

可能手抜き数 (PON) に基づく囲碁の布石
Strategic Placing of Stones in the Opening of Go Based on the
Possible Omission Number (PON)

田島守彦 実近憲昭
TAJIMA Morihiko SANECHIKA Noriaki
tazima@etl.go.jp sanetika@etl.go.jp

電子技術総合研究所
Electrotechnical Laboratory
〒 305-8568 つくば市梅園 1-1-4
1-1-4, Umezono, Tsukuba-shi, 305-8568 JAPAN

概要

Fuseki, or strategic placing of stones in Go openings, is an important issue. It is, however, a more vague phase of the game than the middle or the end game, and is considered the most difficult part of the game. Although large databases of joseki, or fixed opening sequences, are available, additional methods of position evaluation are needed in computer Go, since the number of joseki patterns is neglectably small compared with the number of not-fixed patterns occurring in real games. In previous work, we have made some experiments on fuseki evaluation using concepts such as influence, potential territory, 4th dame, and an urgency measure for both the player's and the opponent's possible moves. In that research, it became clear that these components were insufficient to achieve a good rate of correct answers. We believe that the main reason was that the strength of groups was not taken into account, and therefore some group strength measure should be used, even if it is only approximate. We propose using the possible omission number (PON), and our simple method to estimate PON, as a measure of group strength in the opening. This paper presents a method to evaluate an opening position by an evaluation of group strength based on the PON estimate and the sizes of the territories of groups. From these two values, an estimate of each group's expected territory is computed, and the estimate is summed over all groups to obtain a position evaluation. We show that this method leads to a better result than our former experiments, which did not use group strength.

1 序

囲碁の布石は大変重要な問題である。しかし、布石は数理的な扱いが可能になる終局や、探索で解決できる局所的な死活、捕獲等の問題と異なり、漠然としたバタンを評価する必要がある問題なので、分かりやすい原理に基づいて統一的に扱うのは非常に難しい。例えば、ほとんどの対局プログラムでは定石に

基づく打着を行なっているが、定石は、どちらかという定型パターンでその個数も限定されており布石で扱う不定形パターンの数に比べると無視されるほどの個数であるため、(自動)局面評価法は、コンピュータ囲碁にとって不可欠である。場合に応じて使い分けができるよう、両手法に基づく布石を行なえることが望ましい。われわれは、候補手の価値を、それにより生じる局面の変化を見積もることで評価する手法(KPV法)の囲碁への適用を試みている[Tajima95]。主な局面変化の成分として、ポテンシャル、中地(結線で囲まれる領域)、4次領域(群からの距離が4までの領域)、ある種の緊急性、相手可能手価値の変化、等を採用した場合の実験を行ない、その手法の有効性について報告済みである。しかし、それらの成分のみでは十分な正解率を得られないことが分かっている。図1に正解が得られない典型的な例を示す。黒番である。

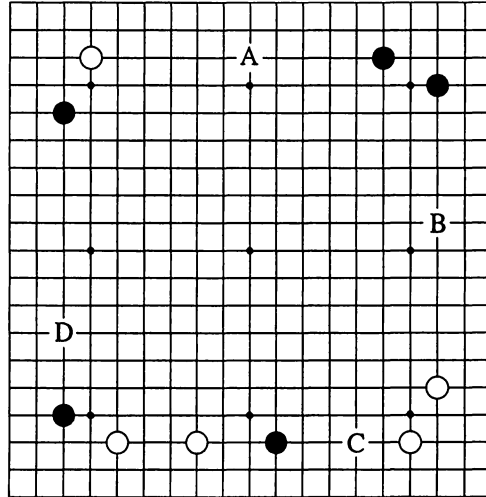


図 1: An example where we did not get the correct answer

この例では A または B の候補手が最善手と判断され、正解の C の評価は最低になった。理由は明らかで、A または B の打着によるポテンシャルや4次領域の増加が大きいのにに対し、C への打着によるポテンシャルや4次領域の増加は小さいからである。しかし、実際には C の価値は非常に大きい。何故ならば C の打着によりその左の黒石を補強することができ、それらの2石で作る群が周辺の敵群に対抗できるようになり、黒が下辺での勢力を維持できるからである。

このような例の検討を通じ、我々は群の強度を重視する必要があると考えるに至った。群の強度が重要であることは従来から一般に十分認識されており、また群の強度を評価するには、単独での死活問題、攻合の要素、味方群との連絡問題、群自体の戦略的価値の問題など、さまざまな要因が絡んでくることが知られている。しかし、これらの要因が解析できてから初めて群の強度が分かるというのでは本末転倒であって、むしろ、群の強度を何らかの方法で便宜的にもとめ、これを基礎に要因と考えられる上記の諸問題の解決にあたるのであれば実際的な意味はあまりない。

ところでわれわれは、序盤の群の強度に関係が深い指標として、可能手抜き数 (PON) の概念およびその簡易見積り法を提案済みである[Tajima98]。PON は [Popma92] の *X life* と本質的には同じ概念であるが、Popma らが群の攻め合いの場面での有効性を示していたのに対し、われわれは序盤~中盤においてもそれが有効な概念であることを示した。従って、PON を群の強度の計算にうまく関連づけることができれば、簡単な計算により群の強度を便宜的に求めることが可能になる。以下本論文では、PON により求められる群の強度を布石に利用できることを示す。

次節で PON の定義およびその簡易見積り法をまとめておく。3 節で手法と具体的なアルゴリズムを示す。4 節で現在得られている結果を示し考察を行なう。5 節で結論を示す。

2 PON と PON の見積り

PON の定義と PON の簡易見積り法について、ごく短くまとめておく。可能手抜き数 (Possible Omission Number, PON) は次のように定義される数である。ただし、群の死活を決定する群の捕獲としては、常に群全体の捕獲を仮定し、群の一部のみの捕獲は考慮しない。

【定義】 可能手抜き数 (PON) [Tajima98]

色 C 側の群 G について考える。

- (a) G が中立 (次の手番で死活が定まる) の場合
G の PON を 0 とする。
- (b) G が生きの場合
C が相手に n 回の打着を許すと G が中立になる場合、G の PON を n とする。
- (b) G が死の場合
C が n 回の打着を許されると G が中立になる場合、G の PON を $-n$ とする。 【定義終り】

周辺が比較的開いているような群については、PON を近似計算することができる。例えば

$$f(S) = [0.33S - 1.96] \quad (\text{ただし } [x] \text{ は } x \text{ をこえない最大の整数})$$

は一つの良い近似関数である。ここで、

$$S = \sum_{i=1}^4 w_i \sum_{k=e,t,u} w_k d_{ik}$$

ただし、 d_{ik} は次数 i 、種類 k (e: 辺点、t: 一回コスリ点、u: それ以外のダメ点) のダメ数、そして

$$w_1 = 1, w_2 = 0.5, w_3 = 0.35, w_4 = 0.25, w_e = 1.6, w_t = 0.2, w_u = 1$$

である。

3 群強度と局面評価

3.1 方針

以前の試みにおいて十分な結果が得られなかった原因は、ボタン知識、自石補強、敵石への攻撃、敵可能手価値の減少、複数位置への影響、緊急性、に関する知識の欠如と考えられた。なかでも、自石補強、敵石への攻撃などの群相互の影響が考慮されなかったことが大きいことが分かっている。

そこで本論文では、局面変化の成分を、[ポテンシャル + 中地 + 4次領域] から、[PON に基づいて評価される群の強度により見積られる、群により占有できると期待できる地] へと変更する。本論文の主眼は、従来パターンなどに基づいて人間のエキスパートが恣意的に決めていた群の評価を、一般的に測定可能な量 (ダメ数など) により近似計算できる PON との定量的関係に帰着できる可能性を実験的に明らかにすることにある。また PON は、群の強度そのものではないがその第一因子であることは間違いないので、応用が広いと考えられる。

まず群相互の影響を考慮して群の実際の強度を見積もる。群は相互に依存 (同色群)、あるいは牽制 (異色群) しあう。まず、PON に基づいて単独群での強さ (単独強度) を計算する。次いで、周囲の群の単独強度を考慮して群の強度を計算する。次に地のサイズを計算し、群の強度とあわせて地の期待値を計算する。これを局面評価の成分とする。

この成分のみによる局面全体の評価は、すべての地の期待値の総和をとることで実現できる。手順をまとめると次のようになる。

1. 各群のPONを計算する。正ならばそれを単独強度とする。
2. 各群について、その単独強度と周辺の同色群の単独強度から同色強度を計算する。
3. 各群について、その同色強度と周辺の敵群の同色強度から強度を計算する。
4. 別途、各群のサイズを計算する。
5. 強度とサイズから各群の地の期待値を計算する。
6. 全ての地の期待値の総和をとる。

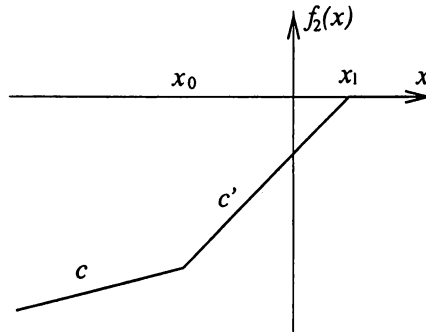


図 2: Function f_2

ここで手順の1については、計算の対象が序盤の布石の局面なので、報告済みの簡易見積り法が有効に使える。2では、周辺同色群の単独強度と距離の関数を用いて影響を計算し、同色群のみを考慮したときの強度（同色強度）とする。影響は距離に反比例すると仮定する。周辺同色群がなければ同色強度はPONで決まる。3も同様であるが、周辺敵群の影響の計算については、単独強度の代わりに2で得られる同色強度を用いる。4のサイズの計算にはPONの簡易見積り法での計算の基礎となる4次ダメ数の線形和 S を利用できる。6では、相手の地の符号を負として計算する。

手順の3の計算に際しては、図2に示す様な形状の適当な非線形関数 f_2 を用意して各周辺敵群の影響を見積もる。横軸は自群の同色強度と敵群の同色強度の差である。この時、手番による非対称性を考慮するために手番補正值を導入する。群の強度の意味は群の生存確率に近い。関数 f_2 の形状は、敵群の強度が自群の強度以上のときに自群への悪影響があり、その際互いの強度が拮抗している場合には強度の差の変化に対する影響の変化が大きい、という仮定に基づく。

3.2 アルゴリズム

以下に、群 g の地 t を見積る具体的な方法を示す。

1. 前節で示した近似関数を用いて、全群のPONを計算する。
2. 群 g (PON: p) からの距離（空点からなる経路上のステップ数）が d_i の同色群 g_i (PON: p_i) ($i = 1, 2, \dots, m$) の影響を考慮して、 g の同色強度 (r とする) を計算する。

$$r = p + a \sum_{i=1}^m q_i / d_i \quad (a \text{ は定数})$$

$$q_i = \begin{cases} 0, & \text{for } p_i \leq 0 \\ p_i, & \text{for } p_i > 0 \end{cases}$$

同様に、相手側の全群について同色強度を求める。

3. 群 g (同色強度: r) からの距離が d'_j の敵群 g'_j (同色強度: r'_j) ($j = 1, 2, \dots, n$) の影響を考慮して、 g の強度 s を計算する。

$$s = f_1(s_0 + e)$$

ここで f_1 、 s_0 、 e はそれぞれ、正規化のための関数、群単独での同色強度を適当に正規化したもの、周辺敵群の影響で、それぞれ次のように定義する。

$$f_1(x) = \begin{cases} x, & \text{for } 0 \leq x \leq 1 \\ 0, & \text{for } x < 0 \\ 1, & \text{for } x > 1 \end{cases}$$

$$s_0 = br + b' \quad (b, b' \text{ は定数})$$

$$e = \sum_{j=1}^n f_2(r - r'_j - u) / d'_j$$

ここで f_2 、 u はそれぞれ適当な関数、手番補正值で、それぞれ次のように定義する。 c, c', x_0, x_1 はそれぞれ図 2 に示したような意味を持つ定数である。

$$f_2(x) = \begin{cases} 0, & \text{for } x_1 \leq x \\ c'(x - x_1), & \text{for } x_0 < x < x_1 \\ c(x - x_0) + c'(x_0 - x_1), & \text{for } x \leq x_0 \end{cases}$$

$$u = \begin{cases} 0, & \text{for } g \text{ は次手番側の群} \\ u_0, & \text{for } g \text{ は次手番でない側の群} \quad (u_0 \text{ は定数}) \end{cases}$$

4. 自群 g のダメ点のサイズ z を計算する。

まず、PON の簡易見積りに用いた 4 次ダメ数の線形和 S を流用して、重なりを無視したサイズ \bar{z} を求める。

$$\bar{z} = S$$

サイズ補正をする。群同士が接近している場合には、有効なサイズが \bar{z} よりも小さくなる。これを補正するために次のような補正計算を行なう。

自群 g からの距離が d_i の自石群 g_i ($i = 1, 2, \dots, m$) のサイズへの影響を考慮するためのサイズ補正值 h_i を計算する。

$$h_i = \frac{f_3(d_i)}{S}$$

ここで、 $f_3(2) = 3.25, f_3(3) = 2.17, f_3(4) = 1.67, f_3(5) = 1.08, f_3(6) = 0.67, f_3(7) = 0.25, f_3(8) = 0.12, f(d_i) = 0$ for $d_i > 8$ 。

同様に、自群 g からの距離が d'_j の敵群 g'_j ($j = 1, 2, \dots, n$) についてのサイズ補正值 h'_j を計算する。

$$h'_j = \frac{f_4(d'_j)}{S}$$

ここで、 $f_4(1) = 1.87, f_4(2) = 1.82, f_4(3) = 1.37, f_4(4) = 1.07, f_4(5) = 0.71, f_4(6) = 0.67, f_4(7) = 0.25, f_4(8) = 0.12, f_4(d'_j) = 0$ for $d'_j > 8$ 。これらの補正值は、平均的な群の典型的な重なり具合の観察に基づいて決定した。

補正係数 h を求める。

$$h = 1 - \sum_i^m h_i - \sum_j^n h'_j$$

補正を行ないダメ点サイズ z を計算する。

$$z = \bar{z}h$$

5. 群 g の地 t を計算する。

$$t = sz$$

以上

計算に際しては、群間の距離に関して以下のような指定を行っている。

- 距離の限界
10 を越える距離にある群の影響はないものと仮定して無視する。
不要な計算を省略するための制限で、実際上も無視できると考えられる。
- 測定経路
距離測定のための経路は、他の群のコスリ点（石に隣接する空点）でない空点で構成されなければならない。
コスリ点を含む経路は切れ易いので実際上無視できるとの仮定に基づく。

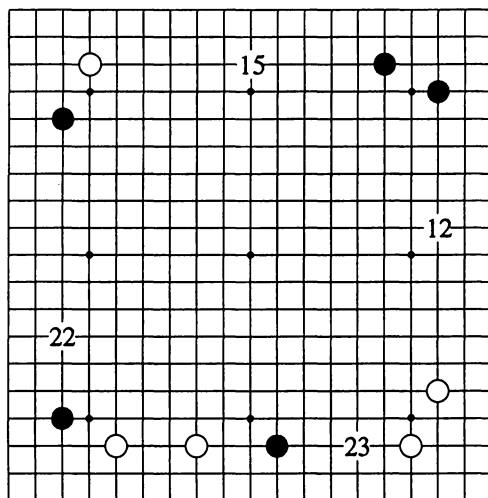


図 3: Scores of the candidates by this method

4 結果と考察

4.1 結果

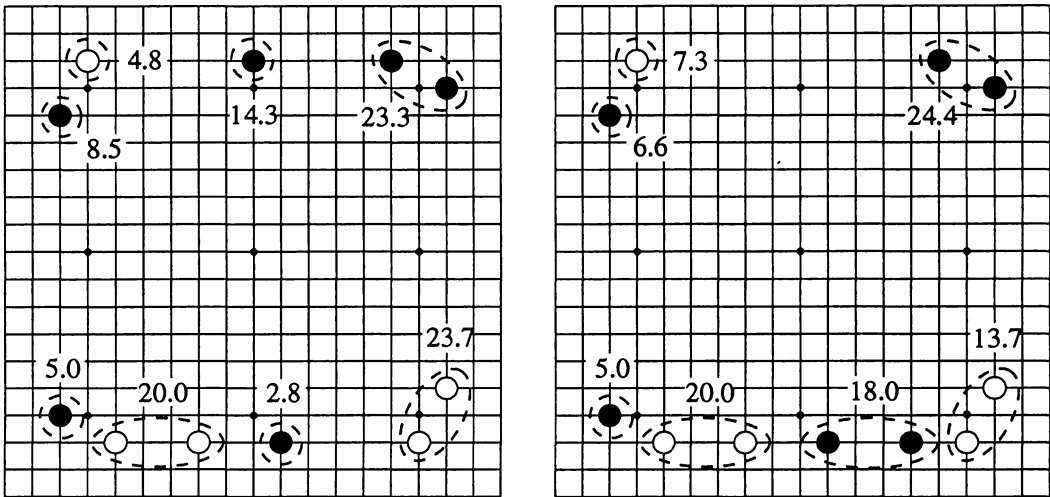
前節で示した式において以下のパラメータを用いることで、[Tajima96] での実験と同じ例題 50 題 [Kiin93] について実験を行ったところ、死活を考慮して正解となる 1 問を加えて 24 問で正解が得られた。

$$a = 1.8, b = 0.16, b' = 0.3, c = 0.1, c' = 0.3, x_0 = -1, x_1 = 0.5, u = 0.5$$

以前の実験では、ポテンシャル、4次領域、中地、死活を組み合わせ、正解数は20問、これにある種の緊急性を加えてやっと24問であったことから、本手法が単独でもかなり有効であることが示された。

4.2 考察

図1の例での各候補手の得点を図3に、候補手AおよびCそれぞれの評価における各群の地の期待値を図4に示す。従来の手法では大きな地を作るAまたはBを正解としてしまったが、本手法により正しい解(C)を求めることができた。特に、辺上での群の競合についての評価が改善されたのが原因である。例えば、図(b)下辺黒2子により構成される群の地の期待値が十分に大きく、右下白2子による群の地の期待値はかなり押えられている。以前の評価方法では不足していた、同色群の補強、敵群への攻撃、複数位置への影響に対する考慮が、本手法で可能になった。



(a) after the candidate A is made

(b) after the candidate C is made

図4: The expectation of the territory for each group

しかし正解率はまだ不十分である。関数もかなり恣意的に設計したものであり最適なものではない。またパラメータの調整もまだ十分でない。図3の結果でもBの得点が低過ぎる。前実験では正解が得られたにもかかわらず、本実験では不正解になってしまった例題もある。全50問に対する前回と今回の結果を表1に示す。少しだけ深く考えたために、ほとんど考えていなかったまま得られていた正解が得られなくなったという場合が見られる。さらに精度の高い評価手法を開発する必要がある。

本アルゴリズムで手番補正值(0~1)を導入している。この値をここでは0.5に固定しているが、これには問題が多い。自群1つと相手群1つのみが対峙しているような場面では良いが、一般に複数の自側群と敵群が牽制し合っているような状況では、このような単一の補正值で補正するには無理がある。より精密なアルゴリズムが必要になる場合が多い。

また、本手法では緊急性に対する考慮や、敵可能手に対する考慮が直接には払われていない。これらを別途考慮することにより、前報告同様、正解率のさらなる向上が期待できる。

4.3 残る問題

本手法により、布石段階での局面評価において前進が見られた。定石による手法を補う手法としては有効と思われる。しかし、次のような問題が残っている。

表 1: The results, previous and this time

問題番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
前回	○	○	○					○	○					○			
今回	○	○	○				○	○	○				○	○	○		
問題番号	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
前回		○	○							○							○
今回	○	○			○	○			○	○						○	○
問題番号	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
前回	○		○	○			○				○	○	○	○	○		
今回			○		○	○			○		○	○	○				

1. 現状ではパタン知識ほどの精度は望めない。不正解となる例題の詳しい分析を通じ、アルゴリズムを改善する必要がある。
2. 各関数および強度やサイズの計算法の設計が難しい。自動化が望まれる。
3. 緊急性は、関数の非線形形で一部実現されているが、全く不十分である。また、敵可能手価値の減少に対しては間接的な有効性に留まる。
4. PON を求めるのに、人が行う手法と [Tajima98] の簡易見積り手法が異なっている。序盤では、両者が一致するのはある意味では当然のことであるが、中盤以降にも役立つようなより精度の高い PON 評価因子を導入してゆく必要がある。

5 結論

各群が確保できそうな地の期待値に基づく合理的な評価が期待できる手法を提案し、実験的に有効性を示すことができた。まだ完成度が低いため正解率は不十分であるが、囲碁序盤での漠然とした布石に関する、ある程度根拠のある一方法を提示することができた。囲碁の局面評価の基本手法として有望と考えられる。

参考文献

- [Kiin93] Nihon Ki-in, NEW Bessatsu Igo Club, No.31 (1993).
- [Popma92] Popma, R. and Allis, L.V.: Life and Death Refined, Heuristic Programming in Artificial Intelligence 3, pp.157-164 (1992).
- [Tajima95] Tajima, M. and Sanechika, N., Applicability of KPV Method to Igo, Proceedings of GPW'95, pp. 37-46 (1995). (in Japanese).
- [Tajima96] Tajima, M. and Sanechika, N.: Effectiveness of Evaluation Components for Candidates in Opening Game of Go, Proceedings of GPW'96, pp.123-132 (1996).
- [Tajima98] Tajima, M. and Sanechika, N.: Estimating the Possible Omission Number for Groups in Go by the Number of n-th Dame, Computers and Games, Lecture Notes in Computer Science, 1558, pp.265-281, Springer (1999).