を含むいくつかの脳領域から入力刺激を受け、感覚入力の中継地点となる視床を介して大脳皮質へ出力刺激を送るループ状の回路を持っているので、大脳皮質における情報処理に依存しながらいくつかの可能性から最善手を効率的に選ぶ働きをしていると考えられます。

ただし、4カ月間で素人がプロ棋士と同じレベルの直観的思考能力を獲得したわけではありません。5五将棋という単純なゲームを使ったために、被験者は直観的思考能力を比較的容易に上達させた可能性があります。また、被験者は答えを選択する反応時間が短いほど平均正答率が高いという特徴を示し、尾状核の活動も強い傾向がありました。プロ棋士ではこのような傾向はなく、尾状核は反応時間に関係なく常に活発に活動していました。今回の被験者では、直観的思考回路がよく働く課題とそうでない課題があったことから、さらに訓練を続けることで直観的思考回路がどの課題でも働くようになることを示唆しています。

20人の被験者の間で、平均正答率と直観的思考回路の活動の強さには大きなばらつきがありました。このばらつきは訓練の合計時間の多少には関係ありませんでした。被験者の興味や真剣さなどの取り組み方の違いによって直観的思考回路の発達に違いが生まれた可能性があります。今後、このような訓練方法を工夫することで、直観的思考回路の発達を促す効率的な手法を確立することを目指します。これが確立すれば、医療やコンピュータエンジニアなどの分野で今まで叶わなかった熟達者の効果的な育成法の提案ができ、新しい教育法の可能性を広げることを期待します。

原論文情報：

Wan X, Asamizuya T, Suzuki C, Ueno K, Cheng K, Ito T and Tanaka K ‘Developing Intuition: Neural Correlates of Cognitive-Skill Learning in Caudate Nucleus.’
The Journal of Neuroscience 2012 DOI:10.1523/JNEUROSCI.2312-12.2012

<報道担当・問い合わせ先>

(問い合わせ先)

独立行政法人理化学研究所

脳科学総合研究センター 認知機能表現研究チーム

チームリーダー 田中 啓治 (たなか けいじ)

TEL: 048-467-9342 / FAX: 048-467-7100

脳科学研究推進部 企画課

TEL: 048-467-9757 / FAX: 048-462-4914

(報道担当)

独立行政法人理化学研究所 広報室 報道担当

TEL: 048-467-9272 FAX: 048-462-4715

<補足説明>

※1 直観

知識の持ち主が熟知している知の領域で持つ、推論など論理操作を差し挟まない直接的かつ即時的な認識の形式のこと。ふいに感覚的に考えがひらめく直感（インスピレーション）とは異なる。将棋プロジェクトの先行研究の時にプロ棋士をインタビューしたところ、直観過程はプロ棋士では日常的に起こるものだが、実戦の中でプロ棋士がインスピレーションに頼ることはほとんどないという結果が出た。

※2 機能的磁気共鳴画像法(fMRI)

神経活動にともなう血管中の酸素代謝量の変化をMRIを用いて測定することにより、神経の働き（活動状態）を調べる方法。

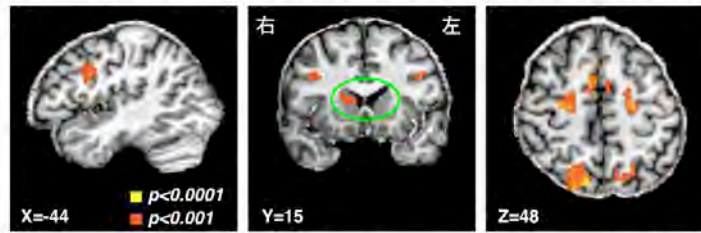
※3 将棋プロジェクト

2007年に理化学研究所が、富士通株式会社、株式会社富士通研究所、社団法人日本将棋連盟の協力を得て、将棋における局面の状況判断や指し手の決定過程等にかかわる脳の神経回路の情報処理メカニズムを解明し、人間に特有の直感思考の仕組みを解明することを目的とした共同研究プロジェクト。<http://www.brain.riken.jp/shogi-project/>

※4 大脳基底核、尾状核

大脳基底核とは、大脳皮質と視床、脳幹を結びつけている神経核の集まり。哺乳類の大脳基底核は運動調節、認知機能、感情、動機づけや学習などさまざまな機能を担っており、尾状核はその一部でオタマジャクシのかたちをした神経核である。もともと大脳基底核は、主に自発運動のコントロールに主に関わっていたと考えられていたが、現在では、脳の学習と記憶システムの重要な部分を占めていると考えられている。

直観的思考課題中のプロ棋士の脳活動(大脳皮質と尾状核)



長考課題中のプロ棋士の脳活動(大脳皮質のみ)



前後方向垂直断面 左右方向垂直断面 水平断面

図1 詰め将棋を解いているときのプロ棋士の脳活動

上段：プロ棋士が詰め将棋問題を1秒で直観的に解いたとき（直観的思考課題中）に活動した脳部位。大脳皮質のいくつかの領域に加えて、尾状核（緑丸部分）が活動した。
 下段：プロ棋士が詰め将棋問題を8秒かけて意識的に解いたとき（長考課題中）に活動した脳部位。直観的思考の場合と同じ大脳皮質の部位が活動したが、尾状核（赤丸部分）は活動しなかった。

直観的思考課題中のアマチュア棋士の脳活動(大脳皮質のみ)



長考課題中のアマチュア棋士の脳活動(大脳皮質のみ)



図2 詰め将棋を解いているときのアマチュア棋士の脳活動

上段：アマチュア高段者が詰め将棋問題を1秒で直観的に解いたとき（直観的思考課題中）に活動した脳部位。プロ棋士と同じ大脳皮質の領域が活動したが、尾状核の活動は弱かった。
 下段：アマチュア高段者が詰め将棋問題を8秒かけて意識的に解いたとき（長考課題中）に活動した脳部位。

5	4	3	2	1	
飛	馬	砲	香	王	一
				卒	二
					三
歩					四
玉	金	銀	角	飛	五

図3 5五将棋の初期駒配置

通常の将棋の盤面は、9×9マスだが、5五将棋の場合は、5×5マスで狭い。また、駒数も限られており、香車と桂馬がなく金と銀はそれぞれ1枚だけで、歩も1枚である。将棋の1局が130手程度で終了するのに対し、5五将棋の一局は30~40手程度であり、将棋より単純なゲームである。

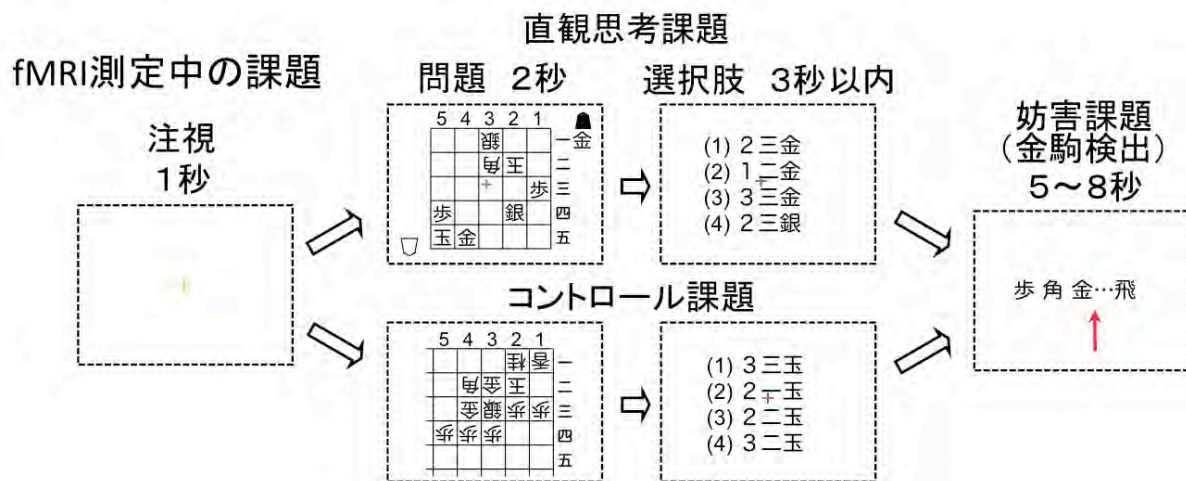


図4 fMRIによる脳活動測定実験に用いた課題

直観的思考課題では5五将棋の詰め将棋問題を2秒提示し、その後4個の選択肢を提示して3秒以内に次の一手を選ばせた。直観的思考課題に含まれる次の一手を導き出す以外の過程を差し引きするために、相手の駒だけで構成される盤面を示し、玉の位置を4個の選択肢から選んで答えるコントロール課題を混ぜた。その後、詰め将棋問題に関する思考を止めるための妨害課題として、将棋の駒を1個ずつ提示し(1秒に4個)、金が出たらボタンを押させた。全部で180問の詰め将棋問題と60問のコントロール課題用の盤面を用意し、約11秒ごとに異なる問題を提示した。

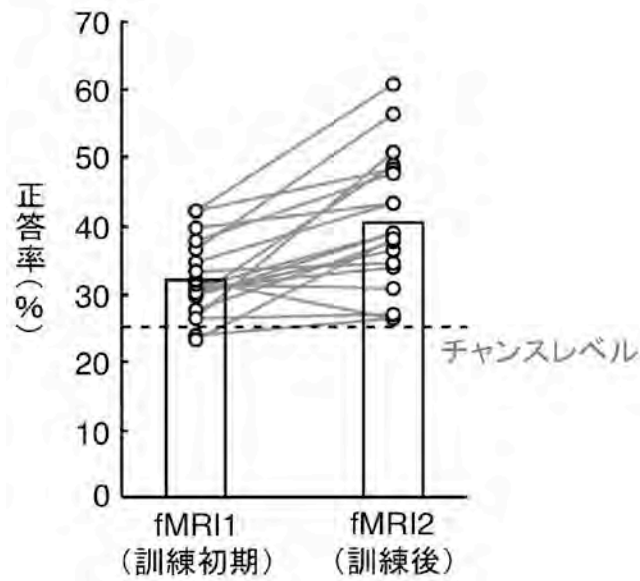


図5 直観的思考課題における被験者ごとの平均正答率の訓練による上昇

1点か1人の被験者の正答率。訓練初期の正答率と訓練後の正答率を線で結んである。チャンスレベルとは、ある事象が偶然生じる確率のこと。この課題では、4択の問題なので、でたらめに選んだとしても25%の確率で正答する。訓練初期の平均正答率(31%)はチャンスレベルに近かったが、訓練後には正答率が顕著に上昇した。これは、被験者の直観的思考が訓練により確実に上達したことを示す。

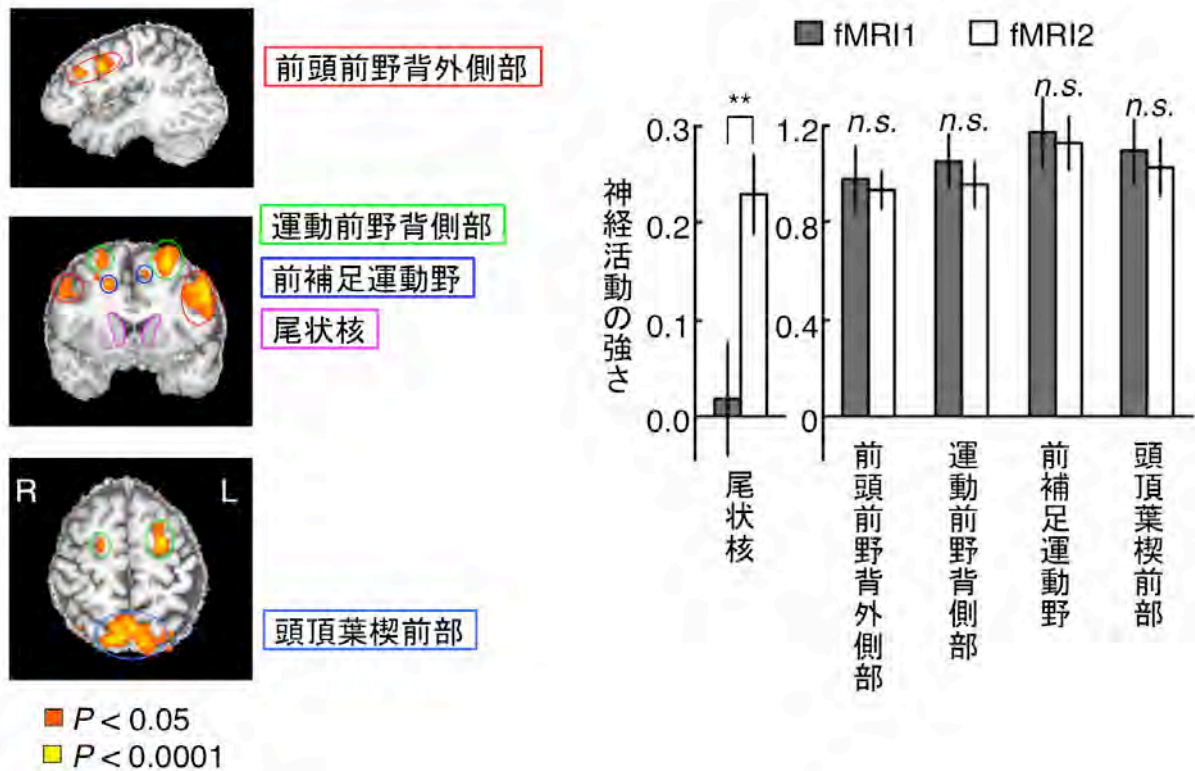


図 6 直観的思考課題における脳活動

(左) 直観的思考課題を行っているときの脳活動図。

脳の構造画像 (灰色) の上に訓練前後で共通に活動が高まった領域を黄色と赤色で示してある。それぞれの領域によって丸 (赤、青、緑) で囲って示している。

(右) は各部位の訓練初期 (fMRI1) と訓練後 (fMRI2) の脳活動の強さの比較。

訓練後には尾状核の活動だけが顕著に上昇している。

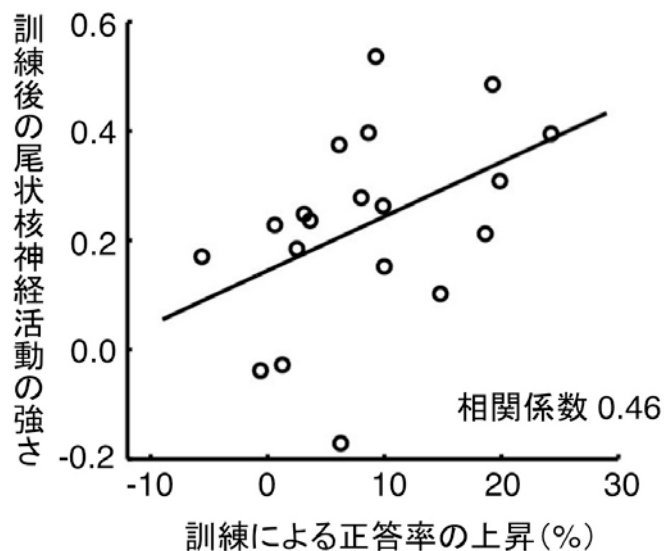


図 7 訓練による正答率の上昇と訓練後の尾状核神経活動の強さの相関

1点が1人の被験者。正答率の上昇が大きかった被験者では訓練後により大きな尾状核神経活動が現れる傾向があった。