

将棋の認知科学的研究(1)——記憶実験からの考察

伊藤 毅志[†] 松原 仁^{††} ライエル グリンベルゲン^{†††}

人間の問題解決の認知過程については数多くの研究が行われてきた。ゲームおよびゲーム理論は昔から人間の問題解決行動の研究において重要な役割を演じてきた。認知研究の題材にゲームを用いることの利点は、ゲームが良定義問題で対戦による評価が容易なことである。チェスで最もよく知られた認知実験は局面の記憶に関するもので De Groot によって行われた。この研究を継いだ Simon と Chase はチャンクという概念を用いてエキスパートの認知能力を説明した。チャンクは一種の情報のかたまりで、チェスでいうとチェス盤上の典型的な駒の配置パターンのかたまりをチャンクと呼んでいる。彼らは強いプレイヤーは弱いプレイヤーよりも広い配置パターンをチャンクとして記憶していることを示した。将棋の認知研究の第1歩として、我々はまずチェスで行われた認知実験を追試してみることにした。チェスと将棋には認識の点からいくつかの違いがあるので、この追試実験を一度は実施することが必要だと考えた。本論文では将棋を対象とした時間無制限と時間制限の記憶実験を行った。強いプレイヤーが弱いプレイヤーより成績が良いこと、すなわち広い配置パターンをチャンクとして記憶しているというチェスとほぼ同様の結果が得られた。

Cognitive Science Approach to Shogi Playing Processes (1) ——Some Results on Memory Experiments

TAKESHI ITO,[†] HITOSHI MATSUBARA^{††} and REIJER GRIMBERGEN^{†††}

In the past, there have been numerous studies into the cognitive processes involved in human problem solving. From the start, games and game theory have played an important role in the study of human problem solving behavior. The advantage of using games for the study of cognitive behavior is that games provide a complex but well-defined problem in which evaluation of results is relatively easy. In chess, one of the most well-known cognitive experiments was the study by De Groot on memorizing positions. As a follow-up to De Groot's work, Chase and Simon introduced the theory of chunking to explain why expert game players perform so well on memory tasks. Chunking is the process of dividing a chess position into smaller parts that have meaning. Chase and Simon showed that stronger players have bigger chunks of chess knowledge than weaker players. As a first step in our cognitive study of Shogi, we repeated some experiments that were conducted in chess. We felt that repeating these experiments was necessary as there are some important differences between chess and Shogi from perceptual point of view (for example, shogi has a 9×9 board with all squares having the same color, shogi pieces are two-dimensional and in shogi captured pieces remain part of the game). Because of these differences, it could not be assumed that the results for chess would carry over to shogi. In this paper we give the experimental results of memory tasks in shogi, both with and without a time limit. Our results were similar to the ones obtained in chess. As in chess, there is a correlation between playing strength and the performance on the memory tasks. From this we can draw a similar conclusion for shogi as for chess: stronger players have bigger chunks of shogi knowledge than weaker players.

1. はじめに

熟達化の認知科学的研究において、ゲームを題材にすることにはいくつかの利点が考えられる。チェスや将棋などの広く普及したゲームでは多くのプレイヤーが存在し、レーティングや段級位などのプレイヤーの強さを数値的に表す尺度が存在する。このことは、熟達度の違う被験者を数値的な尺度のもとで得やすいというメリットがある。また、将棋、チェスなどのチェスライ

[†] 電気通信大学情報工学科
Department of Computer Science, University of Electro-Communications

^{††} はこだて未来大学システム情報科学部/さきがけ 21
Department of Media Architecture, Future University-Hakodate/PRESTO

^{†††} 佐賀大学知能情報システム学科
Department of Information Science, Saga University

クゲームは、二人完全情報零和ゲームであり、ルールが明確に定義されている良定義問題である。このことは、コンピュータにルールを教えやすく、コンピュータを用いた情報処理モデルとの比較も可能にしている。それによって、ゲームプログラミングの進歩と、人間のプレイヤーに関する認知的研究が互いに影響を与えあって進歩することができる。また、ルールが明確であるということから、実験条件の統制もしやすく、心理実験の計画も立てやすい。

これらの利点から、ゲームを題材にした熟達化の研究は、古くから認知科学研究の一領域として行われてきた。Newellら¹⁾は、問題解決者の一般的な思考過程を調べて、GPS(General Problem Solver)と呼ばれるエキスパートの認知モデルを提案したが、その成果の1つとして、チェスを題材にして人間の思考過程をシミュレートしたコンピュータモデルを構築した。

チェスを題材にした人間の認知過程の研究では、De Grootのものが有名である^{2),3)}。彼は、エキスパートがチェスをプレーする際の知覚と知識の影響について詳細に調べた。彼の研究の中で重要な発見は、グランドマスターやトップクラスのプレイヤーは、初級者レベルのプレイヤーがせいぜい数個ほどの駒の位置しか覚えられない数秒の間に、示された局面(およそ2ダースもある駒の配置)を正確に記憶して、ほとんど完全に再現できるということであった。

この研究を継いだChaseら⁴⁾は、チャンクという概念を用いて、このエキスパートの卓越した記憶能力を説明した。彼らはDe Grootが言及したエキスパートの行動の中で、知覚の役割についてスポットを当てた。その重要な考えは、チェスにおける専門知識というのは、チェス盤上の典型的な駒の配置パターンを関連あるまとまりとして認識しているというものであった。彼らは、この空間的に関連したまとまりを「チャンク」と呼び、一種のプロダクションシステムの条件のような役割を果たすものと考えた。すなわち、ある空間的な駒の配置パターンとしてのチャンクから、それに対応する次の指し手が導かれると考えた。この理論はSimonら⁵⁾によるコンピュータ・プログラムの中で実現された。チャンク概念を用いたこのプロダクションシステムは、強いアマチュアの行動と似た振舞いをするのが確認され、エキスパートと同様の振舞いをするためにはおよそ10,000から100,000ものチャンクが必要であるとされた。

囲碁の分野でもチェスの追実験をもとにした研究が行われてきた^{6),7)}。Saitoら⁸⁾は、アイカメラや発話プロトコル分析を行って、詰め碁の認知活動を精力的

に調査した。この中で、棋力の違いによる視線の動きの違いを「ハイブリッドなパターン知識」という概念で説明した。エキスパートになると、局面を言葉で表す抽象的な表現と具体的な石の配置を組み合わせたパターンの両方でとらえることができるようになり、そのことが詰め碁の解答率の向上につながっていることを示した。

このようにチェスや囲碁のようなゲームを題材にすることで、記憶や知識の認知モデル研究は進歩してきている。ゲーム間の結果の比較も認知研究に奥行きをもたらししている。

しかし、将棋を題材とした認知科学研究はこれまでのところきわめて少ない。将棋の心理学的研究と呼べるものは岡本らによるプロ棋士の棋風のロールシャハテスト分析⁹⁾だけである。将棋はチェスライクゲームであるが、持ち駒使用、駒の数、駒の種類などルールの違いにより、チェスよりも可能な局面が多いことが分かっている¹⁰⁾。将棋においてもチェスで得られたようなエキスパートの卓越した記憶能力が確かめられるだろうか。また、チェスに見られるようなチャンクが存在が確認されるのだろうか。チェスよりも場合の数の多い将棋でも、チェスと同様の実験結果が得られるかどうかは確かめてみる必要がある。また、違いがあるなら、その結果をもとにその原因を考察することで新しい知見が得られることが期待される。

我々は、まずチェスの研究の追実験を将棋に対して実施することから始めてみることにした。

2. 記憶実験

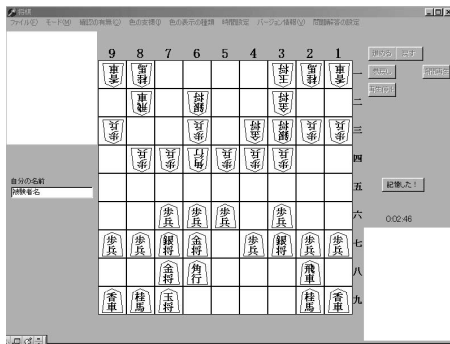
将棋の認知科学研究をDe Grootの行ったチェスの追試という形で行った。

2.1 記憶実験1(記憶時間無制限)

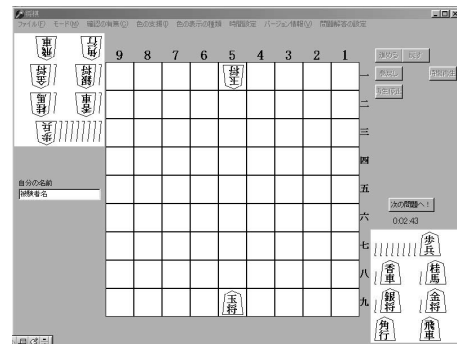
2.1.1 実験方法

棋力の違いによって局面の記憶にかかる時間がどのように変わるかを調べた。初級者(アマチュア8級程度)、中級者(アマチュア三段程度、アマチュアとしては上級者である)、上級者(トッププロ棋士八段)各3名、計9名に対し、実際の指し将棋の一局面を提示して、局面を記憶するのにかかった時間を計測する実験を行った。なお、棋力は実験当時のものである。

実験に用いた問題局面は、将棋年鑑CD-ROMに記録されているプロ棋士の対局の中から無作為に選択したが、同様の戦型ばかりにならないように戦型の重複はなるべく避けるように配慮した。また、プロ棋士や中上級者レベルの被験者になると注目を集める棋戦の棋譜は並べて研究している場合も考えられるので、



(a)記憶時に表示される盤面例



(a)再生時に表示される盤面

図1 記憶実験で表示される局面表示例

Fig. 1 An example position of memorization experiment.

有名なタイトル戦や決勝戦などは避け、被験者のプロ棋士の実戦譜も排除した。念のために、実験後にその局面を見たことがあるかどうかを質問したが、明確に「だれとだれの棋譜」と言及できた問題がなかったことは確認している。

すべての問題は、別々の棋譜からとってきた問題で、付録1に示すものである。序盤から終盤の局面が揃うように、初手から20手、30手、40手、50手、60手進んだ局面を各2個ずつ計10問とした。

実験の手順は以下のとおりである。まず、問題となる局面がコンピュータのモニタ上に図1(a)のように表示される。被験者は、十分に記憶したと思ったところで自ら「記憶した!」ボタンをクリックする。すると、(a)の問題局面が消えて、代わりに駒が配置されていない局面が図1(b)のように表示されるので、被験者はマウスを用いて局面の再現を行っていく。駒の選択、配置はマウスの左ボタン、駒の上下、成り、不成りはマウスの右ボタンをクリックすることで変更可能になっている。コンピュータは局面が提示されてから「記憶した!」ボタンがクリックされるまでの時間を自動的に計測し、それが記憶に要した時間として記録されるようになっている。また、再現の際の被験者の駒の移動、方向変換などの操作も自動的に記録できるようになっている。

実験に先立って、本実験と同様の条件で練習問題を用意して、コンピュータを使用した実験環境に慣れるための十分な時間をとった。また、問題の提示にあたっては、順序効果を考慮に入れて、被験者ごとにランダムに提示されるよう配慮した。

チェスの先行研究と同様に、被験者には実験中アイカメラ(ナック社のアイマックレコーダEMR-8)を装着させて、記憶時に局面のどこを見て記憶している

のかを記録した。装着して計測する視線計測装置としては十分に軽いもので、精度も将棋のマス目単位程度ならほぼ正確に計測できる。実験に際しては、効き目の逆の目の動きを計測し、なるべく課題遂行の邪魔にならないように配慮した。効き目の逆の目の動きを採ることについては、正確さに疑問が持たれるので、中級者2名に本実験と同じ条件で、両目計測、効き目、効き目の逆の目の3つの方法で、比較のための予備実験(両目を計測した実験)を行った。その結果、両目の視線の計測結果にはほとんど違いがなく、効き目の逆の目の動きを計測の方が邪魔にならないという被験者による主観的報告を得ている。

本実験では、十分に記憶して確実に再生できるようになるまで「記憶した!」ボタンをクリックしないように教示したが、実際には再生の際にある程度誤回答が生じた。特に初級者にとっては非常に困難な実験であったようで、正しく再生できない場合もみられたが、最低でも90%以上の再生率を保っていた。ここで、再生率とは、将棋で用いられる全駒数40個のうち正しく配置していた駒の数の割合で定義している。たとえば、90%の再生率とは、36個/40個の駒が(先手後手の持ち駒も含めて)正しい位置にあるときである。上級者の平均再生率は、98.8%であったが、これは、およそ2問に1問、たかだか1つの駒の配置程度しか間違えなかったことを表している。

2.1.2 結果

図2は棋力別の平均記憶時間をグラフにしたものである。これを見ると、初級者は局面を記憶するのに中級者に比べてかなりの時間を要していることが分かる。一方、プロ棋士である上級者は極端に短い時間で記憶していることが分かった。この実験ではほとんど20秒以内にすべての局面を記憶し、正確に再現する

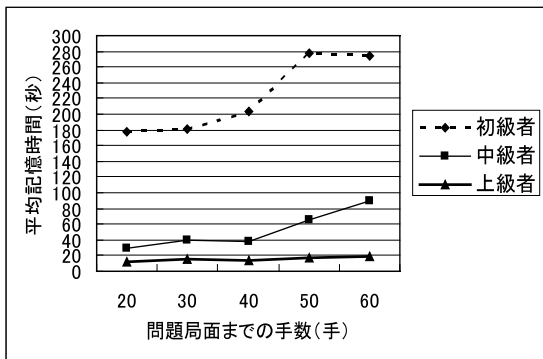


図2 棋力別の平均記憶時間
Fig. 2 Average memorization time.

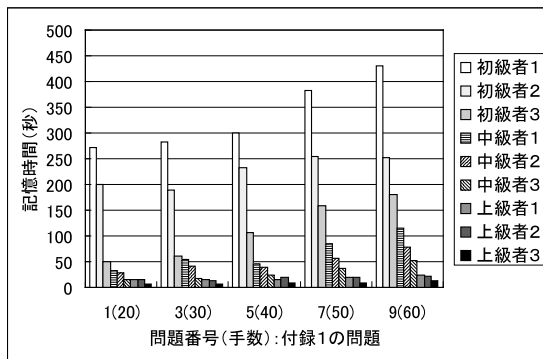


図4 各被験者の記憶時間の比較
Fig. 4 Average memorization time for each subject.

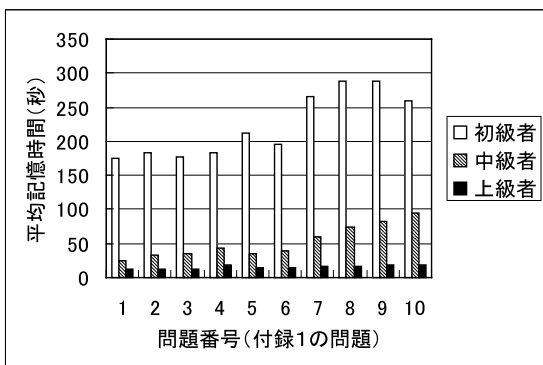


図3 問題別の平均記憶時間
Fig. 3 Average memorization time for each problem.

ことができた。中級者も、序盤から中盤の入り口ぐら
いまでの局面 (30手から40手ぐらい) ではかなり速
い時間で記憶できたが、中盤以降の局面 (50手以降)
では記憶にかかる時間が長くなる傾向が見られた。上
級者は中盤以降でもあまり記憶時間が増加しなかつた
点は注目すべき点である。

図3は問題別の平均記憶時間を棒グラフにしたも
のである。同じ手数でも問題による差が見られること
が確認された。

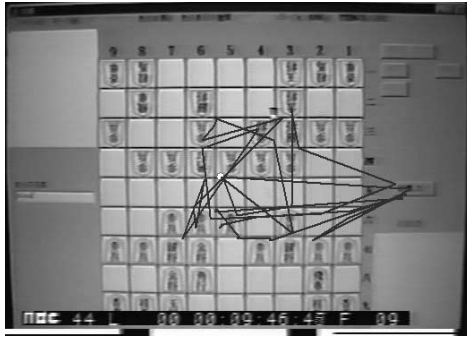
図4は問題に対する個人差を見るための表で、問題
番号1, 3, 5, 7, 9に対する各被験者の記憶時間を示
した。この図から、同じ棋力でもかなり大きな個人差
が見られることが観察された。この差の原因を推察す
ると、被験者が正しく回答することに重きを置くか、
なるべく速く短い時間で覚えることに重きを置くかに
依存しているように思われた。たとえば、初級者1と
3の平均再生率は、それぞれ96.3%と93.2%で、中級
者1と3の平均再生率は、それぞれ99.8%と96.7%で、
有意差はないもの、いずれも記憶時間の長い方の被験
者が再生率も高くなっていた。

上級者と初級者で記憶する間にどこを見ているのか
を調べた結果は以下のとおりである。図5は上級者
が問題3 (付録1参照)の局面の記憶時に局面のどこ
を見ていたかというアイカメラデータである。(a)は、
視線の動きを軌跡 (視線の軌跡)として表したもので、
(b)は視線がとどまった所を印で表してそれを動い
た軌跡で結んだもの (停留点の軌跡)である。停留点
は、停留時間と視野角で規定されるが、本実験では、
経験的に、停留時間を0.2秒、視野角を1度として測
定した。その位置にどんな駒があるのかを認識するた
めには、最低でも0.2秒程度の注視が必要であり、視
野角1度以内とすれば、十分に将棋の升目間の移動を
測定可能であると考えたからである。図5の上級者の
データでは、0.2秒以上注視した点がなく、検出でき
なかつたことを表している。

この問題ではこの上級者は記憶するのにほとんど6
秒程度しか要していない。視線は中央部分と右の「記
憶した!」ボタンのあたりを往復している。また、停留
点を検出されなかつたことから、視線がとどまること
なく非常に速く動いていたことが分かる。これは特定
の駒に注視することなく、局面を認識したことを示唆
している。また、周辺の駒などにはほとんど視線が移
動していないにもかかわらず再生率は100%であった
ことから、見ていない部分の駒の配置も知識から補っ
て再生していることも示唆された。

図6は同じ問題3 (付録1)に対する初級者のアイ
カメラデータであるが、上級者との違いは明白である。
初級者は盤上の大部分に視線を移動していることが分
かる。また、多くの箇所長い停留点が見られ、駒の
配置を記憶するために多くの箇所を長い時間見なが
ら記憶している様子が観察された。この問題では記憶
のためにおよそ1分の時間がかかっていた。

図7は、同じ問題1に対する中級者のアイカメラ



(a)視線の軌跡



※検出されなかった
(b)停留点の軌跡

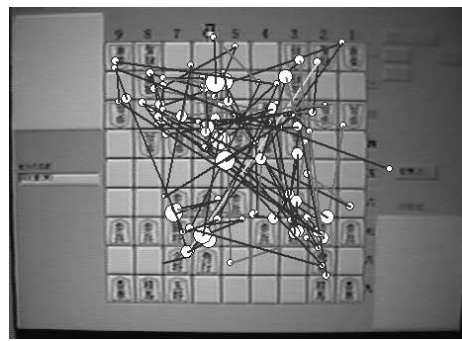
※記憶時間6秒、再生率40/40、付録1の問題3

図5 上級者のアイカメラデータ

Fig. 5 Eye tracking diagram of expert.



(a)視線の軌跡



(b)停留点の軌跡

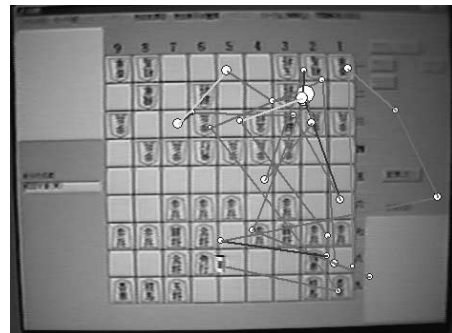
※記憶時間60秒、再生率37/40、付録1の問題3

図6 初級者のアイカメラデータ

Fig. 6 Eye tracking diagram of novice.



(a)視線の軌跡



(b)停留点の軌跡

※記憶時間18秒、再生率40/40、付録1の問題3

図7 中級者のアイカメラデータ

Fig. 7 Eye tracking diagram of club player.



図8 付録1の問題3に対する初級者の再生過程
Fig. 8 Reproduction process of novice for Problem 3.

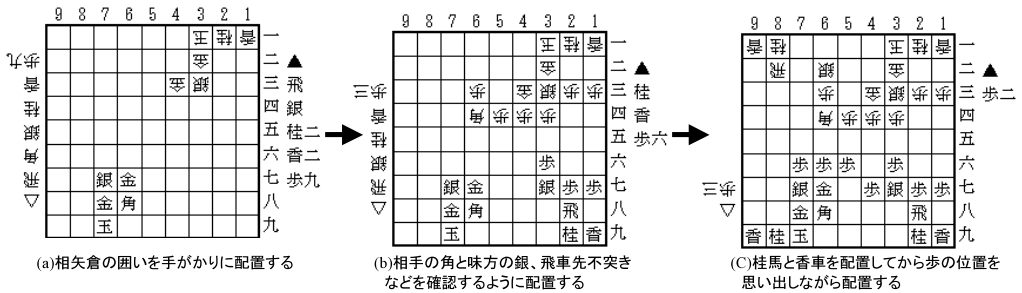


図9 付録1の問題3に対する中級者の再生過程
Fig. 9 Reproduction process of club player for Problem 3.

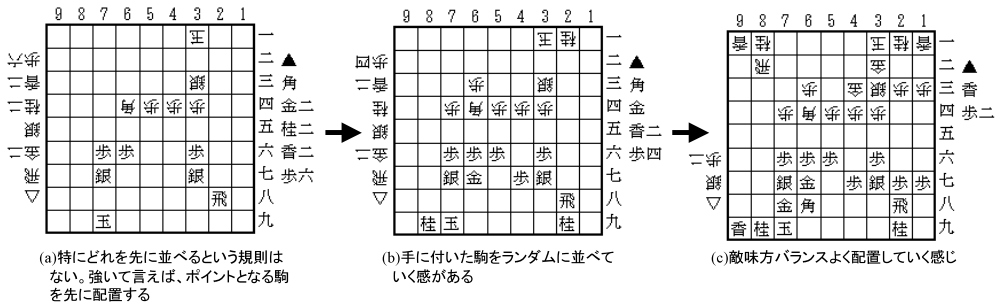


図10 付録1の問題3に対する上級者の再生過程
Fig. 10 Reproduction process of expert for Problem 3.

データであるが、上級者と初級者の中間のようなデータとなっている。初級者ほど、何度も同じ場所を見ることはしないが、停留点を見ると盤面のいくつかの典型的な駒組みに注目して、記憶している過程が観察される。ここでは、後手の矢倉囲いと角の位置、味方の銀と飛車の位置に注目していることが分かる。

また、再現時の再生手順を調べた結果から次のようなことも分かってきた。図8、図9、図10はそれぞれ、付録1の問題3に対する初級者、中級者、上級者の再現過程を示したものである。図8を見ると、初級者は端から1つずつ駒を並べていくのが分かる。それに対して、中級者は図9のように局面をいくつかの

かたまりごとに再現する傾向が見られた。たとえば矢倉囲いや船囲い、四間飛車などの典型的な駒組みをまとめて再生する方法である。中級者は記憶の際も、囲いや攻め駒の銀の位置に注視点が集まる傾向が見られた。これは、部分的なチャンク(囲いや戦型などの駒組みの情報)を手がかりにして記憶していることを示唆している。図2に見られるように、中級者の平均記憶時間が50手を過ぎたあたりから長くなっていることも、中盤以降典型的な駒組みが崩れることによって、記憶しにくくなっているからと考えられる。

一方、図10は、上級者の再生手順であるが、特にどれを先に並べるといこともなく手に付いた駒を並べ

ていく傾向が見られた。強いて言えば、上級者になると、局面のポイントとなる駒の位置（この問題では右銀の位置など）を先に行き、他の駒は記憶の中の知識と照らし合わせておいていくような再生過程が観察された。このことは、局面全体を1つの意味あるパターンとして記憶していて、ポイントになる駒の配置さえしてしまえば、そこから知識をたどることで局面全体を再生できることを示唆している。

再現時もアイカメラを装着させてデータを記録していたが、動かす駒に視線を移動させるという自明なデータしか得られなかったため、ここでは、特にアイカメラデータは紹介しない。

2.1.3 考察

初級者から上級者の記憶の仕方の違い、再現の仕方の違いから、初級者は、駒1つ単位で記憶しているのに対して、中級者は、いくつかの駒の典型的な戦型や囲いなどのかたまりで記憶していることが分かった。さらに上級者は、盤面を1つの絵のように全体をひとかたまりとしてとらえることが可能であることが示唆された。このことは、チェスの実験で、上級者が駒の空間的なかたまりをチャンクとして記憶しているという結果を追認するものとなっている。

将棋は、チェスよりも可能な合法手の数が多いことは分かっているが、戦型などの種類はチェスのそれと比べて特に多いということはない。したがって、将棋においても、チェスのエキスパートと同様の方法で上級者が戦型などのパターンをチャンクとして記憶し、局面の速い認識が可能になっているものと考えられる。

しかし、上級者は中級者と違い盤面を必ずしも戦型や囲いという単位で見えていない傾向が見られた。もし、戦型や囲いという単位で見ているとすると、これらの単位で切り分けることが困難な50手目以降の中終盤の局面では、認識が困難になってくることが予想される。中級者は、記憶にかかる時間が確かに50手目あたりから急激に長くなっているが、上級者はあまり長くなっていない。上級者は、中級者以上に大きく多くの空間的チャンクを有しているのであろうか？ それだけではなく別の次元のチャンクを有しているからとも考えられる。この点については、記憶の実験からだけでは、確かめることが困難であると考えられる。思考過程を調べる別の実験を計画する必要があるだろう。

また、この実験では、図4のように記憶時間に個人差がかなり見られた。これは、結果にも述べたが被験者が再生率の高さに重きを置くか、記憶時間の短さに重きを置くかで結果に違いが生じてしまったためと考えられる。次の実験では、純粋に棋力と記憶能力を計

るために、記憶時間に制限を設けた。そして、上級者と中級者の違いが明確になるように実験計画を立てた。

2.2 記憶実験2（記憶時間制限あり）

記憶実験1において、中級者、上級者の中には、すでに記憶しているにもかかわらず念のために確認のために見ている時間があるように見られた。特に上級者は非常に速く記憶しているようだったが、実際にどれぐらい短い時間で記憶可能かを、短い時間制限を設けて確かめてみることにした。

2.2.1 実験方法

ここでは、記憶する時間に制限を設けて、実験1と同様の手順の実験を行う。チェスの先行研究では、エキスパートのプレイヤーは制限時間5秒でほとんど正確に局面を記憶できることを確認している。そこで予備実験として制限時間を10秒、5秒、3秒に設定して、数題の問題を解かせてみたところ、3秒でも中級者以上ではかなりの問題で解答可能であることが観察された。本研究では、チェスの実験よりも厳しい時間制限3秒で実験を行うことにした。

実験の手順としては、まず問題局面を3秒間提示し、3秒後に自動的に局面再生用の画面に切り替わるような実験用プログラムを用意した。再生画面では、記憶実験1同様の手法で再生を行わせた。

被験者は記憶実験1と同じ被験者で、初級者（アマチュア8級程度）、中級者（アマチュア三段程度、アマチュアとしては上級者）、上級者（トッププロ棋士八段）各3名、計9名を用いた。本実験は、時間の都合で後日に行った1名の初級者を除いて、記憶実験1の後、十分に休憩時間をとってから行った。

問題は将棋年鑑CD-ROMに記録されている記憶実験1とは異なる独立な棋譜を選択し、初期配置から20手、30手、40手、50手、60手進んだ局面を各2個ずつ、合計10問を用意した（付録2参照）。やはり、戦型の偏りをなくすため、なるべくいろいろな種類の戦型を選んだが、その他特に意図的な選択は行わなかった。また、記憶実験1と同様の理由で、有名なタイトル戦や決勝戦は避け、被験者のプロ棋士の棋譜も排除した。

さらに、意味ある局面であることが記憶しやすさに影響を与えるかを確かめる比較実験として、初期配置からランダムに動かした問題を用意して、その再生率との比較を行うことにした。初期配置から将棋のルールに従ってランダムに20手、30手、40手、50手、60手動かした問題を用いて（付録3参照）、通常問題の実験の後、被験者には別の問題と告げて実験した。この付録3の問題は、将棋を少しでも知っている人なら

だれが見ても実際の将棋ではありえないような駒の配置になっていることが分かる。

記憶実験1のときと同様に、順序効果に配慮して、問題の提示順序は被験者ごとにランダムに変化させた。また、実験操作に慣れるための数問の練習問題を回答させる時間をとった。

今回の実験でも実験中は被験者にアイカメラを装着させて視線の動きも計測した。

2.2.2 結果

図11は棋力の違いによる問題と平均再生率の関係を表にしたものである。初級者の平均再生率はかなり低く、50%から65%の再生率にとどまっている。

一方上級者の記憶力は非常に高く、3秒という短い制限時間にもかかわらず、盤面全体の駒の配置だけでなく持ち駒までほとんど正確に記憶していた。数個の駒の配置ミスに関して、被験者自身が実験中にミスを犯していることを認識していた。終盤の問題(60手目)でも90%近い正解率を維持していた。中級者は、

序盤に関しては上級者と同等の正確な記憶力を示したが、中盤以降になるとかなり再生率が下がり、記憶が困難であることがうかがわれた。

図12はランダム局面における同様の実験の結果を示したものであるが、図11とは違いが一目瞭然である。全般に正解率がきわめて低く、初級者から上級者の間で大きな差が見られなかった。

図13は通常局面における初級者の視線の動きを表わしたものである(問題は付録2の問題1)。初級者は右下の駒から順番に記憶しようとしたが、間に合わないと思って途中で慌てて視線を動かしている様子だった。実際、実験後のインタビューでも「3秒は短くて、1つずつ覚えようとしても時間が足りなくなった」と口述していた。再生を行う場面でも、記憶の際に停留時間の長かった右下の数個の駒の配置しか再生できず、これら数個の配置以外はほとんど自信なさそうに配置していく様子が観察され、当然再生率は低いものとなっていた。

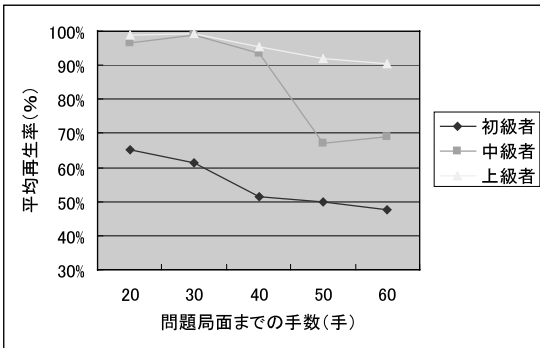


図11 実際の棋譜の局面を用いた場合の平均再生率
Fig. 11 Accuracy rates for real-game positions.

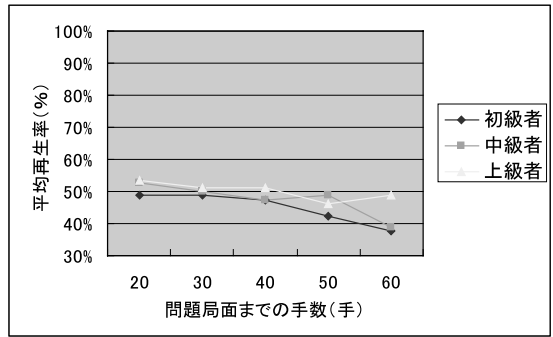
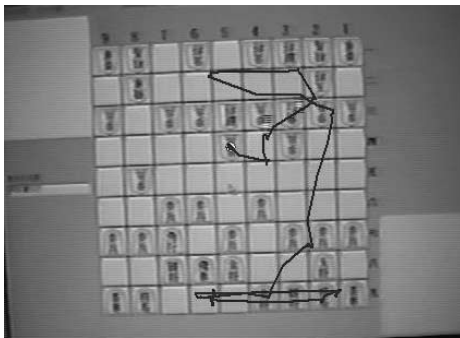


図12 ランダムに動かした局面を用いた場合の平均再生率
Fig. 12 Accuracy rates for random positions.



(a)視線の軌跡

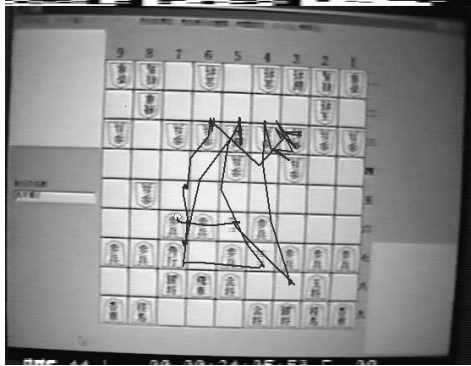


(b)停留点の軌跡

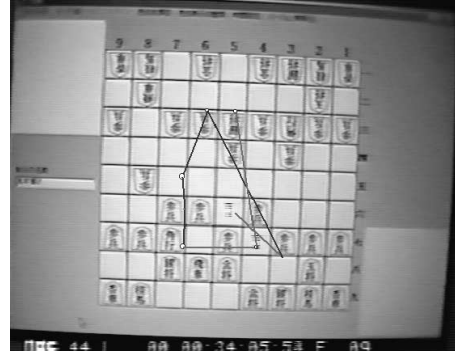
※3秒時間制限有、再生率28/40、通常棋譜の問題(付録2の問題1)

図13 初級者のアイカメラデータ(3秒の時間制限あり)

Fig. 13 Eye tracking diagram of novice with 3 seconds limit.



(a)視線の軌跡



(b)停留点の軌跡

※3秒時間制限有、再生率40/40、通常棋譜の問題(付録2の問題1)

図14 上級者のアイカメラデータ(3秒の時間制限あり)

Fig. 14 Eye tracking diagram of expert with 3 seconds limit.

一方、上級者は非常に高い再生率が得られた。図14と同じ問題に対する上級者の視線の動きを示す。停留点のデータを見ると分かるように、特定の箇所に固執することなく、盤面の中央付近からこの局面のポイントとなる相手の銀と角の位置を確認している過程が見られる。まったく視線が行っていない部分や持ち駒に至るまで正確に再現していた(再生率100%)。

3. 考 察

これらの記憶実験をまとめると、以下のようなことが明らかになった。

- (1) 初級者は、3秒ではほとんど記憶できないが、中級者以上になると、3秒でもかなり記憶可能である。
- (2) 初級者は、盤面全体を見て記憶しているが、中級者になると、駒のいくつかのかたまり(チャンク)で記憶するようになり、上級者は、ポイントとなる駒の配置をもとに局面を1つの絵のように記憶する(上級者ほど見ない部分が増える)。
- (3) 3秒時間制限の実験において、中級者は、中盤から終盤にかけて再生率の低下が見られたが、上級者は、中終盤の問題でもあまり低下が見られなかった。

結果の(1)は、チェスによる先行研究よりさらに踏み込んだ進んだ結果であった。チェスの実験では、5秒という記憶時間であったが、将棋では、駒の数や持ち駒のルールなどの違いにもかかわらず、上級者は3秒という短い時間でも記憶可能であった。3秒の記憶時間の停留点データを調べたが、0.2秒で検出する停

留点データでは、中上級者で7カ所前後(± 4)の停留点が観測された。これは、局面を記憶するためにおよその駒の配置と、ポイントとなる 7 ± 4 個の駒の正確な位置が分かれば、全体の駒の配置が推察できるということを示唆している。たとえば、付録2の問題1のような局面では、図14に見られるように、先手の飛、角、銀の位置を見ることで、先手四間飛車の序盤の駒組みであることが分かり、後手の5三銀と先手の4六歩を確認するだけで、後は見なくてもほとんどの駒の配置は記憶できると考えられる。

今回の実験では、3秒の駒の提示直後に再現用の盤面が現れるように設計してあったので、視覚的な残像効果として、ある程度の駒が配置可能であった可能性がある。3秒の記憶時間で完全に局面を記憶しえたかどうかを確かめるために、たとえば、再生用の将棋盤を別に用意するなどの別の方法で確認する必要もあるだろう。しかし、少なくともこれだけ短い時間で局面の再現が可能であったと言うことは、エキスパートの卓越した記憶能力を示したチェスの実験結果を追認することができたといえる。

結果の(2)は、局面をとらえる空間的チャンクの大きさが棋力によって違うことを示している。初級者では駒1つ単位で認識していたチャンクの大きさが、棋力が上がるにつれて、中級者では有意に並んだ形から「囲い」や「戦型」といった駒数個から十数個の単位のチャンクの大きさでとらえることができるようになってくる。その結果、駒の典型的な位置にだけ注意を払えば、すべての駒を1つ1つ見なくても記憶することが可能になると考えられる。上級者になるとさらにそのチャンクが大きくなり局面全体を1つのチャン

クとしてとらえることができるようになる結果, 中心部分をさっと見るだけで, 局面全体を認識可能になると考えられる. この結果もチェスの結果を追認する結果であると考えられる.

結果の(3)は, 本実験で得られた中級者と上級者の記憶の違いを時間制限実験で顕著にしたものである. 中級者が終盤局面の問題で再生率に低下が見られた原因は, 記憶において, 囲いや戦型といった局面の部分を認識するための空間的チャンクに頼っていたためではないかと我々は考えている. 中級者と上級者に実験後のインタビューで終盤(50手目~60手目)の問題の記憶における困難感を尋ねたところ, 中級者から「終盤局面は, 囲いや戦型が崩れていることが多いので, そういった知識が役立ちにくく記憶しにくかった」との報告があった. 一方, 上級者は, 終盤局面も「将棋の局面という点では一緒」と報告して, 局面を一局の棋譜の流れの中の一部ととらえていることを示唆した. 今回の実験結果だけからは, 必ずしも言明できないが, 中級者と上級者は少なくとも記憶の仕方に単に空間的チャンクの規模の大小といったものだけではない違いがあるように見受けられた. 上級者がポイントとなる駒を短い時間で的確に判断して, 必要となる数個の駒だけを見て認識することができるのは, 将棋の局面を静的にその局面だけからとらえているのではなく, その局面に至る経緯や流れなどの知識の中でとらえていると思われる. この点については, 今後も詳細に調べていきたい.

今回の実験では, 上級者としてなかなか得ることができないトッププロ棋士の方に実験に協力していただき貴重なデータを得ることができた. 対局日程の合間に実験に協力していただいたこともあり, 1人半日という限られた時間の中で実験をしていただくこととなった. その結果, データ量として十分なものにはなっていない. たとえば, 問題に用いた終盤の局面も60手までのものしか扱えなかった. 70手以降のデータもとってみれば, 上級者でも再生率が減少する過程も観察できたかもしれない. また, 被験者の棋力ももっと細分化してより多くのデータをとって, 定量的な分析も行っていきたい.

4. おわりに

将棋を対象とした認知研究の第1歩として記憶実験を行い, かつてチェスで得られた結果と近い実験結果が得られることを示した. すなわちチェスでも, 将棋でも上級者(エキスパート)になるにつれて局面を空間的なチャンクを利用して認識し, 記憶していること

が分かった. この結果は予想どおりではあるが, さらに先の研究を行うためには確認しておく必要なものであったと考えている.

また, 上級者のデータとして将棋のトッププロ棋士のデータを得られたことは, 非常に有意義であった. この実験を通して上級者の局面認識において, 中級者とは違ったレベルの局面認識が行われている可能性が示唆された. 上級者は, 提示された局面を静的に空間的に知覚しているだけでなく, 一局の将棋の中の一部として時間的側面からもとらえている可能性が見られた.

我々はこの現象を確認するために将棋の一局面において, 各棋力のプレイヤーがどのように思考するのかをさらに調査する必要があると考え, 次の一手形式の問題による実験を計画している.

今後はさらに将棋の認知実験を深めていくと同時に, 将棋以外の対象についても実験を行い, どの部分が将棋に固有でどの部分が共通であるのかを調べていきたい. たとえば将棋と囲碁とで空間認知のあり方がどこまで同じでどこから異なるのかを調べることは, 人間の問題解決の認知過程を研究するうえで貴重な知見を与えてくれると考えている.

謝辞 実験に協力していただいた数多くの被験者に感謝する. 特に無償でボランティアとして協力してくれたプロ棋士に深く感謝したい. また, 有益なコメントをいただいた査読者に感謝する.

参考文献

- 1) Newell, A. and Simon, H.A.: *Human problem solving*, Prentice-Hall (1972).
- 2) De Groot, A.D.: *Thought and choice in chess*, Mouton (1965).
- 3) De Groot, A.D. and Gobet, F.: *Perception and memory in Chess — studies in the heuristics of the professional eye*, Van Gorcum (1996).
- 4) Chase, W.G. and Simon, H.A.: Perception in chess, *Cognitive Psychology*, Vol.4, pp.55-81 (1973).
- 5) Simon, H.A. and Gilmarin, K.J.: A simulation of memory for chess positions, *Cognitive Psychology*, Vol.5, pp.29-46 (1973).
- 6) Reitman, J.S.: Skilled perception in Go: Deducing memory structures from inter-response times, *Cognitive Psychology*, Vol.8, pp.336-356 (1976).
- 7) 吉川 厚: ゲームプログラミングと認知科学, ゲームプログラミング, 松原 仁, 竹内郁雄(編), pp.207-219, 共立出版(1997).
- 8) Saito, Y. and Yoshikawa, A.: The difference

付録3： 記憶実験（ランダム問題）に用いた問題集

9	8	7	6	5	4	3	2	1	
	歩	銀			王	銀	歩	銀	▲なし
▲なし	歩	銀		王	銀	歩	銀	歩	▲なし
	歩	銀				歩	銀	歩	▲なし
				歩				歩	▲なし
▲なし	歩	歩						歩	▲なし
	歩	桂			歩	歩	歩	歩	▲なし
▲なし	歩	角	金		銀	飛		歩	▲なし
			銀	玉	金		桂		▲なし

【問題1】20手

9	8	7	6	5	4	3	2	1	
		銀			王	銀		銀	▲歩
▲歩		歩		王		歩	歩	歩	▲歩
	歩	桂	歩		歩	歩	歩	歩	▲歩
			歩	歩			歩	歩	▲歩
▲歩								歩	▲歩
	歩				歩	歩	飛	歩	▲歩
▲歩	歩	角	銀		歩	歩	飛	歩	▲歩
				玉	金		桂	歩	▲歩

【問題4】50手

9	8	7	6	5	4	3	2	1	
		銀		王	銀	歩	銀	▲なし	
▲なし	銀	歩			銀		歩	▲なし	
	銀				歩			▲なし	
				歩				▲なし	
▲なし	歩	歩		歩				▲なし	
	歩	歩						▲なし	
▲なし	歩		歩	歩	歩	歩	歩	▲なし	
			銀	角	金		歩	▲なし	
	桂			玉	銀	桂		▲なし	

【問題2】30手

9	8	7	6	5	4	3	2	1	
▲歩二		銀		王		歩		▲歩二	
	銀			銀	銀			▲歩二	
	銀			銀	歩			▲歩二	
								▲歩二	
▲歩二		桂		歩				▲歩二	
	歩	歩		玉	歩	歩	歩	▲歩二	
▲歩二		歩	角	銀	金	歩		▲歩二	
				銀		飛	桂	▲歩二	
					金			▲歩二	

【問題5】60手

9	8	7	6	5	4	3	2	1	
▲なし	銀	銀		王		銀	歩	▲なし	
	銀	銀		銀		歩		▲なし	
				歩				▲なし	
				歩				▲なし	
▲なし	歩	歩		歩				▲なし	
	歩	歩		金		金	歩	▲なし	
▲なし	歩	角	銀		銀			▲なし	
				玉				▲なし	

【問題3】40手

of knowledge for solving Tsume-Go problem according to the skill, *Game Programming Workshop'97*, pp.87-95 (1997).

- 9) 岡本浩一，橋口英俊：十一人の棋風—ロールシャッハとMDSによる棋士の心理分析，ブレイン出版(1989).
- 10) 松原 仁：将棋とコンピュータ，共立出版(1994).

(平成 14 年 3 月 1 日受付)
 (平成 14 年 9 月 5 日採録)



伊藤 毅志(正会員)

1994 年名古屋大学大学院工学研究科情報工学専攻修了．工学博士．同年より，電気通信大学情報工学科助手．人間の思考過程，学習過程に興味を持ち，教育工学やゲームを題材にした認知科学研究に従事．著書に「認知心理学 4 思考」(東京大学出版会，共著)ほか．日本認知科学会，人工知能学会，電子情報通信学会各会員．



松原 仁(正会員)

1986年東京大学大学院工学系研究科情報工学専攻修了。工学博士。同年より通産省工業技術院電子技術総合研究所勤務。1993～1994年米国スタンフォード大学言語情報研究センター滞在研究員。2000年から公立はこだて未来大学教授。1998～2001年科学技術振興事業団さきがけ21情報と知領域研究員兼任。画像理解，知識表現，フレーム問題，機械学習，マルチエージェントシステム等の研究に従事。現在はゲーム情報学に興味を持つ。人工知能学会，日本認知科学会，日本ロボット学会等会員。NPOロボカップ日本委員会専務理事。



Reijer Grimbergen

Reijer Grimbergen is an associate professor at the Department of Information Science at Saga University. His research interests are search, game playing and the cognitive modeling of human problem solving. Grimbergen received his M.S. in computer science from Nijmegen University (Holland) in 1989 and his Ph.D. in cognitive science from the Nijmegen Institute of Cognitive Science and Information Technology (NICI) in 1994.