

What's fun in EE

臺大電機系科普系列

人工鼻

李心予／臺大電機系合聘教授、臺大生命科學系教授

何謂仿生學？

仿生學是利用生物特性開發工具或材質的學門

生物為了適應當前生存的環境，經歷了幾十億年的演化過程後，各自發展出具有生存優勢的特殊構造，其間所隱含大自然的智慧是經歷長時間淬鍊而成，有些令人意想不到的精巧設計實在令人嘆為觀止！目前極為熱門的仿生學正是人類觀察大自然中生物的各種生活習性、生理構造後，並以人工的方法試圖重現且以之為工具解決各種問題的一門學問，除了模仿生物的機械式構造、動作外，舉凡生物性特有的化學物質、材質，甚至生物內特有的能量代謝、訊息接收，只要利用到生物所特有的性質所衍生出來的科技或發明皆屬於仿生學的範疇。

目前仿生學已經有許多廣為人知的應用，像是模仿壁虎腳掌組織所開發的機器人，由於壁虎腳掌上有很多極其微小的類吸盤構造，牠們可以很輕易的在各種角度和界面上移動，於是這樣的機器人也可以做出一樣的動作在玻璃或是天花板任意行動，也有人發明類似壁虎腳掌組織結構的膠帶，這樣的類生物膠帶具有強大的黏合性，也可以輕易的取下，解決強力膠帶無法隨意拆除的問題；另一個有名的例子就是蜘蛛所吐出來的絲，這樣的生物纖維結構使得它擁有比鋼更強的強度，可以承受巨大的力量卻不斷裂，同時又有質量小的優點，因此在建築、交通科技、紡織工業甚至是軍事上都有可能的發展價值；利用鯊魚體表之微細鱗片結構製作之鯊魚皮泳衣也是一個有趣的例子，這樣的類鯊魚皮上面有特殊皺摺使得水可以快速流過，大大降低水流所造成的摩擦力，增加游泳的速度及效率。這些例子都顯示，仿生學增進了生活上的便利性並且慢慢具有無可取代的重要性。

想一想

1. 你知道為何鯊魚皮泳衣能使得泳者在水中游得更快嗎？
2. 你能從網路上找到其他利用仿生學製造對人類有實際價值的工具或材質的實力嗎？
3. 你能想出一個生物體的特性可以應用於仿生學研究後製造出有實際價值的工具或材質嗎？



(圖片來源：<http://tinyurl.com/bvf7lrd>)

嗅覺的形成

嗅覺是極為精密的化學受器的綜合感受

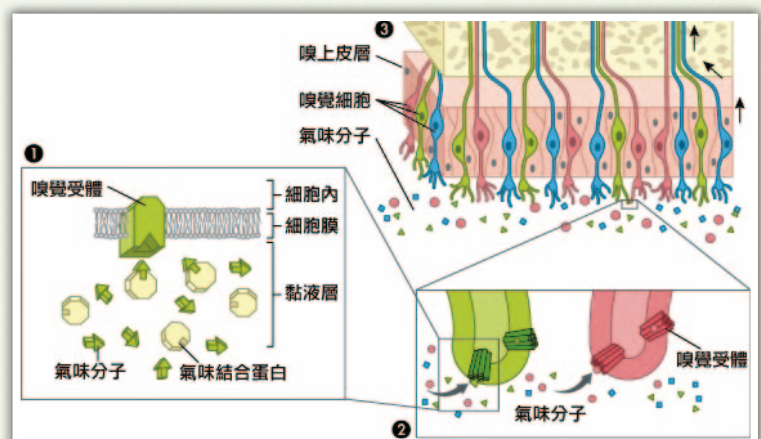
嘗試閉上眼睛後，你可以用嗅覺辨識出多少種不同的氣味？從迷人的花香、香水味到令人聞到眉頭一皺的垃圾臭味、魚腥味，又或是滿桌菜餚上各個盤子裡所散發出的多種美味氣息，你會發現你能辨識的氣味種類超出想像，你不但可以輕易的辨識出桔子和蘋果的差別，在公園裡尋訪到不同的花香，甚至可以分辨不同微細的氣味差異。當然，嗅覺對生物體的重要性極高，許多生物依賴靈敏的嗅覺而不是視覺作為尋找食物的方法，很多生物若是失去了嗅覺將無法覓食因此無法生存，另一方面嗅覺對找尋對象以繁衍後代也扮演重要的角色，很多生物甚至會用嗅覺來尋找適合自己的配偶。法國的松露得要依賴訓練後的豬隻來找出埋藏地底的昂貴食材，警方也利用警犬來嗅出行李中可能藏着的違禁物品，甚至是犯人遺留下來的特殊氣味來追捕疑犯，最近甚至有報導發現訓練過的狗可以嗅出病患是否有皮膚癌細胞的存在！這些發現都告訴我們，生物的嗅覺不但可分辨多種不同的氣味，也能偵測出極為細微的氣味分子殘留。

的確，嗅覺就如生物課本中所述，是由氣味分子刺激鼻粘膜中對應受器後，激發大腦嗅覺皮層中之對應部位進而產生我們所感覺到的氣味訊息，這些多樣化的氣味訊息會在我們腦中組合出特定的味道，不同的組合將產生不同的味道，因此味道的多樣性可想而知，世界上即有聞香師這樣的職業，他們能分辨幾百至幾千種的氣味，甚至能利用香料配製出想要的氣味，這樣一個職業說明了氣味的複雜與難解。

即便有這樣多的氣味，即便嗅覺早已是生活中如影隨形的感官知覺，但是嗅覺受器之存在，仍然困擾了科學家許久。尤其是科學家對人類基因體序列已略有所知，人類的基因體序列大約共有兩萬九千個基因左右，人類必須用這兩萬九千個基因達成所有的生物功能，還包括幾千種氣味的感知！究竟是有多少的基因在掌控嗅覺的氣味分辨？抑或有更精巧的機制去產生如此龐大的氣味訊息？至此為止，如何能由有限基因達成嗅覺的作用成為極大的謎團。

想一想

1. 你的嗅覺敏銳嗎？你覺得你可以分辨出多少種不同的氣味？
2. 警犬嗅出的犯人氣味或癌細胞氣味，是以何種形式轉換為嗅覺的？



(圖片來源：<http://tinyurl.com/c8nalvk>)



嗅覺受器的發現

一羣位於嗅覺皮膜的 G 蛋白受器主司嗅覺之感應

美國科學家 Richard Axel 與 Linda Buck 分離嗅覺皮膜觀察表達基因後發現，這些皮膜上的細胞內包含了 1000 個不同的特殊 G 蛋白受器（註一）基因表達於此處，並轉譯出相同數量的嗅覺受體（olfactory receptor）。基本上，一種嗅覺細胞僅能表達一種嗅覺受體，每種受體只能感知一種氣味分子，但是一個氣味通常具有多種氣味分子，這多種氣味分子分別活化了相對應的嗅覺受體以及其內的 G 蛋白，這些強弱不同、種類不同的氣味分子經過各個受體的感應後會把訊息傳給嗅神經進而到大腦，因此受體可以經由排列組合後，形成大量的【氣味模式】，透過大腦重新組織，最終產生嗅覺之生理反應，這樣的感知方式讓我們能夠分辨一萬種左右的氣味，也解決了有限的人類基因體序列能夠呈現出這麼多種氣味的謎團。這項重要發現讓兩位科學家獲頒了 2004 年諾貝爾生理醫學 之殊榮！

想一想

1. 嗅覺受器約佔了人類基因的百分之多少？
2. 你已經知道了嗅覺形成的原理，你能依據仿生學之精神建立人工之嗅覺機器嗎？
3. 你知道如何自網頁上查到各年諾貝爾獎的得主以及其研究內容嗎？

（註一）G 蛋白受器之研究也獲得今年（2012）諾貝爾化學！

相關內容請參閱以下網站 http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2004/illpres/illpres.html

人工鼻系統

使用生物嗅覺之原理構築出人工嗅覺感應器

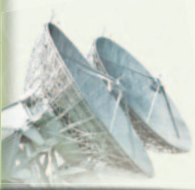
基於前述，生物之嗅覺是由多種氣體分子受器受激發後刺激腦部嗅覺皮層，產生特殊之組合模式即形成嗅覺。因此，如何使用此種機制製造出人工嗅覺感應器，也就是人工鼻，成為科學家努力的方向。人工鼻的應用層面可分為以下幾項：

- 檢測有毒氣體
- 靈敏檢測作物之成熟度，例如茶葉
- 食物成熟度或者是新鮮度之檢測
- 疾病之檢測

因此，包括了歐美各大研究單位甚至台灣本土的科學家，紛紛投入人工鼻之研究。

目前學界以及業界研發之人工嗅覺感應器大多分為以下幾個模組：

- 感應氣體分子部位
- 激發之陣列
- 分析模組

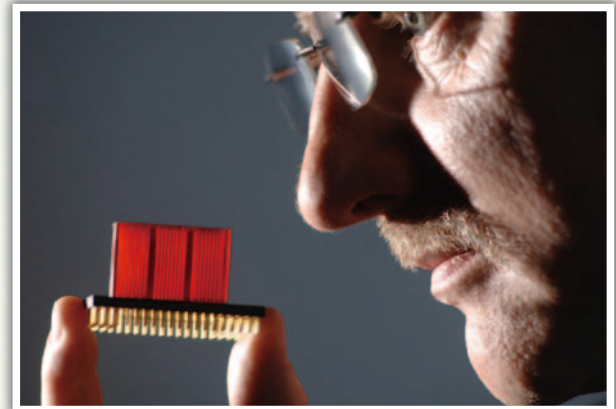


基本上，最困難的部分是如何將第一部分研發出來，也就是將能感應大量氣體分子的感應模組製造出來。因為膜蛋白質之結構複雜且穩定性不佳，因此製造出類似生物體 G 蛋白質受器之模式顯然不可行。因此科學家使用大量抗體，隨機生成之多胜或者是 DNA 分子附著于晶片陣列之上，再利用金屬氧化半導體（MOSFET），導電性聚合物（conducting polymers），石英晶體振盪器（quartz crystal microbalance）或是表面音頻振盪器（SAW）等方式將氣體分子中與小分子結合之形式轉變為特殊訊號輸出至分析模組之中，即會針對氣味分子產生特殊之指紋，未來再遭遇到此種氣味分子之組成時亦會激發相同指紋，比對後即會產生氣味之對應！

目前人工鼻最大之挑戰是如何達到與生物嗅覺相同之靈敏度以及辨識程度，因為目前大部之人工鼻僅能利用有限之組合形成感應器，因此無法產生類似生物之大量嗅覺受器組合。相信隨著科技的進步，不久的將來科學家就能生成大量的特殊聚合物且能與各種氣體分子產生特異結合，並能靈敏地傳送到分析模組產生特殊指紋，說不定很快的我們就能利用這些儀器，聞出癌細胞的特殊氣味而給予及早的治療！這種非侵入性的體檢一定會取代目前繁複的檢驗過程，讓我們拭目以待吧！

想一想

1. 人工嗅覺感應器和生物嗅覺受器之優劣點分別為何？
2. 人工嗅覺感應器還能應用在哪些方面？
3. 你會如何製造人工嗅覺感應器？



(圖片來源：<http://tinyurl.com/cena9pw>)

Ref:

http://www2.warwick.ac.uk/newsandevents/pressreleases/artificial_snot_enhances/
http://en.wikipedia.org/wiki/Electronic_nose

