

内表紙

東京工科大学

卒 業 論 文

ダウトにおけるダウトコールと
勝率の関係性の検証

指導教員

Reijer Grimbergen 教授

提出日 2020 年 1 月 24 日

提出者

学 部	コンピュータサイエンス学部
学籍番号	C0116082
氏 名	金子 凌也

2019 年度 卒業論文概要				
論文題目 ダウトにおけるダウトコールと勝率の関係性の検証				
コンピュータ サイエンス学部	氏 名	金子 凌也	指 導 教 員	Reijer Grimbergen 教授
学籍番号 C0116082				
ダウトとは西洋で考案された Cheat が元となっているトランプを用いたカードゲームの一種である。 本研究では、ダウトにおけるダウトコールという要素に注目し、さまざまなアルゴリズムでダウトコールを行う AI 同士を戦わせることで検証を行った。 またダウトコール以外のカードを場に出すアルゴリズムについては比較のためにすべての AI で統一した。このアルゴリズムは順番が決まった段階でこれから先に要求されるカードの数字が分かるダウトの特徴を利用したもので、なるべく要求される数字と一致するカードを出すようにした。 今回作成した AI は一定確率でダウトコールを行う AI と、自分の手札と相手の出したカードの枚数によって確実な場合のみダウトコールを行う AI の 2 つである。 結果としては、一定確率でダウトコールを行う AI は確率を上げるほど勝率が下がり、ダウトコールの成功率と勝率との間に大きな相関は見られなかった。また確実な場合のみダウトコールを行う AI については、一定確率でダウトコールを行う AI と比べて勝率が高くなった。またこれは相手のダウトコールをする頻度と相関が見られ、相手が高頻度でダウトコールをするほど確実な場合のみダウトコールを行う AI の勝率が上がった。 しかし問題点として、今回の研究では 4 人対戦に絞ってデータ収集を行ったため対戦人数が変わることで結果も変わる可能性が高いことが挙げられる。またカードを場に出すアルゴリズムとの関係についても検証は不十分で、別のアルゴリズムを採用することでこちらもまた結果が変化することが予想される。				

目次

1. 序論	1
1.1. 背景.....	1
1.2. 本研究の狙い	1
2. 理論	2
2.1. ダウトのルール.....	2
2.2. 戦略について	4
3. 提案手法	5
3.1. 提案手法の説明.....	5
3.2. カードを出すアルゴリズム	5
3.3. 実装する AI について	8
3.3.1. 一定確率でダウトコールを行う AI	8
3.3.2. 確実な場合のみダウトコールを行う AI	10
4. 実験	12
4.1. 目的.....	12
4.2. 手順.....	12
4.3. 結果.....	12
4.4. 考察.....	16
5. 結論	18
5.1. まとめ	18
5.2. 今後の課題.....	18
謝辞.....	20
参考文献	20

1. 序論

この章では、研究に関する背景、本研究の狙いの部分を説明する。

1.1. 背景

ダウトとは、3~8人で遊ぶトランプゲームであり、不完全情報ゲームである。西洋で考案されたトランプゲーム **Cheat** が元となっており、米国では **Bullshit** や **Bologna** と呼ばれている。Edmond Hoyle がこのゲームのことを「**I Doubt it**」と呼び、これが日本語名ダウトの由来となっている[1]。

1.2. 本研究の狙い

ダウトにおいてダウトをコールすることは不完全情報ゲームである以上、確実な場合を除いてリスクが伴うものである。よって対人戦においてダウトの判断材料にされるのは専らお互いの顔色や仕草などである。ゆえにダウトという行為がどのようにして勝敗に結びついているのかが可視化されにくいという問題がある。

本研究では、ゲーム AI を用いることでそういった人間の思考を排除する。そうすることでダウトをコールする行為が勝率にどう影響を与えているのかを AI 同士を戦わせることで検証していく。

以降、本論文の構成は次のようになっている。第 2 章ではダウトのルールと戦略について取り上げる。第 3 章では今回用いるカードを場に出すアルゴリズム、一定確率でダウトコールを行う AI、確実な場合のみダウトコールを行う AI について説明する。第 4 章では実験の手順と結果、および考察を行っていく。第 5 章では、本研究の結果と今後の課題について取り上げる。

2. 理論

この章ではダウトのルール，戦略について説明する．

2.1. ダウトのルール

ダウトは 3~8 人で対戦するトランプゲームである．

まずジョーカーを除く 52 枚のカードをプレイヤーに配っていく．その後は 1~K までのカードをそれぞれのプレイヤーが順番に，図 2.1 のように手札から中央(以下「場」という)に伏せて置いていき，最初に手札のカードをすべて無くしたプレイヤーが勝利となる．

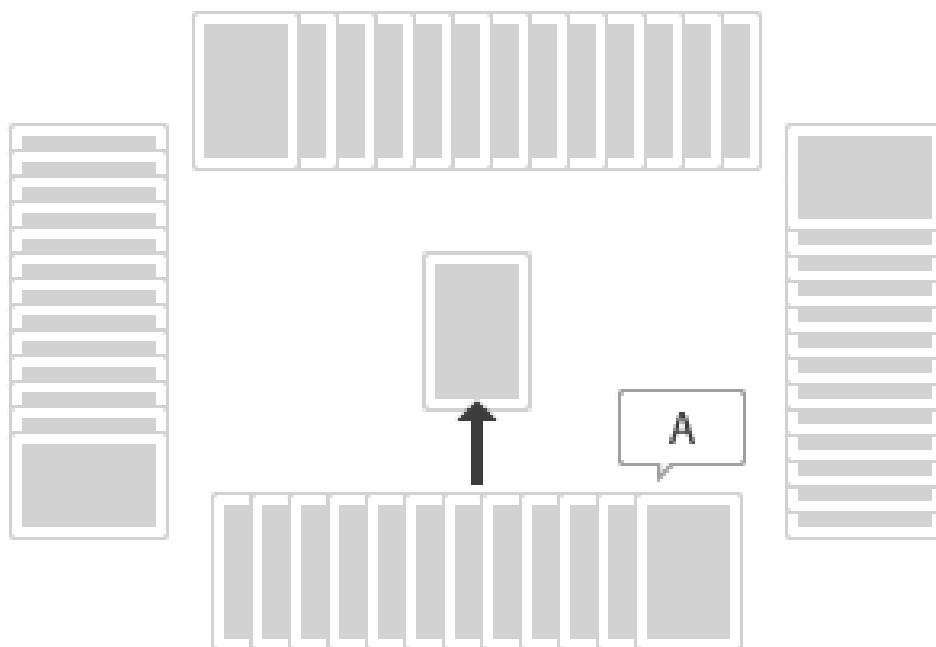


図 2.1 場にカードを出すときの状況

カードは 1 回にそれぞれのカードの枚数である 4 枚まで出すことができる．またこの時に必ずしも要求されているカード(以下「要求カード」という)を出す必要はなく，図 2.2 の場合，プレイヤーへの要求カードは 4 でありプレイヤーも 4 と宣言しているが，7 の数字のカードを場に出している．

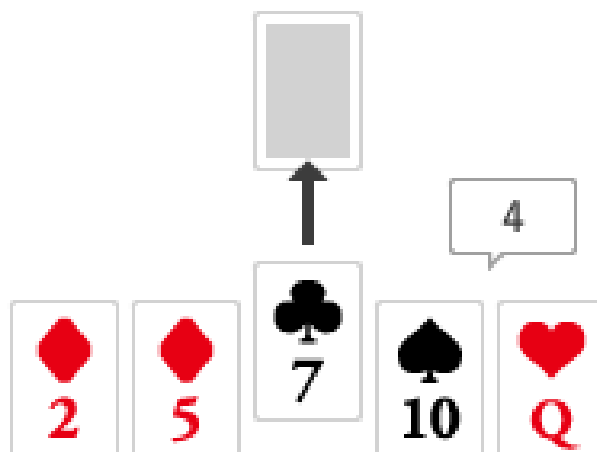


図 2.2 要求カードと違うカードを場に出すときの例

ただし、他のプレイヤーは場に出されたカードが要求カードと違うと思った場合には「ダウト」とコールすることで(以下「ダウトコール」という)、置かれたカードが正しいかを確認することができる。その際に置かれたカードが要求カードと違った場合には、カードを置いたプレイヤーが図 2.3 のように場のカードをすべて手札に加えないといけない。逆に要求カードと同じだった場合には、ダウトをコールしたプレイヤーが場のカードを手札に加える。

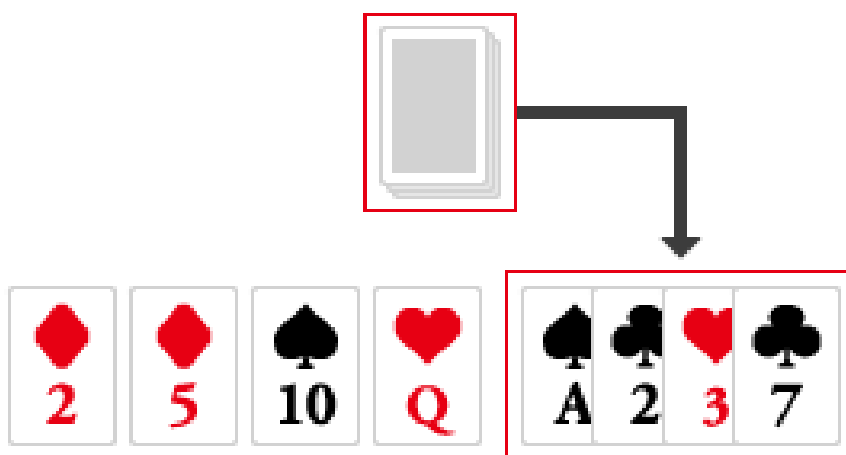


図 2.3 場のカードを手札に加えるときの例

なお、複数のプレイヤーが一度のターンにダウトコールをした場合には、一番初めに宣言したプレイヤーのみがダウトコールを行ったものとしてゲームを進行する[2]。

2.2. 戦略について

自分の手札をすべて場に出した場合、他のプレイヤーがダウトコールを行わないと出したカードが要求カードと一致しているかに関わらず勝利となってしまう。よって他のプレイヤーが手札のカードをすべて場に出した場合には、ダウトコールを必ず行うのが定石である。

以上のことから、最後に上がるときに出すカードは必ず要求カードと一致させる必要があり、そこまでに他のカードを場に出しておくことが勝利する上においては重要である。

また、ダウトというゲームはプレイヤーの行動に関わらず最初に決めたカードを出す順番によって自分のターンでくる要求カードが決まるため、カードが配られた段階で計画的にカードを場に出すことが可能である。

3 章では提案手法について説明する。

3. 提案手法

この章では、提案する手法と検証する AI について説明する.

3.1. 提案手法の説明

本実験では、常に一定確率でダウトを行う AI と、自分の手札と照らし合わせて確実な場合のみダウトコールを行う AI を用いてデータの収集を行う. また、前者については 0%, 10%, 20% といったように複数の条件で戦わせることで最も勝率が高い確率を求める.

また本研究の目的は、ダウトコールと勝率の関係を明らかにすることなので、カードを場に出すアルゴリズムについてはすべての AI で統一する.

3.2. カードを出すアルゴリズム

ここではカードを場に出すプログラムの動きについて説明する.

まずダウトは最初に順番が決まった時点で自分が出す数字が分かるという特徴がある. これはダウトコールの有無に関わらず数字の順番が変動することはない. 表 3.1 は 4 人対戦の場合のプレイヤーの出すカードを表している. 表を見れば分かる通り、13 ターンですべての数字が自分のターンに回ってくることになる. なお 13 は素数のため、12 人以下であれば、必ず 13 ターンですべての数字が自分のターンに回ってくる. 今回の場に出すアルゴリズムはこれを利用している.

表 3.1 4 人対戦の場合のそれぞれのプレイヤーの出すカードの数字

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
プレイヤー1	1	5	9	13	4	8	12	3	7	11	2	6	10
プレイヤー2	2	6	10	1	5	9	13	4	8	12	3	7	11
プレイヤー3	3	7	11	2	6	10	1	5	9	13	4	8	12
プレイヤー4	4	8	12	3	7	11	2	6	10	1	5	9	13

4 人対戦の場合を例に説明していく. まず表 3.1 のプレイヤー1 に配られたカードが 1,2,2,3,4,4,4,7,8,9,9,10,11 だとする. 最初に要求カードと一致する場所にカード置いていく. その結果が表 3.2 のようになる.

表 3.2 要求カードと一致するカードを並べた結果

	1	5	9	13	4	8	12	3	7	11	2	6	10
プレイヤー1	1		9,9		4,4,4	8		3	7	11	2,2		10

この段階では空白の場所があるため、そのターンに出すカードが無くなってしまう。ダウトにおいてカードを出さないという行動はできないため、この空白を埋めるように後ろからカードを移動させる。その結果が表 3.3 である。

表 3.3 空白の場所に後ろのカードを移動した結果

	1	5	9	13	4	8	12	3	7	11	2	6	10
プレイヤー1	1	10	9,9	2,2	4,4,4	8	11	3	7				

以上がカードを場に出すアルゴリズムである。これらの動作はダウトコールが行われ手札が増える度に行われる。

以下の図 3.1 にフローチャートを示す。

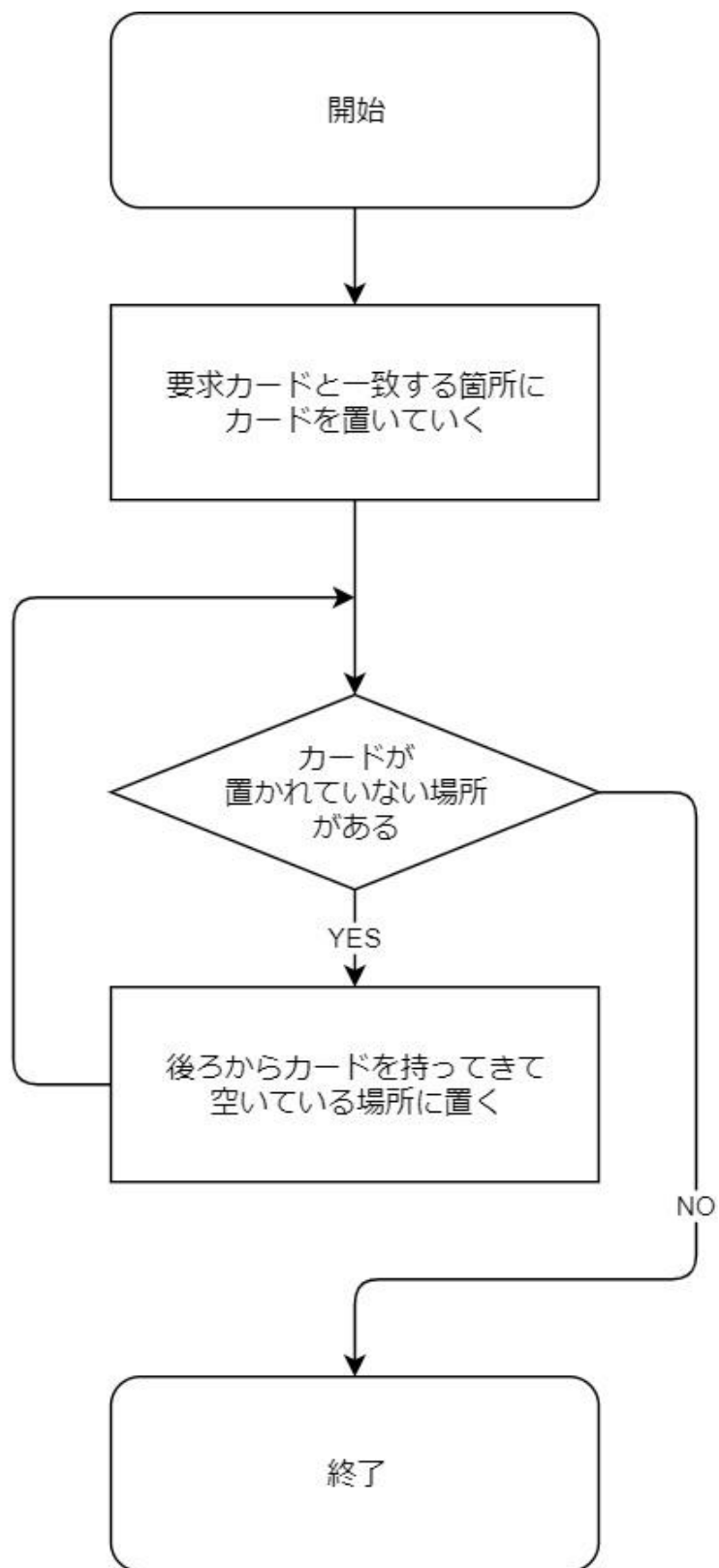


図 3.1 カードを出すアルゴリズムのフローチャート

3.3. 実装する AI について

本研究で使用する AI を以下に示す.

3.3.1. 一定確率でダウトコールを行う AI

文字通り, 常に一定確率でダウトコールを行う. 自分の手札や相手の出したカードの枚数などの情報は用いずにダウトコールを行う.

図 3.2 にフローチャートを示す. なおフローチャート内で用いた X , Y , N はそれぞれランダムに生成した乱数, X を 100 で割った余り, ゲーム開始前に設定したダウトコールを行う確率を表している. 例えば N が 10, すなわち 10%の確率でダウトコールを行う場合, Y が 0~99 までの 100 個の値をとる中で, $Y < N$ を満たすのは 0~9 までの 10 個の値であり, 結果として 10%の確率でダウトコールを行うことができる.

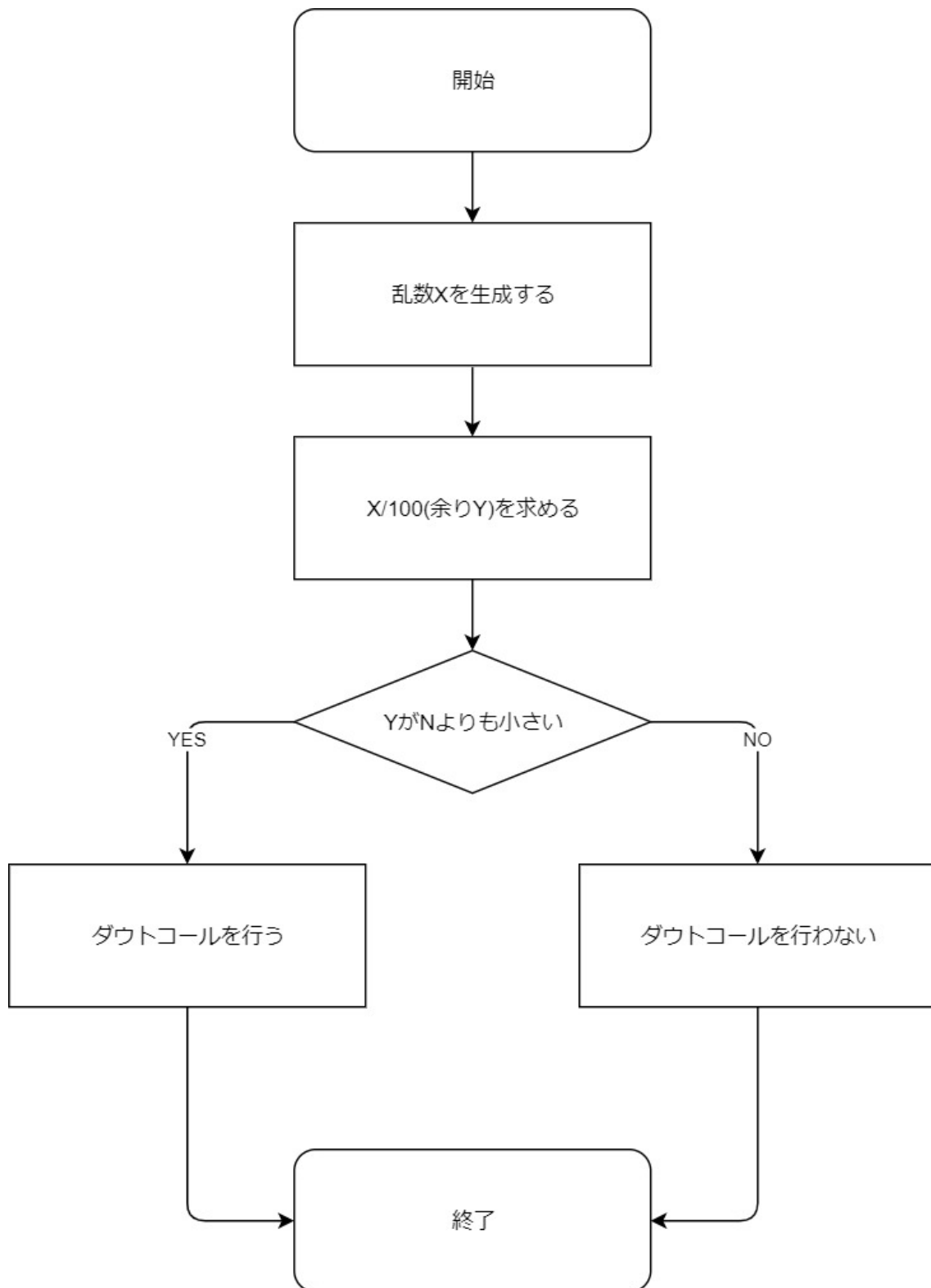


図 3.2 一定確率でダウトコールを行う AI のフローチャート

3.3.2. 確実な場合のみダウトコールを行う AI

自分の手札にあるカードの枚数を数えることで、相手が出したカードの枚数によってダウトコールを行う。自分の手札に N という数字のカードが Y 枚あった場合に、相手が N のカードを出さなければいけない時に X 枚のカードを出したとする。このとき $(X+Y)$ が 4 よりも大きければ相手が確実に 1 枚は間違った数字のカードを出していることが分かる。自分がカードを 1 枚持っていたときは 4 枚、2 枚のときは 3 枚以上、3 枚のときは 2 枚以上、4 枚持っていたときは相手が 1 枚でもカードを出したときに 100% の確率でダウトコールを行うことができる。なお自分が場にすでに出したカードについてはダウトコールが行われ、場にカードが無くなるまで記憶しておくものとする。

図 3.3 にフローチャートを示す。

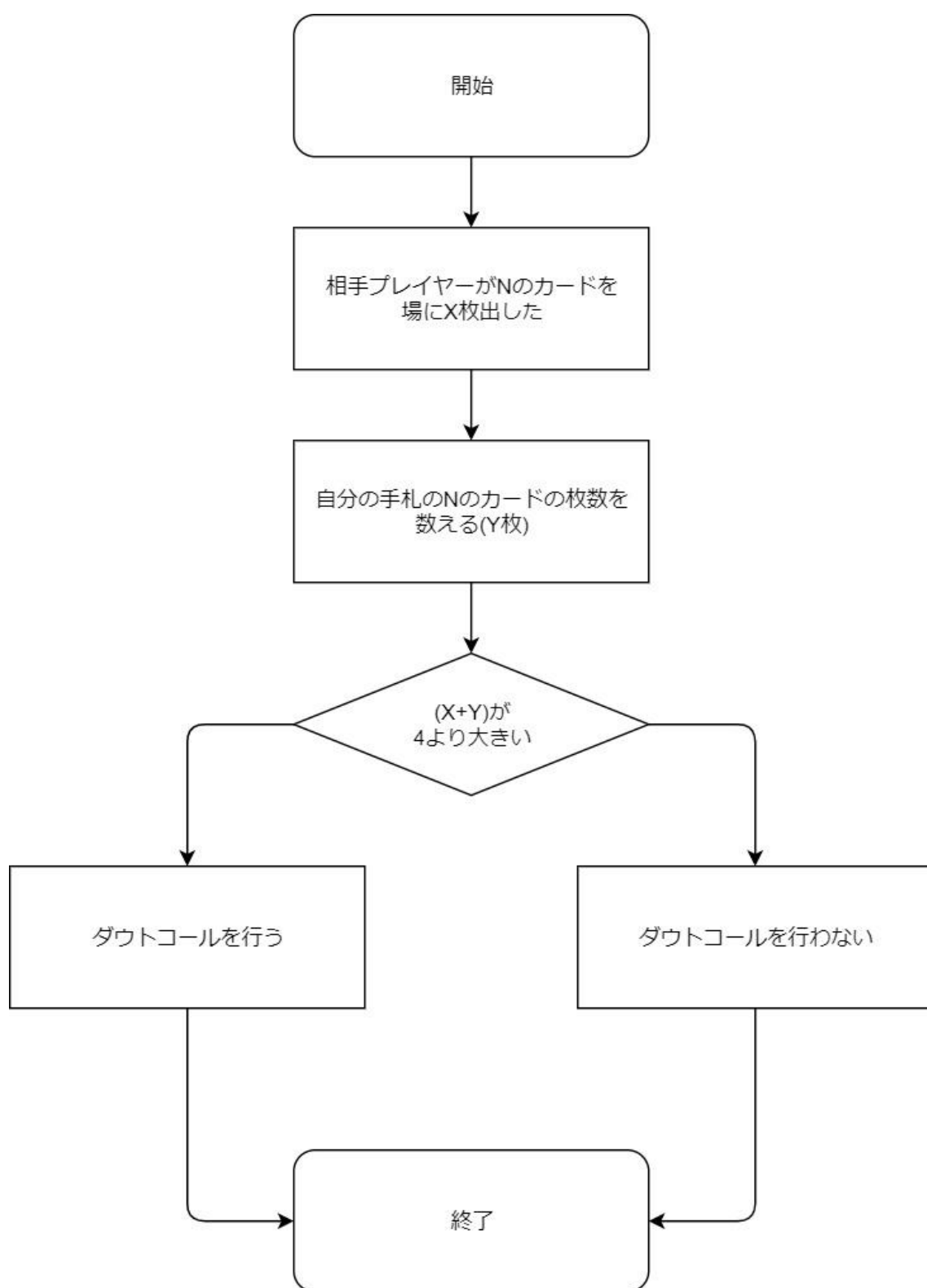


図 3.3 確実な場合のみダウトコールを行う AI のフローチャート

4 章では実験の目的，手順，考察について説明する．

4. 実験

この章では、実験の目的、手順、考察について説明する。

4.1. 目的

ダウトにおいてダウトコールと勝率との間にどのような関係があるか、AI 同士を戦わせることによって明らかにする。またダウトコールするとすればどのような戦略が有効なのかも合わせて検証していく。

4.2. 手順

本実験は 4 人対戦で行うこととする。理由は一定確率でダウトコールを行う AI において人数が増えるに連れてダウトコールの成功率が平均的に高くなり、勝率に差が出にくくなるためである。なおダウトコールの成功とは、場に出されたカードが要求カードと違っていない場合のことである。また確実な場合のみダウトコールを行う AI についても人数が多いと、ダウトコールを行う回数が少なくなり、結果が出にくくなることが考えられる。最初にこれらの人数によるダウトコールの成功率の変化についてのデータ収集を行う。

次に一定確率でダウトコールを行う AI のみで対戦を行い、ダウトコールする確率と勝率を検証する。10~100%まで 10%刻みで合計 10 種類の値を比較していく。これは 10~100%までの値でデータ収集を行うことで、ダウトコールの確率と成功率の相関と求めることができると思われるためである。

その後、確実な場合のみダウトコールを行う AI も含めて対戦を行っていく。

4.3. 結果

以下の表 4.1 はプレイヤー全員が 10%の確率でダウトコールする AI で戦った場合の全員のダウトコールの成功率の平均である。

表 4.1 10%の確率でダウトコールした場合の成功率

3 人	4 人	5 人	6 人	7 人	8 人
30.56%	35.91%	44.01%	70.73%	85.60%	86.46%

このように人数が増えるにつれ、同じ確率でダウトコールをしているにも関わらず成功率が上がっていることが分かる。これはプレイヤーが増えることで手札の枚数が減り、要求カードと一致するカードが揃えにくくなることが原因と考えられる。

次にダウトコールをする確率による勝利回数とダウトコールの成功率についてデータを収集した。以下の表 4.2 は 4 人対戦で 3 人を 0%の確率、残りの 1 人をそれぞれの確率でダ

ウトコールを行う AI にし、10 万回対戦を行った勝利回数とダウトコールの成功率である。また図 4.1 はその結果をグラフ化したものである。

結果は 10%と 20%でのみ勝利することができ、それ以降は一切勝利することができなかった。またダウトコールの成功率に注目すると、ダウトコールをする確率を上げれば上げるほど成功率が低下していくことが分かった。ただし図 4.1 を見れば分かる通り、勝利回数の急激な減少に対して成功率の低下はとても緩やかである。このことからダウトコールの成功率はダウトコールを行う確率によって変化し、勝率にはあまり影響していないと考えられる。

表 4.2 それぞれの確率における勝率とダウトコールの成功率

	勝利回数	成功率
10%	9062	44.20%
20%	957	33.55%
30%	0	36.37%
40%	0	36.21%
50%	0	31.29%
60%	0	30.35%
70%	0	29.14%
80%	0	29.23%
90%	0	29.32%
100%	0	28.78%

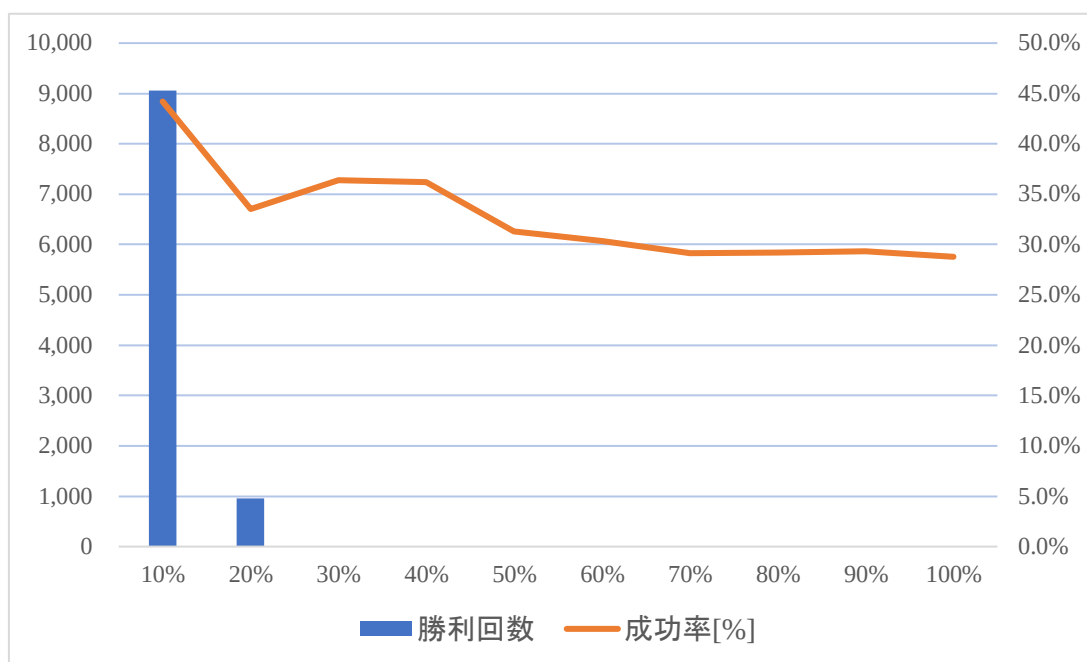


図 4.1 それぞれの確率における勝利回数とダウトコールの成功率

次に他プレイヤーがダウトコールをする場合の勝率も検証するため、勝率が高い傾向が見られた 10%前後の 0%, 5%, 10%, 15% でダウトコールする AI で戦わせる。以下の表 4.3 はその 4 つで 10 万回対戦させたときの勝利回数とダウトコールの成功率である。また図 4.2 はそれぞれの勝率の割合を表したものである。

こちらでも上記の実験と同様に 0% に近づくほど勝利回数が多いという結果になった。また、ダウトコールの成功率についても 0% が一番高くなった。このことから相手がダウトコールをしたか否かに関わらず、ダウトコールを行う確率を上げていくと勝率も成功率も減少する傾向にあることが分かった。

対戦相手 3 人が 0% の状況で対戦したもので、相手の妨害をすることはほとんどない上記の実験においても、ダウトコールをより多く行った方の勝率が低かったことも合わせて考えていくと、相手の勝率を下げたというよりはダウトコールを行ったことで自らの勝率を下げたみるのが妥当だといえる。そのため図 4.2 の 0% の勝率 65.98% という値は、相手プレイヤーの勝率が下がったことで、相対的に勝率が上がっただけだと考えられ、一切ダウトコールを行わないことが勝利につながったとはいえない。

表 4.3 勝率上位だけで戦わせたときの勝利回数とダウトコールの成功率

	勝利回数	成功率
0%	65978	54.29%
5%	21383	27.07%
10%	8367	31.56%
15%	4272	26.57%

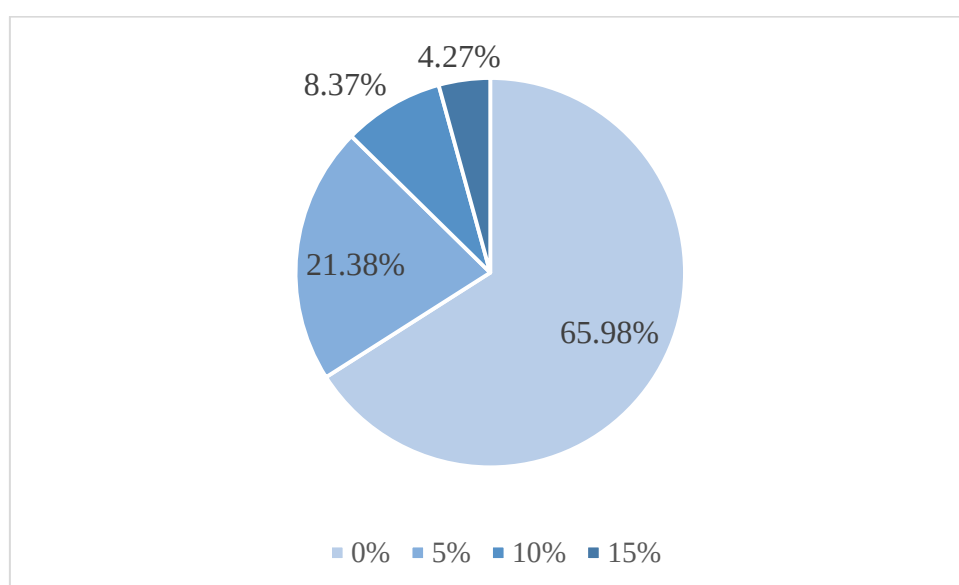


図 4.2 それぞれの確率による勝率の差

次に確実な場合のみダウトコールを行う AI についてデータ収集を行った。まず一定確率でダウトコールを行う AI のときと同様、4 人対戦で 3 人が 0%~30%の確率でダウトコールを行い、残り 1 体を確実な場合のみダウトコールを行う AI にしてそれぞれ 10 万回戦わせた。以下の表 4.4 はその結果である。

まず明らかに一定確率でダウトコールを行う AI よりも勝利回数が多いことが分かる。0%と戦わせた時点で勝率が 25%を超えており、これは確実な場合のみダウトコールを行う AI の行動が勝利に結びついたことの証明といえる。また残りの 10%, 20%, 30%については前述したように、相手プレイヤーの勝率が下がったことで、相対的に勝率が上がったということとも合わさって、非常に高い勝率を記録している。図 4.3 を見れば分かる通り、相手のダウトコールをする確率が上がれば上がるほど、勝利回数、ダウトコールの成功率ともに上昇している。

表 4.4 一定確率でダウトコールを行う AI と戦わせた結果

	勝利回数	成功率
0%	32445	67.71%
10%	68489	82.68%
20%	88946	94.45%
30%	93871	97.10%

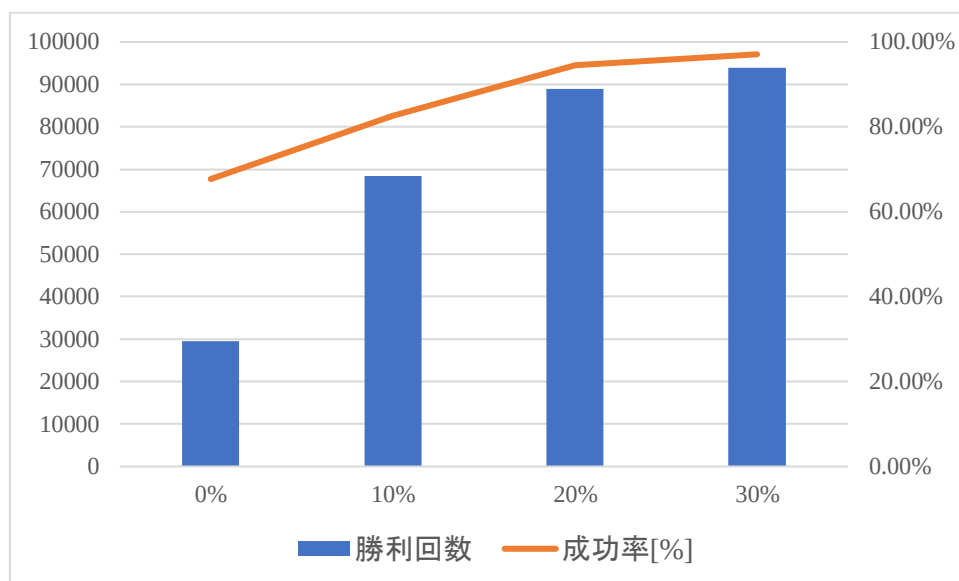


図 4.3 一定確率でダウトコールを行う AI と戦わせた結果

4.4. 考察

まず一定確率でダウトコールを行う AI だが、一切ダウトコールを行わないプレイヤーの中で戦うと明らかに勝率が下がることが分かった。表 4.2 を見るかぎりには 10%がもっとも勝利回数が多いがそれでも 10 万回戦った中での 9062 回であり、勝率は 1 割を切っている。ダウトコールの要素を極力排除した 0%の確率でダウトコールを行う AI だけで対戦させた場合には全員の勝率が均等に 25%になることを考えると、ダウトコールを行ったことが勝率を下げる要因になったといえる。

次にダウトコールの成功率について着目する。表 4.2 を見るとダウトコールを行う頻度が上がったとしても成功率が大きく変動することはないことが分かる。ただしわずかに減少はしており、ダウトコールの回数と成功率に負の相関があるといえる。

次に確実な場合のみダウトコールを行う AI について考察する。表 4.4 をみるとダウトコールの成功率が一定確率でダウトコールを行う AI に比べ、高いことが分かる。また図 4.3

からも他のプレイヤーがダウトコールをすればするほど成功率が高くなっていくことがわかる。

ただし表 4.1 を見れば分かるように対戦人数が増えると一定確率でダウトコールを行う AI であっても 80%以上の成功率を記録するようになることから、確実な場合のみダウトコールを行ってはいはダウトコールの頻度の差から 4 人対戦のときほど勝率が出なくなることが予想される。また人数が増えると手札の枚数が平均的に減り、ダウトコールを行う回数が極端に減ることもまた、勝率の低下に繋がることが予想される。

なお、確実な場合のみダウトコールを行うと言っておきながら成功率が 100%にならないのは、他のプレイヤーが手札をすべて場に出したときは無条件でダウトコールを行うようにしたためである。人間同士の対戦においては先にダウトコールをしたプレイヤーのみがダウトコールを行ったものとしてゲームを進行するが、コンピュータ上においてそれを再現するのは難しいため、今回はランダムで 1 人がダウトコールを行ったものとしてデータ収集を行った。そのため、特にゲーム終了時のダウトコールが失敗したものとして扱われたためこのような結果になっている。

前記の一定確率でダウトコールを行う AI の考察と合わせると、確実な場合以外はダウトコールをなるべくしないことが勝率の向上に繋がると考えられる。

留意しておきたいのは、これらの結果はカードを場に出すアルゴリズムと強い関係がある可能性もあるということだ。すなわちカードを場に出すアルゴリズムを別のものに変えれば、結果が大きく変わることも予想されるということである。

5 章では結論、実験のまとめについて説明する。

5. 結論

この章では、まとめ、今後の課題について説明する。

5.1. まとめ

カードゲームのダウトでは、ダウトコールという要素が存在するがそれが如何にして勝利に結びついているのかという因果関係が不明瞭だった。

本研究では、AI 同士を戦わせることでダウトコールと勝率の関係性を明らかにし、ダウトにおけるダウトコールという要素についてデータ収集および考察を行った。

検証方法はカードを場に出すアルゴリズムについてはすべての AI で統一し、ダウトコールの判断のみ変えることで比較を行った。カードを場に出すアルゴリズムは、なるべく相手にダウトコールをされないようにしつつ、最後の手札が要求カードと一致するようなものを使った。ダウトコールの AI は 2 種類を用いた。1 つは一定確率でダウトコールを行う AI を用いた。これは文字通り一定確率でダウトコールを行うものである。もう 1 つは確実な場合のみダウトコールを行う AI で、これは手札のカードと相手が出したカードの枚数を照らし合わせることで確実な場合のみダウトコールを行うものである。

最初に一定確率でダウトコールを行う AI のみでデータ収集を行った。その後、確実な場合のみダウトコールを行う AI を加えて対戦させた。

結果として、ランダムにダウトコールを行うと勝率は下がることが判明し、それらよりも確実な場合のみダウトコールを行う AI の勝率が高いということが明らかになった。

ただし、これらの結果はすべて 4 人対戦のときのものであり、対戦人数が変われば結果が変わることも考えられる。またカードを場に出すアルゴリズムと結果との関係が明らかにされていないという問題もある。

5.2. 今後の課題

これからの課題としてカードを場に出すアルゴリズムや対戦人数とダウトコールとの関係性が挙げられる。

ダウトコールを行う戦略には特定のプレイヤーのみを狙う、カードの枚数を判断基準にする、敢えて誤ったダウトコールを行って手札にない数字のカードを集める等々さまざまなものが考えられるが、それらはカードを場に出すアルゴリズムとの相性があると予想される。そのためダウトコールと勝率の関係性についてさらに検証するためにはカードを場に出すアルゴリズムとの関係性についても合わせて研究する必要があると考えられる。

また対戦人数によっても有効な戦略が大きく変化することが予想される。4 人対戦の場合には配られるカードは 1 人 13 枚だが、8 人対戦の場合には、6~7 枚にまで減少してしまう。特に今回作成した確実な場合のみダウトコールを行う AI は自分の手札のカードの枚数が非常に重要であり、対戦人数が増えることでダウトコールをする頻度が下がり、それによって

勝率が低下し有効な戦略とはいえなくなってしまうことも十分に考えられる。

カードを場に出すアルゴリズムや対戦人数ごとに有効な戦略を明らかにした上で、さらにそれらの結果を合わせることでようやくダウトにおけるダウトコールと勝率の関係性が証明されるといえる。現時点では条件付きの結論が多く、ダウトコールと勝率の関係性が正確に検証されたとは言いがたい。

謝辞

本論文を執筆するにあたり指導をしてくださいましたグリムベルゲン先生へ深くお礼を申し上げます。

参考文献

[1] Cheat (game) – Wikipedia

[https://en.wikipedia.org/wiki/Cheat_\(game\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Cheat_(game))

(参照日 2020 年 1 月 23 日)

[2] ダウト | トランプの歴史・遊びかた | トランプ | 任天堂

https://www.nintendo.co.jp/others/playing_cards/howtoplay/doubt/index.html

(参照日 2020 年 1 月 23 日)