

# 未来局面を用いた将棋の学習支援システム

伊藤毅志<sup>†1</sup>

**概要：** 将棋のような複雑で合法手の多いゲームでは、初級者にとっては手が広すぎて何を指して良いのかわからない状況に陥る。従来の将棋ソフトなどが行うようなヒント機能では、直接候補手を示す支援がよく見受けられる。しかし、このような直接的なヒントでは、プレイヤーの考える楽しみを奪ってしまったり、思考することを放棄させてしまったりする可能性がある。考える楽しみを残しつつ、間接的なヒントを出す方法が求められる。本研究では、その手法として、将棋 AI を自己対戦させた数手先の未来局面を提示する手法を実現した。実際に、1 手先、5 手先、9 手先を表示するシステムを構築し、学習支援効果について考察した。

**キーワード：** コンピュータ将棋、未来局面、間接指導、学習支援、アシスタンスジレンマ

## A Learning Support System by Using the Future Position

TAESHI ITO<sup>†1</sup>

**Abstract:** In games with complicated and enormous legal moves like shogi, the candidate moves are too large for beginners and often fall into a situation where they do not know what to do. In the hint function such as existing shogi programs, it is seen that support showing direct candidate moves. However, such direct hints may not only deprive the pleasure they think to find a move but also may make them abandon thinking. It is need to have the way to give indirect hints while maintaining fun to think. In this research, as a method to achieve it, we realized a method to present the future position that generates by self play of Shogi AI. In fact, we constructed a system that displays a next position, a position that 5 steps or 9 steps are advanced by using Shogi A I. I discuss the learning effect from the evaluation experiment by using this system.

**Keywords:** Learning Support System, Future Position, Indirect Instruction, Computer Shogi, Assistance Dilemma

### 1. はじめに

囲碁や将棋のような複雑なゲームでは、初心者は候補手が多すぎて、どの手を選んで良いのかわからなくなることがある。このような時に、適切なヒントがあれば、思考を促すことが出来る。

既存のコンピュータ将棋などでは、ヒント機能のような機能を備えたものがあり、コンピュータの考える候補手や読み筋などを示してくれる。初心者にとっては、非常にありがたい機能である反面、直接的な手の提示は考える楽しみを奪ってしまう懸念だけでなく、このヒント機能に頼りすぎると思考の放棄を促してしまいかねない。

伊藤らは、学習支援システムにおいて、このような問題を解決するために、「間接指導」という手法を提唱している [1]。「間接指導」とは、直接的に答えや解き方を示すのではなく、間接的なヒントを提示するという指導法である。伊藤らは、数学の教科学習に関する認知カウンセリングという実践的学習支援活動を長期間に渡って間接指導を実践し、ケース報告を行っている。それによると、間接指導によって学習者が「粘り強く問題に取り組むようになったこと」「指導者への依存性が低くなったこと」などの行動変容が見られたことを報告している。

本研究では、学習者に直接的な候補手ではなく、コンピュータの自己対戦による一つの未来局面を提示することで、初級者の学習を促すシステムを提案し、その効果について考察する。

### 2. 関連研究

三輪らは、近年強力になってきているコンピュータを用いた学習支援に関する研究を行っている。6枚の「ハノイの塔」の問題を解く課題を用いて、学習者に任意のレベルの支援方法を提示して支援を行うシステムを開発し、それぞれの学習効果を調べる実験を行っている [2]。具体的な支援内容としては、現局面から1手先、5手先、9手先、提示なしの4つのレベルの支援を用意した。実験では、システムの使い方を説明した後で、学習フェーズとしてそれぞれ4つのレベルの支援を用いた条件群に分かれて、40分間システムを利用して課題を解かせる。その後、ポストテストとして、実験参加者全員に支援無しで課題を解かせ、解答効率（実際の手数/最短手数）と1手あたりの時間についての分析を行っている。

その結果、学習フェーズ中の成績は、「1手先 > 5手先 > 9手先 > 提示なし」の順で良かったのに対して、学習後の成績は「9手先 > 5手先 > 提示なし > 1手先」となり、最

<sup>†1</sup> 電気通信大学  
University of Electro-Communications

も直接的な支援であった「1手先」の支援で学習効果が減衰していることが確認された。

このように IT による支援が行き過ぎることによって、人間の学習意欲や学習が阻害される問題は「アシスタンスジレンマ問題」と呼ばれる[3]。

「IT 支援+人間」の学習の結果として、学習後の人間が IT 支援なしにどれぐらいパフォーマンスが上がるのかを調べ、人間にとって適当なレベルの支援を明らかにすることは人間の学習にとって有益である。人間が自力で解くことが難しい状況の時には、適当なレベルの支援が必要であり、解けるようになってきたら支援を控える、このバランスが IT 支援では重要である。三輪らのハノイの塔の実験で言えば、9手先の支援というものが、この4つの支援の中では、適切な支援であったことが示唆される。

この研究を引き継いだ水野らは、オセロを題材にアシスタンスジレンマに関する2つの実験を行った[4]。

一つ目の実験では、短期的な学習において、学習支援における支援の程度と学習効果の関係を調べている。この実験では、支援を行わない「支援無し条件」とコンピュータの考える最善手を提示する「最善手条件」とコンピュータの最善手の候補に加えて無作為に選ばれた合法手を2つ加えた「3手候補提示条件」の3条件に関して、12回の対戦を行わせて、対戦中の成績（学習フェーズ）と終了後のポストテストの成績を調べた。成績評価は、1手当たりの平均回答時間と盤面支配率（自分の石の数/全部の石の数）で分析を行った。その結果、学習フェーズにおいては、「最善手条件」において1手当たりの平均時間が最も短く、盤面支配率は最も高くなったのに対して、「支援無し条件」と「3手候補提示条件」間には有意差が見られなかった。また、ポストテストでは、3条件間に有意な差が見られなかった。

二つ目の実験では、学習期間を2週間と長くして、支援レベルを「支援無し条件」と「最善手条件」に絞って実験を行った。結果として、学習フェーズにおいて「支援無し条件」で1手当たりの平均時間が最も短く、高い盤面支配率を示し、ポストテストでは、「支援無し条件」の方が高い盤面支配率を示した。これらの実験から、直接的な最善手を示す方法は学習を阻害する可能性が示唆された。

しかし、オセロの実験では、細かな支援のレベルにおける学習の違いを比較しておらず、二人完全情報確定ゲームにおける、より良い支援についての知見を得るまでには至っていない。

### 3. 提案システム

#### 3.1 設計方針

本研究では、ハノイの塔やオセロよりも問題空間の広い複雑なゲームとして将棋を題材にする。将棋は、伊藤らの認知科学的研究から、「読み」が重要なゲームであることが

指摘されている[5][6]。将棋の支援では先読みの能力を支援することが重要であると考え、本研究では、ハノイの塔に倣って、数手先の未来局面を見せて、その過程を考えさせる支援を提案する。但し、ハノイの塔のパズルのように一意の正解手順（最短手順）がある訳ではないので、自分よりも強いコンピュータが考える一つの仮想的な未来局面を提示するに過ぎない。それでも、初級者のプレイヤーにとっては、学習支援になるのではないかと考えた。

具体的には、コンピュータに自己対戦をさせて作り出した未来局面（1手先、5手先、9手先）を自動的に提示するシステムを作り、提示なしの条件も含めた4条件のプログラムを用いて学習させ、その学習効果を比較する。

#### 3.2 システムの概要

提案システムでは、GUIとして、対局用の局面と未来局面が表示される。対局は、独立した対局用 AI で行われ、対局中に提示するヒントとしての未来局面は、現局面を局面生成用の AI に送り、自己対戦を行うことで未来局面を生成し、それを表示する。

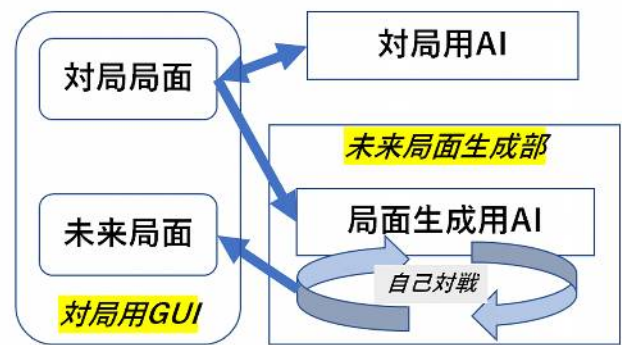


図1 提案システムの概要

Figure 1 The Outline of Proposed System

#### 3.3 対局用 AI

対局用 AI は、Bonanza6.0 を用いた[7]。アマチュア初心者を対象とした支援システムを想定しているため、そのままでは強すぎると考え、探索の深さを1に制限することで強さを調整することにした。また、深さを制限することで、常に同じ手を選んでしまうことを避けるために、定跡データベースを利用することで序盤のパリエーションを持たせることにした。

#### 3.4 未来局面生成部

出力する未来局面は、1手先、5手先、9手先とすることにした。未来局面生成のための AI も、対局用と同じ Bonanza6.0 を用いた。対局中、十分な強さでありながら、表示に時間のかかりすぎない思考時間を確保するために、深さは5とした。未来局面生成のための AI も、定跡データベースを利用することにした。

未来局面生成部では、Bonanza に自己対戦をさせて N 手局面を進めた局面を出力する hint コマンドを用意した。hint

コマンドでは、例えば、5手先の局面を“hint5”のように続けて任意の数値を入力することで、入力した数値だけ手を進めてそのN手目の着手と未来の局面を出力する。局面出力後は、手を進める前の局面までの棋譜を読み込んで、局面を戻すことが出来るようにした。これらの処理は、Bonanza にすでにあったコマンドを組み合わせることで実装した。

GUIとしては、対局用として表示されている通常の対局面画面とは別に、Bonanza に付属している sikou.dll に hint コマンドを入力する部分と、sikou.dll が生成する「Future Board」ウィンドウに Bonanza から出力された局面の画像として表示する部分を追加して実装した。例えば、9手先の局面を表示させるには、hint9 と入力することで、初期局面であれば、以下の図2のような表示を得ることが出来る。(定跡データベースが入っているの、)

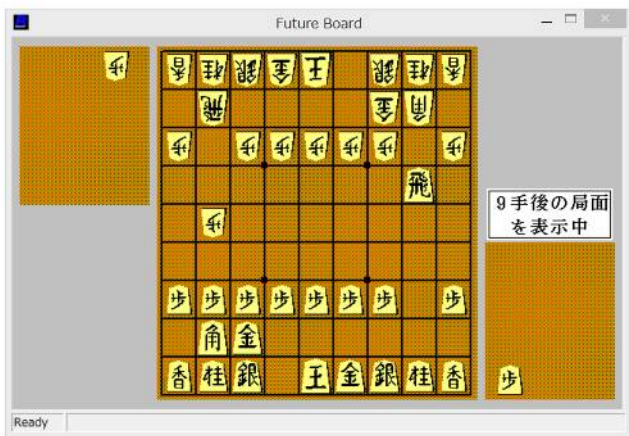


図2 初期局面から9手先の未来局面の例

Figure 2 A Future Board Example of  
9 Moves From Initial Position

## 4. 評価実験

### 4.1 目的

本実験では、アシスタンスジレンマの考え方にもとづき、将棋の未来局面を使った適切な支援バランスについて検証する。そのために、「1手先」「5手先」「9手先」の3種類の提示を行う提案システムと、未来局面の「支援無し」のものを実際に実験参加者に使用させて学習させ、それぞれの参加者の思考と学習効果の変化について評価する。

「1手先」支援は過剰な支援、「5手先」「9手先」「支援無し」の順に支援が少なくなると想定している。仮説としては、「1手先」は過剰で学習効果が減衰し、「5手先」か「9手先」辺りに適当な学習効果が見られ、「支援無し」はあまり学習効果が見られないのではないかと想定される。この仮説を検証するために、実験を計画した。

### 4.2 実験参加者

本実験では、あまり将棋に熟達していない電気通信大学

6名とデジタルハリウッド大学の学生26名、及び一般3名の合計35名に実験前のプレアンケートに参加していただいた。その内、本実験に進み、最後まで実験が完了した人は、合計16名であった。最後まで実験を行っていただいた人を、実験参加者とする。

### 4.3 実験手順

実験は以下の手順で行った。

- 0) 実験前のプレアンケート
- 1) 学習前のプレテスト
- 2) 3日間の学習フェーズ
- 3) アンケート
- 4) 学習後のポストテスト

なお、学習前のプレアンケートについては、実験参加者を募る段階で行ったものであり、このプレアンケートで実験参加を希望した者のみ、1)以下の手順に進んでいただいた。

### 4.4 プレアンケート

実験に興味を持っていただいた対象者に、事前にメールでプレアンケートの案内を送り、Web上の回答フォームで回答させた。ここでは、実験参加の意思を確認だけでなく、これまでの将棋の経験や、駒の動かし方やルール、将棋の戦型や囲いなどを問う質問を課して将棋に対するある程度の知識を測った。

実験上、駒の動かし方もわからない人はさすがに本実験にはふさわしくないと判断して、この時点で参加をご遠慮いただいたが、それ以外は、アマチュア級位者レベルと判断される人も参加を許可した。

### 4.5 学習前のプレテスト

続いて、プレアンケートで実験参加を希望した人に、メールで学習前のプレテストの案内を行った。ここでは、プレテストに回答する前に、「ハム将棋」という対局サイトでプレイさせて、被験者自身の実力を概ね計測させ、申告させた[8]。コンピュータ将棋に慣れてもらう意味と、概ねの実力を確認するためである。自己申告では、「2枚落ちでいたい勝てる」から「ハム裸玉に勝てないときがある」の間でばらついた。この結果から、最強の参加者でもアマチュア級位レベルと判断された。

その後、付録の20問のプレテストをWeb上で回答させ、正解率を求めた。この問題は、アマチュア有段者になるべくバリエーションがあり、アマチュア初級者向けの次の一手問題を6択問題で作成させた。なお、すべての問題は、十分に強いコンピュータ将棋ソフトのサポートを得ており、各問題の最善手とそれ以外の候補手の間に十分な評価値の差が生じるような問題となることを確認している。すなわち、最善手が、ほぼ唯一の答えになる問題となっている。

この次の一手問題を参加候補者に選択肢の他に上記6択の他に「わからない」という選択肢も設けて、7択で回答させた。回答者には初心者が含まれることを踏まえて、符

号だけでなく、盤上の矢印も付けて選択肢を提示した。また、回答者には、1問2分程度以内に回答するように指示を出したが、回答時間に制約は設けなかった。

#### 4.6 学習フェーズ

プレテストを回答した参加候補者には、「1手先」「5手先」「9手先」「支援無し」の将棋ソフトを配布して、それを使用して、自宅のパソコンで1日概ね2時間程度対局するように指示を行った。それよりも長すぎたり、短すぎたりしないように教示して、一人あたりの学習時間の差を少なくするように注意した。

どの将棋ソフトを配布するかは、プレアンケート及び、プレテストの成績にもとづいて、成績の良い人や悪い人ばかりが偏らないようにした。

配布した将棋ソフトには、実験手順及び、ソフトの使用方法を記載した説明書を添付して、必ず読むように教示した。なお、支援有りの説明書では、支援内容の説明に加え

て、未来局面が表示される「Future Board」はあくまでコンピュータが考えた手の一例であり、そのとおりの手を選ばなくても良いことを強調した。

1日2時間の対局の後には、その日の対局時間、対局数、及び勝敗を報告させるとともに、棋譜を添付してメールで提出するように指示をした。すべての実験参加者には、これを合計3日間行わせた。

#### 4.7 システムの表示

「1手先」「5手先」「9手先」の未来局面の支援を行うシステムは、「Future Board」と呼ばれるウィンドウを並列して表示することで支援する。具体的な表示例は、図3のとおりである。これは、5手先支援における対局開始時の表示例である。右側が対局局面で左側が思考支援の局面である。ユーザは、左の局面を参考にして、指し手を進めていく。

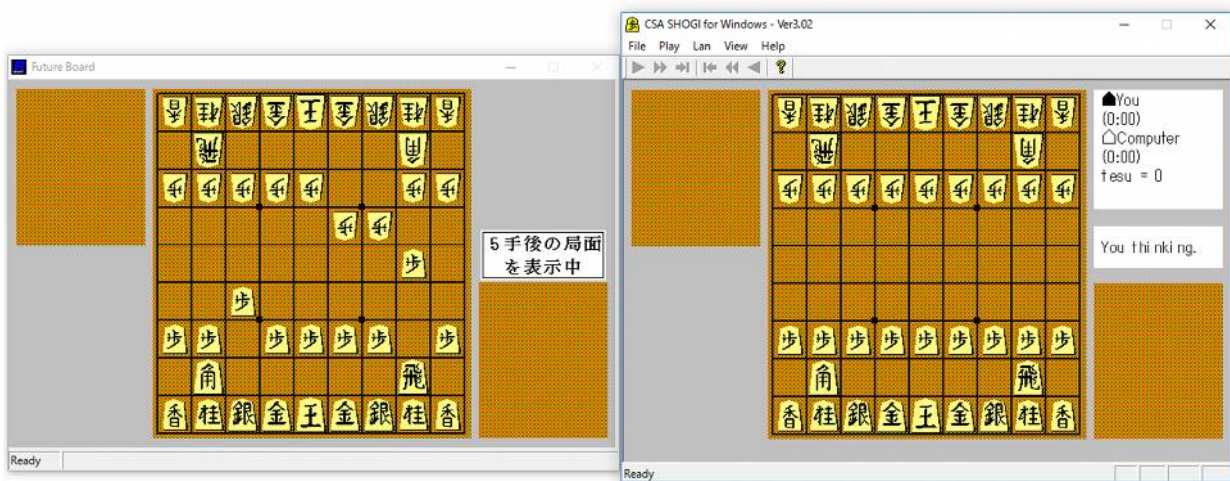


図3 対局開始時の5手先支援の表示例

Figure 3 An example of screen for thought support by 5 moves later position at the start of a game

#### 4.8 アンケートとポストテスト

3日目の学習を終えた実験参加者に対して、メールでアンケートと学習後のポストテストの案内を送付した。

アンケートは、支援有りの参加者には、「Future Board」に関する設問があるのに対して、支援無しの参加者には、学習支援して欲しい機能を問う設問を付けた。いずれもWeb上のフォームで学習後速やかに回答させた。アンケートフォームを書き終わると、ポストテストの回答フォームに移動するようになっており、Web上でポストテストを回答させた。プレテストと同じ20問に関して、問題提示順序をランダムに変えて提示して回答させた。被験者にはプレテストの時と同様に、1問2分程度で回答するように教示した。

#### 4.9 実験結果

実験結果としては、実験を最後のポストテストまですべ

て回答した16名分を扱う。なお、16名の結果のうち、プレテスト、ポストテストの回答時間が極めて短かった3名(20問を3分未満)の結果は信用できないと判断し、13名の結果について論じる。

##### 4.9.1 プレテストの結果

プレテストの時点で参加表明を行っていた被験者は20名いたが、最後まで実験が終了しなかった実験参加者及びポストテストで信頼に足る結果を得られなかった被験者を4条件になるべく均等な成績になるように割り振ったが、最終的に7名減ったため、プレテストだけのテストの平均点を見ると、表1のように、各条件で若干のばらつきが出てしまった。

なお、テストは1問5点(正解5点、それ以外は0点)で採点し、100点満点で計算した。

表1 各条件のプレテストの結果と人数

Table 1 The average of the pre-test and the number of participants for each condition

支援内容	平均点	人数
1手先	40	4
5手先	41.67	3
9手先	43.33	3
支援無し	37.5	3

#### 4.9.2 学習フェーズ中の対局結果

学習フェーズ中3日分の相対局数とその勝率の平均について、図4で示す。

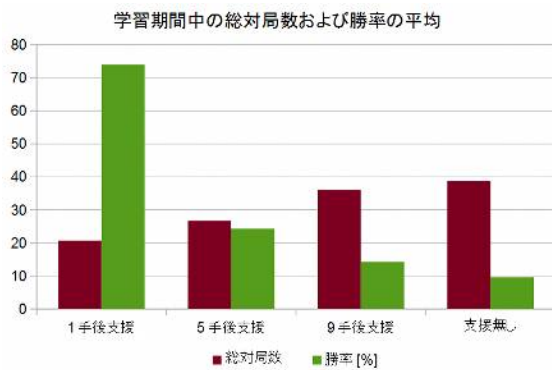


図4 学習フェーズ中の総対局数と勝率

Figure 4 Game number and winning rate in learning phase

これを見ると、1手先支援が最も勝率が高く、5手先>9手先>支援無しの順に成績が悪くなっていることがわかる。一方、総対局数は1手先<5手先<9手先<支援無しの順で増加した。

#### 4.9.3 プレテストとポストテストの成績の変化

プレテストとポストテストの平均点について、図5に示す。母集団の数が少なかったため、有意差は見られなかったが、9手先>支援無し>5手先>1手先の順に成績の向上が見られた。

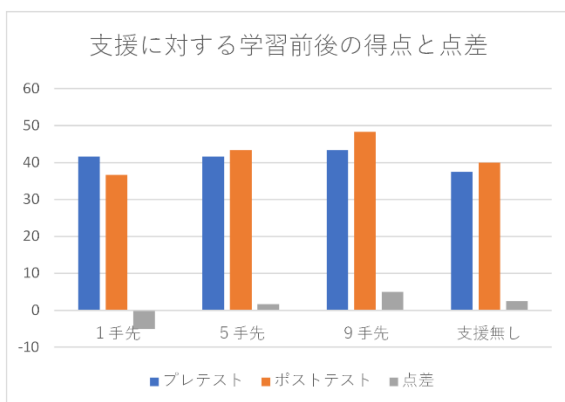


図5 支援に対する学習前後の得点の変化

Figure 5 Changes in scores before and after learning for each support

#### 4.9.4 支援有りへのアンケートの結果

1手先、5手先、9手先の支援有り向けに行ったアンケートにおいて、「Future Board」の使用感に関する設問の5段階評価の結果を、「成績が伸びた被験者」と「成績が落ちた、変わらなかった被験者」に分けて集計した結果が図6である。

「表示方法のわかりやすさ」、「次の一手の参考になったか」、「学習に役立ったか」のいずれの項目でも、成績が伸びた参加者の方が、評価が高くなった。

「Future Board」に関する評価について

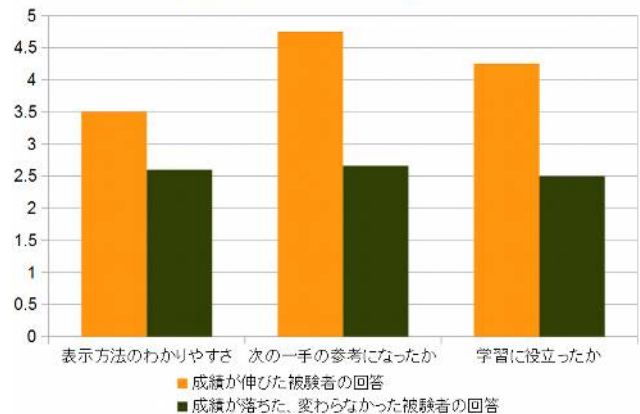


図6 「Future Board」に関するアンケート結果

Figure 6 Questionnaire results for “Future Board”

#### 4.10 考察

図4から、勝率が「1手先>5手先>9手先>支援無し」の順であったことから、当初の予定通りの支援の手厚さを表現できていたことが示唆される。特に1手先の勝率が非常に高かったため、非常に手厚い支援になっていたことがわかる。

図5から、母集団の数が十分でないため、有意差は言えないが、1手先において成績が下がる傾向が見られ、手厚すぎる支援により学習効果の減衰が起こっていた可能性が示唆された。一方で、9手先の未来を見せる支援によって、成績の伸びが最も大きくなったことから、適当なレベルの未来局面を提示することで、学習効果が得られる可能性があることも示唆された。

図6から、成績を伸ばした実験参加者が支援内容に対する評価が高かったことが示され、支援内容の適切な理解が成績の伸びに関連している可能性も示唆された。

#### 5. おわりに

本研究では、将棋を題材にして、「未来局面」という新しい学習支援方法を提案した。そして、アシスタンスシレンマで説明される過剰な支援による学習効果の減衰と「未来局面」を用いた適当なレベルの支援によって、学習に効果が得られる可能性を示した。

検証実験では、実験参加者数が十分でなかったため、明

確な検証が出来なかった。引き続き被験者を増やして、実験を行うことで、定量的な分析を行っていく。

**謝辞** 本研究の遂行にあたり、システムの開発や実験に協力してくれた小林寛季君に感謝します。また、実験参加者として実験に協力していただいたすべての方に感謝します。

**参考文献**

[1] 伊藤毅志, 古郡廷治 : 学習における自己観察の効果に関する研究 ~自立的学習を支援する CAI システムの提案~, 情報処理学会研究報告コンピュータと教育, 1996(93), pp49-56 (1996).

[2] Kazuhisa Miwa, Hitoshi Terai, Ryuichi Nakaike : "Tradeoff between Problem-solving and Learning Goals: Two Experiments for Demonstrating Assistance Dilemma", Proceedings of the 34th Annual Conference of the Cognitive Science Society, pp. 2008-2013 (2012)

[3] Koedinger, K., & Aleven, V.: "Exploring the Assistance Dilemma in Experiments with Cognitive Tutors", Educ. Psychol. Rev., 19, pp.239-264 (2007).

[4] 水野陽介, 三輪和久, 寺井仁: "オセロ課題を用いたアシスタンスジレンマの実験的検討", SIG-ALST (先進的学習科学と工学研究会) B4(03), pp.51-55 (2015)

[5] 伊藤毅志, 松原仁, ライエル・グリーンベルゲン: "将棋の認知科学的研究 (2) 一次の一手実験からの考察", 情報処理学会論文誌, Vol.45, No.5, pp.1481-1492 (2004).

[6] 高橋克吉, 伊藤毅志, 村松正和, 松原仁: "次の一手問題を用いた囲碁プレイヤーの局面認識についての分析", 情報処理学会論文誌, Vol.52, No.12, pp.3796-3805 (2011).

[7] "Bonanza -The Computer Shogi Program": [http://www.geocities.jp/bonanza\\_shogi/](http://www.geocities.jp/bonanza_shogi/)

[8] "ハム将棋": <http://www.hozo.biz/shogi/>

**付録 プレテストとポストテストで用いた問題集**





