

# 将棋の探索木の葉ノードにおける詰み予測

佐藤 亮太<sup>†</sup> 藤田 悟<sup>†</sup>法政大学 情報科学部 デジタルメディア学科<sup>†</sup>

## 1. まえがき

近年注目を集めているディープラーニング系将棋ソフトでは、DNN で高精度の局面評価を行い、事前学習した指し手の選択確率を基に、指し手を絞り込んだ探索を行う。そのため、詰みを見つけるために終局までの読み切りを必要とする終盤において、詰みを見つけることが難しいという弱点がある。この弱点を補うために、ディープラーニング系将棋ソフトとして代表的な dlshogi というプログラムは、探索木の全ての葉ノードで 5 手までの詰み探索を行っている。しかし、この手法では、葉ノードで 7 手以上の詰みを見つけることが困難である。

本研究では、ディープラーニング系将棋ソフトにおいて探索木の葉ノードで DNN による詰み予測を行い、詰みがあると予測した局面のみ、長手数の詰み探索を行えるようにすることで、終盤力が強いディープラーニング系将棋ソフトを開発する。

## 2. 関連研究

### 2.1. AlphaZero

ディープラーニング系将棋ソフトのベースとなっている AlphaZero[1]では、モンテカルロ木探索のように、選択、展開、評価、逆伝搬を繰り返して探索していく。AlphaZero の DNN は、局面の情報を入力すると、その局面の勝率と、次の指し手の選択確率を出力する。DNN が出力する勝率を基に局面評価を行い、指し手の選択確率や子ノードの勝率を基に、訪問するノードを選択する。

### 2.2. dlshogi

ディープラーニング系将棋ソフトとして最も代表的な dlshogi[2]では、AlphaZero の探索に加え、3 つの詰み探索を行っている。1 つ目は、ルートノードに対して行う長手数の詰み探索、

2 つ目は、AlphaZero の探索の葉ノードに対して行う 5 手の詰み探索、3 つ目は、AlphaZero の探索の途中で一番訪問回数が多い読み筋に対して行う長手数の詰み探索である。

## 3. 葉ノードにおける詰み予測

本研究では、探索木の葉ノードにおいて DNN で詰んでいる局面かどうかを予測してから、詰みそうな局面のみ df-pn アルゴリズム[3]による長手数の詰み探索を行う。これによって、DNN が詰むと予測するノードでは長手数の詰み探索を行い、本当に詰んでいれば勝ちが確定したノードとして扱うことができる。そして、DNN が詰まないと予測するノードでは無駄な詰み探索を減らして探索速度の低下を抑えることができると考える。

詰み予測をする DNN は、図 1 に示すように、局面の勝率と指し手の選択確率分布を出力する従来の 2 種類の出力に、更に詰み予測の出力を加えて 3 種類の出力をする。

葉ノードに対して行う詰み探索は、スレッドプールを作る。詰みと予測したノードのキューをキューに追加し、複数のスレッドが並列実行で詰み探索を行う。

## 4. 実験

### 4.1. 詰み予測精度の実験方法

ある 1 局の中で、提案手法の DNN が推論を行ったノードに対して長手数の詰み探索を行い、詰んでいる局面かどうかを調べる。精度の評価は、まず開始局面からの手数毎に DNN で推論し、適合率と再現率を求める。

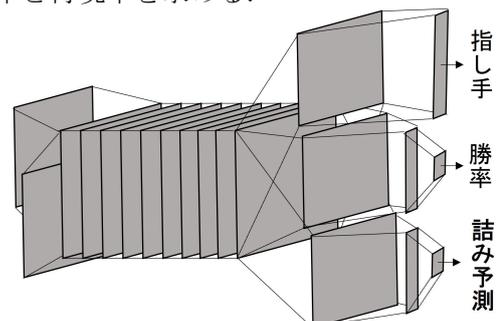


図1. 提案手法のアーキテクチャのイメージ

Prediction of Mate-State at Leaf Node of Search Tree in Shogi Program.

<sup>†</sup>Ryota Sato, Satoru Fujita, Department of Digital Media, Faculty of Computer and Information Sciences, Hosei University.

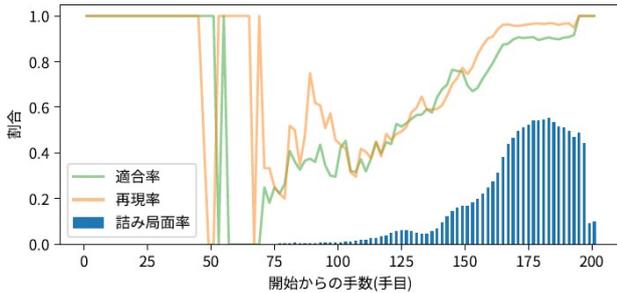


図2. 先手の手番における詰み局面の割合と予測精度

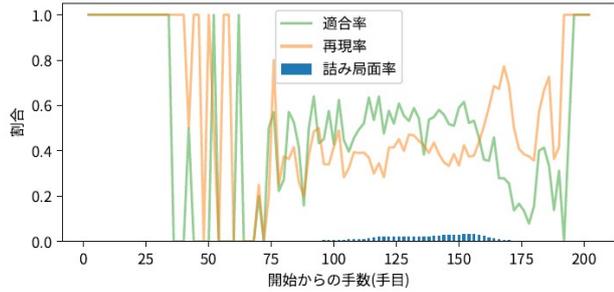


図3. 後手の手番における詰み局面の割合と予測精度

#### 4.2. 詰み予測精度の実験結果と考察

開始局面からの手数毎の詰み局面の割合と、その局面に対する適合率と再現率を図2と図3に示す。図2は先手の手番であり、図3は後手の手番である。終盤では、優勢の先手の手番の局面では探索した局面の約5割で詰みがあり、適合率と再現率が高い。一方、中盤や、劣勢の後手の手番の局面では、詰み局面の割合が少なく、適合率や再現率も低い。この結果は、教師データの性質によるものであると考える。本研究では、コンピュータ将棋の棋譜を教師データとしてDNNの学習を行った。ミスが非常に少ないコンピュータ同士の対局では、序中盤や劣勢の時に、相手玉に詰みがある局面に辿り着けることはほとんど無く、詰みがある局面は優勢側の手番の終盤にしか現れない。そのため、優勢の手番の終盤の詰み局面の学習が多く進んでいると考える。

#### 4.3. 対局中の詰み発見数の実験方法

対局中にDNNによる詰み予測の後、どれだけ詰み局面を見つけられるかの実験を行う。

対局中のdf-pnアルゴリズムによる詰み探索は、実行速度を上げるために、深さ制限を9手、探索ノード数制限を5,000ノードに制限する。

対局中、詰みと予測して詰み探索を行った局面数、その中で詰みと判定できた局面数、及び、詰みと予測してキューに入れたが探索できずに手番の終わりまでキューに残った局面数を記録する。

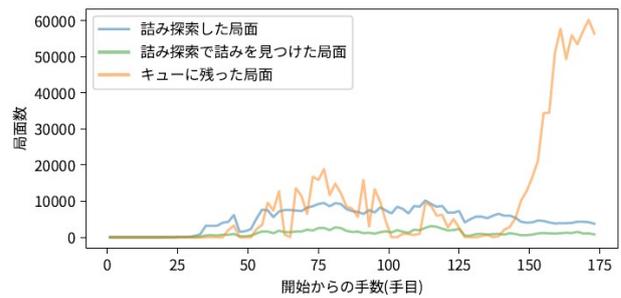


図4. 対局における詰み探索局面数

#### 4.4. 対局中の詰み発見数の実験結果と考察

ある1局における、詰み探索を行った局面数、詰み探索で詰みと判定できた局面数、及び、詰みと予測したが、手番の終わりまでに詰み探索が間に合わず、キューに残った局面数を図4に示す。終盤局面では探索できずに手番の終わりまでキューに残った局面が多く残っている。4.2節に示したように、探索した局面のおよ半数を詰みと予測する終盤では、詰み探索が間に合わなくなることが分かる。

#### 5. まとめと今後の課題

本稿では、将棋の探索木の葉ノードに対してDNNによる詰み予測を行い、詰みがあると予測した局面のみ、長手数の詰み探索で詰みがあるかどうかを確認する手法を提案した。実験の結果、DNNによる詰み予測は終盤の優勢な局面において高い精度で詰み局面を予測できた。しかし、特に終盤に関して、詰みと予測したノード数に対して、詰み探索が間に合わないことが分かった。今後は、高い精度で詰みを予測できているにも関わらず、詰み探索が間に合っていない終盤の詰みと予測したノードを、どのように活かすかが課題となる。

#### 参考文献

- [1] D. Silver, T. Hubert, J. Schrittwieser, I. Antonoglou, M. Lai, A. Guez, M. Lanctot, L. Sifre, D. Kumaran, T. Graepel et al., "A general reinforcement learning algorithm that masters chess, shogi, and go through self-play," *Science*, vol. 362, no. 6419, pp. 1140–1144, 2018.
- [2] 山岡忠夫 and 加納邦彦, "強い将棋ソフトの創りかた," マイナビ出版, 2021.
- [3] 長井歩, 今井浩 et al., "df-pn アルゴリズムの詰将棋を解くプログラムへの応用," *情報処理学会論文誌*, vol. 43, no. 6, pp. 1769–1777, 2002.