

沖縄電力社長賞

物理部門

回転ジェットコースターを作ろう

沖縄市立室川小学校 5年 久 場 章 史

動 機

4年生の時、図工の時間に「ころころガラードDX」という4階建ての上から、ビー玉をころがして遊ぶものを作りました。おもしろかったので、家であき箱を使って他にもビー玉を転がして遊べるおもちゃを作りました。

でも、ビー玉が下から登っていくものも作れたら、もっと楽しいのにと思うようになりました。ジェットコースターのように登ったり、回転できるといいなと思ったけれど、あれはきっと電気などで動かしているんだろうなと思っていました。すると、お母さんが「えっ、あれは上にあがる最初だけ力が必要だけど、その後は止まる時まで特に力は必要ないってよ」と言ったので、びっくりして「まさか」と思いました。

そこでジェットコースターの落下や上昇、回転などについて調べ、それをもとによく転がっておもしろいビー玉の回転ジェットコースターを作りたいと考え、この研究をすることにしました。

調べる事

- レールの坂をビー玉(大小)が落下する高さと上昇する高さの関係を調べる。
 - 落下させる高さだけをかえて調べる。
 - 落下させる距離と高さをかえて調べる。
- レールの坂からビー玉(大小)をジャンプさせた時の着地地点を調べる。
- 回転する円の大きさと落下させる高さの関係を調べる。
- 回転する円を2つにした時の円の大きさと落下させる高さの関係を調べる。
- 回転ジェットコースターを作る。



1. レールの坂をビー玉(大小)が落下する高さと上昇する高さの関係を調べる。

材料



モール(配線用カバーのうらぶた) 1 m、木の板、ねじ、画用紙、白のテープ、ビー玉(Φ直径2.5cm) (Φ1.5cm)

準備

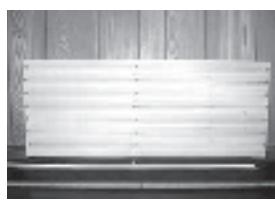


木の板の4分の1の場所にモールをねじでとめる。



モールのそばに白テープをはり、ねじの位置を中心に左右に10cmごとに目もりをつける。画用紙に1cmごとに線をひき、目もりをつける。

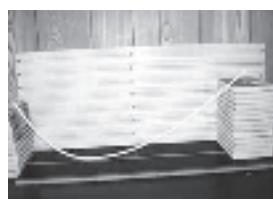




画用紙をかべにはり、その前に板を置いてセットする。



高さは本を重ねてモールの下に置き、調節する。



高さ25cm

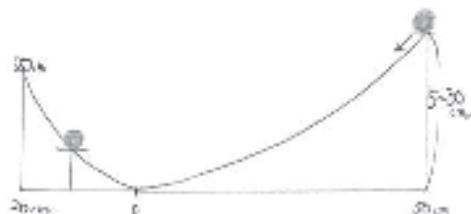


高さ30cm



① 落下させる高さだけをかえて調べる。

方法



ねじの位置を0として50cm離れたところでレールの高さ5cm、10cm、15cm、20cm、25cm、30cm それぞれの場合でビー玉大と小を落下させる。

レールの反対がわの20cm離れた所はレールを20cmの高さにして、どれだけビー玉が登るかビー玉大と小について調べる。

ビー玉の下の高さをはかつて記録する。



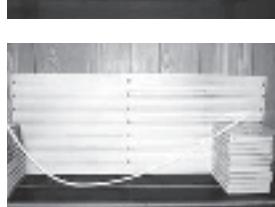
高さ 5cm



高さ 10cm



高さ 15cm



高さ 20cm

予想

落下する高さが高いほどビー玉の登る高さも高くなると思う。

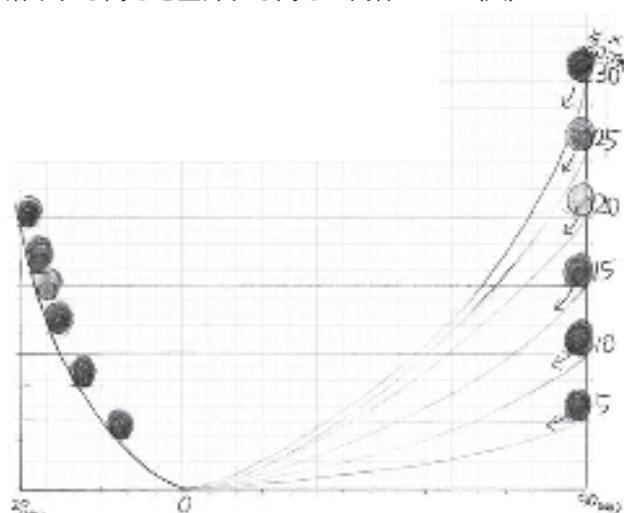
ビー玉(小)の方が軽いので、高く登ると思う。

結果

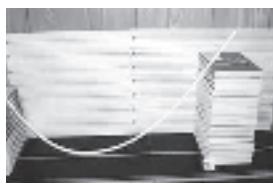
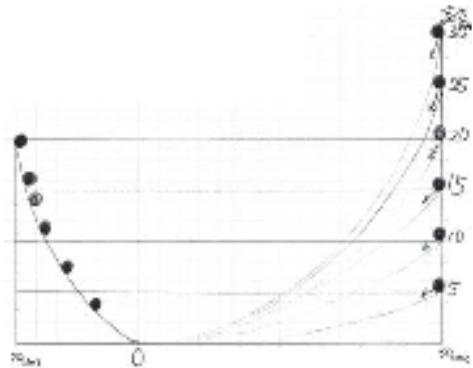
落下すると高さと上昇する高さの関係

始めの高さ (cm)	5			10			15		
	①	②	③	①	②	③	①	②	③
ビー 玉 (大)	3.5	3.7	3.6	7.5	7.5	7.5	11.3	11.7	11.5
平均 3.6			平均 7.5			平均 11.5			
ビー 玉 (小)	3.3	3.3	3.3	6.7	6.8	6.9	10.8	10.8	10.7
平均 3.3			平均 6.8			平均 10.83			
始めの高さ (cm)	20			25			30		
	①	②	③	①	②	③	①	②	③
ビー 玉 (大)	14.0	14.0	14.0	16.0	15.9	15.9	19.3	19.2	19.4
平均 14.0			平均 15.93...			平均 19.3			
ビー 玉 (小)	13.6	13.6	13.6	15.4	15.4	15.5	19.3	19.0	18.9
平均 13.6			平均 15.43...			平均 19.1			

落下する高さと上昇する高さの関係ビー玉(大)



落下する高さと上昇する高さの関係ビー玉(小)

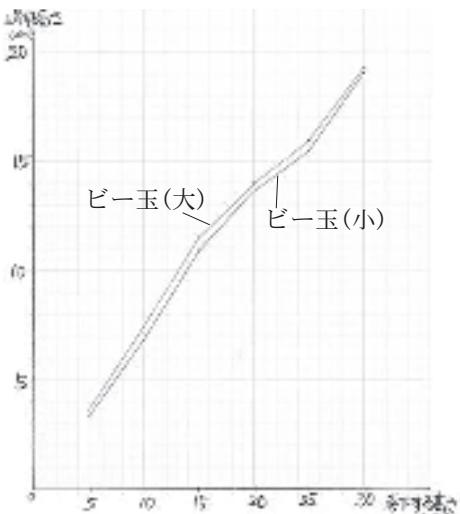


距離40cm



距離50cm

落下する高さと上昇する高さの関係



高さ20cm



距離30cm



距離40cm



距離50cm

分かった事

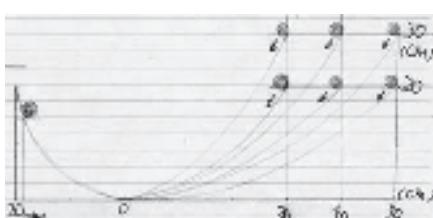
落下する高さが高いほど上昇する高さも高くなる。
ビー玉(小)よりビー玉(大)のほうが、同じ高さから落
下しても上昇する高さが少し高くなる。

予想

距離が遠くて高さが高いところから落下させた方が登
る高さも高いと思う。ビー玉(大)の方が高く登ると思う。

②落下させる距離と高さを変えて調べる

方法



①で使った装置を使って、0の位置から距離を30cm、40cm、50cm とてそれぞれ20cm と30cm の高さからビー玉(大)(小)を落下させる。ビー玉(大)(小)がどれだけ登るかビー玉の下の高さをはかって記録する。

高さ30cm



距離30cm

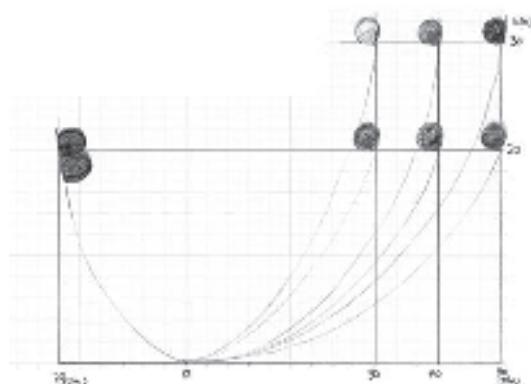
結果

転がす距離と上昇する高さの関係

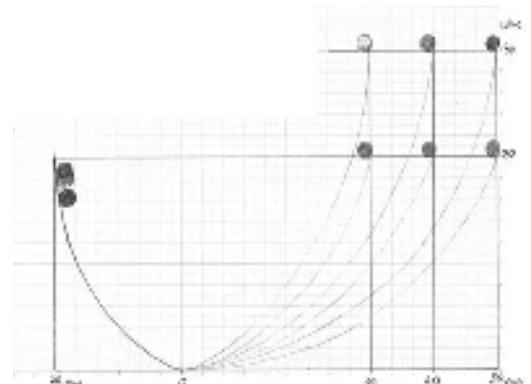
高さの始める cm	20										
	30			40			50				
距離cm	①	②	③	①	②	③	①	②	③		
	16.9	17.1	17.0	17.0	17.0	17.1	17.4	17.5	17.4		
平均			17	平均			17.03	平均			
ビー玉(大)	15.4			15.5			15.5				
	平均			平均			平均				
ビー玉(小)	15.46…			15.53…			15.56…				
	平均			平均			平均				

始めの高さ (cm)	30								
距離 (cm)	30			40			50		
ビ ー 玉 (大)	①	②	③	①	②	③	①	②	③
19.0	19.1	18.9	19.5	19.5	19.5	19.5	19.4	19.2	19.3
平均 19			平均 19.5			平均 19.3			
ビ ー 玉 (小)	①	②	③	①	②	③	①	②	③
17.3	17.2	17.2	17.5	17.5	17.6	18.0	18.1	18.2	
平均 17.23…			平均 17.53…			平均 18.1…			

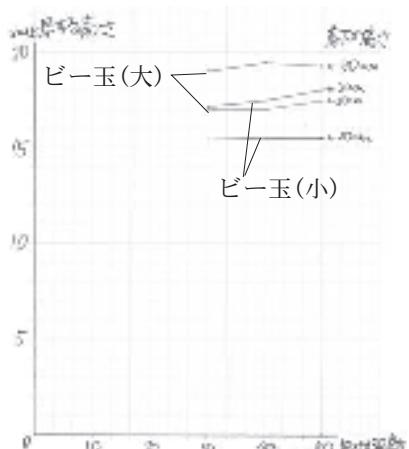
転がす距離と上昇する高さの関係ビー玉(大)



転がす距離と上昇する高さの関係ビー玉(小)



転がす距離と上昇する高さの関係



分かった事

転がす距離が変わっても上昇する高さはほとんど変わらない。落下する高さで変化していた。ビー玉(大)の方が(小)より高く上昇した。



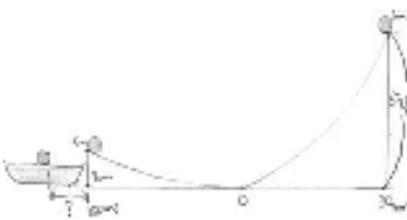
2. レールの坂からビー玉(大小)をジャンプさせた時の着地地点を調べる。

材料



1で使った装置、ねん土、ビー玉(④直径2.5cm、⑤直径1.5cm)、三角の木の板

方法



0の位置から30cm離れた所で高さ5~30cmのレールの上からビー玉(大小)を落とさせる。反対側のレールは高さ7cmの所でジャンプ台にする。

ジャンプしたビー玉をねん土の上に着地させ、ジャンプ台からビー玉の着地地点までの距離を記録する。



予想

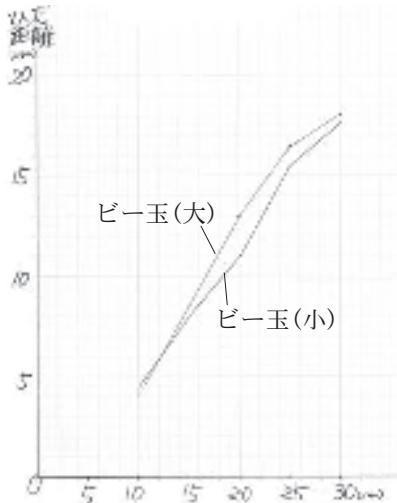
落下する高さが高いほどジャンプ台からビー玉がとぶ距離が長くなると思う。ビー玉(大)の方がとぶ距離が長くなると思う。

結果

始 め の 高 さ (cm)	5			10			15		
	①	②	③	①	②	③	①	②	③
ビ ー 玉 (大)	×	×	×	4	3.9	4.1	8.5	8.6	8.6
	平均		×	平均		4	平均		8.56…
	①	②	③	①	②	③	①	②	③
ビ ー 玉 (小)	×	×	×	4.5	4.5	4.6	8	8.1	8
	平均		×	平均		4.53…	平均		8.03…
	①	②	③	①	②	③	①	②	③

(cm) 始めの高さ	20			25			30		
ビー玉(大)	①	②	③	①	②	③	①	②	③
ビー玉(大)	13	12.9	13.1	16.5	16.5	16.5	18	18.1	18.1
	平均 13.0			平均 16.5			平均 18.06…		
ビー玉(小)	①	②	③	①	②	③	①	②	③
ビー玉(小)	10.9	11.1	11.0	15.5	15.6	15.5	17.1	17	17
	平均 11.0			平均 15.53…			平均 17.03…		

落下する高さととんだ距離の関係



分かった事

落下する高さがジャンプ台より低いとジャンプできない。それは、前の高さよりも上昇することができないから。

落下する高さが高いほど、とんだ距離も長い。落下する高さが高いとビー玉(大)がビー玉(小)より遠くにとぶが、落下する高さが低いとビー玉(大)はスピードがおちて、遠くまでとべない。

大きいビー玉のジャンプ



小さいビー玉のジャンプ



3. 回転する円の大きさと落下させる高さの関係を調べる。

材料



カーブレール(3.1m)、木の板、ねじ、ビー玉(④直径1.5cm)

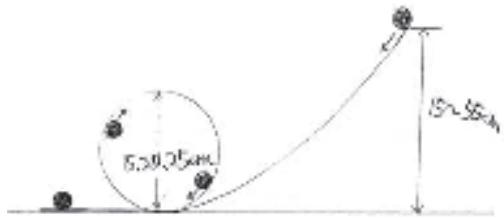
準備



木の板にカーブレールをねじでとめる。

直径15cm、20cm、25cm の円になるように調整して印をつけ、あなをあけておく。

方法



直径15cm、20cm、25cmの円をつくり、15cm以上の高さからビー玉(小)を転がし、回転するかを調べる。



直径15cmの円



直径20cmの円



直径25cmの円

予想

円が小さいと回転しやすく、円が大きいとビー玉を落とす高さも高くしないといけないと思う。

結果

回転する円の大きさと落とす高さの関係

高さ(cm) 円の直径(cm)	15	20	25	30
15	×	×	×	△
20	×	×	×	×
25	×	×	×	×

高さ(cm) 円の直径(cm)	35	40	45	50	55
15	○	○	○	○	○
20	×	△	○	○	○
25	×	×	×	△	○

分かった事

円の直径の2倍より高い所からビー玉を落とすと回転がうまくいく。

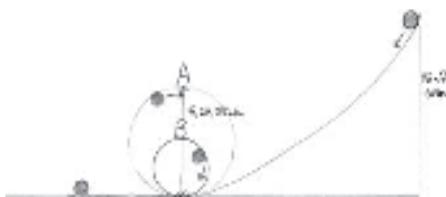
4. 回転する円を2つにした時の円の大きさと落とす高さの関係を調べる。

準備



3で使った装置を使って2つ目の円の直径が15cm、20cm、25cmになるところに印をつけ、あなをあけておく。

方法



Aの円、Bの円それぞれ直径15cm、20cm、25cmを作り、A>B、A=B、A<Bの組み合わせの場合、ビー玉を落とす高さをかえながらビー玉が2回転するか調べる。

予想

円Aの直径の2倍と円Bの直径の2倍をたした長さの高さからビー玉を落とすと2回転できると思う。

A>B



A 直径20cm
B 直径15cm



A 直径25cm
B 直径15cm



A直径25cm
B直径20cm

A=B



A、B共に
直径15cm



A、B共に
直径20cm



A、B共に
直径25cm

A<B



A直径15cm
B直径20cm



A直径15cm
B直径25cm



A直径20cm
B直径25cm

結果

回転する円を2つにした時の円の大きさと2つの円の大きさの関係

円	A>B					
	A	B	A	B	A	B
円の直径(cm)	20	15	25	15	25	20
高さ(cm)	×	×	×	×	×	×
15	×	×	×	×	×	×

20	×	×	×	×	×	×
25	×	×	×	×	×	×
30	×	×	×	×	×	×
35	×	×	×	×	×	×
40	△	△	×	×	×	×
45	○	○	×	×	×	×
50	○	○	×	×	×	×
55	○	○	○	○	○	○
60	○	○	○	○	○	○
65	○	○	○	○	○	○
70	○	○	○	○	○	○

落下させる高さの関係

円	A=B					
	A	B	A	B	A	B
円の直径(cm)	15	15	20	20	25	25
高さ(cm)	15	×	×	×	×	×
20	×	×	×	×	×	×
25	×	×	×	×	×	×
30	△	×	×	×	×	×
35	○	△	×	×	×	×
40	○	○	×	×	×	×
45	○	○	○	×	×	×
50	○	○	○	△	×	×
55	○	○	○	△	○	×
60	○	○	○	○	○	○
65	○	○	○	○	○	△
70	○	○	○	○	○	○

円	A<B					
	A	B	A	B	A	B
円の直径(cm)	15	20	15	25	20	25
高さ(cm)	15	×	×	×	×	×
20	×	×	×	×	×	×
25	×	×	×	×	×	×
30	△	×	△	×	×	×
35	○	×	○	×	×	×
40	○	×	○	×	×	×
45	○	×	○	×	○	×
50	○	△	○	×	○	×
55	○	○	○	△	○	×
60	○	○	○	○	○	○
65	○	○	○	○	○	×
70	○	○	○	○	○	○

分かった事

- A>Bの時、Aで回転できるとBでも回転できる。Bでの回転は速くなる。
- A=Bの時、Aの直径の2倍より高い所から落下させ、Aで回転できてもBは不十分。さらに5~15cm以上高

くすると2回転できる。

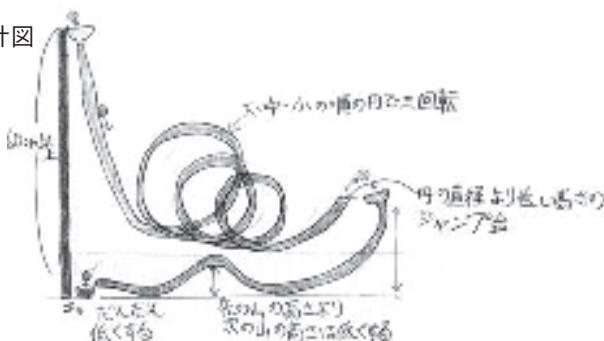
- A < B の時、Aで回転できてもBで失敗することが多かった。Aの直径の2倍とBの直径をした長さより高い所からビー玉を落させると2回転できる。

5. 回転ジェットコースターを作る。

予想

- これまでの実験の結果から
- 直径25cmの円を回転させるためには60cm以上の高さから落させることが必要。
 - 1つめの円で回転が成功すれば、次の円の直径は小さければ回転がうまくいくので大(25cm)中(20cm)小(15cm)の順で円をつくれば三回転もできるだろう。
 - ジャンプ台は円の直径の高さよりも低く作る。
 - 山をこえるように進むためには、前の山の頂点より次の山の頂点は低くする。
 - ゴールに向かって低くしていく。そうすれば回転ジェットコースターができるだろう。

設計図



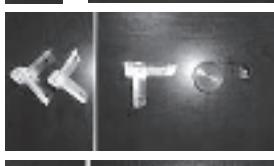
材料



木の板(60×45)、
カーブレール(3.1mを2本)、
木の板(60×5)2本、



木のぼう(長さ20cm)、
横折金具1こ、
三方面(大)3こ、
ねじ、



アルミ線、
ペットボトル500ml 2本、
ビニールテープ、
容器のふた、
あつ紙(7×11)、
ビー玉(Φ直径1.5cm)



作り方



1. 60cmの高さからビー玉をおとせるようにカーブレールの長さをはかり印をつける。



2. 印をつけた所を基準にして直径25cm、20cm、15cmの円ができるようにカーブレールと板にマジックで印をつける。



3. 印をつけた所をねじでとめる。



4. ペットボトルの上方をカッターで切りとる。



5. 切り口にビニールテープをはり、スタート台と受け口を作れる。



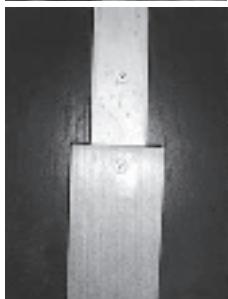
6. スタート台をつける面の2つ角に三方面(大)をとりつける。



7. 三方面(大)をつかってプランドボードをとりつける。



8. 長さ60cm の板の1つを長さ8 cm を2枚、長さ10cm を3枚に切る。



9. 長さ60cm の板に長さ10cm の板をつける。



10. その板を三方面(大)で固定し、板の上の方にカーブレールの先をねじで固定する。



11. さらにその上にスタート台をアルミ線でとりつける。



12. スタート台の下にあつ紙でトンネルをつくる。



13. カーブレールの反対がわの先の方に木のぼうをたて、受け口をとりつける。



14. 受け口の下に横折金具を使って長さ10cm の板をつけ、60cm の長さに切ったカーブレールをのせる。



15. カーブレールの反対がわが低くなるようにカーブレールをねじでとめる。



16. カーブレールの角に、三方面(大)で長さ8 cm の木の板を固定する。



17. 34cm に切ったカーブレールが下になるよう角をつくり容器のふたのゴールに向かって低くなるように固定する。



18. ビー玉がスムーズに転がるように調整したら出来上がり。



分かった事

- 回転する円の大きさははじめの円が成功すれば、次の円はそれよりだんだん小さくしていくと、三回転でもうまく回転できる。
- ビー玉がとまっている状態から落下した時は、はじめの高さまでビー玉は登ることはできなかったけど、はやいスピードをもって落下すると落下の高さ以上にビー玉は登ることができるし、より強くとび出すことができる。

調べた事

ビー玉は高いところから低いところへと転がる。ビー玉を高いところへ持っていくと、ビー玉の位置エネルギーが大きくなる。この位置エネルギーは運動するための運動エネルギーに変わるので、転がっていく。



ジェットコースターも乗り物を坂の上まで運んで位置エネルギーを大きくして、その位置エネルギーを運動エネルギーに変えてレールの上をすべる。

まとめ

- ビー玉が落下する高さが高いほど位置エネルギーが大きくなる。位置エネルギーは運動エネルギーに変わるので、上昇する高さも高くなる。
- ビー玉(小)よりビー玉(大)のほうが、同じ高さから落下しても上昇する高さが高くなる。
- ビー玉が上昇する高さはビー玉を転がす距離よりも落下する高さに関係がある。
- ビー玉は始めの落下する高さより高く上昇することはできないが、スピード(運動エネルギー)をもっていると、位置エネルギーに運動エネルギーをたした大きさになるので、高く上昇したり強くとび出したりすることもできる。
- 落下する高さが高いと、ビー玉(大)の方がビー玉(小)より遠くにとぶことができるが、落下する高さが低いとビー玉(大)はスピードが落ちて遠くにとぶことはできない。
- 円の直径の2倍より高い所からビー玉を落下させると1回転がうまくできる。

○2つの円、円A、円Bで

- ・ $A > B$ の時、Aで回転できるとBでも回転できる。B

での回転は速くなる。

- ・ $A = B$ の時、Aの直径の2倍より高い所から落下させ、Aで回転できても、Bは不十分。さらに5~15cm以上高くすると2回転できる。
- ・ $A < B$ の時、Aで回転できてもBで回転するのはむずかしい。
Aの直径の2倍とBの直径をたした長さより高い所からビー玉を落下させると2回転できる。

- 回転する円の大きさを順に小さくしていくと、はじめの円で成功すれば次々回転がうまくでき、3回転もできる。

感想

落下や上昇、回転について調べたことをもとに三回転できるジェットコースター作りをすることができた。

しかし、実験装置や回転ジェットコースター作りは、材料が固く苦労した。印をつけてからお父さんにドリルで穴を開けてもらうなど協力してもらった。

ビー玉を転がす実験は楽しかったけど、記録をとるのは大変で位置がずれないように印をうつたり目盛りをつけたりなど工夫して実験を行い、家族にも手伝ってもらった。

回転ジェットコースターがうまく進むために微調整するのも案外むずかしく、何度もねじでとめたりはずしたりしながらベストな位置をさがし、完成できたときはとてもうれしかった。

家にある他のビー玉でも遊んでみた。同じ大きさでも重さが変わるとうまく転がらないことに気づいた。ビー玉の大きさに加えて重さとの関係もくわしく調べてみたい。



参考

- 「動く！ 遊べる！ 小学生のおもしろ工作」
成美堂出版

講評

回転ジェットコースターを作ろう

回転ジェットコースターを作るという目標を掲げ、そのために必要なことはどんなことか、どのようなことが分かっていなければならないのかを考え、実験を計画し、1つ1つ解決していき、最終的には3回転するジェットコースターを完成させています。

まず、調べることをはっきりさせて、基礎的な研究を1つずつ行って多くのデータを蓄積しています。そしてこれらの研究を1つずつ段階を追って積み上げて統合させ、これに基づき1つのものを作り上げたところがすばらしいと思います。単なる試行錯誤ではなく、科学的に探究しています。

実験の方法も、落とす高さを一定にしてレールの円の大きさを変えたり、円の大きさを一定にして、落とす高さを変えたりと研究全体をとおして、条件をそろえる手法を貫いています。実験の結果、ビー玉を落下させる高さが高いほど、ビー玉が高く上昇することや、レールの円の直径の2倍より高いところからビー玉を落下させると一回転できることや、レールの円の大きさは大・中・小の順に並べた方が3回転しやすいことなど、多くのことを突き止めました。その集大成が作品になっています。

また、レポートに関しては、それぞれの実験の結果を、表や図、グラフ、写真等で工夫して分かりやすくまとめてあります。文章も読みやすく、ていねいにまとめてあります。

今後は、大きいビー玉が高く上った理由や、レールの円の大きさの順序による回転の違いなどのように今回得られた実験結果の理由を追究してみるのもよいでしょう。材料や形を発展させてみることも考えられます。

受賞ポイント

回転ジェットコースターを作るという1つの目標を掲げ、そのために解決しなければならない課題を明確にし、それらを1つ1つ着実に研究していった。根気強く実験を重ね、データを集積し分析、考察を行っている。そして、得られた研究成果を統合し、これをもとに見事に目標の作品を完成させた。レポートのまとめ方もよい。以上より、沖縄電力社長賞にふさわしい作品であると判断した。

沖縄電力社長賞

物理部門

ウェーブマシンの作製と波の性質

名護市立羽地中学校 1年 神 山 実 穂



I 研究の動機

中学生になって吹奏楽部に入り、音に興味を持つようになった。そんなとき、理科の授業で音は空気中を「波」として伝わっていくことを教わり、うれしくなった。なぜなら、私は小学5年生の時に「水の表面を伝わる波」の研究をしたことがあったからである。

そして、音の波のことについて、もっと深く調べようと思ったが、家ではコンピュータやオシロスコープを使った実験はできない。他の方法はないかと、インターネットで調べてみると、簡単なウェーブマシンで波について調べる方法が書いてあった。

そこで、夏休みにウェーブマシンを工夫して作製し、それを使って、波の性質について調べてみることにした。

また、そのときの研究を通して、ウェーブマシンにクリップをいろいろなパターンで取り付けると波の性質がどうなるのかも調べてみたくなり、さらに研究を進めることにした。



II 研究の目的

1 簡単に作れるが、壊れにくくて、できるだけ正確に測定できるウェーブマシン(レーリーのすだれ)を作る。

2 波の性質について調べる。

- ① ウェーブマシンの端をたたく強さ(波を起こす強さ)で振幅はどう変わるか。
- ② ウェーブマシンの端で波がはね返るとどうなるか。(反射)
- ③ 両端からきた波がぶつかるとどうなるか。(波の重ね合わせ)
- ④ 振動数を変えるとウェーブマシンにできる波はどうなるか。

うなるか。

- ⑤ ゴムの張りの強さを変えると、波の伝わり方はどうなるのか。
- ⑥ 波を伝えるもの(媒質)が変わると、波の伝わり方はどうなるのか。

3 ウェーブマシンの箸の両側に、ダブルクリップをいろんなパターンで取り付け、波の伝わり方がどう変化するのかを調べる。



III ウェーブマシンの作製

1 使用したもの

- | | |
|---|-----------------------------------|
| <input type="radio"/> カーテンレール | <input type="radio"/> 角材 |
| <input type="radio"/> 固定金具 | <input type="radio"/> ストロー |
| <input type="radio"/> 割り箸(元禄箸) | <input type="radio"/> 割り箸(利久箸) |
| <input type="radio"/> セロハンテープ | <input type="radio"/> ラッカースプレー(黒) |
| <input type="radio"/> ゴムひも(幅18mm・厚さ2mm) | |
| <input type="radio"/> 両面テープ | <input type="radio"/> のこぎり |
| <input type="radio"/> 蛍光塗料(黄) | <input type="radio"/> ドライバー |
| <input type="radio"/> ヤスリ | <input type="radio"/> ものさし |
| <input type="radio"/> ハンドタッカー | <input type="radio"/> はさみ |
| <input type="radio"/> メジャー | <input type="radio"/> 筆 |
| <input type="radio"/> カッターナイフ | <input type="radio"/> 黒いとりのこ用紙 |
| <input type="radio"/> 修正ペン | <input type="radio"/> 木の棒 |
| <input type="radio"/> ダブルクリップ(極豆・50個) | |
| <input type="radio"/> ゴムひも(直径3mm) | <input type="radio"/> ボンド(ゴム用) |
| <input type="radio"/> 電気スタンド(蛍光灯) | |

2 土台作り

サイズは、家にある一番大きなテーブルにのせることのできる大きさにする。87mm×87mmの角材を、21cmの長さに切って両端に置き、その間にレーリーのすだれを張る

ことにした。しかし、そのままだと動いて不安定なので、動かないように両端の角材をカーテンレールで固定する。

(1) カーテンレールのブラケットを外す。



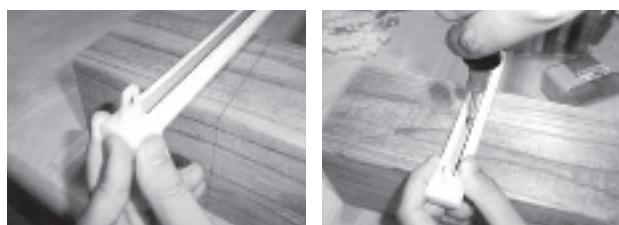
(2) キャップを外してランナーを全て取り出す。



(3) 家のテーブルの長さに合わせてレールの長さを調整し、取り付けネジで固定する。



(4) キャップをはめて、カーテンレールを角材にネジで固定する。



(5) ネジ穴をあけ、レーリーすだれを張る金具を角材の上に取り付けて完成。



2 ストローとセロハンテープで作るレーリーのすだれ
まず、インターネットで紹介されていた、ストローとセロハンテープで簡単に作れるレーリーのすだれを作製した。

(1) ストローの中心に油性マジックでしをつけていく。



(2) 粘着面を上にしたセロハンテープの両端を、別の短いテープで、装置を置くテープルに貼り付けて固定する。



(3) セロハンテープの下に、定規をすべりこませ、目盛りに合わせて15mm間隔でストローを置いていく。ストローの中心にセロハンテープがくるようにする。



(4) 粘着面が下になるようにひっくり返して、セロハンテープの端を、それぞれ土台の金具に貼り付ける。

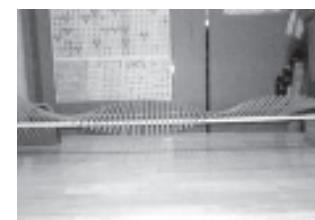


(5) 完成。



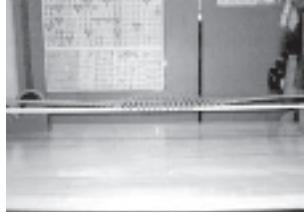
<評価>

波を起こしてみると、なかなかきれいに伝わる様子が見られた。



しかし、下記のような欠点がある。

- ア ちょっと風がふいただけで揺れてしまう。
イ 横から見ると、ストローがあまり真っ直ぐに並ばない。



ウ セロハンテープ1本で張っているので、強く張ると、切れてしまいそうである。

エ セロハンテープの粘着面がむきだしなので、保管しにくい。

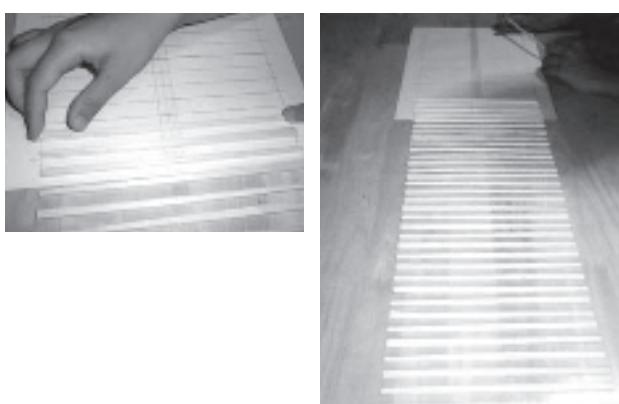
3 割り箸のレーリーすだれ

ストローとセロハンテープのレーリーすだれは、欠点が多い。そこで、本(いきいき物理わくわく実験)にのっていた割り箸のレーリーすだれを作つてみることにした。

- (1) 割り箸の中心に正確にセロハンテープを貼るため、その位置を決める型紙を作つた。



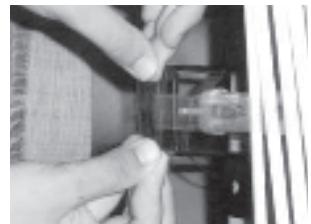
- (2) 粘着面を上にしたセロハンテープをテーブルいっぱいに固定し、その下に型紙をすべりこませ、型紙に書いた線に合わせて、15mm間隔で割り箸を置いていく。



- (3) 粘着面を上にしたセロハンテープの上から、粘着面を下にしたセロハンテープを貼り、上下のセロハンテープで割り箸をサンドイッチにする。



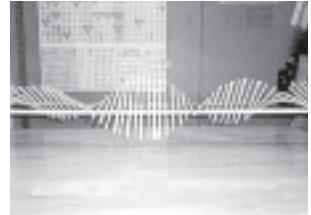
- (4) できたレーリーすだれの両端を土台の金具に短いセロハンテープで固定して完成。



<評価>

波を起こしてみると、ストローの時よりも安定感があり、見た目もきれいである。

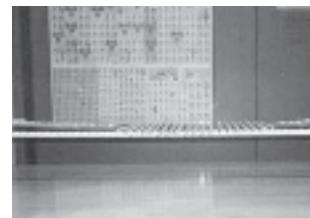
しかし、下記のような欠点が見られた。



ア セロハンテープを2枚重ねたせいか、丈夫にはなつたが、動きが固くてぎこちない。

イ 割り箸は元禄箸を使ったが、上下で太さに違いがある。そこで、上下交互に並べて作ったが、それでもバランスが悪く感じられた。

ウ 波を起こしていないとき、あまりまっすぐに並んでいない。



4 自作のウェーブマシン

(1) 第1号機

ストローや元禄箸を使ったレーリーすだれの欠点を克服するために、自分で工夫したものを作ることにした。工夫したのは下記の点である。

- ア セロハンテープのかわりに、動きがなめらかで丈夫なゴムひも(幅18mm・厚さ2mm)を使う。
イ 元禄箸のかわりに上下の太さが同じでバランスの取りやすい利久箸の割り箸を使う。
ウ 割り箸の先端だけが目立てば、波の様子がはつきりわかる。そこで、割り箸や土台を真っ黒にし、黒いとりのこ用紙を使って、パックも黒くする。そして、割り箸の先端には、黄色い蛍光塗料を塗つて目立つようにする。

エ 割り箸とゴムひもの接着は、自由に着脱できるよう、両面テープを使用する。

- ① 土台をラッカースプレーで黒く塗る。



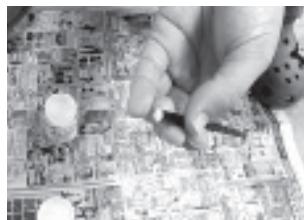
② 割り箸(利久箸)をラッカースプレーで黒く塗る。片面ずつひっくり返して、ラッカーアークを吹き付けた。



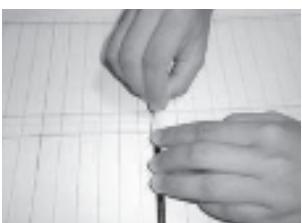
③ 割り箸の両端をヤスリでこすり、黒い塗料を落として白くする。



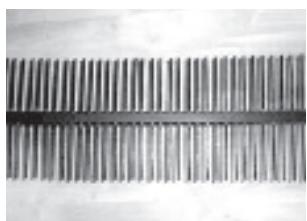
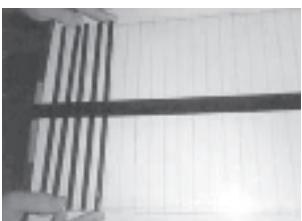
④ 割り箸の両端に、筆で黄色い蛍光塗料を塗る。



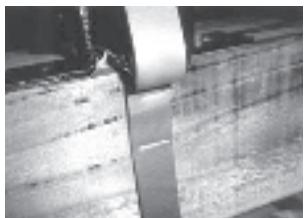
⑤ 型紙を使って割り箸の中心を確認し、両面テープを貼り付ける。



⑥ テーブルの上にゴムひもをのせて、その間に型紙をすべりこませ、利久箸を15mm間かくで貼り付ける。



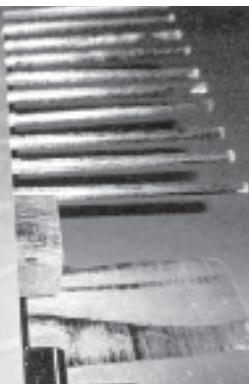
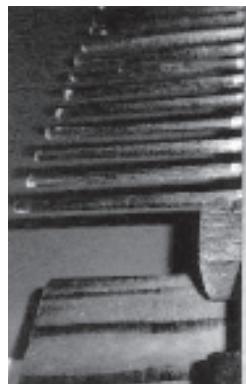
⑦ 割り箸を取り付けた面を下にして、ゴムひもを土台の金具にのせ、角材にハンドタッカーで固定する。



⑧ 土台の金具から割り箸までのすき間をうめるための固定用の棒を作って黒く塗った。



⑨ 完成。



(2) 第2号機

第1号機は、ゴムひもが幅18mm、厚さ2mmと固さがあり、波の伝わりも速い。そこで、もっとゆるく動けるように、直径3mmのゴムひもを2本使って、ウェーブマシンを作り直してみた。

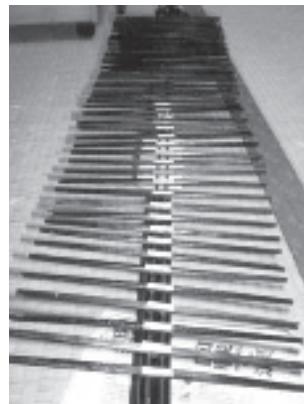
① ウェーブマシンの固定用金具に、ゴムひもを取り付けて、張る。



② ポンドで割り箸を取り付けていく。



③ ウェーブマシンの上台をつなぐカーテンレールの長さを変えて一番長い150cmにした。第1号機が、100cmだったので、約1.5倍の長さになったことになる。このことにより、波の様子が広い範囲でより詳しく観察できることになる。



④ 完成。



IV 実験の方法

ウェーブマシンのことがのっていたインターネットのウェブページや本に書かれていた基本的な用語について、ちゃんと調べて、理解してから、実験を始めることにした。また、全ての実験で、できるだけ予想を立ててから実験をすることにした。

<波の基本知識>

- 波：振動が次々と伝わる現象。
- 振幅：振動の振れ幅。
(振幅が大きいほど、音は大きくなる)
- 振動数：1秒間に振動する回数。
(振動数が多いほど、音は高くなる)
→振動数はヘルツ(記号Hz)という単位で表す。
以上は、教科書(「未来へひろがるサイエンス
1分野上」啓林館)で調べた。
- 波長：波の山と山、または谷と谷の間の距離。
- 媒質：波を伝える物質。
以上は、明鏡国語辞典(大修館書店)で調べた。

1 使用したもの

- ストップウォッチ(携帯電話のツールを使用)
- メトロノーム
- デジタルカメラ
- 他は、III-1に同じ

2 波を起こす強さで振幅はどう変わらるのかを調べる

ウェーブマシンの片側の割り箸をたたいて波を起こし、強くたたいた時と弱くたたいた時で、振幅がどう変わるかを観察し、デジタルカメラで撮影する。

3 波の反射について調べる

ウェーブマシンの片側の割り箸をたたいて波を起こし、反対側の端でどうはね返るかを観察し、デジタルカメラで撮影する。

※ このとき、はね返る側の端に固定用の棒をはめたり、とったりして、どちらが反射の様子を観察しやすいか確認しながら実験を行うことにした。

また、デジタルカメラで撮影するタイミングも、調整しながら行うこととした。

4 波の重ね合わせの実験

ウェーブマシンの両端の割り箸を同時にたたいて波を起こし、両端からきた波がぶつかるとどうなるかを観察し、写真に撮る。

5 振動数が変わると波長はどうなるか

(1) ウェーブマシンの片側の割り箸を、メトロノームのテンポに合わせて2回たたき、2つの波を写真に撮って波長を測定する。

(2) そのとき1つのテンポについて12回測定し、1番大きな値と小さな値は省いて、残り10回の平均を求めた。

(3) テンポは「 $\downarrow = 60$ 」が1分間(60秒)で60回なので、1Hzである。

※ 中1の教科書に「1秒間に振動する回数を振動数といい、ヘルツ(記号Hz)という単位で表す。」と書いてあった。

(4) そこで、「 $\downarrow = 60$ 」、「 $\downarrow = 120$ 」、「 $\downarrow = 180$ 」、「 $\downarrow = 240$ 」(メトロノームにないので、「 $\downarrow = 120$ 」にして、1拍で2回たたいた。)、「 $\downarrow = 300$ 」('' $\downarrow = 150$ ''で2回)、「 $\downarrow = 360$ 」('' $\downarrow = 180$ ''で2回)のテンポで測定した。

※ 「 $\downarrow = 60$ 」のときは、波長が長くて測定できなかつた。

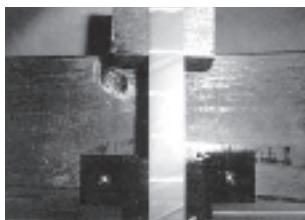
6 振動数が変わると波の様子はどうなるか

ウェーブマシンの片側の割り箸を、メトロノームのテ

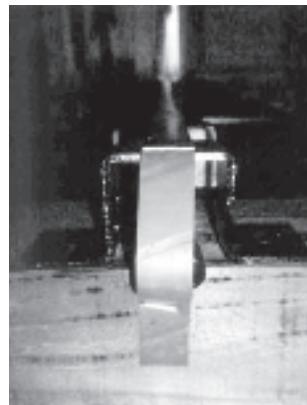
ンポに合わせ、ずっとたたき続けると、どうなるかを調べ、写真に写す。

7 ウェーブマシンのゴムの張りを変えると波の伝わり方はどうなるか

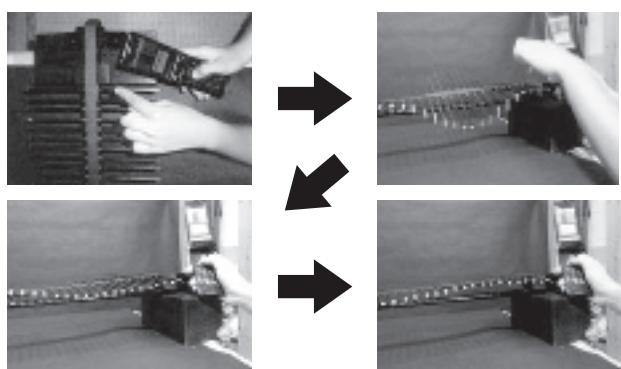
- (1) ゴムの片端に、2cmごとに6段階の白い目盛りを修正ペンで書き、それを土台の金具のへりに合わせる。



- (2) 目盛りをずらして、ハンドタッカーでとめ、ゴムの張りの強さを変える。



- (3) ウェーブマシンの片側の割り箸をたたき、波が反対側ではね返ってもどってくるまでにかかる時間をストップウォッチで計る。12回測定して、1番大きな値と小さな値は除き、残り10回の平均を求めた。



- (4) 土台の端から端までは1mなので、往復で2mである。波の伝わる速さは「道のり ÷ 時間」なので、「2m ÷ かかった時間」で求めることができる。12回測定して、1番大きな値と小さな値は除き、残り10回の平均を求めた。

- (5) メトロノームのテンポ「♩ = 192」に合わせて、ウェーブマシンの片側の割り箸を2回たたき、波を写真に写して波長を求める。12回測定して、1番大きな値と小さな値は除き、残り10回の平均を求めた。

8 媒質が急に変わると波はどう伝わるのか

- (1) 型紙に合わせて利久箸にしるしをつけ、両端をはさみで切り取る。



- (2) ラッカースプレーで黒く塗り、両端はヤスリでみがき、黄色い蛍光塗料を塗る。

- (3) 短くした利久箸を型紙の上に置いて、中心に両面テープを貼る。これを20本程度作る。



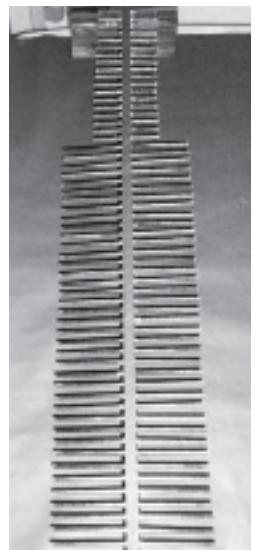
- (4) ウェーブマシンの片側から、利久箸を1つ取って、そのかわりに半分の長さの利久箸を取り付ける。これを20本程度くり返す。



- (5) これで、2つの種類の媒質を持つ、ウェーブマシンとなる。(長い箸の媒質と短い箸の媒質)



- (6) 長い箸の側から波を起こして、その波がどのように伝わっていくかを確かめ、デジタルカメラで撮影する。



- (7) 短い箸の側から波を起こして、その波がどのように伝わっていくかを確かめ、デジタルカメラで撮影する。

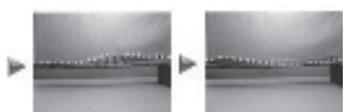
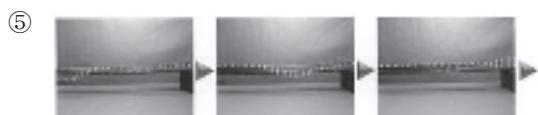
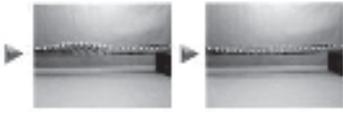
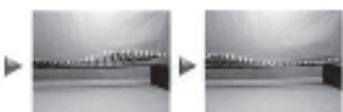
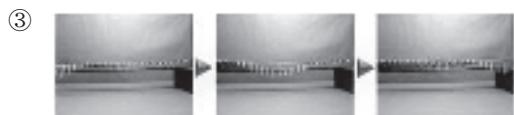
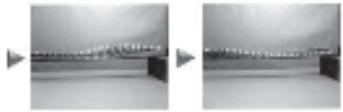
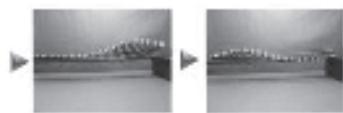
2 波の反射

<予想>

海などで、かべにおしよせてくる波の山は、そのまま山の形ではね返っていく。だから、ウェーブマシンの端に入る波の山は、はね返ってそのまま山の形で出していくと思う。

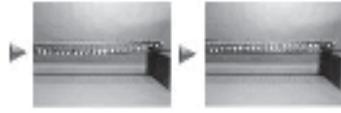
<結果>

(1) 固定棒を置かないとき

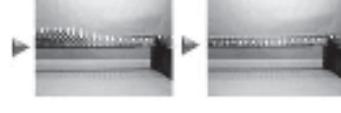
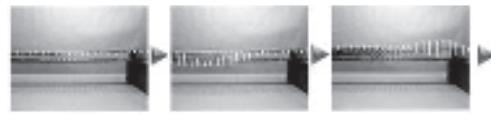


(2) 固定棒を置いたとき

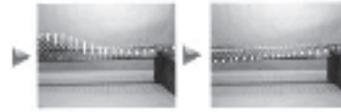
①



②



③



④



<結果のまとめ>

箸を下にたたいたので、波は谷として入っていったが、反射した波は、山として出ていった。(1)～(2)の写真からもその様子がわかる。また、この写真の反対側から見ると、波は山として入っていって、反射して谷として出ている。

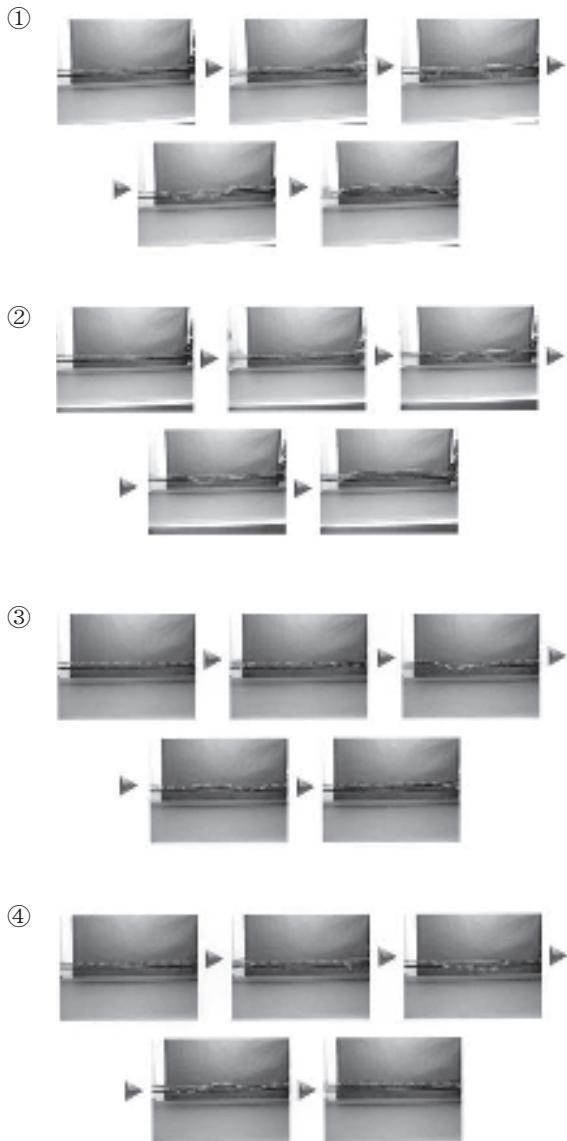
3 波の重ね合わせ

<予想>

両方からきた波が重なると、波の高さは2つの波を足した分、高くなると思う。また、ぶつかってあとは、はね返ってそれぞれ逆向きに進むと思う。

なぜなら、海の波も2つの波が重なって大きくなるし、波はかべにぶつかると、反射するからである。

<結果>



両方からきた波が重なると、波の高さは2つの波を足した高さになる。写真ではあまり上手く写せなかつたが、観察して確かめることができた。また、波がぶつかってあとは、はね返るのではなく、そのまま通り過ぎていく。右側からくる波が高くて、左側からくる波が低いとき、重なってあと、左側が高く、右側が低くなっていることからそれがわかる。

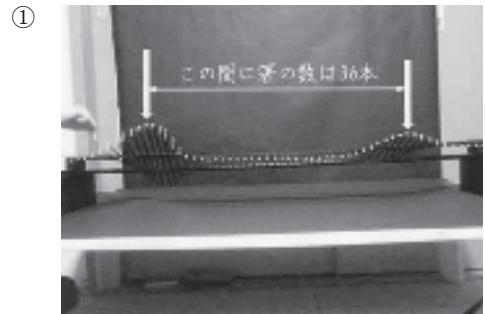
4 振動数と波長の関係

<予想>

振動数が多くなると、波長は短くなると思う。なぜなら、振動数が多くなるということは、波が細かくなるということなので、波長も短くなるのではないだろうか。

<結果>

(1) 振動数が2 Hz($\omega = 120$)のとき



※ 箸と箸の間の距離は15mmだから、求める波長は、
15mm × 36本 = 540mmとなる。

②		32本	③		35本
		480mm			525mm
④		34本	⑤		38本
		510mm			570mm
⑥		31本	⑦		34本
		465mm			510mm
⑧		34本	⑨		35本
		510mm			525mm
⑩		33本	⑪		31本
		495mm			465mm
⑫		30本			
		450mm			

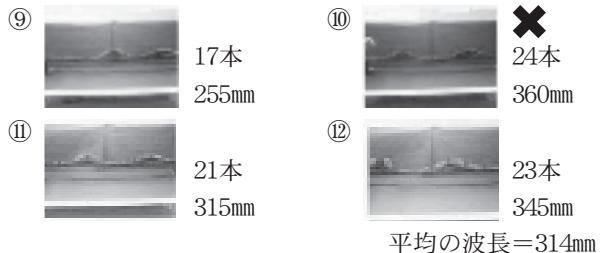
※ 一番大きい値の⑤と、一番小さい値の⑫は、誤差が大きい可能性があるのでカットする。

①②③④⑥⑦⑧⑨⑩⑪の10の値の平均を求める。

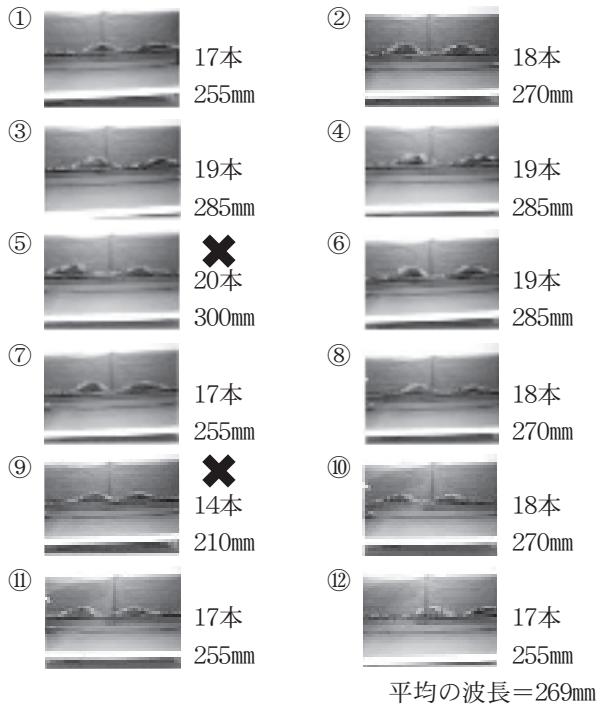
$$\text{平均の波長} = 503\text{mm}$$

(2) 振動数が3 Hz($\omega = 180$)のとき

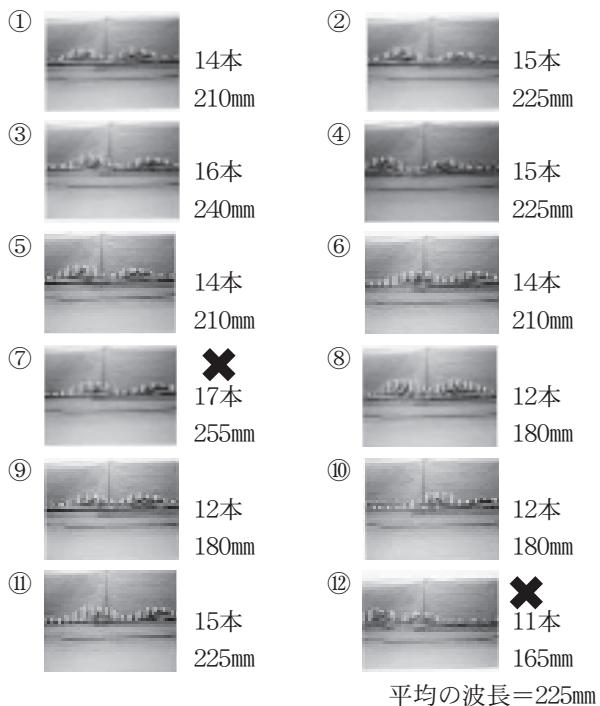
①		22本	②		20本
		330mm			300mm
③		21本	④		22本
		315mm			330mm
⑤		20本	⑥		21本
		300mm			315mm
⑦		22本	⑧		17本
		330mm			255mm



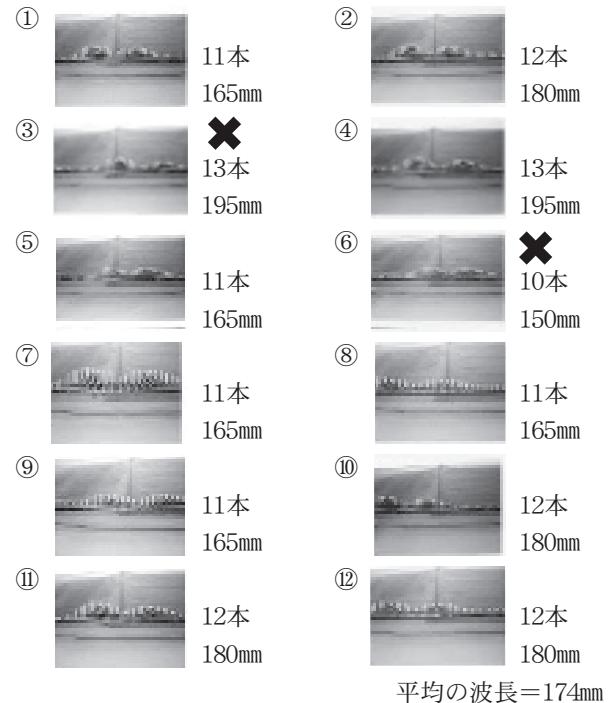
(3) 振動数が 4 Hz ($\downarrow = 240$) のとき



(4) 振動数が 5 Hz ($\downarrow = 300$) のとき



(5) 振動数が 6 Hz ($\downarrow = 360$) のとき



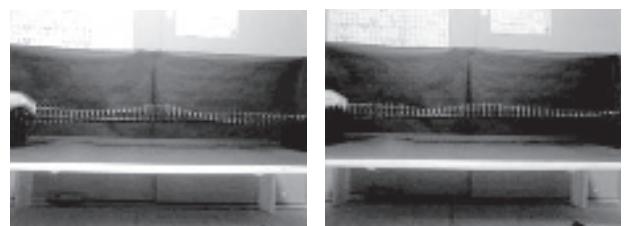
<結果のまとめ>

予想通り、振動数が多くなると、波長は短くなった。

5 振動数による波の変化

振動数を変えて波長の変化を調べているときに、おもしろい現象に気がついた。同じ振動数で波を起こし続けると、普通は波はバラバラでそんなに大きくならないが、ある特定の振動数のとき、とても大きく揺れるのだ。しかも、揺れるところと揺れないところがはっきりしている。

(1) 普通の振動数のとき



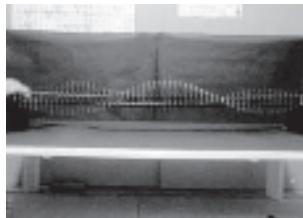
波はバラバラで、そんなに大きくならない。

(2) $\downarrow = 76$ (1.3Hz) のとき



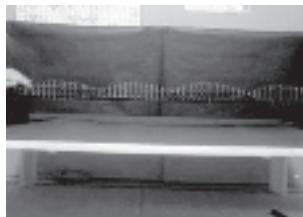
2つの大きく振動する部分ができる、その間に、まったく振動しない点が1つできた。

(3) $\zeta = 112$ (1.9Hz)のとき



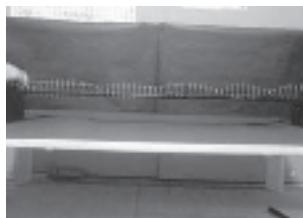
3つの大きく振動する部分ができる、その間に、ほとんど振動しない点が2つある。

(4) $\zeta = 152$ (2.5Hz)のとき



4つの大きく振動する部分ができる、その間に、ほとんど振動しない点が3つある。

(5) $\zeta = 192$ (3.2Hz)のとき



大きく振動する部分が5つ、その間にほとんど振動しない点が4つある。

6 ゴムの張りの強さと波の変化

<予想>

ゴムの張りを強くすればするほど、波の速さは速くなると思う。なぜなら、音は空気中より固体の中で速く伝わると聞いたことがあるからだ。ゴムを強く張ると固くなるので、波の伝わる速さも速くなるのではないだろうか。また、波の速さが速くなると、1秒間に進む波の山から山の間の距離も長くなるので、波長も長くなると思う。

<結果>

(1) ゴムの張り0(一番弱い)のとき($\zeta = 192$)

① 速さ

○ 2m進むのにかかった時間

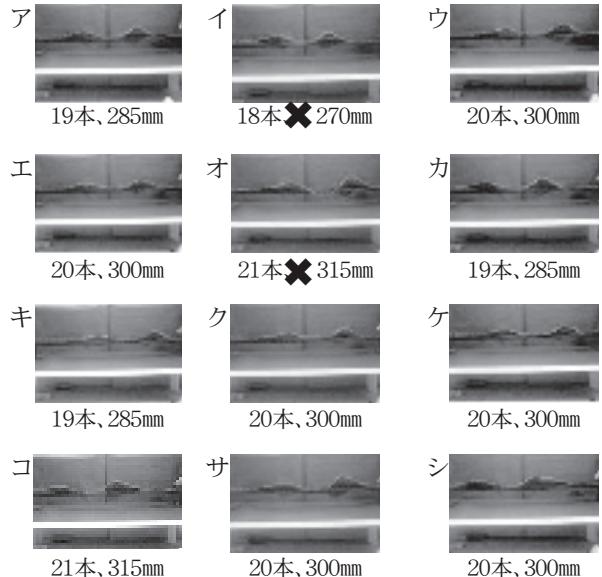
No.	1	2	3	4	5	6	7
値(秒)	1.92	1.81	1.85	1.91	1.95	1.85	1.95
No.	8	9	10	11	12		平均
値(秒)	1.88	1.87	1.95	1.85	1.79		1.88

※ 一番大きな値と小さな値の「10」と「12」は、誤差が大きい可能性があるのでカットして、残り10個の値から平均を求めた。

$$200\text{cm} \div 1.88\text{秒} = 106$$

よって、求める速さは、秒速106cmとなる。

② 波長



※ 一番大きな値である「オ」と一番小さな値である「イ」は誤差が大きい可能性があるのでカットして、残り10個の値の平均を求めた。

よって、求める波長は、297mmとなる。

(2) ゴムの張り1のとき($\zeta = 192$)

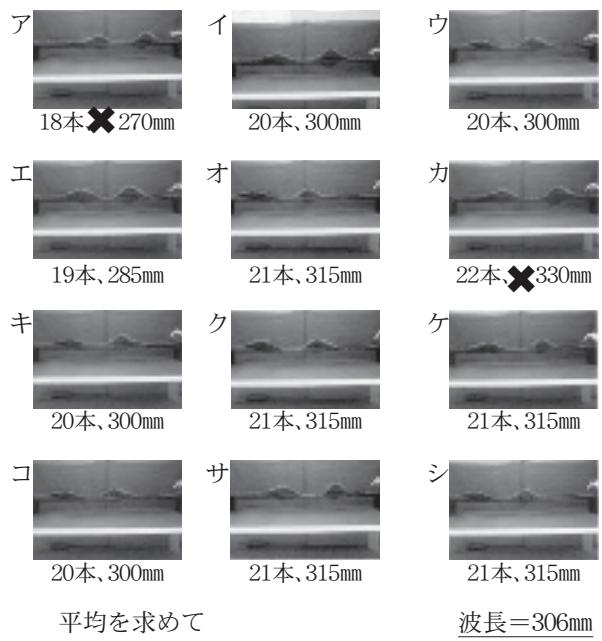
① 速さ

No.	1	2	3	4	5	6	7
値(秒)	1.75	1.81	1.67	1.82	1.82	1.77	1.70
No.	8	9	10	11	12		平均
値(秒)	1.78	1.73	1.67	1.60	1.68		1.74

$$200 \div 1.74 = 115$$

秒速115cm

② 波長



(3) ゴムの張り 2 のとき ($\downarrow = 192$)

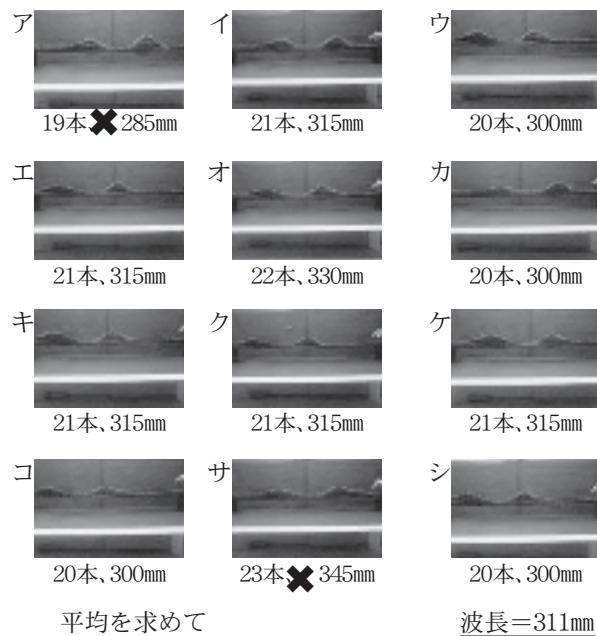
① 速さ

No.	1	2	3	4	5	6	7
値(秒)	1.62	1.75	1.55	1.83	1.56	1.56	1.72
No.	8	9	10	11	12		平均
値(秒)	1.69	1.67	1.70	1.74	1.71		<u>1.67</u>

$$200 \div 1.67 = 120$$

秒速 120cm

② 波長



(4) ゴムの張り 3 のとき ($\downarrow = 192$)

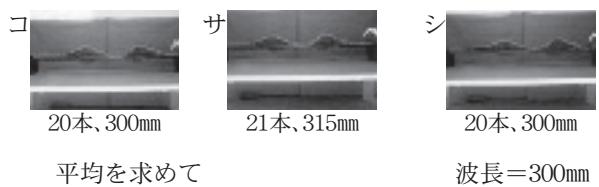
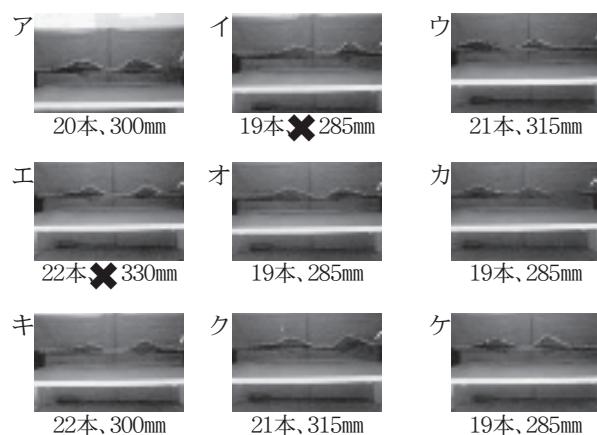
① 速さ

No.	1	2	3	4	5	6	7
値(秒)	1.74	1.67	1.65	1.63	1.52	1.70	1.59
No.	8	9	10	11	12		平均
値(秒)	1.52	1.67	1.65	1.60	1.66		<u>1.63</u>

$$200 \div 1.63 = 123$$

秒速 123cm

② 波長



(5) ゴムの張り 4 のとき ($\downarrow = 192$)

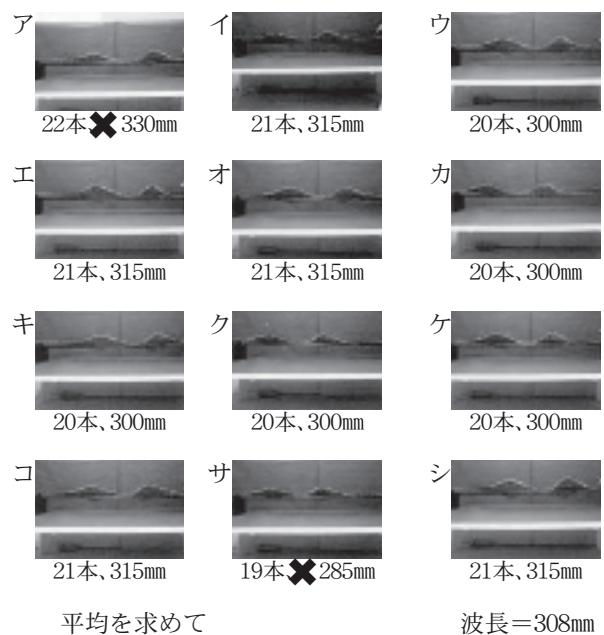
① 速さ

No.	1	2	3	4	5	6	7
値(秒)	1.59	1.69	1.67	1.62	1.59	1.55	1.44
No.	8	9	10	11	12		平均
値(秒)	1.65	1.62	1.56	1.52	1.35		<u>1.58</u>

$$200 \div 1.58 = 127$$

秒速 127cm

② 波長



(6) ゴムの張り 5 のとき ($\downarrow = 192$)

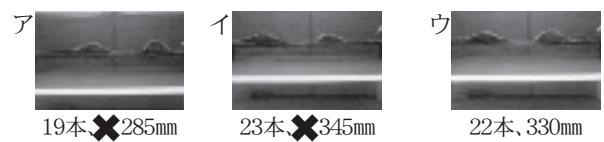
① 速さ

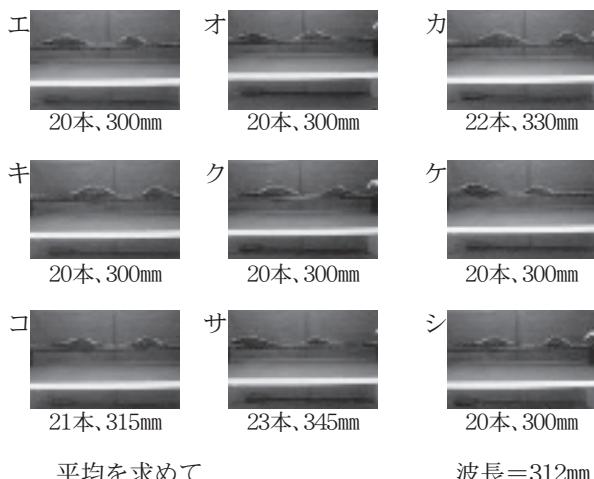
No.	1	2	3	4	5	6	7
値(秒)	1.65	1.54	1.47	1.47	1.61	1.46	1.45
No.	8	9	10	11	12		平均
値(秒)	1.46	1.62	1.43	1.50	1.47		<u>1.51</u>

$$200 \div 1.51 = 132$$

秒速 132cm

② 波長





(7) わかったこと

- ① ゴムの張りが強くなるほど、速さは速くなっていることがわかる。
- ② ゴムの張りが強くなっても、それに比例して波長が長くなっている様子はない。

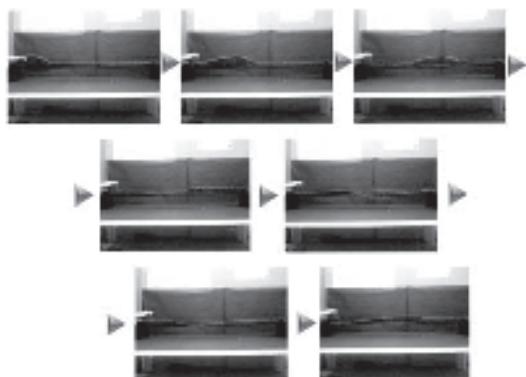
7 媒質が急に変わるときの波の伝わり方

<予想>

媒質が変化するところで、波の伝わり方も急に変化すると思う。長い箸の方から短い箸の方へ入ると、波の速さが急に速くなるのではないだろうか。なぜなら、箸が短くなる分、動きが軽くなって、速く伝わりそうだからである。また、同じ理由で、短い箸から長い箸の方へ入ると、波の速度はおそくなると思う。

<結果>

(1) 波が長い箸の方から短い箸の方へ入るとき



媒質が急に変わるので、波がいくらか反射されていた。また、短い箸の方へは、あまり波が入っていってない感じだ。

(2) 波が短い箸の方から、長い箸の方へ入るとき



媒質が急に変わるので、波の反射は見られない。(あるのかもしれないが、はっきりしない。)また、短い箸から長い箸の方へ入ったとたん、波が高くなっていることがわかった。

(3) わかったこと

媒質が急に変わるので、波は反射したり、変化して伝わっていくことがわかった。

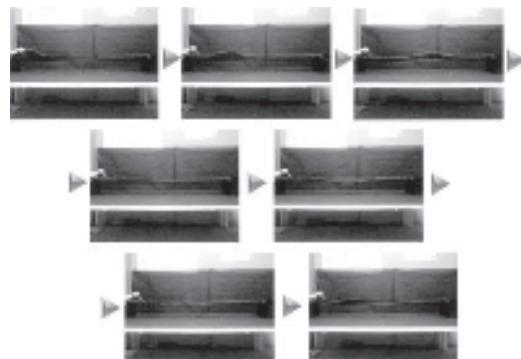
8 媒質がなめらかに変わるときの波の伝わり方

<予想>

媒質がなめらかに変化すると、波の変化もなめらかになると思う。例えば、ドミノのおしで、急に大きなドミノに変わるとストップしてしまうが、1つのドミノが2つ、2つのドミノが3つと、徐々にドミノの数を増やしていくと、たくさんのドミノをたおすことができる。だから、長さが徐々に変化するところでは、波もなめらかに変化すると考えるのである。

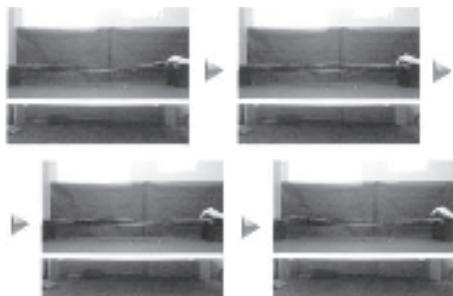
<結果>

(1) 波が長い箸の方から短い箸の方へ入るとき



媒質が変わるので、波はいったんおさまるように見えるが、やっぱり反射してもどついく、しかし、媒質が急に変化するときは、はね返る波は弱くなっている。

(2) 波が短い箸の方から、長い箸の方へ入るとき



媒質の変化が急なときは、波がスムーズに伝わっている感じがする。媒質が変化するところで、波は急に高くなったりはしない。

(3) わかったこと

媒質がなめらかに変わると、急に変わったときにくらべて、波が反射したり、波の性質が変わったりなどがあまりなかった。波がスムーズに伝わるようになる。

9 クリップを付けて媒質の重さのパターンを変えたときの波の伝わり方

(1) 25本の割り箸すべてにクリップが付いているとき



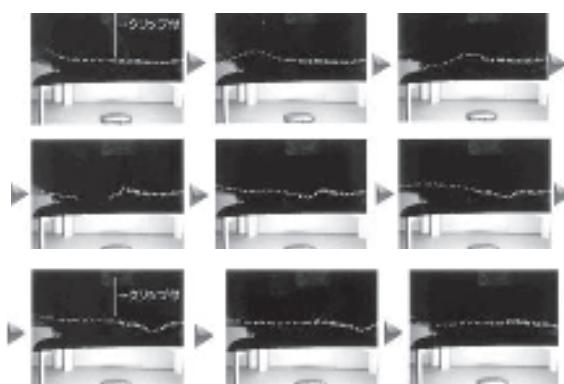
※ ●～両端にダブルクリップが付いた箸
○～ダブルクリップが付いていない箸

<予想>

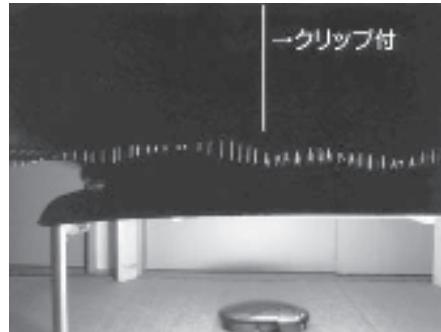
クリップの付いていないところから入った波は、クリップの付いた最初の割り箸のところでほとんど反射されると思う。そして、クリップの付いたところへ入っていく波は、振幅がだいぶ小さくなると思う。理由は、長い箸から短い箸へ波が入っていったときにも媒質が変わることで波が反射され、短い箸の方へはあまり波が入っていないように感じられたからである。

また、連続して波を起こした場合は、クリップを付けたところの振幅が小さくなると思う。なぜなら、クリップがついて重いからである。

<結果>



※ 同じ振動数($\omega = 120$)で波を起こしたとき



<わかったこと>

山として入ってきた波は、クリップの付き始めのところで一部は谷として反射され、一部は小さくなってしまって通り過ぎていった。媒質の変化する境目では、波の動きは複雑になっている。

同じ振動数で波を起こすと、クリップの付いたところは、付いてないところより、波長が短くなっているのがわかる。振幅は、あまり差はない。

(2) クリップが交互に付いているとき

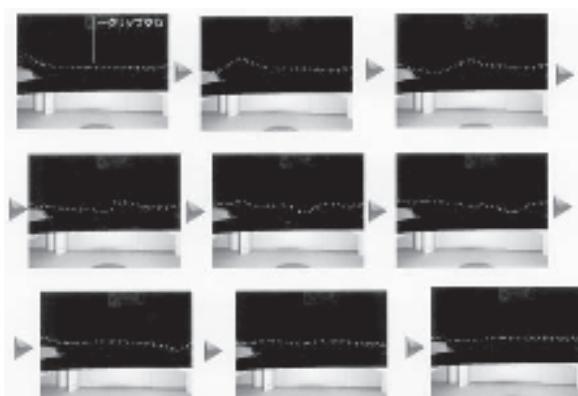


<予想>

(1)のときよりも、反射される波が弱まり、通過する波の振幅が大きくなると思う。なぜなら、クリップの付いている数が半分になり、全体として軽くなったからである。

また、同じ振動数で波を起こした場合、クリップが交互に付いている部分の波長は、(1)のときよりもクリップの付いてない部分に近くなると思う。

<結果>



※ 同じ振動数($\downarrow = 120$)で波を起こしたとき



※ 同じ振動数($\downarrow = 120$)で波を起こしたとき



<わかったこと>

山として入ってきた波は、クリップの付き始めのところで一部は谷として反射され、一部は小さくなつて通り過ぎていくが、クリップが全部付いているときは、反射される波が弱く、通過する波が大きい。また、このときも媒質の変化する境目で、波の形はくずれてしまうのがわかる。

同じ振動数で波を起こしたとき、クリップが交互に付いたところは、付いてないところより波長が短いが、(1)のときよりは少し長くなっているのがわかる。振幅の差はあまりない。

(3) クリップが4つに1つずつ付いているとき

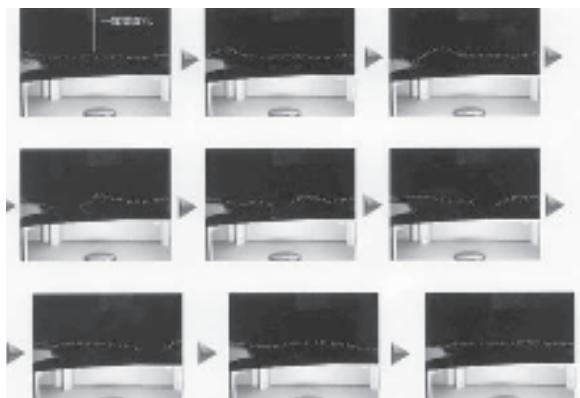
●○○○●○○○●○○○●○○○●○○○●○○○●

<予想>

(2)のときよりも、反射される波が弱まり、通過する波の振幅が大きくなると思う。なぜなら、クリップの付いている数がさらに減り、全体としてだいぶ軽くなっているからである。

また、同じ振動数で波を起こした場合、クリップが付いている部分の波長は、(2)のときよりもクリップの付いていない部分に近くなると思う。

<結果>



<わかったこと>

山として入ってきた波は、クリップの付き始めのところで一部は谷として反射され、一部は小さくなつて通り過ぎていくが、(2)のときよりも反射される波が弱く、通過する波が大きい。通過する波は、写真で見ると、谷になつておくれて出て行つるようにも見える。

同じ振動数で波を起こしたとき、クリップが4つに1つずつ付いたところは、付いてないところより波長が短いが、ほとんど差はない。振幅の差はほとんどない。

(4) クリップが5つずつ交互に付いているとき

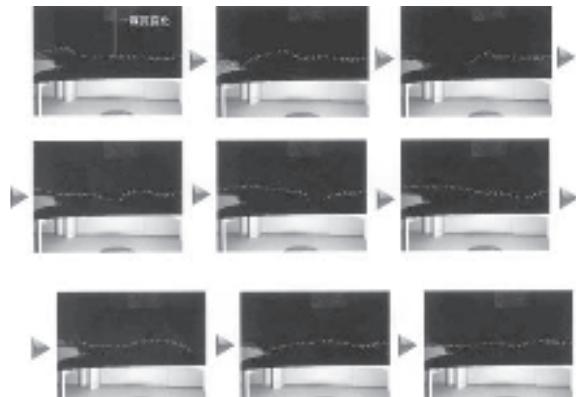
●●●●●○○○○○●●●●●○○○○○●●●●●

<予想>

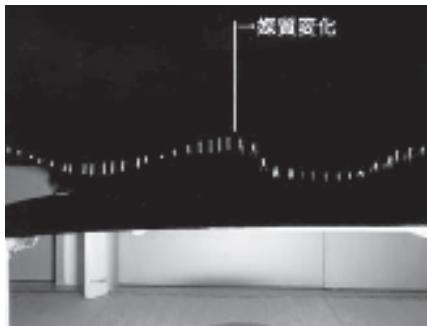
通過する波の振幅は、クリップの付いている部分と付いていない部分で大きさがちがうと予測できる。クリップの付いている部分は小さく、付いていない部分は大きくなると思う。

また、同じ振動数で波を起こした場合、クリップが付いている部分の波の形は、複雑になると思う。

<結果>



※ 同じ振動数($\nu = 120$)で波を起こしたとき



＜わかったこと＞

山として入ってきた波は、クリップの付き始めのところで一部は大きく谷として反射され、一部は小さくなつて通り過ぎていくが、最初の5つのクリップの後のクリップの付いていない部分で大きな谷が生じた。

同じ振動数で波を起こしたとき、クリップが5つずつ交互に付いたところでは、クリップの付いた部分は動きをさまたげ、付いてない部分は大きく動こうとしていた。また、付いてない部分は、波の入ってくる前の部分より振幅が大きくなっているように感じられた。

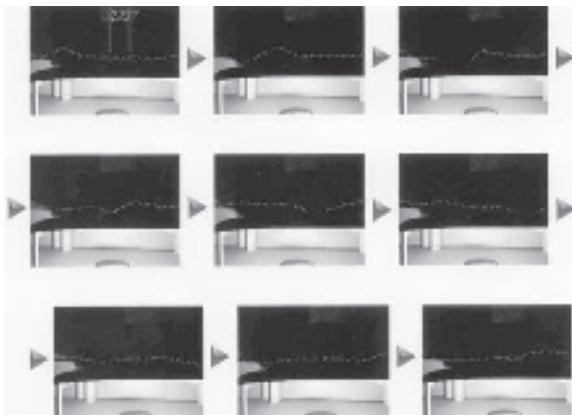
(5) クリップが先頭に5つだけ付いているとき

〈予想〉

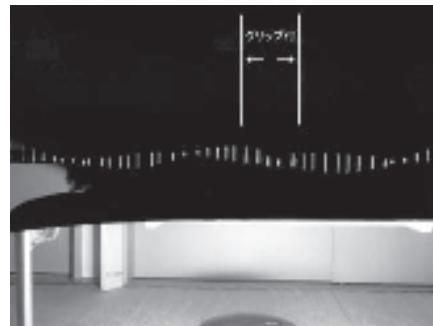
クリップの付いた5つの箸の部分で、入ってくる波は大部分が反射され、通過する波は弱まると思う。

また、同じ振動数で波を起こした場合、クリップが付いている部分の波の形は、先頭の5つの部分だけ振幅が小さくなって、残りの部分は同じになっていると思う。

〈結果〉



※ 同じ振動数($\omega = 120$)で波を起こしたとき



＜わかったこと＞

山として入ってきた波は、クリップの付き始めのところで一部は大きく谷として反射されているが、一部は少し遅れて谷として通り過ぎて行っているように見える。

同じ振動数で波を起こしたとき、クリップが付いた先頭の5つのところでは、振幅や波長が少し小さくなっているように感じられたが、それ以外では同じであった。

(6) クリップがランダム(ばらばら)に付いているとき

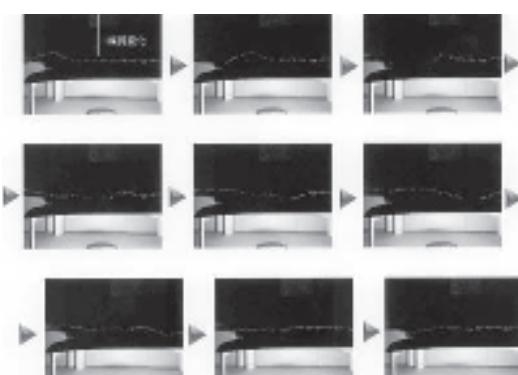
A horizontal sequence of 20 circles, alternating between black and white. The pattern starts with a black circle on the left, followed by a white circle, then a black circle, and so on, ending with a white circle on the right.

〈予想〉

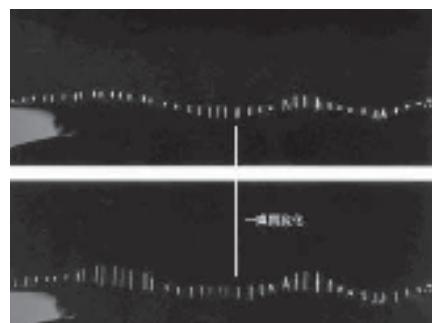
クリップの付いた5つの箸の部分で、入ってくる波は大部分が反射され、通過する波は弱まると思う。

また、同じ振動数で波を起こした場合、クリップが付いている部分の波の形は、先頭の5つの部分だけ振幅が小さくなって、残りの部分は同じになっていると思う。

<結果>



※ 同じ振動数($\downarrow = 120$)で波を起こしたとき



<わかったこと>

クリップの付き始めのところで波の形に大きな変化はないが、反射された波は大きな谷となっている。通り過ぎた波は、谷として反射されているが、一部は少し遅れて谷としてスピードを落として通り過ぎて行った。

同じ振動数で波を起こしたとき、クリップが付いた部分は全体的に振幅が沈んでいる。

VI 考察

1 波を起こす強さと振幅の関係

予想通り、強い力を加えて波を起こすほど波の振幅も大きくなつた。確かに、お風呂の湯船で波を起こすときも、力を入れたり体全体でゆらした方が、波の振幅は大きくなる。このことから、大きな津波が発生するときには、海底で大きな力の加わる変化が起きていると考えられる。

2 波の反射

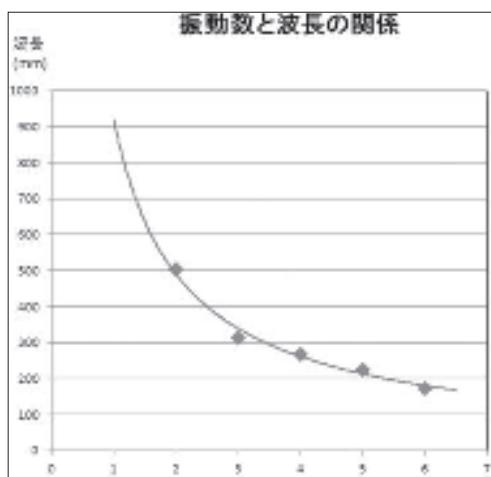
漁港などで防波堤のかべに入ってくる波の山は、そのまま山として出ていく。しかし、ウェーブマシンでは、山として入ってきた波は谷としてはね返っていき、谷として入ってきた波は山としてはね返っていった。水のときは、かべにぶつかると自由に動いて水位が上に上がり、それが下に下がりながら、また山として出していくのだと思う。ウェーブマシンでは、箸はゴムひもについていて水のように自由ではないので、反発して逆になって出ていったのだと思う。

3 波の重ね合わせ

予想通り、両方からきた2種類の波がぶつかると、重なり合い、2つを足した分、高くなつた。しかし、ぶつかって後は、はね返るか、くだけるだろうと考えていたが、そうはならなかつた。波はたがいに通り過ぎて、そのまま進んでいった。例えば、ミニカー同士をぶつけるとはね返るが、これはミニカーが固体だからである。形を変えないもの同士なので、はね返るかこわれるかするのだと思う。しかし、波は、水や空気など形を変えるものの中を伝わっていくので、はね返らずにそのまま通り過ぎていくのだと思う。

4 振動数と波長の関係

予想通り、振動数が多くなると波長は短くなつた。実験結果をグラフにすると、下のようになつた。



このグラフを見てみると、中学1年の数学で学んだ(教科書「啓林館」の96ページ)にある反比例のグラフとなつてゐる。つまり、振動数と波長は反比例の関係にあることがわかる。式で表すと、だいたい

$$\text{波長} = \frac{1080}{\text{振動数 (Hz)}} \text{ (mm)}$$
となる。

5 振動数による波の変化

ラグビーボールのような振動が2つできるとき、振動数は $\nu = 76$ (1.3Hz)で、3つできるときは $\nu = 112$ (1.9Hz)、4つできるときは $\nu = 152$ (2.5Hz)、5つできるときは $\nu = 192$ (3.2Hz)となつてゐる。

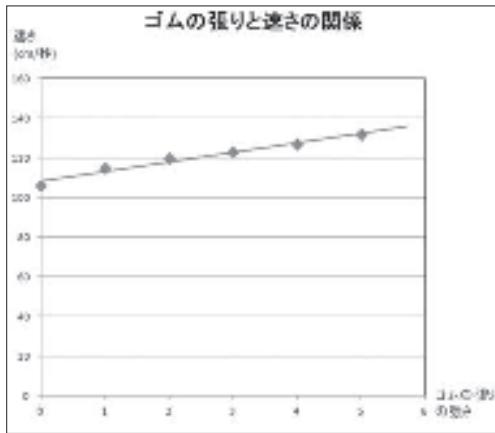
$\nu = 112$ は $\nu = 76$ の約1.5倍、 $\nu = 152$ は $\nu = 76$ の2倍となつてゐる。 $\nu = 76$ のときにはラグビーボール2個なので、半分のときに1個と考えると $\nu = 38$ (0.6Hz)となる。そうすると、

$\nu = 76$ (1.3Hz)は $\nu = 38$ の2倍でラグビーボール2個、 $\nu = 112$ (1.9Hz)は $\nu = 38$ の約3倍でラグビーボール3個、 $\nu = 152$ (2.5Hz)は $\nu = 38$ の4倍でラグビーボール4個、 $\nu = 192$ (3.2Hz)は $\nu = 38$ の約5倍でラグビーボール5個、というような関係があることがわかつた。

このことについて、「いきいき物理わくわく実験」には、これが「定常波」と呼ばれるものであることが書いてあつた。大きくゆれる部分を「腹」、ほとんどゆれない点を「節」と言うらしい。波が「はね返る」と「重ね合わされる」という性質を持っていることから、発生する波と反射される波が重なり続けて、このようになると考えられる。振動数を増やすと波長が短くなるので、振動数が多くなるにつれて腹の数も増えるのだと思う。

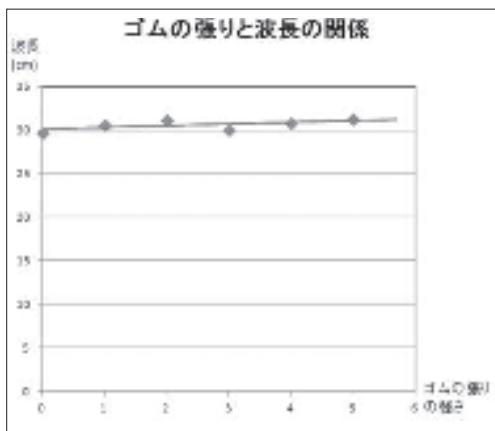
6 ゴムの張りの強さと波の変化

ゴムの張りが強くなるほど、波の速さは速くなつてゐる。結果をグラフに示すと下のようになる。



ゴムを強く張ると、ゴムが固くなつた。音が気体よりも固体で速く伝わるように、ゴムの張りが強くなると、その中を伝わる波の速さも速くなるのだと考えられる。

ゴムの張りが強くなつても、波長が長くなっている様子はほとんど見られない。実験結果をグラフにすると下のようになる。



あとで気づいたことだが、ゴムの張り 0 のとき箸と箸の間は 15mm で、張りの強さを変えると少しだけ伸びることになる。だから、波長は、実際はゴムが伸びた分、グラフよりももっと伸びているものと考えられる。

7 媒質が変わるとの波の伝わり方

媒質が急に変わるとこでは、波は反射したり、変化して伝わっていくことがわかった。確かに、ヘリウムガスを吸いこんでしゃべると、声が全く変化する。媒質が変わると音(波として伝わる)が変わるのである。

また、理科の授業では光が別の媒質に入りこむとき、屈折したり、反射することを学んだ。波もちがう媒質に入るとき、反射したり、屈折のように伝わり方を変えたりするのだと思う。

媒質がなめらかに変化するときは、波の性質もあまり変わらないように感じた。私は吹奏楽部でアルトサックスを吹いているが、音の出口は「ベル」と言って、次第に広がっている。これはトランペットなどの金管楽器も同じである。私は、音を大きくするというだけではなく、その性質を変えないためにベルがあるのではないかと考えた。メガホンも同じである。

8 クリップを付けるパターンを変えたときの波の伝わり方

クリップがついていないところから、付いているところへ波が入ってくるとき、一部は谷として反射され、一部は小さくなつて通り過ぎる。このことから、波が伝わるとき、媒質が変わる境目で一部は反射され、一部は通過することがわかる。

また、媒質がちがうと、波長を変えて伝わっていくことがわかった。

それから、クリップの割合が少なくなるほど、反射する波は弱まり、通過する波は大きくなつた。このことから、媒質の変化の度合いが大きいほど、反射される波は大きくなり、通過する波は小さくなることがわかる。

クリップが 5 つずつ交互に付いたところのクリップが付いていない部分では、入ってくる波よりも大きな振幅になっていた。なぜそうなるのか、よくわからないが、今後調べていきたい。

クリップを付けるパターンを変えたときの波の変化は、複雑なので、もっと正確な測定のできるウェーブマシンでないとちゃんと調べる事はできないと思う。

VII 反省と今後の課題

1 レーリーすだれを作製するとき、箸をセロハンテープやゴムひものに正確に貼り付けるのが、難しかった。型紙を準備するなどして工夫したが、それでも正確にはるのは大変だった。

2 ノコギリで角材をきれいに切ることができなかつた。技術の時間に 1 度練習したが、最後まで上手く切れなかつた。これから、また学習する予定なので上手に使えるようになりたい。

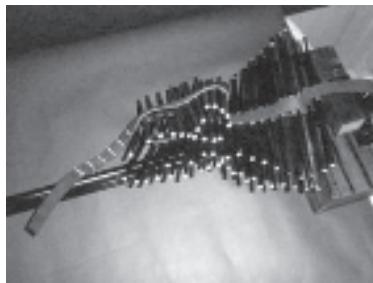
3 蛍光塗料を塗るとき、筆に取りすぎてベランダにこぼしてしまつた。コンクリートについた塗料を落とすのは大変だった。

4 波の反射のとき、箸のカメラがある側を押して波をつくったので、波の谷が進んでしまつた。カメラと逆側の箸を押せば波の山が進んでいくのでそのようにすれば良かった。

5 波と波を重ね合わせるとき、母に手伝ってもらつたが、上手くタイミングをあわせることができず、何度も失敗した。また、たくさんの写真を写したがいいタイミングのものは 1 つも撮ることができなかつた。

6 ゴムひもの張りの強さを変える実験で、張りを一番強くしたとき、張りの力が強すぎて、ハンドタッカーで止めていたところが外れて、第 1 号機のウェーブマシンが壊れてしまつた。直して 3 力所をハンドタッカー

で止めて実験を続けた。ゴムひものウェーブマシンの欠点のひとつである。



7 第2号機のウェーブマシンも、ゴムひもでできているので、強く張りすぎると切れるし、張りが弱いと割り箸の重さでたるんでしまう。このような欠点を克服できるウェーブマシンを、今後考えてみたい。



VIII 参考文献・資料

- 1 未来へひろがるサイエンス 1分野上 啓林館
(中学校1年の理科の教科書)
- 2 未来へひろがる数学1 啓林館
(中学校1年の数学の教科書)
- 3 いきいき物理わくわく実験 新生出版
愛知・岐阜物理サークル[編著]
- 4 簡単にできる工作と実験・ウェーブマシンを作ろう
<http://www.osaka-kyoiku.ac.jp/~masako/exp/melde/wave.html>
- 5 明鏡国語辞典 第二版 北原保雄[編]大修館書店

講評

ウェーブマシンの作製と波の性質

これまででも、ウェーブマシンの製作はいくつもレポートとして報告されています。今回の研究では、これまでのものを参考にして作ってみることからスタートしています。しかし、真似をして作っただけではなく、製作したものの良い点と改善点を分析し、自分なりの工夫をいくつも重ねてオリジナルの作品を製作しました。

また、製作だけにとどまることなく、ウェーブマシンを使って、振幅・反射・重ね合わせ・波の独立性…等、波の性質について様々な実験・観察を行いレポートとしてまとめたところが高く評価されました。

レポートの書き方やパネルも、参観者が読みやすいように図や写真を用いて丁寧に表現しています。

1つだけ気になったところは、振動数と波長の関係についての考察です。書いたグラフだけでは反比例の関係と言えないのではないかと思います。文献などを調べて、そのことを踏まえて考察しても良かったのではないかと思います。

私たちの生活の中には波があふれています。あなたが小学校の時に実験した水面波、本研究のきっかけである音、目に入ってくる光、テレビ・ラジオ・携帯電話等の情報を伝達している電波などたくさんの種類があります。それらの中に疑問を見つけ、これからも研究に取り組んでください。

第34回沖縄青少年科学作品展

沖縄電力社長賞

産業部門

競技用ソーラーカー“LEQUION”(レキオン)

沖縄県立南部工業高等学校 3年 金 城 孝 作 宮 里 宗一郎
2年 平 良 彬 目取眞 侑 樹

はじめに

私たち南部工業高校技術部は、これまで様々なものづくりチャレンジ活動に取り組んできた。その集大成として昨年、世界最大規模のソーラーカー競技大会に挑戦した。競技車両の製作には、アッカーマン・ジャントー理論をはじめとする自動車工学を活用した高度な設計技術と、多様な機械加工設備を活用する技術が必要とされる。また豪州大陸3000kmの完走には、高い耐久性能・安全性能と、軽量化などによる省エネルギー・動力性能向上という、相反する設計要素を高度にバランスし、両立させなければならない。

今回の研究発表においては、競技用ソーラーカー「LEQUION」(レキオン)の製作工程の概要と、競技中に車載データロガーにて記録した太陽光発電やモーター消費電力、速度などの様々なデータを解析し、設計値と比較検証することで、走行性能を数値的に評価し、今後の更なる挑戦に生かすことを目的に研究に取り組んだ。



製作について

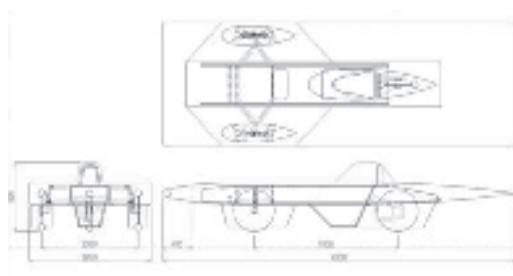
車両の基本設計

ものづくりの要である設計には6ヶ月をかけ、生徒が主体となって取り組んだ。設計の段階で、製作時の作りやすさ、完成時の走行性能、耐久性が決定されるので、何度も検討を繰り返した。CADによる設計と、紙と鉛筆を使用しての原寸大での設計の2通りで行った。原寸大の図面は、全体像やバランスを掴むときに適している。

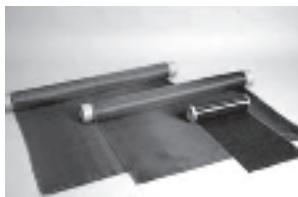


世界最大規模のソーラーカー競技世界大会に 公立高校生主体による日本初の挑戦

私達は2011年10月にオーストラリアで行われたソーラーカー競技大会、「ワールドソーラーチャレンジ」に公立高校生を中心とするチームでは日本初となる挑戦を成し遂げた。世界から20の国と地域から37チームが出場、日本からは私たちを含む合計3チームが参加した。



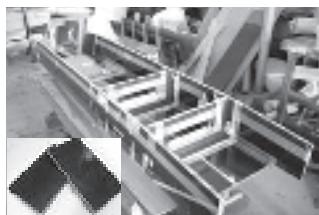
製作に使用した材料



私たちは車両の基幹部位に、主たる素材としてカーボンファイバーを使用した。一般的に CFRP とも呼ばれる。ノーメックスハニカムをカーボンファイバーで挟むサンドイッチ構造の板材を地域企業の協力を得て自分たちの手で熱処理成型し、フォーミュラーカーと同様なコンポジットモノコック構造の車両を製作した。

CFRP の特徴

- ・面で構成することにより、断面二次モーメント向上による剛性向上と軽量化を両立できるため、アルミニウムやスチール等に勝る製品の重量比強度、剛性を実現できる。
- ・製品の型を製作することで、三次曲面を用いた自由な形状の製品が製作可能である。



CFRP の活用

私達が取り組んだ CFRP の成形方法は大きく分けて 2 通りある。

①ドライレイアップ



CFRP の成形方法は大きく分けて 2 通りあり、1 つ目は、あらかじめ熱硬化樹脂が含浸された「プリプレグ」での成形。130°Cで熱硬化反応する成形方法のため、大型の加温調節可能な設備を必要とする。液状の樹脂を使わなければ、ドライレイアップとも呼ばれる。



ドライレイアップの特徴

上の写真(東海大学)のように、ドライレイアップでの三次元曲面成型によって軽量化と剛性向上の両立を図ることができる。しかし、設備や工程の面で費用は莫大になってしまう。私達は二次曲面で成型できる車両製作方法で車両開発に取り組んだ。

②ウェットレイアップ



2 液混合型の常温硬化樹脂を使って手作業で纖維へ含浸させる「ウェットレイアップ」にも取り組んだ。私たちはエボキシ樹脂とポリスチレン樹脂を使用した。気温が高いと硬化にかかる時間が短くなるため、沖縄での作業には経験と高い技術が求められる。



ウェットレイアップの特徴

私達のようなエンジニアが一般的に行う手法であるウェットレイアップは、手軽で費用も比較的安価に見える反面、液状の樹脂を追い出すことが難しい。余分な樹脂が製品に残ってしまうと重くなり、また強度も落ちてしまう。出来るだけ少ない樹脂で硬化させる技術の習得が、完成した製品の善し悪しを決定するポイントとなる。

ロールバー

横転等の事故が起こった際、ドライバーの頭部を保護するために、ロールバーには高強度な構造が求められる。大きな衝撃が予想されるため、CFRP を 5 層積層して十分に強度を持たせた。



スパッタ

タイヤの回転に伴う空気の乱れをなくすために、タイヤ全体をプラスチックカバーで覆う部品。小さな損失も、ソーラーカーの省エネルギー性能を左右する。



キャノピー(風防)

ドライバーの視界確保や緊急時の乗員脱出の開閉しやすさを確保し、空気抵抗の低減のための小型かつ流線型のデザイン。内部には後方視界を確保するための液晶パックモニターやウィンカースイッチ、外部には緊急時の電流遮断スイッチを装備する。



金属加工について

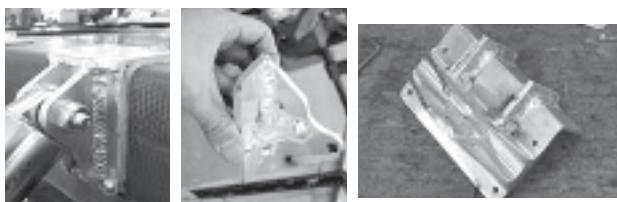
CNC レーザー加工

本校にはレーザー加工機がないので、県内の企業に協力を依頼し、CADデータファイルを持ち込み、加工を行った。これによって、複雑な部品形状を高い加工精度で実現させることができた。



CNC レーザー加工で製作した保持部品

ショックアブソーバー、サスペンションアーム、ブレーキキャリパーステーなど私達は上記の部品にレーザー加工設備を用いて製作を行った。



アルミ溶接

他のチームは外部に委託することがほとんどだが、チーム沖縄は南部工業高校の設備を活用して生徒が自ら作業を行った。アルミニウムは鉄よりも融点が低いため溶けやすく、また溶接による熱硬化と韌性低下による溶接部のクラックや溶接不良が破損につながる。そのためアーカ溶接よりも高い技術が必要である。



アルミ溶接で製作した機械部品



生徒自らの手で、様々な機械部品を溶接で製作した。

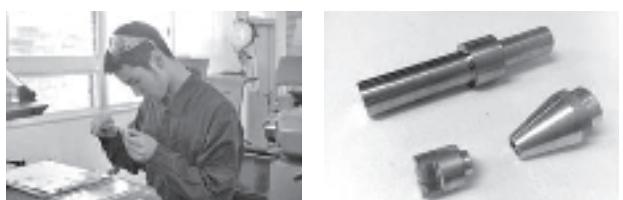
リアサスペンションスイングアーム
フロントサスペンションアーム
ナックルアーム
ピットマンアーム
ステアリングシャフト
ブレーキキャリパーステー

フライス盤加工

スピンドルを支持する部品をアップライトと呼ぶ。高い加工精度が求められる部品であるため、アルミブロックから切削加工により慎重に製作した。設計のみを行って、加工は外注する高校生チームが多いが、私たちは設計、切削加工、組み付けの全てを生徒が行った。



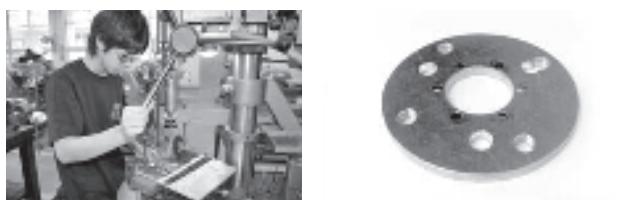
旋盤加工



サスペンションアーム先端のロッドエンド取り付け部車軸周辺の回転部品等これらの部品にガタがあると走行性能の低下や耐久性の低下による破損、事故発生につながるため、慎重に加工を行った。

ボール盤加工

下穴や軽量化の為の穴あけ加工を行った。写真右のブレーキディスクローターの部品は、設計寸法通りに製作するために三角比を用いて穴位置を割り出して加工を行った。



構造用高強度接着締結



エポキシ系の二液混合型構造用高強度接着剤を使用してCFRPモノコックフレームと金属部品の締結を行った。

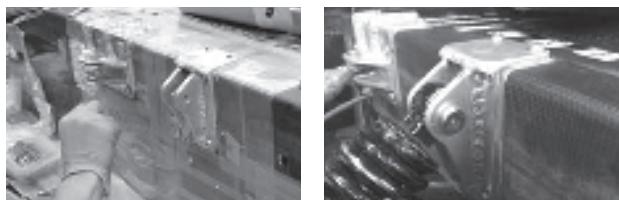
これはボーイングの新型機の翼と客室筐体の締結に代表されるような、近年の産業現場で一般的になってきている機械構造締結に用いられる工法である。

接着時の重要なポイント①



金属部品の取り付け位置精度は非常に重要である。部品位置の誤差は車のアライメントを狂わし、エネルギー損失による性能低下に繋がる。部品の接着に2ヶ月をかけ慎重に作業を進めた。

接着時の重要なポイント②



接着面の粗さと接着厚みが重要である。樹脂膜は平滑なため、接着食いつき性を向上させるために製品表面を必ずサンディングした。また、接着剤は金属に比較して強度が低く、厚い部位には破断が起きる。これを防ぐためにリベット、又はボルトナット締結を併用して接着厚みが薄くなるように配慮した。

リチウムイオンバッテリーとBMS

競技では電気部品の性能は、勝敗に関わる重要な要素である。チーム沖縄は、本土の理工系大学と連携して、世界最高水準のエネルギー密度を持つリチウムイオン二次電池とマイコンによるバッテリマネジメントシステム(BMS)を構築した。

リチウムイオンバッテリー

世界最高水準のエネルギー密度を誇るNCR18650Aを使用。エネルギー容量は1セルあたり11.2Wh、重量44.5g。

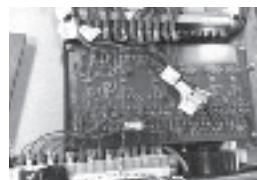
重量当たりエネルギー密度は約250Wh/kgである。



参考までに一般的なガソリン自動車に用いられる鉛蓄電池はおおよそ40Wh/kg。リチウムイオンバッテリーは鉛蓄電池に比較して約6倍のエネルギー密度を持っている。

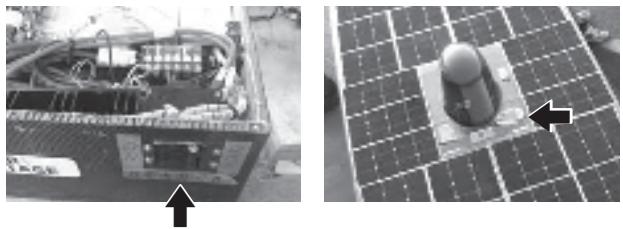
大会規定で定められた重量の上限21kgぎりぎりまで搭載するため、17直列27並列で459本、総重量20.4kg、総容量約5.1kWhをモジューリングした。

BMS(Battery Management System)



リチウムイオンバッテリーは定格範囲内では比較的大電流の入出力に対応できる高性能バッテリーである。しかし、定格外での使用により爆発の危険性もある神経質な特性を持つ。我々は本土の理工系大学と連携して、マイコンを活用したリアルタイムでの各モジュールの電圧監視を行い、各モジュール間のアンバランス発生回避のためのバランス制御と、過充電・過放電の際の充放電カットオフ制御を行うマネジメントシステムを構築した。

過電流保護装置(サーキットプロテクター)



電気的な原因により火災発生等や人命に関わる大きな事故を未然に防ぐための過電流保護装置をバッテリー・モーターコントローラー・MPPT(ソーラーパワーコンディショナー)に近い所にそれぞれ合計3カ所に設置し、外部やコックピットからのボタン操作で3ヶ所全てを同時に遮断するシステムを構築した。

モーターの効率向上のための改造



巻線高密度化及び、設計巡航速度への巻線ターン数の最適化を行い、巡航速度域のさらなるエネルギー変換効率の向上を図った。高効率で省エネルギーな動力システムが実現できたおかげで、欧米の有名大学を制することが出来たと言える。

太陽電池

シリコン系太陽電池を使用。規定で定められた太陽電池面積 6 m^2 で晴天時 1200W 以上の発電能力がある。



タイヤ

ソーラーカー専用に開発された公道用低転がりの超低損失タイヤをミシュラン社から供給して頂いた。チーム沖縄の今回の躍進の大きな武器となった。

(Michelin Solar 95-80 R16)



フロントサスペンション

ダブルウィッシュボーンタイプはサスペンションアームに曲げの力がかからない構造であるため、シンプルかつ軽量に製作できる。設計から製作に至るまで生徒が中心となって行った。なお、サスペンションまわりの設計はアッカーマン・ジャントーの理論やコーナリング



と直進性を両立させるキングピン角やキャスター角等の自動車工学の理論が詰まった私たちの学習の集大成の一つでもある。

リアサスペンション

片側支持トレーリングアームタイプはホイールの取り付けがシンプルな構造であるため、タイヤトラブル発生時の交換時間を短縮することができる。片側で支持をする構造のため、高い強度が求められる。しかし我々は、設計、製作ともに生徒自らの手により行った。特に溶接では、高い技能が要求される TIG 溶接も生徒の手により作業を行った。



空力性能



空気抵抗は速度の二乗に比例して増加する。そのため空気抵抗の低減は性能向上に直結する。私たちは、これを最重要課題と位置づけ設計を行った結果、車体の上下方向の厚みを 300mm とすることことができた。これはトップチムと比べても遜色のない程に非常に薄いボディ形状である。また、データ解析の結果、 C_d 値を 0.16、 $C_d A$ 値を 0.163 とすることことができた。これはトヨタプリウスに比較しても $C_d A$ 値では $1/3$ 以下の 28.3% という極めて小さい値を実現することができた。

テスト走行

協力により、直線が続く供用前の道路を使用してテスト走行を行うことができた。テスト走行では、本番と同じような一定速度による長距離走行を行い、電装系のチェック、ショックアブソーバーのバネレート、ブリード調整ができた。車体の信頼性が高まったおかげで、本戦でのトラブルによる停止は皆無であった。



大会について

大会概要

1987年から始まった25年の歴史を持つ世界最高峰のソーラーカー競技。走行に利用できるエネルギーは太陽光のみで、オーストラリアのダーウィンからアデレードまでの 3000km を縦断する時間を競う。



競技ルール

- 8:00~17:00 の間のみ走行が認められている。
- 走行可能時間外の停車中は、ソーラーカーの太陽電池を使用しての充電が可能。
- 約 300km 毎にコントロールストップが設けられており、30 分間の停車が義務付けられている。
- ソーラーパネルの総面積は 6 m^2 以内、バッテリーの搭載重量は 21kg まで。

- ・太陽光以外でのエネルギーによる充電および走行は出来ない。
- ・一般車とともに公道を走行するため、厳格な車両検査が実施される。



オーストラリア内陸部の砂漠地帯

競技期間中は、一日の走行を終えた位置がその日の宿泊場所となる。そのため、食事、移動、宿泊を参加チーム自らが用意して競技に臨まなければならない。



ソーラーカーの過酷な運転環境

エアコンは当然ながら装備していない。空気の流れを乱すので、ソーラーカーは外の風を取り入れることもできない。そのため、日中のソーラーカーの車内温度が45℃以上にもなる過酷な環境下で、ドライバーには4時間を超える連続運転も可能な程の強靭な精神力が求められる。



世界のチャレンジャー



左：アメリカの理系大学マサチューセッツ工科大学
右：イギリスの名門ケンブリッジ大学：世界でもトップレベルの大学ばかりが参加する世界大会である。我々は、これらの世界的名門大学に初日から圧勝した。



左：オンダソラーレ：イタリアモデナのチーム。エアロダイナミクスやファイバー加工のプロフェッショナル集団である。

右：ニューサウスウェールズ大学： 地元オーストラリアのチーム。2011年1月に太陽電池だけで時速88kmを記録しギネス記録を更新した。

過去の優勝車



・左：1987年初代優勝 ゼネラルモータース社(サンレーサー)

宇宙用太陽電池を使用して平均時速67km。

・右：2011年優勝 日本の東海大学(Tokai Challenger)

車検

一般車両も走行する公道を使用して競技が行われるため極めて厳格な車検が行われる。

- ・機械構造的な強度、耐久性、安全性
- ・電気的な保護回路等の安全対策
- ・事故衝撃時の安全性能や乗員保護性能



予選

スタート前日、出走順を決める予選として、ヒッドウンバーレーキットのラップタイム計測にて決定される。3000kmの長距離レースでは出走順は重要ではないと判断し、安全運転で走行した。37チーム中29番目の出走となつた。



競技初日

予想以上に順調に走り、英ケンブリッジ大学や米のマサチューセッツ工科大学を抜き去り第1コントロールストップまでに11位に順位を上げた。



競技 2 日目

朝は薄曇りだったがトラブルもなく順調に走行を続け、二日目にはスタンフォード大学との接戦を制して10位へと順位を上げた。

右の写真は、私たちが世界でトップテンにランギングされた証拠。

(主催者が記録するデイリザルト)



競技 3 日目

コース沿道で大規模なブッシュファイヤ(山火事)が発生。これにより、全チームに約4時間の待機が告げられた。

この間に十分な充電と整備を行うことができたが、競技時間の短縮はこのあと、チームにピンチをもたらした。



競技 4 日目

薄曇りで発電が少なくなったが、この日の午前中に3000kmの全工程のほぼ中間地点であるアリススプリングスに到達した。

ブッシュファイヤによる競技中断で待機した4時間を差し引き、ここまで所要時間、2日+6時間で1500kmの距離を走破できたという実力から、早ければ6日間で完

走できると、この時点で見込むことができた。



荒野の中を巡航速度80km/h以上のペースで快走するLEQUION

競技 5 日・6日目

薄曇りから突然の豪雨と雷に天候が変わり、巡航速度を落として走行を続けたが、バッテリー残量、ゴールラインの締め切りや移動時間などを考慮し、2380km地点で太陽光のみでの走行を断念した。



チーム沖縄の行く手を阻む嵐と厚い雲。



空を見上げて祈るスタッフたち。急激な天候変化に対応。

競技 7 日目

トラックにソーラーカーを載せて南下するに従い天候が回復。チームは走行再開を決断した。ルールで定められた走行可能最終時刻のam11:00まで残り20分で22kmを走行した。これによりチーム沖縄は太陽光を使用した総走行距離2408kmという記録で競技を終えた。



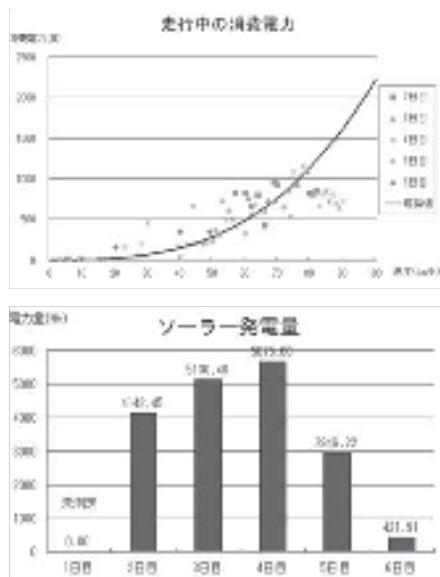
まとめ

チームが開発した車両は全工程において非常に安定した走りを見せた。晴天時の走行可能最長区間が544km確保できた実力や、米英の強豪であるケンブリッジ大学やマサチューセッツ工科大学などを制したことなどで、大会主催者が公式プレスリリースを発表するなど、一定の評価を得た。



データの分析

競技中に車載データロガーにて記録した太陽光発電やモーター消費電力、速度などの様々なデータを解析し、設計値と比較検証することで、走行性能を数値的に評価し、今後の更なる挑戦に生かすことを目的に研究に取り組んだ。



考 察

ソーラーカーの走行時の消費エネルギーについて、Cd 値を設計値(0.16)とした理論値から求めた数値を曲線で、競技中に取得した数値を散布図で表したグラフから以下の事が分かった。

- グラフ中には加減速や坂、風向きなど外乱因子でイレギュラーな数値も存在しているが、取得した実データが、ほぼ理論値に沿って分布していることから、おおむね設計通りに競技車両の性能を確保できたことが言える。
- 最新のエコカーの最も優秀な Cd 値0.25に比較しても、我々のソーラーカーの Cd 値は64%に相当することから、優秀な空力性能が確保できたといえる。
- 最も晴天となった日の走行時間中における総発電量 5675Wh^{*1} で、75 ~ 80km/h の巡航速度を継続して確保でき、544km の走行距離を走りきった。

- 私たちが成し遂げた総走行距離2408kmにおける LEQUION のゼロエミッション達成度は、一般的なガソリン車に比較して、0.554 t^{*2} の二酸化炭素排出削減に相当する。

以上のことから、最新のエコカーと比べても非常に優れた省エネルギー・環境性能を有する競技車両を製作することができたことがわかった。

- * 1 走行中のみの発電量、またレースのルールにより日の出～午前8時、午後5時～日没のあいだ停止状態での充電は認められているため一日の総発電量はこの値よりも増える。

- * 2 計算の根拠

ガソリン 1 ℥ 当たりの CO₂ 排出量の理論値は2.3 kgである。

一般的なガソリン車の燃費を10km/ ℥ とする場合、CO₂ 排出量は230g/kmとなる。

私たちが太陽光のみによって成し遂げた総走行距離2408kmにおいて、一般車の走行に比較して計算すると、0.554 t 相当の CO₂ 排出量に相当することになる。

感 謝

2011年10月。僕たちは夢の大陸に立つことができました。

気がつけば、3年、本当にあっという間でした。

僕らの入学と同時に、Team OKINAWA は結成され、そこから、とにかく無我夢中に三年間を突っ走ってきました。

ものづくりと競技への参加だけでなく、幼稚園児や小学校の子どもたちを相手に、環境の授業をしたり、アメリカ人の高校生相手にすべて英語でプレゼンテーションしたり。思い返すと、ものづくりだけでなく、本当にたくさん素晴らしい経験をさせて頂きました。どれ一つをとっても、たくさんの失敗や悔しい思いは、今となっては僕たちの宝物となっています。

世界大会という壁は、中でもとりわけ大きな壁でした。長く険しい、頂上にたどり着けるのかさえも分からない道のりでした。しかし、山のてっぺんまで登ってみると、世界中のエリート学生達が作ったソーラーカーと、僕たち高校生手作りのソーラーカーは、互角の走りをしていました。

この奇跡のような事が実現したのは、応援してくださるみなさんのおかげです。たくさんの方々の温かな支えのおかげで、くじけそうになった時も、心が弱くなった時も、僕たちは前へ前へと歩みを止めずにこの大きな山を登り続けることができました。

みなさんのおかげで僕たちはとても大切なことを学び

ました。

失敗を恐れずには挑戦することの大切さ。

情熱とプライドを持って一生懸命取り組めば、人生のどんな場面でも世界レベルを相手にしたって、対等に渡り合えるということ。

僕たちは重要なことも見つけました。

僕たちが生まれ、僕たちを育ててくれた、そして世界への挑戦を支えてくれたこの島の為に僕たちができるを見つけました。

それは、僕たちが常に挑戦し、外の世界にも目を向けて真剣に学び、より良い変化を作り出す努力をしていくこと、それが、いつか沖縄に恩返するための土台になると。

沖縄だけでなく、いつか世界にも良い変化をもたらすことにつながっていくだろうと、気がつきました。

オーストラリアでのゴールは、僕たちにとって貴重な

「スタートライン」となりました。僕たちは次なる挑戦に向けて、より上を目指して準備を進めていく決意です。本当にありがとうございました。

Team OKINAWA スタッフ一同

応援ありがとうございました！



オーストラリア南端の街アデレードでのゴールの瞬間

講評

競技用ソーラーカー“LEQION”(レキオン)

今回の研究は、継続して取り組んできたソーラー発電車両の走行の発展として世界最大規模のソーラーカー競技大会への出場という大きな目標を立て、その実現に向け計画的に進め実現させたということは、本当に素晴らしいことです。

また、小学校やアメリカンスクール、地域団体へ製作車両を持ち込んでエネルギー・環境啓発活動を行うなど研究したことを地域社会へ還元する活動も大変素晴らしい今後も続けてほしいと思います。

更に中学校、大学、地域企業等の人々と協力しながら自ら設計し、CFRPの成形、アルミ材の溶接、CFRPとアルミ材の接合、総延長2400km走破できる耐久性など高度な技術が要求される部分の製作を専門業者に委託する出場チームが多い中、自分たちで自作していくという事ができたことは製作技術の習得だけでなく多くの人と協力して成功に導いていくという社会人として大切な姿勢を学ぶことができたと思います。競技大会中も太陽電池の発電量、モーターの消費電力量、電流等の変化などのデータを取得することで、市販の車両に対するCO₂削減効果が確認できるなど各種データの分析もできています。

競技大会までの計画実行性、地域への啓蒙活動、車両の製作など素晴らしい活動が見られますが、加えて設計段階でのシミュレーション(電力消費量における走行距離、車両の空力性能)やパーツの選定根拠になったデータ等と実走行時のデータの比較を行うなど、より深みのある製作・研究が可能になることを期待します。

受賞ポイント

前々回のソーラーバイクによる沖縄本島縦断や今回の競技用ソーラーカーによる世界最大規模の競技大会への出場などソーラー発電関係の研究製作に力を入れている。特に今回は高校生主体のチームとしては日本初の参加で、ソーラーカーの製作はCFRPの加工、アルミの溶接、2400kmを超える総走行距離に耐える耐久性など非常に高い技術で製作が行われている。

また、製作研究のみならず製作した車両を使い、小学校やアメリカンスクール等でソーラーエネルギーに関する啓蒙活動を行うなど地域貢献も果たしている。以上より、沖縄電力社長賞にふさわしい作品であると判断した。