

コンピュータ将棋におけるキラー手

橋本 隼一*, 橋本 剛*

* 北陸先端科学技術大学院大学

概要

$\alpha\beta$ 法を用いた探索には、キラーヒューリスティック（キラー手）が有効に働くことが知られている。コンピュータ将棋においてはキラー手方法が数種類あって使用されているが、その性質の差異についての研究はなされてこなかった。本稿では有効率をキラー手の評価指標として用いて定量的な比較を行った。その結果、現在用いられている三つのキラー手について、パス時の最善手の有効率は局面の激しさに比例する傾向があること、直前の手に対する最善手の有効率は探索末端において高くなること、兄弟ノードの最善手の有効率は条件によらず安定した有効性を持つことが明らかになった。

The Use of Killer Heuristics in Computer Shogi

Jun'ichi Hashimoto*, Tsuyoshi Hashimoto*

*Japan Advanced Institute of Science and Technology

Abstract

This paper concerns the effective use of killer (move) heuristics in the domain of computer Shogi. There are several different kinds of killer heuristics that are implemented for computer Shogi. Little is known about the effectiveness of such killer heuristics. In this paper we define so called "effective ratio" to use as an indicator for the evaluation. The results of experiments performed with three killer heuristics give an interesting observation: the ratio of *Passbest* is proportional to the temperature of the phase, *Premovebest* is effective around terminal nodes and *Brotherbest* keeps the effectiveness by some margin in any condition.

1 はじめに

コンピュータ将棋等では最善の指し手を見つけるために $\alpha\beta$ 法を用いて先読みを行うのが一般的である。 $\alpha\beta$ 法による探索では、良い手ほど先に探索を行うことが効率の面からいって望ましいが、先読み無しに良い手を発見する汎用的な方法は無いため、ヒューリスティックを用いる事で解決を図ることが多い。多くの場合ヒューリスティックはゲームに依存するものであり、将棋では「王手」や「駒を取る手」を先に評価するような手法に相当する。

これに対し、キラー（手）ヒューリスティックは効率は別としてゲームに依存しないヒューリスティックの一つである。キラー手とは元々「局面の評価値を大幅に上げる・上げた手」を意味するが、言葉通りの実装を用いるのではなく「類似局面での最善手」をキラー手として用いるのが一般的である。しかしながら局面の類似性を判定する処理が単純なものではないため、類似性のチェックをすることなしに得られる手をキラー手として用いる事が多い。具体的には、兄弟ノードの最善手や、親ノードでパスを選んだノードでの最善手、直前の手が同一のノードで得られた最善手等である。このような手は良い手である可能性が高いと推測され、実際に強化されたという報告がある。しかしながらこれらのキラー手の性質について述べている先行研究は見あたらない。

本稿ではキラー手の有効性を測る指標を定めるとともに、具体例としてあげたキラー手がどのような性質を持っているのかを明らかにする。

2 キラー手とは

キラー手とは元々「局面の評価値を大幅に上げる・上げた手」の意味であり、他の手に先んじて探索することで $\alpha\beta$ 法での枝刈を起こりやすくする目的で使用される。しかし、枝刈を起こりやすくするためであれば言葉通りの定義にこだわる必要はない。そのため「良さそうな手を保存しておいて、初めの方に探索する」といった手法全体をキラーヒューリスティックと呼んでいる。

ある局面での良さそうな手としてまず思いつくのはよく似た局面で得られた最善手の使用である。しかし類似性をどう定義するかが困難である¹ため、実際に使用されているキラー手では局面の類似性をチェックすることなしに、よく似た局面の手を得られる方法を用いている。以下に現在使われているキラー手をあげる。(名称は引用した文献と異なる)

Brotherbest 同じ深さにある直前に探索されたノードで見つかった最善手。

Passbest[1] 親ノードからパス手で遷移したノードで見つかった最善手。

Premovebest[2] 直前の手が同一であるようなノードで見つかった最善手。

これらの関係を図1に示す。

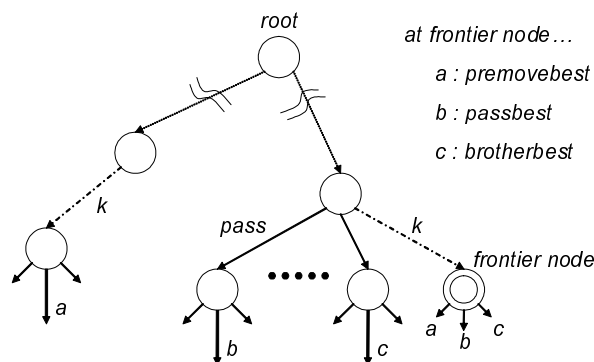


図 1: 探索中のノードから見た各キラー手の位置関係. a,b,c はそれぞれのノードでの最善手. 兄弟ノードが未探索の場合, Brotherbest は同じ深さで最後に探索されたノード (いとこ或いははとこノード) の最善手となる。

Brotherbest と Passbest は兄弟ノードの手であるため類似局面の最善手として有効な可能性が高いと言える。また Premovebest についても、ある局面の探索に限って言えば、直前の指し手が同じであるとき局面が類似している可能性は高い。よってこれらの手は直感的には「良い手」である可能性が高いと考えられる。実際 [3] では Brotherbest をキラー手として用いて、探索効率が劇的に上がったことを報告している。

このほかにチェスの場合には各指し手が最善となった回数をカウントし、最大となったものをとりあえず指す History Heuristics[4] がよく用いられているが、将棋においてはあまり有効ではないとして使用されることは少ない。関連する研究として [5] では Brotherbest を複数用いて一定の成果を上げているが、キラー手の性質について述べているものは見あたらない。

$\alpha\beta$ 法において探索の初期に読まれるキラー手は、探索の質を大きく左右するといっても過言ではない。各キラー手がどのような性質を持っているのかを定量的にとらえ、比較しておくことはプログラムの強化に重要な役割を果たすと言える。

¹駒の配置から類似性を計算する方法はありそうだが、一カ所違うだけで全く別の局面という例はしばしばある。逆に「最善手が同一であるような局面を類似している」と定義することも可能であるが、キラー手の取得が循環的になってしまうためここでは触れるのみとする。

3 キラー手の評価指標-有効率

キラー手の善し悪しを論じる前に指標となる有効率を次のように定義する.

$$(\text{有効率}) = \frac{(\text{最善手になった回数}) + (\text{カットを引き起こした回数})}{(\text{合法手であった回数})}$$

最善手になる場合とカットが起こる場合では探索のなされかたが多少異なるが, キラー手が良い手であるか, を論じる上では同一視してよい. 前項で述べたように, キラー手は「(ノード毎の) 探索の初期に読まれる」という位置づけにあるため, 凡庸な手であれば読まれない方がよい. 有効率の分母を探索ノードの総数ではなく, 合法手が存在した回数と定義したのはそのためである.

4 将棋におけるキラー手

前項で述べた有効率について, コンピュータ将棋 TACOS[8] を用いて各キラー手の性質を調べた. 将棋を用いる理由は他の二人ゲームに比べて局面の分岐数が大きいために, キラー手の性質の差があらわれやすいと考えられるためである.

最良のキラー手が特定できるかが最も興味のある点だが, 条件によって最良のものが異なるならば, それらをどのように組み合わせるべきかを考える材料が必要になる. そのためには広い角度からの評価が必要であると考え, 以下の三つの関係を調べる実験を行った.

1. 局面の進行度に対する有効率の推移
2. 先読みの深さに対する有効率の推移
3. 有効キラー手となる指し手のカテゴリの分布

実験条件は全て同一とし以下のようにした.

- キラー手は一種類・一手ずつ (複数種類・複数手にはしない).
- キラー手は他の全ての手の前に評価する.
- 深さによる制限は行わず, 指し手が合法手であれば必ず読む.
- 探索時間は1局面につき 10 秒.
- 棋譜集 [7] のレーティング 2300 以上の棋譜から, 30-80 手のものをランダムに 100 局面選んで使用.

以下, 三つの実験結果を順に述べる.

4.1 局面の進行度に対する有効率の推移

図 2 は進行度 (どのくらい駒が進んでいるかを表す数値) に対する各キラー手の有効率を局面毎にプロットしたものである (有効率は 10 秒間の探索全体での平均). 実験に用いた局面がある程度全体的に散らばっていることが確認でき, 回帰直線をからは平均的な有効率がほぼ同じであること様子がうかがえる.

まず Passbest について見るとぶれが激しく, 9 割近い値を持つ点があることが分かる.

Passbest の有効率が最も高い 0.91 を示した局面と, 最も低い 0.48 を示した局面を図 3, 図 4 に示す. 局面はどちらも先手番である.

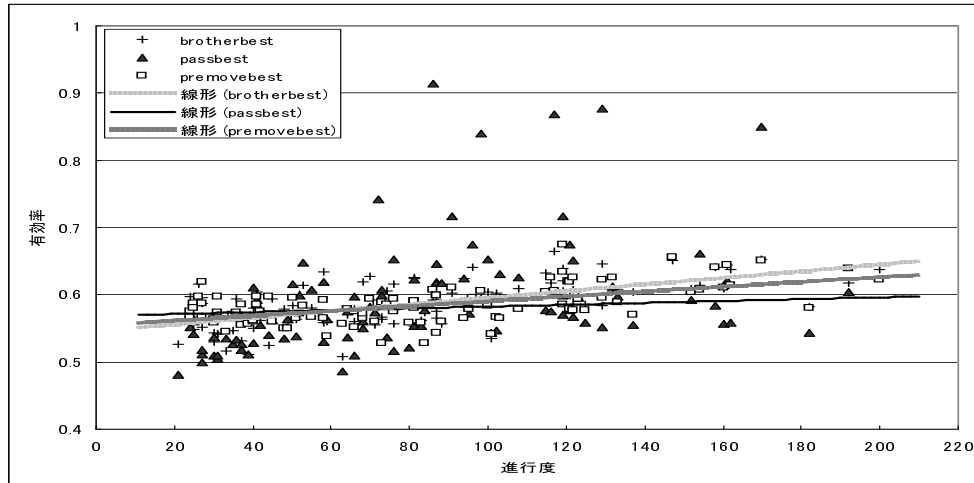


図 2: 進行度-有効率

図 3 は後手からの△ 5 五飛～△ 3 九角が見え、先手玉が危うい状況である．先手からは成立するか不明だが▲ 1 四歩～▲ 1 三歩成と迫る手順があり，寄せ合いの最終段階である．Passbest の有効率が 0.8 以上を示した局面は共通してこのような状況にあった．一方の図 4 は見てのとおり動きが取りづらい局面である．

そもそも Passbest は相手の手がパスの時に得られた最善手である．そのため相手の手によって最善手がころころ変わる様な局面では Passbest は有効に働かない．逆に互いに切り合うような局面では相手の指し手がある程度無視できるためうまく働く．言い換えれば Passbest の有効率は局面の激しさ² に比例する傾向があると表現できる．二つの局面にはこの傾向が顕著に表れていると言える．

次に Brotherbest, Premovebest に目を移すと，進行度に対する変化はあまり見られない．Brotherbest が局面に依存しないのはともかく，Premovebest がこれほど一定水準であるのは興味深い．なぜならば将棋において直前の手と次の手が序盤中盤終盤にかかわらず一定の関係を持っている事を意味するからである．



図 3: Passbest が有効率 0.91 を示した局面

²見方を変えれば激しい局面とは，パス時とパス以外の手を指したときの局面が「似ている」局面であるとも言える．局面が似ているためにパス時の最善手がパス以外のほとんどの手に対しても最善手となってカットを引き起こし，有効率を上げていると考えられる．

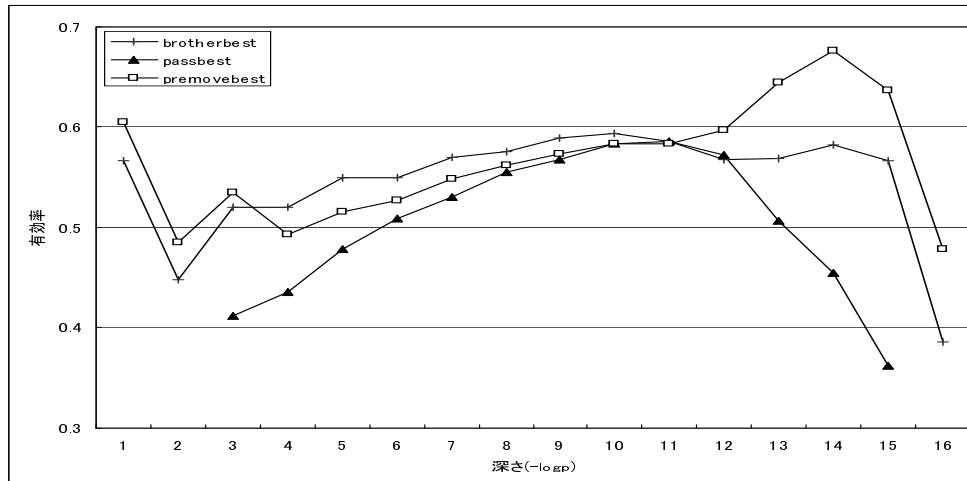


図 5: 深さ-有効率.

考方法から見ても妥当であろう.

まず Passbest には 3 の「王手防ぎ手」が入っていない. これは王手がかかっている時にはパス手を読まない様にしているためである. 6 の直前に動いた駒を取る手も, Passbest には含まれない. 代わりに半数以上を占めているのが 7 の「高い価値の駒を取る手」である. 19 の手筋の手, 22 の攻撃手の割合も比較的多く, 全体的に攻撃色の強いキラー手となっていることが分かる.

次に Premovebest だが, 3 の「王手防ぎ手」と 6 の「直前に動いた相手の駒を取る手」が比較的多く含まれている. これは直前の指し手に対する最善手が Premovebest となるのだから, この結果は妥当と言えそうである.

最後に Brotherbest であるが, 6 の「直前に動いた相手の駒を取る手」が若干少ない他は, nokiller と似た分布になっている. Brotherbest は兄弟ノードの最善手を持つため, 全体の傾向がそのまま反映されていると考えられる. 前節までに Brotherbest には特徴的な性質が見えなかったがここでも同様な結果を見せており, Brotherbest は安定したキラー手と言うことができるだろう.

4.4 実験結果のまとめ

以上三つのキラー手をいくつかの角度から分析した結果をまとめる.

- 有効率は進行度にはほとんど依存せず, 平均的に見ればどのキラー手もほとんど同じである. ただし, Passbest は局面の激しさに比例する傾向が見られ, 双方の玉がからむ寄せ合いの局面では飛び抜けて高い値を示す.
- 探索ノードの深さに対しては大きな依存性が見らる. 特に末端付近では局面を静ませるために行われる指し手の制限が強く影響して Premovebest の有効率は上昇し, Passbest は一気に下降する.
- キラー手に格納された指し手のオリジンには, Premovebest には直前に動いた駒を取る手が, Passbest には評価の高い駒を取る手が比較的多く含まれる.
- Brotherbest の有効率はほとんど条件によらず, オリジンも全体の傾向とほぼ一致している.

各キラー手の性質一言で述べるなら Brotherbest は安定, Premovebest は駒の交換に敏感, Passbest は攻撃色が強いといえそうである.

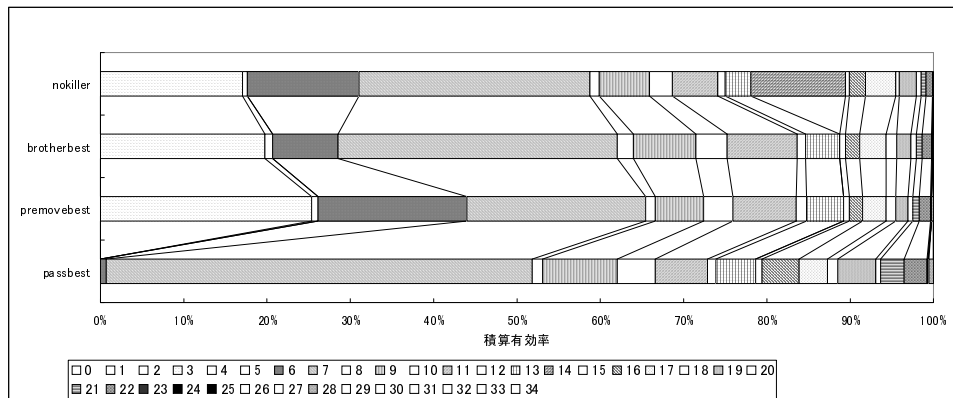


図 6: カテゴリ別の有効率積算. 番号は指し手のカテゴリを表す. (太字は本文で参照しているもの. カテゴリの詳細については [8] を参照のこと. ただし一部新たに加わっているものがある.) 0: ハッシュに残った最善手, 1: Brotherbest, 2: Premovebest, 3: 王手を防ぐ手, 4: 詰めろを防ぐ手, 5: **Passbest**, 6: 直前に動いた駒を取る手, 7: 最も価値の高い駒を取る手, 8: 得になる駒取り手, 9: 成る手, 10: 損をしない王手, 11: 価値の高い駒が取られないように逃げる手, 12: 合い駒, 13: 守り, 14: **パス**, 15: 自玉周りへの飛び利きを防ぐ手, 16: 飛び防ぎ, 17: 駒交換になる駒取り, 18: 相手の最善手を防ぐ手, 19: **手筋の手**, 20: 自玉周りに利きを足す手, 21: 駒組みテーブルの値をプラスにする手, **22: 攻撃手**, 23: 相手玉周りに利きをつける手, 24: 飛車をぶつける手, 25: 次に成れるようにする手, 26: 損する駒取り, 27: 損する王手, 28: 絶対値テーブルをプラスにする手, 29: 損する相手の玉周りへの利き, 30: 歩を垂らす手, 31: 損する成手, 32: 損する攻撃手, 33: 損する飛び防ぎ手, 34: 他全て

この結果から最良のキラー手を決めるのは難しい. 安定性を重視するならば Brotherbest が良いと思われるが, Passbest と Premovebest の性質も興味深く, 実験的に定めるか, 複数種類のキラー手を使用することを検討すべきだろう.

5 結論と今後の課題

これまでに提案され使用されている 3 種類のキラー手について, 将棋を題材にして, その性質を局面の進行度や探索の深さ, 含まれる指し手の生成元といった点から多角的に調べた. 評価の指標には実際の探索でのキラー手の位置づけを重視した有効率を定義して用いた. その結果, それぞれのキラー手について, Brotherbest は安定, Premovebest は駒の交換に敏感, Passbest は攻撃色が強いという異なる性質を持つことが明らかになった.

TACOS では Brotherbest と Passbest を併用することによって強化が見られ, このことが 2005 年 5 月に開かれた第 15 回世界コンピュータ選手権において一位で決勝進出できた一因となったと考えている. 複数キラー手の併用は使用の順序等も探索の効率に大きく関わるため有効率とは少し違った形で評価する必要があるだろう. また, 今回は最末端までキラー手を読むようにして評価を行ったが, 末端の安定性との兼ね合いは十分に評価できていない. これらについてはさらなる研究が必要で, 今後の課題としたい.

参考文献

- [1] 山下 宏: YSS –そのデータ構造, およびアルゴリズムについて, コンピュータ将棋の進歩 2 (松原 仁編著), 共立出版, pp.112-142, ISBN: 4320028929, 1998.
- [2] 鶴岡 慶雅: 将棋プログラムの現状と未来, 情報処理 Vol.46 No.7 情報処理学会, pp.817-822, 2005.
- [3] 竹歳 正史, 橋本 剛, 作田 誠, 飯田 弘之: コンピュータ将棋における指し手の順序付けによる探索効率化, 情報処理学会論文誌 Vol.43 No.10, pp.3074-3077, 2002.
- [4] J. Schaeffer, The History Heuristic and Alpha-Beta Search Enhancements in Practice, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 11, 11, pp.1203-1212, 1989.
- [5] 金沢 伸一郎: 金沢将棋のアルゴリズム, コンピュータ将棋の進歩 3 (松原 仁編著), 共立出版, pp.15-26, ISBN: 4320029569, 2000.
- [6] 鶴岡 慶雅: 将棋プログラム「激指」, アマ 4 段を超える コンピュータ将棋の進歩 4 (松原 仁編著), 共立出版, pp.1-17. ISBN: 4320120744, 2003.
- [7] 久米 宏: 最強の棋譜データベース将棋倶楽部 2 4, 成甲書房, ISBN : 4880861693, 2004.
- [8] 橋本 剛: 将棋プログラム TACOS のアルゴリズム, アマトップクラスに迫る コンピュータ将棋の進歩 5 (松原 仁編著), 共立出版, pp.33-66, ISBN: 4320121546, 2003.