

# 設計桌旁的生物學家 仿生設計方法學與仿生 沙龍跨域對話

撰文/江佳純

台灣仿生科技發展協會自 2014 年底成立，以遵循自然、善用科技為宗旨，提倡仿生科技之產業化運用，並順應國際仿生科技與產業之潮流，追求人類永續繁榮發展，目前協會理事長為台灣經濟研究院孫智麗博士，運用計畫資源培育仿生人才 (Biomimicry Specialist)、建立與全球仿生社群之國際網絡。協會也推動各界與生命科學領域之交流與合作，除透過關鍵議題對話、主題式工作坊、設計競賽等，也藉由定期舉辦「仿生沙龍」來推動仿生設計概念。「仿生沙龍」為協會獨特之主題式跨域對談，綜整生命科學、科技、產業、藝術等領域進行交流。今 (2019) 年「仿生沙龍」訂「解碼大自然的綺麗顏色」、「仿生設計大未來」主題，分別邀請中興大學生命科學系許秋容教授來介紹植物結構色的發現、清華大學生命科學系與系統神經科學研究所焦傳金特聘教授介紹烏賊偽裝的構成機制，以及中興大學昆蟲學系李後鋒副教授介紹白蟻的共識主動性，以生物策略的介紹，激發與會者創新的靈感。

## 到底什麼是仿生設計方法學？

全球仿生總會與仿生顧問公司 Biomimicry 3.8 提出仿生設計思考概念，演繹仿生的層次包含從生物的形態 (Form)、形成作用的過程 (Process) 以及生態系統 (System)，強調功能 (Function) 以及系統性思考 (System Thinking) 的整合，以科學為基礎

(science-based)、忠於轉譯生物的策略進行創造並以「生命運行的準則 (Life's Principles)」衡量、堅守永續的價值。設計思考整體架構以「生命創造有利於生命存續的環境 (Life Creates Conditions Conducive to Life)」為中心思想，強調非單純追求效率與效能，設計與研發應由宏觀角度思考長期的影響。

仿生設計方法學進行仿生設計時，生物策略探詢的深度與廣度，以及對於機制作用的理解程度，往往反映於作品概念、轉譯為工程應用的時程、方案成效驗證中。由於並非每個進行仿生設計的個人或團隊都擁有豐富的生物學知識，因此除了生物策略功能搜尋網站 (例如 AskNature) 可作為工具平台之外，與生物學家的合作相形重要。

就功能理解而言，生物學家與生態學家的角度從生物在經歷哪些環境條件限制下，演化出適應的哪些功能，而工程師大部份會直接單就功能、結構、系統來拆解。假設有 100 種類似功能的生物策略，如何在當中找出於專案條件限制下、較為符合需求功能者，必須對生物策略的來龍去脈有相當的掌握，方能從中覺察細微的不同之處、協助進行篩選。根據《自然》期刊 (Nature) 的評論，演化生物學家能運用整個物種演化支系 (lineage) 來協助仿生研究者測試一般形態與功能和環境間的關聯，例如針對蜘蛛的比較研究指出，隨著該物種適應不同的

環境條件，蜘蛛絲會演化出不同的結構特性。

就策略多樣性而言，生物學家能協助提供更多樣的生物啟發。根據 *Bioinspiration & Biomimetics* 期刊顯示，1997 年有關蓮葉自潔效應的研究、以及 1999 年起疏水結構的製造研究發表後，「蓮葉效應」直接啟發了後續超過 1700 篇有關蓮葉濕潤性以及工程上的蓮葉仿生設計，雖然這些研究讓超疏水結構的製造技術更加成熟，不過其設計範圍從未超出既有的概念，也就是在水下隔絕出空氣層。直到 2011 年，另一項突破性的仿生啟發，也就是豬籠草啟發的多孔疏水表面，將多孔的表面結構浸潤於潤滑劑中讓該材料產生疏離多種液體的功能。光是蓮葉與豬籠草的仿生啟發研究就被引用超過 1000 次、引發至少 100 種以上的專利、促成超過 20 家的新創公司。生物學家估計目前地球上至少有 870 萬種的真核生物（動物、植物、真菌類），已知運用於工程設計的生物系統數量可說微不足道，一方面也受限於目前人類對生物的理解不夠。相較於一種生物策略只解決一種仿生工程問題，若是能將地球上的生物多樣性導入受自然啟發的工程設計勢必能嘉惠於科學與創新的進展。

此外，生物演化的過程取決於無數的原因，例如遺傳變異的可用性，從工程角度來看很少是完美或符合需求的，藉由生物比較研究，也可能協助找出為模仿特定生物特徵的方法。如此能讓工程師們從多樣性的演化中找到模式 (pattern)，例如了解四足類的步行能解決不同速度或表面的運動問題，或從了解人類、章魚、昆蟲等不同物種的眼睛來找出優化視覺系統與光學應用的方法。倘若工程科學家能與生物學家合作，從更廣的生物問題來思考，亦能從多元生物策略歸納出整合性的解方，例如飛行、儲水、如何製造出藍色等等。

為了促成跨域合作，生物學家也需理解工程、設計或建築領域所使用的「行話」，便於進行生物策略與工程系統間的翻譯。仿生顧問公司 Biomimicry 3.8 共同創辦人黛娜·鮑麥斯特 (Dayna Baumeister)

在 2002 年提出「設計桌旁的生物學家」(Biologist at the Design Table, BaDT) 的概念與養成，包含必須能以功能為基礎來獲取或提供生物知識、必須具備向非生物背景的跨領域團隊溝通資訊的能力、需要重新探索並學習自然史。由於傳統生物學的教育以生物分類為基礎延伸，黛娜認為如能以功能需求分類來學習，例如流體、附著、過濾、顏色等等，能讓生物學知識直接貼近人類挑戰的需求。生物學家與其它領域團隊，在溝通生物知識時不僅需要正確地傳達、也需要對方正確的理解，因此需藉由吸取不同領域的知識來提升溝通能力。至於自然史，是從歷史的觀點來看自然世界的模式以及過程，綜整了自然科學、歷史地理、人類學等，有助於強化生物學家、教育機構、產業以及一般大眾之間的互依關係。

呼應 Biomimicry 3.8 在 2004 年啟動「設計桌旁的生物學家」訓練計畫，台灣仿生科技發展協會以「仿生沙龍」的模式，主題式邀請生物學家與各領域人士進行對話，藉此形塑「設計桌旁的生物學家」體系。

## 解碼大自然的綺麗顏色—顏色的創造只能用染劑嗎？

中興大學生命科學系許秋容教授從秋海棠葉片虹光色彩中，找到植物結構色的作用機制。一般談及生物的結構色，例子多為孔雀的羽毛或大藍閃蝶的翅膀，植物的結構色較少出現。許教授的團隊對於秋海棠屬葉片所展現的虹光 (iridescence) 現象感到好奇，他們以秋海棠屬植物的斑葉來觀察。斑葉大致可分類為色素形斑葉（葉綠素型、色素型）、結構型斑葉、還有多機制結合型斑葉。團隊發現展現虹光的葉片具有一特殊的層狀體，該層狀體結構的多層膜間距較窄時，光線進入葉片會反射虹光，也就是這種物理性顏色、細胞間隙型斑葉的形成，與近軸面表皮細胞或儲水組織、與下方的葉綠組織之間的細胞間隙散射入光線有關。物理結構色為仿生科技重要的研究領域，有可能激發對環境更友善的顏色製程。



說明：中興大學生命科學系許秋容教授介紹植物結構色的發現

圖一 台灣仿生科技發展協會仿生沙龍-解碼大自然的綺麗顏色

## 烏賊的變裝秀—哈利波特小說中的隱型斗篷有可能實現嗎？

清華大學生命科學系與系統神經科學研究所焦傳金特聘教授是國內研究頭足類動物的專家，包含鸚鵡螺、章魚、魷魚、烏賊都屬於這一類。部份生物面臨天敵的威脅或捕食需求會演化出「偽裝術」，而一般提到「偽裝」，普遍認為變色龍為箇中好手，不過相較於變色龍運用內分泌調控體色，餐桌上出現的烏賊透過視覺神經訊號來控制皮膚上色素囊(Chromatophores)的收縮，在幾秒內(甚至一秒)就能迅速改變體色，速度比變色龍更快。烏賊運用三大類的體色策略(均勻型、斑駁型、破碎形)融入背景環境中，因此偽裝並非做到完全相像，「看得到，卻看不出」才是關鍵。許多材料工程學家希望仿效烏賊的偽裝行為，也就是「感覺與運動神經的整合系統」，來製備可調控顏色的複合材料。

## 白蟻的共識主動性—無為而治的社會存在嗎？

中興大學昆蟲學系李後鋒副教授主要研究白蟻，包含個體的結構與功能、行為、分類、多樣性、生態、親緣地理學到防治，包含白蟻也是少數的「農夫」，培植雞肉絲菇作為糧食！他說明白蟻群可視為一個超個體(superorganism)、一個由許多有機體所組成的有機體系，其社會分工高度專業化，階級大致可分為蟻后與蟻王、兵蟻、工蟻。白蟻在沒有「中央政府」控制下，個體對於知識與資源的掌握度也不高、甚至在沒有計畫下，彼此間透過生物訊息的傳遞與共振(白蟻間互相餵哺唾液)，能十分有效率地完成築巢工作，這種去中心化、自我組織、依環境條件智能的協調合作體系，當中的運作機制被稱為「共識主動性」(Stigmergy)。「共識主動性」對於啟發社會創新、組織改造、數位運算甚至財務金流，皆有潛力與應用。



說明：清華大學生命科學系與系統神經科學研究所焦傳金特聘教授介紹鳥賊偽裝的構成機制

## 圖二 台灣仿生科技發展協會仿生沙龍—仿生設計大未來之鳥賊的變裝秀

人類社會面對越趨複雜的問題與挑戰，除了彼此間跨域合作之外，從生物找尋靈感發展解方已非新鮮事。在過程中，如何以系統性的方式，納入生物學家的角色、以及生物學家如何因應需求，正確的轉譯自然策略、融入研發體系，除了各自領域的



說明：中興大學昆蟲學系李後鋒副教授介紹白蟻的共識主動性

## 圖三 台灣仿生科技發展協會仿生沙龍—仿生設計大未來之白蟻的共識主動性

深度化與廣度化，形塑一個「設計桌旁的生物學家」體系或許能更有效率的支援任務，這也是台灣仿生科技發展協會自我期許的目標之一。

AgBIO

江佳純 台灣仿生科技發展協會 秘書長

### 參考文獻

1. Snell-Rood E. (2016) *Interdisciplinarity: Bring biologists into biomimetics*, Nature, 529, 277–278, retrieved Jul. 1, 2019 From <https://www.nature.com/news/interdisciplinarity-bring-biologists-into-biomimetics-1.19188#/trends>.
2. Rolf Müller *et al* (2018), *Biodiversifying bioinspiration*, Bioinspiration & Biomimetics, Volume 13, Number 5, retrieved Jul. 1, 2019 From <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-3190/aac96a/meta>.
3. Baumeister D. (2002) *Training Biologist For Emerging Niches in Non-Traditional Jobs*, retrieved Jul. 1, 2019 From [https://s3-us-west-2.amazonaws.com/biomimicry-static/downloads/Baumeister\\_Diss\\_Ch3.pdf](https://s3-us-west-2.amazonaws.com/biomimicry-static/downloads/Baumeister_Diss_Ch3.pdf)
4. 許秋容 (2019) 植物的光學魔術: 從白斑到絢麗的虹彩 簡報資料。
5. 中興大學 (2018) 興大團隊揭開秋海棠葉片虹光色彩的奧密, retrieved Jul. 1, 2019 From <https://www2.nchu.edu.tw/news-detail/id/42698>。
6. 焦傳金 (2019) 鳥賊的變裝秀 簡報資料
7. 清華大學 (2011) 色盲鳥賊偽裝術揭密 視覺行為生態學新發現 retrieved Jul. 1, 2019 From <https://www.nthu.edu.tw/hotNews/content/391>。
8. 李後峰 (2019) 蟻王蟻后不管事:談白蟻的共識主動性 簡報資料。