

# 教養特論: ライティングスキル

2019 日本語セクション

2019 年 7 月 22 日

1. PK のキッカーの優位性: 三部 優太	2
2. エアコンと扇風機の消費電力差: 上田 拓海	4
3. サイコロの偶奇は等確率ではない: 服部 竜大	6
4. 直線定規の倒れ方: 蒲沢 明	8
5. 鉛筆サイコロのサイコロとしての実用性: 山倉 司	10
6. 物を転がしたときの転距離と角度の関係性: 鎌田 寛	12
7. 指関節の鳴る頻度の限界: 寺澤 昌平	14
8. 消しゴムは縦向きと横向きでの静止摩擦係数の違い: 櫻井 晶	16
9. サイコロを同様に振った時の出目の観測: 千脇 彰悟	18
10. ポーカーにおけるブタの対処法: 佐藤 優祐	20
11. シャープペンシルの芯の硬さと折れやすさに相関はあるか: 齋藤 拳斗	22
12. 年代別お墓まいり頻度に関する調査: 信仰心との関連から: 谷山 昌子	24
13. サイコロの重心をずらしたときの出目の偏りの存在: 大場 航	26
14. 直方体の辺の長さで転がして出る面の確率の関係性: 青島 広樹	28
15. 割り箸をきれいに割る: 大嶋 俊之	30
16. ハートの確率: 高橋 知希	32
17. 宗教的儀式による分布の意図的な変化の有無: 長谷川 千晃	34
18. 紙を折り続ける: 片岡 祐太	36
19. じゃんけんと確率: 荒井 湧介	38
20. じゃんけんにおける心理戦: 高野 悠太郎	40
21. 押して書く線と引いて書く線の筆圧の差の解明: 細田 恵雅	42
22. サイコロの目の確率: 柴田 悠佑	44
23. ペットボトルに入った水と氷の転がる速さ: 小泉 岳生	46
24. 手描き円における周回数と真円度の相関関係: 楠野 楽到	48
25. 伸びきったバネとフックの法則との関連性: 森 竜星	50
26. シャープペンシルの利用により生じる芯の残存長さ: 齋藤 智和	52
27. ボトルフリップの成功率: 富沢 勇斗	54
28. よく飛ぶ紙飛行機の折り方: 難波 翔	56
29. 合格鉛筆によるコロコロ鉛筆で合格に近づけるか: 川島 凜也	58
30. 音楽ストーリーミングサービスの「シャッフル」再生: 中村 璃沙	60
31. 日本語学習者の読み上げ音声の評価に与える語の影響の有無: 陸 嘉良	62
32. 重心が真ん中のペンの存在: 馬場 諒弥	64
33. センター試験における鉛筆転がしの有用性: 大友 将樹	66
34. きょうだい構成と恋人のできやすさの因果関係: 山脇 啓矢	68
35. コイントスの確率の偏り: 高田 真	70
36. 大岡山キャンパスにおける喫煙スペースの設計: 重城 むつき	72

# PK のキッカーの優位性

東京工業大学 物質理工学院 三部 優太

2019 年 7 月 20 日

## 1 はじめに

まずはじめに PK とは、サッカーで引き分けになったときに決着をつけるために行うもので [2] によると PK はゴールラインから 11m 離れたところからキックするものである。一般的には PK はキッカーが有利とされている、しかし実際の PK になるとプレッシャーがかかりシュートを外すシーンも多くみられる。そこで PK は本当にキッカーが有利なのかを検討する。

## 2 方法

心理的影響を大きくするために今回は決勝トーナメントの引き分けの時に勝ち上がりを決める PK 戦に絞って検証する。2002 年から 2018 年までのワールドカップの PK 戦（計 16 試合、143 本）の結果をみてゴール、ノーゴールの 2 つに分けて集計する。心理的影響を考察するために先行、後攻による違いや 1 回戦、準々決勝、準決勝、決勝での違いも確認してみる。

## 3 結果

	1 回戦	準々決勝	準決勝	決勝	合計
先攻○	31	31	6	7	75
先攻×	17	9	2	3	31
先攻決定率	64.58	77.5	75	70	70.75
後攻○	28	23	6	6	63
後攻×	16	13	2	2	33
後攻決定率	63.64	63.89	75	75	65.63

## 4 考察

やはりキッカーのほうが有利だった。[1] によると PK の時のキーパーの主なセービングエリアは下半分で、中央部は腕が伸ばせる範囲であると述べられている。そこからキーパーはすべての範囲を止められるわけではないことなので、キッカーのほうが物理的には有利だということがいえる。

勝ち上がりの度合いによる決定率の相関性はないように思えた。またどの勝ち上がりの度合いでも先攻より後攻のほうが決定率が低下したことを考えると、後攻は先攻の結果を見てから蹴らなければならないので心理的影響が大きいために決定率が下がったと考えられる。[3]によるとこれは野球の例だが先攻のほうが先手をとって相手に心理的に圧力をかけることが出来るので有利であると述べているのでこの考察は妥当だといえる。

まとめるとキッカーに心理的影響があるがキーパーが有利になるほど心理的影響はないということがこの検証で分かった。

## 5 おわりに

この研究では、国際試合のPKの結果を用いてキッカーとキーパーのどちらが有利なのかを検討した。その結果やはり距離が近いのでキッカーのほうが有利だということが分かった。

## 参考文献

- [1] 周培勇ほか. サッカーゴールキーパーのペナルティキックに対する認知的方略. 2015.
- [2] 日本サッカー協会. サッカー競技規則 2019/2020. 2019.
- [3] 福田将史ほか. 野球の試合における先手に関する研究: 学童野球の先取得点と勝敗について. 作大論集, No. 2, pp. 125–134, 2012.

# エアコンと扇風機の消費電力差

工学院 上田 拓海

2019年7月20日

## 1 はじめに

昨今は家電製品の低消費電力化が著しく、特にエアコンの消費電力は大きく低下した。しかし、昨今の猛暑の影響もあり、依然エアコンは電気代が高いという印象がある。そんな中、ある東京工業大学の教授が以下のような発言をした。

エアコンの平均消費電力は40W程度で、  
一昔前の扇風機と大差ない。

私はこの発言に疑いを持った。しかしながら、今までそれを検証したことがなかったので、今回はこの発言が正しいのかを客観的に検証する。

## 2 方法

### 2.1 実験の概要

エアコンの消費電力を連続的に計測し、扇風機のそれと比較する。今回、手近に扇風機がなかったため、扇風機の消費電力は私が過去に測定したデータやカタログ値などから予測して定める。

### 2.2 実験方法

実験に使用するエアコンはダイキン工業製 F22UTES-W 2017年製(図1)である。このエアコンは約8m<sup>2</sup>の部屋に設置されている。過去に使用したことはなく、ほぼ新品である。

測定に使用した機器は三和計測器製デジタルマルチメータ PC-7000、PC 接続ケーブル KB-USB7 及びカレントプローブ CL-22AD である(図2の左から順)。消費電力を測定するための治具として、10ターンのラインセパレーターを自作して使用した(図3)。図4のようにエアコンのコンセントにラインセパレーターとカレントプローブを挿入して電

流を測定した。日本の商用電源は安定しているので電圧は100Vと考えて問題ないとした。



図1 使用したエアコン



図2 使用した測定器



図3 ラインセパレーター  
(自作、10ターン)



図4 カレントプローブの挿入状況

計測データは PC 接続ケーブル KB-USB7 と専用ソフトウェア PC-LINK7 を用いて PC に取り込み、連続的に計測した。

実験を行った日時は 2019 年 6 月 29 日、午後 4 時から午後 6 時までのおよそ 2 時間である。この時の気象状況は雨で気温 20.7℃、湿度 100% であった。エアコンの設定はドライ、設定温度は標準 +0.5℃、風速は自動、風向は上とした。

### 3 結果

図 5 に測定結果のグラフを示す。電源投入直後に消費電力が跳ね上がり、一時 470W を超えた。しかしながら、その後はおよそ 150W での間欠動作となった。コンプレッサー再起動時に一時的に 200W を超えるものの、50 分からの平均消費電力は約 80W となった。これは、文献値における小型エアコンの定格消費電力の最小値とおおよそ一致する [1, p.1095]。

### 4 考察

AC モーターを用いた、旧型の扇風機の消費電力が 40W であるとする、安定時でもエアコンの平均消費電力はその倍である。よって、扇風機よりエアコンのほうが消費電力が少ないとは言えない。

エアコンのほうが扇風機より消費電力が多いという結果となったが、この理由は以下のように考える

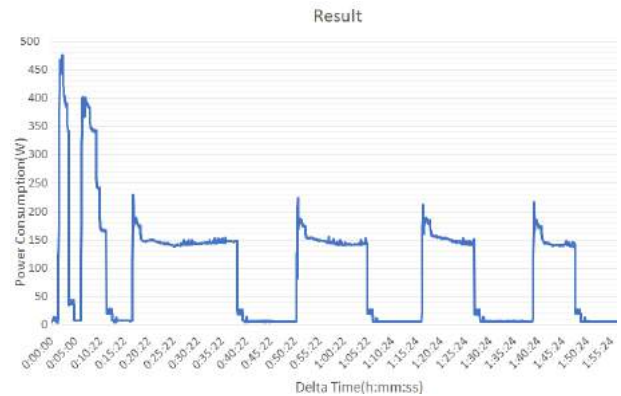


図5 測定結果

と分かりやすい。エアコンは 室内機と室外機で構成され、室内機は熱交換器とファンで構成される。つまり、室内機は扇風機と同じようなものである。これに更に室外機の消費電力が加算されるのだが、室外機はコンプレッサーで空気を圧縮する作業を繰り返し行う。単純に空気を送ることよりも空気を圧縮する作業の方がエネルギーが必要なことは明らかである。よって、室外機と室内機の消費電力の合計値は扇風機よりも多くなることは明らかである。更に、今回の検証を行ったのは気温がそれほど高くない日であるから、真夏はエアコンの消費電力がさらに上昇するであろう。文献によれば同様の条件では定格比 (定格消費電力と実際の消費電力の比) が 1 を超えることは少なく、0.3 程度のものであるが、それでも夏場の平均消費電力は 300W を超える可能性がある [1, p.1098]。

### 5 おわりに

エアコンの消費電力は旧型扇風機と比較してもその 2 倍であり、扇風機より少ないとは言えない。

### 参考文献

- [1] 矢野慶一, 前真之, 平山 翔他. 家庭用エアコンの冷房用消費電力に関する検討-関東地域における住宅のエネルギー消費量に関する調査研究. 日本建築学会環境系論文集, Vol. 73, No. 631, 2008.

# サイコロの偶奇は等確率ではない

東工大 理学院 服部竜大

2019年7月13日

## 1 はじめに

さいころの偶数の目が出る確率と奇数の目が出る確率は等しいとされている。「サイコロ投げの場合にはどの目が出る確率も  $\frac{1}{6}$  とすればよい」[1] しかし、本当にそうなのだろうか。さいころの偶数の目と奇数の目は本当に等確率で出るのか、さまざまなサイコロ（立方体サイコロまたは1～6の目がでるサイコロ）で検証し、サイコロの奇数の目が出る確率と偶数の目が出る確率の差を検証する。

## 2 方法

3種類のサイコロを用いる。

### (1) プラスチック製立方体サイコロによる検証

一般的に用いられているサイコロとしてプラスチック製のサイコロがあげられる。このサイコロを100回振り、出た目を集計して偶数の目と奇数の目が出る確率の差を検証する。サイコロを図2のようにお椀にいれ



図1 サイコロをお椀に入れて振る

て振り回し、観測者からはさいころが現在どのような目になっているかわからない状態にする。お椀をさかさまにし、サイコロの転がる音がしなくなったらカップを上げて出た目を記録する。これを100回繰り返す。

### (2) 紙製サイコロによる検証

株式会社明治がかつて販売していた「サイコロキャラメル」の外箱は、紙製サイコロの中でも有名なものである。残念ながら明治製菓による生産は終了しているが、同じ形のものが現在道南食品株式会社から発売されている。道南食品発売のサイコロキャラメルの外箱を用いて（1）と同様の実験をする。

### (3) コンピュータ上のサイコロによる検証

コンピュータに1から6の目をランダムに出すプログラムを作成し、100回試行して偶数の目と奇数の目の出る確率の差を検証する。

## 3 結果

表1 さいころの種類と偶数の目、奇数の目の出た回数（試行回数各100回ずつ）

さいころの種類	プラスチック製	紙製	コンピュータ
偶数の目の出た回数	53回	53回	54回
奇数の目の出た回数	47回	47回	46回

## 4 考察

どの事象においても偶数 (or 奇数) の目のほうが多く出た。このことは、サイコロの目は等確率でないことを示している。このことを使うと、2つのサイコロを用いる場合、2つのサイコロの目の和が偶数になる確率のほうが高いことを示している。実は多く振れば振るほどさいころの目の偶奇が同じ回数ずつにはなりにくくなる。振る回数が $2n$ 回のときに偶数の目と奇数の目がともに $n$ 回ずつ出る確率 $p_{2n}$ は、偶数の目と奇数の目が同じ確率で出るとすると、

$$p_{2n} = {}_{2n}C_n \left(\frac{1}{2}\right)^{2n} \quad (1)$$

と表される。ここで、

$$\frac{p_{2(n+1)}}{p_{2n}} = \frac{\frac{(2n+2)(2n+1)(2n)\cdots(n+2)}{(n+1)n!}}{\frac{(2n)\cdots(n+2)(n+1)}{n!}} \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{2n+1}{2n+2} < 1 \text{ (for } \forall n \in \mathbb{N}) \quad (2)$$

より、偶数の目と奇数の目が同じ確率で出るとしても、 $p_{2n}$ は $n$ に対して減少することがわかり、一致しないという結果が出る可能性は高かったのである。しかし、どの結果でも偶数の目と奇数の目の出た回数が偏った値になったということは偶数の目が出やすいことを示唆している。

また、さいころの形状、形態問わずほぼ同様の結果になったことから、形状等による確率の差は検証できなかった。

## 5 おわりに

サイコロの偶数の目と奇数の目の出る確率は等確率ではなく、偶数の目のほうが出やすい。

## 参考文献

- [1] 道正小林. サイコロから学ぶ確率論：基礎から確率過程入門へ. Probability theory learned from dice. 裳華房, 東京, Japan, 2018.9 2018.

# 直線定規の倒れ方

環境社会理工学院 蒲沢明

2019年7月20日

## 1 はじめに

薄い直方体状の直線定規を、最も面積の小さい面と水平な床を平行に保ったまま、床に落下させたとき、定規はその最も面積の小さい面を底面として床に直立するかどうかを調べる。

## 2 方法

### 2.1 準備するもの

水平器と幅が15mmのセロテープと、 $AB=25\text{mm}$ ,  $BF=100\text{mm}$ ,  $FG=1\text{mm}$ の直方体状のプラスチック製直線定規（クツワ株式会社製 算数定規（10cm）HS10A-100）（ $\alpha$ 面だけに目盛りが印刷されている）（図1）とハサミと手首を置くための4冊の本とピンセットを用意した。

### 2.2 手順

実験は自宅の無風な空間で行った。凹凸のない床をいくつか探し、水平器でそれらが水平かどうかを確かめた。そのうちで最も水平な床で実験を行うことにした。平面 $\gamma$ の面積が最小なので、平面 $\gamma'$ と床を水平に保ったまま定規を落とすことにした。次に、長さ20mmのセロテープを2枚切り取った。その内1枚を、平面 $\alpha$ を通る、定規の辺ABの垂直二等分線と、セロテープの辺IJの垂直二等分線が重なるように、長方形IJRSの部分平面 $\alpha$ に貼った。ただし、 $IJ=10\text{mm}$ である。次に $JK=0.5\text{mm}$ として、長方形JKQRの部分平面 $\gamma$ に貼った。同様に残りの1枚も平面 $\alpha$ の裏面から貼り付け、2枚のセロテープの長方形KMOQの部分貼り合わせた。貼り合わせたら、三角形LMNと三角形PONの部分ハサミで切り取った。ただし、 $KL=3.5\text{mm}$ ,  $LP \perp MO$ ,  $LP \perp KM$ である。（図2）ピンセットの先端で頂点N付近をつまんだときに、平面 $\gamma$ の裏面と床の距離が1mmとなるように、本4冊を積み上げて、その上に手首を載せた。ピンセットで吊るされた定規の揺れが収まるとピンセットのつまみを弛め、定規を落下させた。落下後に底面となっている面を記録した。落下させて記録する作業を100回繰り返した。

## 3 結果

表1に示す。

表1 結果

面	落下後に底面となった回数	落下後に底面となった割合 (%)
$\alpha$	65	65
$\alpha'$	35	35
$\beta$	0	0
$\beta'$	0	0
$\gamma$	0	0
$\gamma'$	0	0



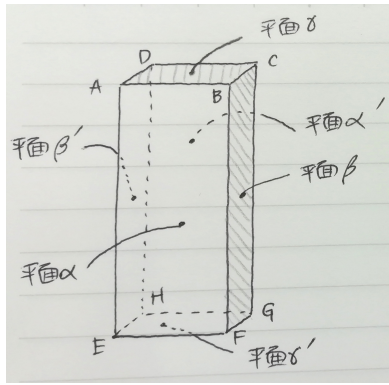


図1 定規の寸法

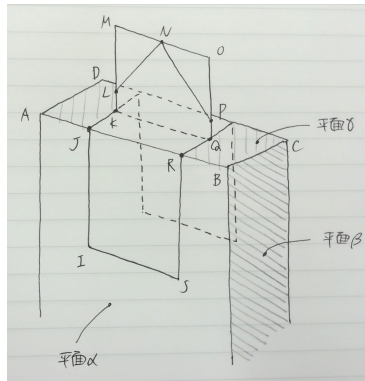


図2 セロテープの貼り付け

## 4 考察

### 4.1 $\alpha$ 面の目盛り

$\alpha$ 面には目盛りが印刷されていて、やや重心が $\alpha$ 面寄りにあったために、 $\alpha'$ 面や $\gamma'$ 面よりも $\alpha$ 面が底面となるが多かったと考えられる。

### 4.2 ピンセットを持つ手の震え

ピンセットを持っている手が震えていて、定規の揺れが完全には収まることがなかった。これにより、平面 $\gamma'$ と床が完全な水平を保つことなく定規が落下し、平面 $\gamma'$ のいずれかの辺が最初に床に衝突していたと考えられる。

### 4.3 プラスチックの衝撃強さ

衝撃強さとは、材料に衝撃的な力を与えて破壊するのに必要なエネルギーのことであるが、プラスチックは金属等と比べ、これがかかなり低い [1]。衝撃は波として物体に伝わるので、衝撃強さが低いということは、振動しやすいということである。本実験ではプラスチック製の定規を落下させていたため、衝撃が定規に伝わりやすく、床と衝突した後は定規が微小振動して、 $\gamma'$ 面と床が平行を保ちにくかったと考えられる。

## 5 終わりに

$\gamma'$ 面を底面として直立することはなく、 $\alpha$ 面または $\alpha'$ 面のどちらかが底面となった。

## 参考文献

9

[1] 成澤郁夫. プラスチックの耐衝撃性. 株式会社シグマ出版, 東京, Japan, 1994.11 1994.

# 鉛筆サイコロのサイコロとしての実用性

工学院 山倉司

2019年7月20日

## 1 はじめに

センター試験等の試験でわからない問題があった場合、鉛筆サイコロの出た目によって回答を決める人がいる。しかし、鉛筆サイコロの出る目が同様に確からしくなければ鉛筆サイコロを用いて出した回答が偏ってしまう。そこで鉛筆サイコロはサイコロとして利用できる事を明らかにするために鉛筆サイコロを用いて理論値である6分の1との差を検討する。

## 2 方法

今回用いる鉛筆はDAISO株式会社で販売されている。図1のような鉛筆サイコロを準備し、テーブルの上を転がす。そして、その鉛筆サイコロを上から見る。鉛筆サイコロの上面に書かれている数字を読み取る。その数字をこの作業で得た値とする。この作業を120回行う。その後、それぞれの値が出た回数を120で割りそれぞれの目が出る確率を求める。その求めた確率の6分の1との差の絶対値が全て0.040以下の場合、鉛筆サイコロはサイコロとして利用できる判断する。求めた確率の6分の1との差の絶対値が0.040よりも大きいものが1つでもある場合、鉛筆サイコロはサイコロとして利用できないと判断する。また、二乗平均誤差も求める。二乗平均誤差は式(1)のように求められる。(n回の試行を行った場合を考え、測定値を $X_1, X_2, \dots, X_n$ とし、理論値を $Z$ と置く。)二乗平均誤差の求め方は誤差論[1]を参考にした。

$$\frac{\sqrt{(X_1 - Z)^2 + (X_2 - Z)^2 + \dots + (X_n - Z)^2}}{\sqrt{n}} \quad (1)$$



図1 鉛筆サイコロの例

### 3 結果

上で示したように実験を行ったところ下の表のようになった。二乗平均誤差を求めると 0.11 となった。

表 1 実験結果

出た目	回数	確率
1	42	0.3500
2	14	0.1166
3	18	0.1500
4	5	0.0416
5	8	0.0666
6	33	0.2750
理論値	20	0.1666

### 4 考察

求めた確率の 6 分の 1 との差の絶対値が 0.040 よりも大きいものが存在するため、鉛筆サイコロはサイコロとして利用できないと判断する。また二乗平均誤差が 0.11 であり、大きい。この誤差が生じた原因を考察する。私は誤差が生じた原因は 2 つ存在すると考える。まず 1 つ目は鉛筆の先端が削られているため、鉛筆の重心がずれているためである。また、鉛筆が製造された時点で重心がずれていた可能性もある。どこかの面が重く、軽くなっているためそれぞれの目が出る確率が同様に確からしいとは言えなくなってしまった。2 つ目の原因は鉛筆サイコロを転がすのを私 1 人で行ったため転がし方に偏りがあったためである。人にはそれぞれ癖があるものである。もし鉛筆サイコロを試験中に使う場合、1 人で転がすため出る目が偏ってしまう。

### 5 おわりに

それぞれの出る目の確率が同様に確からしくないため鉛筆サイコロは実用的ではないことが分かった。もし実験する機会があれば、先端を削っていない鉛筆サイコロの実用性も調べたいと思う。

### 参考文献

- [1] 一瀬正巳. 誤差論. 培風館, 東京, Japan, 1953.10.

# 物を転がしたときの転距離と角度の関係性

環境・社会理工学院, 鎌田寛

2019年7月20日

## 1 はじめに

日々、さまざまな物が転がされている。あるときは飼っている動物と遊ぶために、また、物を円滑に届けるためなど様々な理由で物は転がされていることだろう。しかし、私たちはそれらの動作を行うさいに転がる距離(以下、転距離とする)の最長記録にあまり関心を抱いていない。ある傾斜角の最大転距離を理解したうえで物体を転がすことで少ない力でより遠い飛距離を記録することができようになる。

また、物を転がすのは単純な行為であるため仮説演繹的推論能力の向上に役立つとして教材の開発も行われている [1]。本実験は、そのさいの参考値としても利用できることが期待できる。

そこで本稿は、転距離が最長になる傾斜角を発見することを目的とする。これらを明らかにするために、2B の六角えんぴつを複数回転がし、斜辺を一定に保った三角形の滑り台を用いて差を検討する。

## 2 方法

H, B, 2B の六角えんぴつおよび三角すべり台を用意する。そして、三角すべり台の頂点から初速度  $v_0 = 0$  でえんぴつを転がす。えんぴつの速度が  $v = 0$  となった(つまり、停止した)位置とすべり台の接地面との距離を測定する。このとき測定には、mm スケールの定規を用いることにする。傾斜角を  $15^\circ$  ずつ変更しながらこれらの実験を繰り返す。なお一つの傾斜角に対して同様の実験を 5 回行い、5 回の平均転距離を計測結果として採用する。

三角すべり台の傾斜と地面の接地面は、コピー用紙で橋渡しを作成し段差があまり生じないように気



図 1 実際の実験風景

をつけて実験をした。傾斜角をかえるさいは、斜辺の距離を  $40[cm]$  に固定した。実際の実験風景を図 1 に示す。

## 3 結果

縦軸を平均転距離、横軸を傾斜角の折れ線グラフを転がしたえんぴつの種類ごとの結果を図 2 に示した。図 2 から  $45 = 1/2\pi$  のときに最大距離  $114.3[cm]$  を計測していることがわかる。また、 $45^\circ$  までは転距離は緩やかに増加し、その後は減少していることも確認できる。

## 4 考察

斜面を転がる球の運動について理論的に検討する。球が斜面上を転がるときの加速度  $a$  は、斜面方向の運動方程式より

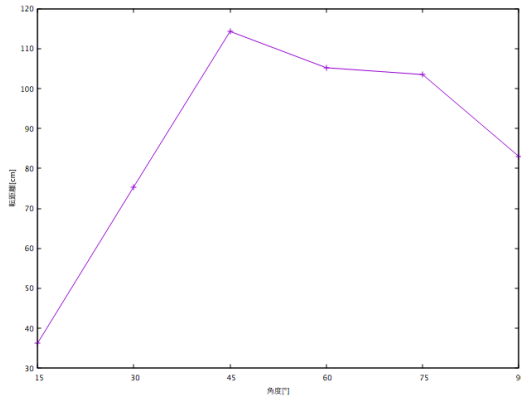


図2 傾斜角の違いごとの平均転距離

しかし、本実験は六角えんぴつのみでの実験であった。また、理論においても慣性モーメントや空気抵抗に関しては検討しなかった。このため、重さによる変化や摩擦係数の違いによる最大転距離については十分に検討されていない。これは今後の課題とする。

## 参考文献

- [1] 安田淳一郎. 仮説演繹的推論能力の向上をねらいとした「斜面で物体を転がす実験」の改善. 日本物理学会講演概要集, Vol. 72.1, pp. 3343-3343, 2017.

$$ma = mg\sin\theta \quad (1)$$

$$a = g\sin\theta \quad (2)$$

となる。このとき、球が地面に到達する前での距離は、高さ  $h$  を用いて  $L = \frac{h}{\sin\theta}$  となるので、求めたい時間  $t$  は、

$$L = \frac{1}{2}at^2 \quad (3)$$

$$\frac{h}{\sin\theta} = \frac{1}{2}g\sin\theta t^2 \quad (4)$$

$$t = \frac{1}{\sin\theta} \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad (5)$$

となる。そして、本実験は初速度  $v_0 = 0$  とした。このため、地面に到達した時点での速度は、

$$v = gt \quad (6)$$

$$v = \frac{2hg}{\sin\theta} \quad (7)$$

となる。このとき、変数  $h, g$  ともに定数のため速度  $v$  は  $\sin\theta$  が最大のときに最高速度となる。このため  $v$  は、 $\theta = \frac{1}{2}$  のとき最高速度となる。

## 5 おわりに

本稿は、転距離が最長になる傾斜角を求めた。結果は、 $1/2\pi[\text{rad}]$  であった。また、これらは第4章においても理論的に確認できた。

# 指関節の鳴る頻度の限界

生命理工学院 寺澤昌平

2019年7月20日

## 1 はじめに

関節をポキポキを鳴らすという行為を見たこと、したことは人生に一度はあるだろう。この関節を鳴らすことをクラッキング (cracking)[2] という。一度クラッキングを行うと、少しの間クラッキングをしても反応しない時期がある。

本論は、指関節に関するクラッキングの頻度の限界を明らかにするために、一度指関節のクラッキング (以降、単にクラッキングと呼ぶ) を行い、インターバルをとってクラック音がするまでクラッキングの試行をすることによって検証する。

## 2 方法

実験方法は実験結果がクラッキングの試行によって左右される可能性があるため、それを考慮するために方法 A と方法 B の二つに分ける。

方法 A : 最初に一度クラッキングを行ってから 5 分おきにクラッキングができるか試行を行い、なった地点でタイマーを止める。30 分経過地点でクラック音が発生しない場合は、インターバルを 10 分にし、さらに 30 分以上経過してもクラック音が発生しない場合は、インターバル間隔を 5 分のばす。この作業を 2 回行った平均を結果とする。

方法 B : 最初に一度クラッキングをし、5 分の間隔を置いた後、一度のみクラッキングの試行を行い、クラック音がしない場合はクラック音がするまで試行を行わずに待ち、再度試行を行う。この時、試行を行う間隔はひとつ前の試行より 5 分長くする。クラック音が観測できた地点で実験を終了する。この

操作を 2 回行った平均を結果とする。

被験者は筆者であり、これらの試行を行う関節は、両手の第一指を除いた MCP 関節である。

## 3 結果

左手、右手の各々の指に関する試行結果は表 1, 2 のようになった。

表 1 左手のクラッキングの頻度

指の種類	第二指	第三指	第四指	第五指	平均
時間 [分] (方法 A)	210	130	130	155	156.25
時間 [分] (方法 B)	10	15	25	25	17.5

表 2 右手のクラッキングの頻度

指の種類	第二指	第三指	第四指	第五指	平均
時間 [分] (方法 A)	240	210	130	90	167.5
時間 [分] (方法 B)	15	20	20	25	20

## 4 考察

クラッキング音がする原理はまだ完全な解明に至っていないが、関節に強い力がかかると関節包に満たされた滑液の内部の圧力が下がり、滑液から二酸化炭素や窒素分子などを主成分とした気泡 (cavitation) が発生する。さらに力が加わると、気泡が一気に移動することによって音が発生するという説 [1] が有力であるため、本論ではこれを原理として

考察を行う。

いずれの関節も方法 A では方法 B に比べてクラック音がなるのに時間がかかったのは、クラッキングの試行が関節の気泡の消失を妨げたことと、気泡が移動をするためには移動する距離が必要であるが、音を鳴らすのに十分な距離がないうちに移動させてしまい、試行の後の関節の状態はクラッキングをした直後の状態と同じであるためである。

方法 B においてそれぞれおおよそ 20 分であるのは、Dowson と Wright の行ったクラッキングしてから MCP 関節の間隔の時間変化の実験結果において、関節の間隔がクラッキング前と同じになるのかかる時間が 15 分であること [2] に類似しているが、右手左手とも、第二指が最も間隔が狭く、第三指、第四指、第五指と徐々に間隔が長くなっている。これは、鳴らす頻度の限界が指の構造によって滑液の量が異なり、関節内で生成され、移動する気泡の大きさが異なることによる。もしくは、個人の問題であり、定量的ではないが、日常的に鳴らすことが多い指の方が (因果関係は定かではないが) クラック音の鳴る間隔が短い。

一方で、方法 A の場合、方法 B の相関とは反対に鳴らす頻度が高い関節の方がクラック音の鳴る間隔が長くなっている。

この実験は、そもそもクラック音がならない人がいることからわかるように、個人差が激しいので、実際の理論とするには複数人の検証者が必要となるが、クラッキングは人によっては痛みを感じる場合があるため、安全のために本論では検証者を複数人用意しなかった。

## 5 おわりに

本論は、指関節のクラッキングの頻度の限界は平均 20 分程度であるが、指の種類でも頻度の限界が一律でなく、クラッキングの頻度の限界の時間よりも前にクラッキングをしようとする通常よりも時間がかかることを結論とする。

## 参考文献

- [1] V. Chandran Suja and A. I. Barakat. A mathematical model for the sounds produced by knuckle cracking. *Scientific Report*, Vol. 8, p. 4600, March 2018.
- [2] Dowson D and Wright V. 'cracking joints'. a bioengineering study of cavitation in the metacarpophalangeal joint. *Annals of the rheumatic diseases*, p. 348, July 1971.

# 消しゴムの縦向きと横向きでの静止摩擦係数の違い

情報理工学院 櫻井 晶

2019年7月20日

## 1 はじめに

「技術の発展にとって摩擦現象の理解が大切である」[1, 17]

本論では、消しゴムは、縦向きと横向きとで静止摩擦係数がどちらが大きいのかを求めることを目的とする。

## 2 方法

### 2.1 原理

静止摩擦係数は

$$\mu = \tan \theta \quad (1)$$

( $\theta$  = 台と机との角度) で求まる。

### 2.2 手順

使う消しゴムは新品の MONO (カバーはそのまま)、台としてはできるだけ平たい教科書を使い、それを支えるものとして同様に教科書を用意する。

まずは、水平な机の上に台をのせて、その上に消しゴムを縦向きに載せて、教科書の数を段階的に増やして、消しゴムが落ちるまで台の傾きを大きくしていく。また、この時、消しゴムがなるだけ転がらないように、面積が一番大きい面を台に接するようにする。消しゴムが落ちたら教科書を減らしたり、違う教科書を使って消しゴムが滑り落ち始める角度をできるだけ正確にしていく。そうして出てきた角度を分度器で測り記録していく。

次に、消しゴムを横向きにして同じ操作をする。

以上の操作を 5 回繰り返しその平均を求める。

2.1 の式は、 $\theta$  の増加関数なので  $\theta$  の大きさを比べることにより、静止摩擦係数の比較ができる。

## 3 結果

実験結果は、下図のようになった。



向き	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	平均
横向き	16.5	16.3	16.7	18.2	17.3	17.0
縦向き	17.1	17.2	17.5	16.8	16.5	17.1

## 4 考察

縦向きと横向きとで平均値に特に目立った違いは見られない。それぞれの計測値に多少の違いがあるが、それは消しゴムを置く台の場所によるものだと考えられる。

## 5 おわりに

消しゴムは縦向きと横向きとで静止摩擦係数に違いはない

## 参考文献

[1] 河野彰夫. 摩擦の科学. 裳華房, 1989.

# サイコロを同様に振った時の出目の観測

工学院 千脇彰悟

2019年7月20日

## 1 はじめに

サイコロとは一般に出る目が各面6分の1とされており、川島 [1] や鳥居 [2] のようにサイコロの目の出現の理論値と実測値の比較をする論文は多い。しかし、なぜサイコロの出る目がランダムなのか明確に調べた論文は見つからなかった。

私はサイコロの出る目がランダムなのは振るときの振り方、サイコロを振るときのサイコロの向きを組み合わせが無数にあるからであると考えた。

そこで、逆にサイコロを同じ振り方、同じ向きで振ったら同じ目が出るのかを観測することでこの仮説を検証する。

本研究の目的はサイコロを同じ振り方、同じ向きで振ったら同じ目が出るのかを検証、考察することで、サイコロの出目はサイコロの振り方やサイコロの向きに関係することを示すことである。

## 2 方法

表面に凹凸のある板を45度に固定したものをつくる。(図1)次に斜面上に箱を動かさないように張り付ける。(図2)板を箱の側面に沿わせて置いた後に、板にサイコロを乗せて、板を箱の側面に沿わせて取り除くという方法でサイコロを同様に離す。サイコロの面を全て1を上にして5を転がる方向にして実験を行い、出た目をまとめる。

最初に10回サイコロを振り一番多く出た目を基準とし、その後100回サイコロを振り、基準との差を観測する。80%一致していれば、サイコロを同じ振り方で振ったら同じ目が出ることにする。



図1 側面図



図2 斜視図

## 3 結果

表1より基準は5である。表2、3、4、5、6より各目が出た回数は表7のようになる。

表7より5の出る確率は22%となった。

表1 基準決め

回数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
出目	5	2	2	1	1	4	2	5	5	5

表2 1回~20回目

回数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
出目	5	2	1	5	3	6	5	5	6	2
回数	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
出目	6	3	5	4	3	1	6	1	4	5

表3 21回~40回目

回数	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
出目	1	2	3	4	5	2	3	4	5	1
回数	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
出目	3	6	3	5	2	6	6	5	5	4

表 4 41 回～60 回目

回数	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
出目	4	6	5	2	6	3	4	5	6	2
回数	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
出目	6	3	6	3	5	4	4	6	1	5

表 5 61 回～80 回目

回数	61	62	63	64	65	66	67	68	69	60
出目	1	2	1	3	6	1	3	5	4	6
回数	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
出目	2	1	6	1	4	1	1	4	1	2

表 6 81 回目～100 回目

回数	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
出目	5	5	3	5	5	4	6	2	1	5
回数	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
出目	1	2	1	1	2	1	1	6	6	5

表 7 出た回数

出目	1	2	3	4	5	6
回数	20	13	13	13	22	19

## 4 考察

表 7 よりサイコロを同じ振り方で振っても同じ目が出なかった。

本研究の結果が「サイコロを同じ振り方で振ったら同じ目が出る」というものであったならばサイコロの出る目は振り方に依存するということになった。

このような結果にならなかった理由として、板を離す動作を人の手で行ったためサイコロの初速度が一定でなかったことが考えられる。

20 回ごとに出た目の回数をまとめると表 8 のようになる。

表 8 より 20 回ごとに出る目にばらつきがあり、サイコロの離し方が少しずつ変わっていることがわかる。

しかしながら、サイコロを振った向きと表 7 を合わせて考えると、転がるときに側面になる 3 と 4 は出た回数が少ない。回転方向の面を考えると、一番多く出た 5 の裏側の 2 も出た回数は少なく、5 の両

表 8 20 回ごとに出た回数

出目	1	2	3	4	5	6
1 回～20 回目に出た回数	3	2	3	2	6	2
21 回～40 回目に出た回数	2	3	4	3	5	5
41 回～60 回目に出た回数	1	2	3	4	4	6
61 回～80 回目に出た回数	8	3	2	3	1	3
81 回目～100 回目に出た回数	6	3	1	1	6	3

隣にある 1 と 6 はおよそ同じ回数で 2 3 4 よりも多く出ている。鳥居 [2] の実験方法とこの実験の方法を比較するとどちらもサイコロの離し方が異なる点と同じであるが、サイコロを振るときのサイコロの向きを同じにしているのはこの実験だけである。鳥居 [2] の実験と結果が異なっているのはこの違いが原因であると考えられるため、サイコロの出る目とサイコロを振るときのサイコロの向きには関係があるとわかる。

## 5 おわりに

本研究の結果は「サイコロを同じ振り方で振っても同じ目が出ない」というものであった。

よって本研究でサイコロの振り方とサイコロの出る目に関係を見出すことはできなかったが、出た目の傾向からサイコロを振るときのサイコロの向きとサイコロの出る目に関係を見出すことは出来た。

## 6 文献

### 参考文献

- [1] サンプル数の諸問題, 川島大司
- [2] 物理実験のための統計学サイコロ実習 (実験室), 鳥居 寛之

# ポーカーにおけるブタの対処法

物質理工学院 佐藤優祐

2019年7月20日

## 1 はじめに

ポーカーでは最初手札が配られたあと一回交換することができる。もし、最初に配られた手札が何の役も持たない所謂「ブタ」だった場合厳しい展開になり、カード交換に必要性が出てくる。この場合、手札を大きく変える必要があるため5枚交換と4枚交換が多いが、どちらのほうより強い手札を作りやすいかを調べることにした。ただし、役の強弱については通常のドローポーカーに依存する。[1]

## 2 方法

簡単のため対戦相手を省略し、自分の手札の強弱のみで比較する。

52枚とジョーカー1枚からなるトランプの束（以下山札）からカードを5枚引く。その、5枚の役を見てブタであることを確認する。（例では図1）もし、ブタでなければ最初からやり直す。この5枚のうち最も強い1枚カードを $\alpha$ とする。その後、山札から4枚引く。この4枚を $\beta$ とするさらに、山札から1枚引くこれを $\gamma$ とする。この中で $\alpha$ と $\beta$ を合わせたものをA（例では図2）とし、同時に $\beta$ と $\gamma$ を合わせたものをB（例では図3）とする。そしてAの役とBの役を記録し、AとBのうち何方が強いか或いは同じかも記録する。この工程を50回繰り返す（但しやり直した場合はカウントしない）



図1 初期手札、この場合 $\alpha$ はクローバの10



図2 4枚交換時のAの手札、役は2ペア



図3 5枚交換時のBの手札、今回の場合役はワンペア

### 3 結果

5枚交換が4枚交換より強かったのが22回、4枚交換が5枚交換より強かったのが17回、強さが同じであったのが11回だった。また表1は役ができた回数を示している

表1 役ができた回数

交換数	ブタ	役あり	ワンペア	ツーペア	3カード	ストレート以上
5枚交換	22	28	23	1	3	1
4枚交換	33	17	15	0	2	0

### 4 考察

このような結果になった理由を考える。まずジョーカーを引かない場合の役のできやすさの違いについて考える。ジョーカーを考慮しない場合について、5枚交換の場合、配られた5枚に役が含まれる確率は5割。一方4枚交換のとき追加で配られた4枚に、事前にもっていた1枚とペアとなるカードが来る確率は3割で、配られた4枚に役が含まれる確率はおよそ3割上記が同時に起きる確率がおよそ1割であるから役ができる確率は5割であるといえる。したがって、5枚交換と4枚交換において、ジョーカーが来ないのであれば役のできやすさに確率に大差はないといえる。また、今回の実験において4枚交換の時にペアができた回数がこれより低いのは、施行が少ないのが原因と考えられる。次にどちらも役ができなかった場合の強弱の違いについて考える。この場合あらかじめ強いカードを握っている4枚交換の方が強くなりやすい。最後にジョーカーが来る確率の違いについて考えたい。今回の実験において自分が最初確定でブタであり、対戦相手を省略していることから、確定でデッキの中にジョーカーが埋まっているため単純にジョーカーが来る確率がほぼ1.25倍になる。この点において5枚交換のほうが優れている。しかし、実際のポーカーではこの影響はもう少し小さくなるだろう。上記の理由のうち、特にジョーカーの確率の差に影響力が強く、5枚交換の方が強くなりやすいといえる。

### 5 結論

5枚交換と4枚交換の手札の強さを比べた場合と、役が出来る確率のいずれにおいても5枚交換のほうが優れているという結果になった。したがって、初期手札がブタの場合積極的に5枚交換すべきである。

### 参考文献

- [1] 幸雄漆間, 弘之飯田. ゲーム洗練度の理論とポーカー. ゲームプログラミングワークショップ2005 論文集, 第2005巻, pp. 138-141, nov 2005.

# シャープペンシルの芯の硬さと折れやすさに相関はあるか

生命理工学院 齋藤拳斗

2019年7月20日

## 1 はじめに

私たちは普段何かを書こうとするときにしばしばシャープペンシルをもちいる。シャープペンシルには様々な硬さの芯を入れて使用することができる。以前、2Bの芯に使い慣れた折、HBの芯を使用してみるといつもよりも折れにくいような気がしたことがある。そこで、シャープペンシルの芯の硬さと芯の折れやすさに実際に相関関係があるのかということに疑問に思い、相関関係の有無を明らかにすることを試みた。ここでは、固定したシャープペンシルおもりを乗せてゆきそれぞれの芯の耐用重量を調べる実験を行うことによって検証することにした。

## 2 方法

### 2.1 装置の作成

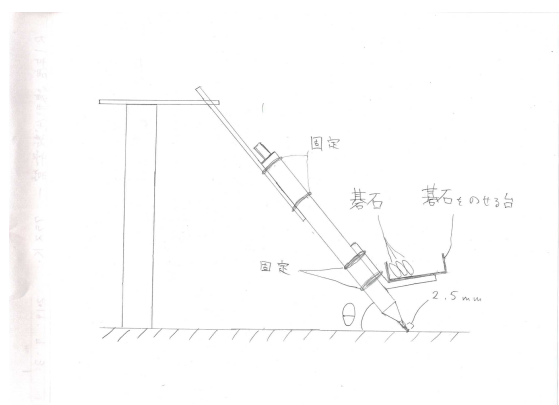


図1 実験装置概略

図1のような装置を作成し、固定したシャープペンシルの芯が地面と接触する状況を作る。この際、シャープペンシルから露出している芯の長さは

2.5mmとし、図の $\theta$ は私がシャープペンシルを用いる際の地面との成す角に近い約45度とする。なお、ここでいうシャープペンシルと地面のなす角とは、地面と垂直でシャープペンシルを含む平面上でのなす角を言う。また、おもりを乗せることのできる台をシャープペンシルの上に設置する。本実験ではおもりとして約4.5gの基石を用いた。

### 2.2 様々な芯の硬さでの測定

はじめに、シャープペンシルにHBの芯を装着し、基石を1つずつ台に乗せてゆき、何グラム分の基石を置いたところで芯が折れるかを測定する。同様の実験を毎回芯を新しいものと入れ替えて5回行い、それぞれの測定値の平均としてBの芯装着時の耐用おもり重量 $A_{HB}$ とする。同様に芯を2B、3H、3Bのものに変えて実験を行い、耐用おもり重量をそれぞれ $A_{2B}$ 、 $A_{3H}$ 、 $A_{3B}$ とする。

## 3 結果

各実験の値は次のようになった。

表1 各実験での耐用おもり

芯	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
3B	101g	115g	106g	119g	115g
2B	132g	150g	145g	150g	154g
HB	173g	187g	173g	167g	182g
3H	268g 超	268g 超	268g 超	263g 超	259g 超

以上の結果より各A値が求められる。

$$A_{3B} = 111.2\text{g}$$

$$A_{2B} = 146.2\text{g}$$

$$A_{HB} = 176.4\text{g}$$

$$A_{3H} = 265.2\text{g 超}$$

#### 4 考察

本実験では、シャープペンシルと台の接触点が支点、おもりを置く位置が力点、台とシャープペンシルの芯の接点が作用点のこと近似して考える。よって、のせたおもりの重さが重いほど芯にかかる力は大きくなると言える。[1]。

本実験で用いた各芯は、硬い順に 3H,HB,2B,3B であることと、実験により得られた A の値が

$$A_{3H} > A_{HB} > A_{2B} > A_{3B}$$

であったことより、芯が固いほど大きな力に耐えることができる、つまり芯が固いほうが芯は折れにくいと言える。

実験で発生しうる誤差としては次のものが挙げられる。

- 装置の構造上、約 260g を超すおもりを乗せると、おもりを乗せる台が崩れてしまう
- 使用したはかりの精度が 1g である
- 芯の耐用重要ちょうどではなく、折れた後最初の測定値を耐用重量としている

しかし、これらの誤差は数グラム分に過ぎず、各 A 値の大小関係を逆転させるには至らないものなので結論に影響はないと言える。

#### 5 おわりに

以上のことより、シャープペンシルの芯の硬さと折れやすさには相関関係があるという結果が得られた。

#### 参考文献

- [1] 戸田盛和. 物理入門コース. An introductory course of physics. 岩波書店, 東京, Japan, 新装

# 年代別お墓まいり頻度に関する調査：信仰心との関連から

東京工業大学大学院 環境・社会理工学院 谷山昌子

2019年7月20日

## 1 はじめに

現代日本人の宗教意識が論じられる際に、宗教を信じているか、または信仰を持つ割合に関する世論調査の結果がしばしば用いられる。その結果によると現代日本人の信仰の割合はおよそ2から3割程度である。このことから、日本人の7割以上は宗教を信じない、あるいは無宗教であるなどと表現されることがある [1]。

しかし、全国18歳以上の男女を対象に行われた文化庁による調査結果によると、墓参りを実践する人たちの割合は78.3%、初詣73.1%、仏壇・神棚にお祈りする56.7%、交通安全・合格祈願37.9%と、多くの人が日常的に宗教的な行動を実践している。このように、生活に溶け込んでいる宗教行為に対して「宗教」という認識をもたないことは現代日本人の特徴と言える。

本調査では、宗教的行為のなかでも特に実践の割合の高いお墓まいりをとりあげ、その頻度と宗教意識には年代差があるかどうかということ、国立大学法人東京工業大学で2019年2Q「教養特論 WritingSkill」の授業を履修する大学生および大学院生と担当教諭、TAを含む10～60歳代男女を対象とした質問紙調査から明らかにする。

## 2 方法

【対象者】東京工業大学で2019年2Q「教養特論 WritingSkill」の授業を履修する大学生および大学院生とTA、担当教諭を含む10歳代～60歳代の男女合計36名。

【手続き】被験者は、授業時間を利用して配布された質問紙に回答する。質問紙票には、1年間の墓まいりの回数、宗教や信仰に対する関心を問う項目が含まれる。

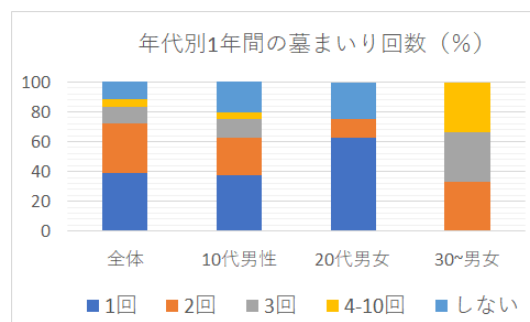


図1: 年代別1年間の墓まいり回数

## 3 結果

10歳代～60歳代の被験者36名（有効回答数36）に、墓まいり頻度に関する質問紙調査を実施した結果、1年間に墓まいりをする世代別の回数は、1年間に1回と回答したのは10代（男性）が9名、20代（男女）が5名、30代以上0、年間2回と回答したのは10代男性で6名20代で1名、30代以上（男女）で1名、年間3回と回答したのは10代で3名、20代は0、30代以上で1名、さらに年間5～10回と回答したのは、10代で1名、30代以上で1名であった。「墓まいりはしない」という回答は10代で7名、20代で2名30代以上では0であった。【図1】は、これを割合（%）で示したものである。

次に、信仰の有無や関心について問う質問「4. あなたは、宗教にどれくらいの関心がありますか」「5. あなたはどんなに科学が発達しても、宗教は人間に必要だと思いますか」「6. あなたは神の存在を信じますか」「7. あなたは仏の存在信じますか」「8. あなたは霊魂の存在信じますか」の結果からは、年代的に際立った特徴の違いは確認できなかった。

そこで、全ての年代を合わせた全体を、「1:1年に1回以上墓まいりをする」「2:墓まいりはしない」と



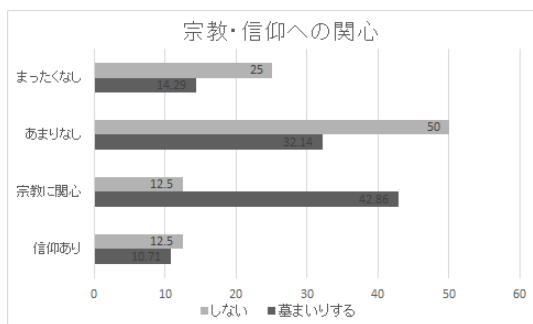


図 2: 「宗教・信仰に対する関心」

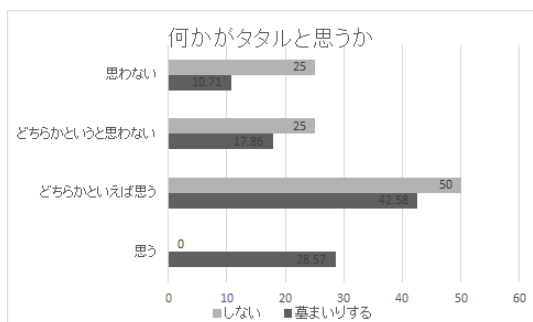


図 3: 「何かがタタルと思うか」

いう 2 グループに分け、その特徴を分析した。結果は、1 グループは 2 グループよりも宗教や信仰に対する関心が高く、また、問 9「あなたは何かタタルと思うか」と対しても、より肯定的に考えている傾向がみられた。(図 2、図 3)

問 4 に対して「現在、信仰をもっている」「信仰はもっていないが宗教に関心がある」と回答したのは、1 グループで 75%、2 グループでは 54%であった。「何かがタタルということがあると思いますか」の問いに 1 グループでは「思う」28.57%「どちらかといえば思う」42.58%の合わせて 71.15%が肯定的に回答した。一方、2 グループは「思う」0%「どちらかといえば思う」50%であった。

## 4 考察

質問紙調査の結果、墓まいりの頻度および宗教や信仰に対する興味関心について、年代差による特徴や違いは見出せなかった。被験者の年齢構成は、10 代男性 25 名、20 代は男性 6 名・女性 2 名、30～60 歳代は各

年代男女合わせて 3 名で、極めて不均衡であった。さらに、10 代・20 代男女の全員が東工大学生であることから、親元や地元を離れた生活をしている被験者が多いと予想される。この場合、実家や先祖の墓が遠方となり、立地や交通事情などの要因が墓参回数に影響することが考えられる。この調査で得られた結果をもって、墓まいり頻度および、宗教・信仰への関心の割合を各年代ごとの特徴と判断することは妥当ではない。

しかし、宗教や信仰に関する興味関心、そして「何かタタルことがある」と思うかどうかへの回答からは、1 年間に 1 回以上の墓まいりを実践している人たちと、墓参りをしない人たちの宗教観や信仰に対する意識に相違を見出すことができた。

## 5 おわりに

日本で特定の宗教教団に帰属しているのは全体の 1 割未満である。「信仰がありますか」という質問に対しては約 7 割の方が「ない」と回答しているが、「神や仏を信じている」のは 6 割近く (55%)、さらに 7 割以上が「宗教的な心は大切である」と考えている [2]。

このように現代日本人の抱く信仰や宗教概念は曖昧であることから、宗教や信仰を問う回答にズレやブレが生じることが想定される。それは、調査全体のコンテキストに左右されることもあり、単純な質問紙による調査の結果だけで現代日本人の信仰や宗教意識を決定づけることはできない。

しかし、本調査より宗教や信仰に対する意識の違いが、具体的に「お墓まいり」行動という現象に現れる可能性を示唆できたことは、現代日本人の宗教意識の特徴を解明するうえで大いに役立つことと確信する。

さらに、一人ひとりが「宗教」についてどのようなイメージを抱いているのか、そして何を「信仰」と考えるか、という事実を丁寧に解いていくことが今後の課題である。

## 参考文献

- [1] 阿満利麿. 日本人はなぜ無宗教なのか. ちくま新書, No. 085. 筑摩書房, 1996.
- [2] 石井研士. データブック現代日本人の宗教. 新曜社, 増補改訂版, 2007.

# サイコロの重心をずらしたときの出目の偏りの存在

東京工業大学 工学院 19B10610 大場航

2019/07/21

## 1 はじめに

私たちは日常、サイコロをその目が出る確率はすべて等しいとして振っている。しかし本当にそうだろうか。形状が立方体であるからといって、本当にそのサイコロは信用できるのだろうか。何らかの要因で出目が偏っていることはないのだろうか。

本論では、出目を偏らせ得る要因の一つとして特に重心のずれに焦点を当て、普通のサイコロと重心を中心からずらしたサイコロを用いて、出目の偏りの存在を調べる。

## 2 方法

### 2.1 概要

本論では、重心のずれていないサイコロとずれているサイコロを用いる。重心のずれていないサイコロは市販の様な素材でできた物をそのまま用いる。重心がずれているサイコロは自作した物を用いる。これら二つのサイコロをそれぞれ振り、出た目を記録する。サイコロはそれぞれ 1000 回ずつ、コップをかぶせて振る。記録したデータと理論値を比較することで出目の偏りの存在を調べる。

### 2.2 重心がずれたサイコロの作成方法

サイコロの形状は立方体とし、寸法は一辺の長さを 15mm とした。素材は十分に堅い厚紙と紙粘土、セロハンテープ、釣り具の板重りを用いた。板重りは細かく刻み、紙粘土の中に混ぜて用いる。

まず立方体の展開図の形に厚紙を切り取る。展開図を組み立て、その内部に半分まで、重りを混ぜた紙粘土を詰める。紙粘土が固まったら組み立てた厚紙をセロハンテープで閉じる。このようにして、紙粘土部分と空洞部分で重心をずらしたサイコロを作成する。

今回作成したサイコロは、一つあたり紙が 0.5g、紙粘土と板重りが合わせて 4g となった。

サイコロの目は、空洞側の面に「1」、紙粘土側の面に「6」、残った空洞側と紙粘土側の間の 4 面に「2」と「5」、「3」と「4」それぞれが向かい合う面に来るように振る。これは、向かい合う面の目を足すと 7 になる、一般的なサイコロの目となっている。

### 3 結果

実験結果は表 1 のようになった。

表 1 サイコロの種類と出た目の回数およびその確率の関係

出た目	1	2	3	4	5	6	合計
普通のサイコロ	176	169	159	168	164	164	1000
(%)	17.6	16.9	15.9	16.8	16.4	16.4	100
重心をずらしたサイコロ	256	156	153	167	163	105	1000
(%)	25.6	15.6	15.3	16.7	16.3	10.5	100

### 4 考察

表 1 の結果と出目が出る確率の理論値  $1/6$ ( $\approx 16.6\%$ ) を比較する。

普通のサイコロの結果はおおよそ理論値と同じになった。各出目の確率 (%) と理論値 (%) の差の二乗を足し合わせた物を出目数 6 で割り、理論値からのずれの大きさを数値化すると、その値は約 0.28 となり、これによってもまたずれが小さいことがわかる。重心が立方体の中心にあるとき、それぞれの面に区別がつけられないことを考えると、これは当然の結果と言える。

一方で重心をずらしたサイコロは、「1」の出る確率が高く、「6」の出る確率が低くなり、それ以外の面はおおよそ等確率になった。言い換えると、重心がずれていないときに比べて、重心が偏っている側の面を下にして静止しやすくなったと言える。普通のサイコロと同様にして、理論値からのずれの大きさを数値化すると、その値は約 20 となり、ずれが大きいことがわかる。

この、ずれが大きくなり出目に偏りが生じる理由については、サイコロが転がっている最中の床との接触点を支点とした、重心に働く重力による力のモーメントによって説明できる。モーメントの方向を考えると、サイコロは支点鉛直上方向から見て重心のある方向へ倒れ込みやすいことがわかる。つまり、重心がずれたサイコロで隣り合う面を比較すると、より重心との距離が近い方の面方向へ倒れ込みやすい。これは、本論の実験で用いた重心をずらしたサイコロで言えば、「1」より「2」～「5」側へ、「2」～「5」より「6」側へ倒れ込みやすいということで、実際の実験結果と一致する。

### 5 おわりに

重心が立方体の中心からずれているサイコロは、重心が偏っている側の面が下になって静止する確率が高くなり、出る目が偏ることがわかった。

# 直方体の辺の長さ と 転がして出る面の確率の関係性

環境社会理工学院 学士1年 青島広樹

2019年7月20日

## 1 はじめに

通常、さいころを転がしたときそれぞれの面が出る確率は等しく  $1/6$  であるが、直方体の場合出る面の確率は辺の長さの比、対角線がなす角度の比と正比例の関係にあるのかを明らかにする。

## 2 方法

直方体は一般に 3 種類の異なる形の面が存在するが、簡単のためここでは特定の 2 種の面 A,B についてのみ考えることにする。すなわち、ある一辺  $c$  の長さを固定し、その辺と垂直な長方形の面を構成する 2 組の辺  $a,b$  の長さを変更することにより  $a:b$  の比率を変えていく。直方体の試料としては加工性の高いフローラルフォーム (生花用吸水性スポンジ) を用いる。スポンジの初めの長さは  $110 \times 78 \times 154$  (mm) であり、これを以下の長さに加工する。

実験番号	a	b	c
1	110	78	154
2	90	78	154
3	70	78	154
4	50	78	154
5	30	78	154
6	30	110	154

カットされたスポンジを手に持ち、C面に垂直で中心を通る直線を軸に緩やかなスピンをかけながら投げ、出た面を記録する動作を各 30 回行う。ただし面 C が出た場合はカウントしない。実験は滑りにくい水平なラグマット上で行う。

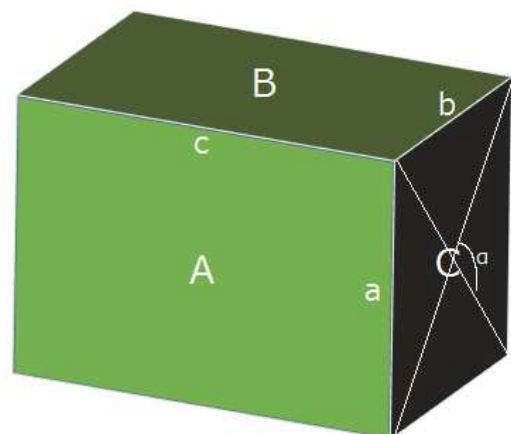


図1 スポンジの模式図

## 3 結果

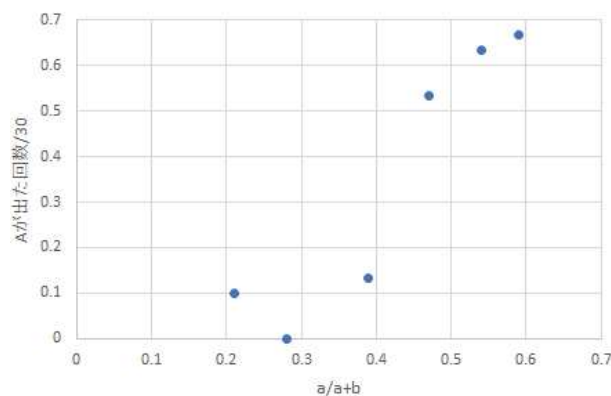
A面が出た回数は実験番号順に 20,19,16,4,0,3 であった。

## 4 考察

### 4.1 辺の長さの比との関係

相関係数は 0.92 であった。

実験番号	a/a+b	A が出た回数/30
1	0.59	0.67
2	0.54	0.63
3	0.47	0.53
4	0.39	0.13
5	0.28	0
6	0.21	0.1

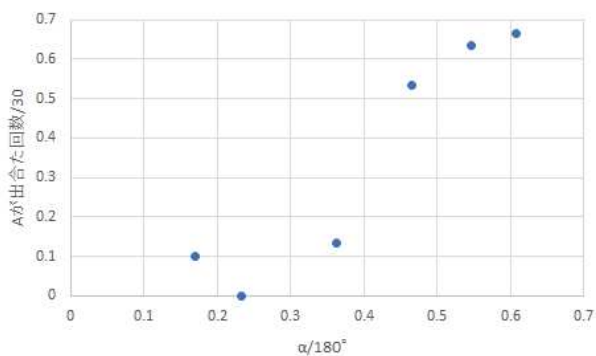


### 4.2 対角線がなす角との関係

$\alpha$  は図 1 で示した対角線の成す角である。

相関係数は 0.94 であった。

実験番号	$\alpha/180^\circ$	A が出た回数/30
1	0.61	0.67
2	0.55	0.63
3	0.47	0.53
4	0.36	0.13
5	0.23	0
6	0.17	0.1



A の面側に直方体が傾いている確率は  $\alpha/180^\circ$  である。この状態で垂直に落下すると跳ね返りが小さければその確率で A の面が出ると考えられる。[1] しかし本実験ではスピンをかけて投げているため、 $\alpha$  や a,b の変更による影響が顕著に表れた。辺と角どちらの比較でも相関係数がほぼ 1 となったが、その誤差の原因として跳ね返りやスピンの他に空気抵抗、スポンジの角の摩耗があげられる。

## 5 おわりに

直方体の辺の長さの比、または対角線のなす角度の比と出る面の確率はほぼ正比例の関係にある。

## 参考文献

[1] 沢崎 直之 井上博允. 多指ハンドによる物体の転がし操作. 1991.

# 割り箸をきれいに割る

東京工業大学 物質理工学院 大嶋俊之

2019年7月20日

## 1 はじめに

日常生活において割り箸を使う機会は屋外で弁当を食べるときなど意外と多い。誰しも割り箸が変な割れ方をしてもどかしく思ったことはあるだろう。テレビ番組等で割り箸のきれいな割り方を調べているものもあったが、割り方ではなく箸自体については調査が十分ではないと感じた。割り箸は様々な木材を加工してできているから、その割れ方は木材の強度、繊維の方向や力のかけ方の強さといった、材料工学的な観点から調べられる。(環境三四郎 2006 年度割り箸プロジェクト [2]) そういった研究の第一歩として、割り箸はきれいに割れるのかを実験に実験し、調べる。

## 2 方法

### 2.1 きれいの基準

割り箸の割れ方をきれいかきれいでないか判定する上で基準が必要である。本実験では割ったときの持ち手側の切込み線からのズレ (図 1 右上) をノギスで計測し、この長さが 2mm 以内の時を「きれい」と定める。

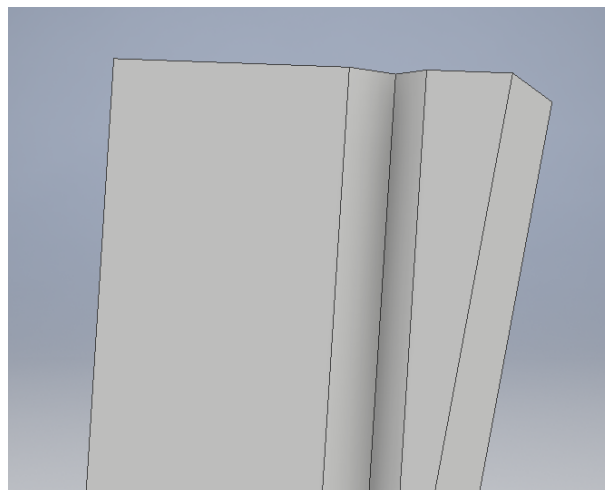


図 1 割った割り箸

## 2.2 実験

実験には DAISO の元禄橋箸 50 膳セット 3 つ (A), 家に残っていた割り箸 2 種類 (B,C) を用いる。箸の先端部分を親指と人差し指で持ち、一定の力で切り込み線に垂直方向割る。どの割り箸でもできるだけ同じ程度の力がかかるようにして、このように実験を通して同じ割り方をするよう注意する。その後箸手持ち部分の中心線からのズレをノギスを用いて計測し、上で定めた基準によってきれいかきれいでないかを判定する。これを複数回行い、結果をまとめる。

## 3 結果

先述のように実験したところ結果は表 1 のようになった。

表 1 実験結果

種類	きれい (本)	きれいでない (本)
A	107	43
B	25	7
C	17	8

## 4 考察

本実験では同じ方法のみで実験を行ったため、ほかの割り方や実験で用いなかった材質の箸と比較することは難しいが、この方法での割れ方の割合を調べることができた。割り箸の割れ方は繊維の向きや強度、力のかけ方に影響される部分がかかなり大きいと考えられるため、さらに詳しく調べることできれいな割れ方をするといい点で最適な割り箸を見つけることができると考えられる。(桑原 [1])

## 5 おわりに

基準の取り方次第ではあるが、実験結果をみると、いずれの箸でも 6 7 割程度はきれいに割れたと判定されており、割り箸はきれいに割れたと言える。1 本 2 円程度のかかなり安い割り箸や、家に余っていたものを用いたこともあり、まともに割れるのは三分の一くらいと予想していたのでこの結果はすこし意外だった。割り箸が変な割れ方をすると食べづらくてちょっと嫌な気分になるので、機会があればまた調べてよい割り箸、力のかけ方を考えてみたい。

## 参考文献

- [1] 桑村仁. 木材の割裂破壊線とフラクトグラフィ. 日本建築学会構造系論文集, Vol. 75, No. 650, pp. 831 – 838, 2010.
- [2] 環境三四郎 2006 年度割り箸プロジェクト. 割り箸から見た環境問題. pp. 3–4, 2006.

# ハートの確率

東京工業大学 高橋知希

2019年7月21日

## 1 はじめに

本論では、トランプを1枚めくり、そのカードがハートである確率が本当に4分の1であるかを検証する。

## 2 方法

以下の2つの方法で、トランプカードをめくる。なお、ここでは何枚かのトランプからなるまとまりを、トランプの「やま」と呼ぶことにする。まず、52枚のトランプのやまからトランプを1枚めくり、その文字を確認する。その後、そのトランプは残り51枚のトランプの山には戻さずに、残り51枚のトランプのやまから再びトランプをめくる。この試行をトランプのやまが残り0枚になるまで繰り返す。次に、トランプ52枚のやまからトランプを1枚めくり、そのトランプの文字を確認し、トランプのやまに戻す。その後、トランプ52枚のやまをシャッフルし再びトランプを一枚めくる。という試行を52回繰り返す。上記の試行を最初の実験を1回、次の実験を5回行った。

## 3 実験結果

実験結果については表1のようになった。

表1 実験結果

1.	最初の実験	ハートが出た枚数		13枚
2.	次の実験	ハートが出た枚数	1回目	14枚
3.			2回目	10枚
4.			3回目	13枚
5.			4回目	10枚
6.			5回目	5枚

## 4 考察

1回目から4回目に関してはハートが出る確率が4分の1となる13枚に近い値が出た。この結果に対して、カードの散らばり方に人為的な誤差があったためと考えられ、実験が正しく行われたと評価する。5回目は13枚を大きく下回る5枚という値が出た。この結果に対しては、シャッフルが適切に行われていたかという問題



点が考えられる。回数が適切であったかという点と、トランプの多少の劣化により、シャッフルするときにある特定のトランプの束ができてしまい、ある特定のトランプの出る確率が高くなったということも考えられる。よって、シャッフルをする回数を毎回同じにし、トランプの劣化の影響がないように新しいトランプで実験を行えば、13枚に近い値が出たのではないかと評価する。

## 5 おわりに

実験には多少の誤差はあったものの、やはりトランプのハートが出る確率が4分の1であるといえる。また、確率論的観点から述べると、「トランプをめくってハートが出る」という現象は、世の中の不確実な現象の中で非常に扱いやすい現象であり、世の中の不確実な現象を解明する根本として、検証する価値のあるものであった。また、確率論を教える場合には、2つのステップがあり、第一には厳密な定義ではないが直感的で理解しやすいラプラス式定義に基づき、確率を習得させる。その次の段階として、コルモゴロフの公理的確率定義に基づき、確率論を数学的に厳密に理解させる。[1] よって、この第一段階を考えるにあたって、この実験は検証する価値のあるものだったと考える。

## 6 参考文献

- [1] 白田由香利 久保山哲二著 「金融工学数学における確率論の教授法-高校数学との関連づけ」

# 宗教的儀式による分布の意図的な変化の有無

工学院 長谷川千晃

2019年7月21日

## 1 はじめに

受験時に様々な神社のお守りやお祓いを受けた鉛筆を使うことは多い。実際にそのお守りによって試験時に平静を保つことができる。しかし、お守りなどを持つことによって勘で答えた問題が当たったというようなツキが巡ってきたと感じたことがある人も少なくはないはずだ。[1]のようにマークシート方式の試験において当て推量で導いた回答が正当な評価を妨げることはしばしば問題となる。ツキとは実際に本人の実力とは別のところに存在する。本論では、当て推量が当たることによる評価のずれに関心を持ち、信教と関連したものが信仰者の意図した方向へ分布を傾けるのか否かを調べていく。

## 2 方法

神社でお祓いを受けた鉛筆と市販されている鉛筆とマーク形式の試験問題を用意する。今回は菅原道真公を祀る北野天満宮でお祓いを受けた鉛筆と市販されていたマーク用の六角鉛筆を比較対象の鉛筆として用意した。この時市販されていた鉛筆は六角形の鉛筆であったため、6面中2面には回答を与えず、その2面が出たときは振りなおすことによって4択にした。

対照実験は誤差評価のために市販の鉛筆を同様に使用する。計3本の鉛筆で試行を繰り返す。

試験問題としては平成30年度の大学入試センター試験本試験地理Bを採用し、鉛筆の面が4面しかないことから選択肢が4つでない問題は除外して調べることとする。

次に、問題の番号が若いほうから順に鉛筆を転がすことによってマークの回答を選び、各鉛筆で6回ずつ回答を作成し採点する。

転がし方に関しては実験に使用した机の上に置いて机から落ちないように転がすことのみを注意しそのの点に関しては適当な方法で試行を行った。

試行によって得られた18コの点数を比較し、分布の変化がみられるかどうかを検証する。

## 3 結果

鉛筆を転がした結果は表1のようになった。願掛けをした鉛筆の平均正解問題数は23問中5.67問。対して一般的な鉛筆の平均正解問題数は6問であった。また、対照実験用の鉛筆での結果は5.33問であったことから願掛けした鉛筆と市販されている鉛筆間の平均正解数の差は誤差の範囲内であると判断でき、願掛けによる得点率の向上はないと結論付ける。

表 1 試行結果

鉛筆の種類	平均点	最高点	最低点
市販されている普通の鉛筆	6.00	7	4
願掛けをした鉛筆	5.67	7	4
対照実験用の市販されている鉛筆	5.33	7	3

## 4 考察

本論における 2 者間の差の要因は願掛けによるものではなく試行回数の少なさが原因である。理論的には平均 5.75 問の正解が見込め、18 回の試行による平均正解問題数は 5.67 問であり各鉛筆による試行結果と併せてみても妥当な結果であった。

## 5 おわりに

本論において願掛けすることにより得点が直接あがることは見込めないことが分かったが、願掛けしたものなどを使って心を落ち着け実力を発揮することは可能である。受験生の一層の努力に期待したい。

## 参考文献

- [1] 孫藤泰一, 笠井裕, 有田清三郎と那須郁夫. 「多肢選択問題における当て推量の現状とその対処法について」. *Kawasaki Igakkaishi* 15, no. 2 (1989 年): 364–369.

# 紙を折り続ける

生命理工学院 片岡祐太

2019年7月21日

## 1 はじめに

私たちは普段から紙を使い、印刷したり、何かを書いたりしているが、紙を折ることはなかなかしない。そこで、紙を折ると今まで気付かなかった新たな発見があるかもしれないと思い、まずは一枚の紙を折り続けると人の力で合計で何回折ることができるか実験した。

## 2 方法

A4サイズの普通紙を一枚用意する。それを辺の長い方の長さが半分になるように折るという操作を繰り返していく。人の手で折ることができなくなったらそこで終了する。参考に、実験者の握力が右 45kg 左 48kgであることを示しておく。この実験を三回繰り返す。

## 3 結果

三回すべての実験において六回まで折ることが出来た。下の写真1は一回目まで折った時、写真2は六回目まで折った時のものである。また、写真2には大きさの比較対象として折っていない状態のA4サイズの普通紙を下に置いている。

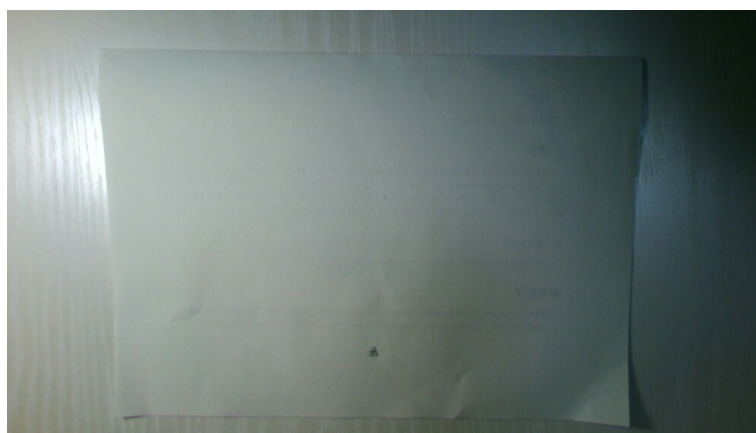


図1 一回目



図2 六回目

## 4 考察

紙を折ることができる回数が有限なのは、紙を折るたびに紙が厚くなり紙を折るのに必要な力が大きくなるのと、紙に力かける部分が小さくなり力をかけにくくなるからだと推測する。工夫して紙を折ると紙を単純に折った時と比べて薄くすることができ [1]、折ることのできる回数が増加する可能性がある。また、握力が高い人が同様の実験をすると、紙により大きな力がかかることができるので折ることのできる回数が増加する可能性がある。

## 5 おわりに

A4の普通紙を折り続けると人の手では六回まで折ることができることが分かった。

## 参考文献

- [1] Erik D. Demaine, David Eppstein, Adam Hesterberg, Hiro Ito, Anna Lubiw, Ryuhei Uehara, and Yushi Uno. Folding a paper strip to minimize thickness. *JOURNAL OF DISCRETE ALGORITHMS*, Vol. 36, pp. 18–26, JAN 2016.

# じゃんけんと確率

工学院 荒井湧介

2019年7月21日

## 1 はじめに

「じゃんけん」は「勝ち」、「あいこ」、「負け」があり、理論上では無限回じゃんけんを試行すればその割合が1 : 1 : 1に収束する。本実験は、「じゃんけん」をたくさん行えば「勝ち」と「あいこ」、「負け」の割合は実際に1 : 1 : 1に収束するのかを調べていく。

## 2 方法

2人でじゃんけんを1000回行う。ただし、その時に出す手はグー、チョキ、パーのみである。そして、片方の人の、勝ち、あいこ、負けの回数を数え、Excelを用いてまとめる。この試行を違う人同士のペアで何度か行う。

## 3 結果

表1 実験結果

	勝ち	あいこ	負け
1人目	324	341	335
2人目	348	311	341
3人目	329	335	336
平均	333.67	329.00	337.33

平均の有効数字は5桁。

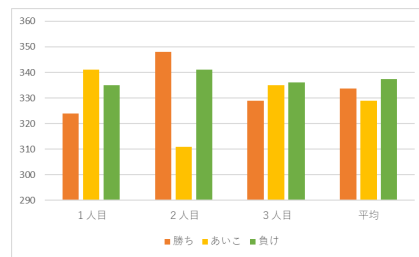


図1 実験結果:グラフ

表2 偏差

	勝ち	あいこ	負け
1人目	-9.33	7.67	1.67
2人目	14.67	-22.33	7.67
3人目	-4.33	1.67	2.67
平均	0.253	-3.25	3.00

勝ち、あいこ、負けのそれぞれの回数から、 $\frac{1000}{3}$ を引いたもの。ただし、有効数字は3桁。

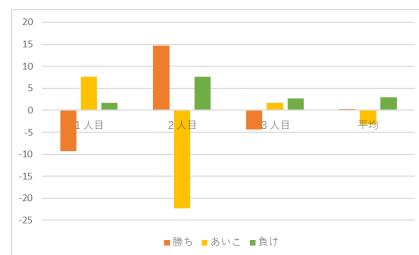


図2 偏差:グラフ

## 4 考察

表1、2から、理論通りにはならなかった。原因として二つの理由が考えられる。一つ目は、人為的

な原因である。今回は実験協力者として筆者の友人に依頼した。人は、例えばグーで連続して「勝ち」になっていたら、次はグーではない手を出そうとしたりする。ここに人の意思が入り込むので、同様に確からしくなくなってしまう。([1] 参照)

したがって、人間同士で行うのではなく、機械またはさいころなどを用いて人為的な要因を減らすことで理論通りの値に近づくと考えられる。二つ目の原因は、たかだか 1000 回では十分なデータの数ではなかったからである。これを五千回、一万回、と、さらに試行回数を増やせば試行回数の三分の一からの誤差はより無視できるほどになり、理論値に近くなると考えられる。

## 5 おわりに

本実験では、理論通りの値は得られなかった。しかし、理論値からそこまで離れたわけではないので、実験手段的原因があると考えられた。

## 参考文献

- [1] Social cycling and conditional responses in the Rock-Paper-Scissors game Zhijian Wang<sup>1</sup>, Bin Xu<sup>2,1</sup>, and Hai-Jun Zhou<sup>3</sup> <sup>1</sup>Experimental Social Science Laboratory, Zhejiang University, Hangzhou 310058, China <sup>2</sup>Public Administration College, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310018, China <sup>3</sup>State Key Laboratory of Theoretical Physics, Institute of Theoretical Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

# じゃんけんにおける心理戦

高野悠太朗  
工学院

2019年7月21日

## 1 はじめに

友達と何かをじゃんけんで決めるときに、たまに「俺パーだすから」と言いだす人がいて負けたくないからこころの読みあいになることがある。このように何を出すかをよく考えたとき相手の出す手に変化がある可能性がある。そこでじゃんけんで先にグーを出すと云ったら相手の出す手が変わるかどうかを明らかにするためにじゃんけんを繰り返し行い、そのデータを用いて普通にじゃんけんをした時との差を検討する。

## 2 方法

まず相手に俺じゃんけんめっちゃ強い、ほぼ負けたことがないということを伝える。そうすることによって相手はじゃんけんで私に勝ちたくなる。そこでじゃんけんの前に「ちなみに嘘か本当かわかんないけど俺グーだすよ」と言う。それからじゃんけんをして相手の出した手を記録する。ということを繰り返し行う。なるべく人を変えて50回程度行う。同じ人でやる場合でも時間を空けるようにする。

## 3 結果

41人と計50回行った結果

表1 普通にじゃんけんした場合

グー	パー	チョキ
30%	36%	34%

表2 宣言してからの場合

グー	パー	チョキ
28%	46%	26%



## 4 考察

このようにパーの確率が上がった理由として、相手はグーに勝つためにパーを出すと私が予測しチョキを出すのではないかと踏んでグーをだそうか、いやいやそれすらも私が読んでいるのではないかなどいろいろ考えた末一周回って私がグーを出すのではないかと考える人や直感で決めるタイプであえて私がグーを出すのではないかと考える人が多いのではないかと考えた。宣言してからすぐじゃんけんしたのであまり相手に考える隙を与えなかったことから後者のような人が増えた可能性も考えられる。普通にじゃんけんした時の結果から単純にパーは出しやすい手であることもここまで確率が上がった一つの要因かもしれない。私の感覚では考える隙を与えずじゃんけんしようとしたとき待つ待つとって考える時間を欲しがる人はチョキを出す人が多かった。それは先ほどの思考回路の前者の方がきちんと行われ思考する時間が長くなることにより自分の考えに説得力が生まれあえての発想に頼らなくてもよくなるからではないかと考えられる。また、実験で一番むずかしかったのは相手にじゃんけんのやる気を引き出すことだった。なぜなら相手が勝とうと思わなければ心理戦にはならないからである。一番あいてのじゃんけんに対する真剣度をあげるのはお金などをかけることだがそれだと実験のデータを集めるのが難しくなる。なので上記のような方法で実施したが、相手がじゃんけんの本気でなかった場合こちらがグーを出すといっている以上、必然的にパーを出されるが多くなるためこのようなことも結果に多少なりとも影響を与えている可能性はある。

## 5 おわりに

先にグーを出すと云ったら相手はパーを出す確率が上がるということがわかった。

## 6 参考文献

『じゃんけんの研究』小川嗣夫

# 押して書く線と引いて書く線の筆圧の差の解明

細田恵雅

環境・社会理工学院 社会・人間科学系 社会・人間科学コース

2019年7月21日

## 1 はじめに

左利きは、右利きと異なる方法で字を書いている。日本語は基本的に左から右に向かって線を引く。その際、右利きの人物は腕を引くように書くが、左利きの人物は腕を押すように書く[1]。ところで、文字をしたためる際、力の入り方は大いに見栄えに関係する。日本語において左利きと右利きで、すなわち、線を引いて書く際と押して書く際で、どれほど線を引く際の力に差が出るのだろうか。本研究は、引いて書く線と押して書く線の筆圧の差を明らかにする。

## 2 方法

3人の被験者に、引いて書く線と押して書く線をそれぞれ10cm書くよう依頼し、始点の太さを1としたときの中央と終点の太さをピクセル単位で計測する。これにより、太さを比率として表現することができ、個人間の筆圧の差を緩和しながら筆圧を計測することができる。各々の人物には3回ずつ線を引いてもらう。筆圧の測定には、Apple Inc. の製品である「iPad Pro」ならびに「Apple Pencil 2」、さらにTayasui.com作成のiOSアプリ「Tayasui Memopad 2」を使用する。iPad Proは筆圧センサーが搭載されており、Apple Pencil 2で画面をタッチするとその際の筆圧を読み取ること

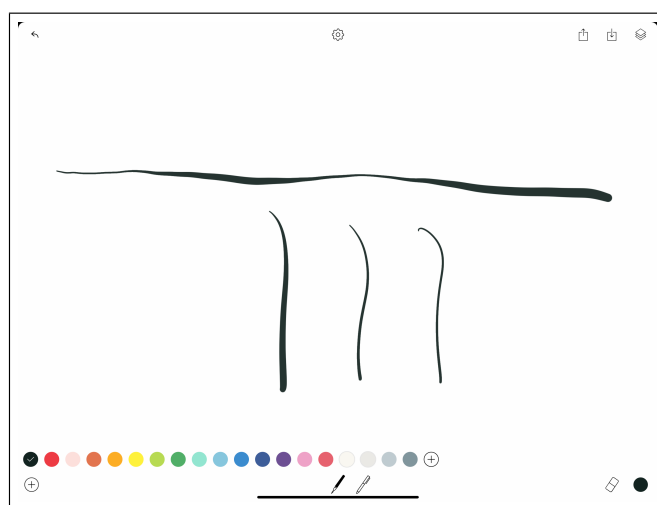


図1 iOSアプリ「Tayasui Memopad 2」。筆圧により、線の太さが変わる。

ができる。また、Tayasui Memopad 2は筆圧によって線の太さが変わるシステムを搭載している。これらを組み合わせることにより、被験者がどれほどの強さで線を引いたのかを記録することができる。また、書かれた線は同サイズの画像として保存することができるため、ピクセル単位での太さの計測が可能である。

## 3 結果

それぞれの太さの比率の平均を記す。

表1の通り、押して書く線は引いて書く線よりも、終点に近づくにつれ太くなる傾向があることが判明した。

表 1 引いて書く線と押して書く線の始点に対する中央と終点の太さの比率の平均

書き方	始点	中央	終点
引いて書く	1	1.2	1.9
押して書く	1	2.3	2.9

## 参考文献

- [1] クリス・マクマナス. 『非対称の起源 偶然か、必然か』. 講談社, 2006.

## 4 考察

引いて線を書く際、ペンが傾いている方向に力を入れる。すると、ペン先と紙面との抵抗が小さくなる。よって、スムーズに線を引くことができる。一方で、押して線を書く際は、ペンが傾いていない方向に力を入れる。すると、ペン先が紙面に引っかかるような角度で線を引くことになり、抵抗が大きくなる。その結果、余計な力を必要とするのだろう。

日本語について考えた際、上述の通り、基本的に線は左から右に向かって書く。このとき、左利きの人物は常に線を押すような形で書いており、結果的に大きな筆圧がかかっている。線を書く際に余計な力が入っていれば、当然引かれる線はいびつなものになる。すなわち、左利きは右利きに対し、字の美しさという点でハンディキャップを有していることがわかる。小学校の成績表に「字の丁寧さ」が掲げられている場合が多いが、これは潜在的に左利きに不利を課している可能性があるだろう。

## 5 おわりに

本論文では、線を押して書く際は、引いて書く際よりも大きな力が入っていることが明らかになった。

# サイコロの目の確率

工学院 柴田悠佑

2019年7月10日

## 1 はじめに

1~6の目が振られた立方体のサイコロのそれぞれの目が出る確率は日常的には等しく $\frac{1}{6}$ とされることが多いが、凹みのあるサイコロで、それぞれの目が出る事象は同様に確からしいといえるのだろうか。

そこで、本当にサイコロの目が出る確率は等しいのかを検証する。

## 2 方法

使用したのはDaisoのサイコロで、素材はアクリル樹脂でできている。立方体のサイコロを1000回ほど振る。出た目を分類し、出た回数とその確率、また理論値からのずれを調べる。

ここでの理論値とは、それぞれの目の確率がすべて等しい、すなわち $\frac{1}{6} = 0.166666\dots$ で、本論では実験の試行回数が1000回ゆえ試行により得られる確率（出た回数/1000）は有効数字三桁になるので、理論値の有効数字もこれに合わせて三桁とし、16.7%とする。

測定方法は、鉛直上方に回転を加えサイコロを投げ上げ、出た目を記録するのを繰り返す。



図1 使用したサイコロ

### 3 結果

結果は以下。

表 1 試行結果

出た目	出た回数	確率	理論値からのずれ
1	158	15.8	-0.9%
2	156	15.6	-1.1%
3	164	16.4	-0.3%
4	169	16.9	+0.2%
5	182	18.2	+1.5%
6	171	17.1	+0.4%

### 4 考察

1,2,3 の目は少なく、4,5,6 の目は多く出た。これは 1,2,3 の目と 4,5,6 の目はそれぞれ固まって隣接しており、穴の数の違い故に重心がずれているのに加え身の割れが少ないため、重い 1,2,3 の目側が下になって落下したからである。とりわけ 5 の目が多く、2 の目が少ないのは向かい合う面の重さの差が他二組と比べて一番大きいからだと考えられる。1 と 6 の組み合わせが一番大きくなかった理由として、例外的に 1 の目の穴は赤く大きく彫られていたため、対面の重量差が大きくならなかったと考えられる。今後の課題として、本論では測定方法上（2 on the preceding page）穴の凹みにかかる空気抵抗の影響の違いを考慮できなかったこと、サイコロの大きさによって全体の体積と穴の分欠損した体積の比が異なるので、それに応じた影響の変化を考慮出来なかった事があった。

### 5 終わりに

全体的にまとまった、理論値に近い値が得られたがその値のばらつき方から、サイコロの身の割れは誤差となりうる事が分かった。無論、値のばらつきは試行回数に依存するが、誤差の原因がサイコロ自体によるものであることから高々有限回の試行では理論値は得られない [1]。したがって、サイコロの目の確率は誤差  $\pm 1 \sim 2\%$  に収まるが、完全な等確率ではない。

### 6 文献

#### 参考文献

[1] 柳瀬 眞一郎. 確率と確率過程. 森北出版株式会社, 2015.

# ペットボトルに入った水と氷の転がる速さ

東京工業大学 工学院 小泉岳生

2019年7月21日

## 1 はじめに

私が本論で取り上げるのは水と氷それぞれを転がしたときにどちらがはやく転がるのかというものである。同じ物質でも水と氷それぞれをペットボトルに入れて転がしたときに転がり方が異なる。具体的には水は常にペットボトルの下側に存在し続けようとするのに対して氷はペットボトルのある側面にくっついたままである。その転がり方の違いが速さの違いと関係があるのかどうかは明らかではないため上記のことを取り上げる。

## 2 方法

「綾鷹」のペットボトルを4本用意し、ある2本のペットボトルに450mlの水を加え、もう2本のペットボトルに250mlの水を加える。そしてそれぞれ片方のペットボトルを冷凍庫に入れ、氷にする。転がす場所として机に木の板を立てかけてそれを坂とする。同じ容量のペットボトル同士で同時に転がし速さの違いがあるかを観察する。さらにストップウォッチである一定距離転がる時間をそれぞれ計測する。木の板が0.87mであるため一定距離を0.87mとし、5回計測する。

## 3 結果

表1 250ml 入ったペットボトル

	1	2	3	4	5	平均
水	0.74s	0.75s	0.71s	0.73s	0.70s	0.726s
氷	0.85s	0.85s	0.85s	0.82s	0.85s	0.844s

表2 450ml 入ったペットボトル

	1	2	3	4	5	平均
水	0.74s	0.71s	0.74s	0.74s	0.74s	0.734s
氷	0.72s	0.75s	0.72s	0.72s	0.73s	0.728s

## 4 考察

上記の結果より、250ml 分の氷が入ったペットボトルが一番転がるのが遅く、他の3種類のペットボトルが転がる時の速さは等しいことが分かった。

結果が妥当であるか、つまり回転エネルギーがあるとき加速度は回転エネルギーがないときに比べて小さいのか、加速度は質量によらないのかということを実験的な状態で考察する。理想的な状態とは、斜面とペットボトルで滑りがなく、ペットボトルを円柱形と仮定する状態である。まず円柱の慣性モーメントを考える。半径を  $a$ 、高さを  $l$ 、質量を  $M$  とすると

$$I = \frac{M}{\pi a^2 l} \iiint_V (x^2 + y^2) dx dy dz \quad (1)$$

$$V = \{(x, y, z) \mid x^2 + y^2 \leq a^2, -\frac{l}{2} \leq z \leq \frac{l}{2}\} \quad (2)$$

であるから、 $x = r \cos \theta, y = r \sin \theta$  とすれば、三乗積分の計算ができ

$$I = \frac{Ma^2}{2} \quad (3)$$

と表すことができる。同様に半円柱の慣性モーメントを求めると

$$I = \frac{Ma^2}{4} \quad (4)$$

である。

[1] を参考にして半円柱の物体、つまり氷が半分入ったペットボトルを転がすことを考える。半径を  $a$ 、質量を  $M$ 、斜面に沿う速度を  $v$ 、斜面の角度を  $\theta$ 、慣性モーメントを  $I$ 、回転の角速度を  $\omega$ 、斜面に沿う距離を  $s$ 、初期の高さを  $H$ 、ある時刻での高さを  $y$  とする。まず束縛条件より

$$a\omega = v \quad (5)$$

$$s \sin \theta = H - y \quad (6)$$

$$v = \frac{ds}{dt} = \frac{-1}{\sin \theta} \frac{dy}{dt} \quad (7)$$

である。次にエネルギー保存則より

$$\frac{1}{2}Mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 + Mgy = MgH \quad (8)$$

である。これを時間  $t$  で微分すると

$$\left(M + \frac{I}{a^2}\right)v \frac{dv}{dt} = -Mg \frac{dy}{dt} \quad (9)$$

これに (7) を代入して整理すると

$$\frac{dv}{dt} = \frac{1}{M + \frac{I}{a^2}} Mg \sin \theta \quad (10)$$

これに前述の半円柱の慣性モーメントを代入すると

$$\frac{dv}{dt} = \frac{4}{5}g \sin \theta \quad (11)$$

対して水が半分入ったペットボトルを転がすとき回転しないと考えるので  $I=0$  で

$$\frac{dv}{dt} = g \sin \theta \quad (12)$$

以上より近似的に考えると氷が半分入ったペットボトル転がる速さは水が半分入ったペットボトルの転がる速さより小さいことが原理的にも妥当であることが分かる。また回転しない物体に関して質量によらないことが (12) から分かる。

$d=0.87\text{m}$ 、水が半分入ったペットボトルの加速度を  $a$ 、 $s=d$  となる時刻を  $t$ 、氷が半分入ったペットボトルに関して  $s=d$  となる時刻を  $T$  とすると

$$d = \frac{1}{2}at^2 \quad (13)$$

$$d = \frac{1}{2}\frac{4}{5}aT^2 \quad (14)$$

両辺それぞれ割って

$$T = \frac{\sqrt{5}}{2}t \quad (15)$$

である。ここで  $\frac{\sqrt{5}}{2} = 1.1180$ 、実測値をもとに考えると  $\frac{T}{t} = 1.1625$  であり誤差が生じている。誤差が生じる原因として考えられるのは、ストップウォッチを利用していることと原理を考えるうえで様々な近似をしていることである。1つ目にストップウォッチを利用していることに関しては人の感覚に頼って計測するので誤差が生じてしまう。2つ目の近似に関しては近似することによって計算は楽になるが正確な物体の振る舞いが分からない。以上のように時間の倍率に誤差が生じている。

## 5 おわりに

以上のように水の入ったペットボトルと氷の入ったペットボトルを転がしたとき、250ml では水のほうがはやく、450ml では水と氷では速さは変わらないということが分かった。

## 参考文献

- [1] 戸田盛和. CLASSICALMECHANICS 力学 新装版. 岩波書店, 2019.

# 手描き円における周回数と真円度の相関関係

理学院 楠野楽到

2019年7月21日

## 1 はじめに

コンパスのように決まった大きさの真円を手で描くのは難しい。しかしペンをぐるぐるしながら円を描くと上手く描けるような気がしないだろうか。本論では円の周回数を増やすことが、真円を手で描くための方法として効果的であるかを検証した。

## 2 方法

紙にコンパスを用いて半径 5cm の円を描く。この円をガイド円と呼ぶことにする。ガイド円の中心を通りその面積を八等分にする四本の直線を引く。この四直線の総称を八方位と呼ぶ。これを図 1 に示した。次にガイド円に習うように円を描くのだが、周回数が  $n$  の時は円を  $n$  周させることとし、この際にペンが紙から離れないように注意する。つまり一筆描きをする。なお、円を描くスピードについては一周あたり約 0.6 秒と一定になるように気を付けた。測定方法を以下に示す。

複数の線による円周の厚みを考慮して外半径  $R$  と内半径  $r$  を測ることにする。 $R$  と  $r$  は、それぞれ八方位上の、円の外側から二番目の線、内側から二番目の線とガイド円の中心との距離である。二番目の線をとる理由はガイド円から大きく外れた線を排除するためである。図 2 に例を示した。 $R$  と  $r$  はそれぞれ八つずつとることができるので、便宜上  $R_k, r_k$  ( $k = 1, 2, \dots, 8$ ) と名付ける。これらはいずれも cm 単位で、測定は 0.05cm を最小単位として行った。



図 1 八方位とガイド円

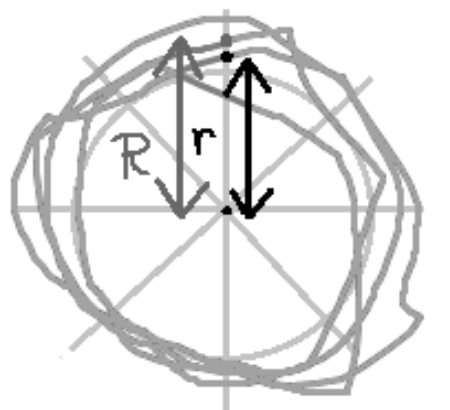


図 2 外半径と内半径の測定例

$R_k, r_k$  の平均値・標準偏差をそれぞれ  $\bar{R}, \bar{r}, S, s$



とする。ここで

$$\bar{R} = \frac{1}{8} \sum_{k=1}^8 R_k \quad (1)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{8} \sum_{k=1}^8 (R_k - \bar{R})^2} \quad (2)$$

であり、 $\bar{r}$ ,  $s$  についても同様である。さらに

$$f = \bar{R} - \bar{r} + S + s \quad (3)$$

と定義する。同じ周回数でこの実験を 3 回行い  $f$  の平均をとり  $\bar{f}$  とする。同様の実験を円の周回数を変えて行う。

一般に真円度は円形形態を二つの同心の幾何学的円で挟んだとき、同心二円の間隔が最小となる場合の二円の半径差で表す（最小領域真円度）[1] が、本論では  $f$  の平均、すなわち  $\bar{f}$  を真円度とし、真円度が小さいほど真円に近いと評価した。

### 3 結果

$n = 1, 5, 10, 20$  の場合について実験した結果、円の周回数を増やしても真円に近づかなかった。実験の結果を表 3 及び図 3 に表した。ただし  $n = 1$  の時は  $f = 2S (= 2s)$  とし、 $\bar{f}$  は小数点第二位を、 $S$  の平均、 $s$  の平均は小数点第四位を四捨五入した値である。

表 1 周回数と真円度の関係

周回数 $n$	$S$ の平均	$s$ の平均	真円度 $\bar{f}$
1	0.321	0.321	0.6
5	0.178	0.182	0.6
10	0.157	0.168	0.8
20	0.251	0.251	1.4

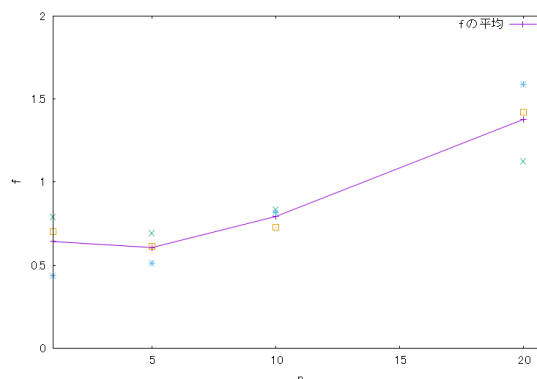


図 3  $n$  と  $\bar{f}$  の関係

### 4 考察

周回数を増やすとより真円からずれる結果となったことには二つの要因が考えられる。ひとつは、大きくずれた円を描く確率を一定とした場合、周回数を増やすと大きくずれる線の数も自然と増えることにある。その分出来上がる円の円周は太くなり、結果として真円度を大きくしたと考えられる。二つ目には腕の疲れが影響していたと考えられる。 $n = 1$  の円は参考ではあるが、少し線の増えた  $n = 5$  では真円度がほとんど変わらなかったことからわかるのは、 $n = 5$  の方がより真円に近いということである。ただし、実験の試行回数の少なさや測定誤差の与える影響は考慮していない。また本論では半径が約 5cm の円を描くことによって真円度を測定したが、半分の大きさの円であれば、単純に縮小すると考えると、一見してわかるような大きな違いはないと考えられる。

### 5 おわりに

円の周回数を増やすことは、真円を手で描くための方法として効果的でない。

### 参考文献

- [1] 大森義幸. はじめての真円度測定. 精密工学会誌, Vol. 82, No. 9, pp. 803–806, 2016.

# 伸びきったバネとフックの法則との関係性

物質理工学院 森 竜星

2019年7月21日

## 1 はじめに

バネは荷重を加えることで伸び、また伸びの度合いと荷重の度合いは正比例する。この事実はロバート・フックによって17世紀に「伸びとともに力あり」と発表され、以降フックの法則として知られていた。一方でバネに過剰な荷重を加えるとバネは変形し、荷重を除いても元の自然長には戻らなくなる。これを弾性限度と呼ぶ。この弾性限度の超過によって変形したバネに弾性限度を超えない範囲で荷重を加えた場合についてはフックの法則においては記述されていない。故に、そのバネにおいてフックの法則が成立しているかどうかを本論で議論する。

## 2 方法

まず伸びきったバネについて検討するにあたり、伸びきったバネを「過度な荷重により自然長が1.5倍以上に伸びたもの」と定義する。バネの材質による値の変動も考慮して材質の異なる2種のバネA、Bを用意する。AはSUS304ステンレス鋼製の自然長60mm、Bはクロメート鋼製の自然長36mmのばねである。その2つのばねを用いて、先に対照実験としてバネを荷重による自然長の変化のない範囲で荷重と伸びの相関関係を調査する。次に2つのバネを引き延ばして同様の実験を行う。今回の実験では荷重として2Lペットボトルに水を入れたものを使用した。どちらのバネにおいても2Lペットボトルのみではバネの長さが変化しなかったためペットボトルの重さは無視できるものとして扱った。水は200mlおきに、1000mlまで計測した。

表1 荷重とバネの伸び

荷重バネ	A	A'	B	B'
200	0	24	8	10
400	13	44	21	25
600	31	64	34	40
800	50	84	46	53
1000	70	103	58	65

## 3 結果

結果は上記の表を参照されたい。A Bのバネを引き延ばさずに実験を行ったものが表のA, Bであり、伸ばして自然長が変化したものを引いて行ったものがA', B'である。引き延ばした後の自然長はAが125mm(もとの自然長の3.5倍)、Bが122mm(2倍)であった。

引き延ばす前の状態ではバネは概ねフックの法則に基づいていることがわかる。また、引き延ばした後も同様にフックの法則に従うようにみられることもわかった。それぞれのバネ定数はAとA'は共に $1.0 \times 10^2 \text{N/m}$ 、Bは $1.7 \times 10^2 \text{N/m}$ 、B'は $1.5 \times 10^2 \text{N/m}$ という結果を得た。

## 4 考察

まずAについてだが、引き延ばす前では閾値が存在するが引き延ばすことでその閾値が無くなったという結果を得た。本論で使用したバネはいずれも引きバネであるため、バネの形成時に本来の延性が失われ閾値が生じる可能性がある。それが引き延ばしによってなくなりこのような結果が出たと考えられる。

次にBについてだが、引き延ばした後において600mlを境にバネの伸びの増加量が大きく変わっている。これが単に計測上の誤差である可能性もあるが、Bが引き延ばしによって自然長が3.5倍になったことを考慮するとBが弾性限度に近い伸びを示していた可能性がある。

以上を鑑みると、バネに過剰な力をかけて変形させると、バネ定数は変化するがバネとしての性質は維持したままで、フックの法則に従う。この理由として、変形を受けることで変化するのは金属元素同士の配列であり、バネの弾性・復元力には影響しないからと推察される。また、バネ定数が変わるのは、金属元素の配列が変化し隣り合う原子の数が変動することで原子間相互作用に影響を及ぼしたためと考えられる。[1].

本論の考察では引き延ばすことによるバネの性質の変化を自然長・バネ定数に絞って考えているが、弾性限度も変化している可能性がある。また、引き延ばしたバネに荷重を加えたときにバネが引き延ばす前の状態での弾性限度を超えているかどうかについてのデータがない。これらが影響している可能性があるため本論の考察は一概に正しいとは言えない。

## 5 おわりに

本論では、伸びきったバネもフックの法則に従うという結論が得られた。

## 参考文献

- [1] 圧縮コイルばねの温間へたりに関する研究委員会. 小型圧縮コイルばねの温間へたりに関する共同研究報告. ばね論文集, Vol. 2018, No. 63, pp. 71–89, 2018.

# シャープペンシルの利用により生じる芯の残存長さ

情報理工学院 齋藤 智和

## 1 はじめに

シャープペンシルを使うとそれ以上利用できない残存する替芯が生じる。これはどのシャープペンシルにおいても生じるが、シャープペンシル毎に芯の残存長さに差があるのかわからない。また、[1]にはシャープペンシルの芯の残存長さの試験の方法が記されているが、この方法は書くという動作を行うものではないため、実際の芯の残存長さを測定するには書くという動作を試験に取り入れた方が適当だと考えられる。本論ではシャープペンシルの構造は製品によって異なることから、各シャープペンシルの芯の残存長さに差が生じるという仮説を立てる。この仮説を書くという動作を通して検証する。

## 2 方法

実験に要する器具は、異なるメーカーの3本の新品のシャープペンシル、0.5mm×60mmのシャープペンシルの替芯、定規である。シャープペンシルは具体的に、三菱鉛筆株式会社製 クルトガ スタンダードモデル 0.5mm、パイロット製 レックスグリップ シャープペンシル、ぺんてる株式会社製 .e-sharp の3点を用いた。以下これらはそれぞれ、クルトガ、レックスグリップ、e-sharp と記す。

まず、1本の替芯を半分程度に折り、その内の1本のシャープペンシルに装填する。この時、シャープペンシルにはこれ以外の替芯を入れていない状態にする。次に、シャープペンシルを十分ノックした後、これ以上替芯が出てこないことを確認して出てきた替芯の先を折る(図1)。替芯はシャープペンシルの先から数mm程先まで残すこととし、シャープペンシル内部の芯まで折らないよう注意する。さらに、そのシャープペンシルで10mm以上の線を連続して引けなくなるまで線を引き続ける。この線が引けなくなった時点での芯の長さを芯の残存長さとし、その長さを定規を用いて0.1mm単位で測定・記録する。これを各シャープペンシルで3回繰り返し、その平均値を求める。

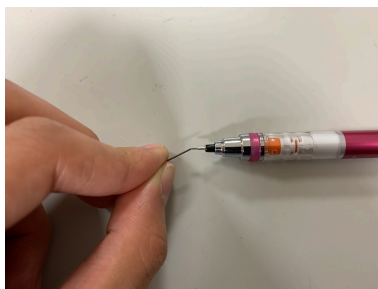


図1 芯先を残した状態で芯を折る様子

### 3 結果

本実験では異なるメーカーのシャープペンシルを3本を用いて実験を行った。それらをシャープペンシルA,B,Cとする。各シャープペンシルの芯の残存長さは次の通りになった。

表1 芯の残存長さ

シャープペンシル	残芯1	残芯2	残芯3	平均
クルトガ	14.4mm	14.3mm	14.3mm	14.3mm
レックスグリップ	10.1mm	10.2mm	10.1mm	10.1mm
e-sharp	19.8mm	19.7mm	19.7mm	19.7mm

### 4 考察

表1からシャープペンシル毎に芯の残存長さには差が生じたこと、また、同じシャープペンシルを使用した場合には芯の残存長さはほとんど変化しないことが読み取れる。シャープペンシルは芯チャックと呼ばれる機構により芯を固定しているため、芯チャックとシャープペンシルの先端との距離より小さい芯は扱えず無駄になると考えられる。故に、この芯チャックとシャープペンシルの先端との距離の差異が芯の残存長さの差の原因であると考ええる。

また、本実験ではシャープペンシルに一度に入れる芯の本数は1本のみとした。しかし、シャープペンシルを一度に数本入れた場合には、芯を使い終わる際には新たな芯が芯チャックに押しえられることによって残芯が押し出されると考えられる。故に、そのような場合では本実験に比べて残芯の長さは短くなると考えられるが、残芯の長さの大小関係が本論のものに一致するかは不明である。

本論で用いたシャープペンシルは3つの異なるメーカーの新品のシャープペンシルであった。資金的問題から3つのシャープペンシルを用いた実験が限界であったが、この本数では同一製品の個体差を考慮できていない点で適当でない。資金に余裕があるならば、同一製品で複数本試験を行う方が良い。

さらに、本論で用いたシャープペンシルは新品であったが、用いるシャープペンシルがすでに十分に利用された後のものである場合、芯の残存長さは本論のものとは一致するかはわからない。経年劣化により芯チャックが疲労した結果、芯の残存長さが増加あるいは減少することは否定できない。

### 5 おわりに

シャープペンシル毎に無駄となる芯の長さに差が生じる。

### 6 参考文献

[1] [日本工業規格 (JIS)]. シャープペンシル.

# ボトルフリップの成功率

19B21216 物質理工学院 富沢 勇斗

2019年7月21日

## 1 はじめに

皆さんは買ったばかりや飲み終わったばかりのペットボトルを机の上で回して立たせて遊んだ経験はないだろうか。実はこの遊びには名前があってボトルフリップといい、第31回高専ロボコンの競技にもなり話題となった。私はその遊びの成功率は水の量によって成功率が違うのではないかと思った。本論は以下に記述した方法で同一の人物が同一のペットボトルを回して机の上に直立させることの成功率は、水の量によって変わるかを検証した。

## 2 方法

1. 500mlのペットボトル(コカ・コーラのアクエリアスのペットボトル)を用意した。ペットボトルの形状による差をなくすために実験を通じてこのペットボトルを使用し続けた。

2. ペットボトルにかかる力を一定にするためにペットボトルを回す実験者は以後同一の人物とした。机の上で空のペットボトルを縦に一回転するように上に向かって回して直立するまで繰り返した。このとき直立するまでにかかった回数を記録した。この一連の作業を三回行った。

3. 2の作業で使用したペットボトルに100mlの水を入れて、2の作業を同様に繰り返した。

4. 3の作業で使用したペットボトルに再び3の作業を4回繰り返した。すなわちペットボトル内に200ml,300ml,400ml,500mlの水が入ったそれぞれの状態のとき2の操作を繰り返した。

5. それぞれの水量のときの直立するまでの回数の平均を求める。この平均の差の大きさによって、同一の人物が同一のペットボトルを回して机の上に

直立させることの成功率は、水の量によって変わるかを検討した。

## 3 結果

実験結果は次の表1のようになった。

表1 実験結果

水量(ml)	1回目(回)	2回目(回)	3回目(回)	平均値(回)
0	63	81	36	60
100	14	26	8	16
200	6	9	2	5.7
300	12	16	5	11
400	6	14	2	7.3
500	9	18	1	9.3

## 4 考察

結果より同一の人物が同一のペットボトルを回して机の上に直立させることの成功率は、水の量によって変わると考えられる。なぜならば、水の量によって成功するまでの回数に差が大きくなるからだ。

まず6をもとにそもそものボトルフリップの仕組みを考えた。ペットボトルを振り上げて手を離すまでは、水は遠心力で底に貼り付いた状態にある。しかし、逆さになる頃から側面をつたってボトルの上部に移動する。さらに回転が進んでボトルが下に落ち始めると、水は無重力状態のようになる。そして着地の瞬間、テーブルに叩き付けられるので、上部にあった水は底に落ち込み、衝撃で瞬時にまた上部に飛散する。これは、ボトルを跳ねさせるエネルギーを分散させたことになる。このとき、重心は下

がっている。次の瞬間、上から水が瞬間的に底に落ちる。そのため、ボトルを押さえ込んだような効果が現れ、着地すると考えられる。

この仕組みから考えると重心が低い位置にあるときかつ重心がぶれづらいときのペットボトルの水量が最もボトルフリップの成功率が高くなると考えられる。おそらく水量の理論値は物理的な計算で導出することができるかもしれないが、筆者の知識不足でそれはかなわなかった。しかし実験結果からも予想できるように 200ml 近辺の値が最適解なのではないかと予想できる。

実験結果では同一の人物が同一のペットボトルを回して机の上に直立させることの成功率は、水の量によって変わった。しかし、この結果は実験者がスポーツと同じく回数を重ねるごとにその試行が反復練習になってボトルフリップの技術が向上した可能性が原因のひとつとして考えられる。実際結果からもどの水量のときも 3 回目の値が最も良いことからわかる通り実験中にその水量での最適な回し方が感覚的に理解することができていた。

また、その水量のときのペットボトルの最も良い回し方をどれだけ早いタイミングで感じ取れたかという実験者自身の適応力によっても結果は左右された可能性も考えられる。現に水量が増えていくにつれて回数の振れ幅が小さくなっていることから、実験者次第の側面があることがうかがえる。

その水量のときのペットボトルの最も良い回し方が明らかに難しいと感じたのは水量が 0ml のときであった。これはペットボトル内に水が入っていないので軽すぎて容易に回転してしまい回転しすぎてしまうことと、弾んで着地しづらいことが原因として考えられる。

また、ペットボトルに水が満杯に入った状態である 500ml のときも回すのがとても難しかった。これも着地の際にペットボトルが弾んでしまうことが原因のひとつであると考えられる。しかし、0ml のときと大きく変わっていたことは水が満杯にはいつているために重すぎて回りづらかったことである。いずれにせよ、同一の物質がボトル内に入っている状態のときは重心が下に下がらないために回しづら

かったと考えられる。これは重心の変化しづらさよりも重要なファクターであることがこの 2 つのときの回しやすさから予想できる。

以上より、ここでいう成功率とはその水量に対する最適なペットボトルの回し方の難易度と考えることができる。

また成功率を上げるためにはの形状についても考える必要があると思う。重心の議論にも当然関連するが、特にペットボトルの底の形状が重要であったと考えられる。なぜならば着地の際に床と面的に接することができるほうが着地しやすいからだ。そのためおそらく底の丸い形状のペットボトルが良いと思われる。

## 5 おわりに

同一の人物が同一のペットボトルを同じくらいの力で回して机の上に直立させることの成功率は、水の量によって変わると言える。

## 6 参考文献

力学 (川村清 著)(裳華房 出版)

公益財団法人日本科学協会ホームページ

# よく飛ぶ紙飛行機の折り方

東京工業大学 工学院 難波 翔

2019年7月21日

## 1 はじめに

どのような紙飛行機の折り方が一番飛ぶだろうか。そんな疑問が小学生の頃から頭の片隅にあった。私は昔から友人と余った裏紙で紙飛行機を飛ばして遊んでいたが、何故かいつも友人の紙飛行機よりも飛ばなかった。何回も遊んでいるうちに、紙飛行機を教室で飛ばす程度では個人の投げ方は変わらない事は分かった。つまり、飛距離に影響があるのは紙の折り方にあるのではないかと考えるようになり、今回の実験で実際に検討することにした。

## 2 方法

テーマは教室で飛ばすという事から簡易的な折り方の紙飛行機で行う。5～8回折りの紙飛行機を飛ばす。それを1種類あたり3回ずつ行い、その飛距離の平均を測定することによってその差を検討する。その際実験場所は自宅の廊下、A4のコピー用紙を用いる。この時、同じ場所から同じフォームで飛ばすという事に注意して実験を行う。今回は実験場所が限られているため、スタート地点で正座し手首のスナップによる力のみで飛ばす。

## 3 実験結果

表1 紙飛行機の飛距離

折った回数	1回目	2回目	3回目	平均値
5回折り	70.1cm	115.2cm	92.0cm	92.4cm
6回折り	183.2cm	141.6cm	182.3cm	169.0cm
7回折り	240.8cm	231.4cm	256.3cm	242.8cm
8回折り	271.6cm	250.4cm	270.6cm	264.2cm



## 4 考察

実験結果から折る回数が増えるにつれて距離が伸びた。これは予想通りだった。ここからわかる事は、折る回数が増えれば空気と接触する面積が減り、それに比例して空気抵抗を受け辛くなる。これによって紙飛行機が徐々に飛距離を伸ばしたと考えられる。実際6回折りの紙飛行機までは飛ばしたときに空気抵抗に負けてまっすぐ飛ばせなかった。

## 5 終わりに

結論は、折る回数を増やして空気抵抗を減らす折り方をすれば良い。

## 6 参考文献

戸田拓夫（2014）「おり紙ヒコーキ大集合 BOOK」株式会社いかだ社

# 合格鉛筆によるコロコロ鉛筆で合格に近づけるか

東京工業大学 物質理工学院 川島凜也

2019年7月21日

## 1 はじめに

私は2018年度センター試験において社会科目において地理Bを選択した。他の科目と違い真面目に勉強していなかったため、私は6回ほどコロコロ鉛筆に頼って答えを出した。結果的に私は6問中2問正解した。このとき私は六角形の鉛筆を使用した。世間には願掛けとして五角形の形をしたいわゆる合格鉛筆というものがある。そこで合格鉛筆は普通の鉛筆(六角形)よりもセンター試験において高得点を取ることができると仮定し、これが正しいかどうかを検証する。

## 2 実験方法

実験では2018年センター国語を使用する。センター国語を用いるのはセンター国語だけは全ての選択肢が5択または6択なので他の科目に比べコロコロ鉛筆が有用なのではないかと考えたからである。また東工大生は国語の得点率が他の大学を志望する人に比べ低い人が多いのでコロコロ鉛筆でどれだけ夢を見れるか知りたかったのも理由の一つである。

1 いわゆる合格鉛筆(五角形の鉛筆)とマーク用鉛筆(六角形の鉛筆)を準備し反時計回りに数字を1から順に書く。

2 センター試験国語2018年度のものでそれぞれの鉛筆において3回コロコロ鉛筆で解き得点を求め平均点を出す。(このとき合格鉛筆は出た面の右側の数字を採用する)転がすのは本番を想定してセンター国語の問題用紙の上とする。また平均点は有効数字3桁とする。

3 2の過程を3セット行いそれぞれのセットごとに出した値から最終的な平均点を求める。ここでも2と同様に有効数字は3桁とする。

## 3 結果

次ページの表1である。(参考)受験者平均:104.68点

表1 実験結果

	合格鉛筆 (点)	マーク用鉛筆 (点)
1セット目	51.3	47
2セット目	34.3	38
3セット目	29	33.7
平均	38.2	41.8

## 4 考察

初めの仮定では合格鉛筆のほうが高得点をとれるとしたが結果ではマーク用鉛筆の方が高得点をとることができた。そこで、まずそれぞれの鉛筆を使ったときの期待値を求めてみる。

合格鉛筆を使ったときの期待値は  $195 \div 5 = 39$  (答えが6の問のみは出ないので0)

マーク用鉛筆を使ったときの期待値は  $200 \div 6 = 33.3$

このように期待値を求めると2018年センター国語においては合格鉛筆もマーク用鉛筆も機体できる点数には大きな差が生まれないことが分かる。実験結果も合格鉛筆とマーク用鉛筆で顕著な差がでることは無かった。

次にそれぞれの鉛筆の出る目が同様に確からしかったのかを検討する。

	1の目	2の目	3の目	4の目	5の目	6の目
合格鉛筆	24%	21%	20%	17%	18%	0%
マーク用鉛筆	10%	24%	27%	18%	13%	8%
解答	11%	17%	33%	19%	17%	3%

(少数第3位以下を四捨五入したため正確な値とは少しずれる)

合格鉛筆は少し1の目に偏っているがだいたい20%付近に落ち着いたのに対し、マーク用鉛筆は激しく2の目と3の目が出やすく偏ってしまっている。今回の解答は上記の通り2の目と3の目を合わせると全体の50%になる。配点の関係で点数自体は99点と完璧に半分にはならないが、この二つの目が出やすいマーク用鉛筆が今回は有利になってしまったのではないかと考えられる。また両方の鉛筆を用いた最高得点は合格鉛筆の64点、最低得点は合格鉛筆の5点であった。最高得点と最低得点の差からも分かるように値の幅が大きくなるためもっと試行回数を増やし精度を上げることも必要だと考えられる。

## 5 終わりに

期待値を求めると2018年センター国語においては、ほんのわずかではあるが合格鉛筆のほうが得点は高くなるとわかった。しかし実際は鉛筆の出目が同様に確からしくないので理論とは異なる結果がでることが分かった。

## 6 参考文献

[1] 朝日新聞大学入試センター試験解答

# 音楽ストリーミングサービスの「シャッフル」再生

環境・社会理工学院 中村璃沙

キーワード：統計学、相関係数、Apple Music、再生回数、デジタルメディア

2019年7月21日

## 1 はじめに

レコード産業は、物理的なメディアであるCDから、ストリーミングサービスなどのデジタルメディアへの移行が急激に見られる。音楽ストリーミングサービスの普及が著しい今日、シャッフル再生はほぼ全てのサービスに付随してくる普遍的な機能である。しかしながら、その「シャッフル」の詳細に着目した研究は行われていない。

音楽ストリーミングサービスにおいて、連続で好みでない楽曲が再生された際には、利用者が不満感情を引きおこし、結果としてサービスから離れにつながる可能性が高い [1]。行動が多く利用者のサービス離れを防ぐ目的で、シャッフル再生が利用者の曲の好み、つまりは過去の再生回数の影響を受けているかを検証することは、音楽サービスの利用者満足度を探る上で重要になると考えられる。また、ストリーミングサービスの Spotify を対象とする実験研究 [2] が多く見られる一方で、類似サービスである Apple Music の検証は比較的少なく、サービスの特徴などは解明されていない。

そこで本論では、ストリーミングサービスの中でも Apple Music を取り上げ、楽曲の過去の再生回数は、シャッフル機能の再生頻度に影響を与えるのかを、相関係数を用いて検証する。

## 2 方法

3,000曲の楽曲が収容された、使用歴5年の Apple Music のアカウントを利用した。Apple Music はパソコンのアプリから、過去の楽曲再生回数を確認することができる。尚、この再生回数は一曲全てを再生した回数とカウントしているものであり、曲の途中でスキップした場合は回数に含まれない。実験実施の2019年7月19日の実験開始直前に、楽曲名とアーティスト名、その曲の過去の再生回数を記録を保存した。

シャッフル再生機能を使い、100曲をプレイリストが自動で作成される。上記のアカウントを使い、一度プレイリストを作成しアプリをシャットダウンするという作業を20回繰り返した。20本の100曲リストを作成し、のべ2,000曲の中で、各楽曲が何回リストに掲載されたかをカウントした。

その後、楽曲の過去の再生回数とシャッフル再生で流れた回数の相関係数を求め、相関具合を検証した。

## 3 結果

実験結果を図1に示す。実験で作成したのべ2,000曲のリストの中には、696曲が掲載されていた ( $n=696$ )。実験の中で再生された楽曲の過去の再生回数の平均は19.786回 ( $sd=47.16$ ,  $max=643$ ,  $min=0$ ) であった。また、実験にお

ける、シャッフル機能使用時の再生回数の平均は 2.446 回 (sd=1.48, max=10, min=1) であった。過去の楽曲再生回数とシャッフル機能での再生頻度からピアソン積率相関係数を求めた結果、 $-0.05355418$  と、強い相関は見られなかった。更に、やや負の相関に近い傾向であることも判明した。

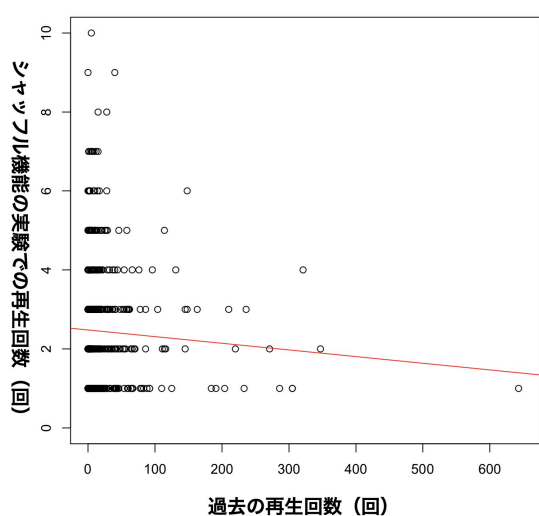


図 1 実験データの散布図  
赤い線は回帰直線。横軸は過去の再生回数を示し、縦軸は実験で作成したのべ 2000 曲のリスト中に何回掲載されたかを示している。

## 4 考察

音楽ストリーミングサービスにおけるシャッフル再生について検証を行った。実験の結果、過去の再生回数は、シャッフル再生機能に影響を与えていないことが明らかになった。

シャッフル再生では過去の再生回数に左右されることがなく音楽を聞くことができるが、同時に、好みでない楽曲が連続で流れると不満感情が高まり、サービスからの離脱を引き起こす危険性も兼ね備える [1]。そこで、Apple Music の場合には、利用者の好みに合わせた「お気に入りプレイリスト」が自動的に作成されるようになってお

り、日々の視聴楽曲に合わせて自動更新されている。また、ユーザー自身がプレイリストを簡単に作成することもできる。このようなサービスを提供することで、利用者のサービス離脱リスクを最小化していると考えられる。

## 5 おわりに

音楽ストリーミングサービスにおけるシャッフル再生について検証を行った。音楽ストリーミングサービスのシャッフル再生は、楽曲の過去の再生回数からの影響は受けていない。

また、本論の結果は数あるデジタル音楽メディアの中でも Apple Music に限定されており、他のサービスでも同様の傾向があるか否かは不明である。更に、実験回数にも限界があり、同様の実験をさらに繰り返し続けた場合、結果が異なるものになることも考えられる。

本論の実験では、シャッフル機能で再生される曲に影響を与える要素として、過去の再生回数のみを扱っており、アーティストやジャンルに着目した実験は実施していない。そのため、文字通りのランダムな「シャッフル」であるかを証明するためには、さらなる研究や実験が必要となるだろう。

## 参考文献

- [1] 帆足啓一郎. 音楽を軸に拓がる情報科学-音楽と情報検索. 情報処理, Vol. 57, No. 6, pp. 523–252, 2016.
- [2] B. Zhang, G. Kreitz, M. Isaksson, J. Ubillos, G. Urdaneta, J. A. Pouwelse, and D. Epema. Understanding user behavior in spotify. In *2013 Proceedings IEEE INFOCOM*, pp. 220–224, April 2013.

# 日本語学習者の読み上げ音声の評価に与える 母語の影響の有無

陸嘉良

環境・社会理工学院 佐藤研究室 (riku@shs.ens.titech)

2019年7月20日

## 1 はじめに

日本語教育における音声指導項目は、単音・拍(特殊拍)・リズム・アクセント・イントネーションなどがある。これらの項目の中で、アクセントはそれぞれの言葉によって決まっており、知識として覚えることが必要とされる。しかし、実際の日本語教育現場において体系的にアクセントを指導することはまだ少ない(大久保・神山・小西・福井, 2013)。発音を指導する場合でも、単音や特殊拍の学習に焦点が当てられ、アクセントやイントネーション教育は見落とされがちである(轟木・山下, 2009)。

近年、外国人の雇用比率が急激に増えてきて、外国人の日本語コミュニケーション能力の向上の需要が高まっている。世界中から日本に来た様々な日本語学習者の存在を考えると、各国の地域性の影響を受けて、日本語のアクセント、イントネーション、単音発音など様々な側面が母語話者の日本語と乖離している。

よって、本研究では、日本語学習者の読み上げ音声の評価に与える母語の影響の有無を調べるために、一元配置分散分析を用いて差を検証する。

## 2 方法

### 2.1 データ

本研究では、留学生による読み上げ日本語音声データベース (Japanese Speech Database Read by Foreign Students) をデータとして使う。JRF データベースは、外国人話者の発音(音素バランス文、難

音文、韻律文、難音単語)に着目した留学生による日本語文・単音データベースである。当データベースは日本語教育専門家による評定ラベリング、母語話者による同一文・単語音声データも含まれている。

留学生の発話者は、中国、韓国、留学生の多い東南アジア、欧米圏出身で、全国の大学・大学院に在学する20代から30代までの留学生を対象とし、母語別に性別のバランスが考慮されて、男性72名、女性69名の計141名の発話データがある。日本語能力のレベルは中級程度から上級まで、できるだけ広い範囲の話者が選定された(峯松・仁科・中川, 2003)。

母語の影響の有無を検証するために、本研究では、留学生による読み上げ日本語音声データベースの中の話者人数が5人を超えている六ヶ国語の音素バランス文を使って分析を行う。データの詳細を表1に示す。

表1 データの詳細

母語	人数	母語	人数
中国語	49	タイ語	6
韓国語	31	ベトナム語	5
フランス語	6	インドネシア語	5

### 2.2 検定

#### 2.2.1 等分散の検定

バートレット検定を行った結果、音素バランス文のラベリングのデータから得られた $p$ 値は有意水準より大きく、帰無仮説が保留され、各群の母分散は

等しくないとはいえない。

### 2.2.2 正規性の検定

シャピロ・ウィルク検定を行った結果、音素バランス文のラベリングのデータから得られた  $p$  値は有意水準より大きく、帰無仮説が保留され、音素バランス文のラベリングのデータは正規分布に従う。

## 3 結果

### 3.1 分散分析の結果

音素バランス文のデータを一元配置分散分析を使って分析した結果を表2に示す。有意水準5%において、 $p < .05$  であるため、帰無仮説は棄却され、六ヶ国語の留学生の評定ラベリングの点数の平均値は全て等しいとはいえない。母語による音素バランス文の評定ラベリングに違いが見られることが分かった。

表2 音素バランス文の分散分析表

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr
A	5	12.21	2.4419	6.247	4.66e-05
Residuals	96	37.53	0.3909		

### 3.2 多重比較の結果

多重比較によって、水準間の比較を行った。多重比較の結果を図1に示す。韓国語 (KOR) と中国語 (CHN)、フランス語 (FRA)、インドネシア語 (IDN)、ベトナム語 (VIT) との間に有意差があることが分かった。六ヶ国の学習者の中で、特に韓国語母語話者の日本語の読み上げ音声は他の国の学習者とは違って、母語に影響されていると推察できる。

## 4 考察

多重比較の結果、韓国語母語話者のデータは他の声調言語の学習者との間に母平均の差がある。日本語では語内の音の高低の位置的な違いによって語の意味が区別されている。声調言語の学習者たちが母語の使用で、声調に関する豊富な経験を持っていることので、日本語の韻律・アクセント・インドネシアの習得に有利かもしれない。一方、韓国語は非声調言語である。中国語、タイ語、ベトナム語のよう

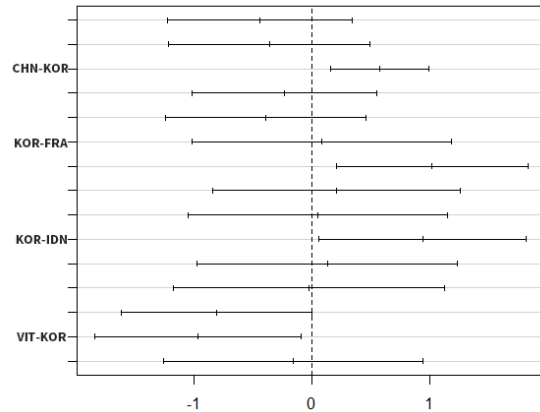


図1 音素バランス文におけるテューキー HSD の結果

な中国語の声調のように、音節内で音の高さが変化するようなことがない。すなわち、標準日本語と韓国語との間に語彙ピッチの違いがあり、そのため、韓国語日本語学習者が日本語のアクセントパターンおよび位置を知覚することが他の声調言語の日本語学習者より難しいことが推察できる。

## 5 おわりに

本稿では、中国語・フランス語・韓国語・インドネシア語・タイ語・ベトナム語を母語とする日本語中上級学習者のデータを対象に、読み上げ音声の評価に与える母語の影響の有無を統計的手法で検証してきた。留学生の日本語の話しことばの自然さは母語に影響されている。

## 参考文献

- 峯松信明・仁科喜久子・中川聖一 (2003) 「外国語学習用読み上げ音声データベース」、『日本音響学会誌』, 第59巻, 第6号, pp. 345-350.
- 大久保雅子・神山由紀子・小西玲子・福井貴代美 (2013) 「アクセント習得を促すシャドーイング実践: 効果的な実践方法を目指して」、『早稲田日本語教育実践研究』, 第1号, pp. 37-47.
- 轟木靖子・山下直子 (2009) 「日本語学習者に対する音声教育についての考え方」、『香川大学教育実践総合研究』, 第18巻, pp. 45-51.

# 重心が真ん中のペンの存在

学籍番号 19B21446 物質理工学院 馬場諒弥

2019年7月8日

## 1 はじめに

近年、様々なもので多機能化が進み、筆記用具もその例外ではない。そして筆記用具の使用性は、持ち方のほか、グリップやペン先の形状など、様々な要因が絡んでいる [1]。もちろん、ペンの重心の位置も関係してくる。本論では、自分の筆箱の中にある筆記用具のうち、重心が真ん中のペンがあるかどうかを討論する。ペンを指に乗せて場所を少し調整すればペンの重心は大体予想はつくが、正確な重心の位置はその方法ではわからない。また、低重心のペンは重心が高いペンと比べてペンを支えるために余計な力をかける必要がなく書きやすいので、重心が真ん中のペンは多くないと思われる。そこで、重心が真ん中のペンがあるかどうかを調べる。

## 2 実験方法

使うペンの種類は、Tect2way (シャープペンシル)、JETSTREAM (ボールペン)、Tombow なまえ専科 (油性マーカー)、SARASA (ボールペン)、ENERGIZE (シャープペンシル)、Hi-uni (鉛筆) の 6 種類である。



[1] 実験器具



[2] ペンが動かない様子

上図のようにペンとペンを支える器具 (この場合は単 4 乾電池) を使う。単 4 乾電池が動かないように電池を転がして調整したあと、ペンを動かしてペンの重心を探す。ペンが机と平行になり動かなくなったら、ペンの上から定規を当て、0.1mm 単位で重心の位置を測定する。なお、Tombow なまえ専科はペン先が太い方向を、それ以外はペン先でない方向の先端を定規の 0cm としてそこから重心までの距離を測定し、重心までの距離とペンの全長の割合を計算する。そして重心の誤差が 1.00 % の範囲に入っていれば真ん中に重心があると見なす。なお、シャープペンシルの芯は外した状態で、ボールペンのインクは入ったままで測定を行う。



### 3 実験結果

実験結果は下表のようになった。下表より、ENERGIZE は誤差 1.00 % の範囲に入っているので、真ん中に重心があるペンと言える。

表 1 実験結果

ペンの種類	ペンの全長	先端から重心の距離	重心までの距離とペンの全長の割合
Tect2way	14.91cm	8.03cm	53.86 %
JETSTREAM	13.90cm	7.16cm	51.51 %
Tombow なまえ専科	14.13cm	6.56cm	46.43 %
SARASA	14.13cm	6.72cm	47.56 %
ENERGIZE	14.69cm	7.40cm	50.37 %
Hi-uni	17.24cm	8.00cm	46.40 %

### 4 考察

JETSTREAM や SARASA のボールペンの構造は、先についているキャップ、ボールペンの本体、ボールペンのインクが入っている軸、バネである。インクが入っている軸のところに少し出っ張っている部分があるが、これはペンの使用中バネを支えるためのものであり、低重心にするためではないと思われる。キャップもプラスチック製であることが多く、その結果低重心になりにくい。

Tect2way や ENERGIZE のノック式シャープペンシルは、ボールペンのバネの代わりにシャープペンシルをノックする（ペンの後ろを押してシャープペンシルの芯を出す）ための部品がペン先に集まっており、それらの部品は金属製のものも多い [2]。Tect2way では、シャープペンシルの中におもりが入っており、それにより重心の位置をペン先よりにできるが、ENERGIZE にはそのようなものは入っていない。これにより、ENERGIZE の方が高重心となり、ペンの重心が真ん中に近づく。重心が真ん中のペンが存在した理由は ENERGIZE の構造にあるといえる。

Tombow なまえ専科は、インクが入っている綿にペン先が両側から出ている構造である。したがって、

Hi-uni は、何も削っていない状態のときは鉛筆の質量分布は一樣であるので重心は真ん中になる。今回は片側を削った状態で実験を行ったため、重心に偏りが出た。

### 5 おわりに

重心が真ん中のペンは存在した。

### 参考文献

- [1] 鈴木剛, 上野義雪著「使用性を考慮したボールペンの機能条件に関する研究」  
[https://doi.org/10.5100/jje.43.2Supplement\\\_156](https://doi.org/10.5100/jje.43.2Supplement\_156)
- [2] 精密工学会誌 81 巻 1 号「未来を描くシャープペンシル」  
<https://doi.org/10.2493/jjspe.81.34>

# センター試験における鉛筆転がしの有用性

大友 将樹  
工学院

2019年7月21日

## 1 はじめに

入試において、鉛筆転がしで合格点が取れたら勉強をしなくて済んで楽であると誰しもが一度は考えたことがあるだろう。そこで、「センター試験における東工大の足切りを鉛筆転がしで突破できるかどうか」を知るために、乱数を用いて検証する。

## 2 方法

まず、センター試験の問題と正解と配点を用意(今回は平成30年度版を用意)し、各設問ごとに選択肢の数を調べてその選択肢の数の分の乱数をエクセルで発生させる。そして、発生させた乱数が正解の番号と一致していればその設問分の点数を与え、値が異なっていれば0点とし、それを全教科分の点数を集計し合計点数を出す。(数学に関しては全て4択問題であると仮定する。)この手順を平成30年度のセンター試験の受験者数である554,212回行い、600点が出た回数と最高点を調べる。以上の実験を3回繰り返す。

## 3 結果

結果は以下の表1の通りとなった

表1 実験結果

実験回数	600点が出た回数	最高点
1回目	0	351
2回目	0	340
3回目	0	349

## 4 考察

600点を超える確率を計算する場合において、センター試験の場合は設問ごとの選択肢の数が異なる。その確率分布は[1]によると複合二項分布であり、実務では複合二項分布の具体的な計算方法が知られていないので、確率を計算するのが非常に困難である。そこで単純化するために、選択肢の数を、配点を考慮した加重平

均で,

$$\frac{(\text{選択肢の数}) \times (\text{配点})}{(\text{満点}) = 950} \quad (1)$$

と計算した結果である 5.44 とし, 1 問あたりの配点を, 満点である 950 を問題数の 256 で割った  $\frac{950}{256}$  点と均一化する。すると, センター試験の全設問を解くという作業は, [1] によると成功率が  $\frac{1}{5.44}$  のベルヌーイ試行を 256 回行った考えることができる。600 点を取るためにはベルヌーイ試行の成功数が  $256 \times \frac{600}{950} = 161.68$  回以上, つまり 162 回以上であれば良いと言えるので, その確率は二項分布の 162 回以上の上側確率となる。それは,

$$\sum_{k=162}^{256} {}_{256}C_k \frac{1}{5.44}^k \left(1 - \frac{1}{5.44}\right)^{256-k} = 2.56 \times 10^{-56} \quad (2)$$

であるので, 限りなく 0 に近いことがわかる, つまり, 今回の結果は妥当であると言えるだろう。

また, 今回の最高点である 351 点を取る確率は上記と同様に考えると, ベルヌーイ試行が  $256 \times \frac{351}{950} \doteq 94$  回成功すれば良いので,

$$\sum_{k=84}^{256} {}_{256}C_k \frac{1}{5.44}^k \left(1 - \frac{1}{5.44}\right)^{256-k} = 2.40 \times 10^{-8} \quad (3)$$

となり, 2 億 4 千万回に 1 回出る計算となる。

## 5 おわりに

センター試験における東工大の足切りを鉛筆転がしで突破することは不可能に近いということがわかった。

## 参考文献

- [1] 大竹洋平. 多肢選択問題に当て推量で解答した場合の正答確率分布についての理論的基礎. 江戸川大学紀要, Vol. 29, , mar 2019.

# きょうだい構成と恋人のできやすさの因果関係

山脇啓矢

東京工業大学 工学院

## 1 はじめに

恋人とは、一般的に相思相愛の間柄を言い、交際相手とは生活する上で深くかかわってくる。そういった人間関係の築き方は、生きていく中で最も深くかかわる家族という環境に影響を受けている可能性が高い。きょうだい構成による性格の違いに関する研究 [1] できょうだいの存在により性格特性をまとめられていることから、きょうだいの影響がより高い可能性があり、本論では家族の中でも特にきょうだい構成に着眼してみる。そして、きょうだい構成が恋人のできやすさに影響を与えるという仮説が正しいかどうかを検討する。

## 2 方法

任意のきょうだい構成が恋人のできやすさに影響を与えるかどうかを明らかにするために、大学生の友人に以下三つの質問をし、それぞれの交際人数の差を検討する。

### 2.1 性別はどちらであるか

### 2.2 兄、弟、姉、妹どのきょうだいがいるか

### 2.3 現在を含め、何人と交際をしたことがあるか

これらのデータの交際人数を 0 人、1 人、2 人以上に分類する。そして兄がいる場合「兄」と表すことにし、他も同様である。また、兄が二人以上いる場合、単に「兄」とし、兄と姉がいる場合、それぞれ「兄」、「姉」としてそれぞれ換算する。きょうだいがいない場合も「いない」として実験対象内とする。

但し、質問方法は匿名で答えられるよう "Google フォーム" を用いて行う。

## 3 結果

結果は以下の通りである。男性で兄、姉のいる人の交際人数が二人以上の確立が特に高くなった。それに対し、女性は何のきょうだい構成でもそれぞれの割合に差があまりないものとなった。

表1 男性 (計 109 人/延べ 126 人)

交際人数	兄	弟	姉	妹	いない
0 人	3(14%)	11(35%)	4(15%)	16(46%)	5(38%)
1 人	5(24%)	9(29%)	5(19%)	7(20%)	3(23%)
2 人以上	13(62%)	11(35%)	17(65%)	12(34%)	5(38%)
計	21(100%)	31(100%)	26(100%)	35(100%)	13(100%)

表2 女性 (計 53 人/延べ 66 人)

交際人数	兄	弟	姉	妹	いない
0 人	3(21%)	5(33%)	4(25%)	4(29%)	3(43%)
1 人	5(36%)	5(33%)	4(25%)	3(21%)	1(14%)
2 人以上	6(43%)	5(33%)	8(50%)	7(50%)	3(43%)
計	14(100%)	15(100%)	16(100%)	14(100%)	13(100%)

## 4 考察

実験結果は仮説通りのものとなった。兄、姉がいる男性の交際人数の割合が比較的高かったことから、きょうだい構成が恋人のできやすさに影響を与えられられる。しかし、それ以外のものはあまり差がみられなかったため必ずしも全てのきょうだい構成の組み合わせが影響しているわけではないようである。

ところで、これらの割合がバラついた要因についてだが、きょうだいのいない女性に関しては、そもそも女性自体のデータが少なく、偶然の可能性が高く、影響があるとは決めつけ難い。また姉がいる男性については、他のきょうだいに比べ仲が深まりやすく、小さい頃から姉という異性との関わりがあるからではないだろうか。そして年上との関わりで人に甘えることが他に比べ得意になりやすいのも要因の一つだと推測できる。

## 5 おわりに

本論ではきょうだい構成が恋人のできやすさに影響を与えるかどうかを検討することが目的であった。実験結果から見て取れるように、ある特定のきょうだい構成がより多くの恋人がいたことがあり、逆に恋人ができたことが少ないきょうだい構成もあったことから、きょうだい構成は恋人のできやすさに影響を与える場合があることが分かった。

## 参考文献

[1] 未来玉中. きょうだい構成による性格の違いに関する研究. 保育研究, No. 42, pp. 29–36, mar 2014.

# コイントスの確率の偏り

理学院 高田 真

2019年7月21日

## 1 はじめに

コインは表、裏の出る確率がそれぞれ  $1/2$  であると仮定することが多い。日本の大学入試の問題などでも、表と裏の出る確率が等しいコインがよく登場する。これはコインの表と裏が区別できないという仮定の下で導き出されることだが、実際のコインは文字が絵柄が彫られていて、これは厳密な仮定ではない。ゆえに、コインの種類によっては表と裏の違いが確率に大きな影響を与え、確率が偏ることもあるのではないかと考えられる。そこで、コイントスで表と裏の出る確率がそれぞれ  $1/2$  であると認めてよいか検証を試みた。

## 2 方法

1円玉、5円玉、10円玉、50円玉、100円玉、500円玉の6種類のコインをを用意しこれらを机の上でそれぞれ500回投げて表と裏の出た回数を記録した。このとき、絵柄のある方を表とした。また、コインが劣化し変形している可能性を考慮し、平成25年以降の硬貨のみを使用した。回数を記録した後、それぞれの硬貨のデータに対し、確率に偏りが無いとする仮説の検定を行った。[2] 具体的には、それぞれの硬貨についての実験結果を出現率が  $1/2$  である無限母集団から無作為に抽出した標本だと仮定して、無作為標本が実験結果以上に大きく偏る確率  $P$  を計算し、危険率  $0.05$  と比較した。もし  $P$  の値が  $0.05$  より小さかったなら、確率に偏りが無いとする仮説は棄却され、確率に偏りがあると認めることになる。

## 3 結果

実験結果から、それぞれの硬貨について表と裏の出た回数を記録し、確率  $P$  を計算したのが次の表1である。

表1 コイン毎の表裏の出た回数と確率  $P$

種類	表 (回)	裏 (回)	$P$
1円玉	242	258	0.4716
5円玉	253	247	0.7872
10円玉	252	248	0.8572
50円玉	246	254	0.7188
100円玉	251	249	0.9282
500円玉	261	239	0.3270

どの種類のコインについても確率  $P$  は危険率  $0.05$  より大きな値になった。よって、実験結果からはコイントスで表と裏の出る確率がそれぞれ  $1/2$  であると一応認めてよいという結論が得られた。なぜ一応かというと、仮説を否定できないという消極的な意味で仮説を採るからである。

## 4 考察

実験結果から分かるのは、コインの表裏の出る確率はほとんど等しいということだけである。それは、確率の差がとても小さいとき、その違いを測ることがとても困難だからである。よって、実験結果から、コイントスの確率には偏りが全く無いとするのは誤りということになる。確率に大きな違いが出ない原因として、コイントスでは硬貨の回転速度が速く、コインの表裏の微妙な違いが反映されなかったことが考えられる。コインの回転軸が地平線に水

平だとする。このとき、回転軸を含み、地平線に垂直な平面についてコインが対称的であるとは限らないが、平均を考えるとこの非対称性は無視してよい。重力場は回転軸について対称であるが、コインの表と裏の微妙な違いからの力のモーメントは0ではない。このことによって角運動量は変化し、表が下を向いている時間と上を向いている時間の比は1:1でないはずである。しかし、投げるときに与えた回転の速度は速いと、その比は1に近くなってしまい変化が表れにくくなる。コインの回転速度を遅くすると確率が偏る可能性が高くなるのではないかと考える。コインの表と裏の出る確率に差が生じにくくなったもう一つの可能性として、無意識に確率が等しくなるように補正するよう投げてしまったというのがある。[1]13人の被験者にコインの「表」が出るよう意識しながら、計300回コインを投げてもらったところ、13人とも「表」が出た回数が「裏」の回数を上回り、うち7人では、「表」の回数が「大幅に」上回り、うち1人は「表」の確率が68%に達したという研究結果がある。実験中は常に結果が見えるようになっていたので、結果を調整してしまい確率が偏らなかったということが考えられる。

## 5 おわりに

本実験で用いた種類のコインについては表と裏の出る確率に有意な差は見られず、コイントスで表と裏の出る確率がそれぞれ1/2であると認めてよいという結論が得られた。しかし、実験の条件次第で確率が偏る可能性もある。

## 参考文献

- [1] Matthew PA Clark and Brian D Westerberg. How random is the toss of a coin? *Cmaj*, Vol. 181, No. 12, pp. E306–E308, 2009.
- [2] 林周二. 統計学講義, 丸善株式会社. 1973.

# 大岡山キャンパスにおける喫煙スペースの設計

東京工業大学 環境・社会理工学院 重城 むつき

2019年7月21日

## 1 はじめに

大岡山キャンパスの特徴は、空間のゆとりにある。大岡山駅-緑が丘駅-石川台駅の三駅に囲まれるように広がる敷地内には、車両の運用が可能なだけの動線が張り巡らされ、建物の高さ・高さにかかわらず歩行者の視線は開放されている。本館前のプロムナードと芝生のスロープは印象的な「広場」空間をつくり、そこでは学生と地域住民が同じように過ごす姿を確認することができる。

このような建物の外部空間の重視の一方で、敷地内の喫煙スペースの所在はすべて屋外である。火気使用設備器具の使用が許可された所定の実験室・研究室を除いて建物内は火気厳禁が原則とされる大岡山キャンパスにおいて、屋外喫煙所が設置されてきたのは安全管理の観点からは妥当といえる。しかし、構内の空間設計の観点からみれば、建物外部の空間の活用を損なうものであり、喫煙スペースの屋外設置は両義的である。

大学策定の「東京工業大学キャンパス・マスタープラン 2016」(以降、CMP2016)によれば、キャンパスのユニバーサルデザイン化、広場空間・コモンスペースの充実を含む将来的な建物・空間整備計画が公表されているが、その中に喫煙スペースの設計に関して明記する具体的項目はない。本稿は、このCMP2016の計画内で、大岡山キャンパスにおいて喫煙スペースが確保される場合、屋外喫煙所を維持すべきか、あるいは屋内喫煙室に移行すべきかを明らかにするものである。電子タバコと紙巻きたばこの普及率の差を調査することで、喫煙スペースの屋外設置の問題を検討する。

## 2 方法

大岡山キャンパスにて、既定の屋外喫煙所で参与観察を実施し、学内構成員(学生および職員)の電子タバコ/紙巻きたばこの普及率の差を調査する。現在、敷地構内に13の屋外喫煙所が指定されている。このうち、筆者の所属する西9号館から近く、また2つの灰皿とベンチを有する比較的大型の喫煙所として、西8号館東側外部の喫煙所を対象地とした。参与観察の実施は平日(月~金曜日)、授業間の休み時間にあたる任意の時間とし、2019年7月8日~19日の期間に8日間で8回の調査を実施した。調査先が屋外喫煙所であることを考慮し、雨天時の実施は行わなかった。

## 3 結果

8回の調査を通して、電子タバコ利用者が計22人、紙巻きたばこ利用者は計35人観測された。以下に個別の調査結果を示す(表1)。

表1 西8号館東側外部喫煙所における喫煙者調査

実施時間	電子タバコ利用者数	紙巻きたばこ利用者数
07/08 14:55-15:05	2	6
07/09 15:02-15:20	2	5
07/10 14:57-15:20	5	9
07/11 12:40-12:50	1	3
07/15 15:01-15:10	3	5
07/17 16:47-17:00	4	3
07/18 12:56-13:05	2	2
07/19 16:40-16:55	3	2



## 4 考察

参与観察による調査は、紙巻きたばこの普及率は電子タバコの約 1.5 倍という結果になった。加熱式の電子タバコに対し、紙巻きたばこは着火の際にマッチやライターを使用とすることから、火気厳禁の建物内で紙巻きたばこ利用者が喫煙を行うことが危険である以上、従来通り喫煙スペースを屋外に用意する必要があると承知される。

また、2018 年 7 月に、受動喫煙の防止を図る目的で「改正健康増進法」（健康増進法の一部を改正する法律）が成立し、2020 年 4 月までの段階的な施行が始まったことで、大学を含む学校や病院、行政機関の庁舎といった公共施設では前倒しの 2019 年 7 月から敷地内禁煙化が進められることとなった。健康増進法の改正によって、昨今の喫煙スペースの縮小・撤廃の風向きを受けた大学の取り組みは後押しされるかたちとなる [1]。キャンパス内を全面禁煙にするかどうかについては現状大学によって対応が分かれるものの、敷地内でも屋外については、人が通らない場所に喫煙所を設ける・喫煙所の表示をするなどの分煙対策に応じて例外的に喫煙を認めるという厚生労働省の指針は、喫煙スペースは総じて屋外に設計すべきものとみなすものである。

これに対し、東京工業大学が定める受動喫煙防止対策には、喫煙スペースの屋内への設計に関して注目に値する項目が存在する。屋外の指定喫煙所以外での喫煙を禁じ、各研究室等の居室を含めた建物内禁煙を 2010 年に決定した際、部局長（建物理者等）の許可・管理の元、排煙設備等設置した専用の喫煙室であれば例外的に建物内喫煙を認めているのである。

実際、厚生労働省による喫煙所を屋外の人が通らない場所に設けるという分煙対策は、東京工業大学が示すキャンパスの空間設計計画とは必ずしも合致しない。むしろ CMP2016 にみる建物外部の空間への方針は、本学構成員および地域住民の交通を前提として構内の空間の充実と活性化を図るものであり、より CMP2016 に適したデザインで喫煙スペースを設計するとすれば、それは屋内の喫煙室にな

る。そこで、前述の例外措置を参照し、喫煙者の 4 割弱を占める電子タバコ利用者に対し屋内喫煙室を案内することで、屋外の喫煙スペースは維持しつつ縮小し、CMP2016 の実現を進めることができると考えられる。

## 5 おわりに

調査の結果、大岡山キャンパス内で普及率の高い喫煙形態は、紙巻きたばこであり、このことから屋外設置の喫煙スペースは維持すべきである。一方で、CMP2016 の計画内で喫煙スペースを確保する場合には屋外喫煙所よりも屋内喫煙室が望ましいことから、電子タバコ利用者を対象に屋内にも喫煙スペースを設計することができる。したがって、本稿では、大岡山キャンパスは電子タバコ利用者に向けた屋内の喫煙スペースを併設し、屋外には規模を縮小した喫煙スペースを確保すべきであると結論する。

## 参考文献

- [1] 良一井奈波, 美穂小倉. 国立大学法人の禁煙対策に係る取り組み状況調査. 日本職業・災害医学会会誌 = Japanese journal of occupational medicine and traumatology, Vol. 66, No. 1, pp. 28-32, jan 2018.