

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～

伊藤毅志¹、高橋克吉²、猪爪歩¹、加藤英樹³、村松正和¹、松原仁²

本報告では、囲碁における次の一手問題を、様々なレベルの人間の被験者と現在世界トップレベルの囲碁プログラム Zen に与え、その思考過程の違いを比較した。Zen は、モンテカルロ木探索の手法を用いたプログラムの一つである。我々は特に Zen が人間のプレイヤーと比べてどのような思考の特徴を持っているのかについて調べた。

その結果、Zen の局面評価は必ずしもプロ棋士の評価と一致していないことがわかった。Zen は、中央の厚みを過大評価する一方で、辺や隅の地を過小評価する傾向が確認された。また、Zen は振り替わりを厭わずに、局面を平均的に評価する傾向が見られ、人間との思考の違いが浮き彫りになった。

A Comparison Study: How the Computer and Human Go Players Solve “Next Move” Problems?

Takeshi Ito¹, Katsuyoshi Takahashi², Ayumu Inotsume¹, Hideki Kato³,
Masakazu Muramatsu¹, Hitoshi Matsubara²

We have presented the "next move" problems of the game of Go to a world top-level Go playing program "Zen" and subjective human players with several skill-levels and have observed the differences in their thinking processes. Zen uses Monte-Carlo tree search algorithm. We have examined several features of Zen's moves with their evaluations and compared with those of human players.

We have observed that the evaluation of Zen is not always the same as that of professional Go players. Zen overestimates central thinknesses and underestimates the territories in the corners and sides, for example. Zen also plays tradings more often than human players. This suggests Zen evaluates the positions on the boards more globally. The analyses in this paper has made clear some parts of the differences in the evaluations and underlying "thinking" processes of Zen and human players.

¹ 電気通信大学
University of Electro-Communications
² 公立はこだて未来大学
Future University of Hakodate
³ チーム DeepZen
Representative of Team DeepZen

1. はじめに

コンピュータ囲碁は、探索空間が膨大であるため、合法手の多さと評価関数の設計の難しさから、長い間強いAIを作るという人間の挑戦を退け続けてきた[1]。しかし、2006年頃に現れたモンテカルロ木探索の手法は、それまでの知識ベースのコンピュータ囲碁の手法を一掃し、劇的なブレークスルーをもたらしている[2]。この手法の出現により、コンピュータ囲碁はアマチュア初段レベルを容易に越え、その後年々順調に棋力を伸ばしている[3]。今年の3月には武宮正樹九段が2011年UEC杯コンピュータ囲碁大会で優勝したプログラムZenと置碁対戦を行い、5子と4子で敗れ、囲碁界に大きな衝撃を与えた。これにより、コンピュータ囲碁はすでにアマチュア高段者レベルにあることが示された[4]。

Zenは、2011年に行われた殆どのコンピュータ囲碁の大会で優勝し、群を抜いた強さを示している。この世界最強クラスのコンピュータ囲碁Zenの思考は、どこまでプロ棋士の思考の思考に近づいているのだろうか。Zenも現在多くのプログラムで使われているモンテカルロ木探索の手法を用いているプログラムの一つであるが、そのプログラムが特にプロ棋士と比べて、どのような特徴を持っているのか、また、人間の思考とどのような点で違いがあるのかについて、次の一手問題における思考過程の比較から考察していく。

2. 次の一手実験

2.1 方法

我々は、囲碁における思考過程を調べるために、日本棋院プロ棋士（五段）に依頼して、序盤、中盤、終盤の答えが一意に定まりにくい問題を幾つか作っていただいた。妙手発見的な次の一手問題だと、発見的問題解決になってしまうので、オリジナルで、できる限り考える要素が多くなるような問題になるように作成の際に注文を出した。予備実験やボツになった問題を含めるとかなり多くの問題を作っていただいたが、最終的に、実験に使用する問題として、序盤5問、中盤10問、終盤5問の合計20問の問題に絞り込んだ（付録参照）。

人間の被験者は、プロ棋士8名、アマチュア上

級者（五段以上）4名、中級者（初段から三段程度）3名、初級者（初心者から級位者）3名の合計18名である。被験者には、問題となる局面を見せ、次の一手を決定するまで十分に思考させ、その思考過程すべてを発話するように教示した。発話データは、ビデオカメラで記録し、文字に書き起こした。

コンピュータの「Zen」には、思考時間30秒と1分の思考時間を与えて回答させ、思考過程も記録した。

最後に、すべての問題に対するプレイヤーの回答と思考過程について、問題を作ったプロ棋士に提示して、専門家の視点からそれぞれのプレイヤーが選んだ手と思考過程についてコメントをしていただいた。

2.2 結果

全20問に対する被験者とZenの回答を表1に示す。被験者の括弧内の数字は、段級を示している。Zenの括弧内の数字（30s）、（60s）は、それぞれ思考時間制限が30秒、60秒であることを示している。これらの結果を見ると、プロ棋士間でも意見の割れている問題が多く、意図したように必ずしも答えが一意に定まらないような問題であったことが伺える。

Zenの回答を見ると、問題5、問題9、問題13、問題18、問題20のように、プロ棋士の回答と似た回答を示すものもあったが、問題1、問題3、問題4、問題10、問題11、問題17、問題19のように、プロ棋士とは異なる答えを出す問題も見られた。

出題プロ棋士のコメントを元に、さらに詳しく調べてみた。出題プロ棋士の指摘によると、複数の問題でプロ棋士の感覚とZenの局面評価値に差が見られた。例えば、図1の問題9では、Zenは黒が悪いと評価しているが、プロ棋士から見ると黒が少し良い。問題9では、Zenはプロ棋士が選ばないN6やD13という手を選んでいる。

図2の問題10は、右下のコウに絡んだ問題であるが、右下のコウの部分は仕掛けられても、まだ大丈夫なので、C13はコウザイとして取っておきたいところ。この局面に対して、Zenは黒が良いと判断しているが、プロ棋士から見ると黒がやや悪い。Zenは中央の厚みを過大評価し、辺や隅

表1 各問題に対する全被験者とZenの回答

| | 問題1 | 問題2 | 問題3 | 問題4 | 問題5 | 問題6 | 問題7 | 問題8 | 問題9 | 問題10 | 問題11 | 問題12 | 問題13 | 問題14 | 問題15 | 問題16 | 問題17 | 問題18 | 問題19 | 問題20 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| P1(9d) | O17 | R8 | L7 | N6 | S5 | F15 | H14 | D8 | Q14 | H5 | F15 | E13 | O16 | C11 | Q6 | K12 | H7 | D6 | J4 | H8 |
| P2(9d) | O17 | P9 | K7 | O6 | M9 | J16 | H9 | K3 | F18 | N1 | F10 | E7 | O16 | F6 | E2 | L13 | L11 | L8 | J5 | H4 |
| P3(8d) | O17 | R8 | K7 | O6 | K3 | R11 | N16 | E16 | H3 | C13 | F10 | E13 | O15 | C11 | E18 | N15 | H7 | D6 | J4 | K18 |
| P4(8d) | O17 | R8 | K7 | M8 | S11 | Q3 | G8 | K4 | M16 | N1 | F10 | L10 | O16 | G5 | Q4 | K12 | L11 | G14 | J4 | J2 |
| P5(7d) | Q5 | C9 | J7 | O6 | K3 | F3 | N16 | E6 | Q14 | C13 | F10 | E13 | O16 | E8 | D11 | K12 | L11 | L8 | J4 | K4 |
| P6(7d) | R5 | P9 | K7 | M8 | S11 | R14 | N16 | E6 | L4 | N1 | F10 | C7 | O15 | B4 | C14 | K12 | L11 | D6 | J5 | F1 |
| P7(6d) | Q5 | F3 | H7 | A16 | S5 | R11 | N16 | E6 | K3 | C13 | F10 | E13 | G2 | J6 | O4 | K12 | H9 | D6 | J5 | L14 |
| P8(7d) | C12 | F3 | J7 | M8 | K3 | R16 | S10 | E6 | M16 | H5 | F10 | H10 | Q8 | K6 | E18 | L13 | O8 | F15 | J13 | L14 |
| E1(7d) | C12 | K3 | J7 | O6 | K3 | P13 | N16 | E6 | N12 | C13 | F10 | D13 | O16 | J6 | R12 | L13 | H7 | G14 | J5 | K18 |
| E2(7d) | Q5 | H4 | H7 | H11 | K3 | F15 | O16 | E6 | H4 | C13 | C12 | E13 | R10 | F6 | E2 | L13 | H7 | O18 | J5 | O7 |
| E3(6d) | O17 | S6 | K7 | M8 | G16 | F4 | K17 | E16 | M12 | L17 | F10 | D11 | R18 | K16 | O4 | K12 | L11 | N18 | J13 | K18 |
| E4(5d) | R14 | F3 | K7 | M8 | S6 | F3 | M13 | E6 | K2 | N1 | F10 | D11 | O15 | B4 | E2 | N15 | N9 | H12 | P17 | H8 |
| M1(3d) | C13 | F3 | K7 | M8 | K3 | R11 | K8 | E16 | K15 | H5 | K9 | D8 | O14 | M4 | C11 | T9 | N11 | R12 | Q3 | L14 |
| M2(3d) | N17 | G4 | J7 | K8 | K3 | G4 | N16 | H3 | H4 | E11 | E11 | D6 | M12 | F16 | F2 | N15 | L11 | L10 | P16 | P2 |
| M3(2d) | C12 | F3 | K7 | M8 | E14 | F3 | K16 | K10 | R4 | C13 | C12 | E12 | R18 | G5 | C13 | L13 | K10 | D6 | Q4 | M16 |
| N1(2k) | R13 | G4 | K7 | M14 | R15 | G4 | K17 | G9 | R4 | C13 | E11 | C8 | Q12 | M4 | N6 | L13 | L11 | K11 | B16 | H8 |
| N2(10k) | R14 | O9 | K8 | N6 | P15 | C6 | H16 | K4 | S18 | C11 | C11 | E10 | O15 | E5 | P4 | K12 | L11 | R13 | Q4 | N5 |
| N3 | C14 | P10 | G9 | J8 | P14 | F3 | K17 | K3 | S18 | C11 | C1 | D12 | H19 | D7 | P3 | A11 | N11 | R13 | R4 | N14 |
| Zen(30s) | O17 | F3 | H7 | O6 | M7 | L16 | S10 | K4 | N6 | C13 | F10 | E13 | C13 | C11 | Q4 | K12 | L11 | O16 | J5 | M12 |
| Zen(60s) | O17 | J3 | J7 | O6 | M7 | R16 | O6 | D10 | D13 | E12 | F10 | J7 | C13 | E12 | Q4 | L13 | L11 | M9 | J5 | M12 |

の地を過小評価する傾向があり、この局面もその弊害が出ているのかも知れない。

そして、コンピュータの評価値がプロ棋士の形勢判断と違った問題では、回答にもその影響が見られた。自分が悪いと思っている局面や過度に良いと判断している局面では、プロ棋士から見て最善とは思えない手を選択している傾向があることが示唆された。

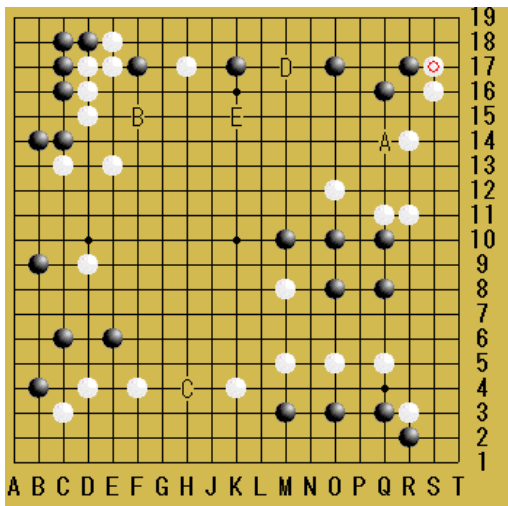


図1 問題9: 次の一手問題・黒番

(Zenの評価は少し悪いープロの評価は少し良い)

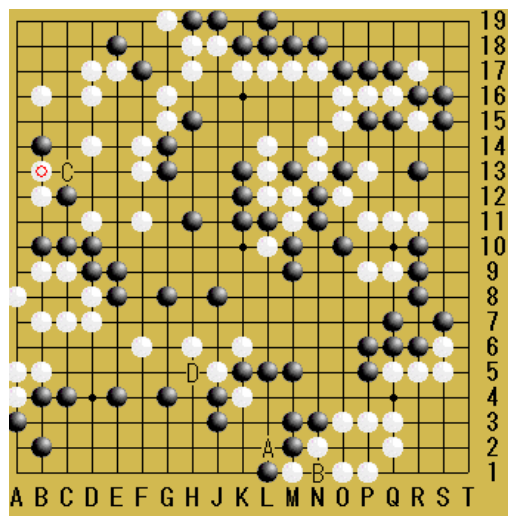


図2 問題10: 次の一手問題・黒番

(Zenの評価は良いープロの評価はやや悪い)

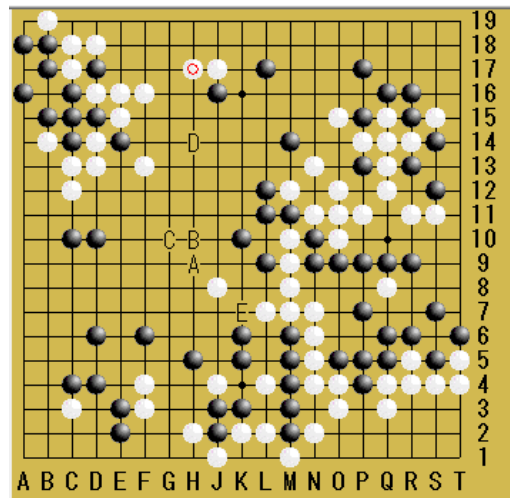


図3 問題7: 次の一手問題・黒番

(Zen はかなり局面を良いと判断)

図3の問題7の局面で、ZenはS10やO6のような手を選んでる。これはこの辺りの死活を気にした手と思われるが、プロから見るとこれらの手は必要のない手であり、むしろ、H9から中央に働きかける手の方を優先したいとのこと。Zenは、中央の厚みを過大評価していて、既にかなり優勢だと判断していた。プロから見ると黒が若干優勢だが、Zenほど楽観できる局面ではないとのこと。これも、形勢判断の差が、手に影響を与え

ている可能性がある。

局面評価を誤ってしまっている例を見ると、Zen は中央の厚みを過大評価する傾向にあるのではないかという指摘があった。逆に、辺や隅の確定的な地を過小評価する傾向があり、この傾向がプロ棋士の感覚との大きな違いとなっていることが示唆された。そして、コンピュータは、自分が悪いと判断していると無理な手を、また過度に良いと判断していると緩い手を選んでしまう傾向にあり、それが、人間のプレイヤーとの感覚のズレに繋がっていると考えられる。

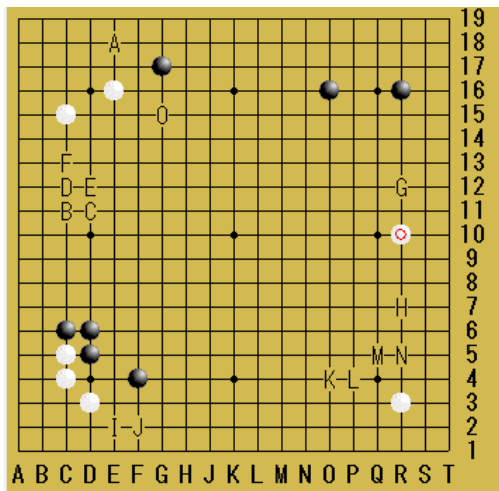


図4 問題 15: 次の一手問題・黒番

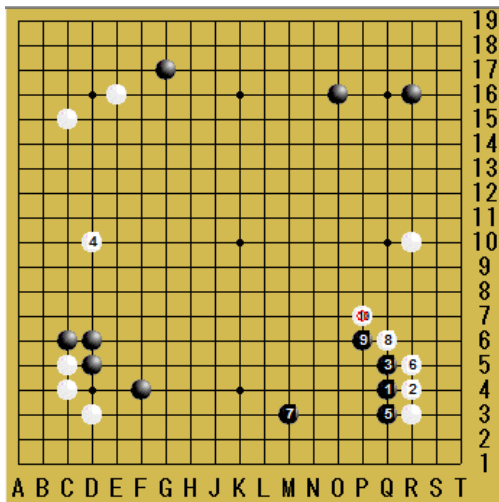


図5 問題 15における Zen の読み

Zen の中央指向を示す例として、図 4 の問題 15 がある。これは、布石の問題で、まだ優劣以前の問題で、色々な手があり、個性が現れやすい問題である。Zen は、ここで Q4 を選択したが、この後、図 5 のように “Q4 R4 Q5 D10 Q3 R5 M3 Q6

P6 P7” のような変化を読んでおり、これは Zen の中央指向を示しているといえる。

また、図 6 の問題 16 のような左下のコウを含んだ終盤の寄せの問題では、図 7 のように “L13 L14 K13 K14 K11 E17 D18 F16 G16 D11”、コウダテになりそうな箇所を浪費してしまう読みが見られ、正しく寄せを理解できていない可能性が示唆された。

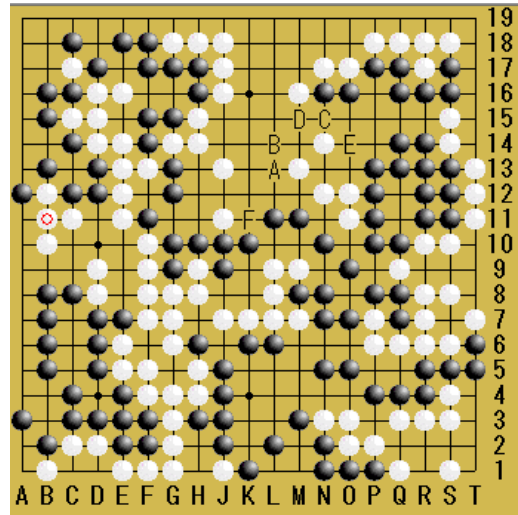


図6 問題 16: 次の一手問題・黒番

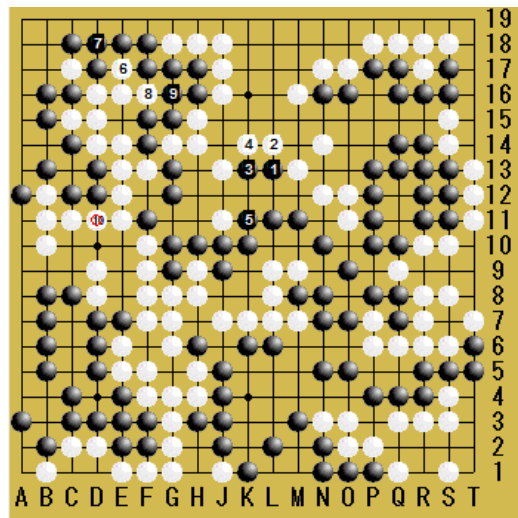


図7 問題 16における Zen の読み

また、図 8 のような中盤の問題では、Zen は振り替わりを厭わずに読むような思考が見られた。人間は、そのような思考はせずに、一つ一つの部分の結果を積み上げて思考するのに対して、Zen は全局面の地を平均的に計算して、振り替わりを厭わずに思考する傾向が見られた。これは、人間の思考との重要な違いの一つであると言える。

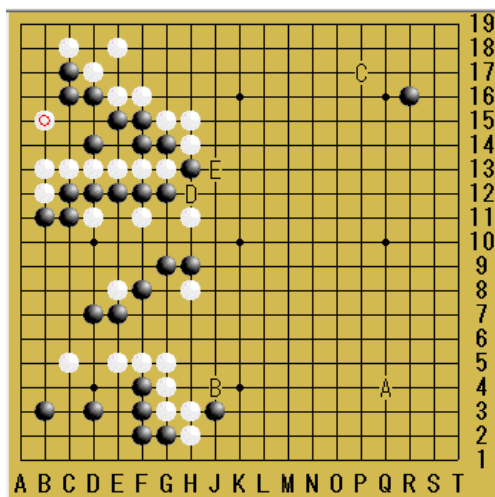


図 8 問題 19: 次の一手問題・黒番

2. 3 まとめと考察

プロ棋士を含む人間の思考とトップレベルの囲碁プログラム Zen との思考を比較することで、現在のコンピュータ囲碁の思考の特徴の一端が明らかになってきた。

世界トップクラスのコンピュータ囲碁 Zen であるが、局面評価についてはプロ棋士と比べて幾つかの局面で違いが見られた。

コンピュータ囲碁はモンテカルロシミュレーションの結果として、勝率から局面評価を行なっているが、現状必ずしも正しい評価ができていないことが明らかになった。その原因として、中央の厚みを過大評価する一方で、辺や隅の地を過小評価してしまう傾向の影響が考えられる。

この中央指向の傾向は、Zen だけでなく多くのモンテカルロ木探索を行なっているコンピュータ囲碁プログラムの多くで見受けられる。その理由としては、中央に侵略する細い道の手順があったとしても、膨大なシミュレーションの中に隠れてしまう可能性が挙げられる。一方、隅や辺の侵略ルートも狭いが、中央に比べてわかりやすく発見しやすい上に、成功した場合にその部分が全滅してしまうことが多く、そのため過小評価してしまうのではないかと考えられる。

コウとコウダテを正しく認識できない点であるが、モンテカルロで用いられる AMAF (All Moves As First) の手法により、手順が軽視されがちであることが一因として考えられる。AMAF については、シミュレーション回数を大幅に稼ぐ

という恩恵が非常に大きいため、コウダテなどの手順問題に対するデメリットは後回しにされる傾向がある。しかし、将来トッププロ棋士レベルとの対戦では、こういった問題がクローズアップされてくる可能性がある。コウダテの時には、局面を広く捉える必要があり、手を広く読まなくてはならないが、一般に強いプログラムほどシミュレーションの質を高め狭い手を読むことが求められており、コウダテのための考え方と相反する。

人間は課題ごとに思考方法を変えて、一つ一つ結果を積み上げていく思考を行なっているのに対して、コンピュータは局面全体の勝率という一面的な捉え方しかできないので、局面を分割して統合していくような考え方はどうしても苦手にならざるをえない。この辺りが、コンピュータの振り替わりを厭わない思考の特徴にも繋がっていると考えられる。

3. おわりに

この実験を通して、現在トップクラスのコンピュータ囲碁の特徴と人間との違いが浮き彫りになってきた。

今回の実験では、Zen だけしか調べられなかったが、他のプログラムについても同様の実験を行なって、モンテカルロ木探索を行うコンピュータ囲碁全般の特徴も明らかにしていきたい。

また、ここで得られた知見は、ただ単に今後の囲碁プログラムの改善点となるばかりでなく、人間と対戦して違和感の無い強さを実現するためヒントとなるのではないかと考えられる。

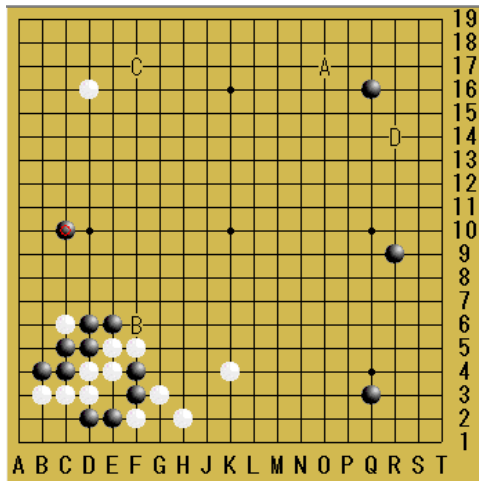
参考文献

- [1] 伊藤毅志：コンピュータ囲碁研究の歩み（特集「コンピュータ囲碁」）、人工知能学会誌、27-5, pp.497-500,(2012).
- [2] 美添一樹：モンテカルロ木探索ーコンピュータ囲碁に革命を起こした新手法、情報処理学会誌、Vol.49, No.6, (2008).
- [3] 村松正和：コンピュータ囲碁の現状（特集ゲーム情報学）、情報処理学会誌、Vol.53, No.2, (2012).
- [4] 村松正和：2012年3月17日のプロ棋士対コンピュータの対戦ーコンピュータ囲碁の立場から

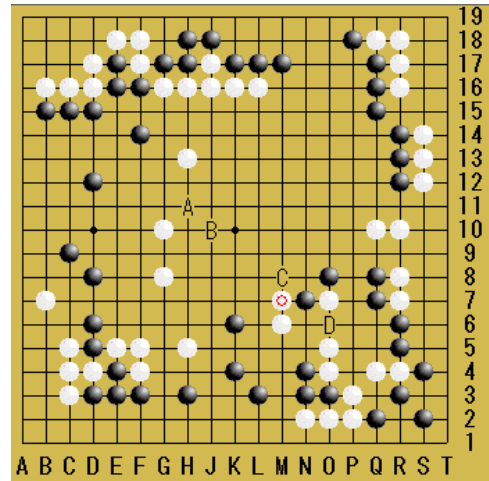
見てー (特集「コンピュータ囲碁」、人工知能学会誌、27-5,pp.512-517, (2012).

付録：実験に使用した問題集

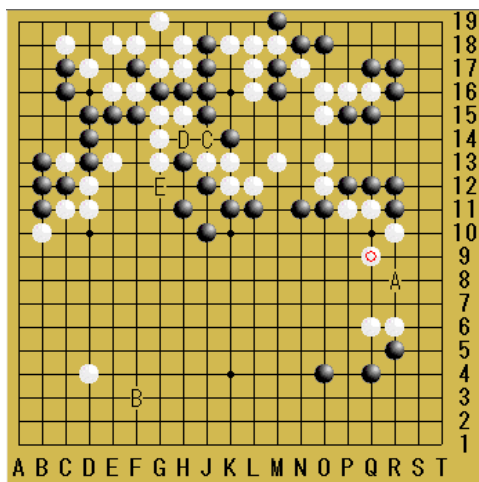
(論文中に現れなかった問題のみ掲載)



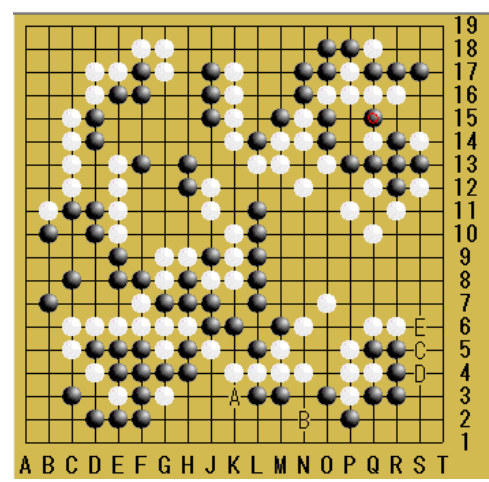
問題 1：白番



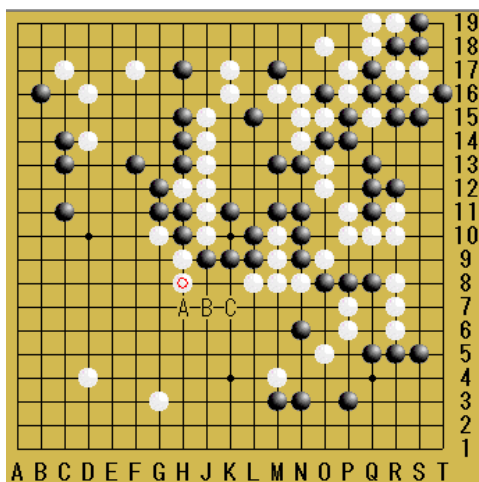
問題 4：黒番



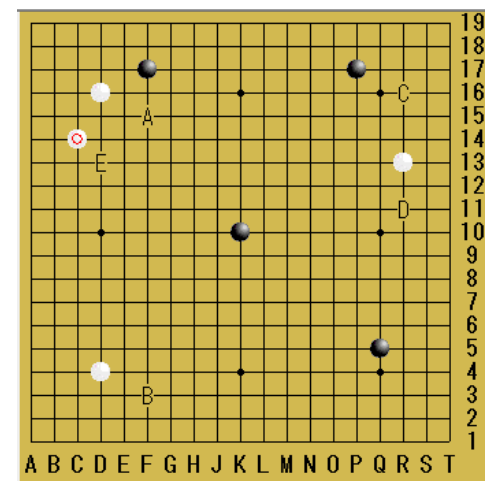
問題 2：黒番



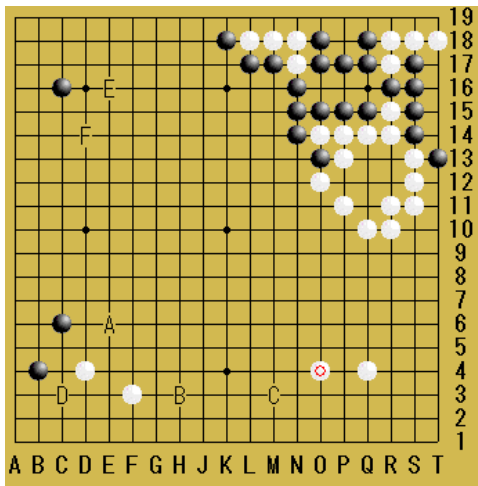
問題 5：白番



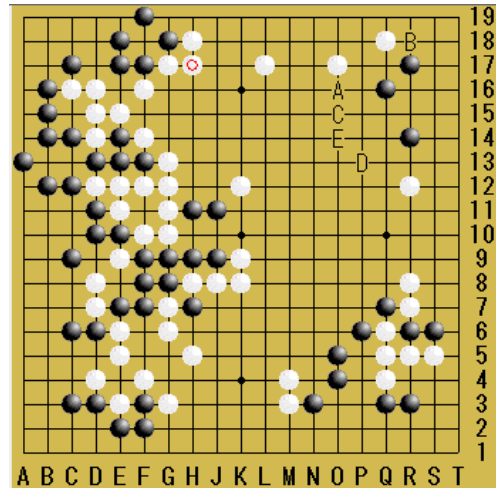
問題 3：黒番



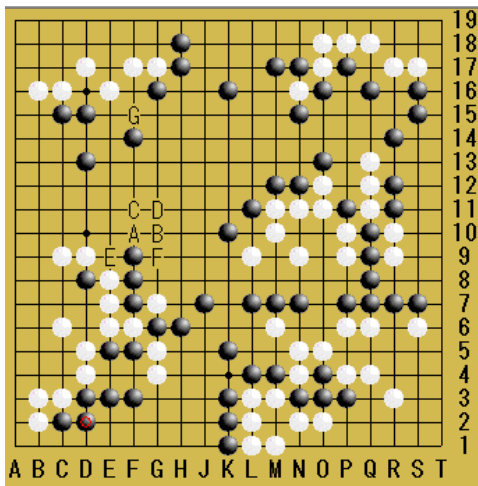
問題 6：黒番



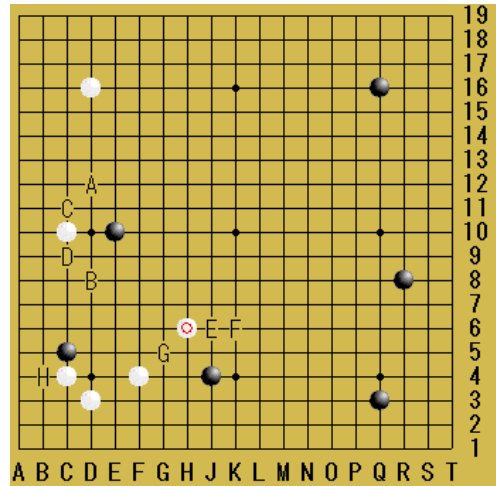
問題 8 : 黒番



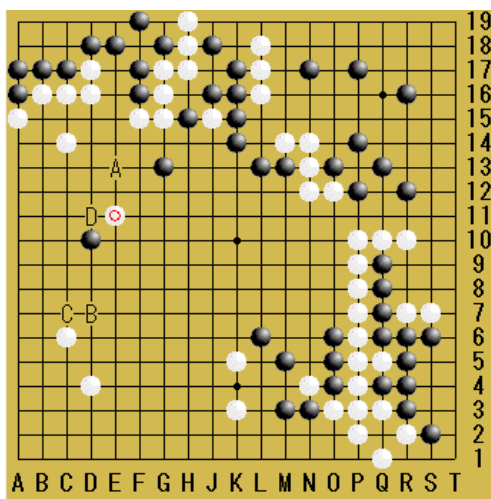
問題 13 : 黒番



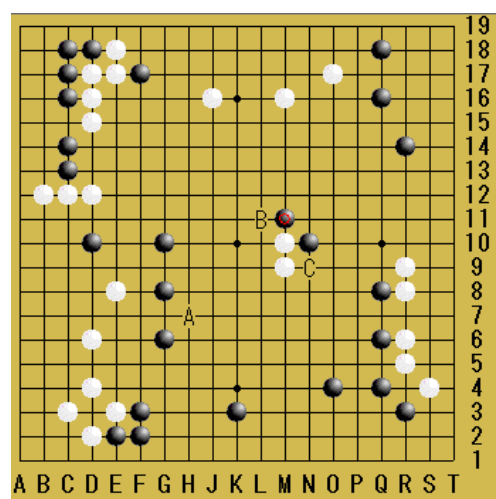
問題 11 : 白番



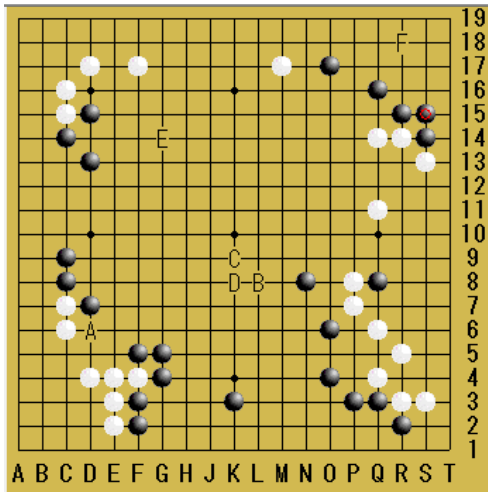
問題 14 : 黒番



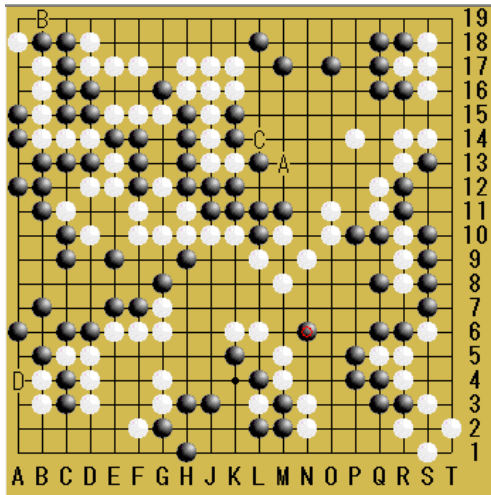
問題 12 : 黒番



問題 17 : 白番



問題 18 : 白番



問題 20 : 白番