

The Mechanisms and Boundary Conditions of the Einstellung Effect in Chess: Evidence from Eye Movements.

Heather Sheridan, Eyal M. Reingold.

PLoS ONE, 2013, 8(10),e75796.

Introduction

- 問題解決を行う際、過去の知識や経験などの、過去に行った解決策を導くことで効率的に問題解決を行うことが出来、パフォーマンスの向上が見込まれる
- 一方で、問題解決場面において、使い慣れた解決策の存在がより良い解決策の存在を阻害するということが知られています。… 構えの効果(Einstellung(=mental set) effect)

チェスに関する研究

- おなじみの(しかし最適ではない)解決策と、それほどよく知られていない最適解の両方を含むチェスの問題を解決するように求めた。
⇒その結果、多くのチェスプレイヤーは最適解を見つけることが出来ませんでした
⇒ここで重要なのは、おなじみの最適解の存在が、チェスプレイヤーのパフォーマンスをより弱い選手(スキルレベルにして3SDも低い!)と同等にしてしまうことです
⇒構え効果は、特定の領域における専門家のパフォーマンスに劇的な影響を与える

眼球運動計測によるチェスの構えの効果についての研究

- チェスの専門家に、最速の勝ち方を見つけるように求めた。
- 先行研究の通り、チェスの専門家は、良くある(しかし最適ではない)解の発見は出来たが、最適解は発見できなかった
- 重要な結果として、他の解を探していると述べているときにさえ、関連する領域に注意を向けていた。
(良くある解を含まない場合、最適解の発見は難しくはなかった)
- 以上の結果から、構え効果は心に浮かぶ最初の解決策が関連する問題の特徴に注意を向けることで生じ、このことが新しい解決策を阻害すると結論づけた(☆)

本研究の目的…よくあるが最適ではない動きに関連するチェス盤に対する固着についてのさらなる探索を行うことである

- 具体的には、構え効果を誘発するように設計された様々なチェス課題に対して、白側の最適な移動(best move)を選択している際の眼球運動の測定

本研究で使用する課題

- 2つの異なるタイプの課題を使用しました。
- 1つ目のタイプは(fig1の左上)のような課題で、先行研究と同様、最適ではないよくある手(次善解)と最適解が存在する課題
⇒最適解が発見されないという構えの効果が再現されることが期待された。

- 2つ目のタイプの問題では、構えの解がチェックメイトまでいけないという新しい状況を作成しました。
 - この変更により構え効果が減少し、チェスプレイヤーが最適解をより選択でき、使い慣れた解決策から注意をそらすことが出来ると予測しました
- よく知られている解決策から注意をそらすことが出来ないことが構え効果の原因であることを示すため、ターゲット領域への停留の時間の割合が高くなるかを検討する
- 2つの問題を使用することによって、構え効果を強くする境界についても検討する
- 選択の成績と構えの含まれる領域に向けられる視線を測定し、初心者と専門家の違いを検討した。

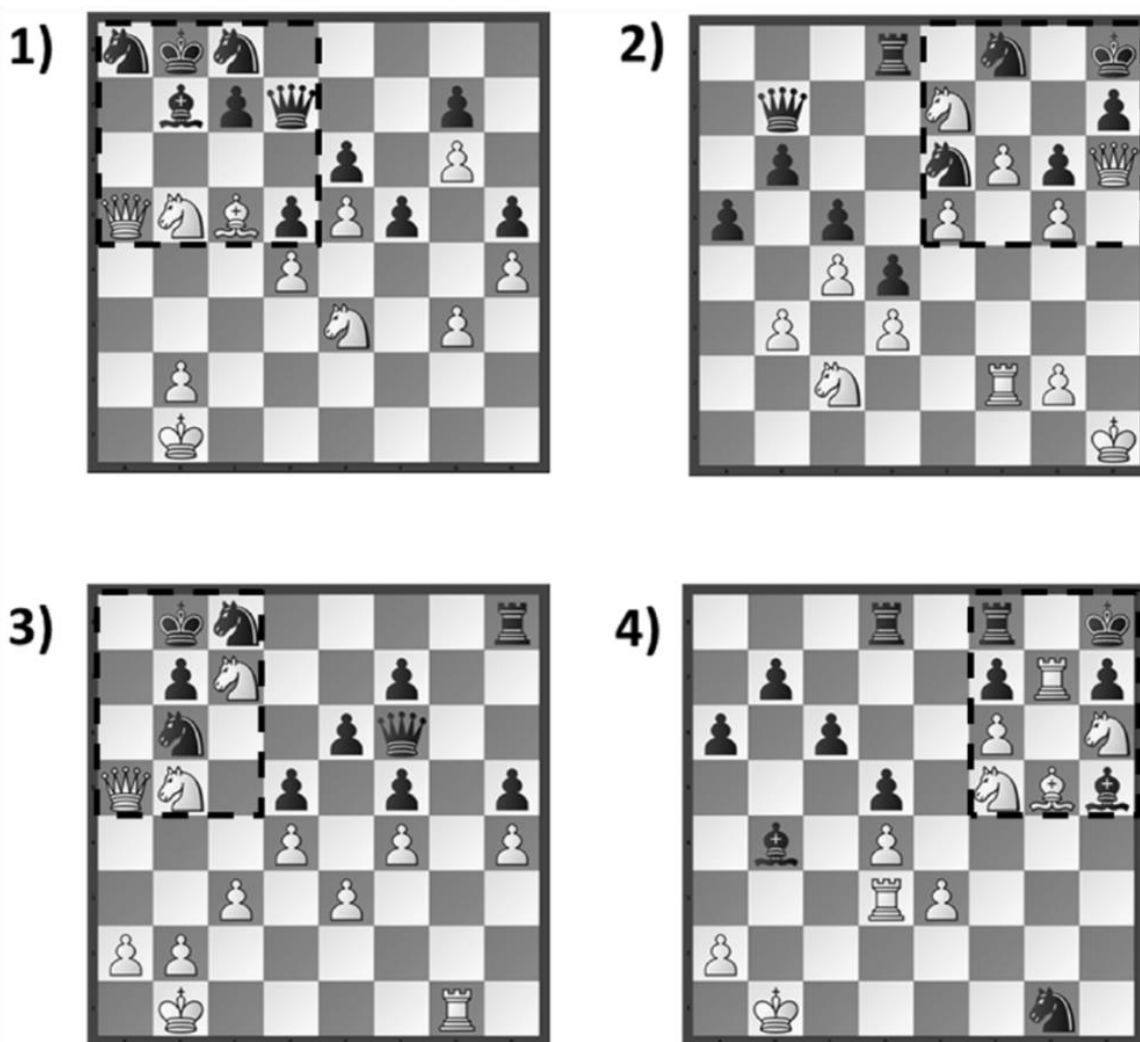


Figure 1. The four experimental problems (1,2,3,4). White is to move in all problems. As discussed in the text, each problem contained a familiar move (i.e., the Einstellung move) that was associated with a checkmate solution that was not possible due to the position of Black's defenders. The Einstellung moves were always located within the target region (shown here with a dotted line). For problem 1, the Einstellung move was a reasonable move (i.e., Ba7), and for the remaining problems the Einstellung moves were blunders (i.e., Problem 2: Qg7; Problem 3: Qa7 or Qa8; Problem 4: Rg8 or Nf7). For all four problems, the optimal move on the board was located outside of the target region (i.e., Problem 1: Ng2; Problem 2: Na3; Problem 3: Rg5; Problem 4: Rb3). See Appendix S1 for further details.
doi:10.1371/journal.pone.0075796.g001

方法

参加者 チェスクラブから 34 名の参加者(17 名の初心者, 17 名の専門家)をオンラインチェスフォーラムから募集した.

専門家群 平均年齢 30 歳(15~56 歳) 女性 1 名

初心者群 平均年齢 26 歳(17~47 歳) 女性 3 名

- 専門家群の平均 C E C (Canadian Chess Federation) は 2223 点(1876~2580)で, 初心者群は評価されてはいるが, 良く活動している参加者であった.
- すべての参加者は, 正常, または強制された正常な視力を有していた

材料と実験デザイン(Figure1)

- 問題①では, 次善解はチェックメイトまでいける解であり, それ以外の課題では, 良くある手ではチェックメイトまでいけないようになっていた.
- すべての問題で, 最善解はターゲット領域の外に位置していた.
- ②~④の課題はチェス盤の 1 つの角に位置するターゲット領域の中に, 良くある手があるという印象を与えるように設計された
- 各問題は, 良くある手に関する, 構えムーブが 1 つ以上含まれていました.
- これらの動きはすべてターゲット領域の中に含まれていました

また, これらの 4 つの課題に加え, 実験の目的を隠すために用意した課題を, 8 題行った課題の順序は

2 つのフィラー⇒問題①⇒3 つのフィラー⇒問題②⇒1 つのフィラー⇒問題③⇒2 つのフィラー⇒問題④

装置と手続き

- 眼球運動は空間分解能が高く, サンプリング率が 1000Hz の SR Research EyeLink 1000 を使用して測定した.
- SR Research Experiment Builder および Data Viewer ソフトウェアを使用して実験プログラムの作成と分析を行った.
- 表示は両眼であったが, 実際には右目のみが監視された.
- あごと頭を台で固定した

細かい数値

- 注視位置の誤差は 0.5u 以下であった
- 課題は, 標準のチェスソフトウェア(Chessbase 11)を使用して作成された画像 (7556755 ピクセル) を使用して提示されました
- これらの画像はリフレッシュレートが 150Hz, 画像解像度が 10246768 ピクセルの 21 インチ ViewSonic モニターに表示された
- 参加者はモニターから 60cm の位置に座り, チェス盤の 1 つの正方形の幅は視角 3.4 度と等しい大きさになった

実験手続き

- 参加者はまず、白の最適な動きを考えるように指示され、各問題に取り組むのに3分の時間が与えられることが告げられた。
- 各施行の前に参加者は、画面中央に表示される注視点を見ることを求められた
- 参加者は、手が決まったら出来るだけ早くボタンを押すことを求められ、回答は口頭で実験者に報告した。
- ボタンを押すまでに3分以上経過した場合(初心者の10%、専門家0%)、チェス盤が消え直ちに最善の答えを報告するように求めた
- 実験の最後に、インタビューを行った。
(参加者に、4つの課題(ターゲット領域の点線付き)の画像を提示し、ターゲット領域内に関する思考プロセスを聞いた)

結果

本研究の主な目標:構え効果の大きさに対する、専門知識のレベル(初心者 vs 専門家)と構え効果課題のタイプ(準最適 vs 弱い手)の影響を調べること

- ①選択した手の評価、関連領域に対する視線の動きから構え効果の大きさを評価
- ②インタビューによって得られた情報に基づく議論

以下のすべての分析において、初心者の2名を分析から除外した(ルールに違反する移動をした等)

選択した手の評価

- 選択した手の質を評価するために実験に参加しなかった、専門家に1~10までの得点を付けるように求めた
- 評定者のうち3人が世界チェス連盟の評価が2300を超えるインターナショナルマスターズ、さらに2人の評価者は2500を超えるグランドマスターズ

問題①について

- ✓ 初心者と専門家を比較した時、初心者より専門家のほうはより良い手を打っていた(i.e., expert ratings: $t(32)=6.04, p<.001$; chess program scores: $t(32)=4.93, p<.001$).
 - ✓ 専門家のほうが全体的に優れたパフォーマンスをしたにもかかわらず、最適解ではなく構え解で答えた参加者の割合が問題①において、両群同程度だった(17名中8人)
- ⇒問題①のように、よくある手が解決策となるような場面においては、初心者と専門家のどちらも構えの動きに注意がひきつけられている

問題②~④について

- ✓ 構えが悪手だった場合、すべての専門家と多数の初心者が構えを避けることが出来た
- ⇒良くある手の質の低下が構え効果の強さを弱めるという可能性を支持する

ターゲット領域の眼球運動の解析

構え効果をさらに検討するために、ターゲット領域に向けられた視線の割合を、初心者と専門家の両群に対して検討した

この分析にあたって以下の4つの指標を検討した

- (1) 最初の固視(fixaion)までの時間 (試行の開始からターゲット領域における最初の固視(fixaion)の開始までの時間)
- (2) 平均停留(dwell)時間 (停留(dwell)は、目がチェス盤の異なる領域に移動する前に、ターゲット領域上でおこる、1つ以上の連続的な固視として定義される)
- (3) 総停留(dwell)時間 (ターゲット領域上の停留時間の合計)
- (4) 停留回数 (対象領域の停留回数)。
- (5) 見ている時間のパーセンテージ (参加者がターゲット領域を見ていた時間の割合)

⇒table1 にそれぞれの平均, SD, 対応のある t 検定の結果を記す

(1) 専門家は、初心者に比べてターゲット領域上の最初の固視までの時間が著しく短いことを示した(専門家:平均 407ms、初心者:719ms)

⇒ターゲット領域に迅速に固視を行う専門家の能力は、事前に持っている領域固有知識が周辺視野による領域固有のパターン認識を迅速にするという先行研究と一致

⇒どちらの群の参加者も構えの動きを考慮して、施行を開始したことを担保

(2) 専門家は初心者に比べ、ターゲット領域における平均停留時間が短くターゲット領域における停留時間が長かった

(4) 専門家はターゲット領域における停留の数が多い

時間の経過に伴う行動の変化

課題を説いている際の時間を4分割し、見た目の変化が時間間隔の間で変わるかどうかを検討

➤ それぞれの時間間隔において、ターゲット領域を見た時間の割合と停留の数がどのように変化するのを検討した。

問題①について(次善解のある課題)

- Figure 2(a)に注視時間の割合と停留の数について示した

ターゲット領域における注視時間の割合と停留数の時間的变化

- ✓ ターゲット領域を見ている時間は、初心者よりも専門家のほうが、初めは(1stQ)ターゲット領域に多くの時間を割いていた
- ✓ しかし、専門家は徐々にターゲット領域から注意をそらすことが出来た。

この結果は

専門家は主効果が見られ($F(1, 66) = 13.12, p < .01$)

初心者は見られなかった($F(1, 66) = 2.25, p = .138$)

専門性(初心者 vs 専門家)と時間間隔で交互作用が見られた($F(3, 96) = 3.95, p < .05$)

という結果より支持される.

- ✓ さらに(a)より, 停留の回数は専門性と時間との間の有意な交互作用が見られた($F(3, 96) = 4.88, p < .01$)

⇒この(a)の結果は, 専門家について最適な方法を見つけた参加者とそうでないものが混じっているため, 誤解を招く.

⇒そこで専門家と初心者との間の差が, 構えの効果を脱したことに起因するものであることを確認する必要がある

⇒最適解を選択した9人の専門家と, 構えの移動を選択した8人の専門家と, 8人の初心者選手で比較した(fig2,b).

構えの解を選択した専門家と初心者との比較

- (b)から, 構えの動きを選択した参加者は施行を通して, 良くある手に固着し続けていることが示されている
 - 構えの動きを選択した専門家($F < 1$)と初心者 ($F(1, 30) = 1.76, p = .194$)のそれぞれにおいて主効果は見られず, 交互作用も見られなかった
- ⇒構えの動きによって専門家と初心者どちらも等しくターゲット領域から離れることが出来ない
- また, この結果は停留数についても同様で, 専門家と初心者との間の交互作用は見られなかった($F(3, 42) = 2.34, p = .087$)

最適解を発見した専門家と, 構えの解を選択した専門家と初心者との比較

- 最適解をした専門家は有意な主効果($F(1, 34) = 43.45, p < .001$)が見られ, 時間間隔と選択(最適 vs 構え)の間に交互作用が見られた.

最適 vs 構え専門家($F(3, 45) = 3.65, p < .05$)

構え初心者($F(3, 45) = 9.21, p < .001$)

- ターゲット領域における停留の数についても最適解を選択した専門家は, 構えを選択した専門家 ($F(1, 15) = 12.34, p < .01$) および初心者 ($F(1, 15) = 13.46, p < .01$) に比べて多かった.
 - さらにこの効果は, 構え専門家と初心者とのそれぞれと最適解専門家との間の交互作用から, 時間の経過に比べて増加することが明らかとなった
- vs 構え専門家($F(3, 45) = 4.19, p < .05$)
- 初心者 ($F(3, 45) = 6.60, p < .01$)
- 構え専門家と初心者との間に, ターゲット領域に対する注視時間と停留の数に違いが見られなかったことから, (a)における, 専門家と初心者との違いは, 最適な選択をした専門家によるものであることが示された.

Table 1. Target region eye movement measures (averaged across all four experimental problems) and corresponding t-test results, by level of expertise (expert, novice).

Measure	Expert	Novice	Difference(Novice - Expert)	Significance
Time to first fixation (ms)	407(56)	719(89)	312	$t = 2.99, p < .01$
Average dwell duration (ms)	2395(197)	3440(355)	1045	$t = 2.58, p < .05$
Total dwell time (ms)	52005(5540)	51397(6887)	-608	$t < 1$
Number of dwells	27(3.5)	18(2.1)	-9	$t = 2.06, p < .05$
Percentage of looking time	.62(.01)	.63(.02)	.01	$t < 1$

Note - For the t tests shown above, $df = 32$.
The standard errors are shown in brackets.
doi:10.1371/journal.pone.0075796.t001

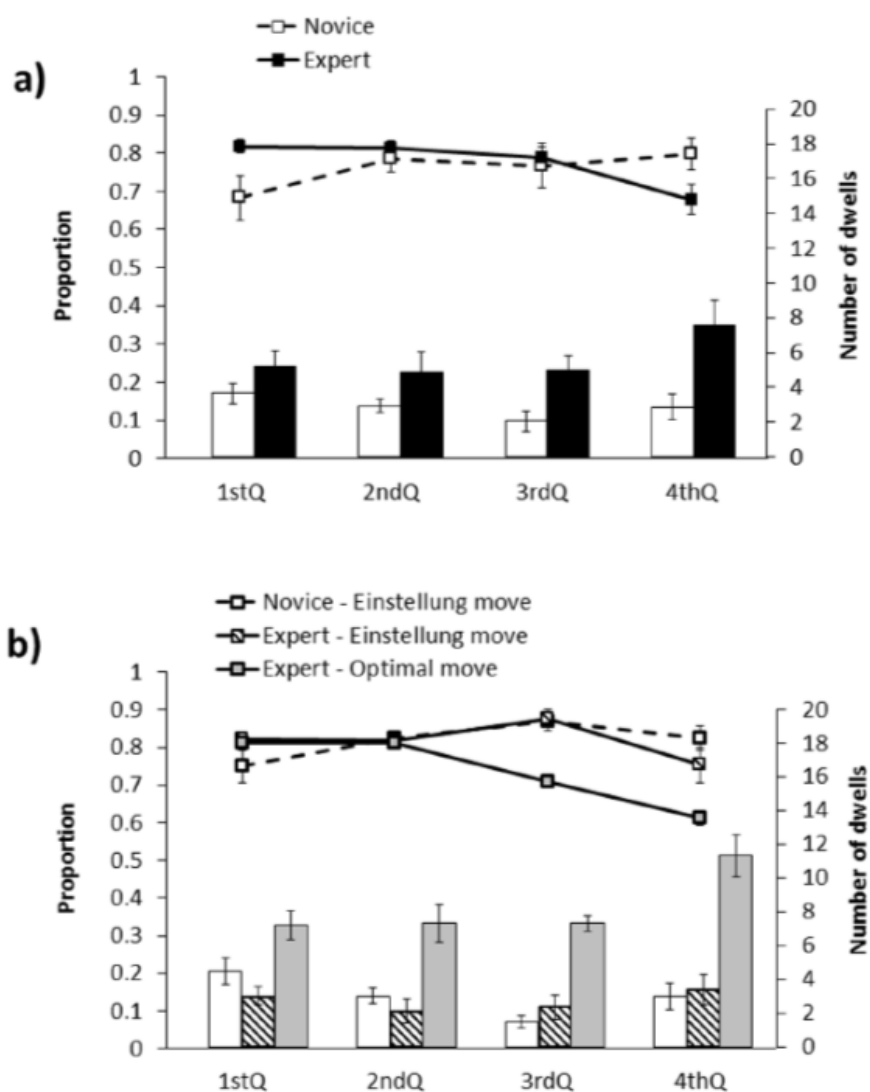


Figure 2. The percentage of looking time and the number of dwells in the target region in the suboptimal move Einstellung problem (i.e., Problem 1), as a function of time, for a) all expert and novice chess players, and b) the subset of expert players who selected the optimal moves on the board (i.e., Ng2 or Nc2) and the expert and novice players who selected the Einstellung move (i.e., Ba7). See text for further details.
doi:10.1371/journal.pone.0075796.g002

問題②～④について(構えが悪手となる課題)

ターゲット領域における注視時間と停留の数の時間的変化

✓ fig3 より, 専門家と初心者のどちらの参加者もターゲット領域から徐々に注目を外すことが出来たことを明らかになった

専門家の主効果($F(1, 66) = 79.88, p < .001$)

初心者の主効果($F(1, 66) = 10.84, p < .01$)

専門家-初心者間の相互作用はなし($F(3, 96) = 1.80, p = .152$)

✓ 専門家では, 時間の経過とともに, 停留数の増加が見られたが, 初心者においては有意な結果は見られなかった($F(3, 96) = 4.03, p < .05$)

➤ 専門家も初心者も構えの効果を解消し, 悪手を回避することが出来た

➤ 実際にすべての初心者と専門家が構えの動きを避けることが出来た

◇ 構えの動きが有利だが最適ではない動き(問題①)ではなく悪手であった場合(問題②～④)であった場合構えの効果を弱めるという仮説を支持

まとめ

⇒ 専門家は一貫して, ターゲット領域における時間注視が短く, より頻繁に停留することが分かった(=ターゲット領域における停留の数が多いということは, より頻繁にターゲット領域から出たり入ったりしているということ)

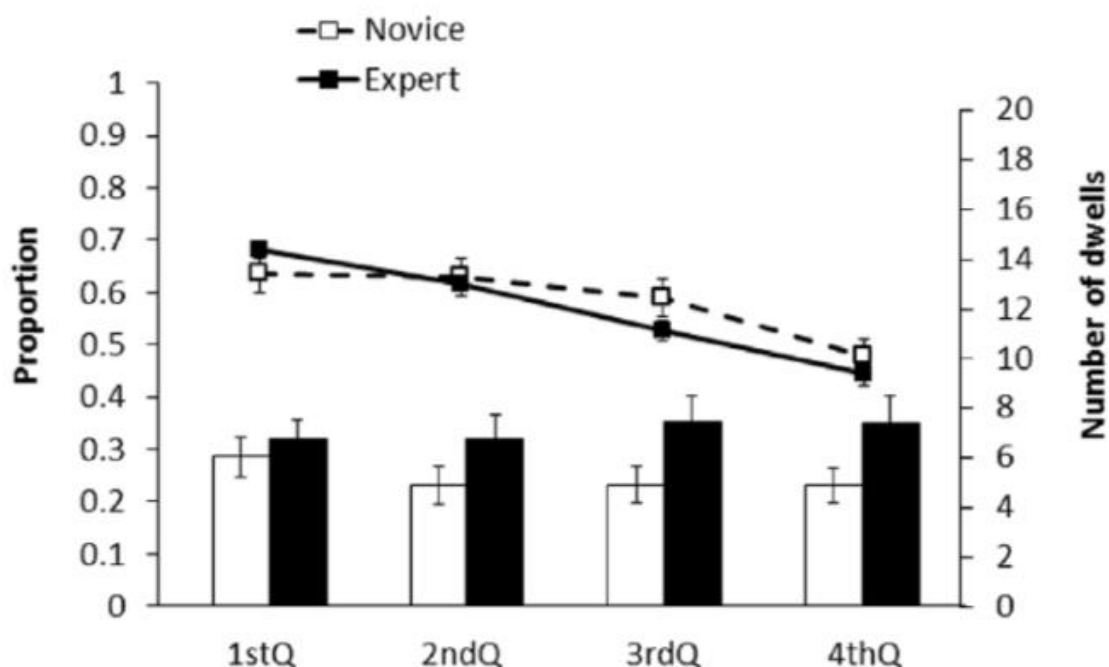


Figure 3. The percentage of looking time and the number of dwells in the target region in the blunder move Einstellung problems (i.e., Problems 2, 3, and 4), as a function of time, for all expert and novice chess players. See text for further details.
doi:10.1371/journal.pone.0075796.g003

事後インタビュー

参加者の問題解決より詳しく分析するために、構えの2つのタイプの問題(構えと悪手)について初心者と専門家の両方に事後的なインタビューを行った

- ✓ 参加者の大部分が、構えが最初に働いたと報告。
 - *早い時期にターゲット領域に停留をするという Table 1 の結果と一致
- ✓ 一方、解答成績と視線の動きと一致しないが、課題①についてどちらの参加者も構えの解を除外することが難しかったと報告している
- ✓ 次善解の存在する場面においてチェックメイトを宣言しなかった2人の専門家と、4人の初心者のインタビュー例

専門家「私はチェックメイトを導く構えの動きが間違っているもののように思えた」

初心者「ビショップが入れば、それはチェックメイトである」(?)

- ✓ 次善解が白を有利にすると考えていた参加者のインタビュー例
 - 専門家「構えの解以外に私が発見できるチェックメイトはありません、クイーンの移動を可能にすることによって、白は有利になると考えます」
 - 初心者「私はビショップを a7 に移動することにしました。なぜなら、白は守備兵が少ない黒で攻撃を続けることができるからです」
- ✓ 数名の専門家は構えの解が最適な動きかどうか自信が持てないようだった
 - 専門家「構えの解が最適かは不明だが、盤面の中ではそう見える」
- ✓ 最適解を選んだ9人の専門家は、ターゲット領域のチェックメイトを除外した後、ターゲット領域の外で最善の解がないかを考えたという
 - 専門家「構えの動きではチェックメイトが見えなかったので、チェス盤の他の場所をみた」
- ✓ 専門家の中には長期的な影響を検討している者もあり、このことはなぜ最適な選択をした専門家において停留の数が増加したのかを示唆している
- ✓ 最後に、悪手条件ではすべての専門家とほとんどの初心者が選択肢から構えの動きを選択肢から除外していた

Discussion

- 最も重要な結果は、専門家と初心者も構えの解に注意が奪われたが、専門家は少しずつ、構えの含まれる領域から注意を外すことが出来ていたことである。
 - この効果を、先行研究のように複数の課題の比較(最善のみ vs 次善あり)からではなく、単一の課題においても生じることを示すことが出来た
 - 構えの効果が、よく知られている解決策に注意を向けることで、新しい解決策の発見を阻害するというメカニズムに基づくという仮説に追加の証拠を示した

- ▶ 本研究において、構えの効果は初心者から専門家まで広く観察された。
⇒よく知られている解決策へ注意を向けるというバイアスが、専門的知識に関わる幅広いレベルにまで及んでいることを示している。

 - ▶ 本研究は、構えの効果の重要な境界条件を明らかにしたことである
 - 悪手につながる構えの動きを提示したところ構えの効果は減少した
 - 具体的には、次善解のある課題とは異なり、初心者と専門家の両方が、構え解から注意をそらすことが出来ました。
 - ⇒これらの知見は、次善か悪手かという構えの動きの結果が、構えの効果の大きさに影響を与えることを明らかにした。
 - ▶ 悪手がなぜ構えの効果を増減させたのか
⇒解決不可能であるというフィードバックの影響
⇒フィードバックによって新しい解を探す必要性を参加者に与えた(⇔次善解の問題ではこのようなフィードバックは存在しない)
⇒構えの効果は、問題解決者が次善解を使用しているというフィードバックを与えられていない場合に特に有害である可能性がある

 - ▶ 先行研究によって採用された注視の指標が必ずしも十分ではなく、停留の数などのさらなる測定値を検討することの必要性が示された
 - 注視時間の推移のみでは、構えの効果を増大評価する可能性がある
 - 例えば、他の部分との比較によって最適解を探索する専門家は注視時間だけで見ると、バイアスの影響を増大評価しかねない

 - ▶ 今後の研究では、本研究で明らかにしたようなメカニズムが、チェスを超えて構えの効果にどのような影響を与えているかを検討する必要がある
 - よく知られたチェスの解は活性化された知識スキーマに選択的に注意を集中させるといったようなより一般的な認知的傾向を反映するものかもしれない。
- SOS 効果…医療の現場において、明確な異常がみられると、それ以外の以上に対して注意を向けることが難しくなること。