

# サイコロの出る目の確率と削った角の数の関係

AIで確率のゆがみを見える化！

Harry's Life

徳島県立城南高校 1年 谷岡 拓弥



## 研究のきっかけ

- 自宅にあった市販のサイコロの角が鋭いものと丸いものがあった。
- サイコロの角の形状によって、出る目の確率が変わるのはないかと疑問をもった。
- 公平性を確かめるため、AIで出目を自動判定できる装置を開発した。
- 客観的なデータを取り、統計的に偏りを検証することをとした。

## 実験方法



図1: サイコロ

(A)無加工  
(B)1角削り  
(C)2角削り

- Teachable Machineで画像を学習。
- サイコロをカウントするプログラムを作成。
- スマホのカメラとパソコンを連携。
- お皿の上にスマホをスマホスタンドで設置する。
- サイコロを1200回ふる。  
サイコロの角を1つずつ削りながら繰り返す。
- 結果を表やグラフにまとめる。

## 実験装置と観測結果

### (実験装置の部品と材料)

- パソコン
- スマホ
- スマホスタンド
- サイコロ (3個)
- マーカー
- お皿
- 紙 (背景)



図2: AIサイコロカウント装置

表1: サイコロのカウント結果

出目	サイコロ(A)	サイコロ(B)	サイコロ(C)
1	192	184	192
2	223	185	217
3	185	207	177
4	207	209	166
5	188	212	230
6	205	203	218

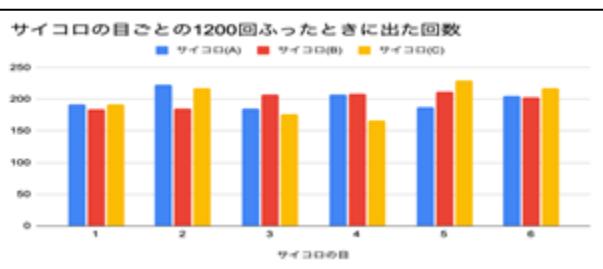


図3: 出目ごとのカウントの比較

## 実験結果1 (カイ二乗検定)

目的: 一様分布 (1/6ずつ) に従うかを検定。

帰無仮説: 出目の確率はすべて等しい (偏りなし)。

検定手法: カイ二乗検定 (上側、自由度5、 $\alpha=0.05$ )。

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^6 \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

$\chi^2 = 11.07$  ( $\alpha = 0.05$ , 自由度5)

表3: サイコロごとの出目の偏り

出目	サイコロ(A)	サイコロ(B)	サイコロ(C)
X <sup>2</sup> 値	10.36	7.64	16.31

- サイコロ(A) :  $p > 0.05$   
→ 偏りなし
- サイコロ(B) :  $p > 0.05$   
→ 偏りなし
- サイコロ(C) :  $p < 0.05$   
→ 有意に偏りあり

2角削った場合に有意差。

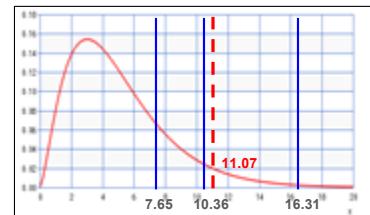


図4: 正規分布と比較

## 実験結果2 (二項分布による検定)

目的: サイコロ(C)の偏りをさらに詳しく検証。

帰無仮説: 理論値 (1/6) と各目の出現確率は同じ。

検定手法: 出現回数を二項分布で両側検定。

表4: サイコロ(C)の出目のz値

$$P(X = k) = {}_nC_k p^k (1-p)^{n-k}$$

$$z = \frac{X - np}{\sqrt{np(1-p)}}$$

多重比較補正が必要だが  
単純な二項検定で偏りを  
確認した。

- 出目が4 ( $p < 0.05$ )  
→ 有意に少ない
- 出目が5 ( $p < 0.05$ )  
→ 有意に多い

削った面の反対が出やすい。

出目	サイコロ(A)	サイコロ(B)	サイコロ(C)
1	-0.62	-1.24	-0.62
2	1.78	-1.16	1.32
3	-1.16	0.54	-1.78
4	0.54	0.70	-2.63
5	-0.93	0.93	2.32
6	0.39	0.23	1.39

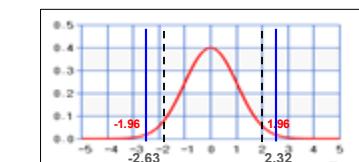


図5: 正規分布と比較

## 考察とまとめ

- 無加工のサイコロは公平だが、削ったサイコロでは有意な偏りが確認された。
- 二項分布による検定では「4」の出現率が有意に低く「5」の出現率が有意に高かった。
- 角を削ることで重心や形状の変化が、出目の確率に影響したと考えられる。

## 参考文献

[1] BAKTASH et. al., Putting Rigid Bodies to Rest, ACM Trans. Graph., Vol. 44, No. 4, Article . Publication date: August 2025, <https://doi.org/10.1145/3731203>

[2] 横村 幸辰, 富田 博紀, 均等な確率をもつさいころの製作, 精密工学会学術講演会講演論文集, 2008, 2008A巻, 2008年度精密工学会秋季大会, セッションID J79, p. 821-822, <https://doi.org/10.1152/pscjpspe.2008A.0.821.0>



本研究では、AIサイコロカウント装置の開発に CoderDojo Tokushima の協力を得ました。

CoderDojo Tokushima



Harry's Life

