

# 囲碁知識のモデル構築に向けた認知科学的実験

高橋 克吉<sup>†</sup> 伊藤 毅志<sup>††</sup> 村松 正和<sup>††</sup> 松原 仁<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 公立はこだて未来大学 <sup>††</sup> 電気通信大学  
g2105017@fun.ac.jp

本研究では、人間が囲碁の局面認識や候補手生成の際に行っている作業を、囲碁に関わる知識の利用に注目してモデル化することを目的として、プロ棋士からアマ級位者まで異なる棋力の被験者を対象に実験を行った。局面記憶実験では、記憶に時間制限がない条件ではプロ、アマともに良い成績であったが、再現の様子に棋力の差が現れた。記憶に時間制限を与えた条件では、プロとアマの間で再現できる数に差が生じ、アマの間では差はほとんどなくなった。次の一手実験では、被験者の発話中でほとんどの手は囲碁用語で示され、高段者になると少ない候補手を先読みせずに評価して手を決定する様子が見られた。二つの実験から、石の配置パターンについての知識を利用する能力が棋力に影響していること、パターンがいくつかのカテゴリに分かれて認識されていることの可能性について考える事ができる。今回の実験から、囲碁に関する知識の有無が認知過程に与える影響について新たな知見と課題を得た。今後の実験では、被験者数の少なかったプロ及び級位者について、より多くの被験者に対して実験を行って、囲碁知識の利用の様子と棋力のかかわりについて詳細に調べて行きたいと考えている。

## Cognitive research for human knowledge model of Go

Katsuyoshi Takahashi<sup>†</sup> Takeshi Ito<sup>††</sup> Masakazu Muramatsu<sup>††</sup> Hitoshi Matsubara<sup>†</sup>  
<sup>†</sup> Future University Hakodate <sup>††</sup> University of Electro-Communications

We conducted experiments to find the human knowledge model of Go. Professional Go players, amateur players and beginners performed two tasks. In the first task, subjects memorized patterns of stones and reproduce them. When the time to memorize the patterns were unlimited, professionals and amateurs were able to reproduce almost all stones. However, difference between professionals and amateurs could be seen in the way to reproduce the patterns. When subjects can look only 3 seconds, professionals reproduced more stones than amateurs. In another task, we displayed subjects some positions in the game of Go and ask them to speak out how they think the next move. All subjects used technical terms to represent moves. However strong players considered only few moves without deep search to decide the next move.

### 1 はじめに

人間がゲームをプレイする際に、どのような作業を行っているかを明らかにすることは、人間の知能を解明する事に貢献し、また知見を検証する上でもゲームは適した題材である。伊藤らは将棋を対象として、プロ棋士を含む熟達者の思考過程を調査し、対局プログラムに取り入れる試みを行ってきた<sup>1, 2, 3)</sup>。将棋の熟達者は、盤面全体を一つのかたまりとして素早く認識し、直線的で深い先読みを行って手を決定していると指摘した。囲碁の認知科学研究は、斎藤と吉川によって積極的に行われてきた<sup>4, 5)</sup>。囲碁の熟達者は囲碁用語の語彙が豊富で、対局中には局面の認識や対局相手

の意図の理解、候補手の生成と評価などの際に囲碁用語を利用しており、言語レベルの思考が着手決定にかかっていることが指摘されている。囲碁用語は、石の位置関係や特定の手順等のパターン、着手によって達成したい目標などに対して名付けられている。知識を効率的に整理し、利用する為に用語が役立っていると考えられるが、その知識が具体的にどのような形で利用されているかについては知られていない。本研究では、プロ棋士の協力を得て、より囲碁に熟達した人間が局面認識や候補手生成の際に行っている作業を調査し、その成果を対局プログラムに取り入れて性能を高める為に、知識がどのような形で蓄えられて使用

されるのかをモデル化する目的でいくつかの実験を行った。

## 2 局面記憶実験

### 2.1 実験の方法

被験者はアマ1級と8級の級位者、アマ4段から5段の高段者5名、プロ棋士2名の9名で、記憶時間無制限の条件と、局面を3秒間のみ提示する条件のそれぞれで実験を行った。課題に使用した問題は、それぞれの条件ごとに、プロ同士の対局の棋譜をもとにして対局開始から10手まで、20手まで...、60手までの局面を2問ずつ、12問を作成した。モニタ上に問題を表示して被験者に記憶させ、時間無制限条件では被験者の操作で、3秒制限条件では表示から3秒後に問題を隠した。その後、同じモニタ上に再現用の盤面を用意して、記憶した局面をマウスによる入力で再現させた。二つの条件の課題を連続して行い、課題中の被験者の視線の動きと再現の様子を、アイカメラを用いて記録した。

### 2.2 結果

図1と図2に、時間無制限および3秒間の問題で正しい位置に再現された石の数を示す。

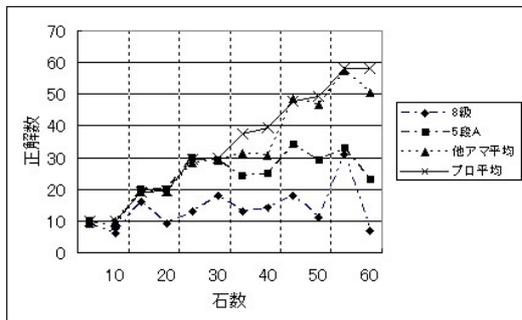


図1 時間無制限条件における正答個数

時間無制限の条件では、8級の級位者が20個程度、高段者の内1人が30個程度まで再現し、それ以上は再現できなかったが、他の被験者はプロとアマチュアで大きな差はなく、60個までほぼ再現できた。ただし、記憶に要する時間はプロのほうが短く、60手の問題で一人は1分、もう一人は2分間で記憶を終えた。一方で、3秒間の条件では、アマの再現できた石が10個前後であったのに対して

プロは倍以上の石を再現する事が出来た。また、プロを含めて全員がほとんど再現できなかった問題が1問あった。時間無制限の条件において、再現の順序はプロとアマで違いが現れた。プロは図3に示すように一色の石を盤面全体に並べ、その後もう片方の石を並べていった。アマチュアは高段者が実際の手順を予想するように並べていたが、石の数が多くなった時、および級位者は図4に示すように盤面の一部を一つのグループとして集中的に再現してから別のグループへ移るといった再現法をとっていた。3秒間の条件では、再現方法には特に差異が見られず、ともに一部分をグループとしてまとめて再現した。図5と6に、局面を記憶する際のアマ級位者とプロ棋士の停留点を示す。伊藤らの行った将棋の記憶実験においては、プロおよびアマ高段者は盤面の中央付近のみを少し見るだけで盤面全体を記憶する事ができた。囲碁においては、プロであってもほぼ全ての石へ視線を向けている様子が観察された。

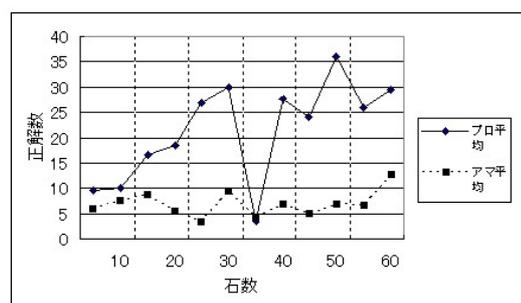


図2 3秒間条件における正答個数

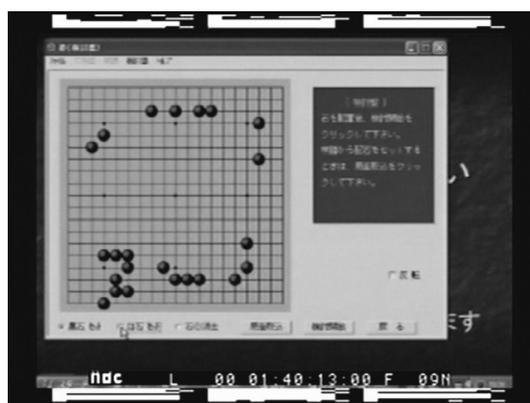


図3 時間無制限課題におけるプロの再現例

### 2.3 局面記憶実験の考察

時間無制限の課題でプロの記憶時間が短く、時間制限課題ではプロのほうがより多くの石を再現できたことから、グループを認識し、記憶する早さは棋力によって差がある事がわかった。この差はアマチュアの級位者と高段者の間には現れておらず、アマ同士の差よりもプロとアマの差が大きいと言う事が示唆された。

プロ棋士の視線が全体の石を見ていること、時間制限によって記憶しきれない場合には色ではなく位置の近い石が記憶されている事から、まずは盤面の各所でグループを認識している事が予想される。アマチュアはそのグループをそのまま扱っているが、プロ棋士は、盤面全体を一つのグループとして統合するという作業を行っている。盤面全体を一つの大きなチャンクとして扱う事ができると、

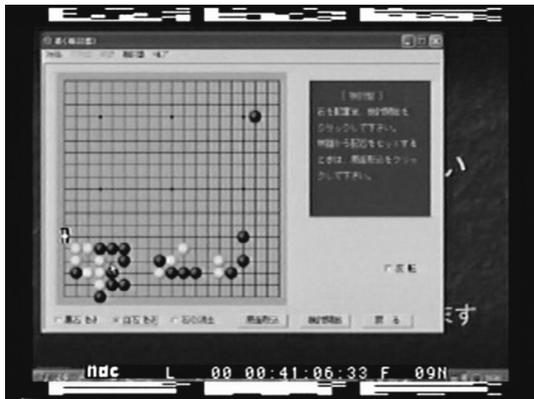


図4 時間無制限課題におけるアマ高段者の再現例

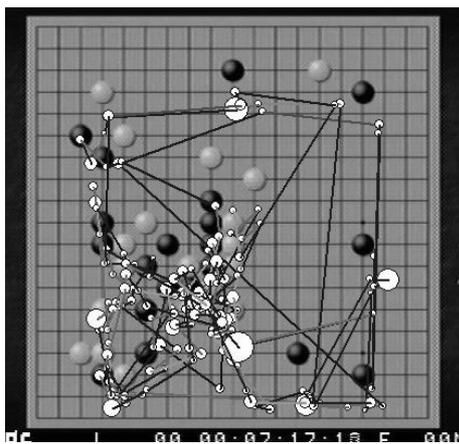


図5 局面記憶時におけるアマ級位者の停留点

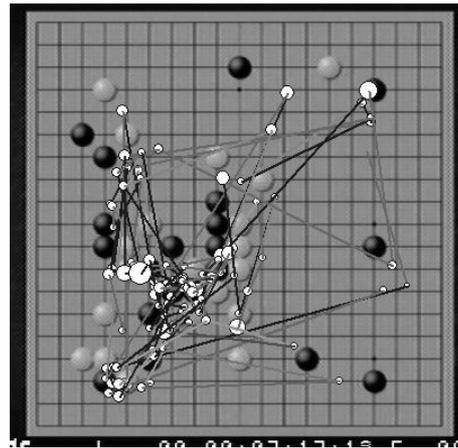


図6 局面記憶時におけるプロ棋士の停留点

複数のチャンクとしてバラバラに記憶しているよりも他の作業を同時に行う事が容易になる。記憶課題における局面認識のみではなく、実際の対局時にも全体を一まとまりとして見ているのかを調べる事ができれば、棋力の差が現れる一つの要因としてこのチャンクの違いをあげる事ができると考える。アマ高段者がこの作業をしないのは単に習慣によるものか、プロ棋士ほどの棋力がなければできない事なのかも調べ、また今回の被験者だけでなく、他のプロ棋士もこの作業をしているのか、機会があればさらに多くの被験者に対して実験を行いたい。

3秒間条件で、プロ棋士を含めて全員がほとんど再現できなかった局面について考察する。図7にその局面を示す。図8はこの問題に対してプロが再現した局面である。四隅と上辺中央の石のみが再現されているが、左下の石と上辺の石は位置がずれている。また右下の黒石も形が少し変わっている。他の被験者についても、他の問題では図4のように近くにある石がグループ化されているのに対して、この問題で再現したのはほぼ四隅のみだった。実験後にこの問題についての感想を聞いたところ、「どんな手順で打たれたのかわからなかった」、「見慣れない形だった」と答えた。また、時間無制限の課題でもアマ高段者のうち一人がまったく再現できなかった問題があり、この問題に対してこの被験者は「手順がわからない、変な形」と答えた。図8でプロ棋士が再現できたのは、主に

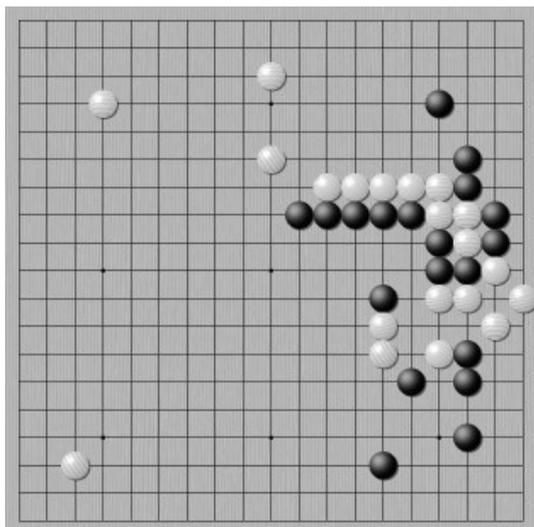


図 7 3 秒間課題の問題例

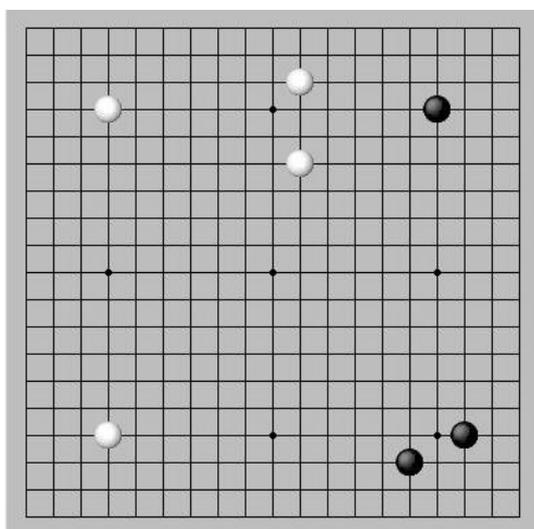


図 8 プロの再現結果

対局の始めに打たれる布石の部分であり、対局に頻繁に現れる形である。この部分のみ再現できた事や実験後の回答から、普段良く見ているパターンが知識として、石をグループとして認識するための土台となっている事がわかる。実際の対局に現れた形であっても、見慣れない形や、ある程度石が込み合った部分では認識に時間がかかり、記憶や再現も困難となる事がわかった。加えて、時間無制限の課題で再現能力が低かった 8 級の級位者と高段者の一人は、実験を行った当時、しばらくの間対局の機会がなかったと答えている。普段

から対局などにより囲碁の形に触れる事によって、全体的な棋力に関係なく記憶能力が向上する可能性がある。

#### 2.4 アマチュア被験者の間違い

3 秒の時間制限では、複数のアマ被験者で興味深い間違いが現れた。図 9 に示す問題において、再現時に色の反転が起こった例を図 10 に示す。左側の問題図に対して、右側の回答では左下の石で白と黒が逆になっている。また、その間違いが左上に影響して、白と黒の位置関係が変わってしまっている。この問題を含むいくつかの問題において、複数の被験者が同じパターンの色や向きを間違えて再現していた。これらの間違いが起こった部分

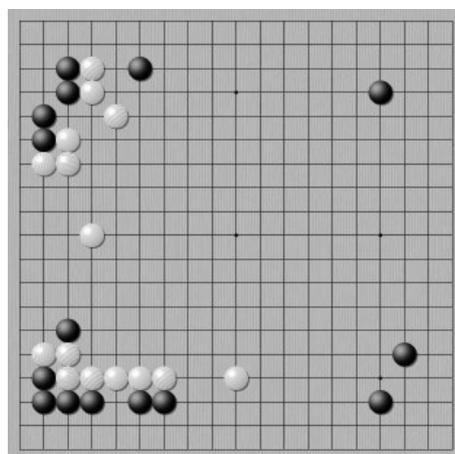


図 9 3 秒制限の問題例

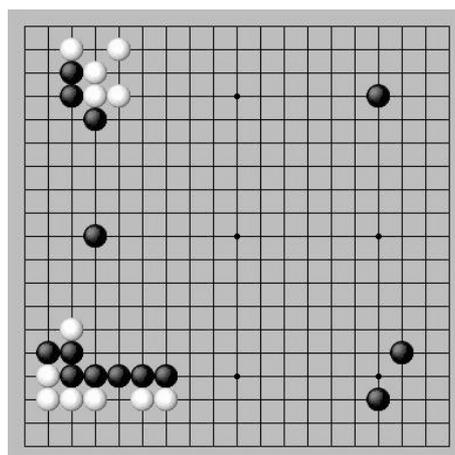


図 10 白黒が反転した回答

に共通するのは、定石として知られているなど、それが囲碁の対局として「意味のある」パターンだという事である。3秒間という時間制限の中で、意味のある形として認識されるが、その詳細の確認が間に合わないという結果は興味深い。

### 3 次の一手実験

#### 3.1 実験の方法

被験者はアマチュア1級および5級の級位者と4段から5段の高段者5名、プロ棋士2名の9名である。課題となる問題は、プロ棋士の実戦の棋譜から、次の一手問題として出題する局面を選ぶようアマチュア七段に依頼し、16問を用意した。用意された問題は、定石の選択や布石の問題が中心となった。被験者には課題として、問題の局面を見て、考えた事を口に出しながら次の一手を決定するよう指示した。図11に実験で使用した問題の例を示す。盤面は問題例に示すように、アルファベットと数字の組で位置を表す形式になっており、回答はこの表現を用いて口頭で行った。また、課題の間、被験者の視線の動きをアイカメラで記録し、発話と視線の動きから思考過程を分析した。

#### 3.2 実験の結果

問題例1の局面について、図12にアマ5級の級位者、図13にプロ棋士が局面を見てから手を決定するまでの視線と停留点を示す。この問題に対して、級位者は回答までに2分以上をかけたが、プロは20秒程度で回答した。級位者の視線は、下辺や右辺を中心に動いており、停留点は石がなく広く空いている場所に記録されている。一方、プロは左辺に注目し、停留点からは左下のすでに打たれた石を見ている事がわかった。ただし、石の見方は記憶実験の場合とは異なり、グループ内の個々の石について注意を払う様子は見られず、さらに左上のように視線が移動しないグループもあった。

この問題に対する発話を分析する。2人の級位者とプロの発話を以下に示す。

<級位者(5級)の発話>

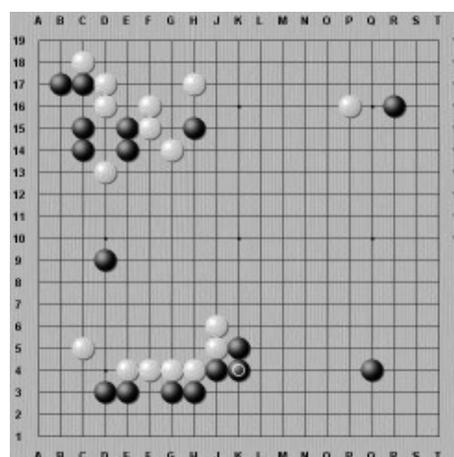
下辺の黒は厚くて、これ以上打たれると荒らしにくそうなのでで荒らすか…  
 右上隅に白がかかってるんで攻めるか…  
 下辺は… K6に打たれると広がりそう

なんでそこに打ちたいですね… もしくは… 隅に、右下隅三々かなんかに入っていて… 白に厚み、白が地を取って黒が厚みを作れば、なんか黒の厚みが重複してる感じで、黒が良くないかなと思うんで、R3とかに打ちたいかな

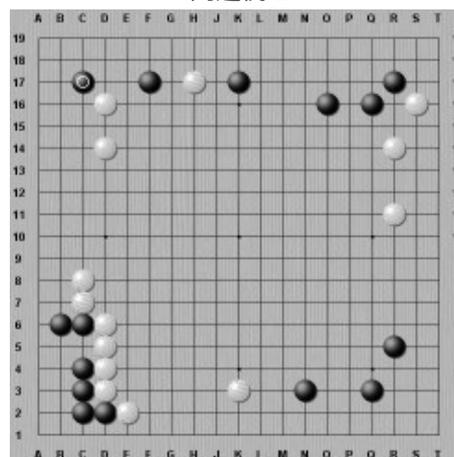
この発話から、視線が下辺に集中しているのは、この部分が黒の大きな地になるかどうかを考えているからという事がわかる。手を決める際には、地の増減について考慮している様子が観察された。

<級位者(1級)の発話>

これはここが問題なのか… 白は… あー、なるほどな… 単にツメる、ツメる… D11にツメる… こっちからツメるとこっ



問題例 1



問題例 2

図 11 次の一手実験の問題例

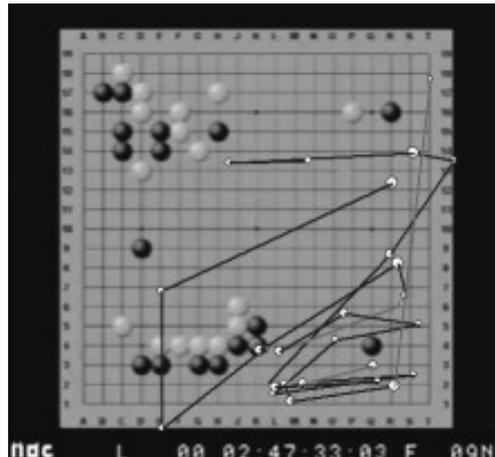
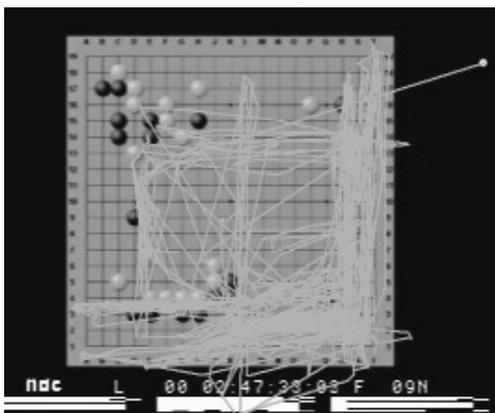


図 12 次の一手課題における級位者 (5 級) の視線

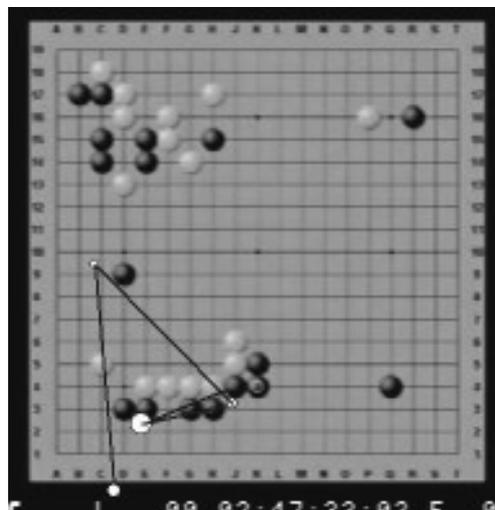
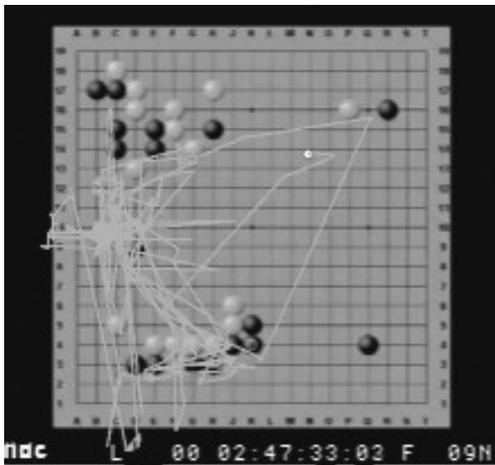


図 13 次の一手課題におけるプロ棋士の視線

ちだから…(しばらく無言)ここなのかな…こっち来られると…ここ(視線は下辺)がでかくなるよな…D13だとD11か,こう逃げて…逆に黒からツメられると…困るよな…この黒の2,4,6子もまだ…生きてるか…こっち(視線は右下)は力かる手があるからいいか…力かる手,あーあるな…D11にツメる手が,あるいはR14に力かる手が…どっちが広いんだろう…えーと,D11に

この発話からは,先読みを行っている様子が観察された.先読みの手は「ツメる」という囲碁用語,もしくは「こっち」などの表現で行われている.左

辺D11と右下R14が候補としてあがっているが,「どっちが広いだろう」と,やはり地の大きさで手を判断しようとする姿勢が見られた.

<プロ棋士の発話>

これは,ですね,やっぱり,下辺を,地を損して一旦押しちゃったのでとりあえずちょっと厳しいことをやんなきゃ,取り返さないといけないので,んーD11に

プロは,この局面までにどのような手が打たれてきたのかについて注目している.また,考えてから実際の手を決定するまでの時間が短く,視線からも他の手について迷った様子は見られなかった.

問題例2の局面は、黒がC17に打った局面で、定石の途中の場面である。この時の級位者とプロの発言を以下に示す。

#### 級位者 A(5級)の発言

三々に入ってきたんで黒が… まあ D17に打つか C16に打つか… C16に打って厚み作って模様広げるか… D17に打ちたいですかね 黒攻めつつ模様も大きくなる気がするんで… んーでも… こう打たれてこう… 模様作るんだったら C16が一番大きくなりそうな気も… まあ D17で

#### 級位者 B(1級)の発言

白番、白打ち込んでるな、んーで打ち込まれたから黒33に入ったと当然これは、D17ですな

#### プロの発言

これはもう、D17に打つ一手ですな

級位者 A は定石であることは認識しており、候補手は定石の選択としてすぐにニカ所まで絞られている。どちらの手を選択するかは、模様が大きくなるかどうかであり、問題例1と同様に、どれくらいの広さが地になりそうかと言う観点から手を評価している。級位者 B は定石であること、その手順を確認したうえで手を選択しており、プロ棋士は「この一手」とほとんど考えることなく手を決定している様子が観察された。アマ高段者はプロ棋士に比べて手の決定までに時間がかかったが、発言の内容についてはプロと類似しており、この実験では級位者と熟達者の間で差が現れる結果となった。

どの問題でも、熟達者は一つの局面に対して候補手を1、2ヶ所しかあげなかった。また、石の配置に着目して、「この形の時はこの手」という理由で候補手を選ぶ事が頻繁に見られた。その結果、回答までの時間は級位者よりも短く、ほとんどの問題で一分以内に手を決定した。一方で級位者は、形からそのまま手を決める場面は少なく、候補手を打った時に地の大きさがどのように変わるかといった点について、その後の展開を読む事で候補手の評価を決めようとする発言が多く現れていた。熟達者が選んだ候補手のほとんどは級位者も同じ

ように選んでいたが、級位者は別の手をさらに候補手として加える事が多く、そのため候補手の数はより多くなった。また、それぞれの手を評価し、比較するためにも時間がかかっている様子が見られた。

一方で、棋力に関係なくどの被験者にも現れた特徴としては、広い範囲を見て手を考える場合には、「上辺を囲う」「焦点は左辺で、黒を攻める」のように、注目する範囲や手の目的についての言及が具体的な候補手よりも先に発言されている。また候補手のほとんどは「ハネる」「オサエる」のような囲碁用語で表現されており、先読みの際もこのような囲碁用語を使用していたが、「こう、こう…」のように具体的な発言にならない場合や、視線の記録は先読みを示唆するように動いているが、発言の記録では無言になっている場合も多かった。

### 3.3 候補手生成過程の考察

ほとんどの候補手が囲碁用語を用いて表されるという点、また特に熟達者が先読み頼らずに形で候補手を選んでいる点から、候補手の生成過程では、パターン化された石の配置を認識することが重要な要素であると考えられる。級位者のうちは、部分的な形としてのパターンは知識として持っているが、その形に対する評価は、深い先読みを試みる事や地や模様の増減を基準に判断することで行われている。このように、先読みや地や模様を判断するという作業を行う事が、一つの手の評価に時間がかかる理由となっていると考えられる。また、地の増減という観点で評価を行うため、別の手と比較してより大きい手を選択するという作業を行っており、級位者の選ぶ候補手が多いのはこのような理由からではないかと考えられる。しかし、ある場所がどのくらいの地になるかは、中盤以降の進行に大きく左右され、序盤から中盤の時点でははっきりと決まらない場合がほとんどである。級位者が悪手や効率の悪い手を選択する原因の一つは、このように地の大きさによって候補手の評価を行うために、その評価が結果的に正しくない可能性が大きい事ではないかと考える。

棋力が高くなると、注目する点が空きスペースよりも打たれた石に移っている。石の形によって強弱などを判断できれば、地の大きさの予測のよ

うな不安定な要素に頼らずに、候補手をその形から直接に、より確実に評価する事ができるようになる。その結果、先読みに頼る割合が減少し、「形で打つ」事でミスが減少していくのではないかと考える。ただし、記憶実験の場合と異なり、全ての石に細かく注意している様子はなかった。上記のプロ発話例にある「下辺を損して押した形」のように、意味のある一つのグループとして大まかに捉えていれば、全ての形を詳細に確認しなくても対局の状況を把握することは可能であると考えられる。本実験では定石の選択や布石の問題を選択したが、詰め碁や攻め合いなどの場面では先読みの比重が高い事が予想される。そのような時でも、パターンを利用する事で先読みの量を減らし、効率の良い手の選択を行っていると考えられる。このことは今後の実験で確認したい事項である。

#### 4 パターン知識についての予測

今回おこなった二種の課題で、大きな役割を果たしていると考えられるのは「形」についての知識である。記憶実験で示されたように、局面を見たときにまず認識されるのは見慣れた形であり、このような形は素早く、正確に把握する事ができる。形として認識されるのは位置に近い石だけではなく、四隅の石の組み合わせといった布石も一つのパターンとして認識される事がわかった。実戦では、このようなパターンの知識を多く保持している事によって、石の形から現在の状況を素早く判断する事が可能になる。次の一手実験では、熟達者は石の形を知るだけではなく、形に評価を与えることによって、与えられた状況を解釈する手がかりをより多く得る事ができた。そのため、地や模様といった序盤から中盤において不安定な基準に頼る割合を減らし、良い手のみを候補手として選び出す事ができた。

定石や手筋のような限定された範囲のパターンのほかに、四隅の布石のように広くまばらなパターンも知識として持っていることがわかった。このことから、さらに違った種類のパターンも知識として存在するのではないかと予測する。特に、次の一手問題において個々の石ではなくグループとしての特徴に注目していた様子からは、「強い石」や「壁」、「厚み」といった、形は厳密ではないが重要

な概念である部分を抽象的なパターンとして扱っている可能性が考えられる。また、形と評価が結びついているのであれば、「攻めるときの形」のように、状況に応じたパターンだけを適切に利用する事もできる。このような抽象的なパターンの存在を明確にする事は容易ではないが、このようなパターンを扱う為に囲碁用語を補助として利用していると言う事も考えられる。今後の実験によって、様々なパターン知識の存在について調べていきたいと考えている。

#### 5 おわりに

今回の実験で、人間が囲碁に関わる作業を行う際に、良く現れるパターンに関する知識が重要な役割を果たしていることを発見する事ができた。パターンと評価の結びつきを確実にする事によって、複雑な状況においてもその時に重要な側面を切り出して考える事が出来る様になり、思考を適切な方向に向ける事が可能になる。囲碁における人間の思考モデルを考える上で、パターン知識を詳細に調べる事は不可欠である。今後は、種類の異なるいくつかのパターンを組み合わせる利用するモデルについて詳細に調査し、対局プログラム等に取り入れてモデルの検証を行いたい。

#### 参考文献

- 1) 伊藤毅志, 松原仁, ライエル・グリーンベルゲン: 将棋の認知科学的研究(1) — 記憶実験からの考察, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.10, pp.2998-3011(2002)
- 2) 伊藤毅志, 松原仁, ライエル・グリーンベルゲン: 将棋の認知科学的研究(2) — 一次の一手実験からの考察, 情報処理学会論文誌, Vol.45, No.5, pp.1481-1492(2004)
- 3) 伊藤毅志: 熟達者の直観的思考を将棋プログラムに組み込む試み, ゲームプログラミングワークショップ 2004, pp.54-59(2004)
- 4) 斉藤康己, 吉川厚: 囲碁に関する認知的研究, ゲームプログラミングワークショップ'95, pp.44-55(1994)
- 5) 斉藤康己: 囲碁の認知科学的研究, 東京大学博士論文 (1995)