

実ゲームと虚ゲーム

北 隼人¹⁾ 飯田 弘之¹⁾

¹⁾北陸先端科学技術大学院情報科学研究科

概要

本稿は、二人ゲームを題材として実ゲームと虚ゲームの概念を提案し、これらのゲームの性質について考察する。ゲームの初期局面から終端局面へと通常方向に進行するゲームを実ゲームとし、終端局面から初期局面へと逆方向に進行するゲームを虚ゲームとする。実ゲームでは与えられた初期局面からお互いが最善を尽くした場合のゲーム理論値に相当する終端局面を、そして、虚ゲームでは与えられたルールの下で最適な初期局面を探究する。本研究では、リバーシを題材として実ゲームと虚ゲームのふるまいを解析し、実ゲームと虚ゲームの諸性質を考察する。

Forward Game and Backward Game

Hayato Kita¹⁾ Hiroyuki Iida¹⁾

¹⁾Japan Advanced Institute of Science and Technology, Japan

Abstract

This paper proposes a notion of so-called forward and backward game, and its properties are examined. In the forward game search is to be performed from the initial position of a given game to terminal positions, while it is from a terminal position to an initial position in the backward game. The aim of the forward game is to determine the principal variation, which shows the game-theoretical value. In the backward game a reasonable initial position is to be determined. In this study we have chosen the domain of small size of Reversi as an experimental testbed to analyze the forward and backward games. We discuss several topics of these games such as search space and the initial position.

1 はじめに

長い歴史の流れの中で洗練淘汰を経て現在でも親しまれているゲームはかつて存在したゲームの中のほんの一部であると推測される。社会の変化や人々の知的な嗜好の変化に耐え、自らの姿を時には大きく変化させながら生き残ってきたゲームの中に何か普遍的な性質を見出せないだろうか。そのような視点に基づき、シーソーゲームの原理に着目して提案したのがゲーム洗練度の理論である。この理論は、千年を超えるような長い年月を経て洗練されてきた伝統的なゲーム（例えば、チェス、将棋、囲碁など）では可能手数と終了手数の間に一定の関係が成り立っているという、ゲーム場における知と知の相互作用（知の力学）から想定される仮説に基づいている。事実、チェスや将棋、囲碁の平均可能手数 B と平均終了手数 D の関係を式で表すと一定の値に落ち着く。シーソーゲームにおいてプレイヤーまたは観衆は試合経過の推移にスリルを感じる。つまり、 B と D の関係はゲームでのスリル感の度合いを表していると考えている [4]。

人々を長い間惹きつけるゲームの魅力としてスリル感は重要であるが、一方で公平性も重要である。ここで言う公平性とは、プレイヤーのスキルと試合結果の関連を言う。プレイヤーの実力が試合結果に忠実に反映されることである。すなわち、プレイヤーが強くなれば勝ちにつながり、逆にプレイヤーが弱ければ負けにつながる。強さと試合結果に関連がなければ、極端に言えばゲームはじゃんけんのように確率的なものになってしまう。また、同等レベルによるプレイヤー同士の対戦で先後の勝率に極端な差が生じるとすれば、手番を取り合うゲームに帰着する。

ゲームの公平性のためには、ゲームのルール、特に、初期局面の設定が重要である。一般に、ゲームとは初期局面から終端局面に向けて、ルールに従って状態が遷移していくプロセスであると考えられるが、合法手などのルールに対して適切に初期局面が設定されないと終端局面の結果に偏りが生じ、公平性が損なわれる。

初期配置によってゲームの性質が変わる例としては、リバーシの例が挙げられる。一般に、リバーシの初期配置は、盤面中央の4マスに互い違いに白、黒の石を2個ずつ並べる。このように初期配置した場合、6x6マスのリバーシでは白の4石勝ちである。一方、白と黒の石を平行に配置した場合は白の2石勝ちとなる。

同様に、ルールによってもゲームの性質は変わる。例えば、先手必勝として知られる五目並べのルールを改良し、先手側に禁じ手による制約を与え公平性の回復を試みたゲームが連珠である。必勝戦略とゲーム理論値が明らかとなり死んでしまったゲームの蘇生を試みた例である[1][2]。

以上述べたように、スリルと公平性はゲームにとって重要かつ本質的な要素である。スリルと公平性は、ゲームの楽しさとそれを支える土台である。本論文では、特に公平性を決める重要な要素としてのゲームの初期配置に注目し、妥当な初期配置を検討する一助として逆向きに進行するゲームを考える。つまり、終端局面からスタートとして、反転したルールに従って初期局面の方向へ進行するゲームである。本稿ではこれを虚ゲームまたは後向きゲームと呼ぶ。また、順方向に行う通常のゲームを実ゲームまたは前向きゲームと呼ぶ。実ゲームと虚ゲームの概念に基づいて、いくつかの実験を行い、そこで得られたデータを検討比較することによって、特に虚ゲームの性質について考察する。

2. 実ゲームと虚ゲームの定義

「実ゲーム」とは、初期局面 P_0 から終端局面へ方向に進行するゲームである。

「虚ゲーム」とは、ある合法局面 P_k から初期局面へ方向に進行するゲームである。ただし、合法局面とは初期局面から到達可能な局面とする。

実ゲームの目的は、与えられた初期局面 P_0 に対して、最善応手手順（均衡点）とそのときの終端局面 P_n を特定し、勝ち・負け・引き分けといったゲーム理論値を知ることである。一般に、 P_n の一意性は保証されないが、最長手順あるいは最小スコア差というような、ある条件の下で P_n が特定できるとき、このような P_n を P_0 に対する「完成局面」と呼ぶことにする。

虚ゲームは任意の合法局面 P_k ($\neq P_0$) で成立する。虚ゲームの目的は、 P_0 が明示的に与えられる場合、 P_0 から P_k に至る最善応手手順を推定することである。 P_0 が与えられない場合、 P_k に至る妥当な最善応手手順とそのときの初期局面 P_0 を推定する。

実ゲームは完成局面を特定するプロセスであり、虚ゲームは初期局面を特定するプロセスであ

る。前者はゲーム理論値を求めることに相当する。後者はゲームの美観に関わるものではないかと考えている。

3 リバーシを題材とした実験

実ゲーム、虚ゲームの性質を考察するための実験を実施した。ルールの特異性や盤サイズの変更が容易なことから、リバーシを題材とする。

3.1 実ゲームと虚ゲームの比較

リバーシを題材として、実ゲームおよび虚ゲームの具体例を示す。本研究では、実ゲームの初期局面として、白の石と黒の石が平行なもの（図1）と交差しているもの（図2）の二通りを用意した。盤の大きさはともに4x4サイズとする。虚ゲームの初期局面は図3、図4であり、これらの局面はそれぞれ、図1、図2を初期局面とした場合の完成局面である。

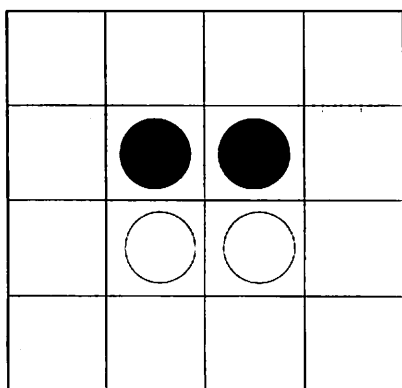


図1 リバーシの初期配置（平行）

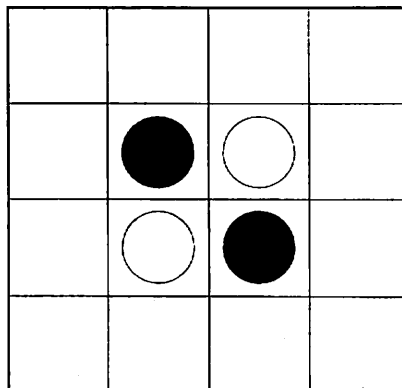


図2 リバーシの初期配置（交差）

実ゲームでは、縦、横、斜めいずれかの方向で相手の石を挟むことが出来る空マスに着手可能である。虚ゲームでは、縦、横、斜めいずれかの方向で自分の石を挟むことが出来る自分の石のある位置が候補手となる。つまり、虚ゲームでは、一方向に3つ以上連続して石が存在する場合に限り着手可能となる。

実ゲームの場合、ひっくり返す石を選ぶことが出来ない。すなわち、ひっくり返せる石はすべてひっくり返さなければならない。しかし、虚ゲームの場合はその限りではなく、どこまで石の色を変えるかを選択できる。それゆえ、虚ゲームの初期局面では着手可能手（合法手）の数が多くなる。例えば、全マスが白石で埋まっているような局面では、4x4 マスの盤でも白の合法手は220通り存在する。実ゲームおよび虚ゲームともに、両プレイヤーが互いに合法手が存在しないとき、つまり、両者が連続してパスした時点でゲームは終了する。パスについても実ゲームと虚ゲームは同様の扱いとする。

このような条件の下、実ゲーム、虚ゲーム、それぞれ二通りずつについて探索空間（探索した全ノード数）、終端局面数について調べた。局面の探索では、特に探索効率化のための枝刈りを行わず、全ての局面を数え上げた。その結果を表1に示す。

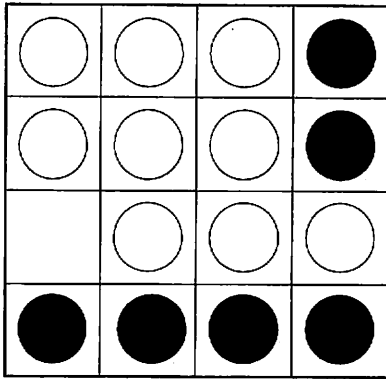


図3 虚ゲームの初期配置

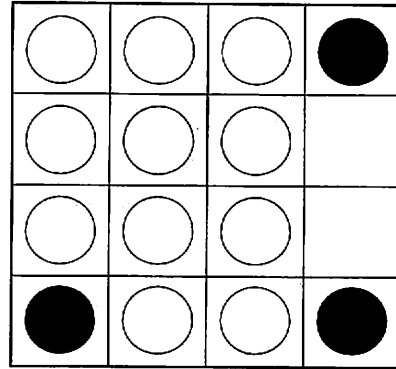


図4 虚ゲームの初期配置

	全探索ノード数	末端局面数	ゲームの長さ
実ゲーム (図 1)	180,228	67,116	12
実ゲーム (図 2)	164,760	60,060	12
虚ゲーム (図 3)	1,184,199	759,722	9.71
虚ゲーム (図 4)	545,702	298,452	9.67

表1 実ゲームと虚ゲームの探索ノード数と終端局面数

[図1, 図3], [図2, 図4] がそれぞれ対応する実ゲームと虚ゲームである。それぞれの場合での全探索ノード数をみると、虚ゲームの方がかなり多い。[図1, 図3] の組み合わせでは約 6.6 倍, [図2, 図4] の組み合わせでは約 3.3 倍である。

全探索ノードに占める終端局面の割合に着目すると、実ゲームではおよそ 3 分の 1 程度であるのに対し、虚ゲームでは半分以上である。終了手数 (ゲームの長さ) からも、実ゲームのゲーム木と虚ゲームにおけるゲーム探索木の形の相違が明らかである。実ゲームの探索木の形は長い枝が数本伸びる木のようにあり、虚ゲームの探索木の形は無数の短い枝が伸びる木のようにある (図 5 参照)。

[図2, 図4] の組で探索ノードの集合を比較すると、実ゲームの探索木に現れるが、虚ゲームに現れない局面、またその逆のパターンも存在することを発見した。

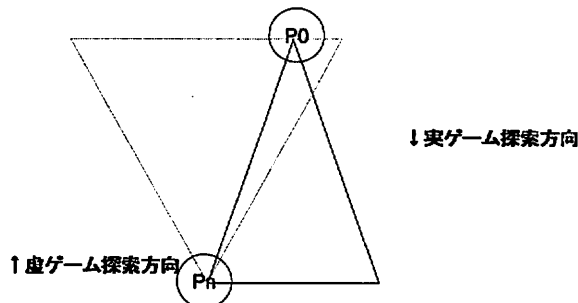


図 5 実ゲームと虚ゲームの探索空間の重なり

3.2 虚ゲームでの初期配置の探索

虚ゲームの探索における終端局面は、実ゲームの初期局面となり得るものでなければならない。虚ゲームの探索によって得られるすべての終端局面（実ゲームの初期局面候補）を検討することによって、妥当な初期配置について考察することが出来る。本研究では、実ゲームの探索で得られた完成局面を虚ゲームの初期局面とする場合のみを検討する。それ以外の場合については今後の課題としたい。

虚ゲームの探索によって得られる終端局面、つまり、実ゲームの初期局面候補となる局面を虚ゲームの終端局面での空きマスの数ごとに数え上げた（表3参照）。全ての初期局面は4マス空きから12マス空きまでに分布しており、実際の初期局面である12マス空きよりも10マス空きなどの初期局面数は多くなっている。この中から初期局面を選ぶ場合、どのような基準で選ぶかは今後の課題であるが、探索ノード数や可能手の数など様々な基準が考えられる。

空きマス	図4	図3
4	3	17
5	276	448
6	3063	4253
7	15200	23864
8	38402	85660
9	71079	193908
10	83371	255919
11	64074	150171
12	22984	45482

表3 空きマスの数ごとに

4 まとめ

本稿では実ゲームと虚ゲームの概念を提案し、4x4 リバーシを題材として、実ゲームと虚ゲームの探索空間などを比較した。その結果、虚ゲームの探索空間は一般に実ゲームの探索空間よりも大きくなることを確認した。この性質はリバーシ以外の場合にも引き継がれると考えられる。また、実際に実ゲームと虚ゲームのゲーム木を重ね合わせた場合、それぞれの終端局面以外にも重ならないノードがあることを確認した。

本研究では初期局面の美観あるいは妥当性についての吟味には至らなかったので今後の課題とする。また、リバーシ以外のゲームでも本稿で示したような性質がみられるかどうかを確認する。

5 参考文献

- [1] 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.
- [2]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.
- [3]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.

- [4]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.
- [5]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), 誠心書房
- [6] 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.