

ドルフィンボールの飛ぶ高さの研究

福島大学附属中学校 2年4組 廣川和彦

研究の動機

私は水泳部に所属している。練習のときビート板を使うが、ビート板を水の中に縦に少しでも沈めると結構高く飛ぶ。そこでもっと深く沈めて行えば浮く時のスピードも上がり、もっと高く飛ばせるのではないかと思いやってみたが、高く飛ぶどころか逆にあまり飛ばなくなってしまった。プールでバレーボールを沈めてやってみたがやはり同じで、深く沈めるとあまり飛ばなくなる。このように深く沈めるとなぜ飛ばなくなってしまうのか。それを不思議に思い研究のテーマにした。

研究の目的

- ①沈める深さと飛び上がる高さの関係を調べる
- ②どうすればより高く飛ばせるかを調べる

実験1（沈める深さと飛び上がる高さの関係を調べる）

方法

用意したもの：直径 50mm の発泡スチロールのボール、深めの水槽、ナイロン袋、定規、太いビニールテープ

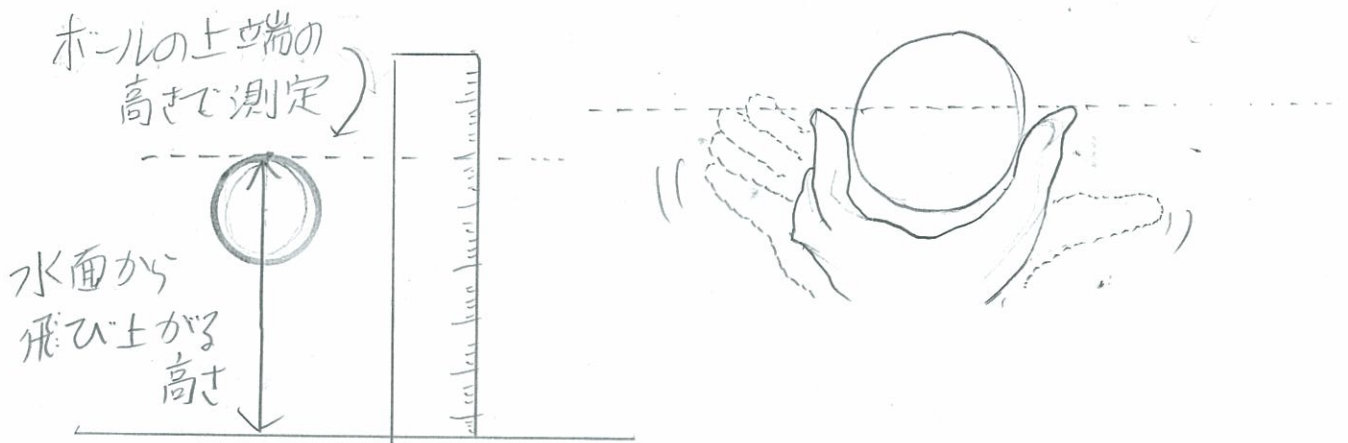


上の写真は水槽と定規とビニールテープで作った実験装置である。定規はボールが飛んだ時の高さを測るためのものである。実験では水槽の中に手を入れて行うので、手を入れた

時の水面に定規の0を合わせた。

実験の手順

- ① 直径 50mm の発泡スチロールのボールを用意する
- ② 定規を測定する深さに設定し、ボールが定規の端にくるように沈める
(0 cm から 1 cm きざみで深くする)
- ③ ボールを手から離す。この時ボールを下図のように持ち、すべての指を同時に離す。(17)
- ④ 飛んだ高さを測定する。高さは、ボールの上端の位置で測定した。手を離す位置や高さを目測する時誤差が生じるので、同じ深さで 10 回測って平均を求めた。(8)



(注意したこと) ボールを飛ばすところが壁や定規に近すぎるとボールを離れた時にボールがぶつかってしまうので、壁からボールを 7~8 cm 離して実験した。

予想

プールでの体験から、水面から少しだけ沈めた時に最も高く飛び上がると思う。そして、ある程度の深さまで沈めるとその後はほとんど変わらなくなると思う。

結果

直径 50mm のボールを沈めた深さと飛び上がる高さの関係は以下のようになった。

表

沈めた深さ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
飛び上がる高さ	11	12.3	13.4	13.9	14.1	13.1	11.4	9.5	8.4	7.3	6.5



結果からわかること

- ① 直径 50mm のボールは沈めた深さが 4 cm の時に最も高く飛び上がり、その後は高さが低くなっていった。実験を進めればこの後もさらに低くなっていくと考えられる。
- ② 深さが 0 cm (ボールの中心は深さ 2.5 cm) の時のほうが 7 cm 以上の深さの時より高く飛び上がった。
- ③ 深さが 9 cm 以上になると、水中でボールが揺れたり回転するため、手を離した時の位置と飛び上がる位置がかなり変わってしまうことがわかった。

疑問点

- ① 直径 50mm のボールが最も高く飛び上った高さは 14.1cm だったが、もっと高く飛ばすためにはどうすればよいか
→ ボールの体積など、一つだけ条件を変えて実験を試みる
- ② ボールを深く沈めるとあまり高く飛ばないのは、ボールが水中で揺れるためなのか
→ ボールをまっすぐ飛ばすようにして、そうでない物と比べて実験してみる

実験2 (ボールの体積を変えて、どれが一番高く飛ぶかを調べる)

方法

用意したもの：直径 30mm、60mm、70mm の発泡スチロールのボール、実験1で使った実験装置

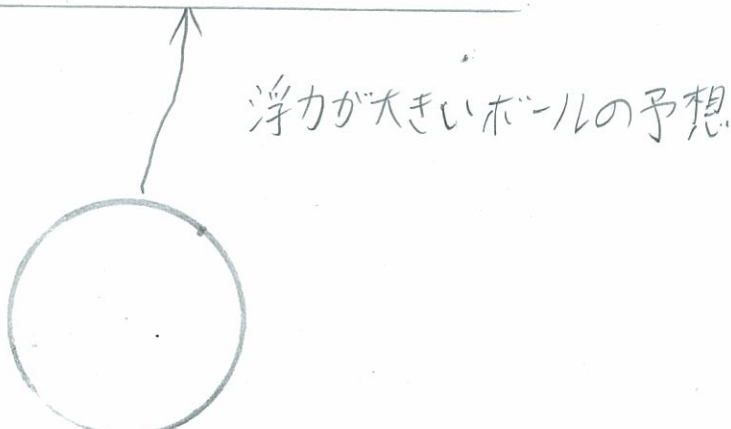
実験の手順

- ① 直径 30mm、60mm、70mm の発泡スチロールを使って、実験1と同じように飛んだ高さを測定した。

(注意したところ) この実験では大きなボールを使うので、滑らないように気をつけた。

予想

体積の大きなものの方がはたらく浮力が大きくなるので、直径 70mm のボールが一番高く飛ぶと思う。そして、ある程度の深さまで沈めてもあまり揺れないと思う。逆に 30mm のボールは浮力が小さいため、揺れるのではないかと思う。(図)



結果

実験2の結果は以下のようになった。(表中の×は水面から上に飛び上がらず、水面に留まったことを示す)

実験1で行った直径 50mm のボールのデータも比較するため載せている

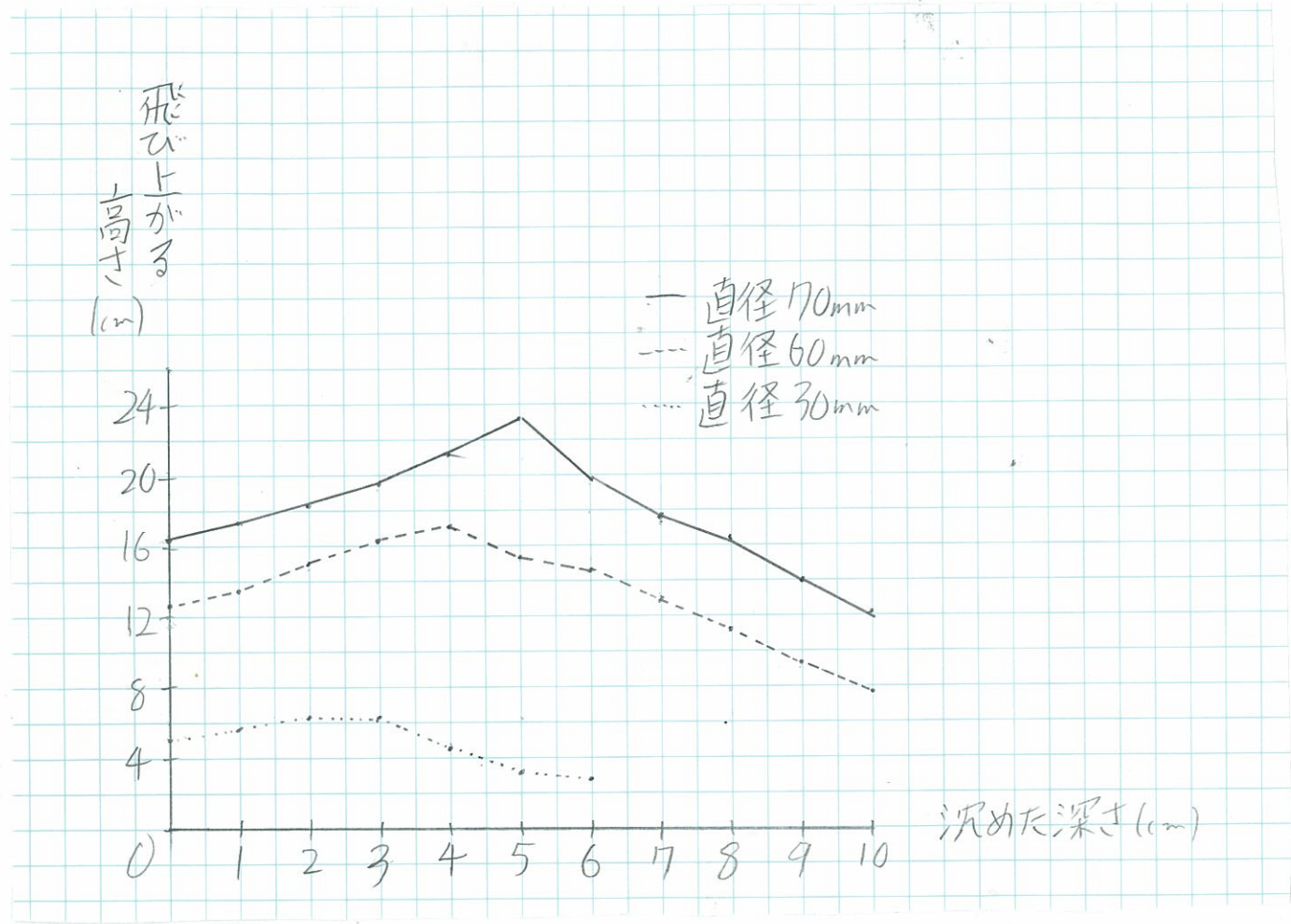


左の写真は直径70mmのボールが飛んでいる時の様子 20cmをこえているのが分かる。

表

沈めた深さ (cm)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
高さ	直径30mmのボール	5.1	5.5	6.2	6.1	4.5	3.2	2.8	X	X	X	X
さび	直径50mmのボール	11	12.3	13.4	13.9	14.1	13.1	11.4	9.5	8.4	7.3	6.5
出	直径60mmのボール	12.5	13.6	14.8	16.1	16.9	15.3	14.5	12.9	11.2	9.2	7.8
(m)した	直径70mmのボール	16.3	17.1	18.2	19.5	21.2	23.2	19.9	17.6	16.2	14	12.1

777



結果からわかること

- ① ボールの大きさが大きいほど高く飛び上がった。
- ② 実験1と同じようにある深さ以上に沈めると次第に飛び上がらなくなった。
- ③ 直径30mmのボールは7cm以上沈めると飛ばなくなった

実験3 (ボールの重さを変えて、何が一番飛ぶか調べる)

方法

用意したもの: 直径50mmのプラスチックボール、実験装置

実験の手順

- ① 直径50mmのプラスチックボールで前の実験と同じように飛んだ高さを測定した。

予想

重い物のほうが働く重力が大きくなるので、プラスチックボールはあまり飛ばないと思う。

結果

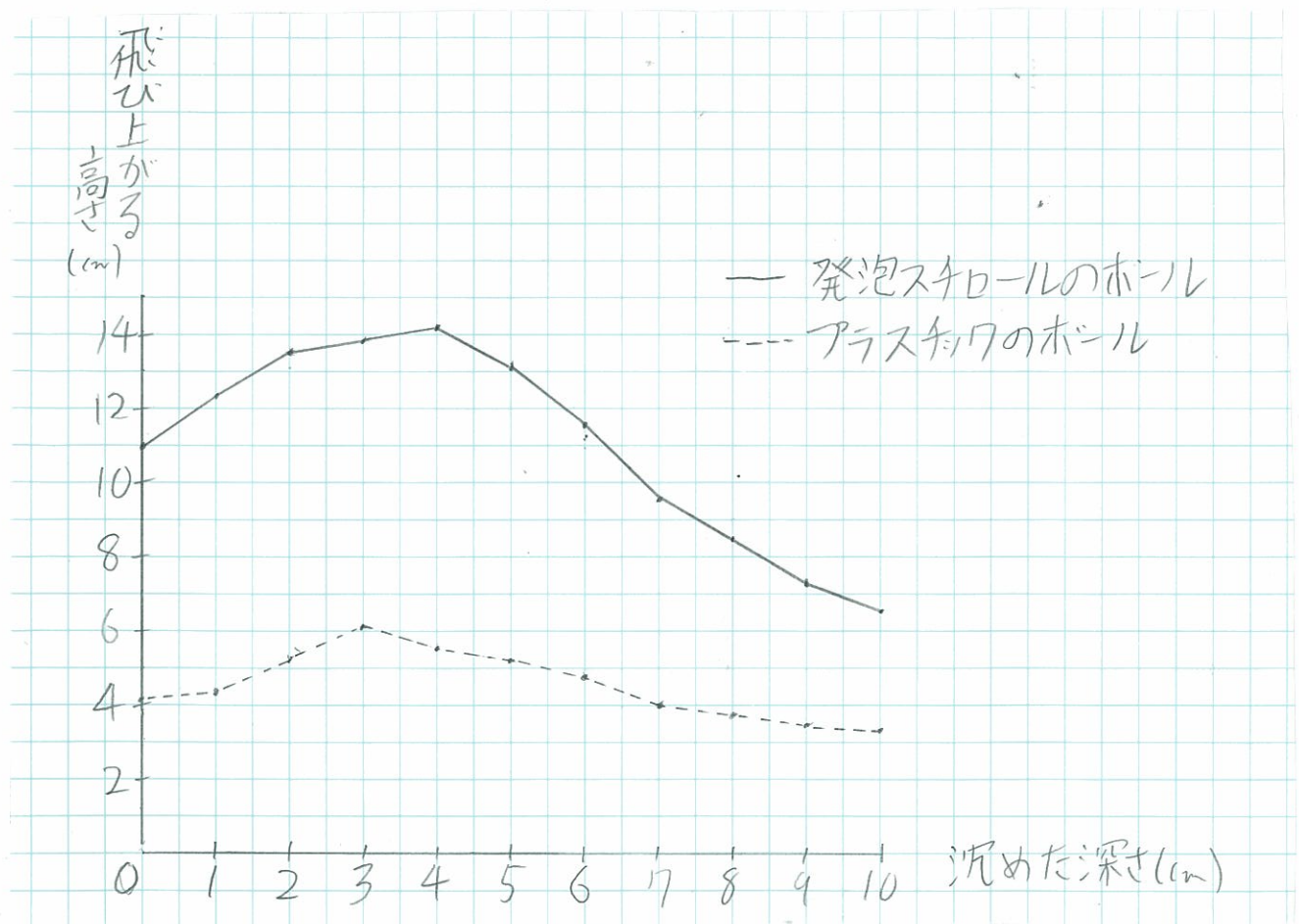
実験3の結果は以下ようになった

実験1の発泡スチロールのデータも載せている

表

沈めた深さ(m)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
とび出したプラスチックのボール	4.1	4.3	5.2	6.1	5.5	5.2	4.8	4	3.8	3.5	3.3
高さ(m) 発泡スチロールのボール	11	12.3	13.4	13.9	14.1	13.1	11.4	9.5	8.4	7.3	6.5

グラフ



結果からわかること

- ① ボールが軽いほうが高く飛んだ。
- ② プラスチックボールはあまり高く飛び上がらなかったが、深く沈めても発泡スチロールのボールほど高さは変わらなかった。

実験4 (ボールの形を変えて、どれが一番飛ぶかを調べる)

方法

用意したもの：直径 50mm の発泡スチロールのボール、直径 50mm のボールとほぼ同じ体積・重さの卵型発泡スチロールボール、カッター、実験装置

実験の手順

- ① 直径 50mm のボールの一部をカッターで切り落とす。
- ② 上端を切ったボールと卵形のボールを使い、前の実験と同じように飛んだ高さを測定する。

(注意したところ) 上端を切ったボールは切った面が上になるようにするため、手を離すときに回転がかからないようにした。卵形のボールももがっているほうが上になるようにするため同じようにした。



予想

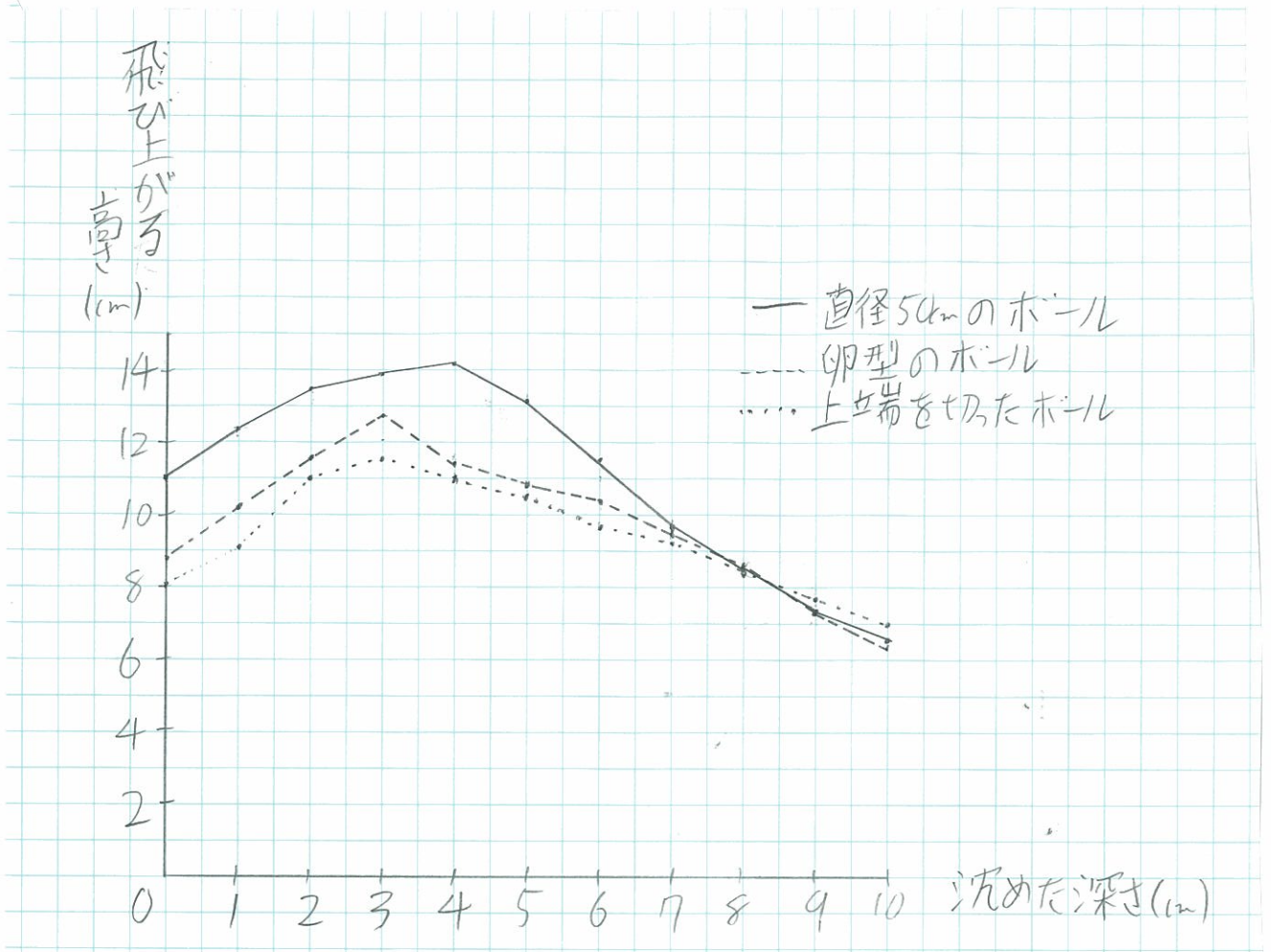
上端を切ったボールは抵抗力が大きいいため、あまり飛び上がらないと思う。卵形のボールは、直径 50mm のボールと同じように飛び上がると思う。

結果

結果は以下のようになった。

表

沈めた深さ(cm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
たて高さ出し	直径50mmのボール	11	12.3	13.4	13.9	14.1	13.1	11.4	9.5	8.4	7.3	6.5
たて高さ出し	卵型	8.8	10.1	11.5	12.7	11.3	10.8	10.4	9.3	8.5	7.3	6.4
たて高さ出し	上端を切ったボール	8	9.1	11	11.5	11	10.5	9.7	9.2	8.3	7.8	7



結果からわかること

- ① 上端を切ったボールはあまり飛ばなかった。卵形のボールも球形のボールほど高く飛ばなかった
- ② 上端を切ったボールは高さの変化があまりなかった。

実験5 (ボールがまっすぐに飛ぶとどうなるか調べる)

方法

用意したもの：直径 50mm の発泡スチロールのボール、太い針金、実験装置

実験の手順

- ① 太い針金を直径 50mm の発泡スチロールのボールに刺す
- ② 針金を通したボールで前と同じように飛んだ高さを測定する



針金をさしたボールの
 実験の様子
 まっすぐ飛んでいることが
 分かる。

予想

水中での揺れが高く飛ばなくなる原因だと考えられるので、針金をつけたほうが高く飛ぶと思う。

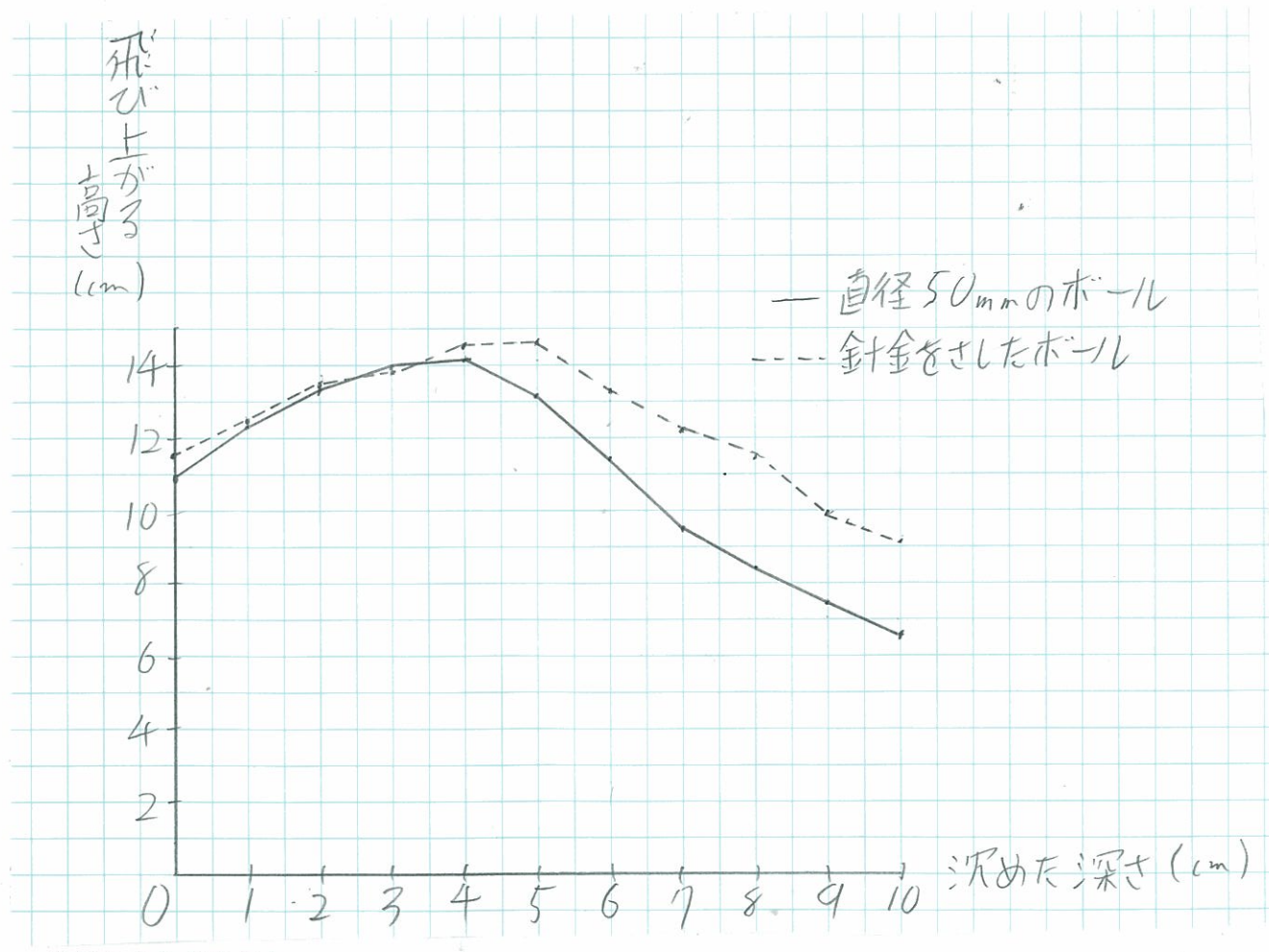
結果

結果は以下のようになった

表

沈めた深さ(cm)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
とび出した	直径50mmのボール	11	12.3	13.4	13.9	14.1	13.1	11.4	9.5	8.4	7.3	6.5
高さ(cm)	針金をさしたボール	11.5	12.4	13.5	13.8	14.5	14.5	13.2	12.2	11.3	10	9.1

グラフ



結果からわかること

- ① 深さ4cmまでは同じように飛び上がったが、それ以上深くなると、針金を刺したほうが高く飛び上がるようになった
- ② ボールを深く沈めた時におこる揺れはボールが飛ぶのを妨げている。

考察

実験1では、ある程度の深さまで沈めるとその後はほとんど変わらないと予想したが、結果はどんどん低くなっていった。この後も低くなり続けて、最後には飛ばなくなると考えられる。一定以上深くなると、浮力よりも抵抗の方が強くなるためこのような結果になったと思われる。実験2では体積が大きいほど浮力が大きくなるため高く飛ぶと予想し、結果もそうだった。直径30mmと直径70mmのボールの揺れを比較すると、揺れる大きさは直径30mmの方が大きかった。小さいボールは浮力が小さいため不安定になりやすいと考えられる。実験3では重さが重いとあまり飛び上がらないと予想し、結果も同じようになった。プラスチックボールは深く沈めても飛ぶ高さの変化があまりなかったもので、重いものは水中で揺れが少なく安定しているのではないかとと思われる。実験4では球体と卵形が同じように高く飛ぶと思ったが、卵形はあまり高く飛ばなかった。卵形のボールの長径は50mmだったが、短径は40mmしかなく、球形に比較すると体積が小さかったためにこのような結果になってしまったのかもしれない。条件の設定に問題があったと思われる。上端を切ったボールは高く飛ばなかったが、上が平面なのでほとんど揺れていなかった。揺れが少ないにもかかわらず抵抗が大きいということになるがその理由はよくわからない。実験5では深く沈めたときにボールが水中で揺れるため高く飛ばなくなるという予想を立て、結果は同じだった。そこで深く沈めるとなぜボールが水中で揺れるのかを考えてみた。深く沈めるとボールが浮かび上がる時に水の抵抗を受ける。その抵抗によって、ボールの周りに小さな波のようなものができ、その波のようなものによって揺らされているのではないかとと思われる。小さいものや、軽いものは特に動かされやすいのではないかと考えられる。

実験2のグラフをみると、すべて最高の高さから右へはほぼ直線状に下がっているが、この線をずっと延ばしていくと高さ0cmになる。その場所、すなわち浮かび上がっても飛ばなくなる深さはそのボールの直径の約3倍になっていることがわかった。例えば、直径7cmのボールでは20~21cm沈めると飛ばなくなるということになる。

感想

今回の実験はすべて目で観察しないといけないので大変だった。資料もあまりなかったので考察も難しかった。なぜボールを深く沈めると揺れるのかを知りたい。研究を通して、なぜボールは浮くのかということも不思議に思った。最後に、直径の3倍以上の深さだと飛び上がらないということに驚いた。