

# 将棋における探索延長アルゴリズムの実験的評価

鈴木 豪 小谷 善行

[go@fairy.ei.tuat.ac.jp](mailto:go@fairy.ei.tuat.ac.jp) [kotani@cc.tuat.ac.jp](mailto:kotani@cc.tuat.ac.jp)

東京農工大学

## 概要

有力な指し手を深く探索する探索延長アルゴリズムとしては様々なものが提案されている。本稿では、王手延長アルゴリズム、取り合い延長アルゴリズム、非凡拡張アルゴリズムを将棋プログラムに実装し、これら探索延長アルゴリズムを組み合わせた場合の実験を行った。

## Experimental Evaluation of Search-Extension Algorithm in Shogi

SUZUKI Tsuyoshi KOTANI Yoshiyuki

Tokyo Univ. of Agri. And Tech. 2-24-16 Nakamachi, Koganei, Tokyo, JAPAN

## Abstract

Many search extension algorithms that search for promising moves is proposed. We implement the check extension, the capture extension, singular extension on Shogi program. In this paper, we examined the comparative experiment when search extension algorithms was combined.

### 1 はじめに

将棋などの二人零和完全情報ゲームのプログラムでは、指し手を決定するためにゲーム木探索が用いられる。対象となるゲーム木が小さい場合には、可能手を列挙し、起こりうる全ての状態をゲーム終了まで調べつくすことにより、完全なゲームを行うプログラムができる。しかし、将棋のように場合の数の多いゲームでは、これは不可能である。そこで、全ての可能手を調べるのではなく、有力な指し手を深く探索する手法が必要となってくる。

有力な指し手を深く探索する探索延長アルゴリズムとしては様々なものが提案されている。本稿では、王手延長アルゴリズム、取り合い延長アルゴリズム、非凡拡張アルゴリズムを用いて、これらを将棋において組み合わせた場合の実験を行った。

### 2 探索延長アルゴリズム

本実験で比較を行う探索延長アルゴリズムの概要を以下に示す：

#### (1) 王手延長

王手延長は、王手に関係する指し手を深く探索するものである。本実験では王手をかける手および王手を受ける手を一手深く探索している。

#### (2) 取り合い延長

駒の取合いが発生しているときに、その取合いを途中で打ち切って局面を評価すると間違えを起こす可能性が高い。そこで、取合いが終わるまで探索を(取合いに関して)延長するのが取り合い延長である。本実験では、最後に指した手で取合いが発生している場合に、その取合いに関する指し手のみ延長する手法を“取り合い延長1”と呼び、局面上の全ての取合いを探索延長するものを“取り合い延長2”と呼ぶことにする。

#### (3) 非凡拡張

ある指し手が他の指し手に比べて断然よい評価値が返ってきた場合には、その局面に危

険が潜んでいる可能性が高い。この場合には、より正確な評価を行うためにその指し手を深く再探索するのが非凡拡張である。将棋の場合には駒の成り・不成りなどがあるため評価値の上位グループと下位グループに差がある場合(図1)に探索延長を行ったほうがよい[1]。本実験では、ルート局面において指し手の上位グループと下位グループの評価値に歩の価値の10倍の差があった場合に探索延長を行っている。

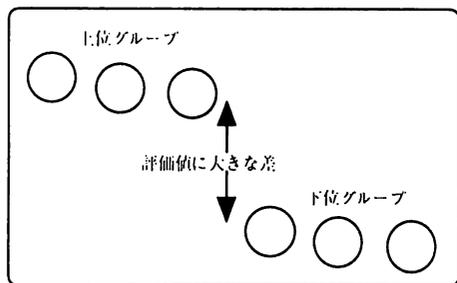


図1 評価値に差がある場合には非凡拡張

### 3 探索延長アルゴリズムの組み合わせ

探索延長アルゴリズムを組み合わせた場合にはより有効な延長も行われる可能性もあるが、逆に効率の悪い探索延長が行われることも考えられる。そこで、上記の探索延長アルゴリズムを組み合わせて実験を行った。組み合わせは以下である:

- ① 延長なし
- ② 取合い延長1
- ③ 取合い延長2
- ④ 王手延長
- ⑤ 非凡拡張
- ⑥ 取合い延長1 + 王手延長
- ⑦ 取合い延長1 + 非凡拡張
- ⑧ 取合い延長2 + 王手延長
- ⑨ 取合い延長2 + 非凡拡張
- ⑩ 王手延長 + 非凡拡張
- ⑪ 取合い延長1 + 王手延長 + 非凡拡張
- ⑫ 取合い延長1 + 王手延長 + 非凡拡張

探索延長が組み合わせられた場合、例えば取合い延長で1手深く延長され、王手延長で1手深く延長されたときには合計で2手深く延長している。

### 4 実験環境

実験は東京農工大学小谷研究室で作成している将棋プログラムで行った。探索は $\alpha\beta$ アルゴリズムを使って、ルート局面での反復深化を行っている。評価関数は駒の損得・自王/敵王との相対距離・絶対位置・飛/角の可動性・王の周りの利きなどを考慮している。

比較は次の一手問題を各探索延長アルゴリズムを実装したプログラムに与えて行った。問題はプロの棋譜の41手目から投了までの局面とし、正解はプロの指し手を正解とした。プロの指し手にも悪手が含まれている場合もあるが、ほとんどは正解手と考えられ、実験上は問題ない。また、41手日以降としているのは、序盤は定跡を使って進められ、探索とは異なる要因が大きいことによる。

### 5 実験結果

実験は基本となる深さが2~4で行った。基本となる深さとは、延長を行わない場合に行われる探索の深さである。比較する項目は探索ノード数と正解率、そして探索した深さ毎のノード数の割合である。次の一手問題は、少なくとも一つのプログラムが正解を与えた問題を採用し、全てのプログラムが不正解だった問題は除外している。深さ2、3、4で与えた問題数はそれぞれ17071、3413、1382である。探索に時間制限はつけていない。

以下の結果で与える探索ノード数とは全ての問題で探索したノード数の総和を問題数で割った一局あたり平均探索ノード数である。また、深さ毎の探索ノード数の割合は、問題を与えたときに各深さで探索したノード数を全探索ノード数で割った値であり、結果で与えているのは全問題に対する割合の平均値である。

#### (1) 探索ノード数

深さが3のときの探索ノード数を図2に示す。深さ2~4のいずれにおいても各延長アルゴリズム間の探索ノード数の比率は同様の傾向を示した。

取合い延長1のみでは探索ノード数は延長なしの場合と比較してどの深さでも1.8倍程度の増加になった。また、取合い延長2のみでは4倍弱の増加になった。取合い延長による探索ノードの増加

は延長なしの場合と比較して深さに関係なくほぼ定数倍であった。

王手延長のみの場合には探索の深さを深くするに伴って探索ノード数も増える傾向にある。深さを  $d$  とするとき延長なしプログラムと比較してその増加は近似的に

$$(\text{探索ノード数の増加}) = 2d - 1 \text{ (倍)}$$

という関係がみられた。

非凡拡張のみの場合には延長なしプログラムと比較して2倍程度の増加である。深さが増えるにつれ探索ノード数は2倍から減少する傾向にあるもののほとんど差はなかった。非凡拡張は深さが深くなるにつれて出現回数が減少し、深さ2のときは非凡拡張の出現率は50%近いが、深さ4のときは10%以下であった。これは非凡拡張と他の組み合わせにおいても同様である。

取合い延長1と王手延長は延長なしと比較して2倍以上、取合い延長2と王手延長は4倍以上の探索ノード数の増加となっている。

取合い延長1と非凡拡張の組み合わせは延長なしの場合と比較して探索ノード数の増加率は3.2倍程度である。また、取合い延長2と非凡拡張の組み合わせは約8倍である。

取合い延長1・王手延長・非凡拡張の組み合わせは延長なしと比較して10倍、取合い延長2・王手延長・非凡拡張の組み合わせは20倍の探索ノード数の増加となった。

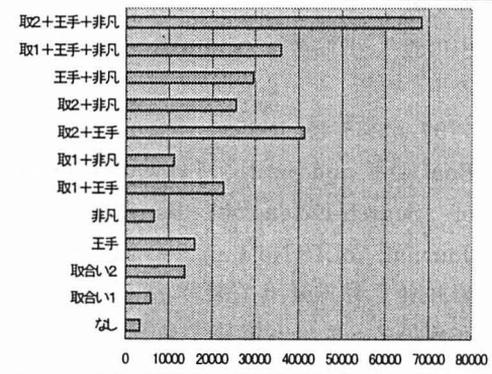


図2 深さ3のときの探索ノード数

## (2) 正解率

深さが4のときの正解率を図3に示す。次の一

手問題は、与えている問題が深さにより異なるので、異なる深さでの正解率は比較できない。

いずれの深さでも、正解率は46~65%であり、問題は少なくとも一つのプログラムが正解したものを採用したことを考えると、それぞれのプログラムが正解した問題にばらつきがあると言える。取合い延長1と取合い延長2(および、その他との組み合わせ)を比較した場合、取合い延長1の正解率が6%以上高いという結果となった。王手延長、非凡拡張単独では正解率は向上するものの、大きな差にはなっていない。

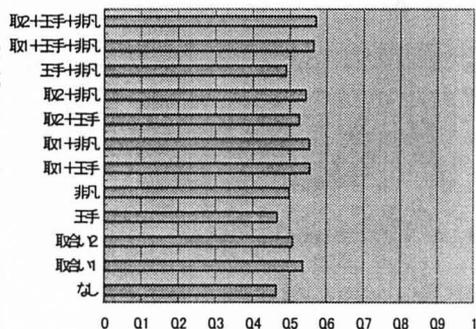


図3 深さ4のときの正解率

## (3) 探索深さの割合

図4に基本の深さが4のとき、探索延長アルゴリズムを単独で使ったときの深さ毎に探索したノード数の割合を示す。王手延長では他の延長と比較して全体的に深い探索が行われている割合が高い。その他は同様の形であるが、非凡拡張、取合い延長1、取合い延長2の順に少しずつ深く探索する割合が高い傾向にある。

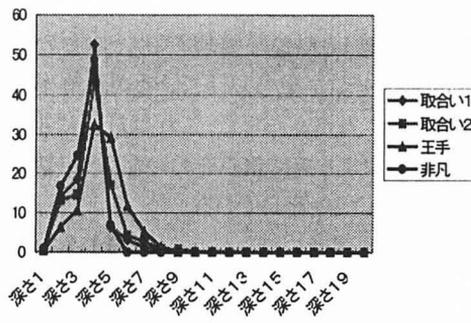


図4 基本の深さが4のときの探索深さの割合(1)

図5に二つの延長を組み合わせた場合の深さ毎の探索ノード数の割合を示す。取合い延長と非凡拡張の組み合わせは、それぞれの取合いの性質を保ちつつ、少し深いところの探索を増やす傾向がある。一方、取合い延長と王手延長を組み合わせた場合にはグラフは王手延長の形に近く、深い部分を探索している割合が高い。王手延長と非凡拡張のグラフと取合い延長1と非凡拡張のグラフは互いに類似している。

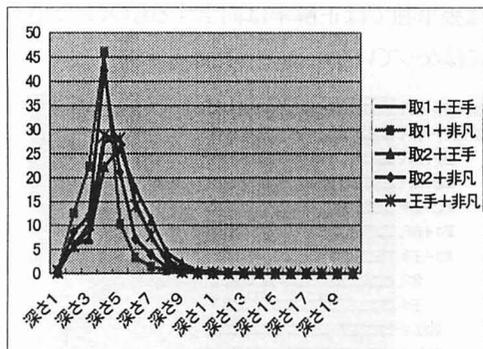


図5 基本の深さが4のときの探索深さの割合(2)

取合い延長・王手延長・非凡拡張を組み合わせた場合の深さ毎の探索ノードの割合は取合い延長と王手延長を組み合わせた場合の割合とほぼ同じであった。

探索延長を組み合わせた場合、王手延長との組み合わせでは平均して約1手深く探索される結果となった。また、取合い延長1と取合い延長2では取合い延長2のほうが深く探索されるもののその差は少ない。

## 7 考察

取合い延長1と取合い延長2では、取合い延長1の探索ノード数が半分以下であるが正解率は取合い延長1の方が高かった。これは最後に指された指し手に関する手に重点をおいたほうが効率的で有効であることを示している。

非凡拡張は探索の深さが深くなるほどその出現率は少なくなっている。問題の正解率はどの深さでも高くなったが探索ノード数は2倍となっている。この傾向は他の探索延長と組み合わせても同様であった。

取合い延長と非凡拡張は延長なしの場合と比較してほぼ定数倍の探索ノード数の増加となるが、王手延長の場合は深さの増加に伴って、探索ノード数の増加も大きくなっている。この割合は深さの約2倍である。王手延長と他の延長を組み合わせた場合には、他の延長による増加の割合の約2倍の探索ノード数増加となる。王手延長を行う場合には延長する深さを適当にしないと探索に多大な時間を費やしてしまうことになる。

取合い延長・王手延長・非凡拡張の全てを組み合わせた場合には探索ノード数は多くなるものの正解率や探索深さの分布は取合い延長と王手延長を組み合わせたものと同様な結果となった。これは延長されている指し手が類似しているためと考えられる。

## 8 おわりに

将棋プログラムにおいて探索延長アルゴリズムとその組み合わせに関する実験を行った。取合い延長と王手延長においては探索ノード数の増加は定数倍であったが、王手延長による探索ノード数の増加は深さに比例して大きくなった。

本実験では、探索延長アルゴリズムは最も基本的なものを使った。探索延長は深さをより柔軟に変更して組み合わせた場合、どのようなものが最適であるかは今後の課題である。

## 参考文献

- [1] 中山義久, 小谷善行. singular extension の着手の性質. ゲームプログラミングワークショップ'97, pp.38-45, 1997.
- [2] Beal, D.F. and Smith, M.C. Quantification of Search-Extension Benefits. ICCA Journal, Vol.18 No.4, pp.205-218. 1995.
- [3] 岩井麻子, 鈴木豪, 小谷善行. どの手を延長すべきか?. ゲーム情報学研究会 99-GI-1, pp.85-89, 1999
- [4] Beal, D.F. Experiments with the NULL Move. Advances in Computer Chess 5 (ed. D.F. Beal), pp.284-289, Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.