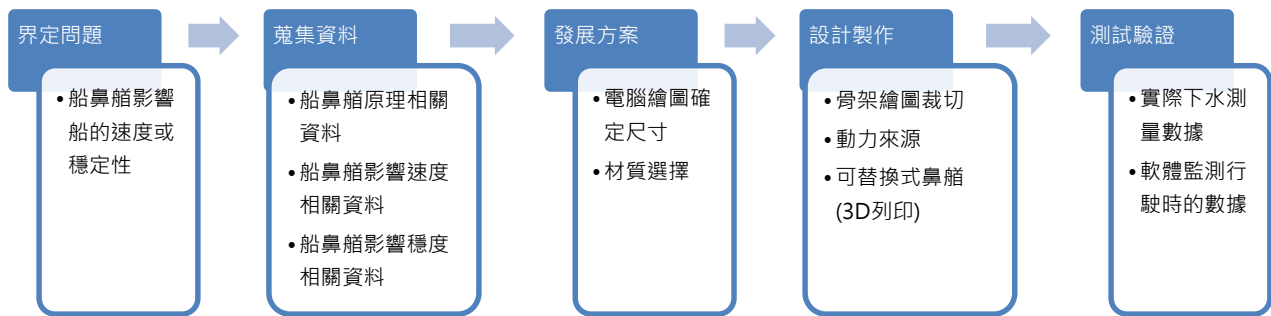


2025 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】
普高組 成果報告表單

題目 (作品) 名稱：海上黑科技？球鼻艏設計居然和降噪耳機、101 抗震有異曲同工之妙！
一、摘要：
本研究探討船舶設計中的「球鼻艏」，並以降噪耳機的原理作類比，說明其減少興波阻力的機制。透過模型實驗，我們測試了球鼻艏對航速、載重量與船體穩定性的影響，發現球鼻艏能有效降低長距離航行的能量消耗，提高船舶穩定性。然而，球鼻艏的效果並非適用於所有船隻，船舶設計須依據航速、載重及用途進行調整。
二、探究題目 (創意作品) 與動機
你是否曾經戴上降噪耳機，瞬間感受到世界變得寧靜？這種耳機利用「反向聲波」抵消噪音，讓我們能更專注於音樂或對話。上完物理課得知這種「以波消波」的概念，在生活科技中發現這不僅應用於耳機，甚至拔地蓋出 101 大樓的抗震結構，影響著船舶設計！ 在大型貨輪或郵輪的船首下方，常見一個圓潤的突起——球鼻艏 (Bulbous Bow)。它的原理與降噪耳機相似，透過產生與波浪相反的水流波動來降低阻力，使船航行得更順暢、減少燃油消耗。然而，球鼻艏對不同船型與負載的影響如何？為何軍艦幾乎不使用這項設計？引起我們的好奇。 帶著這些疑問，在生活科技課程中我們決定設計設計探究，探討球鼻艏對航行效率的影響。這項研究不僅與 SDG 7 (潔淨能源) 有關，能幫助降低燃油消耗，提高航運能源效率；同時也與 SDG 3 (健康) 相關，減少船舶噪音對環境與聽力的影響。此外，這項研究還推動 SDG 9 (產業與創新)，探索降噪技術與智能船舶設計的未來發展。 我們希望透過這次探究，讓大家了解科學如何走進生活，也期待未來這種「以波消波」的概念能應用於更多領域，讓科技更加高效與永續！
三、探究 (創作) 目的與假設
(一) 探討球鼻艏對船舶航速的影響 透過實驗測試，分析球鼻艏是否能有效降低興波阻力，提升航行速度。 (二) 分析載重量對球鼻艏減阻效果的影響 透過實作探究不同載重量下，球鼻艏如何影響船體穩定性與節能效果，並解釋其對大型貨輪、油輪的實際應用價值。透過觀察並使用不同的變因進行論述。 (三) 了解球鼻艏在不同類型船舶上的適用性 以文獻探討了解軍艦較少使用球鼻艏，分析其對機動性、結構強度與戰術需求的影響，並對比貨輪與軍艦的設計考量。
四、探究方法 (製作原理) 與驗證步驟
(一) 探究方法 線上模擬使用 Bulbous Bow Analysis，電腦繪圖使用 SOLIDWORK，量測數據採用手機與安裝軟體 phyphox。主要船舶相關知識來源有海洋科技博物館、交通局、均一線上平台等



(二) 蒐集資料

(1) 了解船舶阻力

船舶航行時，與水的相互作用產生興波效應，這些波浪會影響航行效率（如圖 a），這種現象稱為興波效應（Wave-making effect）。然而興波阻力指的是船隻在行駛時，為了克服這些波浪所消耗的能量，主要可分為波形阻力（由船體形狀造成的波浪阻力）與浪花阻力（因為船速而產生的浪花所帶來的能量損失）。

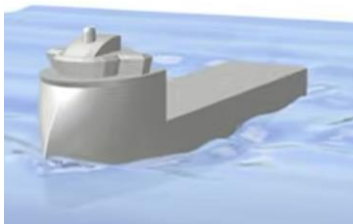
研究發現，當航速增加時，興波效應會變得更明顯，導致興波阻力也隨之上升，如下圖 c，因此在高速航行時減少阻力，變成一個重要的設計考量。影響興波效應的因素還包括船體外形與波浪條件。不同的船體幾何形狀會影響波浪的產生與傳播，因此可以透過電腦模擬來優化設計，以降低興波帶來的阻力。

(2) 了解改善船舶阻力的方法

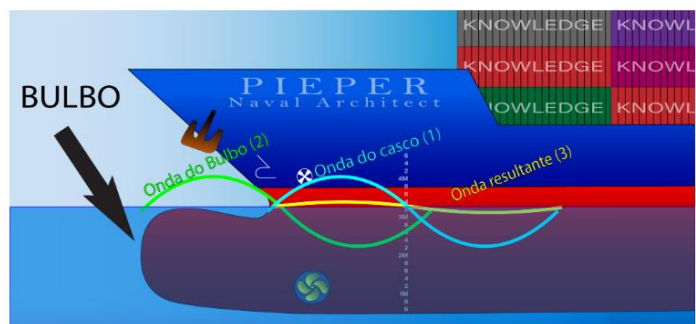
船隻行進時會受到表面摩擦力、興波阻力與黏性壓差阻力影響，降低航行效率，提升船隻效能，減少燃油消耗，並促進航運的永續發展。為此發展了多種減阻技術：

船隻推開水面會產生波浪(如下圖 b 中藍色線)，消耗能量。透過調整船體形狀，如斧艏、劍艏、球形艏(下圖 b 中 BULBO)，可以產生反向波(如下圖 b 中綠色線)，進而減少波浪產生，降低阻力(如下圖 b 中黃色線)。此外，保持船身流線性有助於水流順暢，進一步提升效率。

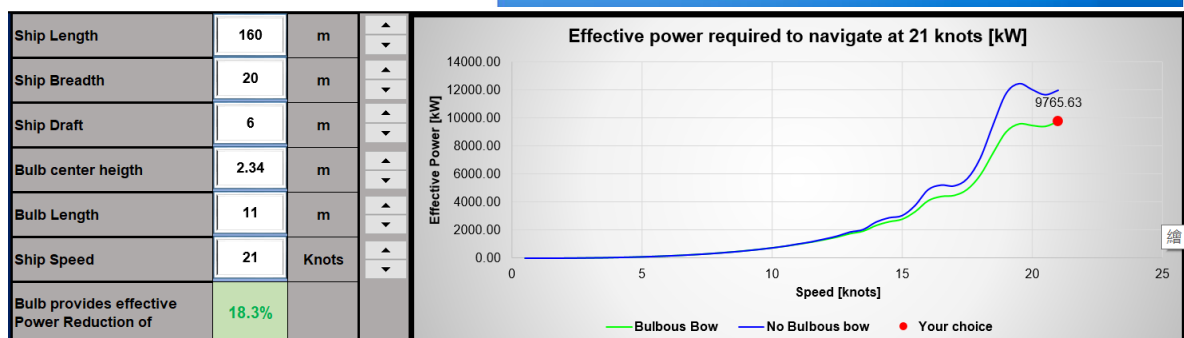
a



b

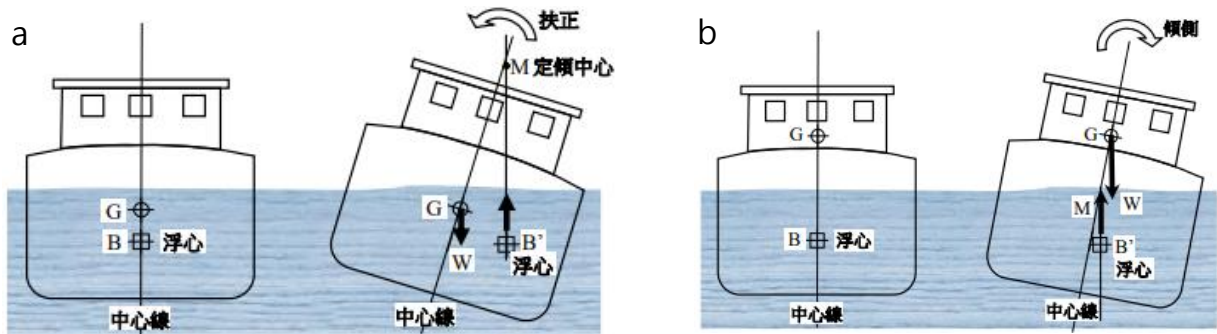


c



圖一 a 為船舶產生興波效應模擬圖；b 為求鼻艏帶來反向波抵銷阻力圖；c 為高速下能源使用效率

(3) 了解浮力與穩度之間的關係



圖二 a 為船體傾斜時之扶正現象；b 為船體傾斜時之傾覆現象。(交通部航港局)

船舶的穩度指的是船隻在外力作用下維持平衡的能力。比較相同吃水深度但不同船寬的船舶，可以發現船寬較大時，晃動較輕，表示穩度較佳。

GM 是重心 G 與定傾中心 M 之間的距離代表船的穩定性指標，GM 越大，船體越穩：

GM > 0 (M 在 G 上方)：船具有扶正能力，可自行恢復平衡。

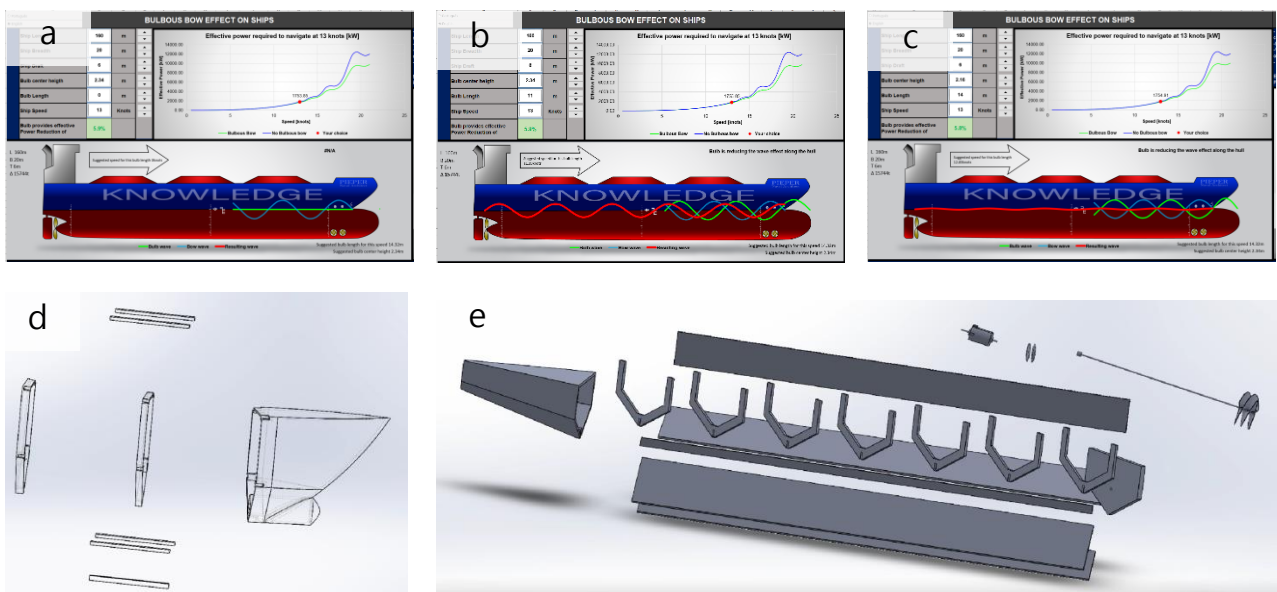
GM < 0 (M 在 G 下方)：船會持續傾斜，甚至傾覆。

這對我們實作有相當大的幫助，降低重心能增加定傾高度 (GM)，提升穩定性；降低重心能增加扶正力臂，提高抗傾斜能力，使船更穩定。

(三) 方案發展

(1) 各種初步測試

由下圖三中可以知道球鼻艏的設計長度與速度息息相關，所以需要針對船舶長度，速度要求等客製化，才會有良好節約能源的效果。初步我們製作很多的船體，但 3D 列印真的花費很高，所以我們決定設計可以抽換的船頭，共用同一船體進行後續的探究，除了節約製作成本，也控制馬達等其他變因一致，排除手工製作造成的誤差。



圖三 a 為無球鼻艏波浪模擬圖；b 為有球鼻艏波浪模擬圖；c 為最合適球鼻艏，紅色的波浪最小興波阻力最

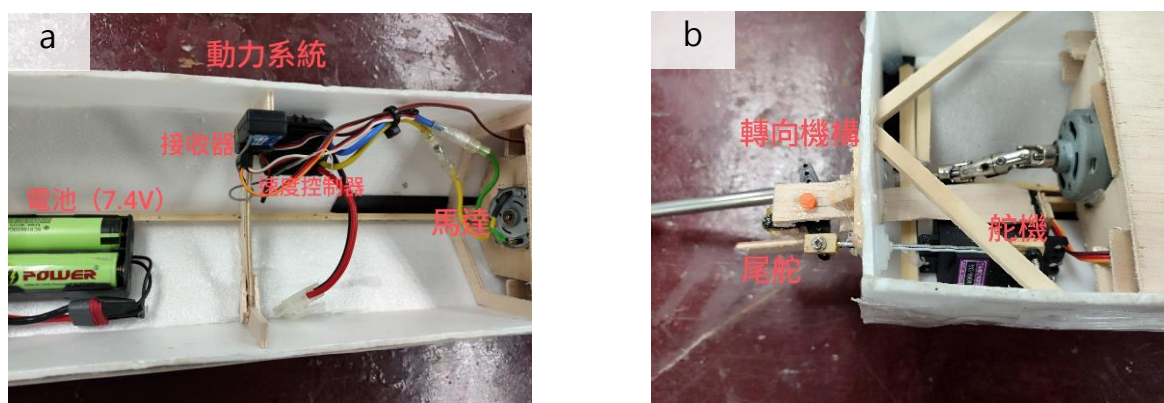
小；d 為球鼻艏設計及輸出；e 為船體設計模擬及製作。

(2) 電腦繪圖確定尺寸及 3D 列印輸出可抽換的船頭



圖四 a 為 3D 列印成品；b 為球鼻艏組裝(且可調球鼻艏長度)；c 為無球鼻艏的配置

(四) 設計製作



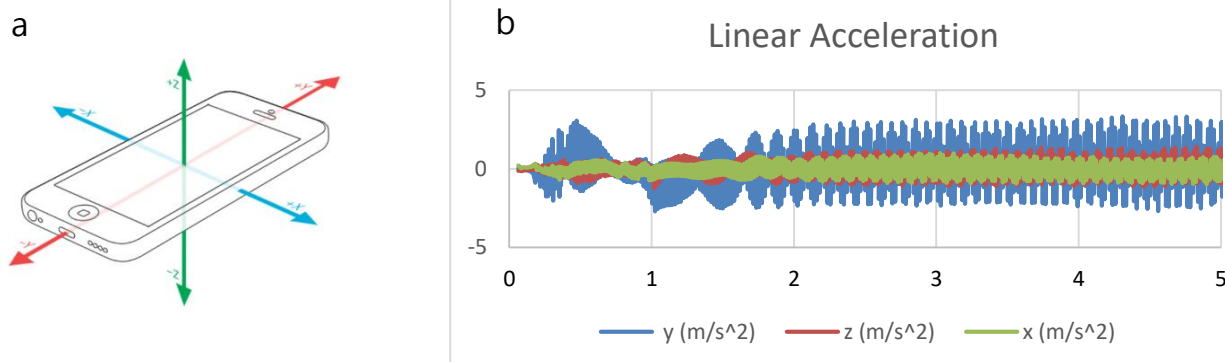
圖五 a 動力系統設計；b 轉向機構設計

(五) 測試驗證

(1) 球鼻艏影響航速測試

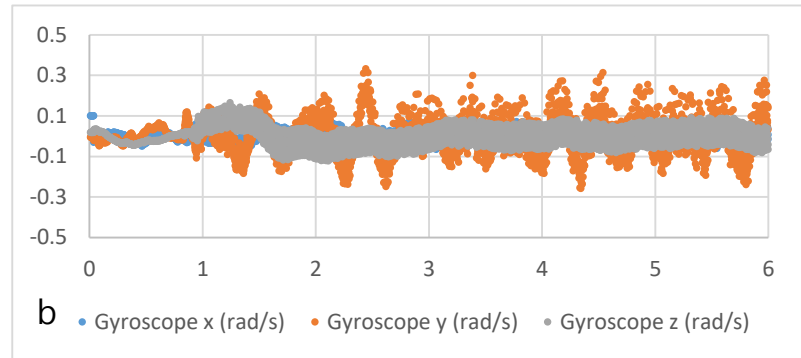
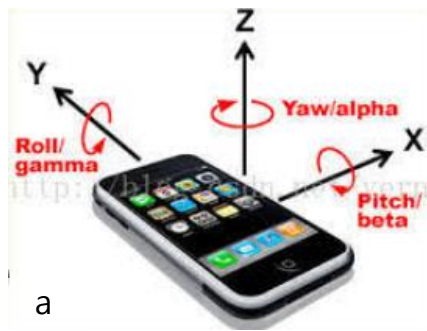
原本我們想透過測量航行速度來評估球鼻艏的影響，但水道過短，模型船無法拉開足夠的時間差，導致數據變化不明顯。受限於場地，我們無法延長水道，只能尋找新的測試方式。在多次實驗中，我們意外發現模型船經常翻覆，這讓我們重新思考：興波阻力不僅影響速度，也會影響船的穩定性！如果球鼻艏能減少阻力，理論上船體應該更平穩。因此，我們調整實驗方法，改用測量船體晃動幅度來觀察球鼻艏的效果。

(2) 載重量與球鼻艏航行穩度測試



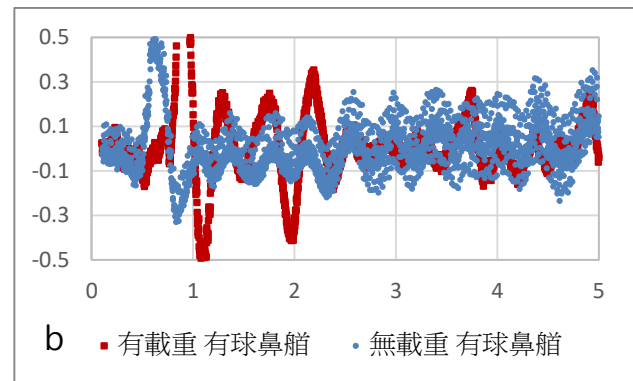
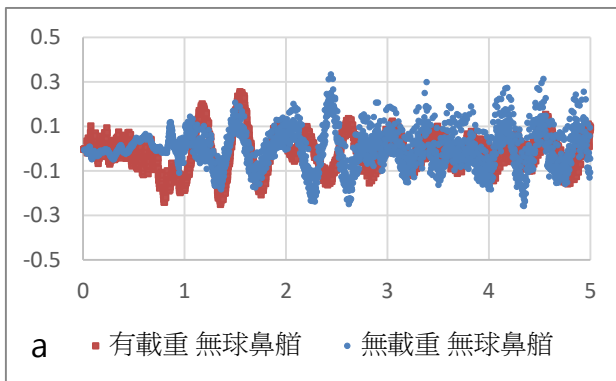
圖六 a 為加速規測試說明圖；b 為無載重 無球鼻艏的加速度測試結果(使用 phyphox 量測，團隊自行繪製)
由圖 X 可知 0 到 2 秒為一個加速的不穩定過程，而後面穩定的收到震動，但晃動實在過

於密集，推測加速度可能接收到馬達本身的振動影響，此數據無法推算為船舶晃動的應變變因。



圖七 a 為陀螺儀測試說明圖；b 為無載重 無球鼻艏的陀螺儀測試結果(使用 phyphox 量測，團隊自行繪製)

由圖 X 可知 Y 軸的晃動情形較好觀察，故之後的研究皆使用 Y 軸的數據進行分析



圖八 a 為沒有球鼻艏；b 為有球鼻艏時定馬達轉速下陀螺儀量測結果，藍色無載重，紅色有載重貨櫃

由圖 X a 一般船舶設計中可以得知 2.5 秒內是一個起始加速的過程，而有載重的船舶會比較不容易晃動；2.5 秒後的數據可以得知有載重且有球鼻艏的船穩度會較高。

(3) 軍艦幾乎都沒有球鼻艏，少數有球鼻艏的歸屬於海巡單位且載重量大。



圖九 康定級(軍艦)、震海艦(海巡)、嘉義級(海巡)

軍艦需要高速機動，頻繁變速可能導致額外阻力。

機動性要求高：軍艦需快速加減速、靈活轉向，球鼻艏可能影響機動性能。

結構強度與耐衝擊需求：軍艦需能承受戰鬥與碰撞，球鼻艏可能成為結構弱點。

實際案例：印度航空母艦，需要高載重，但沒有球鼻艏導致船體大幅度上下搖擺，顯示球鼻艏其重要性。

五、結論與生活應用

(一) 主動式降噪耳機，利用反向波減少耳朵收到的聲波，不會影響聽力，但不建議長時間配戴。經過這些探究，我們發現球鼻艏就像降噪耳機，它的核心原理都是利用「反向波」來減少干擾。大家關注的持續收到反向波會不會造成聽力受損傷？其實是不會的，反向波會減少耳朵收到的音波振幅(能量)，所以主動性抗噪耳機本身不會傷害聽力。但還有其他因素會

影響聽力，例如：聲音在耳道中共振，總之不建議長時間配戴耳機！

(二) 台北 101 大樓阻尼器抗震，都是反向波的應用。

當大樓與擺錘同步振動時，會產生明顯的相對運動，使阻尼器透過伸縮吸收震動能量，來減少振動。然而若擺長過短或過長，無法形成共振，阻尼器的減震效果將大幅降低。



圖十 反向波於生活中的應用 a 為主動式降噪耳機；b 為台北 101 大樓阻尼器抗震

(三) MIT 團隊開發出一種可主動降噪的織物，關鍵在於將壓電纖維織入布料中。通電後，織物可發出反向聲波干擾噪音，或貼在牆面上，藉由控制振動阻擋聲音穿透，有效打造安靜空間。

(四) 本研究受限於模型尺寸，可能與實際船舶的阻力表現有所不同。球鼻艏是針對特定條件優化的設計，並非適用於所有船舶，未來船舶設計仍需依照航行需求與能源效率進行調整與創新。

參考資料

國立海洋科學博物館，船舶與海洋工程廳。

<https://mslc.nmmst.gov.tw/argame/exhibitview1/0819?pagenum=3>

Bulbous Bow Analysis，2020。<https://rafaelpieper.com/bulbous-bow-analysis/>

沈明陞、李英康、林瑞國 (2024)。高速多體船在規則波中的運動性能之研究。發表於第三十六屆中國造船暨輪機工程研討會、產學論壇暨國科會成果發表會，國立高雄科技大學，2024 年 5 月 18-19 日。

船模實驗在做什麼？船隻設計的眉眉角角，科技大觀園，吳謹安，110。

<https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/C000003/detail?ID=1d6e4836-9c67-478e-bb8e-cf4cfa88618e>

交通部航港局，小船穩度知識。

CFD Simulations - comparison of different bow designs，2016。

<https://www.youtube.com/watch?v=nvCjv1v-nqq>

反相點波源的干涉，均一教育平台，2023。<https://www.youtube.com/watch?v=-lZg6ut3lC0>

軍艦介紹 https://navy.mnd.gov.tw/AboutUs/Other_List.aspx?ID=1

能抗噪音的絲綢，科學月刊，2024-06-01。<https://www.scimonth.com.tw/archives/10934>