

# AI を用いた 5x5 盤将棋における新しい初期配置の 自動生成手法の提案

明石 禎紀<sup>1</sup> 伊藤 毅志<sup>1</sup>

**概要:** チェスライクゲームにおいてゲームの面白さを評価する方法として、佐々木らが提唱する $\sqrt{B/D}$  (B…平均合法手数、D…平均終了手数) という指標がある。これは、人間のトッププレイヤーの棋譜を数多く調べ、 $\sqrt{B/D}$  が 0.07 に近いことを示したものである。本研究では、この指標を用いて、5×5の将棋盤における人間にとって楽しく感じる新しい初期配置を自動生成する手法について考察する。具体的には、人間のトップレベルに調整した5五将棋のAIを用いて、様々な初期配置に対して数多くの自己対戦を行って $\sqrt{B/D}$ を調べ、0.07に近い初期配置を抽出するという手法である。その初期配置をアマチュア有段者に提示して、本当に面白いものになっているのかの評価も行った。本報告では、この自動生成手法と実験結果について報告する。

**キーワード:** ゲームの面白さ, 5x5 盤将棋, 初期配置, 自己対戦

## A Method to Automatically Generate New Initial Positions by Using AI in 5x5 Board Shogi

YOSHIKI AKASHI<sup>†1</sup> TAKESHI ITO<sup>†1</sup>

**Abstract:** In chess-like games, there is an index called “ $\sqrt{B/D}$ ” proposed by Sasaki et al. as a way to evaluate the fun of a game. Here, B is the average blanching factor, and D is the average game length. It is based on a study of many game records of top human players, which showed that  $\sqrt{B/D}$  is close to 0.07 in this index. In this research, using this index, we discuss a method to automatically generate a new initial positions that are enjoyable for humans in a 5×5 Shogi board. Specifically, we use a 5×5 Shogi AI that is tuned to the top level of human players to examine  $\sqrt{B/D}$  for a number of self-playing games against various initial positions, and extract initial configurations that are close to 0.07. We presented these initial positions to amateur players and evaluated whether they were really interesting or not. In this paper, we report on this automatic generation method and the experimental results.

**Keywords:** fun of the game, 5x5 board shogi, initial position, self play

### 1. はじめに

将棋をはじめとする二人完全情報確定零和ゲームのトップレベルのAIは、人間のトッププレイヤーを超える強さまで進化を遂げている。近年では、十分に高いパフォーマンスを示すAIの応用研究が求められている。

本研究では、新しいゲームの自動生成分野への応用を考える。AIに自己対戦を行わせることにより、ゲームのバランスを自動的に調整し、人間にとって楽しいゲームの初期配置を自動生成する手法を提案する。本研究の題材として、通常の5五将棋と同種の5x5盤将棋を対象とする。ゲームの面白さの指標としては、佐々木らが提案するチェスライクゲームの面白さを評価する指標である $\sqrt{B/D}$ という値を参考にした。人間のトップレベルに調整したAIを用いて対戦を行い、 $\sqrt{B/D}$ の指標で面白いと思われる初期配置の抽出を試み、従来の5五将棋より同等以上に面白い初期配置を見つけることを目的とする。

### 2. 5五将棋と対象とする5x5盤将棋

#### 2.1 5五将棋

5五将棋は、5x5盤を用いて行う将棋の派生ゲームであり、1970年頃に楠本茂信氏が考案したとされている。5五将棋のルールは9路盤で行う普通の将棋(本将棋)と多くの点で共通している。勝利条件、先手と後手が交互に駒を動かすこと、駒の種類と移動、駒の昇格(成駒)、禁じ手などは共通である。本将棋と異なる点は、以下の3点である。

- 1) 5x5の盤を用い、駒が成れるエリアは敵陣一段目のみである。
- 2) 駒の種類と数は、「玉」「金」「銀」「角」「飛」「歩」が各一枚ずつで、以下の図1のような初期配置である。
- 3) 千日手は後手勝ちである。(このルールは電通大のUEC杯5五将棋大会のルールに準じている)

なお、3つ目の千日手の扱いについては、楠本氏が提案したゲームでは本将棋と同様に「先手後手を入れ替えて指し直し」というルールが提案されていたが、千日手になりやすこと、大会では決着をつけたいことから、このルール

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

に集約されており、ここでもそのルールを用いることにす  
 る。

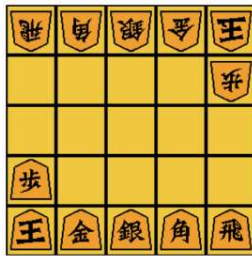


図 1 5五将棋の初期配置

Figure 1 The initial position of Mini-Shogi

## 2.2 5x5 盤将棋と本報告で扱う範囲

一方、本研究で対象とする 5x5 盤将棋について、説明する。将棋のすべての駒を対象に配置を考慮に入れると膨大な種類の初期配置を考慮しなければならないため、ここでは、通常の 5 五将棋で用いられている駒の種類で、配置のみを変えた初期配置を対象とすることにした。さらに、以下の制約を満たすもの 206 種類のみを扱うこととした。

### 【扱う駒の種類】

「玉」「飛」「角」「金」「銀」「歩」を先手後手各 1 枚ずつ用いる。

【配置位置と先後の同形制約】先手、後手は左右同形であり、歩は必ず自陣から 2 段目に配置し、それ以外の駒は自陣から 1 段目に配置するものとする。

【その他の制約】初期配置の時点で「相手玉に対して王手がかかっている状態」、もしくは「先手が後手の駒をただで取れる状態」は先手と後手の優位性に圧倒的な差が生じると考えて、禁止とする。

その他のすべてのルールは、5 五将棋に準じるものとする。

## 2.3 SFEN 表記

SFEN(Shogi Forsyth-Edwards Notation)は、将棋のある局面について盤面上の駒の配置と、持ち駒、手番を表現する表記法である。ここでは 5x5 盤将棋の初期配置に関する部分を重点的に説明する。

まず駒には以下のようなアルファベットがそれぞれ割り当てられ、先手の駒の場合は大文字、後手の駒の場合は小文字で表記される。成駒はアルファベットの前に「+」を付けて表現される。

- ・玉 : K
- ・飛 : R
- ・角 : B
- ・金 : G
- ・銀 : S
- ・歩 : P

SFEN による表記において盤面を表す部分は、1 段目から順に駒の配置を表現し、段ごとに「/」で区切って表記され

る。各段の表記は 5 筋側から表現され、その筋に駒があればその駒に対応するアルファベットを、駒が無ければその筋から連続して駒が無い筋の数が記載される。

盤面を表す部分に続いて、その局面がどちらの手番かを表現する部分が続く。先手番であれば「b」、後手番であれば「w」で記される。次に持ち駒を表す部分について、先手の持ち駒から順に、その駒のアルファベットが表記される。もし同一の駒を二つ以上所有している場合は、その数をその駒のアルファベットの前に記される。持ち駒が双方とも無ければ「-」で表現される。

最後に、その局面において次に指される手が何手目であるかが数値で表記される。

例えば、図 1 で表される 5 五将棋の初期配置を SFEN で表現すると、「rbsgk/4p/5/P4/KGSBR b-1」のように表記される。本稿では 5x5 盤将棋の初期配置を SFEN により表記する。

## 3. 関連研究

佐々木らはチェスライクゲームの進化を特徴づける指標として、 $\sqrt{B/D}$  という値を提案した[1]。ここで、B は平均合法手数、D は平均終了手数を表す。佐々木らは「将棋」、「チェス」、「象棋」について、トッププレイヤーの対局データを調べ、 $\sqrt{B/D}$  の値がどれも 0.07 程度の近い値になることを示した。その後、佐々木らは  $\sqrt{B/D}$  の指標をもとにして、ゲームの面白さの指標を提案し、トッププレイヤーの対局データに基づいたパラメータを設定することで、 $\sqrt{B/D}$  が導出されることを説明した[2]。

飯田はその後に洗練されたゲームの重要な性質として、シーソーゲームの法則を挙げ、その数理モデルをゲームの洗練度に適用させることで本指標の意味を説明している[3]。シーソーゲームの放送とは、ゲームが進行するにつれて徐々に勝敗が見えてくる。すなわち、試合の勝敗に関する情報量が増えるが、それまでは戦況が互角で勝敗に関する情報量が少ない状態が続くことを表す。また、シーソーゲームとは、互角の状態が続くことで適度なスリルをプレイヤーにもたらしている状態のことを指す。

シーソーゲームの法則の数理モデルをゲームの洗練度に適応させた式を (1) に示す。

$$x(t) = B \left( \frac{t}{D} \right)^n \quad (1)$$

ここで、 $x(t)$  は勝敗に関する情報量を表しており、この値域はゲームにおけるプレイヤーの自由度、すなわち平均合法手数 B と正の相関を示すことから、 $0 \leq x(t) \leq B$  とする。また、試合の経過時間 t とは手数とみなし、 $0 \leq t \leq D$  とする。n はプレイヤーの実力差を示している定数で、この値が大きいと実力差が小さいことを表す。これをグラフにしたものが図 2 である。

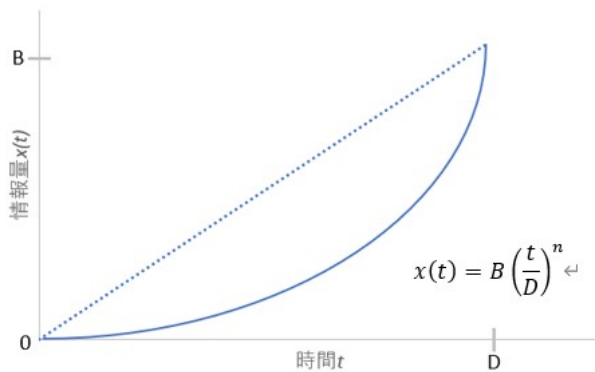


図2 情報量の推移モデル

Figure 2 Transition model of information volume

$x(t)$ を二回微分し、 $n=2$ とすると、(2)式のように $\frac{B}{D^2}$ の項が現れる。 $\frac{B}{D^2}$ の平方根はゲームの洗練度と同じ式となる。

$$\begin{aligned} \frac{d^2}{dt^2} x(t) &= \frac{d}{dt} n \frac{B}{D^n} t^{n-1} = \frac{B}{D^n} t^{n-1} + n(n-1) \frac{B}{D^n} t^{n-2} \\ &= \frac{B}{D^2} t + 2 \frac{B}{D^2} \end{aligned} \quad (2)$$

飯田はシーソーゲームとなる必要条件是 $\frac{d^2}{dt^2} x(D)$ が適度な値になることとし、この値が大きすぎるとチャンスに依存し、小さすぎるとスキルに依存しすぎるため、適度な値が心地よいスリル感をプレイヤーにもたらすとしている。これがゲームの洗練度の意味である。

本研究では、この指標を面白さの指標として用いて、各初期配置の評価を行う。

## 4. 人間トップレベルのAIの作成

### 4.1 設計方針と方法

佐々木らの指標を用いるためには、人間トップレベルのプレイヤーによる十分な量の対戦数が必要となる。第3回UEC杯5五将棋大会では、コンピュータの優勝プログラムと人間部門の優勝者がエキシビジョン対戦を行っており、人間側が惜敗したものの、良い勝負を演じていた[4]。また、翌年の同大会では、人間の優勝者が大敗を喫していた[5]。これらの様子からK55が人間トップレベルのプログラムとして概ね妥当な強さであると考えられる。K55は古いプログラムであったが実行ファイルのみ入手可能であった。このままでは改変は難しかったので、最新の大会で優勝の実績を誇る塩田雅弘氏の開発したShioRamenのソースコードの提供を受け[6]、適度に強さを調整することでK55並みの強さのAIを作ることにした。

将棋AIの強さを調整する方法として、合議アルゴリズムで用いていた乱数合議の手法を参考に、ShioRamenの評価関数に適度な正規乱数 $N(0, \sigma^2)$ を加えることで弱くすることにした[7]。正規乱数の標準偏差 $\sigma$ を変化させつつ、K55と100回対戦させて概ね互角となるような $\sigma$ を探すことにした。 $\sigma$ はShioRamenが用いている歩の価値である90を

基準として、経験的に設定した。

対局にあたっては、ShioRamenはGUIアプリケーション「MyShogi」を利用して動作させた[7]。この時、ShioRamenが用いるスレッド数は1、思考時間は1手1秒で設定した。

### 4.2 強さの調整

標準偏差 $\sigma$ を表1のように歩の価値に様々な値を乗算してK55との対戦勝率が5割に近いものを調べていった。

表1 正規乱数の標準偏差 $\sigma$ を変化させたShioRamenのK55に対する勝率

Table 1 Winning rate of "ShioRamen" with varying standard deviation  $\sigma$  of normal random numbers against "K55"

標準偏差 $\sigma$	K55に対する勝率(%)
歩の価値×15.5	90
歩の価値×38.75	73
歩の価値×47	45
歩の価値×77.5	5
歩の価値×155	0

この表の結果から、 $\sigma$ を歩の価値×47を正規乱数の標準偏差として用いたAIはほぼK55と同様の強さになることがわかったので、この乱数を加えたAIを「調整AI」と呼ぶことにして、自己対戦を行うAIとして用いることにした。

## 5. 調整AIを用いた初期配置生成

### 5.1 方法

人間にとって興味深い初期配置を自動抽出するために、 $\sqrt{B/D}$ と序盤のバリエーションという指標を用いることにする。

ここで、序盤のバリエーションとは、AIに自己対戦させたときに現れた5手先、10手先の局面数を意味する。序盤で手の選択が狭いとゲームの面白さは阻害されるものと考え、この指標も組み合わせることで人間にとって面白い局面の候補の抽出を行う。

具体的には以下の2つの手順で候補局面を絞っていく。

**手順1:** 206種類の各5x5盤に対して、調整AIによる自己対戦を先手後手50局ずつ合計100回対戦させ、 $\sqrt{B/D}$ と先手後手の勝率の偏りを参考に有望そうな局面を絞り込む。

**手順2:** 手順1で抽出した局面は、対戦数が100回でまだ十分な数ではないため、さらに1000回まで対戦数を増やして、結果を考察した。

### 5.2 結果と考察

手順1の結果をもとにして、各5x5盤将棋の面白さの指標 $\sqrt{B/D}$ と勝率の偏りを散布図で示したものが、図3であ





手順 2 では、手順 1 で得られたこの 19 個の初期配置をさらに、1000 試合ずつ対戦を行い、5 手先、10 手先でどれだけ多くの局面が現れているのかについても調べた。加えて、5 五将棋との一致度も併せて算出した。この指標は、5 五将棋とは異なる駒が配置されているマスの数を表している。この結果をまとめたものが、表 3 である。なお、表 3 の具体的な初期配置は、付録にまとめてあるので参照されたい。

表 3 有望な初期配置に対して 1000 試合行った分析  
Table 3 Analysis of 1,000 games performed against promising initial positions.

初期配置(sfen)	先後の勝敗数 (先手勝/後手勝/引分)	平均合法手(B)	平均終了手数(D)	$\sqrt{B/D}$	5手先の局面数	10手先の局面数	5五将棋との一致度
1 rgsbk/4p/5/P4/KBS GR b - 1	410/588/0	21.87	60.84	0.0769	85	294	4
2 sbrsk/4p/5/P4/KGR BS b - 1	451/549/0	23.65	61.9	0.0786	85	365	4
3 rbskg/4p/5/P4/KGS BR b - 1	538/460/0	22.66	58.3	0.0816	120	399	0
4 brsgk/3p1/5/1P3/KS GRB b - 1	439/560/0	23.13	58.76	0.0818	146	471	12
5 gbsrk/4p/5/P4/KRS BG b - 1	435/561/0	23.26	58.48	0.0825	133	419	4
6 rbskg/4p/5/P4/SKG BR b - 1	371/628/0	22.69	55.34	0.0861	57	315	6
7 grsbk/2p2/5/2P2/KB SRG b - 1	360/636/0	22.74	55.13	0.0865	35	117	10
8 brksk/2p2/5/2P2/GS BR b - 1	600/398/0	24.54	56.25	0.0881	83	470	14
9 srgbk/4p/5/P4/KBG RS b - 1	528/471/0	23.1	54.18	0.0887	141	436	8
10 rsgbk/4p/5/P4/KBG SR b - 1	591/407/0	22.63	53.52	0.0889	62	292	6
11 rbskg/4p/5/P4/GKS BR b - 1	484/515/0	22.28	53.08	0.0889	68	244	4
12 brsgk/3p1/5/1P3/K GSRB b - 1	595/404/0	22.66	52.47	0.0907	183	554	8
13 gbsrk/4p/5/P4/RKS BG b - 1	618/381/0	21.64	51.14	0.0909	179	534	6
14 sbrsk/4p/5/P4/RKG BS b - 1	510/489/0	22.16	51.59	0.0912	197	470	8
15 srgbk/4p/5/P4/KGB RS b - 1	518/482/0	22.8	52.23	0.0914	67	339	6
16 grsbk/4p/5/P4/KSB RG b - 1	630/360/0	23.09	52.44	0.0916	60	263	8
17 rbskg/2p2/5/2P2/G KSRB b - 1	574/408/0	22.61	51.1	0.0931	84	263	8
18 sbrsk/4p/5/P4/KBR GS b - 1	618/381/0	23.39	51.52	0.0939	77	356	8
19 srbkg/3p1/5/1P3/G KRSB b - 1	544/455/0	21.65	49.5	0.094	114	477	14

表を見ると、5 五将棋の初期配置は、 $\sqrt{B/D}$  が小さい方から 3 位にある。また「5 五将棋との一致度」を見ると、5 五将棋の初期配置と比べて先手と後手それぞれで駒が一組だけ入れ替わっている初期配置が上位 2 位を占めている。このことは、5 五将棋やそれに準じる初期配置は他と比べて洗練されて良い局面であることを示唆している。

次に、駒の配置を確認すると、玉の位置は 5 五の位置にあるものが 12 種類と最も多く、次に 5 四にあるものが 6 種類、5 三にあるものが 1 種類であった。これは、玉が隅にある方が先後のバランスが良くなる可能性を示唆しているが、もしかすると ShioRamen の評価関数を用いた弊害が出ている可能性も考えられる。初期配置に応じた評価関数の学習の必要性もあるかも知れない。

5 手先の局面数、10 手先の局面数を見ると、5 五将棋は他のものと比べても比較的多いことがわかる。一方で、brsgk/3p1/5/1P3/KS GRB b - 1、gbsrk/4p/5/P4/KRSBG b - 1 な

どの初期配置を持つ 5x5 盤将棋は、5 五将棋と近い  $\sqrt{B/D}$  を持ちながら、十分に多様な序盤のバリエーションを持つゲームである可能性がある。

表 3 から、5 五将棋よりも 5 手先、10 手先の局面数が多いゲームを抽出したところ、表 4 のように 6 つの局面が抽出された。それらの初期配置は、図 5 である。

表 4 5 五将棋よりも序盤の局面のバリエーションが多そうな初期配置

Table 4 Initial positions that seem to have more variation in the opening game than Mini-Shogi

初期配置	先手戦歴 (勝/負/分)	$\frac{\sqrt{B}}{D}$	5手先の盤面種類数	10手先の盤面種類数
①	595/404/0	0.0907	183	554
②	618/381/0	0.0909	179	534
③	439/560/0	0.0818	146	471
④	510/489/0	0.0912	197	470
⑤	528/471/0	0.0887	141	436
⑥	435/561/0	0.0825	133	419
5五将棋	538/460/0	0.0816	120	399

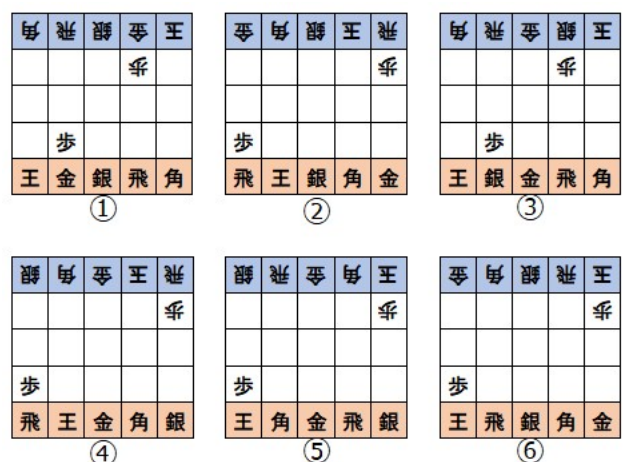


図 6 表 4 に対応する各初期配置

Figure 6 Each initial arrangement corresponding to Table 4

上記で抽出した初期配置が本当に人間にとって面白い初期配置となっているのかを調べるために、上記の初期配置を含む幾つかの局面を二人の将棋有段者に対戦させて個別に評価させた。その結果、②、③について、5 五将棋よりも面白いとの感想を得た。今回の評価については、非常に少ない評価者に各初期配置について、約 30 分程度の比較的短い時間で評価させたので、これらの評価が正しいか検討の余地はあるが、提案手法によって、面白い見込みのある 5x5 盤将棋の初期配置を抽出できる可能性を示した。

## 6. おわりに

本報告では、5 五将棋の強い AI を人間トッププレイヤー並みに評価関数に乱数を加える手法で弱めた AI を用いて、自己対戦を行わせた。その結果から、 $\sqrt{B/D}$  を求めることで、人間にとって面白い可能性のある局面を抽出できる可能性を示した。先手と後手の勝率の差が少ないものを選ぶことで、5 五将棋以外に 18 個の初期配置を抽出した。さらに、序盤の局面数のバリエーションを指標にすることで、5 五将棋よりもバリエーションの多い初期配置を 6 個見つけることができた。

今後の課題としては、これらの初期配置が本当に人間にとって面白い初期配置になっているのかを多くのプレイヤーに対戦してもらって、検証していきたい。

**謝辞** 本研究は JSPS 科研費 18H03347 の助成を受けたものです。

## 参考文献

- [1] 佐々木宣介、橋本剛、梶原羊一郎、飯田弘之：チェスライクゲームにおける普遍的指標、情報処理学会ゲーム情報学研究会、GI-1(13), pp.91-98 (1999).
- [2] 佐々木宣介、飯田弘之：将棋種の歴史的変遷の解析、情報処理学会論文誌、Vol.43, No.10 (2002).
- [3] 飯田弘之：ゲームの均衡、情報処理学会ゲーム情報学研究会、GI-12, No.4, pp.25-32 (2004).
- [4] 伊藤毅志：第 3 回 UEC 杯 5 五将棋大会報告 (2009 年 11 月)、情報処理学会ゲーム情報学研究会、GI-23(9),pp.1-7 (2010).
- [5] 伊藤毅志：5 五将棋大会 2010 報告、情報処理学会ゲーム情報学研究会、GI-26(6),pp.1-7 (2011).
- [6] 塩田雅弘、伊藤毅志：5 五将棋における自動対戦を用いた評価関数の学習、GI-44(3),pp.1-6 (2020).
- [7] 伊藤毅志：合議アルゴリズム「文殊」～単純多数決で勝率を上げる新技術、情報処理学会誌、50(9),pp.887-894 (2009).

付録

調整 AI を用いた初期配置生成の手順 1 において抽出した有望な初期配置 19 種類の盤面を、表 3 の順番に以下に示す。

飛	金	銀	角	王
				歩
歩				
王	角	銀	金	飛

1 rsgbk/4p/5/P4/KBSGR b - 1

銀	角	飛	金	王
				歩
歩				
王	金	飛	角	銀

2 sbrgk/4p/5/P4/KGRBS b - 1

飛	角	銀	金	王
				歩
歩				
王	金	銀	角	飛

5 五将棋

3 rbsgk/4p/5/P4/KGSBR b - 1

角	飛	金	銀	王
				歩
	歩			
王	銀	金	飛	角

4 brgsk/3p1/5/1P3/KSGRB b - 1

金	角	銀	飛	王
				歩
歩				
王	飛	銀	角	金

5 gbsrk/4p/5/P4/KRSBG b - 1

飛	角	金	王	銀
				歩
歩				
銀	王	金	角	飛

6 rbgks/4p/5/P4/SKGBR b - 1

金	飛	銀	角	王
				歩
		歩		
王	角	銀	飛	金

7 grsbk/2p2/5/2P2/KBSRG b - 1

角	飛	王	銀	金
				歩
		歩		
金	銀	王	飛	角

8 brsgk/2p2/5/2P2/GSKRB b - 1

銀	飛	金	角	王
				歩
歩				
王	角	金	飛	銀

9 rsgbk/4p/5/P4/KBGRS b - 1

飛	銀	金	角	王
				歩
歩				
王	角	金	銀	飛

10 rsgbk/4p/5/P4/KBGRS b - 1

飛	角	銀	王	金
				歩
歩				
金	王	銀	角	飛

11 rbsgk/4p/5/P4/GKSBR b - 1

角	飛	銀	金	王
				歩
	歩			
王	金	銀	飛	角

12 brsgk/3p1/5/1P3/KGSRB b - 1

金	角	銀	王	飛
				歩
歩				
飛	王	銀	角	金

13 gbskr/4p/5/P4/RKSBG b - 1

銀	角	金	王	飛
				歩
歩				
飛	王	金	角	銀

14 sbgkr/4p/5/P4/RKGBS b - 1

銀	飛	角	金	王
				歩
歩				
王	金	角	飛	銀

15 srbgk/4p/5/P4/KGBRS b - 1

金	飛	角	銀	王
				歩
歩				
王	銀	角	飛	金

16 grbsk/4p/5/P4/KSBRG b - 1

飛	角	銀	王	金
			歩	
			歩	
金	王	銀	角	飛

17 rbskg/2p2/5/2P2/GKSBR b - 1

銀	金	飛	角	王
				歩
歩				
王	角	飛	金	銀

18 sgrbk/4p/5/P4/KBRGS b - 1

銀	飛	角	王	金
				歩
			歩	
金	王	角	飛	銀

19 srbkg/3p1/5/1P3/GKBRS b - 1