

F-032

ゲーム Amazons における可能手数に特化した探索アルゴリズムの提案
 A search algorithm specialized the number of possible moves in Amazons

伊豆野慎二十
 Shinji Izuno

佐藤貴之†
 Takayuki Sato

佐藤公男‡
 Kimio Sato

1. はじめに

Amazons は、1988 年 Walter Zamkaskas によって発明されたゲームであり、インターネット対戦を中心に普及している。現在では人間同士やプログラム同士で対戦させる大会も開催されている[1]。

将棋などの 2 人零和有限完全情報確定ゲームは、通常段階分けを序盤、中盤、終盤などを行うが、Amazons はゲームが終わりに近づくとき、互いの駒が相手の駒の動きに干渉することのできなくなる段階が現れる。そのような局面に関しては、それに特化したアルゴリズムを提案することにより成果を収めることができた[2]。本稿では上記の局面以前の段階について考察を行う。

本稿では、まず経験則に基づいた Amazons の基本戦略を提案する。次に、Amazons の一局の流れにおけるパラメータの中から可能手数に着目し、可能手数に特化した探索アルゴリズムの提案と性能の検討を行う。

2. Amazons の基本戦略の提案

経験則に基づき、Amazons の基本戦略を以下に提案する。

[戦略 1] 相手の駒を動きにくくする手を行う

[戦略 2] 相手の駒の到達に手数がかかる領域を作る

戦略 1 は、図 1(a)から派生する局面(b)と(c)の黒が一回の移動で到達することのできるマス(色の濃くなっているマス)を調べると、(b)は 61 マス(色の濃くなっているマス)、(c)は 43 マスである。このとき、(c)が黒のより動きにくい局面と考えることができるため、(c)に至る手を(b)より良い手とみなす。

戦略 2 は、図 2(a)の局面から派生する (b)と(c)の点線の枠で示す部分について、黒が到達するのにかかる手数を比較すると((d)と(e)参照)、明らかに(c)が黒の到達に手数がかかる。したがって(c)に至る手を(b)より良い手とみなす。

本研究では以上の戦略をもとに評価値を導出する評価関数を組み込んだソフトウェアを開発した。そして、山下が開発した Yamazon[3]の「初心者」レベルと対戦実験を行った。その結果、最終的に 20 マス強の差で勝利したが、「3 秒」レベルには勝つことができなかった。

3. 可能手数に基づいた探索アルゴリズム

2.で述べたソフトウェアは評価値のみが最善手の判定基準だったため、本節で新たな探索の手法を導入する。

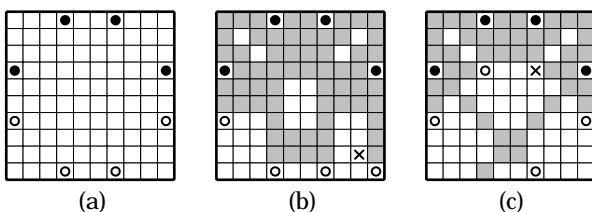


図 1 一回の移動で到達可能なマスの数の比較

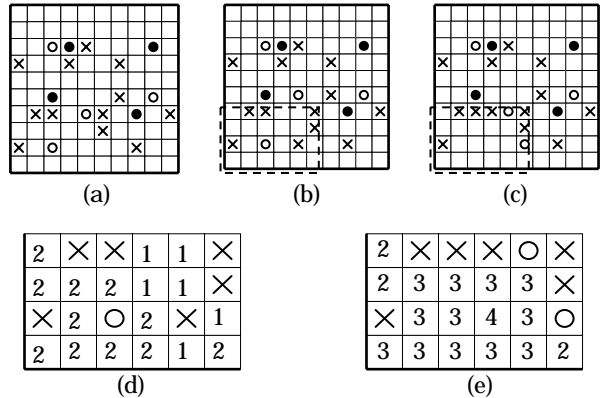


図 2 到達するのに必要な移動回数の比較

3.1. 一局の流れによる可能手数の振る舞い

本研究では一局の流れにおける可能手数の振る舞いに着目し、それに基づいた探索アルゴリズムを提案する。対戦ソフト同士や、対戦ソフト対人間との対戦実験を行い、一局の流れと可能手数の関係を調べた結果を図 3 に示す。折れ線が 20 局分の対戦実験結果の平均データであり、曲線が近似曲線である。二つのデータは極めて近似しており、また、初手が最も可能手数が多く、30 手目前後まで急激な減少が続いていることもわかる。

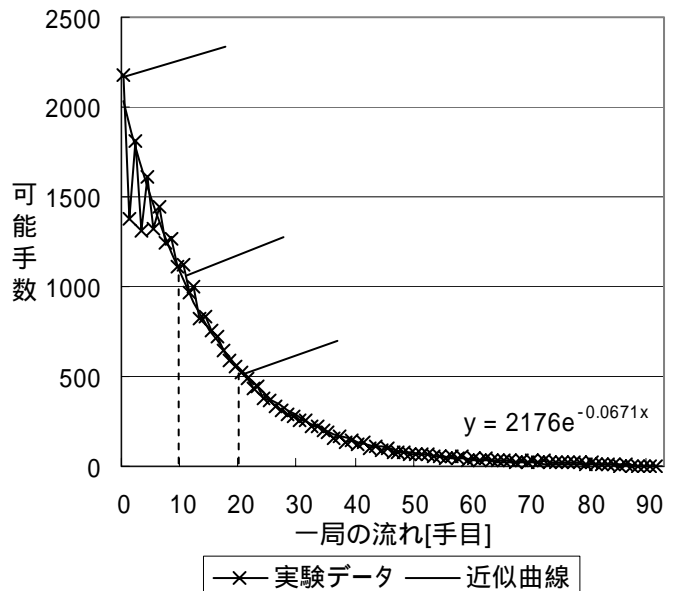


図 3 一局の流れと可能手数の関係

3.2. 可能手数に基づいた探索アルゴリズムの提案

本研究で開発するソフトウェアは、ある局面における全可能手から評価値の高い候補手を選び出し、それらから

† 仙台電波工業高等専門学校専攻科情報システム工学専攻
 ‡ 仙台電波工業高等専門学校情報工学科

得られる局面に関しても同様に調べる探索手法をとる。

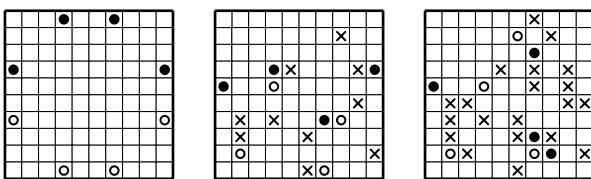
プログラム同士の大会は一手の所要時間を 30 秒と定めており[3]、本研究のソフトウェアも 30 秒以内の手の決定を目指しているが、まずは平均 1 分から 1 分 30 秒程度を目指す。現在のプログラムは戦略 2 による評価値の処理部分に時間が長くかかっており、その部分を改善すれば 30 秒以内に手を決めることが可能と考えられる。探索の際問題となるのは、評価値の高い候補手を何手選び出せばよいかという点である。図 3 の近似曲線の式より、 x 手目において評価値の高い候補手を n 手選び出す深さ h の探索を想定した場合、必要となる探索局面数 $P(x)$ は、

$$P(x) = \sum_{k=0}^{h-1} \left[2176e^{-0.0671(x+k)} \right] \cdot n^k$$

と表される。探索の幅による平均探索局面数と、本ソフトウェアの 30 秒間で探索可能な局面数より導いた探索時間を表 1 に示す。表 1 より、図 3 における、間(局面例として図 4(a)をあげる)、すなわち、初手から 10 手目までの局面では幅 45 手で 3 手読みを、間(局面例として図 4(b)をあげる)、すなわち、11 手目から 20 手目までの局面では幅 9 手で 5 手読みを、そして以降(局面例として図 4(c)をあげる)、すなわち、21 手目以降の局面では幅 5 手で 7 手読みを行うことが PC のスペックを考慮すると適当な方法と考えられる。

表 1 探索の深さによる探索局面数と探索時間の関係

3 手読み(初手 ~ 10 手目)			
探索の幅	40	45	50
平均探索局面数	2355904	2972634	3661020
平均探索時間[sec]	54.5	68.9	85
5 手読み(11 手目 ~ 20 手目)			
探索の幅	8	9	10
平均探索局面数	3028612	4769571	7172926
平均探索時間[sec]	51.2	80.7	121.3
7 手読み(21 手目 ~ 31 手目)			
探索の幅	4	5	6
平均探索局面数	1600702	5691302	16257201
平均探索時間[sec]	23.2	82.4	235.3



(a) 可能手数 2176 (b) 可能手数 881 (c) 可能手数 480

図 4 図 3 と実際の局面の関係

3.3. ソフトウェアの開発と実験

3.2. で示した探索アルゴリズムにより、2. のソフトウェアを改良し、再び Yamazon と対戦実験を行った。結果、「初心者」には勝ったが、「3 秒」には敗北した。

3.4. アルゴリズムの分析

3.3. の結果を受け、アルゴリズムの分析を行う。分析す

る上で、以下の二つの観点を設ける。

[観点 1] 2. であげた戦略 1 と戦略 2 の働きはどうか

[観点 2] 探索を 30 秒で打ち切った場合はどうか

観点 1 について分析するために、戦略 1 と 2 両方組み込んだものと、戦略 1 のみのもの、そして戦略 2 のみのものので総当たり戦を行った。対戦結果を表 2 に示す。

表 2 3 パターンの戦略の総当たり戦の結果

	戦略 1,2	戦略 2	戦略 1
戦略 1,2			
戦略 2			
戦略 1			

戦略 1 と 2 両方組み込んだものが戦績がよかったため、二つの戦略を組み合わせることは効果的であることがわかる。また、戦略 2 は戦略 1 より優れていることもわかる。

次に、観点 2 について分析するために、戦略 1 と 2 両方組み込んだものに関して、30 秒で打ち切ったものと打ち切らないもので対戦実験を行い、戦略 2 のみのものについても同様に対戦実験を行った。なお、戦略 1 のみのものについては、それ自体が一手に最長 30 秒程度しかかからないため除外している。実験の結果、どちらにおいても 30 秒で打ち切ったものが敗北した。このことから、探索の速い段階で最善手と思われる手を見つけることができていることがわかる。したがって、評価関数を改善する必要があることがわかる。

4. アルゴリズムの改善案の提示

以下に探索アルゴリズムの改善案をあげる。

- 段階によって戦略を使い分ける
- 戦略 2 のプログラムでの処理の際、到達に 3 手以上かかる領域は全て同等のものとして扱う

前者は、初手から数手は、部屋を作る思考がほぼないため、戦略 2 を使わずに探索を行う案である。この方法により、探索の高速化を行うことができると考えられる。

後者は、到達に 3 手以上かかる領域はほぼ相手の領域といえるため、そういった領域は全て相手の領域と見なして探索を行う案である。この案も探索の高速化が望める。

5. おわりに

本稿では、評価値を求めるための基本的な戦略を提案し、さらに一局の流れとそれに伴う可能手数の振る舞いに着目した探索アルゴリズムを提案した。ソフトウェアを開発し、対戦実験の結果、探索の速度、評価関数の精度に改善の余地があることがわかった。今後は探索の高速化および精度の高い評価関数の提案を目指す。

参考文献

- [1] Information on the Jenazon Cups , <http://www.minet.uni-jena.de/jenazon/> .
- [2] 伊豆野慎二, 佐藤貴之, 佐藤公男, “ゲーム Amazons に関する研究 序盤と最終盤について ”, 情報処理学会東北支部研究会(2006) .
- [3] YSS と彩のページ , http://www32.ocn.ne.jp/~yss/index_j.html .