

囲碁における族と領域

田島守彦 † 実近憲昭 †

筆者らは、可能手抜き数 (PON) に基づいて囲碁の序盤の局面評価を行う手法を開発し、その有効性を確認済みである。しかし、主として大模様に関する問題など、PON に基づく手法のみでは解けない問題がある。これを解決するために、本論文では、囲碁における手の大きさを評価するための道具として、同色石の族、および族が作る領域が重要な概念であることを示す。これらの概念は、まず形勢判断、戦略決定、候補手生成の各場面で利用できる。距離による族と領域の定義、領域の求め方といくつかの変種、および利用例を示す。

Families and Regions in Go

TAJIMA MORIHIKO † and SANECHIKA NORIAKI †

The authors have developed a method which makes the evaluation of opening positions of the game of Go based on the possible omission number (PON) and have confirmed its effectiveness. There are, however, problems which cannot be solved by the method only. In order to overcome the difficulties, this paper shows that *families* of stones of a colour and *regions* formed by families are important concepts as the tools to evaluate the size of a move. Firstly these concepts can be applied in situation judgment, decision of strategy, and candidate generation. Their definitions, determination of regions, several variations, and examples of application are shown.

Keywords: computer Go, family, region, position evaluation, candidate generation, strategy

1. 序

近年、人工知能分野において、コンピュータ囲碁の研究が盛んになりつつある。研究が進むに従って、これが大変困難な研究分野であることが明らかになってきた。特に困難なのは、コンピュータチェスで大成功を収めた、徹底的な探索にもとづく手法が使えないことである。また、ゲーム木を作成して評価するにしても、局所的でない局面評価が非常に困難である。しかし、近年のハードウェアの進展に伴い、局面全体を評価するアプローチの研究も始まっている¹⁾。

われわれは、囲碁の序盤の対局に、可能手抜き数 (PON)²⁾ を利用した局面評価に基づく手法を提案し、その有効性を示してきた³⁾。これは、ケースに基づいて局所的に推薦される候補手集合の中から最適な候補手を決定する手法である。しかし、PON に基づく計

算のみでは正解が得られない事例が存在する。最大の理由は、PON の計算の有効性が局所的なことであり、模様のような、より大きな空間の認識が必要である。

盤面上の地を近似的に見積もるアプローチは以前からある (たとえば⁴⁾⁵⁾) が、局面全体の評価に関連するテーマとして、再び注目があつまっている。たとえば⁶⁾ は、影響関数に基づく手法を、Explorer¹⁾ は zone-based heuristics に基づく手法を用いている。

碁は最終的に地のサイズを争う「分割ゲーム」の典型例であり、この最終ゴールに直結したデータ構造対象は領域である。本論文では、模様の認識に、族と領域の概念が有効であることを示し、今後のプログラム作成の指針とする。また、族と領域の概念は、局面評価のみでなく戦略決定や候補手生成にも有効である。

以下、2 で族と領域を定義する。また、領域のいくつかの属性を示す。3 で領域への分割の仕方といくつかのバリエーションを示す。4 で、いろいろな場面での領域の活用法と、その例を示す。5 で本論文をまとめる。

† (独) 産業技術総合研究所
National Institute of Advanced Industrial Science
and Technology, Tsukuba Central 2, 1-1-1, Umezono,
Tsukuba-shi, 305-8568 JAPAN
tajima.m@aist.go.jp sanetika@sepia.ocn.ne.jp

2. 族と領域

チェスや将棋とは異なり、囲碁では駒に相当するものが1種類のもの(すなわち石)しかない。従って、ゲームの局面を理解あるいは評価するためには、各石を直接評価することでなく、石の意味のある集合を考える必要がある。そのようなものの中で必ず用いられる概念には、連(あるいはブロックとも呼ばれる)および群がある。それぞれ、捕獲の単位、死活の単位であり、局面理解および評価の基礎となる概念である。われわれのPONに基づく評価も、群を基礎にしたものであり、群の強度と、その群が支配する周辺の空点のサイズを基にしている。しかし、群のみでは、大きな模様を評価するには不足である。

より大きな空間認識のための概念として、族と領域を定義する。

【定義】領域

各色の生きている石からの距離(マンハッタン距離)により、盤を黒と白に等距離分割したときに出来る連結点の集合

【定義】族

同じ領域に属す群の集合

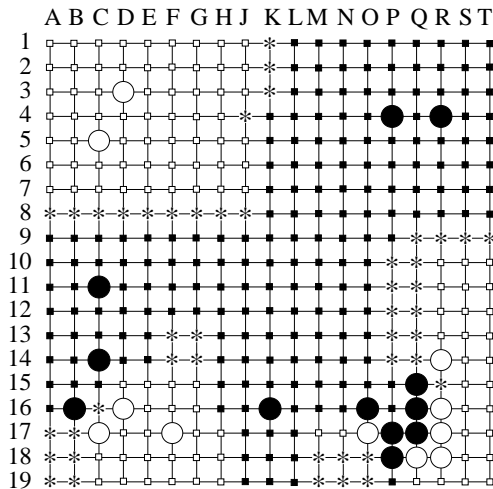


図1 An example of regions and families

【例】

図1に領域と族の例を示す。白番の局面で、すべての群は生きている。白領域の空点、黒領域の空点、等距離点を、それぞれ、 \square 、 \bullet 、 $*$ で示す。本盤面には1

族については、一定値以上のポテンシャルをもつ点を経由して到達できる群の集合という定義もあり得て、実際にわれわれは初期にはそのような定義を用いていた。

つの黒領域と3つの白領域が存在する。従って、族についても同様で、本盤面には1つの黒の族と3つの白の族が存在する。

この分割法は、原理的な等距離線が得られるので、候補手の生成時に有用である。

局面評価や候補手生成のために利用可能な、領域の属性としては次のものを考えることができる。

- 領域サイズ
- 確定地サイズ
- 占有地サイズ
- 勢力圏サイズ
- 等価目数

確定地とは、所属がほぼ確定した領域である。占有地とは、領域のうちの他方の側からは侵入できない部分である。勢力圏とは、領域のうち、確定地(あるいは占有地)以外の空点の部分である。また、勢力圏に対しては、ヒューリスティクスを用いて目数の見積を考えることができ、それを等価目数と呼ぶ。それぞれに対しては色々な計算法が考えられる。確定地と占有地は重なる属性で、場面に依じて使い分ける。占有地を、われわれの対局システムでは、同色石を結ぶ結線のうちの強いもの(強結線と呼んでいる)で囲まれた領域としているが、本論文ではコスリ数を利用した簡単な計算によることにする。(3節で詳述する)

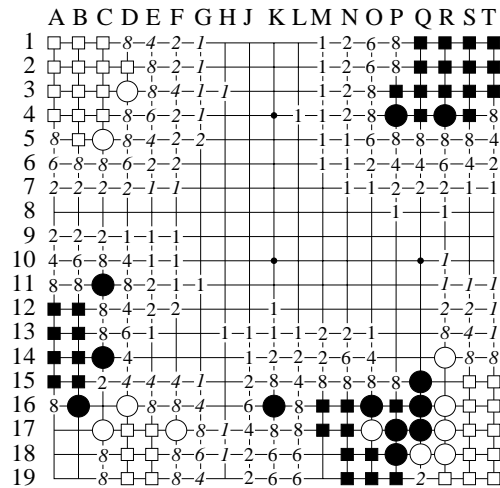


図2 An example of territory size equivalent values

図2に、われわれのシステムでの、確定地と等価目数の計算例を示す。各点上の数値は、各石が盤上におよぼす影響を数値化したものを加算して求めた値(4)ではポテンシャルと呼んだ)を正規化した値で、等価目数の10倍を意味する。黒地、白地に対する値を、

それぞれローマン体、イタリック体で表示している。等価目数が1の点を確定地とし、黒確定地、白確定地をそれぞれ、 \blacksquare 、 \square で示す。

等価目数の計算では、群からあまり遠い(具体的には距離4を超えるような)点を目数に数えることは困難である。この点でPONの計算の場合と同様である。しかし、局面の評価では大きな模様についても何らかの評価をする必要がある。そのために有用なのが、等価目数以外の属性である。

3. 領域の計算法

前節で基本的な領域への分割について示した。しかし、この方法では距離の測定が単純すぎる場合がある。本節で、より実際の領域への分割法について述べる。

3.1 コスリ数

前節においては、距離を測定する際、全空点を平等に扱った。しかし、例えば1間で並んでいる相手側の石の間を通して手を伸ばして行くのは非常に困難である。従って、相手の石が隣接しているような空点については、その困難さを考慮するのが妥当である。われわれはPONの簡易見積もりにおける有効な n 次ダメ点の条件の決定に利用したコスリ数²⁾をここでも利用する。

コスリ点 相手の石が隣接しているような空点をコスリ点と呼ぶ。

(経路の)コスリ数 群から空点への経路を考える。経路にコスリ点が含まれている場合は、経路上でそのコスリ数をカウントする。経路上でコスリ数は累積される。同時に n 個の敵石に接するコスリ点では $+n$ となる。

特別に加算されるコスリ数 辺に到達した経路はコスリ1回が加算される。3線以下にある敵石の下に入った経路はコスリ1回でなく2回が加算される。

以下に、コスリ数を考慮したいくつかの分割法を示す。

3.2 次数優先分割

群からある点までの距離は、群からその点までの経路(経路は隣接する空点から構成される)の中で最短のもの長さである。このとき、コスリ2回以上の点には到達出来ないという条件を満たす経路のみを採用する。空点への距離を求め、盤を領域に分割する。

図3に、このように距離を定義したときの領域への分割例を示す。領域のうち、一方からの色からしか到達できない空点を占有地とし、大きな \blacksquare あるいは \square で、それ以外の空点を勢力圏とし、小さな \blacksquare あるいは \square で示している。図1の場合と異なり、等距離点でも白黒

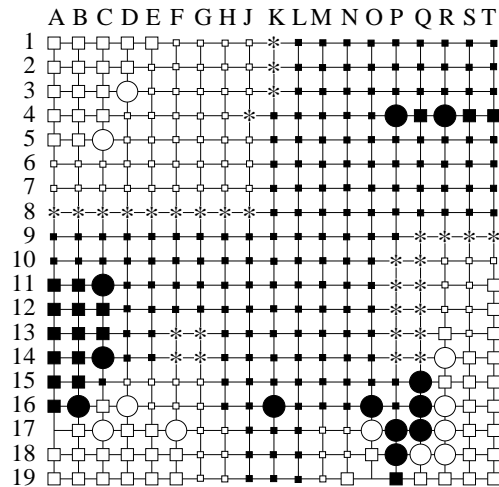


図3 An example of region determination considering kosuri

どちらの領域でもない空点が生じる(点A17およびO19。コスリ数が2以上となるのでどちらからも到達できない)。等距離点から白の占有地や勢力圏に変化する点も生じる(点A18-19, B17-19, C16, N19, O18, R15が占有地に、M18-19, N18が勢力圏に変化)コスリ数は到達可能かどうかの判定にのみ利用し、距離の測定にはダメ点の次数(石からの距離)のみを利用するので、このような距離測定法に基づく領域への分割を次数優先分割と呼ぶことにする。

この分割法も候補手の生成時に有用である。

3.3 コスリ数優先分割

上の分割法では、コスリ数による到達可能性は考慮したが、分割自体は単純な等距離線に基づいて行った。しかし、地合を考えるような場合には、双方の色から等距離だとしても、そのコスリ数が異なれば(一方が0で一方が1)その到達可能性という意味での距離感は大きく異なる。従って、長距離でもコスリ数が小さい経路の方を、短距離でもコスリ数が大きい経路よりも優先する分割法が考えられる。

図4に例を示す。白石aから白石bへの経路を考える。太実線が最短経路であり、距離は4である。しかし、この経路は1回のコスリを伴う。これに対して、コスリを回避する経路を考えることもできる。波線は、そのような経路の一つで、コスリが生じない最短経路である。経路をこのように採れば、距離は6になる。このように測定される距離に基づく領域への分割をコ

PONの簡易計算には n 次ダメ点の個数を利用しており、 n は、次数優先分割での距離測定法によっている。もっとも $n=4$ までしか利用しないので、次に述べるコスリ数優先分割での距離測定法と測定結果が異なる場合はほとんどない。

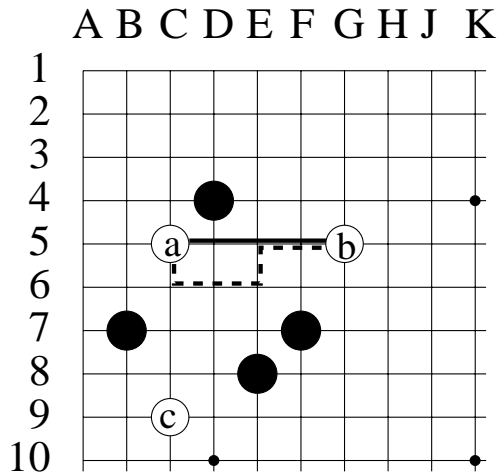


図4 Tow kinds of routes

スリ数優先分割と呼ぶことにする。

コスリ数優先分割では、コスリが多い経路でなく、コスリが少ない経路を採用して距離を測定し、盤面を等距離分割する。これは、コスリ数1を十分大きな距離（例えば100）に換算して測定した距離に基づいて等距離分割することと等価である。

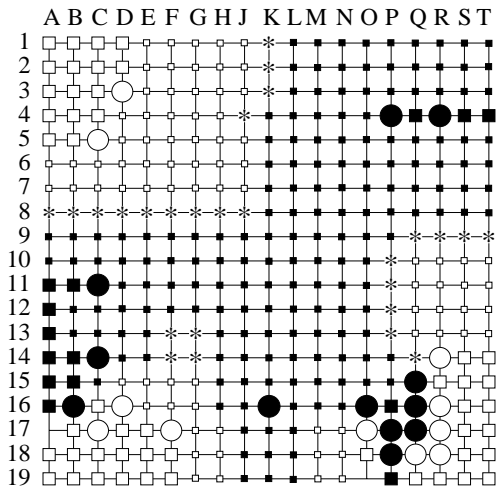


図5 Region determination by *kosuri* number first

図5に、このように距離を定義したときの領域への分割例を示す。双方からの距離が変わってくるので、等距離線が変化する（Q10-Q13が等距離線でなく白の領域に変化した）。また、遠回りしてもコスリがない経路が優先されるので、占有地も変化する（B12、B13が占有地ではなくなった）。

次数優先分割は候補手生成で有用であるが、コスリ数優先分割は地合のための等距離線を作成するので、

相手が入ってこられない領域を調べるのに有用である。

3.4 コスリ数の距離への換算

場合によっては、次数優先分割も、コスリ数優先分割も、どちらも実用的でないことがある。

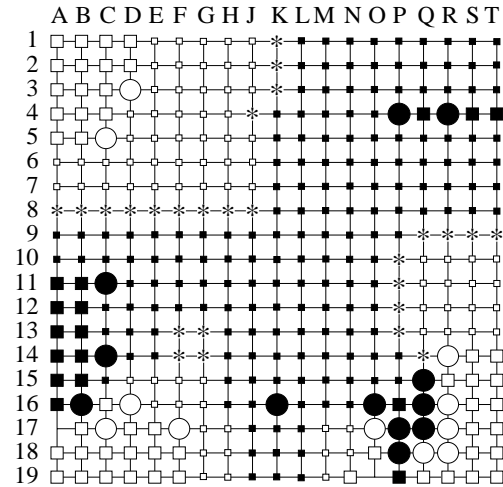


図6 Region determination by the conversion of *kosuri* number to distance

例えば図4で白石aから白石cへの経路を考える。次数優先での距離測定では距離は4だが、この経路はコスリ数1である。これに対して、コスリ数優先での距離測定では、白石bの上側と右側を回り込んで下方から白石cに到達する、距離20の、非常に遠回りの経路を想定することになってしまう。このような経路にはほとんど実際上の意味がない。

両測定法の間中に位置するような距離測定法として、コスリを距離に換算して距離を定義する方法が考えられる。すなわち、コスリ1回を距離 n ($0 < n$)相当として距離を測定する。図6に、 $n=2$ とした場合の分割例を示す。この盤面例では図5とほぼ同じになる。一部、占有地が変化している（B12、B13が黒占有地に戻り、図3と同じになった。またN19が白占有地に戻った）。

n に対してどの程度の値が良いのかは、利用する場面によるので、実験的に求める必要がある。通常、 $n=2\sim6$ が適当のようである。

3.5 その他の分割法

以上に示した基本的な分割法に、次のような変形を考えることもできる。

(1) 最大次数の制限

ここでは経路の長さに制限を設けていない。模様を求めることが目的なので、群から遠方の点も考慮する必要があるからである。しかし、例

えば 4~10 程度に制限すると有効な場合があり得る。

(2) コスリによる限界の緩和

ここまでの議論では、コスリ 2 以上の点には到達できないとしている。これを次のように変更する。

- コスリ数に関わらず到達可能にする。
- n になる点までは到達でき、それ以遠には到達出来ないとする。
- 一般に $n(n > 2)$ に緩和する。

変形が有効かどうかは、場合による。

4. 領域の活用法と例

領域は、形勢判断、戦略決定、候補手生成、の 3 つの場面で利用できる。以下にそれぞれについて説明する。

4.1 形勢判断

一つの領域の内部は、確定地圏と単なる勢力圏から成る。勢力圏は、図 2 に示したように、ポテンシャル概念を導入して等価目数に換算することで、領域全体の等価目数を比較的容易に計算できる。

しかし、序盤の段階においては、1 手ごとに領域が激しく変化し安定しない。従って、等価目数により大まかな形勢判断は可能だが、局面を正確に評価することはできない。

4.2 戦略決定

碁の戦略は、棋風にも関連して多様である。代表的な戦略として次の 4 つがあげられる。

- (1) 大模様指向型: 確定地化すれば、そのまま勝ちとなるような規模の大模様を張り、相手がこれを妨害してくれば、これを攻めて利をはかる戦法。
- (2) 実利指向型: 序盤から隅、辺を中心に相手より勝る実利を稼ぎ、残りの中央部分は、相手と均等に分け合う戦法。また、序盤でも実利が均衡した場合、領域を細分化して終盤のヨセの勝負に持ち込む戦法。
- (3) 厚み指向型: 序盤から実利にこだわらず、とにかく弱い群をつくらぬことに専念し、中盤以降、状況に応じて他の戦略型(主に、戦闘指向型や大模様型)に転換する戦法。
- (4) 戦闘指向型: 守備と攻撃の選択の可能性があるときは、後者を選び、攻撃は最大の防御の立場をとる戦法。

基本的な戦略は大模様指向型と実利指向型である。厚み指向型と戦闘指向型は、相手が妨害してきた時に必然的に採らざるを得なくなる戦略である。領域デー

タを活用することで、現在の局勢が上記のどの戦法に適した情勢であるかが、ある程度判別可能となる。ただし、戦闘能力や厚み判定は、領域データとは直接関係がないので、領域データからの情報だけで戦略決定は無理である。

4.3 候補手生成

形勢判断による局面の全域的な判定により、局勢に影響を与える戦略的対象としての「領域」の特定を行う。

われわれのシステムでは、領域データ情報は、位置、敵味方の境界、サイズ、などの形態データとともに、勢力圏としての強度、打ちこみ、分断などの欠陥の有無など、の強度データを持つ。候補手は、こうして絞られた、領域の境界近傍、敵領域の内部、味方領域の内部のいずれかに生成されるので、より詳細な評価が可能となる。

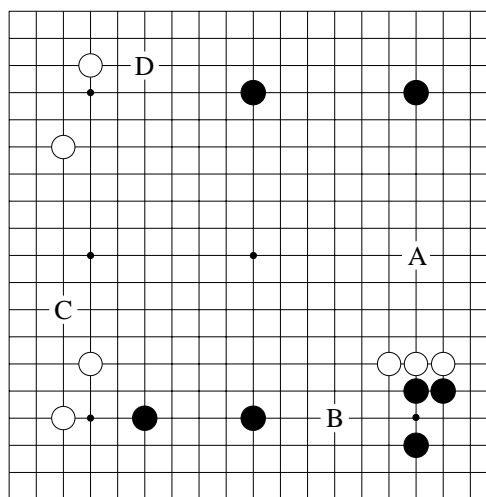


図 7 Black to move

図 7 の問題を例にとる。黒番の局面である。図 8 に、次数優先による領域への分割を示す。各戦略に対する候補手は、たとえば次のようになる。

- (1) 大模様指向型: 右上に黒が大模様を作れる可能性がある。右辺と上辺、2 箇所境界近傍に注目する。右辺の候補手 A は右下の白弱群を牽制でき、良い模様手である。候補手 D は模様手ではない。
- (2) 実利指向型: 下辺に黒の模様があり、これを確定地にできそうである。従って、黒の領域内部への B が候補にあがる。相手からの侵入を防ぐ意味がある。また、境界付近への手ではあるが、D は実利指向の手と解釈できる。

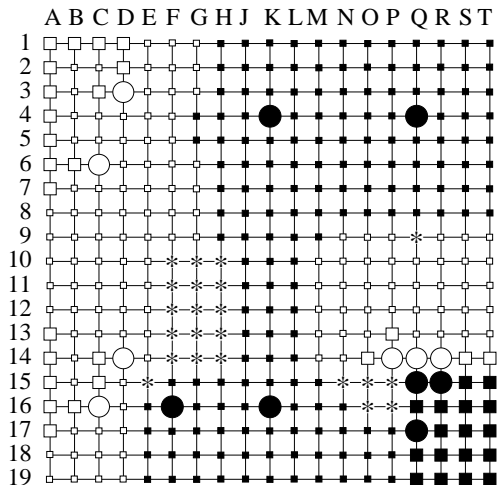


図 8 Region determination of the position in Fig.7

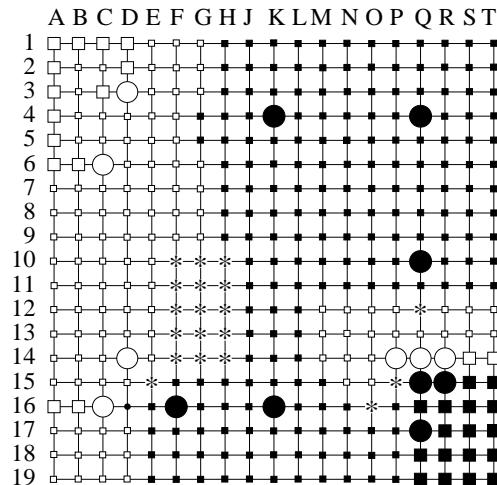


図 9 The position by the candidate A

- (3) 厚み指向型：この局面では存在しない。白からの B への手を防止できるという意味で、強いて言えば B は厚み指向でもある。
- (4) 戦闘指向型：左辺に白の模様ができそうなので、これを妨害する必要がある。白の領域内部への C が、戦闘指向型の候補手である。

候補手のなかから最善手を選択することは、形勢判断の結果、欠陥の有無、着手効果の評価などを総合的に判断して行う必要がある。われわれは以前の報告³⁾で、PON にのみ基づく手法では正解が得られないいくつかの事例を分析した。図 7 はそのような一例であった。

候補手 A が正解であるが⁷⁾、われわれの手法では候補手 B が選ばれた。正解が得られなかった理由としては、群の支配する領域の見積が局所的であることが大きい。ここで、各候補手打着後の局面において、等距離線に基づく領域を調べてみる。

図 9 に候補手 A 打着後の、図 10 に候補手 B 打着後の盤面とコスリ数優先による領域への分割を示す。

表 1 Size of the regions in Fig.9

	occupied territory	sphere of influence	total
black	17	186	203
white	16	108	124
difference	1	18	79

表 1 および表 2 に、それぞれの盤面における、占有地サイズおよび勢力圏サイズを示す。これらに明らかのように、候補手 A による局面の方が大きな模様を確保している。しかし、PON に基づく手法による間違った結果も、それなりに右下の白群と黒群の勢力争

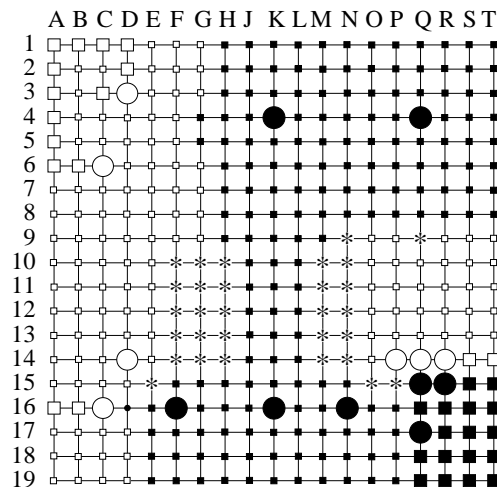


図 10 The position by the candidate B

表 2 Size of the regions in Fig.10

	occupied territory	sphere of influence	total
black	17	165	182
white	16	118	134
difference	1	47	48

いを評価した結果なので、模様の大さをどのようにこれまでの評価法に組み合わせて正しい評価を行うかは難しい問題である。

5. 結 び

囲碁の形勢判断、戦略決定、候補手生成、に有用な概念として、族と領域を取り上げ、その定義、分割法、いくつかの変種、および活用法と例についてまとめ

た。これらのうちのいくつかは、我々が作成中の対局システム「思考碁」に実装し、有効性を評価中である。領域の概念は、形勢判断、戦略決定、候補手生成、に有用と思われる。また、これを PON に基づく方法と組み合わせることで、より正確な局面評価が期待できる。

参 考 文 献

- 1) M. Müller. Position evaluation in computer Go, *ICGA Journal*, Vol.25, No.4, 219-228, 2002.
- 2) Tajima M. and Sanechika N.. Estimating the possible omission number for groups in Go by the number of n -th dame, First International Conference on Computer and Games '98, in *Lecture Notes in Computer Science*, 1558, H.J. van den Herik and Iida H. (eds), 265-281, Springer, 1998.
- 3) Tajima, M. and Sanechika, N.. An improvement of the method on the strategic placing of stones based on the possible omission number, *IPSJ SIG Notes*, Vol.2000, No.98, 85-94, 2000.
- 4) Sanechika N. et al.. The specifications of "Go Generation", *Proceedings of the Game Playing System Workshop*, 73-155, Tokyo, 1991.
- 5) GnuGo.
- 6) S-J. Yan and S-C.Hsu. A positional judgment system for computer Go, *Advances in Computer Games 9* (Eds. H.J. van den Herik and B.Monien), 313-326, IKAT, Universiteit Maastricht, Maastricht, The Netherlands, ISBN 90-6216-5664, 2001.
- 7) Nihon Kiin, *New Bessatsu Igo Club*, 31, 1993. (in Japanese)