

# 知識を直観的に記述できる 5 五将棋システム

滝沢 洋平、伊藤 毅志

電気通信大学情報工学科

ゲームをプレーするシステムは、大別すると「探索主導型システム」と「知識主導型システム」に分けられる。知識主導型システムは、熟達者の経験的知識をコンピュータ上に組み込むシステムであるが、熟達者の知識を抽出すること自体が難しく、抽出した知識を反映したプログラムを作るには、ある程度のプログラミング能力が必要であり、労力と手間が必要であった。

そこで、本研究では、熟達者が特別なプログラミング能力が無くても、直観的に知識を記述できるシステムと、その知識を反映して対戦するシステムを開発した。その動作を示し、このシステムの可能性について考察する。

## 5×5 Shogi System which can Describe Knowledge Intuitively

Youhei Takizawa, Takeshi Ito

Department of Computer Science, The University of Electro-Communications

The game playing systems by computer are classified into the following two types: "Knowledge driven system" and "Search driven system". Knowledge driven system is the system that implement experts' knowledge as production rules. However, generally it was difficult to extract the experts' knowledge itself. And also, in order to make the program reflecting the extracted knowledge, it is required a certain amount of programming ability.

In this research, we introduce 5x5 Shogi playing systems that the players without special programming ability can describe their knowledge intuitively. We explain the performance of these systems and discuss about the possibility.

### 1. はじめに

近年のコンピュータ将棋の発展はめざましく、現在のトップクラスのプログラムは、アマチュアトップクラスに迫る実力であると言われている[1]。そのコンピュータ将棋の思考アルゴリズムは、「探索主導型システム」と「知識主導型システム」の二つに大別される。

「探索主導型システム」とはゲーム木探索を重視するシステムである。将棋のような複雑なゲームでは、深く読むためには膨大な探索が必要であるので、出来るだけ局面の難易度を評価する評価関数をシンプルにして、効

率的で高速な先読みをすることで、パフォーマンスの向上を目指している。その結果、さまざまな効率的な探索技術が開発され、ハードウェアの進歩ともあいまって、非常に高いパフォーマンスを示すに至っている。近年、世界コンピュータ将棋選手権で優勝したソフト「Bonanza」も、探索主導型システムである。Bonanzaは探索手法としてはシンプルな仕組みをしており、基本的な $\alpha\beta$ 枝狩り、**futility pruning**などを用いて効率的な探索を目指したシステムであると言える[2][3]。

一方、「知識主導型システム」とは、人間の

熟達者の持つ知識をコンピュータに載せ、人間の思考を模倣することで手の生成することを重視したシステムのことである。伊藤らが開発した将棋システム（HIT 将棋）は、この手法によるもので、将棋に関する熟達者の知識を組み込んで、直観的に手を生成する手法を実現している[4]。このような知識主導型システムでは、熟達者の持っている膨大な知識を抽出することが難しい上に、抽出した知識をプログラミング能力のあるプログラマが一つ一つ記述していく必要があり、開発に多大な労力を要する。したがって、強いプログラムを作る事が難しいという問題点があり、研究自体があまり行われておらず、現在では「探索主導型システム」が主流となっている。

探索主導型システムは、探索のメカニズムと評価関数を記述してしまえば、可能な限りたくさん計算させれば良いので、そのゲームそのものについての専門的知識がそれほど豊富でなくてもプログラミングが可能であるという利点がある。しかし、探索主導型システムは、しばしば人間の思考とはかけ離れた手が現れて、対戦していて面白くないとか、勝っても負けてもそこから学ぶことが難しいといった問題点も指摘されている。

最近のコンピュータシステムは思考過程の一部を表示する機能を持たせて、プレイヤーにプログラムの思考を開示しようとする動きもあるが、人間の学習にとっては、手が選ばれた一つの探索過程だけを示されても、その手が選ばれた「意味」がわからなければ理解にはつながらない。手を生成するための「知識（考え方）」が重要なのである。

例えば、プロ棋士によるアマチュアへの指導対局では、悪かった手を示した上で、「こういうときにはどう考えるべきか？」という局面に対する「考え方」を示してくれる。これは、学習者にとって、非常に大きな意味がある。先読み結果よりも考える材料である「知識（考え方）」を教わるのが重要なのである。

本研究では、ユーザの持っている知識を特別なプログラミング能力が無くても直観的な操作で記述できるシステムと、その知識を反映して対局することができるシステム（KIDS: Knowledge Intuitively Describe System）の開発・改良を行っている。これによって、誰でも自分が持っている知識を抽出し反映したシステムを構築可能になると考えている。

また、自分の知識を反映した動くプログラムが出来れば、そこに書き込んだ知識の有用性を体感することができる。すなわち、「知識」が学習者にとって目に見える形になると考えられる。このように自分の知識を一段高いレベルから眺めることを認知科学の分野では「メタ認知」と呼んでおり、学習に効果的に働くことが、様々な教育心理学の研究で示唆されている。本研究で開発するシステムを使うことで、プレイヤーは「メタ認知」体験を得ることが可能になり、将棋に対する学習が進むことが期待される。さらに、複数人で使用して、お互いの知識を披露しあって対戦することにより、どのような知識がゲームに有効に働くのかといった共同学習の場も提供できるのではないかと考えている。

本報告では、このシステムの概要を説明し、実際に構築した試作システムの評価実験の結果を報告する。さらに、それをもとに改良した新機能の紹介と、今後の改善案の提示を行う。

## 2. 5五将棋

### 2.1 5五将棋とは

9×9の将棋盤を用いた「通常の将棋」（以下本将棋と呼ぶ）以外にも、将棋の盤駒を使った亜流のゲームが、数多く存在する。

5五将棋は、その亜流のゲームのひとつで、1970年に楠本茂信氏が発表したとされている[5]。プレー人口はさほど多くはないが、大会が行われていたという記録も存在し、そ

れ相応の難易度を有したゲームであることがわかっている。

## 2.2 5五将棋のルール

5五将棋とは、縦×横が5×5の25マスで構成されている盤を使った将棋である。基本的なルールは本将棋と同じで、先に相手の王将（玉将）を詰ませれば勝利となる。

使用する駒は王将（玉将）・金将・銀将・飛車・角行・歩兵の6種類で、駒の初期位置は図1の通りである。

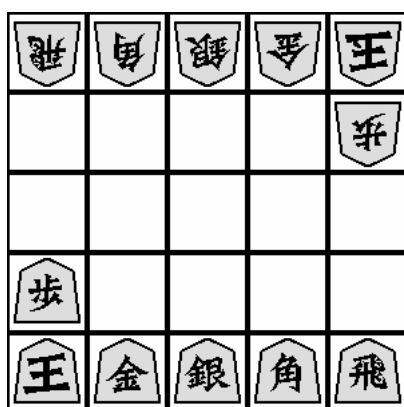


図1 5五将棋の初期配置

各駒の性能は本将棋と全く同じであり、敵陣一段目に入ると、本将棋と同様に、歩兵、銀将、飛車、角行は、それぞれ、と金、成銀、竜王、竜馬に成る。

また、禁じ手としては本将棋と同じ、二歩の禁、打ち歩詰めがある。

## 2.3 研究課題としての5五将棋

5五将棋では、本将棋に比べ盤が狭く、想定される局面も探索範囲も狭いので、本将棋ほど多くの知識は存在しないことが予想される。また、定跡書なども存在せず、広く知られた知識もない。したがって、プレイヤーは自分の獲得した知識を記述する楽しみがある。盤のサイズも本将棋に比べて約4分の1と狭いため展開が速く、ひとつひとつの知識が適用される場面も多くなると考えられる。

プレー人口が少ないので確立された知識の量が少なく、平均終了手数が短いので記述した知識が効率的に働きやすい性質を持ち、本研究の題材として適していると考えた。

## 3. 本システムで扱う知識

人間が持つ5五将棋に関する知識は、様々なものがあると思われるが、本研究では、まず、視覚的に表現しやすく、直観的入力が容易に行えると思われる以下の4つの知識を記述することにした。また、それぞれの知識をテンプレートとして記述することを可能にするため、必要なパラメータを明らかにして、それらを使い知識の記述文法を定めた。

### 【知識1】駒の価値に関する知識

駒の価値を持ち駒か盤上の駒かで分けることで、全般的な駒の価値と持ち駒を使うときの優先度を点数化して表したものである。

盤上での駒の価値と持ち駒時の駒の価値の合計が全般的な駒の価値となり、また、持ち駒時の価値が高いほど、持ち駒としてキープするようにする。

記述文法は、以下の通りである。

### 駒の種類：盤上での価値、持ち駒での価値

### 【知識2】駒の絶対位置に関する知識

一つの駒が盤上の特定の位置に居る場合の良し悪しを数値化して表現したものである。

本将棋における「一段金」「居玉は避けよ」などの知識を表現することができる。

記述文法は以下の通りである。

### Z1：駒の種類、駒の絶対位置、得点、知識の名称

どんな駒がどの位置にあるかを、「駒の種類」と「絶対位置（座標）」で記述し、そこに「得点」を割り振る。そして、それぞれの知

識には、後で検索しやすいように「知識の名称」として、任意の名称を当てる事ができる。

### 【知識3】駒の相対位置関係の知識

2つ以上の駒の相対的な位置関係の良し悪しを数値化して表現する。自分の駒だけでなく、相手の駒に対して自駒をどこに置くべきであるかも表現できる。

本将棋における「金底の歩」や陣形などの要素を表現することができる。

記述文法は以下の通りである。

**SI** : この知識に使う駒の総数、得点、中心駒の種類、中心駒の所属、(周りの駒の種類、周りの相対位置、周りの駒の所属)<sup>(N-1)</sup>、知識の名称

中心となる駒を定め、それに対し周囲の駒の種類とその相対的な位置関係を記述して、得点でその手の良し悪しを数値化している。

### 【知識4】局面に対する指し手の知識

複数の駒がある位置関係にあるときに、どの駒をどこへ動かすべきかという「駒の動き」に関する良し悪しを数値化して表現する。

本将棋における特定の陣形の崩し方の知識を表現することができる。

記述文法は以下の通りである。

**SA** : 駒の数、得点、動かす駒番号、駒の動かす位置(中心駒からの相対位置)、中心駒の種類、(周りの駒の種類、周りの駒の相対位置、周りの駒の所属)<sup>(N-1)</sup>、知識の名称

相対的な位置関係と同様に駒の配置を記述して、それに対して一つの駒とその動く先を記述し、得点でその手の良し悪しを数値化する。「動かす駒の番号」が「駒の数」より大きい場合は、持ち駒を使うということになる。

## 4. KIDS システム

本研究では、図2のように、直観的に知識

を入力することができる「知識記述システム」と記述した知識を読み込んで、その知識を反映させて手を生成することができる「知識反映システム」を構築した。この2つのシステムを合わせて、「直観的知識記述システム(KIDS : Knowledge Intuitively Description System)」と呼ぶ。

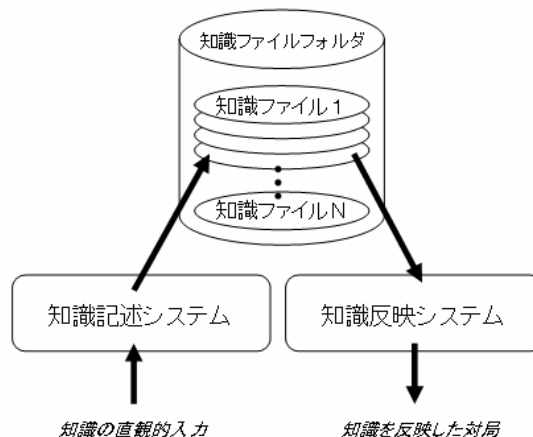


図2 KIDSの概要

### 4.1 知識記述システム

ユーザがGUIを用いて知識を入力すると、それを3章で提案した文法に翻訳して、「知識ファイル」として出力する。

#### 【知識1】の入力方法

すべての駒に対して、盤上での価値と持ち駒時の価値を数値で入力できるようにした。数値は、0~999点の範囲で整数で入力する。

駒の種類	絶対位置	相対位置	相対位置と動き	価値
王将	0	0	50	0
飛車	0	0	50	0
龍王	0	0	20	0
角行	0	0	20	0
金将	0	0	0	0
銀将	0	0	0	0
成銀	0	0	0	0
手兵	0	0	0	0
と金	0	0	0	0

図3 駒の価値の入力例

図3のように入力すると、角の価値として、

盤上のときに 50 点、持ち駒のときに 20 点という値が割り振られ、自動的に、“KG:50,20”という記述が知識ファイルに書き加えられる。

#### 【知識 2】～【知識 4】の入力方法

駒を盤上の任意の場所に配置し、そこに点数を割り振る。この際、【知識 3】や【知識 4】では駒同士の相対的な位置関係さえ同じであれば、盤上のどこに配置しても同じ記述がされたことになる。

例えば図 4 は【知識 4】の入力例で、敵玉の位置に対する自分の駒の配置から、金を一步前進させる手を入力し、それに対して、20 点を入力することで

“ SA:3, 20, 2, 1020, OU, F, KI, 220, T, KI, 30, T, 玉は包むように”  
という記述が知識ファイルに書き加えられる。



図 4 局面に対する指し手の入力例

上述のように、基本的にマウスによる駒の配置と数値と名称を使うだけで、4 種類の知識が記述されるシステムを構築した。

#### 4.1 知識反映システム

知識記述システムで記述された知識は、知識ファイルに任意のファイル名で保存される。「知識反映システム」は、その保存された知識ファイルを読み込むことにより、知識に沿った手を選択するシステムである。

本システムでは、以下のアルゴリズムに従って手を生成する。

- ① 全ての合法手を生成
- ② 【知識4】を適用し、全ての合法手に加算
- ③ 全ての合法手に対して指した後の局面を作成
- ④ 一手詰めがあれば、その手を選択して終了
- ⑤ 指した後の局面について、【知識1】【知識2】【知識3】を適用し、合法手に加算を行う
- ⑥ 指した後の局面について、相手に対し【知識1】【知識2】【知識3】を適用し、合法手に減点を行う
- ⑦ 全ての合法手の中で最も点数の高い手を選択、同点の場合はランダムで選択する。

#### 4.3 5五将棋対局システム

5五将棋対局システムでは、コンピュータに知識反映システムで生成した手を打たせ、対局させることができるようになっている。コンピュータ対コンピュータ、人間対コンピュータ、人間対人間のどの組み合わせでもできるようにしており、棋譜の作成も行ってくれる。

このプログラムにより、記述した知識ファイルに対し、他の知識ファイルとの対局を観戦するか、ユーザが直接対局するかの2通りの方法から測ることができる。また、画面構成は図5のようになっている。

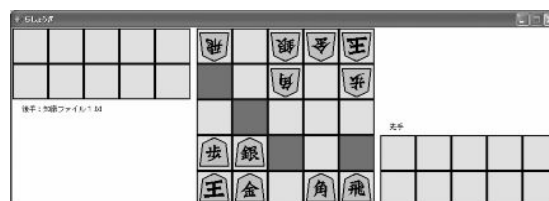


図 5 5五将棋対局用プログラム

#### 5. システムの評価

今回構築したシステムを被験者に実際に使わせて、使用感などを評価するアンケートを課した。その結果をもとに、本システムの有効性について考察していく。

## 5.1 実験方法

6名の被験者に本システムを1週間ほど使用させ、その後にアンケートを実施した。アンケート内容は、大きく分けて以下の4項目である。

- I. 被験者のレベル
- II. システムの操作性
- III. 記述した知識のシステムへの反映度
- IV. システムを使った感想

## 5.2 結果

### I. 被験者のレベル

5五将棋の経験に関しては、「はじめて」と答えた人が3名、「10局以上」が2名、「100局以上」が1名であった。

### II. システムの操作性

画面構成・入力操作・全体の操作感のいずれも、「ふつう」という回答が一番多く、やや「わかりやすい」寄りの結果であった。他にも「挙動が独特だった」「慣れた人用にキーボードのみの入力が出来るとよい」などの意見が見られた。

### III. 記述した知識のシステムへの反映度

全般的に、知識が概ね反映されているという記述が見られた。初心者には【知識1】【知識2】に関する記述は多いが【知識3】【知識4】に関する記述は少なく、熟達者になると、【知識3】【知識4】に関する記述がよく見られるようになった。

熟達するほどもっと多くの記述方法を要求する傾向が多く、例外的知識や条件分岐、空マスや壁際に対する知識などのバリエーションのある知識が記述できないことに対する不満がある様子だった。具体的な例では「王手をかけられているとき」などの状況による分岐や、「駒交換を積極的に行う」等のゲーム全般を見通した方針のような知識が記述できないことへの不満も見られた。また、「どの知識が使われたかは推測するしかないため、実感しにくかった」などのシステムの欠点とあわ

せた言及があった。

## IV. システムを使った感想

「自分の持っている知識と戦うことで、どんな手が悪いのかがわかる」「自分の知識への優先度が再認識された」などの自分の持っている知識に対するメタ認知的感想が多く見られた。

また、「上手い人の知識ファイルを見ると、知識が盗めてよい」などの他者の知識による5五将棋の学習を実感している感想も見られた。

## 5.3 考察

### (1) インターフェースについて

知識記述システムに対し、操作性について、若干の不満が見られた。ユーザの入力しやすいシステム構成に工夫する必要があると感じられた。

### (2) 知識の反映について

記述した知識自体は、システムにかなり反映されているという印象を与えていることがわかった。しかし、ある知識がユーザの望まないときにも適用されてしまうといった副作用についての指摘があった。我々人間の持っている知識は、様々な例外を含んでいるものが多く、条件分岐を記述できるシステムの設計についても考察していく必要があるだろう。

### (3) メタ認知の促進について

アンケートの感想から、このシステムを使うことによって、自分の持っている知識を反省する「メタ認知」的な意見が得られた。本システムの一つの目的であるメタ認知の促進に一定の効果があることが示唆された。

今回の評価実験は使用期間が短かったこともあり、本システムの学習効果について議論するだけの十分なデータは得られなかった。上述のインターフェースを改善して、より良いシステムを提供し、長期間の実験を行うことで、学習効果についても考察していきたい。

## 6. システムの改良

5章で行われた評価実験の結果から、知識記述システムへの不満の一部は、対局システムの表示の不備による可能性もあると思われた。特に、記述した知識がどのように使われているかがユーザから見えないことが、一番の問題であると考え、使われた知識を可視化する改良から試みることにした。

### 6. 1 思考ログの保存

記述された知識が具体的にどのように使われているのかをユーザが見ることができるよう、対局中にコンピュータが選んだ手について、コンピュータの思考ログを保存できるようにした。ユーザは対局後にこれを読むことにより、コンピュータがどの手を優先しているか、どの知識に基づいて手を選択したかがわかり、知識ファイルの調整の助けとなると考えた。

第 10 手を指す前の後手の盤面評価: 180 点  
後手第 10 手: 4四 飛(4二) 490 点

駒取得: 金		500 点
味方: 飛の絶対位置	-1 個	-50 点
敵: 金の絶対位置	-1 個	40 点

後手候補手:  
4四 飛(4二) 490 点  
3二 角(2一) 50 点  
3二 飛(4二) 0 点  
3二 銀(3一) -20 点  
.  
.

図 6 思考ログの一例

思考ログには、まず、その局面での手を指す前の評価点が出力され、選択された手がそこからさらに何点であったかが相対評価で出力される。その後、その相対評価の内わけが

出力される。また、その局面での全ての合法手を、評価が高かった順に出力するようにし、コンピュータがその局面で指さなかった手の中で、どの手の評価が高かったかがわかるようになっている。

思考ログの一例を示すと図 6 のようになる。この例では、相手の金を取ったことで+500 点され、自分の「飛の絶対位置」にあった飛が移動してしまったために-50 点され、相手の「金の絶対位置」を崩したために+40 点され、合計が 490 点となっている。

また、この局面でのその他の合法手と比べ、一番評価が高かった手である事がわかる。

### 6. 2 今後の改良予定

#### <対局中の思考ログの表示>

6. 1 で作った思考ログにより、ユーザに対し「知識がどのように使われたか」を提示する事ができるようになった。しかし、これだけでは対局が終了した後に、棋譜とともにその状況を再現しなければ詳細な分析ができない。そのため、知識ファイルの改良をするために何度も使用するには速効性にかける。

また、現状では、選択されなかった手で使われた知識をみることができない。そのため、選択されなかった手に対し、ユーザが「なぜ選択されなかったか」を判断することが困難なことや、複数の知識が重なっている場合に一つ一つの知識が見えにくいという欠点がある。全ての合法手に対しての思考ログをみる事ができ、かつ煩雑にならずに表示できるシステムを作る必要がある。さらに、現在のシステムでは、特定の局面を設定し、その局面での手をコンピュータに評価させる事ができない。

これらの問題点の改善するために以下の 2 つの機能を構築する予定である。

1 つ目の機能として、コンピュータの対局と同時に思考ログを表示できるようにする。また、その局面での合法手の一覧から詳細を

見たい手を選択すると、その手の評価の内わけが全て表示されるようにする。

2つ目の機能として、コンピュータに対局を任せるのではなく、コンピュータが評価を下した合法手一覧とその詳細をみながら、人間が手を選択して対局を進めることができるモードを追加する。このモードがあれば、コンピュータが実際に選択する手とユーザがコンピュータに指させたいと思う手に差異があったときに、その差を実感できる。また、「もしここでこの手を指していたら」などの実現しなかった局面に対してコンピュータに評価をさせることができるようになる。

### <知識記述システムの改良>

ユーザにより快適に知識を記述してもらうためにも、知識記述システムのインターフェース面の向上を計らなければならない。

現段階の知識記述システムでは、新しい知識を記述する事はできるが、以前書いた知識を編集する事ができない。そのため、現状では、ユーザは知識ファイルを直接読んで、自分の知識が書かれている部分を探し出して消去してから、再度システムを用いて書き直す必要がある。ユーザが気軽に自分が書いた知識を読み返して、更新することができるようにするためにも、一度文法どおりに変換された知識を再度可視化し、編集・削除ができる機能が必要である。

## 7. 終わりに

本報告では、まず人間の持っている5五将棋の知識の中から比較的記述の容易な4つの知識を表現する文法、そしてその知識を簡単な操作で知識ファイル上に記述する「知識記述システム」を説明した。さらに、記述された知識ファイルを読み込んで、その知識に沿った手を自動的に選択する「知識反映システム」についても説明した。この二つのシステムにより、特別なプログラミング能力を持た

なくても、直観的に記述した知識を反映して動作する将棋プログラムが実現された。実際に評価実験を行ってみたところ、できた試作システムにはまだまだ改善の余地が多かった。ユーザが自分の記述した知識が対局にどのように影響しているかを知る事ができるようにするために、思考ログを残す機能を追加した。しかし、よりユーザにとって便利な機能の追加が必要である。

現在、Web サイトでシステムの公開を行っている[6]。今後もより多くのユーザに使用してもらい、それによって明らかになったシステムの不備を改善していく。また、このシステムを使った大会なども企画している。強い知識ファイルを公開し共有することで、ユーザが何を学んでいくのかを認知科学的視点から考察していきたい。

## 参考文献

- [1] 滝沢武信：コンピュータ将棋の現状 2006 春、情報処理学会ゲーム情報学研究会、GI-16-1, pp.1-8 (2006).
- [2] 保木邦仁：コンピュータ将棋における全幅探索と futility pruning の応用、情報処理学会誌、47-8, pp.884-889 (2006).
- [3] 滝沢武信：「全幅探索」と学習による新感覚のコンピュータ将棋の成功とその高速アルゴリズムの及ぼす影響、情報処理学会誌、47-8, pp.875-881 (2006).
- [4] 伊藤毅志：熟達者の直観的思考を組み込んだ将棋プログラム—HIT 将棋 (Human Intuitive Thought) プロジェクト、情報処理学会論文誌、Vol.46, No.6, pp.1527-1532 (2005).
- [5] Wikipedia- 5 五将棋、<http://ja.wikipedia.org/wiki/5%E4%BA%94%E5%B0%86%E6%A3%8B>
- [6] KIDS システム HP <http://minerva.cs.uec.ac.jp/~taki0you/okiba.htm>