

# 棋譜に基づく詰めろの指標

竹内 聖悟<sup>†</sup> 金子 知適<sup>††</sup> 川合 慧<sup>††</sup>

将棋の終盤における重要な概念の1つに詰めろがある。正確な詰めろの判定には詰将棋探索が必要であるがそのコストは大きく、現状のコンピュータ将棋プログラムにとって全ての指手について詰めろかどうかを判定することは難しい。そこで、本稿では、局面の状況と直前の指手を考慮した「詰めろの指標」により詰めろを判定することを提案する。本手法では探索を行わないため詰めろの判定のコストを下げることができる。具体的には、指標は局面と直前の指手に対する評価項目の線形和とし、閾値以上の場合に詰めろと判定する。評価項目に直前の指手の性質を加えていることと、閾値による調整を可能にしたことが本手法の特徴である。直前の指手に対する評価は実際に重要であり、また、閾値を用いることで、トレードオフの関係にある詰めろを発見できる確率と誤判定の確率を状況に応じて調整することができる。実際に、棋譜に表れた詰めろの局面を例題に指標の重みを調整し、実験により指標の有効性を確かめたところ、既存の指標と同等以上の正確さであることが確認できた。

## A heuristic method of Tsumero test based on game record

SHOGO TAKEUCHI,<sup>†</sup> TOMOYUKI KANEKO<sup>††</sup> and SATORU KAWAI<sup>††</sup>

In this paper, we propose a heuristic method for detection of threatmate moves. Although it is important to identify threatmate in Shogi, computer players cannot afford to find out sufficient number of threatmate moves in practice because exact detection of them requires checkmate search whose computational cost is very large. Thus, we constructed an efficient method that empirically detects threatmate moves. Our method employs a linear combination of such features that analyze the properties of a move and properties of a given position. The output of our function is the confidence of threatmate, where a move is considered to be threatmate if its confidence is higher than a predetermined threshold. One can control trade-off between *recall* and *precision* by adjusting the threshold, because larger (smaller) number of moves are reported to be threatmate as lower (higher) threshold is used. We adjusted the parameters of our function by means of least squares, by using threatmate moves and non-threatmate moves appeared in real game records, and confirmed that our function is comparable or superior to existing functions in our experiments.

### 1. はじめに

近年の将棋プログラムの発展は目覚ましく、現在ではアマチュア 4.7 段<sup>☆</sup>程度と言われている。また詰将棋を解く能力に関しては人間を圧倒しているが、終盤では詰みを除けば人間を圧倒できるレベルではない。その理由の一つは、終盤においては詰めろや必至も重要であるが、現在のプログラムではうまく扱えていない

からである。詰めろの判定は詰将棋を使えば良いが、詰将棋探索を行うことにより計算コストがかかる。また将棋では合法手が多く、全合法手に対し詰将棋探索を行うのは現実的ではない。

そこで本研究では、コストの低い詰めろ判定法として「詰めろの指標」を提案する。この指標は、局面と指し手からその手が詰めろであるかどうかを判定するものであり、棋譜から取り出した詰めろの特徴を用いて作成した。

得られた特徴から詰めろの指標を作り、詰めろの判定をさせたところ、良い結果が得られた。

#### 1.1 将棋終盤での用語

まず、将棋の終盤における重要な概念である詰将棋、詰めろ、必至について説明する。

詰将棋は「攻め方は王手の連続で攻め、玉方は最も手数が延びるように逃げる」というルールであるが、

<sup>†</sup> 東京大学教養学部広域科学科  
Department of General Systems Studies, College of Arts and Sciences, The University of Tokyo  
takeuchi@graco.c.u-tokyo.ac.jp

<sup>††</sup> 東京大学大学院総合文化研究科  
Department of General Systems Studies, Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo  
{kaneko,kawai}@graco.c.u-tokyo.ac.jp

<sup>☆</sup> 2002 年コンピュータ将棋選手権での解説

要は攻め方が玉方を詰められるかどうかの問題である。現在、詰将棋を解くプログラムは長手数の問題も容易に解くことができ、トップレベルのプロ棋士でさえも及ばないレベルにある。

詰めろとは「相手がパスをしたら、相手玉を詰めることができる」手のことである。詰めろに対しては、王手か受けの手以外は負けとなるので、相手の指し手を限定することができる。指し手が詰めろであるかどうかは、その指し手の後に詰将棋探索を行うことでしか分からない。合法手の多さから、詰めろの判定を全合法手に行うのは現実的でない。

必至とは「詰めろをかけられた状態で、その詰めろを逃れる手が無い状態」である。必至をかければ白玉に詰みがない限り勝ちなので、勝敗に直結した非常に重要である。現在、必至問題を解くプログラムも長手数の問題を解くことも可能になっている<sup>1)</sup>。なお必至探索の指し将棋への実装に関しては、懐疑的な立場もある<sup>2)</sup>。

## 2. 関連研究

### 2.1 KFEnd

将棋プログラムKFEndでは必至探索を行っている<sup>3)</sup>。必至において攻め方は王手と詰めろしか指せないため、詰めろの手の生成が必要となる。

詰めろの手の生成において、KFEndでは

- 敵玉の周りに利きを付ける手
- 駒を取る手
- 取られそうな駒を逃げる手

を詰めろの候補手とし、それらに対して詰将棋探索を行っている（玉の自由度に関しても考慮しているが省略）。

これらの候補手は指し手のみに着目したものであるため、盤面を考慮すればより正確にできる可能性がある。この候補手の妥当性を3.2.1章で明らかとした。

### 2.2 詰み判定評価関数

田中らは、詰将棋探索を行わずにある局面が詰みかどうかを判定するため、詰み判定評価関数を設計した<sup>4)</sup>。評価関数は以下の項目の線形和として定義されている。

- 玉の八近傍における攻め方の利きの数
- 玉を中心とした3×3における受け方の利きの数
- 玉の八近傍における玉の退路の数
- 玉を中心とした5×5における攻め方の勢力の数
- 玉を中心とした5×5における受け方の勢力の数
- 玉を中心とした3×3における影利きの数
- 持駒の数（種類毎）

論文では先読みと絡めて精度を上げているが、先読みなしでも8割近い正解率であり、詰めろの判定においてもこの評価関数に使われている項目が有効であると考えられる。しかし、この評価関数が対象とするのはあくまで詰みであるため、当然指し手は考慮されておらず、詰めろを判定するには必ずしも向いていない可能性がある。詳細は後の章で議論する。

## 3. 詰めろの指標

詰めろの指標は、指し手と局面についての特徴量の線形結合とした。和が閾値を越えたときに詰めろと判定する。まず、棋譜にあらわれる人間が指した詰めろを収集した。続いて、それらの詰めろを判定するのに有効な特徴を選び、最後に線形結合の重みを調整した。以下順に説明する。

なお、詰将棋探索はOpenShogiLibの実装を利用した<sup>6)</sup>。

### 3.1 詰めろの手の収集

人間の指し手は駒損などの明らかな悪手を避けると期待できるので、無駄な詰めろを省くために、人間が指した手を対象とした。詰めろの手の収集は、棋譜の再生と詰将棋探索によって行った。具体的には、棋譜を再生し、一手指すごとに相手にパスをさせ、詰将棋探索を行う。そこで詰むのであれば指し手が詰めろで、そうでないなら詰めろではないとして収集した。

ここで収集の対象からは、王手、王手に対応する手、詰みを逃した手を除いている。王手は詰めろにはならないので当然であり、詰みを逃した手は、その手が詰めろかどうか判断できないため除いた。王手に対応する手を除いたのは、実装上の問題から白玉に王手がかかっているときに相手玉に詰みがあるかを判断できず、相手にすでに詰めろがかかっている場合に王手に対応した何でもない手が詰めろと判断されてしまうことを防ぐためである。

### 3.2 詰めろの特徴の分析

詰めろの特徴と推定されるものについて、分析を行った。

#### 3.2.1 KFEndの特徴

KFEndで詰めろの候補として挙げられている「玉の八近傍に利きをつける手」「駒を取る手」について調べた。

1000局の棋譜から詰めろの手を2507手、詰めろではない手も詰めろの手の付近から2507手取り出し、上記の特徴を持つ手を数えた（3.1章と同様にいくつかの手は除いた）。

結果を表1に示す。表で「詰めろ」とは、詰めろの

表 1 KFEnd の特徴の有効性

手	詰めろ	割合	非詰めろ	割合
利きをつける手	2108	84.08 %	306	12.21 %
駒を取る手	1246	49.90 %	1034	41.24 %
上記のどちらか	2339	93.30 %	1201	47.91 %

表 2 八近傍ごとの利きの数

詰めろ		
667	687	728
453	0	550
288	249	248
非詰めろ		
98	78	98
56	0	59
30	24	41

表 3 玉の八近傍

6	4	1
7	玉	2
8	5	3

2507 手の中でその特徴を持つ手が何手あったかを示す。「非詰めろ」も同様である。

「どちらか片方でも満たす手」は詰めろの手を 9 割近くカバーしているが、同時に非詰めろの約半分も含むため、指標としては無駄が多いと考えられる。

「敵玉の八近傍に利きをつける手」は詰めろには非常に多く見られるが、非詰めろの手にはなかなか現れておらず、この特徴と詰めろとの相関が高いことが推測される。

一方、「駒を取る手」に関しては詰めろでも非詰めろでもほぼ同程度現れており、詰めろとの相関は低いと考えられる。

利きをつける手に関して、八近傍の各マスごとの利きの数を数えたところ、表 2 の結果となり、利きをつける場所によって大きく差が生じるものと考えられる。

なお、表 2 の数字の位置は表 3 の玉の八近傍のマスに対応している。

### 3.2.2 距離と方向

詰めろの手を 2305 手、非詰めろの手も 2305 手取り出し、玉との距離、方向について調べた。

敵玉と指し手とのマンハッタン距離の平均は、詰めろの手 3.44、非詰めろの手 7.05 となった。これは、非詰めろの手に攻める手ばかりでなく、受ける手も多く含まれているためだと考えられる。

相手玉を追う方向を、図 1 で説明する。2 二玉に対する 2 四金は上から追う手。4 二金は狭い方へ追う手、逆に 1 二銀は広い方へ追う手である。広い狭いは、盤の広い狭いであり、駒の利きなどは全く考慮していない。

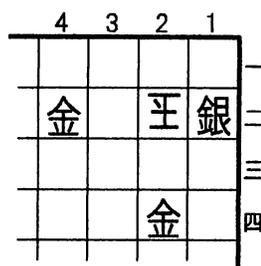


図 1 玉を追う方向

表 4 相手玉を追う方向 (縦)

追う方向	詰めろ	非詰めろ
玉の上から	1506	2160
玉の下から	433	76
同じ段	366	69

表 5 相手玉を追う方向 (横)

追う方向	詰めろ	非詰めろ
狭い方へ	1489	1648
広い方へ	262	205
同じ段	554	452

結果を表 4 と表 5 に示す。

横の広い狭いはほぼ無関係で、縦方向では非詰めろの手の方が上から追う手が多くなっている。縦方向に関しては、攻める手である詰めろが敵玉付近で指すために、かえって敵玉を下から追うような手が多くなることが原因と考えられる。

直感的には詰めろでは相手玉を上から追う手や狭い方へ追う手が多いと考えられるが、実際には非詰めろの手でも多く含まれており、これらは指標には適当でないことがわかった。

### 3.3 評価項目について

評価項目は、指し手の評価は 3.2.1 章から「敵玉の八近傍に利きを付ける手」を、局面の評価は田中らの評価関数の評価項目を参考とした。

攻め方利き数 玉の八近傍における攻め方の利きの数  
受け方利き数 玉を中心とした 3 × 3 における受け方の利きの数

玉の退路 玉の八近傍における玉の退路の数

自勢力の数 玉を中心とした 5 × 5 における攻め方の勢力の数

影利き 玉を中心とした 3 × 3 における影利きの数

追加利き 玉を中心とした 3 × 3 における追加利きの数

	4	3	2	1	
				香	一
			香		二
				香	三
角				飛	四

図2 影利き, 追加利き

表6 学習結果1

評価項目	重み	評価項目	重み		
利きを付けた	1	22.98	追加利き	13.26	
	2	26.83	玉の退路	-2.08	
	3	5.89	自勢力の数	1.78	
	4	21.09	持駒	飛角	4.19
	5	5.32		角	0.93
	6	16.34		金	11.14
	7	20.39		銀	3.67
	8	29.12		桂	-1.82
攻め方利き数	7.29		香	0.49	
受け方利き数	-1.62	定数		30.67	
影利き	3.67				

持駒 持駒の数(種類毎)

指し手がつけた利きの数 指し手で敵玉の八近傍につけた利きの数

ただし、「指し手がつけた利きの数」は八近傍のマスとを区別するかで2つにわけている。指標1では八近傍のマスとを区別して評価し、指標2では区別せず合計の数で評価している。

### 3.3.1 言葉の説明

評価項目で使われた言葉について説明する。

「玉の退路」とは、玉が八近傍で動けるマスのこと。「攻め方の勢力の数」とは、攻め方の利きがあり、受け方の利きがない場所の数である。「影利き」とは、図2での4四角から1一金への利きのことで、2二歩によって阻まれているが、潜在的な利きとしてカウントしている。「追加利き」は図2での1四飛から1一金への利きのことで、1三香の利きにさらに利きを加えているのでカウントしている。

### 3.4 学習

詰めろを100、非詰めろを0とし、各評価項目の線形結合の重みを最小二乗法によって求めた。学習結果に二通りあるのは、受け方の玉の八近傍に利きを付ける際に、場所を区別するかどうかで分けている。学習

表7 学習結果2

評価項目	重み	評価項目	重み	
利きを付けた数	19.89	持駒	飛	3.67
攻め方利き数	6.45		角	0.88
受け方利き数	-1.7		金	11.14
影利き	3.88		銀	3.60
追加利き	13.50		桂	-2.10
玉の退路	-2.32		香	0.42
自勢力の数	1.71	定数		33.45

結果1(表6)では区別し、学習結果2(表7)では区別していない。相関係数はそれぞれ、0.73, 0.72であった。

なお、統計的に有意でなかったため駒を取る手、持駒の歩は項目から外した。角や香もこの訓練例の数では有意であるかどうかは不明である。

学習結果からは、利きを付けた数が非常に大きく評価されていて、かつ直接、間接に関わらず、攻め方の利きの数が大きく評価されていることがわかる。

つまり、指し手の特徴がまず重要で、次いで敵玉の周りの利きが重要であると考えられる。

## 4. 実験結果

### 4.1 実験

作成した指標の有効性を示すために、指標1,2, KPEndの指標、田中らの指標、および「敵玉の八近傍に利きを付ける手」の正確さを実験により測定した。KPEndの指標、及び田中らの指標は文献を参考に実装した。

実験は、253局面における王手を除いた全合法手19005手に対して行い、各指標により詰めろを判定させることで行った。合法手のうち、詰めろは1182手、非詰めろは17823手であった。

さらに指標の分布がどのようになるかを調べた。相対度数を縦軸に、詰めろ確率を横軸にとったグラフを図4に示す。詰めろ確率は、田中らの計算式<sup>5)</sup>にしたがって、次のように計算した。

$$\text{詰めろ確率} = \frac{(\text{評価値}) - (\text{評価の下限})}{(\text{評価の上限}) - (\text{評価の下限})}$$

### 4.2 実験結果

実験結果を表8と図3に示す。表8と図3において、詰めろは、指標により詰めろと判定された手で実際に詰めろだった手の数、非詰めろは、指標により詰めろと判定された手で実際は非詰めろだった手の数、判定量は、全ての手に対して指標により詰めろと判定された率、発見率は、(実際の)全ての詰めろのうち、どれだけ指標により詰めろと判定されたか、を表している。

表 8 各指標による判定の結果

評価関数	閾値	詰めろ	非詰めろ	判定量	発見率
指標 1	80	439	425	4.55	37.14
利きの数	60	775	1514	12.04	65.57
	40	1043	6255	38.40	88.24
	20	1172	14934	84.74	99.15
指標 2	80	423	399	4.33	35.79
利きの場所	60	773	1396	11.41	65.40
	40	1057	6574	40.15	89.42
	20	1172	15260	86.46	99.15
詰み判定	80	95	376	2.48	8.04
評価関数	60	968	11320	64.66	81.90
	40	1170	17325	97.32	98.98
	20	1182	17823	100.0	100.0
KFEnd		921	1949	15.10	77.92
八近傍の利き		880	1659	13.36	74.45

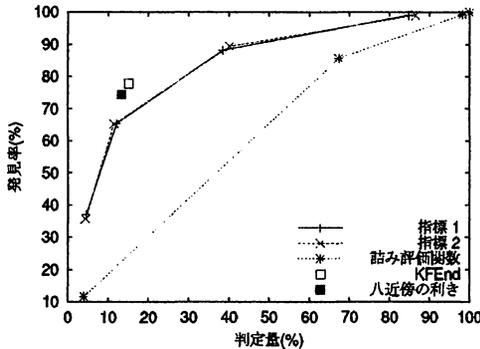


図 3 判定量と発見率

作成した指標は、詰み判定評価関数と比べ、はつきり良い結果となっている。両者の違いは指し手の特徴の有無なので、詰めろの判定においては指し手の特徴の有無が重要であることを示していると考えられる。また、KFEnd や「敵玉の八近傍に利きをつける手」と比べても判定量と発見率が同程度の正確さである。指標 1,2 はほぼ同じ結果となった。

指標から計算される詰めろ確率とその確率で実際に詰めろである確率の関係を図 4 に示す。指標 1,2 で詰めろ確率 1.0 のデータがないが、これはデータ数が少なかったためである。

本研究で作成した指標は、既存の指標と同等以上の正確さであり、閾値を用いることで詰めろを発見する確率と判定量の調整が可能である。

その調整は図 4 を参照して行うことができる。指標による詰めろ確率と相対度数の関係はほぼ直線となっており、調整が非常に容易であるといえる。

使い方としては、元々詰将棋探索を行っている部分では発見率を優先し、普段あまり探索を行わないとこ

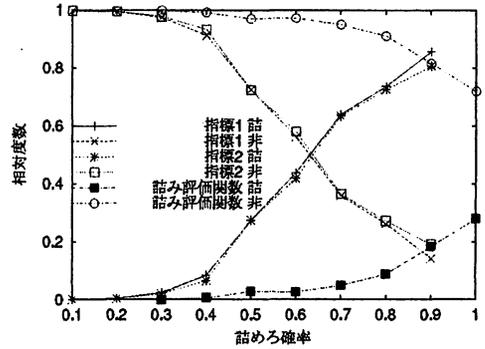


図 4 詰めろ確率と分布

ろでは、発見率よりも判定量を優先する(なるべく減らす)ようにして使う、という手段が効果的であると考えられる。

両方のグラフから、指標 1,2 の違いである「八近傍に利きをつける場所の区別」はほとんど結果に影響していないとわかった。

## 5. おわりに

計算コストの低い詰めろ判定法のために詰めろの指標を作成した。指標は評価項目の線形和として定義し、棋譜に現れた詰めろ、及び非詰めろの指し手を訓練例として用いて最小二乗法により重みを推定した。評価項目としては、指し手と局面の両方に関する特徴を用いた。その結果、相関係数は 0.72, 0.73 となり、詰めろ判定の実験結果と合わせ、実際に良い指標が得られたことを示した。また、KFEnd における詰めろの候補手のうち「敵玉の回りに利きを付ける手」が詰めろの判定に非常に有効で、一方「駒を取る手」はあまり有効でないことがわかった。

今後の課題としては、将棋プログラムに組み込み、実際にどれだけ詰将棋探索のコストを削減できるかを測定することで、指標の効果を示すことがあげられる。

## 参考文献

- [1] Hashimoto, T., Kajihara, Y., Sakuta, M. and Iida, H. (2001). Brinkmate search and its efficiency, Technical Reports in Computer Games Research Institute, CGRI 01-02, Shizuoka University.
- [2] 山下宏. YSS-そのデータ構造, およびアルゴリズムについて. 松原 (編), コンピュータ将棋の進歩 2, 第 6 章, pp. 112-142. 共立出版, 1998. <http://plaza15.mbn.or.jp/yss/book.html>
- [3] 有岡. 詰めろを考慮した通常探索, 必至探索, 将棋プログラム KFEnd, 2000. <http://www31.ocn.ne.jp/>

[k fend/inside\\_k fend/ptc.html](http://k fend/inside_k fend/ptc.html)

- [4] 田中盛一, 小谷善行. 詰み判定評価関数を用いた先読み, (Checkmate Search with Checkmate Estimation Function) ゲーム・プログラミングワークショップ'96, pp.141-149, 1996
  - [5] 田中盛一, 飯田弘之, 小谷善行. 詰み判定評価関数と pn 探索の融合 (An Approach to Tsume-Shogi: Applying Proof-Number Search with Estimation Function of Mating) ゲーム・プログラミングワークショップ '95 予稿集, pp.138-147 1995
  - [6] 田中哲朗, 副田俊介, 金子知通. 高速将棋ライブラリ OpenShogiLib の作成. 第 8 回ゲームプログラミングワークショップ, Nov.2003.
-