将棋における端攻めタイミングの認識

長嶋 淳, 橋本 剛, 橋本 隼一

北陸先端科学技術大学院大学

E-mail: {j-naga,t-hashi,j-hashi}@jaist.ac.jp

概 要

端攻めを苦手としていることは，改善が必要なコンピュータ将棋の弱点の１つである．本研究では，局面情報から端攻めの可能性を判定し，可能性の高い局面において重点的に端攻めの手を読ませることで，この問題に取り組む．多数の棋譜を分析して得られた条件をもとに将棋プログラム TACOS へ端攻めルーチンを実装し，評価を行なった．その結果，実装前と比較して TACOS は多くの局面で端攻めを行なえるようになった．

Opportune Time Recognition of Edge Attacks in Computer Shogi

Jun Nagashima, Jun'ichi Hashimoto and Tsuyoshi Hashimoto

Japan Advanced Institute of Science and Technology

Abstract

Many computer shogi programs are poor at the edge attacks and are required to improve this weak point. In this paper, we try to estimate the timing of edge attacks from the board position. Using this estimation, a program can extend its search for edge attacks. We implement this estimation and search extension to our shogi program TACOS. Experimental result shows that TACOS execute a number of edge attacks grater than the previous version.
can try edge attacks more often than that before.

1　はじめに

近年コンピュータ将棋はアマチュア五段程度まで棋力が向上してきた．詰め将棋の回答能力など一部の能力はプロ棋士を遙かに凌駕する一方，改善の必要な問題がまだ多く残されている．それらの課題の一つとして，端攻めが苦手という問題がある．

将棋では様々な戦法で端攻めと呼ばれる手順が現れることがある．それらの手順は盤の端の筋である１筋や９筋を狙うもので，状況により様々な狙いを秘めている．例えば図 1 の局面 [1] では，▲９五歩 △同歩 ▲９二歩 △同香 ▲９三歩 △同香 ▲９四歩 △同香 というように歩を連打して香を９四までつり上げ，▲８六桂 でその香を狙うといった手順である．

上の例など多くの端攻めでは，最初に駒 (主に歩) を捨てて相手の形を崩し，数手後に玉形を不安定にさせたり相手の駒を取ることで駒捨ての損を取り戻すというパターンが多い．最初に損をする上，損を取り戻すまでに充分な手数を先読みしなくてはならないこの端攻めは，コン

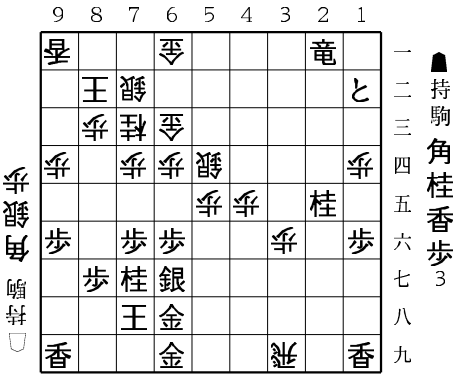


図 1: 端攻め開始局面の例

ピュータ将棋にとっては難しい手順である．しかし，相手への端攻めを見逃したり相手からの端攻めを見落とすことは大きな弱点であり，コンピュータ将棋が更に強くなっていく上では克服しなくてはならない弱点と言える．

一方で，端攻めについてプロ棋士が書いた書籍 [1] には，以下のような記述があった．

「実際に端攻めとはどのように行なわれているのでしょうか．これが意外と単純なのです．使用される手筋はごく限られていて，攻める形はどれをとっても大きな違いはありません．問題はいつ決行するか，そのタイミングなのです.」

ある程度決まった手順があるとすれば，探索時にそれらの手順を中心に深く先読みすることはそれほど難しくはない．しかしその分，他の手にかけられる探索コストが少なくなってしまう．そこで，端攻めが成立するかどうかを見極め，適切なタイミングで探索コストを集中できる仕組みが必要となる．

本研究では，局面情報から端攻めの可能性を判定し，可能と判断された場合には重点的に端攻めに関わる手を読ませることを目指す．プロやアマチュア高段者の多数の棋譜を分析し，どのような状況で端攻めが行なわれることが多いのかを調べた．そして，そのような状況の場合に端攻めに関わる手を読みやすくできるような端攻めルーチンを将棋プログラム TACOS に実装した．この実装により，TACOS は実装前と比較してより多くの局面で端攻めを行なうことができるようになった．

以下に本稿の構成を示す．まず，2 節で関連する研究について簡単に触れる．3 節では，棋譜の分析とその結果得られた端攻め条件について述べる．4 節では，3 節で得られた端攻め条件を利用して TACOS に端攻めルーチンを実装し，局面探索実験を行なうことでその性能を評価する．最後に 5 節で，まとめと今後の課題について述べる．

2 関連研究

盤上の駒の位置などから，詰み／不詰みを判定するといった研究が行なわれている．また，端攻めなどの手筋を読ませるための研究も行なわれている．この節では，これらのうち本研究と関連の深そうないくつかの研究を紹介する．

2.1 局面や指し手の判定に関わる研究

Grimbergen らは，単層パーセプトロンを用い，王の周りの駒や利き等の 161 要素から王の安全性を判定する研究を行なった [2]．安全な局面として 500 局面の中盤局面を，危険な局面として 500 局面の詰め将棋を用いて学習を行い，訓練データが多い場合には 90% 以上の正解率を示した．

三輪らは，サポートベクタマシン (SVM) を用い，王の位置や王周辺の駒や利き等の 129 要素から王の詰み／不詰みを判定する研究を行なった [3]．プロの棋譜 4000 局に関して終局前の 10 局面それぞれから探索を行い，探索中に現れた局面をランダムに 1 局面取り出すことで 4 万局面を用意し，学習を行なっている．学習の結果得られた判定器は 86.0% の正解率を示し，これを詰み探索の制御に用いて探索時間を約 4 割減らすことに成功している．また，三輪らは駒の位置や利きといった要素を自動的に抽出し，単層パーセプトロンによって詰み／不詰みを判定する研究も行なっている [4].

鶴岡らは，最大エントロピー法を用い，与えられた局面における指し手を確率的に予測する

研究を行なった [5]．大山名人の約 600 棋譜を用い，指し手の移動前後の座標や駒の種類，移動前後の周囲の盤面情報等を評価要素として学習を行なった．学習の結果，訓練データ中に含まれない局面においても予測手１候補で 35%，５候補までで約 70% で大山名人の手を判定できるようになっている．

2.2　手筋を読ませるための研究

棚瀬らは，探索中に現れる３手一組の手順を１手分とみなし，手筋を深く探索させる手法を将棋プログラム IS 将棋で用いている [6]．この手法では，手筋とみなす手の連続を人間が与えているが，将棋で見られる多くの手筋を手作業で実装していくことは困難である．これに対し，大槻らは人間の対局棋譜から n-gram 統計を獲得し，得られた手順の中から n-1 手目までが指された場合に n 手目が指される可能性の高いものを必然手として抽出し，探索に利用している [7]．この手法は自動的に多くの手順を手筋として抽出し，利用することが可能である．一方，登録される手順が多いため，局面ごとに適した手順のみを利用できるよう，駒の配置や対局の進行具合を考慮する仕組みが必要になる．

3　棋譜の分析

端攻めは開始するタイミングが重要であると先に述べた．そこで，この節では局面が与えられた場合に，端攻めを開始できる局面かどうか判定することを試みる．

端攻めと言っても，現れる戦形によって狙いや手順が大きく異なる場合がある．そこで今回は，居飛車対振り飛車の戦形 (穴熊を除く) において，居飛車側からの玉側への端攻めのみを扱うこととする．これは，戦形を一つに絞ることにより，その戦形での端攻めに関して特徴的な条件が見つかりやすくなると期待するためである．

まず，3.1 で分析対象とする局面に関して説明する．次に，3.2 で条件として考慮する要素に関して説明する．3.3 では実際に棋譜に対して分析を行い，端攻めが行なわれやすい条件にどのようなものがあるのかを示す．

3.1　分析対象局面

まず，分析に使用する局面を用意する．プロ棋士の棋譜約 17,000 局，及びインターネット上の将棋対戦サイトである将棋倶楽部２４ (http://www.shogidojo.com/) の棋譜集 [8][9] から，レーティング 2000 点以上のプレイヤの棋譜約 84,000 局を用意した．これらの対局中に現れる局面のうち，以下の条件を満たすものを抽出した．なお本稿ではこれ以降，盤面上の座標指す場合には居飛車側が先手として表記する．

- 居飛車対振り飛車で，居飛車側の手番．
- 居飛車側の玉が７七〜８九．(穴熊を除外)
- 振り飛車側の玉が８二．(穴熊を除外)
- ９四に振り飛車側の歩，９五が空きマス，９六に居飛車側の歩．
- 序中盤の局面と定跡局面の除外．
- 他に必然手がある局面を除去．(王手がかかっている場合など)
- 居飛車側が歩を少なくとも１枚持ち駒に持っている．

他に必然手があるかどうかは，端歩を突いた後の局面と人間が実際に指した手の後の局面をそれぞれ我々の将棋プログラム TACOS を用いて軽く探索し，端歩を突いた場合に評価が 800 点 (香の丸損程度) 以上下がる場合は他に必然手があるだろうと判断した．この条件により，例えば駒が当たりになっていて逃げるべき局面といったものを除外することができる．また，序中盤の局面を除外しているが，これは TACOS でゲームの進行度合いを測る進行度という要素が 50 以下 (中盤の仕掛けあたりで 50 前後) の局面を除外している．また，TACOS に登録されている定跡局面に関しても除外している．居飛車側が歩を持ち駒にしているという条件は，歩をつき捨

てた後に歩を打って攻めをつないでいくことが多いため，条件に加えた．これらの条件を基に，約 192,000 局面を抽出した．これらの局面のうち，人間が端攻めを行なった局面は約 4,000，行なわなかった局面は約 188,000 局面であった．

3.2 評価要素

端攻めを行なう局面であるかどうかを判定する要素としては，以下のようなものを考えた．

- 各マスの状態．金と成小駒は同一視する．１マスにつき 21 種類の状態が考えられる．
- 各マスの利きの状態．双方の利きに関して０，１，２，３，４以上と分類することで，１マスにつき 25 種類の状態が考えられる．
- 持ち駒．それぞれの駒種類に関し，歩は０，１，２，３，４，５枚以上．その他の小駒に関しては０，１，２枚以上．大駒については０，１，２枚という状態を考える．
- 飛車の状況．飛車に関しては例えば居飛車側の飛車が４一に居ても３一に居ても，１段目なら差がない状況が考えられる．このため，各マスの状態とは別に飛車の大雑把な位置を評価する．それぞれの飛車に関して，居飛車側で敵陣１段目，２段目，３段目，敵陣以外，持ち駒，振り飛車側で敵陣，敵陣以外，持ち駒の８種類を考慮する．飛車は２枚あるので，２枚の飛車を合わせて考えて 36 種類の状態が考えられる．

今回は振り飛車対居飛車の玉側の端攻めについて考えるため，玉側の端の周辺に関してマスの状態や利きを調べることとした．マスの状態に関しては，５一から９三及び７四から９七の計 27 マスに着目する．また，利きに関しては，５一から９三及び７四から９六の計 24 マスに着目することとした．

3.3 分析

次に，分析対象とする局面に関して，それぞれの評価要素がどの程度の頻度で現れ，その内どの程度の割合で人間が端攻めを行なっていたか分析を行なっていく．出現する回数があまり多くないものは，人間が端攻めを行なった確率を正しく表しているとは考えにくい．そこで今回は以降の全ての分析において，出現回数が 50 回以上のものを有効な要素として扱う．また，９四の地点に振り飛車側の歩があるといった，今回分析対象とした局面の全てにおいて現れる要素は考慮しても意味がないため，そういった要素も除外した．

表 2: １要素ごとの端攻め確率の分布

0%	32
0%より大きく 1%未満	69
1%以上 2%未満	196
2%以上 3%未満	188
3%以上 5%未満	95
5%以上 10%未満	36
10%以上	6

3.3.1 １要素ごとの分析

まず単純に，それぞれの評価要素ごとに出現頻度と人間が端攻めを行なった割合を調べた．出現回数が 50 回以上の要素は 622 個存在した．表 1 に人間が端攻めを行なった割合が高いものと低いものを，表 2 に有効な要素の人間が端攻めを行なった確率に関する分布を示す．要素の多くは，対象局面中の人間が端攻めを行なった確率である，2.07%に近い端攻め確率を持っていることがわかる．全体として確率が低いため，これらの要素で端攻めのタイミングを予測することは困難と言える．

3.3.2 複数要素の組み合わせによる分析

１要素では，高い確率の要素を見つけることはできなかった．そこで，高い確率の要素を見つけるため，複数の要素を同時満たしている回数と，その状況における端攻め回数の統計をとり，分析を行なった．表 3 に分析結果を示す．組

表 1: １要素ごとの端攻め確率

	出現回数	端攻め回数	端攻め確率		出現回数	端攻め回数	端攻め確率
６二 居飛車 香	79	14	17.72%	８四 振り飛車 馬	510	0	0.00%
９四 利き ２／１	106	13	12.26%	７六 振り飛車 馬	366	0	0.00%
９三 振り飛車 桂	149	17	11.41%	９五 利き ２／４	279	0	0.00%
６一 利き ２／３	161	18	11.18%	８五 振り飛車 飛	206	0	0.00%
９二 振り飛車 銀	150	15	10.00%	７七 振り飛車 歩	203	0	0.00%

”利き ｎ／m”は，居飛車側の利きがｎ個，振り飛車側の利きがm個をの意.

み合わせ要素数は，何要素を同時に満たすかを表している．閾確率は，要素の個々の組み合わせについて，有効な組み合わせとみなす端攻め確率の最低値である．条件を満たす端攻め局面数は，人間が端攻めを行なっている局面に関して，有効な要素の組み合わせが１つ以上現れる局面数である．同様に，条件を満たさない端攻め局面数は，有効な要素の組み合わせが１つもない人間が端攻めを行なった局面の数である．

表 3: 複数要素を考慮した場合の分析結果

(1)	閾確率	要素数	(2)	(3)
2	5%	3528	3607	370
	10%	407	1179	2798
3	10%	15333	2813	1164
	15%	1562	1315	2662
	20%	299	341	3636
4	10%	315761	3774	203
	15%	38691	2697	1280
	20%	3851	1292	2685
	25%	383	423	3554
5	15%	614806	3628	349
	20%	75505	2370	1607
	25%	6963	1000	2977
	30%	267	334	3643

(1) 組み合わせ要素数
(2) 条件を満たす端攻め局面数
(3) 条件を満たさない端攻め局面数

複数の要素を組み合わせて新しい要素とし，統計を取ることで，端攻め確率の高い要素を多数見つけることができた．一方，組み合わせ数と閾確率によっては，人間が端攻めを行なった局面の一部は判定が行なえないこともわかった．現状では，人間が端攻めを行なった全ての局面を判定できる，高確率の要素集合を得ることは難しそうである．次節では，今回得られた要素集合の内，比較的多くの局面を判定でき，端攻め確率の高いものを用いて，端攻めルーチンを実装していく．

4 端攻めルーチンの実装と評価

この節では，前節で得られたある程度の出現頻度と，出現時に高い確率で端攻めが行なわれた要素の組み合わせを用い，将棋プログラム TACOS に端攻めルーチンを実装する．

確率が高いと言っても 20%程度であり，精度があまりよくないのではないかという疑問があるかもしれない．しかしここで，人間が本当に正しいタイミングで端攻めを行なっていたかどうかという点に注意しなくてはならない．即ち，人間が本来端攻めをするべき時ではないのに端攻めを行なっていたり，端攻めをするべきタイミングで端攻めを行なっていない可能性があったという点である．また，棋譜では人間が実際に指した手しか記録されていないが，人間が端攻めを考えた局面は棋譜に端攻めが現れた回数よりも多くなるはずである．つまり，TACOS に実装する場合も，人間が実際に指していた局面

よりもある程度多くの局面で探索が行なえるようにした方が良いと言える．20%の確率で人間が端攻めを行なったという条件は，言い換えれば端攻めが行なわれる局面数の５倍程度の局面で端攻めを考慮するということであり，その程度の精度であれば低すぎるということはないと我々は考えている．

4.1 TACOS について

まず，今回実装及び評価の対象として用いる我々の将棋プログラム TACOS に関して軽く説明をする．TACOS は将棋倶楽部 24 ではアマチュア五段程度の実力を示しており (レーティング 2400 程度)，コンピュータ将棋の世界大会である世界コンピュータ将棋選手権において，2004 年の第 14 回大会から 2006 年の第 16 回大会まで，３年連続で決勝リーグに進出を果たしている．同レベルの人間プレイヤであれば，今回題材としているような端攻めは問題なく行なうことができるが，TACOS では現状，よほどわかりやすい攻めで無い限り，端攻めは行なうことができない．TACOS に関するこの他の詳しい説明は，[10] を参照していただきたい．

4.2 端攻めルーチンの実装

今回 TACOS に実装する端攻めルーチンの概略を以下に示す．

- 探索開始時に，確率の高い評価要素の組み合わせのどれかを満たす局面かどうかを調べる．満たさない場合は端攻めを特別考慮せず，通常の探索を行なう．満たす場合は端攻めを考慮する局面と判定する．
- 端攻めを行なっている最中かどうかを示す端攻めフラグを用意し，探索開始前に OFF にしておく．
- 探索時，残り深さが充分ある場合に端攻めを開始する手 (今回の場合は９五歩のみ) が指された場合，端攻めフラグを ON にする．その手の探索を終えた時点で端攻めフラグは OFF に戻す．
- 端攻めフラグが ON になっている場合，９筋８筋の端攻めに関わりそうな位置への指し手が探索される場合，探索延長を行なう．

端攻め可能局面かどうかの判定は，今回は探索開始局面のみで行なった．これは，精度の高い条件を得るためには現状では多数の評価要素を組み合わせなくてはならず，さらに端攻めが実際に行なわれた局面の多くを判定できるようにするためには条件数もかなり多くなってしまうためである．また，９筋８筋の端攻めに関わりそうな位置への指し手を探索延長するが，９一から９四に金／銀／桂／香／歩 (銀〜歩は成駒も含む) が移動もしくは打たれる場合，また８一から８六に移動もしくは打たれる手を探索延長の対象とした．探索延長の方法としては，TACOS では探索アルゴリズムとして実現確率探索 [11] を使用しているため，通常では確率の低い端攻めに関わりそうな手の確率を強制的に高くすることで実現している．また TACOS では，指し手生成は種類ごとに，重要そうなものから行なっうことで探索の効率化を図っている．今回，端攻めの手は価値の高い相手の駒を取る手など，比較的重要なものよりもよりも後に生成することにした．これにより，他に必然手があるような局面では，端攻めに多くのコストを割くことを回避することが可能となる．

4.3 端攻めルーチンの評価

次に，実装した端攻めルーチンの評価を行なう．今回実装した端攻めルーチンは，居飛車対振り飛車の一部の形がある場合でしか効果がない．このため，自己対戦や他ソフトとの対戦結果で評価を試みても，はっきりとした差がでない可能性が高い．そこで，人間が端攻めをした局面に関して実装前と実装後で探索を行い，どの程度端攻めが行なえるようになったかを見ることで評価を行なうこととする．

プログラムは，以下の５種類を用意した．端攻めなし以外の４つが端攻めルーチンの実装後のものである．

- 端攻めなし: 端攻めルーチンの実装前.
- 端攻め 4-15: 判定に４要素の組み合わせで15%以上のものを使用するもの.
- 端攻め 5-20: 判定に５要素の組み合わせで20%以上のものを使用するもの.
- 端攻め 5-25: 判定に５要素の組み合わせで25%以上のものを使用するもの.
- 端攻め ALL: 今回考慮する，居飛車対振り飛車の形での端攻めが可能な形では常に端攻めを考慮するもの.

探索させる局面は，人間が実際に端攻めを行なった約 4000 局面の中から無作為に 200 局面を選択した．また，端攻めルーチンの影響で探索速度がどの程度落ちるかを比較するため，将棋倶楽部２４の棋譜から，五段以上同士の対局を無作為に 100 局選び，30 手から 80 手の間の１局面を各局から取り出した 100 局面と，次の１手問題集である「四段の終盤」[12] の 100 局面，合わせて 200 局面でも探索を行なった．

プログラムは端攻めルーチン以外は同じものである．１局面につきそれぞれ 20 秒探索を行なった．実験に使用した PC は Athlon64 3200+ である．表 4 に結果を示す．また，実装により端攻めができるようになった局面の例を図 2 に示す．この局面は，アマチュア高段レベルになれば一目端攻めというものであるといい，実装によってそういった局面で端攻めができるようになった事は大きな進歩と言える．

重点的に端攻めを読むことができる実装後のプログラムは，実装前よりも多くの局面で端攻めを行なうことができた．一方で，結果を見る限り，大きな探索速度の低下は起きていないようである．ただし，速度低下はあまり起こらなくても，端攻めに関わる手順に探索コストが集中し，他の手があまり読まれなくなってしまう危険性があり，注意が必要である．このため，端攻めルーチンが性能よく機能するためには，読めるようになる端攻め局面数と，端攻め局面かどうかの判定の閾確率の双方が充分大きなものが必要となる．

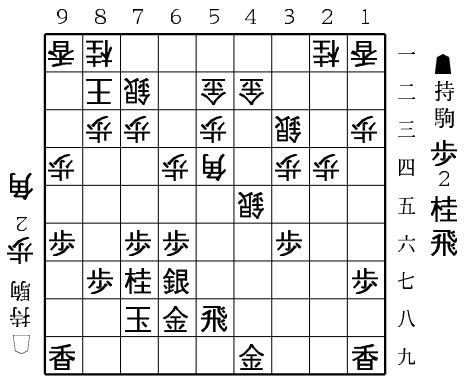


図 2: 端攻めができるようになった局面の例

5 まとめと今後の課題

本研究では，局面情報から端攻めの可能性を判定し，可能と判断された場合には重点的に端攻めに関わる手を読ませることを試みた．プロやアマチュア高段者の多数の棋譜を分析し，人間が端攻めを比較的高確率で行なう条件を見つけた．そしてその条件を満たす局面では端攻めの手を深く読ませるよう，TACOS に実装を行なった．実験の結果，実装前と比較してより端攻めが行なえるようになったことが確認できた．

現在のところ，局面を判定する条件数が数万個あり，この条件に合致するかどうか調べるのはそれほど軽いコストではない．また，それだけの個数の条件を用意したとしても，まだ判定しきれない端攻めが多数存在している．このため，判定に使用する要素としてより良いものを見つけ，条件の個数を減らすこと，また判定できる端攻めの数を増やすことが課題と言える．

今回は端攻めの一つの形である，居飛車対振り飛車の穴熊でないものに対象を限定して分析／実装等を行なった．この形は端攻めのほんの一例でしかなく，他にもさまざまな形での端攻めが存在する．他の形での端攻めも行えるよう，

表 4: 局面探索の結果

	端攻めなし	端攻め 4-15	端攻め 5-20	端攻め 5-25	端攻め ALL
端攻め局面数	4	15	15	15	15
端攻め局面での探索速度	11.52	11.55	11.44	11.53	11.45
その他局面での探索速度	10.90	10.94	10.87	10.93	10.87

探索速度は全て，万ノード／秒.

端攻めルーチンを拡張していくことも課題の１つである.

端攻めを行なっている際，手順としては特に注意を払わず探索延長を行なっていた．しかし，端攻めではよく現れる特定の手順などがあるため，そういった手順も考慮して探索延長を行なうことで，よりコンピュータが端攻めを行なえるようになるのではないかと考えられる．また，探索制御だけではなく，端攻めによって崩れた陣形を正しく評価できるように評価関数を改良することでも，より端攻めができるようになると期待できる.

謝辞

本研究は日本学術振興会特別研究員奨励費 (#1452) による助成を受けている.

参考文献

[1] 大内 延介: 将棋・端攻め全集, 日本将棋連盟, ISBN: 4819703404, 1998.

[2] Reijer Grimbergen: A neural Network for Evaluating King Danger in Shogi, 第７回ゲームプログラミングワークショップ 2002, pp.36-43, 2002.

[3] 三輪 誠, 横山 大作, 近山 隆: SVM による将棋の詰みの予測とその応用, 第９回ゲームプログラミングワークショップ 2004, pp.143-150, 2004.

[4] 三輪 誠, 横山 大作, 近山 隆: 駒位置と効き関係に注目した詰み評価関数の自動生成, 第１０回ゲームプログラミングワークショップ 2005, pp.48-55, 2005.

[5] 鶴岡 慶雅: 最大エントロピー法を利用した棋譜集からの指し手学習, コンピュータ将棋協会誌, vol.17, pp.38-41, 2004.

[6] 棚瀬 寧: IS 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.1-14, ISBN: 4320029569, 2000.

[7] 大槻 知史: n-gram 統計からの「必然手」の抽出, 第１０回ゲームプログラミングワークショップ 2005, pp.89-96, 2005.

[8] 久米 宏: 将棋倶楽部 24 万局集, ナイタイ出版, ISBN: 4931538037, 2002.

[9] 久米 宏: 最強の棋譜データベース将棋倶楽部２４, 成甲書房, ISBN: 4880861693, 2004.

[10] 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, 2005.

[11] Yoshimasa Tsuruoka, Daisaku Yokoyama and Takashi Chikayama: Game-tree search algorithm based on realization probability, ICGA Journal, Vol.25, No.3, pp.145-152, 2002.

[12] 週刊将棋 (編集): 四段の終盤, 毎日コミュニケーションズ, ISBN: 839905711, 2001.