

中将棋における特殊ルールの影響の評価

佐々木 宣介^{1,a)}

受付日 2012年2月20日, 採録日 2012年9月10日

概要: 本研究の大きな目標は, 世界の将棋類においてルールの変遷が各変種に対して与える影響を探ることである. 日本の将棋の変種には, 現代将棋とは異なる大きな盤と多数の駒を使用する大将棋類と呼ばれる系統の将棋があり, その1つに「中将棋」がある. 中将棋には現代将棋にはない特別なルールがある. 本論文では, 計算機による自動プレイ実験を用いてこの中将棋の特別なルールがゲームの性質に与える影響について評価を行った結果を報告する.

キーワード: 中将棋, 自動プレイ実験, 大将棋類, ルールの変遷, 獅子ルール

The Evaluation of the Special Rules of Chu-Shogi

NOBUSUKE SASAKI^{1,a)}

Received: February 20, 2012, Accepted: September 10, 2012

Abstract: This study explores how the evolutionary changes of the rules affect the characteristics of the games in the Shogi species. There are Dai-Shogi (Big Shogi) variants that is played with a big size board and a lot of pieces. A variant “Chu-Shogi” is one of the Dai-Shogi variants. There are some special Chu-Shogi rules that are not included in Modern Shogi. The author reports the result of Computer’s self-play experience to evaluate about the influence of special rules of Chu-Shogi.

Keywords: Chu-Shogi, self-play experience, Big Shogi variants, evolutionary changes of the rules, Shishi rule

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.

ゲームのルールが変遷する過程では, プレイヤがより面白いと感じたルールが生き残っていくと考えられる. 筆者らは先行研究において, 世界中に伝播する過程で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うえで, 重要な指標になるという推測を行った [1], [2], [3]. この指標につい

ては, その後, Iida らが, 多人数不完全ゲームである麻雀に対しても, インターネット麻雀サイトにおけるゲームの記録から, この \sqrt{B}/D という指標が適用可能であるという分析をしている [4]. また, Cincotti らは, チェスの歴史的変種の変遷について, 「洗練さ」に関係する指標を提案し, チェスの発達過程では, いったん複雑さが増加する方向にルールの変化が起きた後, 続いて, 複雑さが減少してもより洗練される方向への変化が起きていると提案している [5].

以上のような提案・考察の発展はあるが, \sqrt{B}/D という指標の妥当性, どの範囲のゲームまで適用可能であるかといったことまでは十分に議論が尽くされていない状況である. しかし, 筆者らは当初のきっかけであった \sqrt{B}/D という指標の妥当性の議論とは独立に, 歴史的変種のような近縁のゲーム間については, D , B などといったゲームのデータを用いることにより, ゲーム間の類似度の分類, 比較を行うことが可能であると考え, (1) D , B などのゲー

¹ 県立広島大学経営情報学部
Faculty of Management and Information Systems, Prefectural University of Hiroshima, Hiroshima 734-8558, Japan
a) sasaki@pu-hiroshima.ac.jp

ムのデータを用いて、歴史的変種のような近縁のゲーム間の質的類似度の分類、比較を行うこと、(2)すでにプレイヤーの存在しないような変種についても、計算機による自動プレイを用いて大量の試合を行い、ゲームのデータを採取することを提案し、実験・評価を行ってきた。また、自動プレイ実験においては、あらかじめ強化学習の一手法である Temporal Difference 学習法 [6] を併用して駒価値の学習を行ったプログラムを作製し、ランダムプレイによる自動プレイの結果よりもデータの信頼性を向上させる工夫を行ってきた [3]。

この手法を用いることにより、現在プレイヤーがいる変種だけでなく、すでに廃れてしまってプレイヤーがいないような歴史的変種、変則ルールの変種についても、比較可能なデータを取得することができるという利点がある。

これらの実験を当初は日本将棋とその歴史的変種と考えられる将棋について行ってきた。日本の将棋は、古い時代には大駒も持駒ルールもなかったとされており、その古代の将棋は平安将棋と呼ばれている。この平安将棋と現代将棋、その中間形と考えられる将棋に対して計算機実験によりゲームのデータを採取して比較を行った。その結果、日本将棋のルール成立における大きな2つのルールの変化、大駒ルールおよび持駒ルールは、単独では持駒ルールがゲームの性質に与える影響が大きく、大駒ルールは、持駒ルールと組み合わせられることにより、大きな影響をゲームに与えていると推測できる結果が得られた [3]。

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ほかに、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 [7]。大将棋類の一種である中将棋には、現在でもわずかにプレイする人が残っている。この中将棋には、現代将棋にはない特殊ルールがある。そこで、中将棋について、これらの特殊ルールの与える影響に着目して実験評価を行ってきたが、これまでは簡単な実験と評価を行った段階にとどまっていた [8]。特に自動プレイ実験に関しては、一部の変種については実験を行っていなかったことや、実験の際の対局数が少なかったといった問題があった。

本論文では、この中将棋の自動プレイ実験に関してさらに詳細な実験を行い、データの信頼性を高めた結果をまとめて報告する。本論文では解析対象として想定する8つの変種すべてについて、十分な対局数の実験を行ったほか、得られた棋譜の内容についても太子という駒の出現割合など、追加の分析と考察を行っている。

なお、3.2節の駒価値学習実験については過去の発表と同等の結果を用いているため、手法などの詳細な記述は省略し、概要と結果を改めて示すにとどめる。

2. 中将棋の概要

2.1 ルールの概要

日本の将棋の中で、盤の大きな将棋は、中将棋 (12×12) のほかにも、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 [9]。

中将棋のルールには、以下の3つの大きな特徴がある。

- 12×12の大きな盤と多数の駒が存在する (持ち駒ルールはない)。
- 獅子という駒に現代将棋には見られない特殊なルールがある。
- 酔象という駒が成った太子という駒はもう1枚の玉の働きをし、玉が取られただけではゲームは終了せず、太子も取られた時点でゲームが終了する。

以下にこれらの特徴について簡単に述べる。

2.2 中将棋の盤と駒

表1に、中将棋で使用される駒の一覧を示し、図1に中将棋のゲーム開始時の初期配置を示す。中将棋は12×12という大きなサイズの盤でプレイされる。また駒種も現代将棋と比べると非常に多い。ただし、現代将棋にある駒のうち、桂馬が存在しない。また、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。たとえば龍王と龍馬がいわゆる生駒の状態でも存在し、さらに強

表1 中将棋で使用される駒の一覧
Table 1 The pieces of Chu-shogi.

| 駒の名称 | 成った時 |
|-------------|------------|
| 仲人 (ちゅうにん) | 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) | 鯨鮓 (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) |
| 龍王 (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) | |

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

図1 中将棋の初期配置

Fig. 1 The initial position of Chu-Shogi.

力な駒に成ることができるほか、奔王という駒は飛車と角の動きを合わせた性能、すなわちチェスのクイーンと同じ動きが可能である。また、後述する獅子という駒が非常に強力な働きをする。

中将棋における自陣、敵陣は4段目で区切られる。相手の陣地である4段目まで進めば、その駒は成ることができる。なお、持駒ルールはなく、捕獲した駒を再使用することはできない。

2.3 獅子ルール

中将棋における獅子の特殊ルールは中将棋の大きな特徴の1つとされている。獅子は遠くのマスへの利きはないが、駒が近接した状況では大変強力が無類の強さを発揮する駒である。

図2に、獅子の特殊ルールが現れる局面を示す。

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とどまらない。2マス先に移動する際に、2枚の駒を取りつつ移動することが可能である。また、現在の場所から1マス動き、すぐに戻るということで、隣接するマスにいる敵方の駒を取り、元のマスに戻るという手も可能で、これを「居喰い」と呼ぶ。たとえば、図2の(a)では、先手の獅子は後手の2三の飛車を取りつつ元の3四の位置に戻るという動きが可能である。同じく、1マス動いてすぐに戻ると、結果的には動かないでパスと同じこととなる「じっと」という手も選択可能である(同じような動きが、角鷹、飛鷲でも一部の方向にのみ可能)。

さらに、獅子どうしの取り合いに特殊な制約ルールが存在する。これは、特徴的な働きを持つ獅子が、早い段階に相討ちで盤上から消えてしまうこと(持ち駒ルールがないため、それ以後のゲームで獅子が使えない)を防ぐために設けられたルールであると考えられる。

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | |
| | | | 銀 | | 一 |
| | | | 金 | | 二 |
| | | | 飛 | | 三 |
| | | 獅 | | | 四 |
| | | | | | 五 |

(a) 居喰いの例

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | |
| | | | | 王 | 一 |
| | | | | 蛾 | 二 |
| | | | 獅 | | 三 |
| | | 獅 | | | 四 |
| | 金 | | | | 五 |

(b) 獅子の足の例

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | |
| | | | | 王 | 一 |
| | | | | 蛾 | 二 |
| | | | 飛 | | 三 |
| | | 獅 | | | 四 |
| | 金 | | | | 五 |

(c) 付け喰いの例

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | |
| | 飛 | | | | 王 | 一 |
| | | | | | 蛾 | 二 |
| | | | | | | 三 |
| | | 獅 | | | | 四 |
| | | 歩 | | 飛 | | 五 |
| | | | | | | 六 |

(d) 先獅子の例

図2 獅子の特殊ルール

Fig. 2 The special rule of Shishi.

図2の(b)のように、獅子に味方の駒の利きがある場合には「獅子に足がある」という。このように獅子どうしが1マス間をあけて対峙しているとき(双方の獅子は相手の獅子の利きに入る)、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。これは獅子どうしの取り合いに適用され、他の駒が相手の獅子を取る場合には制約はない。

ただし、図2の(c)のように、獅子に足がある場合でも、相手方の獅子との間に歩、仲人以外の相手の駒が存在するときは、その駒と獅子の2枚を取るという手が可能である。これを「付け喰い」または「喰い添え」という。図2の(c)の例では、先手の獅子が2三の飛車と2二の獅子を取るという動きが可能となる。

さらに、双方の獅子に相手の駒が当たっていて、かつ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いう制約がある。これを「先獅子」という。図2の(d)の例では、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。

2.4 太子ルール

最後の太子ルールについて述べる。初期局面では玉の右に酔象という駒が配置される。この酔象が敵陣まで進んで成ると太子となる。このとき太子は、もう1枚の玉として機能する。太子が盤上にある場合には、そのプレイヤーの玉が取られてもゲームは終了せず、終了するためには玉と太子の両方とも捕獲する必要がある。

3. 計算機実験

中将棋の特殊ルールに着目し、これらの特殊ルールの影響を評価するために、中将棋および中将棋からわずかにルールを変更した変種について、コンピュータプログラムのプレイヤーどうしによる自動プレイによる計算機実験でゲームのデータを採取した。

計算機実験は次の2段階の手順で行う。まず、駒の損得のみを評価する思考プログラムを準備する。駒価値のパラメータは、現代将棋ほど適切な値が明確になっていないため、強化学習の手法の1つである Temporal Difference 学習法を用いて中将棋の各駒の駒価値の学習を行う。続いて、学習した駒価値を思考アルゴリズムに組み込んだプログラムどうして多数の対戦を行い、 D 、 B といったゲームのデータを採取する。

3.1 使用した中将棋ルール

実験を行った中将棋の変種は以下のようなルールである。獅子や太子の特殊ルールがまったくない状態の変種から、中将棋と同等のルールになるまで少しずつ特徴的なルールを加えていき、それらのルールの違いがゲームのデータにどのように影響を与えるか評価することが狙いである。

- 中将棋 (1)：獅子、飛鷲、角鷹は、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できるとし、2つの駒を同時に取るができるというルールは適用しない。太子ルールもない。
- 中将棋 (2)：中将棋 (1) に加えて獅子、飛鷲、角鷹が2つの駒を一手で取ることができ、居喰い、じっとも可能とする。足のある獅子の取り合いを制限するルール、先獅子ルールはない。
- 中将棋 (3)：中将棋 (2) に足のある獅子を獅子で取ることができないというルールを加えた。付け喰いル

ルも有効とする。

- 中将棋 (4)：中将棋 (3) に加え、先獅子ルールも有効にする。
- 中将棋 (5)～(8)：中将棋 (1) から中将棋 (4) にそれぞれ太子ルールを加えたもの。
中将棋 (8) が、中将棋と同等のルールとなっている。

3.2 駒価値の学習

Temporal Difference 学習法による駒価値の学習を行う原理は先行研究と同一の方法であるため [3], [8], 詳しい説明などは省略する。駒価値学習は中将棋 (1) から中将棋 (4) までの各ルールの中で行う。

学習自体は中将棋 (5) から中将棋 (8) のルールの中でも適用可能であるが、以下のような理由で本論文では中将棋 (1) から (4) までの駒価値学習を行った。太子ルールがある中将棋 (5)～(8) においては、玉と太子は、どちらか片方のみが盤上に存在する場合と両方が存在する場合で、その位置付けが大きく異なってくる。自分しか盤上にない場合には、自分が捕獲されれば（詰まされれば）ゲームが終了する一方で、両方が盤上にあれば、片方が捕獲されてもゲームは終了しない。このように場面ごとの駒の位置付けが大きく変わってくるが、現時点では（後述するように）駒価値の学習はそこまで厳密な細かい状況に応じた値を求めることが難しいと考えられる。そこで駒価値学習は中将棋 (1) から中将棋 (4) までの変種について行い、次節のゲームのデータ採取実験の際は、次のような設定を行うこととした。中将棋 (1) から中将棋 (4) の実験ではこの実験で得られた駒価値を利用、中将棋 (5) から中将棋 (8) においては、中将棋 (1) から中将棋 (4) で設定された駒価値を利用して、さらに玉と太子の駒価値を他の駒より非常に高く設定することとした*1。

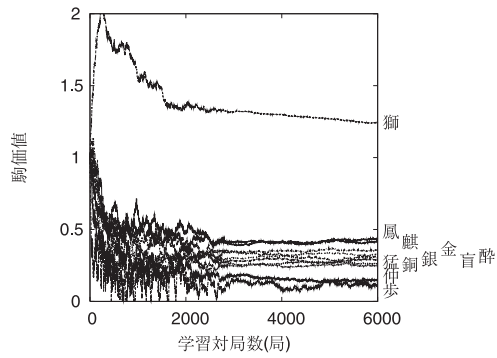
学習の経過の一例を図3にあげる。

図3の例では、ある程度安定して収束している。また、おおむね強力な駒が高い値となるように学習されている。しかし、学習データの詳細を見ると駒価値のバランスが不自然と考えられる部分も残っている。たとえば、龍王よりも明らかに強力な駒と考えられる奔王の駒価値が龍王とほぼ同じ値になっていることなどである。このようにやや適当ではない学習結果と思われる部分もあるが、おおむね正しい傾向の学習を行うことができた。

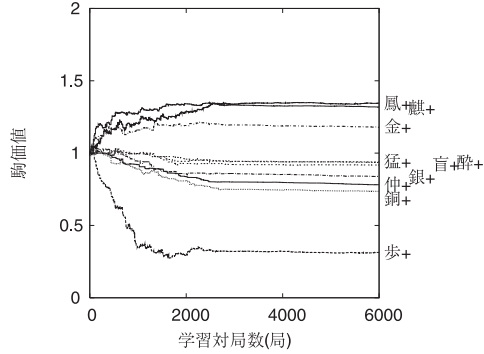
表2に、各変種について実際に学習した結果を歩の価値で正規化した値をまとめる。

本研究では、獅子の特殊ルールの違いに着目しているが、駒価値の学習結果では、獅子が特に強力な駒となる中将棋 (2) 以降では、奔王（チェスのクイーンと同等の動きをする強力な駒）よりも大きな駒価値となっていることが分かる。

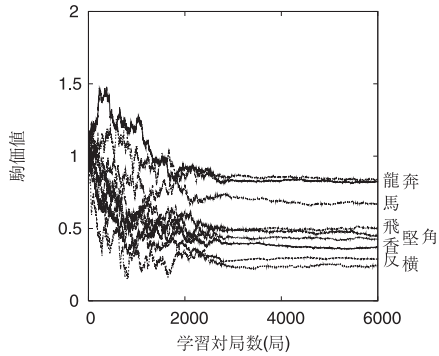
*1 太子に成る前の酔象の駒価値にも影響があると考えられるが、今回は無視している。



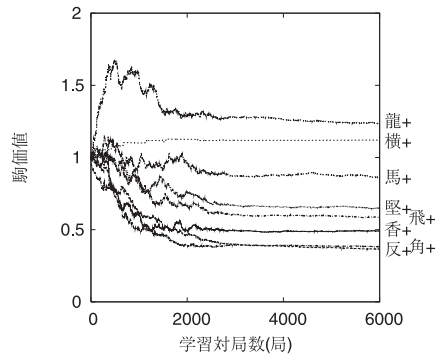
(a) 飛び利きのない駒 (生駒) の駒価値



(b) 飛び利きのない駒 (成駒) の駒価値



(c) 飛び利きのある駒 (生駒) の駒価値



(d) 飛び利きのある駒 (成駒) の駒価値

図 3 中将棋の駒価値学習の経過 (中将棋 (2) の学習例)

Fig. 3 Learning process of Chu-Shogi (2).

3.3 自動プレイ実験によるゲームのデータ採取

ゲームのデータ採取の実験は以下の条件で行った。

- 双方のプレイヤーが同一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 (中将棋類は 5,000 局)。

表 2 駒価値学習結果 (3,000 局学習時点の直後 100 局の平均値)

Table 2 Normalized learnt values for Chu-Shogi.

| 駒 | 中将棋 (1) | 中将棋 (2) | 中将棋 (3) | 中将棋 (4) |
|----|---------|---------|---------|---------|
| 仲人 | 1.32 | 1.21 | 1.80 | 1.06 |
| 歩兵 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 猛豹 | 1.94 | 1.74 | 2.48 | 3.49 |
| 銅将 | 1.89 | 1.68 | 2.34 | 2.49 |
| 銀将 | 1.97 | 1.92 | 3.54 | 3.18 |
| 金将 | 2.71 | 2.36 | 4.13 | 4.65 |
| 盲虎 | 1.73 | 2.32 | 2.87 | 3.07 |
| 酔象 | 2.20 | 2.04 | 3.91 | 4.62 |
| 香車 | 2.67 | 2.69 | 3.99 | 5.04 |
| 反車 | 2.54 | 1.90 | 3.01 | 4.41 |
| 横行 | 1.77 | 1.57 | 2.54 | 3.25 |
| 堅行 | 3.51 | 2.97 | 4.48 | 5.62 |
| 角行 | 2.99 | 3.33 | 5.00 | 5.81 |
| 飛車 | 3.73 | 3.33 | 5.16 | 6.20 |
| 龍馬 | 4.62 | 4.86 | 6.85 | 7.83 |
| 龍王 | 5.85 | 5.88 | 9.25 | 10.19 |
| 鳳凰 | 3.16 | 2.82 | 4.13 | 5.55 |
| 奔王 | 6.14 | 5.64 | 9.59 | 11.37 |
| 麒麟 | 2.72 | 2.67 | 3.80 | 4.16 |
| 獅子 | 5.62 | 8.97 | 14.84 | 19.51 |

- プログラムは詰め探索能力および、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。
- 先読み探索の深さは 0 手 (先読みなし), 1 手, 3 手と変えてそれぞれデータを採取する。
- 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。
- 1,000 手以上経過しても勝負がつかなかった場合には、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。

以上の手順で行った実験によって得られた各変種の平均

表 3 自動プレイ実験によって得られたデータ (詰み探索は 5 手に固定し, 先読み深さを変化させた)

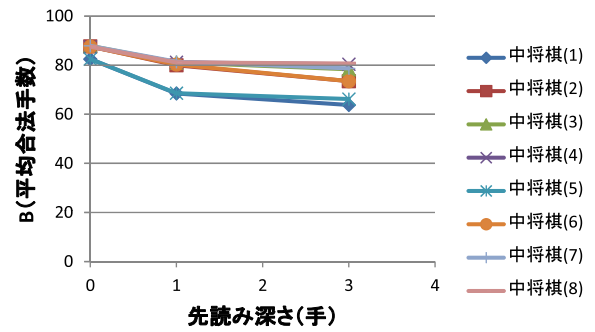
Table 3 The self-play game data of Chu-Shogi.

| 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 | 82.5 | 68.5 | 63.8 | |
| | D | 363.2 | 414.7 | 413.2 | |
| 中将棋 (2) | B | 87.7 | 80.0 | 73.5 | |
| | D | 322.7 | 347.1 | 346.4 | |
| 中将棋 (3) | B | 87.9 | 81.1 | 78.3 | |
| | D | 320.5 | 340.1 | 334.3 | |
| 中将棋 (4) | B | 87.5 | 81.2 | 80.4 | |
| | D | 324.2 | 337.7 | 340.5 | |
| 中将棋 (5) | B | 82.5 | 68.6 | 66.2 | |
| | D | 361.4 | 421.5 | 424.8 | |
| 中将棋 (6) | B | 87.6 | 80.3 | 73.5 | |
| | D | 324.5 | 343.3 | 361.9 | |
| 中将棋 (7) | B | 87.9 | 81.4 | 78.7 | |
| | D | 319.2 | 340.5 | 325.7 | |
| 中将棋 (8) | B | 87.5 | 81.1 | 80.7 | |
| | D | 321.9 | 337.0 | 337.1 | |

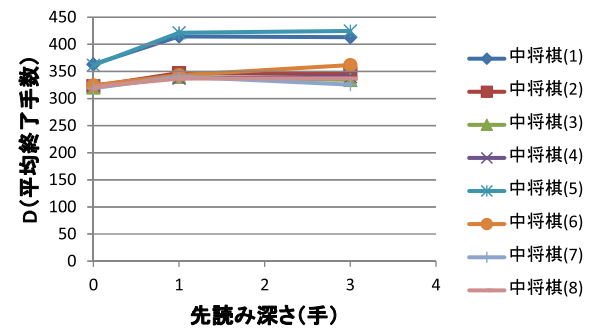
合法手数 B , 平均終了手数 D のデータを表 3 に示す. なお, この表には, 同様の実験で得られた小将棋類のデータも載せている (平安将棋から将棋まで). また, 図 4 には, 得られたゲームのデータをグラフとして示す.

なお, 自動プレイ実験における中将棋の各変種 5,000 局の棋譜の中で, 引き分けとなり, B , D の算出に利用しなかった対局の割合を「詰み探索 5 手, 先読み探索 3 手」のデータについて表 4 に示す. また, 同じく詰み探索 5 手, 先読み探索 3 手のデータについて, 同一局面の出現頻度についてチェックを行った. 各変種ごと 5,000 局の最終局面について, 同一局面となっているものは存在しない (同一の棋譜は存在しない). 引き分けとなった棋譜を除いた全局面中で, 複数回以上出現した重複局面は, その頻度が最大の変種でも重複局面は 5%未満, 対局開始直後の 30 手を除くと最大でも 4%未満と少なく, 自動プレイ実験におけるゲームの多様性は確保されていると考えられる. 一例をあげると, 重複する局面の割合が最も大きかったのは中将棋 (8) であったが, 全局面数 1,597,153, 重複局面数 74,386 (4.7%), 31 手目以降の全局面数 1,456,783, 重複局面数 51,756 (3.6%) という結果であった.

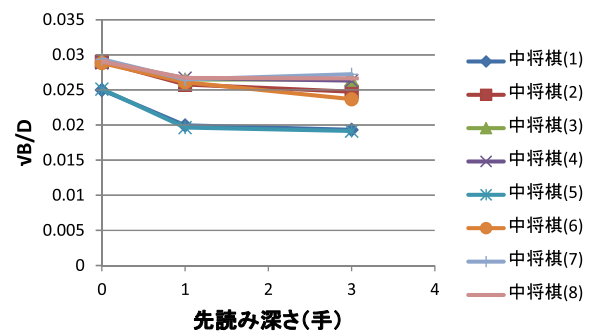
表 3, 図 4 より, D , B , \sqrt{B}/D といったゲームのデータ



(a) 中将棋とその変種の B (平均合法手数)



(b) 中将棋とその変種の D (平均終了手数)



(c) 中将棋とその変種の \sqrt{B}/D

図 4 中将棋のゲームのデータ

Fig. 4 The game data of Chu-shogi.

表 4 引き分けの割合

Table 4 The ratio of draw.

| 変種 | 引き分け割合 (%) |
|---------|------------|
| 中将棋 (1) | 4.1 |
| 中将棋 (2) | 5.1 |
| 中将棋 (3) | 5.7 |
| 中将棋 (4) | 6.2 |
| 中将棋 (5) | 4.5 |
| 中将棋 (6) | 5.0 |
| 中将棋 (7) | 5.5 |
| 中将棋 (8) | 6.4 |

などを比較した結果, 以下の傾向が明らかになった.

- 中将棋 (1), 中将棋 (5) とそれ以外の中将棋変種がやや離れた値となる.
- 太子ルールが加わることによる数値変化は小さい.

なお, 全変種に共通する傾向として, 先読み 0 (詰み探索のみ) から先読みを行うようになると B の値は減少, D の値は増加する傾向になっている. 先読み 0 の場合には,

ランダムに手を選択するが、先読みを行うようになれば、駒得できる場合には駒を取るようになり、その結果、駒が少なくなるために、持駒ルールがない中将棋類では B の値が減少したと考えられる。 D の値については、相手の玉を捕獲するためには、一定の数の味方の駒が、相手玉の近くに利きがある（移動可能状態である）必要がある。先読み探索を行う場合には、自分の駒が相手プレイヤーに捕獲される可能性が高くなり、このような状況に至るまでに時間がかかるようになり、ゲームが長引く方向に影響が出たと考えられる。

4. 考察

4.1 獅子ルールの影響

自動プレイ実験の結果からは、今回実験を行った変種間では、中将棋 (1) と (5) のグループとそれ以外の変種といった分類が可能と考えられる。

このグループ分けは、獅子が居食いやじっとといった特徴的な動きをする能力の有無が対応する。中将棋 (1) と (2)、または中将棋 (5) と (6) の違いは獅子の強力な性能を付加するルールの追加であり、中将棋 (3)、(4) および (7)、(8) はこの強力な獅子が盤上から早い段階でなくなることを抑制するルールである。計算機実験の結果からは、獅子の強力な機能を発揮する (1) から (2) への変化（または (5) から (6) への変化）がゲームの性質に一定の影響を与えていると推測可能である。

特殊ルールを持つ獅子の機能は強力であり、攻め駒としても守り駒としても有効に働くと考えられる。現時点では棋譜の詳細な解析が終了していないが、獅子がデータに与える影響を簡単に検討する。まず D に与える影響を考えると、「強力な攻め駒として機能すれば早く終局させる効果となる (D は減少)」、「守り駒として機能すれば終局を遅らせる効果となる (D は増加)」といった影響が考えられる。実験データでは、獅子の特殊ルールの付加により D の値は減少しているため、攻め駒としての影響が強くて出ているとも考えられる。

次に B に対する影響を考える。「相手の駒を捕獲する機会が増えるため、盤上の駒が少なくなる効果となる (B は減少)」という点が考えられる一方、「 D の値が減少しているため、盤上の駒が減る前に終局する対局が増える (B の値は増加)」といった要素も考えられる。実際には、 B の値は増加するという結果となっているため、盤上に多くの駒が残っている状況で終局するといった状況になっているのではないかと推測している。

これらの推測が正しいかどうか、今後、実際の棋譜分析を進めていく予定である。

4.2 太子ルールの影響

今回の実験の範囲では、中将棋 (5) から (8) で採用され

表 5 全局面中の太子出現割合

Table 5 The ratio of the Taishi appearance.

| 変種 | 太子出現割合 (%) |
|---------|------------|
| 中将棋 (5) | 0.98 |
| 中将棋 (6) | 0.78 |
| 中将棋 (7) | 0.59 |
| 中将棋 (8) | 0.82 |

た太子ルールの有無はゲームのデータの違いとして明確に観察することはできなかった。しかし、持駒ルールがない中将棋においては、太子という駒は終盤のごく限られた状況でのみ出現する。計算機実験中に出現した全局面中（引き分け棋譜を除く）で実際に太子が出現した局面は、表 5 に示すようにすべての変種で全局面の 1%未満という結果であった。仮に太子ルールが何らかの影響を与えてとしても、出現頻度が非常に小さいためにゲームのデータに大きな影響を与えることができないと考えられる。このようなことから太子ルールの有無はゲームのデータの大きな違いとならなかったと推測できる。

したがって太子ルールの影響の有無を評価するためには、終盤のみに絞ったデータの比較を行うといった形で評価を行う必要があると考えられる。

5. まとめと今後の課題

本研究では、大きな盤と多数の駒を持つ大将棋類の一種である中将棋について、中将棋の特殊ルールである獅子ルールおよび太子ルールに着目して自動プレイによる計算機実験を行った。中将棋の特殊ルールの有無を変えた変種を 8 種類用意し、各変種に対して駒価値の学習の後、自動プレイ実験によってゲームのデータを採取した。

駒価値の学習はある程度安定して行うことができたが、学習結果が一部適当といえないところも残っている状況である。今後は、学習の改善を図るとともに、人間が手動で設定した駒価値における実験なども併用して自動プレイ実験を行い、データの評価を進めていくことも検討したい。

駒価値学習後に行った自動プレイ実験の結果は、獅子の特殊ルールには一定の影響があると推測できる結果であった。特に獅子の強力な機能の有無がゲームのデータに一定の影響を与えていた。獅子の強力な機能がある場合には、平均終了手数 D を減らす影響、平均合法手数 B を増やす影響が見られた。このことから獅子が強力な攻め駒として機能することにより、早く対局が終了すること、そのために盤上に多くの駒が残っている段階（合法手が多い）で終了しているためではないかという推測も可能である。一方、獅子の取り合いを抑制するルールについては、大きな影響は確認できなかった。これらの点については、さらに詳細に棋譜を検討していく予定である。

また、太子ルールはゲームのデータに影響を与えること

が確認できないという結果となったが、このルールがゲームに影響を与えるケースは終盤がほとんどであり、実際に太子が盤上に出現する頻度も全局面の1%以下と小さいものであった。そのため、データに何らかの影響を与えるとしても、それは終盤のみに限られると想定される。太子ルールについては、終盤の状況のみを想定してあらためて評価を行う予定である。

また、これまで将棋類についてさまざまな実験・評価を行ってきたが、これまでに得られた知見を利用してゲームの質的類似度を評価するための定量的な指標を設定することができないか検討をすることが今後の課題としてあげられる。

なお、本研究の大きな目標としては、ゲームの面白さを示す指標、ゲームの生き残りに必要な要素などについて、広く適用可能な知見を導くことがあり、本論文で評価している「ルールの違いのインパクト」といった要素も「面白さ」という指標には関係すると考えられる。しかし、ゲームのルールの歴史の変遷を議論するためには、文献などの資料による研究との協力が必要であり、また人間の感じる面白さという点では、認知科学分野の研究との協力も不可欠と考えられる。このような方向からのアプローチとの協力も今後の課題としてあげられる。

謝辞 本研究は文部科学省科学研究費補助金（若手研究(B)）の助成を受けて行った。

参考文献

- [1] Matsubara, H., Iida, H. and Grimbergen, R.: Natural Developments in Game Research, *ICCA Journal*, Vol.19, No.2, pp.103-111 (1996).
- [2] 佐々木宣介, 橋本 剛, 梶原羊一郎, 飯田弘之: 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 (1999).
- [3] 佐々木宣介, 飯田弘之: 将棋種の歴史の変遷の解析, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.10, pp.2990-2997 (2002).
- [4] Iida, H., Takahara, K., Nagashima, J., Kajihara, Y. and Hashimoto, T.: An Application of Game-Refinement Theory to Mah Jong, *The 3rd International Conference on Entertainment Computing*, Lecture Notes in Computer Science, 3166, pp.333-338, Springer-Verlag (2004).
- [5] Cincotti, A., Iida, H. and Yoshimura, J.: Refinement and Complexity in The Evolution of Chess, *Proc. 10th International Conference on Computer Science and Informatics*, pp.650-654 (2007).
- [6] Sutton, R.: Learning to Predict by the Methods of Temporal Differences, *Machine Learning*, Vol.3, pp.9-44 (1988).
- [7] 梅林 勲, 岡野 伸: 世界の将棋 改訂版, 将棋天国社 (2000).
- [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, Vol.2007, No.62, pp.15-22 (2007).
- [9] 日本中将棋連盟: 日本中将棋連盟 Web ページ, 日本中将棋連盟 (online), available from <http://www.chushogi-renmei.com/> (accessed 2012-02-10).



佐々木 宣介 (正会員)

1971年生。1998年東北大学大学院情報科学研究科博士後期課程修了。博士(情報科学)。同年静岡大学サテライト・ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー研究員。2000年広島県立大学助手, 2005年県立広島大学講師, 2008年より同准教授。人工知能, ゲームプログラミング等の研究に従事。