

# コンピュータ将棋における Ponder を前提とした指し手予測

芝 世式†1

**概要:** 本研究はコンピュータ将棋における対戦勝率を向上させる手段として考慮時間を有効活用する手法を改良するものである。過去に示したモデルに加えて対戦相手の指し手をさらに手絞り込むことの可能性を示した。

**キーワード:** コンピュータ将棋, 木探索, 探索時間

## 1. はじめに

ゲームアルゴリズムや探索問題の研究題材としてチェスや囲碁, 将棋などの題材が長年取り組まれており, 近年は人間の最上位者を上回る実力を身につけてきたことが明らかになっている。しかしながら, 新しい多くの試みが常に導入されコンピュータ同士の対戦においてその強さというものは年々向上の一途を辿っている。著者は一昨年秋の電王トーナメントにおいて準優勝した *shotgun*, 昨年春の世界コンピュータ選手権において優勝した *Hefeweizen*, 今年春の世界コンピュータ選手権において準優勝した *Kristallweizen* において, 過去にない斬新な手法で探索時間を制御することにより時間的優勢を築く手法を実装しその勝敗に対する有効性を示した。本発表はそのうち公平な計算機リソースを前提とした電王トーナメントにおいて未検証であった部分を明らかにするものである。

まず, コンピュータ将棋の対戦において相手の指し手を複数事前に予測することにより時間を有効に用いる提案を行っている。<sup>[1]</sup> 本手法では指し手予測分の計算機のクラスタを作成することで相手の考慮時間中に探索を行うことにより相手の持ち時間を一方的に減らすことに成功し有利な状況を作り出すことに成功している。加えて, マルチコアの計算機内のリソース分割による予測探索においてもやや劣るが十分に拮抗した展開のまま時間的優位が得られることを既に示している。<sup>[2]</sup> 具体的には4スレッドの探索に対して4候補手が当たっているうちはノータイムで応手可能であると示している。

本研究では以上に加えて, 相手の指し手予測の候補をさらに絞り込むことにより同一リソースでの分割予測探索を有効にしようとするものである。具体的には候補手が絞り込める際を見極めることであまり自分の時間を消費しないにも関わらず相手探索を上回るような状況を作り出したいと考えるものである。

## 2. 予測の絞り込み

本モデルでは過去の研究と同じく技巧2による MultiPV により相手指し手を予測した。前報と同様にスレッド数3,

候補手8, 探索深さ6を用いている。一局面が30ms未満で処理可能であることを確認している。

図1に前報と同様の手法を最新の *floodgate* 棋譜より高レート同士の対局100局を抜き出して計測した各候補手に対する的中確率を示す。0番は8つの候補手が全て外れたケースを示している。

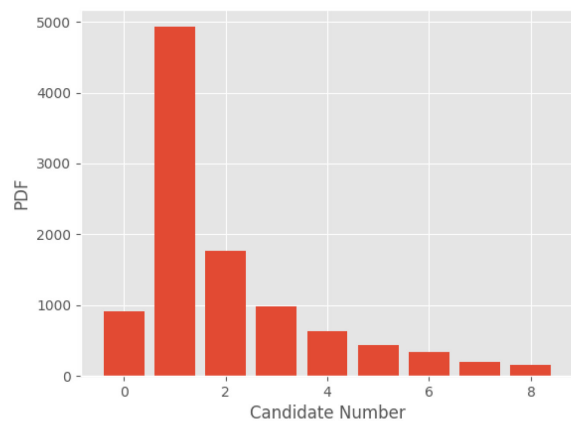


図1 指し手予測的中確率分布

5手予測で9割弱, 8手予測で9割強程度と前報をやや下回る結果であるが, これは一年間で戦型などの流行が変化しているなどの影響ではないかと予測する。予測エンジンを更新することで対応可能と考えている。

次にこの予測手をさらに絞り込む要素として, MultiPV の評価値に着目した。浅い探索の評価値であるため信頼性はあまり高くないがある程度は有用ではないかと考えている。図2に図1と同様のデータを第一候補手(最善手)からの評価値の差を100刻みで分類し確率密度分布をプロットした。第一候補手が当たる場合は当然最善手であるため評価値の差は全て0となる。また第0番にはすべてが外れた場合の第8番候補手の最善手からの評価値の差を採用している。第二候補手が当たる場合は図より大半が最善手との評価値の差が100未満であることが分かる。第二候補, 第三候補, 第四候補が当たる場合であっても最善手との差

†1 岡山県立大学 情報工学部  
Okayama Prefectural University  
shiba@cse.oka-pu.ac.jp

は大半 200 未満である。逆に候補手が全く当たらなかった 0 番候補に着目すると第 8 候補でも評価値差が 300 未満程度であるケースが多い。つまり、最善手に近い評価値を示す候補手が多いケースである。

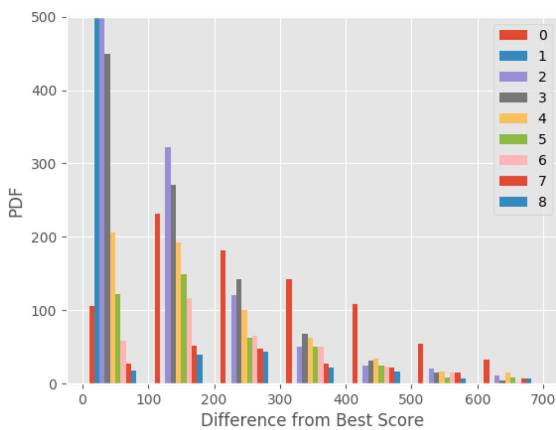
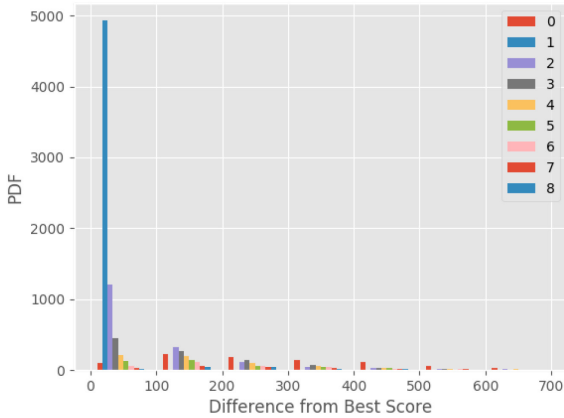


図 2 最善手との評価値差的中頻度

詳細を見るために図 2 下図は縦軸を拡大している。ここで最善手からの評価値の差が 300 を基準に考えてみる。300 を超えた候補手が当たる確率は当然第 8 候補も 300 を超えておりこの際の的中確率は外す確率よりも高いと考えられる。しかしながら最善手からの評価値の差が 300 未満の候補手は全ての候補が外れる確率より大凡高い確率で当たるように考えられる。

このような考察により shotgun プログラムにおいては候補手の評価値が最善手から 300 までの差の候補手に限定している。通常の対戦においても最大 5 手としたが、多くの局面で 2 手や 3 手と絞り込むことに成功している。もちろん、前報では 4 候補手で 4 スレッドの探索と互角の対戦が可能である旨を示したので、それ以下の候補手数においてはそれ以上のリソースを候補手の探索に利用できることは明白である。もちろん、マルチコアのシステムもスレッド数が整数であるために最適な分割が可能であるとは限らな

い。たとえそうであったとしても候補手が 2 手であれば半分のリソースを費やすことが可能であり相手考慮時間中に相手の探索深さまで探索可能であることは言うまでもない。

### 3. 実装および実践

前述のようにコンピュータ将棋の対戦において Multi Ponder 前提とし指し手予測を絞り込むプログラムを作成した。予測手の探索は自らの指し手の直後から行われ、相手の考慮時間が充分でありかつ予測手が的中した場合はノータイムで着手することが可能である。しかしながら、予測手が的中しても相手の考慮時間が充分ではなかった場合や予測手が的中しなかった場合は自分の考慮時間を消費して探索を行う。この際の考慮時間の基準値は繰り返し対戦を行うことで実験的に探索深さや探索ノード数で設定した。具体的には第五回電王トーナメントの規格である 4 コア 8 スレッドの PC において持ち時間 15 分程度では探索深さ 19、探索ノード数 2000 万を基準とした。

また、前報で 4 候補に 4 スレッドの探索が互角条件であると述べたが本実装はそれ以前に行われており、実験的に候補手数を 5 と上限を設定していた。4 コア 8 スレッドの PC のリソースを 5 分割するわけであるが、候補手 1 および 2 の的中率が高いことは明確であるためスレッド数を順に 3, 2, 1, 1, 1 と設定した。上位 2 候補が計算機リソースの 4 分の 1 以上になっているのは実験的経験的調整であり後の計測で得られた値と近いのは偶然である。候補手が少ない場合は上位 2 候補の探索リソースを増やし、2 候補のみ場合は 4 スレッドずつとした。経験的な調整であったが事後の分析により比較的良好な判断であったと考える。

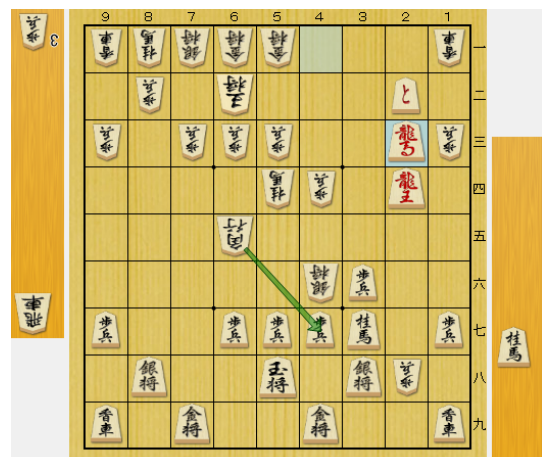


図 3 4七角成の局面

本実装の具体的な働きを第五回電王トーナメントの実戦棋譜を追って説明する。まずは比較的良好な戦果が得られたケースとして棋譜 1 に予選五回戦のやねうら王戦を挙げる。初手から 19 手目 3 六歩まで横歩取り青野流の序盤である。以後、やねうら王は考慮時間を使うが、shotgun は Multi Ponder を生かすために長い定跡<sup>[3]</sup>を搭載しており、51

手目の2二とまでノータイムである。以後、相手の6五角に対し考慮時間を使い3二角と対応するが、ここで相手の Ponder が有効に働いて以後二手相手のノータイム指しが続く。その後相手が考慮時間を使うとすかさず Multi Ponder によるノータイム指しへと移行する。以降敵手であるがノータイム指しが多くみられる。特にやねうら王が長考した4七角成以降が顕著である。ここでの評価値は僅差であるが持ち時間は3倍以上の差となっている。以後は持ち時間を減らしたやねうら王の探索が浅くなり徐々に評価値を広げる展開となった。

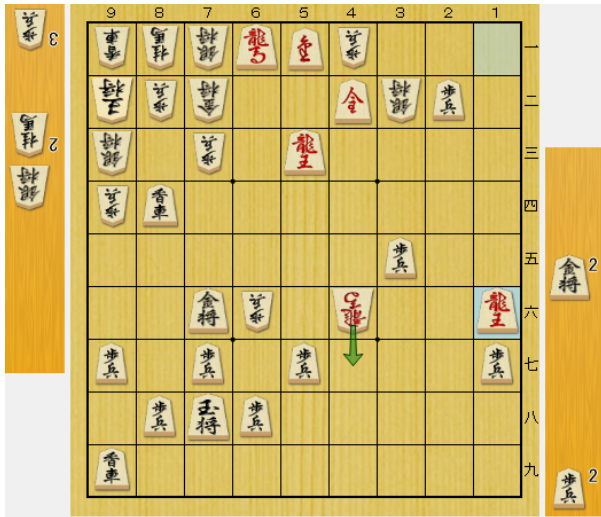


図 4 4七馬の局面

比べて本実装が苦戦したケースを棋譜2に示す。決勝第二回戦の Yorkie 戦である。奇しくも50手まで前棋譜と同じであるが定跡の51手目に「2二と」ではなく「1一と」と香を取った。Yorkie 陣営は前日の棋譜を確認していたのかこの辺りの応手が準備されていたようである。Yorkie が54手目1九桂成に1分近い考慮時間を使ったため応手はノータイムで同銀としたが、さらに Yorkie がノータイムで2六飛と応じた。これにより Multi Ponder が全く働かない状況が生まれた。当然考慮時間を使うが以後 Yorkie が Ponder を的中させノータイムで指す展開が長く続く。消費時間は凡そ2倍程度になる。200手目の4七馬までで残り時間に3倍近い差がつくがここでやや先手に評価値が傾いた。結果的に棋譜から推測するに、shotgun の予選を見た Yorkie 陣営が考慮時間を意識的に短くしているようで、そのために探索が浅いものが多かったと思われる。Yorkie のこの4七馬および次の8四銀に長考したため shotgun の Multi Ponder は機能を取り戻し、考慮時間差を一気に縮めることができた。さらに212手目6七歩成の長考で時間的優位は僅差で尚且つ評価値で先手が優位となった。256手ルールが気になるところで先に Yorkie が引き分けを読み切り、手を緩めたところを shotgun は245手目9三香成で mate を宣言した。257手目で詰む読み筋である。Floodgate などのルール

では当然引き分けとなるが、電王トーナメントのルールでは立会人の判定が優先するとのことで mate 宣言を行った shotgun の勝ちとしてトーナメントが進行された。実のところ本局のような現象がレアケースなのであるかどうかも含めて可能であれば再試合をしたいものである。

以上、本研究の実装での特徴的な対戦を挙げた。コンピュータ将棋の対戦において評価値のみが注目すべき値であった流れに考慮時間の極端な使い方を持ち込むことで新しい考え方が浸透したように思う。2019年の第29回世界コンピュータ将棋選手権においては我々の実装を参考にしたチームが複数参加し上位を占めたことはその事実を顕著に示している。

#### 4. おわりに

コンピュータ将棋の対戦において Multi Ponder 前提とし指し手予測を絞り込むことにより相手考慮時間をさらに有効に利用する手法を示した。

しかしながら、本手法ではクラスタモデルより候補手が減るため相手の Ponder が的確に的中した場合などは形勢が逆転するケースが電王トーナメント内でも見受けられた。具体的には Yorkie 戦および決勝のぼんぼこ戦である。

#### 参考文献

- [1] 芝, “コンピュータ将棋における相手考慮時間の有効活用法の一提案” 第40回ゲーム情報学研究会, 2018
- [2] 芝, “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, 2019
- [3] 芝, “コンピュータ将棋における定跡生成法の一提案”, 第23回ゲームプログラミングワークショップ, 2018
- [4] ドワンゴ社主催第五回将棋電王トーナメント, <https://denou.jp/tournament2017/>

棋譜1 第五回電王トーナメント予選五回戦 shotgun vs. やねうら王  
赤字はノータイム, 青字は1分以上の長考

先手: shotgun

後手: やねうら王

▲7六歩	△3四歩	▲2六歩	△8四歩	▲2五歩	△8五歩
▲7八金	△3二金	▲2四歩	△同歩	▲同飛	△8六歩
▲同歩	△同飛	▲3四飛	△3三角	▲5八玉	△5二玉
▲3六歩	△7六飛	▲7七角	△同角成	▲同桂	△5五角
▲2二歩	△3三桂	▲2一歩成	△4二銀	▲2三歩	△同金
▲8四飛	△8二歩	▲2四歩	△7七角成	▲同金	△同飛成
▲8八角	△7五龍	▲2三歩成	△8四龍	▲3三と	△8八龍
▲同銀	△3三銀	▲6六角	△4四角	▲同角	△同歩
▲7九金	△6二玉	▲2二と	△6五角	▲3二角	△5四桂
▲2三飛	△3四銀	▲2四飛成	△4五銀	▲3八銀	△2八歩
▲3七桂	△4六銀	▲4一角成	△5一金打	▲2三馬	△4七角成
▲同銀	△3七銀成	▲4四龍	△4七成銀	▲同玉	△2九飛
▲4八金	△4三歩	▲同龍	△1九飛成	▲3二龍	△5二桂
▲5五銀	△6四銀	▲同銀	△同歩	▲5五銀	△3九龍
▲4六歩	△3五歩	▲4五桂	△3六龍	▲5八玉	△4七歩
▲4九金	△4六桂	▲6九玉	△4八歩成	▲同金	△3九龍
▲4九歩	△7二銀	▲5三桂不成	△7五香	▲7六歩	△同香
▲7七歩	△7四歩	▲6一桂成	△同金	▲4六銀	△4七歩
▲5八金	△4九龍	▲5九金打	△3九龍	▲7六歩	△2九歩成
▲5六馬	△2八と	▲4七馬	△4八歩	▲同馬	△同龍
▲同金上	△6五角	▲3五龍	△4四銀	▲3一龍	△4五歩
▲4一飛	△4六歩	▲6三香	△同玉	▲6一飛成	△6二銀
▲7二龍	△同玉	▲8四桂	△7三玉	▲8一龍	△6三玉
▲7二角	△5三玉	▲4一龍	△3九飛	▲7八玉	△4二香
▲6一角成	△8六桂	▲7七玉	△6三銀	▲7二銀	△5一歩
▲6三銀不成	△同玉	▲4二龍	△7九飛成	▲同銀	△7八金
▲8六玉	△7七銀	▲8七玉	△8六銀成	▲7八玉	△8七成銀
▲6九玉	△7八成銀	▲同銀	△7五歩	▲7二馬	△7四玉
▲7三飛	△8五玉	▲7五飛成			

まで171手で先手の勝ち

棋譜2 第五回電王トーナメント決勝二回戦 shotgun vs. Yorkie  
赤字はノータイム、青字は3分以上の長考

先手：shotgun

後手：Yorkie

▲7六歩	△3四歩	▲2六歩	△8四歩	▲2五歩	△8五歩
▲7八金	△3二金	▲2四歩	△同歩	▲同飛	△8六歩
▲同歩	△同飛	▲3四飛	△3三角	▲5八玉	△5二玉
▲3六歩	△7六飛	▲7七角	△同角成	▲同桂	△5五角
▲2二歩	△3三桂	▲2一歩成	△4二銀	▲2三歩	△同金
▲8四飛	△8二歩	▲2四歩	△7七角成	▲同金	△同飛成
▲8八角	△7五龍	▲2三歩成	△8四龍	▲3三と	△8八龍
▲同銀	△3三銀	▲6六角	△4四角	▲同角	△同歩
▲7九金	△6二玉	▲1一と	△2七桂	▲2八銀	△1九桂成
▲同銀	△2六飛	▲2八香	△2七歩	▲1五角	△3六飛
▲2七香	△8三香	▲7七銀	△8七香成	▲6八銀	△2六歩
▲同角	△3八歩	▲2八桂	△7六飛	▲1五角	△3九歩成
▲同金	△3二歩	▲3一飛	△7八成香	▲7七歩	△同成香
▲同銀	△同飛成	▲7八香	△8七龍	▲3二飛成	△4二金
▲3一龍	△4五角	▲5九桂	△2七角成	▲3三角成	△同金
▲2二龍	△5二銀	▲8八歩	△7八龍	▲同金	△5四馬
▲4一銀	△5一香	▲3四歩	△4三金	▲5二銀成	△同香
▲4一銀	△7四香	▲7七歩	△3四金	▲3一龍	△4三角
▲2一と	△5一金	▲1二飛	△4五歩	▲4八金	△4六歩
▲同歩	△2七歩	▲3五歩	△3三金	▲5二銀成	△同金
▲3三龍	△2八歩成	▲同銀	△3二銀	▲1三龍	△3六桂
▲3八金	△2八桂成	▲同金	△2一銀	▲1一飛成	△4一歩
▲2二歩	△3二銀	▲4七金	△2五角	▲3一龍	△2六歩
▲5六香	△4三馬	▲3七桂	△4七角成	▲同桂	△4二銀
▲1一龍寄	△2七銀	▲5五桂	△5四馬	▲2七金	△同歩成
▲4五桂	△7二玉	▲8四桂	△8三玉	▲6一角	△8四玉
▲5二角成	△8六桂	▲9五銀	△同玉	▲9六金	△8四玉
▲8六金	△5一金	▲2五馬	△3七と	▲6八玉	△9四歩
▲6三桂成	△同馬	▲5三桂成	△6四馬	▲7六桂	△同香
▲同金	△4六馬	▲8五香	△9三玉	▲4二成桂	△4七と
▲7九玉	△5七と	▲8四銀	△9二玉	▲5一香成	△6七と
▲5七歩	△7八と	▲同玉	△9三金	▲6一馬	△8四金
▲同香	△7二金	▲5三龍	△6六歩	▲6八歩	△9三銀
▲1六龍	△4七馬	▲7五金打	△8四銀	▲同金	△8三香
▲7五銀	△8四香	▲同銀	△8三金打	▲7五金打	△7四桂
▲9六歩	△6七歩成	▲同歩	△1五歩	▲2六龍	△2五歩
▲2八龍	△6六歩	▲8三銀不成	△同歩	▲5二龍	△8二銀打
▲9五歩	△8六桂打	▲同金	△同桂	▲8七玉	△6九馬
▲7八桂	△同桂成	▲9四歩	△8八成桂	▲7六玉	△8七馬
▲6六玉	△7四銀	▲9三香	△同桂	▲同歩成	△同銀
▲5六玉	△5三香	▲4六玉	△5四馬	▲9三香成	△同玉
▲7一馬	△同金	▲9四歩	△同玉	▲8五銀	△同銀
▲同金	△同玉	▲8六銀	△7四玉	▲7五金	

まで257手で先手の勝ち