

駒の効き情報の視覚化が 初心者の思考過程に与える影響について

浅田麻菜[†] 伊藤毅志[†]

本研究では、5五将棋における「駒の移動可能先」や「効き情報」を可視化したことによる初心者の問題解決思考に与える影響について、発話プロトコルと視線計測という認知科学的手法によりあきらかにした。ここから、「駒の移動可能先」というルールに直接関係する表示を用いた場合、初心者に思考を促す効果が認められたが、「効き情報」という間接的な情報は、初心者が利用するには困難な表示であることが確認できた。

Thinking processes of the beginners with the visualization of single movement instruction in the board-game

Mana Asada[†] and Takeshi Ito[†]

The influence of visual representation for novice Shogi players was investigated. An experiment was conducted by using “Design-piece representation” and “Colored-board representation” and collecting verbal-protocols and eye-movement. From this experiment, the rule-based representation was efficient for the beginners.

1. はじめに

問題解決の初心者にとって、問題の基本知識自体が、複雑な情報であったり、考慮しながら思考することが困難なものであったりする場合がある。また、基本知識を取得したとしても、次に思考するための方針が必要となるが、この方針自体も問題の基

[†] 電気通信大学大学院情報理工学研究所情報・通信工学専攻

Department of Communication Engineering and Informatics, Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

本知識の一つである。更に、複数ある方針の中から選択した方針が、現状の問題に適したものであるかどうかの判断にもまた、その問題の基本知識が必要となる。結局、このような問題で初心者は、問題の基本知識の理解や保持に追われ、問題そのものの思考に専念できない状態に陥る可能性が高い。

例えば、将棋のようなチェスライクゲームでは、使われる駒の動きを知らなければ、次の一手を考えることはできず、個々の駒に対応する動きを問題の基本知識として持っておく必要がある。初心者にとって、駒の動きを覚え保持することは、将棋という問題を考える上で非常に大きなウェイトを占めると考えられる。この心的負荷を軽減するために、将棋初心者向けに、「New スタディ将棋」[1] というすべての駒にその動きを記したゲームが開発されている。また、近年開発された子供向けの「どうぶつしょうぎ」[2] でもすべての駒の動ける方向にドットを配置することで、駒の動きを理解しやすくする試みがなされている。しかし、これらの表示が問題解決の初心者にとって、問題解決のための十分な情報を与えられているのかという点についての研究はまだ行われていない。

本研究の目的は「駒の動き」「駒の効き」を可視化することで問題理解や思考過程そのものにどのような影響があるのかを明らかにすることである。したがって、思考過程を調べる「発話プロトコル」と「視線計測」という認知科学的手法をもとに調べることにした。5五将棋を例に①駒の移動可能方向を可視化した表示、②効きの重なりを可視化した表示という二つの表示を用意し、ゲーム初心者を対象にして思考過程の変化を調べた。



図1 「New スタディ将棋」(左)、「どうぶつしょうぎ」(右)

2. 先行研究

2.1 ゲームにおける表示方法変更

ゲームの問題表示を変えることで初心者に与える心的影響を研究したものとして宮田ら[3]の研究がある。この研究では囲碁に似た「石取ゲーム」を例に挙げ、問題構造は同じだがデザイン異なる「火災鎮火ゲーム」を提案した(図2)。

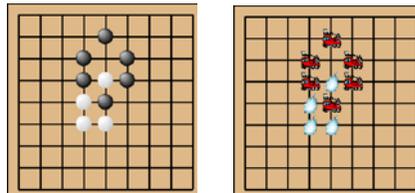


図 2 石取ゲーム (左) と火災鎮火ゲーム (右)

石取ゲームの「相手から取り上げた碁石の数を競う」というルールは人間にとって非日常的な概念であるため、ルールの直感的な理解が困難である。一方、火災鎮火ゲームでは「火を消すために消防車で囲む」という具体的なイメージを喚起させるルールや問題表示を採用することで、ユーザーが直感的にルールを理解しやすいようにした。

実験では被験者を「石取ゲームを先に行うグループ」「火災鎮火ゲームを先に行うグループ」に分けた。さらにこれら 2 グループについて、実験前にルール説明を「行ったグループ」と「行わなかったグループ」の計 4 グループに分け、各々、ゲームを順に行わせた。プレイ後「面白さ」「難易度」「分かりやすさ」について、心理学的測定法である SD 法を用いたアンケートで評価を行わせた。この結果、先に「火災鎮火ゲーム」をプレイしたグループではゲームの「簡単さ」の評価が高く、「石取ゲーム」を先に行ったグループでは「分かりやすさ」の評価が高くなる結果であった。また、ゲームの事前説明により「面白さ」の評価は上がるが、行わないことで「簡単さ」の評価が上がり、飽きずにゲームを続けることを可能とすることが示された。

宮田らの研究ではデザインの変更によりゲームの難易度を低下させることで、ユーザーがゲームの面白さ、ゲームを知るきっかけとなることを目的としている。そのため評価には実験後の SD 法によるアンケートを用いている。しかし、本研究では問題表示の変更が問題理解や思考過程そのものにどのような影響があるのかを調べることを目的としているため、アイカメラによる視線の変化や発話プロトコルの採取といった認知的な手法で問題解決思考を計測し、より客観的にユーザーの思考過程の変化を調べることにした。

2.2 情報の可視化による思考過程への影響

Beach[3]はバーテンダーが注文されたカクテルの名前を覚えるための方略の違いについての研究を行なった。これによると、初心者がカクテルの名前を何度も繰り返して注文を記憶しようとする方略を使用するのに対し、熟達者は注文されたカクテル

に対応するグラスを並べるといった外部資源を利用した方略で注文を維持していることを観察した。熟達したバーテンダーはこの方法により記憶負担を軽減できたため、注文以外の業務にも意識を向けることが可能になっていると指摘している。村山[4]はこのような、外部資源によって記憶負担を軽減することで起こる認知プロセスの変化は、「内部資源が記憶以外の作業に振り分けられる」効果があるだけでなく、外部資源が作業記憶の一部であるかのように振る舞いをするすることで、「内的資源だけを用いるのとは異なる方略を選択することも可能になる」と指摘している。

さらに村山は、外部資源の利用による効果を「記憶負担の軽減」と「計算負担の軽減」にあるとした。「記憶負担の軽減」とは、外部資源の利用により、作業記憶に保持する情報量が減少し、より多くの内部資源を思考へと集中させることが可能となることである。一方、「計算負担の軽減」とは、文章で与えられた問題を図示するなどすることで、問題思考に必要な情報を得るために「必要な計算量を減らす」効果があるとしている。

3. 5五将棋

本研究の実験では将棋よりも入門しやすく、将棋のルールを継承している「5五将棋」を題材にして実験を行った。

5五将棋とは普通の将棋(本将棋)の駒の中から「王将」「金将」「銀将」「飛車」「角行」「歩兵」の 6 種類を各 2 枚ずつ利用し、5 × 5 の盤で行う将棋のことで、ミニ将棋と呼ばれることもある。千日手のルールなどで将棋と若干異なるルールが存在するが、基本的に将棋と酷似したルールとなっている。

使用するコマの数は少ないが、初心者にとって 6 種類の「駒の動き」はゲームをプレイするために必ず覚えなければならない重要な要素である。この点において初心者にとって負荷の大きな課題であるといえる。

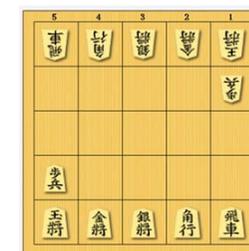


図 3 5五将棋の初期配置

4. 実験

4.1 目的

5五将棋の初心者が、以下の3つの異なる表示形式を使用した課題に解答する場合、使用する表示形式が思考過程にどのような影響を及ぼすのかを、思考中の発話プロトコルの採取とアイカメラによる視線データの計測から明らかにする。

【通常表示】 通常使用される駒と盤を使用

【デザイン駒表示】 移動方向が図示された駒と通常の盤を使用

【効き表示】 通常の駒と駒の効きの勝ち負け情報の視覚化を行った盤を使用

4.2 方法

4.2.1 被験者

実験は20代～40代の男女12名（大学生5名、社会人7名）に対して行った。

被験者にはそれぞれ、「【通常表示】と【デザイン駒表示】」「【通常表示】と【効き表示】」のどちらかの組み合わせを使用してもらった。また順序による学習効果を検証するため、使用表示形式の組み合わせごとに前後の順序を入れ替え、各3名、計4グループに分けて実験を行った。

4.2.2 情報の可視化表示

実験で使用した3通りの5五将棋の表示形式について、以下で説明を行う。

【通常表示】

「通常表示」は5五将棋で通常で使用されている駒と盤を組み合わせた表示である。

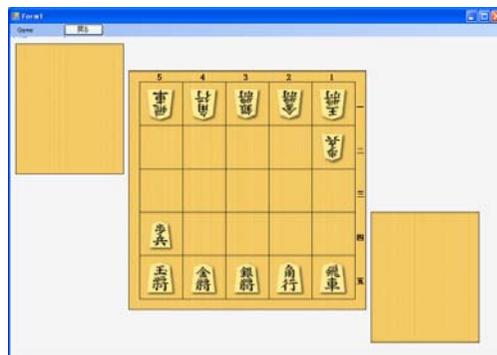


図4 【通常表示】の初期配置

【デザイン駒表示】

「デザイン駒表示」で使用する盤は通常の盤を、駒は移動可能な方向が図示された表示を持つデザイン駒を使用した表示である。

駒の表示と移動可能方向については以下の関係がある。

1. 駒の行き先表示は、駒の中心の●が現在の盤上での位置を表し、その周りにある図形（▲か矢印）がその駒の行き先を意味する
2. 三角形（▲）で表示された方向には、1マスのみ移動可能
3. 矢印で表示された方向には、矢印の方向に何マスでも移動可能
4. 駒が成った場合に付加される移動可能方向は白三角（△）で表示

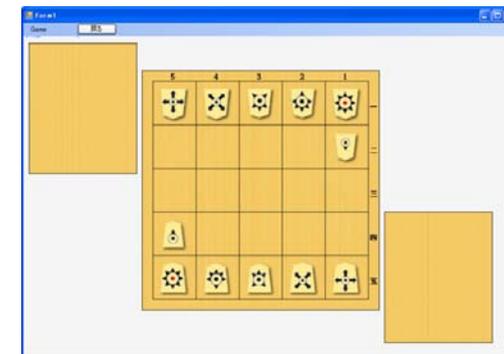


図5 【デザイン駒表示】の初期配置

【効き表示】

「効き表示」でを使用した駒は通常の5五将棋で使用される駒である。一方、盤には駒の効きの勝ち負けについての情報が色で表示されるようになっている。

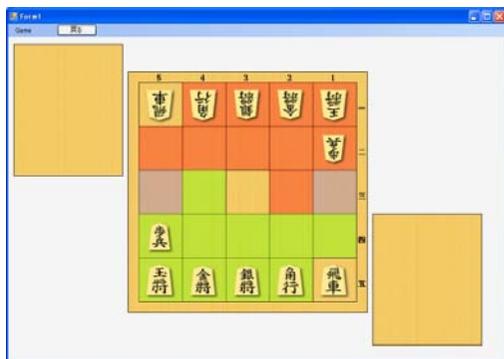


図 6 【効き表示】の初期配置

また、盤上に表示される色とその意味は以下、表 1 の通りである。

色	画像	表示の意味
赤		先手の駒の効きが後手の駒の効きより少ない場所
緑		先手の駒の効きが後手の駒の効きより多い場所。
紫		先手の駒の効きと後手の駒の効きの数が同数の場所。
無色		先手、後手ともに駒の効きがない場所。

表 1 【効き表示】の盤面の色付け規則

なお、効きの勝ち負けの判断は以下の基準で行った。

1. 盤上のある特定の位置に対して、先手の駒が 1 手で移動できる個数と後手の駒が 1 手で移動できる個数を比較
2. 隠れ効き（1 手でその位置へ移動することは出来ないが、効きが存在するとみなせる）も、効きがあるとみなす

4.2.3 課題

課題として「次の一手問題」を利用した。次の一手問題とは、5 五将棋の一局面の表示を行い、その局面でどの手を選択した場合に最も自分に有利な状態になるかを考え、次の一手のみを解答する問題である。

本実験では本番前の練習用問題 3 問、本番用問題 10 問、計 13 問について、3 つの表示形式をそれぞれ適用した問題を使用した。

4.2.4 手順

事前アンケートの実施（約 5 分）

事前アンケートは将棋の知識について問う問題により構成されている。具体的には過去の将棋経験について問う設問 2 問と、将棋自体の知識（駒の動かし方、禁じ手、囲い・戦型）を問う設問 3 問で構成されている。

実験の手順について書かれた紙の音読（約 10 分）

被験者に発話に慣れてもらうため、また実験の流れを把握していることを確認するために、実験の説明についての文書を被験者に音読させた。

【表示形式 I】

学習フェーズ：5 五将棋 AI との対戦（30 分程度）

5 五将棋のルールを説明した用紙、駒の移動可能な位置についての説明、また【効き表示】を使用する場合は盤上の色についての説明文書を提示し、音読をさせた。その上で、説明文書の項目の内容すべてについて【表示形式 I】の GUI を持つ 5 五将棋プログラムの画面を被験者に提示しながら再度説明を行った。

次に、【表示形式 I】の GUI を持つ 5 五将棋プログラムを使用し、実際に駒を被験者自身が動かしながら、5 五将棋のルールと表示について学習を行わせた。対局中の実験者に対する質問、ルール説明・駒の移動可能範囲についての説明の文書の参照については被験者に自由に行わせた。

なお、使用した 5 五将棋プログラムの GUI 部分は各表示形式に対応したもののだが、思考部分は同一のプログラムを使用した。この思考部分のプログラムは深さ 3 の Min-Max 探索で探索を行い、末端の評価関数では駒の損得のみを形勢判断の材料としている。

アイカメラのキャリブレーション（約 5 分）

練習問題解決フェーズで行う発話プロトコルと注意点についての文書を音読させた後、アイカメラのキャリブレーションを行った。

練習問題解決フェーズ：次の一手問題3問解答練習（1問3分以内、3問解答）

発話をしながら思考をすること、また次の一手問題の具体例を確認させ、問題解決フェーズで問題に集中しやすくするために、次の一手問題の練習問題3問を本番同様1問3分以内の時間制限を設け、発話をしながら解答をさせた。

なお次の一手問題の提示には市販のプレゼンテーションソフトを利用した。解答時間の管理をするために、3分間経過する前に結論が出た場合は自動的にマウスのクリックを行うことで次の問題に進み、結論が出ずに3分間経過した場合には自動的に画面が切り替わる設定を行った。

問題解決フェーズ：次の一手問題10問解答本番（1問3分以内、10問回答）

問題解決フェーズでは練習問題解決フェーズ同様の手順で、本番の問題10問を1問3分以内の時間制限を設け、発話をしながら回答させた。

【表示形式Ⅱ】

【表示形式Ⅰ】の問題解決フェーズ終了後10分程度の休憩を取らせた後、表示形式Ⅱについても同様に学習フェーズ・練習問題解決フェーズ・問題解決フェーズを【表示形式Ⅰ】と同様の手順で行った。

なお本実験では、デザイン駒に駒の名称が表示されていない点と、盤面の位置の呼称を被験者が学習する負担を軽減する目的から教示しなかったため、発話対象の駒、盤上の位置についてマウスポインタで指し示しながら発話することを推奨した。指し示されたマウスポインタの情報はアイカメラの視線データ計測ソフトで視線データと同時に保存をした。

また、【表示形式Ⅰ】と【表示形式Ⅱ】では表示形式は異なるが、同じ問題を使用している。このことに被験者が気づき、【表示形式Ⅰ】での解答内容や、思考した過程を引き継いでしまうことを避けるため、【表示形式Ⅰ】での出題順序と【表示形式Ⅱ】での出題順序をランダムに変化させた。これにより、被験者が【表示形式Ⅱ】の問題が【表示形式Ⅰ】で使用された問題であることを認識しにくいように配慮した。この結果、使用した2種類の表示形式間で同じ問題が出題されていることについて気づいた被験者はいなかった。

5. 結果

被験者12名中、実験前に実施した事前アンケートにより初心者とはみなせなかった被験者3名と、発話がほとんど無く、発話プロトコルの採取が出来なかった被験者

1名を除いた計8名について、以下で分析の対象とする。

5.1 発話内容・発話項目の分類

問題解答中の発話プロトコルをテキスト化し、指示語で表現された内容についてはマウスポインタのデータから確認して補完を行った。この発話プロトコルのデータについて、発話内容ごとに文節の分割・内容の分類を行った。分類を行った項目は「局面理解、駒の移動可能範囲確認、候補手、先読み、答え、移動可能な駒の探索、言い直し、その他」の8項目である。

上記8項目の中からすべての問題・被験者で共通して頻出の項目であった「局面理解、駒の移動可能範囲確認、候補手、先読み、答え」の5項目について、被験者ごとの出現回数を調べた。表2は発話項目数の合計に対する各項目の出現割合を、表示形式ごとにまとめた結果である。

表2 表示ごとの発話項目の出現割合 (%)

分類項目	【通常表示】	【デザイン駒表示】	【効き表示】
局面理解	16.0	9.5	11.9
駒の移動範囲確認	18.6	7.0	18.0
候補手	23.0	21.6	24.4
先読み	22.7	43.2	26.2
答え	11.1	8.7	8.8

次に、分類した項目についてそれぞれの「発話時間」を計測し、表示ごとの各発話項目に対して、1人あたりの発話時間の平均は表3のような結果となった。

表3 発話項目に対する1人あたりの発話時間の平均 (秒)

分類項目	【通常表示】	【デザイン駒表示】	【効き表示】
局面理解	158	98	149
駒の移動範囲確認	169	66	165
候補手	237	236	274
先読み	125	275	171
答え	139	69	125

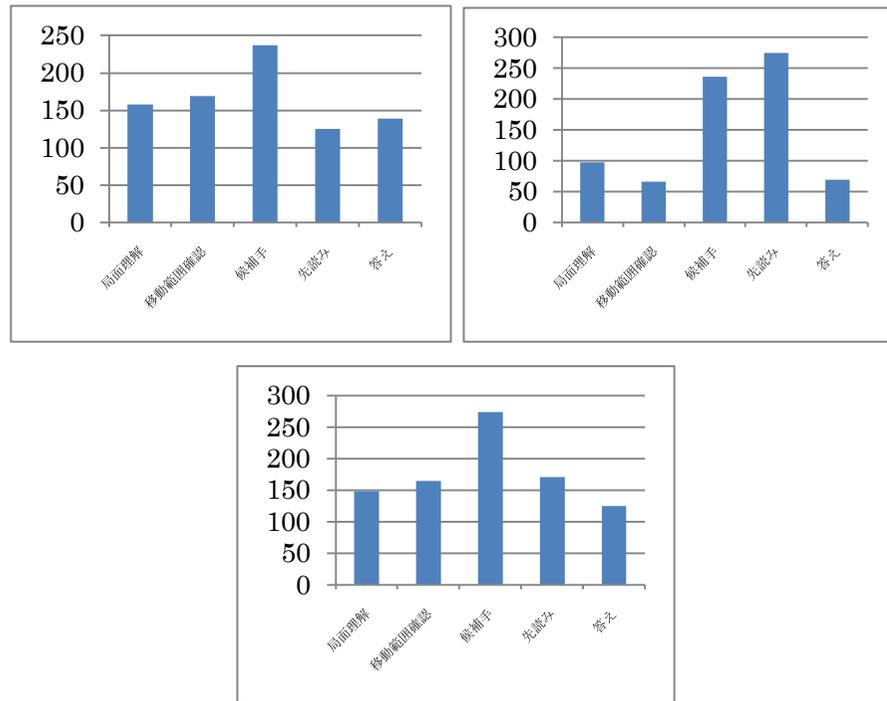


図7 【通常表示】(左上)、【デザイン駒表示】(右上)、【効き表示】(下)での各発話項目と1人あたりの発話時間の平均(秒)

また上記の結果に対して、対応のあるt検定を行ったところ【通常表示】と【デザイン駒表示】の「局面理解」($t(9)=3.122, p<.01$)、「駒の移動可能方向の確認」($t(9)=3.342, p<.01$)、また「先読み」($t(9)=3.815, p<.01$)の各項目について有意水準1%で有意差を確認することができた。

5.2 【効き表示】を使用した場合に現れた発話

「移動可能な駒の探索」項目が発話プロトコル中に確認できたのは【効き表示】を実験の【表示形式II】で使用した被験者3名のみで、他の表示形式を使用した場合には発生が確認できなかった。

図8は実際に「移動可能な駒の探索」思考が発生した問題の、被験者の視線データの一つである。図中の丸は視線が500[msec.]以上停留した場所で停留時間に比例して円の大きさが大きくなっている。また、丸の中の数字は注視した順番を表わしている。

この問題の解答時、被験者は実際に以下のように発話を行った。

「ここ<2>は何で同じ数? ああ、飛車がいけるからか。」

(被験者B、効き表示使用時、問題7)

一方、図8では、注視点が紫色のエリアの中心部にあり、そこから2四の位置にある「飛車」の駒の上に視線が移動し、飛車の駒の上に再度注視点ができていることが確認できた。以上より、発話項目と視線の両方から、「移動可能な駒の探索」思考が発生していることが確認できた。

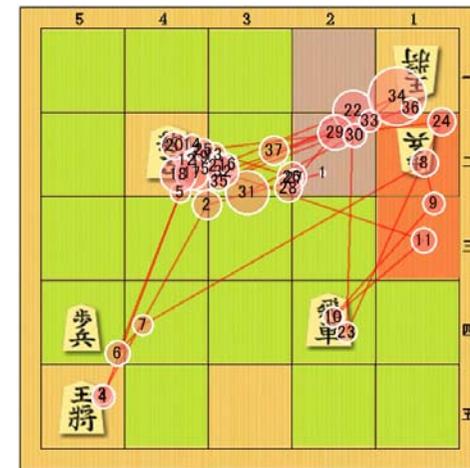


図8 【効き表示】使用時の注視点の推移

6. 考察

村山[4]は、問題について思考する際の外部資源の利用について「記憶負担の軽減」と「計算負担の軽減」の2つに分類を行っている。実験で使用した【デザイン駒表

示】と【効き表示】についても、問題構造の一部を可視化することで外部資源としての働いていると考えることができる。

実験の結果、第一に【デザイン駒表示】を使用した場合、【通常表示】を使用した場合よりも「局面理解」「駒の移動可能範囲確認」といった問題のルールの確認をする段階での発話項目が、発生項目数、発話時間ともに有意に減少したことが確認できた。一方、「先読み」という問題そのものに対する思考項目については、発生項目数、発話時間共に【デザイン駒表示】利用時に有意に増加していることが確認できた。このことから、【デザイン駒表示】は「計算負担の軽減」効果を持った外部資源と言える。すなわち、問題の思考に必要な基本知識を表示することで、作業記憶の負担を軽減し、軽減された分の資源を問題空間内での探索といった思考そのものに割り振ることができるようになったと考えられる。

第二に、【効き表示】を利用した場合にのみ、【通常表示】や【デザイン駒表示】を使用したときには見られなかった「移動可能な駒の探索」項目が発生したことを発話、視線データの両方から確認することができた。【効き表示】は先手と後手の効きの数の差を計算した結果を可視化して問題の一部として提示していることから、「計算負担の軽減」の効果がある表示だと考えることができる。しかしながら「移動可能な駒の探索」項目の発話をした場合でも、被験者は表示されている問題表現を理解しようとしているにすぎず、そこで得られた情報を用いて、問題解決方略や回答の傾向に変化を及ぼすような発話や視線データを得ることはできなかった。このことから、初心者は問題について考えるときに、ルールや状況確認といった作業に記憶資源を集中してしまい、【効き表示】のような「計算負担の軽減」をする情報の意味の把握や情報の利用までには至っていない可能性が高い。そのため【効き表示】のような「計算負担の軽減」を行う可視化表現は初心者にとって効果の低い表現だと考えられる。

7. おわりに

初心者は問題について考える場合、ルールの確認や問題内容の把握に迫られることで、問題そのものに対する思考に集中することを妨げられる。本研究では、駒の動きというルールに関する情報を問題表示に含めることで、初心者が問題そのものに集中することを促す効果があることが示唆された。一方、効きの可視化のような思考過程を助けるための情報は、初心者とその表示の意味を理解させることができたとしても、初心者にとってはどのように利用して良い情報が理解できず、却って思考の妨げになる可能性も示唆された。

本研究の実験では、短時間で教示して利用させた場合の思考過程を調べたが、表示

の意味にしっかり慣れた場合に思考過程にどのような影響をあたえるのか、また初心者だけでなく中級者、上級者がこれらの表示を利用した場合、どのように思考に影響を与えるのかについて、より詳細に調べる必要があると考える。このような実験を通して、今後は学習の進度によってどのような表現が理解を促す表示になりうるのかについても検討していきたい。

参考文献

- 1) くもん出版「NEW スタディ将棋」
<http://www.kumonshuppan.com/jsp/jsp/category/kobetu.jsp>
- 2) どうぶつしょうぎofficial website, <http://joshishogi.com/doubutsushogi/>
- 3) 宮田渉, 市村洋: 思考ゲームのユーザー・インターフェース影響度及び評価法について. 第3回エンターテインメントと認知科学シンポジウム, 48-51 (2009)
- 4) 村山功: 外的資源による課題と認知主体の変化, 認知科学, vol. 2, (4), pp. 28-38 (1995)
- 5) Beach, K.D.; 'The role of external mnemonic symbols in acquiring an occupation.' in M.M. Gruneberg, P.E. Morris, & R.N. Sykes (Eds.) Practical aspects of memory; Current research and issues, Vol.1 Memory in everyday life, Chichester, NY (1998)