

格子型碁盤と特殊な碁盤での有効着手の相違性の解析*

佐藤 真史* 穴田 浩一† 堤 正義*

* 早稲田大学 † 早稲田大学高等学院

1 Introduction

囲碁は二人ゼロ和完全情報ゲームのひとつであり、単純なルールと奥深い戦略性を持ったゲームである。研究対象としてみた場合、囲碁の数理的構造は、「局面（石の配置）に関する情報」と「着手による局面の変化に関するルール」の2つからなる。これらはBenson[1]により定式化され、佐藤らは、B-W グラフモデル [2, 3, 4] および戦術写像 [5, 6, 7] という数理モデルで、対局を局面列として漸化式を用いて表現した。本モデルでは、局面は各交点の状態と、連（石の作る連結集合）の状態を表され、着手はそれらの漸化式として定義される。また戦術写像という局面から盤上の交点からなる集合への写像により、石の配置の持つ特徴や戦術などが表現される。

特に重要な点として、本モデルが碁盤の形状によらず適用可能なことである。実際、囲碁は碁盤の形状によらず行うことの出来るゲームである。正式なものは19路盤（19×19の交点からなる正方格子）であるが、6路盤、9路盤、13路盤といった小碁盤も同様に対局、研究されている。また図1にあるような三角形や六角形から構成されるもの、それ以外にも様々な形の碁盤で可能である。本稿ではそれぞれ三角碁盤、六角碁盤と呼び、正方形から構成されるものを正方碁盤と呼ぶ。ルールが碁盤の形状を限定しない一方で、戦略、戦術などは碁盤の形状に大きく依存する。

一般にルールが変わった場合、構造が似ていてもゲームとしての難易度や面白さ、研究対象としての複雑性などは大きく変わる。中将棋や大将棋といった本将棋と同種のゲームに対して、佐々木（中将棋 [8], 大将棋 [9]）は、駒の動きに関する制約の有無に応じて、1対局あたりに掛かる手数や引き分けの発生率などを調べ、影響力の強いルール、弱いルールがあることを確認した。

本稿では、碁盤の形状が戦術に与える影響を調べるため、戦術写像により表された戦術の勝率が、碁盤の変形に応じてどのように変わるかを、ランダムに着手するプレイヤーとのモンテカルロシミュレーションにより測定し、またその理由の解析をする。

2 関連研究

2.1 B-W Graph Model

BW グラフモデルにおける局面、及び着手の定義をする。

まず、碁盤は交点集合 X と隣接辺集合 E の組 (X, E) で表される。 X は交点からなる集合であり、 E は X の交点同士の隣接を表す辺の集合である。

碁盤 (X, E) 上での局面は黒石からなる集合 B 、白石からなる集合 W 、空点からなる集合 V 、及び、各交点からその交点を含む連、及びその周囲の交点からなる交点集合への写像である接続写像 F の組 (B, W, V, F) で定義される。

尚、連とは同色の石が作る連結な集合を指すが、B-W グラフモデルでは、空点にも自身一つからなる集合として連が定義される。

局面の初期値 $(B_0, W_0, F_0; X, E)$ は次で定められる。

$$\begin{aligned} B_0 &= \emptyset, \\ W_0 &= \emptyset, \\ F_0(x) &= \{y | xy \in E\}, \forall x \in X. \end{aligned}$$

局面 $(B_0, W_0, F_0; X, E)$ を初期局面と呼ぶ。またその定義から、 F_0 を隣接写像と呼ぶ。

局面 $(B_{i-1}, W_{i-1}, F_{i-1}; X, E)$ は黒の着手 m_i ($\in L_{i-1}^B$) がパスで無い場合は、以下の式に従って次の局面 $(B_i, W_i, F_i; X, E)$ に変化する。

$$\begin{aligned} B_i &= B_{i-1} \cup \{m_i\}, \\ W_i &= W_{i-1} \setminus D_{i-1}(m_i), \\ F_i(x) &= \begin{cases} F_{i-1}(A_{i-1}(m_i)) & x \in A_{i-1}(m_i) \\ F_0(x) & x \in D_{i-1}(m_i) \\ F_{i-1}(x) & \text{otherwise} \end{cases} \end{aligned}$$

ここで H, A, D, L は次で定義される。

$$\begin{aligned} H &= \{z \in X | \#(F(z) \cap V) = 1\}, \\ A^B(m) &= F^{-1}(m) \cap (B \cup \{m\}), \\ D^B(m) &= H \cap W \cap F^{-1}(m), \\ L^B &:= V \cap F(H \oplus \bar{W}) \cup \{pass\}. \end{aligned}$$

なお、 $\#$ は集合の要素の数を返すものとする。また手番が白の場合は、上式の B と W を交換したもので表される。

2.2 戦術写像

戦術写像は、BW グラフモデルの演算子を利用した、局面から盤上の部分集合への写像の一般系を定義したものである。各写像は二分木の形をしており、各ノードが演算子にあたるが、演算子を組み替えていくだけで大量かつ様々な写像を生成でき、シミュレーションなどに応用しやすい。これまでに局面の持つ幾つかの特徴の定式化に成功している [5, 6, 7]。これらは特定の局面に対する解ではなく、任意の局面における同一の意味を持った解が得られ、戦術写像が用いる演算子は、集合演算とBW グラフモデルが用いる演算からなるが、2節で定義したもの以外に次の P_n, Q_n も用いる。

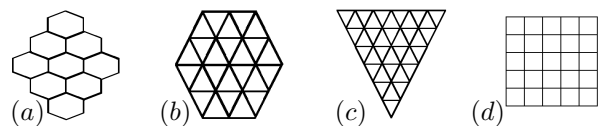


図1: 合同な図形からなる碁盤の例: (a) 六角碁盤. (b)(c) 三角碁盤, (d) 正方碁盤 (6路盤).

*Analysis for differences of good moves between modified boards

Masafumi Sato* Koichi Anada† Masayoshi Tsutsumi*

*Waseda University

†Waseda University Senior highschool

0項演算	B, W, V, H
1項演算	$\bar{\cdot}, F, F_0, A^B, A^W, D^B, D^W, P_n, Q_n$
2項演算	\cap, \cup, \setminus

表 1: 戦術写像に用いる演算子

$$P_n(O) = \{y | \#(F(y) \cap O) \geq n\}$$

$$Q_n(O) = \{y | \#(F(y) \cap O) \leq n\}$$

これらは、 H の拡張になっている。

$$\mathcal{F}_1 = \{B, W, V, H\}$$

$$\mathcal{G}_1 = \{\bar{\cdot}, F, F_0, A^B, A^W, D^B, D^W, P_n, Q_n\}$$

$$\mathcal{G}_2 = \{\cap, \cup, \setminus\}$$

$$\mathcal{F}_{n+1}^1 = \{g^1 f | g^1 \in \mathcal{G}_1, f \in \mathcal{F}_n\}$$

$$\mathcal{F}_{n+1}^2 = \{f_1 g^2 f_2 | g^2 \in \mathcal{G}_1, f_1, f_2 \in \mathcal{F}_n\}$$

$$\mathcal{F}_{n+1} = \mathcal{F}_{n+1}^1 \cup \mathcal{F}_{n+1}^2$$

\mathcal{F}_n を深度 n 以下の戦術写像と呼び、 \mathcal{F}_∞ を戦術写像と呼ぶことにする。

3 戦術写像による碁盤の相違性評価

戦術写像は碁盤の形状によらず用いることが出来る。そこで、幾つかの戦術写像に基づくプレイヤーを構成し、その勝率から碁盤の相違性の確認を行った。

今回対象とした碁盤は図 1(a), (b), (c), (d) の四種類である。また相違性の確認に用いた戦術写像は次の 5 つである。

- (1) $(P_4(\bar{B}) \cap V) \cup (A^W(\bar{B} \cap P_1(W)) \cup D^W(\bar{B}))$,
- (2) $(P_1(W) \setminus W) \cup \bar{B} \cup P_4(V)$,
- (3) $\overline{Q_3(V) \setminus (V \setminus (Q_0(W) \setminus B))}$,
- (4) $(P_1(A^B(W)) \cup V) \setminus (P_1(W) \cup Q_4(\bar{B}) \setminus (\bar{B} \setminus Q_0(W))) \cap (P_1(P_1(B)) - W) \cup H$,
- (5) $F(W \cup V \setminus FQ_3(\bar{W}))$.

そして戦術写像の返す交点集合の元のうち可能な着手の中から選ぶ**戦術写像プレイヤー**の勝率を見ることで、碁盤同士の相違性を確認した。戦術写像プレイヤーは常に先手とし、後手プレイヤーとしては全ての可能な着手の中からランダムで選ぶ**ランダムプレイヤー**を用意した。尚、着手可能であるにも関わらず戦術写像の返すものとの間に共通部分が無い場合は、パスではなくランダムプレイヤーと同じく全ての候補の中から選ぶとした。また各シミュレーションは、各組み合わせについてそれぞれ 10000 回ずつ対局させ、その平均を取った。

4 結果と考察

表 2 が各碁盤 (a), (b), (c), (d) における各戦術写像 (1), (2), (3), (4), (5) に基づくプレイヤーの勝率である。なお比較用として、ランダムプレイヤー同士の対局も行った。

まず、どの勝率もランダムより高い勝率となり、有効な戦術であることが確認できた。三角碁盤 (b) と六路盤 (d) の勝率の傾向が似ている一方、同じ三角碁盤 (c) は六角碁盤 (a) に近いという結果となった。これは、(c) の持つ 3 つの角部分が影響したのではないかと考える。囲碁においては、少ない手数で囲えることは戦略上重要な意味を持つ。とがっているということはそれだけ容易に囲えると考えられ、(a) の盤端にある隣接する交点が 2 つの交点と同じ特徴となり、逆に円形に近い (b) と (d) に同一の傾向が見られたものと考えられる。

	碁盤 (a)	碁盤 (b)	碁盤 (c)	碁盤 (d)
ランダム同士	50.6	53.8	53.0	52.4
(1)	68.0	70.8	74.0	73.9
(2)	71.5	66.7	71.5	67.5
(3)	71.1	66.8	71.1	66.7
(4)	71.2	66.0	71.1	67.0
(5)	69.0	56.4	65.9	59.9

表 2: 各碁盤における戦術写像プレイヤーの勝率

5 まとめ

今回、戦術写像の碁盤の形状によらず適用できるという特性を利用し、同一戦略の勝率から碁盤の相違性の確認をした。今回の結果では、三角形や四角形といった構成要素よりも、全体的な形状、特に隅に影響される可能性が示された。その影響力には碁盤のサイズも関わっている可能性があるため、今後は、サイズの大きい碁盤の場合についても同様の解析を行っていく予定である。

参考文献

- [1] David B. Benson. Life in the game of go. *Information Sciences*, Vol. 10, pp. 17–29, 1976.
- [2] Masafumi Sato, Koichi Anada, and Masayoshi Tsutsumi. Formulation of nakate by a graph model for the game of go. *Proceeding of 3rd International Conference on Applied Computing and Information Technology (ACIT 2015)*.
- [3] Masafumi Sato, Koichi Anada, and Masayoshi Tsutsumi. A mathematical formulation based on the connectedness of stones for the game of go. *International Journal of Computer and Information Science (IJCIS)*, Vol. 16, No. 4, pp. 1–10, 2015.
- [4] Masafumi Sato, Koichi Anada, and Masayoshi Tsutsumi. A model for the connectedness in the game of go. *Proceeding of SNPD2015*, pp. 561–566, 2015.
- [5] 佐藤真史, 穴田浩一, 山口浩太郎, 堤正義. 機械学習を用いた囲碁のある局面における抽出すべき特徴の自動選定について. 情報処理学会第 74 回全国大会, pp. 2–11–2–12, 名古屋工業大学御器所キャンパス, 2012. 情報処理学会.
- [6] 佐藤真史, 穴田浩一, 堤正義. グラフに基づく囲碁の静的評価写像系の提案とその検証実験. 第 12 回情報科学技術フォーラム, pp. 2–291–2–298, 東北大学川内キャンパス, 2013. 情報処理学会, 電子情報通信学会.
- [7] 佐藤真史, 堤正義. B-w graph model による棋譜からの着手の機械学習と対局者の思考過程, 着眼点の解析. 情報処理学会第 75 回全国大会, pp. 2–93–2–94, 東北大学川内キャンパス, 2013. 情報処理学会.
- [8] 佐々木宣介. 中将棋における各種ルールの影響の考察. 情報処理学会研究報告 ゲーム情報学 (GI), pp. 15–22, 2007.
- [9] 佐々木宣介. 大将棋のルール評価の研究. ゲームプログラミングワークショップ 2015 論文集, pp. 119–125, 2015.