

計算機による詰め将棋評価システムの試作

松原 仁 半田 剣一 元吉 文男

電子技術総合研究所

概要

詰め将棋の評価を行なう計算機システムを試作したので、本論文ではその概要を述べる。詰め将棋は、作者は一定のルールを満足するように作り、そして解答者は一定のルールを満足するように解く、一種のパズルである。詰め将棋の局面と正解手順を入力すると各手の意味と評価そして全体の評価を出力する。

詰め将棋は単に指し将棋の終盤の強さを高める補助教材としてだけでなく、それだけで固有の芸術として存在している。計算機による詰め将棋の評価は、計算機による芸術の評価につながる試みである。将棋はチェスの次に来るべきAI研究の大規模な題材であるが、チェスでは膨大な分析がなされているにもかかわらず将棋の分析はほとんどなされていない。これから分析を積み上げていく必要がある。本研究はその試みの一つでもある。

A computer program of automatic evaluation of TSUME-SHOGI(Japanese Chess mating problem)

Hitoshi MATSUBARA, Ken-ichi HANDA, Fumio MOTOYOSHI

Electrotechnical Laboratory, 1-1-4 Umezono, Tsukuba, Ibaraki 305

Tel: +81-298-58-5917

E-mail: matsubara@etl.go.jp

ABSTRACT

We have made an automatic evaluation system of TSUME-SHOGI. This paper describes the outline of the system.

TSUME-SHOGI is a kind of one-player puzzles which is created to satisfy definite rules and which is solved to satisfy definite rules. Our system receives a TSUME-SHOGI problem and the solution-sequence of the problem as input and computes its value.

1 はじめに

詰め将棋の評価を自動的に行なう計算機システムを試作したので、本稿ではその概要について述べる。詰め将棋は、作者は一定のルールを満足するように作り、そして解答者は一定のルールを満足するように解く、一種のパズルである。詰め将棋の局面と正解手順を入力すると各手の意味と評価そして全体の評価を出力する。

詰め将棋は単に指し将棋の終盤の強さを高める補助教材としてだけでなく、それだけで固有の芸術として存在している。計算機による詰め将棋の評価は、計算機による芸術の評価につながる試みである。将棋はチェスの次に来るべきAI研究の大規模な題材であるが、チェスでは膨大な分析がなされているにもかかわらず将棋の分析はほとんどなされていない。これから分析を積み上げていく必要がある。本研究はその試みの一つでもある。

2 将棋とコンピュータ

ゲームはその性質によって計算機科学特にAIにおいてよく取り上げられる題材である [1]。AIでは人間のトップクラスの専門家クラスの強さを持つゲームのプログラムの作成を目指して研究が進められてきた。もちろん強いプログラムを作りたいという素朴な動機も大きい。強いプログラムを作ろうとする過程で、AIにおける技術的ブレークスルーが得られたことも多い [1]。たとえばゲーム木探索法、ミニマックス法、 $\alpha\beta$ カットなどは、チェスの強いプログラムを目指す過程で開発されてきた。

バックギャモン [2]、オセロ [3] などのゲームは、既に人間の世界チャンピオン並の強さのプログラムが作られている。長いこと中心的な研究対象であったチェスもそのレベルに近づきつつある。現在最強のチェスマシンである Deep Thought の作者は、ごく近い未来に人間の世界チャンピオンの能力を越える最新版が完成すると述べている [4]。彼らの新しいマシンがその通りの強さを持つかどうかはわからないが、チェスにおいて計算機が人間を越えるのが時間の問題なのは確かである。人間の能力を越えても、たとえば必勝手順の探究というような研究は存在するが、これまでの例からいってAIの研究題材としての役割は終わる。チェスの次に来るゲームに囲碁 [5] と将棋がある。囲碁は他に世界中に似たゲームが存在しないこともあってかなり以前から国際的に研究が進められてきた [6, 7]。将棋は外国ではチェスの亜種と見なされていることもあって国際的な研究はまだほとんどなされていない。しかし、取った駒を再利用できるというチェスの仲間で将棋だけが持っている特徴 [8] によって、チェスと将棋は非常に性質が異なるゲームになっている。たとえばチェスでは終盤に可能な手が平均で高々数十通りであるのに対し、将棋の終盤は平均で数百通りの手が可能である。チェスで成功した力任せの探索という手法は将棋には適用できない。将棋の強いプログラムを目指すことによってAIに新たな知見をもたらす可能性が存在するのである。

国内ではかなり以前から将棋プログラムを作る試みがなされてきた (たとえばいくつかの研究発表がある [9, 10, 11])。最初はコンピュータ・パワーの制限もあって初心者のレベルに留まっていたが、さまざまな工夫やハードウェアの進歩などによって徐々に強くなり、それにとまってプログラム作成の試みも盛んになってきた (たとえばプロの棋士も参加している [12])。現在は多数の将棋プログラムが発売されており、最強のものはアマチュア 2, 3 級程度に達している。数年前にはコンピュータ将棋協会 (CSA: Computer Shogi Association) という将棋プログラムの研究会も発足し、1990年には単行本も出版され [13]、同じく1990年からは毎年コンピュータ将棋の大会も開かれている [14]。将棋がAI研究の題材としてふさわしいゲームとなってきたのである。

9	8	7	6	5	4	3	2	1	
								将	皇
					王				一
			角	歩	歩	歩	歩	歩	二
									三
									四
						歩			五
									六
									七
									八
									九

図 1: 象戯馬法併作物第 28 番

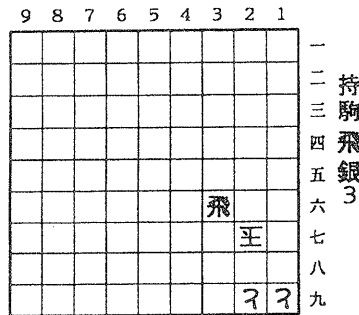
3 詰め将棋とコンピュータ

詰め将棋は、作者は付録 A [15] のルールを満足するように作り、解答者は付録 B [15] のルールを満足するように解く、一種のパズルである。図 1 に詰め将棋の例 [13] を示す（解答は付録 C に示す）。指し将棋から生まれたものであるが、それだけで独立した分野として確立している。AI 研究の題材によく取り上げられるチェスのエンドゲーム（終盤）とは大きく異なる [15]。チェスにもエンドゲームをパズル化した「詰めチェス」が存在するが、詰めチェスは以下の点で詰め将棋と異なる [15]。

- 攻め方は必ずしも王手をしなくてよい。
- 持ち駒がないので盤上の駒を動かすだけである。
- 無意味な合駒を「手数伸ばし」に使ってよい。
- 正解手順より長い手数の余詰はいくらあってもよい。

付録にも示した通り、詰め将棋の問題がパズルとして完全であるためには、不詰めでないこと（直感的には、指し手の探索木において、攻め方が最善を尽くせば、詰んだ状態に達する道筋が少なくともひとつは存在すること）と余詰がないこと（直感的には、指し手の探索木において、玉方が最善を尽くせば、詰んだ状態に到達する道筋が複数存在しないこと。すなわち、攻め方から見て 2 通り以上の詰め方が存在しないこと。）が必要である。完全であることはパズルとしての最低限の条件であり、次章で述べるように高い評価を受けるためにはその他に優れた特徴を持っていなければならない。もっとも、その最低限の条件である完全性を満たしているかのチェックは特に長手数になると大変である。現在は手作業でチェックしているの、一度は完全作として発表されたものがあとで不詰めや余詰めと判明することがしばしば起きている。

詰め将棋のプログラムは探索範囲が限定されていることもあって作成が指し将棋に比べて容易である。作り方の方針としては、指し手の木をしらみつぶしに探索するものと、なんらかのヒューリスティクスを用いて木を選択的に探索するものの 2 つに分類される。しらみつぶし法の基本的なアルゴリズムは単純で、学生の演習問題として適当なレベルである [16]。ただしルール上は有限のパズルではあるものの、探索空間が非常に深くなる可能性があることに注意する必要がある。深さ優先にすると時間を非常に費やし、幅優先にすると記憶領域を非常に費やしてしまう。理論的にはどんなに長い手数の詰め将棋でも解答を求めることはできるが、手数が長くな



▲3七飛打 ○1八玉 ▲2七銀 ○2八玉 ▲3八飛 ○2七玉 ▲1八銀○同と ▲2八銀○同と寄
▲3七飛行 ○1八玉 ▲1六飛まで13手詰め

図 2: 三谷郁夫作詰め将棋

ると解答を求めるのが現実的に困難になる。ヒューリスティックス法はヒューリスティックスによって木の枝刈りを行なうが、たとえば「明らかに詰まない」状態を判定するようなヒューリスティックスを求めるのは非常に難しい。

詰め将棋のプログラムの実力は、ある限られた手数範囲内であれば、既に人間の専門家並みに達している。野下の作成した t1 [17] は、C 言語で 5、6 千行のプログラムであるが、十手以内であれば瞬時に、十数手詰めまでであれば数十秒から数千秒で解くことができる（図 1 は 7.8 秒で解ける）。問題によっては二十手を越える詰め将棋も解くことができる。t1 は基本的には幅優先探索をしている。

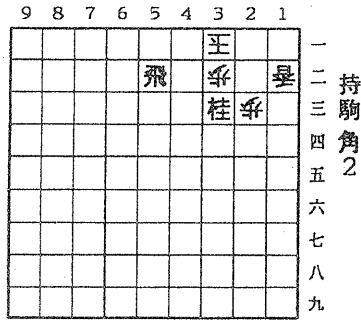
チェスならびに詰めチェスは AI 研究の題材としてしばしば取り上げられてきた。例えば、Quinlan は ID3 という概念学習システムの有効性を示すために詰めチェスを例題に用いている [18]。チェスが AI 研究の題材として役割を終えつつある現在、将棋はその次に来るべき「大規模かつ有限な」題材として適当である¹。コンピュータ・チェスの研究には膨大な蓄積があり、有用な分析結果が利用可能な形で残っている。それに対してコンピュータ将棋は研究の歴史が短く分析結果がほとんど得られていない。これから分析を積み上げていく必要がある。詰め将棋の評価システムを作る試みはその一環である。

4 詰め将棋の評価

詰め将棋は指し将棋の終盤の力を養うという用途を越えて、それだけで一種の芸術として成り立っている。300 年以上の歴史を持ち、数十万の異なる問題が作られてきた。詰め将棋の問題を作ることを趣味としている人々と、詰め将棋を解いて評価することを趣味としている人々とが存在する。詰め将棋のいい作品を作るにはかなりの才能と努力と時間とが要求される [19, 20]。最近高い評価を受けた詰め将棋の問題を 3 つ示す。図 2 は第 76 期塚田賞の受賞作、図 3 は 1990 年度将棋世界誌年間最優秀作、図 4 は 1990 年度看寿賞の受賞作である。

詰め将棋の評価基準は、一般にかなり主観的ではあるが非常に厳しいものである。完全であることは最低条件であり、それ以外に新規性、意外性、難しさ、などさまざまな角度から評価される。詰め将棋の専門誌である「詰将棋パラダイス」には、作者が投稿して審査に合格した新作の詰め将棋の問題と、それに対する解答者の評価とが載っている。高い評価を受けたもの（図 5 参

¹もちろん囲碁も同じことであるが、囲碁よりは将棋の方が規模の面で手頃だと思われる。



▲1三角△同番 ▲5一飛成 △2二玉 ▲1一角 △1二王 ▲2一竜まで7手詰め

図 6: 詰め将棋パラダイスより (その2)

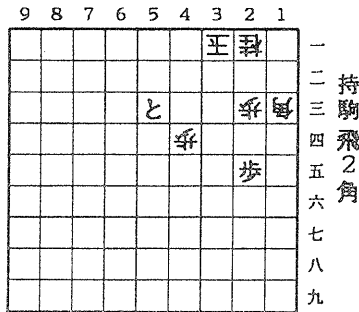


図 7: 二上達也作詰め将棋

小駒 (大駒以外の駒) であれば5点というように得点が定められているので、その手続きをプログラム化したのである。ただし「感覚の盲点をねらう手筋」のように人間には判断できても計算機には容易に判断できないようなものも多く、それらはわれわれがプログラム化可能な範囲だけをインプリメントした。

次に村山の手法にいくつかの変更を加えた。村山の手法そのままでは正解手順だけしか評価の対象とならないが、一般には探索空間の全体が評価の対象となる。たとえば、可能な指し手が多い問題はより迷いやすいという点で高く評価される可能性がある。そこで他にも可能な手がたくさん存在する手にはさらに得点を割り当てることとした。また一般に手順だけではなく使用している駒の数や初期局面・最終局面の形なども評価の対象になる。そこで使用駒や不動駒の少ない問題には手順の総得点以外に得点を与えることとした (この他にもいくつかの変更を加えた)。

われわれのシステムで例えば図7の問題 [22] の価値を計算してみる。

- ▲4一飛 玉の吊り出しを目的とする大駒の手筋 6点
 離し駒の打ち場所を限定する大駒の手筋 8点
 手がとても広い 5点
- △2二玉 ふつうの手 1点

										一
										二
						飛				三
						飛				四
				王		王				五
				桂						六
		龍馬						王		七
							歩	香	桂	八
							香			九
9	8	7	6	5	4	3	2	1		

▲4五角△同桂 ▲4九馬 △5七桂不成 ▲3七歩 △4九桂成 ▲3六歩まで7手詰め

図5: 詰将棋パラダイスより (その1)

照) には、例えば、

- 桂が4枚使っていなかったら ▲5七桂打合とするところ。今回のトップでしょう。
- さすがにうまい。他のとはレベルが違う。
- 卓越した構想。
- 玉方桂の動きが見事。

のような感想が寄せられている [21]。それに対して、低い評価を受けたもの (図6参照) には、例えば、

- 二回の角打ちがあまりにも常識的すぎる。
- 初手1三角が見えると、あとは一直線。
- 1三角のみ、紛れなし。
- この人には、まず盤を全部使ってもらいたい。

のような感想が寄せられている [21]。

5 詰め将棋評価システム

詰め将棋の問題は短篇 (ほぼ17手詰めまで)、中篇 (ほぼ19手詰めから49手詰めまで)、長篇 (ほぼ51手詰め以上) に分類され、この分類によって評価の仕方が異なる。ここでは短篇のみを評価の対象とする。短篇については、基本的には村山による評価方法が利用できる [22]。村山の評価方法は、正解手順のそれぞれの手に対する得点をすべて足し合わせ、それを手数で割った値を問題の価値とするものである。短篇詰め将棋では密度の濃い問題が高く評価されるので、総得点を手数で割ることは妥当である。以下ではわれわれが作成した評価システムの概要を述べる。詳細の説明は詰め将棋の専門知識を前提とするため省略する。

われわれはまず村山の手法をなるべくそのまま計算機に乗せることを試みた [24]。村山の手法では例えば、「邪魔駒を間接的に消去する手筋」は大駒 (飛車もしくは角) であれば10点で

3. ♙3三角 玉の吊り出しを目的とする大駒の手筋 6点
4. □同玉 ふつうの手 1点
5. ♙3二飛 玉の吊り出しを目的とする大駒の手筋 6点
6. □同玉 ふつうの手 1点
7. ♙4二飛成 ふつうの手 1点

よってこの問題の価値は $35/7=5.0$ である。これはこの問題がかなり高い評価を受けていることを示している。

6 おわりに

本稿では詰め将棋を自動的に評価する計算機システムについて述べた。村山が提案した人間による評価法にいくつかの改良を加えて計算機に乗せた。現在のバージョンはまだまだ不十分である。同じ詰め将棋の問題でも初級者と上級者では評価が異なるので、評価の視点を導入する必要がある。また詰め将棋の問題には作者の個性が出るので、それも評価にあたって考慮しなければならない。さらに新規な問題を高く評価するためには、詰め将棋の問題のデータベースを用意しなければならない。

このような試みを通じて、(詰め)将棋に関する分析結果を蓄積すること、計算機による芸術の観賞を可能にすること、を目指している。

なお将棋の研究を効率的に行なうことを目的にして、われわれは将棋処理ソフトウェア「王将」を開発した[23]。王将は UNIX & X-Window & Common Lisp & LaTeX 環境下で動き、計算機で対話的に将棋を処理する環境を提供し、将棋の盤面や棋譜を含む文書の作成を支援する。本稿における将棋の盤面や棋譜は王将を用いて印刷したものである。王将は PDS ソフトウェアとして fj.sources に投稿してある。また、etlport.etl.go.jp[192.31.197.99] から anonymous ftp が可能である(ディレクトリは ftp/pub/OhShow である)。

謝辞

将棋の研究環境の整備に便宜を図っていただいている電総研の推論研究室ならびに協調アーキテクチャ計画室のみなさまに感謝します。また有益な議論をいただいているコンピュータ将棋協会(CSA)のメンバーのみなさまに感謝します。

参考文献

- [1] 実近憲昭: "ゲームとAI", 人工知能学会誌, vol.5, no.5, pp.527-537 (1990).
- [2] Berliner, H.J.: "Backgammon computer program beats world champion", Artificial Intelligence, vol.14, pp.205-220 (1980).
- [3] Rosenbloom, P.S.: "A world-championship-level Othello program", Artificial Intelligence, vol.19, pp.279-320 (1982).
- [4] 許峯雄, T. アナンサラマン, M. キャンベル, A. ノジバク (実近憲昭訳): コンピュータはチェス名人に勝てるか, 日経サイエンス, vol.20, no.12, pp.20-27 (1990).
- [5] 実近憲昭: "囲碁のコンピュータ化", bit, vol.20, no.7, pp.761-769 (1988).

- [6] Zobrist,A.L.:A model of visual organization for the games of Go, Proc. of the Spring Joint Computer Conference, pp.103-112 (1969).
- [7] Reitman,W. and Wilcox,B.:The structure and performance of the Interim.2 Go program, Proc. of 6th IJCAI,pp.711-719 (1979).
- [8] 増川宏一：将棋 I, 法政大学出版局 (1977)
- [9] 滝沢武信：コンピュータ将棋対戦, *bit*, vol.8,no.5,pp.444-448(1976).
- [10] 奥田育秀, 牧野寛, 木澤誠：将棋のプログラムについて, 情報処理学会第 18 回全国大会,pp.339-340(1977).
- [11] 坂本義行, 佐藤雅之：将棋の指し手の理解モデルとオンライン処理について, 第 18 回プログラミング・シンポジウム,pp.145-152(1977).
- [12] 飯田弘之, 瀬野訓啓, 吉田英俊, 小谷善行：P r o l o g による将棋プログラムのデータ構造, 情報処理学会, 記号処理研究会 55-1(1991)
- [13] 小谷善行, 吉川竹四郎, 柿木義一, 森田和郎：コンピュータ将棋, サイエンス社 (1990).
- [14] 松原仁：” CSA 第 2 回コンピュータ将棋選手権観戦記”, *bit*, 掲載予定 (1992).
- [15] 野崎昭弘：ロジカルな将棋入門, 筑摩書房 (1990).
- [16] 松原仁：詰め将棋プログラム マニュアル・外部仕様書・内部仕様書, 東京大学理学部情報科学科 演習レポート (1981).
- [17] 野下浩平：詰将棋を解くアルゴリズムについて, 電子情報通信学会 コンピューテーション研究会, COMP91-58 (1991).
- [18] Quinlan,J.R.: Learning efficient classification procedures and their application to chess end games, in Michalski,R.S. et al. (eds.), *Machine learning -artificial intelligence approach*, pp.463-482, Springer (1984).
- [19] 伊藤果：詰将棋の創り方, 日東書院 (1983).
- [20] 若島正：盤上のパラダイス, 三一書房 (1988).
- [21] 詰将棋パラダイス編集部：詰将棋パラダイス, vol.38, no.3 (1991)
- [22] 村山隆治：詰将棋教室, 金園社 (1971).
- [23] 半田剣一, 松原仁, 元吉文男：” 将棋処理ソフトウェア「王将」について”, 電子技術総合研究所彙報, vol.55,no.11, 掲載予定.
- [24] 松原 仁, 半田剣一, 元吉文男：コンピュータを用いた詰め将棋の評価と分析, 情報処理学会第 32 回プログラミングシンポジウム, pp.155-164 (1991).

付録

A. 詰め将棋の解きかたの規則 [15]

詰め将棋の問題を解こうとする人は、次のような「正解手順」を見つけなければならない。

1. 攻め方（先手）は王手の連続で、なるべく短い手数で詰める。
2. 玉方はなるべく長い手数になるように指す。ただし無意味な合駒はしない。なお同じ手数の詰めかたがいくつかあるときは、なるべく攻め方の持駒を使わせるような指しかたを選ぶ。
3. 盤上の駒・攻め手の持駒・王将を除いた残り全部の駒が玉方の持駒になる。

[注意] 昔は最長手順よりも、作者が意図した妙手順（作意という）を優先させていたが、現在ではあまり主観的にならないように、「最長手順」という原則が忠実に守られるようになった。

B. 詰め将棋の作りかたの規則 [15]

1. 正解手順がない（つまり、詰まない）ような問題は失格（不詰）である。
2. 正解手順は次の意味でただひとつである。
 - (a) 攻め方が手を変えると詰まなくなる。
 - (b) 玉方が手を変えると、もっと簡単に（短い手数で、あるいは持駒を使わずに）詰んでしまう。
3. 正解手順に従えば、詰んだところで攻め方の持駒がない。

[注意] 攻め方から手を変えた別の詰手順と余詰（よづめ）といい、特に正解手順より短い余詰を早詰という。ただ、全然別の詰め手順があるわけではなくて「手順のごく一部分を入れかえてよい」（手数は変わらない）程度であればキズ（軽微なものなら小キズ）とあって、必ずしも致命傷とはみなされない。特にアイデアのある長篇作品の場合は少々のは許されるので、馬鋸のような趣向では「無意味なあと戻り」（結局は正解手順に戻る）などは余詰のうちにはいらぬ。玉方が手を変えらるゝことを変化といい、その場合の詰め手順（正解手順より短いか、少なくとも同程度）を変化手順という。変化手順には規則2や3は適用されない。

C. 図1の詰め将棋の正解手順

▲5二歩成 ○3一玉 ▲4一と ○3二玉 ▲2四桂○同歩 ▲4二と○同玉 ▲5一銀 ○3二玉
▲4一角成 ○同玉 ▲4二金まで13手詰め