

Igolog: データベースと差分計算にもとづく囲碁プログラムの基本部*

葛原 大輔†

東京電機大学大学院理工学研究科‡

中村 克彦‡

東京電機大学理工学部¶

1 まえがき

コンピュータ囲碁においては死活などの静的解析が複雑であるばかりでなく、将棋やチェスの場合のように数値的な評価値を探索に組み入れることが難しい。より高度の静的解析を効率よく行うために、われわれは差分計算および攻め合いグラフによる攻め合いの解析などの方式を提案している [1]。

この報告では、われわれが開発中の囲碁プログラムの基本部 Igolog について述べる。Igolog は論理型言語 Prolog でかかれており、盤面および局面の状態を連想記憶を用いたデータベースに登録し、その情報に規則を適用して推論を行なって着手を決定することが基本となっている。この方式では盤上の石の配置からブロックおよびグループを識別し、それから計算されたブロックのダメ数やグループの内包している領域数などがデータベースに登録される。登録された情報を用いて、局面の解析や差分計算が行われる。差分計算とは、一手ごとに行われる静的解析を局面の変化分だけに制限する方法である。データベースに登録された局面の情報に規則を適用した推論によって着手決定や終了判定などを行う。

2 用語：ブロックとグループ

この報告では次のような囲碁局面に関する用語を用いる。

- **ブロック**：1つ以上の石からなる互いに隣接した同色の石の極大集合。
- **ダメ**：ブロックに隣接した空点。
- **接続点**：2つ以上の同色ブロックの共通のダメ。
- **グループ**：敵から動的に切断されることのない同色のブロックの極大集合。
- **静的グループ**：2つ以上の接続点、もしくは1つ以上の相手から切られることのない接続点で接続されたブロックの極大集合。

3 データベース

Igolog では、盤上の石の配置、および石の配置から識別されるブロックと静的グループなどの局面の情報をデータベースに登録する。ブロックと静的グループには、そのダメ数や内包している領域数や接続点なども合わせて登録される。

データベースはハッシュ記憶を用いており、単位節 (複合項) $p(a_1, \dots, a_k)$ の形式のデータが格納される。各単位節は1つ以上のキーの組み合わせ (たとえば、述語名 p と引数の1つ、さらにこの組み合わせは複数の場合がある) によってアクセスされる。コンフリクトの処理には、一般のチェーン法における連結リストの代りに2分探索木を採用した改良形のチェーン法を用いている。この方式によって、コンフリクトが重なっても高速なアクセス、およびデータの追加と削除が可能である。

4 局面の表現

N 路盤の上の座標 $(I, J), 0 \leq I, J \leq N-1$ は、ひとつの整数 $IJ = I \times 100 + J$ によって表される。また、着手番号 $K \geq 1$ の石は、 K が奇数なら黒、偶数なら白と判定される。局面を表すために次のような述語が用意されている。

- **stone(IJ, K)**：「座標 IJ に着手番号 K の石が置かれている」ことを表している。例えば、データベースに **stone(1104, 10)** が含まれている場合、二つのキーを含む項 **stone($X, 10$)** によってアクセスすれば、着手番号 10 の石の座標 $(11, 4)$ を表す値 $X = 1104$ が取得できる。また、**stone(1104, X)** と指定すれば、座標 1104 の石の着手番号 $X = 10$ が返される。
- **in_block(K, BN)**：「着手番号 K の石はブロック BN に属している」ことを表している。ブロック番号 BN はこれに属する石の最小の着手番号である。
- **blockNSL(BN, S, L)**：「ブロック番号 BN のブロックは、ブロックサイズ (ブロックの石の総数) が S で、ブロックのダメ数が L である」。
- **blockDAL($BN1, BN2, IJ1, IJ2$)**：「 $BN1, BN2$ は接続点を持つ2つのブロック番号であり、 $IJ1, IJ2$

*Igolog: A Kernel for GO Programming Based on Database and Incremental Computation

†Daisuke Katsurahara

‡Katsuhiko Nakamura

§Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Denki University

¶College of Science and Engineering, Tokyo Denki University

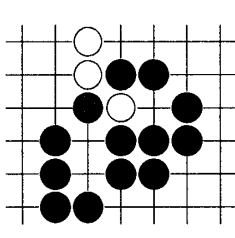


図 1: 閉領域

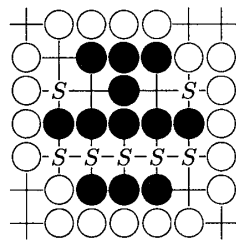


図 2: semi-joint

はそれらが接続するための各ブロックの石の座標である」。

5 オイラーの公式を用いた閉領域数計算

データベースには1手ごとに変化した差分情報が格納されており、いつでも最新の情報を参照できる。これを利用してさまざまな解析が行われる。

グループの死活判定には、グループの含む閉領域の形や個数が重要である。完全に閉じている閉領域の個数はオイラーの公式にもとづく次の式によって求めることができる。

$$R = n - k - l + 1$$

ここで、 k はグループの石の個数、 n は二つの石が隣接している配置およびコスミの関係の配置（リンク）の個数、 l は3つの石が三角形に隣接している配置（三角団子）の個数である。

図1の場合、黒のグループがもつリンク数は18、石の個数は13、三角団子の個数は4なので閉領域の個数は $18 - 13 + 1 - 4 = 2$ となる。グループが盤の隅にある場合は、端の石はアースと呼ばれる仮定の石とリンクをもつ仮定して上の式による計算を行うことによって閉領域の個数を求めることができる。

完全に閉じていない閉領域の個数の判定は、semi-joint と呼ばれる閉領域に隣接する空点についての1/2の価値をもつリンクを用いて行われる。図2において S が黒の semi-joint である。この semi-joint の配置から、黒のグループは2個の閉領域（眼）をもつと判定できる。

6 データベースにもとづく終了判定

データベースに格納されているすべてのブロック情報を検索することによって、中国ルールによるゲームの終了判定をおこなうことができる。基本的にはすべてのブロックのダメ数が2であれば終了となるが、以下のような例外がある。

1. 二つのブロックの接続点に石を置くことによってブロック同士が接続される場合：たとえば、図3

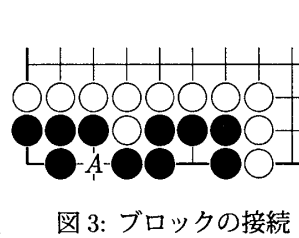


図 3: ブロックの接続

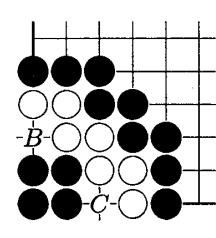


図 4: 5目手

の点 A に黒が着手すれば、黒の2つのブロックは接続して1つのブロックとなる。また、セキを構成するブロックも同様に空点に着手することにより同色のブロック同士が接続されて1つのブロックとなる場合がある。

2. ブロックのサイズが小さいケース：ブロックのサイズが7より小さい場合、このブロックが捕獲される場合がある。たとえば、図4において内側にある黒のブロックは黒が点 B か点 C に着手することによって、白のブロックを捕獲できる。ブロックのサイズが3より大きい場合、形によって、捕獲またはセキが成立となる場合がある。

7 むすび

この報告では、ハッシュ記憶を用いたデータベース（連想記憶）にもとづいて着手決定のための推論を行う方法を提案した。囲碁においては、動的解析（ゲーム木の探索）と高度の静的解析を各種の形式で組み合わせることが必要であるため、推論を基本とする着手決定方式が有効と考えられる。一方、通常のゲーム木の探索を用いないモンテカルロ法にもとづく囲碁プログラムにもここで述べた盤面と局面の記述方式を応用できると考えられる。

この方式は特に、一定の条件が満たされたときに特定の規則（デーモン）が適用されるような推論に適している。今後の課題として、静的解析にもとづいて着手決定を行うような発展させること、電位分布にもとづくアナログ的な解析 [2] との結合などがあげられる。

参考文献

- [1] K. Nakamura, Static analysis based on formal models and incremental computation in Go programming, Theoretical Computer Science Vol.349, 2005.
- [2] 永田雄之, コンピュータ囲碁におけるデジタル解析とアナログ解析を結合した静的解析, 情報処理学会全国大会, 2008