

## 将棋における目標に基づく指し手の決定法について

井原 利昇 串 匡 尺長 健

岡山大学 工学部 情報工学科

〒 700-8530 岡山市津島中 3-1-1

{ihara,shaku}@chino.it.okayama-u.ac.jp

### 概要

コンピュータ将棋プログラムの多くはミニマックス法に基づいた指し手の決定を基本としている。このため、決定される指し手は局面毎に独立性が高く、人間のような一貫性のある着手が難しい。これに対し、本稿では、目標指向による問題解決を導入し、目標に基づく指し手の決定をゲーム木探索の枠組において実現する方法について述べる。具体的には、戦況に応じた目標の設定、目標を利用した選択的探索、及び、局面の評価により構成される指し手決定法を提案する。このように目標を用いることで、コンピュータ将棋における一貫性のある指し手決定の実現が期待される。最後に、提案手法を将棋プログラムとして実装し、実験によりその有効性を示す。

## Move Decision Method Based on Goals in Shogi

Toshinori IHARA, Tadashi KUSHI, Takeshi SHAKUNAGA

Department of Information Technology, Okayama University

3-1-1 Tsushima-naka, Okayama, 700-8530, JAPAN

{ihara,shaku}@chino.it.okayama-u.ac.jp

### Abstract

In most of the computer shogi programs, move decision is basically made by the mini-max search algorithm. Since the decisions are apt to be made independently in each situation, computer programs often make an uncontinuous move sequence. In order to solve this problem, this paper proposes a move decision method which keeps continuous goals in the decision making process. The proposed method is made up of three functions, which are used for goal generation, for goal-oriented selective search and for goal-oriented static evaluation, respectively. In the goal generation function, three goal generators are proposed for making wide variety of goals. In the goal-oriented selective search, move candidates are made from possible goals which are kept in the system. In the goal oriented static evaluation, the feasibility of each goal is taken into account. Implementing the proposed method in our shogi program, we have confirmed the effectiveness of the proposed method in experiments.

## 1 はじめに

現在のコンピュータ将棋プログラムの多くは、ミニマックス法に基づいた指し手の決定を基本としている。このため、個々の指し手はそれぞれ独立に決定されており、指し手間の関連性が低いという問題点がある。一方、人間は戦況に応じて狙いや意図を設定し、これを利用することで一貫性のあ

る指し手の決定を行なっている。コンピュータ将棋において、このような一貫性のある指し手の決定を実現することは、人間的思考法の実現や棋力の向上につながると考えられる。

狙いや意図などを利用する人間的思考法の一つとして、目標指向による問題解決法が存在する。チェスにおける初期の研究では、Newell や Simon らが人間のエキスパートの行動を GPS (General Prob-

lem Solver) という認知モデルで説明し, チェスプログラム上で目標指向による問題解決法として用いた [1][3]. この手法では, ポーン的位置, 駒の避難などの, 具体的な目標を設定し, これを選択的探索に用いていた. しかし, 目標の達成状態とオペレータの記述が容易でなく, 設定できる目標が限定されるという問題点があった. 選択的探索が主流である将棋においても, 目標指向による問題解決法を取り入れる試みはほとんど報告されていない. そこで, 本稿ではこれらの問題点を解決し, 目標に基づく一貫性のある指し手決定法を提案する.

## 2 目標指向型ゲーム木探索

ここでは, 将棋における目標に基づく指し手決定手法について述べる.

### 2.1 将棋における目標

人間が将棋をプレイする際に設定する目標は, ほんの数手先に実現可能な具体的な目標から, 数十手先の局面を見据えた戦略的な目標まで, 実に多種多様である. これらは次の 2 種類に分類できる.

局所的目標 “駒を取る”, “駒を避難させる”, 及び, “駒を取り, その駒を打つことで有利な展開に導く”, “相手の駒を移動させ, 利きを減らしてから駒を取る” など, ある特定の部分に着目した単純な目標.

大局的目標 “序盤の駒組”, “中盤における取り合いが発生する可能性のある場所への駒の移動” など, 局面全体を考慮した目標.

ここで, 大局的目標は現在局面との差異が大きく, ゲーム木探索に直接利用すること, また, 達成の可能性を確認することは容易でない. そこで, 本研究では, まず取り扱いが比較的容易である局所的目標を対象とする. そして, 大局的目標は局所的目標の組み合わせにより表現する.

将棋の局面は盤上の駒配置と持ち駒の有無で表現される. 従って目標は, 盤上のある位置における駒の配置と除去, 及び, 持ち駒の増減の組み合わせで表現できると考えられる. ただし, あらゆる目標は自分にとって有利な局面を導くことが目的であるため, 持ち駒を減少させることは目標とな

りえない. 従って, 以下の 3 種類の局所的目標を基本目標として取り扱う.

配置 特定の駒  $K$  を盤上の位置  $P$  に配置する.

除去 盤上の位置  $P$  を駒のない状態にする.

取得 盤上の位置  $P$  にある相手の駒  $K$  を取る.

### 2.2 目標の設定

目標の設定方法について述べる. 本研究では設定された目標に基づいてゲーム木探索を行なう. このため, 決定される指し手や探索効率はどうのような目標が設定されるかに大きく依存する. 従って, 目標の設定法が非常に重要である.

将棋における人間の目標設定方法について考察する. 設定方法として, まず対局前にその内容を想定し, いくつかの目標を設定しておく方法がある. これは, 自分と相手の得意な戦型などを考慮し, 専門知識を利用して設定していると考えられる. 一方, 対局中にも新たな目標を設定することが頻繁に行なわれている. これは, 直観を用いた設定と, 先読み結果を利用した設定に分けられる. 従って, 人間の目標設定は大きく 3 種類に分類できると思われる.

以上の考察に基づき, 本研究においても 3 種類の目標設定法を用いる. 2.2.1 節では, 仮説検証により, 与えられた局面のみから基本目標を設定する方法について述べる. これは, 与えられた局面のみから目標を設定する手法であり, 人間の直観に対応することを期待している. 次に, 2.2.2 節では, 過去の探索結果を用いて基本目標を設定する方法について述べる. これは, 人間における, 先読み結果を利用した設定と対応している. 最後に, 2.2.3 節では, 知識を直接利用することにより大局的目標を設定する方法について述べる. これは, 専門知識を利用した設定に対応している.

#### 2.2.1 仮説検証による基本目標の設定

仮説検証により基本目標を設定する手法について述べる. ある局面が与えられた時, その局面に対して単純な操作を与える. 即ち, 駒の配置に単純な操作を加え, 与えられた局面と部分的に異なる局面を生成する. ここで, この単純な操作を仮説

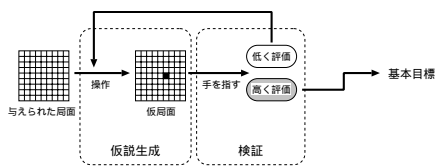


図 1: 仮説検証による基本目標の設定

と呼び、生成された局面を仮局面と呼ぶ。仮局面の生成に用いる仮説としては、各基本目標（配置，除去，取得）に対応する以下の 3 種類を考える。

**配置仮説** 盤上のある位置へ自分の駒を一つ配置する。

**除去仮説** 盤上のある位置から自分，もしくは相手の駒を一つ取り除く。

**取得仮説** 自分の所持していない駒を一つ所持させる。

各仮説に対応する仮局面において、合法的な指し手の有効性を評価できる。ここで、有効であると判断された指し手を仮有効手と呼ぶ。各仮説の有効性は仮有効手の有無により判定され、有効な仮説を実現する操作が基本目標として設定される（図 1）。

仮局面における合法的な指し手の評価は、局面全体の評価ではなく、その指し手によって生じる変化を対象とする動的評価で行なう。これは、評価の対象が仮局面であるため、局面全体の静的評価を行なったのでは、仮説により変更された実際とは異なる部分が全体の評価に影響を及ぼす危険性があるためである。ここで、具体的な指し手の動的評価は以下の 3 種類の評価要素を用いて行なう。

1. 駒の取り合いの損得による評価。
2. 同時に成立する有利な取り合いの数による評価。
3. 成る可能性による評価。

1 においては自分が得をする場合に有利であるとす。ここで、自分が得をする取り合いを有利な取り合いと呼び、損をする取り合いを不利な取り合いと呼ぶ。次に、2 を考慮するのは、有利な取り合いが複数ある場合、相手はそれらを同時に防ぐことが難しく、自分にとって有利な取り合いを成立させることが容易となることによる。また、3 を考慮するのは、ほとんどの駒は成ることによって価値が上昇するためである。これらの評価要素 1, 2, 3 のうち少なくとも一つで有効と評価された手が仮有効手と判定される。

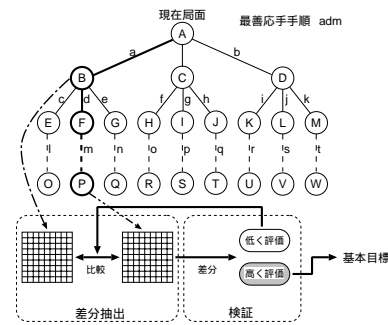


図 2: 探索結果を利用した基本目標の設定

## 2.2.2 過去の探索結果を利用した基本目標の設定

過去の探索結果を用いて基本目標を設定する方法について述べる。ゲーム木探索では、以前の探索結果から得られた情報が有効であることが多い。実際、コンピュータ将棋では、過去に訪れた局面の評価値や候補手等の情報を利用することで、探索を効率化する手法がいくつか存在する [2][5][9]。しかし、局面の評価値や候補手などの情報は、人間が利用する狙いや意図と比較すると、局所的で低次元な情報であると言わざるを得ない。そこで、本研究では過去の探索結果を用いて基本目標を設定し、この目標を次回以降の探索時に利用する。

指し手決定の際、生成したゲーム木にミニマックス法を適用すると、現在局面における指し手と最善応手手順を得ることができる。ここで、決定された指し手を指した局面（局面 B）と最善応手手順をすべて指した局面（局面 P）を比較し、三つの基本目標に対応する差分を抽出する。そして、得られた各差分の有効性を静的評価関数を用いて評価する。即ち、その差分により局面の評価値がどの程度変化しているのかを調べる。その結果、有効であると評価される場合、この差分を得る操作が基本目標として設定される（図 2）。

## 2.2.3 知識を直接利用した目標の設定

序盤の駒組みや中盤の仕掛けなど、一貫性のある指し手を決定するには、10 手以上先の局面を見据えたような大局的目標を設定する必要がある。本研究では、専門的知識により基本目標を組み合わせることで大局的目標を設定することにする。以後、このように表現される大局的目標を応用目標と呼ぶ。

ここでは、応用目標の例として、序盤の駒組みに関する目標を取り上げる。序盤については、多くの将棋プログラムが定跡データベースを利用して指し手を決定する。これは序盤のように形勢が明確でない局面においては、通常のゲーム木探索で最善手を得るのが難しいためである。また、定跡データベースに登録されていない局面では、位置による駒の価値を登録した表を用いるのが一般的である [4] [7]。しかし、これらの表の作成には多くの専門知識が必要であり、容易ではない。そこで、応用目標を利用した序盤の駒組みを行なう。

応用目標に基づいて序盤の柔軟な駒組みを実現する方法について述べる。まず、柔軟な駒組みを実現するには、戦況にあった玉の囲いを選択する必要がある。ここでは、戦型を判別するために定跡データベースを用いる。即ち、定跡データベースの各経路にあらかじめ自玉がどのような囲いを目指しているのかを記憶させておく。そして、定跡データベースにない局面が現れたとき、この情報をもとに玉の囲いに関する応用目標を設定する。例えば、図3は、後手7四歩により先手の持つ定跡データベースにない局面が現れた状態である。このとき、定跡データベースの情報により、先手は矢倉囲いの実現を応用目標として設定する。ここで、矢倉囲いの目標達成状態を図4に示す。このように、玉の囲いに関する応用目標は、配置の基本目標の組み合わせにより表現できる。従って、図3の局面において、矢倉囲いの応用目標を達成するには、8八に玉を配置する基本目標、6七に金を配置する基本目標、及び、9六に歩を配置する基本目標を達成すれば良い。

ただし、玉の囲いに関する複数の基本目標を同列に扱うことはできない。実際、玉以外の駒に関する基本目標が実現されたとしても、玉が目標の位置から大きく離れていては囲いの意味をなさない。従って、各基本目標の間に適切な優先度を設定する必要がある。ここでは、以下の規則に基づいて基本目標の優先度を設定する。

1. 玉に関する目標の優先度を最も高くする。
2. 玉の目標位置に近い目標ほど優先度を高くする。
3. 価値の高い駒の目標ほど優先度を高くする。

これらの規則を満たすように優先度を定義する。まず、玉に関する目標の優先度を  $V_{max}$  とする。また、静的評価の際に用いる各駒  $K$  の基本価値を  $SV(K)$

後手 7四歩まで

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

先手 持駒なし

図 3: 定跡データベースから外れた局面

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

図 4: 先手矢倉囲いの目標達成状態

とする。なお、玉の目標位置からの距離  $d$  は、玉が移動するのに必要な手数とする。このとき、各基本目標の優先度を式 (1) のように定義する。

$$\text{優先度} = V_{max}(SV(K)/SV_{max})/(d+1) \quad (1)$$

ここで、 $SV_{max}$  は最も高い駒の価値であり、玉の価値は  $+\infty$  であるため、実際には竜の価値を表す。

### 2.3 目標の継承

ある局面において設定されている目標をそれ以降の局面で利用することを目標の継承と呼ぶ。目標の継承は一局を通じて一貫性のある指し手を決定するために必要不可欠である。ここでは、目標を効果的に継承する手法について述べる。

目標は、達成状態に遷移するか、あるいは実現に必要な手数が閾値以上であることがわかれば破棄する。ここで、相手の指し手は事前には予測できないため、前の局面で有効であった目標が現在局面において有効であるとは限らない。従って、継承の際には常に設定している目標が有効であるか

否かを判定し、必要に応じて破棄や変更を行なう。

自分の手番になると、まず、各目標の状態を現在局面と一致する状態に遷移させる。このとき、達成状態に遷移するか、あるいは実現に閾値を上回る手数が必要であることがわかれば、その目標は破棄される。次に、残った目標について優先度の更新を行なう。その結果、優先度が閾値よりも低くなった目標は破棄する。

一方、相手の手番となったときの目標の継承に関しては、以下の規則を設ける。

1. 仮説検証により設定された目標は指し手の生成に利用された目標のみ継承する。
2. 探索結果から設定された目標は全て継承する。
3. 知識に基づいて設定された目標は全て継承する。

目標の設定方法により取り扱いが異なるのは、仮説検証により設定された目標の中には、探索結果から設定された目標に比べ、実現不可能な目標や有効でない目標が多く含まれているためである。

## 2.4 計画

目標に基づいて指し手を生成するには、状態遷移とその原因となるオペレータを詳細に記述しておく必要がある。このような記述を計画と呼ぶ。以下、各基本目標の計画について述べる。

### 2.4.1 配置の基本目標に関する計画

位置  $P$  への駒  $K_a$  の配置を実現するには、持ち駒を打つ方法と盤上の駒を移動させる方法がある。始めに、持ち駒を配置する場合について述べる。考慮すべき状態は、持ち駒  $K_a$  があるか否かと、位置  $P$  に別の駒があるか否かである。持ち駒  $K_a$  がない場合は始めに  $K_a$  を取得する必要がある。また、位置  $P$  に別の駒  $K_b$  がある場合は前処理として  $K_b$  を除去する必要がある。従って、この基本目標のための計画は、図 5 のようにオペレータを枝、状態を節とした有向グラフで表現することができる。ここで、有向グラフの出口となっている状態は目標が達成された状態である。なお、状態は局面、オペレータは指し手、または、他の基本目標となる。次に盤上の駒を移動させる場合について述べる。盤上の駒は自分の駒がある位置には移動できない。従って、位置  $P$  に自分の別の駒  $K_b$  がある

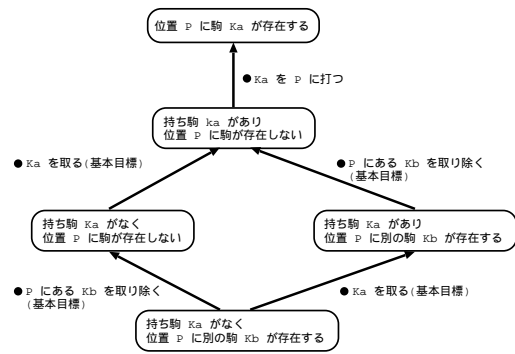


図 5: 持ち駒を配置する計画を表す有向グラフ

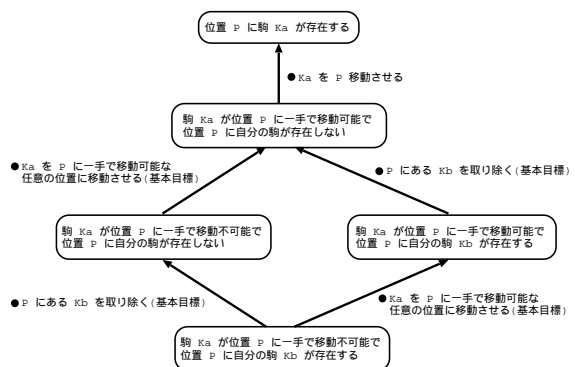


図 6: 盤上の駒を配置する計画を表す有向グラフ

場合には前処理として  $K_b$  を除去する必要がある。この場合の計画は図 6 の有向グラフで示される。

### 2.4.2 除去の基本目標に関する計画

位置  $P$  にある駒  $K_a$  を取り除く場合、駒の所有者によって取り除く方法が異なる。 $K_a$  が自分の駒の場合は  $K_a$  を他の位置に移動させれば良い。一方、 $K_a$  が相手の駒の場合は次の 3 種類の方法が考えられる。

- $K_a$  を取り、その後、 $P$  に存在する駒を移動させる。
- $K_a$  が利く位置に自分の駒を移動させ、 $K_a$  で駒を取らせることにより、 $P$  から移動させる。
- $K_a$  を取ることができない位置に自分の駒を移動させ、 $K_a$  を避難させることにより、 $P$  から移動させる。 $K_a$  が避難しない場合、 $K_a$  を取り、その後、 $P$  に存在する駒を移動させる。

以上をまとめると、駒の除去の計画は図 7 の有向グラフで示される。

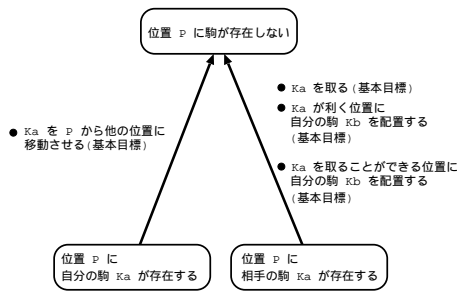


図 7: 除去の計画を表す有向グラフ

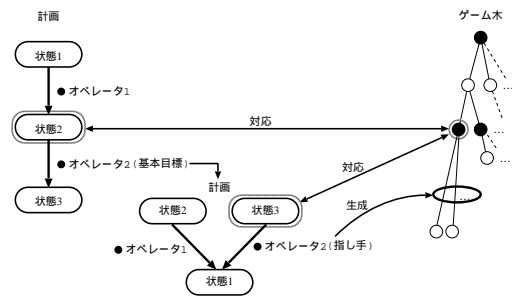


図 9: 計画を用いた指し手の生成

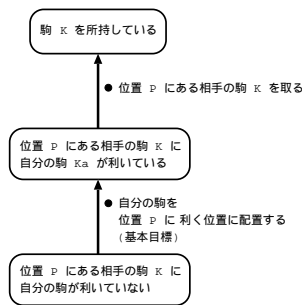


図 8: 取得の計画を表す有向グラフ

### 2.4.3 取得の基本目標に関する計画

所持していない駒  $K$  を所持するためには相手の駒  $K$  を取る必要がある。従って、駒の取得の計画は図 8 の有向グラフで示される。

## 2.5 基本目標に基づいたゲーム木探索

ここでは、設定されている基本目標を用いてゲーム木探索を行なう手法について述べる。本研究では、一つの局面において一般的に複数の基本目標が設定される。複数の基本目標が同時に設定されている場合は目標毎に優先度を設定し、ゲーム木探索に用いる。

### 2.5.1 優先度の設定方法

目標の優先度は以下の規則により決定する。

- 仮説検証により設定された目標の優先度は仮有効手の有効度により決定する。
- 探索結果から設定された目標の優先度は静的評価値の増加度により決定する。
- 知識を直接用いて設定される目標の優先度は 2.2.3 節で述べた規則により与える。

また、仮説検証により設定された目標の中には、探索結果から設定された目標に比べ、実現不可能な目標や有効でない目標が多く含まれている。そこで、仮説検証により設定された目標の優先度の平均値が、過去の探索結果から設定された目標の優先度の平均値の半分になるように正規化を行なう。

### 2.5.2 優先度に基づく指し手の生成

指し手の生成は基本目標に対応する計画(図 5~8)を用いて行なう。各基本目標の遷移状態を調べ、その状態におけるオペレータを選択する。このとき、オペレータは基本目標か指し手のどちらかである。オペレータが指し手の場合は、これを指し手として生成する。また、オペレータが基本目標である場合は先の処理を再帰的に繰返す。例として、この場合の指し手生成過程を図 9 に示す。

指し手の順序付けは目標の優先度を用いて行なう。ゲーム木の探索にアルファ・ベータ法やその応用手法を用いる場合、良い指し手から先に探索することで、探索効率が飛躍的に向上する。このため、生成された指し手の良さを評価することが必要である。指し手の良さは生成に用いられた目標の優先度の総和で表現される。従って、優先度の高い目標から生成された指し手や多くの目標から生成された指し手が優先的に探索されることになる。

### 2.5.3 目標達成度を考慮した局面評価

ミニマックス法では常に評価値が最も高い局面へ遷移するための指し手が選択される。このため、選択される個々の指し手は独立であり、指し手間の関連性は低い。このため、コンピュータ将棋プロ

グラムはしばしば攻防の中で無意味な一手を選択する．正確なゲーム木探索が行なえるプログラムほど，自分が不利になるような指し手を選択する確率は低くなるが，無意味な一手の選択自体はあまり減少しない．そこで，局面評価の際，達成された目標に応じた加点を行なうことにより，一貫性のある指し手決定の実現を目指す．以後，達成された目標に応じた得点を目標達成度と呼ぶ．即ち，局面の評価値は式(2)で与えられる．なお，静的評価値は静的評価関数により得られる値を示す．

$$\text{局面の評価値} = \text{静的評価値} + \text{目標達成度} \quad (2)$$

目標達成度の決定方法について述べる．ある与えられた局面において， $n$  個の目標  $G_1, \dots, G_n$  が設定されているとする．また，各目標の優先度はそれぞれ  $v_1, \dots, v_n$  であるとする．ゲーム木探索において葉の局面の静的評価を行なう際，達成された目標の優先度の総和を調べる．仮に，葉の局面  $A$  で達成されている目標が  $G_x, G_y, G_z$  であったとすると，達成された目標の優先度の総和は  $v_x + v_y + v_z$  となる．このように，すべての葉の局面  $P_1, \dots, P_m$  について，達成された目標の優先度の総和  $s_1, \dots, s_m$  を求める．このとき， $s_1, \dots, s_m$  の中の最大値が  $s_{max}$  であったとすると，任意の葉の局面  $P_y$  における目標達成度は式(3)のように定義される．

$$\text{目標達成度}(P_y) = \alpha(s_y/s_{max}) \quad (3)$$

ここで， $\alpha$  は目標達成度がとり得る最大値を示し， $\alpha$  の値は選択される指し手に大きな影響を及ぼす．値を大きくするほど目標達成度が高い局面に遷移するための指し手が選択され，小さくするほど影響が少なくなる．このため， $\alpha$  の値は静的評価値とのバランスを考慮して適切に設定する必要がある．

### 3 評価

2章で提案した指し手決定手法の性能を評価する．ここでは，次の一手問題を用いた評価と他のプログラムとの対局による評価を行なう．

#### 3.1 評価に使用したプログラム

提案手法の有効性を確認するため，自作のコンピュータ将棋プログラムを用いて実験を行なった．実験で使用した自作のプログラムは提案手法を実

装したプログラム  $P_A$  と，提案手法を実装していないプログラム  $P_B$  である．以下にプログラム  $P_A$ ， $P_B$  の詳細を示す．

1. 探索の基本深さは 5 ．
2. 静止探索により探索の深さを最大 2 手延長 ．
3. 探索幅の上限は深さ毎に 80,80,40,40,10,10,10<sup>1</sup> ．
4. 探索方法は反復深化法 ．
5. 静的評価関数は，駒の損得と位置を含む働き，及び，玉の固さの線形和 ．
6. 目標を用いた指し手の生成 ．
7. 目標達成度を用いた局面評価(式(2)) ．

ここで，1 から 6 は  $P_A$ ， $P_B$  共通に実装されており，7 と 8 は  $P_A$  にのみ実装されている．また，定跡データベースや詰将棋ルーチンなども用いているが，これらは  $P_A$ ， $P_B$  に共通に実装している．なお，目標達成度の最大値  $\alpha$  は桂馬の基本価値とした．

#### 3.2 次の一手問題による評価

次の一手問題を用いた評価を行なった．評価に用いた問題はコンピュータ将棋の性能を測る目的で作成された問題集[4]から全 48 問である．また， $P_A$ ， $P_B$  の実行環境は Celeron 800MHz である．

結果を表 1 に示す． $P_A$  は  $P_B$  に比べ正解数が 2 問増加しており，わずかではあるが提案手法の導入による性能向上が確認できる．効果がわずかであった原因としては，探索結果を用いた目標設定が行なわれていないことが考えられる．この目標設定法を評価することは，与えられた局面のみから指し手を決定する次の一手問題では原理上不可能である．このため，本節での評価は仮説検証により設定された目標のみを用いてゲーム木探索を行なう手法の評価となっている．また，探索時間は  $P_A$  の方が若干多くなっている．これは，目標の設定等の処理が原因であると思われる．

この問題集に対する市販プログラムの解答結果もいくつか報告されている．高得点を挙げたプログラムとしては，激指の 31 問，東大将棋 3 の 27 問などが挙げられる[6][8]．実行環境<sup>2</sup>，総探索時間が異なるため，単純な比較はできないが， $P_A$ ， $P_B$  とともに現在の市販将棋プログラムに近い得点を得ていることが確認できる．

<sup>1</sup>ただし，重要度の高い指し手は上限を越えても生成する．

<sup>2</sup>市販将棋プログラムの実行環境は Pentium-III 800MHz ．

表 1: 次の一手問題に対する正解数

プログラム	正解数	総探索時間 (秒)
$P_A$	19	2715
$P_B$	17	2503

表 2:  $P_A$ (深さ 5) と  $P_B$  の対局結果

$P_B$ の深さ	勝	敗	引	$P_A$ の総探索時間	$P_B$ の総探索時間
5	69	28	3	48703	59157
6	55	43	2	51109	160492
7	46	47	7	49218	416337

### 3.3 プログラムとの対局による評価

$P_A$  と  $P_B$  との対局実験による評価を行なった。プロ棋士の棋譜から 30 手目を指し終えた局面を 50 局抽出し、それぞれの局面で手番を入れ換え、計 100 回の対局を行なった。また、 $P_A$ 、 $P_B$  の実行環境は Celeron 800MHz である。

結果は  $P_A$  の 69 勝、 $P_B$  の 28 勝であった。抽出した 50 局面のうち、24 局面ではどちらかの決まった手番が 2 局とも勝利した。この 24 局面では与えた局面ですでにどちらか一方の手番が優勢であった可能性が高い。また、残り 26 局面のうち 21 局面では手番に関わらず  $P_A$  が勝利した。逆に手番に関わらず  $P_B$  が勝利したのはわずか 1 局面であった。以上から、 $P_A$  と  $P_B$  の棋力には有意差がある。また、総探索時間は  $P_A$  が 48703 秒であったのに対し、 $P_B$  が 59157 秒であり、 $P_A$  の計算量は  $P_B$  のおよそ 82% であった。計算量が軽減されたのは、過去の探索で有効であった目標を用いてゲーム木探索を行なったことにより、探索効率が向上したためであると考えられる。

さらに、 $P_A$  が  $P_B$  と比較してどの程度強いのかを調べるため、 $P_B$  の探索の基本深さを変化させて同様の対局を行なった。結果を表 2 に示す。結果から、 $P_B$  の探索の基本深さを 7 とした場合、 $P_A$  とほぼ同程度の棋力となることが確認できる。従って、将棋プログラムの棋力という観点から見ると、提案手法の導入は探索の基本深さを 2 手深くすることにほぼ相等していることが判る。

## 4 おわりに

本稿では、将棋における目標に基づく指し手の決定手法を提案した。まず、複雑な目標を単純な駒配置を実現する基本目標に再帰的に置き換えることで表現する手法を考案した。次に、戦況に応じた目標設定を実現するため 3 種類の目標設定法を示した。さらに、目標に基づいた指し手の生成と局面評価を行なうことで、一貫性のある指し手決定を実現する手法を提案した。最後に、提案手法を実装した将棋プログラムによる評価を行なった。次の一手問題による評価では、提案手法の導入により正解数が増加することを確認した。提案手法を実装していないプログラムとの対局では、探索の深さが同一な場合、約 71% の勝率を達成した。さらに、提案手法を実装していないプログラムの探索の深さを 2 手深くしても、約 49% の勝率となった。すなわち、本手法の導入により、探索の深さを 2 手深くすることと同程度の効果が得られることを確認した。

## 参考文献

- [1] David Levy, Monty Newborn, (小谷 善行 監訳): コンピュータチェス, サイエンス社 (1994) .
- [2] 松原 仁: 将棋とコンピュータ, 共立出版 (1994) .
- [3] 松原 仁 編著: コンピュータ将棋の進歩, 共立出版 (1996) .
- [4] 松原 仁 編著: コンピュータ将棋の進歩 2, 共立出版 (1998) .
- [5] 松原 仁, 竹内郁雄 編: ゲームプログラミング, 共立出版 (1997) .
- [6] 松原 仁: コンピュータ将棋の次の一手問題による評価, 情報処理学会研究報告, vol. 2001, no. 28, pp. 39-46 (2001) .
- [7] Reijer Grimbergen, Jeff Rollason: Using Castle and Assault Maps for Guiding Opening and Middle Game Play in Shogi, ゲームプログラミングワークショップ '2001, pp. 102-109 (2001) .
- [8] 鶴岡 慶雅, 横山 大作, 丸山 孝志, 近山 隆: 局面の実現確率に基づくゲーム木探索アルゴリズム, ゲームプログラミングワークショップ '2001, pp. 17-24 (2001) .
- [9] 小谷 善行: トランスポジションテーブルに関するチュートリアル, コンピュータ将棋協会誌, vol. 12, pp. 65-69 (1999) .