

将棋における知識の利用

滝口伸雄・鳥居稔・小谷善行

東京農工大学工学部数理情報工学科

本論文では、ゲームをコンピュータに行わせるときの手法として、探索を用いるのではなく、人間の持っている知識をどのように使うかということに対して一つの提案を行う。我々は将棋を題材として扱い、与えられた中盤の局面において攻撃のための手筋を生成するシステムを「将棋知識処理システム」と名付けた。

将棋は比較的大きなゲームであるので、探索を行うプログラムではコンピュータパワーの制限上どうしても解けない問題が生じる。我々は探索で解けない問題を知識を用いて解く方法を研究した。

システムは将棋の知識ベースとメタ知識および推論機構から構成される。知識は駒の位置関係を基本とする局面の部分パターンをプロダクションルールで表現した。メタ知識は推論の制御のために使用する。推論方式として前向き推論および後向き推論を用意した。

Using Knowledge in Computer SHOGI

NOBUO TAKIGUCHI and MINORU TORII, YOSHIYUK KOTANI

DEPT. OF APPLIED MATHEMATICS AND COMPUTER SCIENCE, TOKYO UNIVERSITY OF AGRICULTURE AND TECHNOLOGY
24-16 NAKAMACHI 2-CHOME KOGANEI-SHI TOKYO JAPAN

The purpose of this paper is to propose a method of representing the human expert knowledge in playing games, and implementing it in computer systems. We treat "SHOGI" as a game, which is a traditional chess type game in Japan. We construct the system, called "SHOGI KNOWLEDGE PROCESSING SYSTEM". This system can solve the shogi problem in middle game positions by producing, attacking lines of play.

Search-oriented programs can hardly solve problems in Shogi for the computer power restriction, because there are much more alternative moves in Shogi than in chess or in checker. We research the method of solving this type of problems, by using the knowledge.

SHOGI KNOWLEDGE PROCESSING SYSTEM is composed of the following three parts: knowledge-base of Shogi, meta-knowledge, and inference-mechanism. The knowledge is represented by the production rules, which are based on the partial patterns of shogi positions. The meta knowledge is used to control the inference mechanism. The inference mechanism works as the forward and backward inference engine.

1.はじめに

人間の考え方を計算機上で実現することは、人工知能研究の目指している一つの方向である。そして、将棋やチェスのような二人完全情報ゲームは、このような人工知能を実現するための対象の一つとして、昔から研究されてきた。特にチェスに関しては、マスターレベルに達するプログラムが作成されている。

しかし、将棋に関して言えば、チェスほど目覚ましい実力を持つプログラムが作成されていない。この理由の一つには、これまで研究されてきた手法の大部分が探索を主体とした方法（ゲーム木を生成することによって問題を解く方法）を用いているということが挙げられる。将棋の問題を探索主体の方法で解こうとしたとき、コンピュータパワーの制限によって、何らかの問題の限定を行わなければならない。例えば、探索木をコンパクトにするために、一つの局面から出る枝の数を少なくしたり、五手読み程度で探索を中止するといったことを行う。これによって、本来閉じた世界であるはずの将棋を閉じた世界として扱うことができる。

このような方法を取ったとき、最大の欠点となるのは、探索中に良い手を見逃す可能性が高いことである。探索すべき手を決定するために、次の一手でその手の善悪が決定できる時は見逃す可能性が低い。が、数手先にならなければ決定できないときなど見逃す可能性が高い。探索を主体とした方法では、自分と相手が最良の手を含むようにゲーム木を生成しなければ意味がないため、将棋のような比較的大きい問題を解くことが難しい。

探索は、最善手筋を求めるために行われる。しかし、以上述べたように、将棋の問題を探索を用いて解くとき、最善ではない手筋を求めることすら難しい。将棋をプレー中の人間の思考を観察して見ると、最善手筋を見つけていることは別にして、比較的簡単に手筋を見つけていることができるようである。例えば、図1.1の局面を例にして考えよう。先手の指す手を考えるとき、持駒の飛車が大きなウェイトを占めるので、飛車を張る手をまず考える。その一つに2三飛打がある。しかし、これは後手の3二金によって飛車を後手の陣地外で成らせるという効果しかない。2八飛ならば、後手の任意の動きに対して、2筋に歩を指すなどの効果的な手を指すことが

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
▲	▲	▲		▲		▲		▲	▲	一
		▲	▲						▲	二
		▲	▲	▲	▲	▲			▲	三
		▲				▲	▲			四
					▲					五
		▲		▲		▲	▲			六
		▲		▲	▲				▲	七
		▲	▲	▲	▲					八
▲	▲		▲					▲	▲	九

図1.1 持駒の飛車に着目する局面

できる。

このように、人間は探索的な考え方以外に、手筋を求めることによって、次の手を考える傾向がある。この手筋を求めるために人間は知識を用いている。我々は、探索によって手筋を求めるのではなく、知識によって手筋を求める方法を研究し、その将棋システムを将棋知識処理システムと名付けた。

2.問題領域

このように知識を用いたシステムを考えると、実際にどのような問題を取り扱うかを明確にしておく必要がある。なぜならば、人間は局面の特徴に応じて、異なった考え方で問題を解いていると考えられるを分類した。

序盤 駒組を考える局面

- ① 囲いや攻めのように、ある程度自分の手を中心にして考える局面
- ② 相手が香車の前の歩をついたとき、自分香車の前の歩をつくといったような相手の手を中心に考える局面

中盤 駒および支配領域の損得を考える局面

- ① 攻撃のように、自分の駒の動きを中心に手を考える局面
- ② 防御のように、相手の駒の動きを中心に手を考える局面
- ③ ①、②以外で、有利に局面を運ぶために行う手

終盤 王を中心に手を考える局面

- ① 自分の手を中心に、相手の王を攻める手を考える局面
- ② 相手の手を中心に考えることによって、自分の王を守る手を考える局面

このように、局面を分類したとき、おのおのの局面で人間はどのように問題を解いているだろうか。序盤では、あらかじめやぐら囲いや棒銀戦法のようにテンプレートとなるパターンを用意して手を指しているとも考えられる。中盤では、駒の取合のように、問題を限定して探索で問題を解いているか、序盤のようにパターンを用意して問題を解いていると考えられる。終盤では、王の周囲に手を限定して探索で問題を解いていると考えられる。

我々は、中盤の攻めに問題を限定して、その範囲の問題を方法を研究した。この理由は次のとおりである。

- (1) 終盤に比べて、知識を用いることの重要性が高い
 - (2) 序盤に比べて、知識を柔軟に活用しなければならない
 - (3) 他の中盤の局面に比べて、比較的処理し易いと考えられ、また攻めに力点を置いて解説している将棋の本が多い
- 我々が取り扱っている中盤の攻めの局面の特徴をさらに細かく言うとき次のようになる。
- (a) 次の一手の範囲で、手の善悪が決定できない局面
 - (b) 局面の形よりは駒の損得が重視される局面
 - (c) 王を詰ませることよりも、王を包囲することが重要な局面

我々は、このように将棋の局面をどのように考えるかということを経験として分類した。しかし、与

要素だけを書けるようになる。

4.4 推論時の知識

探索時の知識は生成された手筋に対して適用される知識であったが、推論時の知識は生成された一つ一つの手に対して適用される知識である。将棋の場合、個々の手はその手の持っている特徴によっていくつかに分類され、その特徴に応じて評価の仕方が異なる。例えば、駒を取ることが目的の手は駒を取ること自体で手を評価を行う。また駒を安全に移動することが目的の手では、もし結果として駒を取る手であったも、それを評価しない。

5. 中盤における将棋の知識

前節で、我々は知識を用いた将棋プログラムを作成するとき、一般的にどのような知識を考えているかを述べた。本節では、この知識の枠組みを2.で述べた問題に当てはめたときに得られる具体的な知識について述べる。

5.1 中盤における主目標の知識

我々は特に中盤の攻撃の手筋を求める局面を対象としているので、主目標の知識として次の3種類を用意した。

- (1)駒を取る知識
- (2)駒を成らせる知識
- (3)王を攻撃する知識

(1)は相手の駒を取るための知識である。例えば、「十字飛車」や「桂馬のふんどし」のような両取りをかけるパターンから単純な駒取りのパターンまでがこの知識の範囲になる。図5.1にその例を示す。

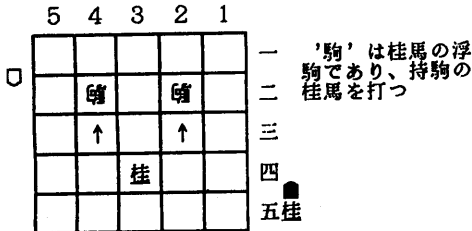


図5.1 駒を取る知識

(2)は自分の駒を成らせるための知識である。後述の探索時の知識でも駒を成らせることを扱っているが、これは駒を成らせることを目標として手筋を生成する知識ではない。図5.2にその例を示す。

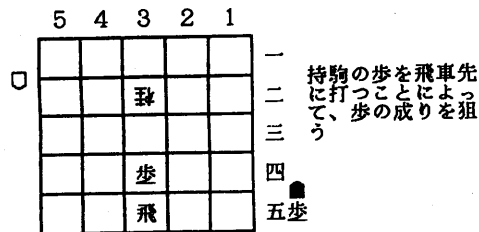


図5.2 駒を成らせる知識

(3)は相手の王の逃げ道を塞ぐための知識である。我々の扱っている問題は中盤であるから、相手の王を詰めるところまでは扱わない。しかし、中盤にお

いて攻撃を行うとき、相手の王を中心とした手を考えることも必要である。例えば、図5.3にあるような部分局面を用意した。

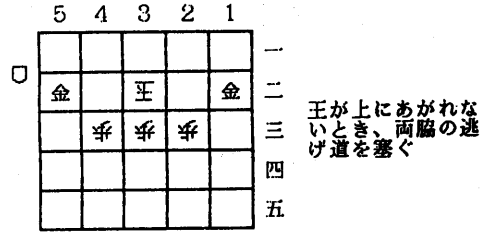


図5.3 王を攻撃する知識

5.2 中盤における副目標の知識

副目標の知識はどの程度の問題を解けるかということ制限する知識となる。我々は、副目標の知識として、次の二つを用意した。

- (1)駒を誘き寄せ知識
- (2)駒を動かす知識

副目標の知識は主目標の知識で書かれている部分局面と将棋の局面をマッチングしたとき、マッチングに失敗した要素を推論して、成功するような手筋を求める知識である。3.で述べたように、部分局面は自分か相手の駒の位置関係で構成されている。もしマッチングに失敗した要素が相手の駒であるときは、(1)の知識を用いて推論を行う。また、自分の駒に対してマッチングが失敗したときは、(2)の知識を用いる。

我々は将棋の本[1]の問題を解くことを最初のシステム設計の目標としているので、(1)の知識に対してかなり厳しい制限を行っている。その制限とは、一つの駒の連続した動きとして3手以上を考慮しないということである。これは図5.4の場合である。しかし、これは探索のプログラムで深さ5手で探索を打ち切るというような乱暴な制限ではない。

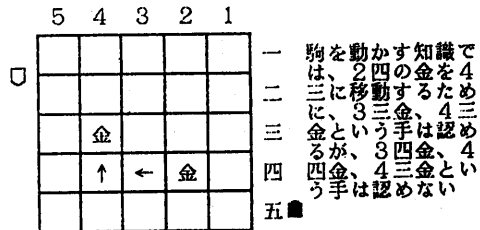


図5.4 連続3手の動き

(2)は相手の動きに関する知識である。そのため、相手の取り得る行動に対して（特に駒を取る手に限って）、何らかの基準が必要であり、次のようなものを用意した。駒を誘き寄せ手の例を図5.5に示した。

- (a) 相手は一手の範囲で得するならば、駒を取る手を指す
- (b) いくつかの駒で駒を取ることができるときは、一番価値の低い駒で取る。
- (c) 直接的な損失がないときでも、自分の有効な手を妨げる手を指す

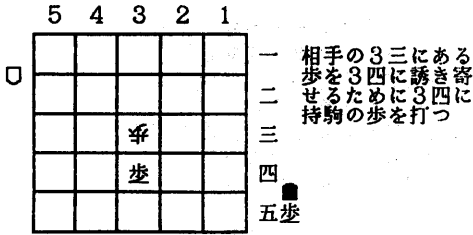


図5.5 駒を誘き寄せる知識

5.3 中盤における探索時に知識

探索時の知識は、主目標または副目標の知識で扱いつらい部分を補うための知識である。我々は中盤における探索時の知識として次の3種類を用意した。

- (1) 防衛の手筋の知識
- (2) 副作用の知識
- (3) 動きを確定する知識

(1)は、自分が駒取りを相手の駒に対してかけたときに動作する知識であり、相手が指すと予想される手を求める。具体的な内容として次の3種類がある。

- 取りをかけられた駒が逃げるための動き
- 取りをかけられた駒を安全にする動き
- 飛車または角による取りに対しての合駒

(2)は駒を取る手を行ったとき得られるその他の作用を求める知識である。例えば、人間は普通取りをかける手を考えるとき、同時に成ることやその他の駒に対する取りも考える。図5.6に副作用の知識の例を示した。

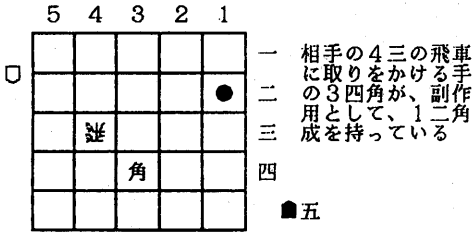


図5.6 副作用の知識

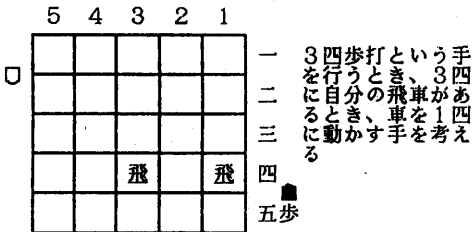


図5.7 動きを確定する知識

(3)はルール上指すことができない手に対して、手筋を生成するための知識である。例えば、持駒を打つとき、打ちたい駒に駒があってはいけない。もしあるときはその駒を除去する手を考えなければな

らない。動きを確定する知識は、この種の手筋を生成する知識である。図5.7に例を示した。

5.4 中盤における推論時の知識

推論時の知識は、手筋中に含まれる一つ一つの手に対して適用され、そのおのおのが指しても良い手かチェックする知識である。この知識のために次の二つの種類を用意した。

- (1) 安全性に関する知識
- (2) 防衛の知識

(1)は、単純な評価によって実現できる知識である。例えば、単に駒を移動する手は安全でなければならぬ。また、駒を取る手は駒を取ることで得をする手でなければならぬ。このように、個々の手は「どうしてその手を動かすのか」という理由がはっきりしているので、動きの安全性は明確に表現することができる。

(2)は、(1)と異なり、指す手もたらす損得でなく、その手を動かすことによって生じる効果に対して適用される知識である。例えば、相手が角を持っていて、自分がある駒を動かすことによって、その角で王手飛車取りをかけられてしまう場合は、その手を指してはいけない。防衛の知識はこの種の相手の有効手を発見するための知識である。

6. 推論機構

推論機構は断片的表現された知識を問題に応じて組合せるメカニズムである。プロダクションルールを知識表現として用いたとき、条件部をデータベースにマッチングことから推論を開始する方法（前向き推論）と結論を仮定することから推論を開始する方法（後向き推論）の2種類がある。知識表現を自然にするために、我々は推論機構としてこの2種類の方法を採用した。これによって、条件部に部分局面を書き、結論部にその部分局面から期待できる結果を書くという一貫性を保つことができた。

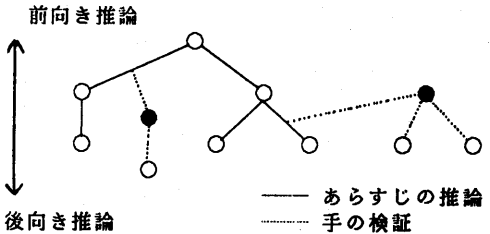


図6.1 推論の方法

将棋知識処理システムでは図6.1に示すような推論木を生成する。この図にあるように、推論過程は、「あらすじの推論」と「手の検証」に分かれており、適用される知識の種類が異なる。

「あらすじの推論」は、主目標の知識と副目標の知識によって行われる推論である。そしてこの推論は後向き推論の形態をとっている。つまり、主目標の知識の結論を仮定することから推論が起動され、すべての知識内の部分局面が与えられた将棋の局面と推論を通してマッチングしたとき、終了する。あらすじの推論を後向き推論で行う理由は、後向き推論では結論を適当に与えることができるので、前向き推論に比べて、その処理に時間がかからないため

である。例えば、副目標の知識の駒を動かす知識は、目標を特定しなければ全ての駒を一手あるいは二手動かす手を求める。将棋の中盤において一つの局面の指し手は百手から二百手あるので、目標を与えないで駒を動かす知識を駆動すると多数の手を考えることになる。しかし、後向き推論によると駒を動かす知識に「5三に桂馬を置きたい」といった明確な目標が与えられるので、このような問題は生じない。

「手の検証」は、あらずしの推論によって生成された手筋に、探索時の知識を適用することによって行われる推論である。探索時の知識の中には、その知識が成立することによって結論となる知識があったり、手をルール上成立させるために指す手があるため、知識を前向きに起動したり、後向きに起動したりする。

このような推論の制御は次の節で述べるメタ知識で行っている。このように2段階に推論を行うことは、制御を複雑にする欠点を持っているが、利点として次のことがあげられる。

- (a) 知識の種類ごとに役割が異なっているために、個々の知識に本質的なことを記述できる
- (b) 人間が見て推論過程が自然である

7. メタ知識

将棋知識処理システムにおいて、メタ知識は推論の制御および知識の種類を選択を行うために使用されている。知識はその種類に応じて用いられ方が明確に定められている。したがって、メタ知識はその用い方を知っていて、メタ知識に対する入力に応じて、適当な知識を呼び出すことを主な仕事にしている。

しかし、実際に将棋システムを構築していく上で、明らかに固定的な要素があった。このような要素は、将棋の知識として入れておくよりも、システムの能率を向上させるために、メタ知識で処理した方がよい。例えば、図7.1にあるような飛車の動きを考えるとき、間の駒をプロダクションルールのようなパターンで求めるよりも、専用のプログラムを用意しておき、メタ知識内で処理した方がよい。

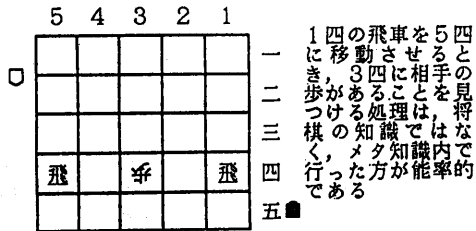


図7.1 メタ知識で処理した方がよい例

あらずしの推論と手の検証では扱う対象が異なる（前者は駒の位置について扱い、後者は手を取り扱う）ので、これに対応してメタ知識も2種類用意した。前者のためのメタ知識を「後向き推論におけるメタ知識」、後者のためのメタ知識を「前向き推論におけるメタ知識」と名付けた。これらのメタ知識が呼び出す将棋の知識は次のとおりである。

「前向き推論におけるメタ知識」

- 動きを確定する知識（後向き）
- 副作用の知識（前向き）
- 防御の手筋の知識（前向き）
- 推論時の知識（手に適用）
- 「後向き推論におけるメタ知識」
- 主目標の知識（後向き）
- 副目標の知識（後向き）

8. 将棋知識処理システムの実現

前節までに説明したような知識を扱って、与えられた将棋の問題に対して、手筋を求めるシステムを作成した。このシステムは図8.1に示すような構成をしている。

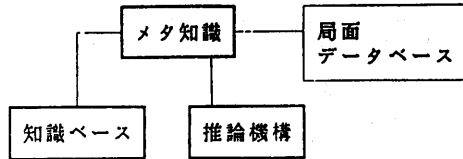


図8.1 システム構成

このシステムが他のプロダクションシステムと異なる点は、大部分のプロダクションシステムが知識と推論機構が直接通信しあって問題を解いているのに対して、本システムではメタ知識を知識と推論機構の間に介在させて問題を解いていることである。このことによる利点として次のことがある。

- (1) 知識をいくつかの種類に分けることによって、知識の獲得が容易になる
- (2) また、知識を分けることが、知識表現の簡潔化をもたらす
- (3) 将来、知識の数が増えたとき、効率の良い推論を行うことができる
- (4) メタ知識を入れ換えるだけで、他の分野の問題（例えば、中盤の防御の手筋を求めること）を解くことができる

9. 評価

将棋知識処理システムは、候補としてあがる手筋を求めるシステムであり、最善となる手筋を決定するシステムではない。最善の手筋を決定するためには、やはり静的評価関数を用いる必要がある。

本システムを評価するために、参考文献[1]の知識を記述する実験を行った。その結果を表9.1に示す。このデータは100問の局所的な局面（著者の主旨が明確に現れる局面）から、その問題と解説によって、我々の選んだ問題領域に含まれていると判断した局面54問から抽出した知識の数である。記述した知識の種類は、5.で述べた知識の種類の種類よりも少ないが、これは問題領域やシステムをインプリメントする上で前もって設定できるものであったからである。

表中で、記述数は局面から記述できた知識の数を表している。編集後というのは、記述した知識に含まれている重複した要素を我々が除去した結果得られた知識の数である。この結果を見ると、意外と将棋の知識の数が少ないことがわかる。

このように記述された知識を、普通の局面に適用して、解いた結果を表9.2に示す。1問を解くのに

表9.1 抽出した知識数

知識名	記述数	編集後
主目標 (取る)	26	15
(成る)	7	1
(攻撃)	17	7
合計	50	23
副目標 (誘き寄せる)	14	4
探索時 (副作用)	6	2
(確定)	3	3
(防御)	3	3
合計		

表9.2 普通の局面を解いた結果

知識名	合計適用回数	
	回数	%
主目標 (取る)	294	2.6
(成る)	0	0
(攻撃)	4	0.0
合計	298	2.6
副目標 (誘き寄せる)	329	2.9
(動く)	609	5.4
合計	938	8.3
探索時 (副作用)	274	2.4
(確定)	298	2.6
(防御)	293	2.6
合計	865	7.6
推論時 (安全性)	3856	33.9
(防衛)	797	7.0
合計	4653	41.0
メタ知識 (後向き)	2985	26.3
(前向き)	1623	14.3
合計	4608	40.6

要する時間は3分から25分の間であった。計算時間は知識の数によって変動する。探索を用いた手法で問題を解かせるためには静的評価関数を複雑にしたりゲーム木を大きくするなど、指数的に計算時間を増加させてしまう。しかし、知識を用いて問題を解く方法では、主に主目標の知識の数を増加させることによって強くできるので、計算時間の増加のオーダーは、主目標の知識の数に比例する。また、一つの局面当たり1から4の手筋しか生成しなかった。

表9.2では、全体的に見て、問題解決において主目標の知識の適用回数が他の知識の比べて少ないことがわかる。これは主目標の知識が比較的他の知識に比べて専門的に記述されているためである。普通、知識表現において専門性と一般性の問題が生じ

る。つまり専門的にかたよりすぎると特定の問題しか解けない知識になってしまい、一般的にかたよると質の悪い答えしか出すことができなくなる。このことは、知識を記述するとき、注意を払わなければならないことである。

最後に、図9.1の局面に知識を適用したときの求められた手筋を示す。

	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
皇				王	王		王	王	皇	一
□					王	王	王	王		二
				王	王		王	王		三
	王	王		王		王				四
歩	王									五
香		歩	歩	歩	歩	歩				六
	歩	金		角	銀			歩		七
	玉	金					飛			八
	桂						桂	香		九

図9.1 評価局面の例

- ① 2四歩 2三歩成 (2二と または 3二と)
- ② 2四桂 2三桂成 (2二成桂 または 3二成桂)

10. おわりに

本論文で我々が研究している知識を用いることに主体をおいた将棋システムの基本的な考え方と実際に中盤における問題の解き方、システムの概要について説明した。

将棋が重要な評価項目になる。我々の作成したシステムは、探索を主体としたプログラムと異なり、解ける問題と解けない問題の差が解くための知識を持っているかどうかということがはっきりしている。知識を記述することによって、インクリメンタルに強くなっていくシステムである。しかし、システムを実現する上で、メモリや計算時間などで、将棋の本に出ている問題を解くことに知識以外の部分を限定してしまっている。

しかし、本論文で述べたように、知識を用いて手筋を求める手法は、探索を行って手筋を求める方法よりも現状のコンピュータシステムに適した手法である。

なお将棋知識処理システムは、NECのパーソナルコンピュータ PC-9801上のプロログ処理系PROLOG-KABAで作成した。本システムのようなヒューリスティックな手法を研究するための環境として、プロログは有効な言語であることがわかった。

謝辞 本研究にあたり有益な討論をいただいた東京農工大学工学部数理情報工学科計算工学講座の各位に感謝する。

参考文献

- [1] 前田祐司: スラスラ覚える将棋格言集, 山海社(1984)
- [2] A. Barr, E. A. Feigenbaum; 田中幸吉, 淵一博訳: 人工知能ハンドブック 第I巻, 第II巻, 第III巻, 共立出版(1981)
- [3] D. Wilkins: Using Plans in Chess, IJCAI-79, pp.960-967(1979)
- [4] D. Wilkins: Using Knowledge to Control Tree Searching, Artificial Intelligence 18(1982), pp.1-15
- [5] 近藤浩康: 知識アーキテクチャの構想, 情報処理学会知識工学と人工知能研究会, 1984.9.19
- [6] 大須賀節雄: 知識ベース入門, オーム社(1986)
- [7] 上野晴樹: 知識工学入門, オーム社(1985)
- [8] 大山康晴: 大山名人の将棋教室, 池田書店(1969)
- [9] 佐伯昌優: 段級判定 詰将棋新作234題, 有紀書房(1984)
- [10] L. P. Erman, F. Hayes-Roth, V. R. Lesser, R. Reddy: The Hearsay Speech-Understanding System: Integrating Knowledge to Resolve Uncertainty, COMPUTER SURVEY, VOL. 12, NO. 2 (1980)
- [11] 田島守彦: 知識指向型オセロゲームプログラム O T L . P L G 情報処理学会論文誌, Vol. 25, No. 4, JULY, 1984, pp. 597-605
- [12] P. H. Winston; 長尾, 白井訳: 人工知能, 培風館(1980)
- [13] 実近憲昭: ゲームプレイングプログラムの近年の成果, 情報処理, JULY(1979), Vol. 20, No. 7, pp. 601-611
- [14] 滝口伸雄: PROLOGによる戦略を持つ将棋プログラム, 東京農工大学工学部数理情報工学科卒業論文(1984年度)
- [15] 滝口伸雄, 高田正之, 小谷善行: 将棋における手選択の一手法, 情報処理学会第30回(昭和60年前期)全国大会
- [16] 滝口伸雄, 小谷善行: エキスパートシステムとしての将棋プログラム, 情報処理学会第31回(昭和61年後期)全国大会
- [17] 志村正道: 機械知能論, 昭晃堂(1984)
- [18] スレーグル; 南雲仁一, 野崎昭弘訳: 人工知能(発見のプログラミング) コロナ社(1974)
- [19] G. L. サイモンズ; 田中浩一郎, 佐藤 訳: 人工知能その限界と挑戦, 近代科学社(1986)
- [20] G. L. サイモンズ; 飯塚馨, 諏訪基訳 知能コンピューター, 岩波書店(1984)
- [21] 溝口文男監修: P r o l o g とその応用 2, 総研出版(1985)
- [22] 太細孝, 鈴木克志, 伊草ひとみ, 佐藤裕幸: P r o l o g 入門, 啓学出版(1984)
- [23] 小谷善行: 知識指向言語 P r o l o g, 技術評論社(1986)
- [22] F. Hayes-Roth, D. Waterman, D. Lenat; AIUEO 訳: エキスパートシステム, 産業図書(1985)
- [23] A. Knaeuper, W. B. Rousea: Rule-Based Model of Human Problem-Solving Behavior in Dynamic Environments, IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEM, MAN, AND CYBERNETICS, VOL. SMC-15, NO. 6, NOVEMBER/DECEMBER(1985)
- [24] 鳥居稔, 滝口伸雄, 野瀬隆, 小谷善行: ゲーム木探索の効率の実験的比較, 情報処理学会第32回(昭和61年前期)全国大会
- [25] 小谷善行: 将棋におけるゲーム木探索の一手法, 情報処理学会第22回(昭和56年前期)全国大会
- [26] 浜谷群次, 川島学, 中沢剛, 高田正之, 小谷善行: 将棋の世界の知識ベース, 情報処理学会第28回(昭和59年前期)全国大会
- [27] 淵一博, 古川康一, 溝口文雄: メンタルモデルと知識表現, 共立出版(1986)
- [28] H. Berliner, M. Champbell: Using Chunking to Solve Chess Pawn Endgames, ARTIFICIAL INTELLIGENCE(1984) pp.97-120
- [29] D. E. Knuth, R. W. Moor: An Analysis of Alfa-Beta Pruning, ARTIFICIAL INTELLIGENCE 6 (1975)
- [30] 鳥居稔: 将棋システムにおけるゲーム木探索, 東京農工大学工学部数理情報工学科卒業論文(1985年度)
- [31] 滝口伸雄: 知識処理の手法を用いた将棋システム 東京農工大学工学部数理情報工学科修士論文(1986年度)