

筑波大学

朝永振一郎記念

第13回「科学の芽」賞 応募用紙

受付番号	SE0151
応募部門	小学生部門
応募区分	個人応募
題名	スーパーボールを水面で弾ませたい！パート3
学校名	根本小学校
学年	5年生
代表者名	坂崎 希実

※ 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。

スーパーボールを、水面で弾ませたい！
パート3



岐阜県多治見市立根本小学校
5年3組
坂崎 希実

1. 動機

この研究は、お風呂で、スーパーボールで遊んでいる時に、お風呂の床ではよく弾むスーパーボールが、湯船では弾まない事に疑問を感じ、スーパーボールを水面で弾ませる事ができないかと思い、一昨年（3年生）から続けています。

昨年（4年生）の実験では、おもちゃの弓矢を使った発射台で、スーパーボールを水面で弾ませる事ができました。実験結果は、発射台の角度を0度、着水1mをねらうと、よく弾む事が分かりました。

追加実験では、川で水切りをして遊んだ経験から、厚みを薄くした方が良く弾むと思い、スーパーボールの厚みを薄くしたものを5種類用意して実験しましたが、薄くしたスーパーボールは、あまり弾みませんでした。発射台の力が、厚みを薄くしたスーパーボールに上手く伝わらなかった事が原因だと考えられました。

スーパーボールを水面で弾ませるためには、発射台の力がスーパーボールに上手に伝わる事と投げ込む角度がとても大切な事がよく分かりました。

今回の実験では、発射台の力がスーパーボールに上手に伝わるように改良して、水面と平行にスーパーボールを勢い良く飛ばし、球体のスーパーボールよりも、厚みを薄くしたスーパーボールの方が良く弾むことを証明したいです。

2. 研究内容

2-1. 実験準備

①発射台を作成の前に・・・

昨年、実験が終わった後、次はどのような発射台を使えば、球体のスーパーボールよりも平らに削ったスーパーボールの方が水面で弾み易い事が証明できるのだろうか、悩んでいました。

昨年、科学の芽賞の受賞式に参加した時に、京都府立洛北高等学校のお兄さん・お姉さんたちが発表していた『水切りについて』の研究では、発射台に飛ばす物が磁石の力でくっついていて、発射台と飛ばす物が同時に回っていました。回っている状態で力を加えて、打ち出す方法の発射台でした。

私が飛ばそうと思っている物はスーパーボールなので、磁石の力で発射台にくっつける事は難しく、磁石をスーパーボールにくっつけると、重さが重くなってしまい、なかなか良いアイデアが生まれませんでした。悩んでいる間に4年生が終わってしまい、気が付くと5年生になっていました。

5年生になった私は、父と兄の影響で、4月から『小泉ジュニア卓球クラブ』に入って、卓球の練習を始めました。初心者のは私は、卓球マシンから、卓球の球が飛んできて、フォアとアンダーで打つ練習を何ヶ月も繰り返しています。卓球マシンは、球の飛び出すスピードを変えたり、上回転、下回転と回転方向を変えたりして、球を飛ばす事ができます。卓球の球がとても速く飛んでくる様子を見て、スーパーボールも、飛び出すスピードをもっと速くすれば、発射台からスーパーボールが水平に飛び出すのではないかと思い、卓球マシンの動く様子を観察して発射台を作る事にしました。卓球マシンは、一つのローラーが回転して、ピンポン玉がそのローラーに巻き込まれて、飛び出していました。

②発射台の作成1

4年生の理科の授業で、乾電池を使って豆電球を点けたり、モーターを回したりする実験をしました。その時の教材が家にあったので、その教材を使って発射台を作りました。（発射台1号）

③発射台の作成2

スーパーボールが勢い良く飛び出す発射台を作るために、家電量販店でモーターを買ってもらいました。モーターの名前は『TAMIYA ウルトラダッシュモーター』です。ウルトラダッシュと言う商品名から、スーパーボールが勢い良く飛び出すと思います。（発射台2号）

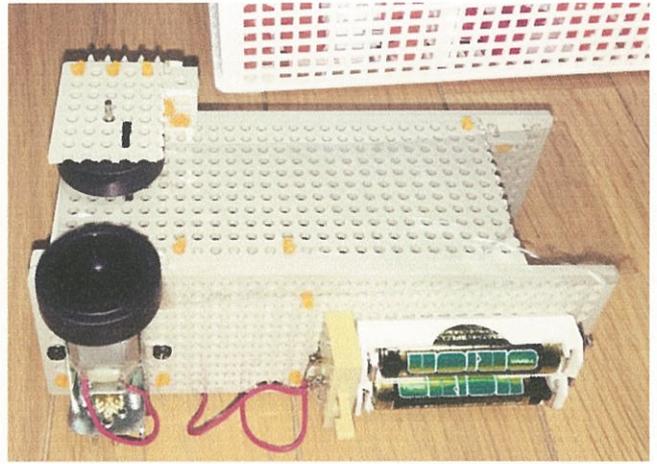
④発射台の作成3

もっとスピードが速くなるモーターがないかと思って家族に相談すると、お父さんが「以前に使っていたラジコンの中に、モーターがあるから使っても良いよ」と言ってくれました。

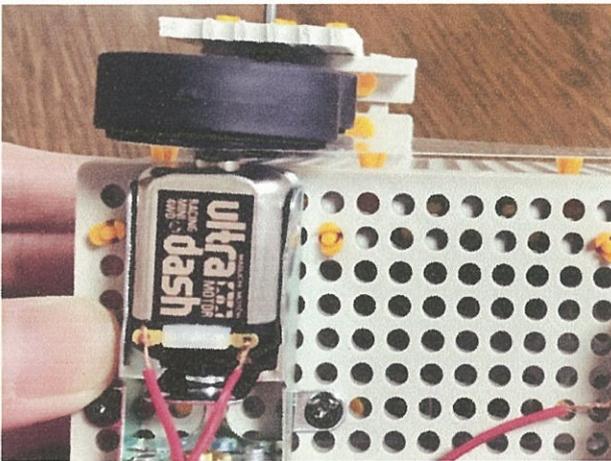
早速、ラジコンの中を見せてもらおうと、『TAMIYA ウルトラダッシュモーター』よりも少し大きいモーターが見つかりました。スピードが速いラジコンみたいなので、このモーターを借りて発射台を作ることにしました。



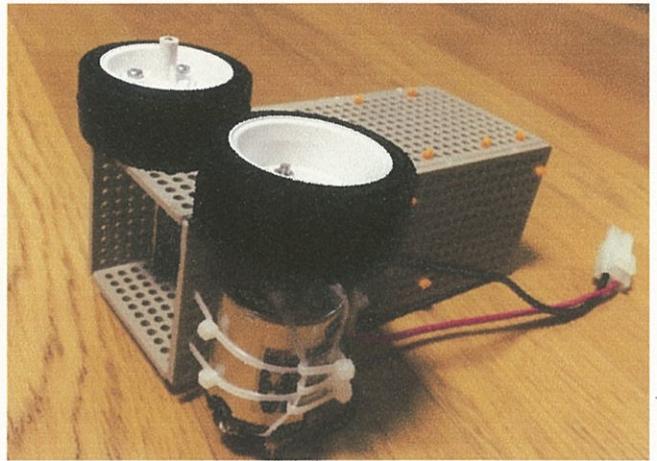
卓球マシン



発射台 1 号



発射台 2 号 (発射台 1 号のモーターを変更)



発射台 3 号

2-2. 実験①

2-2-1. 実験①の方法

発射台 1 号・発射台 2 号・発射台 3 号を使って、スーパーボールを手作りプール（長さ約 2 m）に向かって飛ばします。水面で弾んだかどうかと、着水した距離を調べます。使うスーパーボールは、球体（直径 2cm）・平らに削ったスーパーボール、厚さ 1.5cm・厚さ 1.0cm・厚さ 0.5cm の 4 種類です。それぞれ、着水するまでの距離と水面で弾んだかどうかを調べます。それぞれ 20 回ずつ飛ばして、実験を行います。



手作りプール



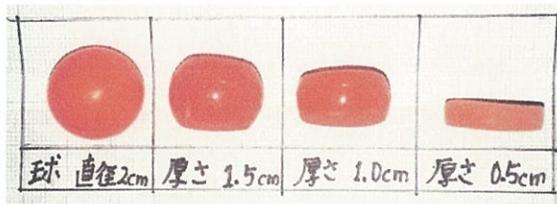
実験の様子

2-2-2. 実験①の結果

発射台1号では、水平にスーパーボールは飛び出しましたが、飛び出すスピードはあまり速くありませんでした。厚みを平らに削り、厚さ0.5cmにしたスーパーボールが水面で弾む成功率は45%でした。球体のスーパーボールや、厚さが厚いスーパーボールは水面では弾みませんでした。

発射台2号では、発射台からスーパーボールが飛び出すスピードが、発射台1号よりも速かったです。水面で弾む成功率は、厚みを平らに削り、厚さ0.5cmにしたスーパーボールが55%になりました。球体のスーパーボールや、厚さが厚いスーパーボールは水面では弾みませんでした。

発射台3号では、球体（直径2.0cm）と厚さ1.5cmのスーパーボールが、水面で弾む成功率95%でした。厚さ1.0cmと厚さ0.5cmの成功率は60%でした。水面で弾んだ際の着水距離については、厚さ1.5cmが平均136.7cmで、一番長い距離でした。厚み1.0cmは、平均67.4cmでした。厚み0.5cmでは78.6cmでした。



実験に使ったスーパーボールの形

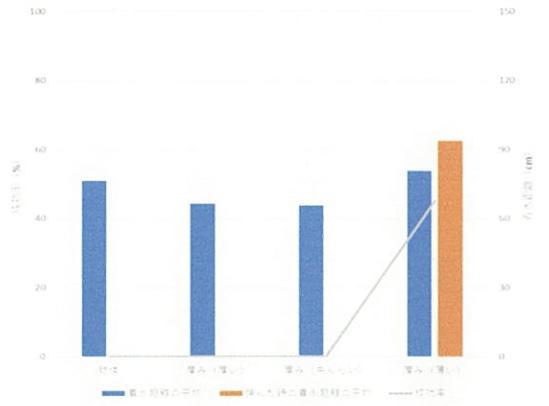


図1. 発射台1号
厚さごとによる平均距離と弾んだ割合

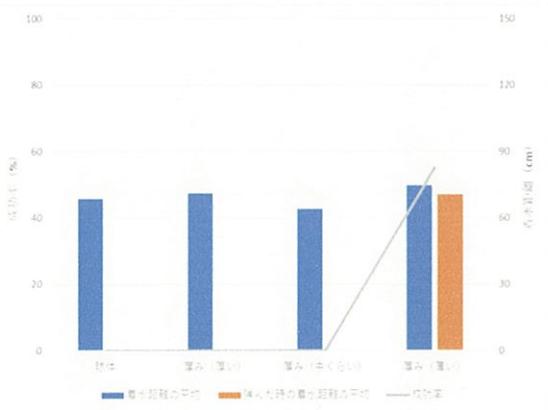


図2. 発射台2号
厚さごとによる平均距離と弾んだ割合

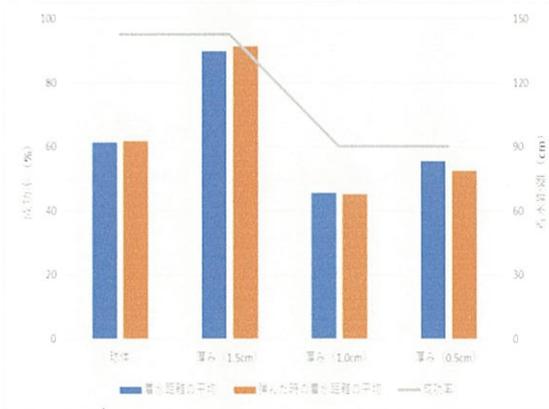


図3. 発射台3号
厚さごとによる平均距離と弾んだ割合

2-2-3. 実験①の考察

発射台1号で、球体のスーパーボールや、厚さが厚いスーパーボールが水面で弾まなかった理由は、スーパーボールを飛ばす力が弱かったためだと考えられました。

発射台2号で、厚みを平らに削り、厚さ0.5cmにしたスーパーボールの水面で弾む成功率が55%になり、発射台1号よりも10%アップした理由は、発射台の力が1号よりも強いからだと考えられます。球体のスーパーボールや、厚さが厚いスーパーボールを水面で弾ませるためには、もっと発射台の飛ばす力を強くする必要があります。

発射台3号を使えば、スーパーボールの厚さを薄くした物が良く弾む結果が出ると思っていましたが、逆の結果になりました。また着水距離については見てみると、厚み1.5cmのスーパーボールは136.7cmと距離が長く、安定した飛び方をしている事が分かります。

厚み1.0cmと厚み0.5cmのスーパーボールは、平均67.4cmと78.6cmで、モーターのパワーの割には飛び距離が短い結果になりました。発射台3号は、厚さを薄くした物が良く弾むのではなく、モーターのパワーが伝わりやすいサイズの物が安定して飛び、水面で弾みやすい事が分かりました。

しかし、私の予想の「スーパーボールの厚さを薄くした方が良く弾む」を、何とかして証明したので、追加実験を行うことにしました。

昨年の科学の芽大賞の発表会で、京都府立洛北高等学校のお兄さん・お姉さんたちが、水切りをする際は、底は平らよりも丸いほうが良い結果が出たと話していたので、スーパーボールの上のみ平らに削った物を使って実験することにしました。

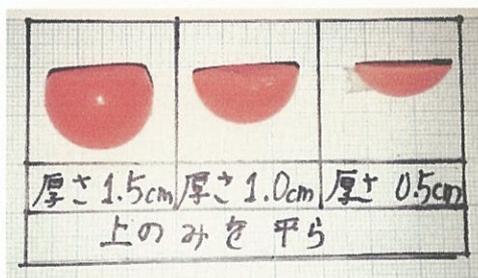
2-3. 実験②

2-3-1. 実験②の方法

発射台3号を使って、スーパーボールの形を変えた物を、手作りプールに向かって飛ばします。水面で弾んだかどうかと、着水した距離を調べます。使うスーパーボールは、上のみを平らに削り、厚さ1.5cm・厚さ1.0cm・厚さ0.5cmにした物です。それぞれ20回ずつ飛ばします。

2-3-2. 実験②の結果

上のみを削って厚さを薄くしたスーパーボールの水面で弾む成功率は、厚さ1.5cmで55%、厚さ1.0cmで75%、厚さ0.5cmで60%でした。初めの着水距離は、厚さ1.5cmで111.3cm、厚さ1.0cmで76.4cm、厚さ0.5cmで74cmでした。



実験に使ったスーパーボールの形

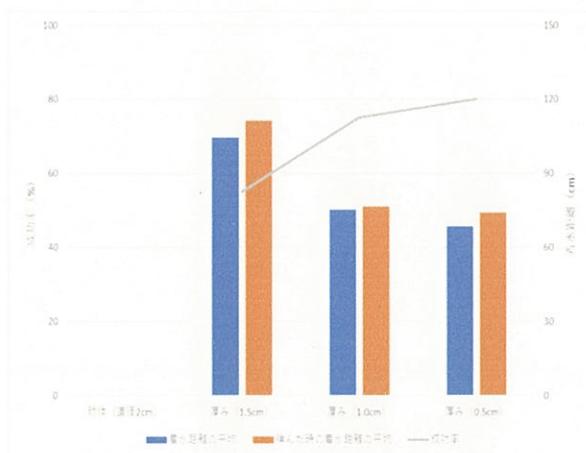


図4. 発射台3号
厚さごとによる平均距離と弾んだ割合

2-3-3. 実験②の考察

上下とも平らに削ったスーパーボールと、上のみ平らに削ったスーパーボールの結果を比較してみると、厚さ1.0cmと厚さ0.5cmは、成功率が15~20%アップしました。しかし、厚さ1.5cmのスーパーボールは、成功率が40%もダウンしてしまいました。着水距離を比較すると、厚さに関係なく、約15cmの前後があるだけでした。

上のみを削ったスーパーボールだけで考えてみると、着水距離は、厚さ1.5cmのスーパーボールが遠くまで飛んでいます。しかしスーパーボールの水面で弾む成功率は55%で、3種類の中で一番下でした。着水距離が長いから安定していて、水面で良く弾む訳ではないことが分かりました。

上下を平らに削ったスーパーボールと、上のみを平らに削ったスーパーボールを比較すると、厚さ1.0cmと0.5cmでは、底が丸い方が良く弾む結果になりました。この結果は、京都府立洛北高等学校のお兄さん・お姉さんたちが話していた結果と同じでした。

しかし、厚さ1.5cmのスーパーボールは、上下とも平らに削った物の方が良く弾む結果となりました。何故、このような結果になったのかは、分かりません。

次に、調べたいと思った事は、飛ばしたものが水面に入る時と出る時の角度による違いです。京都府立洛北高等学校のお兄さん・お姉さんたちの発表では、飛ばしたものが水面に入る時と水面から出て行くときの角度についての内容がありました。私の飛ばしているスーパーボールも同じではないかと思いました。水面に入る時と水面から出て行くときの違いを調べるために、スーパーボールの形を変えて、調べてみることにしました。

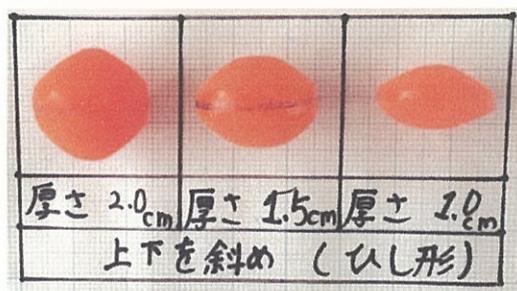
2-5. 実験③

2-5-1. 実験③の方法

発射台3号を使って、スーパーボールの上下を斜めに削り、ひし形にした物を、手作りプールに向かって飛ばします。水面で弾んだかどうかと、着水した距離を調べます。厚さ1.5cm・厚さ1.0cm・厚さ0.5cmにして、それぞれ違いを調べます。それぞれ20回ずつ飛ばします。

2-5-2. 実験③の結果

上下を斜めに削って、ひし形にしたスーパーボールが水面で弾む成功率は、球体（直径2.0cm）・厚さ1.5cm・厚さ1.0cm 全て95%でした。初めの着水距離は、球体（直径2.0cm）で81.6cm、厚さ1.5cmで109.8cm、厚さ1.0cmで124.4cmでした。



実験に使ったスーパーボールの形

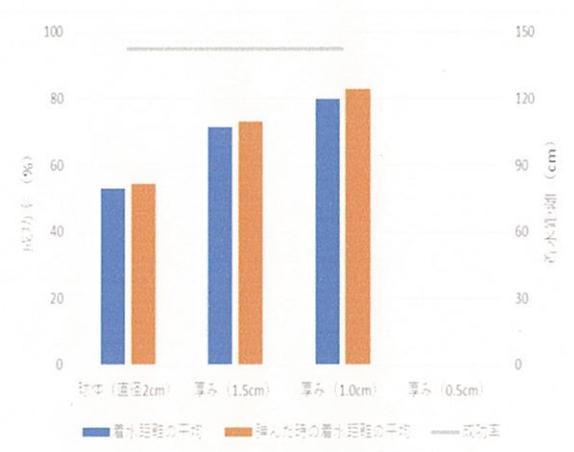


図5. 発射台3号
厚さごとによる平均距離と弾んだ割合

2-5-3. 実験③の考察

ひし形のスーパーボールは、厚み1.0cmの着水距離が1番長く、遠くまで飛ばすことができましたが、成功率は球体（直径2.0cm）・厚み1.5cm・厚み1.0cm、全て95%でした。ひし形のスーパーボールは、厚みはあまり関係がないことが分かりました。

上のみを平らに削り、底は丸いスーパーボールと比較すると、ひし形に削ったスーパーボールの方が、成功率が高い結果になりました。ひし形に削ったスーパーボールの方が、水面を滑る様に入り、滑るように水面から出ていると考えられます。

次に、上は平らで、底を斜めに削ったスーパーボールを飛ばすと、どのような結果が出るのかを調べてみます。

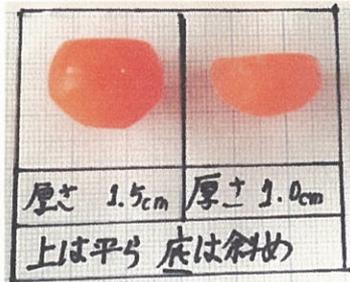
2-6. 実験④

2-6-1. 実験④の方法

発射台 3号を使って、上は平らで、底を斜めに削ったスーパーボールを、手作りプールに向かって飛ばします。水面で弾んだかとうかがと、着水した距離を調べます。厚さ 1.5cm・厚さ 1.0cm・厚さ 0.5cm にして、それぞれ違いを調べます。それぞれ 20 回ずつ飛ばします。

2-6-2. 実験④の結果

スーパーボールの上を平ら、底を斜めに削った物の水面で弾む成功率は、厚さ 1.5cm で 100%、厚さ 1.0cm で 95% でした。着水距離は、厚さ 1.5cm で 89cm、厚さ 1.0cm で 95cm でした



実験に使ったスーパーボールの形

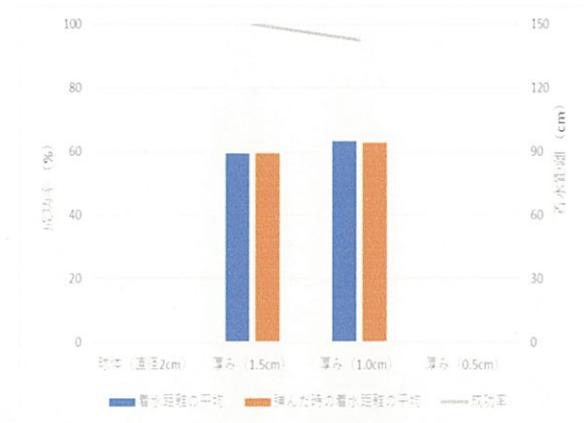


図 6. 発射台 3号
厚さごとによる平均距離と弾んだ割合

2-6-3. 実験④の考察

厚み 1.0cm の物は、ひし形に削ったスーパーボールと上を平らに削り、下を斜めに削ったスーパーボールを比べると、成功率に違いはありませんでした。

厚み 1.5cm の物は、ひし形に削ったスーパーボールよりも、上を平らに削り、下を斜めに削ったスーパーボールの方が、成功率が高くなりました。上が平らで底を斜めに削ったスーパーボールの方が、水面を滑るように入り、滑るように水面から出ていると考えられます。

2-7. 実験①～④のまとめ

発射台 3号を使った場合、球体 (直径 2.0cm) のスーパーボールと、ひし形に削ったスーパーボールは、水面で弾む成功率は変わらない。

厚み 1.5cm の物は、上を平らにし、底を斜めに削ったスーパーボールが水面で弾みやすい。上のみを平らに削ると、不安定になり、水面で弾む成功率が下がる。

厚み 1.0cm の物は、上下を平らに削った物や、上のみを平らに削るよりも、ひし形や、上が平らで底を斜めに削ったスーパーボールの方が、水面で弾む確立が高くなる。

厚み 0.5cm の物は、上下を平らに削ったスーパーボールよりも、上のみを平らに削ったスーパーボールの方が、水面で弾みやすい。

発射第 3号を使った場合、12 種類の形の中で、水面で弾む確立が高いものは、

No. 1・・・ 上を平らにし、底を斜めに削り、厚さを 1.5cm にした物 (成功率 100%)



No. 2 . . .

球体（直径 2.0cm）の物。

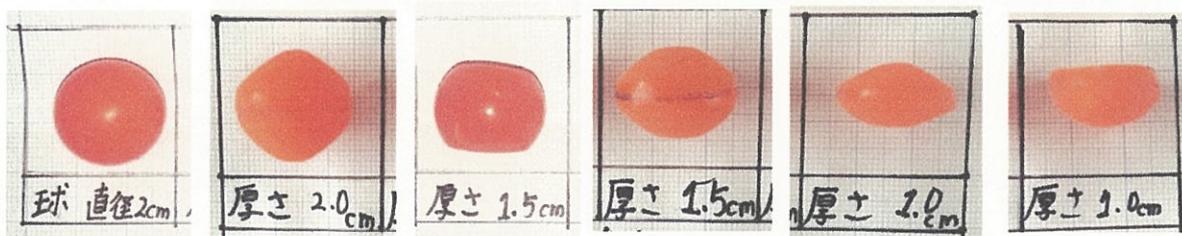
ひし形に削り、厚さ 2.0cm の物。

上下を平らにし厚さ 1.5cm にした物。

ひし形に削り、厚さを 1.5cm にした物。

ひし形に削り、厚さを 1.0cm にした物。

上は平らにし、底を斜めに削り、厚さを 1.0cm にした物。（6 種とも成功率 95%）



手作りのプール（長さ約 2m）では、スーパーボールが弾むか弾まないかを調べる事はできましたが、水面で何回弾むのかを調べる事ができませんでした。そのため、根本小学校の小プール（長さ 12m）をお借りして、水面で何回弾む（跳ねる）のかを調べてみます。

2-8. 実験⑤の方法

2-8-1. 実験⑤

発射台 3号を使って、根本小学校の小プール（長さ 12m）を貸してもらい、スーパーボールが水面で何回跳ねる（弾む）のかを調べます。初めの着水距離・跳ねなくなった距離についても調べます。

実験①～④までの結果から、弾む成功率が高かった物や、比較すると面白そうだった物を選んで調べます。球体（直径 2.0cm）、厚み 1.5cm の 4 種類の形、厚み 1.0cm の 4 種類の形のスーパーボールを使って調べます。各 20 回ずつ飛ばします。



小学校のプール



実験の様子

2-8-2. 実験⑤の結果

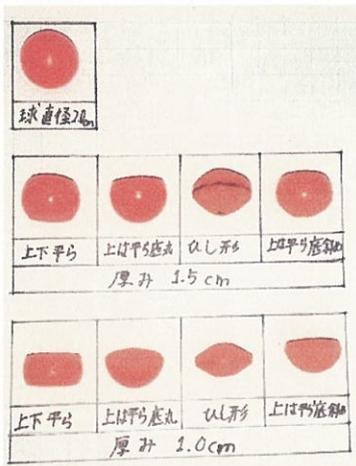
水面で弾む成功率が 1 番高かった物は、上を平らにし、底を斜めに削り、厚さ 1.5cm にしたスーパーボールで、95%でした。成功率が良くなかった物は、上だけを平らに削り、厚み 1.5cm にしたスーパーボールで、30%でした。

水面で弾む回数が良かった物は、上を平らにし、底を斜めに削り、厚さ 1.0cm にしたスーパーボールで、平均 4 回でした。このスーパーボールは、6 回水面で弾む事もありました。1 番弾み回数が多かった物は、上下を平らに削り厚さ 1.0cm にしたスーパーボールで、8 回水面で弾みました。水面で弾んだ時の着水距離は、2m から 3m の間でした。

水面で弾みながら進み、弾まなくなった距離は、上下を平らに削り厚さ 1.0cm にした物が、平均 598m で、1 番長かったです。このスーパーボールは、弾みながらプールから飛び出してしまう事（12m 以上）が 2 回ありました。上を平ら、下を斜めに削り厚さ 1.0cm のスーパーボールも、弾みながらプールから飛び出しました。

表 1. 弾んだ割合、跳ねた回数、平均距離

スーパーボールの形	球体 (直径2.0cm)	厚さ1.0cm				厚さ1.5cm			
		上下、平ら	上平 下丸	上平 下斜め	ひし形	上下、平ら	上平 下丸	上平 下斜め	ひし形
成功率(%)	40	70	70	85	85	90	30	95	85
表面で跳ねた平均回数 (回)	2	3	2	4	3	3	3	2	2
着水距離の平均 (cm)	276	305	291	232	270	246	244	223	198
跳ねた時の着水距離の平均 (cm)	269	299	299	238	291	245	228	222	203
弾まなくなった距離の平均 (cm)	435	598	526	544	587	465	448	397	415



小学校プールで使ったスーパーボールの形

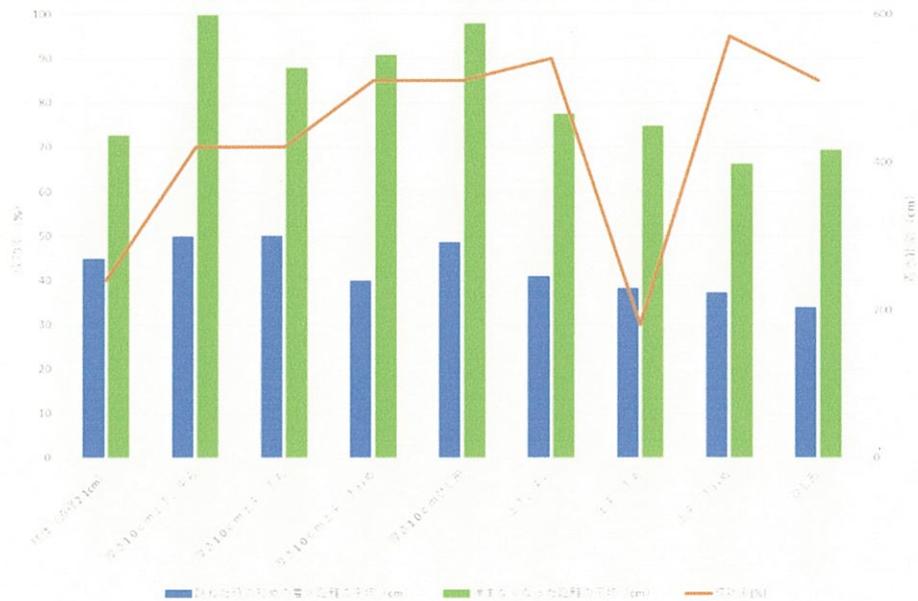


図 7. 発射台 3号 小学校プール形ごとによる平均距離と弾んだ割合

2-8-3. 実験⑤の考察

厚さ 1.5cm に削ったスーパーボールについては、底の形は丸いよりも斜めに削った物の方が、水面で良く弾むことが分かりました。

水面で弾む成功率が 1 番高い物と、弾む回数が 1 番多い物は、同じ物ではありませんでした。

上を平ら、下を斜めに削り厚さ 1.0cm のスーパーボールは、水面で弾む回数が平均 4 回で、多いときは 6 回弾みました。また、弾みながらプールから飛び出してしまう事もありました。水面で弾む成功率は 85% なので、安定して水面で弾んだと考えられます。

上を平ら、下を斜めに削り厚さ 1.5cm のスーパーボールは、水面で弾む成功率が 95% で、殆ど水面で弾みました。水面で弾む回数は平均 2 回ですが、安定して弾んでいると考えられます。

形は、上を平ら、下を斜めに削ると、成功率も弾む回数も高くなる事が分かりました。厚さは、1.5cm よりも 1.0cm の方が弾む回数が高くなるので、スーパーボールの重さも関係していると思われます。

根本小学校の理科室にある電子秤をお借りして、全ての形のスーパーボールの重さを量り、それぞれの重さの平均を出しました。水面で弾む成功率が高かった形、上を平ら、下を斜めに削ったスーパーボールは、厚さ 1.5cm で 2.75g、厚さ 1.0cm で 1.98g でした。0.7g の違いが水面で弾む回数や、弾む成功率に関係している事が分かりました。形や重さの違いで、水面で弾む回数や、成功率が違うと言う事は、水面で弾む時の様子に違いがあるのかもしれないと思いました。

表2. 形によるスーパーボールの平均の重さ

図	形	球 (直径2.0cm)	厚み (1.5cm)	厚み (1.0cm)	厚み (0.5cm)
	上下を平らに削った物	3.95	3.54	2.65	1.44
	上を平らに削った物	-	3.23	2.07	0.76
	ひし形	3.50	2.75	1.98	-
	上は平ら・下は斜めに削った物	-	3.05	2.30	-

(g)

スーパーボールが水面で弾む様子を観察しましたが、飛ぶ速さが速すぎて、全く分かりませんでした。そのため、動画をスロー撮影し、コマ送りで確認することで、何か違いがないか調べてみました。

スロー動画をコマ送りにした画像を確認すると、発射台3号から飛び出した球(直径2.0cm)のスーパーボールは、水面で弾む時には、水面に着水する時に、約 5° の角度で入水している事が分かりました。その後、約17cm水面を滑り、2回目の弾みへと進みました。水面で弾んだ後、水面から離れる時は、約 6° でした。

上は平ら、底は斜めに削り、厚さ1.5cmのスーパーボールは、水面を14cm滑った後、約 8° で水面から離れる事が分かりました。

上は平ら、底は斜めに削り、厚さ1.0cmのスーパーボールは水面を13cm滑った後、約 8° で水面から離れる事が分かりました。

スロー動画をコマ送りにした画像なので、正確ではないかもしれませんが、水面を離れる時の 1° 、 2° の違いが、弾む回数に影響があるのではないかと考えられます。

上下を平らに削ったスーパーボールが水面で弾まなかった時のコマ送りの画像では、水面に着水する時に、 9° の角度で入水していました。その後、約70cm水面を滑りながら進み、止まってしまいました。

水面に着水する時の角度も、水面から離れる時の角度も、水面で弾む成功率に関係している事が分かりました。

今回は、2回目以降に弾んだ時の着水の角度や、水面から離れる時の角度については調べることが出来ませんでした。2回目以降の弾み方を調べると、もっと面白い結果が分かるかもしれません。

3. 結論

- ・発射台1号(理科の実験で使ったモーター)と発射台2号(ウルトラダッシュモーター)を使った実験では、球体(直径2.0cm)のスーパーボールよりも、厚みを薄くしたスーパーボールの方が水面で弾む成功率が高くなる。
- ・スーパーボールの形を、上を平ら、底を斜めにし、厚さ1.5cmに削ったスーパーボールが、水面で弾む成功率が1番高い。
- ・上を平ら、底を斜めにし、厚さ1.0cmに削ったスーパーボールが、水面で弾む回数が1番多い。(平均で4回弾んだ)
- ・スーパーボールの形や厚さを変えると、重さに違いができるため、水面で弾む成功率や弾む回数に違いがある。
- ・スーパーボールの形を変えると、水面で弾んだ後、水面から離れる角度に違いがある。その違いが、水面で弾む回数に影響している。
- ・水面で弾まなかった時と、弾んだ時では、水面に入水する時の角度が違う。水面で滑る距離も違う。

4. 研究のまとめと感想

スーパーボールを水面で弾ませたいと思い、一昨年(3年生)から続けてきました。途中で何度も失敗し、落ち込むこともありましたが、でも、あきらめずに続けた結果、スーパーボールを水面で弾ませることができました。弾みややすい条件や、スーパーボールの形についても調べることができて満足しています。

何度もスーパーボールを飛ばし、何度も集めなくてはいけないので大変でしたが、今はとてもすがすがしい気持ちです。これからも、日常生活で疑問に思ったことをテーマに、実験をして調べていきたいと思いました。

最終実験
日時 : 2018年8月26日 午後8:00
場所 : 自宅のお風呂
使用スーパーボール : 上を平ら、底を斜めにし、厚さ1.5cmに削ったスーパーボール
(発射台3号使用時に成功率100%)
使用発射台 : 坂崎希実の右手による横投げ
結果 : 2回目でスーパーボールが水面で弾みました。
最終結果 : 成功

失敗は成功のもと！！

2018年 坂崎希実

実験の様子とスーパーボールが水面で弾む様子を、YouTubeにアップしました。下記のアドレス、QRコードからアクセスして、見てください。

- ①手作りプール実験の様子
- ②スーパーボールが水面で弾む様子
- ③小学校プールでの実験の様子
- ④小学校プール実験の様子②
- ⑤お風呂でスーパーボールを弾ませた

アドレスは

- ①は、<https://youtu.be/1tMFHBpXVG4>
- ②は、<https://youtu.be/2NuQHvGHJa0>
- ③は、https://youtu.be/1zxHdbMk_jew
- ④は、<https://youtu.be/LBCEYWjuV0s>
- ⑤は、<https://youtu.be/kFRUPlo7G2I>

QRコードは、

①は



②は、



③は、



④は、



⑤は、



です。

5. お礼

根本小学校のプールの使用を許可して下さった三宅裕一校長先生、実験のアドバイスを下さり、小学校のプール実験にお付き合い下さった理科教科担任の今井治先生、ありがとうございました。昨年の科学の芽大賞の発表会で、小学生の私が理解できるように、優しく簡単な言葉で説明して下さいました京都府立洛北高等学校のお兄さん・お姉さん、ありがとうございました。