

# 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

芝 世式<sup>†1</sup>

**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提案するものである。具体的な実装を行いその効果のほどを確認した後、公的な大会である電王トーナメント及び世界コンピュータ将棋選手権において有効性を示した。

**キーワード:** コンピュータ将棋, 木探索, 探索時間

## Offering an Effective Utilization Method of Opponent Consideration Time on Computer Shogi

SEIJI SHIBA<sup>†1</sup>

**Abstract:** In this research, we propose a method to effectively utilize consideration time as a means to improve rating in computer shogi. After conducting concrete implementation and confirming its effect, we showed effectiveness in the public convention, the Den-O Tournament and the World Computer Shogi Championship.

**Keywords:** Computer Shogi, Tree search, Search time

### 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きたが、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。著者は昨年秋の電王トーナメントにおいて準優勝した *shotgun* および今年春の世界コンピュータ選手権において優勝した *Hefeweizen* 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。本発表はその手法導入における一段階を詳細に示すものである。コンピュータ将棋ソフトの名称は *shotgun* が日本大学アメリカンフットボールチームフェニックスの全盛期における得意プレイであったショットガン攻撃に由来しており相手に手筋を読ませない素早いパス攻撃を意味している。*Hefeweizen* はドイツ語で酵母入りビールのことであり、さわやかな口当たりと共に先を見通せない不透明感を意味している。

まず、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非常に重要な問題であると共にその適切な解は全くと言って得られていない。[1] 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、平均一手12秒と算出される。しかしながら、プロ棋士の対局などで明らかのように人間の将棋の約半数はほぼノータイムで指される。本手法の発案の原点はここにある。つまり、消費時間があまり必要でない局面が存在し、その局面においては比較的浅い探索結果でも問題ないということである。もちろん、これにより自分の持ち時間が後半に残すことが可能となる。中盤や終盤で時間を残すことが勝率向上に繋がることは想像に難くないが、実際に多くの試行で確認されている。[2]

### 2. 想定した仮説

本モデルでは以下のような仮説において段階的に評価を行った。深く探索する必要がない局面の抽出が可能であるとする。今回は近年の若手プロ棋士が序盤指し手が早いことを根拠に簡単に序盤40手とした。40手以内に極端に局面を悪くする手は定跡化し避ける作業をしている。もちろん、定跡化した手は探索が不要であるため考慮時間の消費はない。また、これにより勝率の低下がないことを確認した。

次に近年一般的になってきた多コアのCPUにおける探索速度の問題である。従来木探索を行うアルゴリズムは多コアに向いていないとされており歴史的には *Young Brothers Wait Concept*(YBWC)や *LazySMP* などの手法が実用化されているが2スレッドで2倍の探索速度が得られるわけではない。とくに8スレッド以上では頭打ちの問題が

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

大きい。

### 3. Multi Ponder

著者はコンピュータ将棋の対戦で Ponder の問題が軽んじられていると感じてきた。Ponder とは対戦時の相手の考慮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。これにより予想手から先の局面において自分の指し手の考慮に入ることが可能となる。Ponder が当たった場合はこれにより考慮時間が有効になるが、当たらなかった場合は全く無駄となり自分の手番の時間から考慮を始めることとなる。事実 Ponder のヒットが対戦時の勝敗に多く寄与することが大会での上位者は経験的に感じているようである。しかしながら、準備段階で十分にこれらについて考察されている開発者は皆無であった。理由は以下のようなものである。対戦の試行を行う際にはほぼ大半の開発者が一台の計算機に二つのエンジンを立ち上げ、交互に探索を行うことにより指し手を進めている。多コアのマシンにおいてはこれを複数並列で行っている例も少なくはない。当然これらの対戦においては Ponder は全く考慮されておらず、疎かになっているという程度ではない。計算機リソースに対する対戦数を考えると多くの開発者にとって Ponder の考慮は後回しになるようである。

著者は本件に別の視点を与えてみた。Ponder を複数設定した状況を想定する。つまり、演算能力を分散させた投機的実行である。この場合、相手の考慮時間において複数の探索を行いヒットする可能性は飛躍的に増大する。大半の手がヒットするような状況では非常に時間的優位に立てるのではないかと考えた。

図 1 に示す。Ponder 無しの場合には交互に考慮時間が使われるために 1 マシン内対戦において CPU リソースは交互

に使用され、すべての時間 100% の探索が行われる。しかしながら、実際の対戦では Ponder 有りで行われるため図において Ponder がヒットした場合のみ相手考慮時間から探索が進んでいる。図では同じ考慮時間を消費しているが、実際の対戦では相手考慮時間を使うために大幅に自分の考慮時間消費を減らすことが出来る。Multi Ponder においては Ponder ヒット率が向上しており、多くの場合相手の考慮時間中に探索が開始している。しかしながら、複数の予想手を想定するためその探索に用いる CPU リソースは大幅に減じられる。この場合、前述の仮説でおいた探索スレッド数に対する探索速度の向上問題が関わる。具体的に 4 手の予想手を置いた Multi Ponder で 4 スレッドの探索を行い、その 4 手のうちで必ずヒットするとしよう。また、仮説でおいた 4 スレッドの探索速度が 1 スレッドの探索速度の 2 倍程度しかでないと仮定する。こうすると相手手番の考慮時間中に相手の探索の半分程度は行うことができる計算になる。加えて、浅い探索で問題ない局面であれば極論して自分の考慮時間を全く消費することなく指し手を進めても大きな問題は生じないことになる。

以上で様々な仮説を置いて、Multi Ponder が有効な手法となりえる可能性について説明を行った。以降はその実装について説明を行う。

### 4. 予想手の選び方および的中率

通常の探索において Ponder は  $\alpha$ - $\beta$  法などの探索で得られた最善手から選ばれる。しかしながら、本手法では複数の指し手を予想的中させる必要がある。当時 PfN 社がコンピュータ将棋に参戦する際にディープラーニングを用いるとの情報があり、プロ棋士の指し手を 50% 程度の中させるとの触れ込みであった。そのため本研究ではまず、将棋

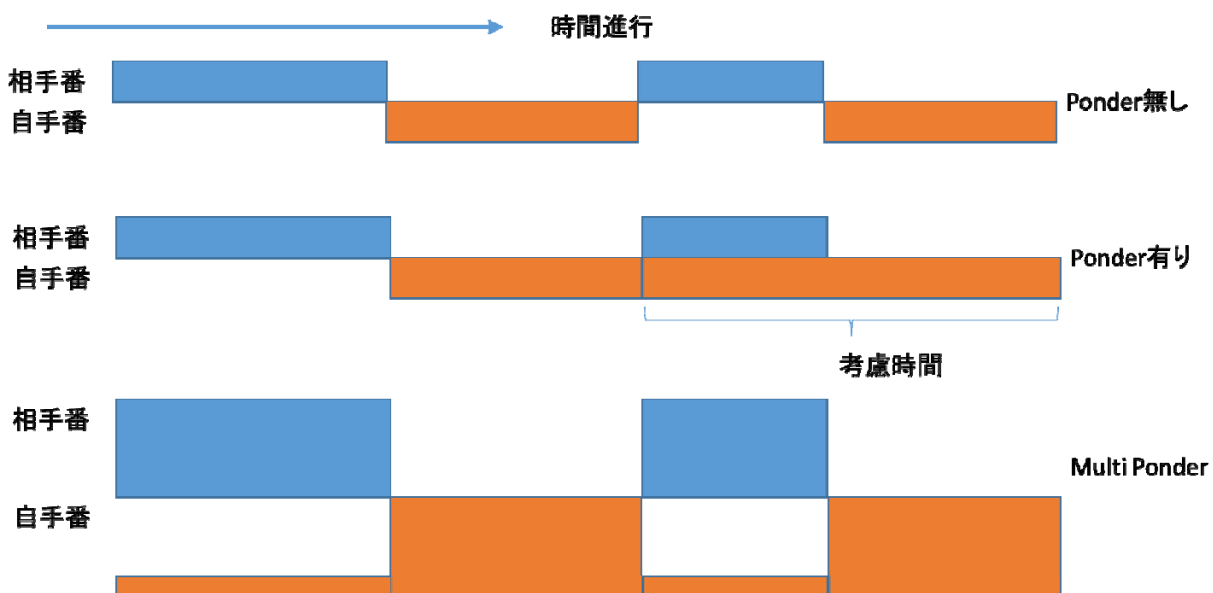


図1 Multi Ponderの考慮時間

の局面をディープラーニングによる学習モデルを構築し Softmax を算出することで指し手確率を求める手法に取り組んだ。しかしながら、以下の手法に及ばなかったため本報告では説明を割愛する。

やねうら王らの研究によると探索深さ 10 において指し手候補上位 5 手を挙げるとプロの指し手と一致する確率が 95%であるそうである.[3] 著者はこの事実の確認を行っていないが、コンピュータ将棋の対戦サイトである floodgate の過去 2 年のうち厳選した棋譜により、指し手一致確率を求めることにした。

また、同様に当時最強と謳われた第 27 回世界コンピュータ将棋選手権優勝ソフト elmo および同 3 位の技巧 2 を用いた。加えて技巧 2 はプロ棋士の棋譜に基づいた学習を行ったものであるが、著者が floodgate の棋譜に基づいて学習させた技巧 2 型のソフトも検討対象とした。技巧 2+ と命名しておく。また、上記やねうら王の評価では深さ 10 とされているが、比較して深さの効果は薄いと確認し深さ 6 で以降は行っている。

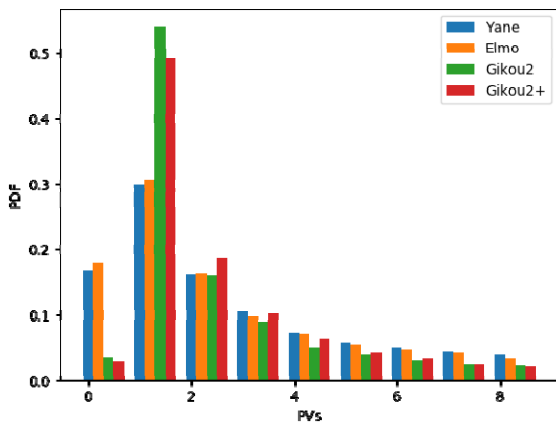


図 2 予想候補手と確率密度 (40 手目)

図 2 に予想候補手 8 手の場合の確率密度を示す。手番は 40 手目のみを抽出している。図より技巧 2 の第一候補(PV1) は 50%以上の確率で指し手を的中させていることが分かる。また、PV0 は 8 候補での中しなかったばあいであるが、技巧 2 および技巧 2+では 5%未満である。

上記やねうら王の報告ではやねうら王自身が高精度である旨を謳っているが実際は技巧 2 がこれを上回る結果であることが分かる。また、第一候補の的中率は技巧 2 が最高であるが、上位 8 手の合計の的中率は技巧 2+が最高値を示した。

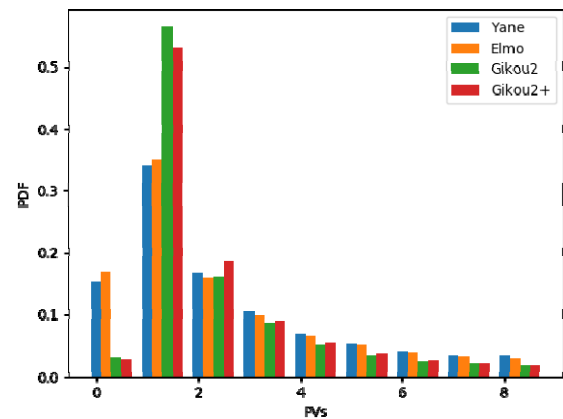


図 3 予想候補手と確率密度 (60 手目)

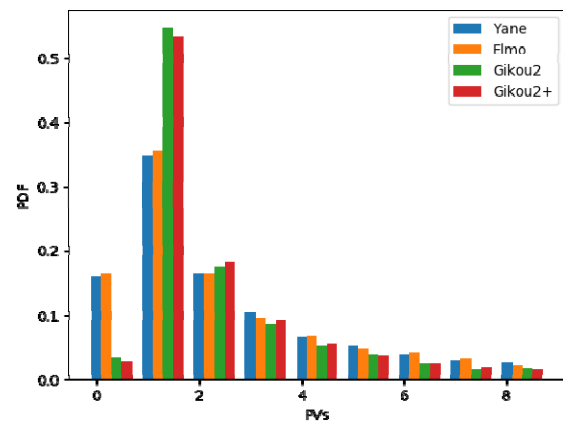


図 4 予想候補手と確率密度 (80 手目)

同様に図 3 および図 4 に 60 手目と 80 手目の確率密度を示す。40 手目とほぼ同様のことが言えるが、全体的に第一候補の的中率が上がっていることが分かる。局面が進行するにつれて指し手の選択肢が減っているのではないかと推察される。また、第一候補において技巧 2、上位 8 手において技巧 2+が有効であることは変わらないが、その的中率も向上している。以上より、技巧 2 や技巧 2+を指し手予測に用いることに決定した。予想手が増えることにより探索リソースの分散が考えられるため対戦においては試行錯誤を繰り返し上位 5 手とした。的中率は凡そ 90%強と言える。具体的には shotgun においては技巧 2、Hefeweizen においては技巧 2+を実際に用いた。

また、実戦に用いる際、この予想手を計算するに要する時間が問題となるが以上のデータ収集に用いた時間とその局面数から概算された所要時間は数十 ms である。これはディープラーニングの 12 層のモデルにおいて Softmax 値を算出するよりも短い時間であることを明記しておく。

