将棋のプロ棋士はどのように手を選んでいるか？

松原　仁

■ 研究のねらい

人間のエキスパートは解くべき問題を見た瞬間にどこがポイントかを的確に判断することができる。これはいわゆる「直感」と呼ばれている能力であるが、エキスパートがエキスパートである所以はこの直感能力にあると言うことができる。コンピュータは網羅的しらみつぶし的な探索は得意であるが、直感能力はまったく有していない。これからロボットやコンピュータをさらに人間にとって使いやすいものにしていくためには、なんらかの直感能力を持たせるようにすることが重要と考えられる。コンピュータに直感能力を持たせるために少しでも知見を得たいというのが本研究の動機である。

本研究では対象として将棋を選択した。チェスというゲームは情報処理研究の有力な例題として 50 年にわたってプログラム化が進められ、その過程で多くの成果が得られその成果はゲーム以外の領域でも広く使われるようになっている。コンピュータチェスは 1997 年に当時の世界チャンピオンに勝利したが、そこで使われた手法はルール上指せる手は全部読むという力任せ方式で、人間の手の選び方とはまったく異なる手法であった。将棋はチェスに似たゲームだが、敵から取った駒を再利用できる持ち駒制度によって、チェスよりも場合の数がはるかに大きくなっている。チェスと同じ力任せ方式では到底名人／竜王に勝つことはできない（たとえば 1997 年に世界チャンピオンに勝ったコンピュータチェスをそのまま将棋用に変更したとすると、一手考えるのに最低数ヶ月はかかる勘定になる）。読む価値のない手を捨てて見込みの高い手だけを選び出す、いわば直感的な思考が強いコンピュータ将棋を作成するのに必要である。逆に考えれば、ルールが明確な将棋が対象でコンピュータに直感が実現できないのであれば、ルールが不明確な実世界の問題で直感が実現できるはずはない。そういう意味で将棋は例題として適していると思われる。すなわち、将棋のプロ棋士がもっぱら中盤で膨大な選択肢の中から適切な候補手だけを選び出す過程を分析し、そのプロセスをモデル化することが本研究の目的である。

■ 研究成果

本研究は、

１）将棋のプロ棋士の情報処理過程を実験によって調べる。
２）上記の実験結果をもとにコンピュータモデルを作成する。

という二つの側面からなる。両方の研究を行なってきたが、後で述べるように途中から焦点を１）に当てたので、ここではもっぱら１）の方を説明することにする。将棋は、探索空間が広く、人間の論理的思考だけでは解決が困難なゲームである。したがって、人間は、直観的な思考も織り交ぜて、この複雑な問題解決に取り組んでいる。チェスの分野では、力任せ方式と呼ばれる並列分散計算方式によって、コンピュータが人間のチャンピオンを破ったが、同じ手法を用いても、現在のコンピュータ

の速度では、将棋の複雑さに対応できないことが判明している。人間の直観的思考を認知科学的に調べる問題として、将棋のような複雑なゲームは最適な問題のであると言える。チェスの分野では、以前から対局者の認知科学的研究が行われ、盤面の記憶にチャンクが用いられていることや知識が記憶に与える影響に関する研究などが行われてきた。また、囲碁では、斉藤らが対局者の発話プロトコル分析などを調査している。しかし、将棋の分野ではほとんど認知科学的な研究がなされておらず、研究データがまったく不足している。そこで研究データをなるべく多く集めることが大きな目標となった。一部はチェスの研究の追試的な側面を有するのはやむを得ないと思われる。チェスと将棋でどこが同じかどこが違うかを見出すことも重要なポイントになるからである。

プロ棋士、アマ上級者、アマ初級者などを被験者にアイカメラ、プロトコル分析、インタビューなどを道具立てを用いた認知心理学的な実験を多数行なった。どういう実験かを理解してもらうためにそのごく一部を比較的詳しく説明する。

A） 局面記憶実験（1）

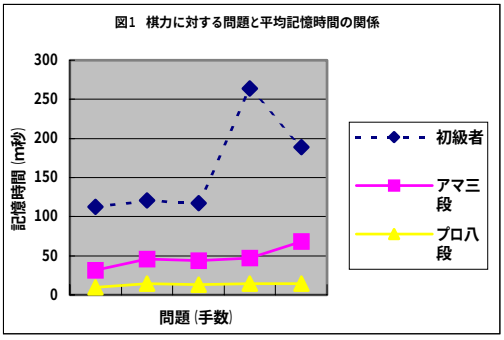
対局者は、対局中の局面を覚えるのにどのくらい時間がかかるのか、棋力の違う被験者で、記憶にかかる時間を比較する。将棋対局中のある局面を提示し、記憶したとおり再現させる実験を行った。問題は１９９９年度の将棋年鑑ＣＤに収録されていたプロ棋士の棋譜から、１０手間隔で２０手目から６０手目まで（５段階）の様々な戦型を抜き出した。５段階×２題の全１２問をランダムに提示した。

実験の手順は、以下の通りである。まず、問題局面がコンピュータ上に表示され、被験者はそれを記憶する。十分記憶したと被験者が判断したところで、被験者自らが画面上のボタンをクリックして、再生画面に移行する。再生画面では、被験者はマウス入力で自由に駒を配置できるようになっていて、記憶した局面の再生を行う。

コンピュータ上の実験システムは、問題が提示されてから回答画面に移行するボタンをクリックするまでの記憶に要した時間と被験者の再現手順、再現正解率を自動的に記録できるようになっていて、実験後に集計する。また、被験者には、アイカメラを装着させ、記憶と再生の際の視線の動きも記録した。

被験者は、アマチュア初級者、アマ三段、プロ八段の３名。出題方法、回答方法などは同条件で、比較した。初級者からプロにかけて棋力の向上に比例して、記憶時間に要した時間は短くなっていった。図１はその関係をグラフにしたものである。

プロ八段は際だって短い時間で記憶していることがわかる。アマ三段も比較的早く記憶しているが、



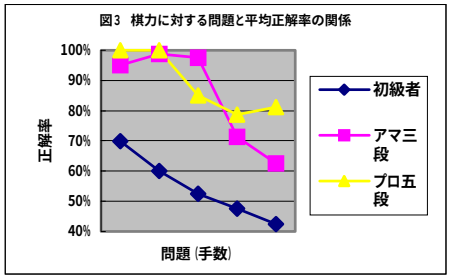
問題の手数が延びるにしたがって記憶時間がかかっている。初級者は記憶するのに非常に時間がかかり、さらに数問で誤答が見られた。

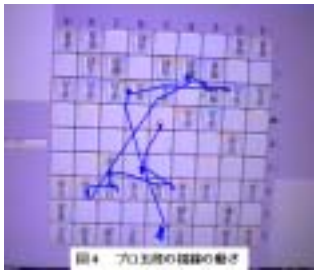
プロ八段は、実際かなり短い時間で局面を記憶できることが確認された。図２はプロ八段がある局面を約６秒で記憶した全視線軌跡であるが、局面の中央あたりをぼんやりと眺め、右の回答モードへ移行するボタンに視線を何度も移動させているのがわかる。これは、６秒より短い時間で記憶しているが、確認のために視線を走らせていることを表している。

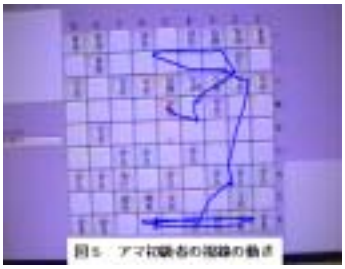
アマチュアは、初級者ほど駒を一つ一つ確認し、視線の軌跡を調べると局面全体を見ているのに対して、上級者ほど、局面中の見ていない部分が広くなっている。見なくても記憶可能であるということは、局面の一部の特徴だけを見て、局面をチャンクしてひとまとまりとしてとらえることが可能であることを表している。初級者と上級者では、局面の認識、記憶の仕方に大きな違いがあることがわかる。

Ｂ）　局面記憶実験（２）

上級者は実際にきわめて短い時間（３秒）で局面の記憶が可能なのか、３秒間だけ局面を提示して再生させる実験を行い、棋力と正答率の関係を調べる。提示する局面は、実験（１）と同様、プロの実践譜から１０題（５段階×２題）を選んだ。手順は、局面を提示し、３秒後に自動的に局面が消え、







再生画面になり、記憶した局面を再生させる。アイカメラも装着させ、３秒間の視線の動きも追った。被験者は、アマチュア初級者、アマ三段、プロ五段の３人で、正答率を比較した。　図３は、３人の横軸（問題：２０手～６０手）と縦軸（平均正解率）の関係をグラフにしたものである。初級者はもともと正答率が低く、手数が延びるにつれて、正解率は悪くなっている。また、プロ棋士は、アマ上級者とほぼ同等の正解率だが、手数が延びても８０％程度の正答率を保った。視線のデータも取ったが、３秒ではどの被験者も局面全体を見ることはなかった。この結果は、アマチュア上級者以上では、局面の見ていない部分でも再生できることを示唆している。

初級者は局面中の幾つかの箇所で停留点が見られ、局面の一部を覚えようとして時間がなくなってしまう傾向が見られた。再生の際に、駒の初期配置から適当に動かして、回答するという行動が見られた。手数に比例して正解率が悪くなっているのは、そのせいと考えられる。プロは、局面の特徴点のみを走査するように視線が動き、結果として局面全体を一つのチャンクとしてとらえることが出来ていた。アマ高段者との違いは、アマ高段者は囲いや戦型といった局面の部分的なチャンクは可能だが、それを超えて、局面全体を一つのまとまりとして評価するより大きなチャンクが出来ていないので、プロのように手数が延びても正答率を保つことが出来ないと考えられる。

Ｃ）局面記憶実験（３）

知識やチャンクが本当に使われているのか、知識やチャンクが働かないランダム対局の局面を用い

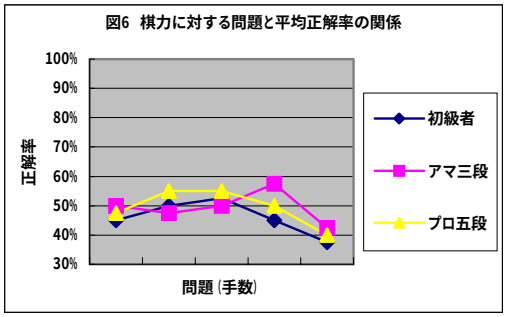
て、棋力に対する問題と正解率の比較を行う。

将棋の駒を動かすルールのみに則って可能な指し手をランダムに選択して駒を動かす対局を、ランダム対局と呼ぶことにする。先手後手ランダム対局が可能な将棋ソフトで、２０手、３０手、４０手、５０手、６０手進んだ局面を２題ずつ、合計１０題用意した。

実験の手順は、これまでの記憶実験と同様、局面がコンピュータ上に３秒間提示され、再生画面に移行し、被験者にマウス入力で回答させる。その回答と問題の局面を比較して、４０枚の駒のうち何枚が正しく配置されているかで、正解率を計算した。被験者には、アイカメラを装着させ、記憶と再生の際に視線の動きも記録した。被験者は、アマ初級者、アマ三段、八段の３名。出題方法、回答方法などは同条件で、比較した。

図６は、棋力に対する横軸（問題：２０手～６０手）と縦軸（平均正解率）の関係である。見てわかるように被験者の棋力に関係なく殆ど同じグラフが描かれた。図７はプロ棋士における記憶時の視線の軌跡であるが、初級者と大差ない軌跡となった。アマ高段者との違いは、アマ高段者は囲いや戦型といった局面の部分的なチャンクは可能だが、それを超えて、局面全体を一つのまとまりとして評価するより大きなチャンクが出来ていないので、プロのように手数が延びても正答率を保つことが出来ないと考えられる。

再生の際に、どの棋力の被験者でも初期配置を並べてから、記憶をもとにして駒を動かし正解局面



を導き出そうとする様子が見られた。これは、これまでの記憶実験において初級者の行動に見られたものと同じであった。

棋力に対して、正解率に差がなかったことは、意味のない局面の記憶においては、初級者も上級者も違いがないことを表している。このことは、逆に意味ある局面では、局面に対する知識に基づいたチャンクが働いて、上級者の成績が良くなったことを示している。

これまでの記憶実験の初級者が再生の際に初期配置から駒を動かしていたのは、覚えていないためもっともらしい局面（初期配置）から可能な指し手を推察していたからと考えられる。

ここまで示したのは比較的基本的な記憶実験であるが、ここからスタートして次の一手問題を解かせる、詰め将棋を解かせる、（コンピュータ将棋と）対局させるなどさまざまな実験を行なった。その結果わかったことはプロ棋士の卓越した能力は彼らの持つチャンク（記憶の塊）に裏付けられているということだった。

初級者は、局面の個々の理解に時間がかかり、局面の一部分をみて候補手を出し、先読みして試行

錯誤を重ねて、結論にたどり着く。一方、上級者（プロ）は、局面を一瞥するだけで局面全体を認識し、その認識に基づいて候補手を挙げ、読みの裏付けをとりながら、細部の理解を行っていた。初級者が、「局所的な局面理解から得られた多くの候補手から読みを繰り返して、局面全体を理解していく」のに対して、上級者は、「局面全体を有機的に理解できるので、いきなり数個の候補手を生成し、その候補手を基に精度の高い先読みを行う」ことができるのである。

すなわち、局面の認識は、棋力によって段階的（階層的）になっていると考えられる。初級者は知識がないので、駒の一つ一つの配置を１個ずつ理解していかなくてはならないが、アマ段位者クラスになると、知識に基づいて駒の配置を「囲い」「戦型」レベルで認識することが出来るようになる。さらに、アマトップクラスからプロ棋士では、「囲い」「戦型」を組み合わせて局面全体をひとまとまりとして認識できるので、その局面パターンに対応する候補手が瞬時に浮かび、いきなり結論が導けるのだと考えられる。

プロ棋士が、「指すべき手が光って見える」という表現をすることがあるが、局面全体を瞬時に認識できるほどその局面に習熟している際には、実際、指すべき手は瞬時に頭に浮かぶと考えられる。アマチュアが理解しにくいプロの直観的思考のメカニズムは、次のように説明されるだろう。すなわち、プロは、アマチュア初級者の頃から、様々な部分的な局面の知識（手筋や定跡や戦型など）を有機的に結びつけてきた。この経験が、徐々に局面の部分的理解から局面の全体的理解へにつながって、本人でも気づかない内に全体的な局面理解から、結論となる候補手が直に頭に浮かぶようにさせているのである。

チャンクが重要な役割を果たしていることはチェスでも既に言われていたことである。しかし本研究では、チェスでは言及されていなかった新しいタイプのチャンクを将棋のプロ棋士が持っていることを明らかにできたと考えている。チェスでのチャンクはもっぱら空間的（視覚的）なもので、ある局面の駒の配置のことを意味していた。しかし将棋のプロ棋士の思考プロセスはこの空間的チャンクだけでは説明がつかないのである。空間的（視覚的）チャンクから得られるはずのない情報を将棋のプロ棋士は用いている。それは将棋における（ほぼ）必然的な一連の指し手の集まりである。それを時間的チャンクと名付けることにした。将棋のプロ棋士は空間的チャンクに加えて時間的チャンクをうまく利用している。もちろんチェスのプロ棋士も時間的チャンクを用いて思考しているはずであるが、チェスの場合は空間的チャンクの存在だけでその思考プロセスが説明できてしまったので時間的チャンクの概念が生まれなかったと思われる。残念ながら実験結果の分析が間に合わずに、時間的チャンクの存在の明確な証明までにはまだ至っていないが、これまで得た実験データとさらに行なう予定の追実験から明らかにできると考えている。

将棋のプロ棋士がある局面で膨大な選択肢の中から直感的に数手の候補手を思いつくという思考プロセスは、彼が持つ空間的／時間的チャンク集合の中からその局面と照合するものを選び出すプロセスである。

という知見が本研究の最大の成果である。この知見は一見自明であるが、これまで研究がまったく行なわれていなかったために証拠が存在しなかった。本研究でこの知見を支持する多数の状況証拠が得られたと考えている。

■　今後の展開

当初はプロ棋士の思考方法の分析とそのコンピュータモデル化の両方を同じぐらいのバランスで研究しようとしていたが、プロ棋士の思考方法の分析に予想以上の手間がかかることがわかり、また実験で明らかにすべき点が多数存在することがわかり、焦点をそちらに当てることにした。したがって本稿ではもっぱらそちらについて述べている。将棋プログラムの上でモデル化したものを動作させる実験も行なっていて、プロ棋士がある局面で直感的に思いついた数手の候補手を記憶しているチャンクという形で呼び出すことができるようになった。これはたとえば S 八段がこの局面で思いついた候補手と同じ候補手を思いつくプログラムと言うことはできる。しかしこれはいわば当たり前のことで、プロ棋士の思考プロセスを後からなぞったにすぎない。未知の局面でプロ棋士が直感的に思いつくであろう数手をそのプログラムは思いつくことは残念ながらできない。プロ棋士は 5 万から 10 万のチャンクを持っていると考えられているが、本研究でその 5－10 万のチャンクを作る（取り出す）ことができたわけではないからである。プロ棋士の棋譜を数多く集めてそこから半自動的にプロ棋士が持っているであろうチャンクを取り出すという研究をずっと行なってきたが、一部は優れたチャンクが取り出せるものの、全体としての精度は低いままでそのままでは使いものにならない。

本研究は将棋に特化したものではないものの、応用としては名人／竜王に勝つようなコンピュータ将棋の構築に貢献することを目指している。そのためには、プロ棋士が空間的／時間的チャンクを持っているというだけでなく、持っている 5－10 万の具体的なチャンクの内容を明らかにするための研究を進めなければならない。

一方で、将棋以外の分野のエキスパートについても分析を行ない、将棋で得られた知見がどれくらい将棋に依存していてどれくらい普遍的かを明らかにしていく必要がある。

時間的チャンクの存在とそれがプロ棋士の直感的思考に重要な役割を果たしていることをより明確な形で示すことが最も重要な今後の課題である。

■ 成果リスト

・ Reijer Grimbergen、松原　仁：Plausible Move Generation Using Move Merit Analysis in Shogi、情報処理学会ゲーム情報学研究会　2000 年5月

・ Reijer Grimbergen、松原　仁：二人完全情報ゲームにおける見込みの高い候補手の生成、日本認知科学会第17回大会　2000 年7月

・ 伊藤毅志、松原　仁：棋力の違いによる将棋対局者の認知過程、日本認知科学会第17回大会　2000 年7月

・ 松原　仁、伊藤毅志、Reijer Grimbergen: 将棋のプロ棋士の思考過程の心理学的分析、人工知能学会全国大会　2000 年7月

・ Reijer Grimbergen、松原　仁：Plausible Move Generation in Two-player Complete Information Games Using Static Evaluation、人工知能学会誌、vol.16,no.1, 2001

・ Reijer Grimbergen、松原　仁：Planning to Guide Opening and Middle Game Play in Shogi、人工知能学会人工知能基礎論研究会（第 42 回）pp.19-24,2000

・ 伊藤毅志、松原　仁、Reijer Grimbergen：Human perception of shogi positions: preliminary results、情報

処理学会第4回ゲーム情報学研究会　2000年10月
・伊藤毅志、松原　仁、Reijer Grimbergen: 将棋の局面の記憶に関する認知科学的研究(1)、情報処理学会第61回全国大会2N-4,2000
・松原　仁、伊藤　毅志、Reijer Grimbergen: 将棋の局面の記憶に関する認知科学的研究(2)、情報処理学会第61回全国大会2N-5,2000
・松原　仁: コンピュータ将棋の次の一手問題による評価(その2)、情報処理学会第5回ゲーム情報学研究会、2001.
・松原仁、滝沢武信:コンピュータ将棋はどのようにしてアマ 4 段まで強くなったか？人工知能学会誌、vol.16,no.3, pp.379-384, 2001.
・伊藤毅志、松原仁、Reijer Grimbergen: 棋力の違いによる将棋プレーヤーの認知過程の比較、日本認知科学会第18回大会、2001.
・Takeshi Ito, Hitoshi Matsubara and Reijer Grimbergen: The use of memory and causal chunking in the game of Shogi, Proc. of the third International Conference on Cognitive Science, 2001.