

4人版リバーシ *Yonin*

藤井昌典¹⁾ 北隼人²⁾ 村田朋紀²⁾ 橋本隼一²⁾ 飯田弘之^{2,3)}

¹⁾(財)店舗システム協会 ²⁾北陸先端科学技術大学院情報科学研究科

³⁾科学技術振興機構さきがけ研究

概要

本稿は4人版リバーシ *Yonin* について論じる。リバーシは、通称オセロと呼ばれ、8x8路盤と黑白二色で表裏一体のディスク64個を使用する2人ゲームである。*Yonin* はリバーシを4人で対戦できるように拡張したゲームである。可能手の制約と勝敗の判定法に特徴がある。2人ゲームを4人ゲームへと拡張する *Yonin* の設計コンセプトは非常に簡潔で、他のゲームに適用可能と思われる。*Yonin* の設計コンセプトを概観し、ゲームとしての遊戯性をいくつかの実験を通して考察する。

Four-person Reversi *Yonin*

Masanori Fujii¹⁾ Hayato Kita²⁾ Tomoki Murata²⁾ Jun'ichi Hashimoto²⁾

Hiroyuki Iida^{2,3)}

¹⁾Japan Shop On Line ²⁾Japan Advanced Institute of Science and Technology

³⁾PRESTO, JST

Abstract

This paper discusses four-person reversi called *Yonin*. Reversi is a game also called *Othello* that is played by two players on 8x8 board using 64 pieces of two-color (Black and White) disks. *Yonin* is an extension of the two-person reversi to four-person reversi that can be played by four players. Point in the extension is the restriction of possible moves and the judge for the winner. The design concept of *Yonin* is quite simple and may be applicable to other domains. In this study we outline the design concept and consider the characteristics of the game *Yonin*.

1 はじめに

魅力的で面白いゲーム、言い換えれば、洗練されたゲームの設計はゲーム情報学の重要な課題の一つである。その背景にある本質的な原理を明らかにすることで、ゲームの本質がみえてくるからである。本稿は、すでに広く親しまれているゲームを題材として、もとのゲームをより洗練しようという視点での試みである。

近年、ゲームプログラミングの技能向上と計算機の性能向上が融合して、広く親しまれてきたいくつかのゲームが解かれている[1][2]。このようにしてゲームが次々に解かれ、結果として、人々の関心が薄らぎ、やがてゲームが廃っていくという、シナリオが浮かんでくる。ゲームの生き残りという視点において、広く親しまれてきたゲームを、コンピュータにとって解き難くかつ洗練

されたゲームになるようにすることが本研究での問題提起である。

中村[3][4]は、解かれたゲームに同時着手の概念を導入し、決して解かれないゲームに蘇生するという試みを報告している。同時着手ルールによって、決定論的にゲームを解くことができなくなり、同時に、手番による不公平性が回避されるなどの利点がある。しかし問題点としては、蘇生されたゲームが元のゲームの性質をどの程度引き継いでいるか、というような議論がいまのところ明確でないことがあげられる。

ゲームの生き残り、または、改良としての他の方向性としては、完全情報ゲームを不完全情報ゲームにする情報の不完全化、ダイスの使用、あるいは、多人数ゲームへの拡張というような様々なアイデアが考えられる。本稿では、リバーシを題材として、2人ゲームを4人ゲーム(*Yonin*)に拡張する事例に焦点を当てて、*Yonin* の設計コンセプトやゲームとしての性質を考察する。

2 4人版リバーシ *Yonin* のルール

リバーシは8×8路盤を使用して2人でプレイする。2人版リバーシを、2対2のチーム戦も視野に入れつつ、ディスクの色(2色)と形状、そして盤をそのまま4人版に拡張したゲームが*Yonin*である。

【盤・陣地】図1に示すように8×8路盤に太線を2本引き、4×4サイズの4領域に分割する。4人のプレイヤー(A, B, C, Dと呼ぶ)を図1のように配置し、太線で分割された4×4領域をそれぞれのプレイヤーの陣地とする。図1では、(色部分の)左上4×4領域がプレイヤーAの陣地である。

【合法手】リバーシのように、相手色ディスクを自分色のディスクで挟む手が合法手である。ただし、対面プレイヤーの陣地内に着手することを禁じる。図2に示した色部分はプレイヤーA, B, Dの3陣地を表す。プレイヤーAはこれらの領域にディスクを置いて着手することができる。すなわち、プレイヤーAは対面となるプレイヤーCの陣地には着手できない。

【配置・順番】試合スタートに際して、何らかの方法でプレイヤーの位置と最初に着手するプレイヤーを決める。手番は順に隣のプレイヤーへと移行する。すなわち、着手の順番は時計回りか反時計周りとし試合の途中で手番はジャンプしない。あるプレイヤーのディスクの色と対面プレイヤーのディスクの色が同じになる。例えば、プレイヤーAとCが黒色とすれば、プレイヤーBとDは白色となる。プレイヤーAからスタートする場合、A B C D(時計回りの場合)の順でプレイする。

【パス手】2人版リバーシ同様、必ず相手(自分以外)ディスクを自分のディスクで挟み反転させなければならないが、このような指し手が存在しないときはパスとなる。

【ゲーム終了条件】2人版リバーシ同様、全てのプレイヤーの合法手が存在しなくなったときにゲームを終了する。

【勝敗の判定】勝敗の判定は、ゲーム終了時の自陣4×4領域内に存在するディスク(自分の色)の数の大小で決定する。

【個人戦・チーム戦】基本的には4人での個人戦であるが、対面同士で組むチーム戦も可能である。個人戦の場合、戦況に応じて、他のプレイヤーと協調的にプレイすることも考えられる。

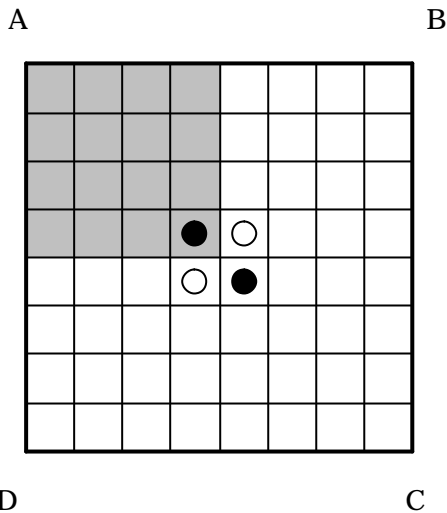


図1 4人版リバーシの4領域分割
(左上4×4領域はプレイヤーAの陣地)

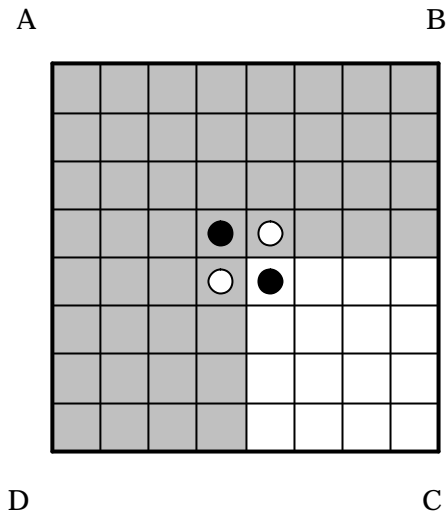


図2 4人版リバーシの合法手
(対面4×4領域には着手できない)

3 Yoninの性質

可能手の制約などに焦点を当てながら，対戦シミュレーションの実験を通して Yonin というゲームの性質を考察する．

3.1 可能手の制約によるゲームの性質の変化

Yonin の注目すべき点は，対面陣地には着手できないとする，可能手の制約にある．このルールがゲームにどのような性質の変遷をもたらすかを考察したい．そこで，簡単のため 6x6 路盤を使用し，同一プレイヤーによるチーム戦(つまり 2 人ゲームに帰着)をシミュレーションしてみた．自己対戦シミュレーションを実施するにあたりプログラムを作成し，実験を以下のように設定した．

- ・ 簡単な評価関数と終盤の完全読みを実装
- ・ 評価関数の主な評価項目は，着手可能数，位置評価，辺の確定石．特に確定石を重視する．
- ・ 確定石 1.5 個分の幅で評価に乱数を使用し多様な試合が生じるようにする．
- ・ 先読みの深さを 8 から 13 まで変化させ，それぞれの先読みの深さで 1000 局の自己対戦を実施する．
- ・ 先後の勝率，試合終了時のスコア差(黒側からみた)を測定する．

表 1 および図 3 に，先読みの深さを 8 から 13 まで変化させたときの勝率の変動を示す．プレイヤーのスキルが向上するとき，黒の勝率が右上がりに上昇し，白は逆に減少している．引き分けが少ない割合ながら生じている．このシミュレーション実験結果では，6x6 路盤での 2 人版リバーシの実験結果[5](白側が有利)と比較すると，黒側の有利さが特徴的である．つまり，対面領域に打てないという可能手の制約によって，手番の有利さに変化が生じていると予測される．この性質は 8x8 路盤チーム戦(2 人版 Yonin)でも引き継がれると考えられる．

表1 6×6 路盤 Yonin チーム戦シミュレーションの結果（各深さで 1000 局実施）

先読みの深さ	8	9	10	11	12	13
黒勝率	0.35	0.469	0.384	0.41	0.597	0.707
引き分け	0.099	0.03	0.052	0.106	0.128	0.014
白勝率	0.552	0.502	0.565	0.485	0.276	0.28
スコア差	-3.252	-2.118	-2.993	-1.547	0.3516	4.671
標準偏差	15.9	15.5	14.4	13.2	11.0	8.470

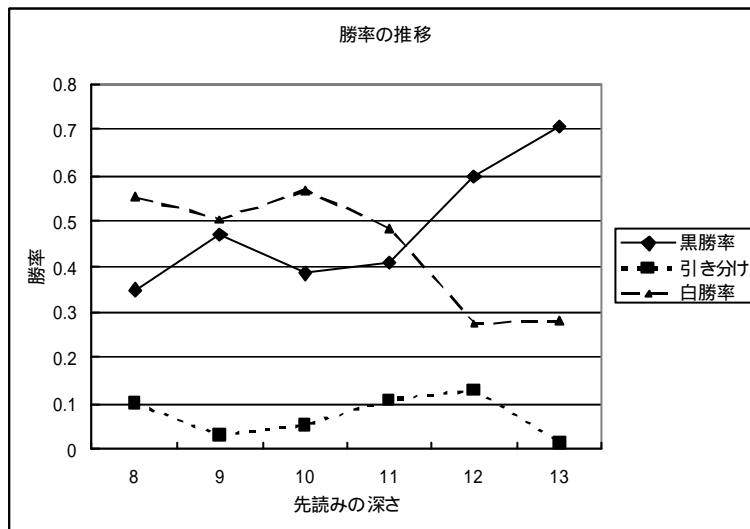


図3 6×6 路盤 Yonin チーム戦シミュレーション結果のプロット

3.2 ゲームの自由度と長さ

ゲームの自由度（プレイヤーの選択肢，平均合法手数）および試合の長さ（平均終了手数）はゲームの性質を分析する上で重要である[6][7][8]．そこで，Yonin（個人戦）をシミュレーションしてみた．自己対戦シミュレーションの実施にあたり，プログラムを作成し，以下のような設定で実験した．

- ・ 簡単な評価関数と終盤の完全読みを実装
- ・ 評価関数の評価項目として自陣内の自色ディスクの数
- ・ Yonin 個人戦では Max N アルゴリズムで先読み
- ・ 先読みの深さを 5 に固定して 1000 局の対戦
- ・ 参考データを得るため，リバーシと 6x6 路盤リバーシはランダムプレイで，それぞれ 20000 回，100000 回の試行を実施

表 2 平均可能手数と終了手数：リバーシ vs *Yonin*

	8x8 <i>Reversi</i>	8x8 <i>Yonin</i>	6x6 <i>Reversi</i>	6x6 <i>Yonin</i>
可能手数	8.47	6.26	5.2	3.87
分散	15.6	10.7	6.12	4.34
標準偏差	3.95	3.28	2.47	2.08
終了手数	60.40	61.60		
試合数	20000	20000	100000	100000

実験結果を表 2 に示す。*Yonin* での可能手制約により着手可能な領域はリバーシの 4 分の 3 になるが、シミュレーションから算出された平均可能手数は 4 分の 3 より有意（2 乗検定）に減少している。この性質から、*Yonin* では他のプレイヤーにパスをさせる戦略がリバーシよりも重視されるだろうと予測される。

3.3 着手順番と順位

Yonin において着手の順番が順位にどのように影響を与えているかを考察するために自己対戦シミュレーションを実施した。この実験では各プレイヤーは着手をランダムに選択し、終盤の N 手だけ、各プレイヤーが最も合理的に（ここでいう合理的とは、自らの順位を最大にするように振舞うこと）プレイすると仮定して読みきりを行っている。リバーシライクな深さ固定のゲームのコンピュータによる自己対戦の特徴として、最初に読みきりに入れるプレイヤーが極端に有利になる。このゲームの本来の特徴と無関係な結果の振動の影響を取り除くため、読みきりの深さを変化させて実験を行った。

表 3 *Yonin* シミュレーション実験（着手順番と平均順位：各深さで 1000 局ずつ）

	1st	2nd	3rd	4th
5	2.369	2.393	2.472	2.192
6	2.444	2.489	2.086	2.282
7	2.538	2.076	2.267	2.337
8	2.107	2.268	2.2	2.483
9	2.264	2.244	2.313	1.958
10	2.128	2.496	1.788	1.988
11	2.294	1.777	1.904	1.916

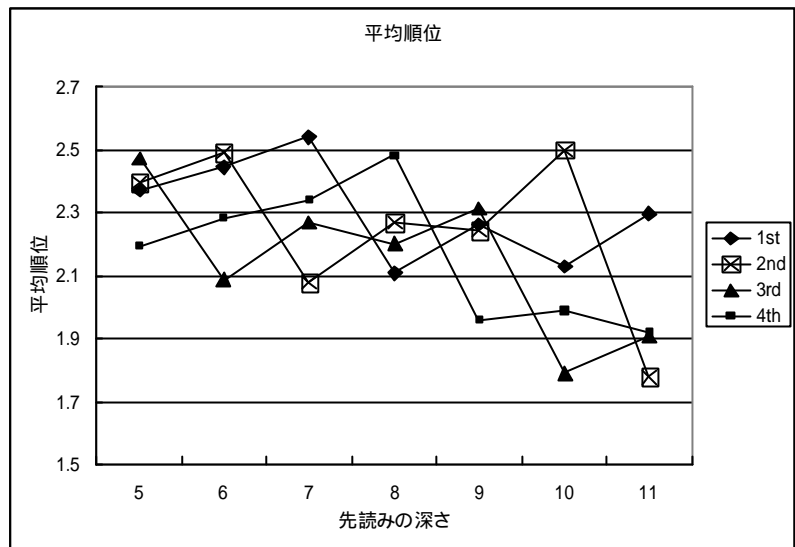


図4 Yonin シミュレーション実験のプロット

この結果を見る限り、どの手順が有利ということはないように思われる。最初に読みきりに入るプレイヤーの平均順位が良くなっている程度で、目立った有利不利はない。また、読みきりのアルゴリズムの関係で先読みが深くなると引き分けが多いことも特筆される。だがそれ以上にここで注目すべきなのは、読みきりに入るプレイヤーだけでなく、その対面のプレイヤーの順位も良くなる傾向にあることである。この点については次節で詳しく述べる。

3.4 対面の同色プレイヤーとの協調

Yonin では、対面の同色プレイヤーとは自然な協調関係が生じる。対面の同色プレイヤーが不利になると、自分の可能手数および有効着手が減少するからである。この現象を考察するために前章で行った自己対戦実験の結果をさらに分析した。また、可能手制約がプレイヤー間の協調にどのような影響を与えるかを見るために制約を与えずに同様の実験を行った。

表4、表5、図5、図6に示す結果は、対面のプレイヤーが1位になったときの平均順位である。

表4 対面のプレイヤーが1位のときの平均順位 (左側が Yonin)

	1st	2nd	3rd	4th		1st	2nd	3rd	4th
5	2.542	2.468	2.710	2.396		2.502	2.282	2.469	2.424
6	2.492	2.564	2.186	2.416		2.132	2.355	2.399	2.499
7	2.618	2.161	2.314	2.479		2.232	2.236	2.537	1.889
8	2.214	2.230	2.296	2.509		2.046	2.288	1.721	1.964
9	2.228	2.200	2.287	1.975		1.932	1.618	1.685	1.875
10	2.026	2.327	1.734	1.838		1.306	1.409	1.516	1.654
11	2.041	1.605	1.588	1.738		1.241	1.363	1.376	1.167

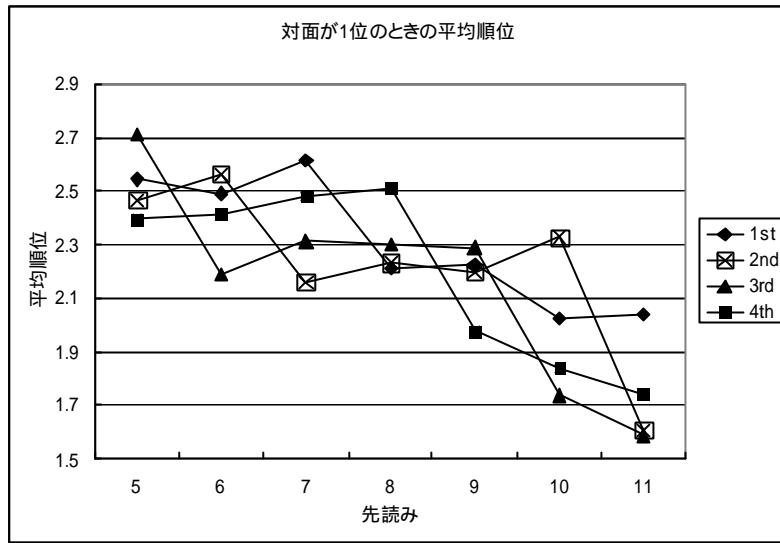


図5 対面のプレイヤーが1位のときの平均順位のプロット (Yonin)

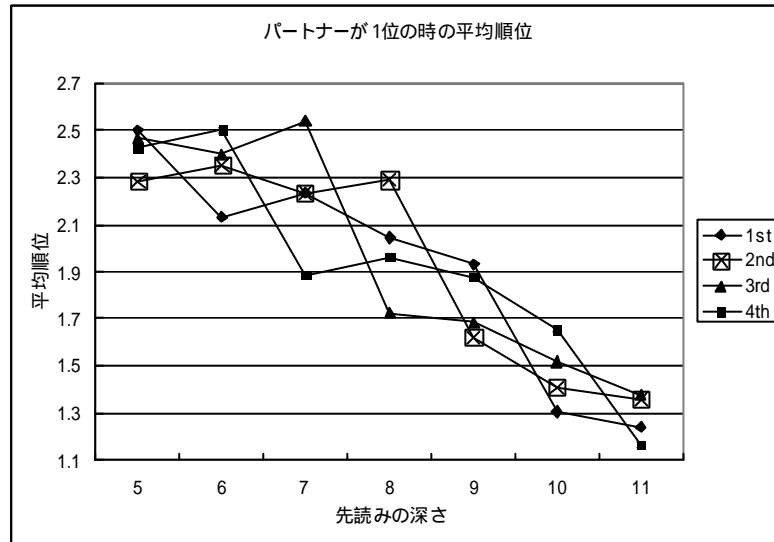


図6 対面のプレイヤーが1位のときの平均順位のプロット

この結果は、Yonin というゲームの特徴を最も強く表している。すなわち、自らの利益を最大化するためには、対面のプレイヤーとは意図せずとも自然と協調関係が構築されるということである。また、対面の領域の可能手制限をなくしての実験では、Yonin の場合よりも協調関係が強化された。つまり、可能手制限はプレイヤー間の協調関係に一定の制限を与え、Yonin に個人戦としての色合いを出させていると考えられる。

4 まとめ

本研究では4人版リバーシ Yonin の性質をリバーシと比較しながら考察した。シミュレーション実験を通して、Yonin 特有といえる可能手制約(対面陣地に着手不可)、着手順番によるスコアおよび順位に対する影響、ゲームの自由度と長さ、実力向上に伴う勝率の推移などを調べた。

Yonin の最大の特徴として、対面のプレイヤーとの協調関係が挙げられる。自らの利益を最大化するためには対面のプレイヤーと協調せざるを得ず、特定の手番が有利不利ということはそれほどないが、席順が順位に大きく関わる。また、協調関係が強くなりすぎれば実質的には個人戦ではなく、チーム戦になってしまうところだが、実は可能手制約があるために対面のプレイヤーに直接干渉できず、個人戦の色を強くしていることも分かった。ここで議論した協調と裏切りのバランスは、多人数ゲームにおける普遍的な課題であると考えられる。*Yonin* において用いられている可能手制約があらゆるゲームの多人数化にそのまま使えるとは考えられないが、協調と裏切りのバランスを制御するということが重要であると考えれば、*Yonin* において用いられた多人数化の方策は非常にスタンダードなものであったと考える。

参考文献

- [1] L.V. Allis, H.J.v.d.Herik and I.S. Herschberg (1991). Which games will survive?, in: D.N.L. Levy, D.F. Beal (Eds), *Heuristic Programming in Artificial Intelligence 2: The Second Computer Olympiad*, Ellis Horwood, Chichester, pages 232-243.
- [2] H.J.v.d.Herik, J.W.H.M. Uiterwijk and J.v.Rijwijck (2002). Games solved: Now and in the future, *Artificial Intelligence*, Vol.134, pages.321-356.
- [3] T.Nakamura, A.Cincotti, H.Iida (2005). The Rebirth of Solved Games, *Proceedings of JCIS2005 (The 8th Joint Conference on Information Sciences)* in CD-ROM, Salt Lake.
- [4]中村・飯田 (2005). ゲームの蘇生, 情報処理学会研究報告 GI-13, pages 1-6.
- [5]北・飯田 (2005). 3種類の理論値推定法の提案, 第10回ゲームプログラミングワークショップ, pages 104-109.
- [6]飯田弘之 (2004) ゲームの均衡, 情報処理学会研究報告 GI-12, pages.25-32.
- [7]飯田弘之 (2005) 名人の心理, 心理学シリーズ「芸術心理学という新しいかたち」(子安増夫編)
- [8] H. Iida, N.Takeshita and J.Yoshimura (2003). A Metric for Entertainment of Boardgames: its implication for evolution of chess variants, *Proceedings of IWEC2002*, pages 65-72.