平成 23 年度

学士学位論文

モンテカルロ法を適用した大貧民プレイヤのプレイアウトの性質に関する研究

Study on Properties of Playouts of Monte Carlo Daihinmin Players

1120249　　地曳　隆将

指導教員　　松崎　公紀

2012 年 3 月 1 日

高知工科大学 情報システム工学科

要 旨

モンテカルロ法を適用した
大貧民プレイヤの
プレイアウトの性質に関する研究

地曳　隆将

本論文で研究対象とするゲームは大貧民である．大貧民は不完全情報ゲームに分類されるゲームである．近年，大貧民の研究において，乱数によるシミュレーションを複数回行うことにより近似解を算出するモンテカルロ法を，プレイヤプログラムに適用する研究が行われている．モンテカルロ法を適用した大貧民プレイヤプログラムは，ゲーム終了までの過程を仮想的に行うことを繰り返し，手役の評価値を算出する．ゲーム終了までの過程を仮想的に行う動作はプレイアウトと呼ばれ，プレイアウトの精度がプレイヤプログラムの強さに影響する．大貧民においてプレイアウトの精度を下げる要因のひとつには，プレイアウト開始時に生成した相手プレイヤの手札と実際の相手プレイヤの手札が違うということがある．これは，大貧民のルール上，相手プレイヤの手札を知ることができないからである．そこで，本実験では，生成した相手プレイヤの手札と実際の手札の違いがプレイアウトの結果に与える影響について調査した．その結果，相手プレイヤの最強のカードと最弱のカードを知ることができれば，相手プレイヤの手札をすべて知ることができたときの評価値に近い評価値を算出できることが分かった．

キーワード　不完全情報ゲーム，大貧民，モンテカルロ法，プレイアウト

Abstract

Study on Properties of Playouts of Monte Carlo Daihinmin Players

Takamasa ZIBIKI

In this paper, research object game is Daihinmin. Daihinmin is classified into imperfect information game. In recent years, in a research of Daihinmin, study on apply Monte Carlo method to player program has been done. Daihinmin player program of the application of the Monte Carlo method is simulate a until the end of the game, and calculate evaluation value from result. This series of operations called the playout. In general, that by improving of precision of playout, possible to enhance the ability of player. Daihinmin is imperfect information game, and cannot know the enemy players hand. Therefore, there is a difference between the generate hand and actual hand. In this experiment, research the impact of difference between generate hand and actual hand on result of the playout. As a result, cards of the strongest and weakest of enemy players become apparent, and similar results are obtained in all hand of enemy players become apparent.

key words Imperfect information game, Daihinmin, Monte Carlo method, Playout

目次

図目次

表目次

第 1 章

はじめに

1.1 研究の背景および目的

ゲームには完全情報ゲームと不完全情報ゲームという分類の軸がある．完全情報ゲームとはプレイヤの意思決定点において「各プレイヤが現在の盤面までに行った行動」と「そのときに実現した盤面の状態」を再現可能なゲームのことである．また，完全情報ゲームではないゲームのことを不完全情報ゲームと呼ぶ．

近年，ゲームの研究において，乱数によるシミュレーションを複数回行うことにより近似解を算出するモンテカルロ法を，プレイヤプログラムに適用する研究が注目されている [1][2][3]．モンテカルロ法を適用したプレイヤプログラムは，合法手からある手役を選択し，ゲーム終了までの過程を仮想的に行うことを繰り返し，選択した手役の評価値を算出する．ゲーム終了までの過程を仮想的に行う動作はプレイアウトと呼ばれる．一般に，プレイアウトの精度を上げることでプレイヤプログラムを強化できる．完全情報ゲームである囲碁の分野では，プレイヤプログラムにモンテカルロ法を適用することで，プレイヤプログラムの強さが向上した [1]．

本論文では大貧民を研究対象とする．大貧民は不完全情報ゲームであり [2][3]，相手プレイヤの手札を知ることができない．そのため，プレイアウト開始時に生成した仮想的な相手プレイヤの手札と実際の相手プレイヤの手札に違いがある．これにより，プレイアウトの精度が下がり，プレイヤプログラムが弱化する．既存研究に，この相手プレイヤの手札の生成を改良するものがある [3]．

本研究では，最善手の判定に必要なプレイアウトの精度の調査し，相手プレイヤの手札を

部分的に固定した状態でのプレイアウトを調査することで，不完全情報性がプレイアウトの結果に与える影響を調査する．これにより，相手プレイヤの手札の情報をどの程度知ることができれば最善手を誤らないか調査する．

1.2　関連研究

モンテカルロ法の研究のひとつに，囲碁のプレイヤプログラムにモンテカルロ法を応用して適用するものがある [1]．この研究では，囲碁のプレイヤプログラムにモンテカルロ法の応用であるモンテカルロ木探索を適用している．モンテカルロ木探索では，プレイアウトが返す値を勝ちか負けの 2 択にし，有利な手に多くのプレイアウトを行うように工夫されている．

大貧民の研究には，大貧民のプレイヤプログラムにモンテカルロ法を適用するものがある [2]．この研究では，自プレイヤが場に提出する手役の選択手法にモンテカルロ法を適用している．プレイヤが場に提出する手役は，プレイアウト終了時に評価値が最も高い手役である．また，与えられたプレイアウト回数内で効率の良いプレイアウトを行うために，プレイアウトする手役の選択手法に多腕バンディット問題を解くためのアルゴリズムのひとつである ε-GREEDY を適用している．

その他の大貧民の研究では，プレイアウト開始時に生成する相手プレイヤの手札を改良するものがある [3]．この研究では，相手プレイヤの手札を実際の手札に近い手札を割り当てるようにするため，各相手プレイヤごとにカードに対する重みテーブルを用意し，各カードを重みに比例した確率で割り当てを行っている．その結果，プレイアウトの精度を上げることができプレイヤプログラムの強化に成功している．

1.3　本論文の構成

本論文の構成を以下に示す．第 2 章では，本実験に用いる UEC コンピュータ大貧民大会の標準ルールについて説明する．第 3 章では，本実験に用いるモンテカルロ法を適用したプ

レイヤプログラムについて説明する．第 4 章では，プレイアウトの精度をどの程度まで上げれば最善手を誤らないか調査する．第 5 章では，相手プレイヤの手札固定条件がプレイアウトの結果に与える影響について調査し，実験の考察をする．そして，第 6 章で本論文をまとめる．なお，付録には実験に用いた大貧民の盤面を記載した．

第 2 章

UEC コンピュータ大貧民大会の標準ルール

2.1　基本ルール

UEC コンピュータ大貧民大会は [4]，電気通信大学主催の大貧民の大会である．本実験で用いる大貧民のルールは，UEC コンピュータ大貧民大会の標準ルールである [4]．この節では，UEC コンピュータ大貧民大会の標準ルールの基本的なルールについて述べる．

2.1.1　各プレイヤへのカードの配布方法とカードの強弱

ゲームに使用するカードは，各スート (スペード，ハート，ダイヤ，クラブ) のエースからキングまでの 52 枚にジョーカーの 1 枚を加えた 53 枚のカードである．これらのカードを 5 名のプレイヤにランダムに配布してゲームを行う．つまり，ゲーム開始時には，手札枚数が 11 枚のプレイヤが 3 名，10 枚のプレイヤが 2 名いることになる．

カードの強弱は，場のオーダ (通常時，革命時) によって変化する．カードの強弱と場のオーダの関係を表 2.1 に示す．

2.1.2　手役の種類と提出方法

プレイヤが場に提出できる手役は 4 種類ある．手役の種類を以下に示す．

シングル　1 枚のカードだけで構成された手役

表 2.1　カードの強弱

場のオーダ	カードの強弱
通常時	$3 < 4 < 5 < 6 < 7 < 8 < 9 < 10 < \mathrm{J} < \mathrm{Q} < \mathrm{K} < \mathrm{A} < 2 < \mathrm{JOKER}$
革命時	$2 < \mathrm{A} < \mathrm{K} < \mathrm{Q} < \mathrm{J} < 10 < 9 < 8 < 7 < 6 < 5 < 4 < 3 < \mathrm{JOKER}$

ペア　同じランクのカード 2 枚以上で構成された手役

階段　同じスートの連番のランクのカード 3 枚以上で構成された手役

パス　場に何も提出しない手役

各プレイヤは，事前に決められた席順に従って自分の手札から場に手役を提出する．場にカードが提出されていない場合は，自分の手札から任意の手役を提出できる．場にカードが提出されている場合は，場に提出されている手役より強く，かつ場に提出されている手役と同じ種類の手役を自分の手札から提出できる．場に提出できる手役がパスしか存在しない場合には，強制的にパスを場に提出する．

2.1.3　場が流れる条件とパスの扱い

全てのプレイヤがパスを場に提出すると場が流れる．場が流れた場合は，場が流れる前に最後にカードを提出したプレイヤが自分の手札から任意の手役を場に提出できる．場が流れる前に最後にカードを提出したプレイヤが勝ち抜けしていた場合は，そのプレイヤの次の席順にいるプレイヤが自分の手札から任意の手役を場に提出できる．

パスは，場にパス以外の手役を提出可能な場合でも提出できる．パスを場に提出した場合には，場が流れるまで手役を提出できなくなる．また，自分以外のすべてのプレイヤがパスをしている状態で自分が場に提出可能な手役がある場合には，提出可能な手役が無くなるまで手役を場に提出できる．

表 2.2 上がり状態となったプレイヤに与えられる階級名と得点

上がり順	階級名	獲得点数
1 番目	大富豪	5 点
2 番目	富豪	4 点
3 番目	平民	3 点
4 番目	貧民	2 点
5 番目	大貧民	1 点

表 2.3 各階級に応じたカードの交換方法

階級名	カード交換方法
大富豪	大貧民に任意のカードを 2 枚渡す
富豪	貧民に任意のカードを 1 枚渡す
平民	交換を行わない
貧民	富豪に最も強いカードを 1 枚渡す
大貧民	大富豪に強いカードから順に 2 枚渡す

2.1.4 階級による獲得点数と階級に応じたカードの交換

自分の手札の枚数が 0 になり勝ち抜けすることを上がりと呼ぶ．上がり時にはどんな手役を場に出してもよい．また，上がり状態となったプレイヤから順に階級が与えられる．与えられる階級名と得点を表 2.2 に示す．

ゲーム開始時に，1 つ前のゲームで与えられた階級に応じたカードの交換を行う (1 試合目はカードの交換を行わない)．階級に応じて交換するカードと，カードの交換相手を表 2.3 に示す．

また，同じランクのカードが複数存在した場合は，スペード，ハート，ダイヤ，クラブの順で交換するカードを決定する．

2.2　ローカルルール

大貧民には複数のローカルルールが存在する．この節では，UEC コンピュータ大貧民大会で採用されているローカルルールについて述べる．

2.2.1　特殊なルール

8 切り　場にランクが 8 のカードが提出されると 8 切りが発生する．また，8 を含んだペアや，8 を含んだ階段が場に提出された場合にも発生する．8 切りが発生すると場が流れ，8 切りを発生させたプレイヤが自分の手札から任意の手役を場に提出できる．

しばり　場に同じスートが連続して提出されるとしばりが発生する．また，ペアや階段の場合でも，場に同じスートが連続して提出されるとしばりが発生する．しばりが発生すると，場が流れるまで場に提出されているスートと同じスートのカードしか場に提出できない．

革命　4 枚以上のペアが場に提出された場合と，5 枚以上の階段が場に提出された場合に革命が発生する．革命が発生すると，ゲーム終了時まで場のオーダが入れ替わり，カードの強弱が逆転する．つまり，通常時には革命状態になり，革命時には通常状態になる．ゲーム開始時の場のオーダは，前のゲームが革命時のまま終了した場合でも通常になる．

2.2.2　特殊なカード

ジョーカー　ジョーカーは，場のオーダが通常の場合は 2 よりも強いカードであり，場のオーダが革命の場合は 3 よりも強いカードである．また，ペアや階段を構成する場合には，ジョーカーをワイルドカードとして使用できる．

ダイヤの 3　ゲーム開始時にダイヤの 3 のカードを所持しているプレイヤは，ゲーム開始時に手役を場に提出するプレイヤとなる．

スペードの 3　スペードの 3 は，場にシングルのジョーカーが提出されている場合に，ジョー

カーよりも強いカードとして場に提出できるカードである．シングルのジョーカーが場に提出されている状態で，スペードの 3 を提出した場合には場が流れ，スペードの 3 を提出したプレイヤが自分の手札から任意の手役を場に提出できる．この効果は場のオーダによる影響を受けないため，革命時でも，場にシングルのジョーカーが提出されている場合に，ジョーカーよりも強いカードとして場に提出できる．

第 3 章

モンテカルロ法を適用したプレイヤプログラム

3.1　モンテカルロ法

モンテカルロ法とは，乱数によるシミュレーションを複数回行うことによって近似解を算出するアルゴリズムである．モンテカルロ法の特徴に，広範囲の状況に対して利用可能であることや，解析的に解を算出しにくい問題や解を算出できない複雑な問題に対して容易に利用できることなどがある．一方で，シミュレーションの統計結果に基づいて解を算出するため誤差を含むことや，精度を上げるために膨大な計算時間が必要になるという特徴もある．一般に，モンテカルロ法の精度はシミュレーション回数の平方根に比例するため，精度を 1 桁上げるためには 100 倍程度の計算時間が必要になる [5].

モンテカルロ法をプレイヤプログラムに適用する際には，シミュレーションの精度がプレイヤプログラムの強さに影響を与えるため，シミュレーションの精度をどのように上げるか考慮する必要がある．

3.2　モンテカルロ法を適用したプレイヤプログラムの動作

3.2.1　場に提出する手役の選出方法

本研究では，各手役の評価値の算出にモンテカルロ法を適用したプレイヤプログラムを用いる．モンテカルロ法を適用したプレイヤプログラムは，プレイアウトによって各手役の評

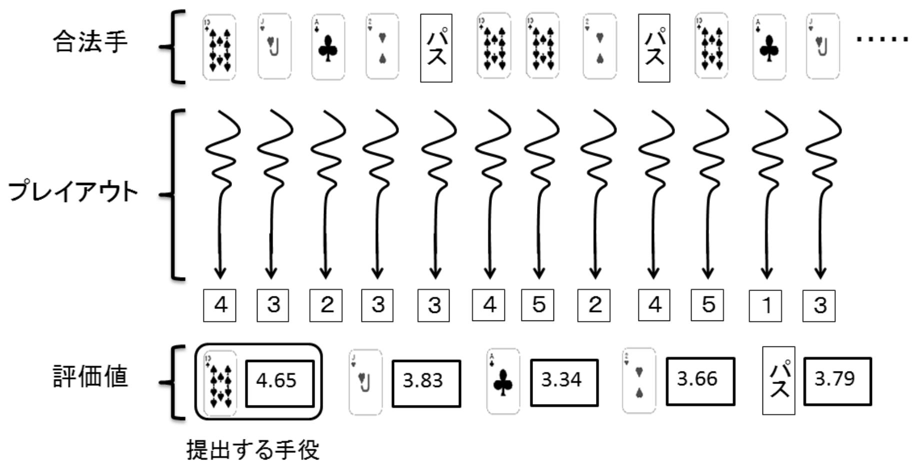

図 3.1　場に提出する手役の選出方法

価値を算出し，場に提出する手役を決定する．場に提出する手役の選出方法を図 3.1 に従って説明する．まず，合法手から手役をひとつだけ選択しプレイアウトを行う．プレイアウトが終了すると，選択した手役に獲得点数を割り当てる．このときに割り当てる点数は，プレイアウト終了時の自プレイヤの階級によって決定する．この動作を複数回繰り返し行い，各手役の評価値を獲得点数の統計から算出する．そして，評価値が最も高い手役を場に提出する．以上がモンテカルロ法を適用したプレイヤプログラムの場に提出する手役の選出方法である．

3.2.2　プレイアウト中の動作

プレイアウト中に各プレイヤが場に提出する手役は，パス以外の合法手が存在する場合はパス以外の合法手から等確率に選択する．

1 回のプレイアウトで獲得する点数は大貧民であれば 1 点，貧民であれば 2 点，平民であれば 3 点，富豪であれば 4 点，大富豪であれば 5 点とする．各手役の評価値はプレイアウトで獲得した点数の相加平均とする．プレイアウト中の動作を図 3.2 に示す．

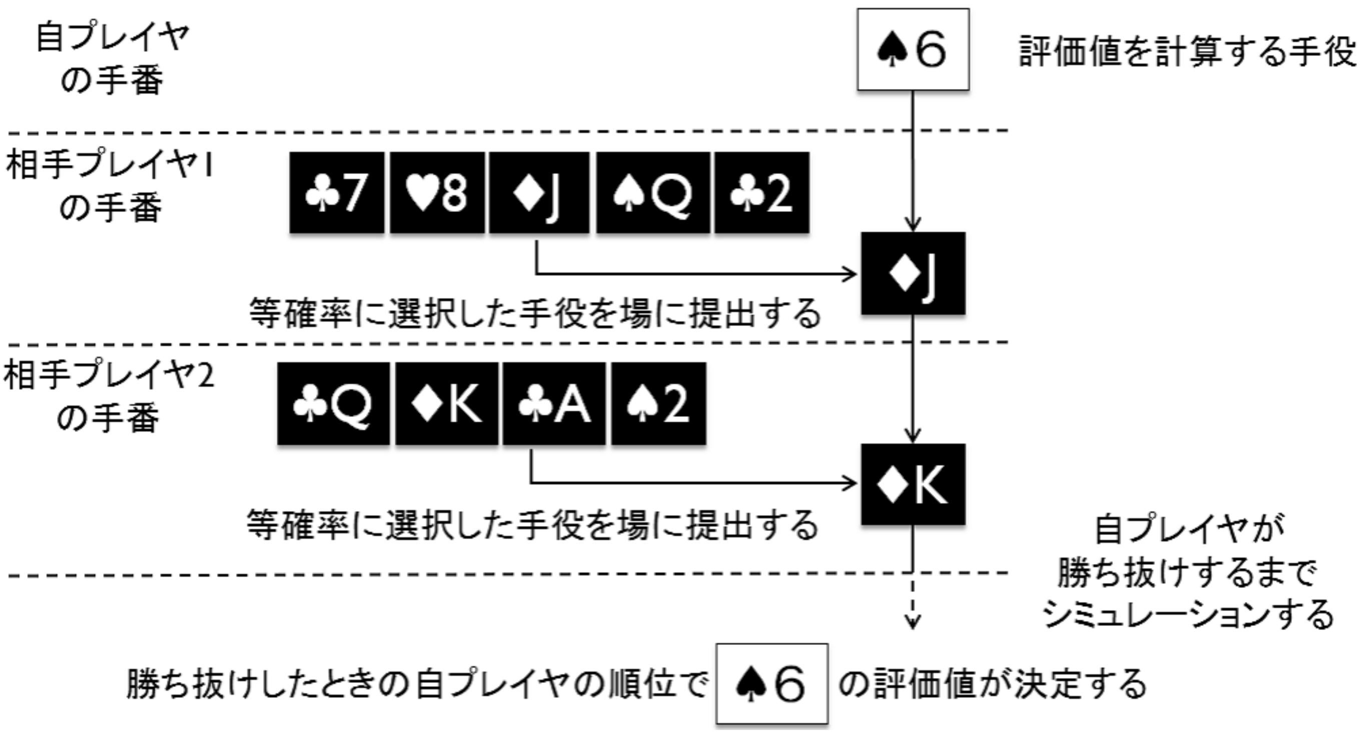

図 3.2　プレイアウト中の動作

第 4 章

最善手の判定に必要なプレイアウトの精度の調査

大貧民は不完全情報ゲームであり，相手プレイヤの手札を知ることができない．相手の手札を知ることができないということは，プレイアウト開始時の初期盤面を固定できないということである．そのため，一般に最善手を定義できる盤面は，自プレイヤが確実に勝ち抜けできる盤面だけである．

本実験では，相手プレイヤの手札を固定することでプレイアウト開始時の初期盤面を固定する．これにより，どのような盤面でも最善手を定義できるようにする．本論文中では，相手プレイヤの手札を固定したときに評価値が最も高い手役を最善手とし，2 番目に評価値の高い手役を次善手とする．

本実験では，相手プレイヤの手札を固定して盤面を作成し，作成した全盤面について最善手と次善手の評価値の差を調査する．これにより，プレイアウトの精度をどの程度まで上げれば最善手を誤らないか調査する．

4.1　実験に用いる盤面

実験に用いる盤面は，コンピュータ大貧民のプレイの中から 15 個選択した．選択した盤面の条件は，自プレイヤが確実に勝ち抜けできない盤面であり，かつ著者が最善手を判断しにくいと感じた盤面 (各手役に対して 100 回や 200 回のプレイアウト回数では最善手の判定が困難な盤面) である．選択した 15 個の盤面の内訳は序盤を 5 個，中盤を 5 個，終盤を 5

個である．各盤面の詳細を以下に示す.

序盤　まだ場に提出されていないカードが 36 枚以上

中盤　まだ場に提出されていないカードが 21 枚以上 35 枚以下

終盤　まだ場に提出されていないカードが 20 枚以下

実験に用いる盤面は以下の情報から構成される.

- 自プレイヤが所持しているカード
- 各相手プレイヤが所持しているカード
- 現在場に提出されているカード
- 各プレイヤの席順
- パスをしているプレイヤ
- すでに勝ち抜けしているプレイヤ
- 場のオーダ
- 縛り発生の有無

4.2　プレイアウトの方法

プレイアウトの回数は各手役に対して 10000 回である．初期盤面を生成するため，プレイアウト開始時に相手プレイヤの手札を全て固定する．本論文中では，相手プレイヤの手札を全て固定することを全固定と呼ぶ．その他の動作は，第 3 章のモンテカルロ法を適用したプレイヤプログラムの動作と同じである.

全固定の盤面の一例を図 4.1 に示す．プレイヤ名で仕切られた枠内にあるカードが，そのプレイヤの手札である．各プレイヤの手札は左から右にランクの昇順にソートされている. your turn と枠内に表示されているプレイヤが，場に提出する手役を選択するプレイヤ (自プレイヤ) である．図 4.1 の上部にある表向きのカードは，現在場に提出されているカードである．なお，実験に用いる 15 個の盤面は場のオーダが通常であり，縛りが発生していな

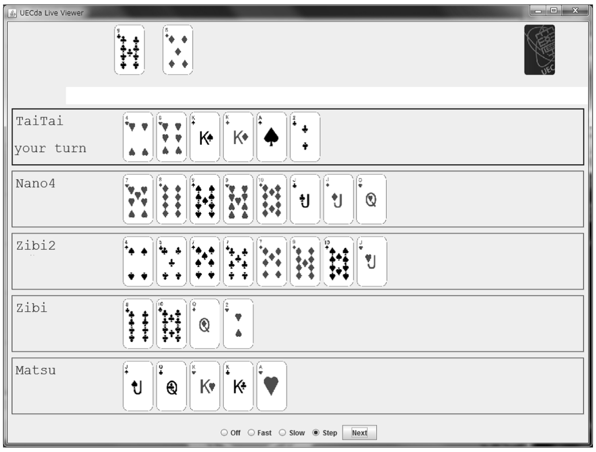

図 4.1　全固定の盤面

い盤面である．

4.3　実験結果

図 4.2 は，最善手と次善手の差の幾何平均を示した図である．

実験の結果より，全盤面における最善手と次善手の評価値の差の幾何平均はおよそ 0.06 であることが確認できた．また，最善手の判定が最も難しい盤面は中盤であることがわかる．中盤における，最善手と次善手の評価値の差の幾何平均はおよそ 0.03 である．そのため，全盤面で最善手を誤らないようにするためには各手役の評価値の誤差を 0.03 以下に抑えればよいことが分かる．

4.3 実験結果

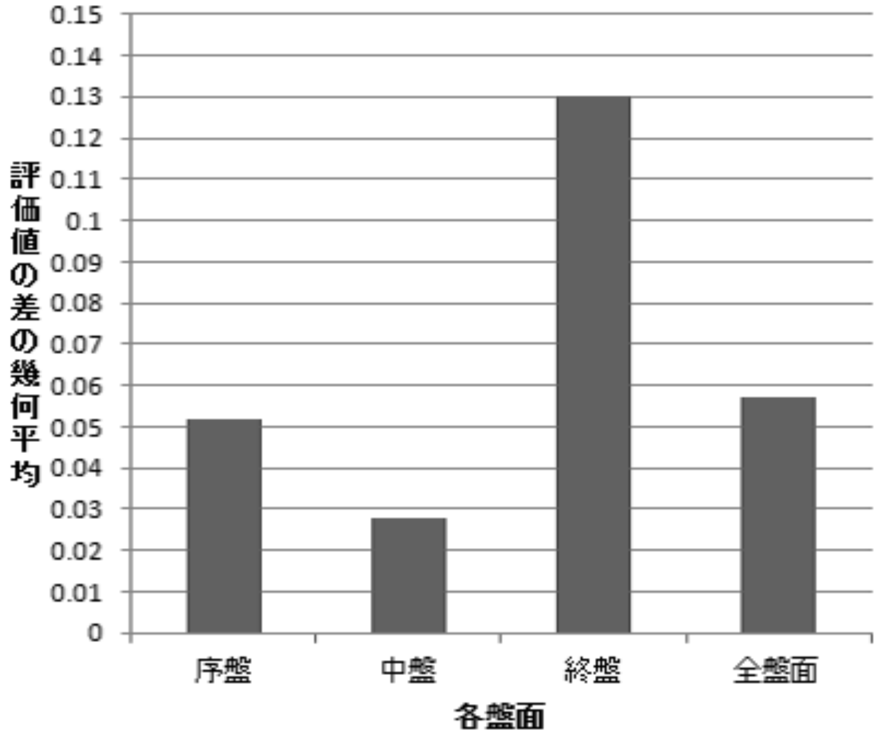

図 4.2　各盤面における最善手と次善手の評価値の差の幾何平均

第 5 章

不完全情報性がプレイアウトの結果に与える影響の調査

本実験では，第 4 章の実験で用いた 15 個の盤面に対して相手プレイヤの手札固定条件を変更してプレイアウトを行い，最善手の評価値の誤差を比較する．また，各手札固定条件で評価値が最も高い手役と最善手が一致しているかを調べ，各手札固定条件の最善手の的中率を調査する．これにより，相手プレイヤの手札の情報をどの程度知ることができれば最善手を誤らないか調査する．

5.1　実験に用いる盤面

本実験では，自プレイヤは相手プレイヤの手札を完全に知ることはできない．そのため，実験に用いる盤面は第 4 章の実験で用いた 15 個の盤面であるが，盤面を構成する情報が異なる．実験に用いる盤面は以下の情報から構成される．

- 自プレイヤが所持しているカード
- 各相手プレイヤのカード枚数
- まだ場に提出されていないカード
- 現在場に提出されているカード
- 各プレイヤの席順
- パスをしているプレイヤ
- すでに勝ち抜けしているプレイヤ

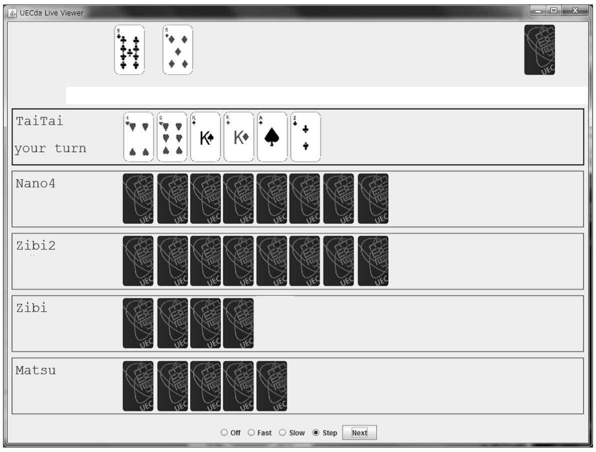

図 5.1　全ランダムの盤面

- 場のオーダ
- 縛り発生の有無

5.2　プレイアウトの方法

プレイアウトの回数は各手役に対して 10000 回である．プレイアウト開始時に相手プレイヤの手札を 4 通りの手札生成手法により生成する．その他の動作は第 3 章のモンテカルロ法を適用したプレイヤプログラムの動作と同じである．4 通りの手札生成手法を以下に示す．

全ランダム　全てのカードをランダムに割り当てる

強固定　最強のカードを 1 枚固定し，その他のカードをランダムに割り当てる

弱固定　最弱のカードを 1 枚固定し，その他のカードをランダムに割り当てる

強・弱固定　最強と最弱のカードを 1 枚固定し，その他のカードをランダムに割り当てる

全ランダムの盤面の一例を図 5.1 に，強固定の盤面の一例を図 5.2 に，弱固定の盤面の一例を図 5.3 に，強・弱固定の盤面の一例を図 5.4 に示す．

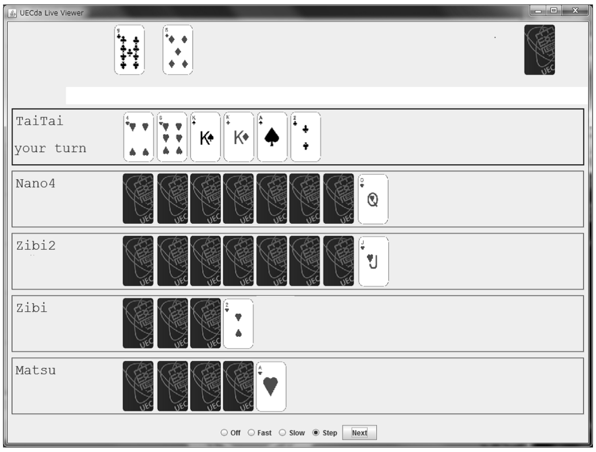

図 5.2 強固定の盤面

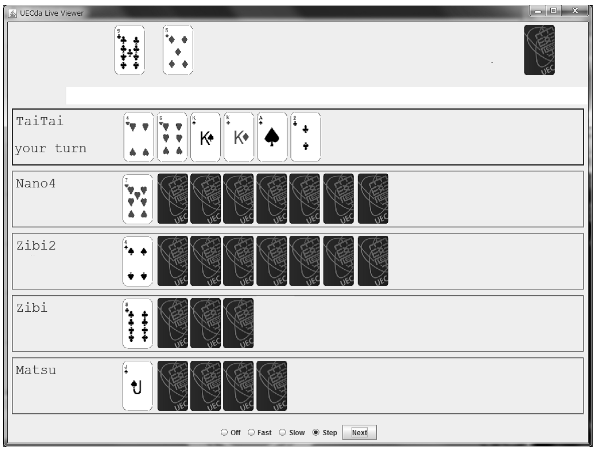

図 5.3 弱固定の盤面

5.3 実験結果

図 5.5 は，最善手の評価値の差の幾何平均を，序盤と中盤と終盤に分類して示した図である．また，それぞれの手札生成における最善手の的中数を表 5.1 に示す．

第 4 章の実験結果より，全盤面で最善手を誤らないようにするためには各手役の評価値の誤差を 0.03 以下に抑えればよいことが分かった．そのため，最善手の評価値の誤差が 0.03 以下であれば最善手をほぼ誤らないといえる．以上のことから，全ランダムや強固定や弱固定では，どの盤面でも最善手を誤る可能性があることが分かる．強・弱固定では，序盤と終盤で最善手を誤る可能性がほぼないことが分かる．

5.3　実験結果

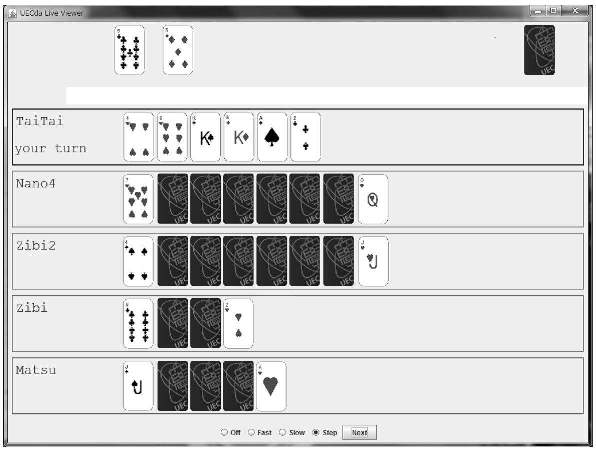

図 5.4　強・弱固定の盤面

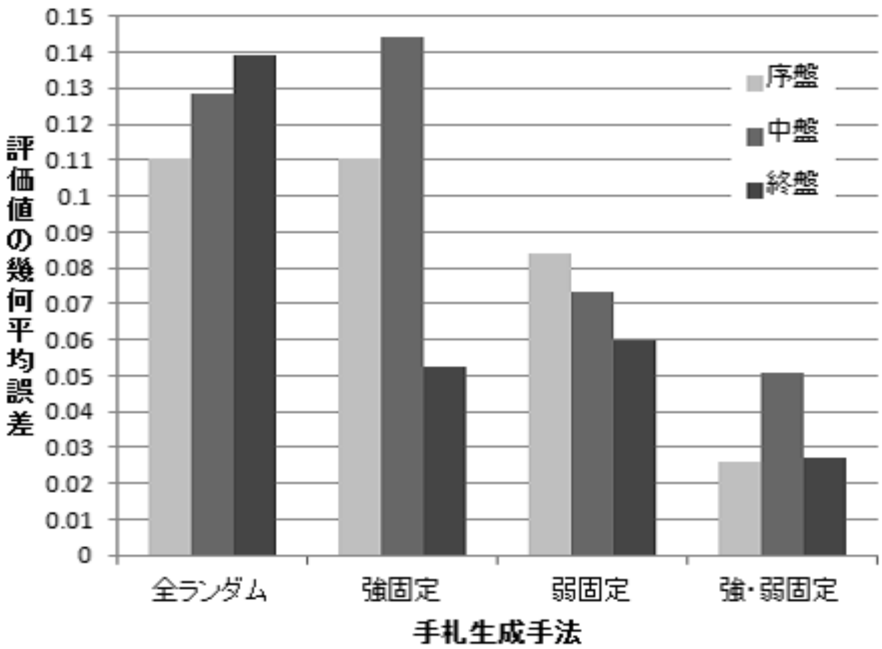

図 5.5　最善手の評価値の幾何平均誤差

また，序盤と中盤では強固定が全ランダムと大差がないため，序盤と中盤で各プレイヤの最強のカードを知ることにはほぼ意味がないことが分かる．

表 5.1 各手札生成手法における最善手の的中数

手札生成手法	序盤	中盤	終盤
全ランダム	4	4	2
強固定	5	2	3
弱固定	3	4	2
強・弱固定	5	5	4

5.4 考察

第 4 章と第 5 章の実験の結果，最善手の誤差が 0.03 以下であれば最善手をほぼ誤らないことが分かった．これにより，相手プレイヤの最強のカードと最弱のカードを推測することで，プレイアウトの精度を向上できると考える．

しかし，今回の実験に用いた盤面は全部で 15 個であり，この盤面数で正しい結果が得られるかは分からない．また，プレイアウト中の各相手プレイヤの動作は，パス以外の合法手が存在する場合はパス以外の合法手から等確率に選択する方法である．

そのため，プレイアウト中の各相手プレイヤの動作を改善し，より多くの盤面について実験を行うことで，実験結果の精度をあげることができると考える．

第 6 章

おわりに

本研究では，不完全情報性がプレイアウトの結果に与える影響を調査した．第 4 章の実験結果より，全盤面で最善手を誤らないようにするためには，各手役の評価値の誤差を 0.03 以下に抑えればよいことが分かった．第 5 章の実験結果より，相手プレイヤの最強のカードと最弱のカードを知ることができれば，相手プレイヤの手札をすべて知ることができたときの評価値に近い評価値を算出できることが分かった．今後の課題は，実験結果の精度を上げることである．そのためには，プレイアウト中の各相手プレイヤの動作を改善し，より多くの盤面について実験を行う必要がある．

謝辞

本研究の完遂にあたって，丁寧な御指導と的確なアドバイスをして頂いた高知工科大学情報学群准教授 松崎公紀先生に心より感謝し厚く御礼申し上げます．副査として本研究を支援して頂いた同学群教授 坂本明雄先生，並びに，同学群講師 吉田真一先生に深く感謝致します．

また，本研究の磨き上げに協力して頂いた東京大学大学院 情報理工学系研究科助教 美添一樹氏に心より感謝致します．最後に，日頃より本研究について熱心な討論と有益なアドバイスをして頂いた松崎研究室所属の川村高之氏，那須律政氏，畑島正和氏，森田茂彦氏，並びに，吉田研究室所属の滝優基氏に感謝致します．

参考文献

[1] 美添　一樹. コンピュータ囲碁におけるモンテカルロ法 ～ 理論法 ～. http://entcog.c.ooco.jp/entcog/contents/lecture/date/5-yoshizoe.pdf, pp. 2–3, 2008.

[2] 小沼　啓, 西野　哲朗. コンピュータ大貧民に対するモンテカルロ法の適用. 第 25 回ゲーム情報学研究発表会, pp. 1–4, 2010.

[3] 須藤　郁弥, 成澤　和志, 篠原　歩. UEC コンピュータ大貧民大会向けクライアント「snowl」の開発. 第 2 回 UEC コンピュータ大貧民シンポジウム, pp. 1–2, 2011.

[4] 電気通信大学. UEC コンピュータ大貧民大会, http://uecda.nishino-lab.jp/2010, 2011.

[5] 島内　剛一, 有澤　誠, 野下　浩平, 浜田　穂積, 伏見　正則. アルゴリズム辞典. 共立出版株式会社, pp.804–806, 1998.

付録 A

実験に用いた盤面

本付録では，第 4 章と第 5 章の実験に用いた全 15 個の盤面を記載する．

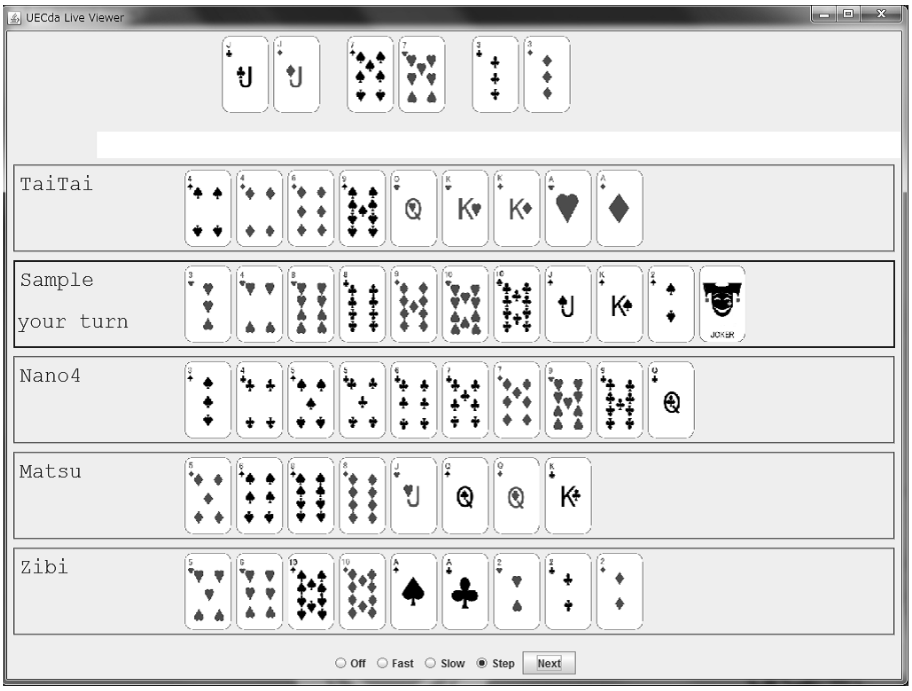

図 A.1　序盤 1

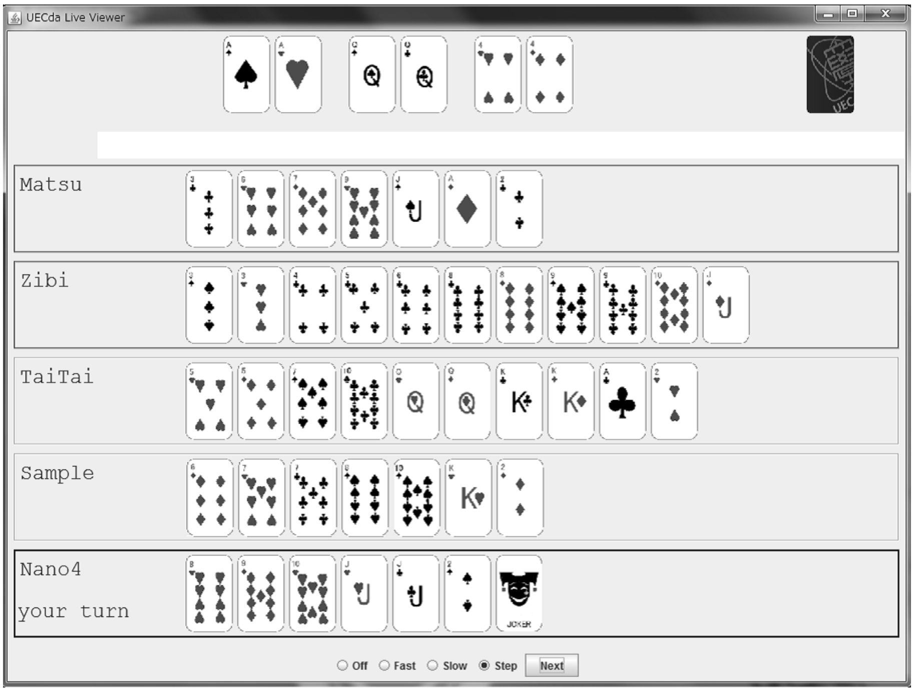

図 A.2　序盤 2

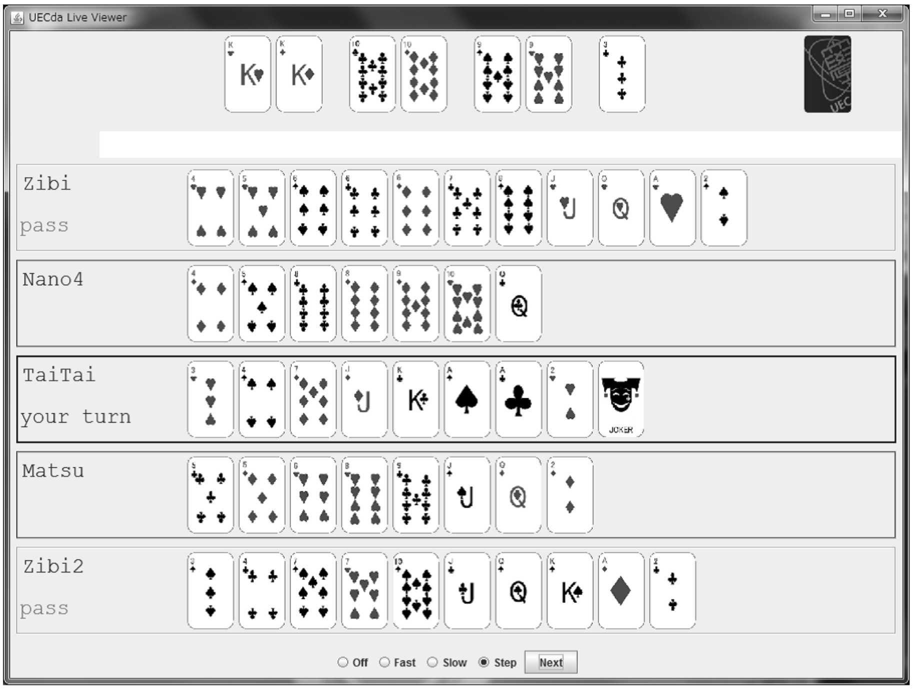

図 A.3　序盤 3

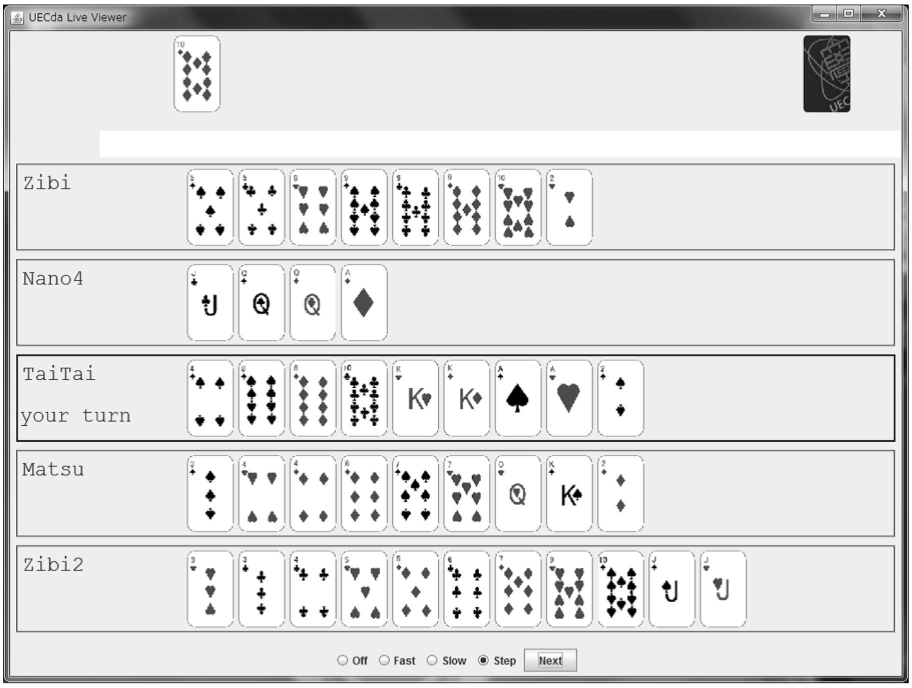

図 A.4　序盤 4

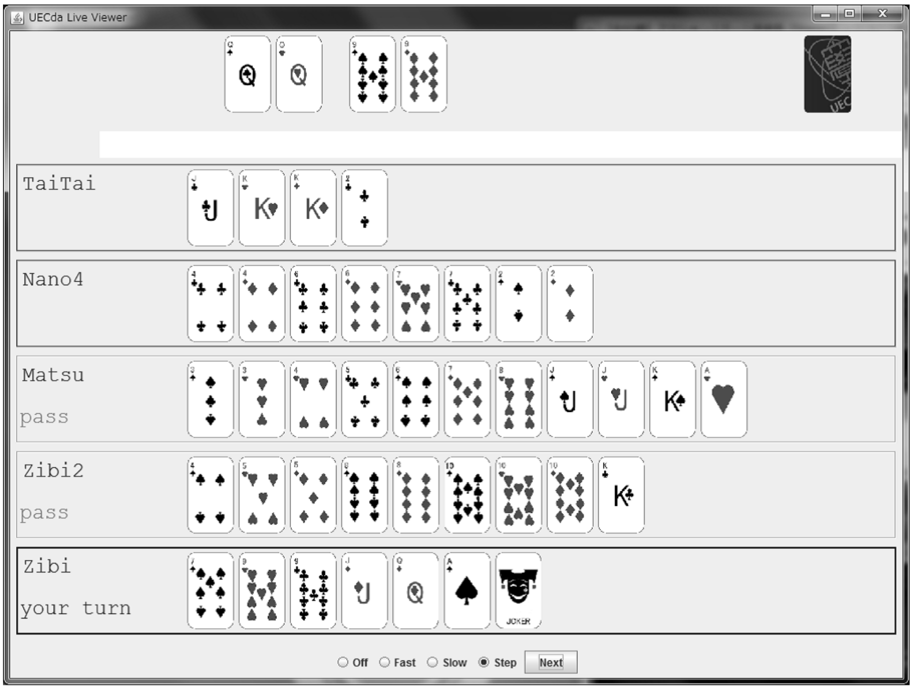

図 A.5　序盤 5

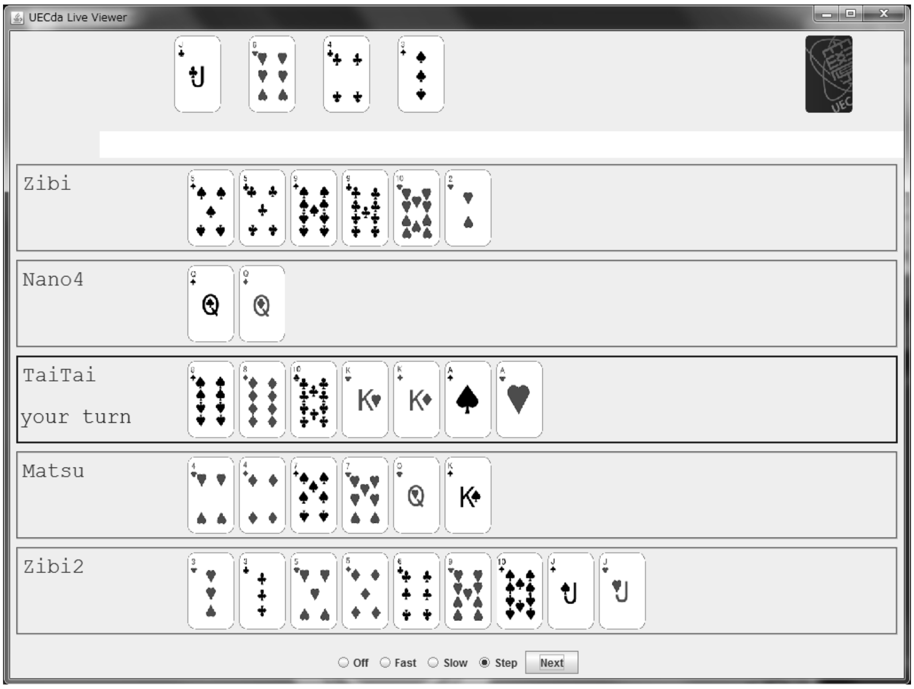

図 A.6　中盤 1

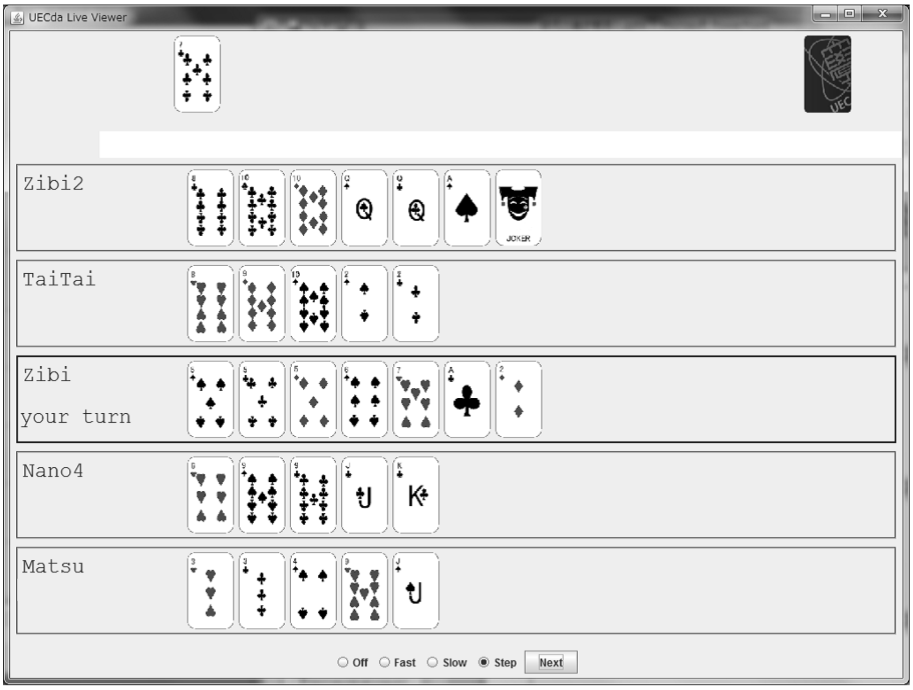

図 A.7　中盤 2

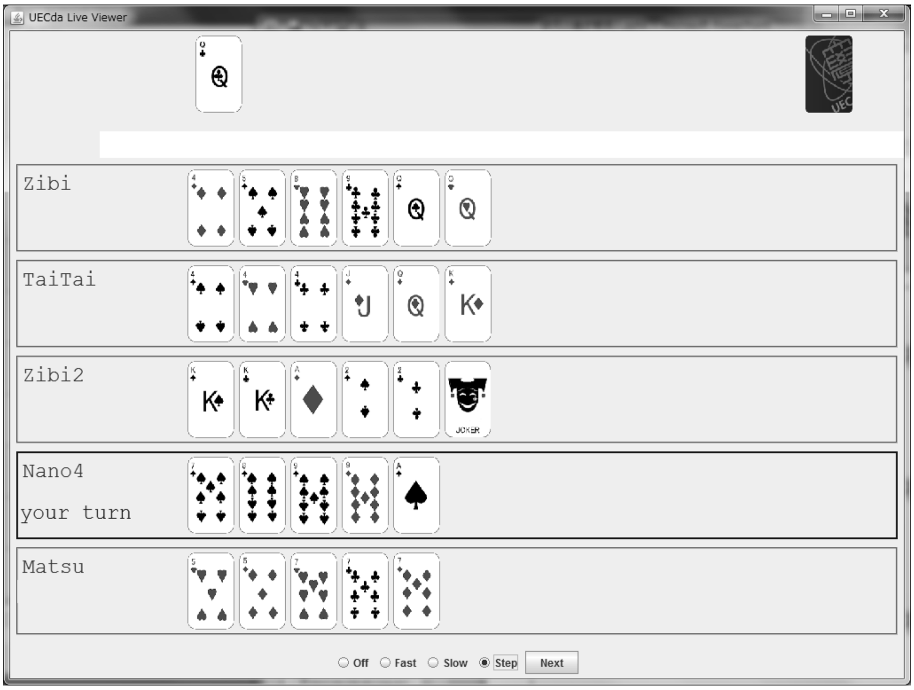

図 A.8　中盤 3

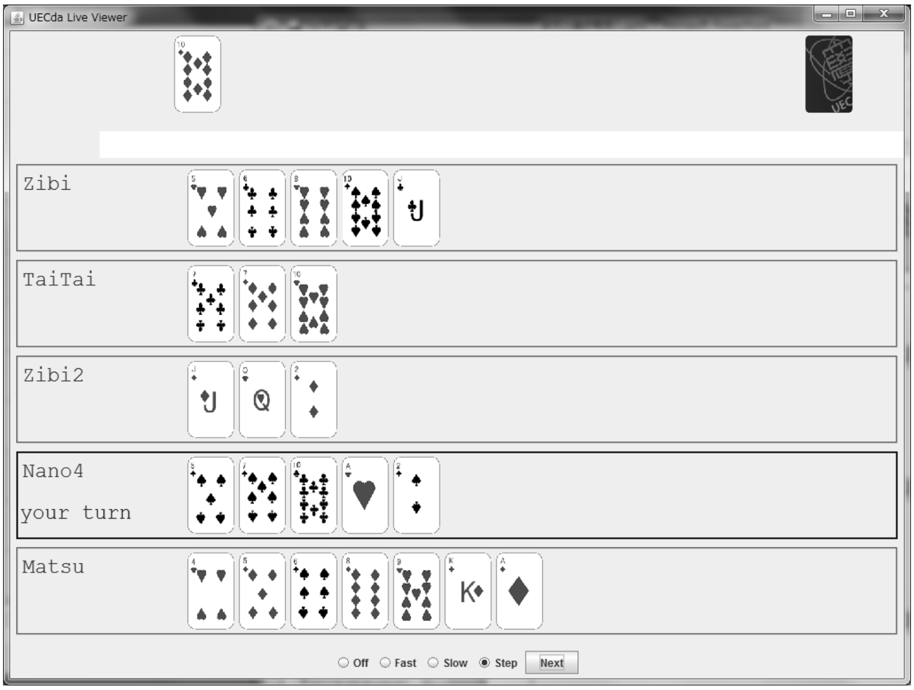

図 A.9　中盤 4

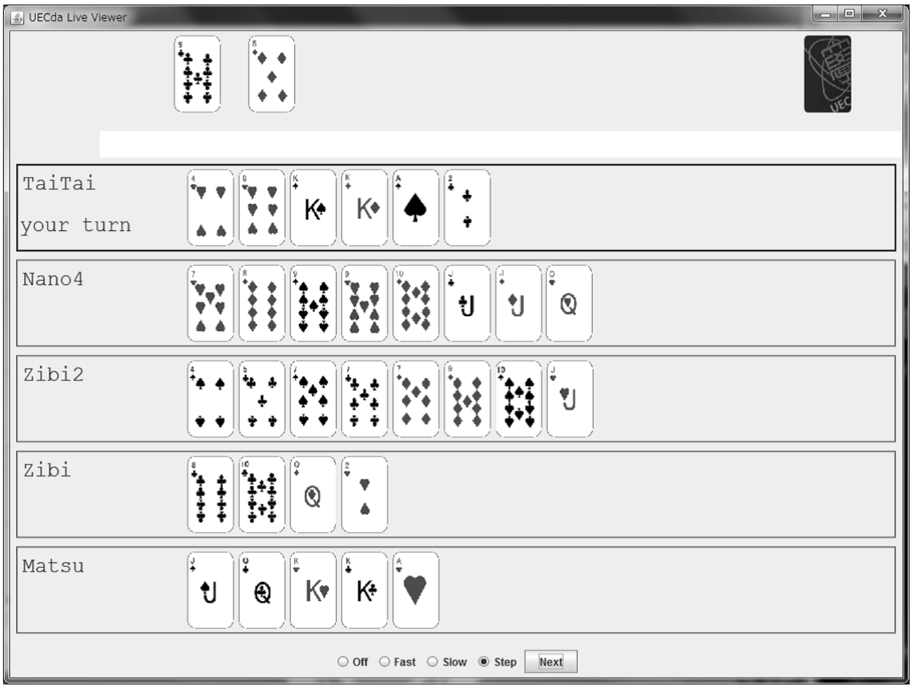

図 A.10　中盤 5

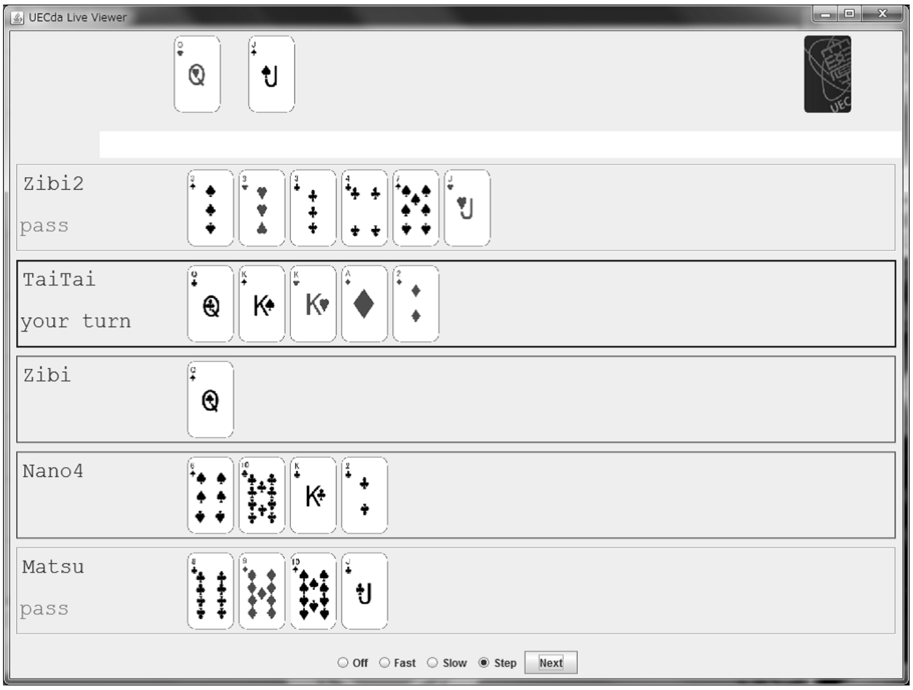

図 A.11　終盤 1

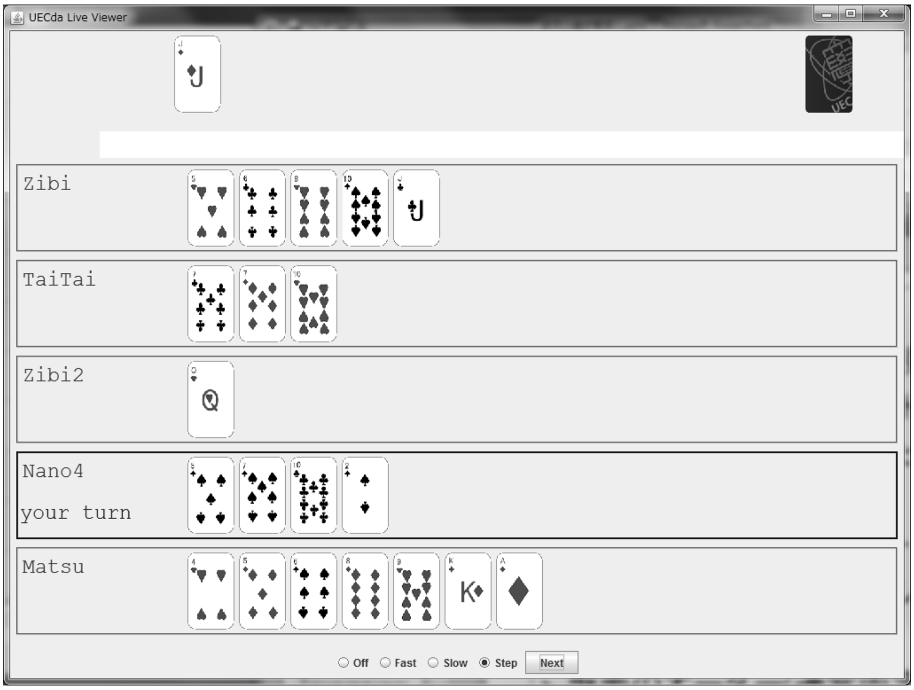

図 A.12　終盤 2

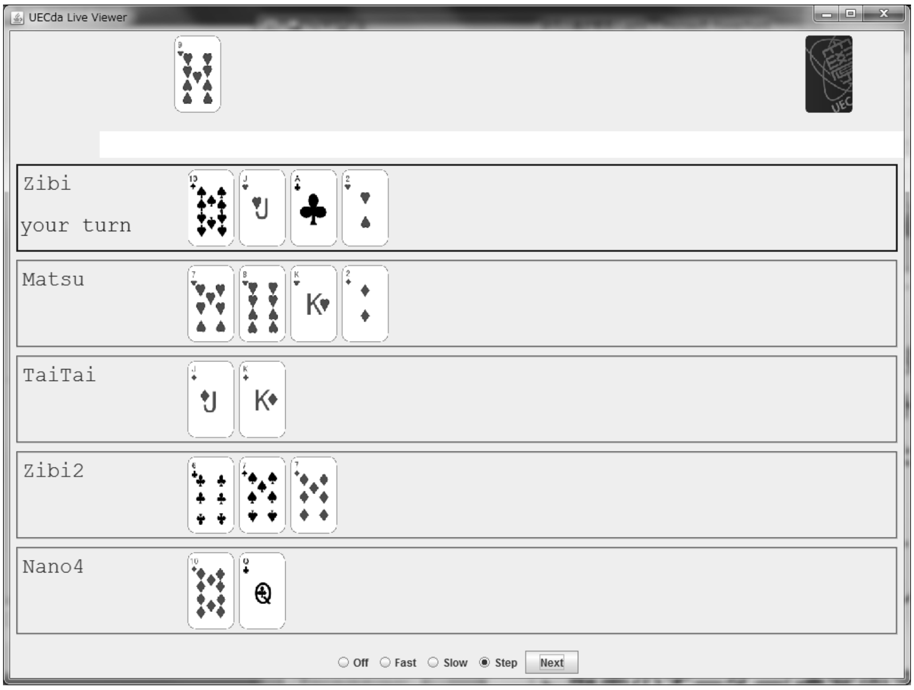

図 A.13　終盤 3

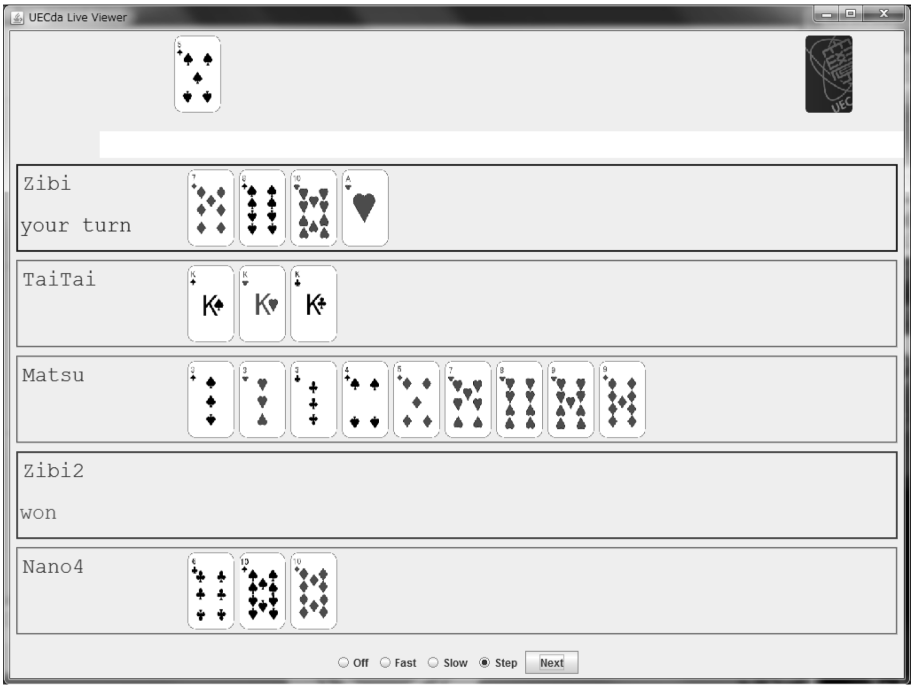

図 A.14　終盤 4

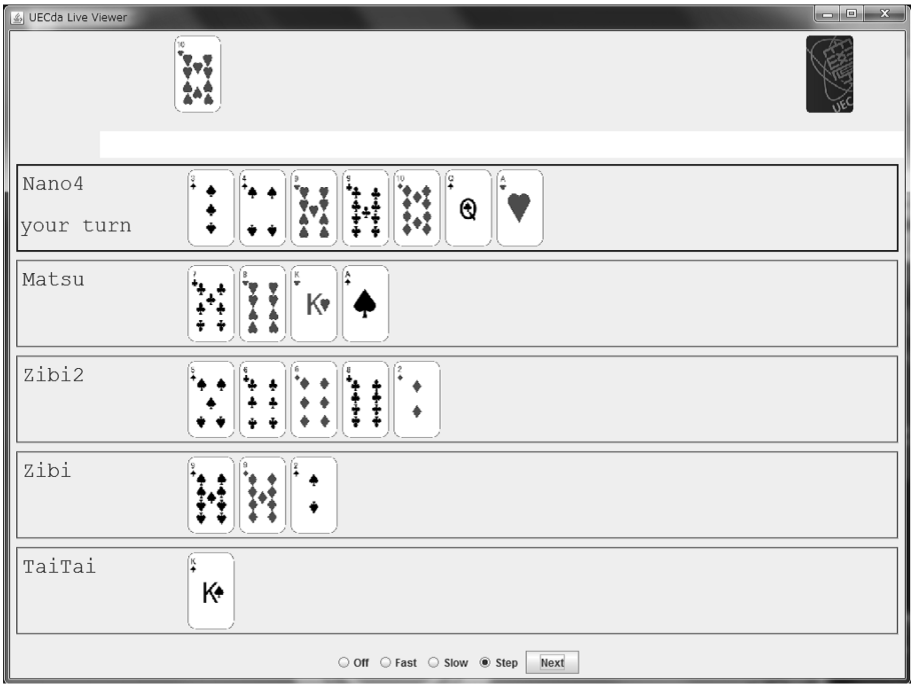

図 A.15　終盤 5