

Expectimax Search を用いたサイコロ将棋 AI の試作

伊藤 毅志[†] 馬場 匠[†]

サイコロ将棋は、2015年に伊藤毅志が提案した新しい不確定ゲームである。中でも、Hyperサイコロ将棋は、運だけでなく戦略性も高い。本報告では、不確定ゲーム AI でよく用いられる Expectimax Search をこのゲームに応用し、駒価値だけの簡単な評価関数と Expectimax Search を組み合わせるだけで、一定の強さのプログラムができることを確認した。また、探索の深さと棋力の関係についても調べた。

A Dice-Shogi Program by using Expectimax Search

TAKESHI ITO[†] TAKUMMI BABA[†]

Dice-Shogi is a new game with uncertainty that produced by Takeshi Ito in 2015. Especially, Hyper-Dice-Shogi is a game which needs not only chance but strategy nature. In this report, we applied expectimax search that is well used on the indeterminate game AI. We confirmed that we can make a certain strength program by combining a simple evaluation function only using piece value and expectimax search. Moreover, we examined the relation between the search depth and the strength.

1. はじめに

サイコロ将棋は、2015年に伊藤毅志が提案した二人完全情報不確定ゲームである[1]。サイコロの出目に従って、合法手が限られ、その範囲内で手を選ばなくてはならない。

ゲームは比較的単純であり、サイコロの運にも左右されるが、戦略性も高く、昨年のゲームプログラミングワークショップでは、多くの人がこのゲームを楽しんだ。

不確定ゲームの探索では、Expectimax search と呼ばれる探索手法がよく用いられるが、このゲームでも有効であるかどうか、試作してこの探索の有効性を検証した。

2. サイコロ将棋のルール

サイコロ将棋は、5五将棋のルールに、サイコロの不確定性を加えた亜種のゲームである。使用する盤は、図1のように5×5の将棋盤の縦の列に、1から5の番号が書かれている。



図1 サイコロ将棋の盤と初期配置

初期配置は、5五将棋と全く同じで、図1のように並べる。また、駒の動きも5五将棋（普通の将棋）と全く同じである。王将と金将を除いて、すべての駒は敵陣（自分から見て最も奥の一行）に駒が移動するか敵陣から駒を移動させた時に成ることができる（成らなくても良い）。

ゲームの進行は、先手後手を決めたら、交互にプレイする。手番が来たら、サイコロを振り、出目の数の列に5五将棋のルールで動かせる駒を移動する。ただし、以下の場合、好きな駒をルール通りに動かすことができる。

- 1) 出目が6であった場合
- 2) 王手を掛けられた場合
- 3) 出目の合法手が無い場合

ただし、禁止手は、以下のとおりである。

「二歩の禁」…同じ列に2つの歩を打ってはならない。

「行きどころの無い駒の禁」…ある駒を指して、その駒がその後いかなる状況でも移動させることができない駒になってはならない。

「打ち歩詰め」の禁…持ち駒の歩を盤上に打って、相手の王将を詰ましてはならない。

「王手放置の禁」…王手を掛けられたら、必ず王手を回避しなくてはならない。

「スティルメイトの禁」…敵玉をスティルメイトの状態（王手を掛けずに合法手を無くす状態）にしてはならない。

ゲームの目的は、普通の将棋と同様に、「相手の王様を先に詰ました方が勝ち」である。その他、普通の将棋にあ

[†] 電気通信大学
The University of Electro-Communications

るような「千日手」や「持将棋のルール」などは無い。

3. Expectimax Search

Expectimax Search は、Donald Michie 氏によって、1966 年に提唱された不確定ゲームの探索によく用いられる探索手法である[2]。

図 2 は、バックギャモンのような不確定性のあるノードを含む探索を表したものである。このようなゲーム木では、通常の min-max Search における Min - Max ノードの他に、Chance ノードと呼ばれるノードがある。

ここでは、図 2 のような Min ノード、Max ノード、Chance ノードが混在するゲーム木において、どのように手が選ばれるかを説明していく。

一番下の▼で表される Min ノードでは、子ノードの最小値が選ばれる。真ん中の●で表される Chance ノードでは、2つの子ノードに分かれる可能性が 50%ずつである場合、その平均をとり、そのノードの値が計算される。一番上の▲の Max ノードでは、子ノードの最大値が選ばれるので、図 2 の例では、最終的に左のノードが選択される。

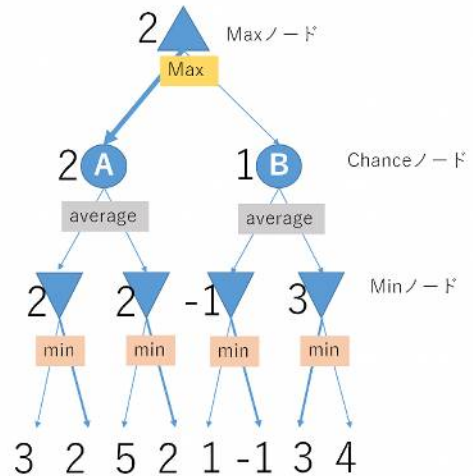


図 2 Expectimax Search の例

このように、Expectimax Search では、Min ノード、Max ノードに、不確定なノードとして Chance ノードを加えることで、不確定ゲームの探索が行われる。

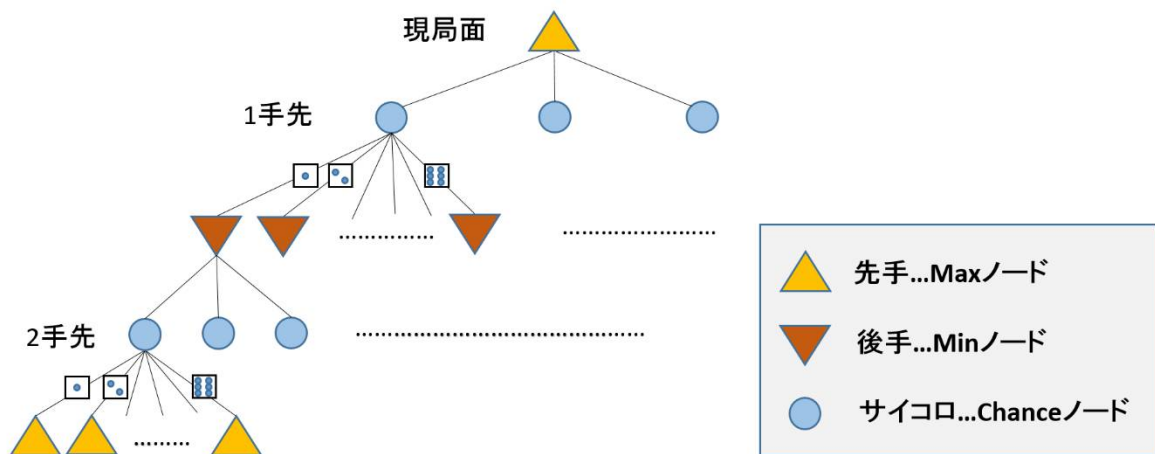


図 3 サイコロ将棋の Expectimax Search の適用

4. サイコロ将棋 AI の実装

4.1 探索部

サイコロ将棋は、手番においてサイコロを振り、出目にしたがって狭まった合法手の中から手を選択する。手の選択部分は、Min-Max ノードで表現され、サイコロによる手の限定部分は、Chance ノードで表現できる。

図 3 は、サイコロ将棋における探索を Expectimax Search で表したものである。与えられた局面では、既にサイコロが振られているので、Max ノードで表現できる。その 1 手先の局面では、サイコロを振るのでその子ノードには、

Chance ノードが来る。1～6 の目が出る確率は（理想的なサイコロでは）同等なので、それぞれ $1/6$ の確率の Chance ノードとなる。もし、王手が掛けられているかサイコロの出目による合法手がない場合には、サイコロに縛られず 5 五将棋の合法手をすべて自由に選べる。その場合は、Chance ノードの子ノードは 1 つになると考えれば、サイコロ将棋の探索は、図 3 のような形で表現される。

4.2 評価関数

5 五将棋では、盤面も狭く駒の数も少ないので、駒の損得の持つ意味が大きく、単に駒割だけを組み込んだものでも、相応に強い AI が作れることが知られている。サイコロ

将棋でも、経験的に駒の損得の持つ意味は大きいと考えられる。ここでは、駒の損得だけを得点化する非常に簡単な評価関数を構築した。導入した駒価値は、以下の表1の通りである。得点差は、筆者の経験的な感覚から適当に割り振った。

表1 導入した駒価値

	歩兵	銀将	金将	角行	飛車
基本価値	100	300	350	350	400
成駒の付加価値	100	50	---	100	100
持ち駒の付加価値	0	-20	20	-10	-10

また、探索の末端で、詰みが見つかった場合は、探索を打ち切り、評価値の最大値である 8100 点を返す。

4.3 探索の深さと強さの関係

上記のような仕様の AI を作成し、探索の深さを 1～7 に変えて 7 種類作り、総当りで各 1000 試合の対戦を行った。その結果を、表 2 に示す。例えば、深さ 2 は深さ 1 に対して、979 勝 21 敗であったことを表している。

表2 探索の深さと勝敗の関係

深さ	1	2	3	4	5	6	7
1		21	20	24	11	11	6
2	979		283	258	248	235	242
3	980	717		445	432	431	378
4	976	742	555		506	488	465
5	989	752	568	494		479	479
6	989	765	569	512	521		466
7	994	758	622	535	521	534	

表中の赤字は、危険率 5% で有意に勝率に差があることを表している。これを見ると、深さ 1～4 ぐらいまでは、深くなるにつれて強くなっていくことが確認されたが、深さ 5 以降では、あまり明確な差がなくなってくることも示唆された。

4.4 人間プレイヤーとの対戦例

深さ 5 の AI とある程度サイコロ将棋に熟知した人間プレイヤーとの実践例をここでは紹介する。サイコロの目が偏ると、勝敗が偏るので、ここでは、主観的にあまりサイコロの目が偏っていない 2 局の棋譜を付録 1, 2 で紹介する。サイコロ将棋の棋譜のフォーマットは定まっていないが、5 五将棋の棋譜フォーマットである MSK 形式に準拠して、

サイコロの目の情報を付加する形式で表現するものとする [3]。

例えば、付録 1 の初手 “+2534KA:3” は、サイコロの目が 3 であり、2 五の位置にいた角が 3 四の位置に移動したことを表している。9 手目の “+4554KI:0” は、直前に王手をかけられたため、サイコロを振らずに 4 五の金を 5 四に移動したことを表している。

サイコロの目によって、どんなに頑張っても勝てない場合もあるので、この 2 局だけで強さを評価することは危険であるが、棋譜を見る限り、サイコロの目に応じて、提案 AI は十分に知的にプレイしていることが確認された。

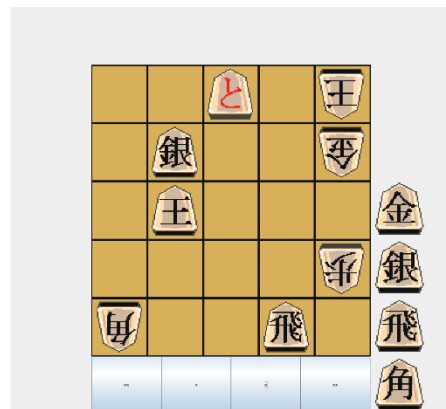


図4 先手人間 vs 後手AIの41手目：4三玉まで

しかし、提案AIが疑問手を選んだ局面があったので、ここに紹介する。図4の後手のAIの手番の局面で、サイコロの目は5であった。この局面では、5筋に動かせる合法手が存在しないので自由に指せる。AIはここで「4四角成」と角を成り捨てる手を選んだ。後手玉は次に2か6の目が出ると2一と（または2一飛成、2一金など）で一手詰みの局面なので、後手としてはそれを防ぐ必要がある。防ぐ手段は、AIが選んだ4四か3三に角を成り捨て王手を掛ける手か、2二金、2二角成、2三金のように守る手のいずれかである。既に後手AIが劣勢の場面であるが、角を捨てる手は如何にももったいない。この局面では、「2二金」のように駒損をせずに守る手を選ぶほうが勝る。（同じようでも、2二馬は、サイコロが2か6が出ると、「2一金、同馬、同飛成」が必然手順になるので、正確に読めれば実は詰める逃れになっていないことが判明する。）

これは、探索の深さが充分でないことによる水平線効果に影響している可能性があるため、深さを7にして、同じ局面を検討させてみた。その結果、「2二金」を選択することができた。この局面において、2二金を選んだとしても、後手が勝てる確率はかなり低いと思われるが、探索を深くすることで、より良い手を選択できる可能性は示唆された。

5. おわりに

本報告では、単純な駒割りだけの評価関数と Expectimax Search を組み合わせたサイコロ将棋プログラムを紹介した。そして、探索の深さを深くすると強くなる傾向がみられることを確認した。一方で、深さが5以上になると、探索の深さの効果が鈍化する傾向もみられた。これは、サイコロ将棋の不確実性が深い先読みの効果を弱めている可能性を示唆している。しかし、探索の深さがより良い手を選ぶ可能性も示唆されたので、Expectimax Search をさらに効率化する手法を組み込んで[4]、より深い探索を実現し、さらに深い探索の効果を調べてみたい。

今回用いた評価関数は、駒割りだけの単純なものであったが、より精緻な評価関数が強さに与える影響についても調べて行きたい。

しかし、サイコロ将棋は歴史の浅いゲームであるので、教師データとなる人間同士の棋譜も殆ど無い。このような前例の無いゲームの精密な評価関数の設計は難しい。自己対戦を教師データにした評価関数の学習の導入も検討したい。

また、評価関数の設計が難しい不確定ゲームにおいて有効であると思われるモンテカルロ法を用いたプログラムも検討してみたい。モンテカルロ法を用いたプログラムも作成し、本システムとの性能比較も行ってみたい。

サイコロ将棋の大会を企画して、サイコロ将棋のより良いアルゴリズムを競い合う場も提供していきたい。具体的には、来年のGAT杯での大会運営を行う予定である。

参考文献

- [1] サイコロ将棋のページ：
<http://minerva.cs.uec.ac.jp/~uec55shogi/wiki.cgi?page=%A5%B5%A5%A4%A5%B3%A5%ED%BE%AD%B4%FD>
- [2] Donald Michie, Game-playing and game-learning automata. In L. Fox (ed.), Advances in Programming and Non-Numerical Computation, pp.183-200 (1966).
- [3] 5五将棋用棋譜フォーマット (MSK フォーマット)：
http://entcog.c.ooco.jp/minishogi/55_format.html
- [4] B.W. Ballard. The *-Minimax Search Procedure for Trees Containing Chance Nodes, Artificial Intelligence, 21(3), pp.327-350 (1983).

付録1 サイコロ将棋 AI と人間プレイヤーの実戦例 (1)

先手：人間、後手：提案 AI (深さ5)

+2534KA:3
-1213FU:5
+5453FU:1
-3142GI:2
+5352FU:1
-4152KA:6
+3452KA:6

-5152HI:1
+4554KI:0
-0022KA:6
+3544GI:0
-4233GI:3
+1525HI:4
-5251HI:1
+4453GI:1
-3324GI:4
+0044KA:0
-2244KA:2
+5444KI:0
-0054FU:1
+5554OU:0
-2112KI:5
+2524HI:4
-0035KA:3
+0015KA:5
-5131HI:3
+2425HI:4
-3544KA:2
+5344GI:2
-1314FU:6
+0032FU:3
-3141HI:2
+1542KA:2
-0052KI:1
+3231TO:6
-5243KI:2
+4443GI:0
-4142HI:2
+4342GI:2
-0055KA:1
+5443OU:2 (図4)
-5544UM:1
+4344OU:0
-1222KI:2
+0013GI:5
-1415TO:5
+2555HI:1
-1514TO:2
+0043KA:2
-1424TO:4
+5551RY:1
-2423TO:4
+4453OU:1
-2313TO:5
+0045KA:6

-0052GI:1
+5352OU:0
-2232KI:3
+3132TO:6
%TORYO
まで、59手で人間の勝ち

付録2 サイコロ将棋 AI と人間プレイヤーの実戦例 (2)

先手：提案 AI、後手：人間 (深さ 5)

+5453FU:5
-4123KA:6
+4544KI:4
-5141HI:6
+3524GI:2
-3132GI:3
+2423GI:2
-1213FU:1
+2543KA:4
-4151HI:5
+5352FU:5
-3223GI:2
+5251TO:6
-1314FU:1
+4321KA:2
-0053GI:5 (図5)

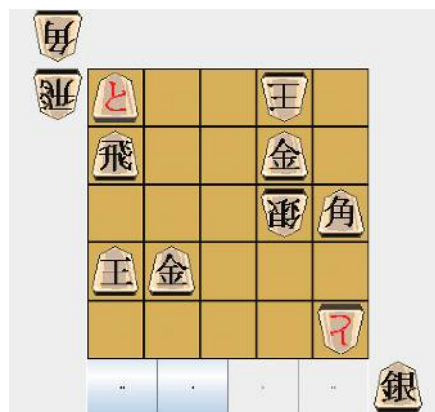


図6 23手目先手AI 2二金まで



図5 16手目後手人間 5三銀まで

+0013KA:1
-5354GI:5
+5554OU:0
-1121OU:5
+0052HI:5
-1415TO:6
+0022KI:6 (図6)
%TORYO
まで、23手で提案AIの勝ち