



【神經科學】你可以聽見顏色嗎？

在具有「聯覺」能力的人身上，嗅覺、聽覺、味覺、視覺與觸覺已不再是獨立運作的感官，感覺混合的結果，使他們能以非凡的方式經驗這平凡的世界。除此之外，聯覺不僅促成了人類語言的起源，這種感官綜合運作的過程，也與你我每個人的創造力有很大關聯！

撰文／拉瑪錢德朗 (Vilayanur S. Ramachandran)、哈伯德 (Edward M. Hubbard)
翻譯／潘震澤

布雷克斯利捏製漢堡牛肉餅時，他的嘴裡出現鮮明的苦味。瓊斯（假名）聽見鋼琴彈出升 C 的音符時，她的眼前出現藍色，其他的音符則引發不同的色調，因此鋼琴的琴鍵就像是標上了顏色一樣，讓她容易記住以便彈奏音階。還有，柯爾曼看著印在紙上的黑色數字時，他看到的是有顏色的字，每種有不同的色調。布雷克斯利、瓊斯及柯爾曼屬於一小群具有「聯覺」(synesthesia) 的人，除此之外一切正常。他們以非常的方式經驗平常的世界，好似存在於幻想與現實之間的神秘無人之境。對他們來說，觸覺、味覺、聽覺、視覺以及嗅覺等感覺都混合在一起，而非各自分離。自 1880 年高爾頓 (Francis Galton，達爾文的表弟) 於《自然》發表了有關這種現象的文章起，現代的科學家就開始了聯覺的尋根探源。不過，多數人對此不屑一顧，認為是

捏造的、是使用藥物後的人為現象，例如迷幻藥 LSD 及三甲氧苯乙胺 (mescaline) 均可造成類似的作用，或者就只是奇聞軼事一樁。不過約在四年前，我們以及其他他人發現了一些大腦的運作過程，可以解釋這種聯覺現象。在這過程中，我們對於人類心智當中一些最神秘的面向，好比抽象思想、隱喻甚至語言等的產生，也發現了新的線索。

有關聯覺的常見解釋，是說受影響者只不過又經驗了童年時期的記憶與聯想罷了，可能是某人在孩童時期玩弄冰箱上頭的磁鐵，數字 5 是紅色，6 是綠色。不過，這種理論並不能回答為什麼只有一些人保留了如此鮮明的感官記憶；不論年輕時你經驗過多少次冰與雪，你在看一幅冰塊的相片時可能會「想」到冷，但你大概不會真的「感覺」到冷。

另一個常見的說法是，具有聯覺的人形容降C音是「紅色」，或說雞肉嚼起來「很刺人」，不過是在打比方罷了，就好比在英文中會用「吵鬧」來描述花俏的T恤，或者用「尖銳」來形容濃重的起司。我們的日常用語之中，充滿這種與感覺有關的隱喻，或許具有聯覺的人只是在這方面更有天賦罷了。

1999年，我們決定試著弄清楚「聯覺」是否的確是真實的感官經驗。這個看似簡單的問題，已經困擾了研究人員有數十年之久。普通的做法之一，就是直截了當地問受試者：「這只是你的記憶，還是你真正看到了顏色，就好比出現在你正前方一般？」我們試著發出這些問題，卻未能得出太多進展。有些受試者確實回答：「喔，我的確看得清清楚楚。」但更常見的反應則是：「我好像看到了，又好像看不到。」或者「那不大像是記憶；我看見的數字很清楚是紅色，但我又曉得那不是紅色，而是黑色；所以我想那一定是記憶了。」

要確定某種效果真的是來自知覺，心理學家經常用一種簡單的測驗，稱為「凸顯」或「區隔」。如果

你要在一整片垂直的線條中，找出散佈在裡頭的一組傾斜線條，這些傾斜的線條會像鶴立雞群一樣明顯；你確實可以在瞬間就將斜線從背景的直線中區隔出來，好比說斜線排成三角形，在腦子裡形成獨立的形狀。同樣地，如果背景主要是由綠色的小點所組成，然後要你去找尋其中紅色的點，那麼紅點便會凸顯出來。反之，一組黑色的數字2散佈在同樣顏色的數字5當中，就幾乎可以隱身其中（參見105頁插圖）；除非你一個個數字檢查，否則就難以分辨，就算每個數字2與其隔壁數字5之間的差異，一如斜線與垂直線一樣明顯亦然。因此我們得出這樣的結論：只有某些根本或初級的特徵，好比說顏色及線條走向，才能提供形成群組的基礎；而較為複雜、帶有意義的符號，像是數字，就不成了。

於是我們想知道，如果把混雜在一起的數字拿給具有聯覺的人看，好比可以把數字5看成紅色、把數字2看成綠色的人，會有什麼樣的結果。我們把一組數字2排列成三角形，如果聯覺是種真正的感覺，那麼我們的測試者將很容易「看

出一個三角形來，因為對他們來說，數字應該是有顏色的。

我們以志願的受試者進行了凸顯實驗，答案可是一清二楚：與正常人相比，具聯覺者有高達90%的正確率，可辨識出由成群的數字所形成的樣式（這個機率與不具聯覺者在字母顏色各異的情況下得出的結果，正好是一樣的）。這樣的結果證明，由數字所引發的顏色感是真正的感覺，並非由聯覺者所捏造；他們不可能靠造假而有那麼好的結果。在另一個令人印象深刻的例子中，我們要求一位將數字5看成淡紅色的聯覺者看著電腦螢幕，我們偷偷把原本不帶顏色的數字5逐漸加上紅色，而他卻毫無所覺，除非在紅色變得相當深之後才會發現；如果我們加上的是綠色，那麼他馬上就能夠看出。

腦中如何處理視覺訊息？

證實了聯覺的真實性，就帶來下面的問題：為什麼有人會經驗到這種奇特的現象？我們的實驗讓我們傾向下面這種想法：具聯覺者所經驗到的現象，是由於腦中配線發生錯接所造成。這個基本的概念早在100年前左右就有人提出，不過目前我們已經找出這種「接錯配線」的現象可能發生在腦中什麼地方，也知道是如何發生的。

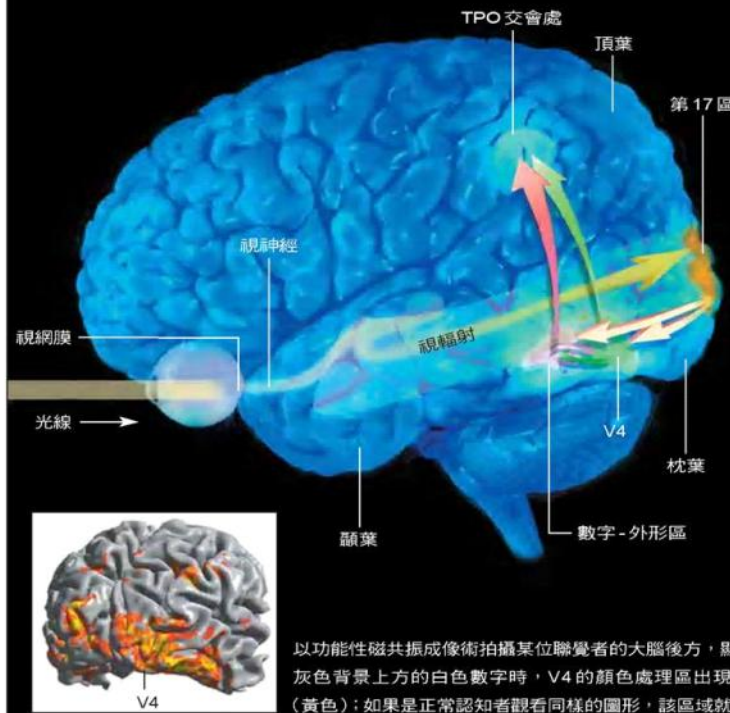
對於大腦如何處理視覺的訊息（參見右頁插圖），我們有必要先曉得一二，才好了解參與其中運作的神經生物因子。從某個景像反射回來的光線一接觸到眼睛的椎細胞（顏色的受器），視網膜便會發出神

什麼是「聯覺」？

- 聯覺 (synesthesia) 一字由希臘字根 *syn* (一起) 與 *aisthesis* (認知) 組成，代表某些在其他地方都正常，能夠經驗到兩種或更多種感覺相混的人。
- 幾十年來，這種現象都被斥為造假，或只是由於記憶所致，但最近卻顯示那是真實的感覺。發生的原因可能是由於「交錯活化」所致，亦即原本兩個分離的腦區互相引發對方的活性。
- 科學家研究參與聯覺的機制，也同時得知了大腦如何處理感覺訊息的一般過程，並知道如何在看似無關的輸入訊息之間產生抽象的連結。

感官訊息混合在一起

最常見的一種聯覺型式，是看著某個數目字會引發出特別的顏色感。這顯然是由於聯覺者腦中原本不產生互動的區域，在處理數字或顏色的資訊時，彼此造成了活化。



從視網膜傳來的神經訊息，經由視輻射傳向位於大腦後方的第17區；視訊在此處分解成簡單的屬性，像是顏色、形狀、動作及深度等。

顏色的訊息繼續送往V4區，而有關數字視覺形狀的訊息也在該區附近呈現，因此該處成了顏色與數字區之間產生交錯聯繫的所在（見粉紅色及綠色短箭頭）。

最終，顏色訊息往「更高處」走，到達接近TPO（代表顳葉、頂葉及枕葉）的交會處，在此可能進行更複雜的顏色處理。同樣地，有關順序與數量觀念的後期數字運算，也在位於TPO的角回處進行。這或許能解釋有些人的聯覺是將顏色與抽象的數字順序給連了起來，好比說一週中的星期幾。

以功能性磁共振成像術拍攝某位聯覺者的大腦後方，顯示當受試者注視灰色背景上方的白色數字時，V4的顏色處理區出現高度的神經活性（黃色）；如果是正常認知者觀看同樣的圖形，該區域就不會興奮。

經訊號傳送至腦皮質的第17區，位於大腦後方的枕葉部位。視覺訊息在該區的局部群集做進一步處理，分出顏色、動作、形狀及深度等簡單的特性。之後，這些帶有各自特徵的訊息又再傳遞下去，分送至皮質顳葉及頂葉等廣泛的區域。以顏色訊息為例，先送至顳葉「梭狀回」（fusiform gyrus）的V4區，再從該處往前行，到達大腦顏色中樞的更

上層，包括一塊稱為TPO的皮質區域（TPO由顳葉、頂葉及枕葉的英文第一個字母所組成，為三者的交會處）。這些更高層級的區域，可能負責處理顏色訊息當中較複雜的部份，譬如說，葉片在黃昏時看起來也像在大白天一樣是綠色，可是從葉片反射光線的波長組成其實是很不一樣的。

數字的運算在腦中似乎也是分段

處理。最早的一步也是在梭狀回進行，呈現數字的實際形狀；下一步驟則是在角回（angular gyrus）發生，那屬於TPO的一部份，牽涉到數字的概念，像是序數及基數等。（如果角回受到中風或腫瘤所破壞，病人仍然可以辨識數字，卻不再能夠運算除法或減法；乘法的能力通常可以保留，因為那是靠死記學來的。）此外，人類腦部顯影的研究也



強烈暗示，以視覺呈現的英文字母或數字（稱為「形素」，grapheme）活化了梭狀回的神經元，然而各音節發出的聲音（「音素」，phoneme）則在腦中更高的層級進行處理，其位置就是在TPO的附近。

由於顏色及數字都先在梭狀回處理，接下來才送至靠近角回附近的腦區，於是我們猜測，數字與顏色的聯覺可能是在V4及數字形狀區（兩者都位於梭狀回）、或是在更高層級的顏色及數字概念區（都位於TPO）之間接錯線所造成。其他更

罕見的聯覺型式，也可能是不同感覺的處理區域間有類似的接錯線所致。由於顳葉的聽覺中樞與接受來自V4顏色訊息的高層級腦區很接近，因此可解釋聲音與顏色的聯覺現象。同樣地，布雷克斯利從觸覺產生的味覺，可能是因腦島（insula）的味覺皮質，與鄰近負責手部觸覺的感覺皮質之間接錯線所造成。

各個腦區彼此交錯活化

假定神經線路的錯置確實是造成聯覺的根本原因，那為什麼會發生

呢？我們曉得這種現象在家族中盛行，因此具有遺傳的成份。或許某個突變成原本分離的兩個腦區之間出現了連結，又或許突變導致了修剪某些區域之間多餘連結的機制出了問題，使得原本只應該留下少數的連結，卻多出了許多。如果這種突變只在某些腦區表現（產生作用）而其他區域沒有，那麼這種東一塊西一塊的補丁，或可解釋為什麼有些具有聯覺的人混淆了顏色及數字，而其他人在聽見音素或樂音時看見顏色。具有某一種類型聯覺的人，還可能擁有另外一種，這種現象更加重了上述想法的可能性。

雖然一開始我們認為聯覺是由於實質線路的誤植，但目前我們了解到，同樣的現象也可能出現在線路（腦區之間的連結數目）正常，但腦區之間負責溝通的化學物質失去平衡的情況。因此我們現在的說法

關於作者
拉瑪錢德朗與哈伯德合作研究聯覺。拉瑪錢德朗在美國加州大學聖地牙哥分校主持腦與認知中心，兼任沙克生物研究院教授。他原先習醫，後來在英國劍橋大學三一學院取得博士學位。他曾獲英國牛津大學萬靈學院獎助金、荷蘭皇家人文與科學院喀珀斯金質獎章、美國神經學會特別演講榮譽，並主持2003年英國廣播公司「里斯講座」系列演講。這是他第四篇發表在*Scientific American*的文章。哈伯德是加州大學聖地牙哥分校心理系及認知科學系第四年研究生，他的研究結合了心理物理及功能性磁共振成像等方法，探討多重感覺現象的神經學基礎。他是美國聯覺協會的創始會員之一，並協助籌辦該會2001年在加州大學聖地牙哥分校舉行的第二屆年會。

DAVID BANMATE

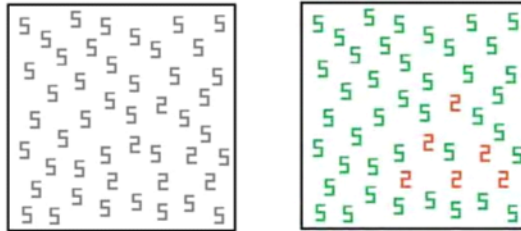
是：交錯活化。舉例來說，相鄰的腦區通常會彼此抑制對方的活性，這有減少干擾的作用。如果有某種化學上的不平衡降低了這種抑制，好比說阻斷了某個抑制性神經傳遞物的作用，或是不再製造該抑制性物質，就有可能使某區的活性引發其相鄰腦區的活性。理論上，這種交錯活化也可以發生在相隔甚遠的區域之間，因此或可解釋一些不那麼常見的聯覺型式發生的原因。

還有其他的實驗也支持交錯活化的理論，甚至還有助於解釋不同聯覺型式的產生原因。其中一個實驗利用稱為「排擠效應」的視覺現象（參見右側下方插圖）。請你注視影像當中一個小十字，一旁還有個數字5，你會發現，就算不直接注視該數字，你還是很容易就看到它。但如果我們在數字5周圍放上四個其他的數字，好比是3，這麼一來，你就不能再認得出5來了，它看起來就像是失了焦。具有正常感覺的自願受試者，能夠正確辨識出中間那個數字的能力，跟用猜的差不了多少，這並不是因為5位於視野邊緣而變得模糊所致，因為原來在沒有3的環繞下，你可以把5看得清清楚楚。你未能辨識的原因，是由於注意力有限；位於旁邊的一堆3，分散了你對於中央數字5的注意力，而讓你看不到它。

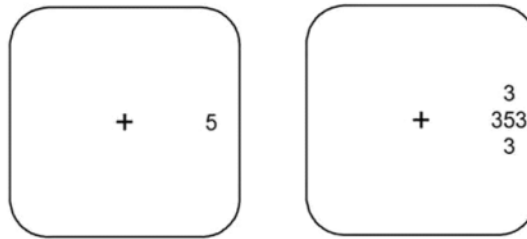
我們讓兩位具聯覺者進行同樣的實驗，結果讓我們大吃一驚。他們看了這樣的影像，得出如下的說法：「中間的數字看來很模糊，但好像帶有紅色，所以我猜那一定是數字5。」就算中間的數字未能由意識

以顏色為代碼的世界

在一項測定視覺區隔能力的試驗中，將特定顏色與一定數字產生聯覺的聯覺者，可以一眼看出在白底黑字中隱藏的排列形式，但具有正常認知的人必須一個字一個字搜尋才能挑出來。本例中，數字2藏身於數字5當中（左圖），對聯覺者來說，由數字2排成的三角形會凸顯出來（右圖）。



在一項認知測驗中，「不可見」的數字會向聯覺者現身。當人注視中央的物件時（在這個例子中是個正號），位於側邊的單個數字可由眼角餘光輕易看到（左圖）。如果該數字旁邊有其他數字包圍（右圖），對一般人來說就會顯得模糊，不容易看清楚。反之，具有聯覺者可以經由中央數字所引發的顏色，推論出那是什麼數字。



來辨認，但大腦某處仍然進行了訊息的處理，因此，具有聯覺者可根據顏色來推斷出那是什麼數字。如果我們的理論正確，這個發現顯示數字的處理是在梭狀回進行，並引發特別的顏色感，而不是在更後頭發生排擠效應的腦區。弔詭的是，就算這個數字根本就「看不見」，也能引發聯覺。

我們的另一個發現也支持這個結

論。如果我們降低數字與背景之間的對比程度，由聯覺所產生的顏色便會越來越淡，到了某個對比很低的程度，受試者就看不到任何顏色了，即使該數字本身仍然清晰可見。由排擠實驗顯示，某個看不見的數字可以引發顏色感，但是對比實驗則反過來指出，看見數字本身並不保證看得見顏色。或許是低對比的數字雖然足以活化梭狀回中負

Q&A

關於聯覺的常見疑問

是否有不同種類的聯覺？

科學上的記錄約有 50 種。這種情形有家族遺傳性，在女性及有創造力的人身上可能較常見，大約每 200 人當中有一位。最常見的一型，是在看數字或聽樂音時會引發顏色感。有一個罕見的類型，可把每個字母都與男性或女性產生關聯；這是大腦具有傾向把世界一分为二的例證之一。

如果某位聯覺者將單個字母或數字與某個顏色產生對應，那麼當他看到兩個非常靠近的字母，譬如「ea」或是兩位數，譬如「25」時，又是如何？

他會看到對應各個字母及數字的顏色。但如果幾個字母或數字太靠近，它們就會彼此抵消（顏色消失），或是當兩者都引發同樣的顏色時，彼此會有加強作用。

大寫或小寫的字母會有影響嗎？

一般來說，沒有影響。但有的時候有人會說小寫字母的顏色較不飽滿，或是說小寫字母看起來發亮或甚至由小塊所組成。

那整個英文字看起來又如何？

通常第一個字母的顏色會分散到整個英文字，就算第一個字母不發音也會造成這種效果，譬如說 psalm 的 p 字。

如果具聯覺者能說不只一種語言會如何？

一種語言會具有帶顏色的形素，但另一種（或更多其他種）可能就沒有，或許不同的語言由腦中不同的區域來表現。

如果具聯覺者只是在腦海裡想一個字母或數字，又會如何？

想像可以比真正看到實體引發更強的顏色感。或許想像的活動與看到真正的顏色，活化了同樣的腦區，但由於視網膜沒有傳來真正的數字訊息與之競爭，因此想像的數字引發了更強的聯覺顏色。

聯覺是否會增強記憶？

可以的。已逝的俄國神經學家盧力亞描述過一位擁有驚人記憶力的記憶專家，他的五種感官都連在一起。就算只有兩種感覺相連，也可能對記憶有幫助。

責辨認數字的神經細胞，卻未能交錯活化 V4 當中的顏色細胞。

最後我們發現，若給具聯覺者看羅馬數字，譬如 V，他們就看不出顏色了；這樣的結果顯示，造成顏色感的並不是數字的概念（在此是數字 5），而是「形素」的視覺形狀。這項觀察結果也顯示，數字與顏色聯覺的交錯活化發生於梭狀回之中，因為該區主要負責視訊中有關形狀的分析，而非數目字的高階含義。這裡頭還有一項很吸引人的怪事：假定有個大型的數字 5 是由一些小型的數字 3 所組成，你可以見「林」(5)，也可以見「樹」(3)；兩位具聯覺者報告說，如果他們改變視線的焦點，就可以看見顏色的轉換。這樣的測驗表示，就算聯覺可以單單由視訊的外形所引發，不需要高階的觀念，但是根據注意力的不同而將視覺輸入訊號予以分類的方式，還是很重要的。

隨著招募了更多的志願受試者之後，我們馬上發現，並不是所有將外在世界著上顏色的聯覺者都是一樣的；對有些人來說，甚至一週當中的日子及一年中的月份都會引起顏色，例如星期一可能是綠色，星期三是粉紅色，而 12 月是黃色等。

一週當中的日子及一年當中的月份唯一的共通點，是數字順序或稱為「序數」的概念。對某些聯覺者而言，或許顏色感是由數字順序的抽象概念所引發，而不是數字本身視覺上的外形。對這些人來說，搭錯的線路有沒有可能出現在角回與靠近 TPO 的更高層顏色區之間，而不是在梭狀回的各個區域之間？如果

真是這樣的話，那樣互動就能夠解釋，為什麼就算是抽象的數字符號，或是由週日與月份所引起的數字概念，也會強烈引發特定的顏色感。換句話說，隨著變異基因在腦中表現位置不同，就可造成不同種類的情況，包括由數字概念所引發的「較高等」聯覺，或就只是由視覺外形造成的「較低等」聯覺。同樣地，某些較低等的型式，可能是由字母的視覺外形引發顏色感，但在較高等的型式，則可能是由字母所引發的聲音（即音素）所引起；音素的呈現區是在靠近 TPO 的位置。

我們還觀察到一個案例，有位色盲聯覺者可以看到數字浮現某些他看不見的顏色，我們相信那也是由於交錯活化所造成。有意思的是，他把那些顏色稱為「火星的顏色」。雖然他視網膜上的顏色受器無法處理某些波長的光線，但我們認為他腦中的顏色區卻運作正常，當他看見數目字時便受到了交錯活化。

隱喻的能力

我們與美國聖地牙哥沙克生物研究院的鮑恩頓進行腦部顯影實驗，初步證據顯示，V4 顏色區的局部活化方式，與我們對於聯覺的交錯活化理論所預測的相符；英國倫敦精神研究所的葛瑞（Jeffrey Gray）及同事也報告了類似的結果。讓聯覺者觀看黑白數字，在腦中引起興奮的區域，除了與正常人相同的數字區外，還包括顏色區。我們的研究小組還發現不同種類聯覺之間的差異：一位具有較低等聯覺的受試者比起對照組來，其前期處理顏色

探究語言起源之謎

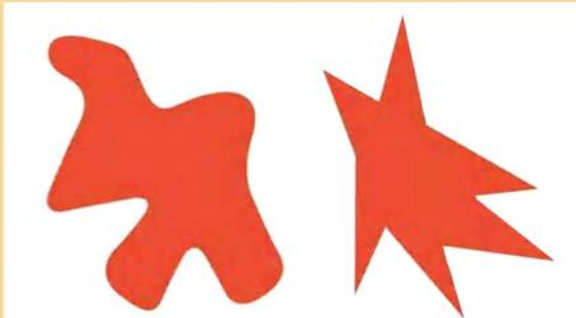
試著想像有一群正準備發明語言的古早人科動物。很顯然，不會有位領導者跳出來說：「嘿，大家聽好，我們把這個東西稱做香蕉。大家跟著我唸：香一蕉。」但毫無疑問，這群生物已具備一組能力，為有系統的口語溝通做了準備。我們針對聯覺神經生物學基礎所做的研究，顯示出「隱喻」的能力，也就是從表面上看來不同及不相關的事情看出內部關聯的能力，為語言的終於出現提供重要的根源。

人類具有與生俱來的偏見，會使某些聲音與特定的視覺形狀產生聯繫，因此人科動物得以從一些共通的字彙起步，這一點可能很重要。此外，即使是不具聯覺的人，其處理物體、字母與數字的視覺形狀及文字發音的特定腦區之間也可以相互活化，因此人類會給參差不平的形狀賦予預期中具有刺耳聲響的名稱。

還有兩種神經連結方式支持我們的想法。首先，位於腦後負責視覺外形及聽覺的感覺區，可以交錯活化位於腦前方與語言有關的特定運動區。我們看到尖銳的曲線或是聽到刺耳的聲音，會讓控制語言的運動區使舌頭在上顎產生同樣的瞬間彎曲。（或許還可以考慮下面幾個字：英文的 diminutive、teeny-weeny 及法文的 un peu，這幾個字的發音都有噘起嘴唇的動作，以模擬所形容的小型物件。）大腦似乎擁有既存的法則，將我們的所見所聞轉變成反映感官輸入的嘴部動作。

其次，在相鄰的腦部運動區之間會有某種訊息溢出的現象，譬如在控制手勢的一系列肌肉動作與控制嘴部動作的腦區之間，我們稱這種效應為「聯帶運動」(synkinesia)。如同達爾文所指出的，當我們手持剪刀剪紙時，我們的下巴可能也會不由自主地一緊一鬆，好似呼應手部的動作。許多語言學家並不喜歡「手勢動作可能為口語鋪路」的理論，但我們相信，聯帶運動的發現顯示他們可能錯了。

假定我們的人科祖先主要經由表達情緒的嘔噁聲、呻吟聲、吼叫聲以及尖叫聲來溝通，這些發聲已知是由右腦半球所產生，再加上一處與情緒有關的額葉區域。稍後，人



以如上兩個圖形詢問受試者，哪個是bouba、哪個又是kiki，98%的作答者選擇左邊的團狀物為bouba，右邊則是kiki。作者認為，人腦具有選取共通抽象特質的能力，好比尖銳的視覺形狀與刺耳聲響的名字；這種能力還可能為隱喻的產生給鋪了路，甚至包括了人類共通的字彙。

科動物發展出初步的手語系統，並逐漸變得精緻及複雜。我們不難想像招手要人過來的手勢，可能逐漸發展成「來這裡」的聲波。如果這種手勢經由聯帶動作的轉譯，變成嘴部及臉部肌肉的動作，又如果情緒波動時喉中產生的聲音，透過這些嘴舌動作而發出，結果就有可能產生最早說出來的字詞了。

那我們又怎樣能夠把句法（也就是語言當中字句排列的規則）套入這種模式呢？我們相信，人科動物使用工具的演化過程，可能扮演了重要的角色。譬如說製造工具的步驟，是先打扁柳頭的形狀，然後接上把手，最後再用來切肉，這就類似把子句嵌入長句之中的過程。根據美國加州大學洛杉磯分校心理學家葛林斐德 (Patricia M. Greenfield) 的這項創見，我們也提出理論，當初為了組裝工具而演化出來的大腦額葉區域，後來可能為全新的功能所借用，也就是將字詞組裝成片語及句子的能力。

現代語言所有的微妙特性，並不是都可以用這種模式來解釋，但我們認為，這些元素對於導致現代語言的最終出現，具有不可或缺的推動之功。

的腦區有更高程度的活化；反之，具有較高等聯覺的受試者，這些前期腦區的活化程度則較低。

對於聯覺的神經作用基礎有所了解，有助於解釋一些畫家、詩人以

及小說家的創造性。根據一項研究，具有創造性的人表現聯覺的比率，是一般大眾的七倍高。

許多具有創造性的人所共有的一項本事，是使用隱喻的能力。（「那

是東方，而茱麗葉就是太陽。」譯按：此為莎士比亞《羅密歐與茱麗葉》中的一句。）就好似這些人的大腦組成可將看似不相干的領域給連了起來，譬如太陽和美麗的年輕姑

娘。換句話說，一如聯覺將看似不相干的感覺實體做了任意的連結，譬如顏色及數字，而隱喻則是將看似不相干的「概念領域」給連結在一起。也許這並不只是巧合而已。

許多高層次的概念可能坐落於腦中特定的區域，或可說是版圖。你仔細想想，沒有什麼東西比「數字」更抽象的了，但我們先前提過，數字的概念卻只由一塊範圍相當小的腦區「角回」所負責。假定我們相信，造成聯覺的突變使得不同的大腦版圖之間出現過度的聯繫，包括皮質上代表特定實質感覺（譬如尖銳或彎曲的形狀，或是顏色版圖上特別的色調）的一塊塊小區域，那麼，就看這項突變的特徵在腦中何處表現以及表現有多廣泛，就可能同時造成聯覺及將不相干的觀念與想法連在一起的傾向；簡言之，就是具有創造力。這或許能夠解釋為什麼看來沒什麼用處的聯覺基因，能在人類族群當中存續下來。

我們的研究除了能弄清楚藝術家為什麼更容易經驗到聯覺之外，還指出我們每個人多少都具有這方面

的能力，而且這項特徵還可能為抽象能力的演化給鋪了路；那可是造成人類出類拔萃的能力。在這方面扮演一角的TPO（以及位於其中的角回），平常就參與了橫跨不同模式的綜合作用。據信TPO也是觸覺、聽覺及視覺訊息的匯聚之所，因而能夠建構出高階層的知覺。譬如說，貓是毛茸茸的（觸覺）、會發出喵喵及呼嚕聲（聽覺），同時具有某種外形（視覺）及氣味（嗅覺）的實體；所有這些感覺馬上就彙整出貓的記憶，或是「貓」這個字的發音。

人類腦部的高層級功能

與猿及猴相比，人類的角回比例超大。有沒有可能剛開始是為了要進行跨模式的聯繫而演化出來，到後來則由其他更抽象的功能（好比說隱喻）所徵用？我們來看看兩幅最早由心理學家柯勒（Wolfgang Kohler）所設計的圖畫（參見上頁〈探究語言起源之謎〉），一幅像是墨水的污漬，另一幅則像是碎玻璃的鋸齒形。我們問受試者：「這兩幅畫哪個是bouba、哪個又是kiki？」有

98%的人選墨漬圖為bouba，鋸齒形則是kiki。或許是墨漬那變形蟲般的柔和曲線，與bouba溫和起伏的發音在腦中聽覺中樞的呈現，以及與發出bouba這個抑揚之音時嘴唇的逐漸彎動之間，有某種象徵性的類似。反之，kiki這字的聲音波形以及舌頭在上顎處的急轉彎，模擬了鋸齒般視覺形狀的突然變化。這兩類kiki特徵當中唯一的共通點，是抽象的參差特性，由位於TPO附近某處（可能是在角回）給抽取出來。（最近我們發現，角回受損的人喪失了感受bouba-kiki的能力，他們不能做出形狀與發音之間的正確配對。）就某種意義而言，我們每個人都是隱性的聯覺者。

所以，角回執行了一種最基本的抽象概念：從一組非常不同的實體當中抽出共同的特性來。我們還不知道它是怎樣辦到這一點的，但只要出現了跨模式的抽取能力，也就可能為形式更複雜的抽象概念鋪路。伺機將某種功能取代變成另一種，是演化上常見之事，譬如哺乳動物耳中供聽覺之用的骨頭，是從爬蟲類的顎骨演化而來。除了產生隱喻及抽象思考外，跨模式的訊息抽取甚至可能促成語言的起源。

我們剛開始研究聯覺時，對於它會帶領我們走向何處並沒有任何概念；我們更沒有想到這個令人迷惑、長久以來被貶視為奇聞軼事的現象，竟然可能提供了一扇窺視思想本質的窗子。

SA

潘震澤 前陽明大學教授，現為美國韋恩州立大學生理學系研究學者。近期譯作有《睡眠的迷人世界》、《器官神話》等。

延伸閱讀

1. *The Man Who Tasted Shapes*. R. E. Cytovic. MIT Press, 1993.
2. *Synaesthesia: Classic and Contemporary Readings*. S. Baron-Cohen and J. E. Harrison. Blackwell, 1997.
3. *Psychophysical Investigations into the Neural Basis of Synaesthesia*. V. S. Ramachandran and E. M. Hubbard in *Proceedings of the Royal Society of London*, B, Vol. 268, pages 979-983; 2001.
4. *Synaesthesia: A Window into Perception, Thought and Language*. V. S. Ramachandran and E. M. Hubbard in *Journal of Consciousness Studies*, Vol. 8, No. 12, pages 3-34; 2001.
5. *Synaesthetic Photisms Influence Visual Perception*. D. Smilek, M. J. Dixon, C. Cudahy and M. Merkle in *Journal of Cognitive Neuroscience*, Vol. 13, No. 7, pages 930-936; 2001.
6. *Functional Magnetic Resonance Imaging of Synesthesia: Activation of V4/V8 by Spoken Words*. J. A. Nunn, L. J. Gregory, M. Brammer, S. C. R. Williams, D. M. Parslow, M. J. Morgan, R. G. Morris, E. T. Bullmore, S. Baron-Cohen and J. A. Gray in *Nature Neuroscience*, Vol. 5, pages 371-375; 2002.
7. 更多有關聯覺的訊息可參考：www.sciam.com/ontheweb