

次の一手課題に基づく囲碁と将棋の特徴比較

高橋 克吉[†] 猪爪 歩^{††} 伊藤 毅志^{††} 村松 正和^{††} 松原 仁[†]

[†] 公立はこだて未来大学 ^{††} 電気通信大学

本研究では、囲碁の次の一手課題を用いて、棋力の異なるプレイヤー間で思考過程にどのような違いが出るかを調べた。また、同様の実験を行った将棋における次の一手課題と比較して、囲碁と将棋の性質の違いについて考察した。囲碁と将棋のどちらにおいても、最も思考時間が長いのは中級者で、棋力が上がると思考時間が短くなる傾向があった。アイカメラによる記録では、囲碁の初級者は相手の手に直接対応する狭い範囲の視線が見られたが、強いプレイヤーは盤面全体をくまなく見る視線が観察できた。これは囲碁における局面認識の特徴であると考えられる。将棋においては初級者は盤面全体を見て状況を局面を認識するが、上級者になると盤面にほとんど停留点が現れないことが示されており、囲碁と将棋で反対の結果が現れた。この違いの理由として、囲碁では石のグループを死活などの単位に分けて理解するために空間的チャンクが優位に働くのに対して、将棋では局面に至るまでの経緯を推測して理解するために時間的チャンクが優位に働くということが考えられる。

Comparison of characteristics between Go and Shogi based on next move problems

Katsuyoshi Takahashi[†] Ayumu Inotsume^{††} Takeshi Ito^{††} Masakazu Muramatsu^{††} Hitoshi Matsubara[†]

[†] Future University Hakodate ^{††} University of Electro-Communications

In this research, we conducted a 'next move problems' experiment on the game of Go, and compared the result of experiment to the problems on Shogi. On both Go and Shogi, intermediate players took longer time than the other players to decide next move. On eye tracking data of Go, novice players looked limited spaces of a board. In contrast, expert players looked whole of the board to recognize stones positions. Shogi had an opposite result on eye tracking data. Novice Shogi players looked whole of a board, and expert Shogi players looked limited spaces. We considered that chunks made those differences. Expert Shogi players recognized positions to use 'temporal chunk' mainly, which is a chunk of meaningful move sequences. In contrast, expert Go players mainly used 'spatial chunk' because positions in Go games have many separated groups of stones on the board, and players need to unite groups to recognize the positions for stones.

1 はじめに

ゲームは心理学実験の対象として盛んに利用されてきた。チェスでは、Chase と Simon がチェスの上級者が持つチャンクの実験的に示した¹⁾。チェスの上級者はいくつかの駒の配置をひとかたまりとして記憶しており、またそのかたまり同士の関係も一つのチャンクとする階層的なチャンクのモデルを示した。囲碁において追試を行ったのが Reitman である²⁾。Reitman は囲碁の石の配置を記憶し、再現する課題を被験者に与えた。その結果、囲碁においてもチャンクは観察されたが、チェスのような階層的なチャンクは現れなかった。これについて Reitman は、一つの石が複数のチャンクに属する、オーバーラップしたチャンクのモデル

を示唆した。

このように、あるゲームで行われた実験を別のゲームで追試することには認知科学的な意義がある。性質が大きく異なると思われるゲームの間では特に有効であると考えられる。本研究では、伊藤らによって行われた将棋の次の一手課題と同様の実験を囲碁について行い、その結果を比較した。

2 関連研究

囲碁を対象とした認知的研究は斎藤や吉川によって精力的に行われてきた³⁾。斎藤と吉川は、アイカメラによる視線の計測と発話プロトコル分析を用いて、対局中のプレイヤーの思考過程を調査した。また、詰碁を4秒間だけ見せて、その際の視線を観

察した⁴⁾。その視線の観察とアマチュア高段者への詳細な聞き取りによって、強いプレイヤーは石のパターンと囲碁用語を組み合わせた「ハイブリッドな知識」を多数保持しているとするモデルを提案した。また、小島と吉川は、棋譜の読み上げによる局面記憶の課題を提示し、読み上げの際に「ツケ」「ハネ」などの位置関係を示す囲碁用語を加えると記憶の成績が大きく向上することから、囲碁における「空間的チャンク」が優位に働いているとした⁵⁾。

3 将棋における次の一手実験

本研究で比較対象とする将棋の次の一手実験について述べる。

伊藤らは、将棋を題材として認知的実験を行ってきた^{6, 7)}。次の一手実験では、初級者からプロ棋士まで棋力の異なる被験者に局面を提示し、次の一手を考える課題を与え、手を決定するまでの思考を発話するよう指示した。また、この際にアイカメラを用いて視線の動きを計測した。問題は、妙手発見的な問題にならないよう、独自に作成した問題を使用した。その結果をもとに、以下のような分析を行った。

3.1 量的データ

量的なデータとして、回答までの時間や候補手の数などを集計した。回答までの時間は、中級者が最も長かった。強くなるにつれて、回答までの時間は短くなっていった。また、思考中に挙げた候補手の数は、平均して中級者が最も多かったが、先読みの深さは棋力が上がるほど深くすばやくなった。その結果、発話に現れた具体的な指し手の数はプロ棋士が最も多かった。

3.2 発話プロトコル分析

次に、発話プロトコルの分析を行った。初級者は局面を理解するまでの時間が長かった。この局面理解の過程では、駒の位置を符号で表現し、一つ一つの駒について確認しながら局面を理解している様子が観察された。候補手は、駒を取る手や逃げる手などの直接的な手を中心となり、深い先読みはあまり見られなかった。

中級者になると、局面理解にかかる時間は短くなった。また、局地的な手筋に基づいた候補手の生成と先読みが多くなった。中級者になると、あ

る程度の手筋を学習することによって、多くの候補手を発見することができるようになる。この結果として、発話に上る候補手の数が増えるものと考えた。

上級者以上になると、どのようにしてその局面に達したのかという経過についての言及が見られるようになった。これは、知識が体系化して、見通しを持った知識として捉えられるようになったものであると考えた。このような見通しが立ってくると、この先どのようになると良いのか、または悪いのが察知できるようになり、候補手の数が絞られて、先読みも深くなるものと考えた。

3.3 アイカメラデータと発話の照合

伊藤らは次に、アイカメラによる視線の記録と発話の記録を照らし合わせて、1分間で行われる思考過程を調査した。

初級者は、相手の直前の手を見ることから始まり、駒の配置を少しずつ確認しながら、盤面の広い範囲を見ながら局面を理解しようとしていた。このため、局面の理解に長い時間がかかり、1分間の視線データのうちほとんどが局面の認識に費やされていた。

中級者になると、局面を見る範囲が狭くなり、局面理解までの時間は短くなった。また、手筋に基づいた一連の指し手を追うような視線が現れた。

上級者以上になると、さらに見る範囲が狭くなり、また局面を駒の配置の集まりよりも、対局の経緯の中でどのような状況にあるのかという認識が可能であることが発話から確認できるようになった。もう一つの特徴として、発話している駒の位置と視線の位置が異なっている場合があった。これは、その場所への将来の影響を考えながら発話しているからであると考えた。

3.4 時間的チャンク

特に伊藤らは、局面認識における棋力ごとの差異に着目した。初級者は駒の配置を少しずつ確認しながら局面認識を行った。これは「空間的チャンク」の概念で説明できる。しかし、棋力が上がるにつれて盤面上を見る範囲が狭くなり、プロ棋士では局面提示直後に局面の認識ができていた。上級者以上の発話からは、問題の局面に至った経緯と、この先の大まかな展開についての発話が見れ

た．このことから伊藤らは，上級者の局面認識について，空間的チャンクだけでなく，時系列上にひろがった「時間的チャンク」の存在を仮定すればうまく説明できるのではないかとした．

4 次の一手実験

4.1 実験方法

本研究で行った実験について述べる．実験に使用する問題は，正解が一意に決まらないこと，被験者にとって既知の局面にならないことを目的として，プロ棋士にオリジナルの問題作成を依頼した．さまざまな種類の局面を用意するために，序盤から終盤までの局面を作成してもらい，最終的に序盤 5 題，中盤 10 題，終盤 5 題の 20 題を用意した．序盤から終盤までの区別は依頼したプロ棋士の判断をもとにしている．中盤の問題が多いのは，手の選択肢が最も広く，実験に適していると予想したためである．被験者として，初級者 2 名，中級者 4 名，上級者 5 名，プロ棋士 8 名の 19 名が参加した．被験者に対してモニタ上に局面を提示し，次の一手を決定させる課題を与えた．この際，次の一手を決定するまでの間，思考を声に出すよう教示した．また，課題中はアイカメラを使用して被験者の視線の動きを記録した．

4.2 実験結果

4.2.1 量的データ

図 1 に，棋力別に平均した被験者の思考時間を示す．プロ棋士は，中級者および上級者に対して， t -検定 ($p < 0.05$) で有意に短い時間で回答した．図 2 に，棋力別の先読みの広さおよび深さを示す．広さは発話に現れた候補手の数であり，深さは最大何手先まで読んだのかをあらわしている．中級者が広さ，深さともに最も多く先読みを行っていた．また，序盤から終盤までの区別について，候補手の数にはあまり影響をあたえなかったが，読みの深さについては中盤における中級者の先読みが若干深くなる傾向が見られた．

4.2.2 発話および視線データ

図 3 に実験で使用した問題の一つを示す．右上に黒が打ち (が ついて いる) ，白の手を考える場面である．この問題を題材として，局面認識から手の決定までの過程について発話を棋力ごとに見

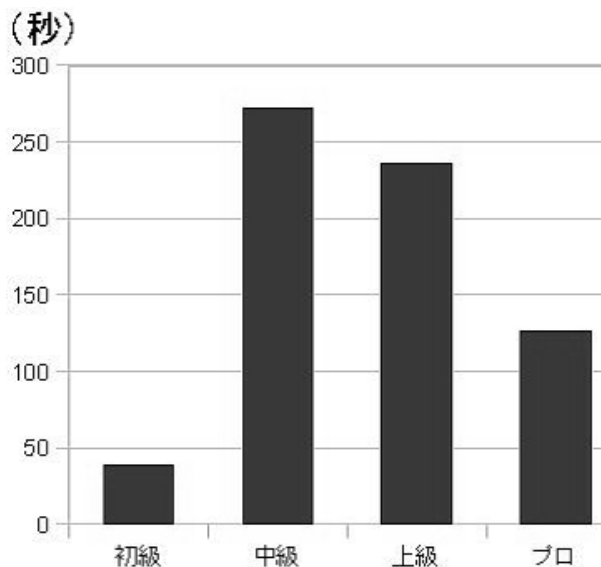


図 1 Average answer time on each skill of Go

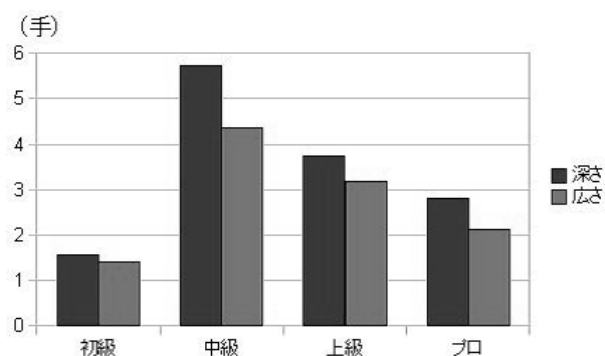


図 2 Width and Depth of search while thinking

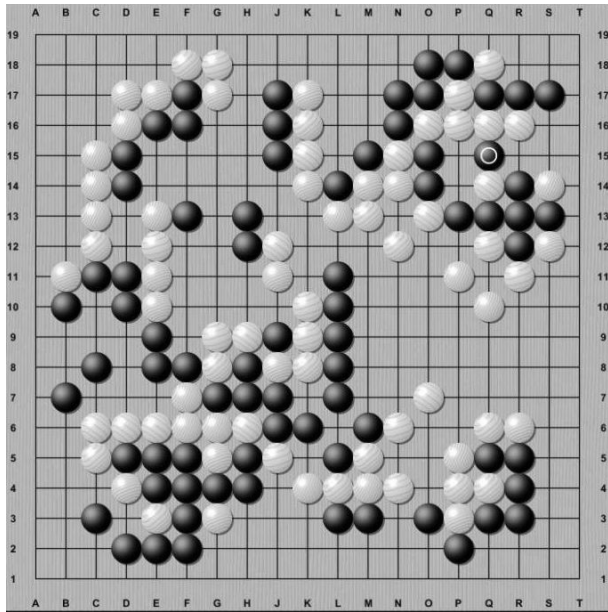


図3 One of problems used in this research

ていく。ただし、発話は一部省略している。省略は...で示す。

あわせて、各棋力の被験者がどのような視線を記録したのか示していく。視線が一定時間同じ場所を見続けたものを停留点と呼び、本実験では0.2秒以上の停留点を計測して比較した。停留点は網掛けの円で示し、円が大きいほど長時間停留していることを示している。

<初級者(10級程度)の発話>

え、なんだこれは。白は取られる、取られそうな、んー。んと、次白が打って取られ、駄目だな助かないのかな。えー、白が打って、黒が打って、ん、し、白黒、白、黒、えーよく分かんないな。こっちに白が打つと、く、取られて終わる。こっちだところこう、ん、こうこう。まあよくわかんないけどPの15に打ちます。

初級者は着手決定までを1分で終了した。相手の手に対応して、右上隅の石が取られるかどうかを読もうとしていることがわかる。しかし、最終的には自分でも良い手かどうかあいまいな状態のまま手で選択した。右上以外については考えなかった。図4に初級者の視線を示す。初級者は発話の通り、相手の打った右上のみを見ており、他の場

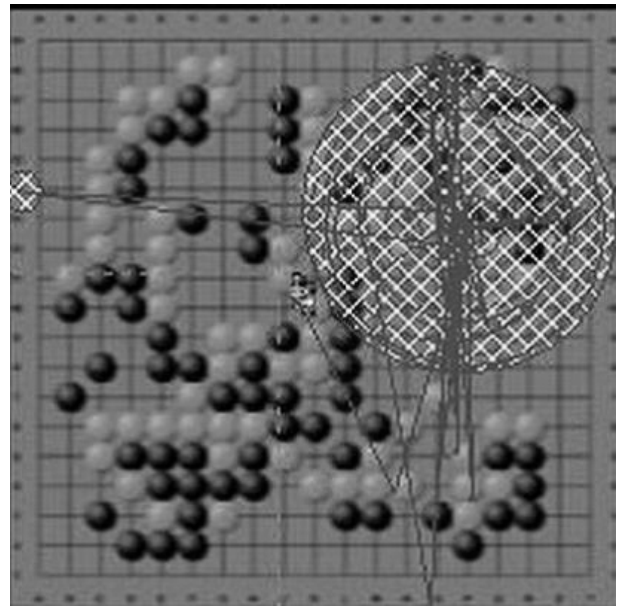


図4 Eye tracking data of a novice player

所にはほとんど停留点が現れなかった。また、大きな停留点が少しずれながら多数現れており、先読みの際に細かくゆっくりと視線が動いていることが観察できた。

<中級者(2段程度)の発話>

えーと、何故こうなってる。なんでこうなったんだ。とん。え、とんとんとんとん...

ここは死にですかね。死にくさいな。でもこの、なんでこうなったんだ。意味が分からない。意味が分からない、なんでこう。んー...

え、ここ取られてんのじゃあ。取られて、取られてこことこ持ってんのか。足りないよね。足りないよね。じゃあここを殺しにいくしかないんじゃないかな。これ死んでんのかな。手抜きで死んでんのかな。え、わかんね。黒、白、黒、白、黒、白。黒、白、黒、白黒白黒。んー、これは駄目だね。いや手抜きは、手抜きはあかん気がする。直感はこちらだけど、ここはとん、とん、とん、とん...これで死にかな。これで死にだね。Eの14に打ちます。

中級者もまずはじめに右上の死活に着目した。中級者になると、できるだけたくさん読むことで判

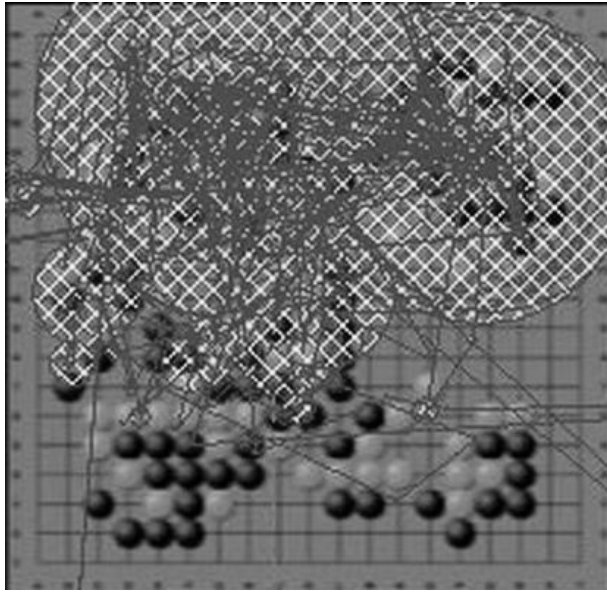


図 5 Eye tracking data of a intermediate level player

断をするようになり、右上の死活に約 2 分の時間をかけた。その間、小さな停留点が多く観察された。これは先読みの際に視線がすばやく移動していることを示している。また、手は具体的な座標ではなく「とんとん」といった擬音で発話されている。局面評価の際には各部分の死活についてある程度確認した後で、形勢判断を行っている。この場合は不利と考えて左上の相手の石を取りに行くことを選択している。このように、中級者になると全体的な状況の優劣について判断するようになっていく。図 5 に中級者の視線を示す。停留点は盤面の上半分に広がっており、初級者よりも広く盤面を見ていた。左上の停留点は、形勢判断の後に黒石を取ろうとした発話に相当すると考えられる。

< 上級者 (7 段程度) の発話 >

白番。これはウツゲエシではない。こうやって、これは取られてるね。えー。アテでツナイでアテで、アテ、切るとこうくる。ああこりゃ、ここが空いてるんだよな。空いてるから、ここは取られという風に考えていい。ワタリはちょっと、遠い話で...

んー、ここはサエギっても、これワタられるとこれは約 20 目近くあるか。これは、こ

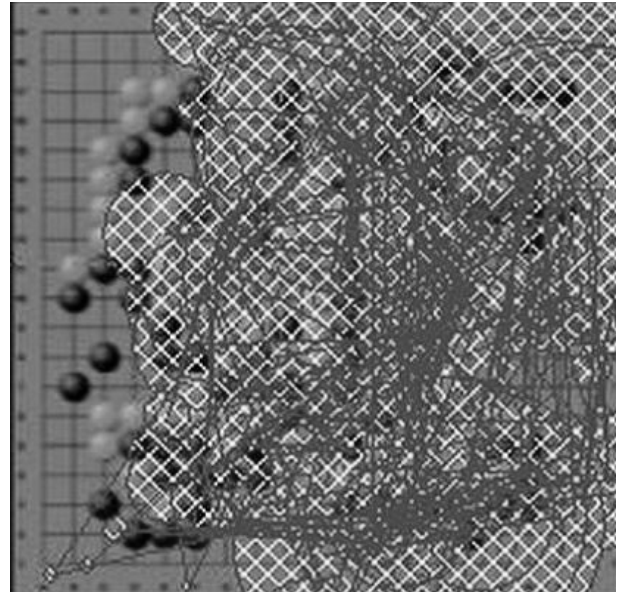


図 6 Eye tracking data of a expert player

れは、20 ちょっと待てよ。1,2,3 これ、これが 20, 20,30,40,50,60,70, 70,80, 90 弱。10,20,30,40,50,60,70,80,90 あ意外と細かいんだ。細かいとなると、ヨセ勝負。ヨセ勝負。これツナギが先手になるかどうか。ツナギでしょ、ハサむこうやってこうやってこうやってこれは死ぬけど、逃げないと。こっちの攻め取りのほうが確かだから、これ生きられちゃつたらまずいんだけど、こうハネ出したときにここに飛ばばいいんだよね...
えーとヨセで最大となると、ここ。ここに打つ。えー J, K かこれ。K の 3。K の 3 に打ちましょう。

上級者になると、先読みの前に死活の判断をして、それを確認するように先読みを行う様子が現れた。また、囲碁用語が頻繁に出現するようになった。右上の死活には 30 秒程度の時間をかけた。局面の評価では目算を行い、形勢判断がより細かくなっている。目算に入るまでの思考時間は 2 分程度だった。図 6 に上級者の視線を示す。停留点の範囲はさらに広くなり、左辺を残して大きく広がっていた。この問題では、上級者は目算を行っている。目算のためには盤面全体の地を数える必要があるため、停留点が全体に広がったと考えられる。

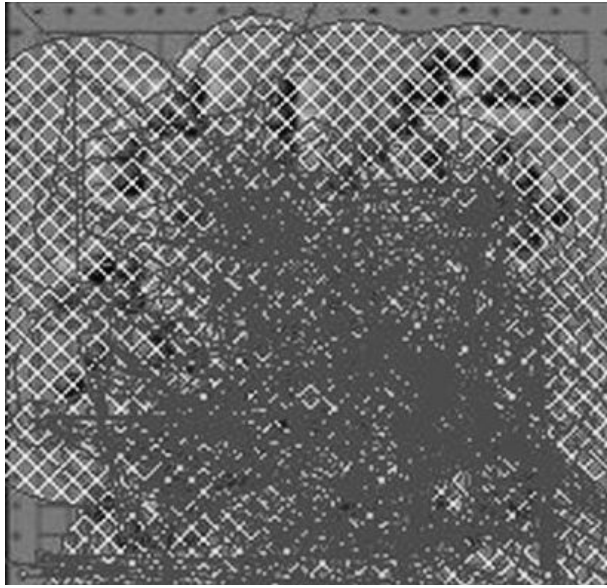


図 7 Eye tracking data of a professional player

<プロ棋士(プロ九段)の発話>

うわ、これがまた、だいぶ、なんだ。これは読みと計算と必要な場で。えー、とりあえず右上白取られてる。右下ヨセはあるけれど、たいした問題ではない。左下は攻め取りがどうなってるのかですね。えーと、左上はまず取れてるかどうかを確認しないとイケないですね。でもまあ取れてそうですね。取れてそうということで、こっこの、この辺で攻め取りにさせて、勝てるかどうか。... ちょっと勝ちそうですねけれども、さっきの計算だと白 105 の黒 106 ですよ。ここワタられると、いや、微妙ですね。7 目増えて左辺と右辺の 1 目取りが見合いになって、微妙ですね。中央もそんなにピシッと効くか、黒から打ってもそんなに減らないから、そうですね。中央打ってやっぱり右辺のハネツギが両先手気味ですので、えー、一応ここは白は右辺にハネます。えー、S の 5 にハネますね。中央ははっきりしない、ハネたら勝てそうなんですね。...

プロ棋士になると、死活については発話に読みが出るのがなく、ごく短い時間で判断している。発話から、この問題では盤面を右上、右下、左下、左上の 4 箇所に分割して見ている事がわかる。目算

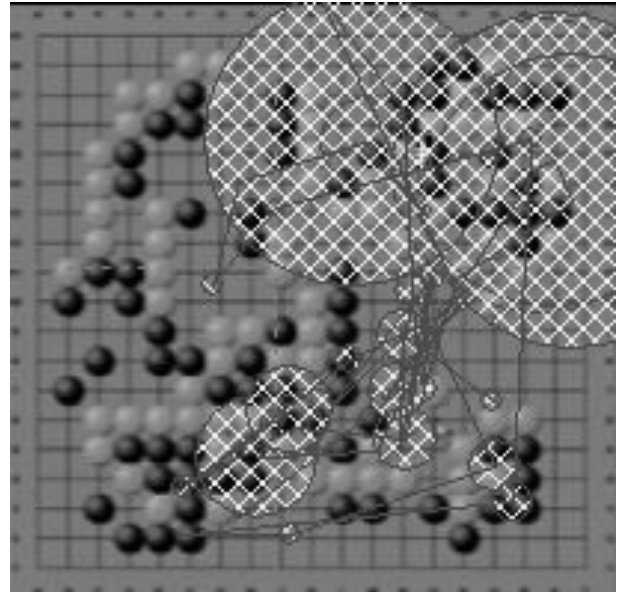


図 8 Opening 60 seconds of eye tracking data of an expert player

は 1 目単位まで細かくなっている。目算に入るまでの思考時間は上級者と同様に 2 分程度だった。図 7 にプロ棋士の視線を示す。盤面は完全に停留点で覆われており、プロ棋士は盤面をすべて見たことがわかった。上級者と比較して目算が細かく正確に行われていることが、左辺まで覆われた停留点に現れていると考えられる。

上級者およびプロ棋士は、目算のために盤面全体をくまなく見ているため、どのようにして局面認識をしているか視線からはわかりづらい。そこで、問題の提示開始から 1 分間の視線の軌跡を用いて局面認識過程を分析した。

図 8 に上級者の開始後 1 分間の視線を示す。上級者の視線も発話のはじめに死活についての言及があった通り、まず右上の石に大きな停留点がある。しかし、発話に現れた手数ほど多くの停留点はなかった。このことは、先読みにおいて視線の移動が少ないことを示している。右上の死活確認が終わると、下辺に停留点が移動している。停留点は石に沿って移動し、下辺の石のところに続いていた。

図 9 にプロ棋士の開始後 1 分間の視線を示す。プロ棋士の視線でアマチュアの被験者と比較して特徴的な点は、右上の停留点がわずかに小さな点し

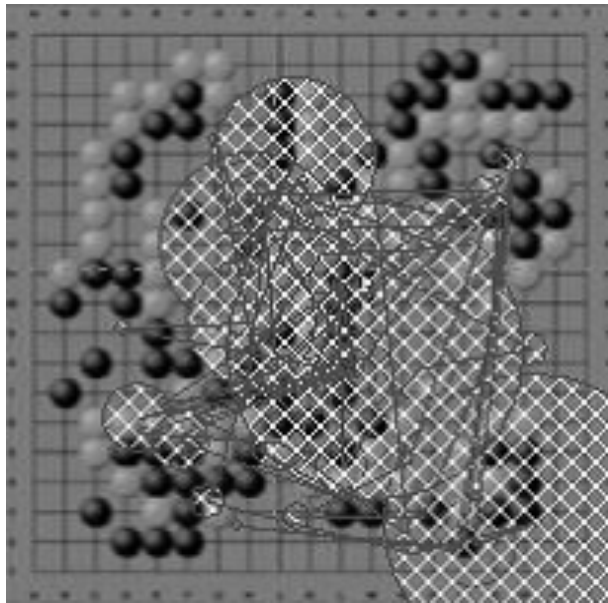


図9 Opening 60 seconds of eye tracking data of a professional player

かないことである。これは、右上の死活を即座に判断したことを示すものと考えられる。大きな停留点はほぼ中央にある。発話から、これは左下の白石に対する攻め取りの対象となっている中央の黒石について考えているものと推測できる。

5 考察

5.1 発話プロトコル分析

発話から得られた情報について、その特徴を考察する。

初級者は相手に打たれた部分の死活について考えることしかできなかった。また、先読みも不安定なものだった。それにもかかわらず、手の決定までは1分程度で終了しており、長く複雑な思考はまだ出来ないと考えられる。初級者は手筋や形についての知識が少ない。そのため、石が取れるか、あるいは取られるかどうかというのが最も大きな判断材料であると考えられる。

中級者の発話には、「なんでこうなったんだ」という、問題局面までの経緯に疑問を持っていることが現れている。これは、囲碁においても時間的チャンクが利用されていることを示すものであると考えられる。しかし、結局は「意味がわからない」と発言しており、盤面から時間的な情報は得

られなかったことがわかる。このような時間的な経緯についての発話は別の問題でプロ棋士にも現れていたが、やはり問題となっている局面から過去の手順を推測することは難しいようであった。

中級者や上級者の発話から見られる特徴は、先読みが局面理解のためにも行われる事である。局面理解から候補手生成という順序だけではなく、死活の確認をするために候補手を生成して先読みを行い、その結果を利用して局面の理解を進めていく様子が見られた。目算は先読みによる局面理解の顕著な例である。目算は局面理解の一部であると同時に、先立って死活を判断し、またある程度までヨセの先読みをすることが必要となる作業である。このように、局面理解に先読みが含まれる構造を持っていることは、囲碁の大きな特徴であると考えられる。またこの特徴から、局面理解と候補手生成の区別はある程度あいまいなものになると考えられる。

別の特徴として、相手の手番から考えるという行為が挙げられる。これは、中級者の「手抜き」やプロ棋士の「両先手」「見合い」という表現として現れている。囲碁では打つ場所の制約が少ないため、打ちたい場所が複数ある場合や、双方にとって重要と考えられる部分がある場合に、相手がその場所へ先に打ったと仮定して状況を考えることが多くなる。これも囲碁の特徴であると考えられる。

5.2 将棋との比較

本実験で得られた結果と、伊藤らによる将棋の実験を比較する。

思考時間については、囲碁と将棋で同様に中級者の思考時間が最も長かった。将棋において中級者の思考時間が長いのは、局面認識にある程度の時間がかかることに加えて、候補手が増えて先読みの量が増えることによる。囲碁では、前述のように先読みの一部は局面理解の過程に組み込まれているため直接的な比較は難しいが、候補手の数が増えることについては共通している。

発話およびアイカメラの記録による局面の理解について比較する。将棋では、初級者は局面理解のために盤全体を見ながら駒を一つ一つ確認するようにしていた。これは空間的チャンクの利用である。これに対して、強いプレイヤーは盤の中央の

みを見て全体をすばやく把握できた。上級者の発話からは、どのようにしてこの局面にたどり着いたのか、また今後の展望についての発話を観察することができた。伊藤らによれば、上級者は時間的チャンクを利用することによりこのようなことが可能になると考えている。

一方囲碁では強いプレイヤーの方が局面を広く見ていることがアイカメラのデータから示された。また、局面の理解は部分的な状況の確認から始まり、必要ならば確認のために先読みを行うという構造を持っていることが発話からわかった。各部分の状況を確認しながら、それを組み合わせて全体を見るという手続きは、空間的チャンク概念に当てはまる。囲碁においては上級者でも空間的チャンクを積極的に利用していることが示された。反対に、時間的チャンクを用いて過去の経緯を推測することは難しいということもわかった。

6 おわりに

本研究では、囲碁における次の一手問題を用いた実験を行い、先行研究である将棋の次の一手実験と比較を行った。全体として、将棋の上級者は時間的チャンクを有効に利用して局面を理解していたのに対して、囲碁の上級者は空間的チャンクを積極的に利用し、また先読みも局面理解の一部となっていることがわかった。今後の課題としては、次の一手問題では積極的に利用されなかった、囲碁における時間的チャンクの性質について調査することがあげられる。囲碁の強いプレイヤーにとっては、対局を初手から順に並べることは難しくない。しかし、今回の実験で示されたように、ある局面を示されたときに過去にさかのぼることは難しいことがわかった。このような、一方通行的と言える時間的チャンクは将棋と異なるものであり、チャンクについてより深く考察するためには興味深い問題である。引き続き、囲碁を対象とした認知的研究を進めて行きたいと考えている。

参考文献

- 1) Chase, W. G. and Simon, H. A. : Perception in Chess, Cognitive Psychology, pp.55-81(1973)
- 2) Reitman, J. S.: Skilled Preception in Go : Deducing memory structures

from inter-response times, Cognitive Psychology, pp.336-356(1976)

- 3) 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(1995)
- 4) 吉川 厚, 斉藤 康己 : 先読みをしないと詰碁は解けない?, ゲームプログラミングワークショップ'96, pp.76-83(1996)
- 5) 小島琢也, 吉川厚 : 囲碁における空間的チャンクと時間的チャンク, 情報処理学会ゲーム情報学研究会 (2000)
- 6) 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)
- 7) 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) — 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)