

# 音樂與科學的當代邂逅： 從基礎研究到醫療應用

蔡振家<sup>\*</sup>

---

<sup>\*</sup> 國立臺灣大學文學院音樂學研究所副教授。

## Abstract

The intersection between music and science is both beautiful and complex, with countless scholars and academics from ancient Greece to the modern day devoting themselves to the subject. Even in our time, a dizzying array of new topics constantly arise for discussion, bedazzling for all to behold. The present study is an introduction to how music and science meet in the 21st-century modern day, surveying important academic and educational institutions worldwide to discover what lies behind a successful interdisciplinary study between music and science. A discussion of applications and local perspectives follows, pointing to niches for Taiwanese academics to consider pursuing in their studies. We believe that scientific and technological advances could assist us in promoting from a new perspective the core values of the arts and humanities, and thus contribute to society in new and diverse ways.

## 摘要

音樂與科學之間的交界地帶，是個既美麗又複雜的領域。從古希臘到二十一世紀，無數學者投身其間，直到今日，嶄新的研究議題仍然層出不窮，教人目眩神馳。本文介紹音樂與科學在二十一世紀的當代邂逅，聚焦於世界各地重要的學術及教育機構，整理出音樂與科學之跨科際研究的成功要訣，接著談到應用層面與本土觀點，指出臺灣學者在研究上的利基（niche）。筆者認為，科學與技術的發展，可以讓人們從新的角度來發揚人文藝術的核心價值，對於社會做出更多元的貢獻。

**關鍵詞：**音樂認知、神經科學、音樂治療、情緒、美感體驗

## 前言

在追尋真善美的漫漫長路上，音樂總是陪伴著不少哲人，引發出許多有關科學與人性本質的深邃思想。古希臘的哲學家畢達哥拉斯（Pythagoras）指出，兩個音高的和諧關係由發出聲音的絃長比例所決定（假設絃的密度與張力相同），這個關於和諧的想法，也從音樂延伸至宇宙，讓畢達哥拉斯思考星體之間的和諧關係。除了數學之外，音樂更是與心理學有著深厚的淵源。例如孔子把音樂列為教育的一環，認為先王的「禮樂」具有匡正社會人倫的效果，可以改善人們的心理與道德；而莊子則認為「道」無所不在，即使是地位卑賤的庖丁，也可以在熟練宰牛的技巧之後，達到舞蹈與音樂合而為一的心靈境界。<sup>1</sup>

數個世紀以來，音樂與科學的交流不僅未曾止歇，而且，隨著兩方的發展各自呈現峰迴路轉、柳暗花明之勢，意外的重逢總是一再發生，並且在每次重逢之際，激盪出美妙的火花。最近二十年，音樂與現代生物學、認知科學等新興學科的邂逅，情景已與過去大不相同；歷史悠久的音樂傳統碰上方興未艾的分子生物學、神經生物學、認知神經科學（cognitive neuroscience）、情意神經科學（affective neuroscience）、資訊科學、音樂治療……等，展開人文與科學的對話，重新探索人性的幽微之處，值得細細品味。

本文介紹音樂與科學在二十一世紀的跨科際發展，從新興學科的背景介紹，聚焦至目前世界各地重要的基礎研究，最後再談到

---

<sup>1</sup> 《莊子·養生主》敘述了「庖丁解牛」的故事：有一位廚師為文惠君宰牛，他宰牛之際，無論是手接觸的地方、肩膀靠著的地方、腳踩著的地方、膝蓋頂住的地方，全都嘩嘩地響；當刀子刺進牛體時，則發出霍霍的聲音。種種聲響，沒有一個不符合音律；既合乎《桑林》舞曲的節拍，又合乎《經首》樂章的節奏。

應用層面與本土觀點。筆者將指出，音樂與新興學科的邂逅不僅美麗浪漫，照亮了人類心靈的深處，也為災難頻傳的社會與命運多舛的未來，帶來溫暖的希望。

### 音樂研究的新契機：現代生物學與認知科學的興起

倡言「以人為本」的音樂研究，隨著二十世紀現代生物學的興起而進入新的紀元。生命科學的研究範圍，不僅包括身為生物的我們，更包括了我們周遭的大自然；生命科學讓我們認清人類在自然界裡面的位置，並且思考人性的起源。隨著時代的變遷，生命科學對於人類社會與思想造成一波又一波的衝擊，音樂研究的發展當然也不例外。

瑞典的科學家瓦林（Nils Wallin）在1991年提出了生物音樂學（biomusicology）這門新學科，裡面包含三大分支：比較音樂學（comparative musicology）、演化音樂學（evolutionary musicology）、神經音樂學（neuromusicology），這個架構將音樂與現代生物學妥善結合，具有劃時代的意義。比較音樂學所關切的議題，包括各個音樂文化之間的相異處與共同點，例如世界各地的音樂使用許多音階系統，有的音階系統裡面只有三個音，有的音階系統則有七個音，但不管有幾個音，音階系統裡面必然有一個主音<sup>2</sup>。演化音樂學探討音樂的起源、動物的歌曲、音樂在人類演化中所扮演的角色，神經音樂學則探討音樂訊息處理的神經基礎與個體發育（Wallin, 1991）。上述的三大分支透露出一個有趣的訊息：在二十世紀下半葉被民族音樂學（ethnomusicology）取而代之的比較音樂

---

2 音樂理論中所謂的主音，就是最主要的音，當音樂暫告一段落時，通常會回到主音。

學，近年似乎乘著現代生物學的風潮捲土重來，具有重新被發揚光大的潛力。

比較音樂學起源於十九世紀末，其核心觀念在二十世紀初的柏林學派（Berlin School）具體成形。這個學派追隨著赫姆霍茲（Hermann von Helmholtz）與艾利斯（Alexander J. Ellis）等人的自然科學研究路數（approach），從心理學機構衍生而出，開枝散葉，以心理聲學（psychoacoustics）、完形心理學（Gestalt psychology）、演化生物學等研究觀念與方法來研究音樂，研究議題包括了各種音樂文化所使用的音階系統與樂器、音樂的起源與演化、人類音樂的普同性（universality）等。可惜的是，比較音樂學的榮景遭到第二次世界大戰的衝擊，自此一蹶不振，取而代之的是1950年代於美國興起的民族音樂學。民族音樂學雖然也研究各個音樂文化，但是這門學科帶有濃厚的文化人類學色彩，強調各地文化的殊異性、音樂與社會文化的交互作用、後天因素對於音樂的影響。民族音樂學相當重視田野工作與民族誌，而不是科學分析方法。

在民族音樂學的強勢衝擊之下，比較音樂學的自然科學路數早已式微，演化生物學的觀點也幾乎從音樂學中銷聲匿跡，因此，英國劍橋大學音樂與科學中心（Center for Music and Science）的克羅斯（Ian Cross）教授認為，1913年一篇探討音樂與語言之演化起源的短文，似乎標誌著一個時代的結束：

無論如何，這篇短文所代表的並不是一個開端，而是一個終點。由於許多不同的因素湊合在一起，使得「音樂的演化論思考」不太可能產生什麼成果。二十世紀以降，許多有關音樂起源的研究，其焦點並不是音樂與生物學的關聯，而是轉而關切當代西方音樂理論與實務、西方音樂史，抑或音樂與

其他抽象領域（如：數學）的關聯。在這兩個路數裡面，演化顯然不是學者們所關注的重點，他們眼中主流的音樂學觀點，在於闡述西方音樂的歷史與發展基礎。另一方面，在人類學領域中則逐漸聚焦於各個社會的文化殊異性，而非跨越多種文化的普同性。這個趨勢，降低了生物學在解釋文化與心智現象中的重要性。（Cross, 2007：649-667）

學科領域的崛起與沒落、學術典範的轉移（paradigm shift），在歷史上總是一再重演。現代生物學的急速進展，不僅促使了生物音樂學此一新學科的誕生，也為比較音樂學的「復興」鋪平了道路。生物音樂學與某些現代生物學的分支具有密切關聯，在全球各地科學家的努力之下，生物音樂學的研究成果急速累積，近十餘年來至少有六百篇論文，散見於各類科學期刊。<sup>3</sup>

除了現代生物學之外，認知科學的興起也對於音樂研究具有推波助瀾的效果。針對人類心智的研究，心理學家傳統上是以內省法或觀察人的外在行為來進行，然而認知科學興起之後，結合了神經科學與資訊科學的觀念與方法，為心智研究增添了生理實驗與類神經網路（artificial neural network）<sup>4</sup>等，一些相當有力的工具，讓虛無縹緲的思考與推理，變成可以一一解析的認知模型與歷程。

跨科際整合讓心理學如虎添翼，基礎更為紮實，而音樂心理學也有著類似的發展歷程。音樂心理學在研究方法上的革新，首先體現於人工智慧對於音樂訊息的運算。如何讓電腦軟體從聲波中抽

3 關於生物音樂學的論文與研究成果，筆者已經在《音樂認知心理學》（臺大出版中心，2013）一書中做了初步的整理。

4 資訊科學家使用大量彼此相連的人工神經元，來模仿生物體的神經網路，這種系統稱為類神經網路。類神經網路具有學習能力，可以透過學習來精進其辨識資料型態、分類資料及預測資料的功效，其應用十分廣泛，包括了語音及影像的辨識、臨床診斷、音樂資訊檢索……等。

取出音高訊息，是早期資訊科學家對於音樂認知心理學的主要貢獻（Gold, 1962; Moorer, 1977），近年來，資訊科學家著眼於更高階的音樂訊息，如：和絃（Ni et al., 2012）、調性（Noland & Sandler, 2009）、節奏（Cemgil, 2000）、拍節（Klapuri, Eronen, & Astola, 2006）。

音樂心理學的另一個突破，體現於聽眾情緒的生理指標測量。雖然音樂的情緒表現力曾經遭到某些美學家的質疑（Hanslick, 1854），但回顧近年的情緒心理學發展卻可以發現，有關巔峰情緒經驗的實證研究，最常使用的刺激材料就是音樂（Benedek & Kaernbach, 2010）。俗話所說的「被音樂感動得起雞皮疙瘩」、「被某人的歌聲電到」，這類巔峰情緒經驗在心理學中稱為 chill 或 thrill，有學者試圖找出能引發此一經驗的音樂形式特徵，這方面的研究始於 1990 年代（Panksepp, 1995; Sloboda, 1991）。最近十年，不僅腦造影技術被拿來研究音樂所引發的情緒，較為平價、簡便的生理訊號測量也跟腦造影技術一併使用（Baumgartner, Esslen, & Jäncke, 2006; Salimpoor et al., 2011; Steinbeis, Koelsch, & Sloboda, 2006）。

當聽者被音樂引發強烈的情緒時，身體的變化會顯示在某些生理指標上面，包括：皮膚導電度（skin conductance）、心跳速率、呼吸速率、呼吸深度、手指溫度……等，其中皮膚導電度的變化是測量音樂情緒的可靠指標（Craig, 2005; Rickard, 2004）。由於聆聽動人的音樂可以造成膚電反應，因此有些實驗將它與特定的音樂事件作共時性（synchronicity）的對照分析（Grewe, Kopiez, & Altenmüller, 2009; Grewe, Nagel, Kopiez, & Altenmüller, 2007; Guhn, Hamm, & Zentner, 2007）。最近有學者從心理學的觀點來分析舒伯特的一些樂曲，引用情緒的環狀模型，把音樂中的恐懼、悲傷、憤



怒、溫柔……等情緒的心理反應及膚電反應，跟音樂特徵與段落設計相互印證（Spitzer, 2010）。這個研究論文刊登在「音樂分析」該領域的重要期刊，可說具有指標性的意義，因為它鬆動了該學科的人文學傳統，讓音樂分析不再僅止於研究者對於樂譜文本的主觀詮釋，而是藉由客觀的生理訊號測量，將聽眾的情緒變化跟樂曲結構聯繫起來。展望未來，音樂分析將得以在實證基礎上力求進步，釐清音樂結構與聽眾情緒的關係。

現代生物學讓音樂研究中的演化議題與比較觀點重新復甦，認知科學的興起則為音樂研究帶來新的工具，這樣的發展除了反映出科學研究的日新月異，從另一個觀點看來，也是向二十世紀上半葉的柏林學派致敬，這個學派將音樂、物理、心理、生物演化結合在一起，預見了音樂與科學在二十一世紀的重逢。不過，柏林學派的學者們可能並未預見二戰後的這般光景：北美與亞洲的許多音樂學者，與自然科學幾乎不相往來，甚至對於演化論避之唯恐不及。時至今日，大約只有一些歐洲的音樂學家還保持著對於自然科學的熱愛，由此看來，歐洲特有的「科學人文」傳統，似乎格外教人肅然起敬。

### 他山之石：國際知名的音樂科學研究機構

數十年以來，臺灣的音樂研究缺乏自然科學視角，但在其他國家則並非如此。在本節中，筆者將瀏覽世界各地較為知名的音樂科學研究機構，介紹他們所關切的研究議題，希望藉由分析他們的成功策略，可以從中學習跨科際的寶貴經驗。

跨科際研究如何開花結果？這個問題不妨從「跨界音樂」的角度來思考。翻開世界各地的音樂發展史，混血、跨界、融合……



總是開創新局的重要推手，然而成功的音樂融合殊為不易，有許多關卡須得一一克服。跨界創作可能要經由蒐集、選擇、處理材料，一直進行到排練與實踐，同樣的，音樂與科學的跨科際研究或許也包含類似的步驟，並非一蹴可及。分析國際知名的音樂科學研究機構如何實踐上述步驟，可以讓我們學習到跨科際研究的策略與發展歷程。

首先要介紹的，是跟神經音樂學有關的幾個學術重鎮。在人類的大腦裡面，音樂及語言共享許多神經機制，這些發現主要來自於德國萊比錫（Leipzig）的普朗克認知神經科學中心（Max Planck Institute for Human Cognitive and Brain Sciences）。該中心在語言認知方面原本就累積了許多成果，而有關語意、語法、句法的腦造影研究，則由於博士生柯爾須（Stefan Koelsch）的加入，得以延伸至音樂領域，他第一篇有關音樂意義的研究論文，便刊登於頗具聲望的《自然神經科學》（Nature Neuroscience）期刊（Koelsch et al., 2004）。

由於音樂及語言的材料有許多相似之處，因此將神經語言學的方法用於神經音樂學，是個相當合理的選擇，但是，選擇了跨科際的研究方法之後，還必須要有專業素養的配合，才可以凸顯研究材料的特性。柯爾須在這方面擁有過人的優勢，因為他兼具神經科學與音樂理論兩項專長，在製作刺激材料與設計實驗時可以掌握音樂的本質，例如音樂的和聲與調性。筆者認為，神經科學與理論作曲這兩項專長的結合，使得柯爾須一直走在神經音樂學的最前端，目前他任職於德國柏林的自由大學（Freie Universität），繼續從事音樂認知與音樂情緒的研究與教學，並且延伸至音樂治療等應用層面。

位於加拿大的麥吉爾大學（McGill University），也是保有歐

洲學術氣息的神經音樂學重鎮。由神經學研究中心薩托雷（Robert J. Zatorre）教授領軍的音樂研究，擅長使用腦科學的各種工具與觀念，例如從動作科學的觀點來分析音樂演奏的神經基礎（Zatorre, Chen, & Penhune, 2007），從神經經濟學的觀點來分析消費者對於音樂商品的評價（Salimpoor et al., 2013）。薩托雷教授來臺訪問陽明大學之際，筆者有幸向他求教，他一聽說我來自音樂學研究所，馬上謙虛說道，他對於音樂的瞭解不算專業，話雖如此，薩托雷教授的研究團隊從資訊科學、訊號處理的角度來解析聲音，豐碩的成果其實早已有目共睹（Giordano et al., 2013; Warrier et al., 2009）。薩托雷教授以深厚的神經科學素養為基礎，博采眾家之長，遂成為神經音樂學的一代大師，作育英才無數。

加拿大的音樂認知心理學具有深厚的傳統，人才輩出，薩托雷教授是其中的代表人物，他跟認知科學家培瑞茲（Isabelle Peretz）教授共同創立的「腦、音樂與聲音實驗室」（International Laboratory for Brain, Music and Sound Research），於2007年獲得加拿大政府的高額經費補助（大約新臺幣四億元），當時《科學》期刊還特別報導此事。該文指出，這兩位學者歷經二十幾年的努力，終於讓「音樂認知神經科學」受到學界重視。回顧這個艱辛的學術發展歷程，薩托雷教授認為，最大的關鍵在於神經學家與認知科學家走出自己的領域，攜手合作，薩托雷教授說，「研究認知的人開始明瞭，『嘿，外頭有個大腦』。而另一方面，神經學家與腦影像專家則開始明瞭，他們的工作其實對於認知模型有些貢獻。」（Balter, 2007）從2011起，「腦、音樂與聲音實驗室」隸屬於新成立的「腦、語言與音樂研究中心」（Centre for Research on Brain, Language and Music），目前共有一百多位師生。

芬蘭有個國家級的跨科際音樂研究機構：Finnish Centre of

Excellence in Interdisciplinary Music Research，堪稱當代神經音樂學的一顆璀璨新星。此機構分為「音樂認知」及「音樂與腦」兩個團隊，前者廣納音樂心理學、音樂治療、系統音樂學、音樂科技……等領域的專家，後者則使用腦造影技術來研究音樂認知與神經發展，與資訊科學家密切合作，探索音樂形式的處理（Alluri et al., 2012）。此機構跟韋斯屈萊大學（University of Jyväskylä）音樂系緊密相連，但這個音樂系與傳統的音樂科系十分不同，系內從事科學實驗的研究者有將近五十名，其中不乏原本主修音樂演奏的研究者，因此，該機構有兩位工程專家與一位數據分析專家，讓跨科際研究所涉及的許多技術問題得以迎刃而解。在跨科際研究的實踐階段，專職技術人員扮演著極為重要的角色，這或許是臺灣應該向國外研究機構借鏡的一大重點。

接下來要介紹的這個學術重鎮，其研究議題不限於神經音樂學，而是跟生物音樂學的三個分支都有關聯，那就是前面提過的劍橋大學「音樂與科學中心」。筆者跟該中心頗有緣分，因為筆者發表於《音樂知覺》（Music Perception）的第一篇論文，便是在該中心克羅斯教授的鼓勵與指點之下，才得以從研討會論文變成期刊論文，筆者在臺大音樂學研究所指導畢業的一位碩士生，也在克羅斯教授門下攻讀劍橋博士。此機構與校內的心理學系、生物學系、語言學系、考古人類學系、電機工程學系……都有密切交流，另有技術人員處理電腦相關事務；人文、科學、技術三者平衡發展，彼此截長補短，充分展現了劍橋的學風。克羅斯教授最近跟美國麻省理工學院的學者聯合發表一篇論文，探索音樂旋律的學習原則（Rohrmeier & Cross, 2013），該研究便結合了音樂理論、資訊科學、認知心理學實驗的觀念與方法。

談到音樂理論，必然不能忽略美國學者在這方面的卓越

貢獻。任教於美國普林斯頓大學音樂系的提摩茲柯（Dmitri Tymoczko），是一位右手作曲、左手撰寫數學論文的奇才，他在《科學》期刊發表的兩篇論文指出，聆賞音樂可以視為一趟在多維空間中的旅程，這趟旅程有兩大欣賞重點：距離、對稱性（Tymoczko, 2006; Callender, Quinn, & Tymoczko, 2008）。音樂的旋律與和聲自有其運作的規則，過去的音樂理論家僅僅歸納出這些經驗法則，代代相傳，而精通音樂的數學家則能揭示這些規則背後的幾何學原理。提摩茲柯的研究成果暗示，許多愛樂者的腦中，都有個精通幾何學的「小小人」，處理音樂中錯綜複雜的音高訊息。

除了數學之外，物理學當然也跟音樂聲響的產生有關。有些物理學家與機械工程學家把音樂聲學（music acoustics）當作次要的、調劑性質的第二學術生涯，但是澳洲新南威爾斯大學（University of New South Wales）物理學系「音樂聲學實驗室」的成員，則以音樂聲學為主要的研究方向，筆者曾經在該實驗室進行了一項有關中國笛的研究，成為博士論文裡面的重要成果。在物理學系中發展音樂聲學實驗室，當然不是一件容易的事，該實驗室「筆路藍縷，以啟山林」，歷經八年的技術開發之後，於2004年開始在《科學》、《自然》等頂尖期刊嶄露頭角（Tarnopolsky et al., 2005; Chen, Smith, & Wolfe, 2008），並且致力於科學傳播，製作了相當有趣的樂器物理學網頁，在科學教育中融入了音樂之美。

本節最後要介紹的是墨爾本的音樂治療機構，此機構以教學與臨床實務為主，研究為輔，在社會應用上有許多值得借鏡之處。墨爾本大學的音樂系於1978年開始設立音樂治療課程，提供碩士與博士學位，有不少校友都在臨床機構擔任要職。值得注意的是，另外還有兩個機構與墨爾本大學音樂系的音樂治療位於同一個建築裡面：澳洲國立音樂治療單位（National Music Therapy Research

Unit) 與「音樂·心智·安適」機構 (Music, Mind & Wellbeing initiative)，後者是全球僅見的機構，主持人的專長為癲癇患者的精神醫療，其他師資還包括兩位來自音樂系的音樂治療專家，與一位來自心理系的資訊科學專家。「音樂·心智·安適」機構也負責教學工作，課程開放給社區居民參與，裡面包括三項主題：音樂心理學、音樂與健康、音樂科學，其中第三個主題雖然尚在規劃階段，但是筆者似乎可以感覺到，他們希望藉助資訊科學家的專長，為音樂認知研究帶來新的養分，藉以提升國際競爭力。

綜合本節所述，現今有許多學者投身於音樂與科學的跨科際探索，嶄新的研究議題層出不窮，教人目眩神馳。在音樂與科學之間的交界地帶，競爭極為激烈，掌握技術與重視資訊科學的研究團隊，似乎佔有一定的優勢。芬蘭與澳洲以國家的力量設立專門機構，推動音樂治療與音樂教育的研究及傳播，對於當地社會做出實質貢獻，這也是值得臺灣參考的一個發展方向。

## 音樂的社會貢獻與醫療應用

音樂、文學與藝術，到底在人類社會中有什麼實質的用處呢？美國波士頓音樂學院音樂系主任波納克 (Karl Paulnack)，於2004年致新生家長的歡迎詞中提到，音樂並不是可有可無的奢侈品，它在災難頻傳的人類社會中具有舉足輕重的地位。波納克教授提到，震驚全球的「九一一攻擊事件」，是他職業生涯的一個轉捩點：

2001年9月的時候，我住在曼哈頓。12日的那個清晨，我一下子對我所從事的藝術有了全新的認識，對於音樂跟整個世界的關聯，產生了全新的認識。[……]就在9月11日當晚，



紐約市內第一個有組織的大型活動是演唱會。人們在各個消防隊門前歌唱，他們縱聲高歌（我們一定會勝利），很多人還唱起了（美麗的亞美利加）。就是在那個星期，紐約愛樂樂團在林肯中心奏響了《布拉姆斯安魂曲》，就我記憶所及，這也是當時舉辦的第一項公共活動。換句話說，廣大公眾第一次組織起來表達哀思，第一次對那樣的歷史悲劇抒發情感的方式，是一場音樂會。[……]保衛國家領空安全的責任交給了美國軍方，而引領人們走出悲痛的任務，卻交給了藝術——更確切地說，是交給了音樂。<sup>5</sup>

以上這篇演講，內容十分感性，在網路上廣為流傳。值得注意的是，神經科學家達馬吉歐（Antonio Damasio）在談到人類藝術的功能時，也提出了類似的觀點。達馬吉歐在《意識究竟從何而來？》一書的結尾提到，藝術是「意識」送給人類的一份大禮；由於人腦發展出反思性意識（reflective consciousness），人們開始去思考自己在宇宙中的地位。在危急存亡之秋，人們有可能從神話與宗教中獲得一股安定的力量，藝術與音樂也由此衍生而出；藉由藝術，人們的感覺、情緒、自我、記憶得以匯集並再現，藝術活動的參與者體悟於當下，展望未來。達馬吉歐借用了現代生物學中的重要觀念：衡定（homeostasis）<sup>6</sup>，提出「社會文化衡定」一詞，他強調，藝術有助於維持社會的穩定：

簡言之，藝術在演化中勝出是因為它們擁有生存價值，並促進了福祉概念的發展。它們有助於凝聚社會群體與建立社會組織；

5 網址 <http://www.bostonconservatory.edu/music/karl-paulnack-welcome-address>，瀏覽日期2013年9月26日。

6 衡定又稱為體內平衡，是現代生物學裡面的一個核心觀念，它是指生物體藉著各個器官的協調聯繫，在體內維持相對不變的穩定狀態。這個觀念也從個體引申至生態體系，指涉生態體系的自我調節功能，以維繫其穩定狀態。



它們協助溝通；它們彌補了恐懼、憤怒、渴望及悲傷所造成的情緒性失衡。（Damasio, 2012：338）

從這個角度來看，音樂與心智科學的邂逅，似乎可以重新揭示藝術與美感教育的核心意義，讓世人明瞭，數千年以來，音樂一直為災難頻傳的社會，提供了一股溫柔而堅強的穩定力量。以下，筆者希望介紹音樂治療在臺灣的發展與研究成果，以進一步凸顯音樂的應用價值。

根據世界音樂治療組織（World Federation of Music Therapy）所下的定義，所謂的音樂治療，是利用音樂或音樂中的元素，作為醫療與教育等場域裡的一種介入方式，這種方式能夠讓個體、團體、家庭或社群提升生活品質，改善其生理、社交、溝通、情緒、智能、心靈、安適等方面的狀態<sup>7</sup>。跟許多西方國家相比之下，臺灣的音樂治療起步較遲，其中位於花蓮的慈濟大學堪稱國內的先驅。慈濟大學護理系的賴惠玲教授等人發現，年長者與重度憂鬱患者在聆聽放鬆音樂時，他們的指溫呈現上升趨勢，年長者偏好的紓壓音樂為國樂（Lai, 2004）。另一項針對護理人員的研究顯示，聆聽紓壓音樂可以降低血液中的壓力賀爾蒙、心跳速率、血壓（Lai & Li, 2011）。賴惠玲教授等人還比較了護理行為與音樂對於病患的影響，結果發現，患者較喜歡護理人員演奏二胡音樂或演奏直笛音樂；跟單純播放音樂相比，護理人員的演奏更能減輕患者的焦慮，且讓患者更容易入眠（Lai, Li, & Lee, 2012）。慈濟大學護理學系的李麗花老師等人發現，讓罹患失智症的年長者以打擊樂器演奏音樂，可以有效降低他們的焦慮（Sung et al., 2012）。花蓮慈濟醫院胸腔內科的研究則發現，音樂可以緩解失眠症狀（Chang et al.,

7 網址 [http://musictherapyworld.net/WFMT/FAQ\\_Music\\_Therapy.html](http://musictherapyworld.net/WFMT/FAQ_Music_Therapy.html)，瀏覽日期 2013 年 9 月 26 日。

2012)。

臺北醫學大學的護理學系，近年也開始注重音樂治療，研究議題包括以音樂來進行失智症患者的團體治療 (Lin et al., 2010)、以音樂減輕病患的焦慮 (Ni et al., 2012; Yang et al., 2012)。無獨有偶，輔仁大學的護理學系也發現，給即將進行手術的患者聆聽紓壓音樂，可以降低其呼吸速率、心跳速率及血壓 (Ko & Lin, 2012)。

從神經科學的角度來看，紓壓音樂之所以能夠減輕聽者的焦慮，可能是透過催產素 (oxytocin) 系統的作用。催產素是一種哺乳動物特有的激素，如它的名稱所示，這個激素在雌性哺乳動物生產時會大量釋放，促進分娩，而母親乳汁的產生也有賴催產素的作用。除此之外，催產素對於各種動物行為也有相當廣泛的影響。它可以增進社會認同、人際互信、同理心、夫妻 (情侶) 間的情感鍵結、親代照應、依附行為，這些情感聯結可以減低焦慮與恐懼，在壓力來臨時避免血管功能受損與免疫力下降。

有實驗證明，在手術前給病患聆聽紓壓音樂，可以提升血液中的催產素，讓他們放鬆心情 (Nilsson, 2009)，此外，歌唱課程也會提升血液中的催產素 (Grape et al., 2003)。這些實驗似乎顯示，音樂就像是親友一般，可以陪伴聽者或歌者，給予支持、帶來溫暖。音樂的這些功能，似乎跟「以人的安適為中心」的護理學宗旨若合符節，在高齡化社會中尤其具有不容忽視的發展與應用潛力。

### 表演藝術的觀眾研究：兩個本土案例

如前一節所述，在藝術活動裡面，人們的感覺、情緒、自我、記憶得以匯集並再現，身心狀態可以藉此稍作調整，甚至有所

領悟與成長，這或許是人文藝術的核心價值。針對藝術的研究可以從各種角度來切入，除了可以從作品本身與社會、歷史脈絡來分析之外，亦可聚焦於「作品與人的互動」，特別是創作者與欣賞者的美感經驗。

美學家高友工在論及西方文學、藝術分析的傳統時曾經指出，講究科學化的研究總是著眼於可以客觀觀察的材料（如：作品及其社會歷史脈絡），而避免觸及主體經驗的部份（高友工，2004）。其實，文學與藝術在整個人文研究中之所以位居核心地位，即因為「『美感經驗』是在現實世界中實現一個想像世界」，在這個世界裡面，「由個人抉擇的活動顯示了自我內在的價值和理想」（高友工，2004）。

誠如高友工所言，美感經驗作為一個「客觀存在」，乃是不可否認的事實。拜科技進步之賜，藝術創作與欣賞過程中所牽涉的心智活動，如今已經可以使用各種觀測儀器來研究，因此，中國歷代哲人所關切的美感議題，似乎正在邁向一個研究的新紀元。筆者認為，本土的藝術研究除了追尋西方人的腳步，著眼於具體的作品、史料檔案、文物圖像、民族誌、社會制度、信仰祭儀……之外，也應該回歸到文學與藝術的核心，探討人們在閱聽作品時的主體感受與認知歷程。

解釋音樂現象可以使用種種方式，不同的方式具有高低不等的解釋力，而在判斷解釋力強弱時有兩個準則：證據、邏輯推理。以下，筆者希望舉出一個例子，藉此來比較，從社會制度以及認知歷程來解釋音樂現象時，其解釋力究竟有何差別。

有些音樂文化中的打擊樂具有階層組織，階層最高的樂器只在最重要的拍點上敲擊發聲，而階層越低的樂器則傾向在越不重要的拍點上敲擊發聲。有些民族音樂學家著眼於具體可觀察的社會階

級制度，認為樂器的階層性是社會階級的體現，音樂形式再現了該族群的文化。

另一方面，生物音樂學則從截然不同的角度切入這個議題。在人體的運動系統裡面，協調運作的各個骨骼肌原本就具有階層性，而腦中掌控運動系統的神經迴路也參與音樂認知，特別是跟時間有關的音樂訊息處理，目前的腦造影實驗已經指出，腦中跟算拍子有關的神經迴路都涉及運動功能，因此，音樂認知歷程中，時間的階層組織其實是由運動迴路來處理的。此外，音樂中周而復始的打擊樂節奏，可以影響人們的步行或跑步，這也顯示音樂拍子階層性與周期性動作的緊密關係。<sup>8</sup>

筆者認為，從生物學的觀點來解釋某些打擊樂的階層組織，遠比「音樂體現文化」的民族音樂學觀點更為可信，因為生物學的觀點有行為及神經科學實驗的證據支持。再者，爵士鼓音樂與京劇鑼鼓音樂都具有階層組織，但孕育這兩者的文化相當不同，除非民族音樂學家能夠找到這兩個音樂種類背後的社會階層制度，且能將其社會階層與樂器的階層對應起來，否則，「音樂體現文化」的推測與想像，不免令人深感懷疑。雖然社會階級制度比心智歷程更為具體，也更容易觀察，但是它究竟能否解釋音樂現象，仍然要從證據與推理邏輯這兩個層面來詳細檢視。

人類音樂與人類文化之間的關係，或許要從個體的心智活動中去追尋。為了強調主體感受與認知歷程的重要性，以下，筆者將

---

<sup>8</sup> 聆聽音樂除了會活化聽覺皮質之外，小腦(cerebellum)、基底核(basal ganglia)、額葉的前運動區(premotor area)也處理時間的階層組織，這些腦區都跟運動功能有關，它們調控著走路、跑步等週期性的動作，而這些動作跟音樂的時間組織有著類似的結構。詳見筆者在《音樂認知心理學》第四章「音樂與運動系統」中的說明。

舉出兩個本土研究的例子，說明如何運用科學與技術來分析表演藝術，讓閱聽經驗研究也能夠為美學提供一些實證基礎。

## 京劇觀眾的手指溫度測量

中國戲曲源遠流長，綜攝了音樂、舞蹈、戲劇、服裝……等元素，其中以京劇的發展較具革新精神，值得分析。京劇大師梅蘭芳（1894－1961）在晚年創作了一齣《穆桂英掛帥》，在〈捧印〉這場戲中，大膽突破文戲與武戲的界線，以武戲鑼鼓來襯托文戲中旦角的內心掙扎，成為他藝術生涯的壓卷之作，而〈捧印〉這場戲，也讓筆者產生了濃厚的研究興趣。

《穆桂英掛帥》描述的是一段發生於宋朝的傳說故事，當時西夏王造反，佘太君勸穆桂英拋下與宋室朝廷的心結，為國效命；穆桂英歷經一番內心交戰之後，欣然捧起帥印，領兵西征。劇中，佘太君成功說服穆桂英之後下場，便進入〈捧印〉末段的獨腳戲。這段獨腳戲從【西皮散板】唱腔開始，唱詞中透露，穆桂英雖然答允掛帥，但因多年未臨戰陣，於是略感猶豫。在這段【西皮散板】的第三、四句之間，穆桂英擔憂著出征的種種難題，此一內心掙扎由大段啞劇與鑼鼓來表現，相當動人。

為了探索梅蘭芳的京劇藝術境界與其感動力量，筆者招募了38名喜愛戲曲的成年人，在他們觀賞兩次〈捧印〉時紀錄其手指溫度。為了探討戲曲熟悉度對於觀賞行為的影響，筆者請參與者回答一些有關戲曲知識的選擇題，再將答題總分最高的15名與總分最低的15名分別歸類於「熟悉戲曲組」與「不熟悉戲曲組」，比較這兩組參與者的手指溫度。圖1顯示第200秒至第650秒的平均指溫曲線，其中黑線為「熟悉戲曲組」、灰線為「不熟悉戲曲組」，

虛線代表第一次觀賞、實線代表第二次觀賞。由此圖可以看到，僅有「熟悉戲曲組」在第二次觀賞時，於第350秒至第500秒有顯著的指溫升高現象，其餘三條曲線都沒有明顯的起伏，這個有趣的結果，透露出觀眾情緒與美感經驗的一些特質。

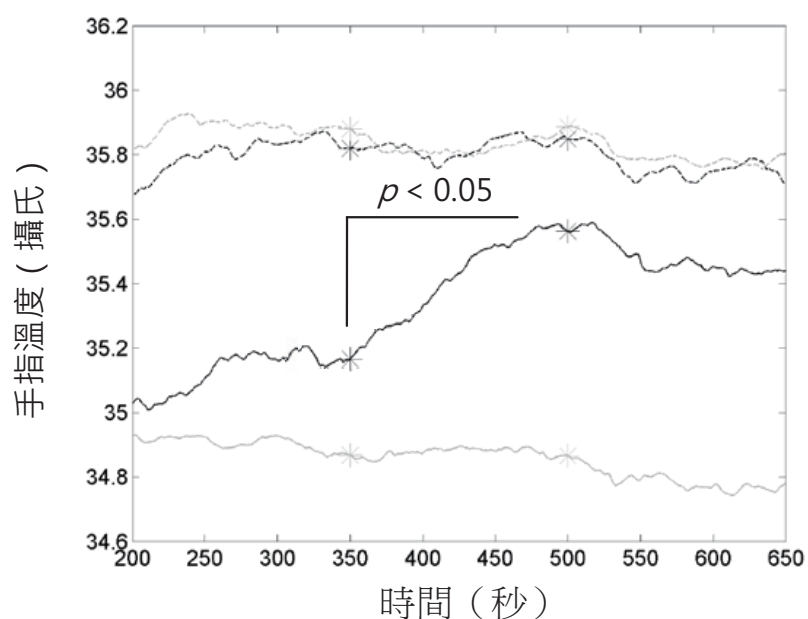


圖 1 觀賞〈捧印〉時的平均指溫曲線。黑線為「熟悉戲曲組」、灰線為「不熟悉戲曲組」，虛線代表第一次觀賞、實線代表第二次觀賞。四條曲線之中，僅「熟悉戲曲組」在第二次觀賞時，於第350秒至第500秒有顯著的指溫升高現象（成對樣本的t檢定結果為 $p < 0.05$ ）。由此看來，這個時間範圍中的精彩表演，必須由熟悉戲曲的觀眾在反覆觀賞之後，才會產生美感體驗。

過去有許多實驗顯示，指溫升高所反映的是放鬆愉悅的情緒（Lundqvist et al., 2009; Lai, 2004），而圖1的第350秒至第500秒這個時間範圍，正是京劇史上非常著名的一個表演段落，展現出梅派



藝術的至高境界，觀眾此時所感受到的，可能不只是放鬆愉悅的情緒，而是深刻的美感體驗。在這段表演裡面，穆桂英以啞劇演出內心掙扎，忽而垂首撫胸、暗自沉吟，忽而想像自己馳騁於沙場，在武戲鑼鼓聲中挽弓射箭，做出種種武打的架式。梅蘭芳在這個段落裡面大膽「跨界」，巧妙融合文戲與武戲的元素；這個革命性的創作，將內心戲提升至前所未見的藝術層次。本實驗指出，戲迷在第二次觀賞這段表演時，可能產生了強烈的美感體驗，因此導致指溫上升。

以許多傳統表演藝術而言，資深戲迷欣賞的是表演技法與意境，而門外漢則可能比較注意劇情。上述的實驗結果指出，精彩的戲曲表演雖然具有深刻的感動力量，但觀眾必須以多年的戲曲欣賞經驗為基礎，並且反覆觀賞同一段經典表演，在熟悉情節鋪排的情況下，仔細去鑑賞演員的表情與動作，品味音樂的轉折及其情緒意涵，統整戲曲表演裡面的複雜訊息，如此一來，才能夠產生美感體驗。

### 聆聽卑南族歌曲時的腦部活化型態

聆聽同一段音樂時，不同的聽眾可能會有不同的感受，造成這些差異的原因相當複雜，除了個人的音樂喜好品味之外，還有更深層的文化背景、學習經驗、族群差異等因素。為了探討族群與文化背景如何影響聆賞音樂的經驗，筆者以三首臺灣卑南族的歌曲作為刺激材料，進行了一項先導實驗（pilot study）<sup>9</sup>，該實驗希望以功能性磁共振造影（functional magnetic resonance imaging）來比較不同

9 卑南族本身並沒有出草的習俗，但是卑南族人有可能遭到他族的勇士獵首，此時可能要藉由演唱〈復仇記〉向他族宣戰。

聽眾在聆聽同一首歌曲時的腦部活化型態。功能性磁振造影可以藉由偵測腦中血液動力的改變，來提供神經細胞活化的訊息，這種方法在音樂心理學實驗中經常使用。

這項腦造影實驗的受試者有三位：漢族歌迷、卑南族歌迷、非歌迷（漢族），刺激材料為卑南族歌手紀曉君所演唱的〈復仇記〉、〈神話〉、〈南王系之歌〉。<sup>10</sup>在這三位受試者裡面，漢族歌迷與卑南族歌迷都極為熟悉而且喜愛這些歌曲，非歌迷則不熟悉也不喜愛這些歌曲。表1呈現了部份的實驗結果，標出受試者在聆聽三首歌曲時，跟右腦聽覺皮質密切互動的腦區。以下分別介紹這三首歌曲所引起的聽眾反應，並且與歌曲的音樂文化內涵相互印證。

〈復仇記〉的聆聽實驗結果顯示，只有卑南族歌迷的腹側前扣帶皮質（ventral anterior cingulate cortex）跟右腦聽覺皮質密切互動，該腦區跟負面情緒的調控（regulation of negative emotions）有關（Hamilton et al., 2011）。之前有一項實驗顯示，若是要求怕蛇的人拿起活生生的蛇，則越有勇氣辦到的人其腹側前扣帶皮質就越活化（Nili et al., 2010）。對於卑南族人而言，〈復仇記〉的背後是一個具有社會功能的儀式，在該儀式中演唱此曲，是為了讓族人解除恐懼，在胸中燃起怒火與殺氣，為慘遭割首的同伴復仇。<sup>11</sup>本實驗中的卑南族歌迷表示，聆聽此曲時進入了復仇情緒之中，但漢族歌迷並沒有這樣的感受，這個主觀報告與腦造影結果十分吻合。

10 〈復仇記〉收錄於紀曉君的專輯《野火春風》（魔岩唱片，2001），〈神話〉、〈南王系之歌〉收錄於紀曉君的專輯《聖民歌：太陽風草原的聲音》（魔岩唱片，1999）。其中〈復仇記〉、〈南王系之歌〉為卑南族的傳統歌曲，〈神話〉則為卑南族音樂家陳建年的創作，他因為這首歌曲獲得第十一屆金曲獎最佳作曲人獎。

11 該實驗為臺灣與法國合作的科普節目《Hello, Brain!》第二集之部分內容，該節目的指導單位為國科會，監製單位為世新大學，製作單位為東臺傳播公司。

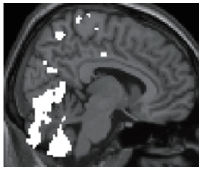
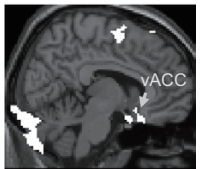
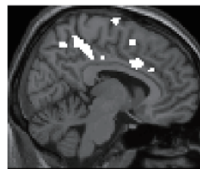
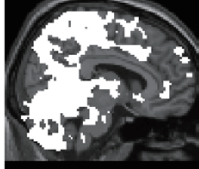
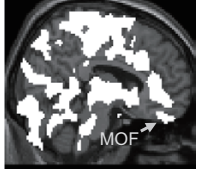
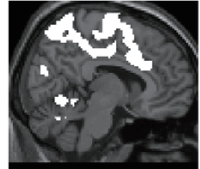
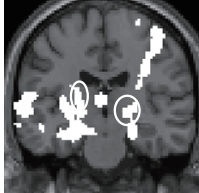
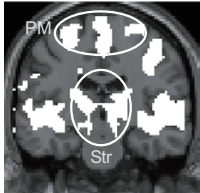
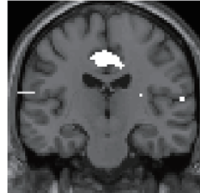
|         | 漢族歌迷                                                                               | 卑南族歌迷                                                                              | 非歌迷                                                                                  |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 〈復仇記〉   |   |   |   |
| 〈神話〉    |   |   |   |
| 〈南王系之歌〉 |  |  |  |

表 1：三名受試者聆聽三首卑南族歌曲時的腦部活化型態，白色標出了在聆聽當時跟右腦聽覺皮質密切互動的腦區。縮寫：vACC，腹側前扣帶皮質；MOF，中央眼眶額葉；PM，前運動區；Str，紋狀體。針對〈復仇記〉、〈神話〉所呈現的腦圖，是位於  $x=0$  的矢狀切面（沿著前後方向從中線切下的剖面），而針對〈南王系之歌〉所呈現的腦圖，是位於  $y=9$  冠狀切面（在頭頂偏前方之處，沿著左右方向切下的剖面）。

〈神話〉的聆聽實驗結果顯示，只有卑南族歌迷的眼眶額葉皮質中央區域（medial orbitofrontal cortex）會跟右腦聽覺皮質產生密切互動，該腦區跟懷舊、內省（introspection）、參照自我的心理活動（self-referential mentation）、思緒飄盪、情緒調節（emotion regulation）、決策、評價、道德、遙想未來……有關（Bray et al., 2010; Trost et al., 2012; Tsukiura & Cabeza, 2011; Flagan & Beer,

2013)。〈神話〉這首歌曲談的是文化傳承，本實驗中的卑南族歌迷表示，此曲讓她省思自我與族群的關係、卑南族文化的未來，甚至在懷舊之餘進行道德評價。此項實驗中的漢族歌迷雖然也熟悉每一句歌詞的意義（因為此曲也可以用漢語演唱），但是他並沒有像卑南族歌迷一樣，對於文化傳承議題產生許多攸關自我的思考。

〈南王系之歌〉的聆聽實驗結果顯示，兩位歌迷的紋狀體（striatum）會跟右腦的聽覺皮質密切互動，非歌迷則無此反應。紋狀體跟愉悅感有關，過去的實驗曾經指出，受試者在估計音樂的價值時，紋狀體與聽覺皮質的互動程度可以預測該名受試者會出多高的價錢來購買此段音樂，而聽眾評價音樂的主要依據，可能就是愉悅感的強烈程度（Salimpoor et al., 2013）。〈南王系之歌〉這首歌曲經常在族人歡聚時演唱，此曲的情緒不僅快樂奔放，而且經常會帶動在場的群眾一同跳舞，這或許可以解釋，卑南族歌迷在聆聽此曲時，額葉的前運動區（premotor area）跟右腦聽覺皮質密切互動。以往有實驗指出，快樂奔放的音樂會活化腦中的前運動區（Trost et al., 2012），而本實驗則顯示，僅有卑南族歌迷對於〈南王系之歌〉產生這樣的反應，漢族歌迷可能不曉得怎麼「聞樂起舞」，所以前運動區並未被活化。

上述的實驗雖然樣本數太少，但筆者在聽眾研究中首度嘗試進行跨族群的比較，區分他們的聆聽經驗，對於本土音樂研究仍然有些參考價值。每個人聆聽同一段音樂時的感受可能不盡相同，而腦造影的結果可以凸顯個人特質與族群、文化的差異，讓我們深入思考產生聆聽經驗差異的可能原因。本實驗發現，表達快樂情緒的歌曲活化了歌迷的愉悅中樞，然而非歌迷就沒有這個反應。卑南族歌迷能夠對於歌曲中的懷舊與文化傳承危機產生切身體會，也能精準掌握歌曲背後的社會文化意義，反之，無論漢族歌迷再

怎麼熟悉、喜愛這些歌曲，似乎仍然缺乏將卑南族歌曲跟自我緊密相連的那一條文化紐帶。在本實驗中，這條文化紐帶的神經基礎，似乎已透過腦造影技術浮現而出，並且把我們帶往意識研究（consciousness study）與神經美學（neuroaesthetics）的美麗境界。

意識研究所涵蓋的議題相當廣泛，包括對於意識現象本質的探索，以及意識現象的產生；有些學者研究個體如何產生知覺、注意力、信念、慾望，以及自我概念，有些學者研究自我的結構層次與不同的意識狀態。神經美學探討審美歷程的神經機制，包括藝術作品內容的訊息處理，創作意圖的解讀，還有閱聽行為裡面的評價與決策。無論是意識研究或是神經美學，它們都共同探討一個核心的研究議題：參照自我的心理活動，在這個心理活動裡面，個體清楚察覺了特定訊息與自我的密切關聯，其神經基礎主要位於腹側中央前額葉（ventromedial prefrontal）與眼眶額葉皮質。卑南族歌曲〈神話〉在卑南族歌迷腦中所活化的區域，便包含了腹側中央前額葉與眼眶額葉皮質。

審美的自我，是本世紀心智科學與心智哲學的重要議題；直達心靈深處的音樂，正是探索這個議題的一把鑰匙。

## 結語

本文介紹音樂與科學在二十一世紀的「重逢」，聚焦於世界各地重要的基礎研究，再談到應用層面與本土觀點。所謂「他山之石，可以攻玉」，別人的成功經驗，可以成為我們發展跨科際研究的重要參考。綜觀七個國際知名的音樂與科學研究中心，筆者嘗試整理出它們的成功要訣，包括以下六點：

（1）研究者本身將不同的專長妥善整合，例如音樂理論及幾



何學的結合。

- (2) 團隊合作，建立不同層次的溝通平臺，包括綜合性與專題性的討論群組。
- (3) 聘請專職的技術人員，協助實驗設計、儀器操作與維護、數據處理等問題。
- (4) 以綜合型大學或國家的力量設立專門機構，而非仰賴小規模的實驗室。
- (5) 承上，以多角經營的觀念規劃實驗室，讓不同領域的學者共同爭取經費，然後在同一個實驗室中滿足各自的研究興趣。<sup>12</sup>
- (6) 重視科學傳播及實務應用，走入社區，與業界交流，而非全然埋首於學術研究，侷限在象牙塔裏面。

除此之外，臺灣還擁有一些獨特的文化傳統，這也使得音樂與科學的邂逅有了異於歐美先進國家的可能性，例如本文所提到的漢族戲曲與原住民音樂，都是值得注意的研究利基（niche），一些臺灣學者對此應有「舍我其誰」的學術使命感。<sup>13</sup>從更宏觀的視角

12 國科會人文處的「心智科學大型研究設備建置及共同使用服務計畫」，可以說符合這裡所說的「成功要訣」之第五點及第六點，該計畫的徵案說明中提到：「為使國內人文與社會科學之學術研究能與國際趨勢同步，本會人文處擬建置人類腦部核磁共振造影設備與人腦磁波儀等儀器，以充實國內人文與社會科學相關研究所需之儀器設備，提升國內人文與社會科學之學術水準。」(<http://web1.nsc.gov.tw/file2/INTRAFILES/announcement/dest//402881d0213a3d0a012141f6302a0058/1242352201661.PDF>，瀏覽日期2009年5月18日) 臺灣有些大學集各學院之力爭取到這些研究設備，包括：臺灣大學、政治大學、成功大學。國科會人文處設立這些實驗室，服務的對象十分廣泛，包括人文、社會學者。

13 最近有一篇刊登於《英國皇家學會會報，B輯：生物科學》的論文，探討臺灣原住民的音樂形式與基因如何共同演化，並以音樂分析來證實臺灣原住民與其他南島語系民族之間的淵源。該文的第一作者為加拿大的心理學家暨演化音樂學家Steven Brown，作者群中另外有兩位臺灣學者，分別來自



來看，本文引用神經科學家所提出的「社會文化衡定」觀念，指出藝術穩定社會的功能。音樂除了能夠凝聚群眾的向心力，讓社會從災難中復甦之外，對於個體而言，音樂也能夠促進身心健康，在高齡化社會中更是具有多元的功能，值得政府有關單位重視。

臺灣的音樂治療不僅落後於歐美各國，較之中、日、韓等鄰近國家也相形遜色，因為放眼全臺，在大專院校中居然找不到任何一個音樂治療科系。雖然慈濟大學與臺北醫學大學的護理系已經為音樂治療開闢了道路，但是，綜合醫學、心理、音樂的研究機構，至今仍然付之闕如。音樂活動是治療與照護失智症、腦中風、運動障礙、學習障礙的有效方式，在心理上的調節與支持力量，更是有目共睹。面對臺灣社會的高齡化，音樂研究應該致力於檢驗、改良、開發種種應用的方式，而音樂認知心理學與神經科學應該可以成為支撐實務應用的學理基礎。

科學與人文變成壁壘分明的「兩種文化」<sup>14</sup>，固然有其歷史脈絡可尋，但是這樣的發展，對於人類文明可能會有負面影響。從心智科學與心智哲學的進展來看，日新月異的科學觀念與技術，其實不一定遠離了人文精神與思想，相反的，在敞開心胸，充分瞭解科學知識的內容與技術工具的應用價值之後，科技其實可以讓人重新發現人文藝術的核心價值，幫助人文藝術對社會做出更多元的貢獻。一般而言，西方人文學者較關切客觀的材料，而避免去討論較為抽象的主體經驗（高友工，2004），從這個學術現象看來，重視「直

---

中國醫藥大學的臨床醫學研究所與馬偕醫院，另外還有一位作者是東京藝術大學的音樂學者。從跨科際的觀點來看，該文可以說為臺灣的原住民音樂研究開啟了新的方向(Brown et al., 2013)。

14 二十世紀中期，英國科學家兼小說家史諾(C. P. Snow)提出「兩種文化」的說法，他認為科學和人文已經變成兩種各自獨立的文化，兩個陣營基本上互不往來。

觀神悟」的東方文化傳統可以說彌足珍貴，我們有幸立足於這個傳統之上，似乎更應該利用生理訊號測量與腦造影等技術，讓「人與藝術」的研究回歸到主體感受與認知歷程的分析，發揚歷代哲人對於美感經驗的洞見。

要達成以上的願景，當然還有許多困難尚待克服。音樂與科學的邂逅看似美麗浪漫，但在實際探勘之後便可以發現，這個領域的學術生態相當複雜；即使有意在音樂與科學的潮間帶栽培幼苗，在臺灣學界傳統制度與傳統觀念的「金鐘罩頂」之下，也很難成長茁壯——浪花淘盡、熱情消逝，一切又回到原點——筆者所在的臺灣大學的音樂學研究所，便是值得分析的一個例子。

在臺灣，有許多音樂科系設立於藝術大學之內，具有深厚的傳統，相形之下，成立於1996年的臺大音樂學研究所，情況較為特殊，因為它位於一所擁有醫學院、公衛學院、生命科學院、理學院、工學院、電資學院……的綜合性大學之內，原本打算發展出有別於藝術大學音樂科系的方向，開拓新局。臺大音樂學研究所在向教育部申請成立碩士班之際，規劃者高瞻遠矚、思想開闊，廣納電機系的「類神經網路」專家與醫學院的「神經內科」醫師等師資，設計了跨科際的課程。令人遺憾的是，臺大音樂學研究所後來仍然回歸到人文傳統，偏重於歷史學、人類學、社會學、文化研究等面向。

隨著某些音樂學者把自己框限在人文學裡面<sup>15</sup>，臺大音樂學研

---

15 音樂學者對於其人文學科屬性的自我標榜，在2005年臺灣音樂學論壇的微稿啟事中歷歷可見：「人文學科在二十世紀末的整合風潮並沒有略過音樂學研究，後結構、後現代、後殖民的浪潮使得學科間的畛域消失，而目下全球化的思考方式更讓不同音樂文化的歸屬，有了新的討論空間。」該屆論壇的主辦單位為臺大音樂學研究所。

究所原本涵蓋自然科學的發展方向規劃，也即將成為一段被遺忘的歷史，而這樣的「嘗試跨界→回歸人文傳統」歷程，或許正透露出某些人文學科的演化包袱。

在臺灣的一些人文領域裡面，跨科際的阻力多半來自於上述的演化包袱，這個現象跟人文學者的傳統思維有關，也跟這些學者對於某些科學理論的誤解有關。由於篇幅所限，本文並不打算深入分析演化包袱這個問題，藉由以上對於跨科際音樂研究的成功案例介紹，筆者所關切的是這些國外機構的成功策略。國外的學術與教育機構能夠在跨科際整合方面開花結果，反觀臺灣，一方面擁有眾多的科學人才，另一方面又有多元的文化傳統，將來必然有機會迎頭趕上。然而，在臺灣進行跨科際整合並非易事，目前的首要之務，可能是科學素養的普遍提升，促進人文藝術與科學的對話，消弭「兩種文化」的隔閡。另外，制度的興革與機構的建立，更是培育人才、留住人才的重要措施。

在多年來跨科際教育的歷程中，筆者時時感受到通識課學生的創意，感受到他們對於音樂治療與音樂資訊應用的熱忱與專業性<sup>16</sup>；如何延續這些可貴的創意、熱忱、專業，發展出更多有關音樂與科學的課程，建立合作平臺，讓各個領域的專家共同開發出音樂的嶄新價值，值得有志者繼續努力。

## 誌謝

本文所提到的第一個實驗（京劇欣賞實驗），要感謝國科會專題研究計畫「音樂與動作的同步性對於觀眾（聽眾）的影響」

16 此處主要是指筆者於臺灣大學所開設的通識課程「音樂、演化與大腦」，該課程自98學年度第一學期開設至今。

(NSC 99-2410-H-002-111-MY2)、國立臺灣大學神經生物與認知科學中心拔尖計畫「情緒認知互動與自我運作」(10R80918-01)的經費補助，也要感謝葉素玲老師(臺大心理學系)協助生理測量實驗的研究倫理審查申請、蕭禕繁同學(臺大音樂學研究所)協助該實驗的執行。本文所提到的第二個實驗(卑南族歌曲聆聽實驗)，要感謝國科會、世新大學、東臺傳播公司，以及參與實驗的紀曉君女士與三位受試者，另外也要感謝臺大電機系陳志宏教授所領導的磁振造影團隊，特別是負責執行實驗、分析數據的李家瑋博士。本文所提到的國外研究機構之相關資訊，則要感謝就讀於英國劍橋大學「音樂與科學中心」博士班的王俐晴、就讀於加拿大McMaster大學心理學系博士班的張詠沂惠賜寶貴意見。

## 參考文獻

- Alluri, V., Toiviainen, P., Jääskeläinen, I. P., Glerean, E., Sams, M. & Brattico, E. (2012) Large-scale brain networks emerge from dynamic processing of musical timbre, key and rhythm. *Neuroimage*, 59(4), 3677-3689.
- Balter, M. (2007) Brain, Music, and Sound Research Center. Study of music and the mind hits a high note in Montreal. *Science*, 315(5813), 758-759.
- Baumgartner, T., Esslen, M. & Jäncke, L. (2006) From emotion perception to emotion experience: emotions evoked by pictures and classical music. *International Journal of Psychophysiology*, 60(1), 34-43.
- Benedek, M. & Kaernbach, C. (2010) Physiological correlates and emotional specificity of human piloerection. *Biological Psychology*, 86 (3), 320-329.
- Bray, S., Shimojo, S. & O'Doherty, J. P. (2010) Human medial orbitofrontal cortex is recruited during experience of imagined and real rewards. *Journal of Neurophysiology*, 103(5), 2506-2512.
- Brown, S., Savage, P. E., Ko, A. M., Stoneking, M., Ko, Y. C., Loo, J. H. & Trejaut, J. A. (2013) Correlations in the population structure of music, genes and language. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 281(1774), 2013-2072.
- Callender, C., Quinn, I. & Tymoczko, D. (2008) Generalized voice-leading spaces. *Science*, 320(5874), 346-348.
- Cemgil, A. T. (2000) Rhythm quantization for transcription. *Computer Music Journal*, 24(2), 60-76.
- Chang, E. T., Lai, H. L., Chen, P. W., Hsieh, Y. M. & Lee, L. H. (2012) The

- effects of music on the sleep quality of adults with chronic insomnia using evidence from polysomnographic and self-reported analysis: a randomized control trial. *International Journal of Nursing Studies*, 49(8), 921-930.
- Chen, J. M., Smith, J. & Wolfe, J. (2008) Experienced saxophonists learn to tune their vocal tracts. *Science*, 319(5864), 726.
- Craig, D. G. (2005) An exploratory study of physiological changes during “chills” induced by music. *Musicae Scientiae*, 9(2), 273-287.
- Cross, I. (2007) Music and cognitive evolution. In: *Oxford Handbook of Evolutionary Psychology* (R. Dunbar & L. Barrett, Eds.). Oxford: Oxford University Press.
- Damasio, A. 著，陳雅馨譯 (2012) 意識究竟從何而來？從神經科學看人類心智與自我的演化 (*Self Comes to Mind: Constructing the Conscious Brain*)。臺北：商周。
- Flagan, T. & Beer, J. S. (2013) Three ways in which midline regions contribute to self-evaluation. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 450.
- Giordano, B. L., McAdams, S., Zatorre, R. J., Kriegeskorte, N. & Belin, P. (2013) Abstract encoding of auditory objects in cortical activity patterns. *Cerebral Cortex*, 23(9), 2025-2037.
- Gold, B. (1962) Computer program for pitch extraction. *Journal of the Acoustical Society of America*, 34(7), 916-921.
- Grape, C., Sandgren, M., Hansson, L. O., Ericson, M. & Theorell, T. (2003) Does singing promote well-being? An empirical study of professional and amateur singers during a singing lesson. *Integrative Physiological and Behavioral Science*, 38(1), 65-74.
- Grewe, O., Kopiez, R. & Altenmüller, E. (2009) The chill parameter: Goose bumps and shivers as promising measures in emotion research. *Music Perception*, 27(1), 61-74.
- Grewe, O., Nage, F., Kopiez, R. & Altenmüller, E. (2007) Emotions over time:



- Synchronicity and development of subjective, physiological, and facial affective reactions to music. *Emotion*, 7(4), 774-788.
- Guhn, M., Hamm, A. & Zentner, M. (2007) Physiological and musico-acoustic correlates of the chill response. *Music Perception*, 24(5), 473-484.
- Hamilton, J. P., Chen, G., Thomason, M. E., Schwartz, M. E. & Gotlib, I. H. (2011) Investigating neural primacy in Major Depressive Disorder: Multivariate Granger causality analysis of resting-state fMRI time-series data. *Molecular Psychiatry*, 16(7), 763-772.
- Hanslick, E. (1854) *Vom Musikalisch-Schönen. Ein Beitrag zur Revision der Ästhetik der Tonkunst*. Leipzig: R. Weigel.
- Hsu, W. C. & Lai, H. L. (2004) Effects of music on major depression in psychiatric inpatients. *Archives of Psychiatric Nursing*, 18(5), 193-199.
- Klapuri, A. P., Eronen, A. J. & Astola, J. T. (2006) Analysis of the meter of acoustic musical signals. *IEEE Trans Audio Speech Lang Process*, 14(1), 342-355.
- Ko, Y. L., & Lin, P. C. (2012) The effect of using a relaxation tape on pulse, respiration, blood pressure and anxiety levels of surgical patients. *Journal of Clinical Nursing*, 21(5-6), 689-697.
- Koelsch, S., Kasper, E., Sammler, D., Schulze, K., Gunter, T. & Friederici, A. D. (2004) Music, language and meaning: Brain signatures of semantic processing. *Nature Neuroscience*, 7(3), 302-307.
- Lai, H. L., Li, Y. M. & Lee, L. H. (2012) Effects of music intervention with nursing presence and recorded music on psycho-physiological indices of cancer patient caregivers. *Journal of Clinical Nursing*, 21(5-6), 745-756.
- Lai, H. L. & Li, Y. M. (2011) The effect of music on biochemical markers and self-perceived stress among first-line nurses: A randomized controlled crossover trial. *Journal of Advanced Nursing*, 67(11), 2414-2424.
- Lai, H. L. (2004) Music preference and relaxation in Taiwanese elderly people.

*Geriatric Nursing*, 25(5), 286-291.

Lin, Y., Chu, H., Yang, C. Y., Chen, C. H., Chen, S. G., Chang, H. J., Hsieh, C. J. & Chou, K. R. (2010) Effectiveness of group music intervention against agitated behavior in elderly persons with dementia. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 26(7), 670-678.

Lundqvist, L. O., Carlsson, F., Hilmersson, P. & Juslin, P. N. (2009) Emotional responses to music: Experience, expression, and physiology. *Psychology of Music*, 37, 61-90.

Moorer, J. A. (1977) On the transcription of musical sound by computer. *Computer Music Journal*, 1(4), 32-38.

Ni, Y., Mcvicar, M., Santos-Rodriguez, R. & De Bie, T. (2012) An end-to-end machine learning system for harmonic analysis of music. *IEEE Transactions on Audio, Speech and Language Processing*, 20(6), 1771-1783.

Nili, U., Goldberg, H., Weizman, A. & Dudai, Y. (2010) Fear thou not: Activity of frontal and temporal circuits in moments of real-life courage. *Neuron*, 66(6), 949-962.

Nilsson, U. (2009) Soothing music can increase oxytocin levels during bed rest after open-heart surgery: A randomised control trial. *Journal of Clinical Nursing*, 18(15), 2153 -2161.

Noland, K. & Sandler, M. (2009) Influences of signal processing, tone profiles, and chord progressions on a model for estimating the musical key from audio. *Computer Music Journal*, 33(1), 42-56.

Panksepp, J. (1995) The emotional sources of “chills” induced by music. *Music Perception*, 13(2), 171-207.

Rickard, N. S. (2004) Intense emotional responses to music: A test of the physiological arousal hypothesis. *Psychology of Music*, 32(4), 371-388.

Rohrmeier, M. & Cross, I. (2013) Artificial grammar learning of melody is

- constrained by melodic inconsistency: Narmour's principles affect melodic learning. *PLoS One*, 8(7).
- Salimpoor, V. N., van den Bosch, I., Kovacevic, N., McIntosh, A. R., Dagher, A. & Zatorre, R. J. (2013) Interactions between the nucleus accumbens and auditory cortices predict music reward value. *Science*, 340(6129), 216-219.
- Salimpoor, V. N., Benovoy, M., Larcher, K., Dagher, A. & Zatorre, R. J. (2011) Anatomically distinct dopamine release during anticipation and experience of peak emotion to music. *Nature Neuroscience*, 14(2), 257-262.
- Sloboda, J. A. (1991) Music structure and emotional response: some empirical findings. *Psychology of Music*, 19(2), 110-120.
- Spitzer, M. (2010) Mapping the human heart: A holistic analysis of fear in Schubert. *Music Analysis*, 29(1-3), 149-213.
- Steinbeis, N., Koelsch, S. & Sloboda, J. A. (2006) The role of harmonic expectancy violations in musical emotions: Evidence from subjective, physiological, and neural responses. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(8), 1380-1393.
- Sung, H. C., Lee, W. L., Li, T. L. & Watson, R. (2012) A group music intervention using percussion instruments with familiar music to reduce anxiety and agitation of institutionalized older adults with dementia. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 27(6), 621-627.
- Tarnopolsky, A., Fletcher, N., Hollenberg, L., Lange, B., Smith, J. & Wolfe, J. (2005) The vocal tract and the sound of a didgeridoo. *Nature*, 436, 39.
- Trost, W., Ethofer, T., Zentner, M. & Vuilleumier, P. (2012) Mapping aesthetic musical emotions in the brain. *Cerebral Cortex*, 22(12), 2769-2783.
- Tsukiura, T. & Cabeza, R. (2011) Shared brain activity for aesthetic and moral judgments: implications for the Beauty-is-Good stereotype. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 6(1), 138-48.

Tymoczko, D. (2006) The geometry of musical chords. *Science*, 313(5783), 72-74.

Wallin, N. L. (1991) *Biomusicology: Neurophysiological, Neuropsychological, and Evolutionary Perspectives on the Origins and Purposes of Music*. Stuyvesant, NY: Pendragon Press.

Warrier, C., Wong, P., Penhune, V., Zatorre, R., Parrish, T., Abrams, D. & Kraus, N. (2009) Relating structure to function: Heschl's Gyrus and acoustic processing. *Journal of Neuroscience*, 29(1), 61-69.

Yang, C. Y., Chen, C. H., Chu, H., Chen, W. C., Lee, T. Y., Chen, S. G. & Chou, K. R. (2012) The effect of music therapy on hospitalized psychiatric patients' anxiety, finger temperature, and electroencephalography: A randomized clinical trial. *Biological Research for Nursing*, 14(2), 197-206.

Zatorre, R. J., Chen, J. L. & Penhune, V. B. (2007) When the brain plays music. Auditory-motor interactions in music perception and production. *Nature Reviews Neuroscience*, 8 (7), 547-558.

高友工 (2004)《中國美典與文學研究論集》，臺北：臺大出版中心。

蔡振家 (2013)《音樂認知心理學》，臺北：臺大出版中心。