津波の研究３
～ 津波の引き波の力と速さ ～

千葉市立緑町中学校　第３学年
中村　亮輔

津波の研究3

～津波の引き波の力と速さ～

千葉市立緑町中学校
3年C組 27番
中村亮輔

目次

○研究の動機 P2

○波の研究 Part 1 P3

Part 2 P5

○引き波の研究 研究方法（用意するもの） P8

（実験1） P9

（実験2） P10

実験（水量） P11

（水深） P18

（角度） P25

（速さ） P34

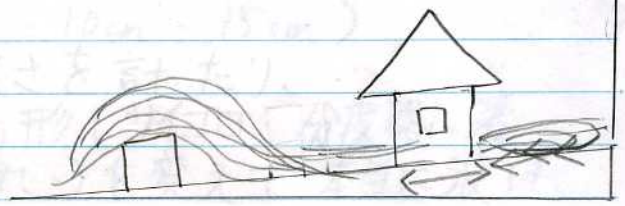
まとめ P39

感想・協力者 P42

研究の動機

2年生のときに波の威力を抑える実験(図a)を行った。その時に家が波で押された後に戻ってきた波に押し戻されていた。それを見て波の押す力と引く力に何か違いがあるのかと疑問に思ったということと、震災で引き潮で様々なものをもっていってしまったことを見てこの研究を行おうと思った。波の力がどのような条件のときにどのくらい強くなるのか 波が来ても被害が少なくてすむのはどういうときか明らかにしたい。

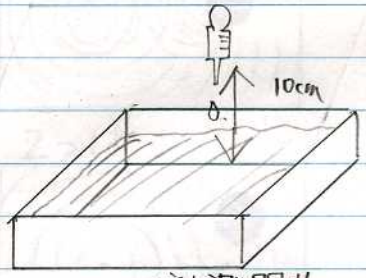
図a



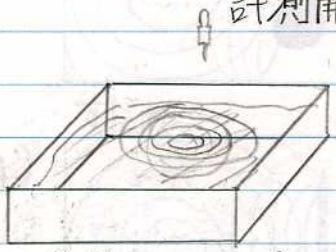
波の研究 1

僕は今までに波に関する実験を2回行ってきた。
1年生のときは波の動き（波紋）の研究を行ったった。

図b



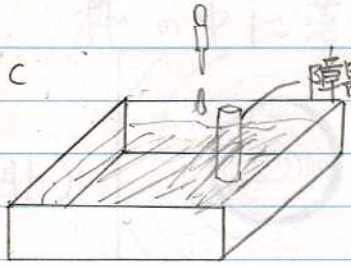
計測開始



半径20cmになったら計測終了

ケースに水をはりスポイトで一滴だけ垂らす（図b）
（高さ（5cm 10cm 20cm 30cm）
重さ（水滴・ビー玉・ゴルフボール 野球ボール）
水深（5cm・10cm・15cm））
を変えて速さを計ったり、
落とすものの形（サイコロ・分度器・箸・下敷き・すだれ）を変えて本当に波は同心円状にしか広がらないのかと実験をしたり、障害物を置いて（図c）波がどう変化するのかを見た。
他にもわくの中に水滴をたらしたときの変化なども調べた（図　）

図c

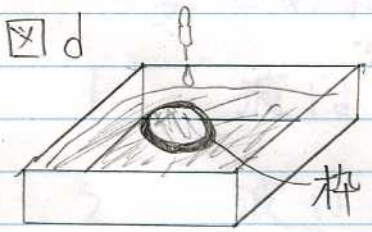


結果は

速い ⟷ 遅い

高さ	高くても低くても変わらない	
重さ	重いもの	軽いもの
水深	深い	浅い

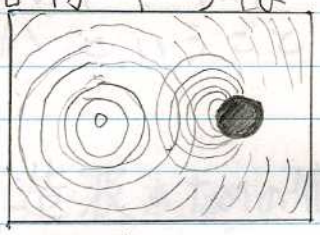
図d



落ちたものの衝撃より落ちたものの直径が大きいほうが速さにより関係している
水深は深いほど速く低い波になる。

障害物 1つは

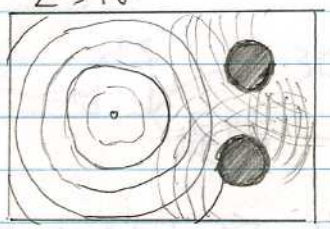
(図e)



当たったところははね返り
障害物の後ろは波がない(図e)

2つは

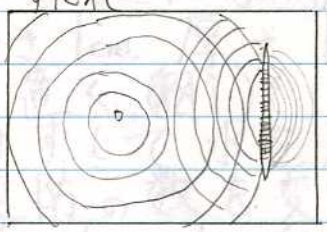
(図f)



1つのとき同様 当たったところは
はね返り、障害物の後ろは波がない
斜めに当たったので斜め後ろに波がない(図f)

すだれ

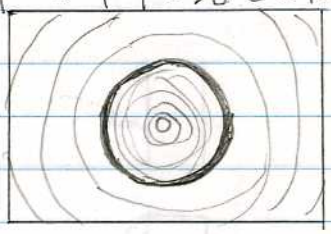
(図g)



すだれのすき間を通りぬけた波もある
(図g)

枠の中に落とした場合

(図h)



枠に当たって円状に波が戻る
枠に当たった衝撃で外にも波が
できている。(図h)

以上のことから1年生の波紋の実験をこのように
まとめました。

1 波は強い衝撃によって高くなり深いほど速くなる

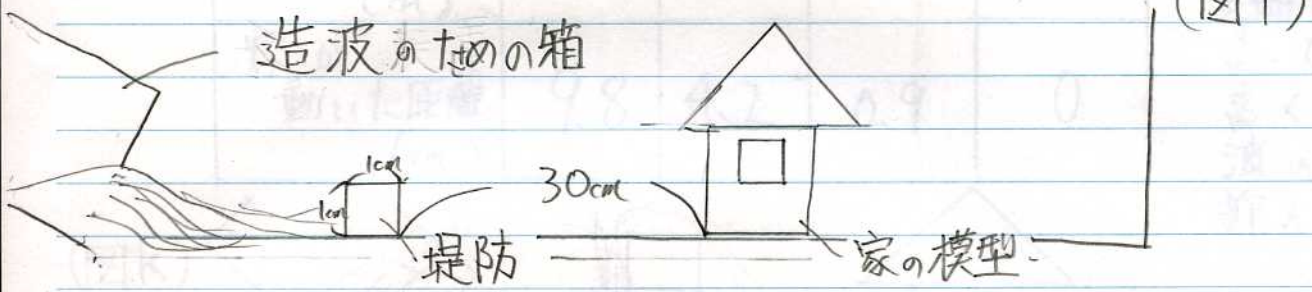
2 波は必ず円状に広がる

3 障害物にあたるとはね返される

KOKUYO

波の研究 2

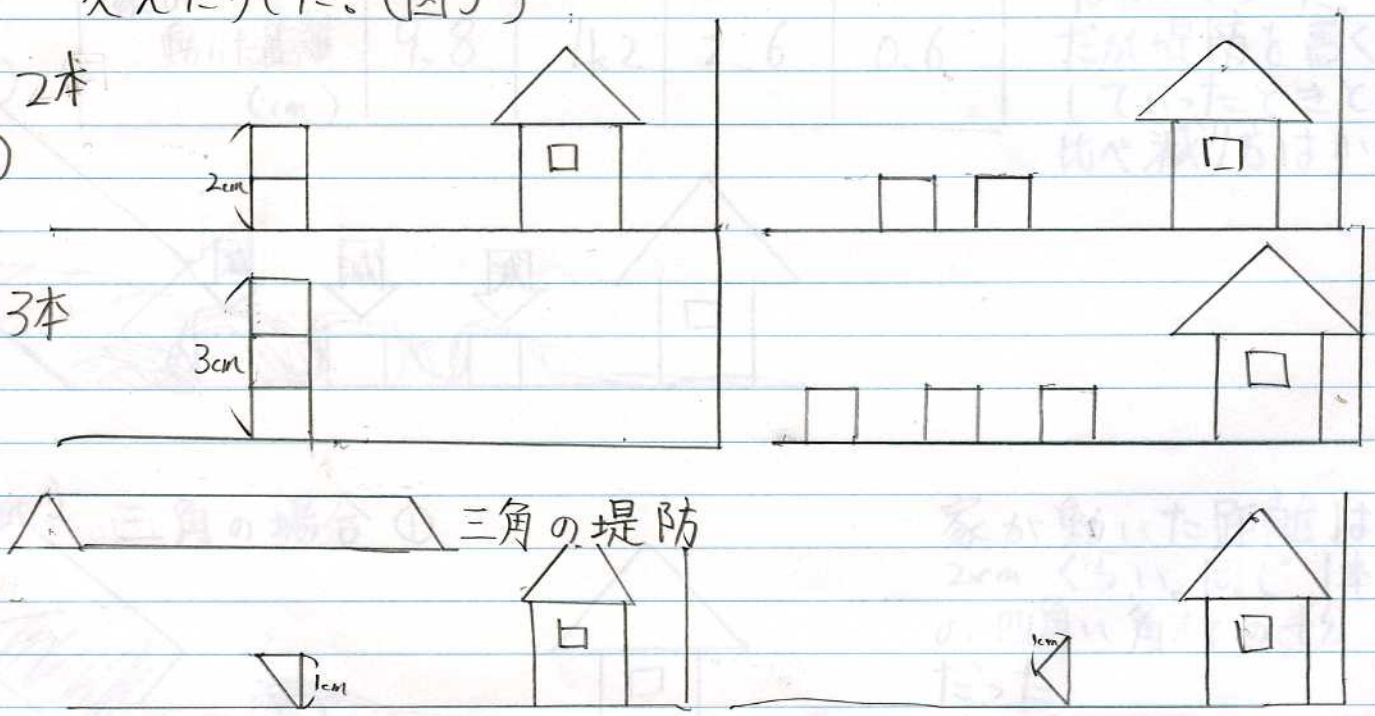
2年生のときには津波の被害を抑えるにはどうしたらいいかということを堤防を工夫して実験を行った。



(図1)

木でできた家の模型から30cm離れたところに高さ1cm厚さ1cmの堤防に見たてた角材を置く。(図1)そして水を貯めた箱のふたをはずして水を流し、家がどのくらい動くかを調べた。堤防の数を変えて積んだり数を増やしたり形を変えたりした。(図丁)

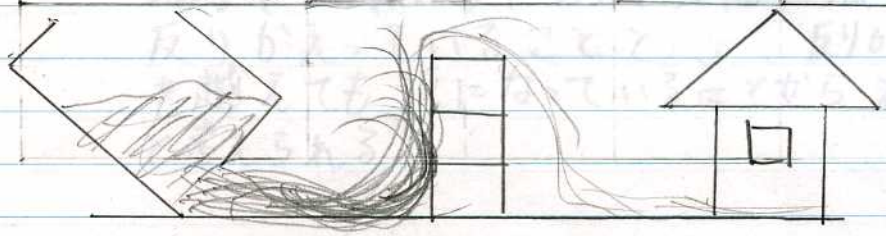
(図丁)



堤防の高さ (cm)	0	1	2	3
家が動いた距離 (cm)	9.8	4.2	0.9	0

堤防が高くなると家が動いた距離は小さくなった。よって堤防が高くなるほど波の威力は抑えられる。

(図k)

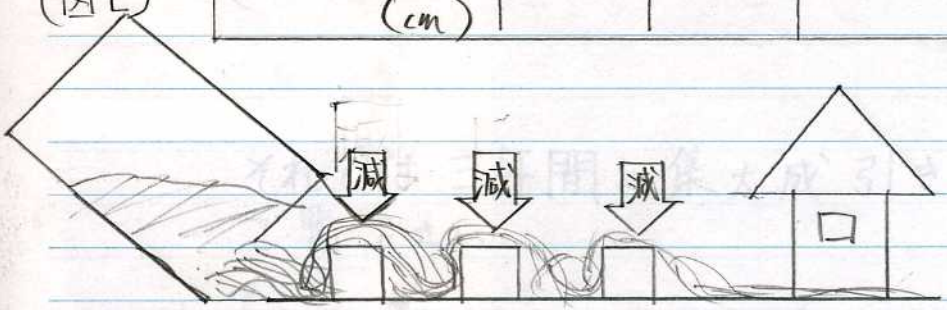


(水は入ってくる)

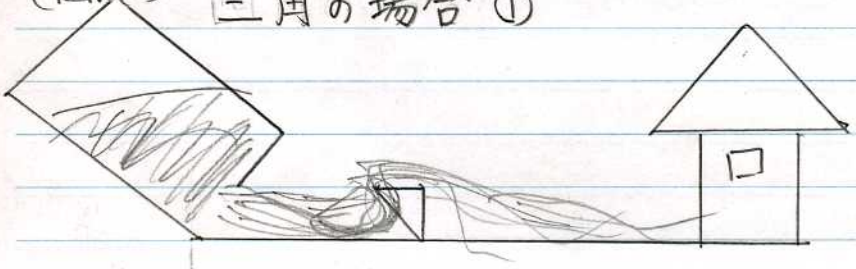
堤防の数 (本)	0	1	2	3
家が動いた距離 (cm)	9.8	4.2	2.6	0.6

こちらも堤防の数が増えると、家が動いた距離は小さくなった。だが堤防を高くしていったときと比べ減り方は小さい

(図L)



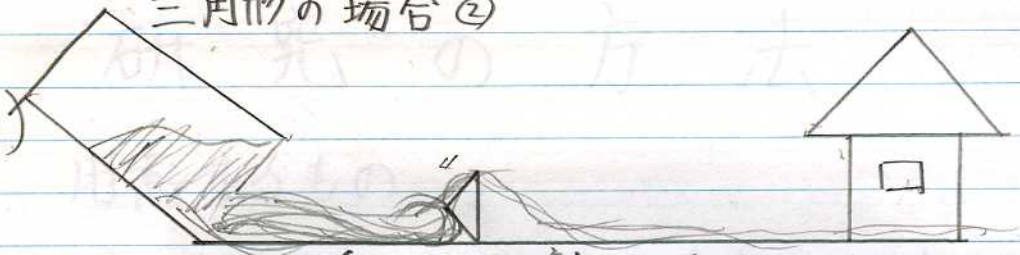
(図m) 三角の場合 ①



家が動いた距離は2cmくらい。同じ1本の四角い角材の半分だった。
波を受ける面が反りかえっているので波は越えにくかった。

三角形の場合②

(図n)



家が動いた距離は0.6cmくらいと四角形の場合や三角形①に比べ大幅に減った。
反りかえっていることと、反りかえっているところを越えても坂になっていることから波が侵入しにくいと考えられる

以上のことから一番津波の被害を少なくする堤防は波をうける面が反りかえっていて高さのある堤防。

※(数を増やすことは場所を多く取ってしまうのであまりよくないと思う)

それでは三年間の集大成引き波の研究をご覧下さい。

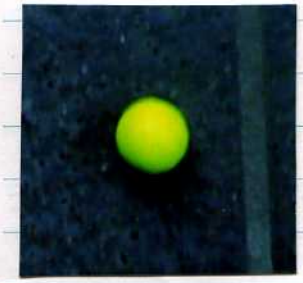
引き波の研究

研究の方法

用意するもの

- 直径2cmの釣り用浮き玉（写真①）
- バケツ（写真②）
- 縦45cm 横62cm 高さ18cmの入れ物（写真②）
- 縦1cm 横1cm 長さ50cmの角材（写真②）
- 30cm定規
- ストップウォッチ

写真① 浮き玉



写真② 入れもの 角材 バケツ

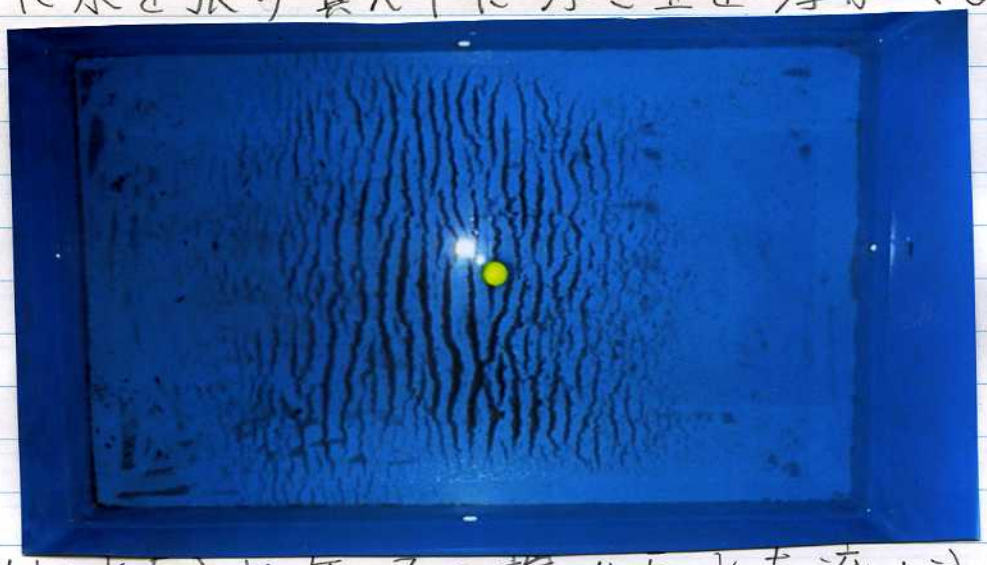
変えていく条件

			基準					
水量（L）	1.0		1.5	2.0	2.5	3.0		
水深（cm）	2.5		5.0	7.5	10.0			
※角度（本）	−1		0	1	2	3	4	5	6

※同じ角材を流す場所と反対に積み、角度を変える

研究方法　(実験1) 威力の違いを調べる

1 ケースに水を張り真ん中に浮き玉を浮かべる。



2 バケツに水を入れケースの端から水を流し込み波を起こす。

3 一番最初に発生した波によって浮きが流された距離をはかる

4　波で押し流されなくなった地点を0とし戻ってくる波で押し戻された距離を計測する。

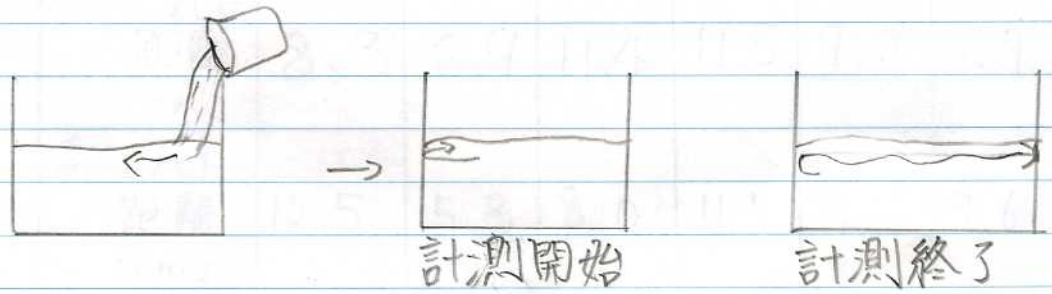
例）

（実験2）引く速さを調べる

1　ケースに水を張る

2　はね返った波がまた戻ってくるまでの時間を計る

（図0）



実験

実験1　水量を変える

水量を1.0L 1.5L 2.0L 2.5L 3.0Lに変え波を起こす。1つの条件につき5回ずつ実験を行う。水深は5cm角度はなしで実験する

予想　水が多いほど威力が上がり移動距離も増える水量が倍になると距離も倍になると思う。そして水量が増えるほど威力の差は大きくなると思う

結果

水1.0Lの場合

	1	2	3	4	5	平均
押された距離(cm)	8.3	8.9	11.4	11.5	9.2	9.9
戻された距離(cm)	10.5	5.3	8.0	11.5	12.6	9.6

押す波のほうが引く波の威力より0.3大きいがほとんど威力は変わらない

水量1.5Lの場合

	1	2	3	4	5	平均
押された距離(cm)	19.0	18.5	20.5	10.6	14.0	16.5
戻された距離(cm)	13.3	14.8	22.5	14.5	29.5	18.9

引く波のほうが押す波より2.4cm分威力が高い
全体的に動いた距離が大きくなっている

水量2.0Lの場合

	1	2	3	4	5	平均
押された距離(cm)	9.6	12.3	6.8	11.4	18.0	11.6
戻された距離(cm)	23.5	21.5	17.7	12.8	8.2	16.8

引く波のほうが押す波より5.2cm分威力が高い
1.5Lの時と比較すると倍くらいになっている。
データにかなり差があるがこれは流すときのずれ
だと思われる

水量が2.5Lの場合

	1	2	3	4	5	平均
押された距離(cm)	17.8	5.7	6.2	14.4	12.2	11.2
戻された距離(cm)	3.6	28.0	23.5	16.0	17.2	17.6

引く波のほうが押す波より6.4cm分強い
1回2、3回目を見ると押された距離が大きい1は戻された距離は小さく押された距離が小さい2、3は戻された距離が小さくなっている。

水量が3.0Lの場合

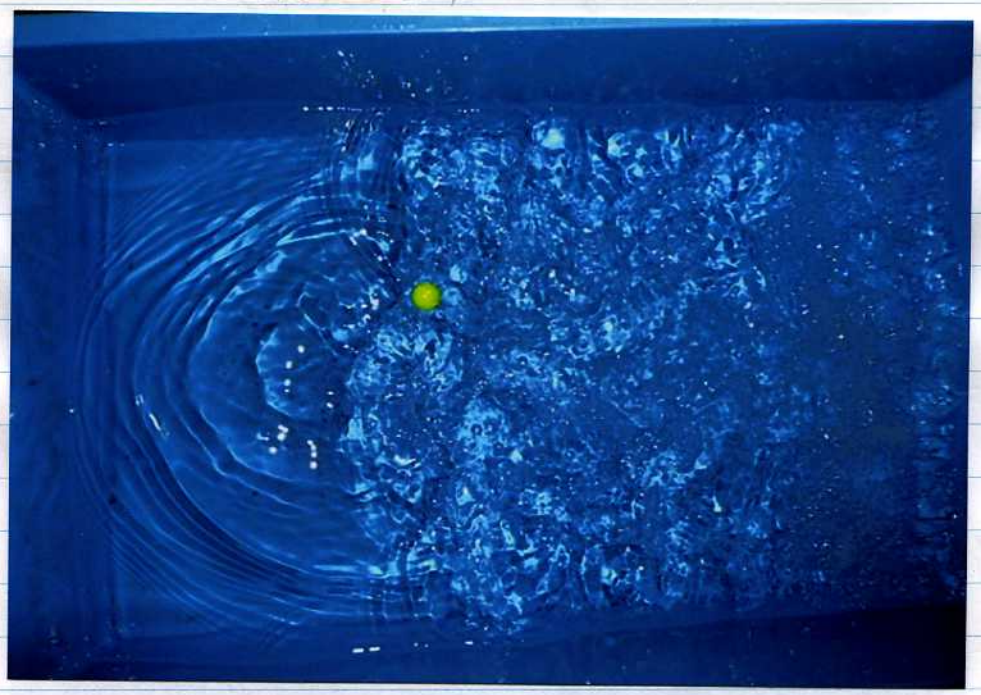
	1	2	3	4	5	平均
押された距離(cm)	11.8	0.2	10.2	9.5	17.9	9.9
戻された距離(cm)	30.0	32.0	19.5	19.0	11.1	22.3

引く波のほうが押す波より12.4cm分強い
今までの数値より押された距離が小さく
戻された距離が大きい

水量(L)	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
戻された距離−押された距離(cm)	−0.3	2.4	5.2	6.4	12.4

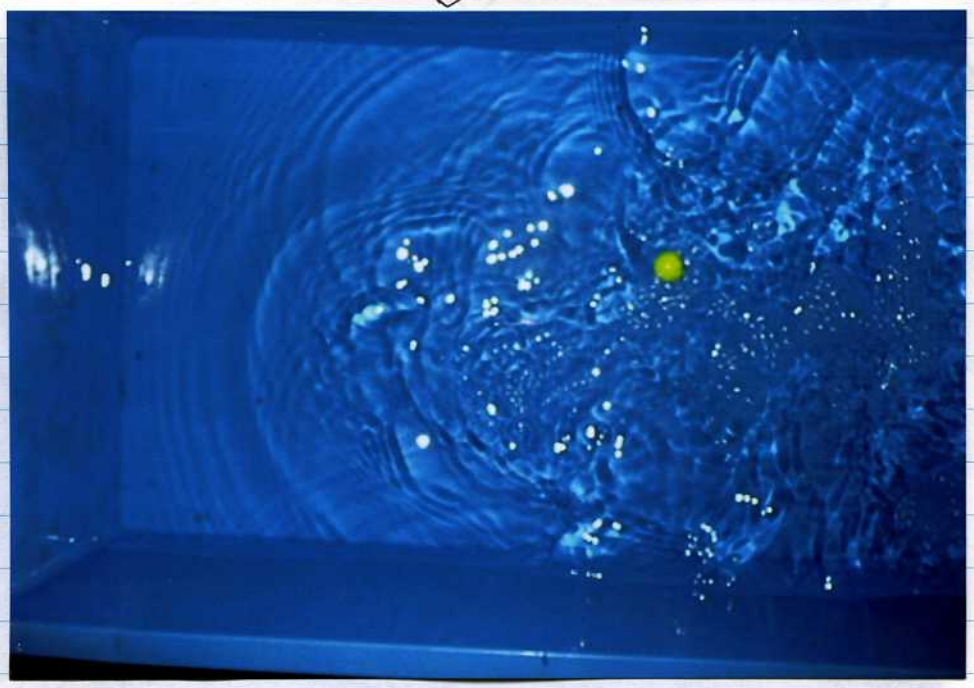
水量 1.0L のときの写真
(最小の量)

波の方向 ←



水量が 1.0L のときの押す波で浮き玉が押されたとき

引き波の方向 →

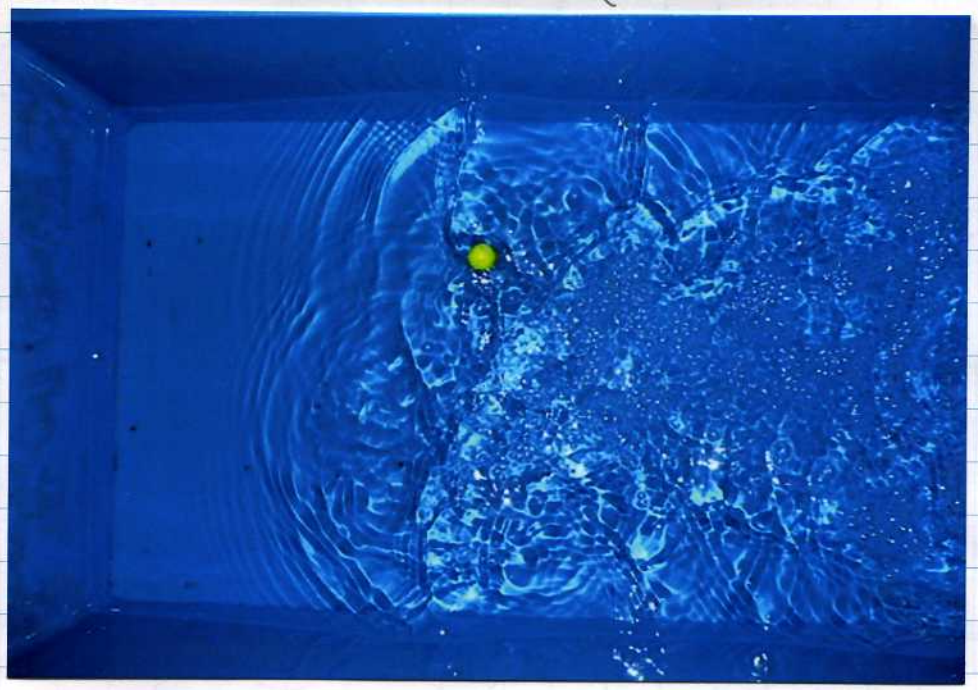


引き波で浮き玉が戻されたとき

KOKUYO

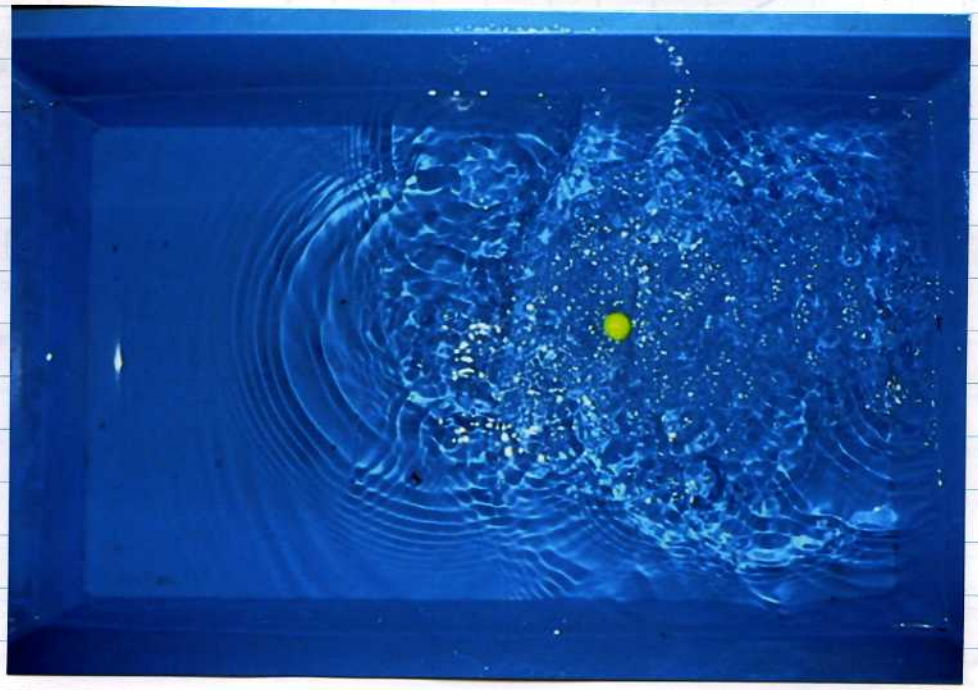
水量 3.0L のときの写真
(最大の量)

波の方向 ←



水量 3.0L のときの押す波で浮き玉が押されたとき

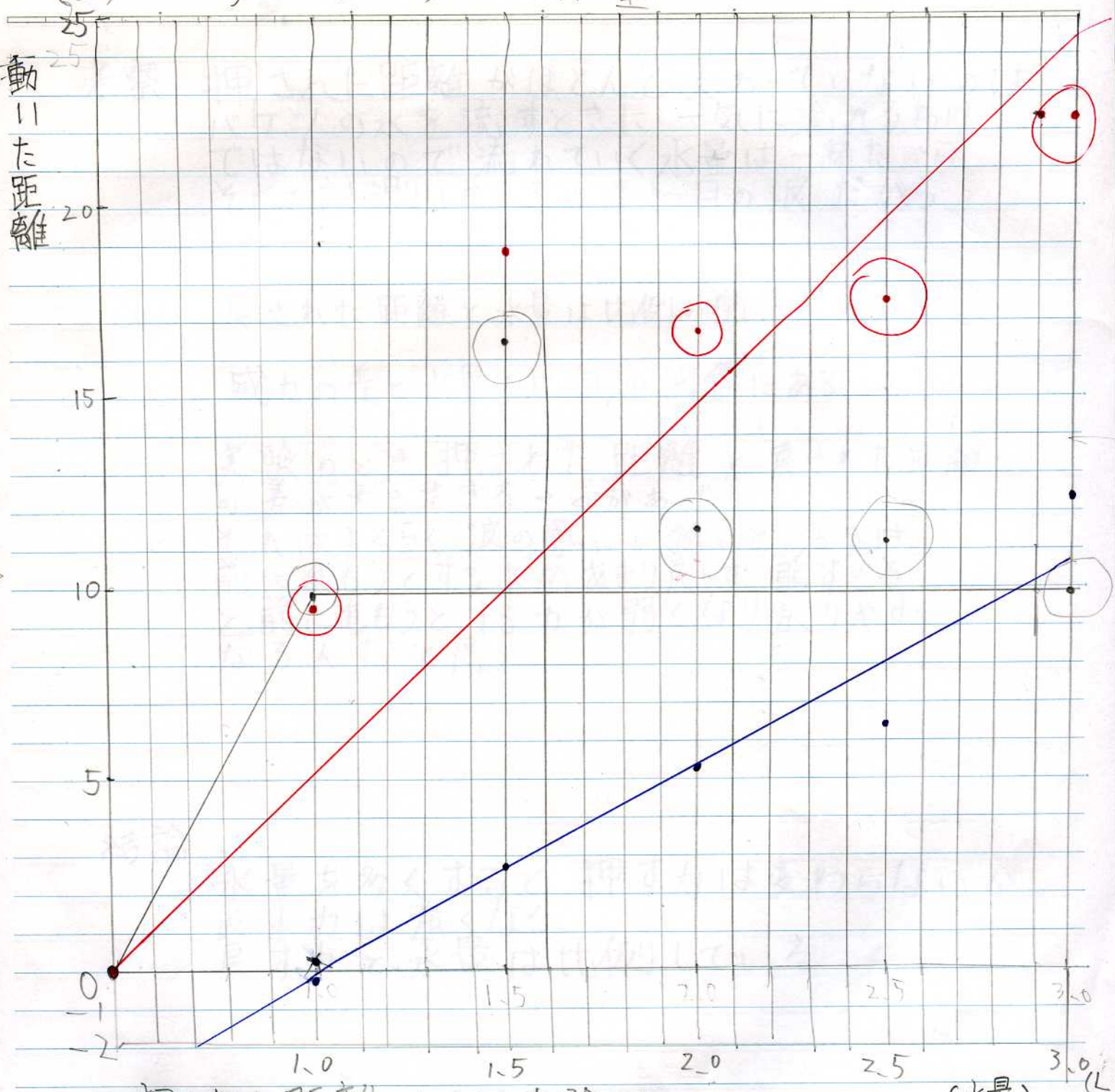
波の方向 →



引き波で浮き玉が戻されたとき

KOKUYO

グラフ　水量



押された距離は1.5Lを除くと
ほとんど変わってない
戻された距離は比例している
威力の差も比例している

水量

考察　押された距離がほとんど変わっていないのは
バケツの水を流すときに一気に流れるわけ
ではないので流れていく水量は一緒だから。
そして計測しているのは1つ目の波だから

戻された距離と水量は比例の関係にある

威力の差と水量も比例の関係にある

実験のとき押された距離と戻された距離
の差が大きすぎることがあった。
それはおそらく波の勢いが強いと浮きは
前に進もうとするためあまり戻らず弱すぎる
と前に進もうとする力が弱くなり戻りやすく
なるんだと思う

結論
水量を多くすると押す力は変わらないが
戻す力は強くなる
戻す力と水量は比例している

実験2　水深を変える

水深を 2.5cm 5cm 7.5cm 10cm に変え波を起こす。水量は 1.5L 角度はなしで行う。

予想　波は水面近くを進んでいくものだと思うので水深は関係がないと思う。よって威力の差なども一定だと思う。

水深 2.5cm の場合

	1	2	3	~~4~~	5	平均
押された距離 (cm)	14.3	31.0	15.5	15.9	26.8	20.7
戻された距離 (cm)	29.4	6.4	12.5	10.0	9.4	13.5

引く波より押す波のほうが 7.2cm 分強い

水深5cmの場合（実験1 水量1.5Lと同じデータ）

	1	2	3	4	5	平均
押された距離(cm)	19.0	18.5	20.5	10.6	14.0	16.5
戻された距離(cm)	13.3	14.8	22.5	14.5	29.5	18.9

引く波のほうが押す波より3.4cm分強い
2.5cmのときより押された距離は小さく、戻された距離は大きくなっていた。

水深 7.5cmの場合

	1	2	3	4	5	平均
押された距離(cm)	9.6	9.7	14.6	11.4	10.5	11.2
戻された距離	20.8	17.0	12.0	15.5	13.0	15.7

引く波のほうが押す波より4.5cm分強い
水深5cmのときより押されたて距離は大きく戻された距離は小さくなっている

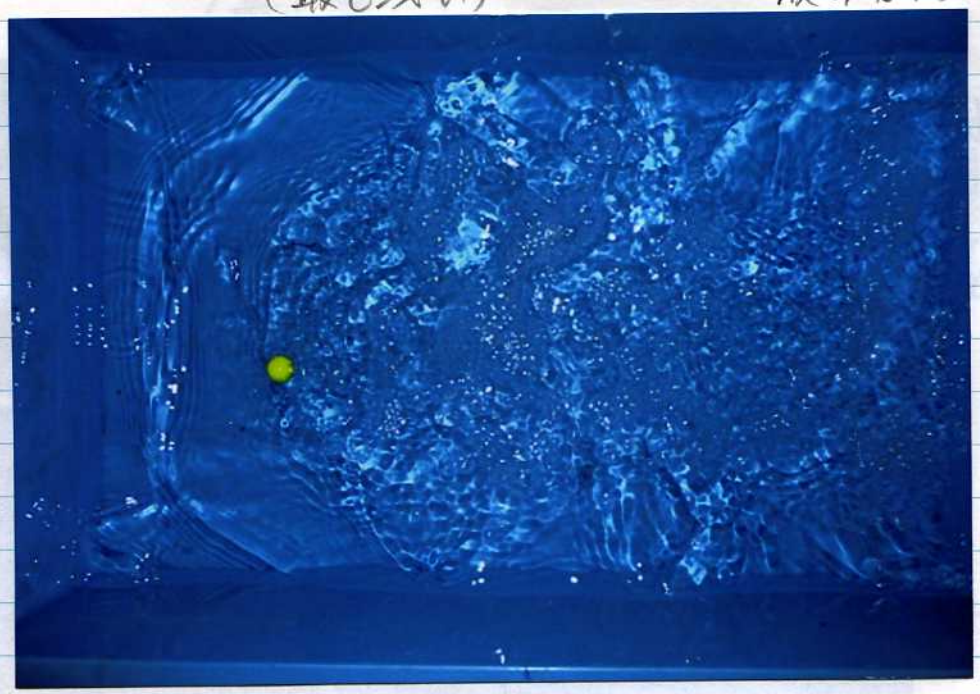
水深 10 cm の場合

	1	2	3	4	5	平均
押された距離	10.0	10.7	6.9	7.5	11.6	9.3
戻された距離	14.4	14.1	12.5	12.0	21.2	14.8

引く波のほうが押す波より5.5cm分強い
水深7.5よりも押された距離と戻された距離が弱くなっている

水深 (cm)	2.5	5.0	7.5	10.0
戻された距離 − 押された距離 (cm)	7.2	3.4	4.5	5.5

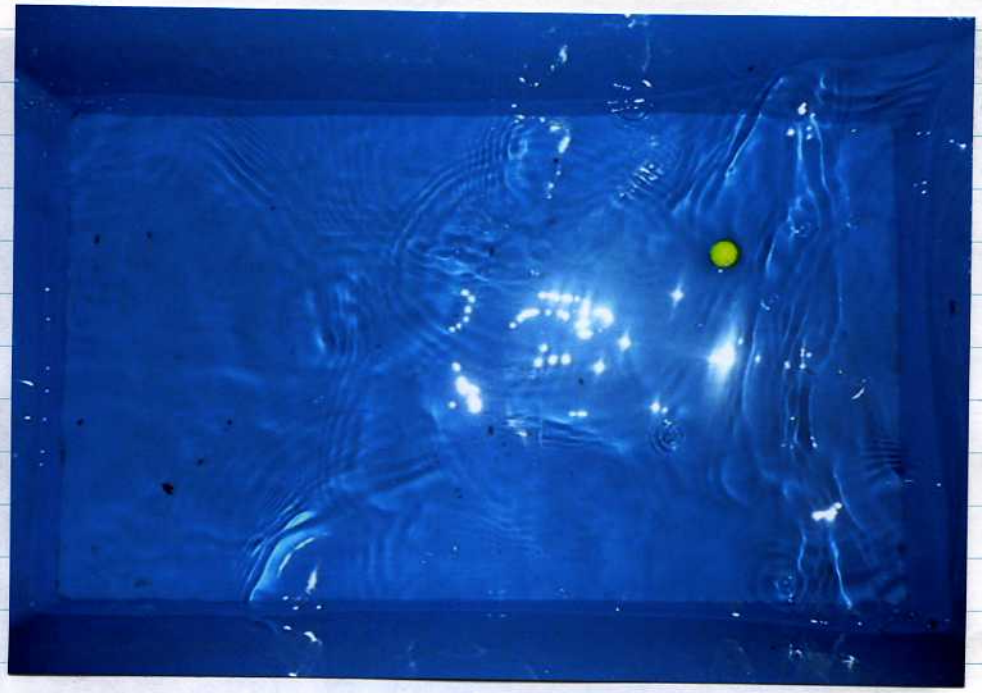
水深 2.5cm の写真 ← 波の方向
(最も浅い)



水深2.5cmのときの押す波によって浮き玉が押されたとき

↓

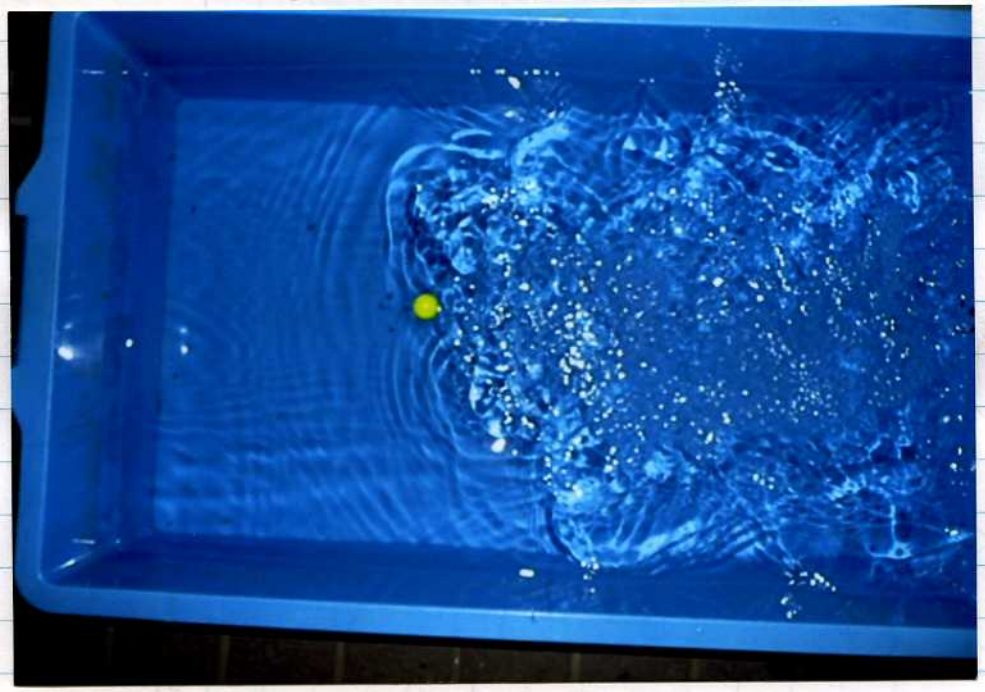
波の方向 →



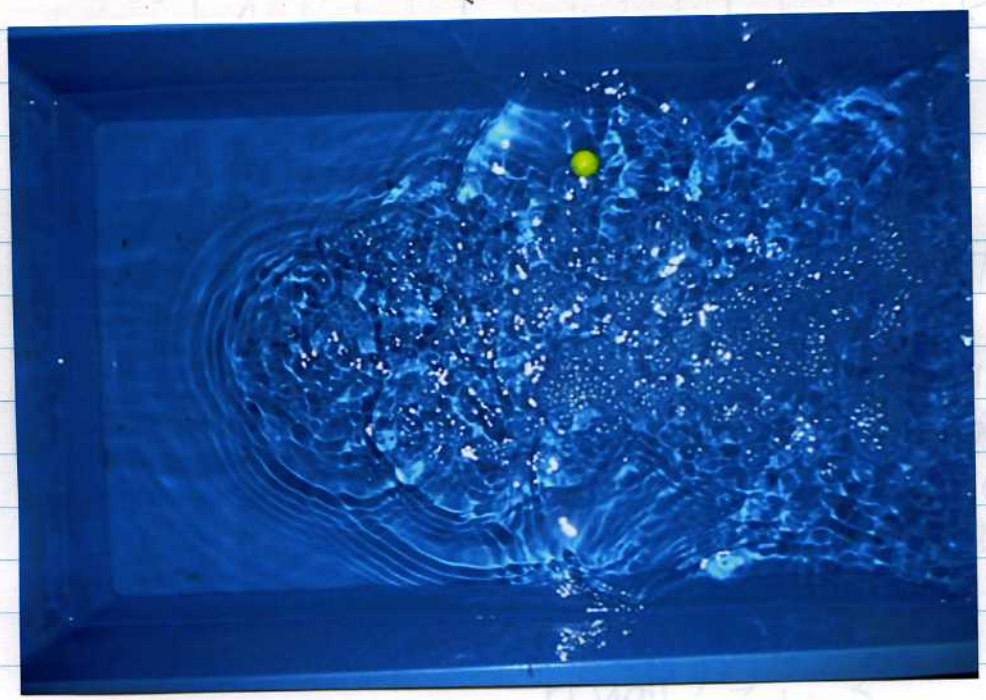
引き波によって浮き玉が戻されたとき

KOKUYO

水深 10cm の写真
(最も深い)

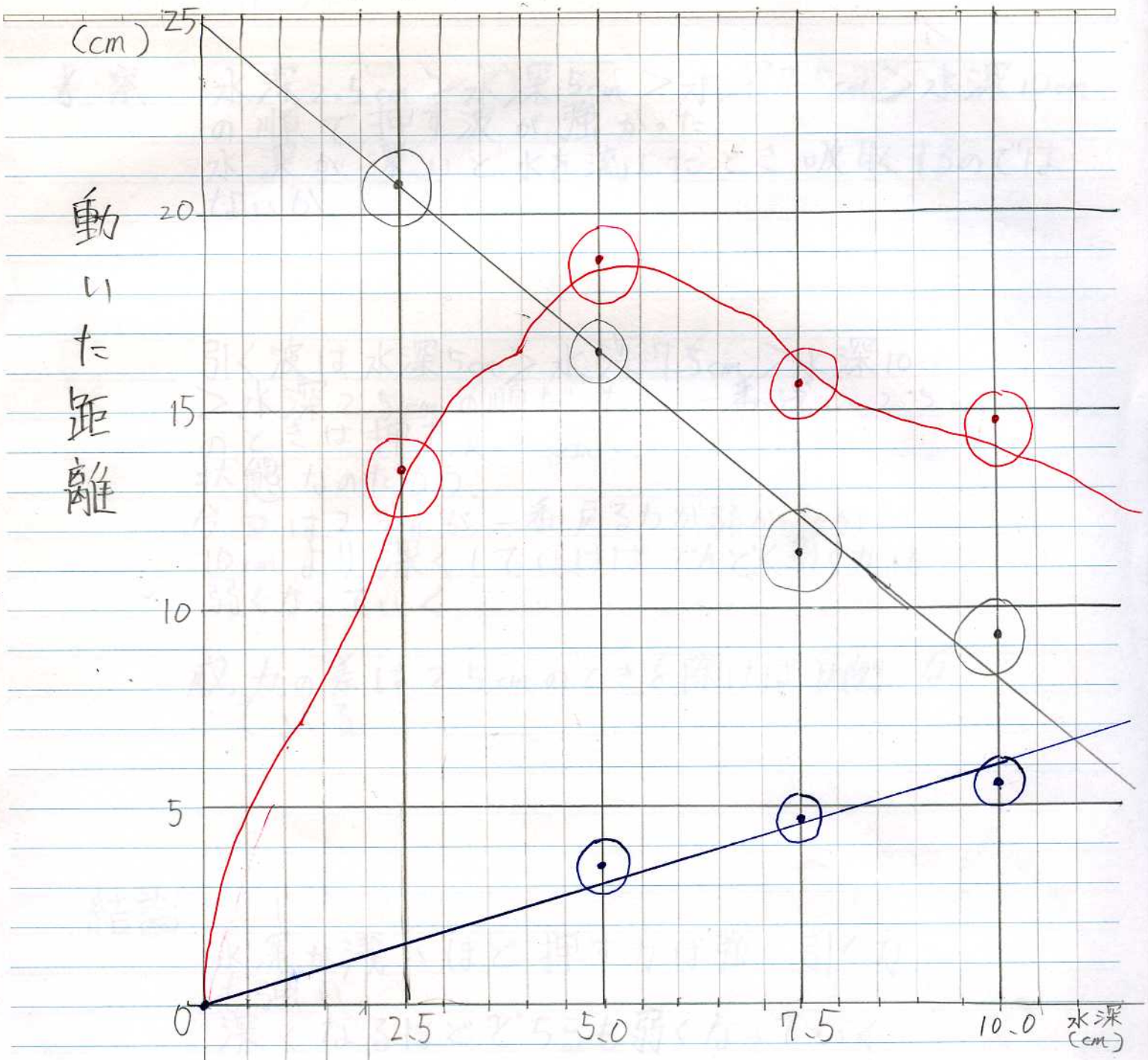


水深10cm のときの
押す波によって
浮き玉が押されたとき



引き波によって
浮き玉が戻されたとき

グラフ　水深



水深と押される距離は水深が増加すると押される距離が減少する関係ある
戻された距離は5cmのときがもっとも高くそれからはだんだん下がっている
威力の差は水深に比例している

— 押された距離
— 戻された距離
— 威力の差

水深

考察　水深2.5cm＞水深5cm＞水深7.5cm＞水深10cm
の順で押す波が強かった。
水深が深いと水を流したとき吸収するのではないか。

引く波は水深5cm＞水深7.5cm＞水深10cm
＞水深2.5cmの順だった。一番浅い2.5cm
のときは押す波が強くなり戻りにくい
状態なのだろう。
今回は2.5cmが一番戻る力が弱かったが
10cmより深くしていけばどんどく引く力は
弱くなっていく

威力の差は2.5cmのときを除けば比例になっている

結論
水深が浅いほど押す力は強く引く力も強い。
深くなるほどどちらも弱くなっていく

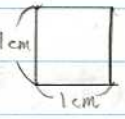
実験3

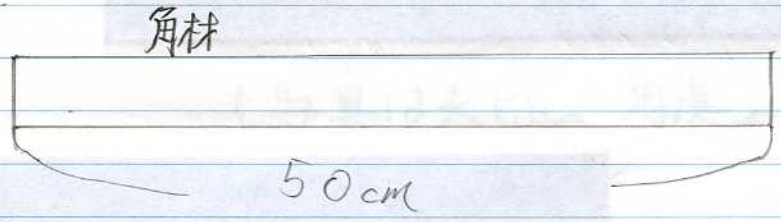
縦横1cmの角材をケースの下に置き
角度をつける。角材の数を1、2、3、4、5、6
と増やしていき角度を変える。水量は1.5L
水深は5cmで行う
角材は波を起こす側とは逆に置く。
(実際の陸地ではだんだん上っていくはず
だと思ったから。)

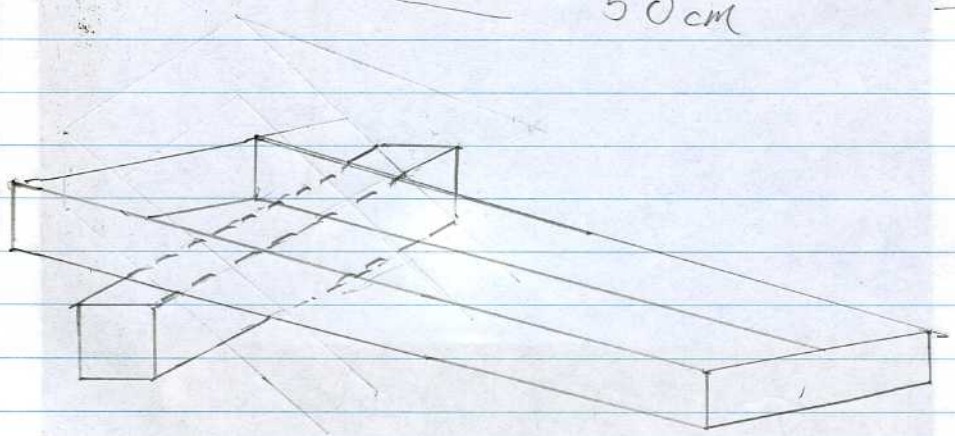
予想　角度が大きくなるほど戻る勢いが強く
なっていくと思う。
押す波は弱くなる。引く波は比例の関係
威力の差は比例の関係にあると思う。

角材の大きさとどう角度をつけるか

(図0)







角材1本の場合

	1	2	3	4	5	平均
押された距離(cm)	15.6	9.6	13.5	20.1	10.2	13.8
戻された距離(cm)	10.6	15.3	9.1	3.0	8.5	9.3

押す波のほうが引く波より4.5cm分強い

4回目のとき、浮きが沈んだためあまり戻らなかった。

(写真は実際の角度)

角材2本の場合

	1	2	3	4	5	平均
押された距離 (cm)	12.1	17.9	10.9	22.2	11.0	14.8
戻された距離 (cm)	11.4	25.0	21.2	18.5	9.3	17.1

引く波のほうが押す波より2.3cm分強い
押された距離は少し、戻された距離は大きく上がっている

3本の場合

	1	2	3	4	5	平均
押された距離 (cm)	2.9	28.0	9.7	11.6	16.2	13.7
戻された距離 (cm)	9.0	26.6	19.7	19.5	20.4	19.4

引く波のほうが押す波より5.7cm分強い。
押された距離は2本のときより小さくなったが戻された距離は大きくなってる

4本の場合

	1	2	3	4	5	平均
押された距離(cm)	8.1	18.9	6.6	16.0	18.2	11.6
戻された距離(cm)	19.4	17.5	23.4	21.0	20.0	20.3

引く波のほうが押す波より8.7cm分強い
2本や3本のときより押された距離が小さく戻されたときは大きくなっている
1や3回目のときは少
押す波

5本の場合

	1	2	3	4	5	平均
押された距離(cm)	15.8	14.2	16.5	11.4	17.7	13.1
戻された距離(cm)	9.4	20.0	7.2	19.9	16.0	14.5

引く波のほうが押す波より1.4cm分強い。
押された距離は少し大きくなったが戻された距離は小さくなっている

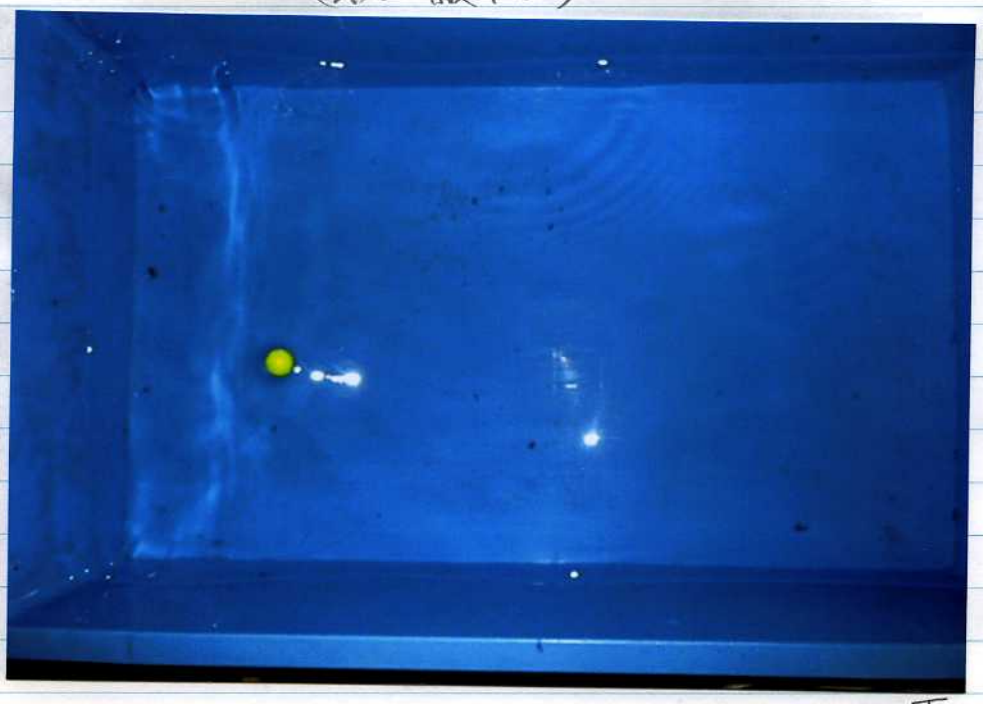
6本の場合

	1	2	3	4	5	平均
押された距離(cm)	5.1	15.3	6.9	6.8	10.5	8.9
戻された距離(cm)	7.5	10.6	13.5	9.8	16.5	11.6

引く波のほうが押す波より2.7cm分強い。
角度がきつくなった分 波に勢いがつかず その分 戻る距離も小さくなった。

角材の本数(本)	1	2	3	4	5	6
戻された距離 − 押された距離(cm)	−4.5	2.3	5.7	8.7	1.4	2.7

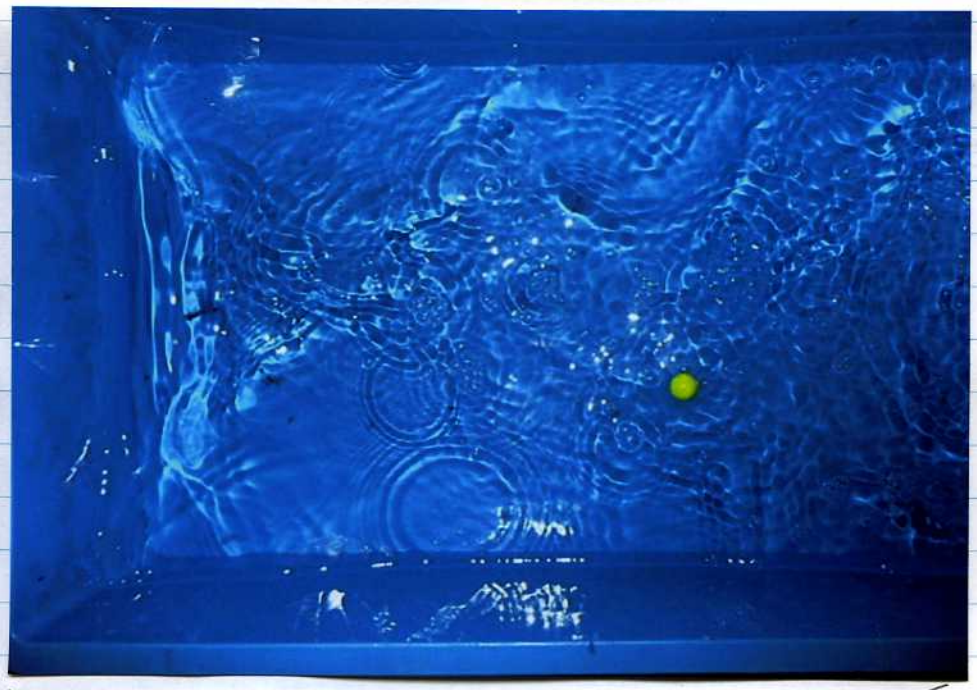
角材1本の場合 ← 波の方向
(最も緩やか)



角材1本で角度をつけたときの押す波によって浮き玉が押されたとき

上　　下

↓ 波の方向 →

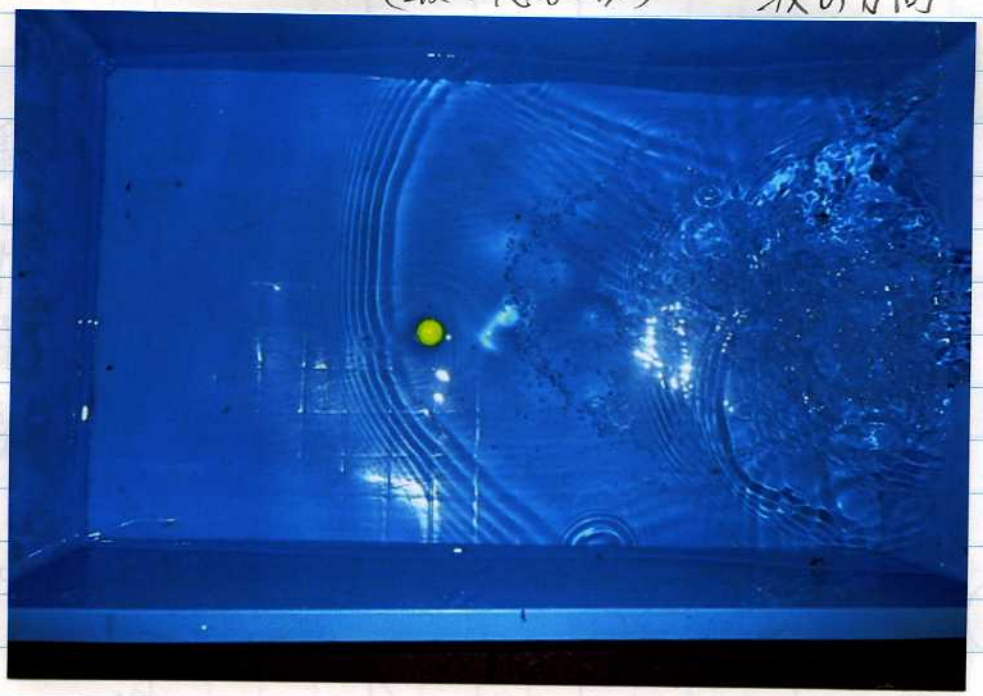


引く波によって浮き玉が戻されたとき

上　　下

角材 6本の場合
(最も急な坂)

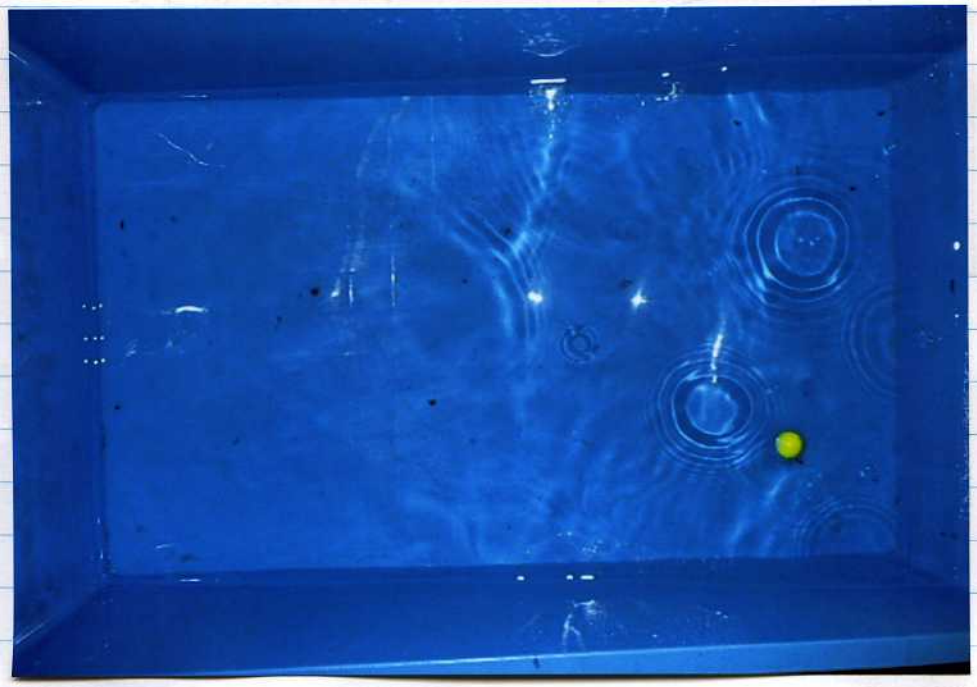
波の方向



角材6本で傾をつけたときの押す波によって浮き玉が押されたとき

上　　下

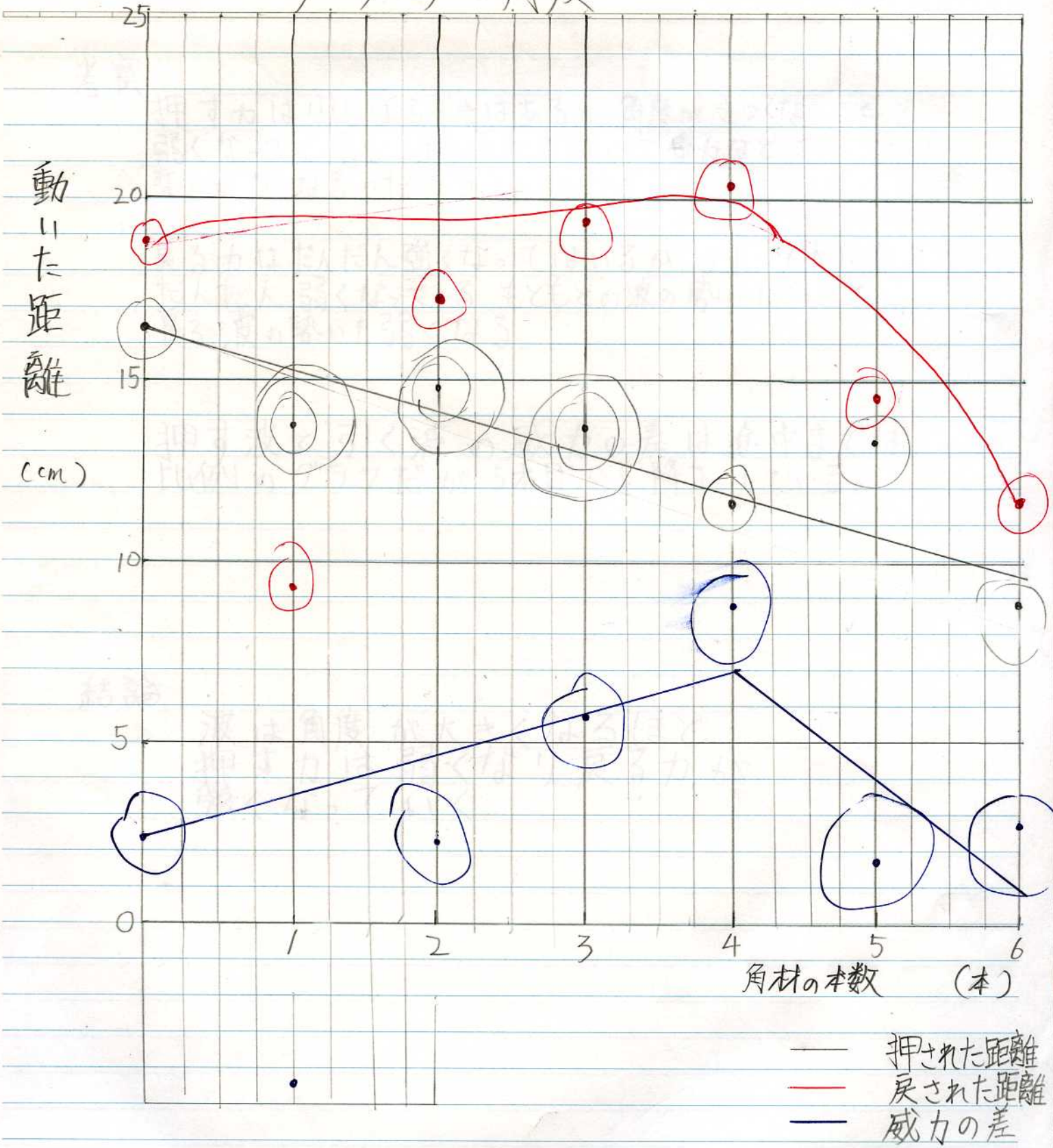
波の方向



引く波によって浮き玉が戻されたとき

上　　下

グラフ 角度



角度

考察

押す力は少しばらつきはあるが角度がきつくなるほど
弱くなっている。上り坂になっていて重力などで
勢いがなくなるのだろう

戻る力はだんだん強くなってはいるが 5本、6本になると
だんだん弱くなっている もともとの波の勢いが弱いと
戻る波の勢いも弱くなる

押す波と引く波の威力の差は途中までは
比例のグラフだが 5本目から降下している。

結論

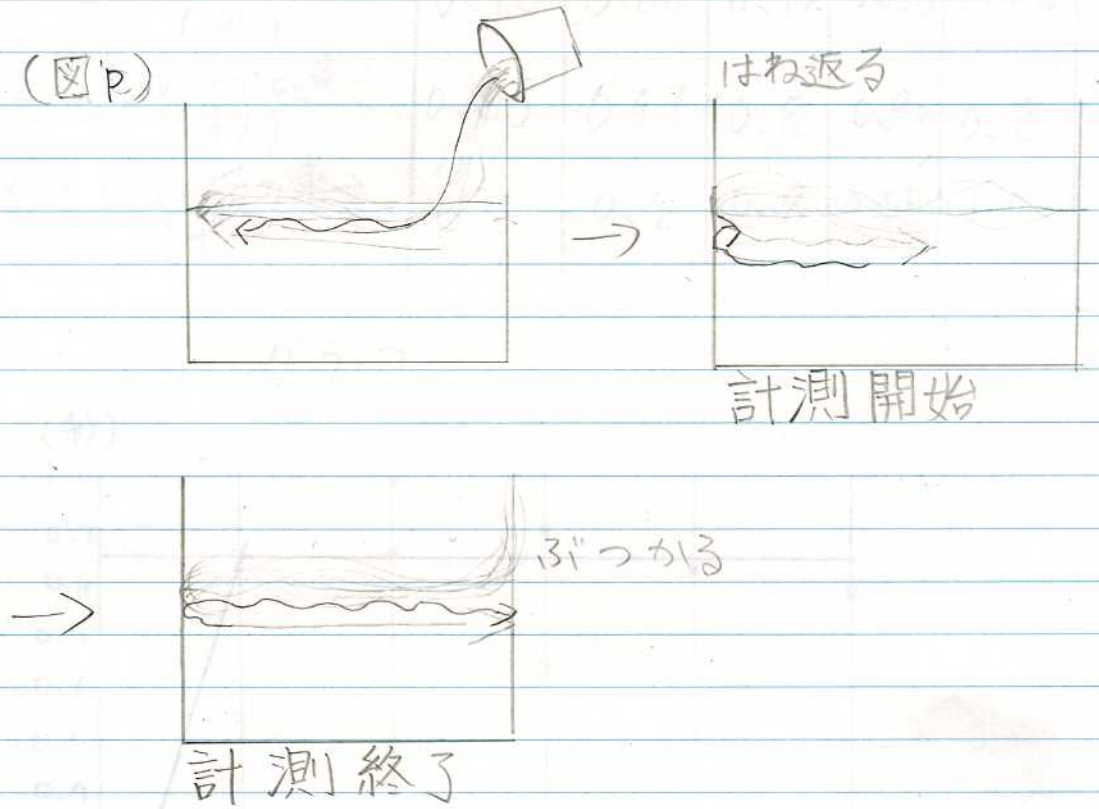
波は角度が大きくなるほど
押す力は弱くなり戻る力が
強くなっていく

KOKUYO

実験4　引く波の速さを計る

今までに行ってきた水量、水深、角度をそれぞれ変える実験で引く波の速さを調べる
その時間は波を起こしケースに当たった瞬間に計測をはじめまた戻ってきた波が手前の壁に当たったときに計測を止める

(図p)

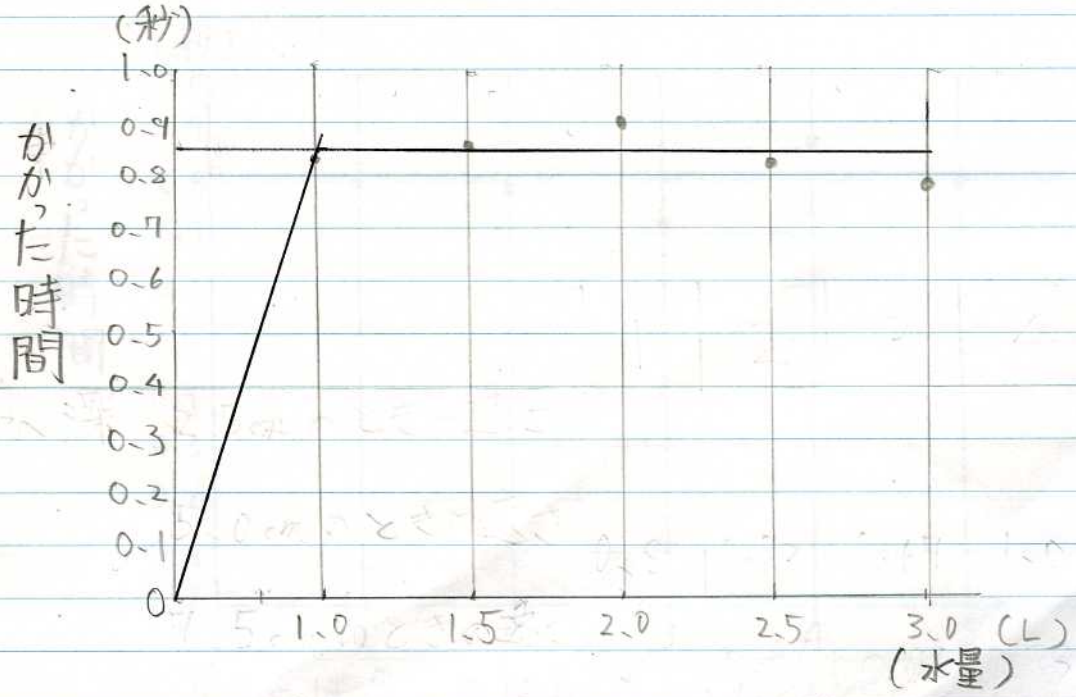


予想

水量が多いほど引く波の威力は高かったので速くなると思う
水深は浅いほど威力が高かったので浅いほうが速くなると思う
角度が大きいほど勢いがついて速くなると思う

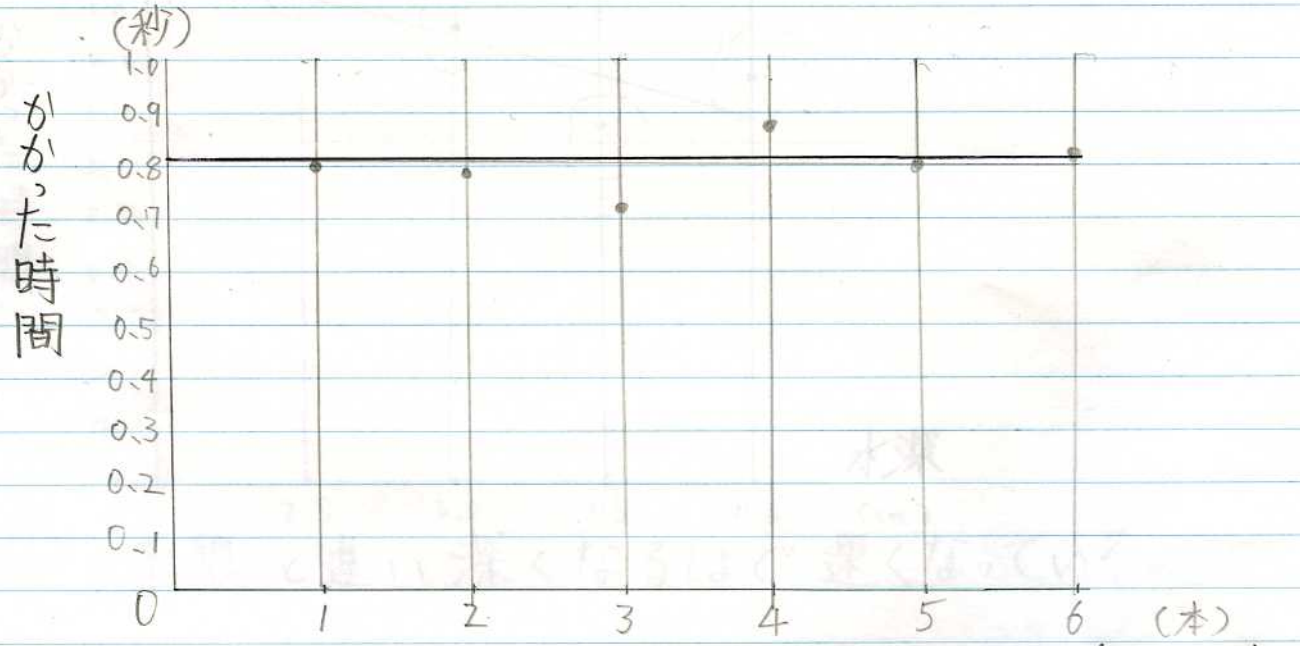
	1	2	3	4	5	平均
水量1.0Lのときの速さ(秒)	0.8	0.86	0.8	0.8	0.86	0.82
1.5Lのときの速さ(秒)	0.8	0.92	0.67	1.0	0.92	0.86
2.0Lのときの速さ(秒)	0.78	0.86	0.92	0.86	1.06	0.9
2.5Lのときの速さ(秒)	0.86	0.67	0.8	0.92	0.8	0.81
3.0Lのときの速さ(秒)	0.8	0.8	0.8	0.55	1.0	0.79

グラフ



水量を変えてもあまりスピードに変化がなく、ほとんど0.8秒に近かった。
31cm間を0.8秒で戻ったので 31÷0.8 = 38.7 38.8cm/秒である

	1	2	3	4	5	平均
角材1本のときの速さ	0.8	0.73	0.86	0.8	0.8	0.8
2本のときの速さ	0.8	0.8	0.8	0.67	0.86	0.79
3本のときの速さ	0.67	0.67	0.73	0.73	0.73	0.71
4本のときの速さ	0.92	0.86	0.8	0.96	0.86	0.88
5本のときの速さ	0.73	0.8	0.8	0.8	0.86	0.8
6本のときの速さ	0.8	0.73	0.78	0.92	0.8	0.81

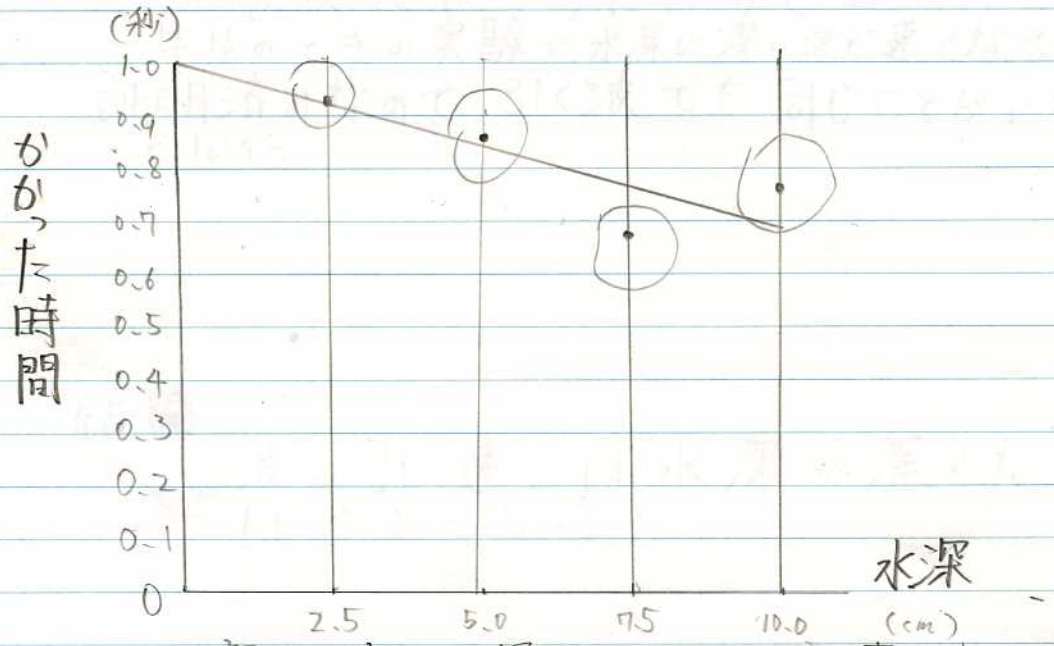


若干のばらつきはあるもののほとんど0.8秒
つまり38.8 cm/秒である
角度が大きいほど速くなると予想したが
違った。

KOKUYO

グラフ　速さ

	1	2	3	4	5	平均
水深2.5cmのときの速さ	0.86	1.00	0.92	0.86	0.92	0.91
5.0cmのときの速さ	0.8	0.92	0.67	1.00	0.92	0.86
7.5cmのときの速さ	0.8	0.61	0.67	0.73	0.67	0.68
10.0cmのときの速さ	0.73	0.67	0.8	0.8	0.8	0.76



予想と違い深くなるほど速くなっている

KOKUYO

速さ

考察

水量と角度が変わっても速さは変わっていなかった。

角度の場合ケースの角度は変わってるが水の角度は水平だから速さが変わらなかった。

水量の場合は水の量が変わっても流す勢いは同じ。流す勢いで速さが変わってくるのだと思う

水深を変えたら深いほど速くなった。
一年生のときの実験で水深が深いほど速くなることは証明済みなので引く波でも同じことがいえるということだろう。

結論

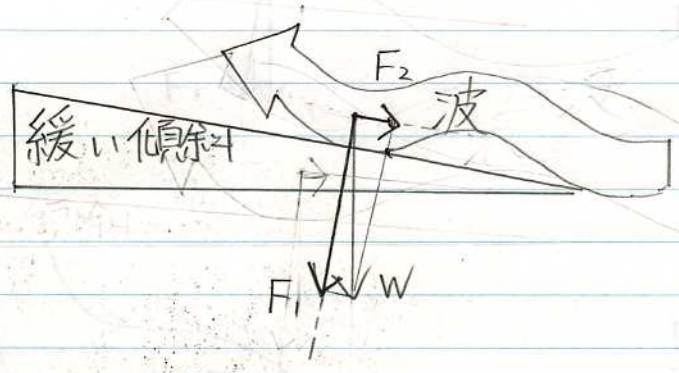
波が引く速さは水深が深くなるほど速くなる

まとめ

今まで行ってきた水量 水深 角度 を変える
実験の結果をまとめると

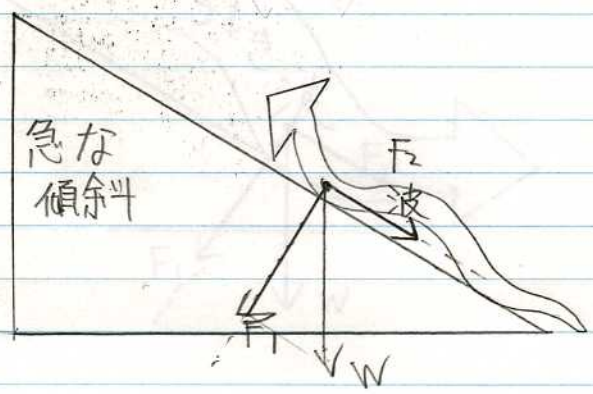
1 波が物を押す力は水深が浅く地面の角度が緩やかなほど強くなる。

(図q)



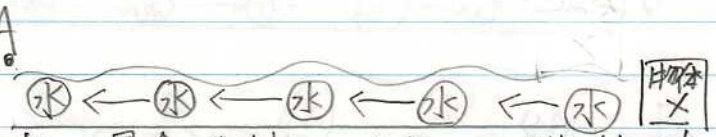
斜面に沿う力F_2が弱いので波の力は少しずつしか削られない。(図q)

(図r)



F_2が緩い場合と比べ強くなっているので波の力は大きく削られることになる。(図r)

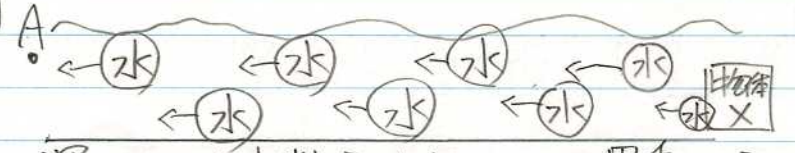
(図s)



水は水粒子

浅い場合 水粒子が少ないので物体XをAまで運ぶには大きく動く必要があるので運動エネルギーが大きくなり力も強くなる

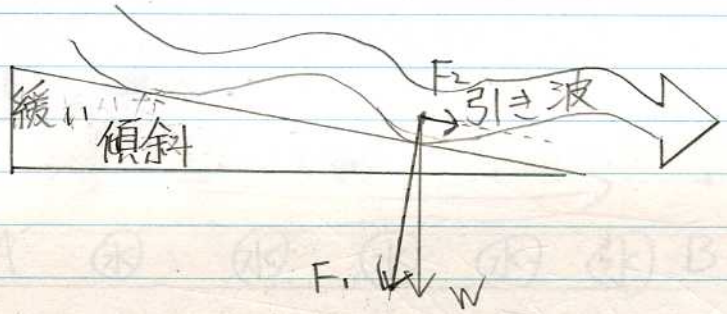
(図t)



深ければ水粒子が多いので運動エネルギーは小さくなる

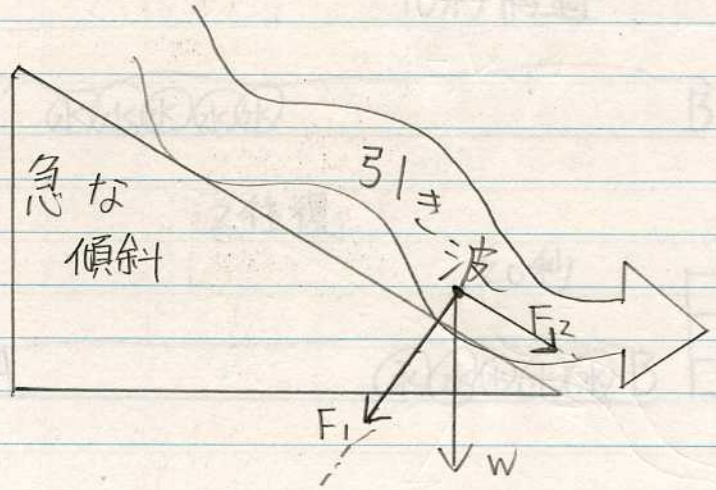
2、波が引く力は水深が浅く地面の角度が急なほど強くなる

(図u)



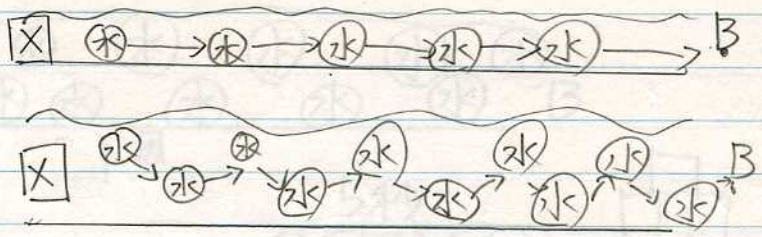
斜面に沿った力 F_2 が弱いので引く波にあまり勢いが加わらないため強い波にならない
(図u)

(図v)



F_2 が強いので引く波に勢いが加わって強い波になる
(図v)

(図w)



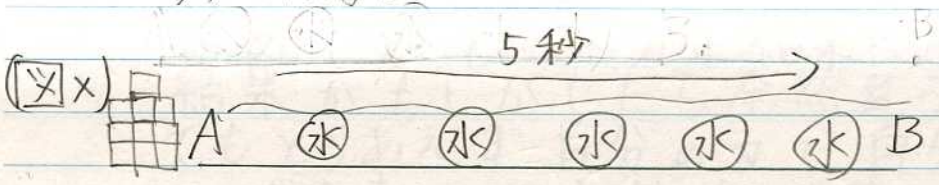
(図s,t)と同様に浅いと運動エネルギーが大きくなるので引き波は強くなる。
深いと運動エネルギーが小さくなるので引き波は弱くなる
(図w)

2、波が引く力は水深が浅く地面の角度が急なほど強くなる

3、波が引く速さは深いほど速い

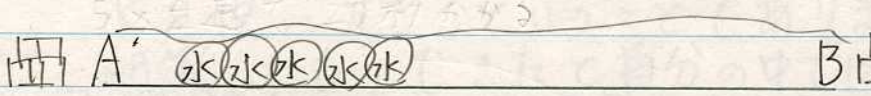
浅い場合

(図x)



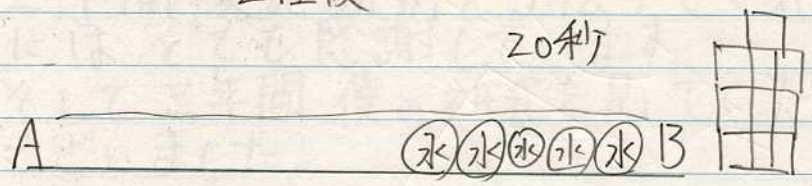
1往復

10秒経過



2往復

20秒

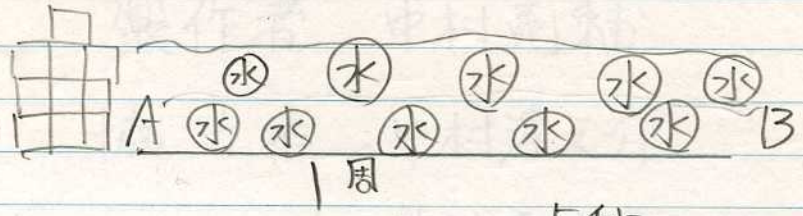


○科学的に正しいかはわからないがイメージを説明すると、まず10個の荷物があるとしてそれをAからBに運ぶとする。AからBまでは5秒かかるとする。

○浅い場合の水粒子は5つ1回で5個運べる。10個運ぶためには2往復つまり20秒かかる。

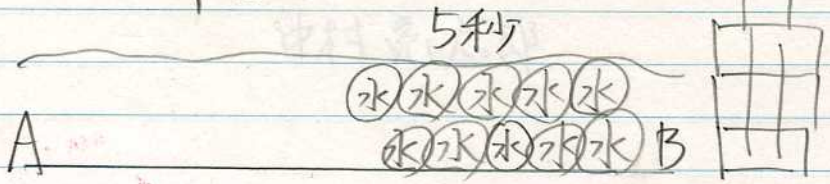
(図y)

深い場合



1周

5秒



深い場合水粒子は浅いときより多くなるので10とする。10ならば1周ですむので5秒で終わる。

よって深いほど速くなるということになる。

1 波がものを押す力は水深が浅く地面が緩やかなほど強くなる

2 波が引く力は水深が浅く地面が急なほど強くなる

3 波が引く速さは深いほど速い

感想

中学一年生のときから波に関する研究を行ってきて三年間波でまとめることができました。
初めてでどのような結果になるのかわからず結果がもしかしたら全然違うかもしれませんでもとりあえず自分の力で自分の結論を出すことができたのでよかったです。
波の研究は今年で終わりにしたいと思います。
今年で中学校のひとりいち研究は最後ということと水を使いすぎるということもありますが、充分な波の研究はもうできたと自分の中では思っているからです。
でも機会があれば研究をすることがあるかもしれません
三年間僕の研究を手伝ってくれた父と弟にはとても感謝しています。
そして三年間僕の研究を見てくださりありがとうございました。

中村亮輔

製作者　中村亮輔

協力者　中村淳之介

中村亮太郎