

# プレイアウト中の統計情報を用いた囲碁の見合い検出

石田竹至 中村貞吾  
(九州工業大学)

## 1 はじめに

モンテカルロ木探索は囲碁などのゲームにおいて優れた探索手法であるが、深い読みを必要とする局面では十分な性能を発揮することができない。深い読みを必要とする局面では、ランダムプレイアウト中に妥当な着手以外を打つ確率が高く、期待する勝率とは離れてしまうため、有効な着手を発見できなくなると考えられる。これに対して、パターン [1] や Criticality [2]、連の勝敗影響度 [3] を用いてプレイアウトの確率を制御する手法が提案されているが、十分な解決とはなっていない。

本研究では、モンテカルロ碁におけるプレイアウトからの新しい情報抽出を提案する。囲碁には、2点のうち少なくとも1点を先取すれば良い「見合い」という概念がある。囲碁上級者はこれを理解しており、「見合い」の考え方を囲碁プログラムに用いることで探索空間の大幅な削減が期待される。そこで、プレイアウトから2点を先取した場合の勝敗情報を抽出し、それらの情報を元に見合いを検出する手法を提案する。

## 2 Criticality

囲碁において勝敗を左右する重要な地点を求める手法として Criticality [2] が提案されている。モンテカルロ木探索によってプレイアウトを行うと、黒が勝った場合に黒が先取している点と、白が勝った場合に白が先取している点がわかってくる。プレイアウトを繰り返すことで、その点を先取することがどの程度勝敗に関与しているかを推測することができる。ある点  $x$  における Criticality  $c(x)$  は以下の式で求められる。

$$\left\{ \begin{array}{l} N : \text{プレイアウト数} \\ B : \text{黒が勝ったプレイアウト数} \\ W : \text{白が勝ったプレイアウト数} \\ b(x) : \text{黒が } x \text{ を先取したプレイアウト数} \\ w(x) : \text{白が } x \text{ を先取したプレイアウト数} \\ v(x) : \text{プレイアウトに勝ったほうが } x \text{ を先取したプレイアウト数} \\ c(x) = \frac{v(x)}{N} - \left( \frac{w(x)}{N} \times \frac{W}{N} + \frac{b(x)}{N} \times \frac{B}{N} \right) \end{array} \right.$$

## 3 連結 Criticality

Criticality は、ある1点を先取することの重要度を測る尺度であった。それを2点の関係性に拡張し、「見合い」を測る尺度を導入する。

$$\left\{ \begin{array}{l} b_b(x, y) : x, y \text{ の両方とも黒が先取して黒が勝った回数} \\ b_w(x, y) : x, y \text{ の両方とも黒が先取して白が勝った回数} \\ w_b(x, y) : x, y \text{ の両方とも白が先取して黒が勝った回数} \\ w_w(x, y) : x, y \text{ の両方とも白が先取して白が勝った回数} \\ JC_b(x, y) : x \text{ と } y \text{ の黒にとっての見合い度} \\ JC_w(x, y) : x \text{ と } y \text{ の白にとっての見合い度} \\ JC_b(x, y) = \frac{w_w(x, y)(B - w_b(x, y)) - w_b(x, y)(W - w_w(x, y))}{w_w(x, y)(B - w_b(x, y)) + w_b(x, y)(W - w_w(x, y))} \\ JC_w(x, y) = \frac{b_b(x, y)(W - b_w(x, y)) - b_w(x, y)(B - b_b(x, y))}{b_b(x, y)(W - b_w(x, y)) + b_w(x, y)(B - b_b(x, y))} \end{array} \right.$$

連結 (Joint) Criticality から、黒の見合い度を  $JC_b$ 、白の見合い度を  $JC_w$  とした。例えば  $JC_b(x, y)$  は、「黒が  $x, y$  の少なくとも一つを先取すること」と「黒が勝つこと」の相関を計算することで、黒にとっての見合いらしさを測っている。

## 4 実験

見合いが含まれた局面に対して連結 Criticality を計算することで、見合いである2点間のほうが、見合いではない2点間よりも  $JC_b, JC_w$  が高くなると予想できる。見合いが含まれる局面として、図1、図2を用意し、連結 Criticality に差が出るか実験した。

### 4.1 実験に用いた局面

図1は、b,f間が黒にとって見合いである局面(白番、コミ0.5目、中国ルール)である。白はb,f両方を先取すれば黒の大石を取ることができ、大石を取れば非常に高い確率で白が勝つ。一方黒は、目になる点(a,e)を自分で埋めない限り、b,fの一方でも先取すれば勝つことができる。

図2も黒の見合いの含まれる局面(白番、コミ0.5目、中国ルール)である。g,hやi,jは「タケフ」と呼ばれる形であり、白に一方を打たれても、黒はどちらか一方を繋げばよいため見合である。黒がどこか1箇所でもタケフを繋ぎ損ねると、白が勝つ局面にしている。

### 4.2 実験方法

モンテカルロ碁プログラムをベースとし、連結 Criticality を計算できるようにした。UCTやパターンは用いずに10,000回プレイアウトした結果の  $JC_b, JC_w$  を求めた。

### 4.3 実験結果

局面A,Bに対する  $JC_b, JC_w$  の一部を表1に示す。太字で示した部分が見合いである。

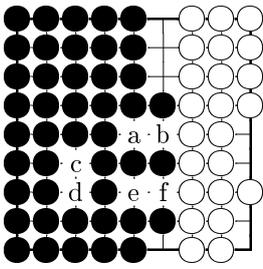


図 1: 局面 A

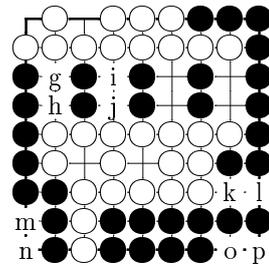


図 2: 局面 B

表 1: 実験結果

局面	$x$	$y$	$JC_b(x, y)$	$JC_w(x, y)$
A	b	f	1.00	0.95
	c	d	0.99	0
	b	c	0.78	0.67
B	g	h	1	-0.73
	i	j	1	-0.60
	k	l	1	-0.75
	m	n	1	0
	o	p	1	0
	l	m	0.37	0.34

局面 A における  $JC_b$  上位 3 つは、b,f 間、c,d 間、b,c 間となった。見合いである b,f 間が最大であり、見合いを認識できていると言える。見合いではない c,d 間も高い値を示したが、これについては 5.1 節で後述する。それ以外の  $JC_b$  は  $JC_b(b, c)$  の 0.78 が最大であり、 $JC_b(b, f)$  の 1.00 とは 0.22 の差が生じた。

局面 B においては、g,h 間、i,j 間、k,l 間と一部省略している箇所も含めて、すべてのタケフの  $JC_b$  は 1 になった。しかし、見合いではない  $JC_b(m, n)$  と  $JC_b(o, p)$  も 1 になった。これについても 5.1 節で後述する。それ以外の  $JC_b$  は  $JC_b(l, m)$  の 0.37 が最大であり、タケフの 1 とは 0.63 の差が生じた。

## 5 考察

### 5.1 見合いでない 2 点間の $JC$ が高くなるケース

見合いでない 2 点間の  $JC$  が高くなった例として、局面 A の  $JC_b(c, d)$  と  $JC_w(b, f)$ 、局面 B の  $JC_b(m, n)$  と  $JC_b(o, p)$  が現れた。表 1 に斜体で示した部分である。

$JC_b(c, d)$  が高くなったのは以下の理由による。

- 白が c,d 両方先取した時は、黒の大石が取られた時であるため、 $w_b(c, d) \gg w_b(c, d)$  となる。
- 黒が c,d を両方先取る (明らかな目を埋める) ことは抑制しており、かつ黒が c,d の一方を取ることと黒が勝つことはほとんど相関がない (b,f を先取することが勝敗に関わる) ため  $B - w_b(c, d)$  と  $W - w_w(c, d)$  は同程度になる。
- 以上を  $JC_b$  の式に当てはめると、 $JC_b(b, c)$  が大きな値になることがわかる。

局面 B における m,n と o,p も同様の理由である。

一方、局面 A において  $JC_w(b, f)$  が高いのは、「黒が b,f

どちらも先取した場合にはほぼ白の勝ち目がない」、「白が片方でも先取した場合、黒が目を潰すことによって白が勝つことがある」ことから、見合いと同じように認識されたのだと考えられる。

## 5.2 見合いの検出

表 1 の実験結果から、見合いを検出する方法を考える。まず、見合いでない 2 点間を除外する。5.1 節で示した、局面 A の c,d 間、局面 B の m,n 間と o,p 間は、 $JC_w$  を見るとすべて 0 になっていることがわかる。これは、黒が明らかな目をつぶすことがないため、 $b_b, b_w$  とともに 0 となるからである。よって、 $JC_b, JC_w$  を見て片方 0 である場合は、見合いから除外できると考えられる。

一方、 $JC_w(b, f)$  も高いが、これは見合いと言っても良いだろう。なぜなら、白にとっても b,f を 1 つ以上先取することは最終的なスコアアップが望め、他の駄目を詰めるよりもいい手だからである。

以上を踏まえ、見合いから除外した 2 点間を除けば、ある閾値以上の連結 Criticality を持つペアを見合いとして検出すればよい。例えば表 1 の結果からは、0.8 ~ 9.0 程度を閾値とすれば見合いが検出できると考えられる。

## 6 おわりに

本研究では、プレイアウト中の統計情報を用いて、見合いを検出する方法を提案した。提案手法を用いることで、木探索やパターンを用いずとも、見合いを数値として求めることができた。

今後の課題として、見合いを用いたプレイアウト制御が挙げられる。ランダムシミュレーション中に、ある手が打たれた後の次の手の確率を、 $JC_b, JC_w$  を使って制御することで、プレイアウトの質を高めることができる。例えば、今回用いたプログラムを使って、局面 B を UCT 探索 (プレイアウト 10,000 回) したところ、パターンを用いなかった場合、黒の勝率は 12% ほどになってしまった。これは、黒がタケフを繋がないプレイアウトが頻出するためであるが、見合い値に応じてプレイアウトの制御をすることで、タケフを繋げる確率が上がり、黒の勝率が上昇するはずである。以上の手法を用いることで、探索の効率が上がり、複雑な局面でも有効な着手の発見ができると考える。

## 謝辞

本研究は、JSPS 科研費 15K00506 の助成を受けた。

## 参考文献

- [1] R mi Coulom, "Computing Elo Ratings of Move Patterns in the Game of Go", ICGA Journal Vol.30 pp.198-208, 2007.
- [2] R mi Coulom, "Criticality: a Monte-Carlo Heuristic for Go Programs", Invited talk at the University of Electro-Communications, Tokyo, Japan (January 2009).
- [3] 橋本千祐, 松村正和, "モンテカルロ碁におけるプレイアウトからの情報抽出", 第 13 回ゲームプログラミングワークショップ GPW2008, (2008).