

コンピュータによる逆算法を用いた 詰め将棋の作成の試み

広瀬 正幸
東京工業大学

伊藤 琢巳
NTT ソフト研

松原 仁
電子技術総合研究所

概要

従来の人工知能において、パズルの問題を解く手法に関してはかなりの研究がなされているが、問題を創作する手法に関してはあまり例がない。詰め将棋もある一定のルールに従って作り、ある一定のルールに従って解く一種のパズルである。

本研究では、詰め手順の逆算による詰め将棋創作の探索手法を提案する。詰め手順の逆算をする場合、探索空間が爆発的に増加するが、本手法では制約条件を利用することで探索空間を削減している。本手法を用いて実際に詰め将棋の創作を行ない、短手数詰めの詰め将棋の創作や曲詰めという趣向詰め将棋の創作において有効であることを示した。

An Attmpt to Make Tsume-Shogi (Japanese Chess mating) Problems Automatically by Reverse Method

Masayuki Hirose
Tokyo Institute of Technology
hirose@an.ip.titech.ac.jp

Takumi Ito
NTT Software Lab's

Hitoshi Matsubara
Electrotechnical Lab.

Abstract

Several techniques have been developed to solve puzzle problems in conventional AI, but there are few attempts to make problems automatically by computers. Tsume-Shogi, a mating problem of Japanese Chess, is a kind of puzzles that is created and solved according to specific rules.

This paper presents a system to make Tsume-Shogi problems by reverse method. The search space increases enormously when the reverse method is adopted, but we can reduce it by using some constraints. We conducted several experiments with our method to make Tsume-Shogi problems and showed that our system could make some good short Tsume-Shogi problems and some special *Kyoku-Tsume* problems.

1 はじめに

計算機によって詰め将棋問題を解く試みは、1970年頃から行なわれている。1990年前後からアルゴリズムの工夫やハードウェアの高速化などによってコンピュータによる詰め将棋の解答能力は急速に進歩し[1]、95年には873手の問題(新扇詰)が計算機によって解かれるようになった[2]。

従来の人工知能では、パズルの問題を解くアルゴリズムに関してはかなりの研究がなされているが、その問題を創作する手法に関する研究はあまり例がない。詰め将棋は他のパズルに比べて創作上の制約がかなり厳しくなっている。そのため、この制約条件を満たした詰め将棋を創作することは人間にとっても極めて困難でかなりの試行錯誤を必要としている。

一方で、詰め将棋は作品としても評価され、詰め将棋の鑑賞に関する研究も行なわれている[3][4][5]。その点で、詰め将棋は一種の芸術性も備えていると言える。そのため計算機による詰め将棋の創作は、計算機による芸術作品の創作につながる。また、絵画、音楽に比べ、作品を計算機上で表現しやすく、好感度の要因を数値化しやすいため、芸術を扱う上で優れた研究対象である。

本研究では、詰め手順の逆算による詰め将棋創作の探索手法を提案し、この手法を基に、詰め将棋の芸術性を評価する機構を組み込んだ詰め将棋の自動創作システムを構築する。

2 詰め将棋について

2.1 詰め将棋の用語と定義

本論文で用いるいくつかの詰め将棋の用語について説明する。

駒余り 正解手順に従えば、詰んだときに攻め方に持ち駒があること。

不詰め 正解手順がないこと(詰まないこと)。

余詰め 攻め方が手を変えても詰むことただし攻め方の最終の1手に関しては攻め方が手を変えて駒余りで詰む場合のみとする¹。

完全作 駒余り・不詰め・余詰めのない問題。

詰め将棋 完全作であり、ある評価基準を満たした問題。

詰め将棋は、完全作であることが必要条件となる。この制約のため、詰め将棋を作ることはかなり困難に

¹解が2通り以上あっても、飛び駒をさらに遠くから打っても詰む場合などはキズとして減点されるもの詰め将棋として認められるが、ここでは厳しく制限することにする。

なっている。大抵の場合、不詰めを解消すれば余詰めが生じ、余詰めを解消すれば不詰めが生じるため、人が創作するのも極めて困難で、かなりの試行錯誤を必要としている。

2.2 詰め将棋の評価

図1は、ほぼ絶対手(それ以外指し手がない)の連続で難解性がなく、作品に「狙い」もないので、詰め将棋とは言い難い[6]。

詰め将棋の例として、有名な詰め将棋を図2に示す。この詰め将棋は、大駒をただで捨て難い心理をつくのが狙いの作品で、詰め将棋の本質を表した立派な詰め将棋である。

一般にいい詰め将棋は、次の4つの条件を備えるものである。

内容が良い 手順が充実していること。分かりやすく
いえば、捨て駒が多いことなど。

完成度が高い 形がよいとか、駒数が少ないとか、詰み手順にゆりみがないことなど。

解き難い 紛れや変化手数が適当に含まれている
こと。

新鮮味がある これは、数多くの詰め将棋を知ってい
なければいけない。

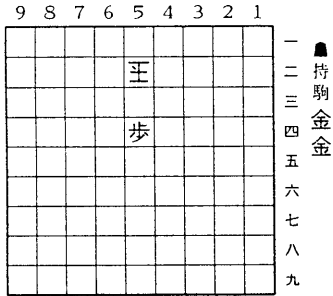
一般に紛れが多いものは、余詰めを含んでいることが多い。紛れの多いいい詰め将棋と余詰めとの差は紙一重であるから、この点でもいい詰め将棋を作ることは難しいことが分かる。

評価は主観的部分が多く、人それぞれに違う。普通の人には当たり前の手でも専門家には盲点になって評価が高くなることもあり、評価は一概にはいえない。

2.3 曲詰め(あぶり出し)の創作

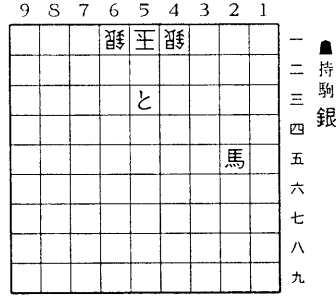
詰め将棋の本来の目的は「謎解き」にあるわけであるが、詰め将棋に造型の美、品格、いわゆる美的感覚に「遊び感覚」を盛り込み、視覚的な美、創造の美的感覚から誕生したのが趣向詰め将棋である[6][7]。その趣向詰め将棋の一つに、「曲詰め」がある。曲詰めとは、詰め将棋の詰め上がりに趣向を凝らしたもので、詰め上がり図が何らかの「模様」であったり「文字」である詰め将棋である。これを「あぶり出し」とも言う。曲詰めの創作は、詰め上がりが決まっているため、曲詰めは、詰め手順の逆算によって創作することになる。つまり、逆算法を使うことで曲詰めの創作が可能になる。

3 創作システムについて



■5三金 □4一王 ■4二金 打 まで3手詰め

図1 価値のない詰め将棋の例



■5二馬 □同銀右 ■6二銀 まで3手詰め

図2 詰め将棋の例

3.1 詰め将棋の創作方法

基本的な詰め将棋の創作方法として次のようなものが考えられる。

生成検査法 問題局面をランダムに作り、それが詰め将棋かどうか検査する。

任意法 問題局面をランダムに作り、それに修正を加えて作る。

正算修正法 既成の詰め将棋を修正し、その詰め手順の最後(収束)の方に手を肉付けして完成させる。

逆算法 簡単な詰め将棋から詰め手順を逆算し、手順の最初の方に肉付けして、作品を完成させる。

人が創作する場合、任意法、正算修正法、逆算法またはそれらの組合せで詰め将棋の骨組みを作り、余詰めや不詰めの検査をし、その修正をして完成となる。

現在の詰め将棋の解答プログラムでは、詰まない惜しい手順(紛れ)は判断できないので、詰みのない(不詰めの)状態から修正するのは難しい。任意法と正算修正法はいずれも不詰めの修正が必要になる。

また、生成検査法では初期局面は無限に存在するのに対し、そのほとんどが不詰めであり、非常に効率が悪い。生成の仕方を工夫する方法も難しい。

そこで、他に比べ容易に創作が可能な逆算法を使って詰め将棋を作ることにする。

3.2 システム構成

図3にシステムの構成を示す。逆算法ではまず元となる簡単な詰め将棋を必要とするが、ここではそれを詰み局面として逆算を行なう。さらに、簡単のため逆算の途中で持ち駒や配置の修正は行わず、初期配置(詰み局面)に基づいて逆算を行なうことにする。

また、逆算法では1つの詰み局面から作品詰め将棋が多数生成されるが、探索途中で、いい詰め将棋がで

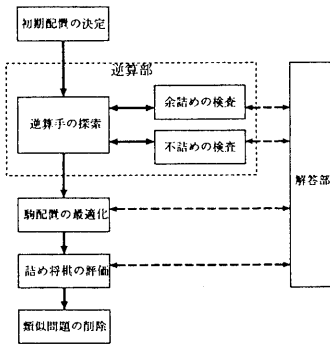


図3 システム構成図

きるかどうかという静的評価をするのは難しいので、いい詰め将棋となる可能性のあるものは全て探索していくことにする。

3.3 初期配置(詰み局面)の決定

ここでいう初期配置とは、正解手順に従った時の詰みの局面のことである²。詰みの局面は、詰みである・攻め方の持ち駒がないという2つの条件を満たしているため、この初期配置の生成は明らかに詰め将棋の問題を生成するよりも容易である。しかもこの配置を基にして逆算をするので、駒余りの検査を行なう必要もなくなる。

初期配置は乱数により配置し、詰みに最低限必要な駒とは別に、ある程度現在の詰みとは関係のない駒を配置しておく。完全な詰め将棋となるために必要な駒になる可能性があるからである。

また、初期配置でと金などの小駒の成駒が自陣にあるのは、不自然で評価が悪くなってしまうため、本シ

²駒配置の最適化で変更される可能性はある

システムではこのような不自然な配置はしない。

3.4 解答部

詰め将棋の解答プログラムとして、深さ優先の全探索プログラムを用いる。解答プログラムは各部分で使い方が多少異なる。

3.5 逆算部

3.5.1 逆算手の探索

普通の指し手は、駒の移動元と駒の移動先と成不成で表わすことが出来るが、逆算手は、さらに取った駒の種類を必要とする。そのため、大抵の場合詰め将棋の解く時の分岐因子より逆算の分岐因子が大きくなり、探索空間も大きくなる。

3.5.2 逆算部の構成

n 手詰めの詰め将棋を創作するとする。

4.1.1の逆算実験で示すように、単純に逆算を行なうと多くの候補作が生成される。そのため逆算してできた多くの候補作の余詰めや不詰めを検査しなければならない。仮に最後の数手で余詰めがあった場合などは、逆算してから余詰めや不詰めの検査をするとそこから逆算したものは全て余詰めを含んでしまう。そして同様な余詰めや不詰めを重複して検査することになり、無駄となる。

そこで、逆算の途中で余詰めと不詰めの検査をすることにする。それにより逆算して余詰めと不詰めの検査をしたものは常に完全作となる。完全作から逆算することによって新たに作られた詰め将棋の解答木だけを検査すれば済むことになる。

3.5.3 余詰めの検査と不詰めの検査

余詰めの検査は、攻め方の局面での正解手以外の手順について行なう。ある詰め将棋の問題に余詰めがないことを確かめるのは、まず不可能と言ってよく、探索を途中で打ち切らなければならない。ここでは、 n 手詰めの詰め将棋問題に対し $n+2$ 手まで行なうことにする。

不詰めの検査は、玉方の局面での変化(正解手以外の)手順について行なう。また、 n 手で詰まなければ不詰めとする。仮に $n+2$ 手以上で詰むとすると、そこで駒が余っていれば駒余りとなるし、駒が余っていなければこれが正解手順となってしまうからである。

3.6 駒配置の最適化

駒配置の最適化では、無駄駒の削除と簡単な駒の置換を行なう。詰め将棋問題における無駄駒を次のように定義する。

無駄駒 問題局面にある駒で、不動駒で、あってもなくても完全性が失われない駒。

駒の置換は、無駄駒ではない不動駒について行なう。これも完全性が失われない時に行なう。簡単のため評価に関係なく以下のことだけを行なうことにする。

- 成銀、成桂、成香は、と金に置き換える。

無駄駒は、逆算し終わった時に決定される。

3.7 詰め将棋の評価

好感度の要因として人間には判断出来ても計算機には容易に判断し難いものも多く、プログラム化可能な範囲だけを考慮することにする。変同(変化手順も同手数の問題)に関しても、減点対象としないこととする。

3.7.1 評価関数の構成要素

計算可能な評価関数の構成要素として以下のものを考える。

- 内容のよさ
 - 捨て駒の種類や回数 X_1
 - 他の妙手 X_2
 - 駒取りの回数 X_3
- 完成度の高さ
 - (詰み局面での) 玉の開放度 X_4
 - (問題局面での) 配置の広さ X_5
 - (問題局面での) 駒数 X_6
 - (問題局面での) 駒の種類を考慮した駒数の重み X_7
 - (問題局面での) 駒数に対する駒の種類の比率 X_8
 - 駒の使用率 X_9
- 解き難さ
 - 探索局面数 X_{10}
 - 開き王手・両王手 X_{11}
 - (問題局面での) 玉の位置 X_{12}

構成要素として、玉方の(中合いや不成などの)妙手も考えられるが、この解答プログラムでは惜しくも詰まない手順(紛れ)を求めることは出来ないで、これらは評価しない。さらに、図1のような詰め将棋の評価が高くないように、詰め将棋に狙いがあるかを示す X_0 という変数を導入することにする。

3.7.2 評価関数の計算法

簡単のため各要素の線形和で詰め将棋の評価値が表されると仮定する。 β_i を各構成要素の評価値 X_i に対する適当な正の定数とすると、詰め将棋の評価値は次のように表される。

$$\text{評価値} = \beta_0 X_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 - \beta_3 X_3$$

$$\begin{aligned}
& +\beta_4 X_4 - \beta_5 X_5 - \beta_6 X_6 - \beta_7 X_7 - \beta_8 X_8 \\
& +\beta_9 X_9 + \beta_{10} X_{10} + \beta_{11} X_{11} + \beta_{12} X_{12} \quad (1)
\end{aligned}$$

本システムでは、初心者向けに芸術性の高い詰め将棋の評価を考えることにする。特に、捨て駒などを高く評価することにする。

3.8 類似作の削除

逆算法によって生成出来た詰め将棋は、その性質上類似した作品が多数生成される。そこで、最終的に1つの詰み局面からできた詰め将棋で、類似作が存在していた場合はそのうちで評価が一番高いものを選ぶことにする。

4 実験

4.1 予備実験

4.1.1 逆算実験

実際の詰め将棋 [8] の詰み局面 50 題 (A)、本システムの初期配置部分でランダムに生成した詰み局面 50 題 (B) の 2 種類のデータで逆算の実験をした。逆算した手数については 1 手、3 手、5 手と、逆算は単純に逆算した場合、不詰めのみ検査した場合、不詰めと余詰めについて検査した場合、さらに (不自然な駒配置や先手の駒取りなど、詰め将棋の評価をはっきり悪くする手を生成させない) 評価を考慮した場合のそれぞれについて実験した。余詰みの検査は、 $n+2$ 手まで検査した。

表 1 は、逆算した時の末端のノード数、つまり出来た n 手詰めの詰め将棋の数の平均である。表 1 から以下のことが分かる。

- 単純に逆算した場合、深く逆算していくごとに探索空間が爆発的に大きくなる。
- 不詰めや余詰めの検査をすることで、探索空間がかなり削減できる。
- 評価を考慮することで、さらに探索空間を削減できる。

また、(B) を 3 手、5 手逆算すると多くの末端ノードが 0 になっている。表 2 は、各場合でその手数以上探索できるノードの割合である。表 2 をみれば明らかのように、不詰めと余詰めの両方を検査した場合やさらに駒取りを生成しない場合では、3 手、5 手逆算すれば、ほとんどが行き詰まってしまう。

4.1.2 評価実験

本システムの評価関数の計算値との比較のため、詰将棋パラダイス [9] の (5 手～9 手詰めの) 詰め将棋 93 題を用いた。詰将棋パラダイスは将棋の専門雑誌で、各解答者が 1 点、2 点、3 点のいずれかの評価をし、

その平均点 (1～3) を詰め将棋の評価値としており、2 点以上ならいい作品ということになっている。ここではその値から 2 を引いた値を比較値とする。

第 2.2 節 で 取 り 上 げ た 詰め将棋に対しては、図 1 は、計算値 = -0.73323 となり、図 2 は、計算値 = 0.52020 となった。結果を表 3 に示す。

この詰め将棋パラダイスに載っている詰め将棋は、かなりいい詰め将棋ばかりであり、比較値がマイナスの詰め将棋でも、評価システムの計算値はかなり高くなってしまふ。計算値の平均をそのまま創作した詰め将棋の評価基準とすることは難しい。

また、この評価システムの計算値は、比較値と正の相関を示すがあまり相関はない。これは、極端に評価の悪い詰め将棋がないからとも考えられるし、専門家にとっては、捨て駒のような一般人にとって盲点となる手は常識となっており、また一般人にとって当たり前の手が盲点になっていたりするからとも考えられる。現在の創作レベルでは、詰将棋パラダイスの比較値にこだわらず、評価システム独自の計算値を用いるのが適切と判断した。

4.2 詰め将棋の創作

以上のシステムを用いて、3～9 手の詰め将棋の創作を試みた。4.1.1 の逆算実験より、通常に逆算した場合約 9 割に攻め方の駒取りや不自然な駒配置があると仮定できる。短手数の詰め将棋では駒取りは非常に詰め将棋の評価を落とし、不自然な駒配置もほとんどの詰め将棋で見られない。そこで、逆算手の生成のところでこれらの手を生成させないことにする。

実験で創作できた詰め将棋の数は表 4 のようになる³。付録 A に詰め将棋の創作例を示す。

表 4 評価を考慮した場合の完全作の生成率

	3 手詰	5 手詰	7 手詰	9 手詰
試行数	272	1058	263	181
生成数	46	73	12	3
生成率	0.169	0.0690	0.0456	0.0166

4.2.1 曲詰め (あぶり出し) の創作

第 2.3 節で、逆算法における曲詰めの創作の可能性を示した。

曲詰めの創作をする場合、本システムの初期配置の決定の部分で、特定の文字、つまり駒の配置しなければ

³創作できた詰め将棋は、余詰めの検査が完全ではないので、不完全作を含んでいる危険性がある。

表 1 逆算した時の末端ノード数の平均

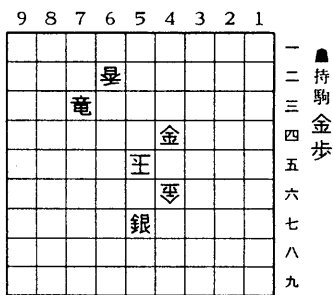
	逆算した 手数	単純に逆算 した場合	不詰めのみ 検査した場合	不詰めと余詰め を検査した場合	さらに評価を 考慮した場合
(A)	1手	5.82	5.82	5.82	5.82
	3手	1619.86	231.8	55.14	24.98
	5手	459229.48	15164.52	537.7	57.42
(B)	1手	4.16	4.16	3.86	3.86
	3手	797.38	96.88	16.46	10.94
	5手	150888.53	5157.22	39.54	19.04

表 2 探索できなくなる割合 (%)

	逆算した 手数	単純に逆算 した場合	不詰めのみ 検査した場合	不詰めと余詰め を検査した場合	さらに評価を 考慮した場合
(A)	1手	0	0	0	0
	3手	0	0	2	4
	5手	0	0	2	14
(B)	1手	4	4	6	6
	3手	4	24	54	62
	5手	4	24	68	88

表 3 詰め将棋パラダイス 93 題との
比較

	平均	標準偏差	最大値	最小値	相関係数
比較値	0.2718	0.2436	0.78	-0.28	0.2377
計算値	0.8728	0.4373	2.1267	-0.5486	



■5四金打 □6五玉 ■6四金 □同香
■6六歩 □5五玉 ■5三竜 までの7手詰め

図 4 創作した曲詰め詰め将棋

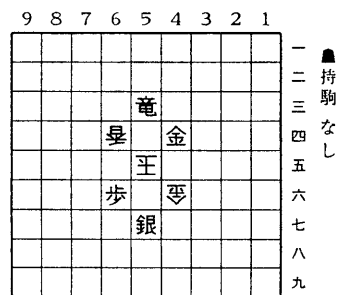


図 5 詰め上がり図

ばいけないマスの情報を与える。それをもとに初期配置を乱数などで決定させるこれを無駄駒がないように逆算できれば曲詰めができる⁴。

曲詰め創作の実験をして、「8」の字の曲詰めを創作させることに成功した。その曲詰めを図4に示す。

4.3 考察

逆算法により、ある程度詰め将棋が作られることが分かった。逆算法の利点として次のことが挙げられる。

- 創作方法が明解である。
 - 初期配置を工夫することで、開放度のいい詰め将棋を作ることができる。
 - 曲詰めを創作することが出来る。
- 逆算法の問題点として次のことが挙げられる。
- 詰み局面から逆算する場合、1, 3手でそれ以上逆算出来ないことが多い。
 - 駒取りの制限を入れないと、駒取りの詰め将棋問題ばかり生成される。
 - 駒取りの詰め将棋を除くと並べ詰みが多い。
 - 変化や紛れの少ない(絶対手の多い)手順の詰め将棋が出てきやすい。

本実験で、評価を考慮して創作した詰め将棋の特徴として、次のことが挙げられる。

- 盤上の攻め方の駒が玉方の駒より多い、つまり攻め方の勢力が大きい場合が多い

さらに本研究で用いた逆算法のシステムの特徴を挙げてみる。

- ある目標手数の詰め将棋問題を創作出来る。
- 修正をしないため初期配置に依存しやすい。
- あらかじめ詰み手数を決めているため、作品として逆算の必要がなくても無理に逆算してしまう。
- 単純に逆算しているため作品に狙いを持たせにくい。
- 長手数(11手以上)の詰め将棋の創作は現実的に無理である。

5 おわりに

本研究では人が創作するのも難しいとされる詰め将棋の創作を目的とし、逆算法を用いた詰め将棋の創作を行ない、短手数の詰め将棋の創作や曲詰めの創作において有効であることを示した。

⁴無駄駒がないようにすることは、極めて難しい。

参考文献

- [1] 伊藤琢巳, 河野泰人, 脊尾昌宏, 野下浩平. 詰将棋を解くプログラムの進歩. 人工知能学会誌, Vol. 10, No. 6, 1995.
- [2] 脊尾昌宏. C* アルゴリズムによる and/or 木の探索および詰将棋プログラムへの応用. 情報処理学会 AI 研究会, Vol. 99, No. 14, pp. 103-110, 1995.
- [3] 松原仁, 半田剣一, 元吉文男. 計算機による詰め将棋評価システムの試作. 情報処理学会 AI 研究会, Vol. 80, No. 6, 1992.
- [4] 小山謙二, 河野泰人. 詰将棋問題のデータベースと評価. 情報処理学会 AI 研究会, Vol. 88, No. 5, 1993.
- [5] 小山謙二, 河野泰人. 詰将棋の感性評価. 情報処理学会 AI 研究会, Vol. 88, No. 6, 1993.
- [6] 伊藤果. 詰め将棋の創り方. 日東書院, 1983.
- [7] 門脇芳雄. 詰将棋作品集 曲詰百歌仙. 将棋天国社, 1992.
- [8] 加藤一二三. 加藤(九段)の詰将棋. 高橋書店, 1979.
- [9] 詰将棋パラダイス編集部. 詰将棋パラダイス. 1992.
- [10] 広瀬正幸. 計算機による詰め将棋の自動創作. 東京工業大学情報工学科卒業論文, 1996.

