

科技部工程司
107年度「智慧仿生材料與數位設計平台」專案計畫
徵求公告

壹、前言

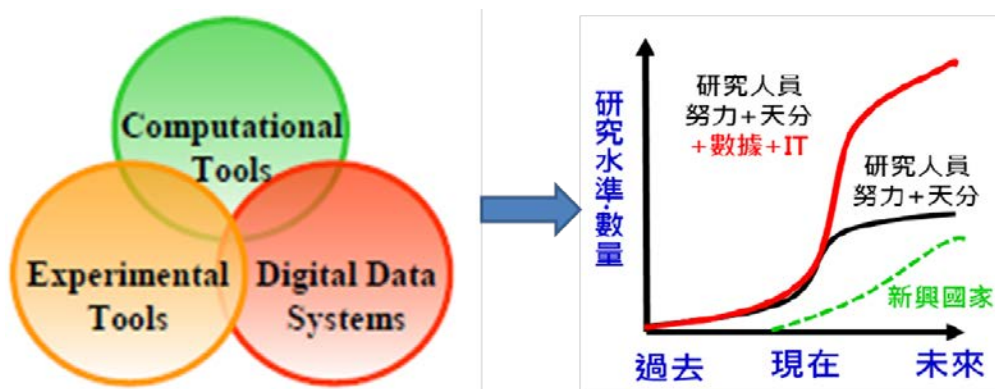
人類長久以來不斷地嘗試追求科技的極限，期望提供更加便捷的生活，但相較於現今的科學技術，大自然在解決問題時採用的方法常常更加簡易、直接且高效，「師法自然」一詞在過去十餘年間替無數工程師及設計者帶來了嶄新的思惟模式。在電影「蜘蛛人」系列中，主角彼得變身成蜘蛛人，從腕中射出蜘蛛絲，在大廈之間穿梭。蜘蛛絲直徑只有頭髮的1/10，卻比同粗細的鋼絲更強韌，比尼龍更具有彈性。蜘蛛絲由兩部份組成：隨意排列而不具方向性的基底，以及排列整齊的晶體 β 摺板。前者貢獻了蜘蛛絲驚人的彈性，而後者則利用胺基酸之間的氫鍵，提供了蜘蛛絲的強度。因此以自然界生物為靈感，利用現有的材料資源，可合成新穎的材料工程應用。然而仿生不是對大自然的拙劣模仿或照搬，而是必須有創意元素，才是最重要。

近年來，仿生(Biomimicry)或生物啟發(Bio-inspiration)相關研究在許多先進國家已是政府大力補助的研發重點項目，但對國內學、業界或是一般民眾而言，此新穎概念仍處於萌芽階段。仿生工程學乃是藉由觀察、模擬自然界中各式不同生物與生俱來之獨特性質，包括其結構、功能外顯行為或甚至系統構造等，藉由體內引發之物理及化學過程，提供有別於傳統材料的設計途徑和系統架構的科學。生物材料與系統具有許多優異特性，如多階層結構、多功能性、高效率、低耗能、零污染、環境適應/自我修復能力、生物相容性等。材料工程發展迄今，面臨許多材料開發瓶頸與有限實驗挑戰，師法自然，進行智慧仿生材料設計並結合材料數位技術，縮減產品商業化研發時程，是創造永續發展，創新產業必要的策略。

材料技術的研發模式，已從第一代的經驗法則(Empirical science)、第二代的理論基礎模式(Model-based theoretical science)，如熱力學、動力學等，發展到目前第三代的電腦模擬(Computational science and simulations)。未來即將邁入材料4.0-材料資訊系統化(Big-data driven science)，包括數據庫建立、高速計算、人工智慧、機械學習等。

「材料基因數位技術開發平台」(Materials Genome Initiative, MGI)是透過材料實驗、理論模擬及高速運算並藉由大數據分享及分析，以期增進材料設計、製造、系統工程等各階段之整合。開發一個

大幅縮減研發時程之創新材料技術研發平台，加速新產業及工業化驗證。美國福特汽車和波音公司利用MGI，建立跨尺度模擬與材料設計優化能力，縮短研發至商業化時程並大幅降低成本。



目前國內學術界於仿生材料與MGI材料數位技術之研究，分散於各領域，缺乏整合，而產業界起步較晚，對於產品的開發，一直停留在傳統的材料與舊有經驗法則，尚未利用仿生科技與材料數位平台解決關鍵技術問題和創新材料發展瓶頸。例以金屬與合金材料之輕量化為，若能導入仿生設計與MGI運算，可維持金屬材料與元件之機械強度，同時大幅減少其重量。此外，玻璃和陶瓷材料的脆性，也可利用仿鮑魚殼珍珠層之多階層介面設計，提升其韌性。模仿生物系統的模仿生物系統的運作機制，也可達到提高節能效率與環保的效果。因此本專案研究計畫「智慧仿生材料與數位設計平台」，係為提升國內仿生工程的研發能量，朝向多功能性、高效率、低耗能、零污染的創新應用，來協助產業界開發新材料及發展新技術，並縮減產品商業化研發時程。鼓勵學者從智慧仿生的概念，藉由材料科學進入創新應用研究，技術發展成熟度由『創新材料結構設計研發』推向『系統結構或元件驗證』，以產生原創性的智慧仿生材料與元件系統技術，來提升國內產業在智慧仿生科技工程的需求及增進產業的競爭力。本計畫聚焦在「高強度輕量化的智慧機械結構元件」、「低污染的節能/儲能/環保元件系統」、「多功能仿生醫療輔助結構元件」、「高效率光電感測元件系統」與相關跨領域的應用研究，以因應未來臺灣在發展5+N產業發展所面臨的轉型等種種挑戰。為達成此計畫目標，本專案研究計畫藉由瞭解仿生自然界之結構-性質-功能的核心機制，以材料科學與工程的方法研究仿生材料與系統，再利用材料數位技術平台(MGI)，從材料設計與選擇、關鍵結構設計與驗證等角度切入，期能建立智慧仿生材料設計與材料數位技術之重要資料庫、加速材料創新、解決關鍵問題、促進產業轉型與升級、創造具在地特色之新產業，進而定位

出台灣與國際競爭的優勢與利基。

貳、計畫目標

- 一、藉由深入瞭解仿生自然界生物特性，從仿生之結構-性質-功能-外觀行為之核心機制，從事創新材料與技術的開發並提升研發水準及國際能見度。
- 二、利用材料基因技術平台(MGI)與人工智慧(AI)進行製程優化及最佳化設計，加速新材料之開發與產業化驗證。
- 三、整合學界、法人研究資源與產業界，建立智慧仿生材料與MGI研發鏈結，推動創新產業聚落創新應用。
- 四、提升台灣優勢及在地化特色之仿生材料科技，建構仿生材料數據資料庫及產學研共享資料技術平台與合作，以強化我國產業於全球市場之競爭優勢與差異性。
- 五、培養智慧仿生材料與數位設計跨領域人力，達到技術整合開發與永續發展之功效。

參、計畫內容與重點研究項目

一、計畫內容

- (一)總計畫內容必須陳述整體計畫目標，並挑戰自然界生物特性，以開發具有前瞻性及創新性的智慧仿生材料及結構，明確敘述規格指標及相關產業的應用，以建立競爭的優勢。
- (二)本計畫書中應具體說明國內外相關產業現況與深入分析本計畫之技術優勢與研究之必要性，並著重於智慧仿生材料的創新性及前瞻性與數位基因應用工程整合。詳細訂定各年度里程碑、查核點、評量指標，以作為評審或查核之依據。於計畫結束，必須完成相關材料應用的資料庫，並進行系統應用成果展示。
- (三)本專案計畫是以智慧仿生材料的設計與開發，整合仿生材料結構的理論或模擬、材料數位技術的計算及分析、以及材料結構元件的系統應用等。本計畫將結合國內相關領域之優秀學者團隊，以研發整合具特定應用的材料工程系統。每一計畫須利用智慧仿生材料及數位技術平台，整合出具特定應用功能的材料元件或系統。
- (四)本專案計畫將以開發智慧仿生材料的設計與開發為主，針對下列重點研究項目進行相關主題的學術探討及應用效益評估。本專案研究計畫內容需含蓋三個層面：1. 智慧仿生材料的研發；2. 材料

數位基因工程;3. 元件系統應用與開發。透過跨領域團隊合作研究，發展智慧仿生材料、建構材料資料庫、驗證功能性並整合於系統應用，以開發未來具產業應用潛力之智慧仿生材料。

- (五)本專案計畫以達成智慧仿生創新材料開發及相關材料應用的資料庫，以加速具產業應用潛力的實用性技術為主要目標，規劃四年期計畫，前二年至少完成智慧仿生創新材料核心技術的開發與材料數位技術架構建立，第三年至少完成智慧仿生創新材料性能優化與系統應用的雛型規劃，第四年至少完成仿生材料的資料庫並整合於系統應用，藉由產學研共享資料技術平台與合作應用，發展相關創新產業與技術，上述需完成項目，於計畫書中應詳細述明。
- (六)本專案計畫鼓勵與國內外學術或產研單位合作研究開發，各計畫團隊可與相關單位接洽合作事宜，可合作或協助單位包括工研院材化所之材料數位工程與系統應用整合；國網中心的材料數位基因工程技術，並可參考美國NIST或日本NIMS單位材料基礎物性的資料庫等。

二、重點研究及應用項目

本計畫必須同時包含(一) 智慧仿生材料相關技術及(二)材料數位設計平台與產業應用兩分項。透過整合團隊研發從仿生材料之結構、性質與功能關鍵機制探討、多尺度模擬、資料庫建立、設計優化、功能驗證至系統整合與應用，並訂定仿生材料系統應用的明確指標規格及定位核心技術之技術成熟度(TRL)(如附件 1)。

- (一)計畫內容必須聚焦下列智慧仿生材料相關研究重點中一項或一項以上之研究項目：

1. 具優異機械性質與多層次結構之仿生複合材料與系統：

本研究主題可以藉由學習自然界生物如蜘蛛絲、貝殼、石鱉等具有相當優異的機械特性及省能功能，透過研究複合材料之多階層結構的合成與設計，探討其結構-機械性質-功能之關聯性與關鍵機制，開發兼具輕量化、高強度、高韌性等優異機械性質的新型仿生複合材料及多層結構。因此必須具有下列優異的性能指標：

功能：具有多層輕質量複合結構能達到抗耐衝擊撞裂能力。

輕量：密度較克維拉纖維低，輕量化 $\rho^*/\rho_s \leq 0.3$ ，提升 30%。

抗張強度：較克維拉纖維(Kevlar)強 1.5 倍，比強度 $\sigma/\rho^* \geq 10$ ，提升 50%。

2. 具多功能表面性質之仿生材料結構與元件：

本研究主題可以藉由參照自然界多種生物如鯊魚表面所具有的優異結構光及潤濕或是植物的光合作用等多功能表面，來調控各種不同複合材料的組成/結構及表面改質技術，開發具有優異表面特性與材料結構具有超疏水/超親水及自潔功能，因此必須具有下列優異的性能指標：

功能：具有多層不同性質的表面構造，應用於無污染的節能與環保相關系統。

超疏水性 $CA \geq 150^\circ$ ，超親水性 $CA \leq 10^\circ$ ，滾下角度 $\leq 5^\circ$ 。

吸附能力 $\geq 1 \text{ Kg/cm}^2$ ，提升 50%。

3. 具智慧仿生行為之生物相容材料結構與系統研發：

本研究主題可藉由了解生物系統作用機制與優異功能例如石蛾蟲絲網狀水凝膠，仿飛蛾複眼具有高感光的奈米凸塊陣列。藉由設計不同複合材料特性及結構，同時考慮機械剛性與長期生物相容性，亦可併入導電奈米材料於網絡結構，來調控生物體的行為，可同時具有導電性及高延展性，可應用於智慧型仿生機械，人工組織的修復及醫療調控。因此必須具有下列優異的性能指標：

功能：具有高生物相容性與高、與應用於人體組織修復和醫療功能性調控或再生醫學元件。

延展性 $> 200\%$ （根據不同功能及組織而不同的標準）

細胞貼附 (*adhesive cell number/loading cell number*) $\geq 50\%$

生物相容性 $> 80\%$ 細胞存活(體外培養 30 天後)

導電性 $\geq 0.1 \text{ s}^{-1} \text{ cm}$

4. 具多重感測之仿生複合材料結構與元件系統開發：

本計畫可以藉由模擬自然界生物優越的結構或系統，例如螳螂蝦三重視覺眼睛或仿生安班加豹變色龍等具有優異光電功能特性，因此可藉由調控各種不同複合材料的組成與複雜有序仿生結構的變化，應用於具有光電感測及智能生醫監測，並整合實驗與導入模擬，以開發出具有多重感測性質的創新仿生材料結構元件，因此必須具有下列優異的性能指標：

功能：能智慧光感應、深淺壓力、顏色能力與冷熱溫差，應用於光電影像感測及生醫偵測元件系統等項目。

壓電靈敏度：壓電係數 $\geq 40(\text{pC/N})$

觸覺感應性：觸覺靈敏度 $\geq 9.5 (\text{Pa}^{-1})$

濕度感應性：濕度靈敏度 $(\Delta R/R_0 \text{ per } 1\%RH) \geq 1.5\%$

溫度感應性：溫度偵測下限 $\leq 10^\circ\text{C}$ ，溫度靈敏度 $(\Delta R/R_0/^\circ\text{C}) \geq 0.5\%$

動態視覺：能分辨至少三種原色以上 $>400 \text{ pixel}$ 。

5. 其他研究項目：

其他不屬於前述 4 項研究範疇之智慧仿生材料或系統，請在計畫書內另外說明。。

(二)計畫內容須包含材料數位設計平台與下列產業應用中至少一項之研究項目：

申請本專案計畫必須聚焦在「高強度輕量化的智慧機械結構元件」、「低污染的節能/儲能/環保元件系統」、「多功能仿生醫療輔助結構元件」、「高效率光電感測元件系統」等相關產業應用項目之一。同時必須導入材料數位設計平台(結合模擬運算及人工智慧機器學習技術)，建立材料組成與應用資料庫；並提供材料選擇、設計與分析，進而應用於系統，完成具有特定性質的模組與相關功能驗證。

肆、計畫申請與審查

一、計畫申請注意事項

(一)計畫之主持人儘可能參與智慧仿生材料與數位設計平台的說明會及材料基因技術課程論壇。(本專案將於3月5日假科技部2樓13會議室舉辦專案說明會，擬參加說明會之人員請上網報名，網址為<https://sites.google.com/site/msenctu2018/>)

(二)計畫之主持人與共同主持人資格必須符合本部補助專題研究計畫作業要點之規定。

(三)計畫研提以單一整合型四年期計畫為限，各主持人應實質參與研究，計畫書中應詳實註明各主持人負責之研究主題，整合之計畫需有整體明確的目標。每位主持人或共同主持人以參與本專案一件計畫為限，協同主持人不受此限。

- (四)申請書採用本部一般專題研究計畫之計畫書格式，其中表 CM03 研究計畫內容頁數以不超過 40 頁為限。本專案計畫書中須規劃研究項目及應用項目，且須針對各項核心技術評估其技術成熟度(如附件);並請將附件置於計畫書表 CM03 研究計畫內容最後。
- (五)計畫依本部專題計畫申請方式於線上提出申請，每件計畫每年申請金額以不超過800萬元為原則。
- (六)全程執行期限自107年8月1日起至111年7月31日止。
- (七)計畫類別請勾選「一般型研究計畫」、研究型別請勾選「整合型計畫」、計畫歸屬請勾選「工程司」、學門代碼請勾選E9856(智慧仿生材料與數位設計平台專案計畫)，以利作業。

二、計畫申請時程

計畫自公告日起接受申請，申請人依本部補助專題研究計畫作業要點，研提計畫申請書(採線上申請)，申請人之任職機構須於107年4月18日(星期三)前函送本部(請彙整造冊後專案函送)，逾期不予受理。

三、計畫審查

審查作業包括初審及會議複審，如有必要將安排計畫主持人簡報計畫內容。

四、其他

- (一)本專案計畫無申覆機制。
- (二)其他未盡事宜，依本部專題研究計畫作業要點及其他相關規定辦理。

伍、計畫考核

- 一、年度計畫結束前2個月，計畫總主持人應於本部系統中繳交期中成果報告。
- 二、本專案計畫每年均進行研究成果追蹤、查核與考評，審查結果將列為下一年度是否繼續補助或調整經費的參考依據。
- 三、計畫全程(四年)結束時除應繳交結案報告外，並需展示研究成果，包括學術理論、關鍵性材料技術、優質論文發表、重要專利或其他實體產品，視需要進行現場訪視或舉辦成果發表研討會。
- 四、計畫執行後期，將考核計畫成果對產業創新之實質貢獻，解決關鍵問題並提升產業競爭力。
- 五、執行團隊須配合本部進行計畫執行成果發表、推廣應用及交流等

工作推動。

陸、專案推動小組

專案召集人：

段維新教授 台灣大學材料科學與工程學系

Tel：(02)33663899

E-mail：tuan@ntu.edu.tw

專案共同召集人：

陳三元教授 交通大學材料科學與工程學系

Tel：(03)5731818

E-mail：sanyuanchen@nctu.edu.tw

材料學門承辦人：

劉春妙副研究員 科技部工程司

Tel：(02)27377526

E-mail：yvonne@most.gov.tw

專案助理：

楊翊筠小姐 材料工程學門助理

Tel：(03)5712121#55397

E-mail：yyyang@mail.nctu.edu.tw