

樹木聽起來像甚麼？樹木的“基”音……

◎林業試驗所育林組·吳家禎 (chiachen@tfri.gov.tw)

◎音樂工作者·翁和廷

起初，上帝創造天地……上帝說：「地要長出植物……會結果子、果子裡有種子，萬物各從其類。水要滋生眾多有生命之物……萬物要繁殖增多……。」試想：森林中有古木參天、綠草如茵、微風徐徐，冰沁湍急的溪水，清晰可見的溪蝦緩緩移動，其內的聲音千變萬化，清晨鳥兒的歌唱鳴叫、河流潺潺、瀑布轟隆作響，當風掠過時，樹梢枝條彼此摩擦的低鳴、竹林莖幹伸展筋骨的延展聲，這都是森林發出的聲音，都值得在忙碌的生活中，走進森林，來一趟靜(淨)心之旅，好好體會森林的聲音。然而，除了這些看的見的物體所發出的聲音之外，透過人類的創作與創新，現在，上帝在每個生命個體中賦予的獨特基因，也可以產生出樂音，本篇文章將為讀者簡介基因音樂(Gene Music)，看看科學家如何將生命的奧秘和藝術進行結合，譜出完美的樂章。

生物體的獨特基因編碼

科學和藝術可以以多種形式結合在一起。有日本的研究團隊(RIKEN Center for Developmental Biology in Kobe)將生物系統發生學透過遊戲卡片的方式，成為吸引學生或兒童的教學工具，另外，也有美國康乃爾大學將大氣資料中的氣象雲圖的顏色轉換成為聲音。

而隨著分子生物學的發展，分子生物學家也努力將DNA與藝術結合起來。在分子生物學的領域中，DNA是由四種不同核苷酸A(腺嘌呤)、T(胸腺嘧啶)、G(鳥嘌呤)和C(胞嘧啶)組成的。這四種核苷酸經過各種

的排列，而具有獨特和特異的序列，最後形成DNA的雙螺旋結構。功能性的基因(functional gene)更以三個核苷酸為單位，組成遺傳信息，成為成氨基酸的密碼子(codon)。據統計，人類就具有大約2萬個不同的功能性基因，而其中無法組成功能基因編碼區的序列更是龐大。這些大量的基因序列難道只是科學家的專利嗎？科學家希望透過藝術的方式，結合科學，希望可以找出生命的奧秘，以及可以讓科學更加地貼近人類。由於基因序列的龐大多樣性，也讓這樣的創舉有無限的可能與想像，近年來，像是著名的DNA ART，就是透過每個人具有不同的基因型，將個人獨特的DNA片段藉由電泳圖呈現後，進行後製、裱框，作為圖畫，並且標榜為「世上最獨特且是由您產生的藝術品」。

藝術的種類繁多，然而聲音是最原始的一種，從嬰孩呱呱落地，洪亮的哭聲，是上帝賜予人類最好的禮物之一，更是人類共同的情感，不是任何語言能描述傳達的，音樂提供了一種獨特的理解方式。因此，就有研究學者開始串聯基因與音樂，透過音樂的表達，用另一種方式來窺探基因的奧秘。

美國加州大學洛杉磯分校(UCLA)的研究團隊，藉由音樂的專才與愛好，以及分子生物學的背景，便開始投入基因音樂的創作，起初是用人工方式將胸苷酸合成酶(Thymidylate Synthase A)的氨基酸序列轉換成為樂譜，從一開始使用ATGC四個核苷酸，只有四個單音，但聽起來非常的無聊(表1)，後來

核苷酸	對應音高
Adenine (A)	C
Thymine (T)	E
Guanine (G)	G
Cytosine (C)	A

表1 核苷酸轉換成音高的示意表，其中，C、E、G剛好又可以組成大三度和弦，是樂音中和諧共鳴的最主要表現之一。

使用20個基本胺基酸，產生出的20個單音音階，但是音程範圍過大，也不好聽；後來，他們想到使用20個胺基酸，代表不同的和弦(chord)，並只轉換成13個單音，並且將相似的氨基酸使用相同的和絃，不過為了區別相似的氨基酸代表的和絃有所差異，其中轉換了根音(root)的位置，簡單的來說，就是這樣的演算使用，讓序列的樂音聽起來更豐富且悅耳。除此之外，透過基因序列中不同的密碼子的分布頻率，去界定每個音符的持續的時間(如全音符、半音符、八分音符等)。另外，研究團隊也比較亨丁頓舞蹈症(Huntingtin disease)的變異蛋白，發現變異蛋白會造成整個樂音聽起來大為不同，因為該遺傳疾病的發生是人類第四對染色體中有一個區域，其DNA序列具有太多個CAG序列重複所造成，而CAG三個核苷酸，會使得整段音樂產生不正常，像是跳針的情況，因此，可以清楚的透過聲音知道異常的基因表現。

而在遠方的德國科學家也透過不同的演算法，藉著DNA微陣列(DNA microarray，或稱生物晶片)在檢測癌細胞的結果中，因為不同癌細胞的基因表達不同，產生不同的樂音，該名科學家有在TED上面進行他的成果演說(Gene expression music | TEDxUniHalle)，並且當場舉出異常果蠅的基因表達和正常果蠅基因表達所呈現出樂音的差異，讓觀眾可以馬上體會，這也呼應了UCLA團隊的教授說的一句話：「要向年輕人解釋科學可困難，但是



圖1 藉由牛樟巨木的基因序列譜出有平易近人的樂譜，十分創新。(吳家禎 攝)

音樂是共通可理解的。」(Explaining science to young people is difficult, but music is universal.)

樹木的基因聽起來如何？

筆者從事林木基因體學研究工作多年，恰巧也有音樂的基礎背景訓練，看到上述的研究報導，也將臺灣的國寶樹種牛樟(*Cinnamomum kanehirae* Hayata)(圖1)進行基因與樂音轉換的研究，隨機找出牛樟的基因片段，長度不等約在500~1,200 bp左右，進行分階段的音樂演算，得到midi檔案，再經由專業的音樂人士進行後製。舉例來說，取出牛樟數個基因的混合序列中，編曲者將原始音檔中第一拍的三連音(圖2A)作為新編曲的開頭之動機，並使用長號(trombone)與小號(trumpet)兩樂器之音色(如圖2B)，再將原始音檔(圖2C)的音軌一(track1)轉換成薩克斯風(saxophone)音色搭配Classic Analog Pad，最後將音軌一(使用長笛音色)與音軌二(使用黑管音色)結合並配上弦樂加添層次。

2A
Track 2



2B
Trumpet in C
Trombone



2C
Track 1
Track 2



圖2 簡述樂曲後製樂譜的過程。

本次的初步研究內容，將產生出來的樂音進行喜好度研究，把前後產生的音樂檔案給予參試人員進行簡易的問卷調查，結果發現，僅透過軟體演算法釋放出來的樂音，品質較為粗糙，且電子音色不佳，造成刺耳感，也可能與序列為隨機挑選，並且和轉換軟體的參數設定也有極大的差別。但是，可以知道的是原始音檔內的和弦極為單調，不能被主流音樂之感官所接受，而後製的音樂接受度大為提升，最主要，透過音樂專長的人，透過編曲、加入情感，藉由不同節拍、音色的融合等，從單純基因轉換出來的樂譜中，給予音樂創作者得到靈感的機會，再藉由這些樂音的基礎訊息，重新譜製成新的作品。

筆者認為科學與藝術絕對不是兩條平行線，林業研究也越來越講求科學應用與藝術實用的方向，更舉辦許多推廣展示活動，讓科學與藝術領域是可以融合呈現的(圖3)。



圖3 本所舉辦的仁者樂杉展覽，除了推廣國產木材之外，更有許多藝術作品展示，如能再結合上臺灣杉基因的音樂，必能增加故事性。(吳家禎攝)

近年來，隨著社會科技的進步，越來越多人追求心靈的陶冶、藝術的追求、選擇走進自然，除了透過大自然的聲音外，更藉由不同的樂音，甚至是音樂創作的背景故事，用來了解目前藝術發展的多元性，也是生命中極為有趣、富含意義的旅程。♣