

逆算型詰め将棋作成支援システム

山田 剛 (東京工業大学) 松原 仁 (電子技術総合研究所 & さきがけ 21)
e-mail: matsubar@etl.go.jp

概要

本稿では、詰め将棋の自動創作の研究をふまえ、優れた詰め将棋作品を創作するための手段として、ユーザーの逆算法による詰め将棋の創作を計算機が支援するシステムを提案、構築し、その有効性を検証する。

本研究は、人間と計算機の共同作業をシステム化することによって、現状で用いられている方法よりもはるかに効率的に創作作業を行うことを目的としている。システムの検討プログラムは、詰むことの証明、詰まないことの証明をともに高速に行うことと、正解手順でない「変化別詰」の手順を排除することを両立している。これによって検討に費やされる時間を現実的なものにしていく。また、このシステムでは、計算機の読みの力を最大限に生かすために、逆算法による創作を基本としている。

実験では、計算機のみによる創作よりも芸術性が高く、被験者にとって満足のいく作品が創られた。また、その中での最長手数作品は、自動創作のそれよりも手数が長く、自動創作では創作できなかった作品が創れたといえる。

Support System of Tsume-Shogi Composition by Reverse Method

Tsuyoshi Yamada (Tokyo Institute of Technology) &
Hitoshi Matsubara (Electrotechnical Laboratory & PRESTO,
1-1-4 Umezono, Tsukuba, Ibaraki, 305-8568 JAPAN, e-mail: matsubar@etl.go.jp)

ABSTRACT:

This paper describes our program that helps human creators to compose Tsume-Shogi problems by reverse method. There are two methods to compose Tsume-Shogi problems: a straight method and a reverse method. In our system we support the reverse method. Our system can judge whether a position is to be mated or not to be mated very quickly and it can remove *Henka-betsudume*. So it does not take much time to check completeness of Tsume-Shogi problems. By using our system human creators composed several excellent Tsume-Shogi problems.

1 はじめに

本研究では、詰め将棋の自動創作の研究をふまえ、優れた詰め将棋作品を創作するための手段として、ユーザーの逆算法による詰め将棋の創作を計算機が支援するシステムを提案、構築し、その有効性を検証する。

本研究は、人間と計算機の共同作業をシステム化することによって、現状で用いられている方法よりもはるかに効率的に創作作業を行うことを目的としている。システムの検討プログラムは、詰むことの証明、詰まないことの証明をともに高速に行うことと、正解手順でない「変化別詰」の手順を排除することを両立している。これによって検討に費やされる時間を現実的なものにしていく。また、このシステムでは、計算機の読みの力を最大限に生かすために、逆算法による創作を基本としている。

実験では、計算機のみによる創作よりも芸術性が高く、被験者にとって満足のいく作品が創られた。また、その中で最長手数作品は、自動創作のそれよりも手数が長く、自動創作では創作できなかった作品が創れたといえる。

2 詰め将棋の満たすべき制約

まず、本稿で用いる詰め将棋の用語について、いくつか説明する。

攻方 連続して王手をかける側の手番。先手番。通常、攻方から指し始める。

玉方 王手を避け続ける側の手番。後手番。

詰み 玉方が現在かかっている王手を回避できない状態。

不詰 玉方が最善の指し手を続けることにより、最終的に詰みを逃れることができる局面の状態。

駒余り 詰みの状態で、攻方の持駒があること。

玉方最長原則 各局面の攻方の王手に対して、局面が不詰の状態でない場合、玉方が詰みまでの手数がもっとも長くなるような指し手を選ぶ原則のこと。手数が同じになる指し手が複数あるときは、駒余りにならない指し手のうち、いずれかを選ぶ。

変化同手数 玉方最長原則をみたす玉方の指し手が複数存在すること。

正解手順 初形から詰みに至る手順で、玉方の指し手が玉方最長原則を満たしているもの。

作意手順 詰め将棋の作者が意図した正解手順。

余詰 攻方の指し手が異なる正解手順が複数存在していること。また、そのような複数の正解手順のうち、作意手順以外のもの。ただし、最終手余詰、一部の場所非限定などの軽微なものとは不問、または作意手順と同一視され、余詰とはみなされない。

完全作 不詰でなく、余詰が存在せず、かつ駒余りでない詰め将棋のこと。

詰め将棋は、完全作でなければならない。すなわち、必ず詰み、詰め方の唯一性が保たれ、かつ詰め上がりで攻方の持駒が余らない、の3つの条件が必要とされる。なお、受け方の唯一性については要求されないため、変化同手数は存在してもかまわない。ただし、作品の評価では変化同手数は負の要素とみなされることが多い。また、最長手数手順が駒余りになるような作品を救済するため、駒余りにならない最長手順の長さが駒余りの最長手順の長さよりわずかに短い場

合に、駒余りにならない最長手順を正解手順とする、変化長手数のルールがある。しかし、変化長手数は定義があいまいである上、作品の評価上明らかなマイナスであるため、本研究では、優れた作品を創作するという目的を重視し、変化長手数を不完全作とみなして処理している。

3 詰め将棋の創作法

詰め将棋の創作法は、大雑把に言って、順算法と逆算法の2通りの方法に分けられる。順算法は、ランダムまたは既成の局面に微調整を加え、修正された局面が完全作であるかどうかを検査する方法である。それに対し逆算法は、ランダムな詰み局面、または既成の詰め将棋に対して、逆算を繰り返すことによって新たな詰め将棋を生成する、というものである。ここで逆算とは、通常の指し手を行うのと逆の操作のことである。この2つの方法は、順算法で創作された作品を逆算によって手数を伸ばすなど、組み合わせて用いられることが多い。

計算機を用いて詰め将棋を創作する研究には、順算法を用いたものと逆算法を用いたものがある。例えば野下らは、まずランダムに局面を与え、その局面に削除、減少、置換などの操作を繰り返すことによって生成された多数の局面に、不詰や余詰の検討を行い、完全作であったものを詰め将棋として残す、という創作システムを開発した [1, 2]。また、小山の裸玉 (初形の盤上に玉1枚以外の配置がない詰将棋) の網羅的探索 [3] など、特徴的な初形の作品の創作も研究されている。これらは順算法に該当する。一方で、与えられた局面を逆算、検討することによって創作するシステムが研究されている。広瀬らのシステムは、まず乱数で詰み局面を生成し、一定の深さになるまで余詰と不詰を検討しながら逆算を繰り返す。その後、駒配置の最適化、評価による絞り込みの結果、作品が創られる [4]。

4 計算機による検討

前節で詰め将棋の創作法について述べたが、実際にはこれだけの作業では、詰め将棋が完全であるための数多くの制約を満たした作品を創作することは困難である。詰め将棋の出題や発表は、制約が満たされていることを注意深く検査された後に行われなければならない。この検査を検討と呼ぶが、人間の詰め将棋創作にかかる時間の大半は検討に費やしている、といっても過言ではない。しかも検討を完全に読み切るまで行うことは困難であり、ある程度の検討を行って不完全性が見つからなければ、完全とみなして創作を終了せざるを得ない。

このため、公に作品が発表された後に、不完全であることが判明することさえ日常茶飯事である。顕著な例では、江戸時代に創作された詰将棋の多くに余詰作や不詰作があることが、最近になって計算機によって明らかになっている。このように、せつかくの苦労が無駄になってしまうような事態を防ぐため、最近では検討に詰め将棋を解く計算機プログラムを使うことが多くなってきた。まず、ひとまず完成した、検討したい作品を計算機に解かせる。計算機が解答を提示すれば、少なくとも不詰でないことがわかる。このときもし、提示された解答が作意手順と異なっていれば、作品に余詰があることがわかる。作意手順が提示された場合は、改めて変化や紛れで生じる局面を計算機に入力し、検討を繰り返し行わせればよい。また、創作中にいろいろな局面を計算機に検討させれば、もともと不完全な作品を発展、改良に時間を費やしてしまうような無駄を省くことができる。

5 逆算式創作支援

第3節で述べたとおり、詰め将棋創作法は順算法と逆算法の2つに大別され、そのうち逆算法は逆算、すなわち指し手の逆操作という決まりきった操作が基本の局面修正法である。このため、さまざまな局面修正法が存在する順算法と異なり、逆算法は1回の逆算局面案のすべてを例

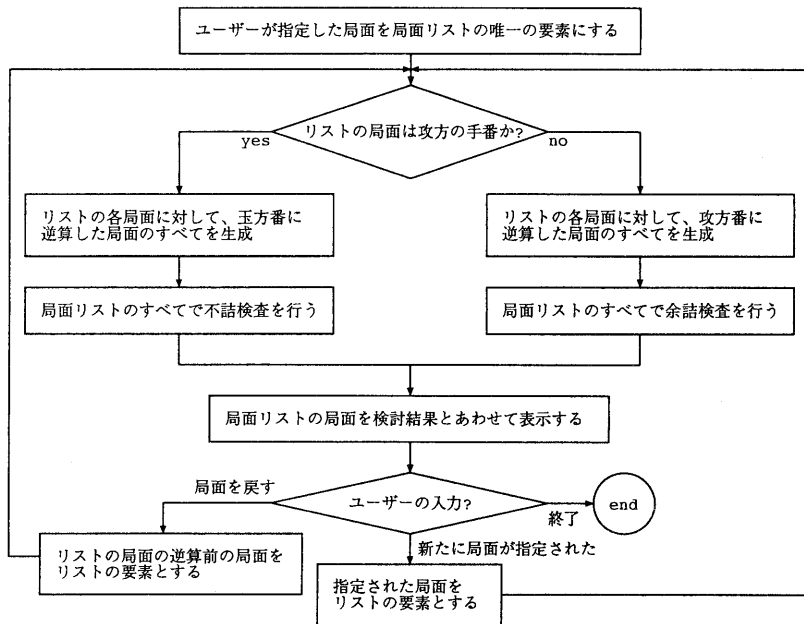


図 1: システムの流れ図

示することが容易である。

そこで本システムでは、ユーザーの指定した局面に対して、その1手逆算局面をユーザーに提示することによって、ユーザーの支援を行う。逆算局面の生成は、慣れないユーザーにとっては煩雑でややこしい作業であり、それを自動的にを行い、例示する機能は、大きな労力を省けることになる。また、手動による逆算に慣れたユーザーにとっても、各逆算過程において逆算局面のすべてを一覧し、比較検討することはほとんどしない。このため、逆算局面をすべて自動生成することで、よりよい逆算案を見落とすという危険を避けることができる。また、思ったよりもよい逆算案を見つけることは、創作意欲を刺激することにもなる。

ユーザーは、逆算によって生成された例示局面のうち、さらに逆算させたいと思う局面を選択する。選ぶ局面は複数あってもよい。局面が選択されると、計算機はさらにその図を1手逆算し、生成された局面を例示する。これを繰り返すことにより、ユーザーは煩雑に駒を動かすことによって局面を生成する作業から解放され、自分の創意を満たせるような逆算局面を選択することのみに集中することができる。

逆算を計算機に行わせる理由はもうひとつ、検討を並行して行わせることにある。今、ここに1つの詰め将棋局面があり、これを逆算しようとしているものとする。逆算によって創作された作品は、当然、正解手順の途中に逆算前の局面が出現するような作品になる。したがって、逆算前の局面が不詰であれば、逆算しても不詰の状態の局面ができるだけである。また、逆算前の局面に余詰があれば、逆算しても正解手順の途中から余詰のある詰め将棋ができてしまう。

システムは、まず初期局面をユーザーが与えた後、逆算、検討、ユーザーによる選択を繰り返す。全体の流れは、図1のようになる。システムの終了は、ユーザーが満足できる逆算局面を見出した時、またはユーザーはこれ以上の有意義な逆算ができないと判断した時に行う。その時点でもっとも優れていると考えられる詰め将棋局面のいくつかが創作物となる。

				竜		馬		王	一
							笛		二
									三
								裏	四
									五
									六
									七
									八
									九

若島正. 華麗な詰将棋. p. 111

▲1四香 □1二銀 ▲1三馬 □2一銀 ▲1二馬 まで5手詰。

図 2: 変化別詰を生じる詰め将棋

6 検討プログラム

自動作成の支援のポイントとなるのは検討を正確に高速に行うことである。脊尾が提案した共謀数による詰め将棋の解答アルゴリズム [5] は非常に優秀で市販化されて詰め将棋の作家の多くが利用しているが、共謀数（ここでは証明数）しか用いていないために、詰む場合は高速に詰まることができるものの、不詰めの場合にはその判定に時間を要するという欠点があった。長井が提案したPDS(Proof-number and Disproof - number Search)[6] は共謀数（証明数）探索を拡張して反証数を導入することで、詰みと不詰みのいずれも高速に導くことができる。しかし、PDSを単純に詰め将棋に使うだけでは、詰め将棋のルールに沿った指し手を探索することはできない。本システムの検討部分では、PDSに手数数を数える機能を追加し、正解手順を導けるアルゴリズムを実装している。

詰め将棋は数学的に解くということと正解手順を求めるということが必ずしも一致しない場合がある。数学的には解けていても正解手順ではない手順を解としてしまうことがあるのである。それを防ぐために、本支援システムでは「最大詰手数」および「最小詰手数」という概念を導入した。この2つの数値は、攻方、玉方がともに最善を尽くした場合のその局面から詰み局面までの手数の上限と下限である。これらは計算可能である [7]。

詰め将棋が完全作かどうかを検討するには、まず詰め将棋を解かなければならない。これは、深さ制限なしで詰みの探索を行えばよい。このとき不詰であれば不完全であることは言うまでもない。詰みがある場合は、余詰検討を行う。その際、詰み検索で発見した詰み筋の中から、正解手順を発見しなければならない。正解手順を発見する作業は、言い換えれば、次に述べる変化別詰を排除する作業である。玉方は玉方最長原則に従って指し手を選ばなければならない。ところが、玉方が指し手を選んだ後に攻方が最短手数でない手段を選べるために、玉方が手数最長にならない指し手を選択する失敗を犯してしまうことがある。このようにして生じた手順を変化別詰という。

図 2 の詰め将棋では、初手▲1四香 に対して□1二金 とするのは、▲1三馬 とし、玉方がどのように王手を避けても▲1二馬 までの詰みとなる。これは5手詰であるが駒余りとなるので、□1二金 は□1二銀 と比較して劣り、玉方最長原則にしたがった指し手ではないことがわかる。ところが、□1二金 に対しては、▲1二同香成 □同玉 ▲1三金 □1一玉 ▲2二馬 まで7手詰、という□1二銀 よりも手数の長い詰ませ方も存在する。もし、□1二金 に対して▲1三馬 以下の5手詰を発見できず、▲1二同香成 以下の7手詰のみを発見してしまうと、

玉方は2手目の局面で誤って□1二金 を選択してしまう。さらに、共謀数による探索、証明数と反証数による探索では、攻方は玉方の指し手が少なくなるような指し手を優先して選択する。この例の場合、2手目□1二金 に対する3手目 ■1二同香成 、5手目 ■1三金 に対する玉方の指し手は、それぞれ□1三同玉 、 □1一玉 と1通りしか存在しない。対して□1二金 に ■1三馬 とする手は、玉方の指し手が□5一馬 、 □2一歩 など複数存在する。このため、2手目□1二金 の局面では ■1二同香成 が優先して探索され、証明数のしきい値2の探索による7手詰の手順の探索が、3手目 ■1三馬 とする手以降の探索よりも先に完了してしまう。そして ■1三馬 以下の詰手順を発見できないまま、初手 ■1四香 に対するすべての指し手を探索を終了すると、玉方は誤って2手目□1二金 以下が最長手順であると錯覚してしまうのである。

証明数、反証数を用いた探索を行いながら、このようにして生じる変化別詰を排除するには、一度詰みを読み切った指し手を再検討する探索を行わなければならない。この例の場合、2手目□1二金 に対して、証明数のしきい値が最小になる ■1二同香成 以下の探索を先に行ってしまうことは避けられないので、その後改めてより手数短い詰ませ方を探索する機会を設けなければならない。

言い換えれば、玉方最短原則を実施するには、攻方ができるだけ短い手数で詰ませようとする「攻方最短原則」に基づく読みが必要なのである。攻方最短原則はあくまで玉方最短原則を実現するための概念であり、実際の詰め将棋のルールには存在しない。詰め将棋の解き手は、作者の意図した手順よりも長い手数で詰ませてもよく、それはすなわち余詰であり、むしろ作品側の欠陥だからである。

本支援システムでは、変化別詰を排除し、正解手順を求めるアルゴリズムを、初形から詰みの直前の局面までたどる部分と、そこから初形局面に戻る部分と、再び詰みまでの局面をたどる部分の3つの組合せとして実現している。正解手順探索では、ここから最長手数を小さくしながら、初形局面へと指し手をさかのぼることによって、初形局面での正しい詰手数を確定する。

正解手順をたどることができれば、余詰を探索するには、正解手順中の攻方番の局面で、正解手順以外の王手によって詰むかどうかを確認すればよい。本研究のアルゴリズムでは、まず正解手順をひとつ選び、詰みの局面の2手前まで進めてから、初形にさかのぼりながら攻方番の各局面で余詰を検討する。これにより、より発見が容易であると思われる、最終手余詰以外のより手数の短い段階での余詰をすばやく見つけることができる。

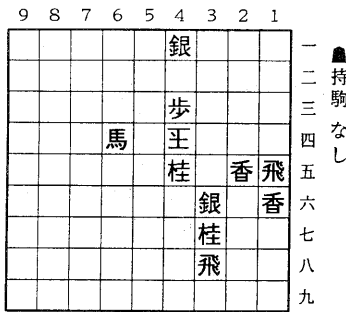
余詰検討で n 手目に正解手順以外の手で詰むことを発見したとき、現在の実装では「 n 手目から … 以下の余詰」という具合に、最初の一手だけをユーザーに知らせている。余詰順をより詳しくユーザーに知らせるしくみは未実装であり、今後の課題である。正解手順以外のあらゆる王手を検討の対象にしているため、時には明らかに余詰とはみなされない軽微なものも含まれる。

余詰が軽微だとユーザーが判断した場合、あるいは発見された余詰以外の余詰を調べたい場合には、ユーザーは引き続き、局面を初形にさかのぼりながらさらに検討を加えることができる。こうして初形局面の検討が終了したとき、すべての検討は終了する。余詰が表示されなかった場合、または軽微な余詰しかなかった場合は、その作品は完全作であることがわかる。また、軽微でない余詰が発見された場合は、余詰の情報をもとに、何らかの方法で作品を修正して新たな作品を創作することも可能である。

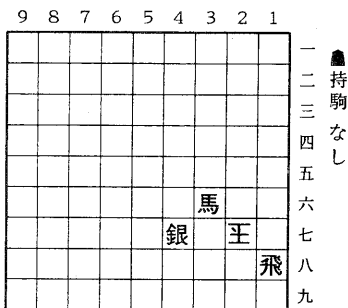
7 創作実験

システムを用いた創作実験を何人かの被験者に行ってもらい、その有効性を検証した。結果的に、作品の質、数ともに、まずまずの成果が得られたと考えられる。創作実験では、

- 検討が思ったより早く、待ち時間には大きなストレスは感じなかった。



黒1四飛 白3四歩 黒同飛 白同玉 黒3三桂成
 白同玉 黒3二銀成 白3四玉 黒3五歩
 白4三玉 黒4二蠶 白3三玉 黒4五桂
 白4四玉 黒4三蠶 白同玉 黒5三馬 白3二玉
 黒3三桂成 白同玉 黒3四歩 白同玉 黒4七銀
 白2五玉 黒3五馬 白1六玉 黒1八飛
 白2七玉 黒3六馬 まで29手詰。



詰め上がり図

詰将棋パラダイス'96年3月号(13手詰)

図3: B氏の創作した詰め将棋の例

- 効率的に創作が行えた。
- いくつかの作品については、満足のいく作品となり、作者の創意が実現できた。

との感想を被験者全員から得ている。逆算局面選択後の計算機が検討を行うための待ち時間は、多くの場合数秒、ごくまれに数分程度になる程度であった。

図3にB氏の創作例を示す。詰め上がりりが「へ」の字の形をしたあぶり出し曲詰である。

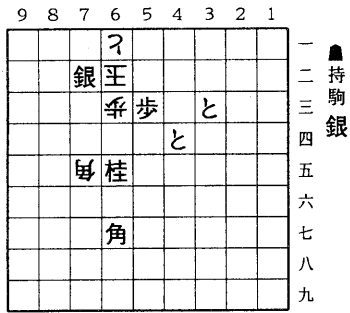
図4にC氏の創作例を示す。本作は詰め上がりの横一字から創作された。

実験数は少ないものの、計算機の助けなしにはできなかった作品が許容できる時間内に作成できたと言える。本支援システムの効果が実証されたものと考えられる。

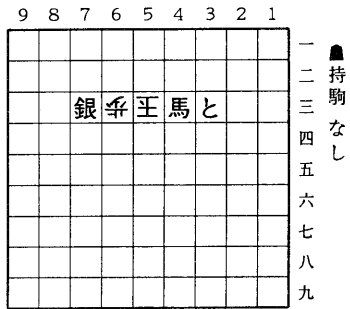
8 今後の課題と結論

- より高性能な検討プログラムを実装する。
- より使いやすいユーザーインターフェイスの実装
- 実験から得られた、人間の優れた創作技法を、計算機アルゴリズムとして使い、優れた作品を自動創作させる。

本研究では、逆算式詰め将棋創作法を支援する計算機システムを提案、実装し、その有効性と手法の利点を明らかにした。実験創作では、自動創作よりも芸術性、手数長さ、ともに勝る作品が産み出された。



- ▲ 7三銀 □ 5一玉 ▲ 6一銀成 □ 同玉
- ▲ 9四角 □ 5一玉 ▲ 5二歩成 □ 同玉
- ▲ 5三と □ 同角 ▲ 6一角成 □ 同玉
- ▲ 5三桂不成 □ 5一玉 ▲ 5二歩 □ 同玉
- ▲ 3四角 □ 5三玉 ▲ 4三角成 まで 19 手詰。



詰め上がり図 (逆算開始局面)

図 4: C 氏の創作した詰将棋の例

謝辞

本研究を御指導いただいた東工大の柴山悦哉助教授に感謝します。実験の被験者のみなさまに感謝します。

参考文献

- [1] 野下浩平. 詰将棋問題の自動生成アルゴリズム. 松原仁編著, コンピュータ将棋の進歩 2, 共立出版, 1998.
- [2] 野下浩平, 飯田崇仁. 詰将棋の 3 × 3 金銀図式の数え上げ. ゲーム・プログラミング ワークショップ '97, pp. 134-141. 1997.
- [3] 小山謙二. 裸玉詰め将棋問題の体系的評価. ゲーム・プログラミング ワークショップ '97, pp. 125-133. 1997.
- [4] 広瀬正幸, 伊藤琢巳, 松原 仁. 逆算法による詰め将棋の自動創作. 人工知能学会誌, Vol. 13, No. 3, pp. 452-460. 1998.
- [5] 脊尾昌宏. 共謀数を用いた詰将棋の解法. 松原 仁編著, コンピュータ将棋の進歩 2, pp. 1-21. 共立出版, 1998.
- [6] Ayumu Nagai, A new AND/OR tree search algorithm using proof number and disproof number. *Complex Games Lab Workshop*, pp. 40-45. 1998.
- [7] 山田剛. 計算機による逆算式詰将棋創作の支援, 東京工業大学情報理工学研究科修士論文, 1999.