4Q-4

モンテカルロ碁における高次パタンを用いた着手候補点の選択

大久保 貴弘 † 中村 克彦 ‡

東京電機大学大学院理工学研究科 † 東京電機大学理工学部 ‡

1 まえがき

チェス，将棋などのボードゲームでは，ゲーム木の mini-max 探索に静的解析を組み合わせることによって最適な一手を決定する手法が多く用いられている．しかし，囲碁においてはこの手法では良い結果は得られていない．コンピュータ囲碁の強さはコンピュータチェスやコンピュータ将棋に比べて弱く，現在アマチュア四段程度と評価されている [2].

近年，モンテカルロ法と呼ばれるランダムシミュレーションを用いた着手決定法の有効性が関心を集めている．基本的なモンテカルロ法は与えられた局面からプレイアウト（乱数を用いて着手を決定し，終局まで着手を行うこと）を多数回（数千〜数万回以上）行ない，最も勝率の高い第一手を選んで着手を決定する手法である．現在，モンテカルロ法に木探索を組み合わせた UCT（Upper bound Confidence for Tree）アルゴリズムと呼ばれる手法や，乱数による候補点選択の際に石の周囲パタンなどを考慮する方式が使われている [3].

一般に，周囲パタンとして候補点の周囲 3×3 の石の配置のみを利用している．また，ブロック（連）のダメが詰まったときや，アタリをされたときなど，特殊な場合には，特徴処理を用いて着手候補点を制限している．われわれは候補点選択の際に用いる情報として，配置パタンに周囲の石のグループの属性などにもとづく高次の条件を反映させる方式について調べている．プレイアウトを高速に行なうためには複雑な候補点選択のために多くの計算時間を使うことはできない．この研究の目的はグループのダメ数やオイラーの公式にもとづく石のグループの含む閉領域数などの高速で計算できる条件にもとづく着手候補点を制限する方式を明らかにすることである．

Selection of moves using higher-order patterns in Monte-Carlo Go
†Takahiro Okubo, ‡Katsuhiko Nakamura
†Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Denki University
‡School of Science and Engineering, Tokyo Denki University
†09rmj08@ms.dendai.ac.jp, ‡nakamura@rd.dendai.ac.jp

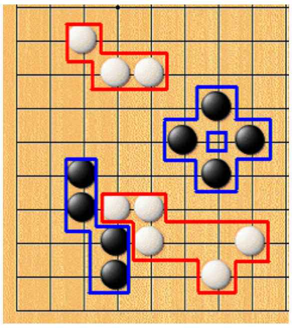


図 1: グループの例

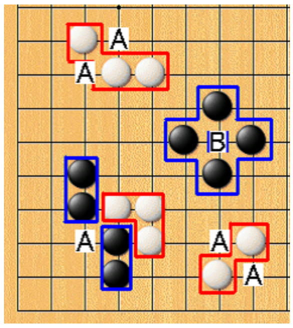


図 2: 静的グループの例

2 差分計算

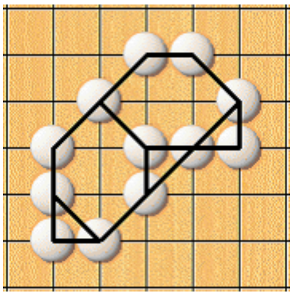
差分計算とは，局面の変化分のみを計算することによって計算量を制限する計算方式である．われわれの開発している囲碁プログラムでは差分計算を用いてブロックや次に述べる静的グループの管理を行なっている．これにより一手ごとに一定ステップ（定数オーダー）で計算が可能である．しかし，差分計算ではブロックの結合時やブロックの捕獲時など局面が大きく変化する場合には，定数オーダーでの処理が難しい．たとえば，ブロックの結合時には一般にダメ数を計算し直す必要があり，定数オーダーでは求められない．この解決法として，このようなブロックについてはダメ数の最大値と最小値を与え，最小値が 0 に近くなった時のみ正しいダメ数を調べることにしている．

3 静的グループ

石のグループ（群）とは交互に石を打つ前提で，相手に切断されないブロックの極大集合である．図 1 の枠で囲われた石の集まりがグループである．グループは着手を行なううえで重要な情報である．グループは動的に解析しなければ正確に判定することができない．

静的グループとは静的解析のみで判定可能なブロックの極大集合である．ここでは静的グループとは，次のいずれかの条件に当てはまる石の集合である．

- 2 つ以上の接続点で接続されたブロック，静的グループの極大集合．



$$R = 16-12-3+1 = 2$$

図 3: 閉領域数の判定の例

- １つ以上の完全な接続点で接続されたブロック，静的グループの極大集合．

ここで，接続点とは２つ以上の同色のブロックの共通のダメである．また，完全な接続点とは相手に石を打たれることの無い２つ以上の同色のブロックの共通のダメである．図２の枠で囲われた石の集まりが静的グループである．また，Ａが接続点，Ｂが完全な接続点である．

4　閉領域数の判定

静的グループの強さを推定するために，連結平面グラフにおけるオイラーの公式を用いて静的グループがもつ閉領域数を求める．辺の数を k，頂点の数を n としたとき，閉領域数 R はオイラーの公式によって次に与えられる．

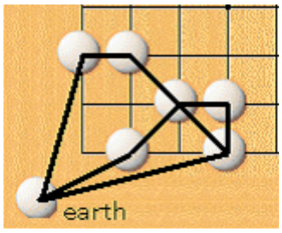
$$R = k-n+1 \tag{1}$$

これを囲碁盤に応用するため，頂点の数を石の数，辺の数をリンクの数に対応させる．ただし，リンクとは同色の２つの石が上下左右または斜め方向に隣接している関係である．また，三角団子とは同色の石が三角形の形に３つ置いてある配置である．三角団子の数を C とし，閉領域数は次によって与えられる．

$$R = k-n-C+1 \tag{2}$$

図３の配置では，閉領域数は２であることがわかる．また，図４のように静的グループが盤の端に接する場合，盤外に earth という仮想的な石があると仮定し，この静的グループが earth によってリンクで接続されているものとする．

閉領域数は一手ごとの静的グループの石の数，リンクの数，三角団子の数の変化から差分計算することが可能である．



$$R = 9-7-1+1 = 2$$

図 4: 盤の端の閉領域数の判定の例

5　候補点選択への実装

静的グループの判定，閉領域数の判定を行なうことで，次のような情報が得られる．

- グループの持つ閉領域数（目の数の予測）．
- グループのダメの数の予測.
- グループに属しているブロックの数.

これらの情報からグループの強さを推定し，着手候補点の選択に用いる．着手候補点の選択方法として次のような方法があげられる．

- 静的グループとなるための２個の接続点のうち片方の接続点に相手に石を置かれたとき，もう片方の接続点に石を置く手を優先する．
- 強いと推定されるグループの周辺の手の優先度を下げる．
- グループのダメの数の変化を優先度に反映させる．

6　むすび

本報告では，グループのダメ数やオイラーの公式にもとづく石のグループの含む閉領域数などの高速で計算できる条件にもとづく着手候補点の制限方式を示した．

今後の課題として，新たな高次のパタンとして，ブロック，グループの石の形の判定を行なうことで石の強弱の判定を行なうことがあげられる．

参考文献

[1] K.Nakamura：Static analysis based on formal models and incremental computation in Go programming, Theoretical Computer Science 349 pp.184-201, 2005.

[2] 中村貞吾：コンピュータ囲碁，人工知能学会誌 Vol.24 No.3 pp.341-348, 2009.

[3] S-C.Huang, R.Coulom, S-S,Lin：Monte-Carlo Simulation Balancing in Practice.