

# 大貧民プログラムにおけるヒューリスティック戦略の評価

田頭幸三<sup>†</sup> 但馬康宏<sup>†</sup> 菊井玄一郎<sup>†</sup>

コンピュータによるゲームの思考アルゴリズムの研究は囲碁、将棋などのボードゲームに限らず、トランプゲームに対しても行われている。特に大貧民については、毎年、電気通信大学が UEC コンピュータ大貧民大会を開催している。この大会は、大貧民をプレイするクライアントプログラム同士を対戦させ、最も強いクライアントを決める大会であり、機械学習を用いた無差別級とヒューリスティックな戦略を用いたライト級の2つの部門がある。本研究では、コンピュータ大貧民大会ライト級のヒューリスティック部門に向けて製作し、優勝したプログラムから、戦略の一部を変更した場合の強さの変化を比較することで、勝利するのに有効な戦略について分析を行った。その結果、勝利するには、しぼりを発生させる場合は強いカードを持っている場合に優先する戦略、同じ枚数の組が多いカードを提出し、次の自分の番にカードを減らしやすくする戦略、勝てる可能性が高ければ強いカードから出す戦略の有効性が高いと判断できた。

## Evaluation of heuristic strategy in daihinmin program

KOUZOU TAGASHIRA<sup>†</sup> YASUHIRO TAJIMA<sup>†</sup>  
GENICHIRO KIKUI<sup>†</sup>

Daihinmin is a famous Japanese multiplayer game with Standard 52-card deck with Joker. UECda is the annual competition of computer Daihinmin held by the University of Electro-Communications. There are two classes of competitions. One is called Unlimited class on which any algorithms can be used, and the other is called Light class whose player program is made by heuristics. We won the light class last year. In this paper, we evaluate the strength of each heuristics used in our program. The heuristics to evaluate are following four types. 1. Shibari strategy. 2. probability to become the leader. 3. card selection on the leading. 4. balancing of hands.

### 1. はじめに

コンピュータによるゲームの思考アルゴリズムの研究は囲碁、将棋などのボードゲームに限らず、トランプゲームに対しても行われている。

特に大貧民については、相手の持っている手札の推定に関する研究[1]、相手の提出するカードによる相手の性質を解析する研究[2]、相手のプレイスタイルによる影響に関する研究[3][4]などの研究がされている。また、毎年、電気通信大学が UEC コンピュータ大貧民大会を開催している。この大会は、大貧民をプレイするクライアントプログラム同士を対戦させ、最も強いクライアントを決める大会であり、機械学習を用いた無差別級とヒューリスティックな戦略を用いたライト級の2つの部門がある。

本研究では、コンピュータ大貧民大会ライト級のヒューリスティック部門に向けて製作し、優勝したプログラムから、戦略の一部を変更した場合の強さの変化を比較することで、勝利するのに有効な戦略について分析を行った。

その結果、勝利するには、しぼりを発生させる場合は強いカードを持っている場合に優先する戦略、同じ枚数の組が多いカードを提出し、次の自分の番にカードを減らしやすくする戦略、勝てる可能性が高ければ強いカードから出す戦略の有効性が高いと判断できた。

### 2. コンピュータ大貧民大会について

UEC コンピュータ大貧民大会では、カードの配布から試合進行を自動で行う対戦サーバに、参加者が製作したクライアントプログラムが通信し、対戦を行う。コンピュータ大貧民大会での大貧民のルールを示す。

#### (1) ゲームの基礎

ゲームは5人で行われ、ジョーカー1枚を含む53枚のカードを使用する。ゲーム開始時にカードが配布され、配られたカードを早く出すことを競う。

カードの強さは3が一番弱く、数字が大きくなるほど強いカードとなり、2が最も強い。

1 試合終了時に、カードをすべて出し終えた順に 5, 4, 3, 2, 1 点が与えられ、一定数の試合で得た得点の合計が一番高いプレイヤーが勝者となる。

#### (2) ゲームの流れ

ゲームはダイヤの3を持つプレイヤーが最初の親となり、親が最初にカードを出すプレイヤーとなる。

自分の順番が回ってきたとき、場にカードがないとき、つまり自分が親のときは、どの強さのカードでも出せる。場にカードがあるときは、場のカードと同じ形式かつ同じ枚数で、場のどのカードよりも強いカードのみ出せる。

<sup>†</sup> 岡山県立大学  
Okayama Prefectural University.

カードを出す形式には、以下の3つがある。

- 1枚のみで出す（単体）
- 同じ数字のカードを2枚以上出す（ペア）
- 同じマークで強さが順番に並んでいる3枚以上のカードを出す（階段）

出すカードがない場合やカードを温存したい場合はパスをすることができる。パスをした場合、場が流れるまで場にカードを出すことができなくなる。

すべてのプレイヤーがパスをすると場が流れ、場のカードが何もない状態となり、最後にカードを出したプレイヤーが親となる。このとき、親となったプレイヤーがカードを出し終えている場合、次の席のカードを持っているプレイヤーが親となり、カードを出せる。

1試合ごとに、手札をすべて場に出し、あがった順番によって大富豪、富豪、平民、貧民といった階級が与えられ、最後までカードが残ったプレイヤーは大貧民となる。この階級によって、次のゲームのカード配布後、大貧民は大富豪に2枚、貧民は富豪に1枚強いカードを渡し、大富豪、富豪は大貧民、貧民から受け取った枚数と同じ数だけカードを選択して返す。

### (3) その他のルール

しぼり：同じマークのカードが続いて場に出たときは「しぼり」の状態となり、場が流れるまで場と同じマークのカードしか出せなくなる。

革命：4枚以上のペアまたは5枚以上の階段が場に出た場合、そのゲームの間「革命」の状態となる。革命の状態のときはカードの強さが反転し、2が一番弱く、3が一番強くなる。革命の状態で再び革命を発生させた場合、カードの強さは元に戻る。

8切り：8のカードを含むカードを場に出すとその時点で場が流れる。

ジョーカー：ジョーカーは単体として使う場合どのカードよりも強いカードとして使うことができる。他のカードと組み合わせる場合、どんなカードとしても使うことができ、この場合ジョーカーの強さは代わりに出したカードの強さとなる。

スペードの3：場にジョーカーが単体として出ている場合、ジョーカーよりも強いカードとしてスペードの3を場に出し、場を流すことができる。

## 3. ヒューリスティック戦略

### 3.1 製作したプログラムの概要

製作したプログラムの重要な点を示す。まず、配られた手札に対し、手札から1度に出すことのできるカードを1組とし、この組の数が少なくなるようにペア・階段を作る。

ペア・階段の生成は以下の順番で行う。

1. ジョーカーと2のカードを含めない階段を探し、階段が見つかった場合、階段に使用しているカードのうち、ペアの構成要素でないカードがあれば、階段を生成する。
2. 2のカードを含めない階段を探し、階段が見つかった場合、ジョーカー以外で階段に使用しているカードがすべてペアの構成要素でなければ、階段を生成する。
3. 階段を生成しなかったカードのうち、同じ数字のカードが2枚以上あれば、その数字のペアを生成する。ただし、関連研究[5]によると、8や2のカードは単体としたほうが効果的とされており、単体とした場合に評価値が良くなるよう設定したため、8のカードと場で一番強いカード（最初は2のカード）は単体として残ったカードは単体となる。

カードの提出は、手札の組の数が少なくなり、自分が次の番で出せるカードが多くなるカード、または提出することで場を流せる可能性が高いカードを提出する。

そのために、本研究では手札の着手方法について、評価値を用いることによる評価と着手を行った。評価値は生成した組の強さによる強さ評価値、場にカードがない場合の着手の基準となる優先評価値、手札全体の強さによる手札評価値の3つを設定した。

### 3.2 評価値の決定

生成した組それぞれに、強さ評価値を決定し、この評価値の値が大きければ場を流せる組と判断する。関連研究[6][7]によると、相手手札推定が強さにとって決定的な意味をもっているとはわけではないとされているため、自分の手札と場に出ていないカードから強さ評価値を決定した。強さ評価値は100を基準とし、相手が提出できる可能性があるごとに評価値を減算する。計算した結果、強さ評価値の値が95以上の組を、場を流せる組と判断し、強さ評価値の一番小さい値と二番目に小さい値をみて、二番目に小さい値が場を流せる組の場合、あがり手札と判断する。

この強さ評価値の値をもとに、優先評価値と手札評価値を決定する。

手札評価値は、3枚以下の組の強さ評価値により決定した値の合計によって決定する。強さ評価値が低い組があれば加算し、高い組があれば減算する。つまり、強い組が多ければ手札評価値が小さくなる。

優先評価値は、場にカードがないときにどのカードを提出するかを示した値であり、この値が一番高くなる組を提出する。この値はあがり手札と判断している場合は場を流せる組が高くなるように設定し、そうでない場合は数字の強さが弱く、同じ枚数の組の数が多いほど値が高くなるように設定した。ただし、一番弱いカード（通常時は3、革命時は2）は2~4番目の強さのカードよりも評価値が低くなるように設定した。

### 3.3 ルールによる変化

前項で決定した評価値は、革命を発生できる組が手札にある場合もしくはしぼりを発生できる組がある場合に、以下のように変更が加えられる。

- 革命を発生できる組が手札にある場合  
自分が親のときに提出するカードを選ぶときに、革命が発生できる組がある場合、2枚以下の組の中で強さ評価値が最大の値と、革命が発生した場合の手札評価値の変化により、革命の組と場を流せる組の優先評価値を変更する。例えば、場を流せる組がなく、革命時の手札評価値が革命前の手札評価値よりも小さい場合、革命の組の優先評価値を高くする。
- しぼりを発生できる組がある場合  
場に単体またはペアのカードが出ているとき、しぼりの状態にできる組がある場合、その組の提出を優先するかどうか判断し、強さ評価値を変更する。
  - 2枚以上のペアかつ相手が2人以上であれば場を流せる組と判断する。
  - そうでない場合、しぼりにした場合にいずれかのプレイヤーがジョーカーを使用した場合を除き提出可能な組み合わせの中で、自分が一番強い組を提出できる場合は優先し、相手が一番強い組を提出できる場合は優先しない。
  - すでにしぼりの状態になっている場合は、自分が一番強い組を提出できる場合は優先して提出する。つまり、しぼりを発生させた場合に一番強い組み合わせを自分が所持している場合は優先してしぼりを発生するようにしている。

### 3.4 カード提出方法

自分が親のときは、生成した組の中から優先評価値の値が一番高い組を提出する。同じ値の組がある場合、階段>ペア>単体の順に提出する。ただし、場で一番強いカードの単体を選択した場合、階段に含まれていないカードとジ

ョーカーも同時に提出する。

場にカードがある場合は、場のカードが階段の場合、生成した階段の中から枚数が同じかつ場に出せる階段があれば提出する。出せる階段が複数ある場合は、一番弱い階段を提出し、出せる階段がない場合はパスとする。

場のカードが階段でない場合、手札から出せるカードの組み合わせをすべて調べ、組み合わせ1つごとに出すべき組であるかどうかについて強さ評価値と提出後の手札評価値を計算する。計算した値によって提出するべきであるかどうか判断する。

提出するべきと判断したカードが複数ある場合は、全体評価値が一番良い組を提出し、ない場合はパスとする。ジョーカー1枚の場合はスペードの3が他のプレイヤーの手札にないことが判明している場合で、場のカードが一番強い数字かつ提出する前後で手札の組の数が減らない場合、もしくはジョーカーを出した場合にあがり手札となる場合のみ提出する。

また、他のプレイヤー全員がパスをしている場合（場が流れた場合、自分が親となる場合）、一番強いカードを提出しようとしている場合はパスをする。

### 3.5 カード交換

大富豪または富豪のときのカード交換では、カードを交換した場合の手札評価値の変化と交換するカードの強さをみて、手札評価値が小さくなるカードの中で強さが弱いカードを交換する。

## 4. 評価方法

本研究では、ヒューリスティック戦略の有効性を、調査する戦略の部分を変更または削除したときの強さの変化で戦略の有効性を判断する。

調査する戦略とよとの client プログラムに実装したヒューリスティック戦略を以下に示す。

- しぼりに関する戦略  
単体でしぼりを発生させる場合、しぼりを発生させるマークで自分が一番強い数字を持っている場合は優先して提出し、持っていない場合は他に提出手の候補があれば提出しない戦略とした。  
この戦略は、しぼりを発生させる場合は自分が次の番に親をとれるようにし、カードの消費をしやすくするためである。

- 場を流せる組の判断  
選択した組が場を流せるかどうかについて、強さ評価値が 95 以上の値となる組を（ジョーカーを考慮しない場合は場を流せる場合、ペアまたは階段の組でより強い組の数が非常に少ない場合など）、場を流せる組と判断する。つまり、相手がより強い組を持っている可能性が低ければ場を流せる組と判断し、この判断によりあがり手札であるかどうか判断する。
- 自分が親のときの着手選択  
あがり手札と判断していない場合、自分が親の時に提出する組は、計算を簡略化すると場を流せる組を除き、 $(14 - \text{カードの数字の強さによる値} + \text{同じ枚数の組の数} \times 2)$ の値が一番高い組を提出するようになっている。  
例として、手札が 6, 6, 7, K, 2 となっている場合は、以下のように値を計算する。
  - 6 のペア： $(14 - 4) + 1 \times 2 = 12$
  - 7 の単体： $(14 - 5) + 3 \times 2 = 15$
  - K の単体： $(14 - 11) + 3 \times 2 = 9$
  - 2 の単体：場を流せる組なので計算しない以上のようになり、この場合 7 の単体を提出する。この戦略は、次の自分の番のときに提出できるカードを多くし、パスをする回数をなるべく減らすためである。
- 強いカードの温存  
通常の提出手選択では、手札が良くなると判断した場合は提出、悪くなると判断した場合はパスとしている。ただし、選択した組が場を流せる組または、K や A などの強いカードだった場合、提出後の手札に弱いカードが多い場合、手札の変化にかかわらず強いカードを温存し、先に弱いカードを提出する戦略とした。

これらの戦略について、一部分を変更したプログラムの強さをもとのプログラムと比較する。変更を加えたプログラムを以下に示す。

- lock-  
しぼりのルールによる評価値の変化を行わない。
- lock+  
しぼりを発生できる場合、一番強いカードを持っているかないかにかかわらず、どの場合でも優先して提出する。
- w100  
確実に場を流せる場合のみ場を流せる組と判断する。
- w90, w80  
場を流せる組と判断する値を 95 から 90 または 80 に変更し、あがり手札と判断する範囲を広くする。

- weak  
自分が親の時、同じ組の数にかかわらず、弱いカードを優先して提出する。
- single  
自分が親の時、強さが 5 つまでの差であれば複数枚よりも単体を優先する。例えば 5 の 2 枚組と 10 の単体であれば 10 の単体を優先する。
- use\_2  
2 のカードなど、場を流せる組を選択した場合、手札が弱い場合であっても温存しない。
- use\_A  
2 番目または 3 番目に強い数字の単体、または場を流せる組を選択した場合、手札が弱い場合であっても、手札評価値が悪くならない場合は温存せず提出する。

強さの比較は、UEC コンピュータ大貧民大会のサイトで配布されている default プログラム、UEC コンピュータ大貧民大会ライト級部門の昨年、一昨年の優勝者が制作したプログラムと対戦した場合のスコアを比較する。以下に、対戦相手のプログラムについて記述する。

- default  
default プログラムは UEC コンピュータ大貧民大会のサイトで配布されているプログラムである。以下にプログラムの特徴を示す。
  - 階段組は作れる場合は必ず作る。
  - カードを出す場合、生成したペア・階段の組は崩さない。
  - 場にカードがあるとき、生成した組から出せる組の中で一番弱い組を提出する。
  - 場にカードがない場合、階段組があれば枚数の多い階段組を提出する。
  - 階段がなければ、一番枚数の多い組の中で弱い組を提出する。
  - カード交換では、一番弱いカードを提出する。複数枚ある場合はスペード>ハート>ダイヤ>クラブのマークの順に提出する。
- Party  
Party プログラムは 2012 年の UEC コンピュータ大貧民大会で第 1 回となったライト級部門で優勝したプログラムである。以下にプログラムの特徴を示す。
  - 組の数が少なく、場を流せる組の数が多くなるようにペア・階段を作る。
  - 階段のカードを優先して提出している。
  - 8 のカードは、8 より弱いカードが残らない場合は提出する。
  - ジョーカーを弱いカードの処理のために早く提出することが多い。

- ・ 階級、場の状況、場に出ていないカードから相手の手札をある程度予測している。
  - ・ 手札の枚数が少なくなると、ペア・階段を提出することが多い。
  - ・ ペア・階段で場を流せる可能性が高ければ（まだ誰もあがっていない場面で提出される組が 1 通りのみである場合など）、場を流せる組と判断している。
  - ・ しばりについては、確実に勝てる場合のみ提出するカードを変更している。
- ・ chibiHana
  - ・ chibiHana プログラムは 2013 年の UEC コンピュータ大貧民大会のライト級部門の優勝者が当時の優勝プログラムである Kishimen\_2013 を C 言語に移植したプログラムである。以下にプログラムの特徴を示す。
    - ・ 組の数が最小となるようにペア・階段を作る
    - ・ 弱いカードを優先して提出する。ただし、数字の強さが近ければ、枚数の少ない組を優先している。
    - ・ 確実に勝てる場合のみ、あがり手札と判断している。
    - ・ 中間の強さのカードでしばりを発生させる場合、同じマークの A または 2 のカード、もしくは提出手よりも強さが 5 つ以上離れているカードがあれば優先する。
    - ・ 相手が 1 人となった場合、残ったカードから勝てるかどうか探索している。

## 5. 実験

### 5.1 実験方法

調査するプログラム 1 つと、対戦相手となるプログラム 4 つとの対戦を行ったときのスコアを、変更前のプログラムのスコアと比較し、戦略の有効性を評価する。試合数は 1000 試合の対戦を 1 セットとし、10 セット行った。

### 5.2 実験結果

対戦相手のプログラムとそれぞれ 10000 試合行った場合の client のスコアと調査する戦略のプログラムのスコアと client プログラムとの差を以下に示す。

表 1 client プログラムの対戦結果

対戦相手	スコア
chibiHana	32268
Party	33992
default	42435

表 2 lock-, lock+プログラムの対戦結果と client との差

対戦相手	lock-		lock+	
	スコア	client との差	スコア	client との差
chibiHana	31057	-1211	31548	-720
Party	33875	-117	33705	-287
default	41678	-757	42232	-203

表 3 w100 プログラムの対戦結果と client との差

対戦相手	w100	
	スコア	client との差
chibiHana	30136	-2132
Party	33225	-767
default	41610	-825

表 4 w90, w80 プログラムの対戦結果と client との差

対戦相手	w90		w80	
	スコア	client との差	スコア	client との差
chibiHana	32671	403	32478	210
Party	34655	663	34962	970
default	42450	15	42556	121

表 5 weak, single プログラムの対戦結果と client との差

対戦相手	weak		single	
	スコア	client との差	スコア	client との差
chibiHana	32103	-165	31182	-1086
Party	33313	-679	33616	-376
default	41579	-856	41540	-895

表 6 use\_2, use\_A プログラムの対戦結果と client との差

対戦相手	use_2		use_A	
	スコア	client との差	スコア	client との差
chibiHana	32111	-157	32097	-171
Party	34092	+100	33978	-14
default	42537	+102	41961	-474

上記の結果によると、しばりに関する戦略と場にカードがないときの着手選択に関する戦略は変更した戦略だとスコアが下がっているため、もとの戦略の有効性が高いと判断できた。

場を流せるカードの判断に関する戦略は、判断する範囲を広げた場合にスコアが上がり、確実な場合のみ判断する場合は大きくスコアが下がったため、ある程度の確率であれば勝負に出る戦略の有効性が高いと判断できた。

強いカードの温存に関する戦略は、client との差が小さいため、有効性は高くないと判断できた。

## 6. おわりに

### 6.1 まとめ

本研究では、ヒューリスティック戦略のプログラムから一部分を変更した場合の強さの変化を比較することで、勝利するのに有効な戦略について分析を行った。

その結果、しぼりを発生させる場合は自分が強いカードを持っている場合に優先する戦略、自分が親の時、同じ枚数の組が多いカードを提出し、次の自分の番にカードを減らしやすくする戦略、勝てる可能性が高ければ強いカードから出す戦略の3つが勝利するために有効な戦略だと判断できた。

### 6.2 今後の課題

本研究では自分の手札と場に出ていないカード、あがっていない相手の数に対して評価を行っているが、相手の手札の状況やスコアなど、相手の状況による評価が少ないため、評価要素の追加と精度の向上が考えられる。

## 参考文献

- 1)吉原大夢,大久保誠也： コンピュータ大貧民における手札推定の有効性について ,情報処理学会研究報告ゲーム情報学(GI),2013-GI-30(4),1-6 (2013-06-21)
- 2)吉原大夢,阿部野なつみ,渡邊佑介,大久保誠也： 提出手比較による大貧民プレイスタイル解析 ,情報処理学会研究報告ゲーム情報学(GI),2012-GI-28(7),1-6 (2012-07-06)
- 3)森田茂彦,松崎公紀： 大貧民において他プレイヤーのプレイアルゴリズムより受けるプレイヤーの強さへの影響 ,情報処理学会研究報告ゲーム情報学(GI),2013-GI-29(4),1-6 (2013-02-25)
- 4)佐藤裕紀,伊藤毅志： 大貧民におけるプレイスタイルの相性に関する研究 ,情報処理学会研究報告. GI, [ゲーム情報学] 2008(59), 37-43, 2008-06-20
- 5)坂田浩平, 大橋健： 大富豪におけるペア温存戦略基準の獲得, ゲームプログラミングワークショップ 2008 論文集, 2008(11), 67-72 (2008-10-31)
- 6)西野順二, 西野哲朗： 大貧民における相手手札推定, 情報処理学会研究報告数理モデル化と問題解決(MPS), 2011-MPS-85(9), 1-6 (2011-09-08)
- 7)西野順二, 西野哲朗： コンピュータ大貧民における最良手の推定について, 情報処理学会研究報告数理モデル化と問題解決(MPS), 2012-MPS-90(4), 1-6 (2012-09-12)