

自動プレイによるチェスライクゲームの歴史的進化の研究

Evolutionary Changes of Chess-like Games: A Study Using Self-play Experiments

佐々木宣介* 橋本剛† 飯田弘之‡
Nobusuke Sasaki Tsuyoshi Hashimoto Hiroyuki Iida
{sasaki, hasimoto, iida}@cs.inf.shizuoka.ac.jp

abstract

Chess, Xiangqi (Chinese Chess) and Shogi (Japanese Chess) are the major world-wide-popular chess-like games which have been played for many centuries. In this paper, we investigate the characteristics of three major chess-like games and several old versions of Shogi by self-play experiments. The experiment were performed with three algorithms. The algorithm using a completely random play, using random play with a mating search, and using a mating search with a simple evaluation function which evaluates only materials. Some statistics(e.g., average game length, average possible moves) obtained by the experiments are compared, and the similarity of these Shogi variants are examined.

1 はじめに

将棋, チェス, 象棋(中国将棋)の3種類は起源を同じくし, 世界の三大将棋類(Chess-like games)とされる. これらの将棋類が進化論的変遷を経て今日の形に至るまでに, 数多くの変種(variants)が考案され, その多くは忘れ去られ消えていったと考えられている. 将棋類の進化論的変遷の過程で, 各将棋類のどの要因が「ゲームの生き残り」に重要な役割を果たしたのだろうか. 本研究は, 将棋類のルール変遷がゲームの質にどのような変化を与えたかを探ることを目的とする.

研究の背景

ゲームの進化論的変遷は, 一般的に, 各時代ごとにプレイヤがより面白いと感じられ多くの人々に親しまれたゲームが生き残り, 結果として後の時代へと伝承される. ゲームを楽しむプレイヤは, そのゲームが簡単すぎず, しかも難しすぎない, 適度な複雑さを持つゲー

*静岡大学サテライト・ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー: 〒432-8561 静岡県浜松市城北3-5-1

†静岡大学大学院理工学研究科: 〒432-8011 静岡県浜松市城北3-5-1

‡静岡大学情報学部: 〒432-8011 静岡県浜松市城北3-5-1

ムを好む。本研究における試みは、このような進化論的変遷を科学的に推論する際に用いるべきゲームの面白さを表すような指標を求めることである。

ゲームプログラミングにおいて中心的な役割を果たしてきた探索中心のアルゴリズムでは、平均合法手数 B とゲームの平均終了手数 D とから求められる、可能な合法局面の総数 B^D がそのゲームの複雑さを表す重要な指標となる。しかし、人間にとってのゲームの複雑さは単純に可能な合法局面の総数 B^D であらわすことは適当ではない。なぜなら人間のプレイヤーはある局面において全ての選択可能な手を探索するのではなく、見込みのある手を重点的に検討して、次の一手を決めていると考えられるからである。

我々は先行研究において、チェス、将棋、象棋(中国将棋)の世界3大将棋では、エキスパートレベルのプレイヤーが行ったゲームのデータから求められる $\frac{\sqrt{B}}{D}$ という値が類似の値となることに着目した。表1に、松原ら[1]によって報告されたチェスライクゲームにおけるグランドマスター(最強レベルのプレイヤー)レベルのゲームの平均合法手数と平均終了手数、さらにそのデータを元に計算したいくつかの値を示す。

表 1: 最強レベルのプレイヤーの試合から得られた数値。

	B	D	B/D	$\frac{\sqrt{B}}{D}$	$B \times D$	B^D
チェス	35	80	0.44	0.074	2,800	$35^{80} \approx 3.35\text{E}+125$
象棋	38	95	0.40	0.065	3,610	$38^{95} \approx 1.20\text{E}+150$
将棋	80	115	0.70	0.078	9,200	$80^{115} \approx 7.17\text{E}+218$

これらのチェスライクゲームは、それぞれ独立に進化して現在のルールが形成されたにもかかわらず、 $\frac{\sqrt{B}}{D}$ はほぼ等しく、0.07程度と同じ値を示している。そこで、我々はチェスライクゲームにおいては歴史の変遷の過程でエキスパートレベルのゲームにおける $\frac{\sqrt{B}}{D}$ の値がある値に収束するという仮説を提案した[2],[3]。また、既に廃れてしまった歴史の変種のゲームのデータを簡便に採取する手法として、コンピュータプログラムによる自動プレイを提案し、計算機実験を行った。

世界三大将棋及び、将棋の歴史の変種に対し、計算機実験を行い、得られた $\frac{\sqrt{B}}{D}$ の値を比較した結果、将棋類の進化的変遷において、 $\frac{\sqrt{B}}{D}$ は平安将棋と呼ばれる古い時代の将棋から現代将棋に至るまで増加していること、さらに持駒再使用ルールの付加が現代将棋に進化する上で重要な変化であると推測した。

先行研究における計算機実験では、完全にランダムに指し手を選択するアルゴリズム及び、相手玉の1手先の詰みのみを探索するアルゴリズムのみを利用したが、このようなコンピュータプログラムは技術的にはほとんど初心者程度の強さしか対応しないため、エキスパートによるゲームのデータを精度良く推測することが難しい。

そこで本論文においては、様々な仕様のアルゴリズム(実力の異なるプレイヤーに相当)で動作するプログラムの自動プレイによってデータを採取した。プログラムの強さは依然としてエキスパートレベルには遠く及ばないため、得られたデータから直接エキスパートレベルのゲームのデータを推測する事は難しい。しかし、アルゴリズムの違いによってどのようにゲームのデータが変化していくかを比較することにより、各将棋類の性質の相違を評価する事が可能になると考えられる。すなわち各ゲーム間の類似度が判定できる事を意味する。ア

ルゴリズムとしては、詰み探索を強化したアルゴリズム及び、駒の損得のみを判断する単純な評価関数を利用したアルゴリズムを利用して、計算機実験を行った。

実験は、チェス、将棋、象棋の世界3大将棋及び、将棋の祖先として古代に存在したとされる平安将棋、さらに、平安将棋から現代の将棋に変化する過程で存在したと思われる中間形である平安将棋+大駒、平安将棋+持駒再利用ルールという変種に対して行った。

2 計算機による自動プレイ

本節では、計算機による自動プレイ実験の概要を述べる。自動プレイにおける実験は以下の条件で行った。

- 同一のアルゴリズムで動作するコンピュータプログラムを用いて、多数の対戦を行う。(1000-10000局)
- プログラムは以下の3種類のアルゴリズムで動作する。
 1. 全合法手の中から完全にランダムに指し手を選択する。(アルゴリズム1)
 2. 詰み探索の能力のみを有する。相手玉の連続王手の詰みのみを探索し、詰みを発見できなかった場合にはランダムに指し手を選択する。詰み探索の深さは1, 3, 5の3種類。(アルゴリズム2)
 3. 詰み探索に加え、駒の損得を評価関数として用いた先読みの能力を持つ。最初に相手玉の詰み探索を行って、詰みを発見できなかった場合には、評価関数を用いて先読みを行い、最善手を探す。先読みの深さは1, 3の2種類、詰み探索の深さは3に固定する。(アルゴリズム3)
- 1000手以上経過しても勝負がつかなかった場合には、そこでゲームを止めて引き分けとして処理する。
- 引き分けに終わったゲームのデータは D および B の算出には使用しない。

アルゴリズム2において、詰み探索の深さを0にした場合はアルゴリズム1と同一の動作をする。また、アルゴリズム3において、先読みの深さを0にした場合はアルゴリズム2において詰み探索の深さを3にした場合と同一の動作をする。

チェス、将棋及び将棋の歴史的変種についてはアルゴリズム1から3の全てについて、また、象棋については、アルゴリズム1、アルゴリズム2についてのみ実験を行った。

また、将棋とその歴史的変種については平安将棋のみ、 9×8 の大きさの盤を使用し、大駒使用ルール、持駒再使用ルールともに 9×9 の大きさの盤で実験を行った。

駒の価値としては、将棋についてはトップレベルの将棋プログラムの一つであるYSSで使われている値[4]を、chessについてはgnuchessの値を用いた。ただし、将棋の持駒については盤上にある場合と差をつけずに同じ価値とした。

アルゴリズム1及び、アルゴリズム2の実験においては10000局の自動対戦を行い、アルゴリズム3においては、1000局の実験を行い、そのデータから平均合法手数、平均終了手数、さらには $\frac{\sqrt{B}}{D}$ の値を求めた。

3 結果

表2に計算機実験によって得られた結果を示す。将棋及び象棋においては、チェスにおけるスタイルメイトと同様の状態になった場合には、指す手がなくなった方が負けとなる。そのため、チェスにおけるスタイルメイトは引き分け数には含まないとした。したがって、表中の引き分けとは、ゲーム開始から1000手を経過してゲームを停止した場合のみを意味する。

また、図1-4にアルゴリズム2において詰み探索の深さを変えていった場合に $\frac{\sqrt{B}}{D}$ の値がどのように変化するか、また、アルゴリズム3において先読みの深さを変えた時に $\frac{\sqrt{B}}{D}$ がどのように変化するかを世界3大将棋の場合と、将棋の歴史的変種の場合にわけて示した。

表2及び図1-4から B 、 D 、 $\frac{\sqrt{B}}{D}$ などの変化の様子を比較する事により、以下の知見を得た。

1. アルゴリズム2 (詰み探索のみを行う) において全てのゲームで、詰み探索の深さが深くなるほど $\frac{\sqrt{B}}{D}$ が増加する傾向が見られる。
2. アルゴリズム3 において、先読みの深さが1から3に変化した時に引き分けの割合が大きく変化する例が見られる。
3. アルゴリズム3 (駒の損得を評価関数として持つ) において、先読みの深さが1から3に変わると、全てのゲームで $\frac{\sqrt{B}}{D}$ が減少する傾向が見られる。
4. 将棋とその歴史的変種について、 $\frac{\sqrt{B}}{D}$ の変化の様子を比較すると、ほぼ常に平安将棋+持駒ルールが他の歴史的変種と比べて現代将棋と近い $\frac{\sqrt{B}}{D}$ の傾向を示す。
5. 平安将棋に大駒を付加した場合には $\frac{\sqrt{B}}{D}$ の値には大きな変化が生じなかった一方で、平安将棋+持駒再使用ルールにさらに大駒を付加した時には $\frac{\sqrt{B}}{D}$ に大きな変化が生じている。

1については、長手数詰みを発見する事が可能になれば、より早く終局に達する。つまり、平均終了手数 D が減少する効果が影響していると考えられる。

2、3の結果は、アルゴリズム3においては、評価関数が駒の損得のみを評価しているためと考えられる。1手しか先読みしない場合には、単純に駒を取る手を選択するが、3手先まで先読みした場合には、敵の駒を取った駒が取り返される手順まで評価できるために、単純に駒を取る手を選択するとは限らない。したがって、1手先読みした場合と3手先読みした時とで、ゲームの様相が大きく変わり、引き分けの割合等も変化する。

$\frac{\sqrt{B}}{D}$ が減少していく傾向については、持駒ルールの有無によって、影響を受ける要素が異なる。持駒ルールを持たないゲームにおいては、先読みが1手から3手になって単純に駒を取りに行かなくなった事で、ゲームの様相が「睨み合い」の状態を示す傾向があり、平均終了手数が増加するという結果となり、 $\frac{\sqrt{B}}{D}$ が減少する。一方、持駒ルールを有するゲームにおいては、駒を取りにいかない事が、平均合法手を減少させる方向により強く影響し、その結果 $\frac{\sqrt{B}}{D}$ の値が減少する。

4の結果より、平安将棋から現代将棋に進化する過程で加えられたルール変更の内、持駒再使用ルールの方が、大駒付加よりも大きく $\frac{\sqrt{B}}{D}$ の値を変化させていることがわかる。こ

表 2: 自動プレイの結果.

ゲーム	アルゴリズム	B (平均合法手)	D (平均終了手数)	$\sqrt{B/D}$	draw(%)
平安将棋	1 (ランダムプレイ)	24.0	213.7	0.0229	87.12
	2 (1手詰み探索)	24.4	185.9	0.0266	53.49
	2 (3手詰み探索)	24.4	187.7	0.0263	47.92
	2 (5手詰み探索)	24.4	187.1	0.0264	46.69
	3 (1手先読み)	20.4	139.6	0.0323	86.4
	3 (3手先読み)	21.6	313.5	0.0148	72.6
平安将棋 + 大駒	1 (ランダムプレイ)	29.5	268.8	0.0202	84.60
	2 (1手詰み探索)	30.8	205.4	0.0270	37.48
	2 (3手詰み探索)	31.0	193.7	0.0288	29.63
	2 (5手詰み探索)	30.9	192.8	0.0288	25.95
	3 (1手先読み)	22.9	147.7	0.0324	82.0
	3 (3手先読み)	27.6	304.0	0.0173	40.6
平安将棋 + 持駒	1 (ランダムプレイ)	41.5	343.8	0.0187	46.14
	2 (1手詰み探索)	39.4	203.2	0.0309	5.28
	2 (3手詰み探索)	38.7	186.3	0.0334	2.74
	2 (5手詰み探索)	38.5	179.5	0.0346	2.28
	3 (1手先読み)	78.1	186.3	0.0474	0.1
	3 (3手先読み)	57.6	164.8	0.0461	17.7
将棋	1 (ランダムプレイ)	53.0	408.2	0.0178	17.76
	2 (1手詰み探索)	46.0	179.9	0.0377	0.03
	2 (3手詰み探索)	44.1	156.9	0.0423	0.00
	2 (5手詰み探索)	43.3	149.5	0.0440	0.00
	3 (1手先読み)	112.8	115.3	0.0921	0.0
	3 (3手先読み)	67.4	122.1	0.0672	1.1
チェス	1 (ランダムプレイ)	24.9	249.2	0.0200	65.78
	2 (1手詰み探索)	28.14	121.1	0.0438	9.88
	2 (3手詰み探索)	28.87	101.2	0.0531	4.46
	2 (5手詰み探索)	29.0	94.5	0.0570	2.56
	3 (1手先読み)	18.1	80.1	0.0530	67.0
	3 (3手先読み)	24.2	155.0	0.0318	9.7
象棋 (中国将棋)	1 (ランダムプレイ)	28.8	318.5	0.0169	44.10
	2 (1手詰み探索)	36.0	127.1	0.0472	2.29
	2 (3手詰み探索)	37.0	109.7	0.0555	1.39
	2 (5手詰み探索)	37.2	104.7	0.0582	0.78

アルゴリズム 1 : 完全にランダムに指し手を選択.

アルゴリズム 2 : 相手玉の詰み探索を行い, 詰みが見つからない場合にランダムに指し手を選択.

アルゴリズム 3 : 詰み探索及び駒の損得を評価関数として先読みを行う.

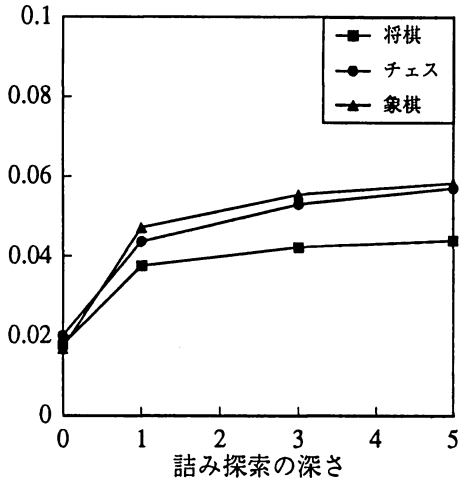


図 1: チェスライクゲームにおいて詰み探索の深さを変えた時の $\frac{\sqrt{B}}{D}$ の変化。

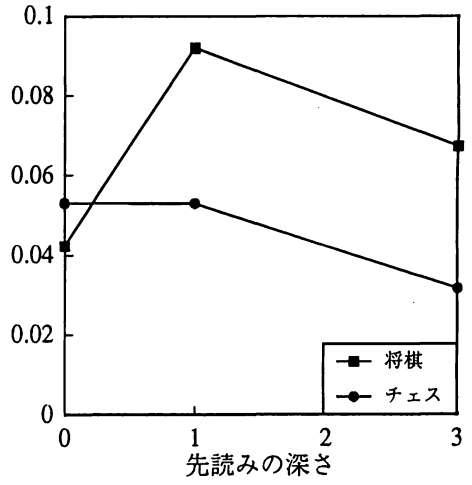


図 2: チェスライクゲームにおいて先読み深さを変えた時の $\frac{\sqrt{B}}{D}$ の変化 (詰み探索は深さ 3 に固定)。

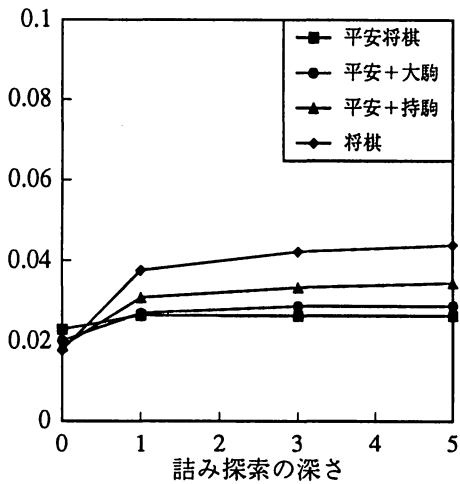


図 3: 将棋の歴史の変種において詰み探索の深さを変えた時の $\frac{\sqrt{B}}{D}$ の変化。

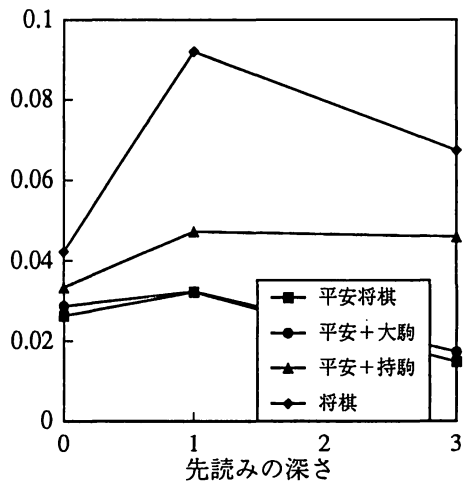


図 4: 将棋の歴史の変種において先読み深さを変えた時の $\frac{\sqrt{B}}{D}$ の変化 (評価関数は駒の損得のみ. 詰み探索は深さ 3 に固定)。

のことは平安将棋 + 持駒ルールが平安将棋 + 大駒ルールよりも現代将棋に近い事を示唆しており、先行研究において導いた推測とも一致する。

その一方で、5の結果は、単純に大駒が新たな駒として加わった事ではなく、大駒を持駒として再使用できる事がゲームの質を変化させる大きな要因になった事を示唆する。

4 結論と今後の課題

本論文では、チェスライクゲームに対して様々な異なるアルゴリズムのプログラムを利用して自動プレイの計算機実験を行った。自動プレイに用いたプログラムは、初心者に近い強さであるため、得られたゲームのデータから、そのままエキスパートレベルの $\frac{\sqrt{B}}{D}$ の値を推測する事は難しい。そこで、様々なアルゴリズムにおいて、 $\frac{\sqrt{B}}{D}$ の値が各ゲームでどのように変化するかという点を比較する事により、ゲームの類似度を推測する事を試みた。

計算機実験によって得られた $\frac{\sqrt{B}}{D}$ の変化の様子を将棋の歴史の変種の間で比較した結果、平安将棋 + 持駒ルールが平安将棋 + 大駒ルールよりも質的に現代将棋に近いことが示唆された。しかしその一方で、大駒の付加は、持駒ルールとの併用によってより大きな影響を与える事も示唆された。

以上の結果より、計算機による自動プレイの手法が、ゲームの類似度の評価に利用可能であると確認できた。

今後の課題を以下に示す。

- ゲーム間の類似度を定量的に評価すること。
- チェスや象棋の歴史の変種に対しても自動プレイによる実験を行い、ルールの変遷と質的变化の関係を調べる。

参考文献

- [1] Matsubara, H., Iida, H. and Grimbergen, R. (1996). "Natural Developments in Game Research." *ICCA Journal*, **19**(2): pp.103-111.
- [2] Hiroyuki Iida, Nobusuke Sasaki, and Tsuyoshi Hashimoto, (1999). "Towards a Classification of Games using Computer Analyses" *Proceedings of Third International Colloquium of Board Games in Academia*, Firenze, Italy, (in press).
- [3] 佐々木宣介, 橋本剛, 梶原羊一郎, 飯田弘之, (1999). "チェスライクゲームにおける普遍的指標" 情報処理学会研究報告, **vol. 99, No. 53**, pp.91-98.
- [4] 山下宏, (1998). "YSS - そのデータ構造, およびアルゴリズムについて" コンピュータ将棋の進歩 2, 松原仁 (編著), pp.112-142, 共立出版, ISBN4-320-02892-9.