

# コンピュータ将棋における実現確率探索の研究

竹歳正史<sup>1</sup>, 橋本 剛<sup>2</sup>, 梶原羊一郎<sup>1</sup>, 長嶋 淳<sup>1</sup>, 飯田弘之<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> 静岡大学情報学部    <sup>2</sup> 静岡大学工学部    <sup>3</sup> 科学技術振興事業団さきがけ研究 2 1

E-mail: {cs7051,hasimoto,cs6501,cs8066,iida}@cs.inf.shizuoka.ac.jp

## 概要

実現確率探索は今後のコンピュータ将棋の飛躍につながるのではないかと期待されている。この探索法は局面の実現確率を閾値とした縦型探索のアルゴリズムである。大きな特徴としてカテゴリ分けされた指し手の確率を決めるために、実際のプロ棋士の棋譜から統計情報を採取している。したがって指し手の分類は実現確率探索において非常に重要である。本研究では、いくつかの分類の詳細化の手法を提案する。将棋プログラム TACOS に実現確率探索における指し手の分類の詳細化の手法を実装し、従来のプログラムと対戦させると 6 割程度の勝率を得ることができた。

## Realization-Probability Search in Computer Shogi

Masahumi Taketoshi<sup>1</sup>, Tsuyoshi Hashimoto<sup>2</sup>, Yoichiro Kajihara<sup>1</sup>,  
Jun Nagashima<sup>1</sup>, Hiroyuki Iida<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Departments of Computer Science, Shizuoka University

<sup>2</sup> Faculty of Engineering, Shizuoka University

<sup>3</sup> "Information and Systems", PRESTO, JST

E-mail: {cs7051,hasimoto,cs6501,cs8066,iida}@cs.inf.shizuoka.ac.jp

## abstract

The realization-probability search is a promising approach in the domain of shogi. It is using a depth-first search based on the probability as a threshold with which a position will be realized from the root position of a game tree. To determine move-category probabilities that a position will be realized from the root of a game tree, statistics of various moves in actual games have been analysed. The categorization of moves is thus very important in the realization-probability search. The present contribution proposes an ideas for the categorization of moves. A computer shogi program TACOS based on the realization-probability search using the proposed move-category is superior to the old version.

## 1 背景

現在の将棋プログラムの多くは、深さ打ち切りのMin-Max法を基本とし前向き枝刈りや探索延長を加えて探索を行うのが一般的であるが、人間の手作業に依存する事が多いのが現状で一般化しにくくわかりづらい。

これに対し、「激指」は実現確率探索と呼ぶ新しい手法 [1] を用いて今年の世界コンピュータ将棋選手権で優勝し、注目を集めている。

実現確率探索はプロ棋士の棋譜から採取した統計情報をもとにして実装されており、確率的に展開されやすい局面を中心に読むことができ、縦型探索でありながら最良優先探索のようなふるまいをすることを特徴としている。このアルゴリズムに対する研究はまだ始まったばかりであり、今後のコンピュータ将棋の飛躍につながるのではないかと期待されている。

本研究では我々が開発した将棋プログラムTACOSに実現確率探索を実装し、その評価と改良点を示す。

## 2 指し手の分類

指し手の確率はプロ棋士の棋譜から統計情報を抽出して計算されている [1]。このとき指し手の意味に基づく分類が必要になる。具体的には「駒を取る手」や「両取りをかける手」という具合にカテゴリ分けをする。これらの指し手が可能な局面数と実際に指された回数から確率を計算する。統計的によく指される手は確率が高くなり、あまり指されない手は確率が低くなる。確率の高い手には「直前に動いた駒を取る手」などがあり、確率の低い手は「無駄な駒捨て」など大きく駒損をしてしまう手がほとんどである。

## 3 分類の実装

TACOSでは次のような指し手の分類を行っている。

- 動かす駒の種類  
歩から玉までの駒別に統計情報を取る。駒種は生駒と成駒を区別する。
- 指し手の意味  
指し手の意味に基づいて分類する。このカテゴリは大きく分けて「駒を取る手」、「攻撃する手」、「防御する手」、「その他」の4種類がある。
- 玉まわり  
王手関係や玉のまわりに利きをつける手などを分類する。
- 指し手の種類  
ただの移動、成る移動、駒を打つ手など駒の移動に関して分類する。
- 駒の損得  
その指し手による駒の損得を分類している。駒を取る手の場合は取った駒の価値、防御する手なら防いだ駒損、攻撃する手ならその駒を取ったときに生じる損得を計算する。

これらの5つのカテゴリは基本的に互いに独立しており、これらの分類を組み合わせることで確率の統計情報を抽出する。たとえば初期局面からお互いに角道をあけて先手が角交換するときには、動かす駒の種類が角、指し手の意味は駒を取る手、玉まわりは分類されず、指し手の種類は成り、損得はなし、となる。ただし、空き王手など実戦で指されることが少ない手などは動かした駒の種類は見ない、といったような例外が存在する。また、分類の組み合わせによっては指された事例が少ないために確率が100%になってしまう手が出てくる。このような確率100%の指し手はすべて確率を50%に修正する。

表 1: TACOS に実装されている指し手の分類

動かす駒	指し手の意味	玉まわり	指し手の種類	損得
玉	直前に動いた駒を取る手	王手	移動	プラス高
飛	上記以外の駒を取る手	王手防ぎ手	成り	プラス中
角	攻防の手	空き王手	打ち	プラス低
金	直前に狙われた駒が逃げる手	白玉近傍		プラス微
銀	上記以外の逃げる手	敵玉近傍		損得なし
桂	逃げる手以外の防御する手			マイナス微
香	直前に動いた駒を含む両取り			マイナス低
歩	上記以外の両取り			マイナス中
龍	直前に動いた駒へ利きをつける手			マイナス高
馬	上記以外の攻撃する手			
成銀	味方の利きの有無による区別			
成桂				
成香				
と金				

表 1 に 5 つのカテゴリごとの分類要素を示す。TACOS では指し手の統計情報を抽出するのに約 10000 局のプロ棋士の棋譜を使用している。

## 4 実装時に判明した問題点

将棋プログラム TACOS に実現確率探索を実装したところ、次のような指し手の分類に関係した問題点が判明した。

将棋では終盤になると「駒の損得より速度」というように駒を損しても王に迫る手がいい手になる場合が多くなるが、このような手をなかなか読めないという問題がある。

また指し手の分類は人間の経験的な知識によって、表面的な性質に基づいていくつかのカテゴリに分けられる。駒を取る手など、すぐに駒得とわかる手は確率が高くなるが、いったん駒損してから後に駒得をする手の確率は低くなる。表面的な指し手の分類だけでは「送りの手筋」などの後で駒得をする手筋でも、実現確率の低さからその後の展開が読めなく

なり指せなくなることがある。

## 5 指し手の分類の詳細化

指し手の分類の問題点を解決するために、進行状況に応じた分類の細分化と、送りの手筋などの詳細な分類をするためのルーチンを作成した。進行状況による分類の細分化のことを「Phase Categorization(PC)」, 詳細な手筋の分類を行う二つのルーチンを「Possibility Analyser(PA)」と「History Analyser(HA)」と名づけた。

- Phase Categorization(PC)

TACOS では局面を序中盤、終盤、最終盤の三段階に分け、各段階での分類の確率を取る事によってより状況に適した探索を行えるようにした。例えば敵玉の近傍で少し駒損をしながら駒を取る手は序中盤では 1%未満だが、終盤では 2.3%、最終盤では 5%を超える。

- Possibility Analyser(PA)

「Possibility Analyser」は駒損するが将来好手になりそうな指し手を判別し分類するルーチンである。これにより「送りの手筋」や「利きを通すことによる素抜き」などのような指し手の分類が可能になった。

例えば、図 1 において▲ 2 二金と打つ手は従来の分類では確率が 0.592% だった。確率が低いのは、駒損する指し手と分類されるためである。これを PA をによって分類すると確率が 5.44% となる。

● History Analyser(HA)

「History Analyser」はそれまでの指し手の履歴から指し手の連続性を考慮した分類を行うルーチンである。これにより「連打の歩」や「歩のつき捨てからの歩のたらし」などのような指し手の分類が可能になった。

図 2 において▲ 8 四歩と打つ手は普通に分類すると確率が 2.54% となる。この場合、二手前に指された▲ 8 三步打は考慮されない。これを HA をによって分類すると二手前の▲ 8 三步打から連打の歩と分類され、確率が 5.5% となる。

図 1: 送りの手筋の例 □ 4 二銀打まで

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
▲	▲	▲						▲	▲	▲
				▲	▲	▲	▲	▲		
▲				▲					▲	
		▲								
▲			▲	▲					▲	
		▲	▲	▲					▲	
▲			▲	▲	▲				▲	
				▲	▲	▲				
▲				▲	▲	▲			▲	

▲ 2 二金打の確率

PA あり	5.44%
PA なし	0.592%

図 2: 連打の歩の例 ▲ 8 三步打 □ 同飛まで

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
▲	▲			▲			▲	▲	▲	▲
			▲	▲	▲	▲	▲			
▲					▲					
		▲								
▲							▲			
			▲	▲	▲	▲	▲		▲	
▲		▲								
				▲	▲	▲	▲			
▲				▲	▲	▲	▲		▲	

▲ 8 四歩打の確率

HA あり	5.5%
HA なし	2.54%

6 実験

将棋プログラム TACOS を使って指し手の分類の詳細化の効果を確認するために実験を行った。実験に使用したマシンの CPU は Athlon 1.2GHz, メモリは 512Mbyte, OS は Windows2000 である。以下にプログラムのおもな仕様を以下に示す。

- 各プログラムに共通した仕様
  - 探索を始める前に詰み探索を行っている。
  - 反復深化法を使用している。
  - 各ノードにおいて重要そうな指し手を生成した後、全ての合法手を生成している。
  - 末端近くでは駒損する指し手は読まない。
  - 末端局面で王手がかかっていた場合には無条件に一手延長する。
  - 末端の評価では静的な評価関数による評価値と相手側の最大交換値 [3] を足している。
- 深さ打ち切りプログラムの仕様
  - 探索深さを閾値として反復深化を行っており、毎回閾値を 1 つ増やしている。
  - 指し手の仮評価によって読む手の数を制限している [4]。深さ 1 と 2 ではすべての合法手を読み、深さ 3 と 4 では 50 手、深さ 5 以下では 10 手とした。ただしハッシュ表の最善

手や直前に動いた駒を取る手などの重要な指し手はこの制限にあてはまらない。

### 3. 実現確率探索プログラムの仕様

- (a) 局面の実現確率を閾値として反復深化を行っており、毎回閾値を 0.5 倍して減らしている。
- (b) 基本的に探索中の各深さにおいて読む手の数を制限していない。

## 6.1 連続自動対戦による評価

対局条件を以下に示す。

1. 対戦する前に毎回異なった中断局面を読み込んで展開が異なるようにした。
2. 中断局面はプロ棋士の棋譜の 31 手目の局面を 50 局面だけランダムに選び、一つの局面に対して先後を入れ替えて対戦させることで合計 100 回の対戦を行った。
3. 対局手数が 300 手を超えた場合は引き分けとした。
4. 一手あたりの時間制限は 10 秒とした。

### 6.1.1 PC による詳細化の評価

表 2 に実験結果を示す。PC を実装したプログラムと実装していないプログラムを複数回対戦させると結果は 53 勝 44 敗 3 分けとわずかに勝ち越した。この結果だけを見て評価するのは難しいが、少なくとも性能は落ちていないといえる。

表 2: PC あり 対 PC なし

勝ち	負け	引き分け	勝率
53	44	3	0.53

### 6.1.2 PA と HA による詳細化の評価

表 3 に実験結果を示す。PA と HA を実装したプログラムと実装していないプログラムを複数回対戦させた。なお両方のプログラムにはともに PC による

詳細化を実装している。結果は 61 勝 38 敗 1 分けとなり、およそ 6 割の勝率となった。

次に深さ打ち切りプログラムと複数回対戦させた。表 4 に実験結果を示す。結果は PA,HA を実装したプログラムが 74 勝 24 敗 2 分けとなり、PA,HA を実装していないプログラムが 70 勝 29 敗 1 分けとなった。この対戦では明確に差がでることはなかったが、PA と HA を実装したプログラムの成績がわずかに良くなった。

表 3: PA,HA あり 対 PA,HA なし

勝ち	負け	引き分け	勝率
61	38	1	0.61

表 4: 実現確率探索 対 深さ打ち切り

プログラム	勝ち	負け	引き分け	勝率
PA,HA あり	74	24	2	0.74
PA,HA なし	70	29	1	0.70

## 6.2 次の一手形式問題による評価

コンピュータ将棋用の標準問題として知られている文献 [5] に掲載されている問題を使用した。次の一手形式の問題を解かせるのに制限時間を 10 秒として行った。

表 5 に実験結果を示す。実現確率探索と深さ打ち切りのプログラムの他に、指し手の確率をすべて 50% にしたプログラムの結果も併せて示す。

PA,HA を実装したことによる正解数の差はあまり出なかった。

図 3 に 48 問の問題を 10 秒打ち切りで読ませたときの深さ別の合計ノード数を示す。この結果をみると PA,HA ありなしではほとんど読みの深さに差がないことがわかる。深さ打ち切りのプログラムが深くノードを展開しているのは、指し手の生成数に制限をつけたためである。

今回の実験では、実現確率探索と深さ打ち切りのプログラムとの間に、ノードを展開した深さに顕

著な違いはなかった。しかし連続対戦の結果などから、その強さには明確な差があると考えられる。

表 5: 次の一手形式の問題の正解数

PA,HA あり	PA,HA なし
19	18
深さ打ちきり	すべて 50%
16	12

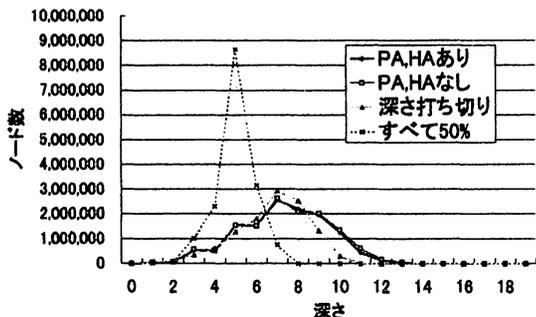


図 3: 次の一手問題での合計ノード数

## 7 まとめ

本研究では実現確率探索における指し手の分類の詳細化の手法を評価した。局面の進行状況による分類 (PC) や詳細な手筋の分類 (PA,HA) といった、妥当な確率を算出するルーチンを作ることが効果的であることがわかった。実現確率探索は指し手の分類の仕方によってその強さが大きく左右されるといえる。より人間の感覚に近い確率を算出することが強さの向上につながるだろう。

## 8 最近の成果

最近オランダで行われた Computer Olympiad[6] という思考ゲームの大会では、コンピュータ将棋部門で出場した金沢将棋と IS 将棋 (商品名: 東大将棋) にそれぞれ 1勝 1敗ずつと健闘した。

将棋クラブ 24[7] というインターネット将棋道場ではレーティングが 800 程度から 1800 以上まで上昇した。これは将棋の段位でいうと 8 級から 2 段程度まで棋力が上がったことになる。通常は両者 30 秒打ちきりの早指しだが TACOS はマウスによる手入力で指し手を送るために余裕をもって 15 秒打ち切りに設定している。

## 参考文献

- [1] 鶴岡慶雄, 横山大作, 丸山孝志, 近山隆. 局面の実現確率に基づくゲーム木探索アルゴリズム. *The 6th Game Programming Workshop*, pp.17-24, 2001.
- [2] 激指開発チーム. 将棋プログラム「激指」のページ.  
<http://www.logos.t.u-tokyo.ac.jp/~gekisashi/>.
- [3] 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*, pp.112-142. 共立出版, 1998.
- [4] 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*, pp.15-26. 共立出版, 2001.
- [5] 松原仁, 飯田弘之. 次の一手形式によるコンピュータ将棋の評価 (その一). *コンピュータ将棋の進歩 2*, pp.61-111. 共立出版, 1998.
- [6] Computer Olympiad のページ.  
<http://www.cs.unimaas.nl/Olympiad2002/>.
- [7] 将棋倶楽部 24 のページ.  
<http://www.shogidojo.com/>.