

## 蝴蝶翅膀的祕密

### 解開蝴蝶翅膀驚人色彩背後的謎！

#### 11-03

蝴蝶翅膀具有鮮豔色彩早已是天經地義的現象，以致極少有人會納悶這種現象是怎麼造成的。不過，耶魯大學的研究人員針對五個不同種類的蝴蝶研究翅膀上的綠色，結果發現這種醒目色彩的來源是一種三維螺旋面孔道結構（譯註：即如 p.14 右上圖，屬於三重週期極小曲面，為三維連結的孔道結構，由於內部的微小結構呈螺旋狀連結[gyrate]，因此稱 gyroid）的晶體。

這種晶體會經由與光線互動而產生鮮明的顏色——這是一種結構性色彩，而非色素產生的色彩。孔雀與青蛙等其他生物也有結構性色彩，但蝴蝶的色彩卻是由特別複雜的三維螺旋面孔道結構所產生。

「結構性色彩特別引人注意，因為這種色彩極為鮮艷，極為飽和，極為純淨，」生物學家理查·普魯姆說，美國國家科學院的《院刊》所刊載的這篇研究報告，即是由他主筆。

#### 以立體影像初窺真貌

如今研究人員終於得以藉由三維立體影像見到產生部分這類顏色的三維螺旋面孔道結構。如此一來，他們對於蝴蝶如何產生這些色彩就獲得了更深入的理解。

這項研究率先使用稱為小角度 X 光散射的立體影像技術直接觀察這種獨特的結構。「三維螺旋面孔道結構是這項研究裡最難闡述的事物，」普魯姆說：「我自己也仍然充滿了迷惑。這種結構確實複雜難懂。」

研究報告的共同作者維諾庫馬·薩蘭納丹設法（譯註：take a stab 指試圖、嘗試）說明：「想像一個由玩具風車構成的迷宮。各種不同方向的好幾十萬風車相互連接在一起。」

#### 11-04

研究團隊推測認為，翅膀的細胞相互交織，因此外部表面也變成了內部，形成溝槽，可供一種稱為幾丁質的物質沉積於其中。幾丁質是構成昆蟲外骨骼的堅硬物質，細胞死亡腐爛之後，幾丁質就存留下來成為三維螺旋面孔道結構，使得翅膀產生鮮豔的綠色。但並非所有蝴蝶的色彩都擁有這種複雜的結構，有些蝴蝶則採用比較簡單的結構或是以色素產生色彩。

#### 未來的應用

各式各樣的結構性色彩對於紡織品與美容化妝用品製造商都頗具吸引力，因為這種色彩不會褪色。此外，這種色彩也會產生虹彩，目前應用於雷射全像包裝紙與 CD 等產品上。

不過，對於當前的製造技術而言，三維螺旋面孔道結構仍然過於複雜，因此製造商都極力想要模仿蝴蝶產生這種晶體的方式。三維螺旋面孔道結構不但能夠用於製造色彩鮮豔的紡織品，其對於光線的反應也與電線傳遞電力的方式極為相似，因此在科技應用上可能具有極大的潛力。

研究結果指出，由於蝴蝶是自然產生這種構造，因此發展這種科技可讓自然環境不必付出龐大的代價。

「人們能夠在室溫下製造這些東西，而且不必使用有毒化學物質，」阿爾巴尼大學生物學家海倫·吉瑞黛拉表示。她先前研究結構性色彩的成果對這項研究頗具影響力。「生物體系已經顯示出這是可以辦到的。」