

## モンテカルロ法を用いた一般化アマゾンの最適着手の探索

加藤 光†      山村 明弘†      高谷 真弓†  
 †秋田大学

### 1 はじめに

アマゾンは組合せゲームの一種であり、囲碁における地の多寡を競う要素と、チェスや将棋に見られる駒の移動の二つの要素を併せ持つ ([1] を参照)。通常のアマゾンのルールでは  $10 \times 10$  の盤に二人のプレイヤーがおのおの 4 つの駒を配置して対戦するが、これを一般化し  $n \times n$  の盤に  $m$  個の駒を配置して二人のプレイヤーが対戦するゲームを本研究では一般化アマゾンと定義する。本研究では、近年囲碁プログラムにおいて高い成果を挙げているモンテカルロ木探索を用いて、一般化アマゾン及びその派生ルールである一般化ナイトアマゾンにおける最適着手を求めるアルゴリズムの作成及び評価を行い、先手・後手の有利不利を検証する。

### 2 一般化アマゾンのルール

$n \times n$  の盤に黒・白の駒を  $m$  個任意の位置に配置してゲームを開始する。先手は任意の黒の駒を選択し、チェスのクイーンと同様の動きで動かす。移動した駒は、移動した地点から縦横斜めの直線状の任意の場所に矢を放ち、矢が放たれたマスは潰れたマスとなる。なお、駒や矢は潰れたマスや他の駒を飛び越えることはできない。上記手順を終えた後、手番が後手に移り、後手は任意の白の駒を選択して同様の手順で着手していく。図 1 に着手例を示す。なお、黒で塗りつぶされたマスは潰れたマス、 $\bullet$  及び  $\circ$  はそれぞれの色の駒を表す。この一連の移動を繰り返し、最終的に合法手が無くなったプレイヤーが敗者となる。

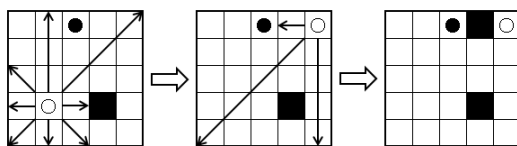


図 1 アマゾンの動作例

また、駒の移動範囲をチェスにおけるナイトの動きとし、矢は移動前の位置にのみ放つというルールにした一般化アマゾンを本研究では一般化ナイトアマゾンと定義する。ナイトは斜めに飛ぶような動きをし間の

マスは全て飛び越えられるという特徴を持つため、クイーンを用いる通常のアマゾンとはゲームの性質が大きく異なる。なお、以降一般化アマゾンを単にアマゾン、一般化ナイトアマゾンをナイトアマゾンと表記する。

### 3 偶数 × 偶数の盤におけるナイトアマゾン

通常のアマゾンにおける必勝手順は現在のところ知られていないが、 $n$  が偶数のナイトアマゾンにおいては後手が物真似戦略により必勝であることを証明できる。

**定理 1** 偶数 × 偶数のナイトアマゾンでは、駒が点対称に配置されている場合には、後手に必勝戦略が存在する。

証明：ある座標  $(x, y)$  に対して点対称な座標は  $(n - x - 1, n - y - 1)$  であるが、 $n$  が偶数なので  $n = 2m$  (ただし、 $m > 0$ ) と置き、 $x = n - x - 1$  を変形すると  $2x = 2m - 1$  となり、 $m$  及び  $x$  がいかなる値でも重なることはない。( $y$  も同様) よって、ある座標とその点対称な座標とが重なることはない。いま先手が  $(x, y)$  の駒を座標  $(x', y')$  に移動させたとき、ナイトの動きは移動先の座標以外は考慮せずに動くことができ、 $(x', y')$  と  $(n - x' - 1, n - y' - 1)$  は重なることはないため後手は  $(n - x - 1, n - y - 1)$  の駒を必ず  $(n - x' - 1, n - y' - 1)$  に移動させることができる。このことから後手が必勝であることが示された。図 2 に点対称な移動の例を示す。なお、定理 1 と同条件であればナイトアマゾンのルールを移動後の位置から矢をナイトの移動範囲に放てると拡張しても後手必勝が成り立つことも証明している。

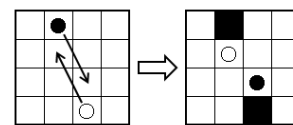


図 2 点対称な駒移動の例

### 4 モンテカルロ法

囲碁やアマゾンに代表される評価関数を作成することが難しいゲームにおいては、ある局面からランダムにゲーム終了まで着手をする Play Out という工程を何度も繰り返すことで勝率を計算する、モンテカルロ法による探索が現在では主流である [2, 3]。また近年では

Search of the most suitable start of the generalization Amazon using the Monte Carlo method.  
 †Hikari Kato    †Akihiro Yamamura    †Mayumi Takaya  
 †Akita University

モンテカルロ法に木探索的手法をとり入れたアルゴリズムであるUCT (UCB applied to Trees) と呼ばれるものが提案されている。これは Multi-Armed Bandit 問題における UCB1 アルゴリズムを用いて現時点で最適と思われる着手を選択していき、ある程度 Play Out を繰り返したらその手を展開し、Play Out 開始節点の一つ深くする、という工程を繰り返すという探索手法である。

## 5 実験

本研究では、アマゾン及びナイトアマゾンに関するUCTによるAIを、ランダムに着手するプレイヤーと対戦させた。駒の初期を図3に示す5種類(A~E)として、AIを先手にした場合、後手にした場合それぞれで1000回ずつ対戦させ、勝利数を記録した。なお、実験で使用するUCTプログラムはMicrosoft Visual C#を用いて記述し、Play Out の回数を500、閾値を1、UCB1式の定数Cの値を1とした。ランダムに着手するプレイヤーの思考は選択可能な全ての手から一つを乱数により選択するものとする。また実験はOS:Windows7(64bit)、CPU:Core i3(3.07GHz) メモリ:2GB の環境で行った。

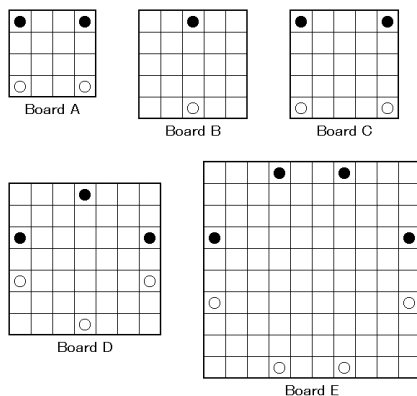


図3 実験に使用する初期配置

## 6 結果・考察

A~Eの盤面で先手・後手を入れ替えそれぞれ1000回ずつ対戦させた結果のうち、UCTによるAIが勝利した回数を表1に示す。

		A	B	C	D	E
アマゾン	先手	963	987	983	987	967
	後手	973	981	980	991	975
ナイトアマゾン	先手	515	942	887	944	969
	後手	978	769	875	943	968

表1: 各盤面及びルールでの勝利数

ここで、定理1において偶数×偶数の盤のナイトア

マゾンでは後手が物真似戦略により必勝であることを示しているが、今回実験で使用したUCTによるAIでは物真似戦略を実装していないため勝率が100%ではないことに注意してもらいたい。表1より、ナイトアマゾンにおいて奇数×奇数の盤である初期配置BにおいてUCTが後手の場合の勝率が低く、先手における勝率が高かったことから奇数×奇数の盤におけるナイトアマゾンでは先手が有利ではないかと推測できる。しかし同じく奇数×奇数の盤である初期配置Cや初期配置Dでは先手後手の勝率がほぼ五分であることから、ナイトアマゾンにおいては盤の偶奇性の他に、盤に配置されている駒の個数も先手後手の勝率に関係があるのではないかと考えられる。一方通常のアマゾンにおいては盤面の大きさや駒の配置、先攻後攻を問わず勝率が高く、盤形状と先攻・後攻による勝率の相関は見られなかった。アマゾンとナイトアマゾンそれぞれの勝率を比較すると、特に初期配置C,Dにおいてアマゾンのほうが高い勝率となっている。また、アマゾンにおける初期配置Aでの勝率がBやCと比較してやや落ちているのも確認できる。これら勝率の差異は初期配置における合法手の個数差に起因すると考えられるが、詳しい検証等は今後の課題とする。

## 7 まとめ

本研究ではアマゾンの派生ルールであるナイトアマゾンにおいて盤が偶数×偶数である場合物真似戦略を実行することで後手必勝であることを示し、またUCTアルゴリズムによる対戦シミュレートを行うことで奇数×奇数の盤では先手が有利である可能性を示唆した。一方通常のアマゾンにおいてはUCTが盤の初期配置や先手・後手問わず高い勝率を出しており、盤の大きさや駒の配置による先手後手の有利不利を示すに至らなかった。そのため今後はUCTプログラムの改良や具体的な対局の解析等も行い、盤の大きさ、初期配置の違いで先手・後手のどちらが有利になるかを解析していく。

## 参考文献

- [1] J. P. Neto and J. N. Silva, *Mathematical Games: Abstract Games*, Dover Publications, (2013)
- [2] J.Kloetzer, Monte-Carlo Techniques: Applications to the Game of the Amazons, 博士論文, 北陸先端科学技術大学院大学, (2010) <http://hdl.handle.net/10119/8867>
- [3] 美添一樹, 山下宏, コンピュータ囲碁 モンテカルロ法の理論と実践, 共立出版, (2012)