

令和 4 年 6 月 7 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K12007

研究課題名(和文)将棋棋士の指し手案出における思考の神経メカニズムとその個性

研究課題名(英文) Neural substrate underlying move generation in expert shogi (Japanese chess) players and its individual characteristic

研究代表者

中谷 裕教 (Nakatani, Hironori)

東海大学・情報通信学部・講師

研究者番号：30333868

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：将棋の高段者は直感的な思考により指し手を素早く案出することができる。この直感的な思考を実現している神経基盤を明らかにするために、詰将棋を用いた思考実験を行った。

詰将棋の問題を素早く解けた時には小脳や大脳基底核の線条体に活動が観察された。脳活動の時間的な特性は小脳と線条体では異なり、小脳は思考中に持続的な活動を示したのに対し、線条体は思考の前半部分で活動を示した。一方、線条体が活動を示さない時は小脳も活動を示さず、被験者は詰将棋を解くことができなかった。この結果から、線条体からの情報を受けて小脳が直感的な思考を実現していると考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

小脳の代表的な機能として知られているのは熟練した運動機能である。一方、本研究では将棋高段者の直感的思考に小脳が関与していることを示した。無意識的で素早い情報処理という小脳の特性は熟練者の直感的な認知機能の特性に合致する。

小脳が運動機能だけでなく認知機能にも寄与しているという本研究の知見は、小脳の情報処理特性に基づいた認知機能の理解という新しい視点を認知科学に提供する。また小脳は誤差学習により学習を行うことが知られている。そのため本研究の成果は、誤差学習に基づいた認知機能のトレーニング法の提案につながると考える。

研究成果の概要(英文)：Expert shogi (Japanese chess) players are able to quickly generate moves through intuitive thinking. To understand neural basis for this intuitive thinking, we carried out a thinking experiment using shogi problems.

When the participants were able to quickly solve the shogi problem, brain activity was observed in the cerebellum and the striatum of the basal ganglia. The temporal characteristics of these brain activity differed between the cerebellum and the striatum. The cerebellum showed sustained activity during thinking, whereas the striatum showed activity during the first half period of thinking. On the other hand, when the precuneus and striatum showed no activity, the cerebellum also showed no activity, and participants were unable to solve the shogi problem. These results suggest that the cerebellum realizes intuitive thinking by receiving information from the striatum.

研究分野：認知神経科学

キーワード：小脳 熟練 直感的思考 脳機能イメージング 将棋

1. 研究開始当初の背景

初めは困難を極める複雑な課題であっても、熟練を通して素早く正確に思考を行えるようになる。例えばチェスのグランドマスターは直感的な思考により最善手を素早く案出できる。また直感的な思考で案出した指し手の精度はチェスの熟練度を反映している。このような熟練者の直感的な思考を対象とした研究は、認知、推論、意思決定など認知機能の知的な側面が学習により向上する仕組みや、それらの機能が熟練にともない直感的になる仕組みの理解など、認知科学において重要なテーマである。

チェスを題材にした認知科学的な研究によると、局面の理解や指し手の案出はチャンクの認識に基づいている。チャンクとは複数の駒の配置からなる意味理解の基本単位である。将棋を題材にして申請者らが過去に行った脳機能イメージング研究では、大脳基底核内の尾状核がチャンクの認識に基づいた直感的な指し手の案出に関与していることを示した。しかし、この研究では思考の要素を排除するために将棋の問題を一秒だけ提示して初手を瞬時に答えさせたので、尾状核は直感的な判断に関与していると考えられる。そのため、直感的な思考に関与した脳部位は未知のままであった。

2. 研究の目的

将棋を題材とし、将棋の高段者を対象として脳機能イメージング実験を行うことで、直感的な思考に関わる脳部位を明らかにすることを試みた。

本研究では、直感的な思考の責任部位の一つとして小脳を想定した。小脳の代表的機能として知られているのは熟練した運動制御である。例えば熟練したアスリートは無意識的にかつ素早く運動を行うことができるが、これは小脳における情報処理が無意識的であり、また素早いことにより実現されている。もしこの無意識的にかつ素早いという小脳における情報処理の特性が認知機能にも当てはめることができるのであれば、小脳が直感的な思考に関与している可能性が高い。

3. 研究の方法

将棋の高段者を対象とし、将棋パズルの一種である詰将棋を用いて直感的な思考に関する脳機能イメージング実験を行った。なお本実験は、東京大学大学院総合文化研究科と東海大学の倫理委員会の承認を受け、実験参加者から書面で同意書を得た上で実施した。以下に実験方法の詳細を記す。

3-1. 被験者

東京大学や早稲田大学など大学将棋部の有段者 34 人に実験への参加を依頼した。被験者の棋力は二段から六段であった。

3-2. 実験課題

指し手案出のための思考課題には詰将棋を用いた。詰将棋とは図 1 に示すように将棋の駒と盤によって構成されたパズルで、王手の連続により最短手数で玉を詰ます(捕らえる)手順を見つけることを目的としている。例えば、図 1 の詰将棋は 3 二銀、4 二玉、5 三金、5 一玉、2 一竜までの五手詰の問題である。

様々な難易度の詰将棋の問題を 60 題用意し、30 秒以内で最終手を答えるようにと被験者に教示した。

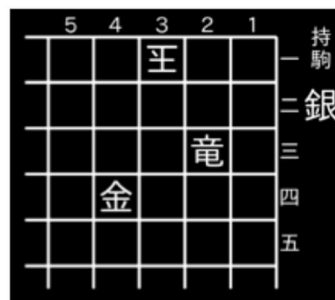


図1 思考実験の課題に用いた詰将棋の例

3-3. 脳活動計測

東京大学の駒場キャンパス内に設置してある静磁場強度 3T の磁気共鳴画像(MRI)装置(Siemens 社製 MAGNETOM Prisma)を用いて実験課題遂行中の脳活動を計測した。撮像パラメータは以下の通りである。

撮像範囲：192x192mm²、ボクセルの大きさ：3x3x3mm³、スライス面の傾き：AC-PC 面に対して前頭部方向に 30 度、スライスの間隔 0.75mm、繰り返し時間：2,000 ミリ秒、エコー時間：25 ミリ秒、フリップ角：90 度。

3-4. 脳活動解析

撮像した脳活動データの解析には SPM12(Wellcome Trust for Neuroimaging, Institute of Neurology, University College)を用いた。撮像中の頭部の移動や被験者間での脳構造の差異に関する補正を行った後、一般線形化モデルを用いて思考中の脳活動を評価した。

4. 研究成果

4-1. 回答時間と正答率

回答時間と正答率の関係を図2に示す。被験者一人あたり60問の詰将棋を解いたので、被験者ごとに回答時間と正答率の関係を求め、それを被験者間で平均したものが図2である。またエラーバーは被験者間での標準誤差である。なお、この課題では回答の制限時間を30秒としており、制限時間後すぐに答えた時の正答率は右端の棒グラフに示している。

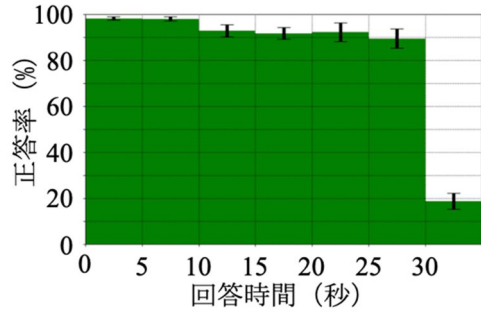


図2 詰将棋課題の回答時間と正答率

10秒以内で解けた場合はほぼ正答、10秒から制限時間の30秒以内で解けた場合は約9割正答していた(図2)。10秒前後と30秒前後で正答率が変化しているため、詰将棋を解く際の思考の特性が問題の難易度に応じて変化していた可能性がある。そこで、回答時間に基づいてデータを3つのグループに分け、10秒以内で解けた場合の思考を「直感的」、10秒から30秒の制限時間以内で解けた場合を「やや直感的」、30秒の制限時間では解けなかった場合を「熟考的」とみなして、以後の脳活動の解析を行った。

4-2. 思考に関わる脳部位

直感的な思考に関わる脳部位を示す前に、思考に関わる脳部位を図3に示す。この図にある楔前部と上前頭回は回答時間に関係なく活動を示したため、詰将棋を解く際の思考に関与している部位であると考えられる。

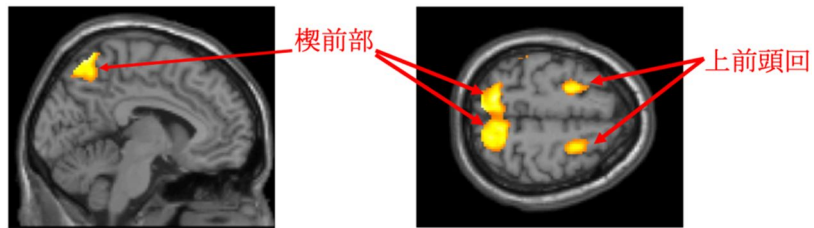
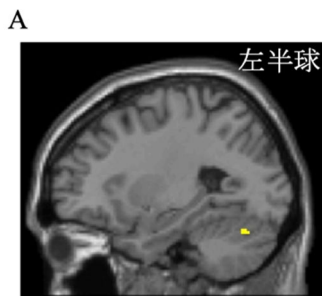


図3 詰将棋の思考に関わる脳部位

なお、楔前部はイメージの生成に、上前頭回は複雑な運動計画の生成に関与していることが知られている。そのため詰将棋の思考においては、上前頭回においてゴールまでの指し手の計画を立て、その計画に基づき楔前部において局面展開のイメージを生成しているのではないかと推測される。

4-3. 直感的な思考に関わる脳部位

直感的な思考に関わる脳部位を同定するために、10秒以内で解けた「直感的な思考」、10秒から30秒以内で解けた「やや直感的な思考」、30秒以内では解けなかった「熟考的な思考」の3条件にデータを分けて解析した。



思考の3条件間で脳活動に有意差があったのは小脳左半球 Crus-II(図4A)であった。条件ごとの活動レベルを比較すると(図4B)、「直感的な思考」や「やや直感的な思考」の時に活動レベルが増加しているため、小脳は直感的な思考に関与していると推測される。

赤：直感的(10秒以内に回答)
青：やや直感的(10-30秒に回答)
緑：熟考的(30秒後に回答)

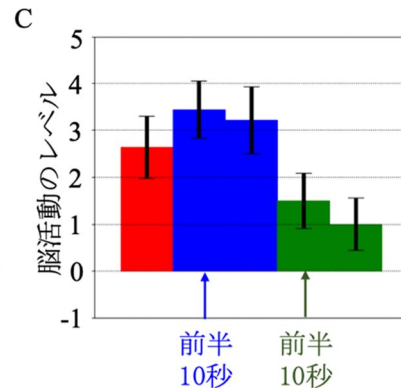
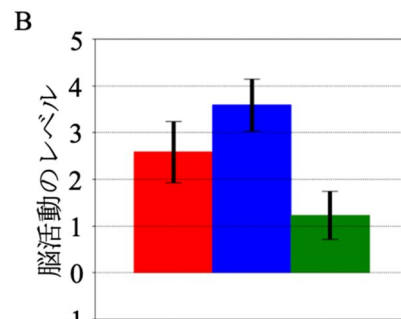


図4 直感的な思考に関わる小脳の活動

また、思考時間が10秒を超える「やや直感的な思考」と「熟考的な思考」の脳活動を、前半の10秒と後半の残りの時間に分けて評価したところ(図4C)、小脳は思考の前半と後半の両方において同程度に活動していた。

4-4. 直感的な思考の開始に関わる脳部位

小脳は大腦からの指示を受けて情報処理を行うので、直感的な思考の指示を小脳に出している脳部位の同定を試みた。

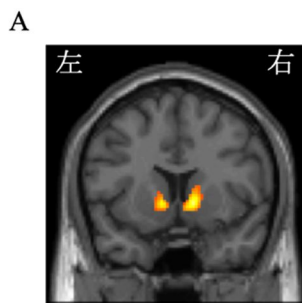
直感的な思考の指示は、小脳が直感的な思考を行う前に発生しているはずである。しかし、MRI 装置で計測した脳活動の時間分解能は秒単位であるので、小脳活動より先に活動を示す脳部位を同定することは困難である。一方、秒

単位の時間分解能であっても、思考時間を前半の10秒と後半の残りの時間に分けて脳活動を評価すれば、直感的な思考の指示に関する脳活動は前半の10秒に含まれるはずなので、脳部位の同定は可能なはずである。

「やや直感的な思考」と「熟考的な思考」の思考時間を前半と後半に分けて評価したところ、「やや直感的な思考」の前半に大きな活動を示したのは大脳基底核内の線条体であった。また、「熟考的な思考」の前半の活動は小さかった。このことから線条体は直感的な思考の指示を小脳に出している脳部位と推察される。

4-5. まとめ

本研究では、将棋高段者の直感的な思考に小脳が関与していることを示した。小脳は運動制御の部位として知られている。そのため、小脳が運動機能だけでなく認知機能にも関与しているという本研究の知見は、小脳に着目した認知機能の理解という新しい視点を認知科学に提供する。



赤：直感的(10秒以内に回答)
 青：やや直感的(10-30秒に回答)
 緑：熟考的(30秒後に回答)

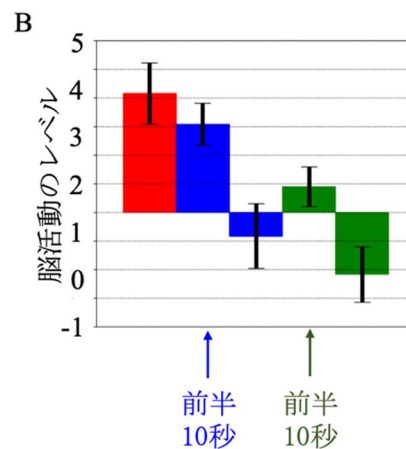


図5 直感的な思考の開始に関わる線条体の活動

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 6件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 中谷裕教
2. 発表標題 熟練者の認知機能と小脳
3. 学会等名 日本認知科学会 知覚と行動モデリング(P&P)研究会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hironori Nakatani
2. 発表標題 A possible involvement of the cerebellum in expertise in a cognitive domain
3. 学会等名 第42回日本神経科学大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中谷裕教
2. 発表標題 将棋棋士の直感を脳科学で探る
3. 学会等名 千葉市科学館「大人が楽しむ科学教室」（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hironori Nakatani, Shoko Yuki
2. 発表標題 A possible involvement of the cerebellum in intuitive thought in shoji (Japanese chess) experts
3. 学会等名 日本神経科学
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 中谷裕教
2. 発表標題 脳における直観的な認知情報処理の理解を目指して
3. 学会等名 計測自動制御学会ライフエンジニアリング部門シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中谷裕教
2. 発表標題 エキスパートの認知機能の特性と脳のメカニズム
3. 学会等名 愛知大学文学部心理学科設立記念講演（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中谷裕教
2. 発表標題 将棋棋士の直感を脳科学で探る
3. 学会等名 ウェスタ川越 特別講演会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中谷裕教
2. 発表標題 将棋高段者の思考と小脳活動
3. 学会等名 小脳システム研究会セミナー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中谷裕教
2. 発表標題 エキスパートの直観を脳機能イメージングで探る
3. 学会等名 東京大学進化認知科学研究センター公開シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 中谷裕教, 伊藤毅志, 勝又清和, 川妻庸男, 大熊健司	4. 発行年 2018年
2. 出版社 勁草書房	5. 総ページ数 192
3. 書名 「次の一手」はどう決まるか 棋士の直観と脳科学	

〔産業財産権〕

〔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
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------