囲碁局面解析における差分計算によるグループの認識とグループ中の領域数の決定法 *

大塚　寛之 †　　**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

強いコンピュータ囲碁を実現するためには，効率の高い局面の静的解析を行うことが重要である．われわれは，一手ごとに処理をやり直すのではなく，解析結果の変化分のみを求めるような差分計算を用いることにより，静的解析の効率化をはかっている．本報告では，石のグループの認識と，オイラーの公式にもとづいて，グループに含まれている閉領域の個数を求める方式の二つに対する差分計算について述べる．グループ中の閉領域は，目とも関連するため死活判定と密接な関係をもつ．プログラミング言語には，複雑な記号処理を簡潔に記述することができる Prolog を用いている．

2　ブロックとグループ

ブロックは隣接した同色の石の極大集合である．ダメはブロックに隣接した空点である．**グループ**は動的に切断されることのないブロックの極大集合である．これは正確には動的にしか認識できない．この一般的なグループの条件をゆるめた，共通のダメを 2 つ以上もつブロックの集合を静的に判定できるグループと呼ぶ．さらに**静的に判定できるグループ**は次の 2 つに分けられる．

1. 対角リンクによって結合されたグループ
2. これ以外のグループ

ここで，対角リンクとは，二つの石が斜め方向に隣接しているパタンである．

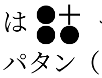
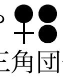
われわれが作成している囲碁プログラムでは，局面の配列情報 (盤) において，石の置かれた場所にはブロックの番号が含まれている．空点の座標には隣接する座標の情報が含まれており，空点に石を着手する場合，この情報を参照することにより，着手禁止やブロック，グループの形成などの一連の処理を効率よく行うことができる．

3　グループの認識法

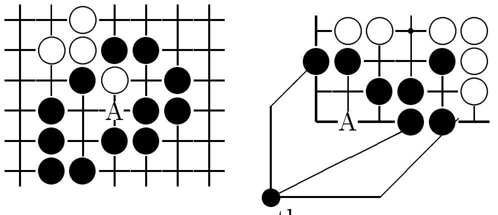
コスミやタケフなどを含む静的に判定できるグループの認識は，囲碁の局面解析において非常に重要である．本プログラムでは，グループを認識するために，接続点表と接続点位置表を用意している．差分計算によりグループを認識するための手順は以下の通りである．

1. 着手点に隣接する空点があるかど うかをチェックする．
2. 空点があれば，さらにその点に隣接する点に同色の石があるかど うかをチェックする．
3. 同色の石がある場合，その石のブロックナンバーをチェックし，その空点の位置 (接続点位置) を保存する．
4. 着手した石のブロックナンバーと 3 で発見された石のブロックナンバーを接続点表に保存する．

4　オイラーの公式による閉領域の個数の決定

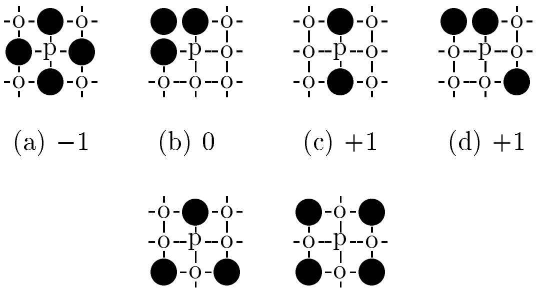
平面連結グラフに対するオイラーの公式によって，領域の数 R はこのグラフの頂点の個数 k および辺の個数 n から式 $R = n - k + 1$ で与えられる．これを斜めリンクで結合されたグループ内に含まれる閉領域の個数の決定に用いるため，n をリンクの個数，k は石の個数とみなす．ここで，リンクとは二つの石が隣接または斜め方向に隣接しているパタンである．このままでは  や  のように閉領域ではないループ状のパタン（三角団子）が含まれてしまうので，この個数を差し引く．例えば，図 1 の (a) の場合，リンクの数は 16，石の個数は 12，三角団子の個数は 4 なので 16-12+1-4=1 となる．A に着手した場合，それぞれの

Recognition of Group and Decision Methods of Number of Enclosed Regions Based on Incremental Computation in Computer Go*
Hiroyuki Otsuka †
Katsuhiko Nakamura ‡
Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Denki University §
College of Science and Engineering, Tokyo Denki University ¶



(a) (b)

図 1: 閉領域



(a) −1 (b) 0 (c) +1 (d) +1

(e) +2 (f) +3

図 2: 典型的な盤面での閉領域の増加数

数が 3，1，1 つ増えるため，閉領域数は 19-13+1-5=2 となる．

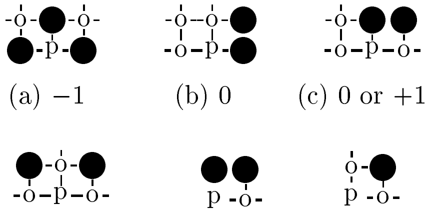
盤面の辺や隅においては，(b) のように辺や隅にある石と仮想的な石 (*earth* と呼ぶ) との間にリンクがあるとみなして閉ループの数を求める．辺や隅に連結している複数の石があるときには三角団子とみなす．例えば，(b) の場合，(a) と同様に考え，閉領域の数は 11-8+1-3=1となり，A に着手した場合，13-9+1-3=2 となる．

4.1 差分計算法

あるグループの近傍の空点 p に着手する場合を考える．$C(p)$ を p の近傍の状態（石または空点）を時計方向に並べた循環系列とする．グループ中の閉領域の個数の変化は $E(p)-1$ で与えられる．ここで，$E(p)$ は次の条件を満足する $C(p)$ 中の連続した部分系列の個数である．

1. 空点もしくは相手の石からなる．
2. p に隣接した点を含む．

図 2 は点 p に着手したときの閉領域の増加数の例である．図 3 は辺および隅の点 p に着手したときの閉領域の増加数である．このとき，近傍点にあるグループが *earth* に接続している場合，閉領域の増加量は



(a) −1 (b) 0 (c) 0 or +1

(d) +1 or +2 (e) 0 (f)0 or +1

図 3: 辺や隅を含む典型的な盤面での閉領域の変化

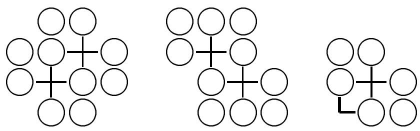


図 4: 3 つ以上の斜めリンクでつながれているブロック

$E(p)-1$，*earth* に接続していない場合，$E(p)-2$ となる．

この方法で，図 1 の例に当てはめてみると，(a) の点 A に着手する場合，$E(p)$ は 2 となり閉領域の増加数は 1，(b) の $E(p)$ は 2 となり増加数は 1 となる．

4.2 欠け目

上記の方法で得られたグループの閉領域は一般に目とみなせるが，2 つの斜めリンクによって囲まれたグループの閉領域は，欠け目となる可能性がある．しかし，次のような一般的な規則が得られている：3 個以上の斜めリンクまたは，*earth* によって生じた仮想リンクでつながれたブロック (グループ) は，2 眼を含み生きである．この例を図 4 に示す．

5 結び

グループの認識と，グループに含まれている閉領域の個数についての差分計算方法について述べた．

今後の課題として電荷モデルによる局面解析 [1] との結合，攻め合いグラフの実装，囲碁プログラムへの本方式の組み込みがある．

参考文献

[1] 中村克彦，木戸間周平，数値的な特徴に基く囲碁局面パタンの解析，情報処理学会論文誌，Vol.43, No.10，pp.3021-3028，2002.

[2] Katsuhiko Nakamura，Static Analysis by Computing the Difference in Go Programming，*Advances in Computer Games*, Kluwer，pp.175-192，2004.