

左上一箇所でホチキス留め

受付番号: SE0699
エントリーID: 1239

筑波大学

朝永振一郎記念

第19回「科学の芽」賞 応募用紙

受付番号 : SE0699

応募部門 : 小学生部門

応募区分 : 個人応募

題名 : ネジとナットを使ったこまのタイムレース ~記録更新に挑戦~

学校名 : 東京都 国立筑波大学附属小学校

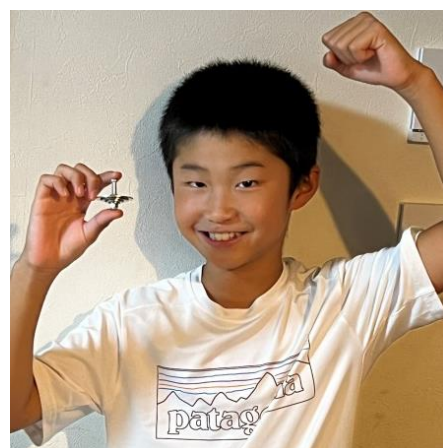
学年 : 4年生

代表者名 : 榎本 寛心

※ 個人情報保護のため、入力された項目から抜粋して出力しています。

ネジとナットを使ったこまのタイムレース ～記録更新に挑戦～

3部4年 3番 榎本寛心



1. 研究のきっかけ・目的

今年の夏休み前に科学館へ行った時、とても悔しい出来事がありました。それは、こま回しのワークショップに参加した時のことです。そのワークショップは、配布されたネジにナットやワッシャーを組み合わせてオリジナルのこまを作るというものでした。ワークショップの最後に、参加した全員で誰のこまが1番長く回るかというタイムレースをしました。

ぼくは、今年の夏休みにペーパーブーメランが戻ってくる条件について研究をしました。その時に、紙の大きさや重さの他に、回転のスピードも結果にえいきょうすることを知りました。それから、一輪車でペダルを速くこぐと倒れにくかったり、習っている体操やトランポリンの時に、勢いよく回ると宙返りが上手くできることを経験したりして、何かを安定して回転させるためには、回す速さはとても重要だと思っていました。だから、友達と学校の休み時間に、こま回しの回転時間を競う時も、なるべく速い回転がかかるようにしていました。

ワークショップのタイムレースでも、絶対に優勝したいと思って、力いっぱいこまを回しました。勢いよく回せましたが、優勝したのは幼稚園児くらいの子が作ったこまでした。ぼくのこまは38秒で止まってしまったけれど、優勝者のこまは、なんと1分30秒も回り続けていました。勢いのつけ方は、絶対に小学生のぼくの方が強かったはずなので、ナットやワッシャーの組み合わせ方がちがうと、回転時間が1分も変わるのかとおどろきました。負けてしまってとても悔しかったので、帰宅後にちがう組み合わせで作って見ましたが、1分も越えられませんでした。

そこで、回転時間が1分30秒を超えるこまを作ることを目的にし、パーツをどのように組み合わせたらこまが長く回るのか研究することにしました。

2. ワorkshopで作った1号機をふりかえる

1号機の材料と回転時間

1号機	ネジ+特大+大+大+中+中+小+小+ナット+半球付ナット
1回目	28秒
2回目	36秒
3回目	32秒



【考察】

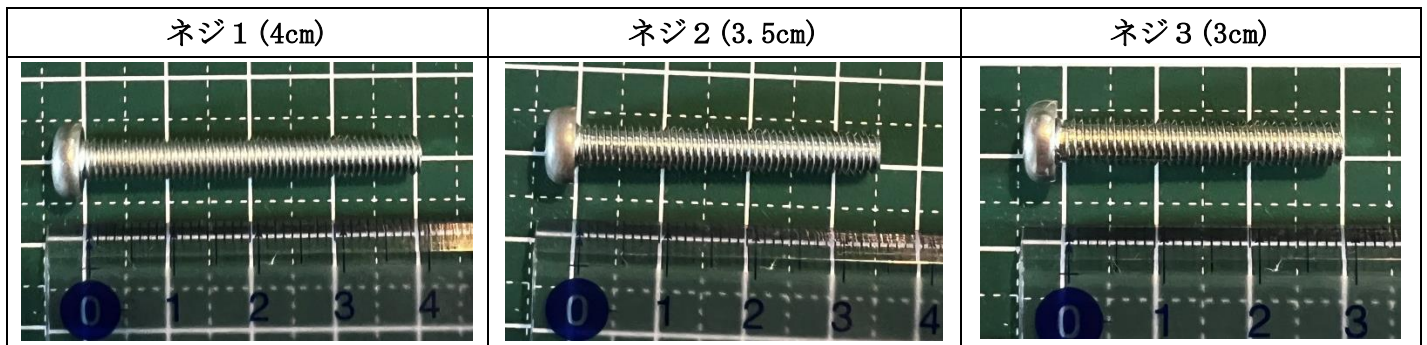
1号機を作った時は、かっこよく見えるこまがよかったので、大きいパーツを使って見た目を重視して作りました。

何度回しても1分にも届かないので、回し方が原因ではないと確信しました。毎回同じ力で回しているつもりでも、回転時間が数秒違いました。そこで、これから実験する時も1回ではなく、3回まわして、時間を確認することにしました。

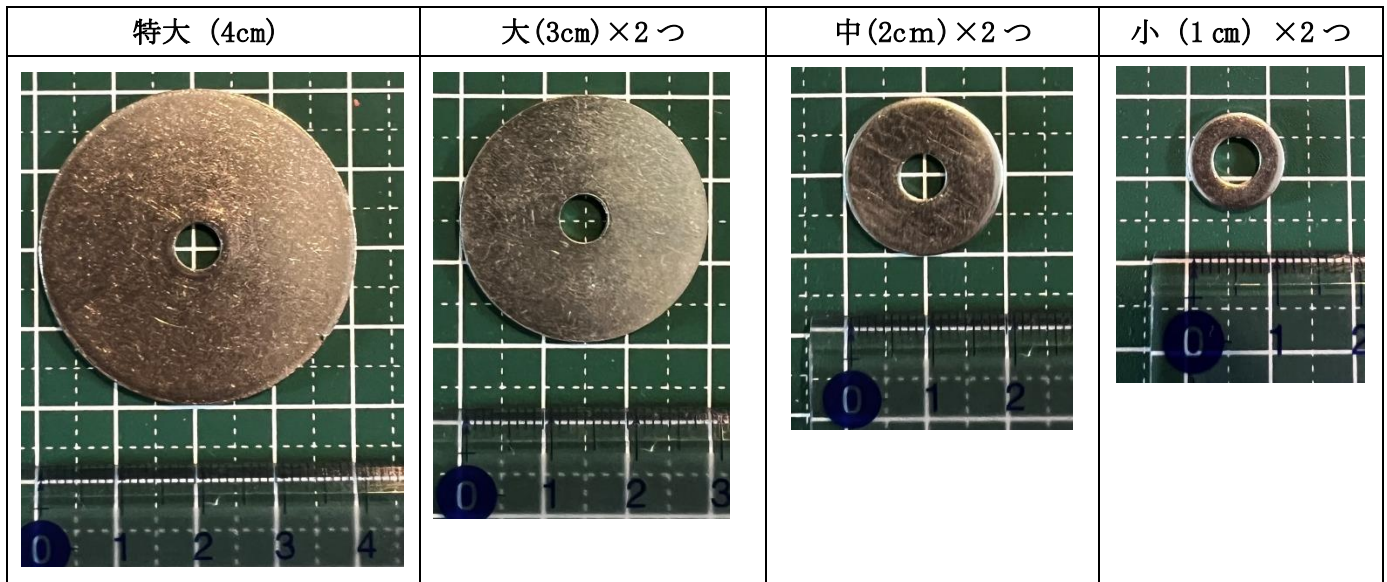
1号機が長く回らない原因がなぜかを調べるために、1号機を基準のこまとして、材料の組み合わせを少しずつ変えて、そのちがいを比べてみることにしました。

【コマに使う材料（ワークショップで配布されたもの）】

ネジ3種類

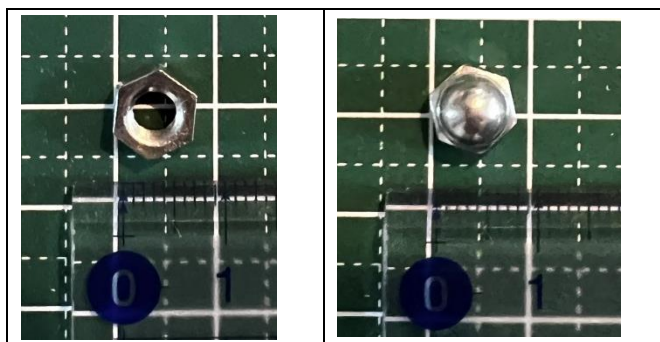


ワッシャー4種類



ナット×2つ

ナット半球付×2つ



3.2号機・3号機の作成

【作った理由と回転時間の実験結果】

2号機は1号機のかっこいい形を活かして中心軸のネジの長さを短くしました。ネジの長さが0.5mm短くなっただけで1号機より長く回りました。

2号機の下向き三角の形のななめの部分を、地面からきれい直線になるように改良してみようと作ったこまが3号機です。3号機は1分まであと少しのところまで記録を伸ばすことができました。

2号機・3号機の材料と回転時間

	2号機	3号機
	ネジ2 +特大+大+大+中+中+小+小+ナット +半球付ナット	ネジ2 +特大+大+大+中+中+小+小+ナット +半球付ナット (2号機から一番下のナットを外しました)
		
1回目	38秒	48秒
2回目	32秒	56秒
3回目	38秒	53秒

【1号機と3号機の比かく】

- 3号機の方が中心軸が短い
- 3号機の方が一番下のワッシャーが地面から近い
- 3号機の方がナット1つ分軽い

【考察】

昨年のブーメランの実験を振り返ると、羽が大きすぎたり重すぎたりするとつい落したり、飛行距離が伸びなかったりしてうまく戻ってきませんでした。それと同じように、こまにも長く回るためにちょうど良いバランスがあるのかもしれないと思いました。ワークショップでは、大きくてカッコいいこまを作りたいと思ったけど、見た目にかっこよかったことが良くなかったとも思いました。そこで、まずはこまが回るにはどんな力が働いているのかを本で調べてみることにしました。

4. 本からの学習 『まるごと こままわし教室』（日本こままわし協会）を読んで

【予想・知りたいこと】

こまが長く回るためのポイントがあるはず！こまを長く回すためには勢いの他にどんな力が必要なのかを知る。

1号機と3号機の比かくした時に見つけたちがいは、中心軸の長さやワッシャーの位置、コマの重さでした。そのちがいが原因で3号機が長く回ったとすると、中心軸が短く、ワッシャーは地面に近くて、重さは軽いこまが長く回るのでないかと予想しました。

【分かったこと】

こまが回るために重要なことが2つ分かりました。

①重心

回転するコマの重心に中心軸が刺さっているとよく回るようです。今回のぼくが作っているこまは、金属の中心にすでに穴が開いているワッシャーやナット通すものなので、重心を探す必要はないけど、どんぐりや、紙を使ってこまを作る時に、自分で回転軸の位置を決める場合には重心の位置を考えることが重要になりそうです。

「重心の高さは高いよりも低い方が安定するといわれている。」と書いてあったので、高さについてはワ

ッシャーが地面に近い方が長く回るといふ、ぼくの予想をたしかめるためにも実験してみたいと思いました。

②勢い

勢いよくコマを回すと『ジャイロ効果』という力がはたらくということを知りました。これは、科学館のスタッフさんも話していました。『ジャイロ効果』とは回転するものは、そのままの状態でも続けようとする力で、回転が速ければ速いほど強くなるようです。だから、ブーメランを勢いよく回すと安定したし、鉄棒のたるまわりも勢いをつけると連続して回りやすくなるのかなと思いました。この『ジャイロ効果』によって回転したものが永遠にまわり続けるのではなくて、回転を止めようとする力と『ジャイロ効果』がたたかって、まさつや空気の抵抗などの回転を止める力が勝った時に、コマは止まってしまうようです。

【まとめ】

ぼくの経験をもとに考えた予想通り、回転の速さは長く回るためには必要であることが分かりました。それ以外には、重心の高さも関係することが分かったので、どの高さの時に長く回るのかを試してみようと思いました。軸の長さについてはこの本には書いてなかったけれど、せっかく3種類のネジがあるので、どの長さが1番長く回るのかも試してみたいと思いました。

5. 実験1 回転時間1分30秒を超えるコマをつくる！

回転時間1分30秒を超える組み合わせを調べるために5つの実験をしました。

【条件】

実験で使う材料はワークショップで配布されたものだけに限定しました。

◇実験1-1 重心の高さを知る実験

【目的】

ネジの低い・真ん中・高いのうちどの位置にワッシャーをつけるのが1番長く回るのかを知る。

【方法】

ネジ2の高い位置（上）・真ん中・低い位置（下）にワッシャー（特大）を1つ付けて、回転時間をはかりました。

ネジ2 ワッシャーをつけた位置



【予想】

ワッシャーの位置が低いコマが1番長く回ると思いました。理由は、おもりが上についているより下についている方が安定しそうでバランスがとりやすいと思ったからです。

【結果・考察】

		1回目	2回目	3回目
位置	上	0分12秒	0分31秒	0分15秒
	真ん中	0分32秒	0分50秒	0分45秒
	下	1分20秒	1分15秒	1分22秒

位置が低いものが1番長く回りました。重心が低いものがより長くまわることを証明できました。これはネジ2にだけあてはまることなのか、他の長さのネジでも同じことが言えるのかをたしかめたいと思いました。

◇実験 1-2 重心の位置が低い方が長く回るのは他のネジでも同じなのかをたしかめる

【目的】

ネジの長さが違って重心の位置は低い方が長く回るのかをたしかめる

【方法】

ネジ1とネジ3の実験 1-1 と同じ位置に特大のワッシャーを付けて回転時間を計りました。

【結果】

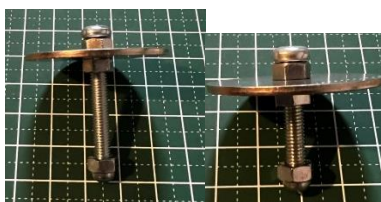
ネジ1でもネジ3でも高い位置では長くは回らず、低い位置が1番長く回りました。中心軸の長さも違って、重心は低い方が長く回ることが分かりました。本を読んだ時に思った、中心軸の長さは回転時間に関係するのかという疑問を解決することができました。

さらに、3つの長さのネジで実験結果を比べると、1番短いネジ3が1番長く回り、しかも1分30秒まであと少しという記録が出ました。あまりかっこいい形ではないけど、記録が出てうれしかったです。今回の実験で中心軸が短い方が長く回るということも分かりました。

③上

ネジ1

ネジ2

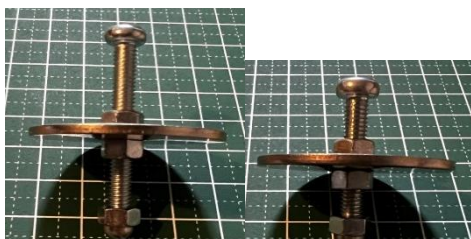


	1回目	2回目	3回目
ネジ1	0分0秒	0分0秒	0分0秒
ネジ3	0分35秒	0分30秒	0分29秒

②真ん中

ネジ1

ネジ3



	1回目	2回目	3回目
ネジ1	0分48秒	0分55秒	0分50秒
ネジ3	1分02秒	0分56秒	1分01秒

③下

ネジ 1

ネジ 3



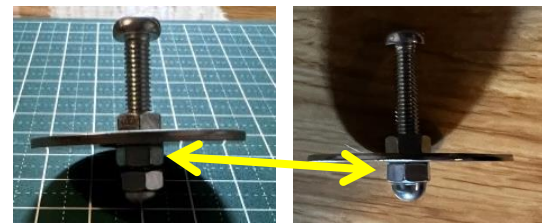
	1回目	2回目	3回目
ネジ 1	1分 12秒	1分 8秒	1分 10秒
ネジ 3	1分 25秒	1分 26秒	1分 28秒

◇実験 1-3 さらに重心を低くしてみる

実験 1-1 と 1-2 では、3 種類のネジの中で 1 番短いネジ 3 を使って、低い位置にワッシャーを付けたこまが長く回り、重心が低い方が長く回ることがわかりました。

実験 1-2 では重さの条件をそろえるために低い位置でワッシャーの上下をナットではさんでいました。

低い位置の場合は、半球付ナットがあるので、1つナットを外してもワッシャーを固定することができます。だからナットを外せば、ナット 1つ分ワッシャーの位置を下げられると考え、ナットを外した場合の時間を計ることにしました。



【目的】

ワッシャーを 1 番低い位置にした時の回転時間を調べる。

【予想】

重心がさらに低くなるから、実験 1-2 よりも長く回ると思いました。

【結果】

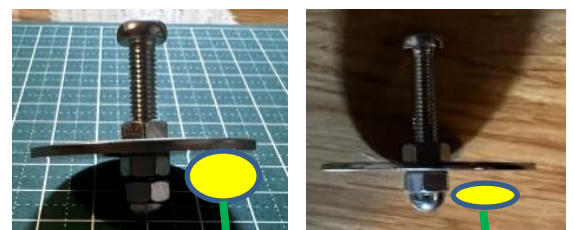
1回目	2回目	3回目
1分13秒	1分07秒	1分02秒

予想は外れて、実験 1-2の方が長く回りました。残念ながら期待していた記録更新はされませんでした。重心が低ければ低いほど長く回るわけではないことがわかりました。

この実験でこまの形について気付いたことがありました。

こまが回っている様子を観察すると、はじめから止まっているように安定して回せる時もあるけれど、回し方がうまくいかずに、はじめは頭を回しているように回転して、そのまま倒れるのかと思ったところで、段々とまっすぐに安定して、まっすぐ回るようになることがありました。また、止まるときも、勢いがなくなり始めてからすぐにとまるのではなく、少しずつぶれ始めて、ワッシャーが地面についた時に止まっていました。

下向き三角形の大きなこまには空間があるので、ぶれた時にワッシャーが地面につくまでの時間かせぎになるのではないかと思います。



空間がある

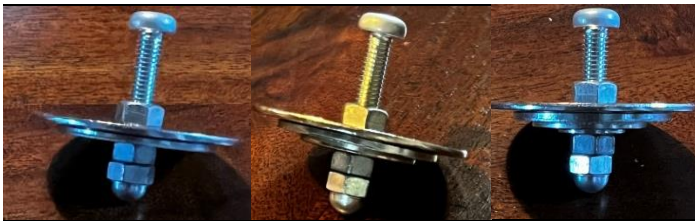
空間がない

◇実験 1-4 ワッシャーの数を増やしてみる！新記録達成！

実験 1-2 で 1 番長くまわったネジ 3 の低い位置にワッシャーを付け足して、下に空間がある形のこまを作ればもっと長く回るこまができそうだと思います。そこでワッシャーの枚数を 1 枚ずつふやしてそれぞれ

の回転時間を計ってみることにしました。

ワッシャーの数の違うこま 左から 2枚(特大+大) 3枚(特大+大+中) 4枚(特大+大+中+小)



【予想】

1号機と2号機を比べた時に、重さが軽い方が長く回ったので、重さの軽い2枚が回るかもしれないし、4枚の方が重さがあるから安定して長く回るかも知れないとも思いました。予想が決められなくて、結果が楽しみでした。

【結果】

		1回目	2回目	3回目
ワッシャーの数	1枚(特大)	1分25秒	1分26秒	1分28秒
	2枚(特大+大)	1分27秒	1分36秒	1分20秒
	3枚(特大+大+中)	1分37秒	1分18秒	1分10秒
	4枚(特大+大+中+小)	1分31秒	1分36秒	1分46秒

ついに優勝者を超える記録がでました！ワッシャーを4枚付けたものが1番回り、最高記録は1分46秒でした。結果は、4枚の時は3回とも良い記録がでたけれど、他の枚数の時は大きなちがいがありませんでしたが、それぞれの最高記録を比べると、ワッシャーの数は多い方が長く回ると言えそうでした。

◇実験 1-5 ワッシャーを並べる順番を変えてみる！

実験 1-4 では、こまがかたむいた時に下に空間があった方が長く回りそうだったのので、下から小さい順に並べて、下向き三角の形にしました。しかし、重心の位置を決める実験 1-1 では、重心が低い方が長く回るという結果も出ていたので、上向き三角形になるように並べて、重いワッシャーが下に来れば、長く回るこまになるかも知れないと思いました。



【予想】

実験 1-4 の目標達成機よりも長く回ると思いました。

【結果】

1回目	2回目	3回目
1分13秒	1分24秒	1分16秒

結果は予想と違っていました。記録更新されず、残念でした。形は下向き三角の形の方が良いのだと分かりました。ひもで回して遊ぶコマやベーゴマも下に向かって小さくなっているものが多いのは、なるべく長く回るための形なのかとも思いました。

6.3 号機との比較

目標達成機をよく見てみると、見た目を重視して作った3号機と形が似ていることに気がきました。形は下向き三角形で同じで、ワッシャーの枚数が3枚ちがいました。中心軸のネジの長さが5mm違うけれど、今までの結果から、中心軸の長さの違いが1分以上の差を出しているとは思えないので、ワッシャーの枚数が

大きく関係していると言えそうだと考えました。ワッシャーの枚数が違うと、こまの重さが違うことに注目して、重さを計ってみると3号機が45g、目標達成機は33gで8gちがいました。この違いで30秒以上の差が生まれると考えると重さについても知りたくなりました。

3号機 45g 目標達成機 33g



7. 実験2 目指せ！記録更新！目標達成後に考えた実験

◇実験2-1 重さ比べ

1分30秒以上回るこまを作るという目標は達成したけれど、実験を始めた時から疑問に思っていた、こまの重さは回る時間に関係するののかということがまだ分かっていないので、調べてみることにしました。

ワークショップでもらったパーツは数が限られています。こまの形をそろえて、重さの条件が比べやすいように、ワッシャーを買い足すことにしました。

【方法】

実験1-2で1番長く回ったネジの下の方の位置に、同じ大きさのワッシャー（特大）を1～5枚重ねて違いを比べることにしました。

1枚

2枚

3枚

4枚

5枚



【予想】

ワッシャーを多く重ねれば重ねるほど、回転時間も長くなると思いました。理由は実験1-4で、1-3よりワッシャーの数をふやしたこまが長く回ったからです。

【結果と考察】

	1回目	2回目	3回目	平均タイム
1枚	1分23秒	1分36秒	1分24秒	1分27秒
2枚	1分33秒	1分39秒	1分28秒	1分33秒
3枚	1分27秒	1分29秒	1分31秒	1分29秒
4枚	1分19秒	1分18秒	1分28秒	1分21秒
5枚	0分52秒	0分30秒	0分38秒	0分38秒

2枚重ねが1番長く回りました。タイムはどれも1分30秒くらい回りましたが、4枚から1分30秒には届かなくなり、5枚つけた時には1分も回りませんでした。この実験で、重ければ重いほど長く回るわけではないということが分かりました。

また、回す時に重くて回しにくいので、回転をかけるのがとても大変でした。回しやすさも大切なポイント

トになることが分かりました。

◇実験 2-2

実験 2-1 では重さが重い方が長く回るわけではないことが分かりました。3号機と目標達成機を比べた時、重さは3号機が45g、目標達成機は33gでちがいは8g、あつみはワッシャー3枚分ちがいました。だから、目標達成機より重くて3号機よりは軽いこまで、さらに長く回るものがあるのではないかと思い、できる全ての組み合わせのこまを作り、重さと回転時間を調べることにしました。

形は今までの実験から、下向き三角の形に並べることにしました。今回の部品はワークショップでもらったパーツだけに限定して実験しました。

【結果と考察】

ほとんどのこまが1分を超えたけれど、記録更新はしませんでした。






2-2-2号機だけが記録が短くなっていました。2-2-1号機と2-2-2号機を比べると、ワッシャー1枚(中)があるかないかで、重さは3gのちがいでした。たった1枚、3gのちがいで30秒以上も差があつて驚きました。同じように回転時間が30秒ちがっていた2-2-2号機と2-2-3号機を比べると、ワッシャーの枚数にちがいはなく、重さは2gのちがいでした。

2-2-1号機と2-2-2号機の差と2-2-2号機と2-2-3号機の差を比べると、2-2-1号機と2-2-2号機の差はワッシャーの1枚分のあつさと重さ、2-2-2号機と2-2-3号機の差はワッシャーの大きさと重さの違いでした。差の内容が違うけど、回転時間の差は30秒くらいと同じくらいでした。


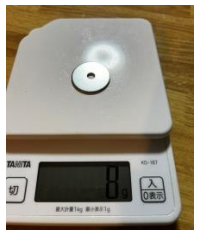




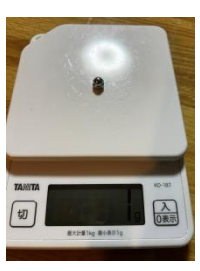
2-2-3号機と2-2-4号機では、2-2-1号機と2-2-2号機の差と同じようにワッシャー1枚分のちがいだけで、回転時間はあまりちがいませんでした。重さは6gちがっていました。

今回の結果では、あつさがあついからとか、重さが重いからとか、1つだけの理由で長く回るこまを作ることにはできそうもないことがわかりました。こまの重さ、あつみ、形、中心の長さ、重心の位置などの色々なバランスの組み合わせがうまく重なった時に、長く回ることができるのではないかと思います。長く回るには目標達成機が1番良いバランスだとわかりました。

ワッシャーの組み合わせとこまの重さ それぞれの回転時間

		1回目	2回目	3回目
	2-2-1号機 特大+大+大+中+小 重さ 41g	1分 10秒	1分 18秒	1分 17秒
	2-2-2号機 特大+大+大+中+中+小 重さ 44g	0分 37秒	0分 39秒	0分 36秒
	2-2-3号機 特大+大+大+中+小+小 重さ 42g	1分 05秒	1分 01秒	1分 03秒
	2-2-4号機 特大+大+中+中+小 重さ 36g	1分 09秒	1分 09秒	1分 15秒
	2-2-5号機 特大+大+中+中+小+小 重さ 37g	1分 03秒	1分 10秒	1分 16秒

パーツの重さ

ワッシャー特大 14g	ワッシャー大 8g	ワッシャー中 3g	ワッシャー小 1g
			
ネジ 3 4g	ナット 1g	半球付ナット 1g	
			

8. 結論

ぼくがワークショップでもらった材料だけを使って作るこまの最長記録は1分46秒でした。その条件は3番ネジにワッシャーを上から特大、大、中、小の順に1枚ずつ並べて、上下をナットではさんで半球付ナットを付ける下向き三角形の形のこまでした。このこまで、また勝負を挑んでみたいと思いました。

この研究で、こまを長く回すためには重心を低くするだけではなく、こまの形や重さ、まわし方などの色々な条件を同時に考える必要があると分かりました。また、本で調べたことを実験で確認できた時には達成感があり、疑問に思ったことを確かめるための実験方法を考えて実行することはとてもおもしろかったです。しかし、今回の研究では、何度もこまを回していると指の力が少なくなってしまう、回す力（勢い）が均一ではなく、ご差が出てしまうという課題を感じました。また、さらに長く回るこまが作れるのではないかと、もっと研究したいという気持ちが出てきました。参考にした本の中には、20分間も回る手回しこまがあると書かれていて、ぼくのこまはまだまだ長く回れるようになってしまったからです。回す力を均一にできる方法を考えることや、パーツを追加したり、組み合わせを変えたりしてさらに回るこま作りに挑戦したいです。

初めに書いたように、ぼくは体操やトランポリンを習っていて、いつかオリンピックに出場するために練習に取り組んでいます。トランポリンの回転技は、高さ、回転の速さ、体の軸の角度、体幹の強さ、へいこ感覚など、意識することがたくさんあります。今回のぼくが取り組んだ研究は、空中で回転技をする時に体の軸をぶらさずに美しく回転するためのヒントになるのではないかと考えています。自分自身がこまになったつもりで、空中で回ってみたいです。そして、回転技がいつもよりも美しくできたら、クラブの仲間やコーチにもこの研究内容を伝えたいと思います。



【こまの材料をもらった科学館】

I M A G I N U S

東京都杉並区高円寺北2-14-13

【参考にした本】

『まるごと こままわし教室』日本こままわし協会 2020年

『独楽の科学』山崎詩朗 2018年