

MT 法を用いたトランプゲームの  
イカサマ行為防止のための異常検知システム  
An MT-method based detection of anomalies in card games  
arising from the players' cheats

佐々木 友弥<sup>1)</sup> 國島 丈生<sup>1)</sup>

Tomoya Sasaki Takeo Kunishima

## 1 はじめに

本論文で扱う題材は、カジノのトランプゲームにおけるイカサマ行為である。一口にトランプゲームのイカサマ行為と言っても、ディーラーがプレイヤーを貶める行為や、ディーラーとあるプレイヤーが結託して他のプレイヤーを貶める行為など、その種類は様々である。その中でも、ディーラーがトランプのカードを数枚抜いてゲームを行う行為（ショートデッキ）は、プレイヤーの勝率を下げる一因になりえる行為である。そこで、データ集合に対する統計的な異常検知技術である MT 法 (Maharanobis Taguchi Method) を用いて、過去のゲーム中のカードの情報をもとに各ディーラーの異常度および各カードの出現確率の SN 比を計ること、出現したカードの情報のみからショートデッキを検知できる手法を提案する。また、過去のゲームの情報を改ざんされてしまうと、上記の手法では異常度を正確に計ることができなくなってしまう。これを解決するために、トランプゲームにおけるカードの情報やチップの授受などのゲーム履歴を、仮想通貨で用いられている改ざん不可能な分散型台帳であるブロックチェーンに記録する。本稿では、MT 法の解説とトランプゲームに適用できるかを検証する。また、ブロックチェーン技術について述べ、それを用いた提案手法とその有効性を検証する。

## 2 MT 法 [1]

MT 法は、異常検知やパターン認識の問題を扱う基本的な多変量解析手法である。MT 法では、多次元空間の中に単位空間を定義し、その中にマハラノビス距離を定義して尺度を作る。その尺度を形式的に単位空間外の対象に応用した尺度の精度に対する評価を行う。この手法は多変量正規分布に従うデータに有効であり、MT 法を用いる前に試験データが正規分布に従っているか検定を行う必要がある。

単位空間に属する  $m$  次元の  $n$  個のデータ  $X = \{X_{m1}, X_{m2}, \dots, X_{mn}\}$  の平均  $\mu = \{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_m\}$  と標準偏差  $\sigma = \{\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_m\}$  を計算し、式 (1) のように  $X$  の標準化を行う。

$$\hat{X}_{ij} = \frac{X_{ij} - \mu_i}{\sigma_i} \quad (1)$$

ここで、相関係数行列  $A$  の要素  $a_{i_1, i_2}$  を式 (2) とし、 $A$  の逆行列の各要素を  $\bar{a}_{i_1, i_2}$  とおく。

$$a_{i_1, i_2} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_{i_1 j} X_{i_2 j} \quad (2)$$

$m$  次元の観測データ  $Y$  のマハラノビス汎距離  $MD_Y$  の二乗は式 (3) で与えられる。この  $MD$  に閾値を設定することで、観測データが正常か異常かを判別できる。

1) 岡山県立大学 Okayama Pref. Univ.

$$MD_Y^2 = \frac{1}{m} \sum_{ij} \bar{a}_{ij} \left( \frac{Y_i - \mu_i}{\sigma_i} \right) \left( \frac{Y_j - \mu_j}{\sigma_j} \right) \quad (3)$$

次に、 $l$  個の異常なデータ  $Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_l\}$  を、2 水準系の直交表に従って、計算に使用する項目を限定し、再計算したマハラノビス汎距離を  $MD_{Z_i}$  とおく。SN 比  $\eta[\text{db}]$  を式 (4) と定義する。

$$\eta = -10 \log \frac{1}{l} \left( \frac{1}{MD_{Z_1}^2} + \frac{1}{MD_{Z_2}^2} + \dots + \frac{1}{MD_{Z_l}^2} \right) \quad (4)$$

これは、望大特性の SN 比であるので、 $MD$  が増加するほど  $\eta$  は高い評価値を示す。2 水準系の直交表に従い、ある項目を使用する場合の SN 比の平均を  $\bar{\eta}_a$ 、使用しない場合の SN 比の平均を  $\bar{\eta}_b$  とし、その項目の有意度  $e_i$  を式 (5) で求める。

$$e_i = \bar{\eta}_a - \bar{\eta}_b \quad (5)$$

有意度  $e_i$  にも閾値を設定することで、計算項目の最適化や異常原因の特定ができる。

MT 法をトランプゲームに適用できるか確認するために、カードの出現確率に対して正規 Q-Q プロットによる検定実験を行った。正規 Q-Q プロットとは、ある分布と正規分布を視覚的に比較する手法のひとつである。以下の条件で実験を行った。

- 1 組 52 枚のトランプからランダムに 1 枚引く作業を繰り返し行い、1 から 13 までのカードの出現確率を計算する
- 残り枚数が 10 枚になった時は初期値:52 枚に戻す
- 引く枚数を 42,52,100,200,500,1000,2000 枚の 7 通りとする
- これらの作業を 50 回行い、Q-Q プロットで各回のカードの出現確率が正規分布に従うかを視覚的に確認する

図 1 にカードを 2000 枚引いたときの、3 のカードの出力確率の正規 Q-Q プロットの実験結果を示す。図 1 の丸は 50 回分の実験の 3 のカードの出力確率である。横軸は分位数を、縦軸は出力確率を示す。また、2000 枚引いた場合は 3 のカード以外でも、出力確率が直線的な正規 Q-Q プロットを得ることができる。さらに、500 枚以上引くと上記と同様の結果が得られている。この結果から、デッキから 500 枚以上カードを引いたときのカードの出現確率は正規分布に従うことがわかる。

正規 Q-Q プロットの実験では、500 枚以上カードを引くとカードの出現確率が正規分布に従うことがわかった。しかし、引いたカードの枚数が 500 枚未満の場合は、カードの出現確率が正規分布に従わないことを意味する。中心極限定理より、どのような確率分布であっても、引く枚数（試行回数）が多いほど正規分布に近づくので、この結果は妥当であるといえる。

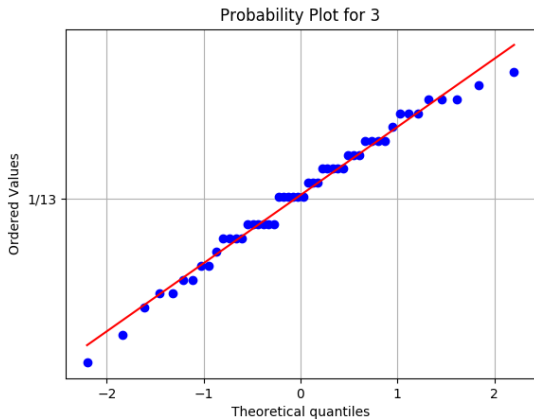


図1 Q-Qプロットの結果

### 3 ブロックチェーン

本研究において、MT法を用いてシステム化する上では、過去の履歴を改ざん不能な形でデータを保存しておくシステムが必要である。そこで、本研究ではブロックチェーンを用いる。また、関連研究の紹介も行う。

#### 3.1 ブロックチェーンの概要

ブロックチェーンとは、主に仮想通貨で用いられている、基本的に改ざん不可能な分散型台帳のことである。ブロックチェーンの基本的な構造は、金銭の取引の履歴(トランザクション)をブロックという単位で記録し、ブロックを鎖状に繋げた構造となっている。また、近年では、ブロックチェーン上でプログラムを動作可能なものとし、プログラム及びそのプログラムへの入力値や処理結果もブロックチェーンに記録して改ざんできないようにするという潮流があり、それを可能にするプログラムのことをスマートコントラクトと称している [2]。ブロックチェーンにおけるスマートコントラクトの実装は、専用のスマートコントラクト記述言語によって行うことができる。本研究では、汎用的ブロックチェーン構築ライブラリである Ethereum[3] を用いる。

また、Ethereum のトランザクションには、スマートコントラクトで使用できるデータを格納することができる。

#### 3.2 関連研究：ADA Coin

本研究の関連研究として、オンラインカジノ向け仮想通貨 ADA Coin[4] がある。ADA Coin は、Cardano 財団が開発した仮想通貨で、カードのシャッフルを行った際に出力されるハッシュ値を用いたシミュレーション結果から得られるカードの情報と、ゲーム履歴から得られるカードの情報を比較し、ショートデッキなどのディーラーのイカサマ行為を検知・抑止している。

### 4 提案手法

本研究では、Ethereum 上で動作する MT 法による異常検知システムを提案する。図2に提案手法の概要を示す。また、以下のような処理をしていく。

#### 1. プレイヤーがディーラーのアドレスをブロックチェーンに渡す

負け続けているプレイヤーが、スマートコントラクトを用いて、イカサマではないかと疑うディーラーのアドレスをシステムに渡し、異常検知システムを呼び出す。

#### 2. パラメータ等を異常検知システムに渡す

ブロックチェーンに記録されている、ディーラーのカードの出現確率とパラメータ(カードの出現確率の平均と共分散行列)を MT 法による異常検知システムに渡す。

#### 3. 計算・各閾値と比較する

MT 法を用い、ディーラーのカードの出現確率とパラメータから、マハラノビス汎距離によるイカサマかどうかの判定を行う。イカサマであった場合、各カードの SN 比と有意度を計算し、イカサマの要因を解析する。

#### 4. 結果とイカサマの要因の出力

異常検知システムの結果をプレイヤーに渡す。

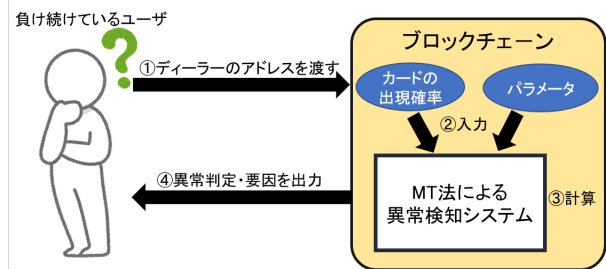


図2 提案手法の概要図

ADA Coin は、シャッフルを行った際に出力されるハッシュ値に依存している。そのため、ADA Coin はオンラインカジノ内でしか使用できず、現実のトランプゲームではシャッフルのハッシュ値を出力するような機構は存在しないため使用できない。本手法は、ヒューリスティックではあるが現実のトランプゲームで用いることが期待できる。

### 5 おわりに

本稿では、異常検知技術とブロックチェーンの応用として、Ethereum 上で動作する MT 法による異常検知システムを提案した。本稿で提案した手法を Ethereum で実装中である。検証実験の詳細については後日発表する。

理論上各カードの出力確率が一樣であるトランプゲームにおいて、本手法で MT 法を用いることは利点がないように思える。しかし、本手法を用いることで、トランプゲームだけではなく、車の燃費偽装の問題など、様々な分野においても有用であると考えている。

本手法では、マハラノビス汎距離においても SN 比においても閾値を設定する。この問題は、カイ二乗分布に従う閾値を設定する手法 [5] を用いることで、解決できると予測される。

#### 参考文献

- [1] 田口玄一, “20 世紀の MTS 法と 21 世紀の MT 法”, 標準化と品質管理 No.55 Vol.2, 61-70 (2002).
- [2] 岸上 順一 他, “ブロックチェーン技術入門”, 森北出版 (2017).
- [3] <https://www.ethereum.org/>
- [4] Bernardo David *et al.*, “Kaleidoscope: An Efficient Poker Protocol with Payment Distribution and Penalty Enforcement” (2017).
- [5] 中津川 雅史 他, “MTS アルゴリズムにおけるしきい値設定法に関する考察”, 電子情報通信学会 論文誌, Vol. J84-A, No.4 (2001)