



コンピュータ囲碁の最前線

—ゲーム情報学から見た九路盤囲碁—

伊藤毅志（電気通信大学）

コンピュータ囲碁の位置づけ

● 思考ゲームの中の囲碁

思考ゲームをプレイする人工知能を作るという研究はコンピュータの黎明期から「チェス」を中心に進められてきた。これは、「チェス」というゲーム自体が欧米人にとって、知性の象徴と考えられていたという背景がある。そのため、コンピュータの発展とともにチェスの人工知能研究が進んできたという歴史がある。

チェスは、ゲーム情報学的には、「二人完全情報確定ゼロ和ゲーム」と分類される。これは、“二人”でプレイするゲームであり、双方がお互いのルール上選べる手（合法手）をすべて知ることができる“完全情報”のゲームであり、サイコロや乱数などの不確定要素がない“確定”ゲームであり、どちらかが勝つとどちらかが負けるプレイヤー全体の利得の合計が0になる“ゼロ和”となるゲームであることを意味している。このように分類できるゲームはチェスだけでなく、世界中に多くのゲームが存在する。将棋、中国象棋、オセロ、チェッカーはもちろん、囲碁もこの分類に属する。

これらのゲームの特徴としては、ゲーム木でその問題解決空間を表現できるという点が挙げられる。一般に、そのゲームの平均合法手が N 通りあるとして、終了までの平均手数が M 手だったとすると、そのゲームの探索量は、「 N の M 乗」で概算される。この計算式をもとに、思考ゲームの探索量を求めると、囲碁と九路盤囲碁の探索量は、表-1のように概算される。

一般に探索量の多いゲームほどコンピュータにとっては難しいとされており、囲碁は世界中のメジャーな思考ゲームの中で最も難しく、チャレンジング

チェッカー	10 の 30 乗
オセロ	10 の 60 乗
九路盤囲碁	10 の 90 乗
チェス	10 の 120 乗
将棋	10 の 220 乗
囲碁	10 の 360 乗

表-1
思考ゲームの探索量の概算

なテーマであると言われてきた。

● 囲碁の特異性

表-1を見ると、囲碁というゲームが情報学的に難しいのは理解できるが、九路盤の囲碁は、チェスよりも探索量が少なく単純なように思われる。しかし、実際には、九路盤の囲碁プログラムもなかなか強くならなかった。これには、囲碁が他の二人完全情報確定ゼロ和ゲームとは決定的に異なった特徴があるからと考えられる。

多くのチェスライクゲームの勝利目標は、相手の王様を詰ますことにあり、そのための戦力としての駒の損得や効率がゲームの優劣に大きな影響を与えることが知られている。そのため、チェスや将棋においては、局面の優劣を数値化する評価関数の設計では、駒の損得や効率を記述することで実現してきた。

オセロでも、隅を取ることや合法手の多くなるような局面が有利であることが知られており、それらを数値化することで評価関数の設計をすることが比較的容易である。

しかし、囲碁では、石のつながりや強さ、死活などを数値化することが極端に難しく、適切な評価関数を作ることが困難を極めている。合法手が多いこともさることながら、この評価関数の設計の難しさが、チェスライクゲームで培われてきたゲーム木探索の手法を使うことを難しくしている。評価関数の設計の難しさは、九路盤のような小路盤囲碁でも同

様であり、これが囲碁というゲームが他のゲームと決定的に異なる要因となっている。

コンピュータ囲碁の現状

● コンピュータ囲碁の歴史

コンピュータ囲碁に関する研究は、1963年のRemusによる論文に遡る¹⁾。その後、さまざまな研究が行われるが、1980年代に入り、ING杯世界コンピュータ囲碁大会が開催され、人間の名人に勝てば4千万台湾ドル（日本円で約1億4千万円）という賞金を出したことで話題になった。このような大きなコンペティションが開催されながら、コンピュータ囲碁の実力は思うように伸びず、2000年まで開催されたING杯の中で最も良い成績を残したのは、1997年のHandtalkというプログラムで、9子でアマチュア有段者に勝利したのがやっとであった。

新しい技術であるニューラルネットワークやさまざまな機械学習の手法も試されたが、どれもコンピュータ囲碁の進歩に画期的な貢献をもたらすことはなく、2005年ごろまでのコンピュータ囲碁のプログラムは、人間の思考過程を模倣するようなかたちのものが主流であった。

すなわち、まず石と石のつながりをもとに石の連結を調べ、「点、連、群」などの階層構造で石の勢力範囲を認識し、定石や死活やヨセなどのパターンによる知識を用いて膨大な合法手の中から10手程度以下に候補手を絞り込み、局所的な先読みなどを駆使して、それぞれの候補手を比較評価して、次の一手を決めるといったものであった。しかし、人間の持っている経験的知識をコンピュータに教えこむことは難しく、膨大な知識を入れて微調整を繰り返すだけでは、十分な強さのプログラムを作ることはできなかった。

● モンテカルロ木探索の出現

長い低迷が続いていたコンピュータ囲碁の分野であったが、2006年に画期的な手法が出現する。それがモンテカルロ木探索と呼ばれる手法である。こ

れは、囲碁に乱数近似計算のモンテカルロ法の手法を適用しようという考え方で、難しい局面評価を膨大な乱数シミュレーションによる勝率で近似することで回避しようとするものである。

しかし、もちろん単純にモンテカルロ法を適用するだけでは強くならなかった。Rémiは、このモンテカルロ法にUCB (Upper Confidence Bound) と呼ばれる計算手法を組み合わせ、さらに比較的簡単な石のパターンを使うことでシミュレーションの質を高める手法を提案することで画期的な成功を収めた²⁾。UCBとは、N本腕バンデッド問題を解くための1つの最適化計算手法であるが、RémiはこのUCBをモンテカルロ・シミュレーションに応用し、見込みのある手により多く深い計算資源を割り振る手法に昇華させたのだ。

この手法は、それまでのコンピュータ囲碁の手法を駆逐するほどの大きなブレークスルーをもたらし、2006年ごろまでのコンピュータ囲碁プログラムの棋力がアマチュア5級程度だったのに対して、数年でアマチュア有段者の棋力に押し上げた³⁾。2012年3月には、世界トップクラスのプログラム「Zen」が、日本棋院のプロ棋士である武宮正樹九段に5子、4子で挑み、連勝を収めるなど、現在のプログラムはアマチュア五段を超えるレベルに至っていると言われている。

対戦イベントと展望

電気通信大学では、エンターテインメントと認知科学研究ステーションを中心にUEC杯コンピュータ囲碁大会やさまざまなコンピュータ囲碁のイベントを行ってきた⁴⁾。

2012年6月には、日本棋院と電気通信大学は、コンピュータ囲碁の発展にかかわる覚書を交わり、向こう5年間、コンピュータ囲碁の大会やプロ棋士とコンピュータ囲碁との(置碁)定期戦を開催することを約束した。これは、コンピュータ囲碁が一定のレベルに達し、日本棋院もその技術に対して、一定の評価を示したことにほかならない。



図-1 対局の様子：大橋拓文五段（右）と Zen 加藤英樹氏（左）

この小特集のもととなる2012年11月25日に開催された「コンピュータ囲碁がプロ棋士に挑戦～九路盤ガチンコ対決～第2弾」は、2012年3月に開催された2回目の九路盤のイベントという位置づけであった。3月のイベントでは九路盤囲碁に造詣の深い大橋拓文五段^{☆1}ひとりを相手に囲碁プログラム「Zen」が手番を入れ替えて2局対戦し、1勝1敗という成績を収めたが、本当にコンピュータ囲碁がプロ棋士に匹敵する実力に達したのか、もっと色々なプロ棋士を相手に多くの対戦を行ったらどうなるかを確かめる目的があった。

それを受けて、11月25日に行われたこのイベントでは、日本棋院から推薦された蘇耀国八段、大橋拓文五段、一力遼二段の3名のプロ棋士と先後手番を変えて2局ずつ合計6局の対戦を行うこととした。図-1は、その対戦の様相である。

対局結果は、表-2に示すように、プロ棋士の圧勝となった。

結果だけを見るとかなり大差のように思われるかもしれないが、内容的には、コンピュータがかなりプロ棋士を圧倒する場面も見られた。

元々7目というコミでは黒番が少し苦しいのではないと言われていたが、その予測通り第1局の一力二段とZenの対局では、途中までZenが大優勢

^{☆1} 大橋拓文先生は、2013年1月下旬に六段に昇進されましたが、イベントの行われた対局当時は五段でしたので、本文中では「五段」と表記させていただきました。

対局	対戦カード	勝敗
第1局	一力遼二段（黒） vs. Zen（白）	一力二段 中押し勝ち
第2局	大橋拓文五段（白） vs. Zen（黒）	大橋五段 中押し勝ち
第3局	蘇耀国八段（黒） vs. Zen（白）	蘇 八段 中押し勝ち
第4局	一力遼二段（白） vs. Zen（黒）	一力二段 中押し勝ち
第5局	大橋拓文五段（黒） vs. Zen（白）	大橋五段 中押し勝ち
第6局	蘇耀国八段（白） vs. Zen（黒）	蘇 八段 中押し勝ち

表-2 九路盤囲碁のイベントの勝敗

と思われる局面を築いた。そこまで完璧とも思われる手を打っていたZenが18手目に突然の疑問手を打ち、一力二段はそれを見逃さず、一気に逆転することとなった。詳細は、加藤英樹さんの分析やプロ棋士の自戦記を読んできたいが、この手でプロ棋士がコンピュータに対する見方を改めることとなり、流れが変わったのではないだろうか。

我々人間がコンピュータに抱くイメージとしては、「正確な読み」というものがあるのではないかと思うが、コンピュータ囲碁では、ゲーム木探索を行うコンピュータ将棋などと異なる思考アルゴリズムで動いているため、必ずしもこのイメージが当てはまらないことがある。将棋のようにゲーム木探索の手法で強くなってきたプログラムは、終盤に行くほど正確さが増していく傾向があるが、囲碁のモンテカルロ木探索のアルゴリズムでは、手の選択や評価は、確率と勝率によって決まるので、選ばれた手がたまたま乱数のイタズラで次善手だった場合、それを否定するためには、最善手を見つけるために非常に膨大なシミュレーションを必要とすることになり、正確性を欠く場合があるのだ。また、AMAF（All Move As First）というモンテカルロ・シミュレーションを効率化するための手法が、終盤における手順が重要となるヨセの判断を誤らせているといった問題点も指摘されている⁵⁾。

今回の対戦では、プロ棋士はこの弱点を敏感に察知して、局面を複雑化する手を選択することで、巧

みにコンピュータのミスを誘って、全勝という一方的な戦果を得たと考えられる。

いずれにしても、プロ棋士の卓越した能力でなければ、こういった問題点が明らかにならないほど、コンピュータ囲碁が強くなってきたことは事実である。

コンピュータ囲碁はここ数年、毎年1子ずつぐらい強くなっているが、今回の対戦で浮き彫りになってきたような重要な問題点もある。プロ棋士に勝つコンピュータ囲碁を作るためには、モンテカルロ木探索だけでは超えられない課題があるように思われる。さらなるブレイクスルーが期待されている。

電気通信大学では、来る2013年3月に、UEC杯コンピュータ囲碁大会とプロ棋士との置碁定期公式戦である「第1回電聖戦」を開催する運びとなった。定期的な大会とプロ棋士との対戦を続けることで、コンピュータ囲碁の発展にとって多くの知見が得られることと思う。今後のコンピュータ囲碁イベントから目が離せない。

参考文献

- 1) Remus, H. : Simulation of a Learning Machine for Playing Go. In Proceedings of the International Federation of Information Processing Congress 1962, pp.428-432 (1963).
- 2) Coulom, R. : Efficient Selectivity and Backup Operators in Monte-Carlo Tree Search. In Proceedings of the 5th International Conference on Computer and Games, Vol.4630, pp.72-83 (2007).
- 3) 美添一樹, 山下 宏: コンピュータ囲碁—モンテカルロ法の理論と実践—, 共立出版 (2012).
- 4) エンターテイメントと認知科学研究ステーション, <http://entcog.c.uoc.ac.jp/entcog/>
- 5) 伊藤毅志, 高橋克吉, 猪爪 歩, 加藤英樹, 村松正和, 松原仁: 人間とコンピュータの思考の違い〜囲碁の次の一手問題による考察〜, 第17回ゲームプログラミングワークショップ, pp.9-16 (2012).

(2012年12月24日受付)

● 伊藤毅志 (正会員) ito@cs.uec.ac.jp

1994年名古屋大学大学院工学研究科情報工学専攻博士課程修了(工学博士)。同年より電気通信大学情報工学科助手。2007年より同助教。電気通信大学エンターテイメントと認知科学研究ステーション代表。UEC杯コンピュータ囲碁大会実行委員長。ゲームを題材にした人間の思考過程、熟達化の過程に興味を持つ。著書に「先を読む頭脳」(新潮社、共著)ほか。コンピュータ囲碁フォーラム理事。

