

我的船舶科學旅程

文／吳明德

摘要

本文內容由深度探究一項主題～「船」，藉此學習人文與科技各領域的知識與能力。從瞭解中式帆船的歷史故事，並且分析船舶的浮力、阻力。以及帆面提供船隻推進力。列舉歷年指導的模型船相關營隊或活動，這些活動所使用的船舶種類，包含有帆船科學演示，還有蒸汽船、帆船以及螺旋槳動力船等。船舶活動的形式也包羅萬象，像科學博覽會、新生科學營隊、校慶科學競賽，Tirt 機器人競賽、教師研習營等。最後提及科技寶積木組裝船隻構造，SamLabs 藍芽控制模組，學習圖像化控制程式，操縱帆面角度以及船舵方向。分享在模型船活動經驗，期望能夠對船舶有興趣的師生及同好們有所助益。

前言

臺灣是個島嶼，四周環繞著海洋，但是船舶對於臺灣民眾卻是陌生不瞭解。船舶不僅僅是交通工具更蘊含歷史文化、科學與工藝等跨領域素養，還是極佳的科學、技術、工程、數學 STEM 實例。例如在科學上蒸汽船要瞭解水汽化成水蒸氣，體積會膨脹接近一千倍，能產生推進力，帆船上的帆面受風力作用，會分解成升力與阻力。對於技術部分，裁切零件，黏著並配合大頭針固定等技巧。而工程上考量阻力與載重，依據船舶配重分佈與浮力，繪製船舶三視圖。最後像是藉由數學的螺線學理設計出螺旋槳角度。

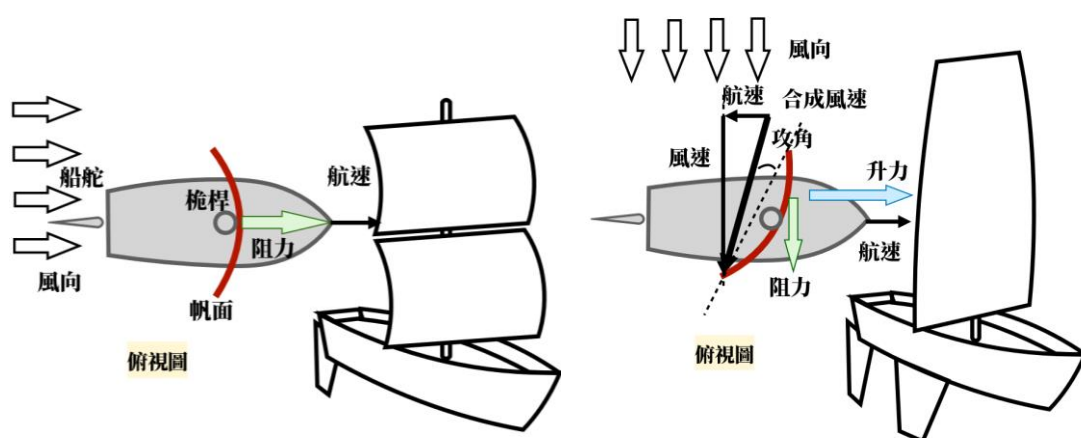


圖 1. 左側橫帆受阻力推進

圖 2. 縱帆受升力前進

帆船所受的力

但是帆船在側風航行中需要的是與風向垂直的升力，就要使用高聳直立的縱帆，而縱帆的起源來自中國。縱帆不僅提供阻力能順風航行，還能提供升力，除了正對著逆風以外，藉能順利航行。現代的競技運動的帆船就是採用縱帆設計。

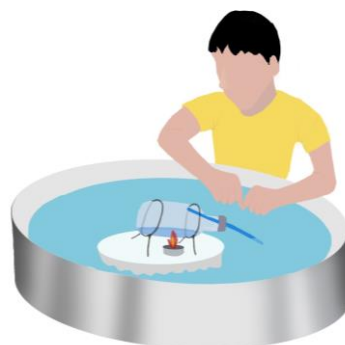


圖 3. 在小學時期自製的蒸汽船

帆船小故事

在西元 1842 年鴉片戰爭結束後清朝戰敗。受到屈辱的華人，看到來自西洋的船堅砲利，並不了解中式帆船的科技，事實上是超越當時的西洋帆船。當時以兩廣總督命名的耆英號，原來僅是往返廣州與南洋販運茶葉的三桅中式商船，在 1846 年從香港啓航，經好望角與美國東岸，最後抵達英國的倫敦。

在橫渡大西洋時儘管遭遇風暴，堅固耐用的船體絲毫沒有受損，此外高速行駛的耆英號，還比當時蒸汽郵輪更快速抵達倫敦。耆英號停泊倫敦後還參加萬國博覽會，公開讓民眾與各方人士登船參觀，後來此船留滯英國，被仔細研究中式帆船設計的特點。

中式帆船的船體內部類似竹管構造，具有多個水密隔艙，萬一船體中部份船艙漏水，其餘的船艙仍能提供足夠的浮力，保障基本的船舶安全性。此外中式帆船率先使用船舵操控航向，在同時期的西洋帆船，僅利用船尾處的划槳簡陋地調整航向。在船隻的導航方面，中式帆船利用指南針科技，在烏雲密布的海上，即使無法觀看日月星辰，仍可以判斷東、南、西、北不同的方位。

中式帆船的帆面類似直立的機翼，稱為縱帆。其外形並不像在海賊王卡通影片中，魯夫駕駛的帆船，在每支直立的桅桿上，掛了兩、三個帆，此西洋帆船使用是橫帆，橫帆能提供順風航行所需的阻力，阻力是與風向相同方向。

兒時的蒸汽船

我還是小學生的時候，常在後院盛滿水的鋁盆，玩著自己設計的蒸汽船。這蒸汽船的鍋爐，是用小樣品酒空瓶，再從瓶塞鑽出小孔，插入用完的原子筆筆芯。而船身使用保麗龍材料，並用鐵絲支撐著玻璃瓶鍋爐。

啓航前要在鍋爐內盛裝一些水，並在鍋爐下方放置蠟燭，點火加熱等待一段時間讓水沸騰後，會急劇膨脹形成水蒸氣，並由管口逸出。如果將管口置入水面下，會產生較

大的推力，還能看到從筆芯管噴出殘留的墨水殘跡。

若不慎玻璃鍋爐內的水燒乾，或是蠟燭熄火，導致鍋爐內氣壓低於瓶外，會吸引低溫池水流入高溫玻璃鍋爐，使玻璃鍋爐溫度不均，可能會釀成鍋爐破裂。

2005 年麗山高中的船舶活動

為紀念 1905 年愛因斯坦發表 5 篇足以影響世界論文。在 100 年之後也就是 2005 年定為世界物理年。臺灣同步舉辦許多科學慶祝活動。

其中「2005 科學季-探索物理博覽會」在中正紀念堂舉辦由孫維新教授主持。麗山高中展出四項展品，其中有項展品裝設可調角度風帆滑車取代帆船，在可旋轉圓桌面上行駛，作為解說帆船受風力作用航行的科學原理。

麗山高中物理科同仁為了 2005 年校慶，提供各班模型蒸汽船套件。還利用中午用餐時段，從各教室的閉路電視播放蒸汽船製作教學影片。在校慶當日同學與來賓於體育館內同場較勁，進行蒸汽船競賽。

在同一年的臺北市高中職科學創意競賽，在麗山舉辦並以環保帆船為競賽主題。帆船要當場製作。廢棄的寶特瓶製作浮筏，竹筷作為桅桿與便當盒紙板當作帆面，在小圓型游泳池內繞行三個旗標航行。

這廉價的環保帆船不可能具備遙控裝置，操控方式要倚賴三位同學，分別駐守池邊的三處。調整好帆面與舵的角度後再釋放船，期待能順利通過浮標，並且朝向預期航線儘快抵達下一位同學處，帆船全程經過順風、側風與側逆風三種風向，最後環繞一週後返回原出發處。



圖 4. 2005 科學季 - 探索物理博覽會帆船攤位



圖 5. 2005 麗山校慶蒸汽船

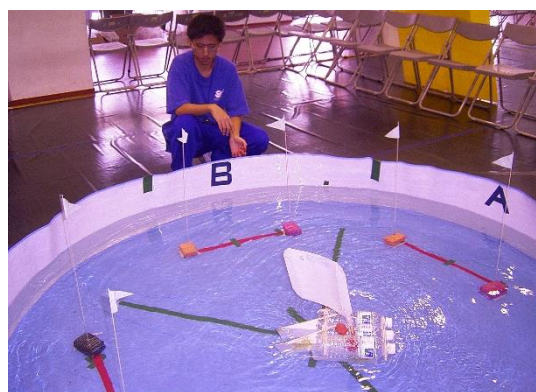


圖 6. 2005 年環保帆船競賽

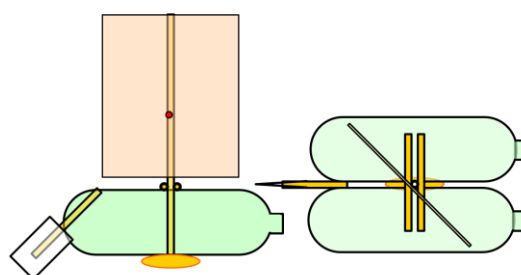


圖 7. 寶特瓶帆船設計圖

左為側視圖，右為俯視圖

帆船機器人營隊

在 2014 年麗山高中物理科與師大科技教育所合作，舉辦「乘風而行機器人暑期研習營」，這活動橫跨兩週的六、日為期四天。本校共有 30 位高一新生參加，每組有兩位成員，同學要規劃帆船的設計圖，製作及撰寫帆船的控制程式，還要能隨著風向變化，藉由伺服馬達自動操控帆面角度。並配有兩個光敏電阻能比較兩者接受的光強度，由伺服馬達自動調整方向舵，帆船機器人能夠航向燈塔的方向。這些從國中升到高中學生，都能完成帆船機器人，並成功執行航行任務，我相信不管日後他們選擇什麼科系領域，年輕時科技體驗將會留下深刻的印象。

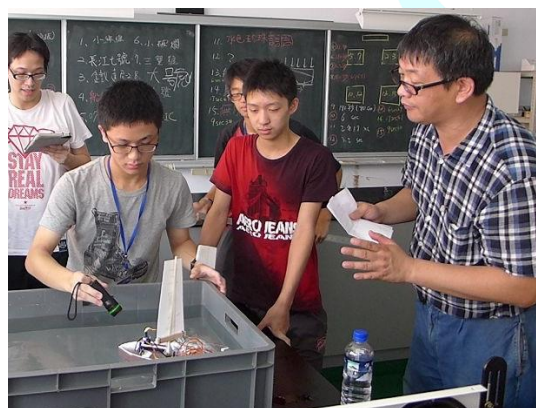


圖 8. 2014 乘風而型帆船機器人暑期新生營

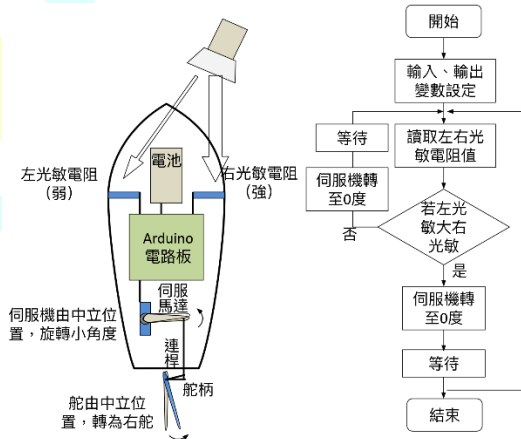


圖 9. 藉由光敏電阻操控船舵

達人女中暑期營隊

受到達人女中老師的邀約，在 2022 年的暑假，擔任科學營隊活動老師。我規劃三個科學活動分別是：我為士林科教館開發的教具～橡筋動力直升機，以及為台電展示單位「電幻一號所」，開發的風力發電機教具～「風之光」，以及最新設計的藍芽控制船。

這些剛從國小升到國中的小女生們，生澀的用美工刀裁切珍珠板，仔細製作船體的龍骨底板、船舷側板、隔艙板等零件，並以保麗龍膠分別黏著，使用大頭針斜插固定位置。還為了避免船殼漏水與增加船舶的外在美觀，還在船體的外表貼上鮮豔光滑卡典西德薄膠片。

對於同學而言，螺旋槳的製作是最困難部份。要將多層的巴爾沙木排成螺旋狀，以瞬間膠黏著還要用砂紙仔細打磨，還要鑽孔穿管添加傳動軸，當然在最後的航行測試就會知道，擁有製作優良螺旋槳的船，就是能夠比別的船行駛更快速一些。

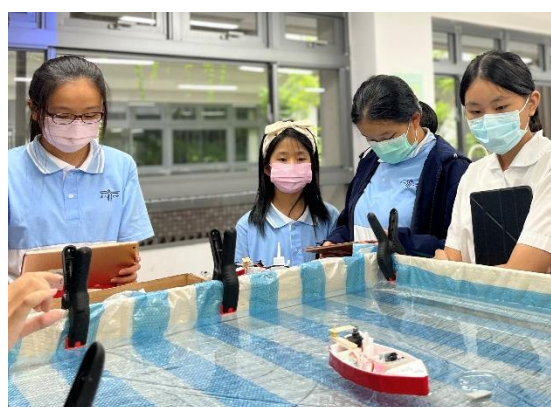


圖 10.以 iPad 控制螺旋槳轉速及船舵方向



圖 11.藍芽控制 SamLabs 馬達驅動螺旋槳及船舵

桃園小巨蛋 Tirt 航海王帆船競賽與研習

Tirt 國際新創機器人節，是位於桃園專注於小型齒輪研發，祥儀企業所屬的基金會所推動，因為擁有是來自德國設計，臺灣製造的「科技寶 CAGEBOT」工程積木。有別於樂高積木，科技寶積木不但能耐荷重，而且是以螺絲鎖緊構件，結構十分堅固耐用，甚至能製作乘載人體重量的機器人，或是能乘載餐盤重量的送餐機器人，

我在 2022 臺北資通訊競賽中，指導麗山的 3 位學生，利用科技寶積木與馬達，製作高塔將重達 3 公斤的重錘拉到高處儲能，演示將在不久的未來，都市的高樓在電能過剩時，以馬達將重物拉置樓頂儲能，等到用電尖峰時，再逐一將重物釋放，此時的馬達轉身變成發電機產生電能。

祥儀基金會的執行長與研發長詢問，想利用科技寶積木製作能下水航行的船體。我是這樣回答：「樂高積木採取大量的特殊零件，甚至是一體成型的船體模型，但是這就違反以最少零件，製作最多種類模型的初衷。」

我分享如何以積木製作船舶的構想：船的龍骨、肋骨等結構可使用科技寶積木。但

船殼卻是採用薄的珍珠板。雖然珍珠板具有易於彎曲與加工切割等特性，但是十分容易折斷與破碎，改進的方法只要將卡典西德薄膜貼附在珍珠板上，就能大幅增加強度，就能彎曲包覆在積木船身上。

至於船隻推進方式，我們幾位經過反覆討論，認為透過風力推動帆船是符合現今的環保概念，參加的學生就不需要擔心馬達功率不夠問題，而是仔細思考在不同風向與航向時，要如何調整帆面角度，還有要如何規劃最佳船體設計與提升操控能力。當然競賽前還要制定規則，更擔心是第一屆競賽活動，大家不知相關訊息，導致參加競賽隊伍過少，所以要舉辦兩天的研習活動，並制定參加研習就有義務參加比賽。還特別區分國中、小與高中兩組項目。



圖 12. 有 20 隊同學參加在祥儀舉辦的航海王競賽研習活動



圖 13. 在 2022 年桃園小巨蛋內舉辦的航海王競賽

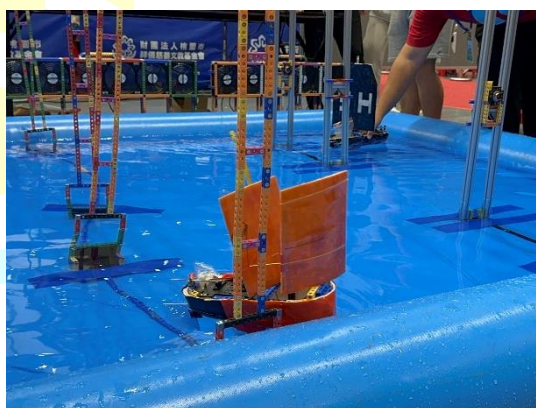


圖 15. 帆面積規定在 A4 紙大小，橘色帆船為雙桅幹

技術型高中自然科教師研習

2022 年十月份的航海王帆船研習及競賽之後，就是技術型高中自然科教師研習營。研習的地點鄰近台中大安區，海邊的風力發電場內里民活動中心，這是由達德能源環境教育中心建置與維護。研習的內容是藍芽控制帆船，帆船與風力發電一樣，都是依靠風力來驅動，同樣具備環保的概念。

原本預計研習時數至少要六小時，但是最後規劃只有僅僅四個小時。所以我在研習前全力趕製 30 個帆船套件包，期望老師們能在研習時間內，及時完工並下水測試。在製作的過程中，不出我的意料，在兩具伺服馬達的傳動鋼絲，分別驅動船舵與風帆角度部分，需要細微調整長度，技術難度較高。不過觀察到每位老師，動手製作帆船時的心情十分開心，好像是回到小時候的童真時期。



圖 16. 在達德能源環境教育中心與老師分享帆船知識



圖 17. 老師們在水槽內測試自製帆船的性能

SamLabs 控制模塊

坊間有許多機器人課程，有的使用樂高的控制器，也有的使用 Arduino 或是 Micro bit 等不同類型。但是它們都有共同問題：「電源、處理器與輸入或輸出在不同元件，不僅體積大同時連接十分麻煩」；此外「程式設計的介面不夠直覺與圖像，造成學習有困難」；還有「使用藍芽控制通過平板就能撰寫程式，平板也是搖控主機」。

航海王競賽與技高教師研習，皆使用兩個 SamLabs 伺服器模組，分別操縱帆面角度以及船舵方向。而調整帆面角度與船舵，除了連桿機構外還要就要依據流體力學知識才能具備最佳性能。

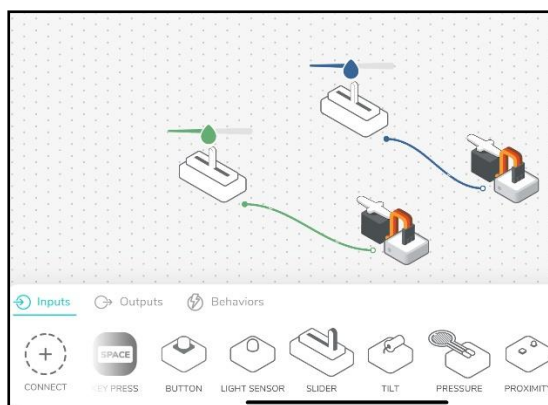


圖 18. SamLabs Space 圖示化程式介面



圖 19. 帆船尾端兩具 SamLabs Space 黑色伺服器

結語

透過營隊、競賽與研習過程，讓知識與能力活用起來，但是也發現一些問題。譬如學生與老師在學習單獨新知識方面是沒有問題，但是綜合各項知識進行工程規劃方面，例如設計一艘船，對於絕大多數人而言是極為困難，通常會出現發生不知如何下手的困境，學校教育似乎沒有提供相關執行整合性專案的經驗。在技能方面，例如使用工具能力，像是利用直尺畫線，用美工刀切割，會因人不同產生極大的各別差異，這與學校教育欠缺規劃實作課程有關。

吳明德

臺北市麗山高中教師

參考資料

- [1] 吳明德，帆船，臺北酷課雲高中物理影片。
- [2] 陳怡靜，任務導向式 STEM 帆船機器人主題統整課程的設計與評估之研究，臺師大科技應用所博士論文。