

5 五将棋の学習における認知過程の変化

高野大輔[†] 万小紅^{††} 田中啓治^{††} 伊藤毅志[†]

本稿では、5五将棋を題材に3ヶ月間の学習によって認知的な変化が見られるかについて調査した。その結果、初級者と上級者を比較した場合と同様の結果が得られた。

Changes of cognitive process through studying in 55shogi

Daisuke Takano[†] Xiaohong Wan^{††} Keiji Tanaka^{††}
Takeshi Ito[†]

In this report, we researched changes of cognitive process in 55shogi. As a result, we got similar result at the past research.

1. はじめに

ゲームを題材にした熟達化に伴う認知過程の変化を観察する研究は、認知科学の研究分野で数多く行われてきた。伊藤らは将棋を題材に認知的な変化を観察してきた[1][2]。また、伊藤は将棋における人間の指し手の決定過程は「局面の認識」「候補手の生成」「先読み」「評価」「決定」の過程からなることを示した[3]。

過去の関連研究では、熟達者とそうでない人をそれぞれ別々に測定して差異を観察するものであった。本研究では、同一の被験者を用いて、熟達する前と学習を十分に行って熟達した後で差異が見られるかどうかについて調べた。同じ問題を提示しても、熟達前と後で変化が見られるかについて考察した。

過去の研究では、本将棋が題材として選ばれていたが、本研究では本将棋のミニ版

である5五将棋を題材に取り扱う。5五将棋を選んだ理由については、本将棋だと熟達化に時間がかかってしまい、変化を追うのが大変であるという点と、盤のサイズが本将棋に比べて狭いため展開が速く、平均終了手数が少ないために繰り返し行うことに適しているという点から「5五将棋」は、本研究の題材として適していると考えた。

なお、本研究は理化学研究所脳科学総合研究センターと共同で研究を行っており、理化学研究所では学習に伴う脳活動の変化についての研究を行っている。

2. 実験

2.1 目的

将棋の知識があまり無い被験者が、学習を行うことにより思考過程における認知的な変化がどのように現れるかについて調べる。

2.2 方法

2.2.1 被験者

事前にアンケート調査を行い、将棋をあまりやりこんだ経験が無い（ルールを知っている程度の）男子大学生19名を対象にして実験を行った。

2.2.2 実験の流れ

本実験は平成22年10月中旬から平成23年1月中旬までの3ヶ月間に渡って実施された。今回の実験では学習初期（学習開始から1週間後）・学習中期（学習開始から1ヵ月半後）・学習後期（学習終了後）にそれぞれ思考過程のデータを取る認知実験を行った。本稿では、学習前後での変化を観察する為、学習初期と学習後期のデータを比較、検討することにする。

2.2.3 期間中の学習

実験期間中は被験者に5五将棋ソフトK55を与え、コンピュータとの対戦で学習をさせた。K55は対戦レベルを1から14まで設定でき、自分の実力と同じ程度のレベルで対戦することができること、2010年に行われた第4回UEC杯5五将棋大会[4]において準優勝という実績があるということ、十分に強いプログラムであること、ユーザーインターフェイスが優れていて操作がしやすいこと、形勢判断が数値で表示されること、ヒントモードを備えており学習に有効活用できることから本実験での使用に適切だと考えた。

また、55floodgate[4]というシステムを用いてWeb上で自宅からでも人間との対戦ができる環境を整えた。

学習時間は、最低でも1日1時間を目標に学習するように教示した。被験者には週に1回、報告書の提出を義務付け、学習時間がどの程度であったか、この1週間で気づいたことはあるのか、K55ではどのレベルと互角に戦えるようになったかを自己

[†] 電気通信大学大学院情報理工学研究科情報・通信工学専攻
Department of Communication Engineering and Informatics, Graduate School of Informatics and Engineering, The University of Electro-Communications

^{††} 理化学研究所脳科学総合研究センター認知機能表現チーム
Cognitive Brain Mapping Laboratory, RIKEN Brain Science Institute

申告で報告させた。

実験の最後に大会を実施し、被験者同士を競わせることでモチベーションの向上を図った。大会は持ち時間10分切れたら30秒で行った。

2.2.4 認知実験の方法

認知実験では、次の一手問題を提示し、被験者が思考している過程を自由に発話させた。発話と同時に株式会社ディテクト社製の QG-PLUS というアイカメラで視線を計測した。モニタは96dpiで1280×1024の解像度の液晶モニタを用いた。発話の際には現在考えていることをそのまま発話するように教示した。また、なるべく沈黙する時間がないように注意を促した。思考時間に制限時間は設けず、回答が決まるまで時間を気にせず解いて良いということも教示した。

提示した問題は、過去のUEC杯5五将棋大会で実際に指された棋譜から単純でなく色々な指し手を考えることが出来る局面を使用した。問題は付録の問題をランダムに入れ替えた順番で提示した。学習前期と学習後期では同じ問題を提示したが、提示した順番は異なっている。

また、各問題の間にはインターバルの時間を設けており、自由に休憩を取ってよいことにした。

2.3 結果

2.3.1 被験者の相対的な棋力

実験の最後に実施した大会において、各被験者は表のような順位であった。

表1 被験者の大会順位

大会順位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
被験者	P	R	B	A	N	M	H	K	L	I
大会順位	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
被験者	F	G	O	J	D	Q	S	C	E	

本稿では、認知実験の際に視線がよく取れていた被験者のうち、大会で上位だったA、Bと大会で下位だったC、Dを取り上げることにする。

2.3.2 回答と数値データ

各被験者の学習初期の回答と学習後期の回答は表2の通りである。被験者の正解率については、飛躍的な向上は見られなかった。

各被験者の学習初期と学習後期の思考時間は表3の通りである。被験者D以外は思考時間が短くなっている。

表2 各被験者の回答(青字:正解 緑字:次善手 黒字:よく読むと悪手 赤字:悪手)

被験者	A		B		C		D	
	初期	後期	初期	後期	初期	後期	初期	後期
問1	3 四角	4 五玉	3 四角	4 三角	3 三銀	3 三銀	3 四角	3 四角
問2	3 五銀	3 四角	3 四角	3 三金	3 四角	3 三銀	1 四角	3 五銀
問3	4 五角	4 五角	2 五飛	4 五角	2 五飛	5 三步	2 四銀	4 五角
問4	2 三銀	2 三銀	2 三銀	2 三銀	3 三銀	3 三銀	2 三銀	2 三銀
問5	2 一飛	3 三銀	2 三金	2 一飛	3 三金	3 三銀	3 三銀	3 三金
問6	4 二金	3 三金	3 三角	2 二角	2 五角	2 三銀	2 一飛	2 一飛
問7	5 三銀	3 五銀	3 五銀	2 二銀	2 二銀	5 三銀	3 三金	2 二銀
問8	4 四角	4 四角	2 三金	4 四角	4 四角	4 四角	3 四金	4 四角
問9	4 四銀	4 四銀	3 三金	2 三金	4 四銀	4 四銀	3 三金	4 四銀
問10	5 一飛	5 一飛	3 四角	1 四金	1 四金	1 四金	3 四角	4 一飛
問11	4 二銀	4 四銀	3 三金	3 三金	3 三金	3 三金	4 二銀	3 三金

表3 各被験者の思考時間(単位は秒)

被験者	A		B		C		D	
	初期	後期	初期	後期	初期	後期	初期	後期
問1	101	66	107	69	30	70	72	330
問2	139	40	88	105	50	36	232	162
問3	113	43	161	84	67	45	113	170
問4	121	71	114	72	73	44	123	174
問5	159	92	72	89	74	89	260	482
問6	264	67	99	87	78	98	132	728
問7	169	93	92	80	115	50	183	309
問8	156	52	123	100	144	96	427	193
問9	85	110	51	67	56	38	235	453
問10	175	96	129	114	86	43	328	166
問11	283	80	54	44	57	33	71	1009
平均	160.5	73.6	99.1	82.8	75.5	58.4	197.8	379.6

表 4 各被験者の局面を理解するまでの時間 (単位は秒)

被験者	A		B		C		D	
	初期	後期	初期	後期	初期	後期	初期	後期
問1	46	40	23	18	20	19	33	315
問2	48	25	17	15	42	28	29	134
問3	39	15	9	15	56	41	77	108
問4	23	51	20	12	21	30	13	116
問5	48	26	28	9	49	22	94	291
問6	79	38	55	10	62	38	73	220
問7	37	28	15	6	40	33	71	29
問8	30	25	16	10	32	25	59	100
問9	26	55	34	10	23	30	34	47
問10	53	19	19	25	82	33	14	111
問11	118	56	24	11	49	36	51	159
平均	49.7	34.4	23.6	12.8	43.3	30.5	49.8	148.2

表 5 各被験者が挙げた候補手の数

被験者	A		B		C		D	
	初期	後期	初期	後期	初期	後期	初期	後期
問1	1	1	1	1	1	1	1	1
問2	2	1	3	3	1	1	3	1
問3	3	1	8	3	1	1	2	2
問4	2	1	3	2	2	1	1	1
問5	3	2	1	4	1	1	1	1
問6	1	1	1	3	1	1	1	2
問7	1	2	4	2	1	1	2	1
問8	1	1	4	3	1	2	3	1
問9	1	2	1	2	2	1	2	2
問10	4	2	5	4	1	1	2	1
問11	2	1	2	2	1	1	1	2
平均	1.9	1.4	3.0	2.6	1.2	1.1	1.7	1.4

表 6 各被験者の読みの深さ

被験者	A		B		C		D	
	初期	後期	初期	後期	初期	後期	初期	後期
問1	1	1	1	3	1	3	1	1
問2	1	1	3	3	1	1	2	3
問3	2	1	4	3	1	1	2	2
問4	4	3	4	3	3	1	2	3
問5	2	1	3	4	3	3	3	3
問6	2	3	3	4	1	1	1	2
問7	2	1	2	7	2	1	1	3
問8	2	2	2	4	4	2	2	2
問9	1	1	2	5	3	1	1	2
問10	2	3	3	3	1	2	3	3
問11	3	1	2	3	2	1	3	2
平均	2.0	1.6	2.6	3.8	2.0	1.5	1.9	2.4

各被験者が局面を提示されてから、その局面を理解するまでに要した時間は表4の通りである。被験者D以外は学習初期に比べて学習後期の方が短くなっている。

各被験者が発話の中で挙げた候補手の数は表5の通りである。すべての被験者で挙げた候補手が少なくなっているが、被験者Cは学習初期でも学習後期でも殆ど1手しか候補手を挙げていない。

各被験者の読みの深さは表6の通りである。被験者A、Cは深さが浅くなったが、被験者B、Dは逆に読みが深くなった。

2.3.3 発話データ

各被験者の発話例を示して、思考パターンを示す。被験者の発話はイタリック文字で表示しており、<>内は発話に対する実験者の説明を、・・・は省略を示す。

・被験者A 問2

この発話は局面理解の時間が学習初期と後期で大きく違っている例である。

学習前期

そうですね、今現在この状況ですと、なにやらちょっとえーまあ、王のほう手持ち無沙汰、手持ち無沙汰というか、・・・

<局面理解の時間が50秒程度続く>

相手がうーん、4四飛とか、飛び込んでくると、多少まあ、厄介といえば厄介な感じがするので、そうですね、なんとかまあ、玉を上には上げないですかたちにしたんですけど、うーん。これですとまあ、ちょっと3四えー、3五銀って引いて、・・・
<以下候補手をいくつか挙げる>
うーん、あとに続くのはあまり思い浮かばないっていう理由で、あんまりえー選びたくないかなって感じです。
ここは無難に3五銀でえー守りを固めたいと思います。

学習後期

こっからだったら、えーっと、
3四角、ぐらい打って、まあ、相手の出方を見ようかなと思います。
3四角です。
<学習前期に比べて全体的に発話が少ない。候補手がすぐに出てくる。>

・被験者 B 問 7

この発話は、学習後期の段階では先読みが深くなり、正解にたどり着いている例である。

学習前期

詰みのルートは、2二銀、同銀、同銀。銀。詰みのルートは、無し。
<正解の候補手を挙げるが回答できず>
守りとして、えーと、金ある。3四金。えー3三金。3三銀。3三銀4四金でえーと、負け。金が動かせない。
となると、飛車を止めないと。4三銀を打てず。となると、
3五銀、3五銀。

学習後期

敵はえーっと一手で詰む。
えーっと、詰ませに行かないと話しにならない。もしくは守り。守りだったら3五銀か。3五銀打ちで、えー飛がつかまる。まあおいしくは無い。
えーっと2二銀、2二銀、同銀、同飛、玉で、銀打ち、3三銀、で、えーと角がもらえる。
金は動かせない。角はえー角は動いたところで意味が無い。そうなるとやっぱ、えーと2二銀を打った場合は同銀。2二銀、同銀。2二飛、同銀。ちがう、2二銀、同銀、同飛、同玉、えー3三銀、玉、玉逃げ、えーっと、3二角を取り、取れば、えーと駒損は無し。
<学習前期より先読みが深くなる>

抜ける手はそれくらいかな。

2二銀。

<正解の2二銀を回答>

・被験者 C 問 9

この発話は、学習の初期と後期で最初に着目する場所が変わっている例である。

学習前期

うーん。金を取りたいなと思ったけど、

<金に注目する>

金を取ると銀が出てきて、飛車が自由、前方向に自由に動けるようになって、それは、あまりよくないと思うので、うーん。

4四銀かな。4四銀で、相手が銀を取りにきても、金で取れる。金を取りにきても角で取れるから、

4四銀で。

学習後期

えー。角、うーんと、4四飛車があるので、えーっと、4四じゃない、4一飛車があるので、飛車を自由に動かしたくないので、

<飛車を先に注目する>

4四、4二銀を動かさないように、する為には、えー、
4四銀。

・被験者 D 問 9

この発話は、学習初期では出来なかった先読みや評価が学習後期では出来るようになってきている例である。

学習前期

うーん。うーん。えーっと、まあ、動かすのは金動かすんですけど、・・・

2三に金を打ちます。

<2三金で決めそうになる>

王の、王を取りあえず、下手すると金を変なところに打たれるとかなり、王がヤバイので、・・・

<検討の結果2三金をやめる>

えー。取りに行ってみます。3三金で。ちょっと、どうなるか先があんまり見えな

<先が読めていない為、悪手の3三金を選択>

学習後期

えーっと。ま、真正面からぶつかっていくと、まあ、金の取り合いと、まあ、わりとこっちが不利。飛車が、たぶん向こう側行っちゃって、で、33の位置に向こうの銀が構える形になっちゃうと、だいたい形的に厳しいですね。

< 3三金が悪手だということに早々に気づく >

で、取らないとかどうだって。そりゃあんなことするとダメだから、・・・

< 候補手について考える >

えっと、駒がぶつかるのと体勢がゆるいと考えられるので、・・・

銀が一番いいきがするんでそうします。4四銀で。

< 正解の4四銀にたどり着く >

2.3.4 視線データ

各被験者が局面を理解している時の視線を動かした量については表7のとおりである。被験者A, B, Cは視線を動かす量が減っているが、被験者Dは増えている。

表7 局面理解時の視線移動量 (単位はピクセル)

被験者	A		B		C		D	
	初期	後期	初期	後期	初期	後期	初期	後期
問1	18987.2	20533.4	1217.0	7795.3	12925.9	9108.4	20508.8	204142.3
問2	24152.0	15148.5	2264.9	3809.4	14916.2	9563.6	19020.3	78726.5
問3	23863.1	7924.6	765.5	12430.2	20520.7	11617.4	37815.5	64108.3
問4	12859.5	25363.3	5411.6	5256.2	12590.5	5524.0	7088.0	71767.1
問5	25688.2	13878.2	1791.2	3488.4	12921.7	14106.5	63361.5	169350.3
問6	38631.5	23665.3	33383.0	7921.2	30255.2	24257.7	54453.9	150648.3
問7	20800.2	15730.1	1217.0	3250.3	17514.7	19282.4	45452.8	25609.2
問8	27036.4	16230.7	2761.8	7023.3	14438.2	18593.1	53134.5	82164.5
問9	8297.6	22845.2	26394.0	6295.7	12304.9	15014.0	18820.1	23955.9
問10	36449.0	10807.2	17359.8	22574.1	50509.6	11601.4	10391.6	97705.0
問11	44405.3	32519.4	19012.7	11757.3	28470.0	17770.8	38094.0	106584.7
平均	25560.9	18604.2	10143.5	8327.4	20669.8	14221.8	33467.4	97705.6

被験者の視線データを図1と図2に示す。ここでのデータは視線の停留点の軌跡を用いている。停留点とは一定時間以上視線が停止した点であり、停留点の軌跡とは、視線の動きが止まった点を丸で表し、その軌跡を結んだものである。今回の実験では

0.2秒以上視線が停止した点を停留点とした。このデータは回答の前半で、特に局面について言及している時の視線である。

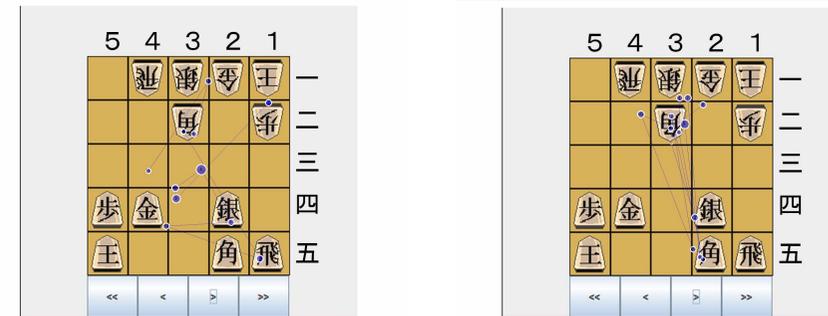


図1 被験者Aが問2の局面を理解している時の視線 (左:学習初期 右:学習後期)

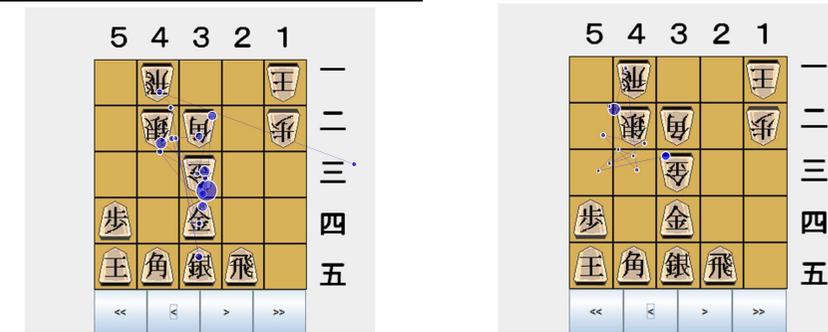


図2 被験者Cが問9の局面を理解している時の視線 (左:学習初期 右:学習後期)

3. 考察

3.1 回答と数値データからの考察

被験者の正解率は飛躍的には向上しなかった。これは、用意した問題が簡単ではなく、難易度が高かった為に上昇しなかったと考えられる。

問題を解くときの全体の思考時間は短くなる傾向にあるが、被験者 D だけは思考時間が長くなった。これは、被験者の棋力が十分に上がっていなかったのが原因ではないかと考えられる。毎週提出する報告書でも、被験者 D は学習に十分時間が取れなかったという旨の記述をしている週が多かったことや、大会の順位でも下位だったことから、学習が進んでいなかったことが伺える。

局面を理解する時間も被験者 D 以外は短くなった。被験者 D が長くなった理由は全体の思考時間と同じように、学習が十分にできていなかったからではないかと考えられる。

被験者が挙げた候補手の数は減少する傾向にある。これは過去の研究とも一致しており、熟達化するにつれて読みが狭くなっていくことを示唆している。

先読みについては、被験者 B, D は深く読むようになったが、A, C は逆に浅くなっている。深く読むようになった被験者は学習の成果で深く読めるようになったと考えられる。発話プロトコルでも被験者 B は問 7 において、学習初期では読みきれなかった手を学習後期では読みきれようになっている。被験者 A, C の先読みが浅くなっているのは、読みの省略が起こっている可能性が考えられる。

3.2 発話データからの考察

全体として、学習後期の方が局面理解の時間が短くなっており、それに伴い、第一候補手がすぐに出てきている。また、局面理解時の発話は学習初期より学習後期のほうが簡素化されている。学習初期ではそれぞれ個々の駒についての言及があるが、学習後期では全体に関する発話が増えている。このことから、学習が進むにつれて局面全体を見る力がついてきているのではないかと考えられる。

3.3 視線データからの考察

局面理解時の視線移動量は被験者 D 以外減少している。これは熟達化に伴い、それぞれの駒を見なくても局面が理解できるようになったためだと考えられる。被験者 D の移動量が増えているのは、数値データや発話から見られるように学習が十分でなかった為だと考えられる。

図 1 では、学習前期も学習後期も自陣と敵陣の駒を確認する視線の動きになっている。これは、問 2 が序盤の局面であり、開始 5 手目の局面であることから、序盤の形であることを確認する為このような動きになったと思われる。

図 2 では、学習前期は 3 三の金に着目しているのに対して、学習後期は相手の 4 一飛の周辺をよく見ているということが分かる。発話データでも同様の結果が得られている。

3.4 考察のまとめ

認知データや視線データから、被験者 A, B, C は学習で十分に棋力が向上したと考えられる。これらの被験者は過去の実験と同様に候補手の減少、先読みが深くなる、局面理解の時間が短くなる等の現象が見られ、過去の実験結果を支持するデータが得

られた。また、被験者 D は棋力が十分に向上しなかったため、他の被験者とは違った傾向のデータが得られたと考えられる。

4. おわりに

本研究では、熟達化に伴う変化を発話プロトコルや視線データにより観察した。その結果、過去の研究と同様に、将棋初級者と将棋上級者での違いが同一被験者の熟達化で違いが見られた。

しかし、本研究で調査した被験者の数では、まだ十分であるとはいえない。また、どの程度熟達化したのかという指標が無いため、被験者がどの程度レベルアップしたのかというものを測ることが出来なかった。今後は、そのような指標を考え、普及させることによって、5 五将棋における強さを客観的に見られるような実験を構築したい。

また、今後は、発話プロトコルをより詳細に分析するとともに、人間の知のモデルを考えることで、より幅広い分野で応用できるようなモデルを構築していきたい。

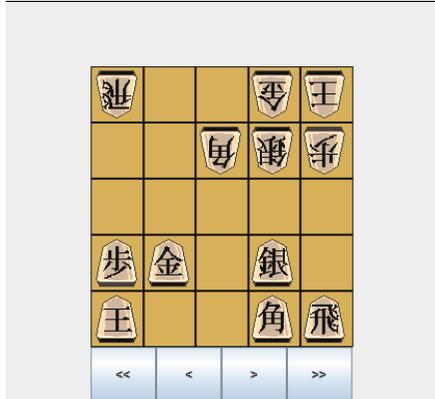
謝辞 実験にあたり、将棋ソフト K 5 5 を提供してくださいました柿木義一氏に謹んで感謝の意を表す。また、本実験に協力していただいた被験者にも感謝する。

参考文献

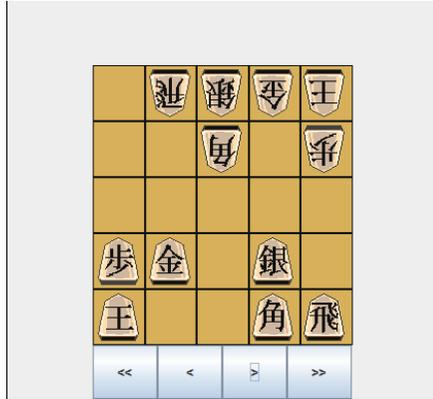
- 1) 伊藤毅志, 松原仁, ライエル・グリーンベルゲン: 将棋の認知科学研究 (1) —記憶実験からの考察, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.10, pp.2998-3011 (2002).
- 2) 伊藤毅志, 松原仁, ライエル・グリーンベルゲン: 将棋の認知科学研究 (2) 一次の一手実験からの考察, 情報処理学会論文誌, Vol.45, No.5, pp.1481-1490 (2004).
- 3) 伊藤毅志: 将棋における人間の認知過程, Game Programming Workshop in Japan '99, pp.177-184 (1999).
- 4) 電気通信大学伊藤研究室, 5 五将棋 PORTAL, <http://minerva.cs.uec.ac.jp/~uec55/>

付録 認知実験で使った次の一手問題（すべて先手番）

問 1



問 2



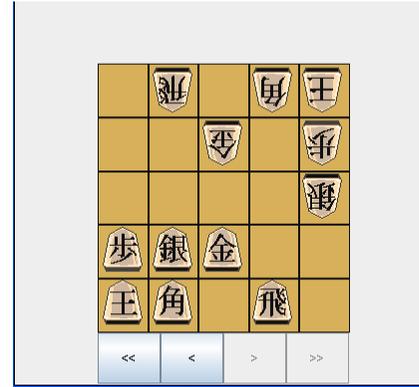
問 3



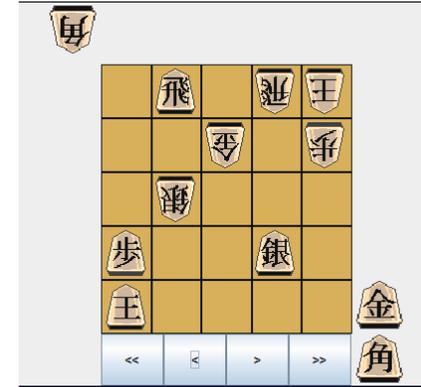
問 4



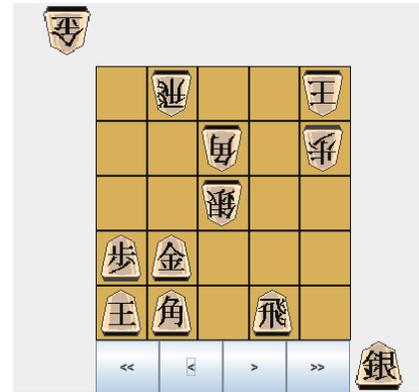
問 5



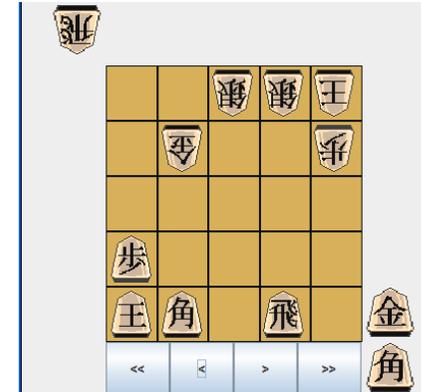
問 6



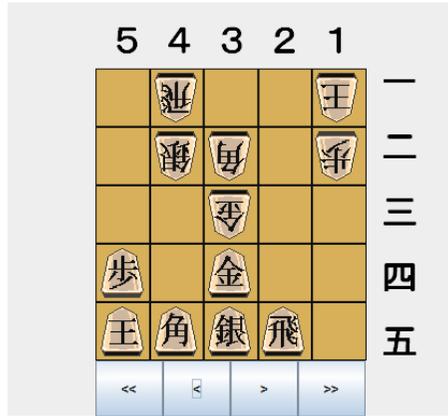
問 7



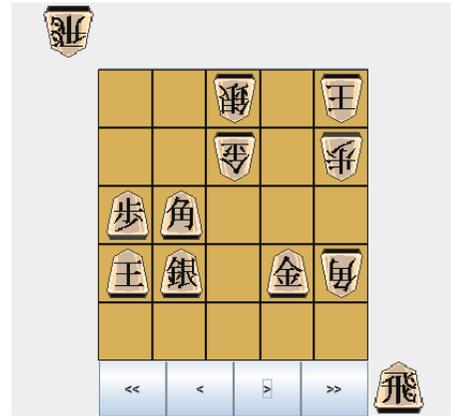
問 8



問 9



問 10



問 11

