

## コンピュータ囲碁におけるオイラーの公式と差分計算にもとづく死活的静的解析法\*

今野 歩†

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高度の局面解析が不可欠である。われわれ形式的なモデルにもとづく解析法と、一手ごとに局面全体の解析をやり直すのではなく、変化部分のみを処理するような差分計算によりこの問題の解決をはかっている。

本報告では、死活的の判定に大きな役割をもつ、グループの認識とそのダメ数の決定法、および連結平面グラフに対するオイラーの公式の適用によるグループ中の空領域数の決定方式を述べる。

### 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。2つ以上のブロックの共通のダメのことを接続点と呼ぶ。また相手から切られることのない接続点を安全な接続点と呼ぶ。これについては4に述べる。グループは相手側から動的に切断されないようなブロックの極大集合である。この一般的なグループの条件をゆるめた、静的に判定できるグループを静的グループと呼ぶ。これは次の規則によって定義される部分グループの極大集合である。

1. ブロックは部分グループである。
2. 1つの共通の安全な接続点をもつブロック(最大4個)の集合は部分グループである。
3. 部分グループと2個以上の接続点をもつブロックの集合は部分グループである。

### 3 グループの認識法

コスミやタケフなどを含む静的グループの認識は、囲碁の局面解析において非常に重要である。差分計算

The Static Analyzing Method of Life and Death Based on Incremental Computation and Euler's Formula in Computer Go\*

Ayumu Konno†

Katsuhiko Nakamura‡

Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Denki University§

College of Science and Engineering, Tokyo Denki University¶

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. 接続点表と接続点位置表を用意する。
2. 着手点に隣接する空点があるかどうかをチェックする。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。

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。

### 4 オイラーの公式による閉領域の個数の決定

平面連結グラフの領域の数  $R$  は、このグラフの頂点の個数  $k$  および辺の個数  $n$  からオイラーの公式  $R = n - k + 1$  で与えられる。これは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並んでいるパターンである。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ーン(三角団子)が含まれてしまうので、この個数を差し引く。

#### 4.1 安全な接続点

リンクをもたず、共通の接続点(盤の端以外)をもつ2つのブロックにおいて、接続点の周囲に他の接続点がない場合、その周辺を調べることによりその接続点単体でそれに隣接するブロックがグループ関係にあ

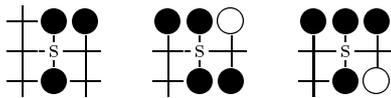


図 1: 安全な接続点の例

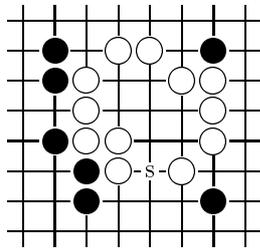


図 2: 閉領域

るかどう判定できる場合がある．これは次のような手順で行われる．

1. 接続点の上下左右に敵石があった場合，その接続点単体では接続していない．
2. それ以外の場合，その接続点の斜め 4 方向に配置されている石が次の条件を満たすならば，その接続点はそれに関わるブロックを安全に接続している．

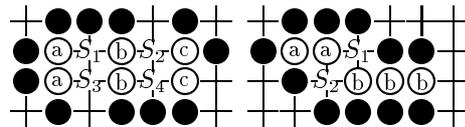
$$(\text{自石の数}) - (\text{敵石の数}) \geq 1$$

図 1 に安全な接続点  $s$  の例を示す．安全な接続点が二つ以上のブロックを接続している場合，オイラーの公式の適用においてその接続点を頂点として取り扱うことができる．またリンクは安全な接続点と隣接した 8 方向の石との間の関係を含むように拡張される．

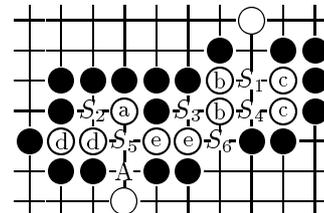
[例] 図 2 において，白石のリンクの数は 16，石の個数は 13，三角団子の個数は 3 なので閉領域数は  $16 - 13 + 1 - 3 = 1$  となる．

### 5 グループのダメ数の決定法

グループのダメ数は相手がダメをなくすために必要な手数であり，攻め合いにおいて重要な意味をもつ．いずれの接続点に敵石が打ってくるのかによつてのダメ数は変化するが，ここではダメ数が最小の手順の場合を求める．グループ内に含まれている各ブロックのダメ数の合計を  $D$ ，グループ内の各接続点に関わるブロック数の合計を  $B$ ，各接続点のダメの合計を  $S$  とすると，グループ全体のダメ数  $G$  は  $G = D - B + S$  で与えられる．ここで，接続点のダメは，接続点の周囲の空点のうち，その接続点のブロックのダメでもない



(a) (b)



(c)

図 3: グループのダメ数

空点である．同じブロックがもつ接続点の場合，いずれかの接続点のダメが詰まっていたら接続点のダメは 0 とする．

[例] 図 3 の (a) の場合，ブロック a のダメ数は 2，ブロック b のダメ数は 4，ブロック c のダメ数は 3 である．接続点  $S_1$  から  $S_4$  をもつブロックはいずれも 2 であり，接続点のダメは 0 である．ゆえにグループのダメは  $2 + 3 + 4 - (2 + 2 + 2 + 2) + 0 = 1$  となり，黒が先着することによりこのグループは取られることが分かる．(b) の場合は  $(2 + 3) - (2 + 2) + 0 = 1$ ，(c) の場合は A が接続点のダメになるため  $(2 + 4 + 2 + 2 + 3) - (2 + 2 + 2 + 2 + 3 + 2) + 1 = 1$  となる．

### 6 結び

グループの認識とダメ数の計算方法，グループに含まれている閉領域の個数についての改良された方式について述べた．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 [2] の実装，囲碁プログラムへの本方式の組み込みなどがある．

### 参考文献

- [1] 中村，木戸間，数値的な特徴に基づ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] K. Nakamura, Static Analysis by Computing the Difference in Go Programming, *Advances in Computer Games 10*, Kluwer, pp.175-192, 2004.