

## モンテカルロ碁におけるポテンシャルモデルの適用

大島 真†

山田 孝治‡

遠藤 聡志\*

琉球大学大学院理工学研究科†

琉球大学工学部情報工学科‡

琉球大学工学部情報工学科\*

## 1. 要旨

モンテカルロ碁<sup>1)</sup>に対してポテンシャルモデルを適用した枝刈り機能を付加し、その棋力を強化する。モンテカルロ碁に対して有効な、ゲームの知識に基づく枝刈りの方法の一つとして提案する。

モンテカルロ碁と、ポテンシャルモデルによる枝刈り機能を備えたモンテカルロ碁を対戦させ、付加機能の調整における勝率の変化を捉える。

## 2. 序言

モンテカルロ碁が発端となり、コンピュータ囲碁の分野では、ゲーム特有の知識を必要としないゲーム木探索法の研究が主流となってきた。しかしそれは、従来まで主流であったゲーム特有の知識に基づいたコンピュータ囲碁の研究を否定するものではない。後者は棋力強化の別アプローチとして重要であり、両者の振る舞いを融合することが、更なる棋力の強化に繋がると考えている。

本研究では、囲碁の盤面評価に用いられる手法の一つ、『ポテンシャルモデル』を囲碁ゲーム特有の知識として、ゲーム探索木の枝刈りに適用し、その有効性を示す。枝刈りとは大きな成果が見込めない枝に対して探索を省略することであり、ゲーム探索木において、その探索コスト（探索時間・回数）の削減、および探索効率の向上をもたらす重要な手法である。

コンピュータ囲碁の現状は、モンテカルロ法を利用したモンテカルロ碁を礎として、その改善手法であるモンテカルロ木探索を用いたプログラムの出現が契機となり、棋力を急速に向上させている。

ゲームの知識を用いた枝刈りの方法には、未だ決定的なものではなく、様々な手法において検討の余地が多く残されている。ポテンシャルモデルもその一つであり、当然モンテカルロ碁におけるポテンシャルモデルを用いた場合の振る舞いや棋力の変化は明らかでない。

本研究では、確率的探索試行であるモンテカルロ碁に対してポテンシャルモデルを用いた枝刈り機能を備え、その勝率の変化を検証する。また、枝刈りに対するポテンシャルモデルの適用方法に調整を加えることで現れる変化を検証する。

## ■ モンテカルロ碁

モンテカルロ法による探索を利用したコンピュータ囲碁。ある局面を起点として、終局まで両対戦者が無作為に碁石を配置していくというシミュレーション（プレイアウト）を繰り返す。その結果から求められる勝率をその局面の評価値とし、次手を決定する要素にするという探索手法である。従来手法とは相対して、局面評価にゲーム特有の知識を必要としないことが特徴である。

## ■ モンテカルロ木探索を用いたプログラム

単純なモンテカルロ碁が持つ問題点を UCT (UCB for tree) の実装によって改善したコンピュータ囲碁。UCT の理論および実装に関しては、ゲーム特有の知識を必要としない。代表的なものとして Crazy Go<sup>2)</sup> や Mono Go<sup>3)</sup> が挙げられる。いずれもコンピュータ囲碁の大会ではトップである。

## ■ ポテンシャル法による局面の評価

碁盤上のポテンシャル分布の様子を基に、局面の状況を認識する方法。碁石をポテンシャルと見なすと、ある碁石の配置に対して特定のポテンシャル分布が碁盤上に現れる。この分布の様子を利用することで局面評価が可能となる。この方法による研究は幾つか成されている<sup>4) 5)</sup>。いずれも人の感覚による認識と一致させることを旨とし、独自の規則を設けて調整を行っている。

---

Monte Carlo Go with Potential Model

† Makoto Oshima, Graduate School of Science and Engineering, University of the Ryukyus

‡ Koji Yamada, Department of Information Engineering, University of the Ryukyus

\* Satoshi Endo, Department of Information Engineering, University of the Ryukyus

### 3. 実験

#### 3.1. 囲碁の対局条件

対局の条件を以下とする。中国式ルールとしたのは、モンテカルロ碁に必要なプレイアウト操作を確実に行う為である。

- 9路盤 (9×9)
- 先手黒
- 互先 (ハンディキャップのない対局)
- 中国式ルール
  - 互いの合法手がなくなった時点が終局となる
  - 点数は碁盤上の自分の石数と、眼 (相手が石を置けない) の数の合計値

#### 3.2. モンテカルロ碁の条件

- プレイアウト数 10,000 回

#### 3.3. ポテンシャルモデルの条件

ポテンシャルモデルの条件を以下とする。碁石が置かれた座標をポテンシャルの極値として、離れるに従いポテンシャル値が減衰していく。

- 黒石と白石は対極のポテンシャルとする
- ポテンシャルはユークリッド距離に対して半減する
- ある箇所のポテンシャルは、複数の石から発生するポテンシャルの合計値とする

盤面に  $n$  個の碁石が配置された場合の、各座標に掛かるポテンシャルを以下の式で表す。

$$P_{sum}(X,Y) = \sum_{k=1}^n P_k(X,Y) \quad \dots(1)$$

$$P_i(X,Y) = \frac{Stone(x_i,y_i)}{2^d} \quad \dots(2)$$

$$d = \sqrt{(X - x_i)^2 + (Y - y_i)^2} \quad \dots(3)$$

- $P_{sum}(X,Y)$  : 座標  $(X, Y)$  のポテンシャル値の合計
- $P_i(X,Y)$  :  $i$  番目の石から座標  $(X, Y)$  にかかるポテンシャル値
- $Stone(x,y)$  : 座標  $(x, y)$  の石のポテンシャル極値
- $(x_i,y_i)$  :  $i$  番目の石の座標

#### 3.4. ポテンシャルモデルによる枝刈り

碁盤上に表現されるポテンシャル分布を基に各座標の優先度を設定する。次の手を決定する際に条件付けを加えることで、ゲーム探索木の枝刈りとする。ここでは以下の4種の効果をそれぞれ検証する。

1. プレーヤの石と同極のポテンシャル値を持つ座標を優先的に選ぶ
2. プレーヤの石と対極のポテンシャル値を持つ座標を優先的に選ぶ
3. ポテンシャルの変化 (傾斜) が大きい座標を優先的に選ぶ
4. ポテンシャルの変化が小さい座標を優先的に選ぶ

#### 3.5. 実験方法

ポテンシャルモデルによる枝刈り機能を実装したモンテカルロ碁と、そうでないモンテカルロ碁を対戦させ、勝率を求める

#### 3.6. 実験条件

- OS : Mac OS X 10.6.4
- CPU : Intel Core 2 Duo 2.66GHz
- メモリ : 8GB
- 実装言語 : Java

### 4. 実験結果

実験結果については、当日の報告とする。

### 5. 参考文献

- 1) Bernd Brügmann. Monte Carlo Go. Technical report, Physics Department, Syracuse University, 1993
- 2) Rémi Coulom, Computing elo ratings of Go. In Computer Games Workshop, 2007.
- 3) S. Gelly, Y. Wang, R. Munos, O. Teytaud. Modification of UCT with Patterns in MonteCarlo Go. RR-6062-INRIA, pp.1-19, 2006
- 4) 石の働きと盤の効果 情報処理学会研究報告 ゲーム情報学 vol. 2009 No. 27 2009年3月
- 5) ポテンシャルによる模様内部領域の決定 田島守彦 実近憲昭, <http://staff.aist.go.jp/tajima.m/gpw04.files/frame.htm>