

囲碁盤面の評価方法

福井真人† 竹内義則† 松本哲也† 工藤博章† 山村毅‡ 大西昇†

提案した評価関数[1]では、「勢力」の評価にのみに頼っていたので、広いスペースを評価するとき、十分な精度が得られなかった。そこで、おおまかに囲まれている点を「模様」として評価関数に加えた。模様は勢力より陣地になる可能性が高く、価値が高い。これにより、「ヒラキ」の位置を答える問題(陣地、群の強弱が変わらない問題)で、特に大きな精度の向上が見られた。この結果から、模様評価の有効性が確認できた。また、これまで模様が評価関数に入れられてこなかった理由の一つは、低い計算コストで長距離の接続を見つけることができないことであった。本稿では、群に対するポロノイ図を使うことによって、効率良く弱い接続を見つける方法を示す。

A Method for Evaluating Go Positions

Masato Fukui† Yoshinori Takeuchi† Tetuya Matumoto† Hiroaki Kudo† Tuiyoshi Yamamura‡ Noboru Ohnishi†

In case of evaluating wide space, our previous evaluation function, which was dependent on estimating only *Influence*, didn't give enough accuracy. Then, we add *Moyo*, that is a space surrounded roughly by friend stones, to our evaluation function. *Moyo* is more effective than *Influence* because it becomes *Territory* with a high possibility. Thereby, the addition of *Moyo* shows big improvement in accuracy in questions to which the position of *HIRAKI* is answered. Thus this result confirmed the validity of evaluating *Moyo*. One reason why *Moyo* was not considered in the evaluation function is its high computation cost in finding long-distance connection. This paper presents a new method for finding long-distance connection effectively using Voronoi diagram to groups.

1 はじめに

囲碁では、探索空間が膨大で評価関数が複雑なため、チェスで成功した全幅探索を用いることが難しい。したがって、強い囲碁プログラムを作るためには、効率的な探索と正確な盤面の評価が必要不可欠である。筆者らは、正確な盤面の評価に焦点を当てて研究している。

筆者らは、より人間の形勢判断に近い盤面の評価方法を提案してきた[1]。この方法の特徴は、「群の強弱による将来的な陣地の増減」(以下「群の強弱」と呼ぶ)を評価している点である。しかし、提案した手法には、模様のような大きな空間を精度よく評価できないという問題点があった。田島らによる盤面評価の方法[2]でも、この問題点はあった。

模様の評価方法に対する研究として、*Cutoff Number* を用いた方法[3]がある。しかし、この方法はまだ実用段階とは言い難い。そこで、本稿ではより厳密に模様を認識し、評価する方法を提案する。この方法の特徴は、模様を囲んでいる接続の強さ(接続間の距離)により、模様の価値を変えている点である。

本稿では、2で人間の形勢判断の概要を述べる。特に、評価因子の一つである模様については詳しく説

明する。3では、模様の認識方法と、認識した模様の評価方法を説明する。4では、評価関数に対する評価実験とその結果を示し、結果に対して考察する。最後の5で、本稿のまとめと今後の課題について述べる。

2 形勢判断

「精密な形勢判断をするためには、双方の地を正しく計算する力はもちろんのこと、基盤全体を総合的に判断する大勢観と、潜在的価値まで解き明かす分析力、推理力までも兼備しなければならない」[4]。特に序盤から中盤では、陣地の変化が少ないので、打つ手の方針が潜在的価値によって大きく左右される。したがって、この潜在的価値の推定は非常に重要である。

「模様」とは、陣地ほどしっかりと囲まれてはいないが、陣地になる可能性の高いところである。例えば、図1の黒の群は、中央に向かって大きな勢力を発している。図2は、図1に白い印のついた黒石を2つ追加した盤面である。図2の楕円部分は、勢力より陣地になる可能性の高い「模様」になる。さらに、図3のように囲むことによって、陣地となる。つまり、模様内の各点は勢力と陣地の中間の価値となる。

† 名古屋大学, Nagoya University, ‡ 愛知県立大学, Aichi Prefectural University

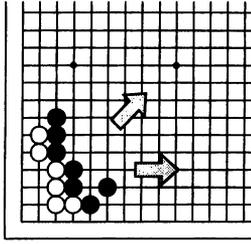


図1 勢力

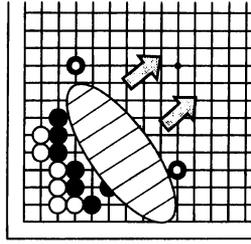


図2 模様

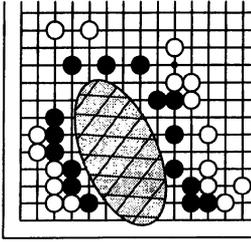


図3 陣地

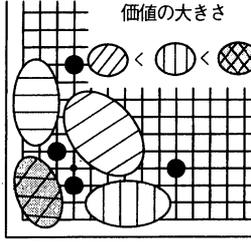


図4 囲み具合による
価値の違い

模様内の各点の価値は、味方の石による囲み具合に依存する。図4の例では、左下の $\textcircled{\otimes}$ の価値が一番高く、続いて、右下と左上の $\textcircled{\ominus}$ が次に高い、右上の $\textcircled{\oplus}$ が4つの中では最も低い価値となる。

3 模様の認識・評価方法

潜在的価値を評価するために、人間の感覚に近い「勢力」と「群の強弱」を評価に取り入れた評価関数を提案してきた。さらに精度よく盤面を評価するために、新たに「模様」を評価因子に加える。

ここで、模様の認識・評価方法を説明するのに使う接続関係の用語を定義する。

短い接続：接続している石の間の距離が3以下の接続

長い接続：接続している石の間の距離が4以上の接続

強い接続：敵から接続を切断しようとしても切断できない。完全につながっている接続

弱い接続：完全につながっているわけではないが、接続している石を結んだ間に敵の石がない。おおよそつながっている接続

3.1 模様の認識方法

模様を認識する手順は次のようになる。

1. 石同士の接続を見つける。
2. 同色の石と接続で囲まれているところを模様として認識する

模様を認識する手順は、陣地を認識する手順とまった

く同じである。模様と陣地の違いは、囲んでいる接続の強さである。陣地は強い接続のみで作られるが、模様は強い接続と弱い接続の両方によって作られる。

陣地と同じ方法で模様を認識できるのに、なぜこれまで模様の評価が行われてこなかったのであろうか。模様評価が行われなかった一番の理由は、長い接続を簡単に見つけることができなかったからである。

長い接続を見つけるための一番単純な方法は、盤上にある同色の石の組合せをすべて考える方法である。しかし、接続があるかどうかを調べるために、石同士の間の領域(図5の楕円部分)をすべて調べる必要がある。このため、同色の石すべてに対して組合せを考えると、計算コストが膨大になる。

短い接続を見つける方法としては、パターンマッチングによる方法が一般的である。しかし、長い接続まで、パターンマッチングで見つけようとする、計算コストが増大する。

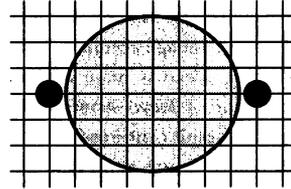


図5 接続の有無を調べるためのチェック範囲

そこで、効率的に長い接続を見つける方法を提案する。

1. 生きているすべての群に対して、自群から距離 N まで空点をその群の領域として認識する。ただし、群から見て、敵の強い接続や石より遠くには領域を広げない。図6に領域の例を示す。図6は黒の群Aに対する領域を示している。

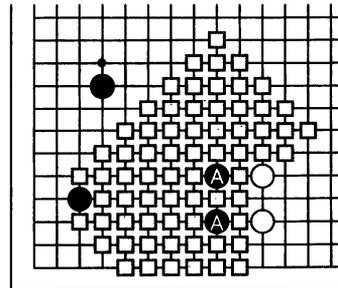


図6 群から距離 N の領域 ($N=6$)

- 各群で求めた領域を重ね合わせる。複数の群の領域になった点は、より近い群の領域とする。その結果、図 7 のような群に対するボロノイ図ができる。

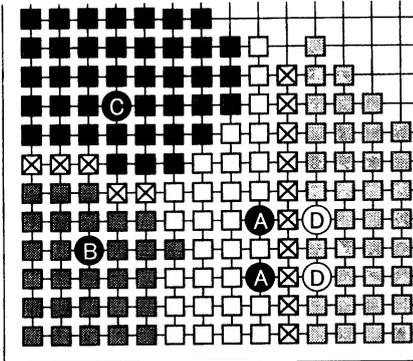


図 7 群に対するボロノイ図
(Xは等距離の群が複数あることを示す)

- 領域が接している同色の群の間には、群同士の弱い接続があるとするとす。
- 群 A と群 B に弱い接続のあるとき、群 A を構成している石 a_i と群 B を構成している石 b_j のすべての組合せに対して、石同士の弱い接続があるか調べる。図 7 のように領域分割しているので、弱い接続があるかを調べるときに、図 5 の楕円部分をすべて調べる必要はない。石を結んだ直線上に敵の領域がないか調べればよい。弱い接続を見つけた結果を図 8 に示す。

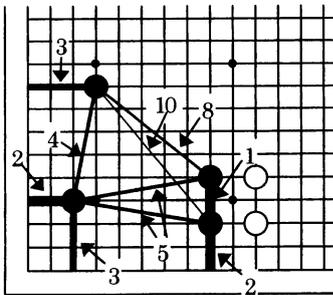


図 8 弱い接続を見つけた結果

弱い接続を見つけたら、模様を認識することができる。しかし、図 4 で説明したように、囲まれ具合によって模様の価値が異なるので、囲んでいる接続の強さごとに模様を認識していく必要がある。

具体的には、接続間距離が n 以下の接続のみで囲まれる模様ごとに分けて、模様を認識する。図 9 の例では、接続間距離が 3 以下の接続で、初めて模様が見られる (図 9 (A))。続いて、接続間距離 4 の接続を追加すると、新たに模様が増える (図 9 (B))。最終的に、模様は図 9 (C) のように認識される。

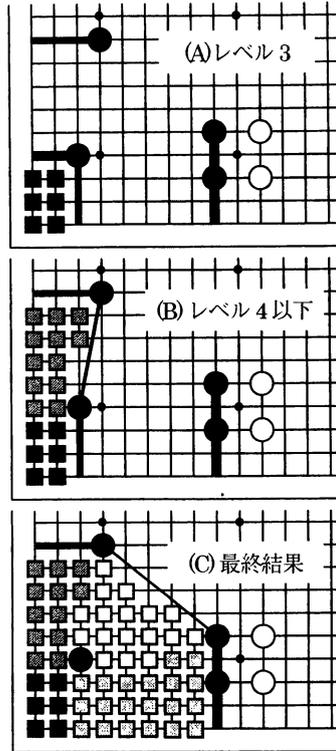


図 9 模様の認識結果
(レベル：囲んでいる最も弱い接続の接続間距離)

3.2 模様の評価方法

模様の価値は囲み具合によって決まる。3.1 で認識した模様のレベルは、模様を囲んでいる最も弱い接続の接続間距離を表す。これを模様の価値を決める最重要因子とする。レベル L の模様となっている各点の価値 W_L は、次の式(1)で求める。

$$W_L = 1 - 0.8 \times \log_{10}(L) \quad \dots(1)$$

さらに評価精度を上げるために、模様を囲んでいる (8 近傍) 点の状態を調べる。模様を囲んでいる点の数を A 、そのうち、石が置かれている点の数を S 、模様になっている点の数を M 、盤端になっている点の数を E とする。それらから、模様の確かさ R を次

の式(2)で求める。

$$R = \frac{S + w_m \times M + w_e \times E}{A} \quad \dots(2)$$

$$(w_m = 0.2, w_e = 0.5, S + M + E = A)$$

図 10 の例では、 $A = 24, S = 3, M = 10, E = 8$ となり、模様確かさ $R = 0.375$ となる。

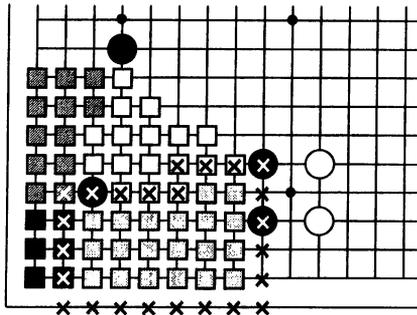


図 10 模様周囲のチェック点

最終的に、模様の価値 W は次の式(3)で決まる。 W_L は式(1)で求められた模様の基本価値である。

$$W = W_L \times (R + w_s) \quad \dots(3) \quad (w_s = 0.5)$$

4 評価実験

4.1 実験方法・結果

模様の評価を加えた評価関数の有効性を調べるために、評価実験を行った。評価関数は文献[1]のそれに「模様」の評価を追加したもので、その構成を図 11 に示す。評価関数の具体的な計算式は式(4)のようになる。

$$\begin{aligned} (\text{評価関数}) = & (\text{陣地}) + (\text{模様}) + w_i \times (\text{勢力}) \\ & + w_d \times (\text{群の強弱}) \quad \dots(4) \end{aligned}$$

$$(w_i = 0.2, w_d = 0.8)$$

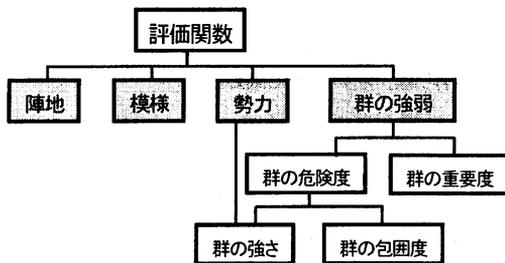


図 11 評価関数の概要

また、模様評価を追加した以外に、「群の強弱による将来的な陣地の増減」の評価方法に対しても、いくつか修正を行った。大きな変更点として、群の危険度を求める式を次のようにした。ただし、危険度を D 、群の強さを Str 、群の包囲度を Sur とした。

$$D = \frac{Sur}{1 + \exp(a \times Sur \times (Str - b \times Sur))} \quad \dots(5)$$

$$(a = 30, b = 0.7)$$

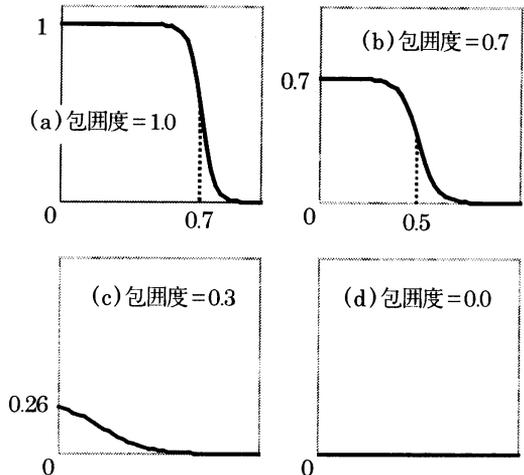


図 12 群の危険度と、強さ・包囲度との関係
(横軸：群の強さ 縦軸：群の危険度)

対象の群が敵に囲まれているときは、2 眼あるかないかで危険度を大きく変化させた(図 12 (a)参照)。群の囲まれ具合が緩いときは、危険度を緩やかに変化させた。[1]で提案した式よりも人間の感覚に合っていると考える。

その他の変更点として、以下のことがある。

1. 群の重要度を求めるときに、チェックする範囲を図 7 で求めた領域とした
2. 眼型パターンを追加した
3. 捕獲探索・接続探索の精度を向上させた

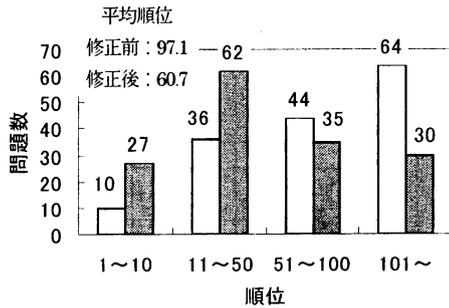
この 3 つの変更は、おもに「群の強弱による将来的な陣地の増減」に影響する。

評価実験には、[1]の実験で用いた問題[5]と同じものを用いた。この問題には、A, B, C, D といった選択肢はなく、一手だけ解答として示されている。問題数は 154 問である。

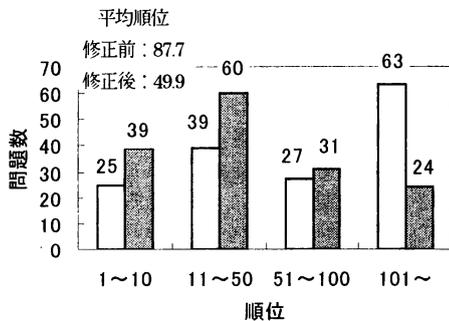
実験方法も [1]と同様である。方法 1 は、空点のいずれかに手番の方が打ったときの評価値の変化分を求

める。方法2は、ある空点に黒から打った場合と白から打った場合の変化分の差を求めた。変化分が大きい順に順位付けを行う。そして、解答に示されている手の順位が、全体の何番目であるかを調べる。

解答に示されている手の順位をまとめたものを図13に示す。左側の白いバーは修正前の結果、右側の色つきバーは修正後の結果である。



(a) 方法1の結果



(b) 方法2の結果

図13 解答の位置の順位

平均順位は方法1で97.1位から60.7位へ、方法2で87.7位から49.9位へと向上した。また、30位以上の問題数は、方法1で32問から61問(約1.9倍)へ、方法2で45問から78問(約1.7倍)になった。

しかし、模様を追加した以外にも、いくつか変更点があったので、この結果からだけでは模様の有効性は分からない。そこで、模様評価の影響が大きく、群の強弱が変わらない問題についての結果を示す。

図14に示した問題の順位は、方法2で146位から27位に向上している。一般に、図14のような「ヒラキ」の問題は、陣地と群の強弱の評価が変わらない。そこで、ヒラキをテーマにした問題(問題数は9問)の結果を比較する。9問の平均順位は、方法2で130.4位から35.7位になった。

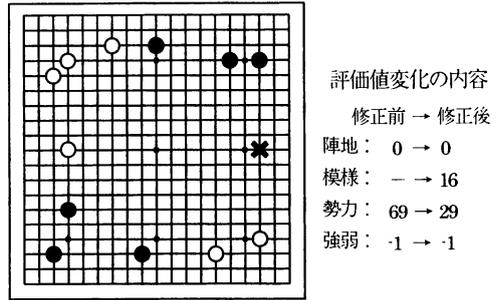


図14 「ヒラキ」の例題

また、評価関数が具体的にどのように盤面を評価しているか、具体例を示す。中央付近の色の薄い楕円は勢力を表し、辺に近いところにある濃い楕円が模様を表す。左上の黒の楕円だけ陣地となっている。また、左辺の黒石2つと白石1つに対して数字が向けられているのは、群の強弱を評価したものである。

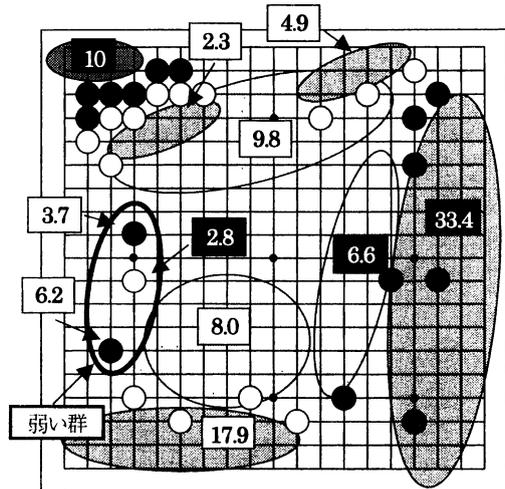


図15 評価結果の具体例

●: 陣地 ○: 勢力

表1 評価値の内容(小数点以下四捨五入)

	全体	陣地	模様	勢力	強弱
黒	54	10	33	8	4
白	56	3	25	18	11

4.2 考察

「ヒラキ」をテーマにした問題(9問)の平均順位が、修正前と比べて約 1/4 になった。精度が向上したことの一番の要因は、評価に占める勢力の重みを抑えることによって、中央付近の価値を下げる事ができたからである。模様評価を入れることによって、全体の評価バランスが非常に良くなった。よって、勢力のみで評価するよりも、模様と勢力を組み合わせる方が、明らかに精度がよいことが確認できた。

ただし、模様の評価方法は、まだ完全とは言いがたい。例えば、模様内部に味方の石がある場合や接続が通っている場合、模様がしっかりして価値が上がると考えられる。たくさん事例を通して、模様の評価の方法を検討する必要がある。

他の問題点として、打ち込みの可能性を評価できていないことがある。黒は×印の点に白から打ち込まれる可能性がある。しかし、評価関数は打ち込みの可能性は評価していない。よって、白 A があってもなくても、模様の価値は変わらない。実際には、打ち込みの可能性があると、模様の価値は低くなる。

この問題は、打ち込んできた敵の石をどれくらい攻めることができるかも関係しており、非常に難しい。ほとんどの場合、打ち込みは3線か4線打たれる。したがって、その辺りでパターンマッチングをすることにより、打ち込みを見つけることができるかもしれない。もしくは、打ち込みの可能性は評価せず、探索の部分で解決する方法もあると考えられる。

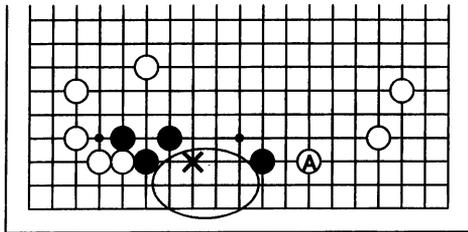


図 16 打ち込みのある盤面の例

今回の実験方法には、大きく 2つの問題がある。

1. 「利き」の問題
2. 「出入り計算」の問題

「利き」の点は白に受けられると、少しのマイナスになる場合が多い。しかし、深さ 1しか考えていない今回の実験方法では、敵の陣地を消して、かつ敵を危険にしていると評価してしまうため、利きの位置の順位が非常に高くなる。

また、出入り計算とは、図 17 のように左下の群を

守る問題で、黒からは A の点に守るのが最善だが、白は A の点から攻めても得にならないので、一般的に B から攻める。したがって、出入り計算で評価すると、A の価値が低くなってしまふ。

以上 2つの問題は、評価関数の正確性の問題というよりは、探索によって改善すべき問題である。解決するためには、方法 2 の出入り計算をやめて、深さ 2 以上の探索をする必要がある。特に「利き」の点であれば探索を 2 手延長するなど、探索方法を工夫する必要がある。

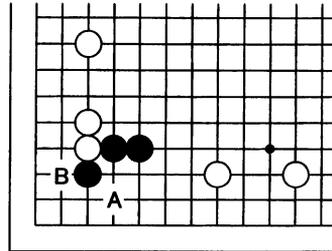


図 17 「出入り計算」の問題の例

5 まとめ

模様の認識・評価方法について説明した。模様評価を加えることにより、評価関数の精度が大きく向上した。また、群からの等距離領域を使って、弱い接続を効率的に見つける方法を提案した。この方法により、弱い接続を簡単に見つけることができる。

さらに、正確な評価関数を作るためには、個々の評価因子の精度を上げる必要がある。特に、捕獲探索・接続探索・眼型認識は非常に重要である。なぜなら、これらの結果はすべての評価因子の基礎となっているからである。これらの結果を間違えると、評価精度が大きく落ちる。

参考文献

- [1] 福井真人ら, “囲碁の中盤における評価関数”, 情報処理学会研究報告 GI-10, pp.47-54, 2003.
- [2] Tajima M., Sanechika N., “Estimating the possible omission number for groups in Go by the number of r 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., Sanechika N., “Equivalent Size of Moyo”, The 8th Game Programming Workshop, pp.145-152, 2003.
- [4] 李昌鎬, “私の形勢判断”, 誠文堂新光社, 1999.
- [5] 春山勇, “布石のベストポジション”, 日本棋院, 2002.