

攻合いの勝敗を考慮した囲碁局面の評価法

中村 貞吾

九州工業大学 情報工学部 知能情報工学科

E-mail: teigo@ai.kyutech.ac.jp

概要

組合せゲーム理論を囲碁に適用した研究として、これまでに、最終盤のヨセの手止りの解析、コウを含むヨセ局面の数理的評価、眼形の解析が行なわれてきたが、最近になって、攻合いの勝敗を数理的に解析する手法の研究が報告されている。そこでは、攻合いの対象となっている石群の手数をゲームのスコアとして捉えることによって局面を部分領域に分割し、各部分局面の解析結果の「和」として全体の攻合いの勝敗をヨセと同様な計算によって判定している。そして、これにより、攻合い全体の探索に比べて、探索量を大幅に削減することを可能にしている。しかし、一方で、囲碁の勝敗は地としてのスコアに基づいて決まるので、最終的には攻合いの勝敗を考慮した上での地の評価を行なう必要がある。攻合いに勝つか負けるかは地としてのスコアの大小に大きな影響を与えるが、一般的には、攻合いの勝敗がわかっただけでは最終的な地が何目になるかは必ずしも確定しない。攻合いに勝つ側／負ける側、各々のプレイヤーにとって、攻合いの勝敗は変わらなくても地としてのスコアを増減させる有効な着手が存在する場合があるのである。本論文では、部分局面に分割された攻合い局面に対して、手数の評価と地の評価を同時に行ない、全局的な探索をすることなく攻合いの勝敗を考慮した地の評価を行なう手法を示す。

An evaluation method for Go positions with capturing races

Teigo NAKAMURA

Department of Artificial Intelligence, Kyushu Institute of Technology

E-mail: teigo@ai.kyutech.ac.jp

Abstract

On analysing capturing races, or *semeais*, we have been focusing on the method to find which player wins the race so far, because whether to win or to lose the capturing race largely affects the territory score and it sometimes can decide the outcome of the game. But in order to evaluate the state of the game properly, we usually have to count the territory score precisely regardless of which player wins the race. Sometimes the loser of a capturing race has good moves although the moves don't affect the status of winning or losing the race. In this paper, we propose a method for evaluating territory score in each decomposed subgame of a capturing race considering the status of the winner of the race.

1 はじめに

組合せゲーム理論 [1] は，全体の局面が独立した部分局面の和に分解できるようなゲームの解析に大きな威力を発揮する．囲碁はそういった部分性の強いゲームであり，これまでに，最終盤のヨセの手止りの解析 [2]，コウを含むヨセ局面の数理的評価 [3]，眼形の解析 [4] に加えて，最近では，攻合いの勝敗を数理的に解析する手法 [5] の研究が報告されている．ここでは，対象となる石群の手数をスコアとする組合せゲームとして攻合いを捉えることにより，局面を部分領域に分割し，各部分局面の解析結果の「和」として全体の攻合いの勝敗をヨセと同様な計算によって判定している．これにより，攻合い局面全体を探索するのに比べて，探索量を大幅に削減することを可能にしている．

しかし，一方で，囲碁の勝敗は地としてのスコアに基づいて決まるので，最終的には攻合いの勝敗を考慮した上で地の評価を行なう必要がある．攻合いに勝つか負けるかは地としてのスコアの大小に大きな影響を与えるが，一般的には，攻合いの勝敗がわかっただけでは最終的な地が何目になるかは必ずしも確定しない．攻合いに勝つ側／負ける側，各々のプレイヤーにとって，攻合いの勝敗は変わらなくても地としてのスコアを増減させる有効な着手が存在する場合があるのである．本論文では，部分局面に分割された攻合い局面に対して，手数の評価と地の評価を同時に行ない，全局的な探索をすることなく攻合いの勝敗を考慮した地の評価を行なう手法を示す．

2 組合せゲーム理論を用いた攻合いの解析

2.1 攻合いの勝敗の判定

以下の図 1 は文献 [5] に示されている攻合い問題の例¹¹ であり，図 2 がその部分局面の解析結果を表わしている．

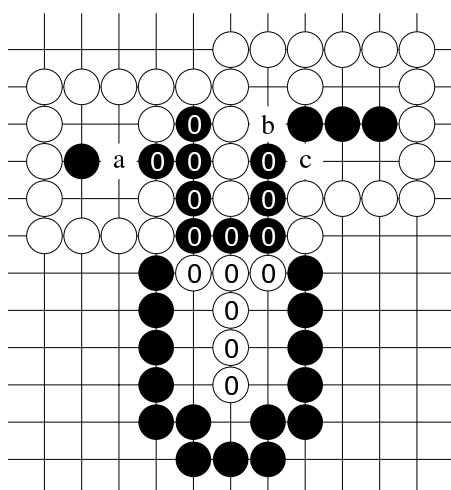


図 1: 攻合い問題の例

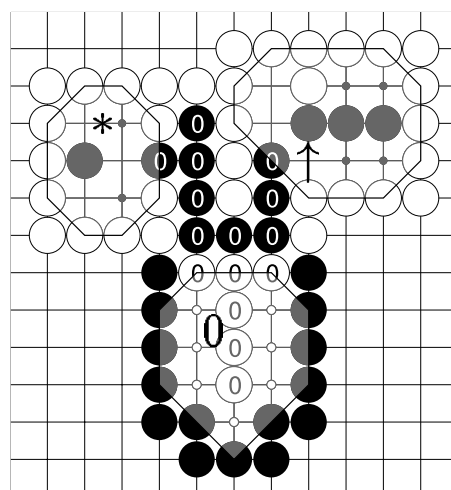


図 2: 組合せゲーム理論を用いた解析

¹¹ 石が攻合いの対象となっている石群は対象ブロック (essential block) と呼ばれる．以下では対象ブロックに丸印を付けて表わす．

部分局面毎の手数^{†2} をスコアとした組合せゲームは、左上が $\{4|0\}$ 、右上が $\{6|\{4|0\}\}$ 、下が -7 であり、それらを2度の温度で冷却すると各ゲームの冷却値は、左上が 2^* 、右上が $4\uparrow$ 、下が -7 となる。これらを合計すると $-1\uparrow^*$ となるが、これは -1 と比較不能であるので、黒は先着して値を 0 に切り上げることが、また、白は先着して値を -2 に切り下げることができる。したがって、この局面は黒白共に先着すれば勝つことができる [5]。

黒先では初手で左上の a にプレイするのが唯一の正解手で、黒 a、白 b、黒 c の後は、黒 8 手、白 7 手であるので黒の 1 手勝ちとなる。白先の場合、初手 a でも b でも攻め合いには勝てる。白 a と打った場合、続いて黒 b と打たれても白の 2 手勝ちである。一方、白 b と打った場合は、a と c の地点が見合いになるため、白の 3 手勝ちとなって、攻め合いの手数という観点から言えば、白 a は 1 手損をしていることになる。ところが、この損は、手数だけに留まらず、実際には最終的な目数まで異なってくるのである。

2.2 地としてのスコア

図 3 は、白攻め勝ちの図であり最終的には黒の 13 子が打ち上げられる。白地は、左上が 6 目、右上に 1 目、そして、黒 13 子を打ちあげてできる 26 目の 3ヶ所である。また、この図では、下方はすべてダメであるので黒地のできる余地はない。したがって、これらを合計すると、全体として白地は $6 + 1 + 26 = 33$ 目となる。これに対して、図 4 では、白 1 の後に、さらに、白 b、黒 c を交換すれば図 3 と同じになって白地 33 目であるが、白 1 に続いて黒 b と打つ手が攻め負けではあるが黒にとって有効な着手になる。黒 b と打った後の白地は、全体として $6 + 26 = 32$ 目であり、敵陣に着手して最終的に取られるにもかかわらず白 b と打たれるのに比べて 1 目の得になっている^{†3}。

また、図 4 で、もし白 1 の後に、白 b、白 c と連打した場合は、全体の白地は、 $6 + 1 + 10 + 18 = 35$ 目に増えることになる。攻め合いの際にこのような地としてのスコアの違いをもたらす現象は、一般的に「攻め取り」と呼ばれている。

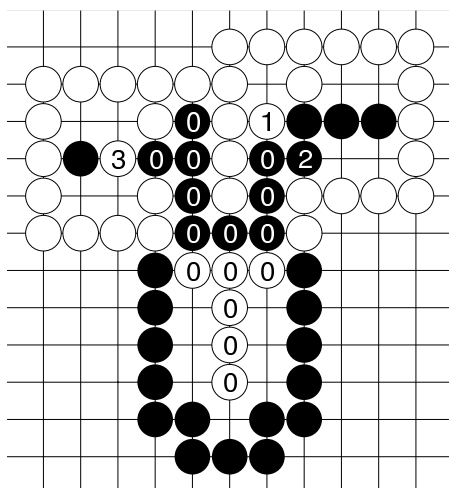


図 3: 白先で攻め勝の手順 (1)

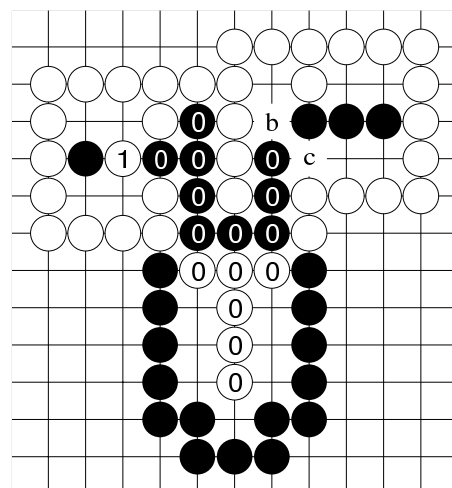


図 4: 白先で攻め勝の手順 (2)

^{†2} 黒の手数は正の数、白の手数は負の数で表わす。

^{†3} これはすなわち、図 3 に比べても 1 目の得になっている。

このように、攻合いの勝ち負けの判定を行なった後、攻合い局面全体に対して可能な勝ち手順を読み進めることによって最終的な地を導出することができるが、それでは、組合せの数が膨大になってしまうので効率的でない。そこで、次節では、攻合いの勝ち負け、攻め取りの状況なども考慮した上で部分局面の地をそれぞれ評価し、その結果を用いて全体局面の地合の評価を行なう手法を示す。

3 攻合いの勝敗を考慮した部分局面の地の評価法

全局的な探索をすることなく攻合いの勝敗に基づいた地としての評価を行なうために、部分局面に対して、以下に示す3つの異なるゲームを考える。

G_{lc} : 対象ブロックの手数 (liberty count; lc) をスコアとするゲーム

G_{win} : 対象ブロック側のプレイヤーが攻合い勝 と仮定した場合の部分的な地をスコアとするゲーム

G_{lose} : 対象ブロック側のプレイヤーが攻合い負 と仮定した場合の部分的な地をスコアとするゲーム

そして、 G_{lc} を用いて攻合いの勝敗の判定を行ない、その勝ち負けに応じて G_{win} および G_{lose} の部分ゲームを評価する。

組合せゲーム理論では、部分ゲームはそれぞれ独立であることが要請されるが、囲碁においては、このように、完全には独立はでなく何らかの依存関係を持つような部分局面も多い。このような依存関係を持つ組合せゲームを扱う枠組みとして条件付き組合せゲーム (Conditional Combinatorial Game; CCG) [6] が提案されている。

3.1 条件付き組合せゲーム

条件付き組合せゲーム (CCG) G は以下のように表現される。

$$G \stackrel{\text{def}}{=} \{L_{C_1}^1, L_{C_2}^2, L_{C_3}^3, \dots \mid R_{D_1}^1, R_{D_2}^2, R_{D_3}^3, \dots\}$$

ここで、 L^i は G に対して Left が着手してできるゲーム局面で、 R^i は Right が着手してできる局面である。また、各 C_i および D_i は、それぞれの着手が合法か否かを判断するための条件を表わす述語であり、これには全局的な状態に基づいて真偽値が与えられる。

部分局面の地の評価に CCG を用いる場合は、条件述語として G_{lc} の判定結果を用いて、 G_{win} および G_{lose} を CCG として記述してやればよい。

3.2 部分局面の地の評価

文献 [5] に掲載されている攻合い問題の中のいくつかの部分局面について、各ゲームの値を表1に示す。ここで、地の評価値としては、領域内の対象ブロックを除く部分の地が考慮されている。例えば、B の部分局面において黒が攻合い負けである場合のゲームの値が $\{-4 \mid -6\}$ となっているが、これは次のように計算される。

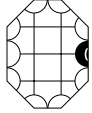
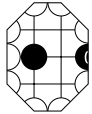
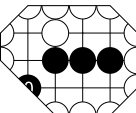
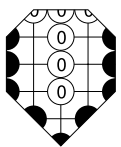
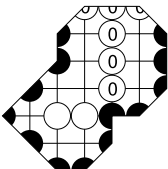
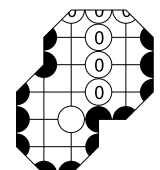
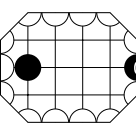
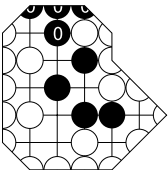
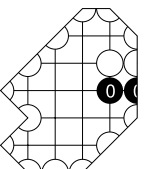
部分局面	手数としての評価		地としての評価			基準値
	G_{lc}	(冷却値)	G_{win}	G_{lose}	(冷却値)	
A: 	3 0	$1\frac{1}{2}$	0 -5	-4 -5	$-4\frac{1}{2}$	-6
B: 	4 0	2*	0 -6	-4 -6	-5*	-7
C: 	6 4 0	4↑	0 -1 -9	-8 -9 -11	-9↑	-13
D: 	-7	-7	0	0	0	7
E: 	-5 -9	-7*	8 0	8 6	7*	14
F: 	-5 -8	$-6\frac{1}{2}$	5 0	5 4	$4\frac{1}{2}$	11
G: 	8 4 2 0	2↓*	0 -6 -9 -12	-8 -10 -11 -12	-11↓*	-13
H: 	6 3 1	$2\frac{3}{4}$	0 -1 -2 -8 -15	-13 -14 -15	$-14\frac{1}{4}$	-17
I: 	6 4 2 1	$2\frac{3}{4}$	-7↑ -10	-9 -10* -11	$-10\frac{1}{4}$	-13

表 1: 部分局面に対する手数と地の評価

白が一目を切り離せば領域内の白地は6目になる。
 一方、黒が一目をツナげば、白は攻合いに勝つために最終的にこの領域内に4手着手する必要があるが生ずるので、白地は対象ブロックを除いたアゲハマの2目とヌキアトの白地2目で合計4目となる。

「基準値」の欄は、部分領域が攻合いではなく、このまま対象ブロックの相手方の地であると仮定した場合の値である。この基準値を用いて、攻め取りにおいて対象ブロックの側が攻合い負けとなるゲーム G_{lose} の冷却値が次式で計算できる¹⁴。

$$Cool(G_{lose}, 1) = \text{基準値} + Cool(G_{lc}, 2) \quad (1)$$

この式(1)が正しいことは、次のようにして説明できる。

攻合いに勝つ側のプレイヤーは、最終的には相手方の対象ブロックのダメを全部埋めて打ち上げる必要があるが、所謂「攻め取り」の場合、その着手は自陣(自分の地)に対して行なわれる。そして、その自陣着手の回数は、その領域内の相手方の対象ブロックの手数に一致し、また、自陣着手は、1手あたり1目の損になるので、基準値からこの損を差し引いてやる必要がある。攻合い勝ちの側にとっての自陣は G_{lose} の部分領域であり、この領域における手数 G_{lc} は、相手方の対象ブロックの手数であるので符号が反転している。したがって、基準値から手数を差し引くために、両者の和をとれば良い。

これを用いて、攻合いの勝敗を考慮した地の評価は次のように行なうことができる。

図1の攻合いは表1のB, C, Dの局面が合わさった攻合い局面である。ここで、白先だとすると白は攻合いに勝てるので、全体の地の評価はB, Cの G_{lose} とDの G_{win} の和となり、その冷却値は

$$-5* + -9\uparrow + 0 = -14\uparrow*$$

となる。あとは、これに互いの対象ブロックの石数(黒9子、白6子)を考慮して、最終的な目数として

$$-14\uparrow* - 18 = -32\uparrow*$$

が算出できる。

一方、黒先の場合は状況が複雑である。部分局面としては、B, Cの G_{win} とDの G_{lose} の和となる。ここで、B, Cの領域への白からの着手は、黒の対象ブロックに対する有効な攻

¹⁴ ここで、 $Cool(G, t)$ は G を t 度だけ冷却したゲームを表わす。

撃手となり、攻合い全体の勝負けの条件が変更される可能性がある。その場合、白の着手および黒の応手の良否は G_{win} のゲームにおける利得だけで計るのではなく、CCG の条件となっている G_{lc} の結果が最優先で考慮されなくてはならない。その結果、図1において黒 a の後、白 b が攻合いの勝敗に関して先手となるので、黒は直ちに c と応ずる必要が生じて、C の G_{win} は $\{0 \mid \{-1 \mid -9\}\}$ のゲームが -1 に変換される。そして、結果として、黒先の場合の最終的な地の評価は -1 となる。

4 おわりに

攻合いの勝敗を考慮した地の評価を行なう手法として、各部分局面に対して、対象ブロックの手数をスコアとするゲーム G_{lc} 、対象ブロック側のプレイヤーが攻合い勝と仮定した場合の部分的な地をスコアとするゲーム G_{win} 、対象ブロック側のプレイヤーが攻合い負と仮定した場合の部分的な地をスコアとするゲーム G_{lose} の3種類のゲームを考慮して、 G_{lc} を条件として、 G_{win} および G_{lose} を評価することによって、全体の地の評価を行なう手法を与えた。そして、攻合い負けの場合の攻め取りに関する評価が、手数の冷却値から導出できることを示した。

対象ブロック側の攻合い勝の部分領域の評価は難しく、それらが組み合わさった場合に攻合い勝の条件を保ちつつ着手の選択を行なうことが今後の課題となる。

謝辞

本研究は、中山隼雄科学技術文化財団による助成(平成17年度 A-7)を受けた。

参考文献

- [1] Elwyn Berlekamp, John H. Conway and Richard K. Guy: “Winning Ways –for your Mathematical Plays–”, Academic Press, New York, (1982).
- [2] Elwyn Berlekamp and David Wolfe: “Mathematical Go –Chilling Gets the Last Point–”, A.K.Peters, (1994).
- [3] Elwyn Berlekamp: “The Economist’s View of Combinatorial Games”, *Games of No Chance*, Cambridge University Press, pp.365–405, (1996).
- [4] H. A. Landman: “Eyespace Values in Go”, *Games of No Chance*, Cambridge University Press, pp.227–257, (1996).
- [5] 中村貞吾: “組合せゲーム理論を用いた囲碁の攻合いの解析”, ゲーム情報学研究会, 2003–GI–9–5, pp.27–34, (2003).
- [6] Martin Müller: “Conditional combinatorial games and their application to analyzing capturing races in Go”, *Information Sciences* 154, pp.189–202, (2003).