

よく回る硬貨の順番は？

大阪教育大学附属池田小学校 6年

嶋睦弥

1. 研究の動機

キップを買う時、落としてしまったお金が回ったり転がったりしているのを見て、種類が違くと回り方も違うはずだと思ったので、どの種類が一番回るのか実験して調べることにしました。

2. 予想

重いと安定して一定の位置で回りやすそうなので、重そうな順でよく回り、5円と50円では穴の小さい50円の方が安定して回りやすくなると思います。だから、500円、100円、10円、50円、5円、1円の順番でよく回ると予想します。

3. 実験の条件

家のリビングの床で実験しました。

硬貨を何かで支えると正しい結果がでないと思ったので、指でそっと立てるようにしました。

測定時間は、硬貨に棒が当たった瞬間から垂直に立って回っている（真上から見た時に中心に見える点が見えなくなるまで）時間をストップウォッチで測定しました。

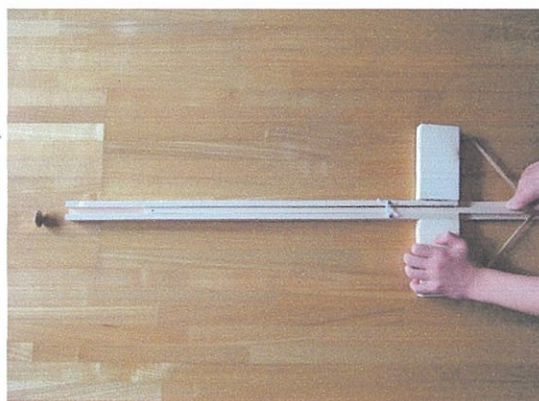
4. 実験道具／実験方法／実験結果

手ではじいて硬貨を回すと毎回同じ力で回すことができないから、実験道具を作りました。実験は簡単だけど、できるだけ正確に測ることのできる実験道具になるように悪い点を直しながら、合計3台作りました。

4-1. 1号機

<実験道具>

1号機は弓を参考に下のようなものを作りました。



硬貨があまり
回らなかった1号機

<実験方法>

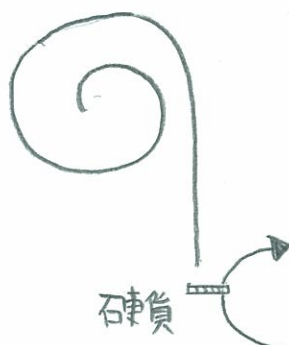
<実験方法>

写真のように棒を引くと輪ゴムが引っぱられて、離すと棒が押し出されて硬貨に当たります。棒は途中のひもにくぎが引っかかって止まるようになっています。

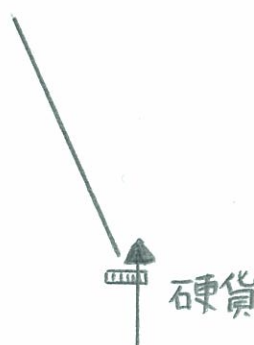
<実験結果>

指で硬貨をはじいた時は、下の図のように回転するけれど、1号機ではほぼななめに真っ直ぐ進んだところで回転して、あまり回りませんでした。

指ではじいた時の硬貨の進み方



1号機の硬貨の進み方



<考察>

指ではじくような動きではなくて、真っ直ぐに押し出す動きだったので、うまくいかなかったのだと思います。また、指ではじく動きの半径が長いほど真っ直ぐに押し出す動きに近くなると思うので、その違いも調べてみたいです。

4-2. 2号機

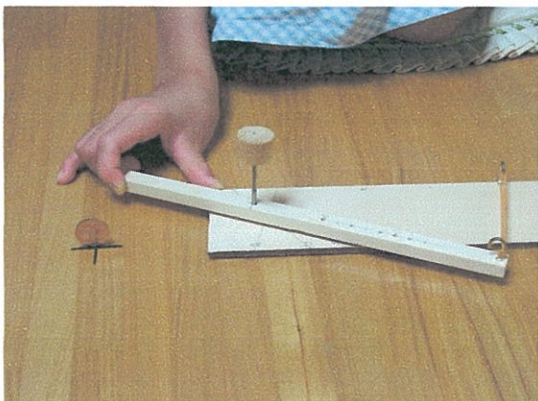
<実験道具>

1号機の失敗を生かして、指ではじく動きができるようにします。

1号機の失敗の原因を確かめるために、はじく棒の長さを変えます。



2号機では、実際に指で硬貨をはじく動きを参考に、下のようなものを作りました。板の下からくぎを出して、そこに棒を差し込みました。棒の片側には輪ゴムを付けて、輪ゴムが元に戻る力を利用して棒を回転させて、立てた硬貨に当てました。この方法だと指で硬貨をはじいた場合と同じような進み方をして、回転時間も長くなりました。



硬貨がよく回った2号機

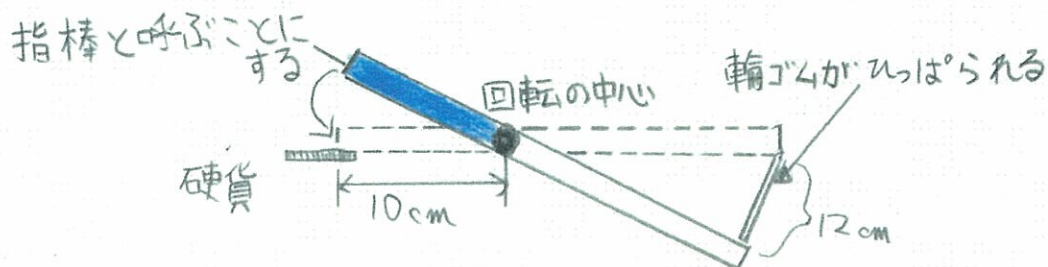
「実験のための実験」に使った

実験の目的：

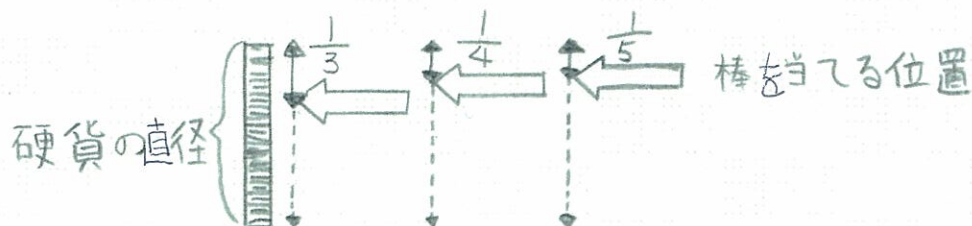
- ① 硬貨のどの位置をはじくか
- ② どの強さではじくか (=輪ゴムの引っぱる長さを変える)
を決めるために実験をすることにしました (「実験のための実験」)。

<実験方法>

- ① はじく指のまねをして、下の図の青い部分を指棒 (回転の中心から硬貨を当てる棒の端まで) と呼ぶようにします。指棒の長さを 10cm、輪ゴムの長さを 12cm になるように、棒を回しました。



- ② 硬貨に当てる棒の位置を、硬貨の直径の $1/3$ ・ $1/4$ ・ $1/5$ のところに変えました。この実験で硬貨に当てる棒の位置によって、硬貨が回る時間に違いがあるかどうかを調べます。



- ③ ②の結果、一番よく回った位置に棒が当たるようにして、輪ゴムを引っぱる長さを 10cm・14cm に変えて、同じように実験しました。
①とこの実験で輪ゴムを引っぱる長さ(はじく強さ)によって、硬貨が回る時間に違いがあるかどうかを調べます。
- ④ 回転の中心を変えて、指棒の長さ(回転の中心から硬貨を当てる棒の端までの長さ)を 10cm・15cm・20cm に変えました。
この実験で指棒の長さによって、硬貨が回る時間に違いがあるかどうかを調べます。

<実験結果（「実験のための実験」）>

- ①② 輪ゴムを引っぱる長さが 12cm で、硬貨に当てる棒の位置が直径の $1/3 \cdot 1/4 \cdot 1/5$ の中では、直径の $1/5$ が一番長く回りました（青線の囲み）。
- ③ 輪ゴムを引っぱる長さは 10cm・12cm・14cm の中では、14cm が一番長く回りました（赤線の囲み）。

コインの種類	1円					5円					10円				
	12cm		10cm	14cm		12cm		10cm	14cm		12cm		10cm	14cm	
棒の当てる位置	1/3	1/4	1/5	1/5	1/5	1/3	1/4	1/5	1/5	1/5	1/3	1/4	1/5	1/5	1/5
1回目	6.06	6.81	5.34	6.78	5.90	7.56	8.18	8.35	10.53	9.28	4.85	8.34	10.06	7.75	10.56
2回目	6.60	6.31	6.25	5.03	5.57	8.72	8.28	10.75	6.47	11.44	4.65	8.18	9.69	7.40	9.75
3回目	6.06	5.31	5.75	5.69	6.47	8.78	9.24	8.41	7.67	9.34	8.00	8.85	7.35	9.41	7.44
4回目	3.87	5.00	6.37	4.41	6.50	8.07	5.78	7.94	8.06	8.16	5.85	7.74	7.84	7.87	9.92
5回目	6.07	5.28	6.75	4.76	6.54	7.41	8.69	9.54	7.38	8.62	5.62	9.04	8.97	6.96	10.53
平均	5.73	5.74	6.09	5.33	6.20	8.11	8.03	9.00	8.02	9.37	5.79	8.43	8.78	7.88	9.64

コインの種類	50円					100円					500円				
	12cm		10cm	14cm		12cm		10cm	14cm		12cm		10cm	14cm	
棒の当てる位置	1/3	1/4	1/5	1/5	1/5	1/3	1/4	1/5	1/5	1/5	1/3	1/4	1/5	1/5	1/5
1回目	5.94	7.62	8.97	6.53	7.68	8.00	6.34	8.88	6.62	9.00	4.69	5.06	10.00	6.50	8.53
2回目	4.94	6.68	9.53	6.50	8.72	6.06	5.31	6.66	7.16	9.25	5.03	5.59	8.34	6.69	8.63
3回目	4.69	8.69	8.03	5.88	8.78	7.44	6.16	7.18	6.28	8.29	6.97	6.91	9.13	7.79	9.56
4回目	4.41	5.88	7.65	8.39	9.90	6.19	7.47	8.31	6.97	7.69	5.88	5.75	6.92	7.47	9.00
5回目	6.37	6.03	8.39	9.91	9.44	6.19	6.03	8.87	7.34	8.06	6.31	6.71	10.16	6.34	10.22
平均	5.27	6.98	8.51	7.44	8.90	6.78	6.26	7.98	6.87	8.46	5.78	6.00	8.91	6.96	9.19

- ④ 指棒の長さ(回転の中心から硬貨を当てる棒の端までの長さ)を 10cm・15cm・20cm に変えても、硬貨が回る時間にあまり差がでませんでした。



<考察>

「実験のための実験」で分かった **硬貨がよく回る条件**：

1. 硬貨の端に近い方をはじく
2. 輪ゴムは強く引っばる

「実験のための実験」の結果から、

1. 硬貨の違い（重さや大きさなど）による規則性がない

→ 硬貨が回る時間を垂直に回っている時間＋完全に硬貨が止まるまでの時間の2段階で測定してみたいです。

2. 指棒の長さの違いによる影響がない

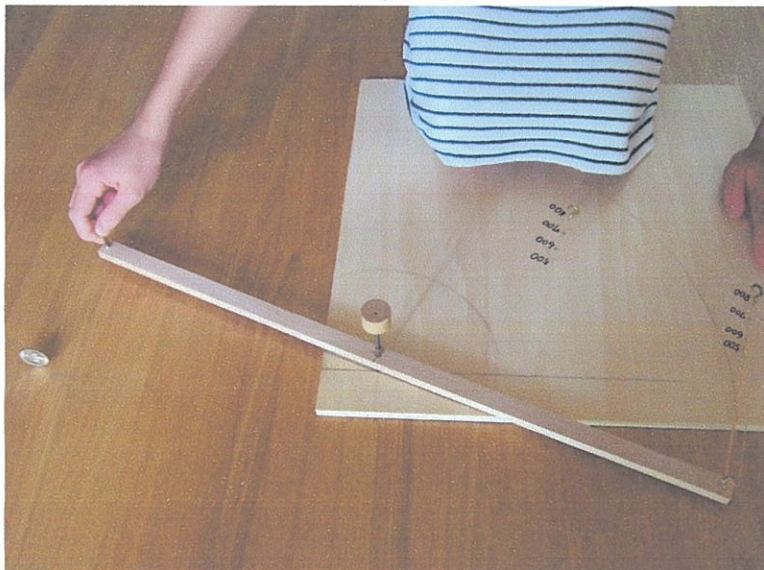
→ 指棒の長さを変えているのに、引っばるゴムの長さを一定にしていたため、同じ力ではじけていなかったことに気づいたので、3号機を作ることにします。指棒の長さが5cmずつだったので、3号機では差を大きくすることもしてみたいです。

4-3. 3号機

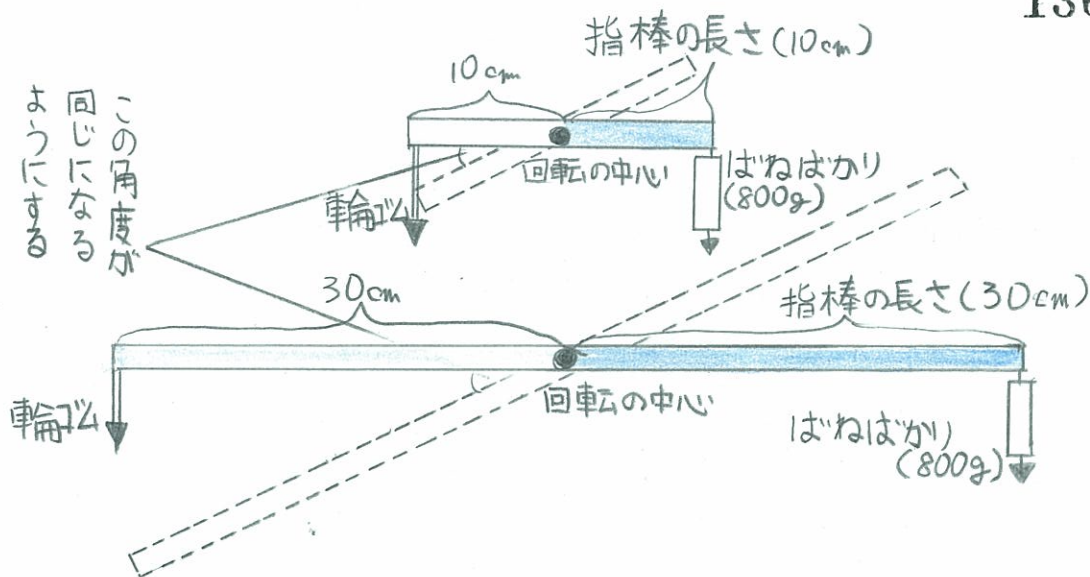
<実験道具>

最終の3号機は、ほとんど2号機と同じ仕組みです。

でも、回転の中心から棒の両端までの長さを同じにして、指棒の長さを10cmと30cmにして、2号機より指棒の長さに差をつけました。どちらも、棒の角度が同じになる位置で、ばねばかりが800gになるように輪ゴムを引っばる長さを調整しました。



本実験に使用した3号機



<実験方法>

- ① 指棒の長さ（回転の中心から硬貨を当てる棒の端までの長さ）を 10cm と 30cm で、それぞれ棒の回転する角度を同じにして、棒を回しました。
- ② 硬貨に当てる棒の位置は直径の $1/5$ のところにしました。
- ③ 今回は、まわりにギザギザのある 10 円硬貨も含めて、7 種類の硬貨（1 円、5 円、ツルツル 10 円、ギザギザ 10 円、50 円、100 円、500 円）を使いました。
- ④ 垂直に回っている時間 + 完全に硬貨が止まるまでの時間の 2 段階で測定しました。

<実験結果（「本実験」）>

- ①5 円 ②10 円 ③500 円 ④50 円 ⑤100 円 ⑥1 円の順番でよく回りました。
- ギザギザのある硬貨（50 円・100 円・500 円）よりも、ギザギザのない硬貨（5 円・10 円）の方がよく回りました。1 円は軽すぎてあまり回りませんでした。



この結果から、ギザギザとツルツルで回り方に違いがあるので、それを確かめるために、ギザギザの 10 円玉とツルツルの 10 円玉（重さ・直径は同じ）を比べることにしました。

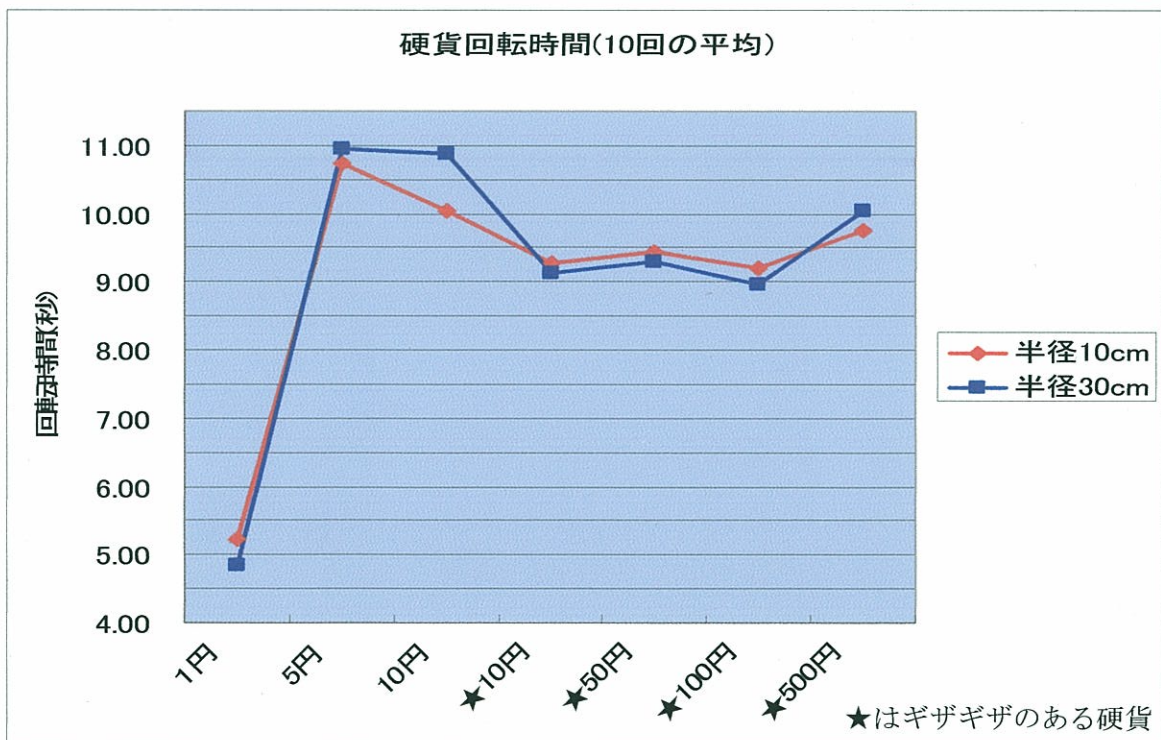


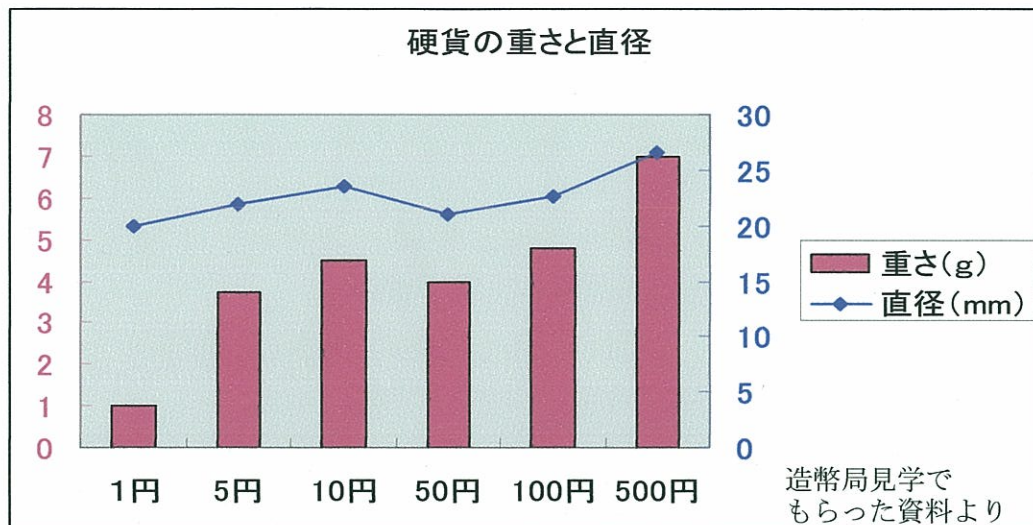
- 同じ 10 円（重さ・直径は同じ）では、ギザギザよりツルツルの方がよく回りました。
- ツルツルの硬貨（5 円・10 円）では、軽くて小さい 5 円の方がよく回りました。
- ギザギザのある硬貨（10 円・50 円・100 円・500 円）の中では、最も重くて大きい 500 円硬貨が一番よく回って、重さ・直径であまり差がない硬貨（10 円・50 円・100 円）は回り方にも大きい差は見られませんでした。でも、50 円→10 円→100 円と軽くて小さい順によく回ったのはツルツルの硬貨と同じでした。
- 今回は、完全に硬貨が止まるまでの時間も測定したけれど、垂直に回っている時間の結果とどの硬貨もほぼ一定の差になりました。それなら、垂直に回っている方が「回る」という動きに合っていると思えるので、初めに考えた垂直に回っている時間での結果を使うことにしました。
- 指棒の長さを変えても、ツルツルの 10 円玉以外はほとんど差が出ませんでした。

★はギザギザ硬貨

	指棒の長さ10cm						
	1円	5円	10円	★10円	★50円	★100円	★500円
1	4.56	11.59	10.78	8.12	9.44	9.07	8.73
2	5.34	9.31	11.72	9.60	9.51	9.31	11.12
3	4.23	10.22	9.14	9.27	9.37	8.56	9.94
4	5.81	10.21	10.01	8.77	10.08	9.20	9.71
5	5.41	10.55	11.43	9.97	9.27	9.41	9.87
6	4.77	11.19	8.57	10.71	9.20	9.67	10.52
7	4.90	9.64	10.51	9.25	8.97	9.51	10.04
8	6.21	10.79	10.04	8.87	9.44	8.40	9.61
9	6.65	12.90	9.47	8.63	10.52	10.01	9.41
10	4.23	10.84	8.63	9.53	8.70	8.84	8.60
平均	5.21	10.72	10.03	9.27	9.45	9.20	9.76
最大	6.65	12.90	11.72	10.71	10.52	10.01	11.12
最小	4.23	9.31	8.57	8.63	8.70	8.40	8.60

	指棒の長さ30cm						
	1円	5円	10円	★10円	★50円	★100円	★500円
1	5.07	12.40	11.76	9.71	9.07	8.73	13.84
2	5.67	10.38	10.92	9.14	10.78	9.41	10.01
3	4.83	11.49	9.71	9.50	9.44	8.23	11.39
4	3.42	9.14	10.62	9.03	9.77	9.24	10.62
5	6.68	11.02	11.25	7.85	9.51	8.26	9.51
6	4.50	14.52	10.15	8.90	9.64	9.31	9.10
7	6.22	9.94	10.75	9.71	9.54	8.43	9.11
8	3.66	11.66	10.75	9.14	8.40	9.14	9.54
9	4.90	9.51	9.91	9.44	7.09	9.74	9.00
10	3.33	9.44	12.90	8.94	9.74	9.00	8.30
平均	4.83	10.95	10.87	9.14	9.30	8.95	10.04
最大	6.68	14.52	12.90	9.71	10.78	9.74	13.84
最小	3.33	9.14	9.71	7.85	7.09	8.23	8.30





<考察>

- 他の6種類の硬貨と比べて、かなり軽くて小さい1円玉を除いて考えると、500円玉以外では、ツルツルのグループの中で軽くて小さいもの順、次にギザギザのグループの中でも軽くて小さいもの順によく回ることが分かりました。
- 500円玉だけは、ギザギザが斜めに入っていることや重さと大きさのバランスがいいのではないかと他の硬貨の回る条件と違ったのではないかと考えられます。
- 指棒の長さを変えても差があまりでなかったのは、10cmと30cmではまだ違いが少なかったのか、それとも1号機の欠点として考えた、硬貨を真っ直ぐに押し出す動きなので回りにくいという考えが間違っていたのかまだ調べる必要があると思います。
- ギザギザは床にあたる面積が小さいから、まさつが少なくて回りやすそうなのに、ツルツルの方がよく回りました。これはデコボコしているものより、平らなものの方がまさつが少ないからだと思います。
- 硬貨を立てる時に、種類によって立てやすいのと立てにくいのに差があったので、重さと大きさのバランスやギザギザによるバランスの悪さも結果に関係しているようです。
- 硬貨によって、回転して進む距離にも違いがあったので、その距離と回転時間にも関係があるように思います。

側面 順位	ツルツル	ギザギザ
1	5円玉	
2	10円玉	
3		500円玉
4		50円玉
5		10円玉
6		100円玉
7	1円玉	

5. おわりに

「実験のための実験」、「本実験」で失敗したものも含めると600回近く硬貨を回しました。時間をかけて実験の結果が出ても、説明のできない不規則なもので、そこからまた悪かったところを考えて、実験道具を2回作り直しました。

何が悪かったかを考えて、改良していくのは難しかったし、時間がかかって大変だったけれど、そこが一番おもしろかったです。

でも、硬貨を立てるのは思ったより難しく、手も足も痛くなりました。ギザギザの硬貨を立てるのが特に大変で、中でも10円硬貨は立てるのに5分以上かかることもありました。

硬貨をはじく瞬間や硬貨の回転が止まる瞬間でストップウォッチのボタンを押せていたのか、床の継ぎ目や棒からの手の離し方が影響していないか、またお金なのでマジックで線を引いたりできないので、 $1/5$ の位置に正確に棒が当たっていたかなどが実験結果に影響しているかもしれません。