

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

高中組 物理科

佳作

最佳(鄉土)教材獎

040115

搖擺——魚類擺動？

學校名稱：花蓮縣私立海星高級中學

作者： 高二 鄭資議 高二 劉家好	指導老師： 曹奕翔 趙振飛
-------------------------	---------------------

關鍵詞：仿生學、質心、張力

# 作品名稱：搖擺——魚類的擺動

## 摘要

本研究以魚類仿生學為基礎，研究不同配重、張力及擺動頻率對魚類運動擺動形狀的影響，結果發現以下現象：

- 一、不同魚體配重的方式，其擺動的波形有明顯的差異，其中屬於高速型或中快型的劍旗魚所呈現的振幅差(頭尾振幅差異)最大，因此我們推論振幅差是影響魚類泳速的原因之一。
- 二、張力(魚體軟硬度)的增加對中慢型泳速魚種的波形及振幅差影響較為明顯。
- 三、擺動的頻率變大時，對不同魚種的振幅差均有改變，其中對中慢速的魚種(吳郭魚)影響最為明顯。

## 壹、研究動機

在動物頻道中常介紹有關動物運動的影片，其中魚類能輕易的游出比人類所建造的船艇更快的速度，對此我們開始產生了對魚類運動研究的興趣。我們查詢了許多機器魚的研究與開發，大部分的研究結果直接或間接的說明了機器魚與真正的魚類還是存有明顯的落差，我們進一步查詢了有關魚類仿生學的研究，發現大部分的重點則放在魚類的尾鰭及其擺動所造成尾部波流及反作用力的研究。在整理這些資料及多次的討論後，我們大膽假設不同種魚類的配重及身體的軟硬度(張力)也是影響魚類游泳速度的因素之一，故此我們展開了這個主題的研究。研究不同配重、張力及擺動頻率對魚類運動擺動形狀的影響。

## 貳、研究目的

- 一、研究不同魚種的配重方式對魚類擺動形狀的影響。
- 二、研究魚體張力對魚類擺動形狀的影響。
- 三、研究尾鰭擺動頻率對魚類擺動形狀的影響。

## 參、研究設備及器材

項目	器材名稱	數量	項目	器材名稱	數量
1	電腦	1 台	10	釣魚線	1 捆
2	相機	1 台	11	美工刀	1 把
3	相機腳架	1 座	12	快乾黏著劑	1 瓶
4	電源供應器	1 台	13	尖嘴鉗	2 把
5	鱷魚夾電線	2 條	14	鉛塊(配重用)	數顆
6	馬達組(附齒輪)	1 個	15	直尺	1 把
7	木板 (5.5×19.5×0.8cm)	5 片	16	鋼絲	數段
8	測量板(A4 大小)	1 片	17	鋁管	數個
9	冰棒棍	數根	18	龍蝦扣	6 個

## 肆、研究過程或方法

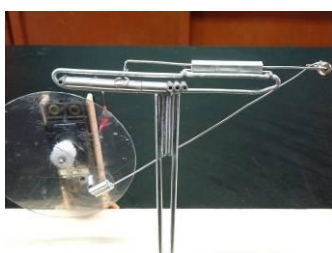
### 一、實驗器材製作與準備：

#### (一)、測試儀器製作：

- 1、測量平台的製作(如圖一)：取 3 片木板釘成一個倒 F 型的架子，再取 4 根冰棒棍加強架子末端。取一 A4 大小的木板並黏貼已護貝方格紙(以減少摩擦力)作為測量板，再做一個小籃子做為放置改變釣魚線張力的配重。
- 2、力源固定器的製作(如圖二、三)：取 1 片木板作為底座，再將馬達組用冰棒棍固定於上。用塑膠板作出一圓盤並在上面打出小洞(2cm)且接於馬達上，再用鋼絲和鋁管(如圖四、五)做出力源擺動的軌道並連接於圓盤上。



圖(一)



圖(二)



圖(三)



圖(四)



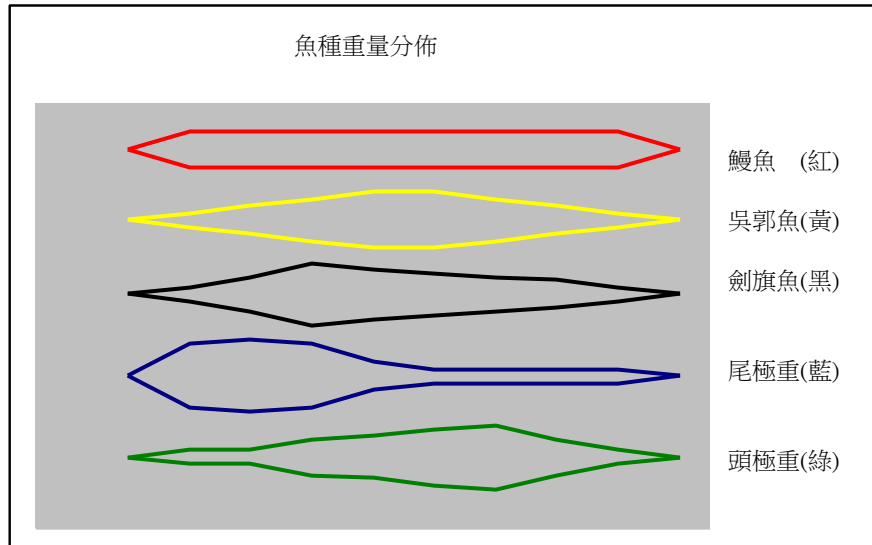
圖(五)

#### (二)、實驗參考的魚種和假設魚種(作為設計實驗的依據)(如表一及圖六、七)：

表(一)魚種與配重方式

	第一節	第二節	第三節	第四節	第五節	第六節	第七節	第八節	單位
鰻魚	5	5	5	5	5	5	5	5	顆
吳郭魚	2	4	6	8	8	6	4	2	顆
劍旗魚	2	5	9	7	6	5	4	2	顆
頭極重的魚	9	10	9	4	2	2	2	2	顆
尾極重的魚	2	2	5	6	8	9	5	2	顆

※每顆鉛塊約為 0.15 公克，各組的總重均相等



圖(六)



圖(七)

二、實驗一：在相同張力及頻率下，研究不同的配重方式對魚類擺動形狀的影響。

(一) 儀器架設(如圖八)：

- 1、先將測量板置於架子上，再將配有鉛塊的釣魚線一端固定於木板且放於測量平台上。
- 2、將配有鉛塊的釣魚線另一端接於力源固定器之擺動點上。
- 3、用電線接於電源供應器上，控制電源供應器之電流大小以調整馬達轉速。



圖(八)

(二)利用釣魚線來模擬魚的脊椎擺動方式，用等距的質心位置，放置不等配重，測試對擺動形狀的影響。

1、釣魚線分為 8 節(以下簡稱為 8 節)，將上述各種魚類的配重方式，測量在相同的張力及頻率下，對魚類擺動形狀的影響。

(1)於測量平台上方用相機連續拍攝，以觀察擺動形狀變化。

2、觀察 8 節之各節的振幅大小，且比較各組的第 1 節與第 8 節之間的振幅差。

(1)以裁剪等長的冰棒棍，放在各節的運動軌道上，當其擺動時再將冰棒棍推進至釣魚線擺動的振幅，以利觀察數據。

(2)釣魚線晃動時，會因釣魚線上的鉛塊會碰撞到冰棒棍，而導致冰棒棍有彈開的現象產生誤差，因此，出來的數據會採計原數據加上 $\pm 0.1(\text{cm})$ 。

三、實驗二：研究在相同的配重方式以及頻率下，不同的張力對魚類擺動形狀的影響。

(一)儀器架設：同實驗一。

(二)利用釣魚線來模擬魚的脊椎擺動方式，用不同的張力，測試對擺動形狀的影響。

1、將釣魚線分為 8 節，藉由改變小籃子裡的重量，進而影響張力的大小。

(1)於測量平台上方用相機連續拍攝，以觀察擺動形狀變化。

2、觀察 8 節之各節的振幅大小，且比較各組的第 1 節與第 8 節之間的振幅差。

(1)測量方式同實驗一之測量。

(2)誤差的計算方式同實驗一。

四、實驗三：研究在相同的配重方式以及張力下，不同的頻率對魚類擺動形狀的影響。

(一)儀器架設：同實驗一。

(二)利用釣魚線來模擬魚的脊椎擺動方式，用相同魚種配重和張力，但不同電流大小，測試對擺動形狀的影響。

1、將釣魚線分為 8 節，用相同魚種配重方式和張力大小，但藉由改變電流供應器之伏特大小間接改變電流大小，利用電流大小的變化改變力源擺動的頻率，再去測量其振幅變化。

(1)於測量平台上方用相機連續拍攝，以觀察擺動形狀變化。

2、觀察 8 節之各節的振幅大小，且比較各組的第 1 節與第 8 節之間的振幅差。

(1)測量方式同實驗一之測量。

(2) 誤差的計算方式同實驗一。

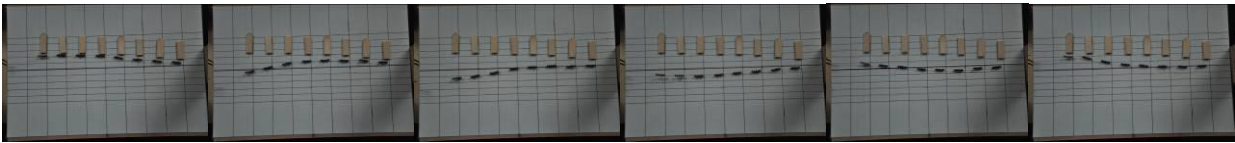
## 伍、研究結果

一、實驗一：研究在相同張力及頻率下，不同的配重方式對魚類擺動形狀的影響。

(一)將釣魚線分為 8 節，利用上述各種魚類的配重方式，測量在相同的張力及頻率下各組之各節的振幅變化。

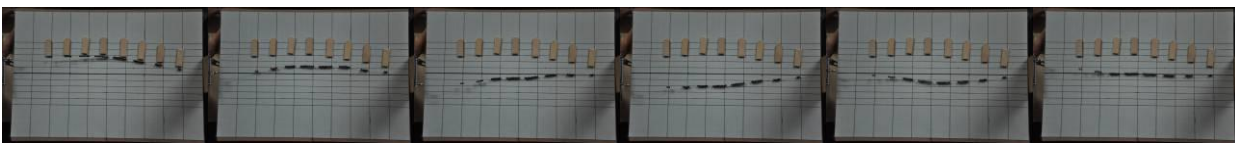
1、實驗一之一:各組頻率為 15 伏特、張力為 5 顆鉛塊(4 公克)(如表二、圖九至十四)

(1)鰻魚



圖(九)

(2)吳郭魚



圖(十)

(3)劍旗魚



圖(十一)

(4)尾極重



圖(十二)

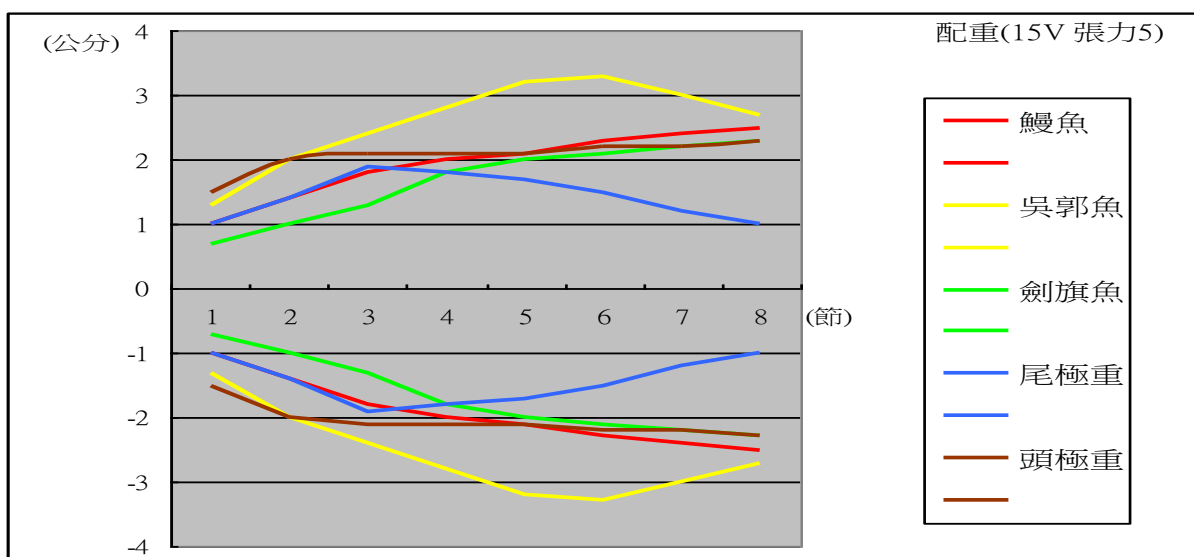
(5)頭極重



圖(十三)

表(二)

節數 魚種	第一節	第二節	第三節	第四節	第五節	第六節	第七節	第八節	單位
鰻魚	1	1.4	1.8	2	2.1	2.3	2.4	2.5	(cm)
吳郭魚	1.3	2	2.4	2.8	3.2	3.3	3	2.7	(cm)
劍旗魚	0.7	1	1.3	1.8	2	2.1	2.2	2.3	(cm)
尾極重	1	1.4	1.9	1.8	1.7	1.5	1.2	1	(cm)
頭極重	1.5	2	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.3	(cm)



圖(十四)

2、實驗一之二:各組頻率為 15 伏特、張力為 10 顆鉛塊(8 公克)(如表三、圖十五至二十)

(1)鰻魚



圖(十五)

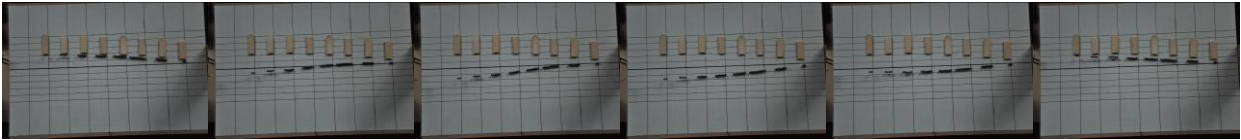
(2)吳郭魚



圖(十六)



(3)劍旗魚



圖(十七)

(4)尾極重



圖(十八)

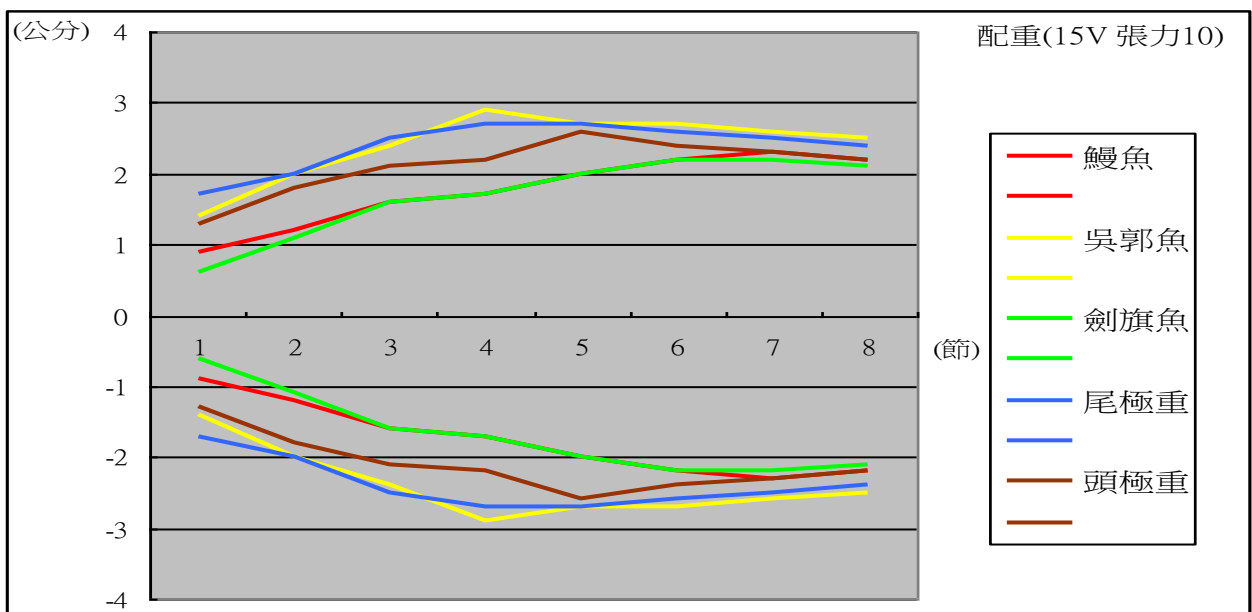
(5)頭極重



圖(十九)

表(三)

節數 魚種	第一節	第二節	第三節	第四節	第五節	第六節	第七節	第八節	單位
鰻魚	0.9	1.2	1.6	1.7	2	2.2	2.3	2.2	(cm)
吳郭魚	1.4	2	2.4	2.9	2.7	2.7	2.6	2.5	(cm)
劍旗魚	0.6	1.1	1.6	1.7	2	2.2	2.2	2.1	(cm)
尾極重	1.7	2	2.5	2.7	2.7	2.6	2.5	2.4	(cm)
頭極重	1.3	1.8	2.1	2.2	2.6	2.4	2.3	2.2	(cm)



圖(二十)

(二)觀察 8 節之各節的振幅大小，且比較各組的第 1 節與第 8 節之間的振幅差。

1、實驗一之一:各組頻率為 15 伏特、張力為 5 顆鉛塊(4 公克) (如表四)

表(四)

	鰻魚	吳郭魚	劍旗魚	尾極重	頭極重	單位
振幅差	1.5	1.4	1.6	0	0.8	(cm)

2、實驗一之二:各組頻率為 15 伏特、張力為 10 顆鉛塊(8 公克) (如表五)

表(五)

	鰻魚	吳郭魚	劍旗魚	尾極重	頭極重	單位
振幅差	1.3	1.1	1.5	0.7	0.9	(cm)

二、實驗二：研究在相同的配重方式以及頻率下，不同的張力對魚類擺動形狀的影響。

(一)將釣魚線分為 8 節，藉由改變小籃子裡的重量，進而影響張力的大小，測量各組之各節的振幅變化。

1、實驗二之一:張力對鰻魚擺動形狀的影響(如表六、圖二十一至二十四)

(1)張力為 5 顆鉛塊(15 伏特)



圖(二十一)

(2) 張力為 10 顆鉛塊(15 伏特)



圖(二十二)

(3) 張力為 15 顆鉛塊(15 伏特)

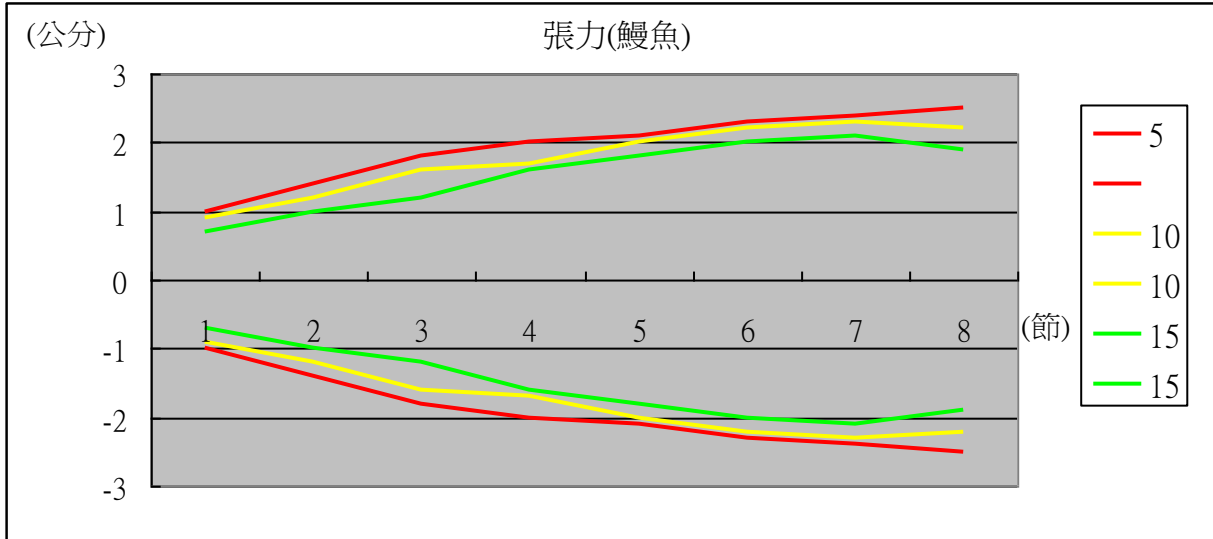


圖(二十三)

表(六)

節數 張力 (顆)	第一節	第二節	第三節	第四節	第五節	第六節	第七節	第八節	單位
5	1	1.4	1.8	2	2.1	2.3	2.4	2.5	(cm)
10	0.9	1.2	1.6	1.7	2	2.2	2.3	2.2	(cm)
15	0.7	1	1.2	1.6	1.8	2	2.1	1.9	(cm)

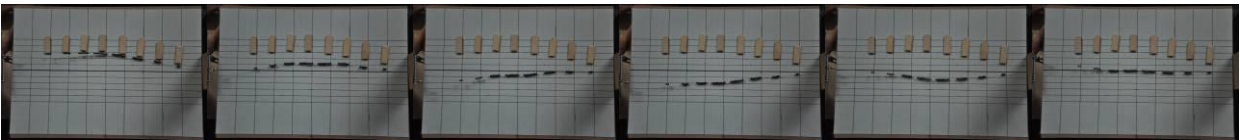
註：張力每顆鉛塊皆為 0.8 公克



圖(二十四)

2、實驗二之二:張力對吳郭魚擺動形狀的影響(如表七、圖二十五至二十八)

(1) 張力為 5 顆鉛塊(15 伏特)



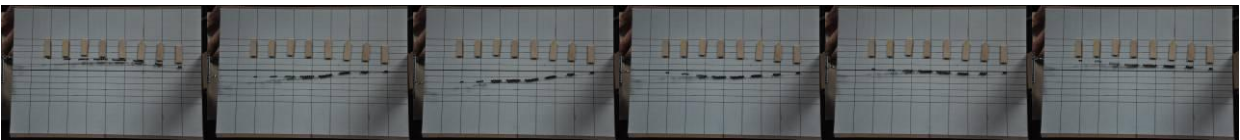
圖(二十五)

(2) 張力為 10 顆鉛塊(15 伏特)



圖(二十六)

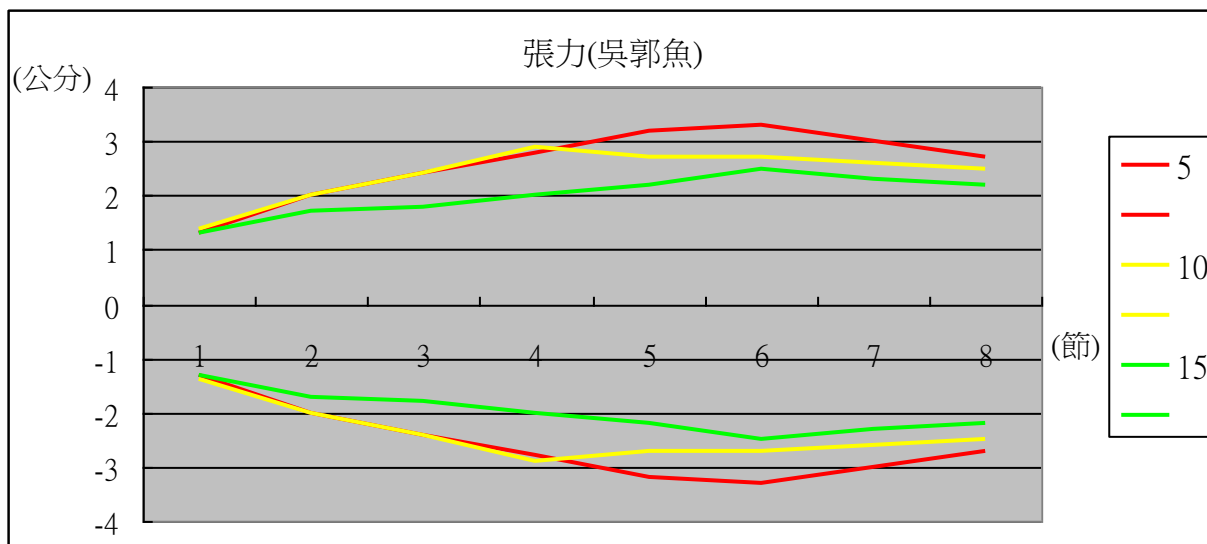
(3) 張力為 15 顆鉛塊(15 伏特)



圖(二十七)

表(七)

節數 張力 (顆)	第一節	第二節	第三節	第四節	第五節	第六節	第七節	第八節	
5	1.3	2	2.4	2.8	3.2	3.3	3	2.7	(cm)
10	1.4	2	2.4	2.9	2.7	2.7	2.6	2.5	(cm)
15	1.3	1.7	1.8	2	2.2	2.5	2.3	2.2	(cm)



圖(二十八)

3、實驗二之三:張力對劍旗魚擺動形狀的影響(如表八、圖二十九至三十二)

(1) 張力為 5 顆鉛塊(15 伏特)



圖(二十九)

(2) 張力為 10 顆鉛塊(15 伏特)



圖(三十)

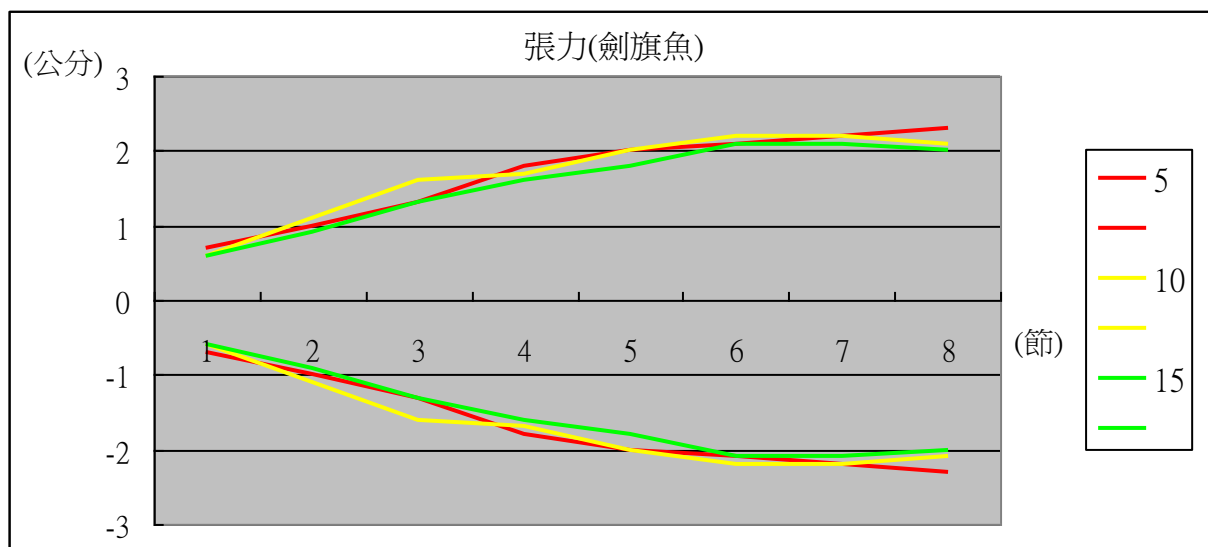
(3) 張力為 15 顆鉛塊(15 伏特)



圖(三十一)

表(八)

節數 張力 (顆)	第一節	第二節	第三節	第四節	第五節	第六節	第七節	第八節	
5	0.7	1	1.3	1.8	2	2.1	2.2	2.3	(cm)
10	0.6	1.1	1.6	1.7	2	2.2	2.2	2.1	(cm)
15	0.6	0.9	1.3	1.6	1.8	2.1	2.1	2	(cm)



圖(三十二)

4、實驗二之四:張力對尾極重的魚擺動形狀的影響(如表九、圖三十三至三十六)

(1) 張力為 5 顆鉛塊(15 伏特)



圖(三十三)

(2) 張力為 10 顆鉛塊(15 伏特)



圖(三十四)

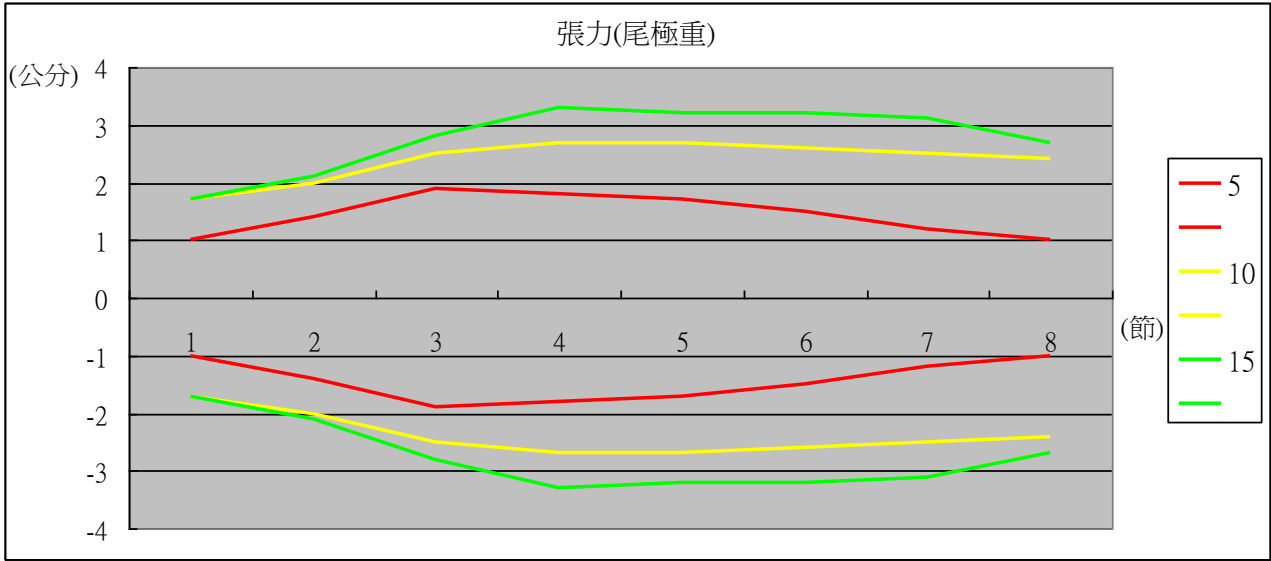
(3) 張力為 15 顆鉛塊(15 伏特)



圖(三十五)

表(九)

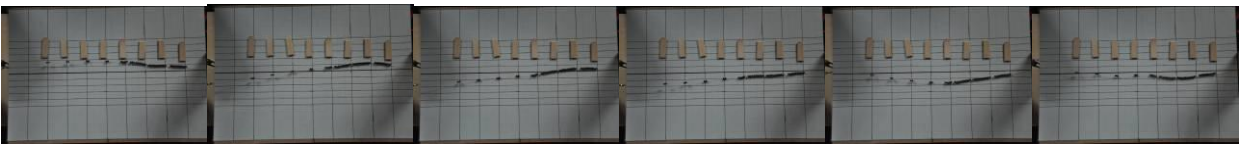
節數 張力 (顆)	第一節	第二節	第三節	第四節	第五節	第六節	第七節	第八節	
5	1	1.4	1.9	1.8	1.7	1.5	1.2	1	(cm)
10	1.7	2	2.5	2.7	2.7	2.6	2.5	2.4	(cm)
15	1.7	2.1	2.8	3.3	3.2	3.2	3.1	2.7	(cm)



圖(三十六)

5、實驗二之五:張力對頭極重的魚擺動形狀的影響(如表十、圖三十七至四十)

(1) 張力為 5 顆鉛塊(15 伏特)



圖(三十七)

(2) 張力為 10 顆鉛塊(15 伏特)



圖(三十八)

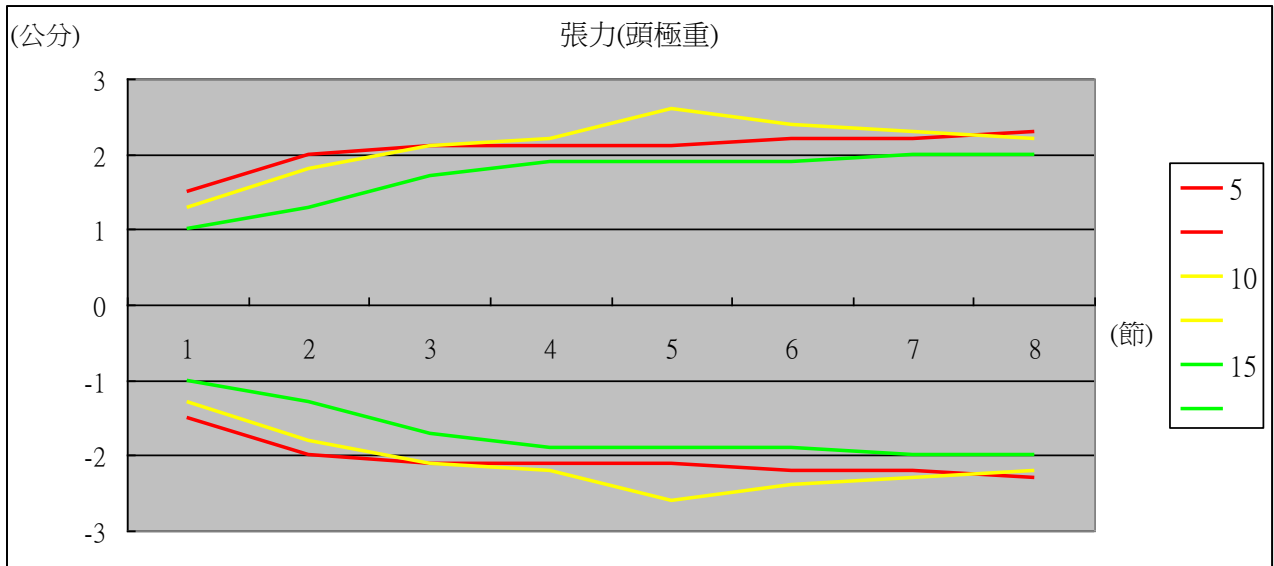
(3) 張力為 15 顆鉛塊(15 伏特)



圖(三十九)

表(十)

節數 張力 (顆)	第一節	第二節	第三節	第四節	第五節	第六節	第七節	第八節	
5	1.5	2	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.3	(cm)
10	1.3	1.8	2.1	2.2	2.6	2.4	2.3	2.2	(cm)
15	1	1.3	1.7	1.9	1.9	1.9	2	2	(cm)



圖(四十)

(二)觀察 8 節之各節的振幅大小，且比較各組的第 1 節與第 8 節之間的振幅差。

1、實驗二之一:張力對鰻魚擺動形狀的影響(如表十一)

表(十一)

	5	10	15	(顆)
振幅差	1.5	1.3	1.2	(cm)

2、實驗二之二:張力對吳郭魚擺動形狀的影響(如表十二)

表(十二)

	5	10	15	(顆)
振幅差	1.4	1.1	0.9	(cm)

3、實驗二之三:張力對劍旗魚擺動形狀的影響(如表十三)

表(十三)

	5	10	15	(顆)
振幅差	1.6	1.5	1.4	(cm)

4、實驗二之四:張力對尾極重的魚擺動形狀的影響(如表十四)

表(十四)

	5	10	15	(顆)
振幅差	0	0.7	1	(cm)

6、實驗二之五:張力對頭極重的魚擺動形狀的影響(如表十五)

表(十五)

	5	10	15	(顆)
振幅差	0.8	0.9	1	(cm)

三、實驗三：研究在相同的配重方式以及張力下，不同的頻率對魚類擺動形狀的影響。

(一)將釣魚線分為 8 節，用相同魚種配重方式和張力大小，藉由改變電流供應器之伏特大小間接改變電流輸出，利用電流的變化改變力源擺動的頻率去測量其振幅變化。

1、實驗三之一:頻率對鰻魚擺動形狀的影響(如表十六、圖四十一至四十四)

(1)15 伏特(張力為 5 顆鉛塊)



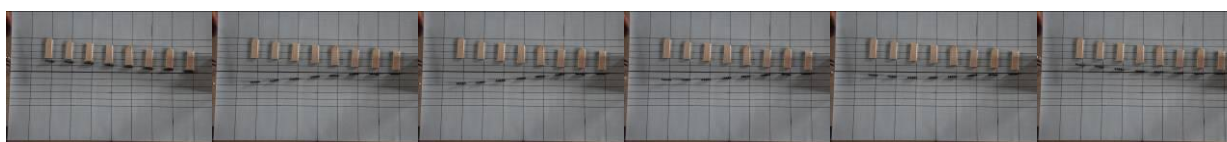
圖(四十一)

(2) 13 伏特(張力為 5 顆鉛塊)



圖(四十二)

(3) 11 伏特(張力為 5 顆鉛塊)

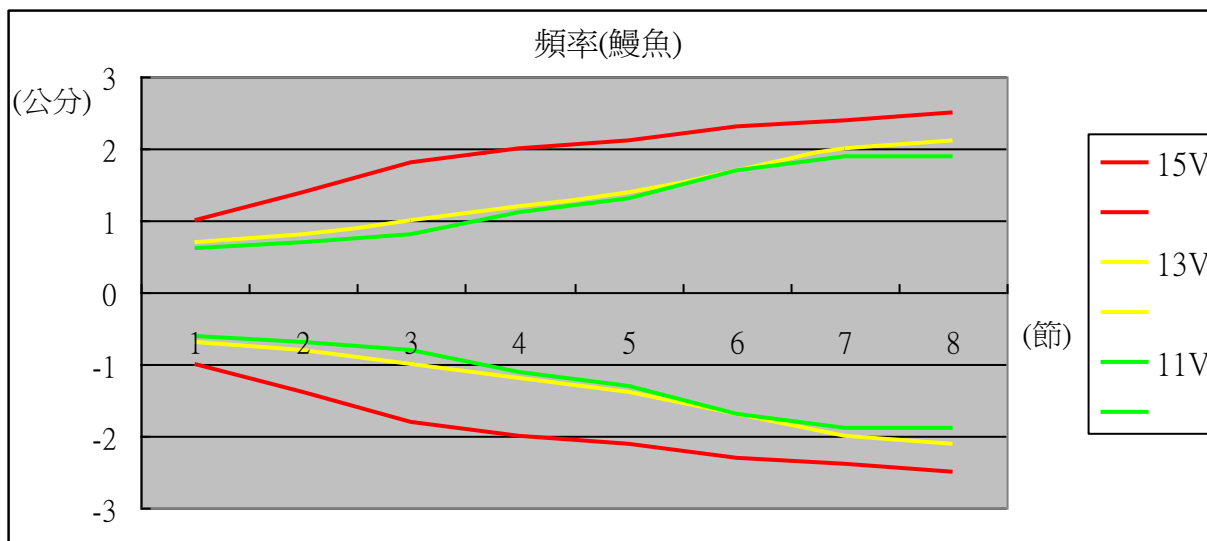


圖(四十三)

表(十六)

節數 伏特	第一節	第二節	第三節	第四節	第五節	第六節	第七節	第八節	
15V	1	1.4	1.8	2	2.1	2.3	2.4	2.5	(cm)
13V	0.7	0.8	1	1.2	1.4	1.7	2	2.1	(cm)
11V	0.6	0.7	0.8	1.1	1.3	1.7	1.9	1.9	(cm)

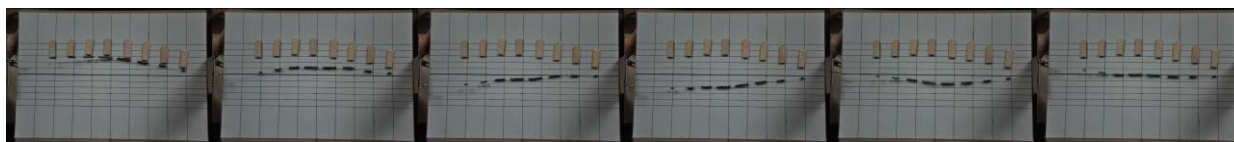




圖(四十四)

2、實驗三之二:頻率對吳郭魚擺動形狀的影響(如表十七、圖四十五至四十八)

(1) 15 伏特(張力為 5 顆鉛塊)



圖(四十五)

(2) 13 伏特(張力為 5 顆鉛塊)



圖(四十六)

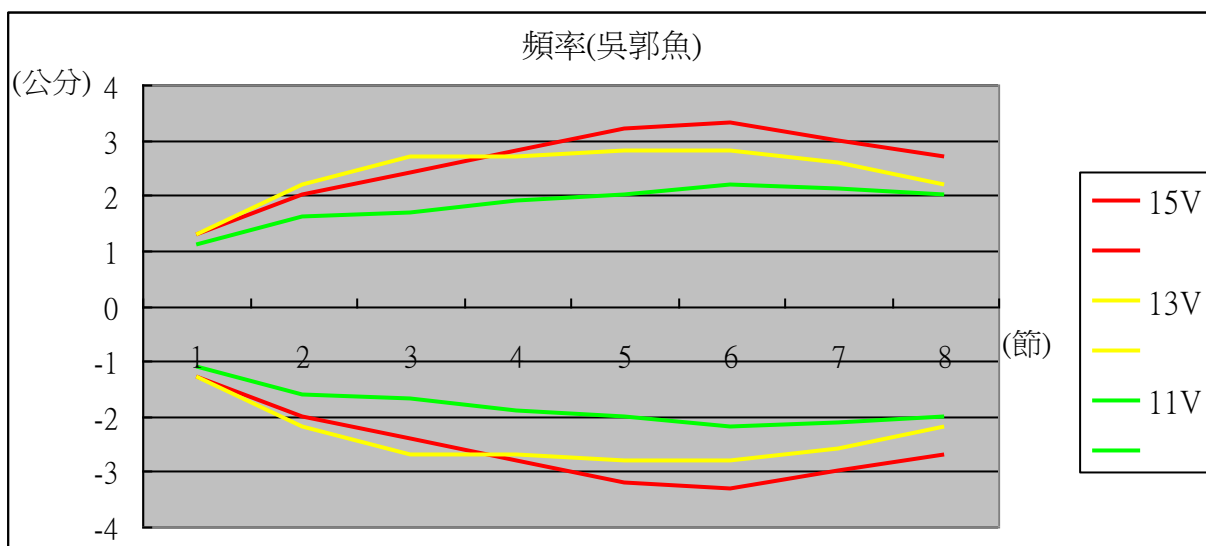
(3) 11 伏特(張力為 5 顆鉛塊)



圖(四十七)

表(十七)

節數 伏特	第一節	第二節	第三節	第四節	第五節	第六節	第七節	第八節	
15V	1.3	2	2.4	2.8	3.2	3.3	3	2.7	(cm)
13V	1.3	2.2	2.7	2.7	2.8	2.8	2.6	2.2	(cm)
11V	1.1	1.6	1.7	1.9	2	2.2	2.1	2	(cm)



圖(四十八)

3、實驗三之三:頻率對劍旗魚擺動形狀的影響(如表十八、圖四十九至五十二)

(1) 15 伏特(張力為 5 顆鉛塊)



圖(四十九)

(2) 13 伏特(張力為 5 顆鉛塊)



圖(五十)

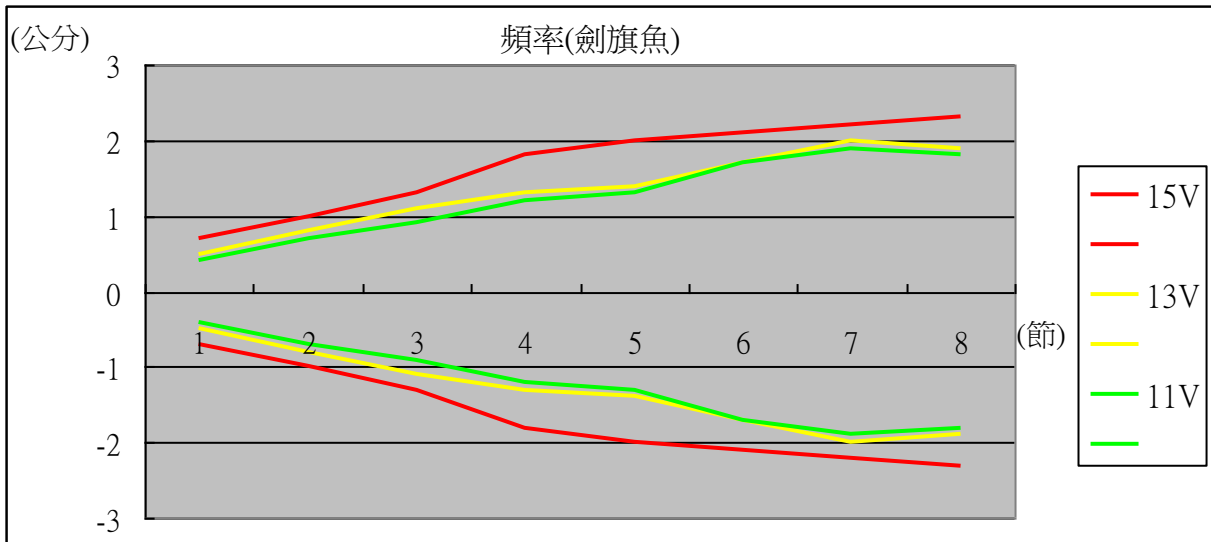
(3) 11 伏特(張力為 5 顆鉛塊)



圖(五十一)

表(十八)

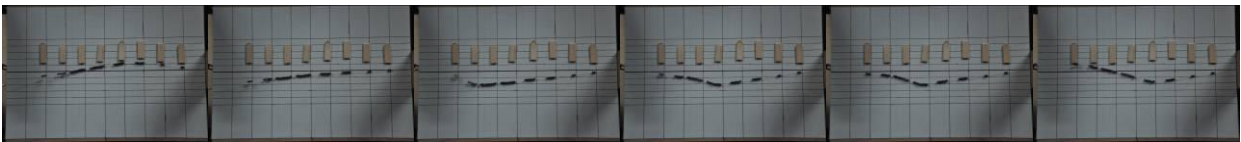
節數 伏特	第一節	第二節	第三節	第四節	第五節	第六節	第七節	第八節	
15V	0.7	1	1.3	1.8	2	2.1	2.2	2.3	(cm)
13V	0.5	0.8	1.1	1.3	1.4	1.7	2	1.9	(cm)
11V	0.4	0.7	0.9	1.2	1.3	1.7	1.9	1.8	(cm)



圖(五十二)

4、實驗三之四:頻率對尾極重的魚擺動形狀的影響(如表十九、圖五十三至五十六)

(1)15 伏特(張力為 5 顆鉛塊)



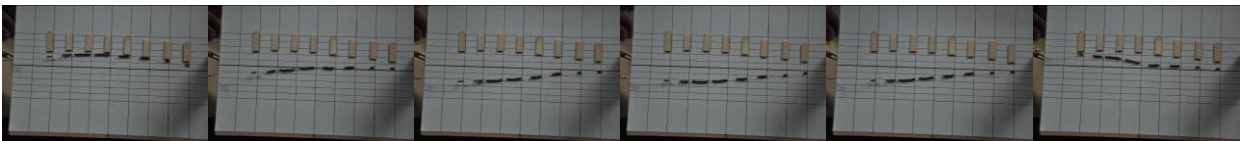
圖(五十三)

(2) 13 伏特(張力為 5 顆鉛塊)



圖(五十四)

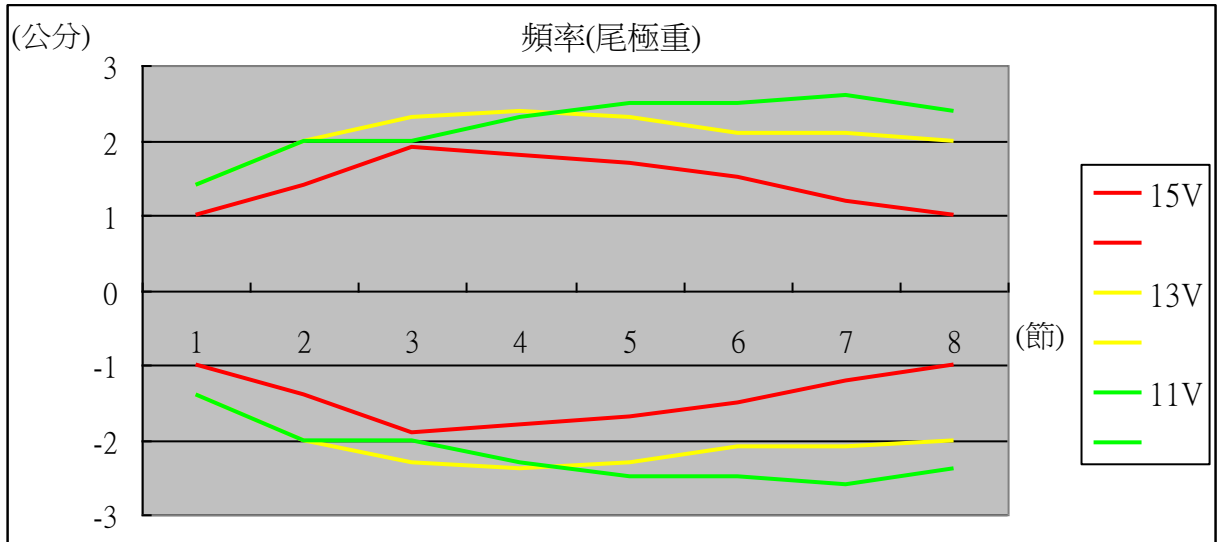
(3) 11 伏特(張力為 5 顆鉛塊)



圖(五十五)

表(十九)

節數 伏特	第一節	第二節	第三節	第四節	第五節	第六節	第七節	第八節	
15V	1	1.4	1.9	1.8	1.7	1.5	1.2	1	(cm)
13V	1.4	2	2.3	2.4	2.3	2.1	2.1	2	(cm)
11V	1.4	2	2	2.3	2.5	2.5	2.6	2.4	(cm)



圖(五十六)

5、實驗三之五:頻率對頭極重的魚擺動形狀的影響(如表二十、圖五十七至六十)

(1) 15 伏特(張力為 5 顆鉛塊)



圖(五十七)

(2) 13 伏特(張力為 5 顆鉛塊)



圖(五十八)

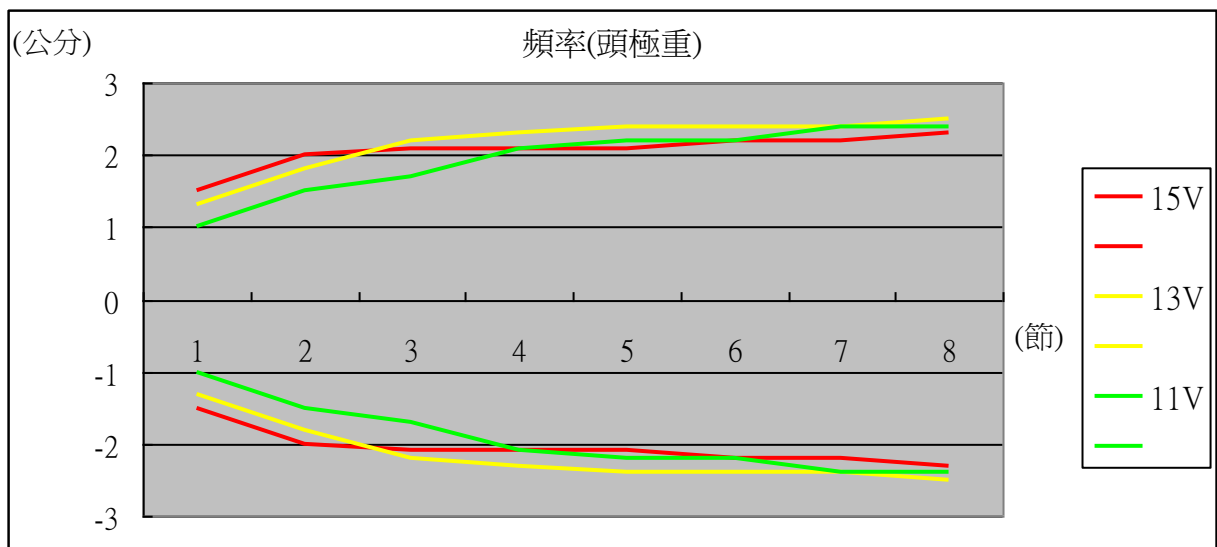
(3) 11 伏特(張力為 5 顆鉛塊)



圖(五十九)

表(二十)

節數 伏特	第一節	第二節	第三節	第四節	第五節	第六節	第七節	第八節	
15V	1.5	2	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.3	(cm)
13V	1.3	1.8	2.2	2.3	2.4	2.4	2.4	2.5	(cm)
11V	1	1.5	1.7	2.1	2.2	2.2	2.4	2.4	(cm)



圖(六十)

(二)觀察 8 節之各節的振幅大小，且比較各組的第 1 節與第 8 節之間的振幅差。

1、實驗三之一:頻率對鰻魚擺動形狀的影響(如表二十一)

表(二十一)

	15V	13V	11V	
振幅差	1.5	1.4	1.3	(cm)

2、實驗三之二:頻率對吳郭魚擺動形狀的影響(如表二十二)

表(二十二)

吳郭魚	15V	13V	11V	
振幅差	1.4	0.9	0.9	(cm)

3、實驗三之三:頻率對劍旗魚擺動形狀的影響(如表二十三)

表(二十三)

劍旗魚	15V	13V	11V	
振幅差	1.6	1.4	1.4	(cm)

4、實驗三之四:頻率對尾極重的魚擺動形狀的影響(如表二十四)

表(二十四)

尾極重	15V	13V	11V	
振幅差	0	0.6	1	(cm)

實驗三之五:頻率對頭極重的魚擺動形狀的影響(如表二十五)

表(二十五)

頭極重	15V	13V	11V	
振幅差	0.8	1.2	1.4	(cm)

## 陸、結果與討論

### 一、結果說明

(一)實驗一：不同的配重方式對魚類擺動形狀的影響。

測量結果發現，在第一部分(頻率為 15v、張力 4 公克)的實驗裡，吳郭魚在各節的振幅都是最大的，而鰻魚跟頭極重的魚比較下，鰻魚在前半段(第一到四節)的振幅較頭極重的魚來的小，可是在後半段(第六到八節)則比頭極重的魚較大，然而泳速最快的劍旗魚卻比鰻魚和吳郭魚的振幅要小的多，但是如果去比較其中的振幅差，可以發現劍旗魚的振幅差(1.6cm)卻比鰻魚(1.5cm)和吳郭魚(1.4cm)還要大，也遠遠的超過頭極重(0.8cm)和尾極重(0cm)的魚。

第二部份(頻率為 15v、張力 8 公克)的實驗裡，吳郭魚和尾極重的魚在各節振幅方面都是比較大的，而劍旗魚仍就是最小的，但其振幅差還是五種魚種中最大的，振幅差的排名跟第一部分的完全一樣，由此我們得知泳速快的魚其振幅差較大，但是在各節的振幅卻是較小的。

而在我們假設的魚種中，也發現頭極重和尾極重的魚跟實際的魚種所呈現的振幅差相差甚遠，尾極重的魚在第一部分的實驗振幅差甚至是 0cm，由此我們或許可以推測在生物的演化上，為何沒有頭極重和尾極重的魚種產生，因為牠們在重量分佈上及擺動的模式顯然跟現有魚種有極大的差異，較不利於活動。

總而言之，不同魚體配重的方式，其擺動的波形有明顯的差異，其中屬於高速型或中快型的劍旗魚所呈現的振幅差(頭尾振幅差異)最大，因此我們推論振幅差是影響魚類泳速的原因之一。

(二)實驗二：不同的張力對魚類擺動形狀的影響。

在第一部分鰻魚的實驗裡，可以清楚的觀察到當張力(身體軟硬度)越大時，各節的振幅均有下降的現象，而振幅差亦有下降，而在第二部份吳郭魚的實驗裡，也有相同的現象，在振幅和振幅差方面均有下降，在第三部份劍旗魚的實驗也是如此，但在頭極重和尾極重的實驗裡，發現到這二者跟前三者的呈現的現象不同，在尾極重的實驗裡，各節的振幅均有增加的趨勢，而振幅差亦增加，恰好跟前三者的數據顯示相反，而在第五部份的頭極重的實驗中，各節的振幅卻沒有明顯的下降或上升，但在振幅差的部分卻又跟尾極重的實驗相同，都是張力越大，振幅差也越大，這也是證明我們在做實驗一時的推測(魚類演化上沒有這兩魚種的產生)。

然而從第一到第三部份的實驗中，我們發現張力(身體軟硬度)對於振幅差的改變以吳郭魚影響最大(分別是 1.4cm、1.1cm、0.9cm)，而對劍旗魚的影響甚小(分別是 1.6cm、1.5cm、1.4cm)，由此實驗我們可以知道張力(身體軟硬度)對於高速魚的影響不大，而對中慢型泳速的魚種有著較明顯的變化，所以我們推測張力(魚體軟硬度)的增加對中慢型泳速魚種的波形及振幅差影響較為明顯。

(三)實驗三：不同的頻率對魚類擺動形狀的影響。

從結果我們可以發現，在第一部分鰻魚的實驗裡，當其擺動頻率降低時，各節的振幅也隨之下降，而振幅差亦有減少的趨勢，而在第二部份吳郭魚與第三部份劍旗魚的實驗中，也會產生和鰻魚一樣的現象，均是頻率減少且各節振幅與振幅差也減少，而在尾極重和頭極重的實驗中，實驗結果皆與前三者數據相反，也就是說，當頻率減少時而其振幅差卻越大，可是這兩者各節振幅卻沒有一個明顯的上升或下降的趨勢，因此這又再次的應證了我們在實驗一和實驗二中的推測(魚類演化上沒有這兩魚種的產生)。

而從第一到第三部份的實驗裡，我們可以發現頻率對於振幅差的改變以吳郭魚(分別是 1.4cm、0.9cm、0.9cm)最大，而其次是劍旗魚(分別是 1.6cm、1.4cm、1.4cm)，而對鰻魚的影響則較小(分別是 1.5cm、1.4cm、1.3cm)。

也就是說，擺動的頻率變大時，對不同魚種的振幅差均有改變，其中對中慢速的魚種(吳郭魚)影響最為明顯。

## 二、討論

藉由這次的實驗，可以了解到各種魚類之間的差異與相同之處，也可以藉由各個魚種的泳速來做一個比較與推論，實驗中發現泳速最快的劍旗魚所呈現的振幅差最大，因此我們推論振幅差越大者，其魚種泳速是屬於高速型或中快型的魚種，而在頭極重及尾極重的模擬中，或許可以推測在魚類演化上沒有這兩魚種的產生。在前面我們推測泳速越快其振幅差也越大，這個部份我們試著用高中所學的兩種定律去說明。

第一種是用虎克定律來說明， $F$  和  $X$  成正比，它們之間的關係可用下式來表示：

$$F = -kx$$

式子中常數  $k$  就如同我們實驗設計的張力，我們也可以知道當各節振幅( $x$ )越大時，此節所受的力( $F$ )也越大，因此在劍旗魚的實驗中，我們或許可以推測其在運動時，前段所施予的力較小，而後段較大，藉由前後所施的力不同來作為振幅差的來源。

而第二種是從牛頓第二運動定律來看，當物體質量( $m$ )一定時，運動物體的加速度( $a$ )跟物體所受淨力的大小成正比，關係式如下：

$$F = ma$$

藉此我們可以了解到當各節的質量越大時，而所受的力相同，其加速度也就越小，所以在相同時間單位內，質量大的部份其振幅也就較小，藉此由於劍旗魚是屬於紡錘的魚形，其質心位於中前段，所以由上式可知，其前段振幅較小，後段振幅較大，以造成一個較明顯的振幅差。

### 三、限制

在這次的實驗裡，我們只針對魚類擺動形狀所造成其各節振幅大小及振幅差影響的方向去做探討，因此會將其他影響魚類泳速的因素去除，所以這次的實驗結果與魚類在運動的實際情況會有些差異，其限制因素如下：

- (一)魚類的運動方式是以魚的各個部位去做一個整體的配合，以達到高效率的推進，而本次的研究只有探討頻率(尾鰭擺動)和張力(身體軟硬度)對魚類擺動形狀所造成的影響。
- (二)由於魚類運動時在在水中，而本次實驗的測試是在空氣中，跟在比空氣阻力大 800 倍的水裡有著明顯的差異。
- (三)由於必須控制實驗中的差異，所以要限制其差異使不等大魚種的魚體用為相同大小，而這會使跟原本實際情況上有所不同。



## 柒、參考資料及其他

- 一、台灣鮪魚公司。認識鮪魚。(2009) <http://tuna-taiwan.myweb.hinet.net/pl.html>。
- 二、台灣魚類資料庫(2001) <http://fishdb.sinica.edu.tw/chi/home.php>
- 三、李志揚與陳政宏。淺談流體中生物的推進方法與仿生推進。(2009)
  - ◆ <http://myweb.ncku.edu.tw/~chenjh/science/biomimetic-prop/bio-prop.html>。
  - ◆ 陳政宏，國立成功大學造船及船舶機械工程學系助理教授。
  - ◆ 李志揚，美國航太總署(NASA)馬里蘭州 Goddard 研究中心工程師)
- 四、邵廣昭與陳麗淑。魚類入門。遠流出版社。(2004)
- 五、維基百科(2010)波。 <http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%B3%A2>
- 六、維其百科(2010)簡諧運動。
  - ◆ <http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E7%B0%A1%E8%AB%A7%E9%81%8B%E5%8B%95>
- 七、黃子鴻(2007)仿生魚鰭的幾何形狀對擺動推進系統之影響。
  - ◆ 國立成功大學系統及船舶機電工程學系碩博士班。碩士。
- 八、劉彥杰(2007)機器魚實作。國立成功大學工程科學系碩博士班。碩士。

## **【評語】 040115**

- 1.本件作品以簡易模型探討各類魚類擺動行為，有其趣意。
- 2.惟本實驗過於簡化模型且未探討真正水域實驗，應可再予增加。
- 3.鼓勵本作品持續努力，補足完整實驗，並予理論分析，應大有意義。