

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 生活與應用科學(一)科

團隊合作獎

082816

展能環保風動力船

學校名稱：臺中市大雅區上楓國民小學

| | |
|---|---------------------|
| 作者： 小六 吳泓恩 小五 黃宥程 小五 游湘庭 小六 楊宥浩 小六 陳佖仲 | 指導老師： 林建毅 陳建圭 |
|---|---------------------|

關鍵詞：Upcycling、風力槳、雙體船

摘要

本研究目標旨在透過我們的研究，發展高能源效率的風力能，使用回收再造（Upcycling）的材料組合環保動力船，撿拾學校周圍環境水域中漂流物，解決校內學生掉落水中的各種球類及垃圾問題。研究結果可知，動力裝置透過文獻探討與實際測量，篩選出半徑 35mm、寬 15mm 的一字形節能風力槳，搭配 3D 建模一體成形的集風杯使風力穩定、扇葉安全運轉。船體推薦以市售 2000cc 方形寶特瓶作為浮筒，搭配鯊魚鰭式的導流板有效穩定船隻航行。以手機 app 進行藍芽串列 e32Daul 智慧晶片，遙控風動力船多方向運動，最後實際下水測試船速、轉向及推動各種球類，撿拾校內水池漂流物。

壹、前言

一、研究動機

我們身處在和農田、流水息息相關的學校中，校園裡有流水與護城河，踏出校園又有許多農田與灌溉排水渠道，常常看見身邊同學在玩樂的過程中，總有許多大大小小的東西會掉到水中。我們想試著製作一台遙控的風力雙體船，幫忙同學把掉到小河中的各種球類或漂浮垃圾撿起來，避免同學常常為了撿水上的漂流物跌入水中變成落湯雞。



二、研究目的

- (一) 實際踏查校園水域的環境特點與分析適應環境的船隻類型。
- (二) 分項優化雙體船機械的結構參數。
- (三) 發展控制雙體船的資通訊系統。
- (四) 具體驗證校園水域中的船舶動力與轉向性能。

三、研究問題

1-1 校園周圍可見的水域環境有哪些特點？

1-2 能在這些水域運動的船舶設計條件為何？

2-1 雙體船浮筒設計的分析：

2-1-1 如何設計 3D 支架，穩定雙體船浮筒及晶片盒呢？

2-1-2 何種浮筒的大小及形狀能產生較佳的吃水深度呢？

2-2 風力扇葉設計的分析：

2-2-1 扇葉的不同葉數及形狀能產生的推力大小為何？



2-2-2 二葉扇葉的不同寬度及半徑能產生的推力大小為何？

2-2-3 二葉扇葉的不同電壓及集風杯能產生的推力大小為何？

2-3 導流板穩流設計的分析：

2-3-1 何種導流板型狀設計能產生最佳的穩流效果呢？

2-3-2 何種導流板安裝位置能產生最佳的穩流效果呢？

3-1 如何撰寫 Arduino 程式碼使 e32Daul 能進行藍牙通訊且具備按鍵回饋機制呢？

3-2 如何利用 App Inventor II 製作手機 APP 介面呢？

3-3 以三用電表量測不同電機出力設定值中馬達使用電壓、電流與消耗功率為何？

4-1 校園水域中不同集風杯形式的雙體船的直線船速/推力大小為何？

4-2 校園水域中最優化雙體船的直線船速/變向旋轉速度/推力大小為何？

四、文獻回顧

(一) 綠色船舶

隨著環保意識的不斷上升，對造船業來說，如何應用科技與創新，對船舶能源的消耗錙銖必較，以達到節能的效果，是當前重要的課題。陳柏汎、辛敬業（科學發展月刊，2012）指出適當的船舶尺寸可節省能源，因此船舶降低能源從新船的規畫開始，就要考量船體主要尺寸及關係船形幾何的參數：方塊係數（block coefficient） $CB = \nabla / (L \times B \times T)$ 是一個重要的船形幾何係數，其中 CB 代表方塊係數， ∇ 代表排水量，L 代表船長，B 代表船寬，而 T 代表吃水。排水量是指船舶在特定狀態下的總重量，根據阿基米德浮力原理，浮力就是排開同體積的水重。

透過方塊係數可知，船形的飽滿度或肥瘦度會影響船體耗能。通常方塊係數小，船舶航行時的阻力較小；船舶形狀越是流線形，阻力也越小。基於這些原則，以固定船舶排水量（船身重）的條件來比較，船身長、吃水淺能減少耗能，其船體結構分析如下：

1. 雙體船

雙體船（Swatch）的設計目標是為著提高速度、減輕重量和穩定航行。由於雙體船的船身設計輕巧，兩邊船身都較單體船為小，因此沉在水中的面積和體積都相對減少，所承受的阻力減低，有

利於高速航行。再加上船頭較尖，大大提高其破浪能力，所以在風平浪靜時，雙體船較單體船穩

定。也由於沉在水中的船身較小，在大浪中行駛時無法穩定船身，因此雙體船只適合在內海行駛。

2. 風力船

本次進行船舶設計相關研究時，我們也同步考慮了以風力槳驅動船隻的運動裝置，

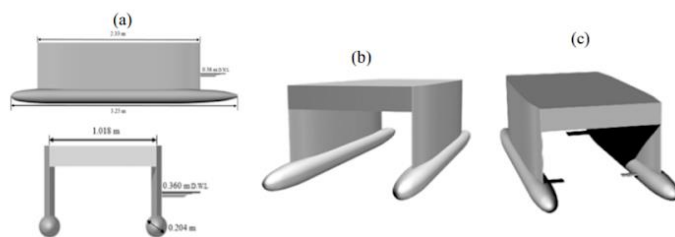


圖 1-1 小水線面雙體船 (Swatch)

並且研究了目前新科技中「飛天車」的設計型態：螺旋槳式及後槳式。螺旋槳式承襲了直升機的運動模式，與目前四軸飛行器的運動方式相仿。而後槳式的飛天車則與一般飛機相似，需有跑道協助起飛，但飛行的穩定性高、飛行速度也較快。



圖 1-2 螺旋槳式飛天車



圖 1-3 後槳式飛天車

(二) 歷屆國賽科展作品討論：

在討論各種船舶設計與動力裝置後，我們一併研究過去幾年國小組各科中探討船舶運動與設計概念的相關主題。在閱讀相關文獻後發現，和我們討論船舶設計的原則相同，最多組別針對「後槳式的風力裝置」進行動力探討，也有一組進行瑪格努斯風力車的動力探討。而與我們相近的清掃垃圾主題的科展，則是第55屆新竹的「多功能水上 iRobot - 遠端水質監測與垃圾搜集」，但其不同的是該主題多探討複合的監測儀器，較少討論船舶運動能源消耗及蒐集垃圾效能問題。

綜合上述文獻，確定我們期待設計的可變向式船舶，搭配風力節能、環保回收再造 (Upcycling)、遙控的自適應性等的主題研究，補足國內科展研究的不足之處。

表1-1歷屆國賽科展作品討論

| 屆次 | 第 43 屆 | 第 47 屆 | 第 53 屆 | 第 55 屆 | 第 55 屆 | 第 57 屆 | 第 59 屆 | 今年 |
|------|-----------|-----------|---------------|-------------------|----------|------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| 組別 | 國小組 | 國小組 | 國小組 | 國小組 | 國小組 | 國小組 | 國小組 | 國小組 |
| 科別 | 物理科 | 物理科 | 物理科 | 生活與應用科學科 | 生活與應用科學科 | 物理科 | 生活與應用科學科 | 生活與應用科學科 |
| 作品名稱 | 我把呆呆船變聰明了 | 氣墊船--輕功高手 | 衝衝衝—橡皮筋動力螺旋槳船 | 臨風「愈速」—馬格努斯風力車之探究 | 前進吧！氣墊船 | 「扇」轉「風」流-橡皮筋風扇船前進因素之探討 | 多功能水上 iRobot - 遠端水質監測與垃圾搜集 | 展能環保風動力船 |
| 船槳形式 | 風力槳/水車槳 | 風力槳 | 風力槳 | 直立式風力槳 | 風力槳 | 風力槳 | 輪型水車槳 | 雙風力槳 |
| 環保融 | 無說明 | 無說明 | 無說明 | 節能 | 無說明 | 無說明 | 垃圾回收 | 回收材料打造船身 (Upcycling) / 充電電池減少垃圾 |

| 屆次 | 第 43 屆 | 第 47 屆 | 第 53 屆 | 第 55 屆 | 第 55 屆 | 第 57 屆 | 第 59 屆 | 今年 |
|------|--------|------------|--------|-------------|----------|--------|-----------|--------------------|
| 入 | | | | | | | | |
| 耗能測試 | 橡皮筋動力 | 電池動力/無測試耗能 | 橡皮筋動力 | 電源供應器進行能源計算 | 電池/無測試耗能 | 橡皮筋動力 | 太陽能/無測試耗能 | 風動力效能測試/ 馬達功率測量 |
| 變向運動 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 無 | 超音波避障 | APP 遙控折返 提高效率 |

貳、研究設備及器材

一、研究設備：

電源供應器、手持式電鑽、3D 列印機、雷射切割機、聯發科 e32dual 智能晶片。

二、研究器材：

鋁罐、寶特瓶、束帶、2 吋 5/32 螺絲、5/32 M3 螺帽與墊片、游標卡尺、熱熔膠槍、RE140 馬達 (DC 3-6V, 額定電壓 3V, 空載電流 100mA)、16850 電池、彈簧秤、電子秤。

參、研究過程或方法

一、研究架構

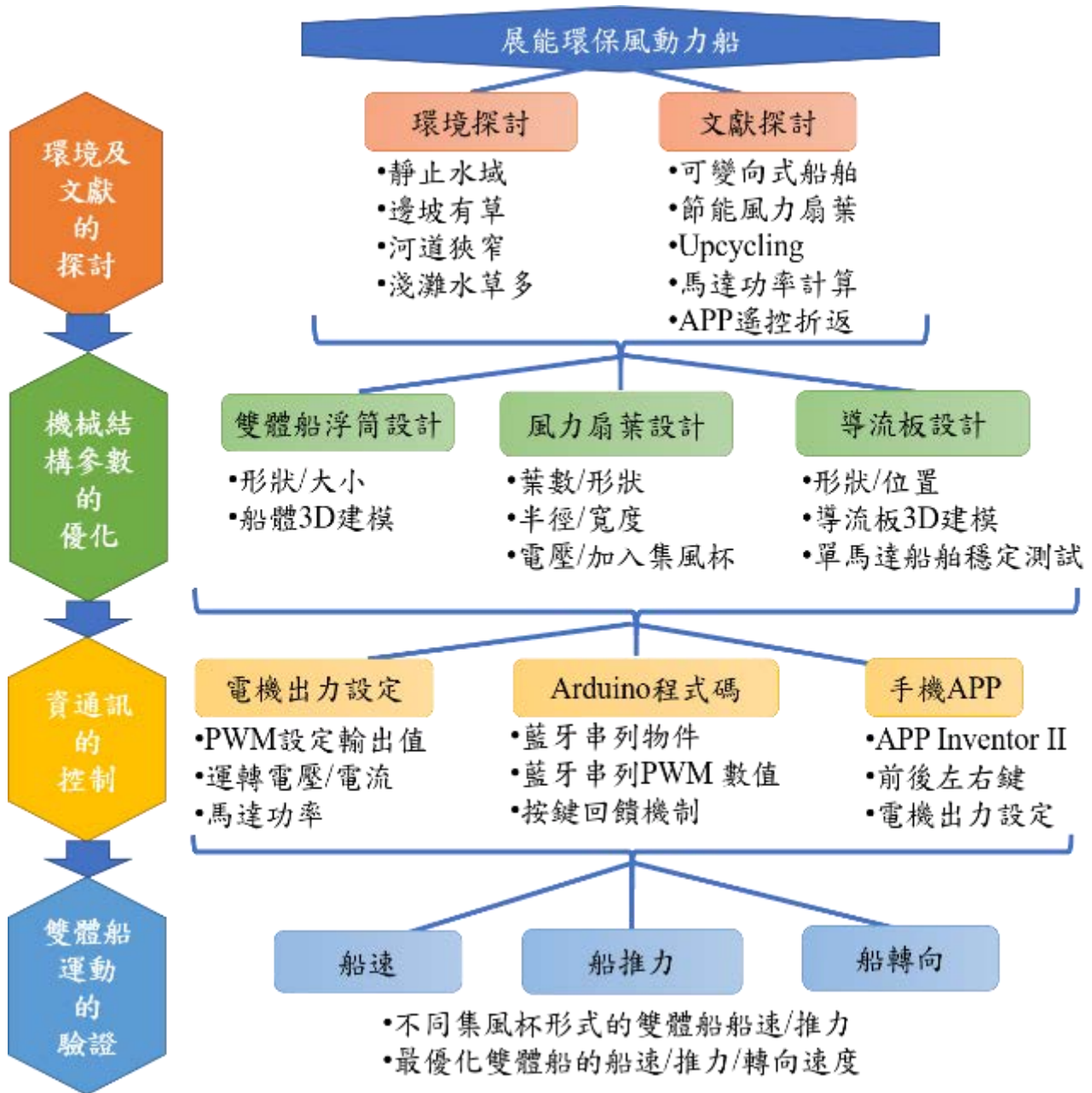


圖 3-1 研究架構圖

二、研究設計

(一) 研究目的一：實際踏查校園水域的環境特點與分析適應環境的船隻類型

1. 研究問題1-1：校園周圍可見的水域環境有哪些特點？

表3-1 校園水域的環境特點分析

| | | | |
|----|---|---|---|
| 照片 |  |  |  |
| 說明 | 校園內的生態水域，此為開放式水域，和周圍的灌溉用河道連通。此處底層有生長眾多的金魚藻，使得水深變化極大。 | 校園內的生態水域與灌溉用水聯通水道，水道寬度窄。此處水域較深，底層有泥土與藻類，無多餘的植物。 | 學校旁的灌溉用大排，沒有能下到水邊的小路，雖然水域較深，但沒有能夠讓船舶下水處。 |
| 照片 |  |  |  |
| 說明 | 校外活動中心與學校間的護城河，水域最深，且兩側有栽種許多莎草，學校老師與職員無法到此撿拾掉落物。 | 校外活動中心與學校間的護城河，水域深，環境有許多水域死角，角落處仍漂流許多垃圾。 | 學校旁的灌溉用排水溝，水域淺，且有枯水與榮水期的落差，水道寬度窄，船舶設計大小會受限。 |

2. 研究問題 1-2：能在這些水域運動的船舶設計條件為何？

本研究旨在校園水域環境中進行運動，其水域較小，浪少表面平靜。根據文獻探討可知，**雙體船**橫擺幅度低、吃水淺，**適合在平靜水域航行**，更可在船底設計不同導流板，有助於減少水波影響；其次，**雙體船**阻力小，有利於**高速航行**。

動力裝置方面，為求減少吃水深度，動力以船舶上方的風力裝置為主，而各種風力裝置中可發現**後槳式**的動力效能最高，優先列為研究目標。

(二) 研究目的二：分項優化雙體船機械的結構參數

- 研究問題 2-1 浮筒設計
- 研究問題 2-2 扇葉設計
- 研究問題 2-3 導流板設計

(1) 研究問題2-1：雙體船浮筒設計的分析

i. 研究問題2-1-1：如何設計3D 支架，穩定雙體船浮筒及晶片盒呢？

為了使船體能與寶特瓶浮筒穩定結合，我們使用3D 列印的方式，繪製能裝載 e32Dual 智能晶片的3D 支架，並且在支架周圍設計穿孔，並以2吋螺絲、螺帽取得合適間距固定，能綁上束帶，讓浮筒和智能晶片能穩定結合。

本系列實驗資料，詳見研究結果與討論二第1點 (p.14)。

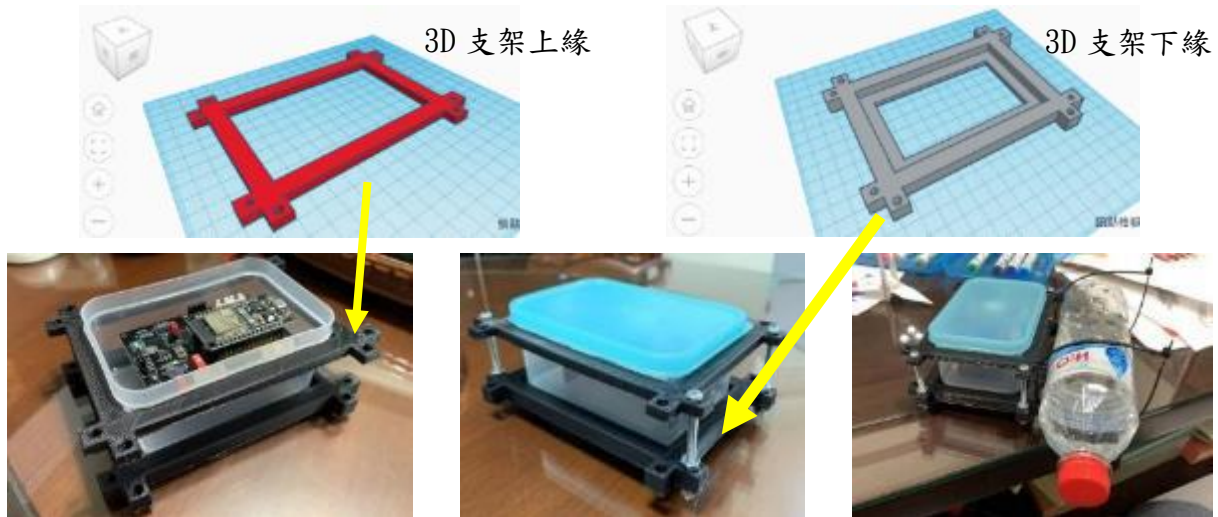


圖 3-1 船體支架 3D 建模，並實際安裝說明圖

ii. 研究問題2-1-2：何種浮筒的大小及形狀能產生較佳的吃水深度呢？

為符合理念中環保回收再造 (Upcycling) 的概念，設計浮筒時使用日常生活中不同大小尺寸的寶特瓶進行比較，其中因600cc 寶特瓶容積過小，做為雙體船吃水過深，因此不列入比較範圍。其比較說明如下表：

表3-2 不同市售寶特瓶作為雙體船浮筒的比較

| 浮筒設計 | 2000cc 寶特瓶觀察 (方形浮筒) | 2000cc 寶特瓶觀察 (圓形浮筒) | 1200cc 寶特瓶觀察 |
|------|--|--|--|
| 照片 | | | |
| 說明 | <p>支架完全架空於水面之上，能夠產生較小的水面摩擦力。</p> <p>(空船重260g)</p> | <p>支架完全架空於水面之上，且吃水最淺，能夠產生最小的水面摩擦力。</p> <p>(空船重220g)</p> | <p>支架平貼或稍微沒入水面，會產生較大的水阻力與波紋。</p> <p>(空船重210g)</p> |

(2) 研究問題2-2：風力扇葉設計的分析

我們參考「前進吧！氣墊船」的實驗設計，以電子秤測量推力大小。但修正實驗以電源供應器做為穩壓的測試工具，能穩定測得在不同電壓下的推力。為後續加入 e32dual 智能晶片後輸出電壓的決定作為依據。



圖 3-2

將馬達、扇葉固定於電子秤上方，以電源供應器提供電源，紀錄不同電壓下的推力

(1) 不同扇葉製作的實驗說明如下：

- 以繪圖軟體繪製標準圓形，並切分為8等分（圖3-3），列印後貼在剪好的鋁片(以鋁罐作為原料)上，使用剪刀進行手作，達到設計的圓形大小盡量一致，剪成我們設計的型態(三、四、八葉皆為全圓)。
- **扇葉材質容易變形，因此扇葉厚度皆訂為1cm，並以二葉一字形作為對照組（根據飛行車設計推測，作為比較）。**
- 電鑽在扇葉中心鑽一小孔，將扇葉以熱熔膠黏於馬達軸上。以學校槓桿實驗的支架，固定 RE140馬達（電壓範圍3-6V）與電子秤面的距離8公分(圖3-2)。以電源供應器提供不同電壓進行測試，每種扇葉紀錄10次，計算平均推力大小。

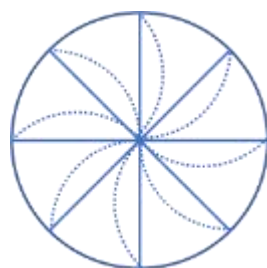


圖 3-3 扇葉的標準圓形，列印後貼在鋁片上剪裁



本系列實驗資料較多，根據不同子項目進行實驗變因測試，其實驗子項目介紹與比較，詳見研究結果與討論二 2-1至2-4（p.15-17）。

(2) 加入集風杯扇葉的實驗流程：

校園水域的岸邊有不同植物生長，風力槳若無相關防護時，當受風影響吹向岸邊，風力槳受細枝或葉子干擾，會造成扇葉脫落，因此加入集風杯的設計。實驗流程如下：

- 取長木條一支，將 RE140馬達以螺絲固定於木條上，並使馬達軸心立於杯子的圓心。
- 以超商咖啡紙杯為測試工具，取得方便也容易剪裁。(圖3-4)
- 二葉扇葉測量3至6V 電壓產生的風力大小，比較有無集風杯的差異。紀錄10次取平均值。



圖 3-4 集風杯的風力測試

本系列實驗資料，詳見研究結果與討論二 2-5（p.17-18）。

(3) 研究問題2-3：導流板穩流設計的分析

為了使我們的船在水面行走時能有較好的水導流方式，我們進行導流板的研究比較，實驗設計分為形狀與安裝位置，為求導流板的效果不受其他因素影響，將馬達安裝於支架上，以單一馬達的推進作為直線前進的控制變因，分別記錄前進方向、速度及偏離角度。船體設計與實驗場域說明如下：

- 為避免雙馬達的轉速差影響船的運動方向，將單一 RE140馬達安裝於船體中心偏後方，盡量使雙體船兩側重量一致。(圖3-5)



圖 3-5

單馬達安裝於船身中後段，馬達安裝於重心線上是進行船速與偏移測試的動力來源。

- 以 e32dual 的電機出力設定提供電壓，於校內的窄型水道進行直線前進測試紀錄船速與航行偏移。

- 測試時，將船體放置於水道中央以單馬達推進，碰撞河道兩側即暫停計時，並以 $\tan\theta$ 值顯示偏離狀態， $\tan\theta$ 值越大，表示偏離程度越小。(圖3-6、3-7)

- 我們測量的河道寬約0.6公尺，且在河道中間開始運動，因此 x 約為0.3m， y 的距離最大值為2m，因此 $\tan\theta$ 值約為0 (船體出發後即轉向撞向河道邊) 至6.7 (船體抵達2m終點)。



圖 3-6
測試過程示意圖

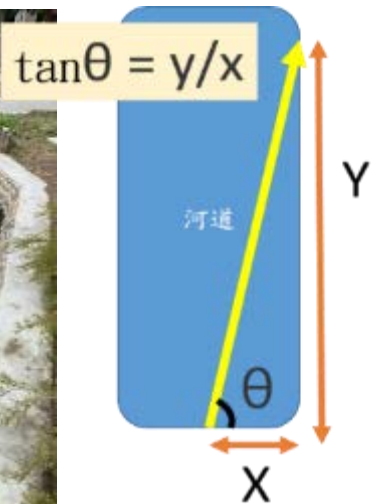


圖 3-7
 $\tan\theta$ 值計算方式

i. 何種雙體船浮筒能產生最佳的穩流效果？

在進行導流板相關實驗前，我們優先探討不同浮筒設計的雙體船，何種在靜止水域上能產生最佳的穩流效果。(回應研究問題2-1：雙體船浮筒設計的分析)。

本系列實驗資料，詳見研究結果與討論二 3-1 (p.18-19)

ii. 何種導流板形狀設計能產生最佳的穩流效果？

我們參考火箭噴射的導流板尾翼，比較三種不同的導流板型態(表3-3)。分別在浮筒上安裝葉片二葉、平均分散、尾翼沒入水面下方(圖3-8)，並以無尾翼作為對照組。本系列實驗資料，詳見研究結果與討論二 3-2 (p.19-20)。

表3-3 不同導流板設計

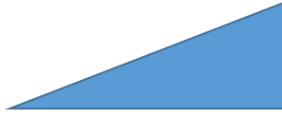


| 導流板設計 | 三角形式 | 流線型式 | 鯊魚鰭式 |
|-------|---|--|---|
| 照片 |  |  |  |
| 說明 | 底邊長：8公分 高：4公分 | 底邊長：8公分 高：4公分 | 底邊長：6公分 高：4公分 |



圖3-8 不同水中導流板型態的照片（將船身翻過來拍攝）

iii. 何種導流板安裝位置能產生最佳的穩流效果呢？



圖 3-9 因水深不同會破壞導流板

第一階段的導流板實驗後發現，安裝在浮筒下方的導流板皆會形成吃水較深的問題而遭受破壞，因此提出將導流板放置在中央支架下方的想法。

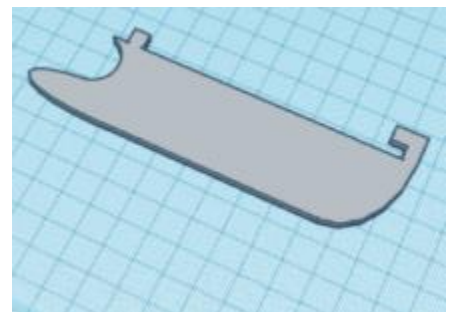


圖 3-10
導流板 3D 建模

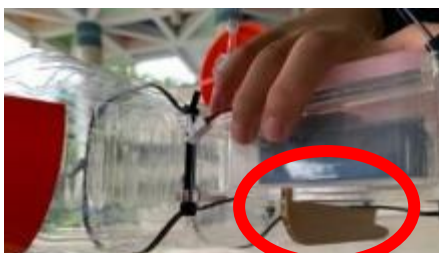


圖 3-11
安裝在中央支架下方的導流板

在導流板安裝位置的實驗中，將 Tinkercad 繪製的導流板以雷射切割方式製作3塊導流板。實驗項目分為：導流板分別設計1、2、3塊平均分配於中央支架下，以無導流板作為對照組進行說明。本系列實驗資料，詳見研究結果與討論二 3-3 (p.21)。

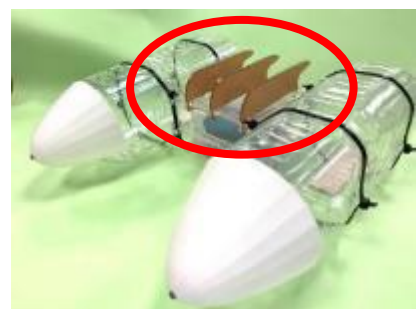
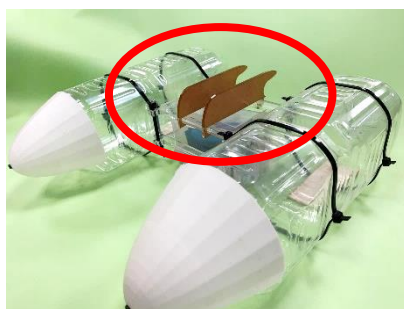
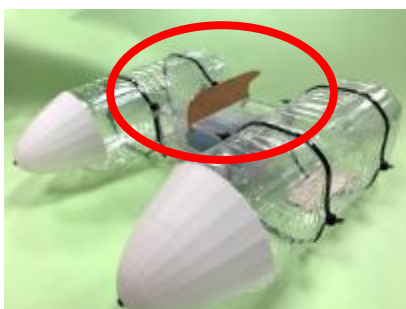


圖 3-12 安裝在中央支架下方的導流板，分為 1、2、3 片進行實驗（將船身翻過來拍攝）

(三) 研究目的三：發展控制雙體船的資通訊系統



圖 3-13 雙體船資通訊系統設計的關係結構

在我們研究船體結構與風力槳的過程中，我們學校老師也以聯發科智能晶片(e32DUAL)進行一系列的智能晶片控制練習。因此使用 e32DUAL 智能晶片與手機 APP，提供我們進行遙控操作。

本系列 e32DUAL 程式碼及手機 APP 資料，詳見研究結果與討論三 (p.22)。

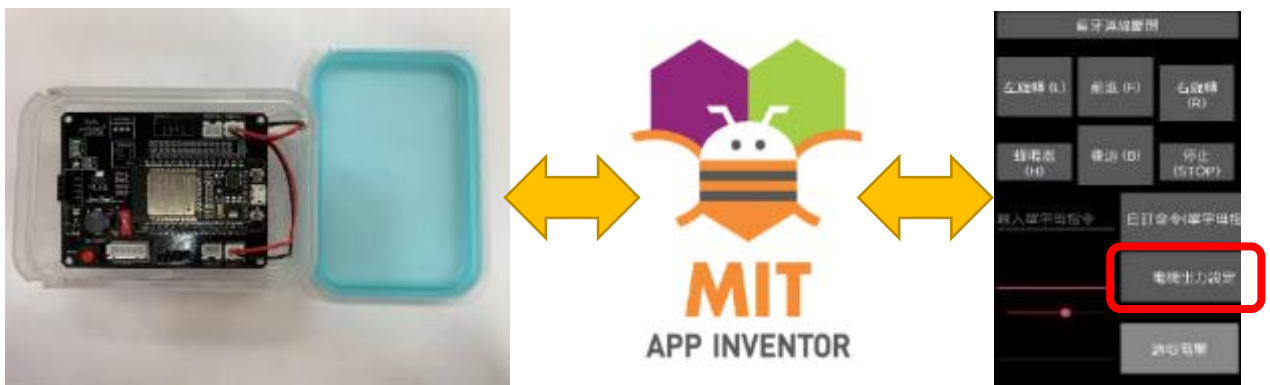


圖 3-14 e32DUAL 智能晶片與手機 APP 的藍牙串列透過 App Inventor II 以積木式程式碼撰寫

使用 APP inventorII 設計的 app 中，具有電機出力設定 (調整 PWM 數值自 0 到 1023) 的功能，透過不同數值就能產生對應的電壓，以三用電表量測「電機出力設定」的電壓、電流數據，紀錄相對應的平均電壓值。

本系列程式碼資料，詳見研究結果與討論三 (p.23)。






圖 3-15 e32DUAL 智能晶片寫入不同電機出力設定後，其提供的電壓值

(四) 研究目的四：現場驗證校園水域中的船舶動力大小與轉向性能

1. 研究問題4-1：不同集風杯設計下雙體船的船速研究

表3-4 以咖啡紙杯製作集風杯觀察推力大小

| 集風杯 | 咖啡紙杯(高11cm) | 咖杯紙杯(高5cm) | 無集風杯 |
|-----|---|--|---|
| 照片 |  |  |  |
| 說明 | 下方為鯊魚鰭式的導流板，上方為3D 元件固定集風杯與浮筒。 | 以紙杯切半的方式，觀察較短距離的集風杯的運動效果。 | 初代機種，僅用瓶蓋墊高馬達，在後側裝上扇葉，無集風杯。 |

(1) 第一代集風杯設計：咖啡紙杯搭配 3D 支架

為求集風杯能有效、穩固的固定在浮筒上方，因此使用 3D 列印元件將咖啡杯與浮筒用束帶、熱熔膠固定，以一字軸固定架固定馬達。

測試後發現，馬達高速轉動時一字軸馬達固定架會旋轉，影響扇葉的位置，後改為十字軸馬達固定架減少偏轉。

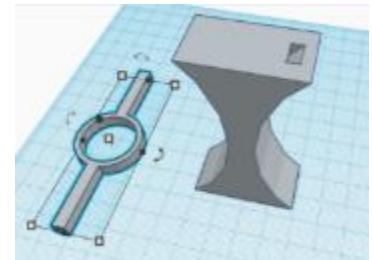


圖 3-16 集風杯固定架與一字軸馬達固定架的 3D 建模

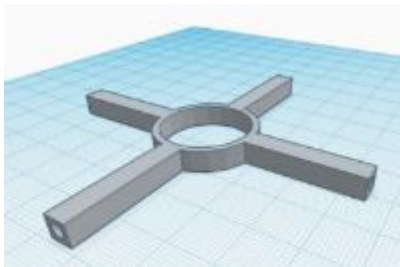


圖 3-17 十字軸馬達固定架 3D 建模 (改用)



圖 3-18 集風杯固定架與一字軸馬達固定架實拍



(2) 第二代集風杯設計：一體成形 3D 集風杯

經過第一代的實驗發現，咖啡杯高 5 公分的集風杯有效保護體成形扇葉，且具有穩定的推力。

觀察集風杯與扇葉擾流的因素，決定加大進風口，略縮出風口，設計出：進風口直徑 9 cm、出風口直徑 7 cm、杯高 4 cm 一體成形的 3D 建模集風杯，使風力更加集中、推力更強。

數據詳見研究結果與討論四 (p.24-25)。

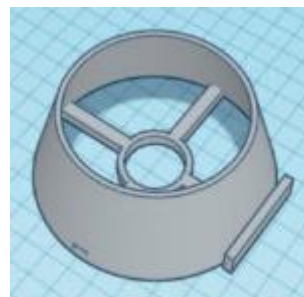


圖 3-19 開發一體成形的 3D 建模集風杯



圖 3-20 3D 建模集風杯支架固定於浮筒上

2. 研究問題4-1與4-2：雙體船動力直線速度、推力與轉向測試設計

- 紀錄製作的雙體船船身重，並調整船身重心，盡量維持**船身中軸穩定、左右重心平衡、前後重心於中間靠後**。
- 以電機出力設定500至800，測量不同集風杯形式的船速。
- 透過彈簧秤量測與直線推球計時的方式，紀錄推力與船速。
- 透過船體向左/向右旋轉10圈，紀錄旋轉時間，計算船體原地旋轉靈敏度。



圖 3-21 船體秤重



圖 3-22
以彈簧秤測船體推力



圖 3-23
以各種球類測船體推力



圖 3-24
自船身正面觀察
左右對稱



圖 3-25 原地旋轉計時



圖 3-26 最優化雙體船船速計時



圖 3-27 觀察中央支架導流板下方的水流動狀態

3. 開放水域中雙體船的撿球實測

經過一連串的推力測試，顯示我們雙體船具備足夠的力量撿拾各種球類及漂流物，且具備一定能力的可操控性，因此透過開放水域的操作，展現我們撿球的實力。



圖 3-28 開放水域中實際撿球，可看見水中有不少植物的斷莖，影響船體運動

肆、研究結果與討論

一、實際踏查校園水域的環境特點與分析適應環境的船隻類型。

透過一系列的觀察與分析後，我們提出使用**雙體船搭配後槳式風力扇葉**作為主要設計形式，並鎖定校園兩處水域(表4-1)進行第四階段的實際測試。

表4-1 校園水域實測地點的選擇說明

| 照片 | 測試撿球效果的最終區域 | 測試「船速」與「轉向」的水道 |
|----|--|-------------------------------------|
| 說明 | 校外活動中心與學校間的護城河，水域最深，且兩側有栽種許多莎草所有人都無法到此撿拾掉落物。 | 校園內的生態水域與灌溉用水聯通水道，水道寬度窄，且有直線水道約4公尺。 |

二、分項優化雙體船機械的結構參數

(一) 雙體船浮筒設計的分析：

我們發現2000cc 寶特瓶因體積較大，具有良好的浮力讓完成支撐晶片盒。2000cc 的方形與圓形寶特瓶，**圓形寶特瓶**因摩擦力最小，微風吹來都會造成雙體船漂移，太容易受外力影響而捨棄。

而1200cc 寶特瓶與支架則沒入水面，增加許多水阻力與波紋，因此在後續階段中也捨棄**1200cc 寶特瓶**觀察。**以2000cc 方形寶特瓶做為主要研究目標。**

第二代船體結構，採用浮筒式的風力槳，吃水極淺。束帶與浮筒的固定方式，可以分成窄版與寬版船體(圖4-1)，為因應我們後續的撿球目標，**選擇能將籃球卡入較深的寬版船體，以利船體推動籃球的穩定度，提高撿球的效率。**

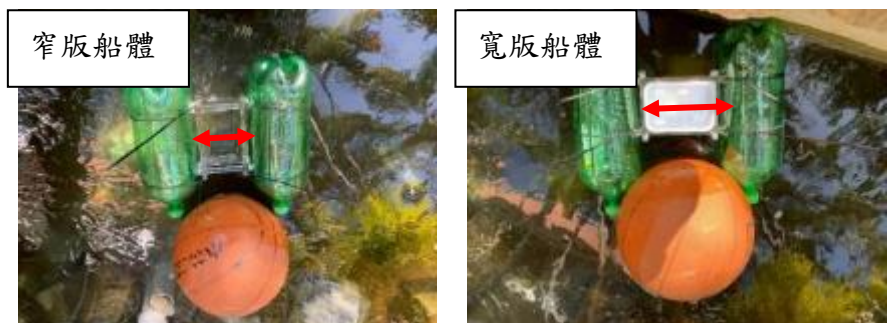




圖 4-1

晶片盒 3D 支架具有兩方向的固定方式，實測結果選擇寬版船體的設計

(二) 風力扇葉設計的分析：

1. 不同扇葉葉數的推力比較：

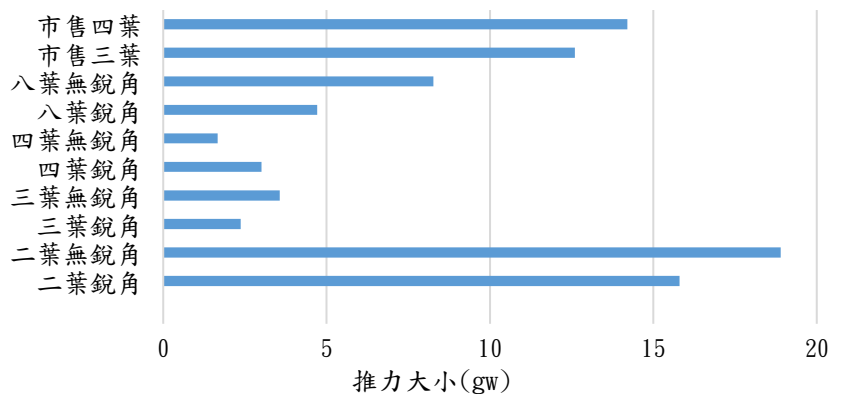
| 扇葉設計 | 二葉銳角 | 二葉無銳角 | 三葉銳角 | 三葉無銳角 | 四葉銳角 | 四葉無銳角 | 八葉銳角 | 八葉無銳角 | | | |
|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|------|------|------|
| 照片 |  |  |  |  |  |  |  |  | | | |
| 3V 電壓 | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 | 第六次 | 第七次 | 第八次 | 第九次 | 第十次 | 平均 |
| 二葉銳角 | 15.6 | 15.9 | 5.6 | 15.8 | 16.2 | 15.6 | 15.9 | 15.8 | 15.3 | 11.6 | 15.8 |
| 二葉無銳角 | 18.9 | 17.7 | 19 | 18.8 | 19.1 | 18.5 | 18.9 | 18.3 | 18.6 | 19.8 | 18.9 |
| 三葉銳角 | 1.8 | 2.7 | 2.7 | 2.5 | 2.3 | 1.9 | 2.0 | 2.4 | 2.7 | 2.7 | 2.37 |
| 三葉無銳角 | 3.4 | 4.2 | 4.4 | 5.0 | 2.1 | 2.4 | 2.4 | 4.5 | 2.5 | 4.8 | 3.57 |
| 四葉銳角 | 2.7 | 2.6 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.4 | 3.7 | 3.6 | 3.6 | 4.0 | 3.01 |
| 四葉無銳角 | 1.6 | 1.7 | 1.6 | 1.9 | 1.6 | 1.8 | 1.7 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.67 |
| 八葉銳角 | 4.4 | 4.5 | 4.1 | 5.2 | 4.4 | 4.3 | 5.0 | 5.2 | 5.0 | 5.0 | 4.71 |
| 八葉無銳角 | 7.2 | 6.8 | 7.6 | 8.0 | 8.3 | 9.2 | 8.7 | 8.7 | 8.4 | 9.8 | 8.27 |
| 市售三葉 | 13.2 | 12.2 | 12.2 | 14.7 | 13.5 | 11.6 | 12.9 | 12.3 | 12.2 | 11.2 | 12.6 |
| 市售四葉 | 15.0 | 14.2 | 13.6 | 13.8 | 13.3 | 13.5 | 14.2 | 14.6 | 15.7 | 13.6 | 14.2 |

單位：gw

➤ 研究討論1

根據右圖可知，二葉、市售三葉、市售四葉的數據結果最好，觀察這三者的共通性，發現在扇葉的間都具有縫隙，比與我們設計的全圓不同。因此設計第二階段實驗。

不同扇葉葉數的推力(扇葉全圓)



2. 有無空隙扇葉的比較

| 扇葉設計 | 二葉銳角 | 二葉無銳角 | 二葉銳角 | 二葉無銳角 | 四葉銳角 | 四葉無銳角 | 八葉銳角 | 八葉無銳角 |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 空隙 | 1/3 | 1/3 | 2/3 | 2/3 | 1/3 | 1/3 | 1/3 | 1/3 |
| 照片 |  |  |  |  |  |  |  |  |

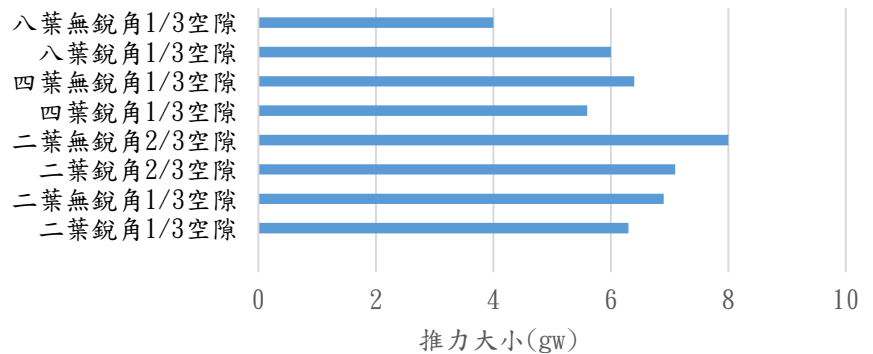
| 3V 電壓 | 第一 次 | 第二 次 | 第三 次 | 第四 次 | 第五 次 | 第六 次 | 第七 次 | 第八 次 | 第九 次 | 第十 次 | 平均 |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----|
| 二葉銳角 1/3 空隙 | 6.2 | 6.1 | 6.4 | 6.1 | 5.9 | 6.3 | 6.4 | 6.5 | 6.4 | 6.4 | 6.3 |
| 二葉無銳角 1/3 空隙 | 6.8 | 6.9 | 6.7 | 6.8 | 6.9 | 7 | 6.7 | 6.9 | 7 | 7 | 6.9 |
| 二葉銳角 2/3 空隙 | 7.1 | 7.3 | 7.1 | 7.4 | 7.3 | 6.9 | 7 | 7.1 | 7 | 6.9 | 7.1 |
| 二葉無銳角 2/3 空隙 | 7.8 | 7.3 | 8.9 | 7.6 | 6.5 | 7.5 | 7.1 | 8 | 9.9 | 8.9 | 8.0 |
| 四葉銳角 1/3 空隙 | 5.7 | 5.9 | 6 | 5.8 | 5.7 | 5.9 | 4.9 | 5.1 | 5.6 | 5.4 | 5.6 |
| 四葉無銳角 1/3 空隙 | 6.1 | 6.7 | 6.5 | 6.4 | 6.3 | 6.4 | 6.1 | 6.4 | 6.3 | 6.7 | 6.4 |
| 八葉銳角 1/3 空隙 | 6.2 | 6.7 | 6 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 5.7 | 6.2 | 6.3 | 5.7 | 6.0 |
| 八葉無銳角 1/3 空隙 | 4.1 | 4.2 | 4.1 | 3.4 | 4.1 | 4.2 | 4.1 | 4.1 | 3.7 | 3.7 | 4.0 |

單位：gw

➤ 研究討論2

根據第二階段的實驗結果可知，二葉無銳角且切除 2/3 空隙者，能產生最大風力，但與二葉一字形相比，仍然不足。顯示一字形的效果最好。

不同扇葉間空隙的推力



3. 不同扇葉半徑的推力比較：

| 扇葉 半徑 | R = 1.5cm | R = 2cm | R = 2.5cm | R = 3cm | R = 3.5cm | R = 4cm | R = 4.5cm | R = 5cm | 照片 | | |
|-----------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|------------|---------|---------|------|
| 3V 電壓 | 第一 次 | 第二 次 | 第三 次 | 第四 次 | 第五 次 | 第六 次 | 第七 次 | 第八 次 | 第九 次 | 第十 次 | 平均 |
| R = 1.5cm | 0.1 | 0.1 | 0.01 | 0.13 | 0.07 | 0.06 | 0.02 | 0.08 | 0.07 | 0.08 | 0.1 |
| R = 2cm | 1.9 | 1.3 | 1.4 | 1.6 | 1.4 | 2 | 1.9 | 1.8 | 1.4 | 1.9 | 1.7 |
| R = 2.5cm | 3.9 | 2.9 | 2.9 | 2.8 | 3.4 | 3.8 | 2.7 | 2.9 | 2.5 | 3.2 | 3.1 |
| R = 3cm | 10.4 | 11.6 | 11.3 | 11.1 | 10.7 | 11.1 | 11.0 | 11.5 | 11.0 | 11.1 | 11.1 |
| R = 3.5cm | 23.6 | 23.3 | 23 | 23.5 | 22.9 | 22.8 | 22.5 | 23.1 | 23.1 | 23.6 | 23.1 |
| R = 4cm | 18.9 | 17.7 | 19 | 18.8 | 19.1 | 18.5 | 18.9 | 18.3 | 18.6 | 19.8 | 18.9 |
| R = 4.5cm | 10.4 | 10.4 | 10.6 | 10.4 | 10.3 | 10.5 | 11.2 | 10.7 | 10.7 | 10.8 | 10.6 |
| R = 5cm | 9.4 | 8.6 | 9.8 | 10 | 4.2 | 8.8 | 9.6 | 9.7 | 9.1 | 4.8 | 8.4 |

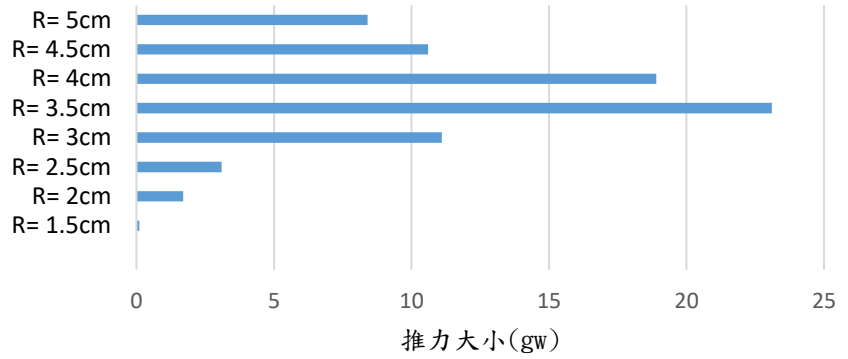
單位：gw

➤ 研究討論 3

比較不同扇葉大小（扇葉半徑）的結果可知，扇葉半徑在 3.5-4cm 時，可以產生最大的風力，此結果與過去科展的結果相似。

為求後續扇葉面積太大不容易進行安裝，後續研究以 R=3.5cm 為主。

不同扇葉半徑的推力



4. 不同扇葉寬度的推力比較：

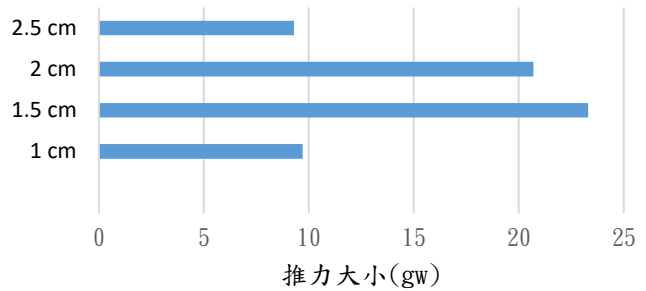
| 扇葉寬度 | W = 1cm | | | W = 1.5cm | | | W = 2cm | | | W = 2.5cm | | |
|--------|---------|------|------|-----------|------|------|---------|------|------|-----------|------|--|
| 照片 | | | | | | | | | | | | |
| 3V 電壓 | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 | 第六次 | 第七次 | 第八次 | 第九次 | 第十次 | 平均 | |
| 1 cm | 10.3 | 11.0 | 10.9 | 10.4 | 10.6 | 10.7 | 10.7 | 10.6 | 1.02 | 10.4 | 9.7 | |
| 1.5 cm | 23.3 | 23.5 | 23.2 | 23 | 23.7 | 23.1 | 23.1 | 23.1 | 23.2 | 23.8 | 23.3 | |
| 2 cm | 21.4 | 20.4 | 20.6 | 20.7 | 20.5 | 20.6 | 20.6 | 20.2 | 20.6 | 21.2 | 20.7 | |
| 2.5 cm | 9.5 | 9.3 | 9.1 | 9.2 | 9.9 | 9.0 | 8.8 | 8.9 | 9.3 | 9.6 | 9.3 | |

單位：gw

➤ 研究討論 4：

比較不同扇葉寬度的結果可知，扇葉半徑在 1.5-2cm 時，可以產生最大的風力。為求後續扇葉寬度較大時大不容易調整扇葉的角度，後續研究以扇葉寬度 1.5 公分 (W=1.5cm) 為主。

不同扇葉寬度的推力



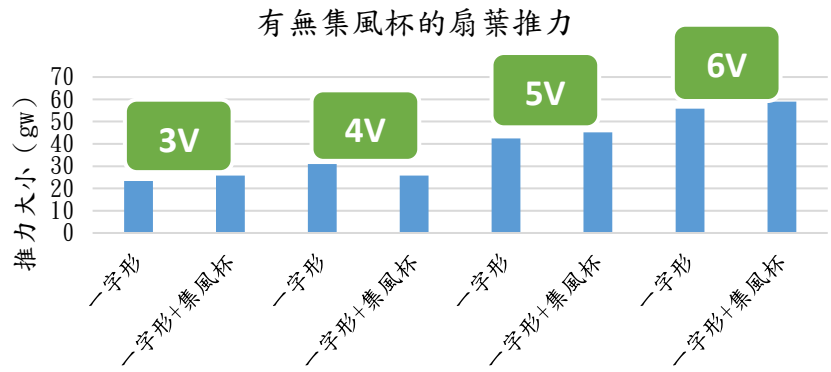
5. 有無集風杯的扇葉推力比較：

| W=1.5cm R=3.5cm | | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 | 第六次 | 第七次 | 第八次 | 第九次 | 第十次 | 平均 |
|--------------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 3V | 一字形 | 23.3 | 23.5 | 23.2 | 23 | 23.7 | 23.1 | 23.1 | 23.1 | 23.2 | 23.8 | 23.3 |
| | 一字形+集風杯 | 25.6 | 26.2 | 25.1 | 25.3 | 26.1 | 25.7 | 25.6 | 25.4 | 26.1 | 25.7 | 25.7 |
| 4V | 一字形 | 30.9 | 31.7 | 31.3 | 31 | 31.7 | 31.5 | 31.4 | 32.8 | 32.3 | 33 | 30.9 |
| | 一字形+集風杯 | 25.6 | 26.2 | 25.1 | 25.3 | 26.1 | 25.7 | 25.6 | 25.4 | 26.1 | 25.7 | 25.7 |
| 5V | 一字形 | 42.4 | 42.1 | 44.0 | 45.0 | 44.0 | 45.0 | 44.6 | 46.2 | 46.1 | 45.9 | 42.4 |
| | 一字形+集風杯 | 44 | 43.5 | 45 | 44.9 | 44.7 | 46 | 45.6 | 46.1 | 45.9 | 46 | 45.2 |
| 6V | 一字形 | 55.8 | 56.3 | 58.2 | 58.1 | 59.2 | 60.0 | 59.1 | 59.5 | 58.9 | 54.3 | 55.8 |
| | 一字形+集風杯 | 58.1 | 58.4 | 58.1 | 58.2 | 59.1 | 59.8 | 59.4 | 60 | 59.4 | 58.9 | 58.9 |

單位：gw

➤ 研究討論5：

根據研究結果可知，一字形扇葉在加入集風杯後推力大小變化不大，但電壓越大，風力越強。



✧ 綜合討論1至5：

我們發現扇葉數量、空隙、邊角尖銳程度、半徑、寬度等皆影響推力的的大小，透過實驗結果搭配出**半徑3.5cm、寬度1.5cm一字形扇葉，且使用集風杯保護扇葉，集中推力。**

(三) 導流板穩流設計的分析

本節說明不同浮筒形式，不同導流板設計下，雙體船的運作效能與偏轉情形。本小節使用的電力來源皆為 e32Dual 智能晶片的輸出。扇葉形式接續上一節實驗結果(半徑3.5cm、寬度1.5cm一字形扇葉)，單馬達運動的電機出力設定為800，提供約6.5V的電壓。

(4) 何種浮筒具有最佳穩定的運動效率呢？

| | | | | | | | | | | | |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| 1200cc 圓形浮筒 | 第一 次 | 第二 次 | 第三 次 | 第四 次 | 第五 次 | 第六 次 | 第七 次 | 第八 次 | 第九 次 | 第十 次 | 平均 |
| 距離(m) | 2.0 | 2.0 | 0.3 | 0.8 | 2.0 | 2.0 | 0.9 | 1.2 | 1.8 | 2.0 | 1.5 |
| 時間(s) | 0.5 | 3.3 | 3.8 | 5.5 | 0.9 | 2.9 | 10.1 | 1.9 | 1.7 | 0.9 | |
| 速度(m/s) | 0.15 | 0.16 | 0.20 | 0.18 | 0.14 | 0.17 | 0.16 | 0.20 | 0.15 | 0.19 | 0.17 |
| 碰撞方向 | 左 | 左 | 右 | 左 | 左 | 右 | | 左 | 左 | 左 | |
| tanθ | 6.7 | 6.7 | 1.0 | 2.7 | 6.7 | 6.7 | 3.0 | 4.0 | 6.0 | 6.7 | |
| 2000cc 方形浮筒 | 第一 次 | 第二 次 | 第三 次 | 第四 次 | 第五 次 | 第六 次 | 第七 次 | 第八 次 | 第九 次 | 第十 次 | 平均 |
| 距離(m) | 0.1 | 0.8 | 0.8 | 1.2 | 0.2 | 0.6 | 2 | 0.4 | 0.4 | 0.2 | 0.7 |
| 時間(s) | 13.3 | 12.5 | 1.5 | 4.4 | 13.3 | 13.3 | 5.6 | 6.0 | 12.0 | 10.5 | |
| 速度(m/s) | 0.22 | 0.24 | 0.21 | 0.22 | 0.23 | 0.21 | 0.20 | 0.21 | 0.23 | 0.22 | 0.22 |
| 碰撞方向 | | 左 | 左 | 左 | | | 左 | 左 | 左 | 左 | |
| tanθ | 0.3 | 2.7 | 2.7 | 4.0 | 0.7 | 2.0 | 6.7 | 1.3 | 1.3 | 0.7 | |
| 2000cc 圓形浮筒 | 第一 次 | 第二 次 | 第三 次 | 第四 次 | 第五 次 | 第六 次 | 第七 次 | 第八 次 | 第九 次 | 第十 次 | 平均 |
| 距離(m) | 0.1 | 0.3 | 0.2 | 0.4 | 0.3 | 0.1 | 0.8 | 0.4 | 0.6 | 0.3 | 0.35 |
| 時間(s) | 0.42 | 1.43 | 1.00 | 1.90 | 1.50 | 0.42 | 4.00 | 1.74 | 2.73 | 1.25 | |
| 速度(m/s) | 0.24 | 0.21 | 0.20 | 0.21 | 0.20 | 0.24 | 0.20 | 0.23 | 0.22 | 0.24 | 0.22 |
| 碰撞方向 | 左 | 左 | 左 | 左 | 左 | 左 | 左 | 左 | 左 | 左 | |
| tanθ | 0.3 | 1.0 | 0.7 | 1.3 | 1.0 | 0.3 | 2.7 | 1.3 | 2.0 | 1.0 | |

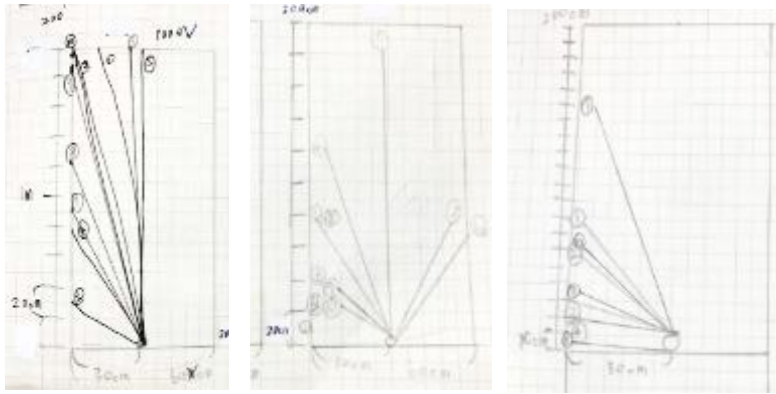


圖 4-1 學生繪製船隻運動的路線圖

(由左至右：1200cc 圓形浮筒、2000cc 方形浮筒、2000cc 圓形浮筒)

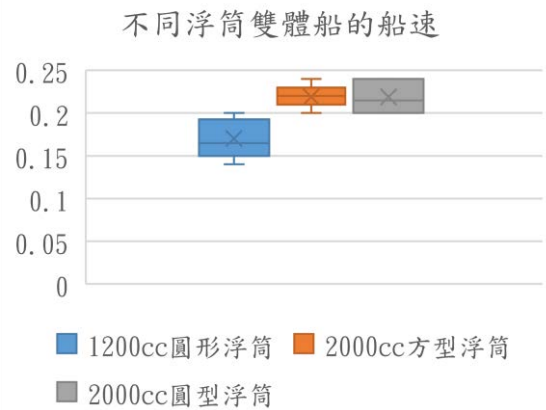


圖 4-2

不同浮筒雙體船船速盒鬚圖

研究討論：

根據圖4-1結果可知，由寶特瓶製作的雙體船，因為僅有單馬達搭配晶片盒，船身重量輕吃水淺，雙體船本身很容易受風的影響而在河道上被吹著移動。其中，2000cc 寶特瓶速度較快，推測為吃水淺所造成。

其次觀察航行穩定度的距離，可以發現平均航行最遠者為1200cc 圓型浮筒，而2000cc 方型浮筒次之，表示吃水較深的雙體船具有較佳的航行穩定度。但透過圖4-2，考量1200cc 圓型浮筒的船速慢，運動性能較差；2000cc 方形盒鬚圖速度快，速度穩定度也高（高低標落差小）。後續實驗透過2000cc 方形浮筒加裝導流板觀察雙體船運動穩定性。

(5) 何種導流板形狀能產生最佳的穩流效果呢？（安裝於2000cc 方形浮筒上）

| 導流板設計 | 三角形式 | 鯊魚鰭式 | 流線型式 |
|-------|------------------|------------------|------------------|
| 照片 | | | |
| 說明 | 底邊長：8公分 高：4公分 | 底邊長：6公分 高：4公分 | 底邊長：8公分 高：4公分 |

| 2000cc 方型浮筒 + 三角形導流板 | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 | 第六次 | 第七次 | 第八次 | 第九次 | 第十次 | 平均 |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 距離(m) | 1.1 | 0.7 | 0.6 | 2 | 2 | 2 | 0.3 | 2 | 1.6 | 1.2 | 1.35 |
| 時間(s) | 5.3 | 3.5 | 2.4 | 9.5 | 9.8 | 9.9 | 1 | 9.6 | 7.1 | 5.9 | |
| 速度(m/s) | 0.21 | 0.20 | 0.25 | 0.21 | 0.20 | 0.20 | 0.30 | 0.21 | 0.23 | 0.20 | 0.22 |
| 碰撞方向 | 左 | 右 | 左 | | | | 右 | | 左 | 右 | |
| tanθ | 3.7 | 2.3 | 2.0 | 6.7 | 6.7 | 6.7 | 1.0 | 6.7 | 5.3 | 4.0 | |

| 2000cc 方型浮筒 + 鯊魚鰭式 導流板 | 第一 次 | 第二 次 | 第三 次 | 第四 次 | 第五 次 | 第六 次 | 第七 次 | 第八 次 | 第九 次 | 第十 次 | 平均 |
|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| 距離(m) | 2 | 1.6 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1.8 | 2 | 2 | 1.94 |
| 時間(s) | 8.9 | 6.8 | 7.8 | 7.5 | 8.1 | 8.6 | 10.1 | 6.7 | 9.2 | 7.6 | |
| 速度(m/s) | 0.22 | 0.24 | 0.26 | 0.27 | 0.25 | 0.23 | 0.20 | 0.27 | 0.22 | 0.26 | 0.24 |
| 碰撞方向 | 左 | | | | | 右 | | | | | |
| tanθ | 6.7 | 5.3 | 6.7 | 6.7 | 6.7 | 6.7 | 6.7 | 6.0 | 6.7 | 6.7 | |

| 2000cc 方型浮筒 + 流線形式 導流板 | 第一 次 | 第二 次 | 第三 次 | 第四 次 | 第五 次 | 第六 次 | 第七 次 | 第八 次 | 第九 次 | 第十 次 | 平均 |
|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------|
| 距離(m) | 0.9 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | 1.4 | 0.3 | 0.2 | 1 | 1.1 | 0.9 | 0.69 |
| 時間(s) | 4.6 | 1.9 | 1.4 | 1.3 | 6.6 | 1.1 | 1.5 | 6.2 | 6 | 4.3 | |
| 速度(m/s) | 0.20 | 0.21 | 0.29 | 0.23 | 0.21 | 0.27 | 0.13 | 0.16 | 0.18 | 0.21 | 0.21 |
| 碰撞方向 | 左 | 右 | 左 | 左 | 右 | 右 | 右 | 右 | 左 | 右 | |
| tanθ | 3.0 | 1.3 | 1.3 | 1.0 | 4.7 | 1.0 | 0.7 | 3.3 | 3.7 | 3.0 | |

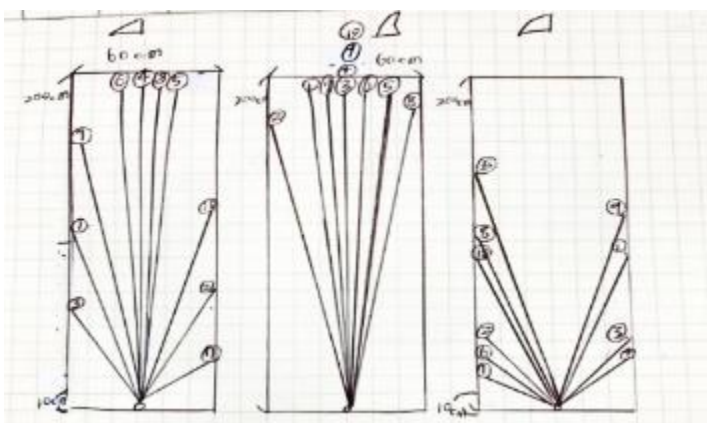


圖 4-3 學生繪製船隻運動的路線圖
(由左至右依序為三角形形式、鯊魚鰭式、流線型式)

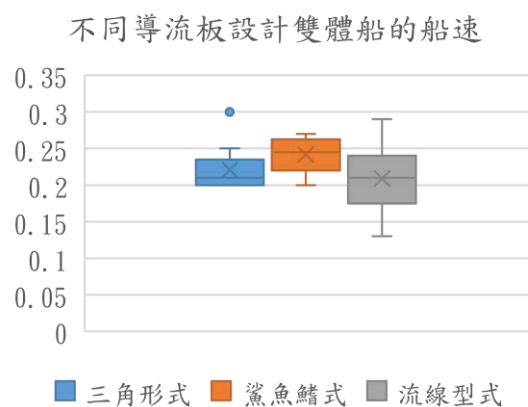


圖 4-4 不同導流板設計雙體船船速盒鬚圖
(以 2000cc 方型浮筒為雙體船船體)

研究討論：

根據圖 4-3 結果可知，加入導流板設計的 2000cc 方型浮筒雙體船，整體船速的變化不大，但會使船隻運動的方向與偏折分散的較均勻，直線航行的距離也變得更遠。研究結果(圖 4-4)顯示，加入鯊魚鰭式導流板最能提高船隻運動的穩定度，列為後續進一步研究的原型。

透過實際下水的實驗測試後發現，安裝於浮筒上的導流板沒入環境水域中時，會因水深落差、水中植物的干擾，產生導流板破損，因此進行第二階段的導流板修正。

(6) 何種導流板安裝位置能產生最佳的穩流效果呢？

綜合研究結果2-3-1、2-3-2等導流板實驗後，我們設計出2000cc 方型浮筒，搭配中央支架下方的鯊魚鰭式導流板（本研究設計請看 p.10 圖3-10），觀察不同片數的導流板對航行的影響：

| 1片導流板 | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 | 第六次 | 第七次 | 第八次 | 第九次 | 第十次 | 平均 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 距離(m) | 1.5 | 2 | 1.4 | 2 | 1.5 | 2 | 2 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.69 |
| 時間(s) | 6.0 | 8.0 | 5.8 | 8.7 | 5.8 | 7.4 | 8.0 | 5.4 | 5.6 | 6.7 | |
| 速度(m/s) | 0.25 | 0.25 | 0.24 | 0.23 | 0.26 | 0.27 | 0.25 | 0.26 | 0.27 | 0.24 | 0.25 |
| 碰撞方向 | 左 | | 左 | | 右 | | | 右 | 左 | 右 | |
| tanθ | | 6.7 | | 6.7 | | 6.7 | 6.7 | | | | |
| 2片導流板 | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 | 第六次 | 第七次 | 第八次 | 第九次 | 第十次 | 平均 |
| 距離(m) | 2 | 2 | 1.6 | 2 | 2 | 1.8 | 2 | 2 | 1.8 | 2 | 1.92 |
| 時間(s) | 8.0 | 7.7 | 6.4 | 8.3 | 8.7 | 7.2 | 7.7 | 7.4 | 7.2 | 7.7 | |
| 速度(m/s) | 0.25 | 0.26 | 0.25 | 0.24 | 0.23 | 0.25 | 0.26 | 0.27 | 0.25 | 0.26 | 0.25 |
| 碰撞方向 | | | 左 | | | 右 | | | 左 | | |
| tanθ | 6.7 | 6.7 | | 6.7 | 6.7 | | 6.7 | 6.7 | | 6.7 | |
| 3片導流板 | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 | 第六次 | 第七次 | 第八次 | 第九次 | 第十次 | 平均 |
| 距離(m) | 2 | 1.7 | 2 | 1.6 | 2 | 2 | 2 | 1.7 | 2 | 2 | 1.90 |
| 時間(s) | 7.7 | 6.8 | 8.3 | 6.4 | 8.3 | 9.1 | 7.4 | 7.4 | 8.0 | 7.7 | |
| 速度(m/s) | 0.26 | 0.25 | 0.24 | 0.25 | 0.24 | 0.22 | 0.27 | 0.23 | 0.25 | 0.26 | 0.25 |
| 碰撞方向 | | 右 | | 左 | | | | 右 | | | |
| tanθ | 6.7 | | 6.7 | | 6.7 | 6.7 | 6.7 | | 6.7 | 6.7 | |

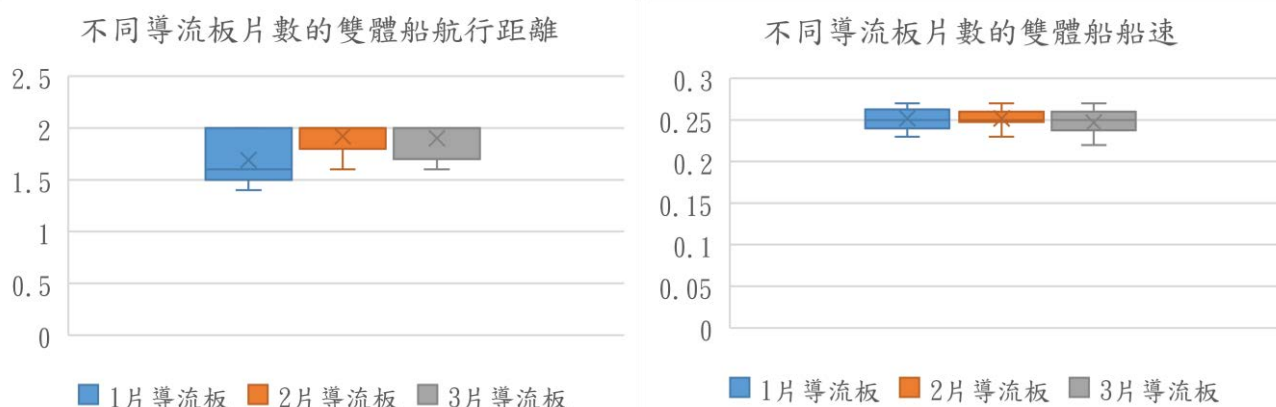


圖 4-5 不同導流板片數雙體船航行距離、船速盒鬚圖

研究討論：

根據圖4-5結果可知，在中央支架下方加入導流板可以有效穩定船體運動，且2、3片導流板的結果差異不大。但在船速的變化上，1-3片導流板的船速落差不大。

四、發展控制雙體船的資通訊系統

控制雙體船的資通訊系統分為兩項：以 Adduino 的 C 語言撰寫的 e32Daul 及以 Blockly 語言撰寫的 App Inventor II。其中 App Inventor II 更包含圖像式的手機 App 介面設計與介面按鍵的 Blockly 通訊程式碼。其通訊關係如圖 4-6：



圖 4-6 雙體船資通訊系統的設計關係圖

(一) e32Daul 的程式碼說明：

以 Arduino 為撰寫基礎的 e32Daul 程式碼，宣告區用以設定藍牙通訊，主程式區用以接收手機 App 的訊號，讀取 PWM 數值輸入對應的電壓、電流方向，使馬達執行正轉及逆轉的效果，達到操作馬達運動的目標。

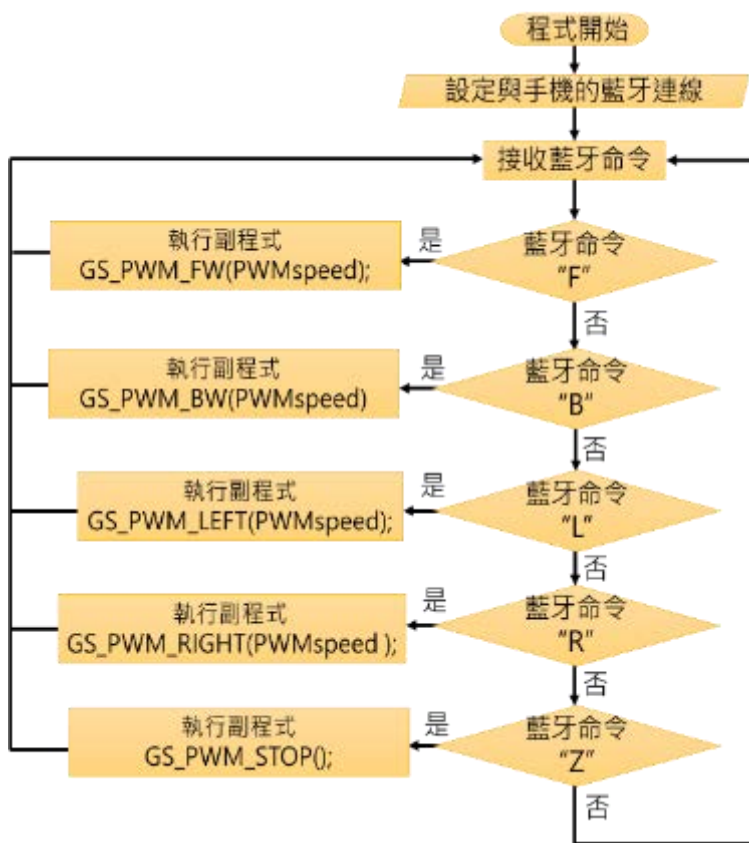


圖 4-7 e32Daul 的程式流程圖

```

26 void loop()
27 {
28   if (Serial.available()) {
29     SerialBT.write(Serial.read());
30   }
31   if (SerialBT.available()) {
32     int i;
33     for (i=0; i<4; i++){ BTCMD[i] = SerialBT.read();
34     /*
35     Serial.println(BTCMD);
36     Serial.println(BTCMD[0]);
37     Serial.println(atoi(BTCMD));
38     Serial.println("---");
39     */
40   }
41
42   if(atoi(BTCMD)>1) { PWMSpeed = atoi(BTCMD);
43
44   if(BTCMD[0] == 'D') {
45     Duelling(25);
46   }
47   else if(BTCMD[0] == 'A') {
48     BTReportADC(); BTCMD[0] = 'a';
49   }
50   else if(BTCMD[0] == 'F') {
51     GS_PWM_FW(PWMSpeed); //GoSUMO機器人向前進
52   }
53   else if(BTCMD[0] == 'B') {
54     GS_PWM_BW(PWMSpeed); //GoSUMO機器人向後退
55   }
56   else if(BTCMD[0] == 'L') {
57     GS_PWM_LEFT(PWMSpeed);
58   }
59   else if(BTCMD[0] == 'R') {
60     GS_PWM_RIGHT(PWMSpeed);
61   }
62   else if(BTCMD[0] == 'Z') {
63     GS_PWM_STOP();
64   }
65 }

```

圖 4-8 e32Dau 主程式碼

(二) App Inventor II 的程式碼說明：

App Inventor II 以圖形式設計手機 APP 介面，並以 Blockly 語言推疊程式，使手機能夠傳送訊息讓 e32Dual 接收。

以”按鍵鬆開”執行”STOP”做為運動回饋機制(避免暴衝)



圖 4-9

App Inventor II 以圖形式設計手機 APP 介面



圖 4-10

App Inventor II 以 Blockly 語言發送 F、B、L、R、Z 訊號

(三) e32Dual 智能晶片的「電機出力設定」：

e32Dual 智能晶片的「電機出力設定」預設為自手機 APP 上輸入 PWM 數值，便會回傳至 e32Daul 中，作為 e32Daul 執行副程式碼 GS_PWM_FW/BW/LEFT/RIGHT 等的讀取數值，透過此回傳串列改變電壓大小。



圖 4-11

App Inventor II 設定以手機 APP 發送 PWM 訊號

根據回傳數值，紀錄平均輸出的電壓、電流大小值，計算輸出功率 (表4-2)，作為後續手機 APP 調整電壓數值的依據。**根據下表預設後續實驗的輸出為電機出力設定500至800間。**

表4-2 不同電機出力設定下的電壓、電流並計算輸出功率

| 電機出力設定(PWM) | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 平均輸出電壓(V) | 2.86 | 3.57 | 4.86 | 5.78 | 6.49 | 7.16 | 8.20 |
| 平均輸出電流(A) | 0.15 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.11 |
| 輸出功率(W) | 0.43 | 0.50 | 0.58 | 0.64 | 0.71 | 0.79 | 0.90 |

五、具體驗證校園水域中的船舶動力大小與轉向性能

(一) 校園水域中不同集風杯形式的雙體船的直線船速/推力大小為何？

本小節將說明不同集風杯形式下(圖4-12)，2000cc 方形浮筒雙體船的直線船速與推力。電力來源為 e32Dual 智能晶片的輸出，測試電機出力設定500至800，提供約3.5V 至 6.5V 的電壓。(RE140馬達的電壓為3-6V，空載電流為100mA)



圖 4-12

不同集風杯型式

(由左至右：無集風杯、咖啡紙杯高 11cm、咖啡紙杯高 5cm、3D 建模集風杯)

1. 2000cc 方形浮筒雙體船 (船身重420gw) 的直線水道測速：

以不同電機出力設定，紀錄行走2公尺直線水道的時間，換算為速度(m/s) 數據如下：

表4-3 市售2000cc 方形浮筒雙體船不同電機出力設定下的速度

| | 電機 出力 設定 | 第 一 次 | 第 二 次 | 第 三 次 | 第 四 次 | 第 五 次 | 第 六 次 | 第 七 次 | 第 八 次 | 第 九 次 | 第 十 次 | 平 均 |
|------------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 無集風杯 | 500 | 0.18 | 0.18 | 0.17 | 0.19 | 0.18 | 0.19 | 0.18 | 0.18 | 0.19 | 0.18 | 0.18 |
| | 600 | 0.22 | 0.20 | 0.21 | 0.22 | 0.21 | 0.21 | 0.21 | 0.21 | 0.22 | 0.22 | 0.21 |
| | 700 | 0.23 | 0.24 | 0.23 | 0.25 | 0.24 | 0.24 | 0.25 | 0.24 | 0.24 | 0.25 | 0.24 |
| | 800 | 0.26 | 0.25 | 0.26 | 0.25 | 0.26 | 0.26 | 0.26 | 0.25 | 0.24 | 0.25 | 0.25 |
| 咖啡紙杯 (高 11cm) | 500 | 0.12 | 0.13 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.11 | 0.12 | 0.11 | 0.10 | 0.12 |
| | 600 | 0.14 | 0.12 | 0.13 | 0.14 | 0.11 | 0.12 | 0.14 | 0.13 | 0.14 | 0.12 | 0.13 |
| | 700 | 0.16 | 0.15 | 0.17 | 0.17 | 0.18 | 0.17 | 0.16 | 0.17 | 0.16 | 0.17 | 0.17 |
| | 800 | 0.18 | 0.19 | 0.20 | 0.18 | 0.19 | 0.20 | 0.18 | 0.19 | 0.20 | 0.21 | 0.19 |
| 咖啡紙杯 (高 5cm) | 500 | 0.17 | 0.18 | 0.19 | 0.18 | 0.18 | 0.19 | 0.17 | 0.18 | 0.19 | 0.17 | 0.18 |
| | 600 | 0.20 | 0.22 | 0.21 | 0.21 | 0.21 | 0.22 | 0.20 | 0.21 | 0.20 | 0.22 | 0.21 |
| | 700 | 0.23 | 0.22 | 0.23 | 0.24 | 0.23 | 0.24 | 0.25 | 0.24 | 0.25 | 0.24 | 0.24 |
| | 800 | 0.25 | 0.25 | 0.26 | 0.25 | 0.24 | 0.25 | 0.26 | 0.25 | 0.25 | 0.26 | 0.25 |
| 3D 建模 集風杯 | 500 | 0.18 | 0.17 | 0.19 | 0.19 | 0.17 | 0.18 | 0.19 | 0.18 | 0.18 | 0.19 | 0.18 |
| | 600 | 0.21 | 0.20 | 0.22 | 0.21 | 0.20 | 0.22 | 0.21 | 0.20 | 0.20 | 0.20 | 0.21 |
| | 700 | 0.24 | 0.25 | 0.26 | 0.24 | 0.25 | 0.24 | 0.25 | 0.24 | 0.24 | 0.23 | 0.24 |
| | 800 | 0.27 | 0.27 | 0.26 | 0.26 | 0.26 | 0.26 | 0.27 | 0.28 | 0.26 | 0.26 | 0.27 |

單位：m/s

2. 2000cc 方形浮筒雙體船（船身重420gw）的推力測試：圖解請見 p.13圖3-22

以不同電機出力設定，測試掛上彈簧時，雙馬達能產生多少推力(gw)，數據如下：

表4-4 市售2000cc 方形浮筒雙體船不同電機出力設定下的推力

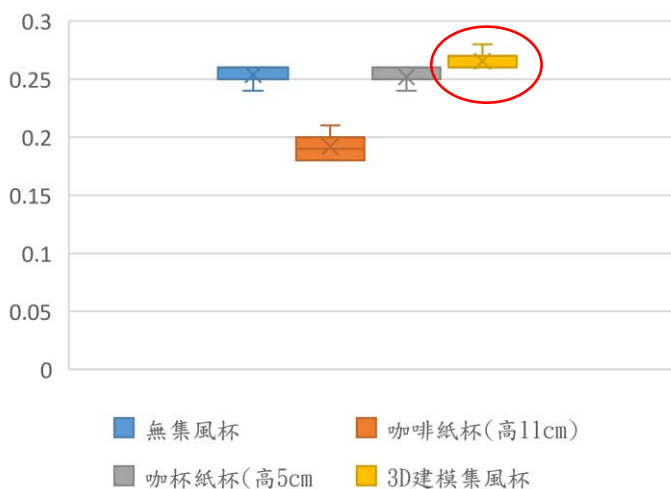
| | 電機出力設定 | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 | 第六次 | 第七次 | 第八次 | 第九次 | 第十次 | 平均 |
|------------------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 無集風杯 | 500 | 20 | 30 | 20 | 20 | 30 | 20 | 30 | 20 | 20 | 20 | 23 |
| | 600 | 60 | 50 | 70 | 50 | 60 | 50 | 70 | 60 | 60 | 60 | 59 |
| | 700 | 80 | 70 | 80 | 70 | 80 | 80 | 80 | 90 | 80 | 80 | 79 |
| | 800 | 100 | 90 | 100 | 90 | 90 | 100 | 100 | 90 | 100 | 90 | 95 |
| 咖啡紙杯 (高 11cm) | 500 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x |
| | 600 | 10 | 10 | 20 | 10 | 10 | 10 | 20 | 10 | 10 | 10 | 12 |
| | 700 | 20 | 30 | 30 | 20 | 20 | 20 | 30 | 20 | 20 | 20 | 23 |
| | 800 | 40 | 40 | 30 | 40 | 30 | 40 | 30 | 30 | 30 | 30 | 34 |
| 咖杯紙杯 (高 5cm) | 500 | 20 | 30 | 20 | 20 | 30 | 20 | 20 | 20 | 20 | 30 | 23 |
| | 600 | 50 | 50 | 50 | 50 | 60 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 51 |
| | 700 | 70 | 80 | 70 | 80 | 70 | 70 | 70 | 70 | 80 | 70 | 73 |
| | 800 | 80 | 90 | 90 | 80 | 90 | 80 | 90 | 80 | 90 | 90 | 86 |
| 3D 建模 集風杯 | 500 | 20 | 20 | 30 | 20 | 30 | 30 | 20 | 30 | 20 | 20 | 24 |
| | 600 | 50 | 60 | 50 | 50 | 60 | 50 | 60 | 50 | 60 | 50 | 54 |
| | 700 | 80 | 80 | 70 | 80 | 80 | 70 | 80 | 90 | 80 | 80 | 79 |
| | 800 | 100 | 110 | 100 | 90 | 100 | 110 | 100 | 90 | 110 | 110 | 102 |

單位：gw

3. 研究討論：

- (1) 自研究結果4-1-1可知(表4-3、4-4)，雖有雙馬達的裝置，但需要透過觀察雙體船運動方向即時調整馬達的旋轉（向左/右轉），無法產生加倍的速度。
- (2) 扇葉搭配集風杯測試時，透過一體成形的3D建模集風杯能產生最快的速度、最大的推力（圖4-13），是目前測試中的最優化集風杯，可作為最優化雙體船使用。

市售2000cc方形浮筒雙體船電機出力設定800下的速度比較



市售2000cc方形浮筒雙體船電機出力設定800下的推力比較

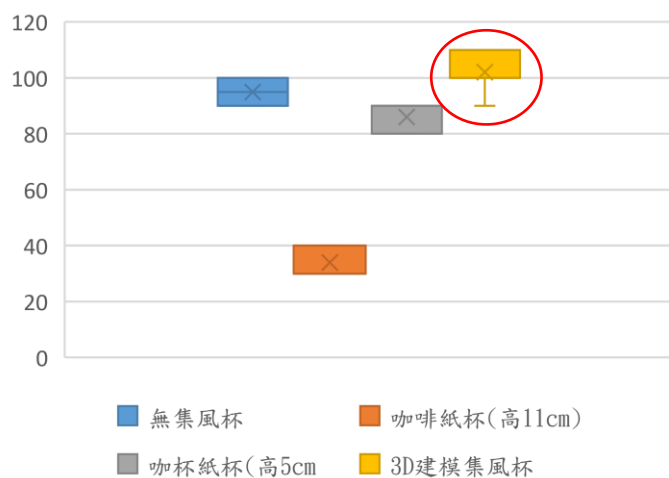


圖 4-13 以盒鬚圖表示電機出力設定 800 下不同集風杯的船速與推力大小

(二) 校園水域中**最優化雙體船**的直線船速/變向旋轉速度/推力大小為何？

本研究依據研究目的2-1至4-1，提出目前最優化雙體船(圖4-15)：

- A. **雙體船體**：市售2000cc 方形浮筒搭配3D 支架。
- B. **風動力裝置**：半徑35mm、寬15mm 一字形扇葉，
搭配一體成形3D 建模集風杯。
- C. **導流板**：三片鯊魚鰭式平均分配於中央支架下方。
- D. **船艙**：3D 建模的低類勺形船艙 (圖4-14)。



圖 4-14
<未來展望>
截至科展報告繳件前，我們正在進一步研究船艙形狀對船體運動的探討。

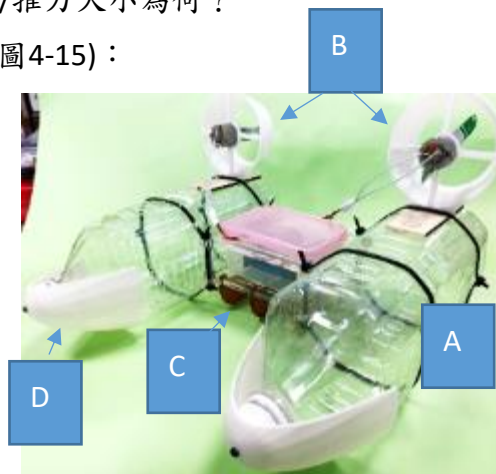


圖 4-15
最優化雙體船

1. 2000cc 方形浮筒雙體船 (船身重420gw) 直線速度測試：圖解請見 p.13圖3-23、3-25

以電機出力設定800時，搭配一體成形的3D 建模集風杯、導流板與低類勺形船艙，在直線水道中推動不同球類2公尺，計時並換算為速率(m/s)，數據如下：

| 船身重 420gw | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 | 第六次 | 第七次 | 第八次 | 第九次 | 第十次 | 平均 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| 籃球 (635g) | 0.18 | 0.19 | 0.18 | 0.18 | 0.19 | 0.18 | 0.18 | 0.19 | 0.19 | 0.18 | 0.18 |
| 躲避球 (415g) | 0.20 | 0.21 | 0.21 | 0.20 | 0.21 | 0.21 | 0.20 | 0.21 | 0.21 | 0.20 | 0.21 |
| 排球 (275g) | 0.23 | 0.23 | 0.24 | 0.23 | 0.24 | 0.24 | 0.24 | 0.25 | 0.24 | 0.23 | 0.24 |
| 樂樂棒球(72g) | 0.29 | 0.28 | 0.28 | 0.28 | 0.28 | 0.3 | 0.28 | 0.28 | 0.27 | 0.28 | 0.28 |
| 空船 (0g) | 0.27 | 0.28 | 0.30 | 0.26 | 0.28 | 0.29 | 0.30 | 0.28 | 0.28 | 0.27 | 0.28 |

單位：m/s

在推球實驗中發現，2000cc 方形浮筒雙體船搭配3D 建模集風杯，透過電機出力設定800時，能穩定推動各種球類運動。

2. 2000cc 方形浮筒雙體船 (船身重420gw) 原地轉向測試：圖解請見 p.13圖3-25

以電機出力設定500-800時，原地向右旋轉10圈計時，數據如下：

| 船身重 420gw | 第一次 | 第二次 | 第三次 | 第四次 | 第五次 | 第六次 | 第七次 | 第八次 | 第九次 | 第十次 | 平均 | 平均單圈時間 | |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|-------------|
| 不同電機出力設定 | 500 | 8.8 | 9.1 | 8.7 | 8.9 | 9.1 | 9.2 | 8.7 | 8.8 | 9.0 | 8.7 | 8.9 | 0.89 |
| | 600 | 7.9 | 7.8 | 7.7 | 7.8 | 7.6 | 7.7 | 7.8 | 7.8 | 7.4 | 7.8 | 7.7 | 0.77 |
| | 700 | 7.1 | 7.0 | 6.9 | 7.0 | 7.1 | 7.2 | 6.9 | 7.1 | 7.2 | 7.1 | 7.1 | 0.71 |
| | 800 | 6.2 | 6.1 | 6.3 | 6.0 | 6.1 | 6.2 | 6.0 | 6.1 | 6.2 | 6.1 | 6.1 | 0.61 |

單位：s

在旋轉實驗中發現，電機出力設定500時，船體旋轉速度較慢，停止後少有慣性旋轉的現象，有利於轉向的操作性。可將 e32Daul 上旋轉的可變 PWM 數值直接改為500，使旋轉的現象更加穩定。

伍、結論

根據研究結果一至四的實驗，我們提出**最優化** 展能環保風動力船 的說明如下：

2000cc 方形浮筒左右平衡，搭配一字形扇葉與 3D 建模集風杯，強化船速



中央支架下方的鯊魚鰭式導流板，能穩定引導水流，使船身穩定



雙體船透過手機 APP 藍

芽通訊，遙控扇葉正逆轉，

使船具備原地轉向的功

能，強化船隻機動性。

本研究的雙體船有極淺的吃水深

度，方便於不同河道、水域環境航

行，具良好的自適應性。



陸、參考文獻資料

應用計算方法探討小水面雙體船阻力與運動性能。謝侑雯、呂玲、辛敬業、林均達、林宗岳。財團法人中國驗船中心。

國立海洋科學博物館。未來船舶發展/氣墊船。

<http://ship.nmmst.gov.tw/ship/content/131/522>

經濟部能源局。節能減碳-綠能船舶全球趨勢。

<https://www.re.org.tw/news/more.aspx?cid=199&id=857>

科技大觀園。打造綠色船舶。

<https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/C000003/detail?ID=d5357d6a-5880-4c08-bf2e-ca60ff1b43d9>

科技大觀園。乘風破浪-當代御風之術。

<https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/C000003/detail?ID=d5357d6a-5880-4c08-bf2e-ca60ff1b43d9>

瑪格努斯校應。科學遊戲實驗室，國立台中教育大學 NTCU 科學教育與應用學系。

<http://scigame.ntcu.edu.tw/air/air-023.html>

中華民國第 43 屆中小學科學展覽會。國小組 物理科。我把呆呆船變聰明了。

中華民國第 47 屆中小學科學展覽會。國小組 自然科。氣墊船---輕功高手。

中華民國第 53 屆中小學科學展覽會 作品說明書。國小組 物理科。衝衝衝—橡皮筋動力螺旋槳船。

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會。國小組 生活與應用科學科。臨風「愈速」—馬格努斯風力車之探究。

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會。國小組 生活與應用科學科。前進吧！氣墊船。

中華民國第 57 屆中小學科學展覽會。國小組 物理科。「扇」轉「風」流-橡皮筋風扇船前進因素之探討。

中華民國第 59 屆中小學科學展覽會作品說明書。國小組 生活與應用科學(一)科。多功能水上 iRobot -遠端水質監測與垃圾搜集。

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會。國小組 生活與應用科學科(一)。智能割草機。

中華民國第 61 屆中小學科學展覽會。國小組 物理科。「錐」根究柢。

【評語】 082816

本作品製作雙體風動力船，對船體、風動力扇葉形狀、寬度、樣式等進行多個實驗，並結合導流板探討對推力的影響，從日常生活發想，具有科學的精神。建議可再對執行工作的環境條件、環保回收的量能等做深入的探討，並加強實驗驗證，將可提升本研究的貢獻。

作品簡報

中華民國第62屆中小學科學展覽會

生活與應用科學(一)

國小組

展能 環保 風動力船

本研究在於發展**高效能源效率**的風力能，使用**回收再造 (Upcycling)** 的材料組合**環保動力船**，撿拾各種球類及垃圾，掉入校園環境水域的問題。



研究目的

- (一) 踏查校園水域**環境特點**與分析合適的**船隻類型**。
- (二) 優化**雙體船機械結構**的參數。
- (三) 發展控制雙體船的**資通訊系統**。
- (四) 具體驗證校園水域中的**船舶動力**與**轉向性能**。



展能環保風動力船

環境及文獻探討

環境探討

- 靜止水域
- 邊坡有草
- 河道狹窄
- 淺灘水草多

文獻探討

- 可變向式船舶
- 節能風力扇葉
- Upcycling
- 馬達功率計算
- APP遙控折返

機械結構參數的優化

雙體船浮筒設計

- 形狀/大小
- 船體3D建模

風力扇葉設計

- 葉數/形狀
- 半徑/寬度
- 電壓

導流板設計

- 形狀/位置
- 導流板3D建模
- 單馬達船舶穩定測試

資通訊的控制

電機出力設定

- PWM設定輸出值
- 運轉電壓/電流
- 馬達功率

手機APP

- APP Inventor II
- 前後左右鍵
- 電機出力設定

Arduino程式碼

- 藍牙串列物件
- 藍牙串列PWM 數值
- 按鍵回饋機制

雙體船運動的驗證

船速

船推力

船轉向

- 不同集風杯形式
- 最優化雙體船

環境及文獻探討

測試撿球效果的最終區域



測試「船速」與「轉向」的水道



- **校園水域：**
環境較小，浪少表面平靜。
邊坡有草，河道狹窄，淺灘水草多
- **雙體船：**
橫擺幅度低、吃水淺，適合在平靜水域航行。
可在船底設計導流板，有助於減少水波影響。

| 屆次 | Before | 今年 |
|------|----------------------------|---------------------------------------|
| 組別 | 國小組 | 國小組 |
| 科別 | 物理科/ 生活與應用科學科 | 生活與應用科學科 |
| 作品名稱 | 自第43屆至第59屆 共7件作品 | 展能 環保 風動力船 |
| 船槳形式 | 風力槳*6 輪型水車槳*1 | 雙 風力槳 |
| 環保融入 | 撿拾垃圾*1 | 回收材料打造船身 (Upcycling) 撿拾垃圾 |
| 耗能測試 | 橡皮筋動力*3 太陽能*1 一般電池*3 | 風動力效能測試 馬達功率測量 18650充電電池 |
| 變向運動 | 超音波避障*1 | APP遙控折返 提高效率 |

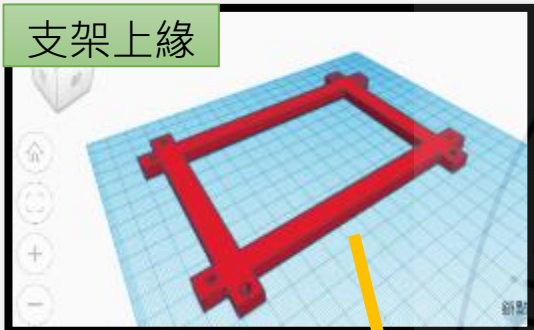
研究設計核心概念：

可變向式船舶、風力節能、環保回收再造 (**Upcycling**)、遙控的自適應性

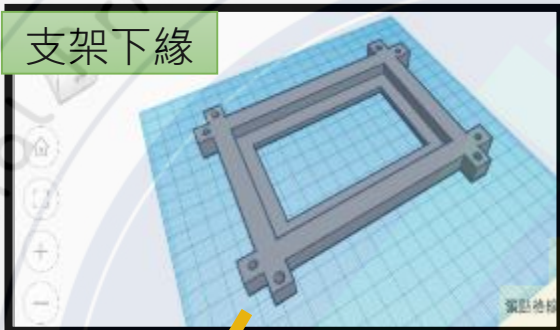
設計

分析

支架上緣



支架下緣



3D支架分上下緣
以2吋螺絲、螺帽
取得間距固定



支架預留孔洞綁束帶

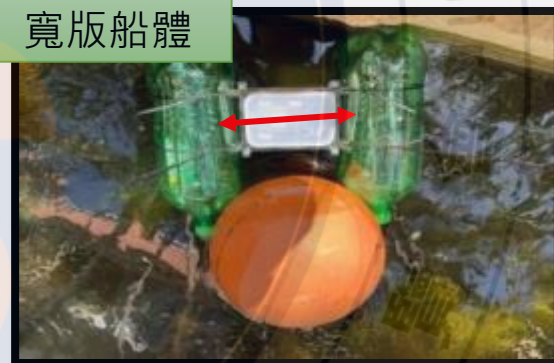


吃水測試



將船體放置魚缸中，觀察
不同浮筒的吃水深度。
1200cc浮筒吃水深，
支架沒入水面，增加阻力。
後續不進行討論。

寬版船體



選擇能將籃球卡入較深的
寬版船體，以利船體推動
籃球的穩定度，提高撿球
的效率

中央晶片盒



支架所保護的晶片盒內裝
有e32Daul智能晶片，需
做防水處理。

晶片盒旁我們以電鑽鑽小
孔，讓電線從小孔出入，
再上熱熔膠固封住空隙。

市售2000cc方形浮筒



市售1200cc圓形浮筒

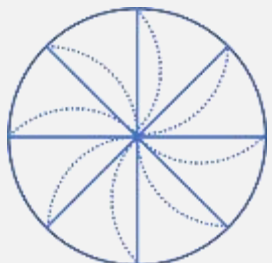


市售2000cc圓形浮筒



設計

分析



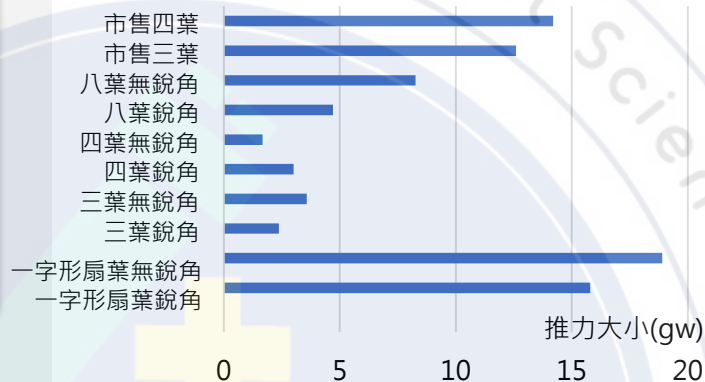
繪製扇葉的標準圓形，
列印後貼在鋁片上剪裁

馬達、扇葉固定於電子秤
上方，以電源供應器供電

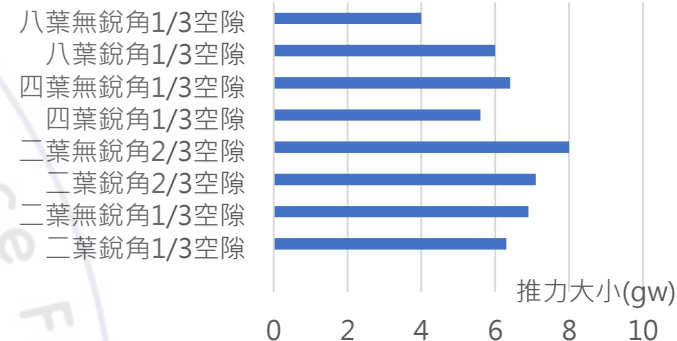
扇葉材質容易變形，因此扇葉厚度皆訂為1cm

| | | | | | |
|------|------|------|------|------|----|
| 數量 | 邊角 | 空隙 | 文獻 | 半徑 | 寬度 |
| | | | | | |
| 減少紊流 | 增加流動 | 文獻比較 | 分析半徑 | 分析寬度 | |

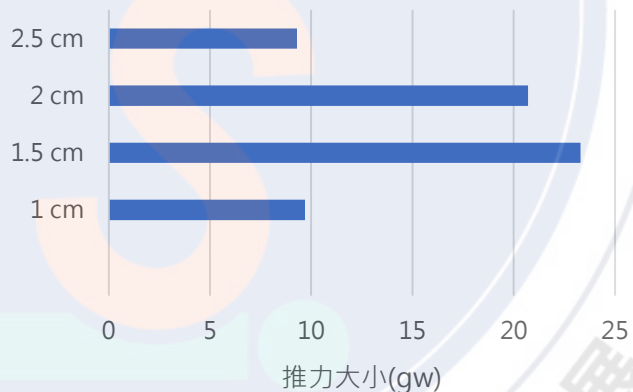
不同扇葉葉數的推力(扇葉全圓)



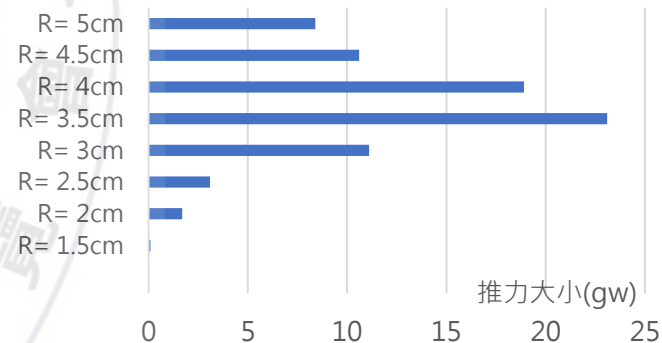
不同扇葉間空隙的推力



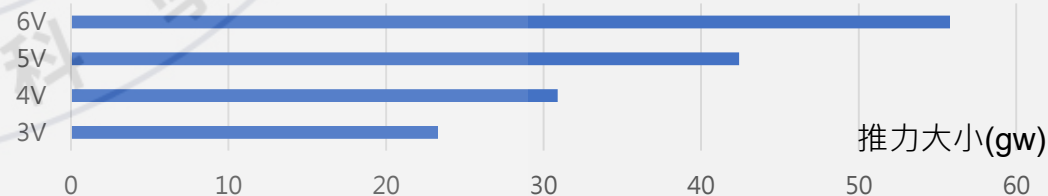
一字形扇葉不同寬度的推力



一字形扇葉不同半徑的推力



一字形扇葉不同電壓下的推力



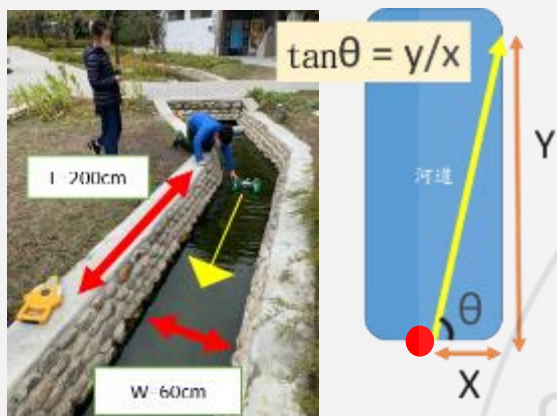
小結

扇葉數量、空隙、邊角尖銳程度、半徑、寬度皆影響推力
透過實驗結果搭配出半徑3.5cm、寬度1.5cm一字形扇葉。
最後，記錄不同電壓下的推力大小作為後續研究的基礎。

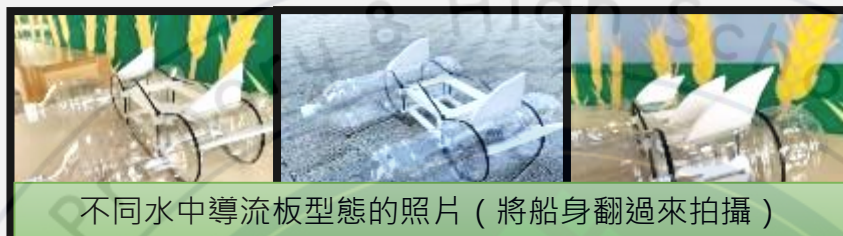
機械結構參數的優化3/3

導流板穩流設計的分析

設計



測試水道與船隻運行偏移計算方式



不同水中導流板型態的照片 (將船身翻過來拍攝)

導流板因擱淺破損

問題



導流板3D建模

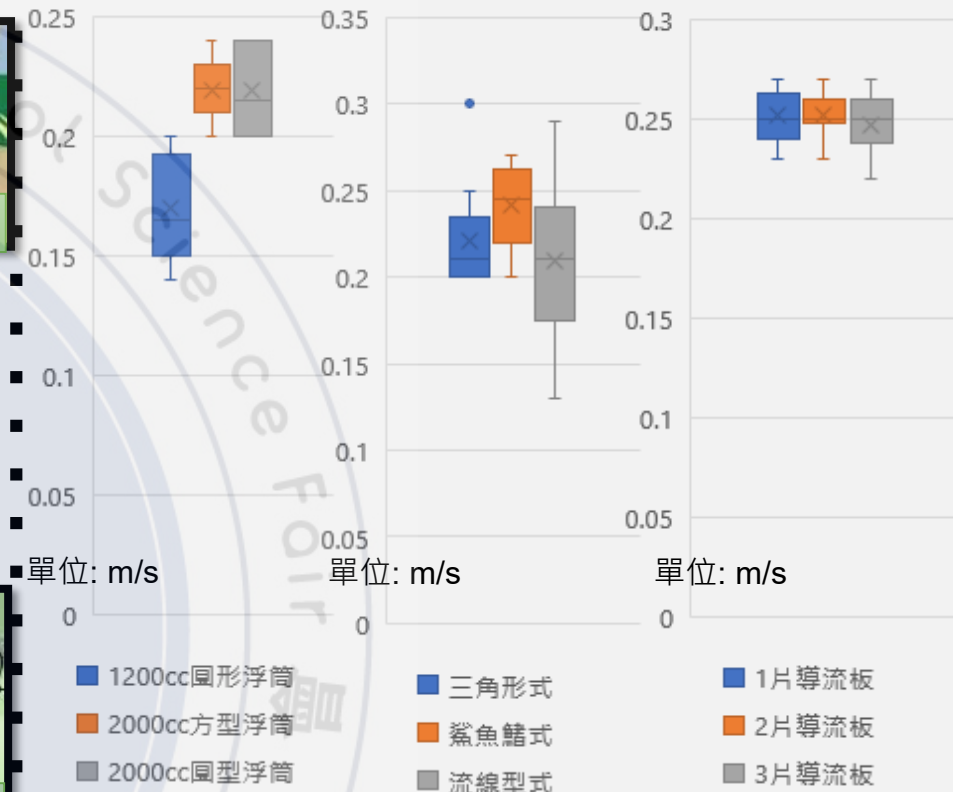


馬達安裝於船身中後段，馬達安裝於重心線上

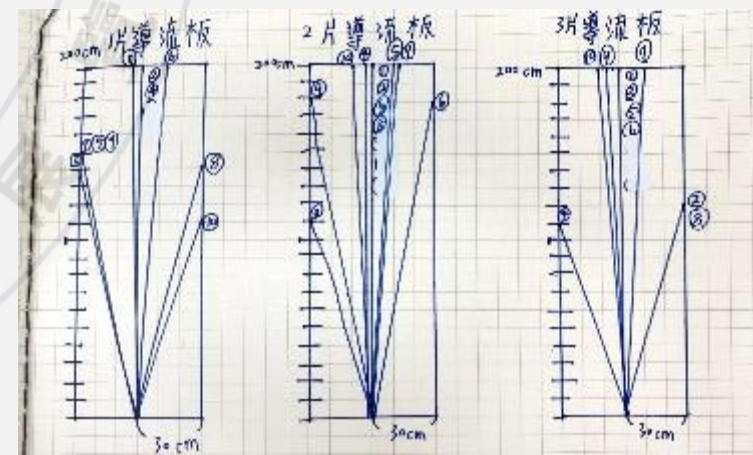
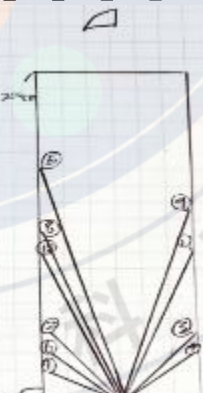
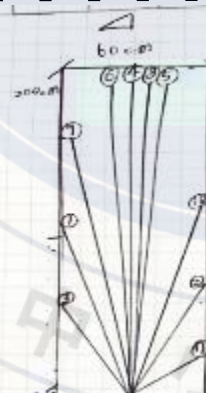
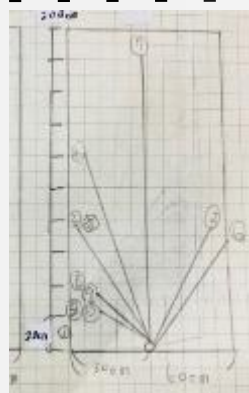
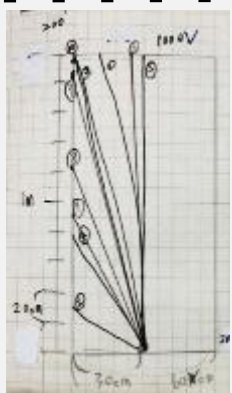


安裝在中央支架下方的導流板 (將船身翻過來拍攝)

不同浮筒的船速 不同導流板的船速 不同導流板片數的船速



分析



1200cc圓形浮筒

2000cc方形浮筒

2000cc圓形浮筒

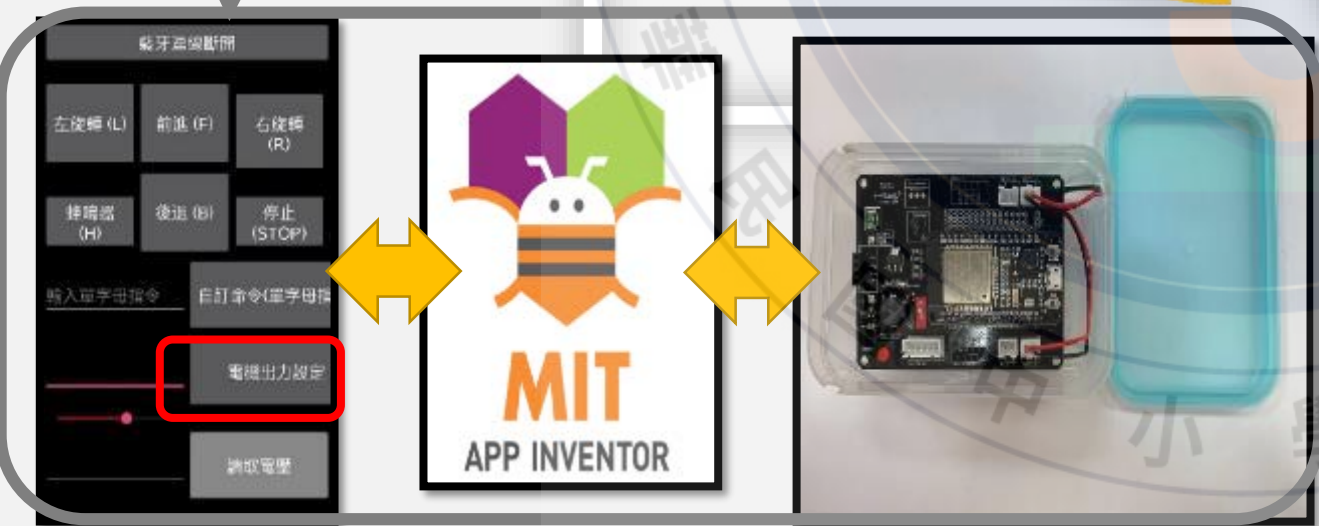
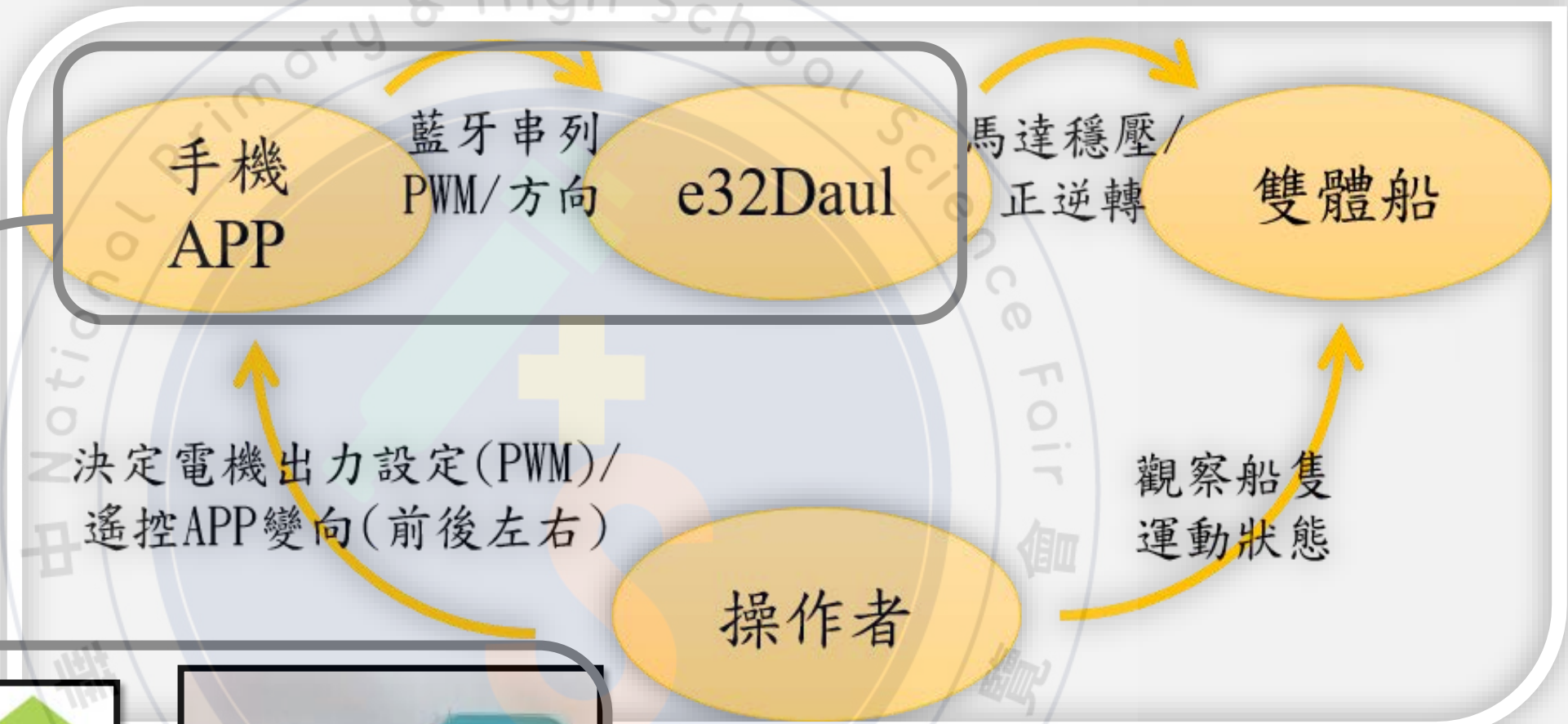
三角形

鯊魚鰭式

流線型式

不同片數的導流板船體偏移現象

資通訊的控制1/2

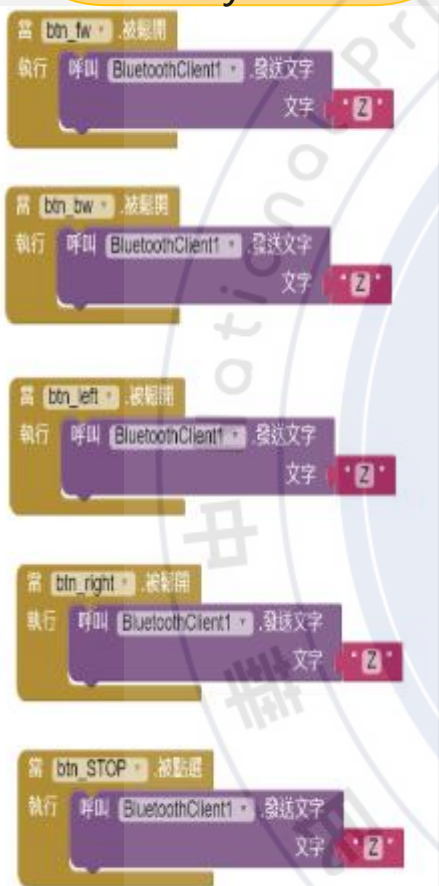


資通訊的控制2/2

App Inventor II

手機APP

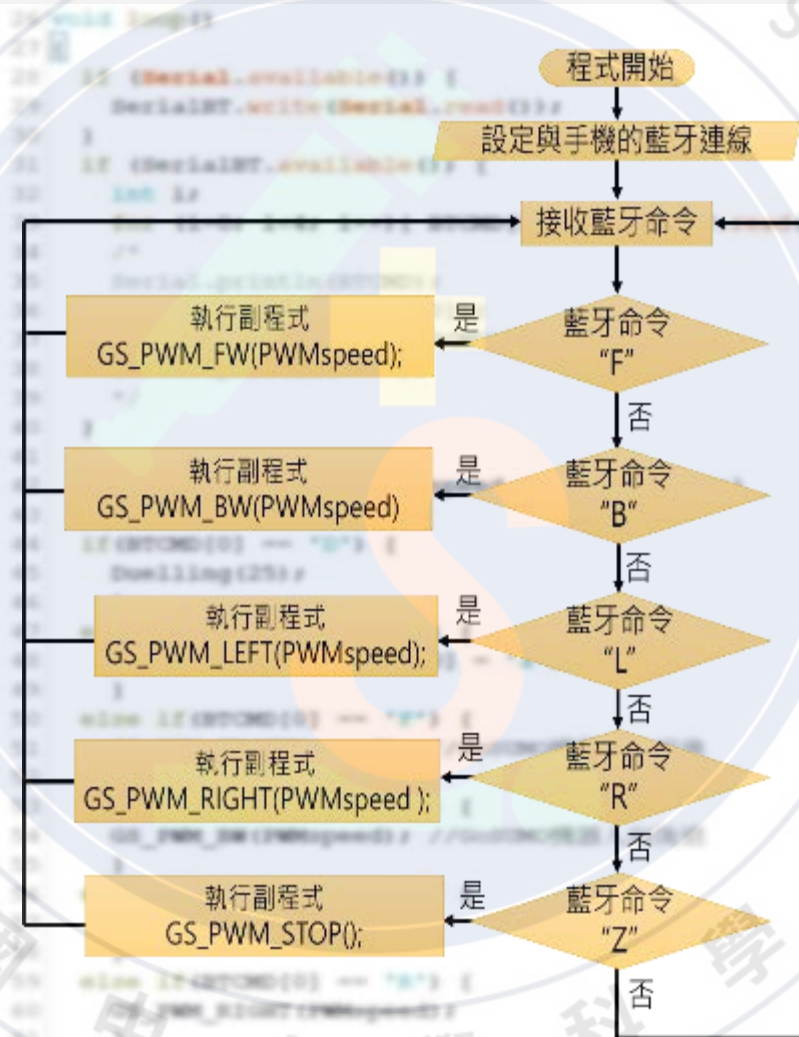
Blockly程式碼



APP Inventor II以
Blockly程式碼
設計手機APP

e32 Daul

Arduino程式碼

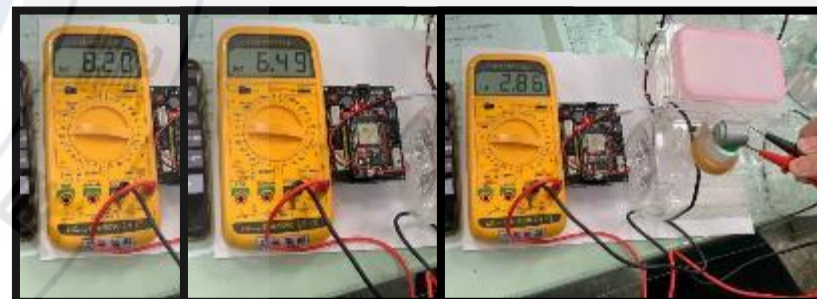


e32Daul的程式流程圖

雙體船

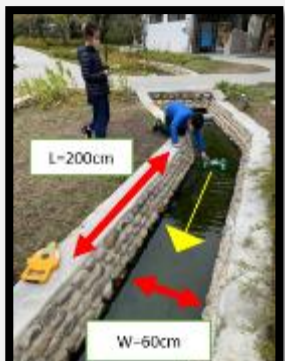
電機出力設定

| 電機出力設定 (PWM) | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 | 900 | 1000 |
|--------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 平均輸出電壓(V) | 2.86 | 3.57 | 4.86 | 5.78 | 6.49 | 7.16 | 8.20 |
| 平均輸出電流(A) | 0.15 | 0.14 | 0.12 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | 0.11 |
| 輸出功率(W) | 0.43 | 0.50 | 0.58 | 0.64 | 0.71 | 0.79 | 0.90 |



以三用電表量測電機出力設定的
確切輸出電壓、電流

設計



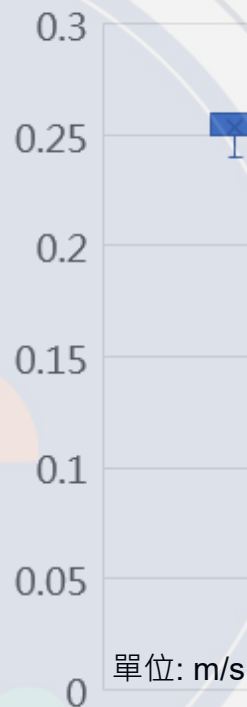
雙體船在直線水道做計時測試，進行速度比較



以彈簧秤進行推力測試

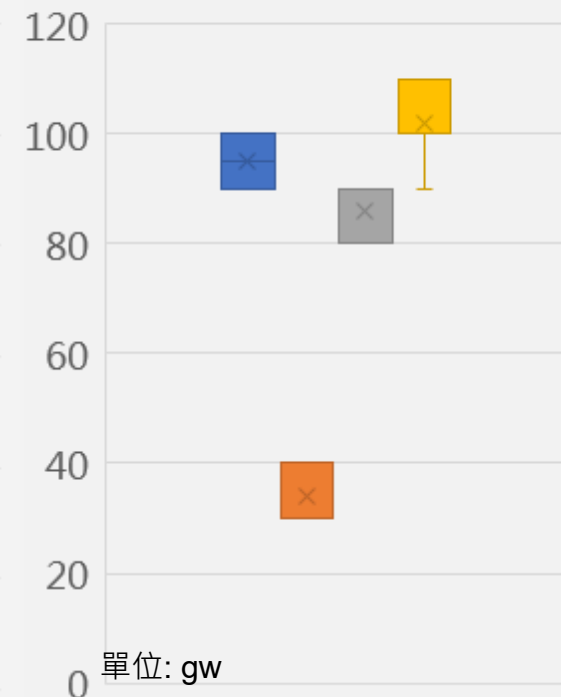
分析

市售2000cc方形浮筒雙體船電機出力設定800下的速度比較



單位: m/s

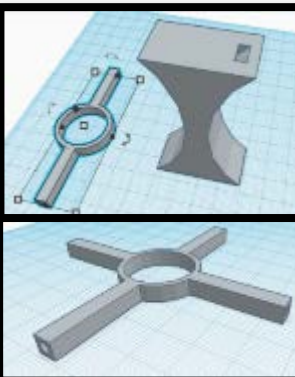
市售2000cc方形浮筒雙體船電機出力設定800下的推力比較



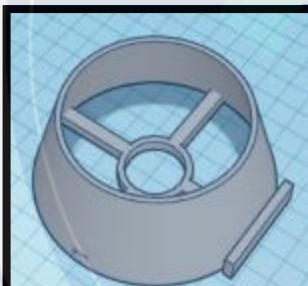
單位: gw

- 無集風杯
- 咖啡紙杯(高11cm)
- 咖啡紙杯(高5cm)
- 3D建模集風杯

- 無集風杯
- 咖啡紙杯(高11cm)
- 咖啡紙杯(高5cm)
- 3D建模集風杯



咖啡紙杯連結雙體船的3D建模



開發一體成形的3D建模集風杯



無集風杯



咖啡紙杯高11cm



咖啡紙杯高5cm



3D建模集風杯

雙體船運動的驗證2/2

校園水域中最優化雙體船的直線船速/變向旋轉速度/推力大小



船體秤重



以各種球類測
船體推力



原地旋轉計時，最為轉向
效果分析的依據



球

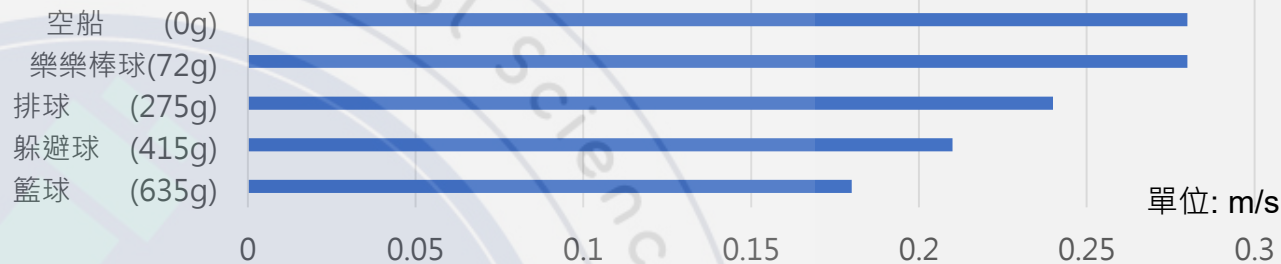


球

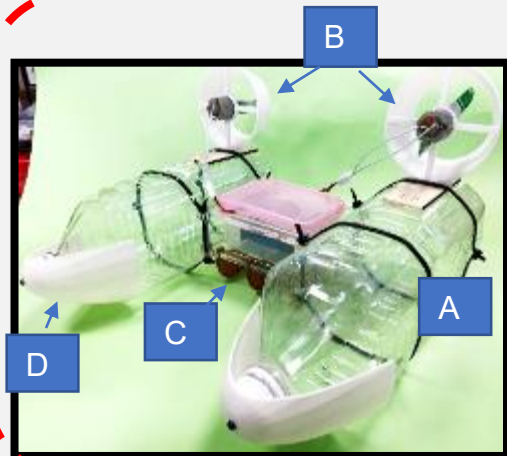
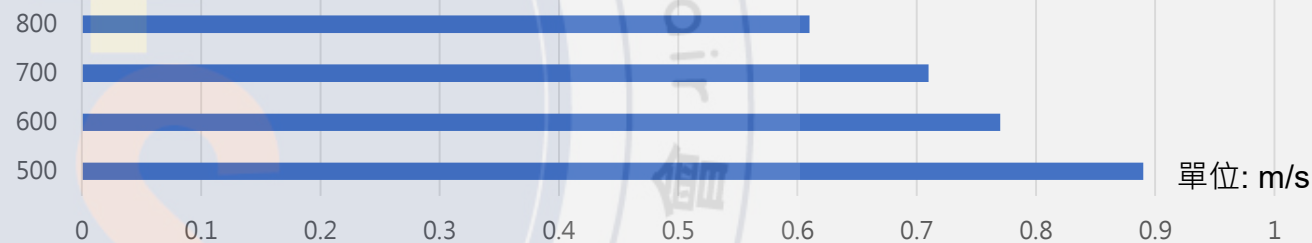


撿球實測

最優化雙體船推動不同球類的直線船速



最優化雙體的不同電機出力設定下的單圈轉速



A. 雙體船體：市售2000cc方形浮筒搭配3D支架。

B. 風動力裝置：半徑35mm、寬15mm一字形扇葉，搭配一體成形3D建模集風杯。

C. 導流板：鯊魚鰭式3D建模導流板平均分配於中央支架下方。

D. 船艙：3D建模的低頰勺形船艙。

最優化雙體船



未來展望：船艙設計

環境及文獻探討

機械結構參數的優化

資通訊的控制

雙體船運動的驗證

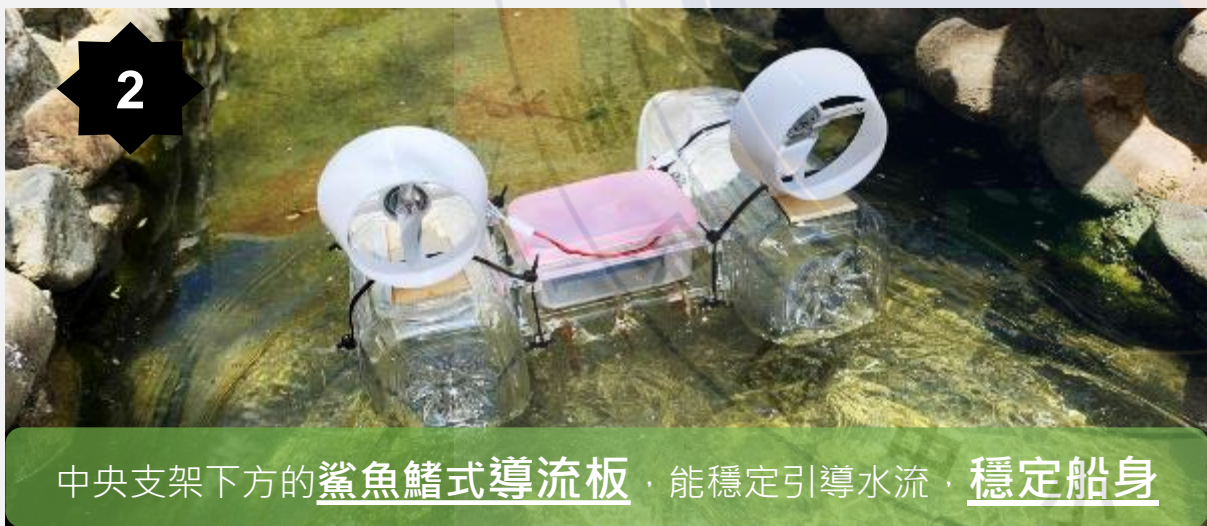
1

本研究的雙體船有極淺的吃水深度，方便於不同河道、水域環境航行，具良好的自適應性。



2

中央支架下方的鯊魚鰭式導流板，能穩定引導水流，穩定船身



3

雙體船透過手機APP藍芽通訊，遙控扇葉旋轉，使船具備原地轉向功能，強化船隻機動性。



4

2000cc方形浮筒能使船身穩定平衡，搭配一字形扇葉與3D建模集風杯，強化船速

