

# ポーカーにおける 手札によらない効果的なブラフタイミングの分析

大平 翼<sup>1,a)</sup> 横山 昌平<sup>1,b)</sup>

**概要:** 日本においてポーカーは5枚の手札で勝負を行うゲームとして認知されている。しかし、世界で主流とされているルールのポーカーは、各プレイヤーの2枚の手札と全プレイヤーが共有する5枚のコミュニティカードの計7枚を用いたゲームである。このポーカーはノーリミットホールデムと呼ばれ、チップの駆け引きを行い、チップを増やすことを目的とした不完全情報ゲームである。プレイヤーは互いに手札が見えないためブラフによる駆け引きが勝敗を大きく左右する。本研究ではブラフに着目し、大量のポーカー履歴から計算されるプレイヤー全体の平均的な行動確率を用いて、手札を考慮せず、シチュエーション、賭けのサイズ、賭けの回数のみで効果的なブラフを分析する。

## 1. はじめに

ポーカーは世界中のカジノで採用されている世界で最も人気のあるトランプゲームの1つである。数あるポーカーの中でも、人気を博しているものは、ノーリミットホールデムと呼ばれるポーカーである。このポーカーは2枚の手札と5枚のコミュニティカードを用いて役を作り勝負を行うのが特徴となっている。コミュニティカードとは、場に出されるプレイヤー全員が共有できるカードである。プレイヤーは2枚の手札と5枚のコミュニティカードの中から任意の5枚を選択し、役を作って勝負を行う。コミュニティカードはプレイヤー全員が共通で認識できる一方、各プレイヤーの手札は、手札の持ち主にしか見えておらず、プレイヤー同士がどのカードを持っているかを認識することはできない。

ゲームは完全情報ゲームと不完全情報ゲームに分類される。将棋や囲碁は全ての情報がプレイヤーに把握されているため、完全情報ゲームに分類される。一方、ノーリミットホールデムはすべての情報が全プレイヤーに開示されていないため、不完全情報ゲームに分類される。麻雀や人狼ゲームなどもこれに分類される。不完全情報ゲームでは、認識できない情報に対して、いかに精度よく情報の推測できるかがゲームを有利に進めるために重要な技術となる。ノーリミットホールデムにおいても手札が見えていないため、コミュニティカードと相手のプレー方法から手札を推測し、

自身のプレーを決定していくことが優位性を生み出す。

日本にはカジノがないこともあり、ポーカーというゲームはマイナーであり、認知度も低かった。しかし、2020年初頭から、世界中のカジノのポーカーで生計を立てている日本人プロポーカープレイヤー [1] の活動がYouTubeを通して注目を集めるようになり、日本におけるポーカーの人気度が高まった。ポーカーをプレーできるアミューズメントカジノ施設も日本国内で増加し、大規模な大会が開かれるようになってきている。また2016年には特定複合観光施設区域の整備の推進に関する法律が成立したことにより、日本でのカジノ施設が計画され、[2] ポーカーはカジノゲームの1つとしての導入が検討されている。今後、日本におけるポーカーの人気はさらに広がっていくと予想される。

ポーカーの人気を増加させた理由の1つにそのゲーム性が挙げられる。ポーカーでは手札を公開して役の勝負を行うのはゲームのなかでは最終の局面である。そのため役の強さで勝負をしなくとも、ゲームの進行過程で相手プレイヤーを降ろしてしまえば手札の勝負をする必要はない。手札が弱いと思われるときに、チップを賭けて相手を降ろす戦術のことをブラフと呼ぶ。またポーカーは先に述べたように、不完全情報ゲームであり、互いの手札が見えていない状態で勝負を行わなければならない。プレイヤーはコミュニティカードとプレイヤーの行動から、不足している情報を補完し、自身のプレーに活用することで実力差を生み出している。特にプレイヤーの行動からパターンを見つけ出す部分に大きな差が発生する。洞察力のあるプレイヤーは相手プレイヤーのプレーを観察することで手札が強い時と弱い時の行動パターンを見つけ出す。相手の手札が強いと

<sup>1</sup> 東京都立大学  
Tokyo Metropolitan University

a) ohira-tsubasa@ed.tmu.ac.jp

b) shohei@tmu.ac.jp

感じたときは素早いタイミングで勝負をあきらめ、損失を減らし、相手の手札が弱いと感じた時は、大量のチップを賭けて大胆にブラフを行い、相手を勝負から降ろしチップを稼ぐ。そのため同じ手札を配られたとしても、実力のあるプレイヤーと実力のないプレイヤーでは長期的に稼ぐことができるチップの量は変わってくる。特にブラフは自身の手札の強さに関係なくチップを稼ぐことができる戦術であるため、スキルが大きくかわる。

本研究ではポーカーのブラフに着目した。ブラフを効果的に行うには、相手の行動パターンを推測し、ブラフが成功するタイミングを見極めなければならない。この行動パターンを大量のプレーデータから解析することで、プレイヤーの平均的なアクション頻度を調べることができる。アクション頻度とは、チップを賭ける確率や賭けに対して降りる確率などを指している。アクション頻度を解析することで、ブラフが効果的に働くシチュエーション、賭けのやり方を発見できるのではないかと考えた。ポーカーにおけるアクション頻度の重要性を示すために、手札やコミュニティカードを一切考慮していない。

本論文の構成は以下の通りである。2章では関連研究について述べる。3章では提案手法について述べ、ポーカーのルールおよびブラフの手法の分類について説明する。4章では、実データを用いて、各シチュエーションにブラフ手法のシミュレーションを行い、ブラフ手法の有効性を評価する。5章では本研究の総括と今後の課題、展望を述べる。

本研究では、ノーリミットホールデムを研究の対象としている。そのため、本文でのポーカーはノーリミットホールデムのことを指す。

## 2. 関連研究

### 2.1 頻度ベースのポーカー戦略

アクションの頻度に着目した、ポーカーの戦略分析はこれまでにも行われてきた。

Chen ら [3] は、手札の強さを 0 から 1 までの実数として扱う簡易なポーカーゲームを想定し、ゲーム理論的に最適な戦略を計算した。

Janda は [4]、二人のプレイヤーを想定し、一人のプレイヤーが一番強いが一番弱いかの両極化された手札を持っており、もう一方のプレイヤーは中間の強さの手札を持っているポーカーを想定した。このポーカーの分析により、両極化された手札を持つプレイヤーの優位性を示した。

Tipton [5][6] は、Matthew の戦略をさらに発展させ、手札の強さがコミュニティカードの出方によって変化する状況を想定し、最適な戦略を計算した。

これらの解決された戦略は、現実のポーカーとは解離したモデルの計算ばかりであった。本研究では、実際のプレーに使用できる、実用的なブラフの戦略を提案する。

### 2.2 ポーカーと AI

ポーカーの AI に関する研究については、Brown ら [7],[8] は、ポーカーの対戦 AI である Libratus と Pluribus を開発した。Libratus はヘッズアップ専用のポーカーの AI として作成され、Pluribus は多人数のポーカーの AI として作成された。ヘッズアップとは、1 たい 1 のたいせんけいしきのことである。これらの AI の背景にある理論は、まずゲームの抽象化を行うことでゲームの状態数を減らし、MC-CFR (Monte Carlo counterfactual regret minimization) と呼ばれるアルゴリズムを使用して Blueprint と呼ばれる戦略を作成する。また、初期戦略を固定に使用するのではなく、Blueprint は初期ラウンドのみ適応され、後半のラウンドではリアルタイムでサブゲームを解くことで戦略を変化させる。もし Blueprint の戦略にはないベットサイズを人間が使ってきた場合、そのサイズを分析し Blueprint に分析した戦略を追加し人間のプレイヤーに適応した。Libratus は 4 人のヘッズアップノーリミットホールデムのスペシャリストと合計 12 万ハンド対戦し、人間のプレイヤーに対して勝利した。Pluribus は実力を測る実験として、5 体の AI と 1 人の人間での対戦形式と、1 体の AI と 5 人の人間での対戦形式で実力を測定した。Pluribus は両方の形式において、十分な強さを発揮した。これらの AI が使用する戦略は、非常に複雑なため、人間のプレイヤーが真似するには難しいものとなっている。

本論文の先攻研究 [9] では、オンラインポーカーサイトのハンド履歴からプレイヤーのプレー傾向に関する統計を収集し、その統計を特徴量として、ポーカープレイヤーの実力を判別するニューラルネットワークを構築した。運要素が介入するポーカーにおいて、プレイヤーの実力判別に時間がかかってしまう問題を、短時間で集まるプレイヤーのアクション頻度を用いることで解決している。この研究では実力の判別は行えるが、プレイヤーのプレーに対する具体的な戦略を示すことはできない。本研究は効果的なブラフ手法をプレイヤーに提案する。

### 2.3 ポーカーとテル

ポーカーにおけるテルとは、表情やしぐさから自身の手札や戦略に関する情報を出してしまう癖のことである。賭けの速度、プレー中の発言などもテルに含まれる。高木ら [10] は、重回帰分析を用いて、プレイヤーの表情から手札の勝率を予測する研究を行っている。プレー中での表情情報やベットタイミングなど説明変数とし、手札の勝率を目的変数とすることで、重回帰分析を行い、プレイヤーの手札の勝率を予測している。本研究は、表情ではなく、アクションの頻度に着目することで、勝つ方法を示している。

## 3. 提案手法

本節では、本研究の対象のポーカーであるノーリミット

ホールデムのルールについての説明を述べ、研究に用いたデータセットおよび研究方法について述べる。

### 3.1 ノーリミットホールデムのルール

ノーリミットホールデムでは5つのアクションが存在する。

- ベット: チップを賭けること
- レイズ: ベットに上乘せしたチップを賭けること
- コール: ベットやレイズにのること
- チェック: チップを賭けず、様子見すること
- フォールド: ベットやレイズに対して降りること

ベット額やレイズ額、レイズの回数に関しては上限がなく、手持ちのチップをどのタイミングにおいても全てベット(レイズ)することができる。手持ちのチップすべてをベット(レイズ)することをオールインと呼ぶ。

ゲームでは2枚の手札と5枚のコミュニティカードが場に出される。手札はその所有者にしか見えておらず、プレイヤーは互いの手札を確認することはできない。コミュニティカードとはプレイヤー全員が共有して使用できるカードのことで、プレイヤーは2枚の手札と5枚のコミュニティカードの計7枚から任意のカードを5枚選択し役の勝負を行う。ゲーム中にはベッティングラウンドと呼ばれるアクションを行うフェーズが存在している。ラウンドは全部で4回あり、プレイヤーは各ラウンドでベットやコールといったアクションを行い、チップのやり取りをする。最終ラウンドが終了した段階で残ったプレイヤーが2人以上いた場合、残ったプレイヤーは手札を公開し役の勝負を行う。役が一番強かったプレイヤーが場のチップを全て総取りする。手札を公開し、役の強さで勝負をおこなフェーズのことをショーダウンと呼ぶ。もし勝負に参加しているプレイヤーがショーダウンに到達する前に1人になった場合、残った1人のプレイヤーが勝者となりその場のチップをすべて獲得する。このとき残ったプレイヤーは手札を見せる必要がない。またフォールドしたプレイヤーも手札を公開する義務はない。

プレイヤーの座席位置のことをポジションと呼ぶ。ボタンと呼ばれるポジションのプレイヤーが中心として、ボタンの左隣のポジションをスモールブラインド、スモールブラインドの左隣を、ビッグブラインドとそれぞれ呼ぶ。ポジションは1回のゲームごとに、右隣のプレイヤーに移動する。スモールブラインドとビッグブラインドは、ゲーム開始時に決められた額をそれぞれ強制的にベットをしなければならない。強制ベット額は、スモールブラインドはビッグブラインドがベットする額の半分をベットする。強制ベット額は変動することなく、1回のゲームが終わるごとに、新たなスモールブラインドとビッグブラインドが強制ベットを行う。ビッグブラインドが強制的にベットする額が、ゲームでの最小ベット額となる。

役について説明する。まずカードのランクの強さについて、Aが一番強くK, Q, J, T, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2と弱くなっていく。スートに関しては強さの序列は存在しない。役の強さは以下に示す。

- ストレートフラッシュ: 5枚のカードのランクが連番であり、スートが全て同じ。
- フォーオブアカインド: 5枚中4枚のカードが同じランク。
- フルハウス: 5枚中3枚のカードのランクが同じであり、残り2枚のカードのランクも同じである。
- フラッシュ: 5枚のカードのスートが全て同じである。
- ストレート: 5枚のカードのランクが連番である。
- スリーオブアカインド: 5枚中3枚のカードのランクが同じで、残り2枚のランクは異なる。
- ツーペア: 5枚中2枚のカードのランクが同じで、残りの3枚のうち2枚のカードのランクが同じ。
- ワンペア: 5枚中2枚のカードのランクが同じであり、残りの3枚のランクは全て異なる。
- ハイカード: 上記の役に該当しない5枚。

### 3.2 データセット

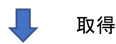
プレイヤー全体の平均的なアクション頻度を求めるために、オンラインポーカーサイト「pokerstars」から得ることができるハンド履歴を利用した。ハンド履歴には、1回の勝負で発生したアクションの詳細が記載されている。ハンド履歴を集めたポーカーの形式は、最低ベット額が0.02ドル、0.05ドル、0.1ドルの6人制のノーリミットホールデムキャッシュゲームである。このプレー履歴はHHDEALER[11]で取得した。データセット作成に利用したハンド履歴の数は4,652,883件である。

データセットから各シチュエーションにおけるプレイヤーの平均的なアクション頻度を求め、その頻度から、ブラフの期待値を計算する。ブラフの期待値とは、特定のブラフ手法が、長期的に、平均してどれほどチップを稼ぐことができるかということである。あるブラフの手法が、平均して稼ぐことができるチップ量が多い、つまり、期待値が高いとき、そのブラフ手法は効果的であるとみなせる。イメージを図1に示す。

### 3.3 ブラフとは

ブラフとは、プレイヤーが、相手プレイヤーに自身の手札が負けていると考え、ショーダウンでは役の強さで勝つことができなくなると思われる場合に、ベットを行うことで相手プレイヤーをフォールドさせ、ショーダウンに至る前に勝つ戦略のことである。ブラフは自身の手札の強さに依存しない戦略であるため、プレイヤーのスキルがブラフの成功率に大きく影響を与える。実力のあるプレイヤーは上手くブラフを行うことで、ほかのプレイヤーとの差を生み出

ハンド履歴



1回目の賭けのサイズ	1回目の賭けに降りる確率	賭けを上乗せしてくる確率	相手が降りてくる確率	2回目の賭けのサイズ	2回目の賭けに降りる確率	賭けを上乗せしてくる確率
30	0.376785012	0.116783777	0.484738372	30	0.462686667	0.029850746
				50	0.687898089	0.01919828
				70	0.93475	0.05206333
				90	0.719592816	0
50	0.451879311	0.08407402	0.520657178	30	0.46969697	0.045454545
				50	0.614649682	0.044583987
				70	0.56097661	0.024390244
				90	0.653061224	0
70	0.523680064	0.069246436	0.510639419	30	0.392405063	0.113924051
				50	0.509933775	0.079470199
				70	0.629139073	0.04415011
				90	0.595937923	0.07944509
90	0.602103879	0.050855086	0.49904943	30	0.333333333	0.055555556
				50	0.333333333	0
				70	0.527272727	0.072727273
				90	0.596153846	0.067307692

図 1 アクション頻度の抽出

し、長期的にチップを稼ぎ出す。ブラフとは相手に依存した戦略であるため、相手がどのような行動をとると予想されるかが重要である。相手プレイヤーがある特定のシチュエーションではベットに対してほとんどフォールドしないが、別のシチュエーションでは高い確率でフォールドすることがある。また特定のシチュエーションにおいては、安い金額のベットにはフォールドしないが、高い金額のベットにはフォールドするといったこともある。このようにブラフの成功には、シチュエーションやベットサイズに依存していることがわかる。またポーカーでは、ベッティングラウンドが3回あるため、1回の勝負で、何回ベットを行ったとかという、ベットの回数もブラフの成功においては重要な条件だと考えられる。ベットを複数回行った場合、相手プレイヤーがよりこちらのベットに対して信憑性を持ち、フォールド率が上がる可能性があるからである。これらを踏まえ、ベットやチェックに対するプレイヤーの平均的な反応を、膨大なデータを用いて分析することで、精度の高いブラフの手法を見つけることができると考えた。

本研究ではブラフの条件として、ブラフを行うプレイヤーの手札が弱いことを前提としている。ただし、具体的な手札を指定しているわけではない。唯一の手札の性質として、ショーダウンでは絶対に勝てないということになっている。そのため、相手をフォールドさせることのみで、チップの増加が最大化されるブラフ手法を追求している。そのため、ベットに対して相手プレイヤーがレイズを行ってきた場合、その時点で抵抗をやめ、フォールドをするということにしている。つまり、ブラフ手法の利益を考えたときに、相手からレイズが行われた場合は、ブラフを行っているプレイヤーがそれまでにベットしてきた金額は完全に失われるという条件となっている。手札が弱い前提でブラフを行っているため、相手からの強力なアクションが返ってきた場合は、勝負を諦めることとしている。

### 3.4 シチュエーション

シチュエーションの分類について、本研究では、プリフロップのアクションによって場合分けできる四つのポスト

フロップのシチュエーションを分析対象とした。分類した四つは、頻繁に遭遇するシチュエーションであるため、選択した。また、四つのシチュエーションのすべてはポストフロップにおいて1対1の勝負となっている。ポーカーでは、ポストフロップに進む段階で1対1の状況になることが多い。データセットから、ポストフロップにおけるプレー人数の69.9%は1対1である。ポストフロップのみの分析に限定した理由は、プレイヤーがブラフという意識を持つ段階ではないからである。プリフロップにおける多くのハンドの強さは、場にコミュニティカードが出ていないため、かなり優劣のつけづらい勝率となっている。そのため、プレイヤーはプリフロップでのハンドを明確にブラフであると考えてプレーすることは少ない。

プリフロップのアクションから生まれる四つのシチュエーションについて説明する。一つ目は、プリフロップにおいて、1人のプレイヤーが最初のレイズを行い、ビッグブラインドのプレイヤーにコールされる場合である。二つ目は、プリフロップにおいて、1人のプレイヤーが最初のレイズを行い、スモールブラインド、ビッグブラインド以外のプレイヤーにコールされた場合である。この二つのシチュエーションでは、1人目にレイズを行ったプレイヤーとコールしたプレイヤー以外にポストフロップに進んだプレイヤーはいない。三つ目は、1人のプレイヤーが最初のレイズを行い、スモールブラインドとビッグブラインド以外のプレイヤーはフォールドし、スモールブラインドもしくはビッグブラインドのプレイヤーがレイズを行い、最初にレイズを行ったプレイヤーがコールした場合である。四つ目は、1人のプレイヤーが最初のレイズを行い、スモールブラインドとビッグブラインド以外のプレイヤーがレイズを行い、最初にレイズを行ったプレイヤーがコールした場合である。これら四つのシチュエーションを分けている要素は、プリフロップにおいて最後にレイズもしくはリレイズを行ったプレイヤーの位置とプリフロップでのリレイズの発生である。プレイヤーはテーブル上の位置によって、アクションを行う順番が決まるため、プレイヤー同士の位置関係はゲームの戦略に大きな影響がある。また、今回のシチュエーションは1対1の勝負であるため、プレイヤー同士の位置関係によって、先にアクションを起こすか後にアクションを起こすかが決まる。ブラフを行う上でも、先にベットを行うか、相手の様子を見たうえでベットを行うかでブラフの効果も変わってくる。そのため、位置関係によるシチュエーションの分類を行った。プリフロップにおけるリレイズの発生については、プリフロップで大きな金額のチップをやり取りすることになるため、ポストフロップに進んだ段階で、互いの手札がある程度絞られた状態となる。そして自身が所有しているチップに対して、すでにかけられた金額が大きくなっているため、オールインを行うリスクが小さくなっている。この2つの要素から、プリ

フロップでレイズのみが行われた状況と性質が異なってくるため、シチュエーションの分類が必要だと考えた。

### 3.5 ベット回数とベットサイズ

ポストフロップは三つのベッティングラウンドに分けられる。最初に行われるのベッティングラウンドはフロップと呼ばれる。次に行われるベッティングラウンドがターンと呼ばれる。そして、最後に行われるベッティングラウンドがリバーと呼ばれる。これら三つのベッティングラウンドのうち、どのタイミングでベットを行うかによってブラフ手法の分類ができる。フロップ、ターン、リバーの三つのベッティングラウンドすべてにおいてベットを行う手法もあれば、フロップとターンのみベットを行う手法もあるということである。各ベッティングラウンドにおいて、チェックをするかベットをするかの二つの選択肢があるため、プレイヤーは三つのベッティングラウンドを通して八つのベッティングパターンを選択することができる。八つのベッティングパターンのうちの一つは、3回のベッティングラウンドのすべてをチェックする選択となるため、ブラフの手法のパターンとしては実質7つとなる。

七つに場合分けされるそれぞれのブラフ手法を、ベットサイズでさらに分割する。集めたデータセットから、プレイヤーがポストフロップで使用するベットサイズの94.49%がポットの20%から100%の大きさに収まることがわかった。ベットサイズの幅には限りがないため、制限を設けないと、無限個のベットサイズが生まれてしまう。そのためベットサイズにある程度の幅を持たせて選択を行った。選択したベットサイズはポットに対して30%、50%、70%、90%である。

## 3.6 ブラフの評価指標

### 3.6.1 ブラフ手法の種類

四つのシチュエーション、7つのベッティングパターン、四つのベットサイズによって分類されるブラフ手法の中で、プレイヤーが高い頻度で使うものを調べる。オンラインポーカーサイトから集めたハンド履歴をもとに、四つのシチュエーションそれぞれにおいて、どのブラフ手法が高頻度で使用されているかを調べ、各シチュエーションにおける最も効果的なブラフ手法を調べる。調査の結果、一つ目のシチュエーションでは102パターン、二つ目のシチュエーションでは90パターン、三つ目のシチュエーションでは34パターン、四つ目のシチュエーションでは59パターンの計285パターンのブラフ手法が頻繁に利用されていることがわかった。

特定のブラフの手法が、長期的に、平均して稼ぐチップ量を求めるために、ベットに対する相手のアクションの頻度のデータが必要となってくる。つまり、285パターンのブラフ手法それぞれに対するプレイヤーのアクションの頻度を

求める必要がある。オンラインポーカーサイトから集めたハンド履歴をもとに、各ブラフ手法に対するプレイヤーのアクションの反応の頻度を計算した。

### 3.6.2 ブラフの期待値の計算

七つのベッティングパターンそれぞれの期待値の計算方法について説明する。ゲームの中でベットやレイズなどのアクションによって集まったチップのことをポットという。プレイヤーがベットを行い、相手がフォールドした場合、ポットをすべて獲得できる。ブラフでチップを獲得する手段は、ベットによって相手をフォールドさせ、ポットを獲得することのみであるため、ポットの額とベットに対する相手のフォールド率が純粋な利得の計算となる。逆にブラフが損をする条件としては、ベットを行い、相手がコールまたはレイズした場合である。コールされた場合、プレイヤーは次のベッティングラウンドでベットを継続するか諦めるかの選択がある。ベットを継続した場合は、再度のベットに対する相手のフォールド率、コール率、レイズ率を考慮し、期待値の計算を行う。ベットを継続せずに諦めた場合は、プレイヤーはチップを勝ち取る手段がなくなるため、ベットしてきた金額をすべて失うことになる。ベットに対して相手がレイズを行ってきた場合は、プレイヤーはフォールドするため、ベットしてきた金額をすべて失うことになる。期待値の計算式から、ベットの回数が多いブラフの手法であれば、相手をフォールドさせる機会は増加するが、ベットによって多くのチップを使用するため、ブラフが失敗したときの損失が増えることがわかる。一方、ベットの回数が少ないブラフの手法であれば、相手をフォールドさせる機会は少ないが、損失が小さくなることがわかる。式1にフロップでベットを行い、相手プレイヤーにコールされた場合、ターンでもベットを行い、ターンのベットに対しても相手プレイヤーにコールされた場合、リバーにおいてベットを行うブラフパターンの期待値の計算式を示す。

$$\begin{aligned} EV = & F_f P_f - R_f B_f \\ & + C_f \{ F_t P_t - R_t B_t \\ & + C_t [ F_r P_r - (R_r + C_r) B_r ] \} \end{aligned} \quad (1)$$

期待値を  $EV$ 、フロップのポットサイズを  $P_f$ 、フロップでのベットサイズを  $B_f$ 、フロップのベットに対するフォールド率  $F_f$ 、フロップのベットに対するコール率  $C_f$ 、フロップのベットに対するレイズ率  $R_f$ 、ターンのポットサイズを  $P_t$ 、ターンのベットサイズを  $B_t$ 、ターンのベットに対するフォールド率  $F_t$ 、ターンのベットに対するコール率  $C_t$ 、ターンのベットに対するレイズ率  $R_t$ 、リバーのポットサイズを  $P_r$ 、リバーのベットサイズを  $B_r$ 、リバーのベットに対するフォールド率  $F_r$ 、リバーのベットに対するコール率  $C_r$ 、リバーのベットに対するレイズ率  $R_r$ 、とする。このとき、 $P_t$  は式2で表され、

$$P_t = P_f + 2B_f \quad (2)$$

$P_r$  は式 3 で表される。

$$P_r = P_t + 2B_r \quad (3)$$

$F_f P_f$  はフロップで相手プレイヤーがフォールドすることによって獲得できるチップ利得である。 $-R_f B_f$  はフロップでレイズされることによるチップの損失である。 $F_t P_t$  はターンで相手プレイヤーがフォールドすることによって獲得できるチップの利得である。 $-R_t B_t$  はターンでレイズされることによるチップの損失である。 $F_r P_r$  はリバーで相手プレイヤーがフォールドすることによって獲得できるチップの利得である。 $-R_r B_r$  はリバーでレイズされることによるチップの損失である。ブラフの手法となるベッティングパターンは全部で七つとなるため、七つすべてにおいてそれぞれ期待値を求める式を立て、計算を行う。ベットに対するアクションの頻度はポットに対して 30%, 50%, 70%, 90% の四つのベットサイズそれぞれに対して反応した場合の数値である。各ベットサイズに対するアクション頻度を求めるために、ベットサイズの範囲を指定した。30% のベットサイズは、20% から 40% の範囲のサイズでベットに遭遇した場合の頻度を集計し、50% のベットサイズは、41% から 60% の範囲のサイズでベットに遭遇した場合の頻度を集計し、70% のベットサイズは、61% から 80% の範囲のサイズでベットに遭遇した場合の頻度を集計し、90% のベットサイズは、81% から 100% の範囲のサイズでベットに遭遇した場合の頻度を集計した。これらの頻度を集計することで、ポーカープレイヤー全体として、シチュエーション、ベットタイミング、ベットサイズごとで高い頻度で利用されているベッティングパターンがわかる。そして、それらのベッティングパターンの中から期待値の高くなるブラフの手法を調べる。

## 4. 実データを用いた評価

### 4.1 効果的なブラフ手法の抽出

第 3 節での四つのシチュエーションそれぞれにおける、各ブラフ手法の期待値の計算を行った。計算では、フロップでのポットサイズを 100 と設定した。4 つのシチュエーションごとに、ブラフ手法それぞれの期待値のグラフと期待値が最も高くなったブラフの手法を示す。

#### 4.1.1 一つ目のシチュエーション

一つ目は、プリフロップにおいて、1 人のプレイヤーが最初のレイズを行い、ビッグブラインドのプレイヤーにコールされるシチュエーションである。これをシチュエーション 1 とする。このシチュエーションにおける各ブラフ手法のベッティングパターンと期待値の分布を表したグラフを図 2 に示す。横軸がブラフ手法のベッティングパターンを表しており、縦軸が期待値を表している。横軸のラベルの

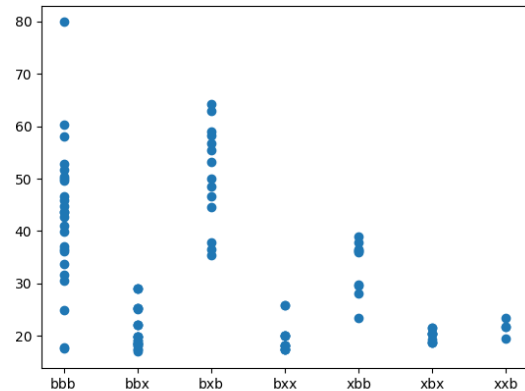


図 2 シチュエーション 1 のブラフ手法と期待値

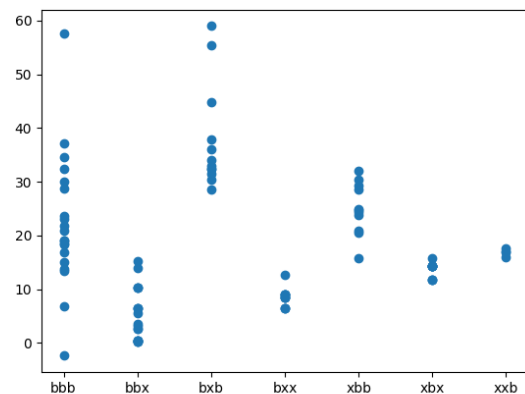


図 3 シチュエーション 2 のブラフ手法と期待値

b はベットを表しており、x はチェックを表している。b と x の文字列の順番については、左から、フロップでのベットかチェック、ターンでのフロップでのベットかチェック、リバーでのフロップでのベットかチェックを表している。例えば bxb はフロップでベット、ターンでチェック、リバーでベットを行うブラフ手法を表している。

102 パターンのブラフ手法のなかで、フロップでポットの 90% のサイズのベットを行い、ターンでポットの 70% のサイズのベットを行い、リバーでポットの 70% のサイズのベットを行うブラフ手法が最も期待値が高くなった。このときの期待値が 79.910 である。この手法は、ほかのブラフ手法と比べ、突出して高い期待値を出している。

#### 4.1.2 二つ目のシチュエーション

二つ目は、プリフロップにおいて、1 人のプレイヤーが最初のレイズを行い、スモールブラインド、ビッグブラインド以外のプレイヤーにコールされたシチュエーションである。これをシチュエーション 2 とする。このシチュエーションにおける各ブラフ手法のベッティングパターンと期待値の分布を表したグラフを図 3 に示す。

90 パターンのブラフ手法のなかで、フロップでポット

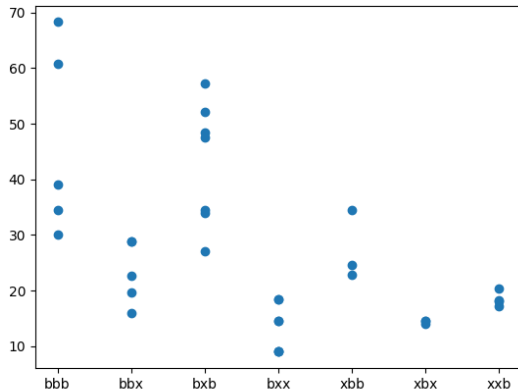


図 4 シチュエーション 3 のブラフ手法と期待値

の 90 % のサイズのベットを行い、ターンではベットせずチェックを行い、リバーでポットの 90 % のサイズのベットを行うブラフ手法が最も期待値が高くなった。このときの期待値が 58.968 である。フロップでポットの 70 % のサイズのベットを行い、ターンでポットの 90 % のサイズのベットを行い、リバーでポットの 90 % のサイズのベットを行うブラフ手法の期待値は 57.631 であり、最も期待値の高い手法と僅差であった。フロップでポットの 70 % のサイズのベットを行い、ターンでポットの 70 % のサイズのベットを行い、リバーでポットの 30 % のサイズのベットを行うブラフ手法の期待値は -2.369 とマイナスの値となった。期待値が 0 を下回った手法は全シチュエーションを含めてもこの 1 つのみである。

#### 4.1.3 三つ目のシチュエーション

三つ目は、プリフロップにおいて、1 人のプレイヤーが最初のレイズを行い、スモールブラインドとビッグブラインド以外のプレイヤーはフォールドし、スモールブラインドもしくはビッグブラインドのプレイヤーがリレイズを行い、最初にレイズを行ったプレイヤーがコールしたシチュエーションである。これをシチュエーション 3 とする。このシチュエーションにおける各ブラフ手法のベッティングパターンと期待値の分布を表したグラフを図 4 に示す。

34 パターンのブラフ手法のなかで、フロップでポットの 70 % のサイズのベットを行い、ターンでポットの 70 % のサイズのベットを行い、リバーでポットの 50 % のサイズのベットを行うブラフ手法が最も期待値が高くなった。このときの期待値が 68.279 である。

#### 4.1.4 四つ目のシチュエーション

四つ目は、プリフロップにおいて、1 人のプレイヤーが最初のレイズを行い、スモールブラインドとビッグブラインド以外のプレイヤーがリレイズを行い、最初にレイズを行ったプレイヤーがコールしたシチュエーションである。これをシチュエーション 4 とする。このシチュエーションにおける各ブラフ手法のベッティングパターンと期待値の分布

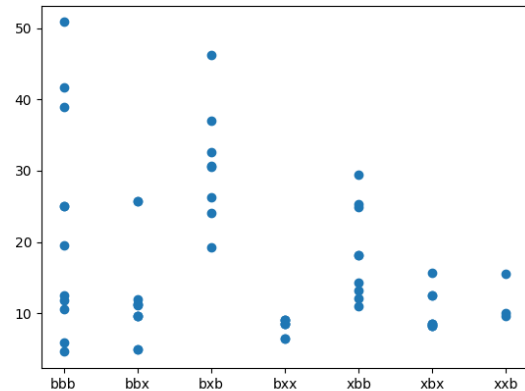


図 5 シチュエーション 4 のブラフ手法と期待値

を表したグラフを図 5 に示す。

59 パターンのブラフ手法のなかで、フロップでポットの 50 % のサイズのベットを行い、ターンでポットの 70 % のサイズのベットを行い、リバーでポットの 50 % のサイズのベットを行うブラフ手法が最も期待値が高くなった。このときの期待値が 50.86 である。

## 4.2 考察

この章では、ブラフ手法の期待値の結果から、どのような要素が期待値を高めることに寄与しているのかを考察する。各ブラフ手法の期待値は、計算方法よりベットサイズやベット回数に依存している。そのため、これらの要素が期待値に与える影響は大きく、期待値との関係性を探っていく。まず、ベットサイズの和と期待値の関係性に注目する。ベットサイズの和とは、ブラフ手法の中で使用されたベットサイズを合計した値のことである。計算上では、ポットに対して 30 %、50 %、70 %、90 % のベットサイズをそれぞれ、0.3、0.5、0.7、0.9 としている。ベットサイズの和は、ブラフ手法のベットサイズやベット回数を反映した指標となっている。ベットサイズやベットの回数の増加は、相手をフォールドさせる可能性を上げると考える。大きなサイズのベットや複数回のベットは相手プレイヤーへ、手札の強さを感じさせるアクションとなるからである。ベットサイズとベットに対するフォールド率の相関係数を計算したところ、値は 0.913 となった。ベットサイズとベットに対するフォールド率にはかなり強い相関があることがわかる。しかし、大きなベットサイズを使い、フォールド率を上げたとしてもブラフの期待値が向上するとは限らない。大きなベットサイズは、ブラフが失敗したときの損失が増加しているからである。そのため、ベットサイズの和と期待値に相関があるとは限らない。図 6 にベットサイズの和と期待値の関係を示している。

ベットサイズの和と期待値の相関係数は 0.471 となった。相関はあるが弱いものである。大きなベットサイズを使

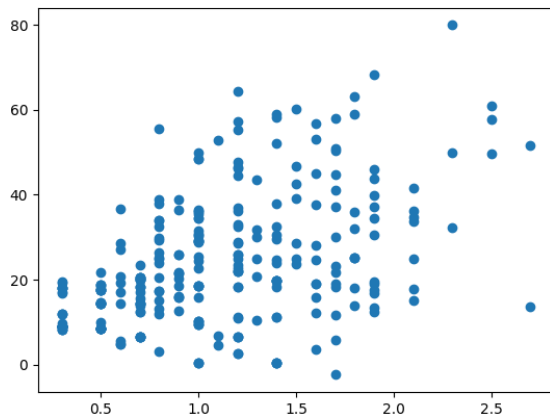


図 6 ベットサイズの和と期待値

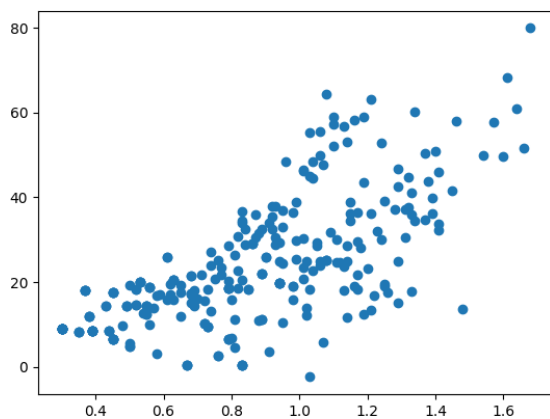


図 7 フォールド率の和と期待値

うことで期待値の向上は見られるが、ベットのタイミングやベットサイズの選択によっては、低い期待値になってしまう。

次にベットに対するフォールド率の和と期待値の関係に注目する。フォールド率の和は、特定のブラフ手法において行われるベットそれぞれのフォールド率の合計をとったものである。図 7 にベットサイズの和と期待値の関係を示している。

フォールド率の和と期待値の相関係数は 0.691 となったため、2つの指標には相関があることがわかる。フォールド率にはベットサイズの要素が含まれていないため、ベットの損失による影響度が含まれない指標となっている。そのため、小さなサイズのベットであってもフォールドする確率が高ければ、ベットによる損失の欠点が小さくなり、ブラフ手法の期待値が増加していると考えられる。

## 5. まとめ

本研究では、ベットに対するアクションの頻度を利用することで、効果的なブラフの手法を提案した。手札やコミュニティカードを考慮していないにもかかわらず、ほとんどのブラフの手法の期待値が正になることがわかった。これらの手法は、頻繁に発生するシチュエーションに絞り、効果的なブラフの手法を調べたため、提案する手法を実践す

ることで、プレイヤーの成績向上につながると思う。ブラフ手法の実践においても、プレイヤーは手札を考慮する必要がなく、各シチュエーションにおいて 1 つの効果的な手法を使用するだけでよいため、戦略を覚える労力が少なく、実践しやすいものとなっている。本研究では、ポストフロップにおいて 1 対 1 を想定し、ブラフを行うものとしているが、多人数のポストフロップにおけるブラフの手法も今後の研究すべき課題である。また、手札の情報やコミュニティカードの情報やより細かなシチュエーションごとに分析を行うことで、さらに効果的なブラフの手法を見つけ出せると考える。

## 参考文献

- [1] 横澤真人, 名和大貴: 世界のヨコサワ, 株式会社 POKER ROOM (オンライン), 入手先 (<https://www.youtube.com/channel/UCwKNfdT49VN0fDNZFw7XEOQ>) (参照 2022-05-27).
- [2] 毎日新聞: カジノ法案 政府 ポーカー解禁へ集客目指す, 毎日新聞 (オンライン), 入手先 (<https://mainichi.jp/articles/20180514/ddm/003/010/063000>) (参照 2018-5-14).
- [3] B.Chen and J.Ankenman: *The Mathematics of Poker*, Conjelco.
- [4] M.Janda: *Applications of No-Limit Hold'em*, Two Plus Two Publishing.
- [5] W.Tipton: *Expert Heads Up No Limit Hold'em, Volume 1: Optimal and Exploitative Strategies*, DB Publishing.
- [6] W.Tipton: *Expert Heads Up No Limit Hold'em, Volume 2: Strategies for Multiple Streets*, DB Publishing.
- [7] N.Brown and T.Sandholm: Superhuman AI for heads-up no-limit poker: Libratus beats top professionals, *Science*, Vol. 359, No. 6374, pp. 418—424 (2018).
- [8] N.Brown and T.Sandholm: Superhuman AI for multi-player poker, *Science*, Vol. 365, No. 6456, pp. 885—890 (2019).
- [9] 大平翼, 横山昌平: ポーカーの統計を用いたプレイヤーの実力評価, *DEIM Forum 2021 E13-1*, pp. 1-7 (2021).
- [10] 高木亜蘭, 久野文菜, 谷口航平, 濱川礼: 重回帰分析を用いて相手の表情からのテル(癖)を読み, コンピュータ戦略に反映させたポーカー上達支援システム, 研究報告ゲーム情報学 (GI), Vol. 2020-GI-43, No. 3, pp. 1-8 (2020).
- [11] HHDEALER: HH DEALER, HH DEALER (online), available from (<https://www.hhdealer.com/>) (accessed 2022-05-27).