

自動プレイ実験を用いた中将棋のルールの評価

佐々木宣介
県立広島大学経営情報学部
sasaki@pu-hiroshima.ac.jp

概要

本研究の大きな目標は、世界の全将棋種を対象に、ルールの変遷が各将棋種に対してどのような質的影響を与えたかを探ることである。これまで計算機による自動プレイを強化学習の手法と組み合わせることによって、既に廃れてしまった変種も含めて将棋とその変種のデータを調べ、質的類似度についての評価を行ってきた。本論文では、大きな盤と多数の駒を持つ中将棋の変種に対して実験を行った結果を報告する。特に獅子という駒の特殊ルールに着目してその影響を評価した。

The Study of the Rule of Chu-Shogi Using Self Play Experiments

Nobusuke Sasaki
Faculty of Management and Information Systems,
Prefectural University of Hiroshima
sasaki@pu-hiroshima.ac.jp

Abstract

This study explores how the evolutionary changes of the rules affect the characteristics of the games in the Shogi species. The author proposed the self-play experiment to obtain the statistical game data and analysed the similarity of Shogi variants. In this paper, the author analysed the variant of “Chu-Shogi” that is played with the big size board and a lot of pieces. Especially it was focused on the special rule of the piece “SHISHI”.

1 はじめに

本研究の目的は、世界の将棋類において、ゲームのルールの変遷がゲームの質にどのような影響を与えたかを探ることである。先行研究において、それぞれ異なる進化を経て、異なるルールが定着して生き残った世界三大将棋(将棋、チェス、中国の象棋)で、平均終了手数 D 、平均合法手数 B から計算される、 \sqrt{B}/D の値がプロ棋士レベルのゲームでほぼ一定の値となっていることに着目し、 \sqrt{B}/D の値が将棋種のルールの進化論的変遷を評価する上で、重要な指標になるという推測を行った。そして、 D 、 B の他、この \sqrt{B}/D の値も利用して将棋種の歴史的

変種間の質的類似度の評価を行ってきた [1]-[3]。

先行研究では、現在プレイヤがいる変種だけでなく、既に廃れてしまってプレイヤがいないような歴史的変種や、人工的な変種、変則ルールの変種において、ある程度信頼性の高いデータを簡便に採取する方法として、以下の手順によってデータの採取と評価を行う自動プレイの手法を提案し、解析を行った。それにより、日本将棋における大きな2つのルールの変化、大駒ルールおよび持駒ルールがゲームの質に与える影響を評価した。

- 駒の損得のみを評価関数とする思考アルゴリズムの自動プレイプログラムを作製し、強化学習の一種である TD 学習法 (Temporal Difference

Learning)[4], [5]を利用して、自己対戦を通じて駒価値の学習を行い、ある程度の強さの思考プログラムを自動的に作製する

- 同じ思考アルゴリズムを用いて自己対戦の自動プレイ実験を行ってゲームのデータを収集する

これまでは、現代将棋につながるいわゆる小将棋についての解析が中心であったが、本論文では、大きな盤と多くの駒種を用いる中将棋について計算機実験を行った結果を報告する。

特に、中将棋には、現代将棋には存在しないさまざまな特殊ルールがあることに注目し、これらの特殊ルールがゲームのデータにどのように影響を与えるかを評価し、その特殊ルールがゲームの質に与えた影響を探ることを目指す。本稿では、中将棋の特殊ルールのうち、獅子という駒に関する特殊ルールについて計算機実験を行った。自動プレイ実験によって採取した、引き分けの割合、平均終了手数や平均合法手数、形勢逆転の頻度といったゲームのデータの比較を行い、変種の特徴の評価を行った結果を報告する。

2 中将棋

日本の将棋には、現代の将棋につながる小将棋と呼ばれる盤の小さな将棋の他に、大将棋類と称される大きな盤と多数の駒を用いる変種が存在する。[6]

盤の大きな将棋は、中将棋(12 × 12)の他にも、大将棋(15 × 15)、大大将棋(17 × 17)、天竺将棋(16 × 16)などの変種があるとされているが、現在、わずかでもプレイされているのは中将棋のみである[7],[8]。中将棋の主な特徴としては以下のような点があげられる。

- 12 × 12の盤でプレイされ、ゲーム開始時に各プレイヤーは21種類、合計46枚ずつの駒を持つ
- いわゆる自陣は4段目までで、敵陣の4段目より先に入れば成ることができる
- 持駒ルールはなく、捕獲した駒は取り捨てとなる
- 酔象という駒が成ると太子となり、太子があれば、玉将を取られても負けにならず、ゲームを終了するためには玉将と太子の両方を取る必要がある
- 一部の駒は(獅子は全方向への移動、飛鷲は斜め前方への移動、角鷹は正面への移動)2マス先

まで移動する時には、移動途中のマスにある2つの駒を同時に捕獲可能である

- 獅子同士の取り合いに一定の制約があり、簡単に獅子同士の交換のような形で双方の獅子が盤上から取り去られることがない。獅子に関する特殊ルールについては、次章で述べる

表1に、中将棋で使用される駒の一覧を示す。現代将棋では龍王が最強の駒であるが、中将棋ではさらに強力な駒もある。例えば龍王と龍馬がさらに成ることができる他、奔王はチェスのクイーンと同じ動きが可能である。また、現代将棋と同じ駒が使用されていても、成った後の駒の機能が異なる場合もある。なお、各駒の動き等の機能の詳細についての説明は省略する。

表 1: 中将棋で使用される駒の一覧

駒の名称	成った時
仲人(ちゆうにん)	酔象(すいぞう)
歩兵(ふひょう)	と金(とぎん)
猛豹(もうひょう)	角行(かくぎょう)
銅将(どうしょう)	横行(おうぎょう)
銀将(ぎんしょう)	堅行(しゅぎょう)
金将(きんしょう)	飛車(ひしゃ)
盲虎(もうこ)	飛鹿(ひろく)
酔象(すいぞう)	太子(たいし)
香車(きょうしゃ)	白駒(はくく)
反車(へんしゃ)	鯨鯢(けいげい)
横行(おうぎょう)	奔猪(ほんちよ)
堅行(しゅぎょう)	飛牛(ひぎゅう)
角行(かくぎょう)	龍馬(りゅうめ)
飛車(ひしゃ)	龍王(りゅうおう)
龍馬(りゅうめ)	角鷹(かくおう)
竜王(りゅうおう)	飛鷲(ひじゅう)
鳳凰(ほうおう)	奔王(ほんおう)
奔王(ほんおう)	
麒麟(きりん)	獅子(しし)
獅子(しし)	
玉将(ぎょくしょう)	

3 獅子に関する特殊ルール

本章では、中将棋の大きな特徴のひとつである獅子の特殊ルールについて述べる。獅子は遠くへの利きはないが、駒が近接した状況では無類の強さを発揮する駒である。

12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
皇	飛	龍	龍	王	王	龍	龍	飛	皇	皇	皇	一
反		角		盲	龍	龍		角		反	二	
戦	龍	飛	馬	龍	龍	龍	龍	飛	龍	戦	三	
歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩	四	
			仲					仲			五	
											六	
											七	
			仲					仲			八	
歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩	歩	九	
横	堅	飛	馬	龍	龍	龍	龍	飛	堅	横	一〇	
反		角		盲	龍	龍		角		反	一一	
香	猛	銅	銀	金	玉	醉	金	銀	銅	猛	一二	

図 1: 中将棋の初期配置

3.1 獅子の動き

獅子は現在いる場所から 2 マスの距離の範囲のマスすべてに移動が可能であるが、単に 2 マス先まで利きがあるということに留まらず、重要な機能として、2 マス先に移動する際に、2 枚の駒を取りつつ移動が可能である。玉将の動きを一度に 2 手指すことが可能であると考えるのがわかりやすい。

また、2 マス移動可能ということから、現在の場所から 1 マス動き、すぐに戻るということで、動かないという手(実質的にはパスと同じ)も選択可能である。このような手を「じっと」という。さらに、隣接するマスに敵方の駒がいれば、その駒を取り、元のマスに戻るという手も可能であり、これを「居喰い」という。

居喰いの一例としては、図 2 に示す局面で、▲3四獅子 が □3三飛 を取り、元の ▲3四 に戻ることが可能である。

なお、獅子の他には、龍王が成った飛鷹が左右の斜め前方に 2 マス、馬が成った角鷹も前方に 2 マス移動することができるようになり、その方向の駒に対しては居喰いやじっとができる。

	5	4	3	2	1	
				飛		一
				龍		二
				飛		三
			獅			四
						五

▲3四獅子 は □3三飛 を取り、▲3四 に戻るという動作を 1 手で行うことができる

図 2: 居喰いの例

3.2 獅子の足

獅子同士の取り合いには、特殊な制約ルールが存在する。これは、居喰いのような特徴的な動きをする獅子が、早い段階に獅子相討ちで盤上から消えてしまうことを防ぐために設けられたルールであったと考えられる。

獅子に味方の駒の利きが存在する時には、獅子に足があると言う。獅子同士が 1 マス間をあけて隣り合っている場合、すなわち、双方の獅子が 2 マスの距離で互いの利きに入っている時、相手の獅子に足がある場合には、獅子で獅子を取ることができない。

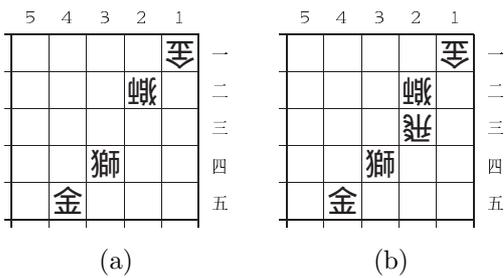
これは獅子が獅子を取る場合に適用されるルールであり、獅子以外の駒が相手の獅子を取る場合には、このような制約はない。

ただし、獅子に足がある場合でも、敵方の獅子との間に、歩と仲人以外の敵方の駒がもう 1 枚存在する場合には、その駒を取り、続いて相手の獅子を取るという手が可能で、これを付け喰いまたは喰い添えという。

3.3 先獅子

先獅子と呼ばれるルールは、獅子対獅子の取り合いではなく、獅子以外の駒で相手の獅子を取る際に適用されるルールである。

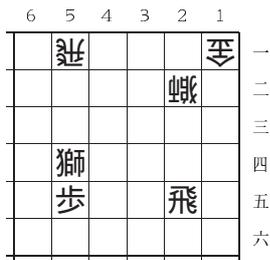
相手の獅子を獅子以外の駒で取る際は、先に上げた、相手の獅子に足があるかどうかという条件には関係なく獅子を取ることができる。しかし、双方の獅子に相手の駒が当たっていて、かつ自分の獅子には足がついている場合には、先に獅子を取られた側は、直後の一手で獅子を取り返すことができないと



(a) では、先手後手共に、相手の獅子を獅子で取ることはできない。(b) の場合は、先手は後手の飛車を取りつつ獅子も取るという手 (付け喰い) を指すことが可能

図 3: 獅子の足と付け喰いの例

いう制約がある。図 4 において、先手が獅子を取った場合、後手はすぐに先手の獅子を取り返すことができない。同じく、後手の番で先手の獅子を取った場合には、先手は獅子を取り返すことはできない。



図が先手番で ▲2二 飛成 と獅子を取った場合には、後手は直後の一手で □5四 飛 と獅子を取り返す手を指すことができない。同様に図が後手番で □5四 飛 と獅子を取った場合には、直後に ▲2二 飛成 と獅子を取り返す手を指すことができない。

図 4: 先獅子の例

4 計算機実験

4.1 駒価値の学習

中将棋のさまざまな特殊ルールの有無による性質の違いに着目して比較評価を行うため、特殊ルールを極力排したルールの変種と、獅子の特殊ルールを持つ変種についての実験を行った。今回は、以下のルールの変種について実験を行った。

- 太子ルールはなく、玉将が詰んだら終了とした

- 獅子等の特殊ルールは、以下のようにいくつかのルールについて、実験を行った

- － 獅子、飛鷹、角鷹が 2 マス移動に伴い、2 つの駒を捕獲可能というルールを適用せず、単純に味方の駒が存在しない 2 マス内のどこにでも移動可能としたもの (中将棋 (1) とする)
- － 獅子飛鷹、角鷹が 2 つの駒を一手で捕獲可能とした他、居喰い、じっとも可能とし、かつ、足のある獅子の取り合いに関するルールは採用していないもの (中将棋 (2) とする)
- － 足のある獅子を獅子で取ることができないルールを加えたもの (中将棋 (3) とする)

中将棋 (1) は、特殊ルールを極力排したものであり、中将棋 (2) は居喰い等に代表される近接した状況において発揮される獅子の強力な機能を加えたもの、中将棋 (3) は、その獅子が早い段階で盤上から取り去られることを抑制するルールと言える。

まず最初に自己対戦を用いた TD 学習により、駒価値の学習を行い、続けてその学習結果を利用して自己対戦による自動プレイ実験でゲームのデータを採取する。

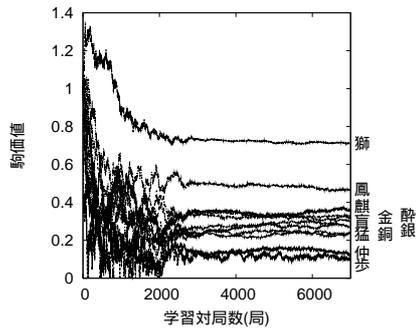
TD 学習においては、7000 局の自己対戦を行い駒価値の学習を行った。一例として中将棋 (1) の学習曲線を図 5 に示す。中将棋は駒数が多いため、生駒の状態、いわゆる飛び利きのある駒とない駒に分けて表示した。飛び利きがない駒としては仲人、歩兵、猛豹、銅将、銀将、金将、盲虎、酔象、麒麟、鳳凰、獅子、飛び利きがある駒として、反車、横行、堅行、角行、飛車、龍馬、龍王、奔王という分類になる。なお、駒が成った際には、生駒としても存在する駒種に変わる場合もある。これらを区別するために成駒を表わす表記としては「歩+」のように生駒に「+」をつけている。

また、3000 局学習した時点で、直後 100 局の学習値を平均した値を表 2 に示す。なお、この数値は歩の価値を 1.0 として正規化した値である。中将棋のように駒数が多い変種においても、安定した学習を行うことが可能という結果となったが、細かく見れば、成駒の価値などで駒価値のバランスが良くないと思われる点もある。これは、駒数が多いために、駒が自陣にいる場合に比べて、敵陣で成った後にさら

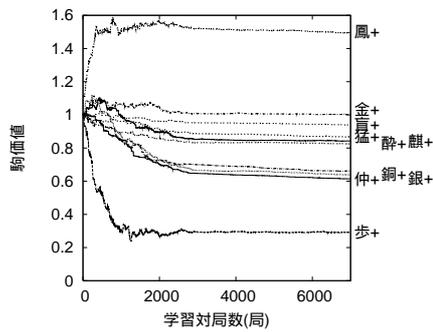
に駒を取るような手が発生しやすいことなどの影響も考えられる。

表 2: 3000 局学習時点の直後 100 局の平均値

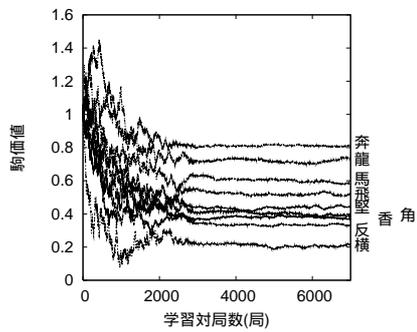
駒	中将棋 (1)	中将棋 (2)	中将棋 (3)
仲人	1.05	1.21	1.91
歩兵	1.00	1.00	1.00
猛豹	1.77	1.74	2.61
銅将	1.72	1.68	2.42
銀将	1.82	1.92	3.67
金将	2.60	2.36	4.27
盲虎	2.06	2.32	2.96
醉象	2.70	2.04	4.07
香車	2.87	2.69	4.14
反車	2.67	1.90	3.13
横行	1.71	1.57	2.63
堅行	3.43	2.97	4.67
角行	3.15	3.33	5.18
飛車	4.21	3.33	5.33
龍馬	4.88	4.86	7.07
龍王	5.55	5.88	9.60
鳳凰	3.86	2.82	4.27
奔王	6.24	5.64	9.95
麒麟	2.73	2.67	3.95
獅子	5.67	8.97	15.35



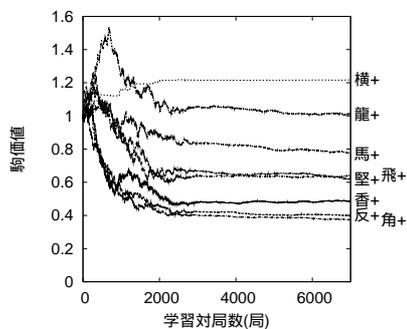
(a) 飛び利きのない駒の駒価値



(b) 飛び利きのない駒が成った時の駒価値



(c) 飛び利きのある駒の駒価値



(d) 飛び利きのある駒が成った時の駒価値

図 5: 中将棋の駒価値学習の経過

4.2 自動プレイ実験の結果

次に学習した値を用いた、駒価値のみの評価関数を持つ思考プログラムにおける自動プレイ実験を行い、先読みの深さを変えてゲームのデータを採取した。本稿では、特に中将棋の獅子の特殊ルールに着目

しており、既に小将棋類について得られているデータと、今回中将棋の変種について得られたデータを比較する。

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。(100-1000局)
- プログラムは詰み探索能力および、駒の損得のみを評価関数とする先読み探索の能力を持つ。駒の価値として、TD 学習で獲得した値を使用する
- 先読み探索の末端局面で取り合いが生じている場合には、最大で+3手まで静けさ探索を行う
- 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

4.2.1 終局の状況

まず対局がどのように終了しているかを比較した。引き分けの頻度は、プレイヤーがゲームの面白さを評価する時に一定の影響を及ぼすはずである。例外はあるとしても、引き分けは少ない方がプレイヤーにとって好ましいと感じる傾向があると考えられる。また、すべての駒を取り切る形の終局と詰みによる終局の割合もゲームの特徴を評価する際のひとつの指標と考えられる。表3に、引き分け(1000手で終了しなかった)対局の割合と、勝負がついたが、片方のプレイヤーが玉一枚となる、すなわち他の全ての駒を取られることによって終局した割合を示す。なお、この結果は、詰み探索5手、先読み深さを3手、探索延長を6手とした場合の自動対戦の結果である。

中将棋の変種においては、平安将棋、平安将棋+大駒ルール、平安将棋+持駒ルールと比較して引き分けとなる対局の割合がかなり小さいことがわかった。

小将棋類では、いわゆる小駒しかない平安将棋に大駒及び持駒ルールの付加されたことにより、引き分けに終わる割合が低くなっていく傾向が明らかである。中将棋においては、持駒ルールがないにもかかわらず、平安将棋+大駒、平安将棋+持駒ルールよりもさらに引き分けの割合が低下しているが、こ

表 3: 対戦結果の詳細

種類	引分け (%)	玉一枚となる終局 (%)
平安将棋	36.6	38.3
平安+大駒	12.2	44.7
平安+持駒	13.7	
将棋	0.7	
中将棋 (1)	4.6	19.9
中将棋 (2)	4.8	17.6
中将棋 (3)	4.5	12.5

れは中将棋の駒数が多いこと、小将棋類の大駒よりもさらに強力な駒がいくつも存在することが影響していると考えられる。

さらに、持駒ルールのない変種では、一方の駒が玉一枚となることによって勝負がつく場合があるが、この割合も平安将棋、平安将棋+大駒ルールと比較してかなり低く、玉が詰むという形で終了している割合が高いことがわかった。¹ また、中将棋の獅子ルールの違いの影響としては、獅子の取り合いの制限となる、獅子の足のルールを採用した中将棋 (3) において、詰みの形で終了する割合が高くなっている。獅子がゲームの終盤まで盤上に残りやすくなった効果と考えられる。

4.2.2 ゲームのデータ

次に、平均合法手数 B 、平均終了手数 D のデータを表4に、 $\sqrt{B/D}$ のデータをグラフにして図6に示す。盤のサイズや駒数の違いから、 B 、 D の値は小将棋類の場合と差があるが、 $\sqrt{B/D}$ については、中将棋の変種は、平安将棋などの持駒ルールのない変種に近い値で、平安将棋+大駒ルールに近い値となっている。獅子ルールの違いによる大きなデータの変化は見られないという結果となった。

4.2.3 形勢逆転の状況

次に各変種の自動プレイ実験における形勢逆転の様子を調べた。

逆転の定義としては、単純に「1手進行した時に、

¹ 平安将棋や中将棋において、「詰み」という概念が採用されていたのか、玉を取ることをゲームの目的としていたのかという議論も可能であるが、本稿の実験では詰みの状態でゲームを終了している

表 4: 自動プレイ実験によって得られたデータ (詰め探索を 5 手に固定し、先読み深さを変化させた)

種類	先読みの深さ				
	0手	1手	3手	5手	
平安将棋	B	21.3	20.1	18.5	18.6
	D	311.1	345.7	365.5	403.6
平安+大駒	B	28.1	27.9	26.6	26.2
	D	246.3	191.6	215.6	306.0
平安+持駒	B	38.6	43.6	59.7	62.8
	D	181.9	194.8	165.5	154.6
将棋	B	43.4	49.8	57.8	64.7
	D	149.6	122.5	112.3	112.4
中将棋 (1)	B	82.3	68.7	63.8	
	D	364.5	403.2	366.6	
中将棋 (2)	B	87.5	80.1	73.3	
	D	311.9	342.4	356.7	
中将棋 (3)	B	88.0	80.8	79.2	
	D	326.4	340.5	334.3	

その時点の局面の評価値 (駒の損得のみを計算) が 0 を越えて正負が入れ変わったこと」としている。データとしては、自動プレイ実験において、詰め探索 5 手、先読み 3 手、静けさ探索最大 6 手 (先読み 3 手+延長 3 手) の実験で得られた対局データを利用した。

図 7 に、各変種において、局面の進行度に対して形勢逆転が生じた割合を計算した結果を示す。「局面の進行度」とは、対局開始時を進行度 0%、対局が終了した時点を進行度 100%とした時の進行の状況を表わす。進行度を 10 段階に分割して、分割された各範囲内で形勢逆転が生じた割合を数えたものである。(10 段階の進行度それぞれの値を総和すると 1 になる)

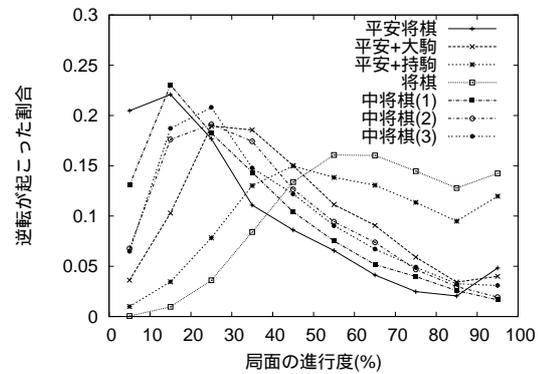


図 7: 逆転の起こった割合

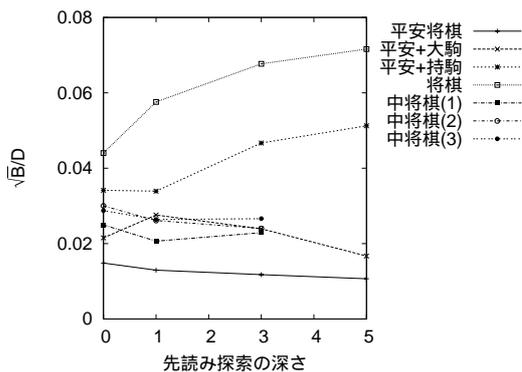


図 6: 先読み深さを変えた時の \sqrt{B}/D の変化

図 7 より、小将棋のデータとの比較では、形勢逆転の頻度についても、平安将棋+大駒ルールに近いデータであることがわかる。

また、獅子の特徴的なルールがない中将棋 (1) と中将棋 (2)、中将棋 (3) とでは、形勢逆転の発生状況が少し異なる特徴となり、中将棋 (2) や (3) の方がやや局面進行度の遅いところにピークが来ていることがわかる。

5 まとめ

自動プレイによりゲームのデータを採取する計算機実験を中将棋の変種に対して適用した。本稿では、中将棋に特徴的な特殊ルールを利用しないシンプルなルールおよび、獅子に関するルールを加えていった変種に対する実験を行った。まず、Temporal

Difference 学習法を用い、自己対戦を通じて中将棋の駒価値の学習を行った。その結果、駒種が多い中将棋においても駒価値の学習が可能であることがわかった。

次に、学習した駒価値を利用した評価関数のプログラム同士の自動プレイ実験を行った。

まず、中将棋の変種と小将棋類との比較の結果、おおまかな傾向としては、以下の点があげられる。平均合法手数 B 、平均終了手数 D から計算される \sqrt{B}/D の値については、過去の実験で得られている平安将棋+大駒ルールとのデータと同程度の値となっている。また、形勢逆転の頻度についての評価でも、局面の進行度によってどのような形勢逆転頻度になるかを評価した結果、平安将棋+大駒ルールのデータを同様の傾向を示している。一方、中将棋に特徴的なデータとしては、現代将棋には及ばないものの、中将棋は引き分けの割合が少ないことがわかった。さらに、同じく持駒ルールを持たない小将棋類の変種と比較して、中将棋は玉一枚となる終局のタイプより、玉が詰むことによって終局する割合が大きいという結果となった。このような傾向は、小将棋類と比べて駒種が多く、強力な駒も多数あることによるものと考えられる。

引き分けの割合が小さくなることや、詰みによる終局の割合が大きいことは、どちらかと言えば、ゲームの動きをより激しくする方向の作用と考えることが可能であり、中将棋のゲームとしての特徴を示すひとつの要素と言える。

さらに、中将棋の変種間のデータの比較により、獅子の特殊ルールの違いによる影響が評価できる。特殊ルールの違いは、それほど大きなデータの変化としてはあらわれていないが、獅子の特殊ルールが加わると、詰みによる終局の割合が増加する傾向と、形勢逆転の頻度のピークが若干後ろに移る傾向が見られた。中将棋 (2) は獅子の機能をさらに強力にするルール、中将棋 (3) は、強力な獅子が盤上から早く取り去られることを抑制するルールが加わったものである。獅子に関する特殊ルールは、さらにゲームの動きが激しくなる方向に作用していると評価できる。

今後は、今回は採用しなかった先獅子ルールの影響、酔象が成った太子が玉将の変わりとなるルールの影響の評価を行う予定である。

謝辞

本研究は文部科学省科学研究費補助金（若手研究 (B) : 16700240）による助成を受けた。

参考文献

- [1] 佐々木宣介, 飯田弘之 (2002). “将棋種の歴史的変遷の解析” 情報処理学会論文誌, vol. 43 No. 10, pp.2990-2997.
- [2] 佐々木宣介 (2006). “機械学習と自動プレイを用いた将棋種の類似度比較について” 情報処理学会研究報告, vol. 2006, No. 23, pp.41-48.
- [3] 佐々木宣介 (2006). “将棋とその変種における形勢逆転頻度の比較” 情報処理学会研究報告, vol. 2006, No. 70, pp.53-60.
- [4] A. L. Samuel, (1959). “Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers” *IBM Journal of Research and Development*, 3, pp.210-229.
- [5] R. Sutton (1988). “Learning to Predict by the Methods of Temporal Differences” *Machine Learning*, 3, pp.9-44.
- [6] 梅林勲, 岡野伸, (2000). “世界の将棋 改訂版”, 将棋天国社.
- [7] 日本中将棋連盟 Web ページ
<http://www.chushogi-renmei.com/>
- [8] 日本中将棋協会 Web ページ
<http://www.bushinavi.com/chuusyouggi/>