

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で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

1. Teachable Machineで画像を学習。
2. サイコロをカウントするプログラムを作成。
3. スマホのカメラとパソコンを連携。
4. お皿の上にスマホをスマホスタンドで設置する。
5. 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。
6. 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

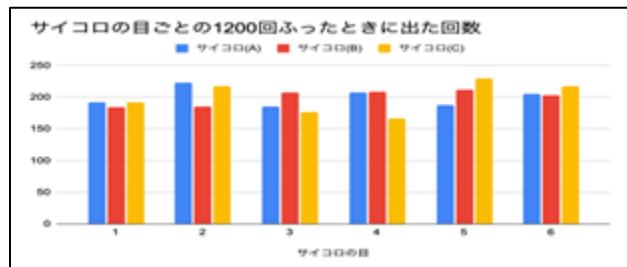


図3: 出目ごとのカウントの比較

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)
χ^2 値	10.36	7.64	16.31

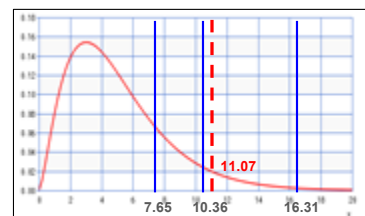


図4: 正規分布と比較

- ・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。

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

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

$$P(X = k) = {}_n C_k p^k (1-p)^{n-k}$$
$$z = \frac{X - np}{\sqrt{np(1-p)}}$$

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。

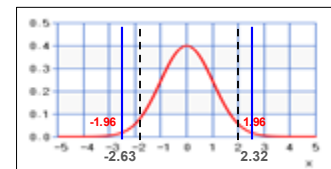


図5: 正規分布と比較

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] 櫻村 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/10.11522/pscjspe.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

