

令和元年6月17日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K00198

研究課題名(和文)将棋棋士の局面理解と思考の神経メカニズム

研究課題名(英文) Neural substrates underlying perception and thought of game situations in expert shogi (Japanese chess) players

研究代表者

中谷 裕教 (Nakatani, Hironori)

東京大学・大学院総合文化研究科・助教

研究者番号：30333868

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：将棋の熟練者である棋士は、複雑な将棋の局面を素早く理解し、その先の展開を正確に分析する思考能力に優れている。本研究では、熟練者の優れた認知機能の神経基盤を理解するために、将棋の局面認識と思考に関わる脳活動の特性を脳機能イメージング法により調べた。

将棋において意味のある局面を提示したところ、小脳に活動が観察された。これらの活動は将棋の素人には観察されなかった。一方、将棋パズルである詰将棋の問題を提示したところ、素早く解けた場合にのみ小脳に活動が観察された。これらの結果から、熟練者の優れた認知機能には小脳が関与していることが示唆される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題申請時には、熟練者の優れた認知機能の神経基盤は執行機能を有する前頭部だと予想していたが、小脳に活動が観察された。小脳における情報処理の特徴は無意識的で素早いことである。小脳は運動の学習と制御の中核として知られているが、小脳が運動だけでなく認知機能の熟練にも関与しているなら、熟練者の直観的な認知機能の神経メカニズムを小脳の特性に基づいて説明できる。そのため、熟練者の認知機能に小脳が関与しているという予想外の結果は、認知機能の学習や熟練に関する新たな視点を提供すると考える。

研究成果の概要(英文)：Expert shogi (Japanese chess) players have superior ability to understand game situation quickly and think ahead precisely. In this study, I have investigate neural activity underlying understanding and think ahead of game situation in order to understand neural substrate of superior cognitive capability of experts.

When game positions were presented to expert players, a part of cerebellum showed activity. In contrast, novice players did not show activity in cerebellum. When expert shogi players solved tsume-shogi (shogi problem) very quickly, a part of cerebellum showed activity. Importantly, the cerebellum activity was small when expert players did not solve tsume-shogi quickly. These results indicate that cerebellum is involved in superior cognitive ability in experts.

研究分野：認知神経科学

キーワード：小脳 熟練 認知 思考 脳機能イメージング 将棋

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

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行えるようになる。例えばチェスマスターは局面を一目見ただけでゲーム状況を理解し、直観的に最善手を案出することができる。認知科学的な研究によると、熟練者の直観的な認知機能のメカニズムとしてチャンクが提案されている。例えば、文字の組み合わせである単語が意味を表現するように、複数の駒から成るチャンクが局面の意味と結びついており、チャンクを認識することで局面の素早い認識と指し手の案出を可能にしている。

一方、熟練者の優れた認知機能の神経メカニズムに関しては明らかになっていなかった。熟練者の認知機能を実現している神経メカニズムを理解することは、認知機能の能力が学習や経験により向上する仕組みを脳科学の視点から理解することにつながるため、認知機能に関わる脳の仕組みを理解する上で重要なテーマである。

2. 研究の目的

卓上ゲームの一つである将棋を題材にして、高段者の局面理解と思考に関わる脳活動を脳機能イメージング法により計測し、熟練者の直観的な認知機能を実現している神経メカニズムを明らかにすることを試みた。

研究の当初は執行機能を担う前頭部が熟練者の優れた認知機能の責任部位であると仮定した。熟練者の認知機能の特徴は直観的、つまり自動的かつ無意識的な処理である。そのためには脳内での認知情報処理を知識や経験に基づいて効率的に行う必要があり、執行機能が重要な役割を担っていると予想される。この仮説の検証を目的として研究を行った。

3. 研究の方法

将棋の高段者を対象として、局面理解と思考に関するそれぞれの実験を行った。なお本実験は、東京大学大学院総合文化研究科の倫理委員会の承認を受け、実験参加者から書面での同意書を得た上で実施した。

以下に実験内容と結果を、局面理解と思考に関するそれぞれの場合に分けて記す。

3-1. 将棋の局面理解

3-1-1. 被験者

東京大学と早稲田大学の将棋部の有段者 20 人に実験への参加を依頼した。被験者の棋力は三段から六段であった。三段は上級者に分類される棋力であり、四段は県代表クラス、六段は国内トップクラスの棋力である。

また高段者を対象にして得られた結果が熟練者に特有のものなのかを判断するために、東京大学に在学する将棋を指さない学生 21 人にも実験への参加を依頼した。

3-1-2. 実験課題

チェスを用いた認知科学的な研究によると、熟練者は典型的な駒の配置が形成するチャンクに基づいて局面を理解する。そこで、局面内に大きなチャンクがある序盤、小さなチャンクがある終盤、チャンクがないデタラメな駒配置のもの 3 種類の局面を用意した。局面の数は、各条件 30 局面、合計 90 局面である。

将棋の高段者がチェスマスターと同様にチャンクに基づいた局面認識を行っているなら、駒配置に関する記憶の成績はチャンクの大きさを反映したものになる。このことを検証するために、駒配置の記憶実験の枠組みの中で被験者に将棋の局面を提示した。

はじめに局面を 4 秒間モニタ上に提示し、その後 6 秒間はモニタから局面を消して駒配置に関する記憶を保持させた。その後、任意に選んだ 3 箇所にあった駒の種類を答えさせることで、記憶の成績を評価した。

3-1-3. 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 (Seimens 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。

3-1-4. 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なった後、一般線形化モデルを用いて思考中の脳活動の評価を行なった。

3-1-5. 駒配置の記憶の成績

高段者の駒配置に関する記憶の成績は、図1に示すようになった。提示される駒の枚数はどの条件でも40枚と同じであるにもかかわらず、大きなチャンクを有する序盤の局面についての成績が高く、チャンクを含まないデタラメな局面についての成績が低くなった。この結果から、将棋の高段者においても、チェスマスターと同様に、チャンクに基づいて局面認識を行なっていることが示唆された。

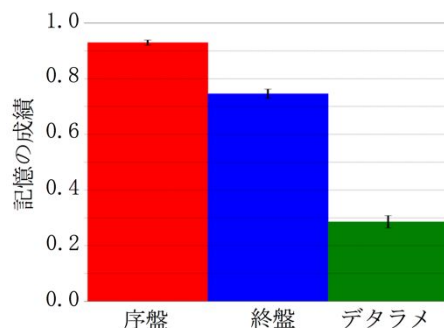


図1 駒配置の記憶の成績 (高段者)

3-1-6. 局面認識に関わる脳部位

次に、局面の認識に関わる脳部位の同定を行った。高段者の局面認識がチャンクに基づいて行われているのなら、局面認識に関わる脳部位は、局面内にチャンクが存在する序盤と終盤の局面に対して活動を示し、チャンクが存在しないデタラメな局面に対して活動を示さないはずである。

高段者の脳活動について、序盤、終盤、デタラメの3条件に対して分散分析を適用したところ、活動レベルに統計的な有意差 (FWE-p < 0.05, whole brain correction) を示したのは、帯状回後部、紡錘状回、小脳であった (図2)。各条件での活動レベルを見ると、序盤と終盤で活動を示し、デタラメで活動を示さない脳部位は小脳であった。

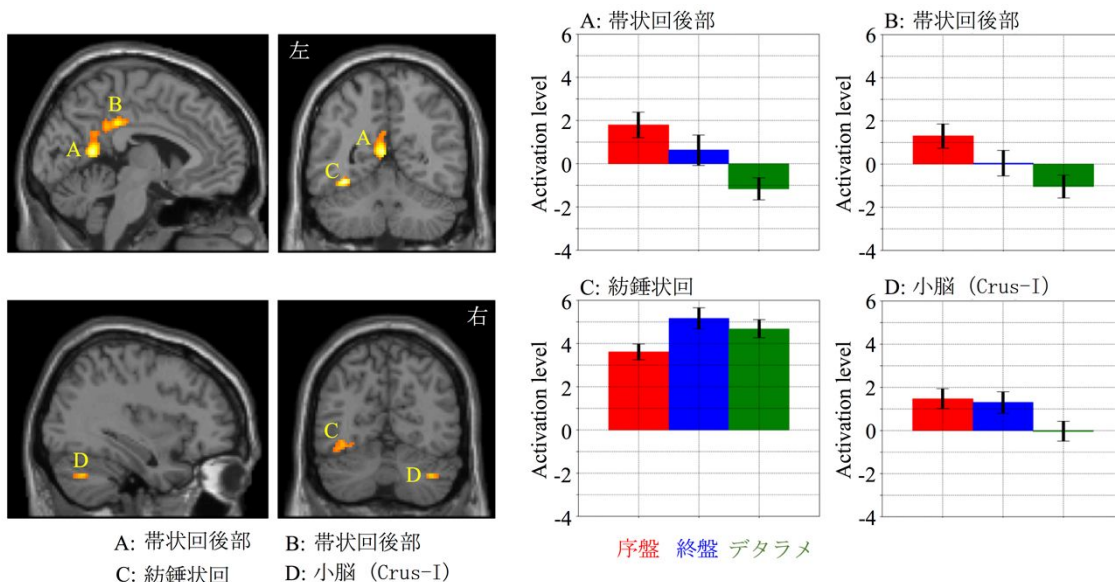


図2 局面理解に関わる脳部位とその活動レベル (高段者)

一方、将棋を指さない素人の脳活動については、条件間で有意差を示した部位は存在しなかった。

帯状回後部や紡錘状回も局面認識に何らかの役割を有しているとは思われるが、チャンクに基づいた局面認識という役割に当てはまるのは小脳である。

3-2. 指し手案出のための直観的思考

3-2-1. 被験者

東京大学と早稲田大学の将棋部の有段者26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。

3-2-2. 実験課題

指し手案出のための思考課題として詰将棋を用いた。詰将棋とは図3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。

様々な難易度の詰将棋を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。

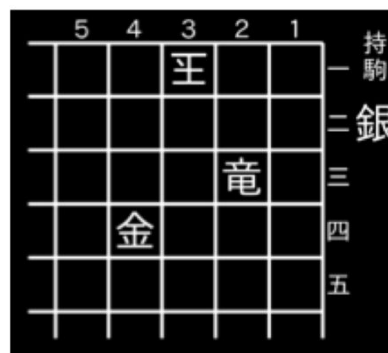


図3 思考実験の課題に用いた詰将棋の例

3-2-3. 脳活動の計測と解析

東京大学の駒場キャンパス内に設置してある3T-MRI装置を用いて、詰将棋課題遂行中の脳活動を計測し、SPM12を用いて解析した。

撮像パラメータおよび解析方法は、上述した将棋の局面理解の脳活動の場合と同様である。

3-2-3. 直観的な思考に関わる脳活動

詰将棋の問題は 30 秒の制限時間で解かせたが、素早く解けた場合とそうでない場合など、回答時間に大きなばらつきがあった。そこで、10 秒以内で解けた場合の思考を“直観的”、10 秒から 30 秒の制限時間以内で解けた場合を“やや直観的”、30 秒の制限時間で解けなかった場合を“熟考的”とみなし、“直観的”や“やや直観的”の場合に大きな活動を示す脳部位の同定を試みた。

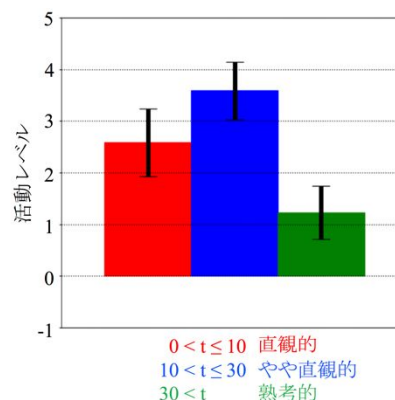


図4 直観的な思考に関わる小脳活動

その結果、図4に示すように、“直観的”や“やや直観的”な思考に対応した脳活動が小脳の一部に観察された。このような活動特性を持った部位は脳には観察されなかったため、直観的な思考の責任部位として小脳が示唆される。

4. 研究成果

将棋棋士の局面理解と思考の責任部位として小脳が同定されたことが、本研究における主要な成果である。「2. 研究の目的」で書いた通り、執行機能を有した前頭部における効率的な情報処理が熟練者の直観的な認知機能を実現しているという仮説に基づいた研究であるので、今回得られた結果は本研究の当初には予期していなかったことである。

小脳は運動の学習と制御の中核であることはよく知られた事実であるが、熟練した認知機能に関与しているという知見はこれまではなかった。しかし、小脳における運動の学習と制御のメカニズムを認知機能にまで拡大解釈すると、認知機能の熟練に関する新しい仮説を以下に示すように導くことができる。

運動学習では最初、練習を通して制御対象である手足などのメンタルモデルが脳皮質内に形成される。メンタルモデルができると当初はそれを使って運動制御を行うが、ある段階で小脳がメンタルモデルを学習し、小脳内に内部モデルが獲得される。小脳での情報処理は無意識的で素早いいため、熟練者は無意識的に素早く運動を行うことができる。認知機能についても同様に考えると、初めのうちは脳皮質内に形成されるメンタルモデルに基づいて認識や思考を行うが、熟練の過程で小脳がそのメンタルモデルを学習して内部モデルを獲得すると、熟練者は内部モデルを使うことにより直観的に認識や思考を行うことができるようになる。

この仮説の検証を次の研究目的と考えている。

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 10 件)

中谷裕教、将棋棋士の直観を脳科学で探る、ウェスタ川越 特別講演会、2019年2月

中谷裕教、エキスパートの認知機能の特性と脳のメカニズム、愛知大学文学部心理学科設立記念講演、2019年1月

中谷裕教、脳における直観的な認知情報処理の理解を目指して、LE2018 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、2018年9月

Hironori Nakatani 他、A possible involvement of the cerebellum in intuitive thought in shogi (Japanese chess) experts、第41回日本神経科学大会、2018年7月

中谷裕教、将棋棋士の直観を解き明かす、U-Talk 第123回、2018年6月

中谷裕教、将棋棋士の直観を脳機能イメージングで探る、脳科学若手の会 第20回談話会、2018年1月

中谷裕教、将棋棋士はどう考えているか、日本心理学会 第81回大会、2017年9月

中谷裕教 他、直観的な思考に小脳が関与する可能性の検討、電気学会 電子・情報・システム部門大会、2017年9月

Hironori Nakatani 他、A possible role of the cerebellum in perceptual processing、第40回日本神経科学大会、2017年7月

Hironori Nakatani 他、Neural mechanism underlying perception of piece positions in expert shogi players、LE2016 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、2016年11月

〔図書〕(計 1 件)

中谷裕教 他、勁草書房、「次の一手」はどう決まるか 棋士の直観と脳科学、2018

6 . 研究組織

- (1)研究分担者 なし
- (2)研究協力者 なし

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。