

# コンピュータ将棋の探索時間を使うべき局面の調査

吉本 敬志<sup>1</sup> 芝 世式<sup>2</sup>

**概要:** 将棋の対局において人間同士では重要な局面で長考するが、コンピュータ将棋では固定時間での対局を行っていることが多い。コンピュータ将棋でも重要な局面で長考を行うことにより勝率が改善できると推測した。本研究はコンピュータ将棋において、対局中の探索時間を使うべき局面の特徴について調査したものである。様々な特徴が出現した際に、探索時間を延長することによって勝率の変動を計測した。その後、探索時間を延長させた特徴の中で、勝率が高かった特徴を用いて対局を行い、最も良い特徴を確認した。

**キーワード:** コンピュータ将棋

## 1. はじめに

コンピュータ将棋において探索時間をどのように使うかはあまり議論がされていない。

芝[1]の論文の引用になるが「木探索において探索時間はその探索深さに対応し、探索が有効に働くためにその前後の手も同様の深さの探索を行う必要があると考えられていた。この仮説によりコンピュータ将棋においては終局手数を見込んで、持ち時間をその手数で除算を行うことにより一手当たりの平均的な消費時間と概算を行うのが通例である。具体的には、10分の持ち時間で100手で終了予定であれば片方が指す手は50手であるから、平均1手12秒と算出される。」と記述されている[1]。つまり、コンピュータ将棋は持ち時間を平均化して使っている。しかしながら、人間対人間の対局では持ち時間を平均化して使っていない。人間対人間の対局では、基本的には持ち時間をあまり使わず、重要な局面の時に持ち時間を多く使い、対局を有利に進めようとしている。

つまり、探索時間を多く使うべき局面の特徴が存在しており、その特徴がある際に探索を深いところまで進める必要があるということである。本研究では、探索時間を使うべき局面の特徴に注目して研究を行った。

## 2. コンピュータ将棋の探索時間について

コンピュータ将棋ソフトは、前述したとおり持ち時間を平均化して使っている。しかしながら、芝[1]の研究ではPonderを複数設定することによって、自分の探索時間を大幅に減らすことを可能にした。Ponderとは、対戦時の相手の探索時間において相手の指し手を予想し仮に置くものである。つまり、相手の手番の探索時間中に複数の指し手を予想して探索していくのである。それによって、自分の手番の探索時間を減少させた。この戦略の有効性は、2018年春に行われた第28回世界コンピュータ将棋選手権で優勝していることから示されている。

そのため、自分の手番の探索時間が多く残っている。自分はその残っている探索時間を有効活用しようと考えた。そのため、本研究では自分の手番に探索時間を多く使うことによって勝率がどのぐらい変化するかに着目して研究を行った。

## 3. コンピュータ将棋ソフトを用いた調査

今回は、どのような局面の特徴で探索時間を多く使うと、勝率がどの程度増加するかを調査するために、コンピュータ将棋ソフトを使用して、対局を行い調査した。対局のルールは以下とした。

- 対局ルール
  - \* 対戦はすべて平手とする。
  - \* 基本的に両者が秒読み一秒とする。
  - \* 時間切れ負けはなし。
  - \* 手数が256手に達した場合、持将棋（引き分け）とする。
  - \* 最初に先手側が時間を多く使って探索する側とし、2000局対局を行う。その後、後手側が時間を多く使って探索する側として、2000局対局し、計4000局対局する。

対局のコンピュータ将棋ソフトは、同研究室の芝世式らが作成され、第29回世界コンピュータ将棋選手権で準優勝のKristallweizenを使用した。また、対戦環境は以下とした。

- 対戦環境
  - \* 使用PC: Windows10 Pro 64bit
    - Intel® Xeon® CPU @ 3.10GHz
    - メモリ 16.00GB
  - \* 使用ライブラリ: cshogi

<sup>1</sup> 岡山県立大学大学院情報工学研究科  
Okayama Prefectural University  
[sk622060@cse.oka-pu.ac.jp](mailto:sk622060@cse.oka-pu.ac.jp)

<sup>2</sup> 岡山県立大学情報システム工学科  
Okayama Prefectural University

また、以下で示す勝率は以下のように定義する。

$$\text{勝率} = (\text{勝ちの数} + \text{引き分けの数} \times 0.5) \div \text{総試合数}$$

ここで、引き分けの数×0.5としているのは世界コンピュータ将棋選手権の大会ルール[2]の第4章 試合方式の第21条や22条において「引き分けを1/2として」や「引き分けを0.5勝0.5敗と換算した上で」と書かれているため引き分けは0.5勝とみなした。

以下で記述する探索時間を使うべき局面を「a」のように英語小文字で書き示す。また、「a」の局面が出てきたときに十秒時間を使って探索する対局者を「A」のように、それぞれの英語小文字の局面の時に十秒時間を使って探索する対局者を英語大文字で書き示す。

このときに、十秒探索する対局者の相手対局者である一手を一秒使って探索する対局者を

N：一手一秒で探索する

と定義する。

まず、N同士で対局した結果が以下の通りである。

表 1 N 同士の対局結果

先手勝ち	後手勝ち	引き分け	総試合数
1096	805	99	2000
先手の勝率		後手の勝率	
0.57275		0.42725	

上の勝率を基準に話を進めていく。

### 3.1 対局者が駒を取った局面

最初に考えたのは駒台の上に駒が初めて乗った時である。図1のような将棋の初期盤面では、駒を動かすことができる選択肢は30通りしかない。しかしながら、この盤面で持ち駒に金があると、盤面の駒を動かす選択肢以外にも盤面に駒を打つ選択肢を取ることができ、選択肢が42通りも増加する。



図 1 将棋の初期盤面

選択肢が少ないときよりも明確に選択肢が多いときの方が時間を多く使った方が良いのではないかと考えた。

そこから導かれた局面が、いずれかの対局者が駒を取った局面である。これを「a」と定義する。このN同士と先手A対後手Nの対局とN先手対後手Aの勝率の比較を図2に示す。

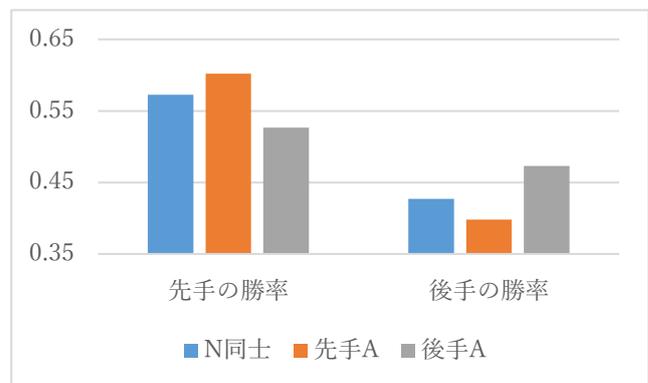


図 2 先手の勝率と後手の勝率

この表から見て分かるように勝率は増加しているが、大きく増加してはいない。なぜ、勝率が変化していないかを調査するために、どの駒が駒台の上に乗った時に十秒探索したか、駒の種類ごとにまとめたグラフが以下の図3である。

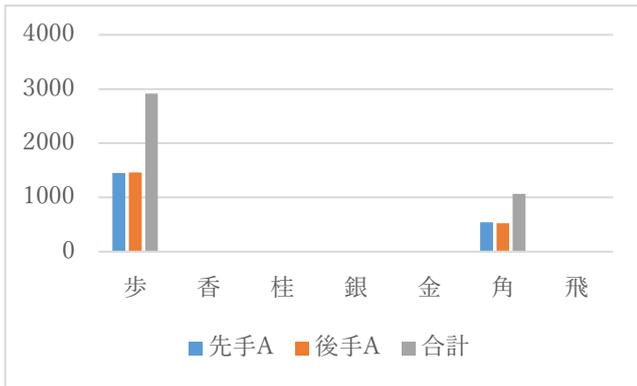


図 3 駒の種類ごとの十秒考えた回数

ここから見て分かるように、歩や角の時に多く探索している。だが、歩が最初に駒台に乗る時は序盤であり、また駒台に歩があってもすぐには歩を活かすことはできないため、歩が駒台にあっても時間を多く使うべきではないと考察した。さらに、今回使っているコンピュータ将棋ソフトの Kristallweizen は角交換を行うことが多いため、最初に駒台に角が乗っているときは角交換を行った時である。そのため、角が駒台に乗った後も定跡の中であるため探索する必要が無いと考察した。

そのため、新しく考えた局面が、いずれかの対局者が歩以外を取った局面と、いずれかの対局者が角以外を取った局面である。これを「b」と「c」とする。これの先手 A 対後手 N の対局と先手 B 対後手 N の対局と先手 C 対後手 N の対局、先手 N 対後手 A の対局と先手 N 対後手 B の対局と先手 N と後手 C の対局の勝率の比較を図 4 に示す。

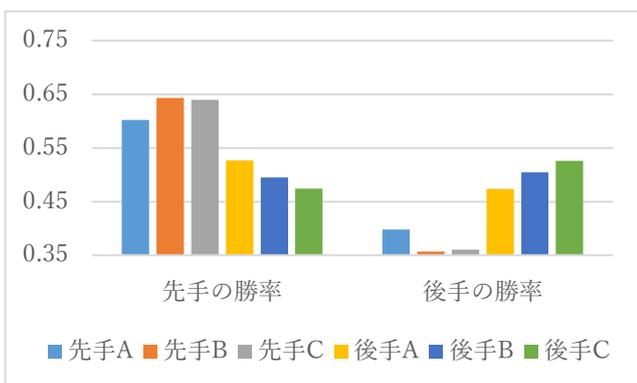


図 4 先手の勝率と後手の勝率

図 4 を見て分かるように、「a」の時と比べ勝率が「b」と「c」の時の方が明確に増加している。このため、いずれかの対局者が歩以外を取った局面、またいずれかの対局者が角以外を取った局面というものは、いずれかの対局者が駒を取った局面よりもよい探索時間を使うべき局面であったと考えられる。また、巻末に添付してある付録 1 「対局ごとの先手後手勝ち、引き分けの回数およびそれぞれの先手後手の勝率」を見てもらえばわかるが、後手 B と後手 C の

後手の勝率の差は約 2%あり「c」の方が高いが、先手 B と先手 C の勝率の差は 1%もなく「b」の方が高い。そのため、いずれかの対局者が歩以外を取った局面と、いずれかの対局者が角以外を取った局面のうちどちらの方が良い時間を使うべき局面であったかはこれだけでは判断ができないと考察した。

ここで、自分が考えたことは「b」と「c」のどちらの局面も、「a」の局面の時と比べて勝率は増加している。なので、そのいずれかの対局者が歩以外を取った局面といずれかの対局者が角以外を取った局面を組み合わせたら、もっと良い探索時間を使う局面になるのではないかと考察した。

そのため、新しく考えた局面が、いずれかの対局者が歩や角以外を取った局面である。これを「d」とする。これの先手 B 対後手 N の対局と先手 C 対後手 N の対局と先手 D 対後手 N の対局、先手 N 対後手 B の対局と先手 N 対後手 C の対局と先手 N 対後手 D の対局の勝率の比較を図 5 に示す。

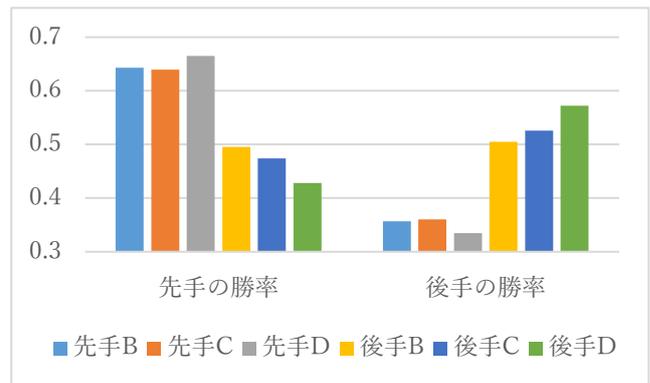


図 5 先手の勝率と後手の勝率

図 5 を見て分かるように、「b」や「c」の時と比べ勝率が「d」の時の方が明確に増加している。付録 1 から数値に直すと、先手 D と先手 B や先手 C との先手の勝率の差は約 2%以上あり、先手 D と先手 A を比べると約 6%も高い。後手 D と後手 B や後手 C との後手の勝率の差は約 5%以上あり、後手 D と後手 A を比べると約 10%も高い。

このため、いずれかの対局者が歩や角以外を取った局面というものは、いずれかの対局者が歩以外を取った局面や、いずれかの対局者が角以外を取った局面よりもよい探索時間を使うべき局面であったと考えられる。そのため、いずれかの対局者が歩や角以外を取った局面はいずれかの対局者が駒を取った局面よりも良い探索時間を使うべき局面であったとも考えられる。

また、「d」においてどの駒が駒台の上に乗った時に十秒探索したか、駒の種類ごとに出してみたのが以下の図 6 である。

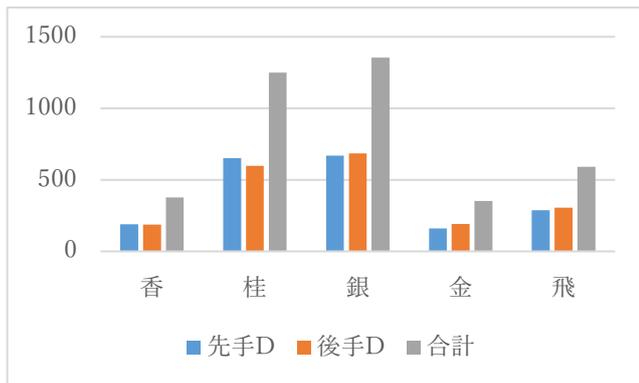


図 6 駒の種類ごとの十秒考えた回数

十秒探索した回数が多いのは、桂と銀で先手と後手の回数を合計するとともに 1200 回以上ある。次点は飛車で約 600 回探索しており、その次が香と金でともに 400 回に満たない回数探索している。詳細な回数は巻末の付録 2 の「対局における駒台に乗った駒の種類ごとの十秒探索した回数」に乗せて置く。

### 3.2 対局者の駒が成り、次の手で成り駒が取られなかった局面

次に、初めて駒が成った時を考えた。これは、例えば自分の駒が成った際は攻めの重要な局面であり、相手の駒が成った際には守りの重要な局面であると考えたためである。ただし、駒が成った次の手で成り駒が取られてしまっははその成り駒が攻めや守りに使えたとはいえない。そのため、駒が成って次の手で成り駒が取れないときという条件を入れるべきだと考察した。

このため、新しく考えた局面は、いずれかの対局者の駒が成り、次の手で成り駒が取られなかった局面である。これを「e」とする。これの N 同士と先手 E 対後手 N の対局と先手 N 対後手 E の対局の勝率の比較を図 7 に示す。

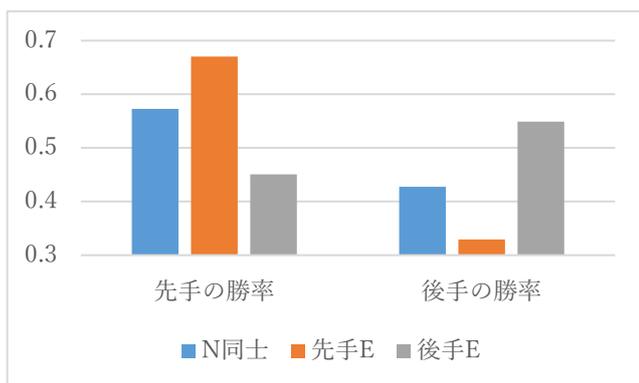


図 7 先手の勝率と後手の勝率

この表から見て分かるように勝率は大きく増加している。この勝率は、いずれかの対局者が歩や角以外を取った局面の勝率と 2%ほどしか差がない。

そのため、いずれかの対局者の駒が成り、次の手で成り

駒が取られなかった局面は良い探索時間を使うべき局面であったとも考えられる。

また、ここでも駒が初めて駒台に置かれたときに考えるときと同じように、どの駒が初めて成った時に十秒探索しているか、駒ごとの種類で出してみたのが図 8 である。

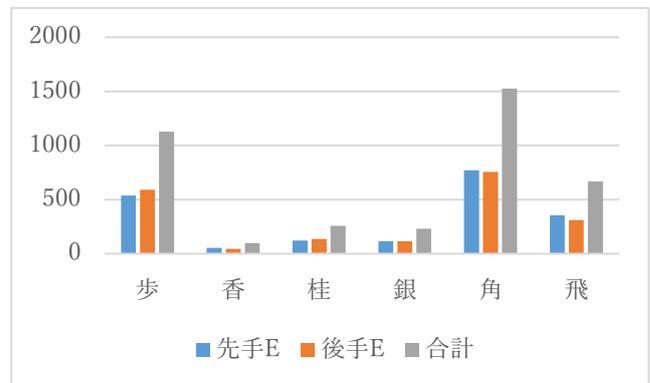


図 8 駒の種類ごとの十秒考えた回数

この図 8 を、図 3 と比べてみると回数がまだ分散している。そのため、駒ごとに着目して考える必要はないと考えた。詳細な回数は巻末の付録 3 の「対局における成った駒の種類ごとの十秒探索した回数」に乗せて置く。

また、「e」のプログラムだと十秒探索しない側の駒が成った時、次の十秒探索する側が一秒探索してから手を進めてから成り駒が取られたか取られていないかを判断していたため、十秒探索する手数は駒が成ってから二回目の探索する側の手番で探索していた。しかし、これだと駒が成ってから一回分十秒探索しない側が探索していた。しかし、これでは勝率が下がってしまうのではないかと考えて、十秒探索しない側の駒が成った時、次の十秒探索する側が一秒探索してから、その一秒探索した手が成り駒を取る手ではなかったら手を進める前にさらに十秒探索してから手を進めるべきではないかと考察した。

そのため、新しく考えた局面は、十秒考えない対局者の駒が成り、次の手で成り駒が取られなかった局面である。これを「f」とする。また、「f」の局面が出てきたとき、さらに次の十秒探索する対局者の手番で探索するのを「f.1」とし、「f」の局面が出てくる手をコンピュータ将棋ソフトが一秒探索して進めてきたときにさらに十秒探索するのを「f.2」とした。これの先手 E 対後手 N の対局と先手 F.1 対後手 N の対局と先手 F.2 対後手 N の対局、先手 N 対後手 N の対局と先手 N 対後手 F.1 の対局と先手 N 対後手 F.2 の対局の勝率の比較を図 9 に示す。

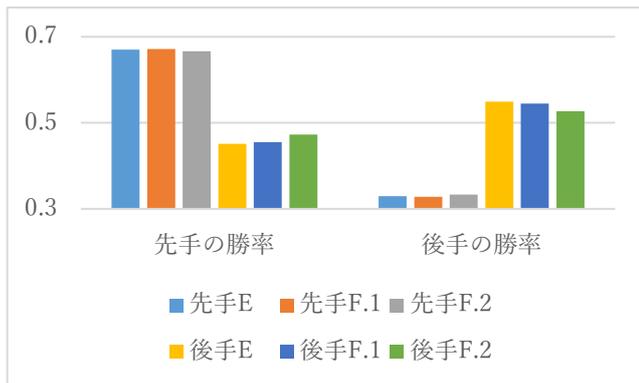


図 9 先手の勝率と後手の勝率

図9を見てわかるように「e」と「f.1」と「f.2」の勝率はほとんど変化していない。よって、十秒探索しない対局者の駒が成り、次の手で成り駒が取られなかった局面は、いずれかの対局者の駒が成り、次の手で成り駒が取られなかった局面と比べてよい時間を使うべき局面であったと考えられない。

### 3.3 いずれかの対局者が歩や角以外を取った局面対いずれかの対局者の駒が成り、次の手で成り駒が取られなかった局面

最後に、今回出てきた探索時間を使うべき局面の中で良いもの同士を対局させて、現段階で最も良い探索時間を使うべき局面を決めた。

3. 1の中で、良い探索時間を使うべき局面であった、いずれかの対局者が歩や角以外を取った局面である「d」と3. 2の中で良い探索時間を使うべき局面であった、いずれかの対局者の駒が成り、次の手で成り駒が取られなかった局面である「e」で対局させた。対局の結果を以下の表2に示す。

表 2 「d」 vs 「e」の対局結果

	e 先手 vs f 後手	f 先手 vs e 後手
先手の勝率	0.54875	0.56325
後手の勝率	0.45125	0.43675

表2を見て分かるように「e」の方が「d」と比べて勝率が高くなっている。そのため、いずれかの対局者の駒が成り、次の手で成り駒が取られなかった局面の方がいずれかの対局者が歩や角以外を取った局面よりも良い探索時間を使うべき局面であったと分かった。

## 4. 調査結果

本研究では、どのような局面が初めて出た時に一回探索時間を多く用いると、探索時間を多く用いた側の勝率がど

の程度増加するかを調査するために、コンピュータ将棋ソフトを使用して対局を行い調査した。探索時間を多く使った局面は以下の通りである。

- a: いずれかの対局者が駒を取った局面
- b: いずれかの対局者が歩以外を取った局面
- c: いずれかの対局者が角以外を取った局面
- d: いずれかの対局者が歩や角以外を取った局面
- e: いずれかの対局者の駒が成り、次の手で成り駒が取られなかった局面
- f: 10秒考えない対局者の駒が成り、次の手で成り駒が取られなかった局面

また、Nを一手1秒で考える対局者と定義する。

わかったことは以下に示すとおりである。

- ・N同士の対局をしている時と比べて、局面 a,b,c,d,e,fで十秒探索した方が勝率は約3%以上増加する。

- ・局面 aで十秒探索する対局者よりも、局面 dで十秒探索する対局者がNと対局した方が、勝率が6%以上増加する。

- ・局面 eの次の十秒探索する側の手番で十秒探索するのと、局面 fの次の十秒探索する側の手番の時に十秒探索するのと、局面 fに成り駒を取る手以外の手を指す前にさらに十秒探索する対局者がNと対局した時、この三つの勝率は約1%も変化しない。

- ・局面 dで十秒探索する対局者と、局面 eで十秒探索する対局者が、対局した場合 eが先手でdが後手の時の先手勝率が、dが先手でeが後手の時の先手勝率よりも約2%増加する。

## 5. おわりに

今後の課題としては、評価値の利用や駒を打つ前に探索する等の上記で出てきた局面以外の新たに探索時間を使うべき局面を発見することと、十秒探索していない側が合計探索時間では短いので合計探索時間が一緒になるように探索時間を調整した際の勝率がどのように変化するかを調査していきたい。

## 参考文献

[1] 芝 世式, “コンピュータ将棋における相手考慮時間を含めた時間制御の考察” 第42回ゲーム情報学研究会, 2018, pp.1-4  
[2] 世界コンピュータ将棋選手権 大会ルール <http://www2.computer-shogi.org/wcsc31/>

## 付録

### 付録 1

対局ごとの先手後手勝ち、引き分けの回数およびそれぞれの先手後手の勝率

	先手 勝ち	後手 勝ち	引き 分け	先手の 勝率	後手の 勝率
N 同士	1096	805	99	0.57275	0.42725
先手 A	1159	751	90	0.602	0.398
後手 A	1017	910	73	0.52675	0.47325
先手 B	1240	667	93	0.64325	0.35675
後手 B	934	953	113	0.49525	0.50475
先手 C	1230	672	98	0.6395	0.3605
後手 C	904	1008	88	0.474	0.526
先手 D	1286	626	88	0.665	0.335
後手 D	815	1103	82	0.428	0.572
先手 E	1303	621	76	0.6705	0.3295
後手 E	851	1047	102	0.451	0.549
先手 F.1	1297	609	94	0.672	0.328
後手 F.1	861	1041	98	0.455	0.545
先手 F.2	1290	624	86	0.6665	0.3335
後手 F.2	902	1011	87	0.47275	0.52725

### 付録 2

対局における駒台に乗った駒の種類ごとの十秒探索した回数

	歩	香	桂	銀	金	角	飛
先手 A	1451	0	2	1	0	539	0
後手 A	1462	0	1	3	0	526	0
先手 D	0	190	651	670	160	0	287
後手 D	0	188	599	685	192	0	305

### 付録 3

対局における成った駒の種類ごとの十秒探索した回数

	歩	香	桂	銀	角	飛
先手 E	537	54	121	117	771	355
後手 E	591	44	137	115	756	311

【 この位置に改ページを入れ、以降のページを印刷対象外とする 】

## 正誤表

下記の箇所に誤りがございました。お詫びして訂正いたします。

訂正箇所	誤	正
6 ページ 最終行	【 この位置に改ページを入れ, 以降 のページを印刷対象外とする 】	