

# 2024 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

## 普高組 成果報告表單

題目名稱：海星是左撇子還是右撇子？ 輻射狀原瘤海星的慣用腕足

### 一、摘要

本實驗探究呈現輻射對稱型的海星，是否保有演化史上兩側對稱枝動物的特性，於是以對稱動物的慣用肢特性進行實驗。外觀研究發現海星無特別強壯的腕足，且各腕足間無顯著差異，無法以外觀直接判斷慣用腕足。然而進行行為研究時，走向實驗易受環境與活動力差異的影響，數次出現停留在原地不動或中途轉換方向的行為，結果未達顯著差異。改以海星本能生存行為：扶正反應作為實驗模型，紀錄各腕足在翻身過程中的撐地秒數，換算為占整體反應的時長百分率。將數據以 ANOVA 和卡方檢定分析，結果顯示原瘤海星在扶正反應中各腕足的使用時長有顯著差異，個體有特定一隻慣用腕足，且慣用腕足和外觀無直接相關。推測其他輻射對稱的棘皮動物也會有兩側對稱動物的慣用行為模式。

### 二、探究題目與動機

在學校生物課時學習到動物的演化史，發現海星在演化上和脊索動物同為兩側對稱的後口類動物，然而外型呈現輻射對稱型。我們因此對演化成輻射對稱型的海星是否保留兩側對稱生物的特性感到好奇。我們深入查找兩側對稱枝動物的特性，發現大部分的動物存在左右或前後肢的區別，有些更具有明顯的慣用肢，而慣用肢也會因較其他肢體更常使用而肌肉更為強壯或反應更敏捷，對生存具有優勢。我們好奇呈現輻射對稱型的海星在演化過程中是否保留此優勢，因此我們決定飼養海星進行觀察。

在外觀研究部分我們測量海星腕足間是否有明顯差異來判斷可能的慣用足。行為研究部分，利用海星在無干擾的圓形缸中偏好朝哪個方向前進，以海星走向不同象限的機率進行數據統計。然而實驗時發現海星易受環境與活動力差異的影響，數次出現停留在原地不動或中途轉換方向的行為，結果不符合預期。於是我們查找其他海星相關行為研究，在書籍中提到的海星扶正行為引起我們的興趣。一般狀況下，海星的口腔表面朝下，而扶正反應即是當翻倒時會透過協調使用腕足與管足撐在缸底翻身，恢復正常狀態，形似手腳並用的翻筋斗(Jennings, 1907)。扶正反應為海星本能生存技能，會快速扶正避免天敵捕食。我們決定以此行為模式進行實驗，以撐地時間作為海星使用單一腕足的根據，進行慣用足的統計與分析。

### 三、探究目的與假設

#### 一、實驗生物簡介

本次實驗使用的海星品種為原瘤海星，學名 *Protoreaster nodosus*，特徵是表面排列著許多黑色的大型突起，為背棘。原瘤海星較好取得且活動力強，各個體之間特徵明顯，容易以棘數、斑點區分。

二、目的：驗證原瘤海星有慣用腕足

三、假設

(一) 假設一：海星保留兩側對稱生物的特性，有慣用腕足的傾向

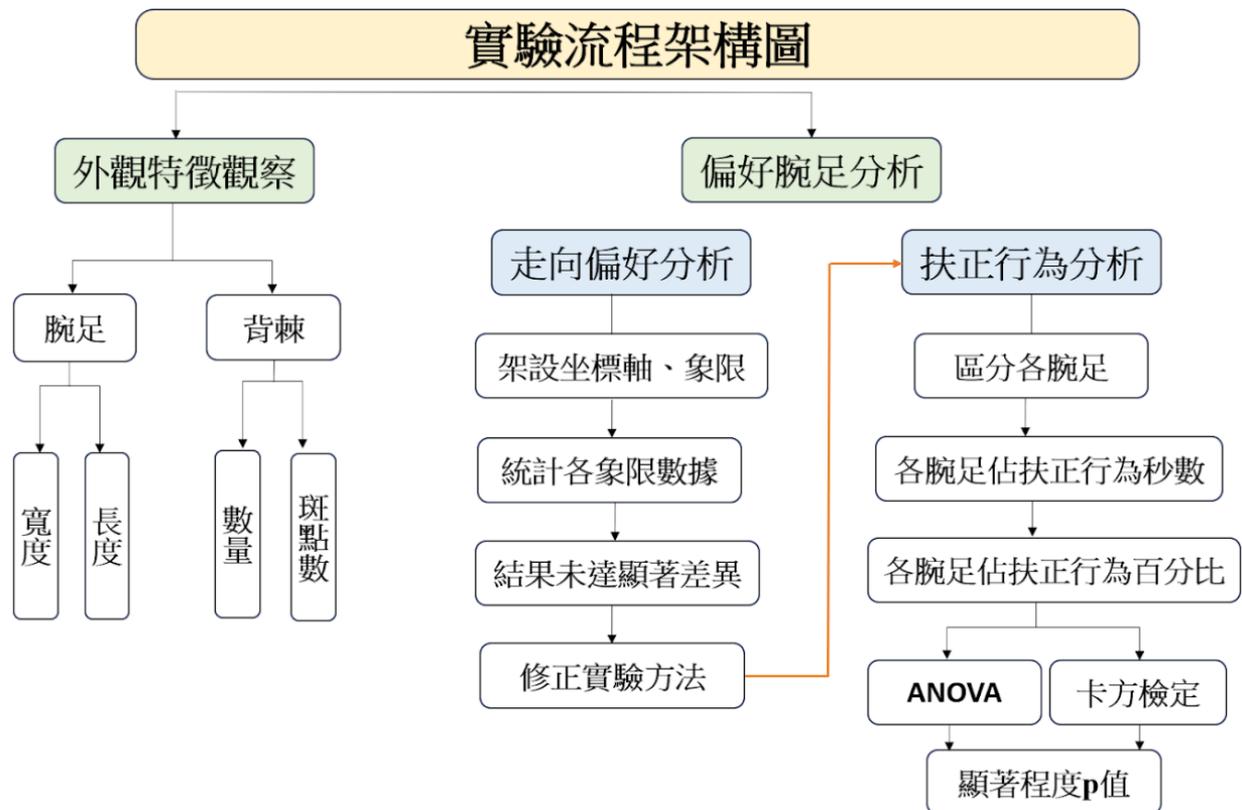
(二) 假設二：海星各腕足間的外觀差異和慣用腕足有相關性

#### 四、探究方法與驗證步驟

一、研究設備與器材

海星、玻璃缸、人工海水、數位相機、數位攝影機、方格紙、玻璃棒

二、研究架構

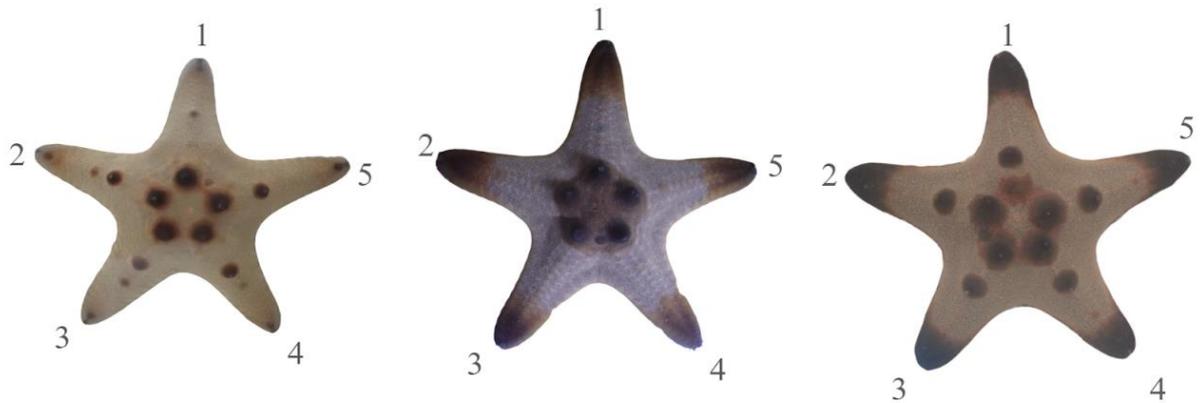


三、研究方法

(一) 實驗一：海星外觀特徵觀察

利用拍照觀察海星各腕足之間的差異，比較各腕足間長度、寬度之數值與棘數、斑點之數量，利用 ANOVA 分析。

結果：測量出海星腕足長度、寬度、棘數，利用 ANOVA 分析，無顯著差異性 (n=6)，p 值大於 0.05。表示海星各腕足間在外觀上無明顯差異。如下方圖一。



(圖一)編號 4 編號 5 編號 6 海星外觀

(二)實驗二：利用走向行為判斷海星偏好使用的腕足。

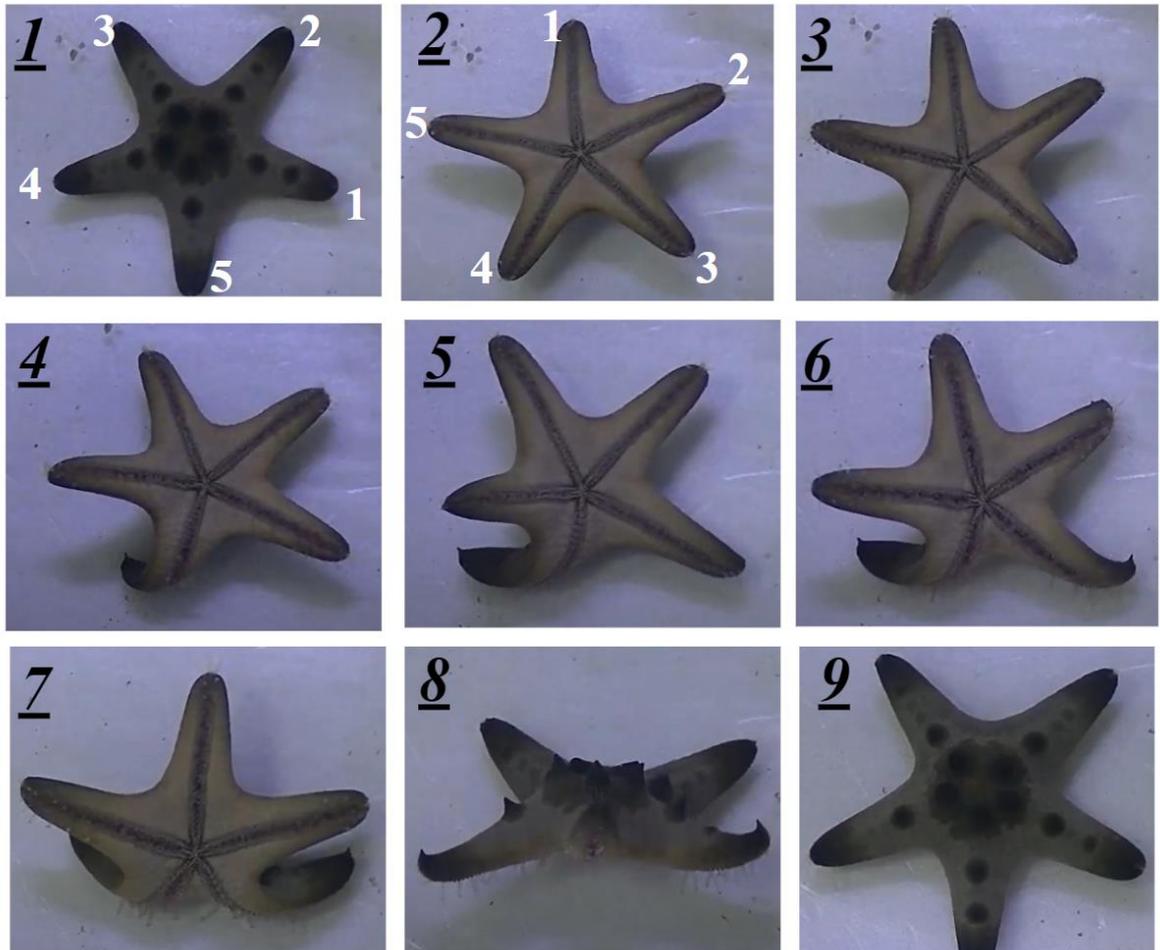
1. 架設海水缸與攝影機
2. (圖一) 區分海星各腕足，選出一腕足命名編號 1，依逆時針命名編號 2 至 5
3. 缸下放置格子紙，架設坐標軸並區分象限
4. 將海星放置於圓形透明缸中央處，記錄海星走向
5. 分析海星選擇各象限的機率數據

結果：實驗發現海星走向實驗的結果易受環境與活動力差異影響，數次出現停留在原地不動或中途轉換方向的行為，結果不穩定，難以統計。因此我們轉而尋找其他能夠看出海星對其腕足使用偏好的行為，查找其他人做的海星相關實驗，為確保不受外在環境影響，改以海星生存的本能扶正行為進行實驗。

(三)實驗三：利用扶正反應的行為模式判斷海星偏好使用的腕足。

扶正反應即是海星翻倒時會透過協調使用各腕足進行翻身，恢復正常狀態，形似手腳並用的翻筋斗。如(圖二) 所示。

1. 架設海水缸與攝影機
2. (圖二) 區分海星各腕足，背棘朝上時，選出一腕足命名為序號 1，依逆時針命名 2 至 5
3. 利用玻璃棒將原瘤海星翻身，使其背後的棘貼地，五隻腕足與吸盤皆朝上
4. (圖二) 觀察反應時腕足翻轉順序
5. 五隻腕足的吸盤貼地則結束扶正反應
6. 紀錄扶正反應過程總時間



(圖二) 海星的扶正行為順序圖

( 順序 1：海星正面腕足，依序編號；順序 2：海星翻面；  
 順序 3-7：海星腕足下翻吸住地面；  
 順序 8：海星翻身；順序 9：翻回正面，背棘朝上 )

結果：記錄各腕足在扶正行為中的撐地秒數時長並換算為佔整體扶正時長的百分比，進行單因子變異數分析和卡方檢定。單因子變異數分析後，發現六隻實驗海星個體中，五隻原瘤海星在進行扶正行為時，各腕足作為支撐的秒數有顯著差異性， $p$  值小於 0.05，實驗結果顯示海星在扶正行為有偏好使用的腕足。接著利用卡方檢定檢測出哪隻腕足為慣用肢，我們假設五隻腕足皆平均使用，期望值為 20%。而檢測結果發現，海星有特定一隻腕足和期望值相差程度達顯著，說明該腕足為海星個體的慣用肢。

(表一)海星在扶正行為中各腕足使用秒數百分率之單因子變異數分析

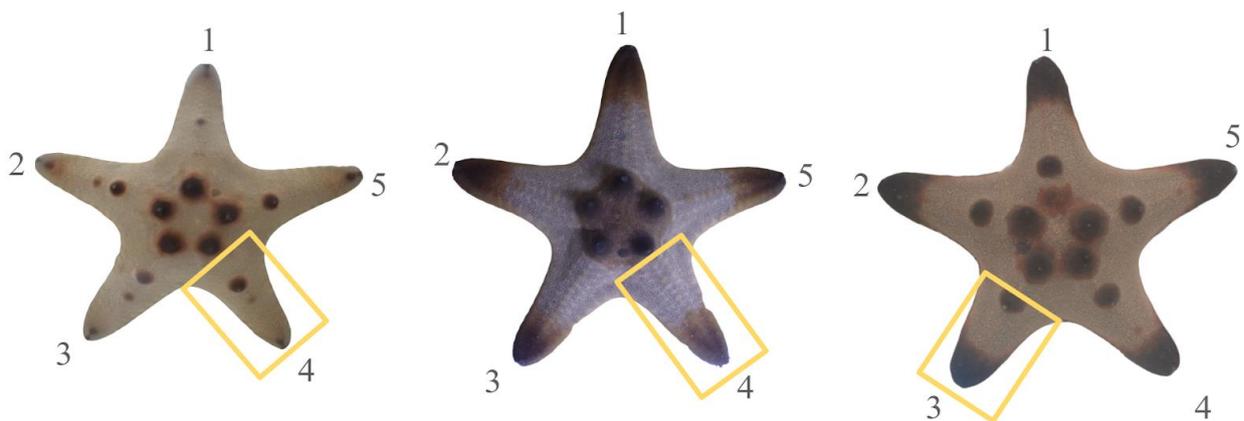
海星個體	顯著性 P-	慣用腕足編號	慣用腕足使用平均值(n=10)
海星 1 號	0.000**	編號 4	68.00%
海星 2 號	0.000**	編號 5	57.00%
海星 3 號	0.000**	編號 5	80.00%
海星 4 號	0.001**	編號 4	68.00%
海星 5 號	0.016**	編號 3	61.00%
海星 6 號	0.185	未達顯著	34.00%

(表二)海星在扶正行為中各腕足使用秒數百分率之卡方檢定

海星個體	顯著性 P-	慣用腕足編號
海星 1 號	0.005**	編號 4
海星 2 號	0.034*	編號 5
海星 3 號	0.042**	編號 5
海星 4 號	0.000**	編號 4
海星 5 號	0.017*	編號 3
海星 6 號	0.140	未達顯著

#### 四、討論：

綜合討論以上實驗結果，首先發現慣用足選擇與海星腕足的特徵並無相關，與棘數也沒有直接相關。由此判斷海星的慣用足與各腕足之間的外觀特徵無相關性，主要應是受海星內部肌肉構造所造成的靈活度差異影響，無法以肉眼判斷。以及海星在扶正行為中有偏好腕足，表現出擁有慣用腕足的傾向。



圖三 海星各慣用腕足

(海星編號 4、5、6，黃色方框部分為慣用足)

## 五、結論與生活應用

### 一、結論

(一) 由上述三個實驗可得知海星即使已經演化出呈輻射對稱的外觀，習性中仍保有兩側對稱生物的慣用肢特性。

(二) 原瘤海星的慣用腕足無法從外觀上判定，各腕足之間並無顯著的長度、寬度差異。較明顯的棘數差異也與慣用腕足無關。

### 二、生活應用

(一) 原瘤海星即使演化成輻射對稱的外觀，仍保留兩側對稱動物所擁有的慣用肢特性，可以進一步探討輻射對稱對海星的演化意義，以及除了扶正行為外，海星有哪些行為需要各腕足間的分工，使它保留慣用肢的特性。

(二) 其他棘皮動物，例如海膽、陽隧足，在演化過程中可能也和海星一樣保留了兩側對稱特徵，例如肌肉分布、環狀牙齒慣用邊等等。可以利用這些特徵進行演化史的探究。

## 參考資料

1. Formery, L., Peluso, P., Kohnle, I., Malnick, J., Thompson, J. R., Pitel, M., Uhlinger K. R., Rokhsar D. S., Rank D. R. & Lowe C. J. (2023). Molecular evidence of anteroposterior patterning in adult echinoderms. *Nature*, 623, 555–561.
2. Freas, C.A., Cheng, K. (2022). Neuroecology beyond the brain: learning in Echinodermata. *Learn Behav*, 50, 20–36.
3. Jennings, H. S. (1907). Behavior of the starfish *Asterias forreri* de Lorient