

希瑪拉雅山— 以實驗與AI模擬探討希氏巨山 蟻在迷宮中的行為之研究

研究者:王萱滢、馮凱煜

指導老師:張凌凌老師

第一章 緒論

一、研究動機

2025年秋天，我們對螞蟻複雜的『社會行為』充滿好奇，因此選定台灣常見、好照顧且互動有趣的『希氏巨山蟻』作為研究主角！為了探索這些小昆蟲的大智慧，本研究不僅會深入觀察牠們在群體中的互動模式，更特別設計了『迷宮實驗』，希望藉由追蹤螞蟻在陌生環境中的移動軌跡，來破解牠們的避險反應與生存策略。

二、研究目的

- (一)觀察希氏巨山蟻在覓食過程中的行為表現
- (二)分析希氏巨山蟻在迷宮等陌生環境中的移動與探索策略
- (三)透過AI模擬螞蟻在迷宮中的行為表現
- (四)比較AI模擬結果與實際觀察之差異

三、研究問題

- (一)觀察希氏巨山蟻在覓食過程中有什麼樣的行為表現?
- (二)分析希氏巨山蟻在迷宮等陌生環境中有什麼樣的移動與探索策略
- (三)如何使用AI模擬螞蟻在迷宮中的行為表現?
- (四)比較AI模擬結果與實際觀察之有哪些差異?

四、名詞解釋

希氏巨山蟻：是一種體型中大型、容易飼養的亞洲螞蟻。

- (一)、學名：Camponotus siemsseni。
- (二)、俗名：西姆森弓背蟻（陸譯）、希氏巨山蟻（台譯），在亞洲部分地區也有分布。
- (三)、外觀：體型碩大，特別是工蟻和蟻后，大型工蟻因體型巨大被稱為「巨神兵」。
- (四)、社會結構：為單蟻后型，由1隻蟻后和約2000-6000隻工蟻組成。
- (五)、飼養：因為飼養簡單、繁殖速度快，成為許多養蟻人的喜愛。
- (六)、習性：夜行性，築巢於石縫或土中，食性為雜食偏素食，以植物花蜜、蜜腺分泌或小型昆蟲為食。

第二章 文獻探討

一、希氏巨山蟻的習性

(一)、主要習性：

1. 棲地：屬於土棲型螞蟻，偏好在近海岸且有草皮的地區築巢。
2. 食性：為雜食偏素食性，能食用含糖分的甜液，也會捕食小昆蟲獲取蛋白質。
3. 在同時有昆蟲屍體和甜液的情況下，牠們會優先將昆蟲屍體搬回巢穴。
4. 趨光性：為弱趨光性，較少聚集在光源處，因此在野外較難以燈光集。

5. 體型與分工：體型巨大，蟻后體長可達1.8公分，大型工蟻（兵蟻）體型也接近蟻后，具有明顯的體型分化（多型性）。
6. 攻擊性：在受到驚擾或防衛巢穴時會使用強壯的大顎進行咬合，但通常不會主動攻擊人類，威脅性不高。
7. 婚飛季節：主要在每年的 6 至 7 月進行婚飛（交配飛行）。
8. 飼養難度：整體而言是容易飼養的蟻種，成長速度快，觀賞性高。

（二）、分布地區

希氏巨山蟻主要分布於台灣的近海岸地區，並有跨越古北界（Holarctic realm）的廣泛分布，包括北歐、北亞和北美洲部分地區。具體來說：

1. 在台灣：希氏巨山蟻主要分布在全島近海岸且有草皮的區域。
2. 在全球：這個物種的譜系具有跨越古北界的廣泛分布，從挪威延伸到西伯利亞東部，甚至到達北極圈附近的森林邊界。牠們在北美的北部地區，特別是加拿大和阿拉斯加的北方森林（boreal forests）和山區針葉林中也很常見。

（三）、棲息地

希氏巨山蟻的巢穴通常築在腐爛的樹樁、木頭或土壤中被部分掩埋的圓木下。牠們偏好針葉林和混和林等山區棲地，並且能適應較寒冷的環境。（Google）

（四）、體型

希氏巨山蟻與其他螞蟻的主要區別在於其巨大的體型，尤其是特化的兵蟻（工蟻）尺寸懸殊，常被稱為「巨神兵」。此外，牠們性格兇猛積極，對活體攻擊意願較高，並擁有黑亮金屬光澤的外觀。主要區別：

1. 體型巨大且特化：與一般螞蟻相比，希氏巨山蟻的工蟻（兵蟻）體型特別大，這與其他種類的螞蟻有明顯差異。
2. 外觀獨特：擁有黑亮金屬光澤的外觀，這不是所有螞蟻都有的特徵。

3. 攻擊性強：在族群稍微多一點時，希氏巨山蟻的攻擊性較強，對活體目標攻擊意願較高。
4. 成長速度快：牠們的成長速度較快，活動也比較頻繁，因此需要較高的餵食頻率。
5. 適合飼養：儘管攻擊性較強，但牠們相對容易飼養，食性廣泛，對溫度適應性強，是許多螞蟻飼養初學者的熱門選擇。(Google)
6. 氣味消散：如果食物被吃完或環境有干擾，氣味會逐漸消散，追蹤速度就會變慢。

(五)、個體與群體效率

1. 單獨探勘：初期會有一小群螞蟻探索，找到食物後立刻回巢報告。
2. 集體搬運：一旦確認食物源，數量龐大的工蟻會沿著氣味快速聚集，共同搬運，效率極高。

(六)、環境與食物因素

1. 新地點陌生：在一個全新地方，氣味來源不確定，需要更多時間搜索和探索。
2. 食物耗盡/消失：食物源（如腐敗物）可能被吃光或被移除，導致原來的氣味路徑失效。
3. 競爭與干擾：其他生物或化學物質可能會干擾氣味，增加尋找難度。

(七)、生存策略

1. 高度社會化：螞蟻的強項是數量和團結，靠著不斷的探索來提高找到食物的機率。
2. 遷移行為：食物嚴重短缺時，整窩螞蟻會快速搬家，尋找新的食物豐盛地。

二、費洛蒙

洛蒙的歷史始於20世紀初昆蟲學家發現其在生物通訊中的作用，並於1959年由兩位德國學者命名。1959年，德國生物化學家阿道夫·布特南特首

次分離出蠶蛾的性費洛蒙並分析了其化學成分，確認了其在異性吸引中的角色。此後，科學家對費洛蒙的研究逐步擴展到哺乳動物和人類，儘管人類費洛蒙的存在和作用機制仍在研究和爭議中。(Google)

又稱信息素、傳訊素或外激素，是指由生物體（如昆蟲、哺乳動物）分泌到體外，被同物種的其他個體通過嗅覺器官察覺，進而影響後者行為、生理或發育的微量化學物質。費洛蒙具通訊功能，能促使同類產生特定反應，如求偶（性費洛蒙）、聚集、警告或標示食物。

（一）、核心定義與特性：

1. 外激素（Exohormone）：與內分泌系統（激素）不同，費洛蒙是釋放到體外的。
2. 同種通信：通常只對同物種的個體有效。
3. 微量高效：只需要極低的劑量就能起作用。
4. 種類：包括性費洛蒙（吸引異性）、聚集費洛蒙、追蹤費洛蒙、警報費洛蒙等。

（二）、與荷爾蒙的區別：

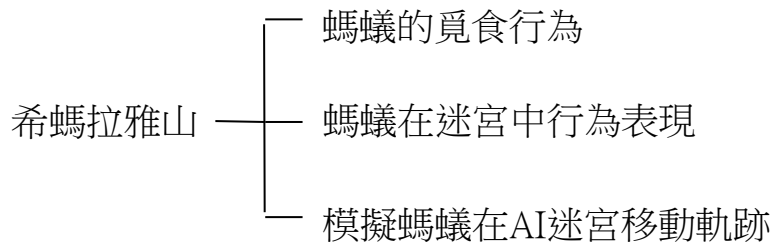
簡單來說，體內分泌的化學訊息稱為「荷爾蒙（激素）」，釋放到體外影響他人的則稱為「費洛蒙（外激素）」。

（三）、應用範例：

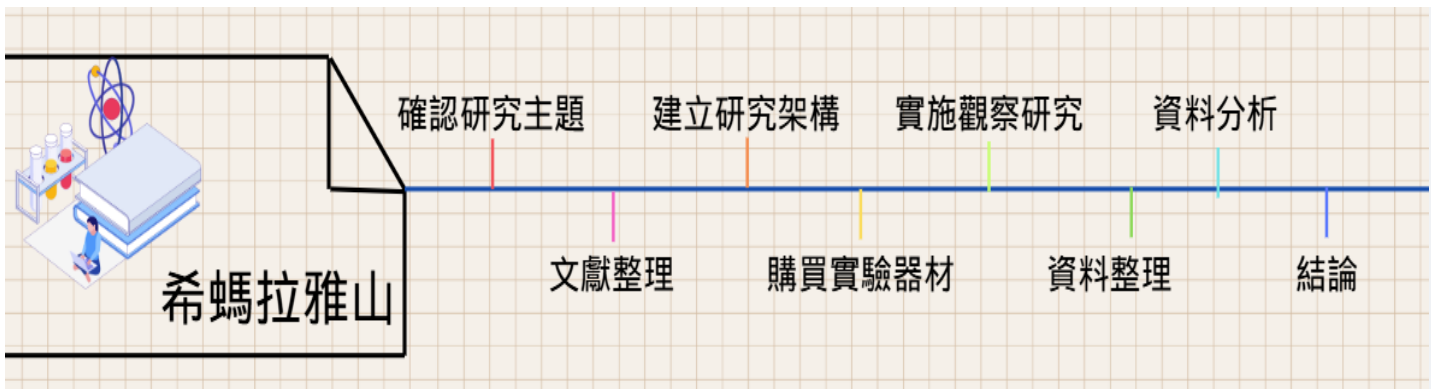
1. 農業：利用性費洛蒙誘捕害蟲，例如蟑螂誘捕盒，具有專一性高、無毒的優點。
2. 哺乳動物：豬農利用雄烯酮測試母豬是否排卵。
3. 人類：雖然存在吸引異性的說法，但科學上對人類是否具有能影響他人行為的費洛蒙尚無定論，部分研究指出它可能影響情緒或內分泌，但非立即性的行為改變。

第三章 研究方法與設計

一、研究架構



二、研究流程



三、研究設備與器材

				
外掛濕度供應器	轉角食盆	防逃液	試管塞轉接頭	10ML量杯
				
3D列印連接管	金屬鑷子	防逃塗抹刷	矽膠軟管	3ML滴管(2入)
				
蟻宅	希氏巨山蟻	實驗紙箱	迷宮	樂高

第四章 研究結果

以下是我們研究的結果：

一、製作尋找食物的實驗

本研究使用自製的紙箱實驗盒（如圖1）進行了14次覓食速度實驗，覓食速度紙箱塗了防逃液，並於角落設置喝水的地方。如圖2右上角四分之一白色扇形即是喝水的地方。

圖1 覓食速度實驗紙箱

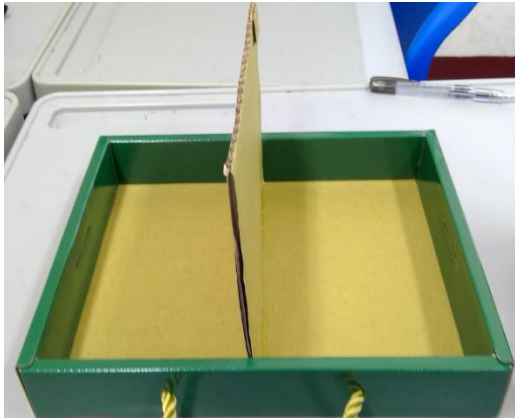
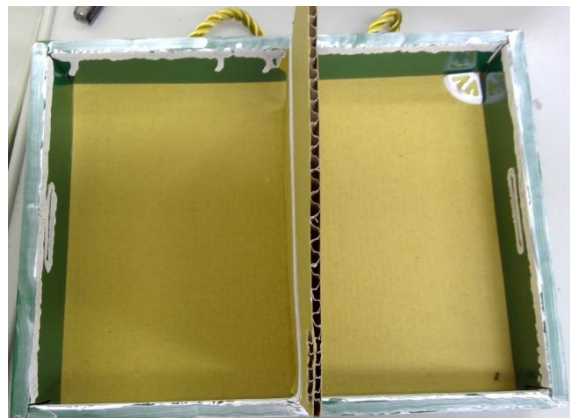


圖2 覓食速度紙箱塗了防逃液



A組螞蟻實驗記錄如表1，B組螞蟻實驗記錄表2。實驗結果如下：

1. 時間範圍：覓食時間落差顯著，最短僅需15秒，最長達180秒。
2. 平均時間： A組平均為60.17秒，B組平均為61.10秒。

表1 A組找食物實驗

1.找食物實驗				
箱x數	距離	時間	第幾次	日期
Ax1	19.5	00.45.85	1	12月8日
Ax1	19.5	00.47.81	2	
Ax1	19.5	01.17.66	3	
Ax1	19.5	01.09.37	4	
Ax1	19.5		5	
Ax1	19.5		6	
Ax1	19.5		7	
Ax1	19.5		8	
Ax1	19.5		9	
Ax1	19.5		10	
		平均:60.1725		

表2 B組找食物實驗

1.找食物實驗				
箱x數	距離	時間	第幾次	備註
Bx1	19.5	00.39.30	1	12月15日
Bx1	19.5	00.57.34	2	
Bx1	19.5	00.27.84	3	
Bx1	19.5	03.11.88	4	
Bx1	19.5	01.30.10	5	有過小門
Bx1	19.5	00.15.37	6	
Bx1	19.5	00.31.76	7	
Bx1	19.5	01.37.13	8	
Bx1	19.5	00.38.55	9	
Bx1	19.5	00.21.74	10	
		平均:61.101		

由以上實驗結果發現：時間差異顯著，顯示螞蟻在迷宮中的行為不穩定，可能受到環境陌生程度與探索策略影響。

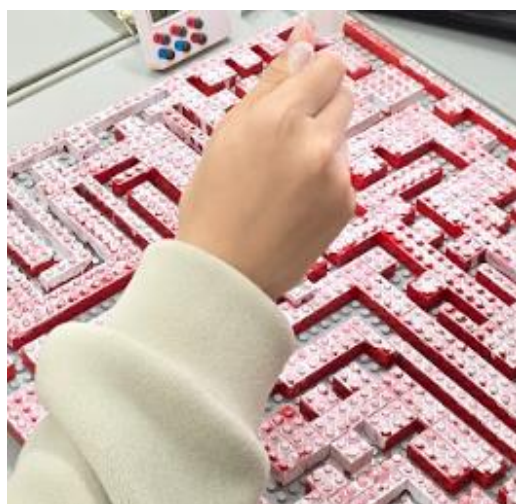
二、觀察與模擬螞蟻在迷宮中的實驗

本研究於 1月完成自製樂高實體迷宮（如圖 3）後，在實體迷宮上塗防逃液（如圖 4）進行實驗。

圖3 實體迷宮



圖4 在實體迷宮上塗防逃液



因初期防逃設計未完善，導致螞蟻脫逃，無法取得完整數據。然而，此過程讓我們發現實驗設計需充分考量螞蟻的攀爬能力與行為特性，作為後續改進的重要依據。

三、用程式模擬螞蟻在迷宮中的行動

我們用螞蟻視角設計迷宮，與gemini對話，使用google AI studio產生出程式。

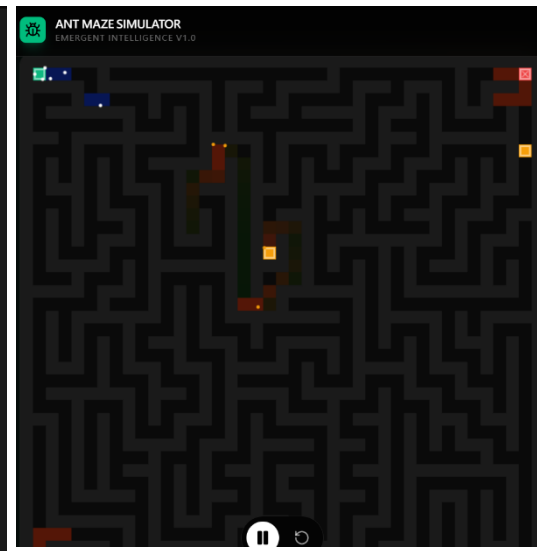
（一）螞蟻AI平面迷宮實驗：

我們開始請GEMINI設計平面迷宮，模擬螞蟻從起點(綠色方格)出發，找到終點(黃色方格)找食物的過程(參見圖5)，如果找到食物，螞蟻就會變成黃色點點，食物變成紅色(參見圖6)。如果到紅色區域(圖5 和圖6右上角)危險區域，螞蟻會直接消失。

圖5 10隻螞蟻從左上角出發



圖6 中間紅色點狀是螞蟻吃了食物



我們開始計時，看螞蟻花多少時間找到食物，總共20次，結果紀錄如表3。

表3 螞蟻AI平面迷宮覓食時間

次數	時間	次數	時間	次數	時間	次數	時間
1	00.54.97	6	00.53.32	11	00.05.14	16	01.19.24
2	00.09.13	7	00.48.83	12	00.06.70	17	00.30.07
3	04.22.48	8	10.13.08	13	00.12.00	18	00.05.06
4	01.34.29	9	00.14.15	14	00.18.13	19	01.28.66
5	00.24.32	10	00.14.94	15	00.10.53	20	02.49.36
						平均	01.19.25
							四捨五入

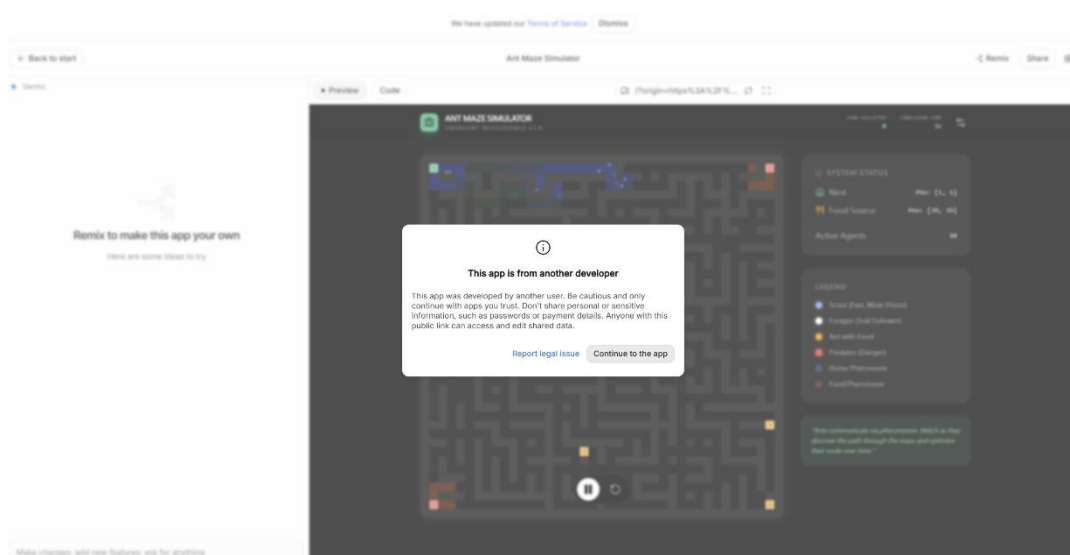
由以上結果我們發現

1. 時間分佈：實驗數據呈現高度離散，最短完成時間為 10 秒，最長則需 240 秒（4分鐘）。
2. 平均表現：經過多次測試，AI 完成迷宮的平均時間為 79.25 秒。
3. 結果觀察：由於極大值與極小值落差顯著，顯示 AI 在處理不同路徑或情境時的穩定度表示我們設定的條件還不夠精準。
4. 透過AI模擬結果，我們發現虛擬迷宮中螞蟻行為模式，與真實螞蟻在迷宮中的探索情形具有部分相似，例如在複雜路徑中容易產生繞行與重複路徑的情況。這顯示AI模擬在某些情境下可以作為觀察生物行為的輔助工具。

（二）螞蟻AI平面迷宮連結與執行畫面：

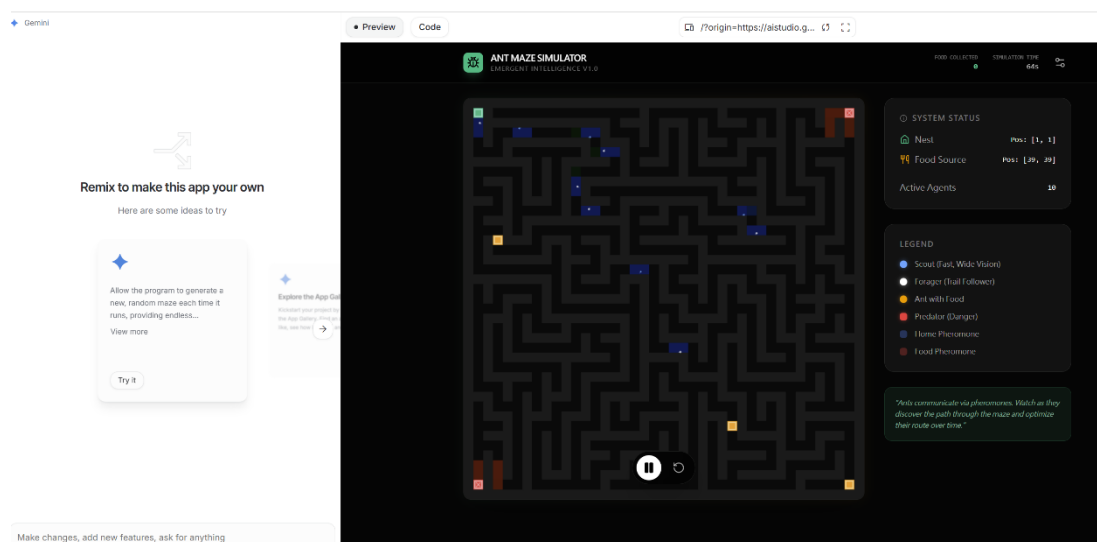
<https://ai.studio/apps/e5f1a3b7-511c-4fdc-94d9-99da86d7acb0>

圖7 連結點入後起始畫面



進入後按Continue to the app，就可以看到螞蟻從起點開始找食物。

圖6螞蟻AI平面迷宮程式執行畫面



(二) 螞蟻AI立體迷宮程式設計與實驗：

我們開始請Gemini設計立體的迷宮，模擬螞蟻視角，我們給的提示詞有三種難度的迷宮，會有捕食者，還有終點是藍色的傳送門，找不到食物可能會沒有能量而死亡，在過程有時候程式無法呈現我想要的效果，因此有許多修正的過程。

以下是我們(研究者)與Gemini(AI)對話的精簡過程：

1. 第一階段：核心玩法與視角

研究者： 幫我寫一個第一人稱視角的螞蟻互動遊戲，要在迷宮裡找食物。

AI： 沒問題！開發了《螞蟻視角：迷宮探險》。採用 Raycasting 技術模擬 3D 視野，有隨機迷宮、能量系統和小地圖。

2. 第二階段：難度分級與關卡設計

研究者： 設計三個不同難度的關卡。

AI： 已實作！

簡單： 9x9 地圖，食物少，能量扣得慢。

普通： 15x15 地圖，路徑複雜。

困難： 21x21 地圖，死路多，生存壓力大。

3. 第三階段：目標與真實感優化

研究者： 要有出入口，而且牆壁不能是透明的。

AI： 修正了渲染邏輯，牆壁改為完全不透明且帶有陰影。在左上角設置起點，右下角增加一個藍色發光傳送門作為出口。

4. 第四階段：引入威脅與移除輔助

研究者： 增加捕食者（如蜘蛛），碰到會扣能量。另外移除小地圖增加難度。

AI： 蜘蛛加入！它們會在迷宮巡邏。現在沒地圖了，你得靠視覺記憶路徑。為了平衡，提升了食物恢復的能量值。

5. 第五階段：視覺風格與戰鬥機制改裝

研究者： 牆換成紅色樂高牆，蜘蛛被咬兩下才死，第一下會緩速。

AI： 搞定！新增了生命值 UI（2 顆心）與「SLOWED」狀態。牆面也加上了樂高特有的圓形凸點。

6. 第六階段：氣氛大轉變（混凝土監獄）

研究者： 改成超高的混凝土牆。

AI： 風格轉變！牆壁高度提升 2.5 倍，顏色換成冷灰色並加上粗糙紋理，營造出壓抑的深淵感。

7. 第七階段：水域與收集任務

研究者： 增加帶有寶箱的水池和氧氣條。並引入蟻穴，要搬運食物回去。

AI： 新增氧氣系統（8 個圈）與蟻穴安全區。你現在每次最多搬 5 份食物回巢，回巢可補血補魔。水底寶箱則有高額獎勵。

8. 第八階段：捕食者多樣化與 Bug 修復

研究者： 增加甲蟲跟蜈蚣，各有攻擊方式。另外修正一個設定屬性的報錯。

AI： Bug 已修復。新增了會衝撞的甲蟲與 S 型走位的蜈蚣。蜘蛛現在還學會了「偽裝伏擊」。

9. 第九階段：終極平衡優化

研究者： 減少捕食者並放角落，去掉水池，升級迷宮演算法，要有環境音效跟動態光照。

AI： 最終版本完成！

環境： 加入風聲、滴水聲，光線會隨能量減少而變暗。

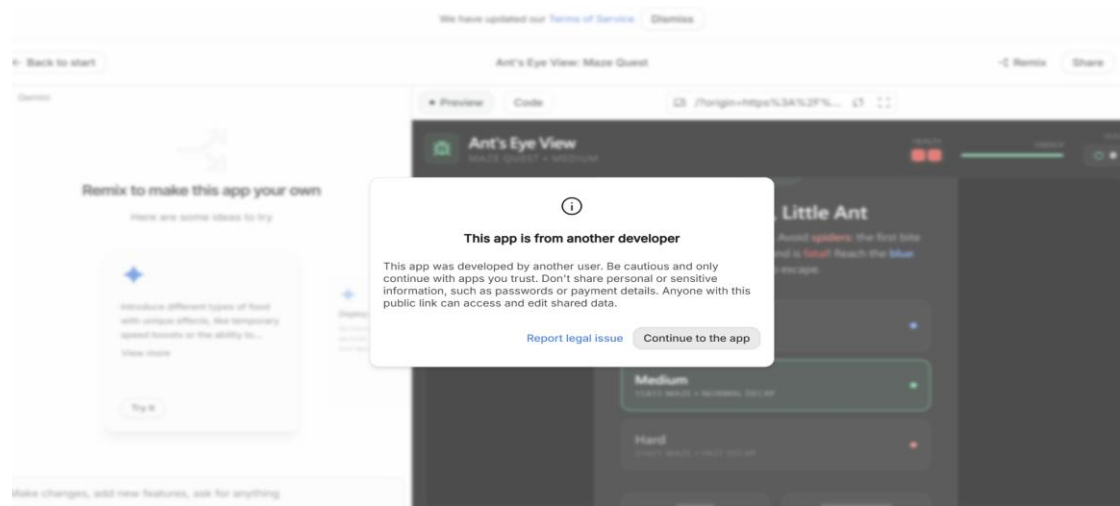
演算法： 使用 Prim 演算法生成更多環路與房間，不再死板。

勝出： 只要觸碰藍色傳送門即可結算，畫面會顯示你的收集成果與逃脫評價。

（二）螞蟻AI立體迷宮遊戲連結：

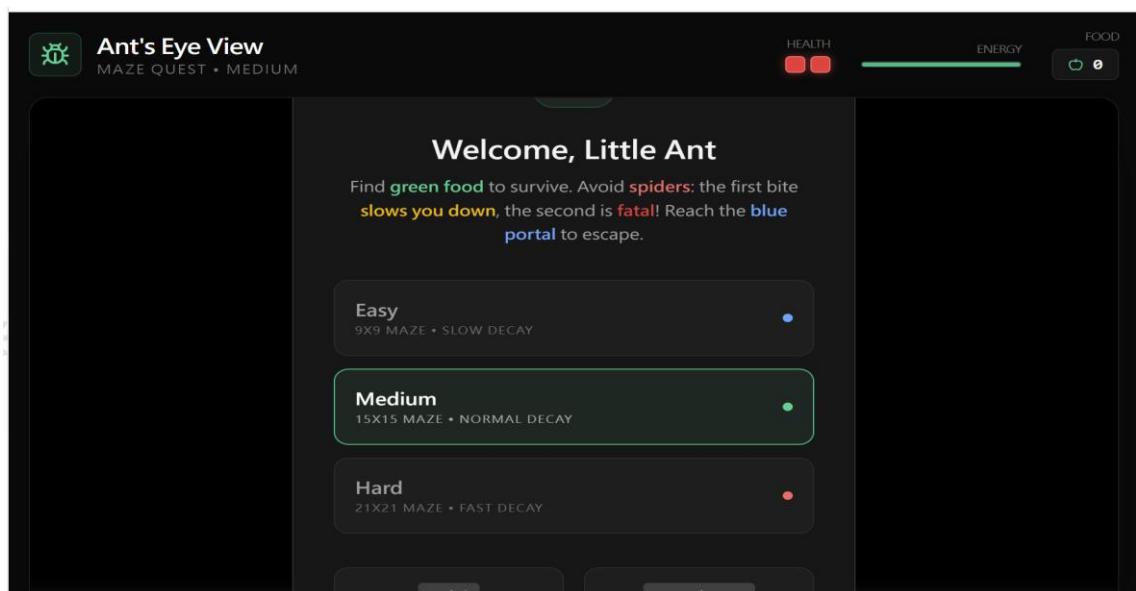
<https://ai.studio/apps/406aff0a-747f-4bd5-986b-77cf4733a296>

圖7 連結點入後起始畫面



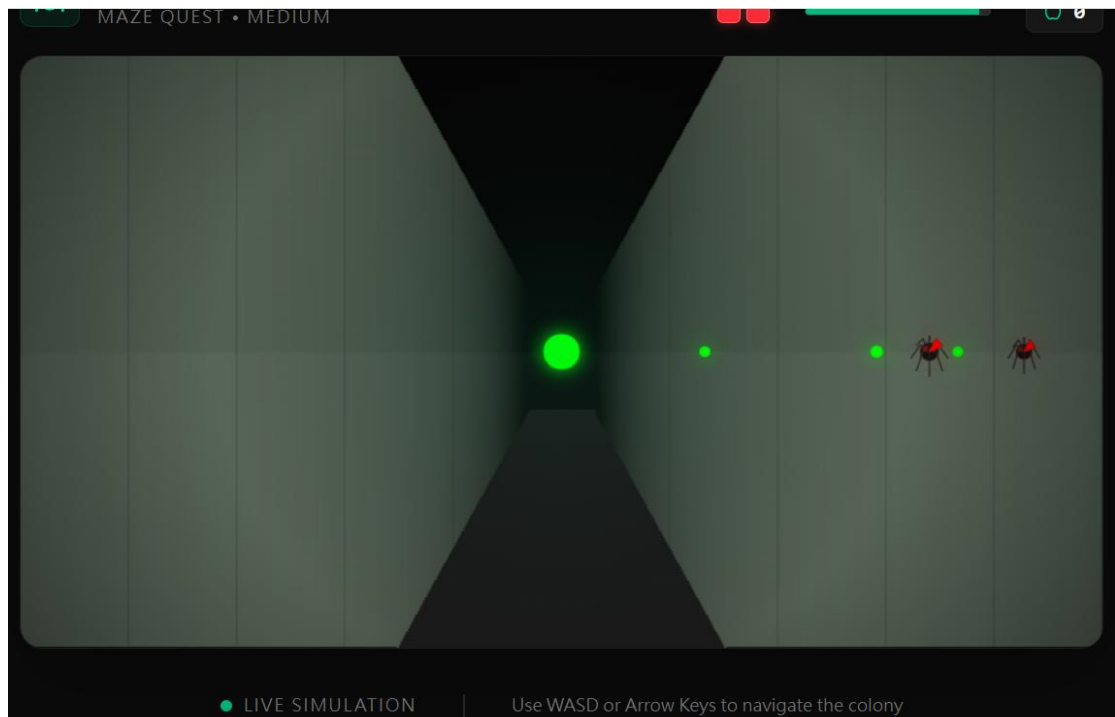
進入後按Continue to the app

圖8 連結點入後起始畫面



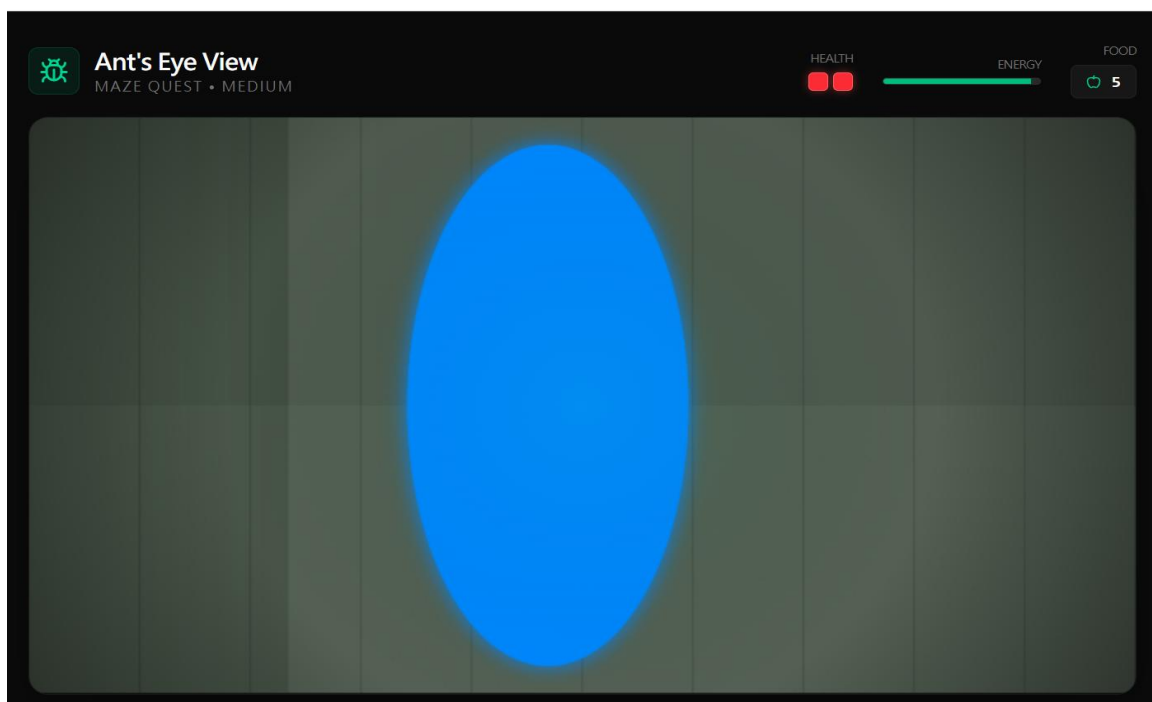
可選擇Easy(簡單)、Medium(中等)或Hard(高難度)三種難度進入。

圖9 迷宮遊戲的部分畫面與說明：



綠點：食物 黑色生物：捕食者

圖10 迷宮遊戲的部分畫面與說明：



藍色傳送門

(三)、試玩心得：

在玩的時候，體會螞蟻在迷宮中的心情，有一種明明就在眼前，卻被一道牆阻擋的感覺，讓我們體會到在迷宮中尋路的困難。

第五章 結論與建議

本研究透過實際觀察與AI模擬，探討希氏巨山蟻在覓食與迷宮環境中的行為表現，並將模擬結果與實際觀察進行比較，得到以下結論：

一、螞蟻在覓食過程中會出現不同的行為表現

透過覓食實驗，我們發現螞蟻找到食物所需時間差異很大，最短15秒，最長可達180秒。這表示螞蟻在覓食過程中，會受到環境與個體的影響，而有不一樣的覓食表現。

二、螞蟻在陌生環境中會先進行探索行為

在迷宮實驗中，我們觀察到螞蟻進入陌生環境時，常先沿著邊緣行走或隨機移動，甚至爬出圍牆，而不是直接前往食物位置。這顯示螞蟻會先探索環境，再逐漸建立移動方向與路徑。

三、AI模擬可呈現部分螞蟻行為特徵

透過AI模擬迷宮實驗，我們觀察到虛擬螞蟻在複雜路徑中，會出現繞行與重複路徑等行為，與真實螞蟻的探索情形具有部分相似性。這表示AI模擬在某些條件下，可以作為觀察生物行為的輔助工具。

四、AI模擬與實際觀察之間具有相似與差異

比較AI模擬與實際觀察結果，我們發現兩者在行為趨勢上具有相似性，例如都會出現探索與繞行現象；但在穩定性與細節表現上仍存在差異。這顯示AI模擬仍需透過調整條件與持續修正，才能更接近真實情況。

五、綜合結論

我們研究有實際觀察與AI模擬，從不同角度理解螞蟻在陌生環境中的行為策略，屬於探索性研究。我們發現螞蟻行為會受到環境影響，而AI模擬可部分呈現其行為特徵，提供了另一種理解生物行為的方式。

四、建議與未來改進

- (一)、迷宮設計可再改良，降低螞蟻逃脫的情形，以提升實驗穩定性。
- (二)、可設計不同型態的迷宮，進一步比較螞蟻在不同環境中的行為差異。
- (三)、AI模擬系統可增加更多變化條件，使結果更接近真實情境。
- (四)、未來可進一步比較真實螞蟻與AI模擬螞蟻在行為上的異同。

參考文獻

螞蟻帝國官網

<https://www.empireofants.com/>

捕蟻人官網

<https://antcatcher.com/?srsltid=AfmB0oo3xweJRvw3fMtUDICrVaNxT5p5CzGL8eSCyVjoUVPL6j5bSE0M>

蟻束光陰

<https://twsf.ntsec.gov.tw/activity/race-1/64/pdf/NPHSF2024-080312.pdf?0.6710906098917949>

蟻隻獨秀

<https://drive.google.com/drive/folders/1rB9jT8373SbuJE8sqihKGUDLdCrtW6M0>

螞步停蹄 蟻兵止步

<https://drive.google.com/drive/folders/1rB9jT8373SbuJE8sqihKGUDLdCrtW6M0>