

當藝術遇見化學：科學顯微影像與藝術創作

曾曉凡、陳俊太*

國立交通大學應用化學系

*jtchen@mail.nctu.edu.tw

■ 前言

一直以來，大多數人或是學生都把科學研究視為很難親近的工作，也認為科學研究是很枯燥乏味的。為了能夠增進大家對科學研究的認識與了解，一種很有效的方式就是結合科學研究與藝術創作。本文作者所參與的研究工作是在國立交通大學奈米高分子研究實驗室進行，主要的研究內容是有關於高分子材料的製備與鑑定，所製備材料的尺度一般均在微米與奈米之間。本文將簡述作者利用實驗所得到的研究數據影像與藝術作結合之創作經驗。數據影像主要是由掃描式電子顯微鏡（Scanning Electron Microscope, SEM）拍攝而得，除了可佐證所嘗試的材料製備方法是否成功之外，也結合圖像美學、文字創作與科學意義，如圖 1 所示。所呈現之作品不僅可鼓勵學生們發揮想像力與創造力，也將進一步燃起對科學研究的熱情與興趣。



圖 1：以顯微鏡拍攝之數據影像進行藝術創作概念圖

■ 掃描式電子顯微鏡的科學原理

基本上，所有科學實驗得到的數據資料，都可以發揮創意將其與文學或藝術作結合。相對於紅外線光譜儀（Infrared Spectrometer）、拉曼光譜儀（Raman Spectrometer）等光譜儀器來說，利用光學顯微鏡（Optical Microscope, OM）或電子顯微鏡所得數據影像更容易用來作為與藝術結合的素材。在本文內所呈現科學藝術創作的作品範例主要是以掃描式電子顯微鏡所拍攝。因此，在此先簡介掃描式電子顯微鏡的儀器操作及其簡單成像原理。

掃描式電子顯微鏡是一個鑑定材料表面

形貌很有用的儀器工具，可以知道樣品表面的形貌高低，甚至是組成的成份。主要的原理是先由電子槍 (electron gun) 產生電子束 (electron beam)，再經過電場所控制之電子透鏡 (electronic lens) 進行聚焦，電子束被聚集在樣品上的微小區域，可產生不同訊號，如二次電子 (secondary electron)、背向散射電子 (backscattered electron) 與陰極螢光 (cathode luminescence) 等，再由偵測器 (detector) 進行訊號之偵測與分析，如圖 2 所示。由於此儀器主要是以電子為訊號來源，其環境需要相當高的真空度 ($10^{-7}\sim 10^{-8}$ torr)，所以儀器的價格較為昂貴。

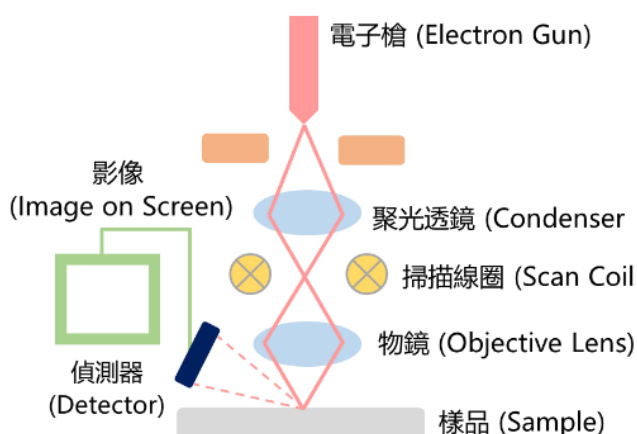


圖 2：掃描式電子顯微鏡原理示意圖

在樣品製備方面，一般需要充分的進行乾燥，以避免樣品中的水氣破壞儀器內的真空度。此外，為了避免電子束在樣品上累積電荷 (charging)，會在非導電樣品表面鍍上數奈米的金 (Au) 或鉑 (Pt) 等金屬以增加樣品的導電度。一般光學顯微鏡由於受到波長繞射的限制，因此解析度只能到數百奈米。相對而言，掃描式電子顯微鏡之解析度可達數奈米，且景深 (depth of focus) 較長，是近年來研究奈米材料很廣泛使用的儀器。

■ 利用顯微鏡影像進行藝術創作

一、基本創作方式

以掃描式電子顯微鏡所拍攝之影像來說，每個數據點的明亮度主要是偵測器所量測到的電子訊號強度不同而造成，一般所看到的電子顯微鏡影像是以黑白或灰階色作呈現，越強的電子訊號區域其顏色越白亮。在進行影像與藝術創作結合時，可以利用原始的黑白圖片，也可將選擇性區域作顏色對比的後製處理。而創作的其中一種基本概念，就是將科學影像與個人的生活經驗作結合，除了單純使用顯微鏡影像外，也可加入適當文字，或是相關的 3D 繪圖，使作品內容更加豐富。

二、作為論文期刊封面等使用

利用電子顯微鏡影像與藝術作結合，在科研人員中已經越來越普遍。較常使用的地方是作為所發表論文期刊中的圖像摘要 (graphical abstract) 與期刊的封面圖像 (cover image)。近年來的科學期刊在每一期的封面或封底，會選出該期之研究代表工作作為特別的封面故事 (cover story)。因此，研究人員會將研究相關的實驗概念示意圖或是相關數據影像加以編排作為封面內容，也可利用相關 3D 繪圖軟體繪製符合實驗主題之代表圖，以吸引更多讀者的注意。

舉例而言，我們實驗室曾經進行有關製備具有規則排列奈米柱之高分子微米纖維的工作，相關成果發表於 *Macromolecular Rapid Communications* 期刊 2016 年第 37 卷第 3 期。¹ 在論文接受後，受到期刊編輯委員的邀請，

將研究主要概念繪製為該期刊之封面，如圖 3 所示。此工作是先利用電紡絲法 (electrospinning) 製備微米尺度之高分子纖維。因此，在封面圖中左上方就以白色閃電示意為電紡絲的高電場環境，而製備出之高分子纖維就以藍色纖維表示。之後纖維在高溫退火 (thermal annealing) 環境下於奈米孔洞模板進行壓印。因此，在封面圖中右方就以紅色煙霧瀰漫代表高溫退火的環境，最後製備出具有規則排列奈米柱之高分子微米纖維。除了以 3D 圖片表示外，封面圖內也加入相對應的高分子結構之掃描式電子顯微鏡影像。

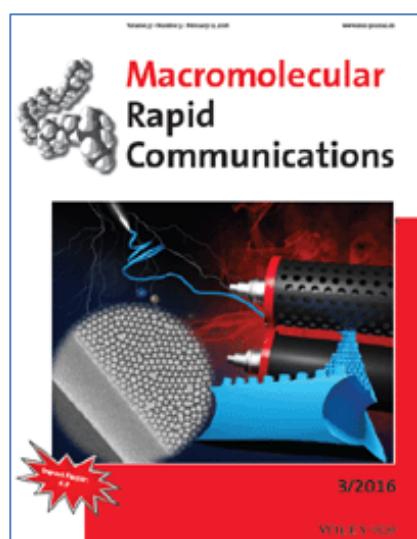


圖 3：結合 3D 繪圖與顯微鏡影像之期刊封面¹

三、相關科學影像之競賽

目前國內外已有舉辦多次以科學影像為主的競賽，鼓勵科學研究人員與學生發揮創意，將科學實驗所得之研究實驗影像進行投稿。舉例來說，臺灣曾舉辦過「臺灣奈米影像競賽」。以 2015 年為例，其競賽組別分別為 (1) 掃描探針顯微鏡 (Scanning Probe

Microscopy, SPM) 影像組、(2) 掃描式電子顯微鏡 (SEM) 影像組、(3) 穿透式電子顯微鏡 (Transmission electron microscope, TEM) 影像組、(4) 奈米影像新詩創作組、及 (5) 特別組——奈米創意影音·影像組。鼓勵研究人員將不同儀器所拍攝之實驗數據圖進行投稿，其中較特別的是搭配科學影像所創作的詩歌競賽，將科學與文學創作作結合。而在國外來講，著名的電子顯微鏡廠商 JEOL Ltd. 也舉辦 SEM/TEM/EPMA Image Contest 影像競賽，每個月挑選出特別突出且具有科學意義之顯微鏡相關影像，並在每年製作成相關的年曆。

四、科學影像創作社團：一奈米的宇宙

在 2016 年，國立交通大學應用化學系、電機資訊學院、外文系的學生，創立了科學影像創作社團「一奈米的宇宙」，他們也是臺灣第一個利用科學顯微鏡影像進行二次創作的團隊。² 此團隊的宗旨是要讓顯微鏡影像不單只是影像，也希望能賦予影像意義，再加以結合各類議題，讓觀看者彷彿能在顯微鏡下感受生活。在 2017 年的暑假，他們也在國立交通大學的浩然圖書館舉辦了「一奈米的宇宙 X 顯像環生展覽」，將各個研究實驗室所拍攝到的顯微鏡影像進行展覽，也獲得相當大的迴響，如圖 4 所示。



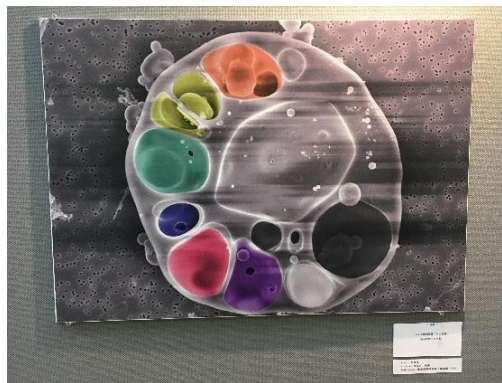


圖 4：於交通大學所舉辦之「一奈米的宇宙 X 顯像環生展覽」(左)，展覽作品之一 (右)

五、創作範例

(一) 範例 1：慎宗追遠

圖 1 是來自高分子微米球 (microspheres) 的樣品之影像，使用的高分子為聚苯乙烯 (polystyrene, PS)，球的粒徑大小為 10 微米左右。在實驗過程中，將聚苯乙烯微球於聚甲基丙烯酸甲酯 (poly(methyl methacrylate), PMMA) 膜上進行加熱退火 (thermal annealing)，聚苯乙烯球會因此變形以降低整體系統能量，另外部分的高分子微球也有堆疊的現象，相關之現象結合後就產生有趣的顯微鏡影像，且此影像不需額外進行後製處理，由它的整體意象，命名為「慎宗追遠」。

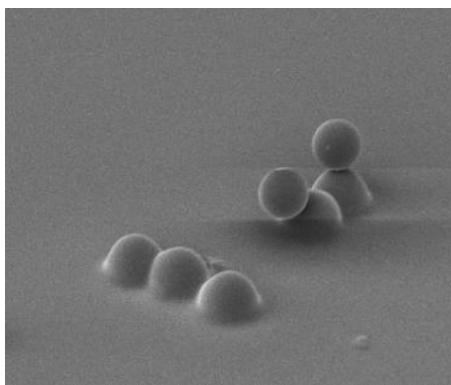


圖 5：範例 1-「慎宗追遠」

(二) 範例 2：投手的背影

圖 6 是掃描式電子顯微鏡影像為高分子膜的剖面圖，使用高分子材料為聚乙烯醇 (poly(vinyl alcohol), PVA)。利用掃描式電子顯微鏡來觀測高分子樣品的剖面，其目的常用來判斷高分子膜厚，以及在不同位置的高分子材料成份分布。為了觀測高分子截面，在樣品製備時需要以玻璃刀、刮刀等工具切割高分子膜。因此，在膜上常有因切割而殘留的高分子碎片。在圖 6 的影像中，聚乙烯醇膜上的高分子碎片像極了棒球投手的背影，加上簡短的人生小語，即可成為一幅創作小品。



圖 6：範例 2-「投手的背影」

(三) 範例 3：等待

前述兩個範例都是直接使用電子顯微鏡原始灰階影像，影像創作也可以將所拍攝到的影像進行選擇性區域的顏色後製處理。以圖 7 為例，影像中呈現了三顆聚苯乙烯高分子微球被包覆在捲曲的聚苯乙烯膜內，此結構是利用溶劑誘導膜上退火法 (solvent on-film annealing, SOFA) 所製備而成。³ 主要的原理是利用溶劑蒸氣軟化微球內的高分子鏈，使其形貌轉換成特殊之豌豆狀結構。此影像進行選擇性著色後，可成為俏皮的文青

小品。

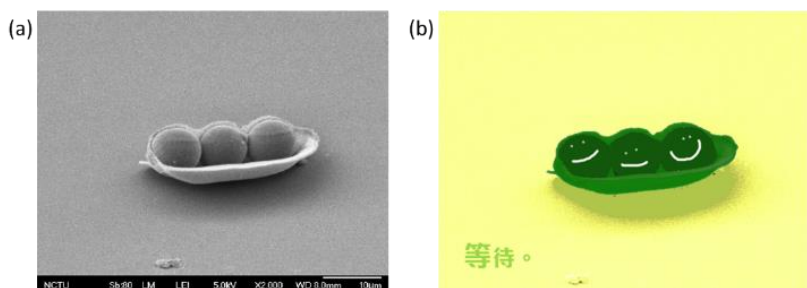


圖 7：範例 3 – 「等待」，(a)原始圖、(b)創作圖

(四) 範例 4：香港雞蛋仔

圖 8 是掃描式電子顯微鏡影像顯示高分子微米球的自組裝 (self-assembly) 結構之影像，使用材料為聚苯乙烯微球，數顆微球在分子膜上聚集並以溶劑蒸氣退火後，會形成六角排列 (hexagonal packing) 的融合結構。此結構之樣貌很接近香港著名的小吃—雞蛋仔，因此，我們將影像中高分子結構部分作選擇性的著色，再加上以下的雞蛋仔介紹文案，就可以作為香港小吃店的宣傳作品。

香港原創傳統小吃，在五十年代就已出現。
將雞蛋、麵粉及牛油等一起做成蛋液，
倒入雞蛋狀模具後烘烤。
外皮酥脆成金黃色，中空內裡蓬鬆軟 Q，
濃郁奶香讓人垂涎，
絕對是來港必吃美食。



圖 9：範例 5 – 「烏魚子禮盒」，(a)原始圖、(b)選擇性著色圖、(c)封面創作

(六) 範例 6：豬鼻子

基本上，同一張顯微鏡所拍攝的影像，經過巧思設計也可以有不同的效果。以圖 10 為例，可做成以下兩種範例。一張可以結合流行用語做成「豬隊友」有趣小圖，另一張可以做成生日卡片。

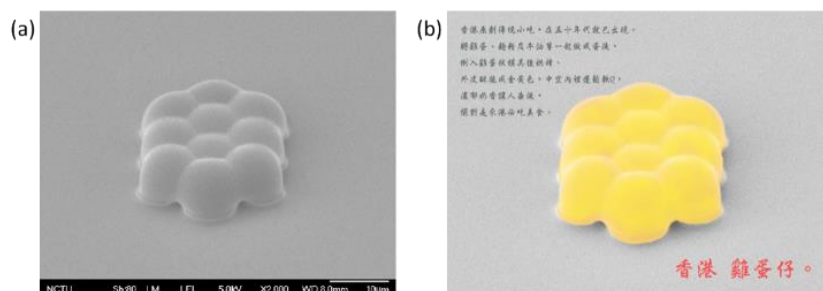




圖 10：範例 6 – 「豬鼻子」，(a)原始影像圖、(b)創作圖「豬隊友」、(c)創作圖「生日豬卡片」

(七) 範例 7：小飛碟

除了單純利用原始拍攝的顯微鏡影像之外，也可以結合美學設計將影像進行複合製作，可用於論文期刊的封面。舉例來說，利用聚苯乙烯微球於聚乙烯醇 (PVA) 膜上進行加熱退火，可得到雙曲率之飛碟狀高分子粒子，如圖 11(a)所示。⁴ 圖 11(b)為利用此方法所製備的飛碟狀高分子粒子之掃描式電子顯微鏡圖，此類高分子粒子未來可應用於塗料與噴墨列印等領域。由於其形狀類似飛碟樣貌，因此我們也將此飛碟狀高分子粒子的電子顯微鏡影像圖與創作的圖像作結合。最後創作成品如圖 11(c)所示，表達高分子粒子如飛碟般在太空中飛翔的概念。

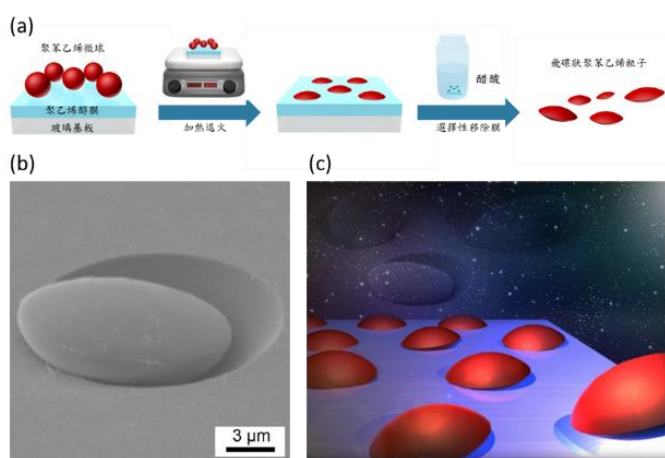


圖 11：(a)製備飛碟狀高分子粒子之實驗流程圖、(b)飛碟狀高分子粒子之掃描式電子顯

微鏡圖、(c)掃描式電子顯微鏡與創作繪圖之結合

(八) 範例 8：瘋狂科學猜成語

實驗所得到的顯微鏡影

像，也可與時下流行的手機遊戲軟體作結合。舉例來說，之前有個很熱門的手機遊戲「瘋狂猜成語」，遊戲方式是玩家由螢幕上的圖像去聯想，從中猜出成語答案。例如，若圖中有九隻牛和兩隻老虎，則謎底為「九牛二虎」。受到此概念的靈感啟發，我們也利用掃描式電子顯微鏡影像，設計出「瘋狂科學猜成語」的遊戲，請大家由顯微鏡影像的內容與圖中的提示文字，猜出適切的成語，如圖 12(b)所示。

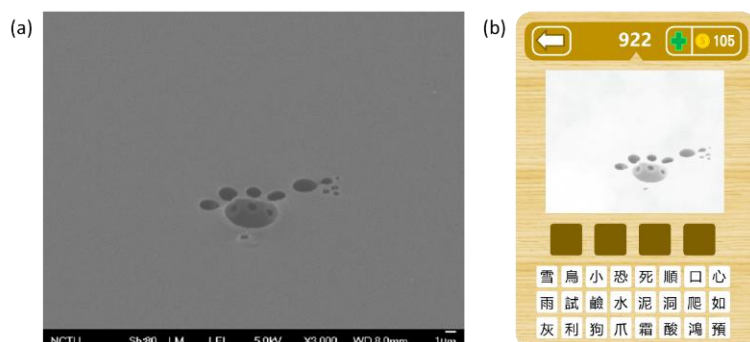


圖 12：(a)實驗所得原始掃描式電子顯微鏡影像、(b)瘋狂科學猜成語之題目

■ 結語與未來展望

本文簡述了利用顯微鏡影像與文學等藝術作結合之經驗，除了影像本身具有的科學意義外，還可利用創意聯想與生活經驗，並加入圖像美學及文字書寫等元素進行創作。除了可以作為創作卡片、明信片、拼圖、杯墊、T-shirt 等等之素材，未來也構想與更多文創產品結合，例如：3D 列印、創意料理、

咖啡拉花、虛擬實境 (virtual reality, VR) 體驗...等。

我們深信，科學研究不是缺少美感，只是缺少發現。利用科學影像所進行的藝術創作，不僅可以縮短一般大眾與科學研究的距離，也可鼓勵研究人員及學生們發揮想像力與創造力，進一步燃起對科學研究的熱情與興趣，對人類的科學進展有更大的貢獻。

■ 參考文獻

1. Jiun-Tai Chen, Yi-Huei Kao, Tyng-Yow Kuo, Jih-Ting Liou, Yu-Jing Chiu, Chien-Wei Chu, Mu-Huan Chi, and Chia-Chan Tsai, "Fabrication of Electrospun Polymer Fibers with Nonspherical Cross-sections Using a Nanopressing Technique", *Macromolecular Rapid Communications*, **2016**, 37, 239-245.
2. 一奈米的宇宙 Chemystery · <https://www.facebook.com/nanochemystery>。
3. Hsiao-Fan Tseng, Ming-Hsiang Cheng, Jia-Wei Li, and Jiun-Tai Chen, "Solvent On-Film Annealing (SOFA): Morphological Evolution of Polymer Particles on Polymer Films via Solvent Vapor Annealing", *Macromolecules*, **2017**, 50, 5114-5121.
4. Hsiao-Fan Tseng, Ming-Hsiang Cheng, Kai-Sheng Jeng, Jia-Wei Li, and Jiun-Tai Chen, "Asymmetric Polymer Particles with Anisotropic Curvatures by Annealing Polystyrene Microspheres on Poly(vinyl alcohol) Films", *Macromolecular Rapid Communications*, **2016**, 16, 1825-1831.