

組合せゲーム理論による囲碁の攻合い局面解析ツールの作成

A Tool for Analysing Semeai using Combinatorial Game Theory

弦川 浩尚 Rafael Caetano Dos Santos 中村 貞吾
(九州工業大学大学院 情報工学研究科 情報科学専攻)

Abstract

組合せゲーム理論は、全体局面を独立な部分局面に分割できるゲームの解析に力を発揮してきた。その例として部分性が非常に顕著に現れる囲碁のヨセ局面解析が行われてきた。また、ヨセ局面と同様に部分性があり、重要な局面である攻合い局面に適用し相手の石のダメを埋めるのにかかる手数を組合せゲーム理論のスコアと対応させることにより、ヨセ局面と同様に計算で複雑な局面でもその勝敗の判定ができることとされた。本研究では、組合せゲーム理論を用い、囲碁の攻合い局面の解析を行う計算機ツールを作成した。これにより、囲碁研究と組合せゲーム理論研究の両者に有効な解析ツールを目指した。

1 はじめに

組合せゲーム理論 [1] は、全体局面が独立な部分局面の和として分割できるようなゲームの解析に非常に有効である。囲碁はこのような部分局面に分けやすい性質がある。このことから囲碁の解析にこの理論を適用した研究がなされてきた。そのうちの一つで、囲碁の最終盤局面であるヨセ局面に組合せゲーム理論を適用し、解析を行った研究がある。ヨセ局面とは、双方の着手で囲碁の最終的なスコアである地を直接的に増減させるという重要な局面である。この研究では、地を組合せゲーム理論のゲームのスコアと対応させて解析を行うという研究であった。その成果として、囲碁の最終盤のヨセ局面に適用し、プロ棋士でも難しいとされる局面に対しても正解を与えるなどがある。近年では囲碁のヨセ局面と同様に重要で部分性の高い攻合い局面にも組合せゲーム理論を適用し、その有効性も確認されている [2, 3, 4]。しかしながら、その結果を囲碁の局面上で表現したり、解析結果の理由などを明示できる解析システムがなかった。そこで、本研究では囲碁の攻合い局面を入力とし、組合せゲーム理論による解析を行い、その結果を組合せゲーム理論および囲碁の局面上で表現するシステムの作成を目的とする。

2 組合せゲーム理論

ここでは、本論文で必要となる組合せゲーム理論の基本的な概念とゲームの表現法について説明する。組合せゲーム理論では、2人のプレイヤーを仮定し一方を Left、もう一方を Right と呼ぶ。また、ゲーム局面を $G = \{G_1^L, G_2^L, \dots | G_1^R, G_2^R, \dots\}$ と表す。 G_i^L は Left が着手して、 G_i^R は Right が着手してできる局面を表している。組合せゲーム理論では、ゲーム木の表現がこれまでの minmax 木と異なり、ノードから左にのびる枝は Left の着手、右にのびる枝は Right の着手を表している。

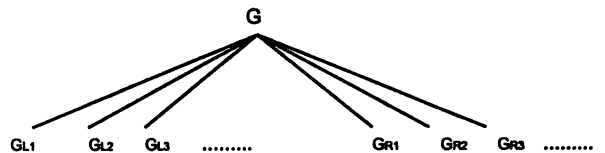


図 1: ゲーム木の表現法

具体的にゲームは、 $A = \{7|3\}$, $B = \{\{8|3\}|1\}$ などと表す。値はその時点で得られるスコアを意味している。このスコアは、プレイヤー Left は最大化するように、プレイヤー Right は最小化するようにプレイする。また、ゲーム局面を特徴づける指標として、平均値と温

度と呼ばれる2つの値を用いることがある。ゲーム局面の平均値とはその局面においてどちらがどれだけ有利かを表した値である。また、ゲーム局面の温度とはその局面に対する次の一手の大きさを表した値である。ゲーム局面の特徴を平均値と温度の2次元平面上に表したものをサーモグラフと呼ぶ。

3 囲碁の攻め合い局面

本研究で対象としている囲碁の攻め合い局面について例を示し説明する。囲碁の攻め合い局面はヨセ局面と違い、囲碁のスコアである地に直接、作用するものではないが、中盤以降にあらわれる局面で相手の石を取ることで間接的に地に作用する重要な局面である。

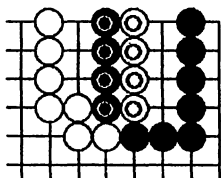


図2：攻め合い局面の例

図2の局面では、丸印の石が攻め合いの対象になっているグループである。黒番が白のグループをとるためにあと4手必要としているのに対し、白番が黒のグループをとるためには3手必要となる。このことから、交互に相手の石をとろうとしたときには白番の方がかける手数が少ないので先に黒石を取ることができる局面とわかる。

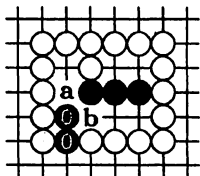


図3：攻め合い局面の例

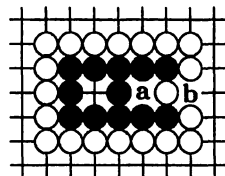


図4：単純でないダメを含む局面の例

このように、攻め合い局面で対象になっている石は隣接している空点を埋められると取られてしまう。この空点のことをダメと呼ぶ。また、対象となっている石

のグループを対象ブロックと呼ぶ。攻め合い局面では相手の対象ブロックを取る。つまり、相手の対象ブロックのダメを何手かけてすべて奪うかが攻め合い局面の勝敗を決める。このとき、黒の対象ブロックのダメを全て奪うのにかける手数を正の数、白の対象ブロックについては負の数で表す。図3の局面で丸印の黒石について攻め合いとなっている。黒aと打つと黒石のダメが6になる。また白a、黒bとするとダメが4になる。そして、白がたてつづけにa,bと打つと黒がその後この局面に着手するとダメの数が減ってしまうために着手しなくなり0となる。この局面を組合せゲーム理論の表記で表現すると $\{6\{4|0\}$ となる。しかしながら、石の配置によっては相手の石を取るまでに別の着手を必要とする場合がある。図4がその例である。白がaを埋めるためにはbへ着手していないと黒に取られてしまい攻め合いに負けてしまう。さらに、コウが含まれるとさらに局面の複雑さが増し解析を難しくする。

4 組合せゲーム理論を用いた攻め合いの解析ツール

ここでは、これまでに作成された計算機上でのゲームの解析ツールについて述べ、問題点を明らかにし、本研究で作成したツールについて説明する。

4.1 組合せゲーム理論による解析ツール

これまで、組合せゲーム理論によるゲームの解析ツールや囲碁の局面分析のツールが開発されてきた。囲碁の局面解析ツールでは、Winsolve [5] という、囲碁の最終盤のヨセ局面を対象にしたシステムが開発されている。そのシステムでは、ユーザがGUIによりヨセ局面を設定し、その局面での双方の着手を入力することによりシステムがその局面で得られる双方のプレイヤーの地(スコア)を算出し、組合せゲーム理論で解析することでその局面のサーモグラフや平均値、温度を出力するものである。しかし、ヨセ局面以外は解析できず、多くの部分でユーザからの手助けがないと解析ができない。そして、組合せゲーム理論の重要な成果の一つである手止まりを打つための理論が実装されていない。また、cg-suite [6] というツールでは、組合せゲーム理論における様々なメソッドを実現し、いくつ

かのゲームについてはプラグインという形でそれぞれのゲームの解析を行う。プラグインに対応したゲームでは、ある局面を与えるとそのゲームの特徴量などの分析結果を表示する。しかしながら、提供するプラグインに囲碁は含まれていない。これまでに囲碁の攻合い局面を対象にし、組合せゲーム理論により解析を行い、その結果として次手の提示や成功例、失敗例の表示などが行えるシステムはまだない。

4.2 攻合い局面解析ツール

従来のシステムが対象としていない囲碁の攻合い局面を取り扱う。これまでのツールが対象にしていたヨセ局面では双方が得ることが出来る「地」をスコアとしていた。今回対象とする攻合い局面においては、相手の石を取るまでに費す着手の回数を「手数」と呼び[3, 4]、この「手数」を攻合い局面のスコアと考え、組合せゲーム理論による解析を計算機で行う。攻合い局面を入力として与え、攻合いの対象となる石のグループとダメをシステムが識別する。そして、入力された局面を部分に分割する。これらの情報から組合せゲーム理論におけるゲーム、ゲーム木、攻合いの結果、サーモグラフなどを表示することで入力された囲碁の攻め合い局面に対する次手の提示、経過図、局面の有利不利とその根拠をわかりやすく表現できると考える。また、将来的に対局プログラム内での次着手生成の支援を行えるようにする。本研究では、以上で述べたような囲碁の攻合い局面について組合せゲーム理論を用いた解析ツールを作成する。具体的には先に述べた cg-suite の囲碁プラグインを作成し実現する。

4.2.1 局面入力と局面分割

ユーザは解析したい局面を GUI から入力する。その際にはユーザは局面に存在する石のグループに以下の属性付けを行う。

essential block 対象ブロック

safe block 安全な石のグループ

unknown block 属性不明なグループの石

これらの情報は局面分割の際に使用する。前述したように、攻合い局面は部分性の強いシチュエーションであ

る。このことから、システムが前で述べた石のグループについての属性情報を元に局面分割を行う。本研究で扱う、部分局面はダメ領域を essential block, safe block で囲まれた閉領域としてしている。また、閉領域内に unknown block が存在する場合にはその unknown block も部分局面に加える。

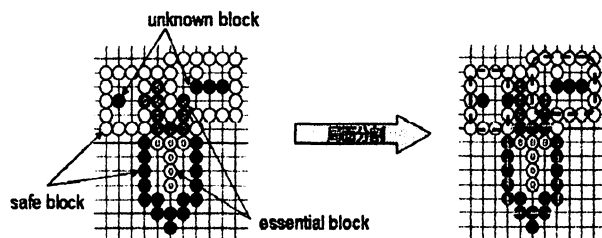


図5：石の属性と局面分割

4.2.2 ゲーム木の作成

前節の局面分割を受けて、それぞれの部分局面について、ゲーム木を作成する。これは、その部分局面の組合せゲーム理論における記述を獲得するために必要な作業である。そのため、着手候補の全てを展開するわけではなく与えられた部分局面での対象ブロックの手数を把握するためのゲーム木である。ゲーム木の作成には探索を必要とするが、部分局面にも多数の着手候補が存在する。これらの中には、ユーザから見ると明らかに探索する必要のない候補も含まれている。このような着手候補に対しても探索を行うことは無駄に探索のコストをかけることになる。そこで、探索の枝刈りを行う。以下に、例を示して説明する。

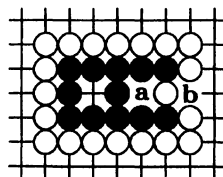


図6：探索する必要がある局面



図7：図6のゲーム木

対象ブロックを取ろうとする手番(攻撃側)は相手の活路を奪うような着手をするという、ヒューリスティクスのみを用いた場合、図5で黒がaに着手を行うと、白がbと着手することによって与えられた局面での黒の活路数2よりも悪い活路数3という状況になってし

まう。この場合図6のように着手の候補 a が刈られる。これは、ヒューリスティクスによって刈られた他の着手の中に有効な着手があるということになる。その有効な着手を探すためにその局面から探索を行う。

4.2.3 組合せゲーム理論による解析

ゲーム木を作成した後に、そのゲーム木を元に *cg-suite* [6] でそれぞれの部分局面を解析する。

それぞれの部分局面を組合せゲーム理論で表現する。それをゲーム G としたときに G を2度冷却した $Cool(G, 2) = \{Cool(G^L, 2) - 2 | Cool(G^R, 2) + 2\}$ を得る。

1. $Cool(G, 2)$ が整数になるとき
 $Cool(G, 2) > 0$ ならば、黒勝
 $Cool(G, 2) < 0$ ならば、白勝
 $Cool(G, 2) = 0$ ならば、先着した方の勝ち
2. $n < Cool(G, 2) < n + 1$ (n は整数) であるとき
黒先着ならば $n + 1$, 白先着ならば n となり、1の方法で評価を行う。
3. $Cool(G, 2) < n$ (n は整数) であるとき
黒先着ならば $n + 1$, 白先着ならば $n - 1$ となり、1の方法で評価を行う。

4.2.4 解析結果表示

前節の解析を受けて、どちらの手番が勝つのかその手順を作成したゲーム木からユーザに提示する。また、組合せゲーム理論における解析の結果をサーモグラフなどを用いて示すこともできる。

5 まとめ

本研究では、組合せゲーム理論による囲碁の攻合い局面解析ツールを作成した。これは、*cg-suite* のプラグインという形で作成した。このツールでは、解析結果として正解着手例や組合せゲーム理論での解析結果を表示させることで囲碁というゲームそのものを研究することと、組合せゲーム理論研究の両者に貢献することができる。また、将来的にプレイプログラムに実装されることも目標にする。

5.1 今後の課題

今後の課題としては、部分局面での探索に囲碁の専門知識や組合せゲーム理論の知識を用いた有効なヒューリスティクスや枝刈り手法を実装すること。取り扱うことのできる局面を拡充することでより一般的な攻合い局面の解析ができるようにすること。現在はユーザに入力させる、石のグループの属性について、システムが自動認識できるようにすることがあげられる。

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] M. Muller: Race to capture: Analyzing semeai in Go, In Game Programming Workshop in Japan '99, volume 99(14) of IPSJ Symposium Series, pp. 61-68, (1999).
- [3] 中村貞吾: "組合せゲーム理論を用いた囲碁の攻合い解析", ゲーム情報学研究会, 03-GI-9-5, (2003).
- [4] 中村貞吾: "内ダメを含む囲碁の攻合いの数理的解析", ゲームプログラミングワークショップ'03(GPW'03), pp. 161-167, (2003).
- [5] <http://www.msri.org/publications/ln/msri/2000/gametheory/fraser/1/index.html>
- [6] <http://cgsuite.sourceforge.net>