

渴望・解決・酬賞系統： 聽眾對於終止式的情緒反應

蔡振家*、陳容嫻**

摘 要

聆聽音樂所產生的情緒反應以及腦部的活化，一直是學者與普羅大眾相當關切的議題。2011年初，Salimpoor等神經科學家所發表的〈音樂情緒巔峰的期待與體驗，導致了多巴胺在不同腦區的釋放〉一文，首度指出聆賞音樂可能牽涉到的兩種情緒：「渴望」，與繼之而來的「樂在其中」。本文希望結合樂曲分析與聽者的生理反應數據，探討音樂終止式中的「渴望」與「樂在其中」如何引起聽眾的情緒與感動。從臺灣流行歌曲與德文藝術歌曲可以觀察到以下現象：第一，有些終止式確實較能引發聽者的巔峰情緒（由膚電反應所顯示），但此情緒發生的時間點則視狀況而異；第二，終止式需要被渲染，才能夠有效引發聽者的巔峰情緒，渲染方式包括速度與力度的變化、旋律線的走勢，並搭配材料的重複出現；第三，同一首樂曲的不同詮釋，對於聽者可以造成不同的情緒反應。

關鍵字：情緒心理學，音樂終止式，副歌，德文藝術歌曲，膚電反應

* 蔡振家現為國立臺灣大學音樂學研究所副教授

** 陳容嫻現為國立臺灣大學音樂學研究所碩士生

壹、緒論

腦部造影 (brain-imaging) 研究方法興起以來，神經科學家針對音樂的各種面向進行探索，成果斐然，隱然建立起音樂心理學的新典範。在音樂的神經科學 (the neuroscience of music) 這個領域裡面，聆聽音樂所產生的情緒反應，以及腦中情緒迴路的活化，一直是學者與普羅大眾相當關切的議題。

關於音樂在聽眾腦中所引發的愉悅感與不悅感，神經科學家首先以諧和音與不諧和音來進行研究；Blood 等人 (1999) 發現，諧和音程可以引起眼眶額葉皮質 (orbito-frontal cortex) 的活化，至於像小二度這樣的「不諧和音程」，令聽者感到十分不舒服，則可以活化素有「情緒中樞」之稱的邊緣系統 (limbic system)。由於「諧和音程」跟「令人愉快的音樂」不能畫上等號，因此 Blood 與 Zatorre (2001) 在兩年之後又做了一次實驗，他們讓受試者攜帶自己最喜愛的音樂來到實驗室，作為引發愉悅感的刺激材料，這次的結果顯示，腦中的酬賞系統 (reward system) 在聆聽極為動聽的音樂時會活化，深達皮質下的腹側紋狀體 (ventral striatum)。循著這個方向，Menon 與 Levitin (2005) 以更高解析度的腦造影技術，確認了悅耳音樂所引起的酬賞系統活化，主要為神經傳導物質多巴胺 (dopamine) 的中邊緣路徑 (mesolimbic pathway)，包括腹側蓋區 (ventral tegmental area) 與伏隔核 (nucleus accumbens)，此路徑跟欣快感 (euphoria)、動機 (motivation)、成癮 (addiction)……等有關 (Cools, 2008; Di Chiara & Bassareo, 2007; Sesack & Grace, 2010)。

2011 年初，科學界的頂尖期刊《自然：神經科學》(Nature Neuroscience) 刊登了一篇劃時代的論文〈音樂情緒巔峰的期待與體驗，導致了多巴胺在不同腦區的釋放〉(anatomically distinct dopamine release during anticipation and experience of peak emotion to music)，此研究首度發現：聆聽音樂時，聽者腦中的尾狀核 (caudate) 在預期即將體驗情緒巔峰時活化，而當情緒巔峰的體驗真正抵達時，活化的腦區則轉移至伏隔核 (Salimpoor, Benovoy, Larcher, Dagher, & Zatorre, 2011)。之前的研究已經發現，聆聽悅耳音樂可以活化腹側紋狀體 (伏隔核)、背側紋狀體 (尾狀核) (Koelsch, Fritz, von Cramon, Müller, & Friederici, 2006; Mitterschiffthaler, Fu, Dalton, Andrew, & Williams, 2007)，而〈音樂情緒巔峰的期待與體驗，導致了多巴胺在不同腦區的釋放〉該文的貢獻，主要在於區分了這兩個腦區的活化時間：當聽者預期到快感經驗即將來臨，尾狀核便會活化，做好心理準備；而當音樂真的抵達高潮時，則換伏隔核活化，此時聽者感到高度愉悅。

該論文在討論實驗結果的意義時，指出了音樂形式（結構）與聽者情緒的關聯：

動聽的音樂傳入耳中之後，「期待快感」與「體驗快感」所活化的腦區有所不同，這

意味著其中有著不同的神經機制。套用「錯誤預測模型」來說，這兩個神經機制可能分別對應到酬賞的「渴望」(wanting)與「樂在其中」(liking)這兩個階段。在預期階段，時間上的線索預示著一段可能帶來愉悅感的聽覺序列正逐漸接近，此時會激發對於快感狀態的期待，製造一種渴望的感覺以及對酬賞的預測。音樂所帶來的酬賞是完全抽象的，很可能涉及了被懸宕的預測 (suspended expectation)，以及一種解決的感覺 (a sense of resolution)。事實上，作曲家與演奏家經常利用這種音樂現象，他們藉由讓聽眾期待落空來操縱他們的情緒，或是在解決之前故意延遲被預期的音樂事件（例如插入一些意外的音符或是放慢速度），藉以提升完成的動力 (motivation for completion)。當「垂涎已久」的音樂傳入耳中，此際所引起的巔峰情緒反應，即代表「樂在其中」的階段，同時，也達成了對於酬賞的準確預測。我們認為，「渴望」與「樂在其中」這兩個階段都牽涉到多巴胺的釋放，但分別在紋狀體的不同次迴路 (subcircuit) 中釋放，這兩個迴路具有不同的神經連結及功能。(Salimpoor et al., 2011)

看到以上這段有關「渴望」與「樂在其中」的敘述，熟悉西方古典音樂的讀者可能會聯想到和聲中的終止式 (cadence)，特別是屬和弦被延展、懸宕效果被誇張的正格終止 (authentic cadence)。舉例而言，Ludwig van Beethoven (1770-1827) 的小提琴協奏曲第一樂章裡面，當獨奏的小提琴在 D 大調屬和弦的伴奏聲中翩然登臺，第一主題卻未即刻出現，小提琴「顧左右而言他」，演奏一些音群；遲遲不解決的屬和弦吊足了聽眾的胃口，讓「渴望」被加強、放大。而當小提琴旋律上行，主和弦「千呼萬喚始出來」，聽眾對於音樂的強烈期待終於得以實現；此際，「樂在其中」的情緒滿溢而出，甚至延續到接下來小提琴獨奏出的第一主題¹——經過一番折騰之後，最後得到的果實（第一主題）似乎格外甜美！

欣賞音樂雖然是高等生物的特有能力，但其所涉及的情緒處理，仍然利用了古老的神經迴路，例如在脊椎動物演化史上很早便出現的酬賞系統 (O'Connell & Hofmann, 2011)。神經學家所謂的酬賞系統，是一個藉由「引發愉快情緒」來操控行為與學習的神經結構。若是某個行為有助於個體的生存與繁殖，酬賞系統便會驅動這樣的行為，並在完成任務目標之後給予獎賞。例如當身體缺水時，我們會有強烈的動力去找水來喝；喝下水之後「久旱遇甘霖」的快感，便是腦送給自己的酬賞。中文裡面的「渴望」一詞，恰如其分地指出：口渴的感覺可以推廣到酬賞系統所作用的其他目標，包括人們對於美食、菸酒、金錢、溫暖、愛情……等的慾望，甚至是樂曲中懸宕拉長的屬七和弦與繼之的主和弦。

〈音樂情緒巔峰的期待與體驗，導致了多巴胺在不同腦區的釋放〉(Salimpoor et al., 2011)

一文，首度指出聆賞音樂時可能牽涉到的「渴望」與「樂在其中」情緒，以及相應的神經機制，而本研究則希望在此一基礎上，探討音樂終止式的聆聽行為。

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，不僅腦造影技術被用來研究音樂所引發的巔峰情緒 (Blood & Zatorre, 2001; Menon & Levitin, 2005)，較為平價、簡便的生理訊號測量，更是廣被使用，有時候也跟腦造影技術並用 (Baumgartner, Esslen, and 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，情緒心理學家經常測量的生理訊號包括：皮膚導電度 (skin conductance)、心跳速率 (heart rate)、呼吸速率 (respiration rate)、呼吸深度 (respiration depth)、汗毛豎立 (piloerection)、手指溫度 (finger temperature)、唾液中的可體松 (cortisol) 濃度、顴肌 (zygomatic muscle) 與皺眉肌 (corrugator muscle) 的收縮……等，其中皮膚導電度的變化是測量音樂情緒的可靠指標，優於心跳速率、呼吸速率、手指溫度等生理指標 (Craig, 2005; Rickard, 2004)。

皮膚導電度的測量是將兩個電極放置在非慣用手 (non-dominant hand) 的食指與中指上，以微小的穩定電流來記錄電位。由外界刺激所導致的交感神經系統活化，會促進手部汗腺的分泌，皮膚導電度隨即上升，此即膚電反應 (skin conductance response)；外界刺激傳入之後一到三秒內的任何膚電反應，都屬於該刺激所造成的結果 (Levinson & Edelberg, 1985)。皮膚導電度早已被視為生理警醒程度 (arousal level) 的可靠指標 (Lang, Greenwald, Bradley, & Hamm, 1993)，近年來，與此相關的神經機制也陸續有學者進行探討 (Critchley, 2002; Laine, Spitler, Mosher, & Gothard, 2009)。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 (Grewé, Kopiez, & Altenmüller, 2009; Grewé, Nagel, Kopiez, & Altenmüller, 2007a, 2007b; Guhn, Hamm, & Zentner, 2007; Khalfa, Isabelle, Jean-Pierre, & Manon, 2002)。

本研究結合樂曲分析與聽眾的膚電反應數據，以兩個實驗分別探討流行歌曲及德文藝術歌曲中的終止式。在一首樂曲裡面，終止式可以出現許多次，並不是每一次都能引起聽者的巔峰情緒，因此，本研究將聚焦於可以引起顯著膚電反應的正格終止。

貳、流行歌曲〈我的愛〉、〈月光光〉引起的情緒反應

數十年來，臺灣的流行歌曲在華語世界大放異彩。為了符合多數聽眾的習慣，也為了能夠大量生產作品，大部分的流行歌曲都遵循著「主歌-副歌」的曲式 (verse-refrain form; verse-chorus form) 來創作，此曲式會將最重要、最感人的素材集中於副歌。主歌的功能是醞釀情緒，到副歌則進入全曲的高潮。唱片公司在打歌時通常截選副歌的部份在媒體上大量播放，有些副歌的歌詞也可以成為歌名，由此可見副歌的重要性。副歌的英文 chorus 原指合唱，兼具音量增強的意義，此外，副歌的音域及節奏上通常都比主歌更為生動，和聲上則趨於穩定，在主歌轉副歌之際經常會有一個正格終止。「主歌-副歌」的曲式有多種變化，例如在主歌與副歌間加入導歌 (pre-chorus)，或是在最後兩次副歌之間插入一個對比段落（稱為 bridge 或 C 段），種種處理，都是為了凸顯全曲最重要的副歌。

本研究的第一個實驗，目的在於探討聆聽流行歌曲之際的巔峰情緒經驗，由於受試者較少，因此具有先導研究 (pilot study) 的屬性。筆者猜測，主歌轉副歌之際最容易造成強烈的「渴望」與「樂在其中」情緒，這樣的情緒可能會反應在聽者的膚電曲線上。

本實驗的受試者共計七位，皆為臺大音樂學研究所的成員，其中一位的數據因為儀器問題而作廢。刺激材料為一個預先剪接好的聲音檔，受試者只需聆聽一次這個聲音檔便完成實驗。為了確保音樂與生理訊號紀錄的同步性，在這個檔案的開頭有五個拍點（由短促高音代表），施測者必須在第五拍按下「開始」鍵，儀器便準確地在這個時間點開始紀錄生理訊號。接著是這個聲音檔的主體，包括五首臺灣當代的流行歌曲：〈我的愛〉、〈月光光〉、〈城裡的月光〉、〈身騎白馬〉、〈愛的可能〉，本論文僅針對〈我的愛〉、〈月光光〉做討論。

本實驗每次只測量一名受試者的數據，當所有的生理訊號偵測器在受試者身上安置妥當之後，請他開始填寫實驗同意書。實驗進行中，除了紀錄其膚電反應之外，我們也佐以半結構式訪談 (semi-structured interview)，讓受試者談談聽歌的感覺，因此，相鄰兩首歌曲之間留有空白兩分鐘，以便進行訪談。每位受試者總共約花費 50 分鐘完成實驗。

皮膚導電度的紀錄，是將電極固定於受試者右手食指和中指的第二指節，其信號線連接至主機 Biopac MP35，它將接收到的類比信號轉換為數位信號，以利電腦分析（使用筆者自行撰寫的 MATLAB 程式）。膚電曲線雖然大致反映著受試者生理警醒程度的起伏，但在進行膚電測量時，因為電荷可能在電極與皮膚的交界處逐漸累積，因此膚電曲線會有緩慢下降的趨勢，這個現象是膚電測量的特性之一，與受試者的生理狀態無關。瞭解這樣的特性之後，以下便根據受試者的膚電反應來分析樂曲。

一、〈月光光〉

邱幸儀的〈月光光〉曾在 2004 年獲得高雄第一屆客家流行歌曲創作比賽亞軍，由她包辦作詞、作曲、演唱。邱幸儀將客家童謠「月光光，秀才郎」放在最重要的副歌，除了藉此緬懷自己無憂無慮的童年之外，也道出留學飄泊之後的尋根心境²。在音樂上，副歌之前有個音階上行與漸慢，然後以正格終止進入副歌。從主歌到副歌的轉折雖然不算劇烈，卻自然流露出「柳暗花明又一村」的喜悅；屬和弦至主和弦的解決，搭配副歌的再現，似乎襯托著徬徨之後的歸鄉情懷。

〈月光光〉全曲為 C 大調，以鋼琴伴奏，編曲相當單純，和聲進行也無出奇之處，不過仍然能夠引起聽眾的膚電反應。圖 1 顯示了幾位受試者在聆聽〈月光光〉時的膚電曲線，曲式段落則標記在曲線上方。根據膚電反應可以標示出一些重要的音樂事件，在圖中以小寫英文字表示。

〈月光光〉的主歌與副歌皆為兩段式。主歌的前半段標記為「主歌 1」，後半段標記為「主歌 2」，後者是以「主歌 1」的旋律增加字詞來做變奏（因此唱詞節奏變得更密集）。副歌則是完整重複兩次，但最後一句的和絃略有變化。前半段副歌最後停留在屬和弦，轉到副歌後半段第一句「月光光」時剛好形成正格終止；副歌後半段則以完全正格終止停在主和弦。

此曲的前奏以鋼琴提示副歌的旋律，最後停留在 C 大調的屬和弦，這個半終止式讓受試者 S1 出現膚電反應（事件 a）。進入副歌時加入了鋼琴音階上行以及漸慢，這樣的手法反覆出現，事件 b 和事件 d 出現鋼琴音階上行接到副歌的地方，皆為 C 大調不完全正格終止，此際 S2、S3、S6 產生膚電反應。在這個承上啟下的轉折點，正格終止可以強調副歌的出現，而不完全的終止式（最高聲部非為主音），則可避免音樂陷入停頓狀態。第一次副歌結束，則為完全正格終止（事件 c），S2、S3 產生膚電反應。

在第二次副歌，重複唱著「月光光」便能夠讓聽者有種「故友重逢」般的感動，事件 e（不完全正格終止）讓 S1、S3 產生膚電反應。接下來，副歌材料再度重複，並引起 S3、S6 的膚電反應，這似乎顯示「音樂材料再現」在聆聽行為中的重要性。

二、〈我的愛〉

〈我的愛〉這首歌曲出自於孫燕姿的專輯《Stefanie》（2004 年由華納音樂出版），作詞者為小寒，作曲者為林棋玉（林毅心），編曲者為吳慶隆。此曲的主題為緬懷過去的戀情，主歌與副歌配合著歌詞意境，具有不同的音樂特徵。

在和聲與調性方面，主歌與接下來的導歌分別為 E 大調與 C# 小調（關係大小調）。進副歌前停留在 C# 小調的屬和弦，接著第一句副歌「我的愛」則解決到 C# 大調的主和弦（具有

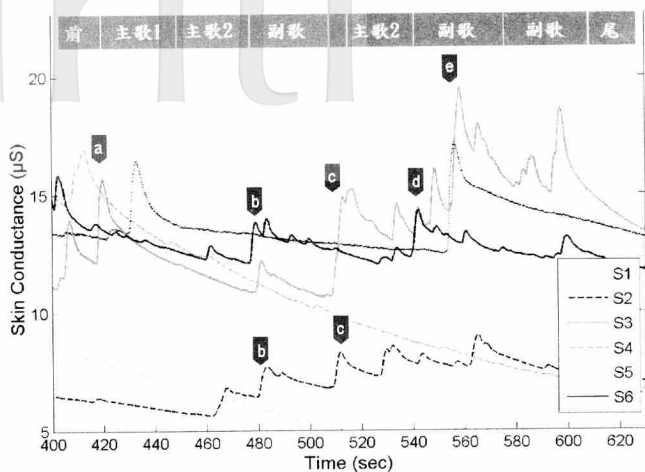


圖 1：流行歌曲〈月光光〉的膚電曲線。各曲線代表不同的聆聽經驗，曲線上方標示曲式段落，各字母則標示可以引起膚電反應的音樂事件。詳見正文的說明。

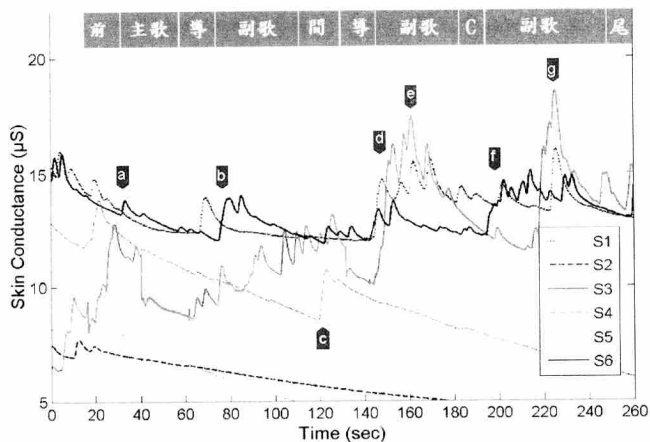


圖 2：流行歌曲〈我的愛〉的膚電曲線。各曲線代表不同的聆聽經驗，曲線上方標示曲式段落，各字母則標示可以引起膚電反應的音樂事件。詳見正文的說明。

Picardy 三度)，為不完全正格終止。在速度上，副歌的前一拍稍作延長，增強聽眾的期待感。在編曲層面，副歌以弦樂渲染情緒，且三次出現時都以不同的手法處理，於是能夠在聽眾身上造成一波又一波的感動。

此曲器樂前奏之後，歌聲進入（主歌），S6 立即產生膚電反應（事件 a）。接下來副歌第一次出現時，S3、S6 產生膚電反應（事件 b）。間奏轉調瞬間，S4 產生膚電反應（事件 c）。副歌第二次出現時，加入了吊鉞的漸強，S1、S3、S6 產生膚電反應（事件 d），該主題馬上再重複一次，S1、S3 產生膚電反應（事件 e）；這次副歌的音量，特別是孫燕姿的歌聲音量，比第一次副歌略強一些。

跟前兩次副歌比較起來，第三次副歌的特殊之處在於突然的轉調，從 $\sharp$ 小調轉為 D 大調；此處有個俗稱「C 段」（亦稱為「橋」）的對比段落來做鋪墊，令人產生耳目一新之感。「C 段」最後停留在 $\sharp$ 小調的屬和弦，準備解決，但卻意外接到 D 大調的正格終止。這第三次副歌的出現，在 S1、S3、S6 身上引發了膚電反應（事件 f），其中 S1、S3 的膚電反應不強，S6 的膚電曲線則呈現「陡升之後趨平再陡升」的特殊形態，可能是由意外的和聲進行所造成。

〈我的愛〉此曲以慣用的編曲手法渲染每一次正格終止，讓副歌出現之際都能造成膚電反應，例如第二次進副歌之際的吊鉞漸強，以及第三次副歌的移調（俗稱「升 key」）。究其原因，流行歌曲作為便於聽眾學習的商品，必須在歌曲中重複主題以讓聽眾熟悉，但另一方面，又要避免因音樂材料重複出現而導致聽眾煩膩、習慣化（habituation），所以每一次副歌出現之際，必須在和聲、編曲，甚至是演唱詮釋上略有變化。孫燕姿在此曲副歌每一次出現時都加強的音量，甚至是最後一次副歌唱到「忍耐」的「耐」字時（事件 g），使用真假音轉換的技巧，讓 S1、S3 出現顯著的膚電反應。

參、藝術歌曲〈告別〉所引起的情緒反應

上個實驗中的兩首流行歌曲，雖然能夠引起一些受試者的膚電反應，但因為受試者人數較少，因此只能算是一個先導研究。以下所述的第二個實驗，招募較多受試者，且將實驗數據進行統計，能夠藉此觀察特定音樂事件與平均聆聽行為之間的關係。

本研究的第二個音樂聆聽實驗，選擇以 Hugo Wolf (1860–1903) 的德文藝術歌曲作為刺激材料，因為其表情十分豐富，極具戲劇性，終止式附近經常有速度與力度的變化。此外，我們很容易找到藝術歌曲的不同錄音，便於比較詮釋手法差異所帶來的不同聆聽經驗，這也是實驗二的研究議題之一。

本實驗探討德文藝術歌曲中的正格終止，所使用的刺激材料有八種（四首歌曲的片段 $\times$ 兩種詮釋版本），四首歌曲皆出自 Hugo Wolf 的《莫里克詩篇》（Mörike-Lieder）：〈送子鳥報

訊》(Storchenbotschaft)、〈復甦的愛〉(Neue Liebe)、〈告別〉(Abschied)、〈漫遊所見〉(Auf einer Wanderung)，本文僅探討〈告別〉部分音樂段落的實驗結果。詮釋版本有兩種，其一由 Dietrich Fischer-Dieskau 演唱、Sviatoslav Richter 鋼琴伴奏³，其二由 Ian Bostridge 演唱、Antonio Pappano 鋼琴伴奏⁴。由於本實驗著眼於終止式的速度與力度變化，而非整首歌曲的音樂、歌詞、意境……等，因此，以下將不會詳述這些藝術歌曲的創作背景與作品特色，對此有興趣的讀者，可以參考其他的相關資料（席慕德，1997）。

本實驗招募 20 名受試者，皆為臺大音樂學研究所的成員。所有的受試者皆未精通德文，而且不熟悉 Hugo Wolf 的《莫里克詩篇》，因此本實驗排除了歌詞語意影響聆聽行為的可能性。本實驗的主體分為四個段落，每個段落長約七分半鐘，結束後休息一分鐘。每個段落之內共有四小段音樂，擷取自四首歌曲的某個（完整）片段，順序為〈送子鳥報訊〉、〈復甦的愛〉、〈告別〉、〈漫遊所見〉。兩個錄音版本交替播放，其順序採取交互平衡設計 (counter-balanced design)，以減低音樂播放的順序效應 (order effect)。每段音樂之前 3 秒與之後 2 秒，播放一個微弱的警示音（600 Hz 的純音，長度為 0.1 秒），提示音樂的開始與結束。上一段音樂結束之後有 40 秒的寂靜，之後才開始播放下一段音樂。

在數據處理方面，我們先將皮膚導電度曲線做了濾波：去除 10 Hz 以上的高頻、去除 0.1 Hz 以下的低頻。去除高頻可以減少雜訊，而去除低頻則是將原本的膚電水平 (skin conductance level) 轉換為膚電反應 (Boucsein, 2001)，後者注重的是被特定短暫事件所引起的膚電值瞬間變化。

接下來，我們計算膚電反應的瞬間斜率。以膚電反應的瞬間斜率作為生理警醒指標，是一個較新的研究方法，它具有時間解析度較高、計算方式較為直接等優點 (Blain, Mihailidis, & Chau, 2008; Blain, Power, Sejdic, Mihailidis, & Chau, 2010; Azadeh, Jillian, Satyam, Gillian, & Tom, 2011)。本實驗中將膚電反應的斜率超過 $0.02 \mu\text{S/sec}$ 者納入統計，若低於此值，則以零計之。為了從 20 位受試者的數據中獲得平均的聆聽行為，在每一個時間點計算 $\log(1+\text{SCRslope})$ 的算術平均 (Dawson, Schell, and Filion 2007)，其中 SCR_slope 為膚電反應的斜率。為了進一步減少雜訊， $\log(1+\text{SCRslope})$ 的平均值再經過低通 (low-pass) 濾波處理，只保留 1.5 Hz 以下的低頻訊號。

根據濾波之後的 $\log(1+\text{SCR_slope})$ 平均值，可以估計歌曲在聽眾身上所引起的警醒程度變化。結果發現，在所有的音樂刺激材料之中，以〈告別〉結尾的 $\log(1+\text{SCR_slope})$ 平均值較有顯著變化，因此以下針對這部分音樂來進行討論。

譜例 1 為〈告別〉83-115 小節的樂譜，可以看到，在此曲的最後 32 小節，出現了四個八小節的樂句，它們都結束在 F 大調的正格終止，依序為不完全正格終止、完全正格終止、不完

全正格終止、完全正格終止。這最後四個樂句中，前兩個樂句是以人聲唱出主旋律、鋼琴在底下做背景律動（華爾滋）與和聲支撐，後兩個樂句則去除人聲，鋼琴家以右手彈出主旋律，左手做類似的支撐。

圖 3(a) 顯示 Fischer-Dieskau 與 Richter 詮釋的〈告別〉頻譜圖及膚電曲線，其中有六個膚電反應較為顯著（超過 0.04），以下分別敘述其相關的音樂事件（以 A 至 F 六個字母表示）。

The image displays a musical score for the song "Abschied" (Farewell) by Hugo Wolf. It includes a vocal line and a piano accompaniment. The score is divided into sections labeled A through F, which correspond to specific skin conductance response (SCR) events. The vocal line is in German, and the piano part features a waltz-like accompaniment. The SCR markers are indicated by dashed lines below the piano part, with labels A through F marking specific points of interest. The tempo is marked "Sehr mässiges Walzer" (Very moderate waltz) and "Sehr lebhaft" (Very lively). The score includes dynamic markings such as *pp*, *mf*, and *sf*.

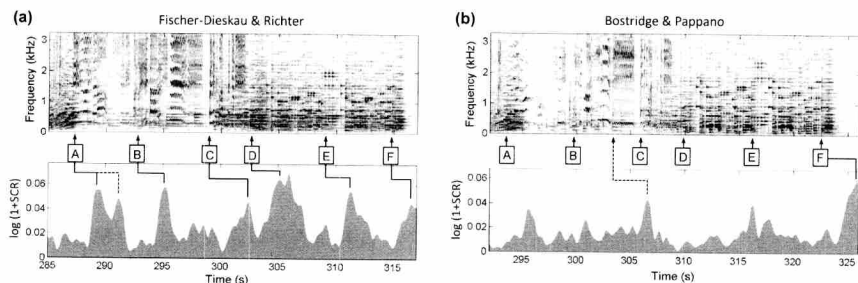
譜例 1：Hugo Wolf 藝術歌曲〈告別〉83-115 小節的樂譜及和聲進行，譜上並標記了 A 至 F 等六個音樂事件。這個音樂段落中，出現了四個八小節的樂句，它們都結束在 F 大調的正格終止。

音樂事件 A 為突然轉調並由快轉慢的戲劇性變化（第 84 小節），這個事件引發了雙峰膚電反應（biphasic SCR），兩個尖峰的潛伏期分別為 2.0 秒及 4.0 秒（如實線及虛線所示），這種特殊形態的膚電反應也在其他的音樂聆聽實驗中被觀測到（Dellacherie, Roy, Hugueville, Peretz, & Samson, 2011）。音樂事件 B 為屬七和弦上歌聲音域的擴張（第 88 小節），潛伏期為 2.4 秒，由音域擴張所引發的膚電反應由 Guhn 等人（2007）首先提出。音樂事件 C 為突然由慢轉快的戲劇性變化（第 91 小節末拍），潛伏期為 3.5 秒。音樂事件 D 為完全正格終止（第 98 小節的主和弦），潛伏期為 2.6 秒。音樂事件 E 為不完全正格終止，鋼琴在高音域強奏（第 106 小節主和弦的第二拍），潛伏期為 2.2 秒。音樂事件 F 為完全正格終止（第 114 小節的主和弦），潛伏期為 1.8 秒。

圖 3(b) 顯示 Bostridge 與 Pappano 詮釋的〈告別〉頻譜圖及膚電曲線，在 A 至 F 六個音樂事件中，僅有最後一個事件引起了顯著的膚電反應（超過 0.04）。在事件 C 之前歌手所唱出的長音，可能是因為其凸出的音量與明亮的音色，引起了顯著的膚電反應（如虛線所示）。

本實驗的目的之一，在於觀察不同演奏（演唱）詮釋是否可以造成不同的聆聽經驗。圖 4 比較了〈告別〉這兩個錄音版本曲末的速度變化，由此可以觀察到不同音樂家的詮釋差異。在 D 與 E 這兩個音樂事件中，Fischer-Dieskau 與 Richter 的詮釋有較明顯的彈性速度，特別是此圖第 99 及第 107 小節第三拍被延長（黑線的尖峰處），與下一小節的加速形成較大反差，這可能是該錄音版本可以引起強烈膚電反應的原因。此外，事件 D 與 E 之後接續到屬和弦之際，鋼琴家 Richter 對於速度的掌握相當高明；在正格終止銜接至屬和弦之際稍作遲疑，音樂的進行「似斷非斷」，聽者彷彿可以揣想那「將落未落」的華爾滋舞步，於是深受感動。相對的，Bostridge 與 Pappano 在 D 與 E 的彈性速度處理沒有那麼誇張，這可能是該錄音版本無法引起強烈膚電反應的原因；不過該詮釋演奏在最後兩個小節使用了彈性速度，故造成了較大的膚電反

圖 3：藝術歌曲〈告別〉的頻譜圖與膚電曲線（所有受試者的平均值），(a) 與 (b) 為兩個不同的錄音版本。這段音樂中有 A、B、C、D、E、F 六個事件為分析的重點，其中 D、E、F 這三個事件為正格終止。由此圖的膚電曲線可以觀察到，Fischer-Dieskau 與 Richter 的詮釋（圖 a）在 A、B、C、D、E 這些音樂事件中皆引發較強的膚電反應（潛伏期為二至四秒），而 Bostridge 與 Pappano 的詮釋（圖 b）則在音樂事件 F 引發較強的膚電反應。圖 a 的虛線表示雙峰膚電反應的第二個尖峰，圖 b 的虛線表示一個由凸出歌聲所引發的膚電反應。



應（跟 Fischer-Dieskau 與 Richter 的詮釋相比）。

肆、試析終止式的感動力量

本研究結合樂曲分析與聽者的膚電反應數據來探討終止式，特別是正格終止，主要的發現可以歸納為三點。第一，有些終止式確實較能引發聽者的巔峰情緒，但此情緒發生的時間點視狀況而異。第二，終止式需要被渲染，才能夠有效引發聽者的巔峰情緒，渲染方式包括速度與力度的變化、旋律線的走勢，以及在聽眾所熟悉的曲式框架中再現材料。第三，同一首樂曲的不同詮釋，對於聽者可以造成不同的情緒反應。以下分項討論之。

一、「渴望」與「樂在其中」——何時較感人？

當幾位聽者被同一個音樂事件引發膚電反應，我們可以比較這些反應發生的時間點，但實際上在界定音樂事件所涵蓋的時間範圍時，共時性的問題常常困擾著我們，因為不同受試者對於同一個音樂事件的膚電曲線尖峰，時間差距可以長達五秒，這個現象可能跟受試者處理音樂訊息的方式不同有關。Dellacherie 等人 (2011) 最近發現，樂曲中的不諧和音可以引發雙峰膚電反應，這可能是音樂認知的特性之一（視覺刺激所引發的膚電反應只會有一次）。我們在實驗中觀察到，受試者除了可以在正格終止的「樂在其中」階段深受感動（應伴隨著伏隔核的活化），也可以在之前的「渴望」階段即已被感動（應伴隨著尾狀核的活化），例如〈告別〉的

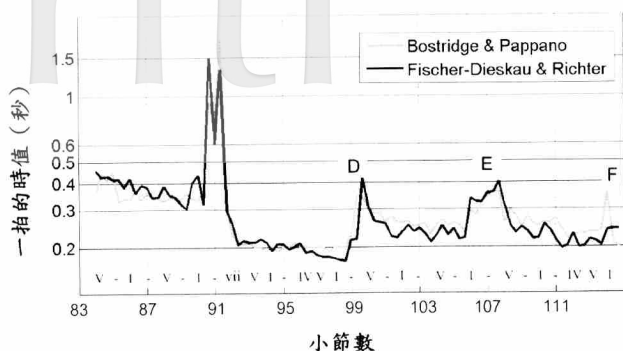


圖 4：藝術歌曲〈告別〉最後 32 小節的速度變化，縱座標表示一拍的時值（以對數尺度呈現）。這 32 小節由四個八小節樂句組成，每個樂句皆結束於正格終止（參見圖中的和聲進行），且搭配速度變化。詳見正文的說明。

音樂事件 B，在屬七和弦上擴張歌聲音域（第 88 小節），應能強化此和絃的張力。

在〈音樂情緒巔峰的期待與體驗，導致了多巴胺在不同腦區的釋放〉文中提到一個發現：雖然受試者的愉悅感強度與其伏隔核的活化最為相關，但愉悅感強度與尾狀核活化的相關性也達到統計顯著。此外，受試者在聆聽一大段樂曲時，尾狀核活化之際的快感強度顯著高於全曲的平均值。作者 Salimpoor 等人 (2011) 對於這個結果的解釋為：尾狀核活化之際的期待酬賞階段，可以讓愉快情緒達到高峰。如此解釋，跟我們在膚電反應實驗中的觀察大致相符。

音樂終止式中的張力與解決，可能分別對應到尾狀核所調控的酬賞預測與伏隔核所調控的快感。Salimpoor (2011) 整理近年的相關文獻指出：與特定脈絡 (specific context) 緊密相連的酬賞重複出現之後，酬賞所活化的腦區會從伏隔核轉移至尾狀核。此一模型符合他們的實驗結果：樂曲中足以預測酬賞的脈絡線索 (contextual cue)，也會活化尾狀核。對於音樂學者而言，音樂酬賞來自於聆聽行為中的預測，這樣的觀點並不令人意外，因為 Meyer (1956, 1967, 1973) 早已指出「預測」在音樂認知中的重要性，其學說有不少追隨者，包括 Narmour (1990, 1992) 對於旋律分析所建構的理論，一直到最近 Huron (2006) 的專書《甜美的期待：音樂與心理學中的預測》(Sweet Anticipation: Music and the Psychology of Expectation)。

二、正格終止的渲染

在一首樂曲裡面，終止式可以出現許多次，就好像文章中的逗號、分號、句號，具有不同程度的收束意味 (Huron, 2006: 154)，並不是每一個終止式都能引起聽者的巔峰情緒。從本研究

的初步結果來看，即使是效果顯著的正格終止也需要被渲染，才能夠有效引發聽者的巔峰情緒，渲染方式包括速度與力度的變化、旋律線的走勢，以及在聽眾所熟悉的曲式框架中再現材料。

正格終止附近的力度變化，以漸慢較為常見，本研究所涉及的歌曲中僅有〈告別〉的最後一個正格終止以漸快收尾，其他都是漸慢。倘若先撇開詮釋者自行添加表情的情形不談，就樂譜上的指示而言，正格終止附近的力度變化在本研究中相對少見。

除了上述的變化原則之外，正格終止還可以由旋律的可預測性來渲染；藉由強化聽者對於音樂事件的預測能力，來引發巔峰情緒。接近正格終止時，可以讓旋律線順著慣性而行，例如〈告別〉的事件 D 與 F，鋼琴的右手聲部都是模進上行，解決音很容易預測。更直截了當的手法，是在接近正格終止時安排上行音階，如〈月光光〉的主歌接副歌之處。順勢上行的旋律，除了增加可預測性，另外也可以在和聲解決之前，逐漸拉高音聲張力。

增加音樂的可預測性，也適宜由材料的再現來強化正格終止的感動力。藝術歌曲〈告別〉藉由樂句的重複來搭配正格終止，而流行歌曲則以副歌的再現為感人的瞬間，此際的正格終止甚至會加上吊鉞等樂器的漸強音作為提示，聽眾在熟悉的曲式框架中聽到這樣的提示，自然容易對於材料的再現與正格終止特別有感覺。在過去的音樂聆聽實驗中，較強調「出乎意料的音樂進行」可以引發情緒反應 (Grewé, et al., 2007a, 2009; Guhn et al., 2007; Panksepp, 1995)，而本實驗則強調另一種不同的觀念：合乎預期的音樂進行亦能感動聽眾。附帶一提，西洋古典音樂的奏鳴曲式與迴旋曲式中，也經常可以見到結合主題再現與正格終止的手法⁵。

三、演奏（演唱）詮釋

既然終止式的渲染需要倚賴速度與力度的細微變化，演奏者（演唱者）的詮釋便十分重要。以往針對樂曲詮釋所做的音樂心理學實驗，有些是讓聽眾對於不同詮釋版本的情感表達進行評量 (Sloboda & Lehmann, 2001; Timmers, 2007)，另外也有些實驗加入了生理訊號測量。Vieillard 等人 (2011) 比較了機械式的演奏詮釋與充滿情感的演奏詮釋所引發的聆聽反應，發現充滿情感的演奏詮釋所引發的膚電反應較強。Koelsch 等人 (2008) 研究和聲進行所造成的腦電位與膚電反應，發現令人感到意外的和絃可造成較顯著的腦電位與膚電反應，而且充滿感情的演奏比機械式的演奏更能引起兩者較大的反應。

在本研究的第二個實驗中，比較了兩個不同的錄音版本，從圖 3 可以看到，就〈告別〉的音樂事件 D、E 這兩個終止式而言，Fischer-Dieskau 與 Richter 的生動詮釋都比 Bostridge 與 Pappano 的詮釋能引發更強的膚電反應，而音樂事件 F 則以 Bostridge 與 Pappano 的彈性速度詮釋引發更強的膚電反應。同一個終止式的不同詮釋，對於聽者可以造成相當不同的情緒反應，本研究的實驗數據提供了具體的例證。

Fischer-Dieskau 與 Richter 的錄音為音樂會實況（1977 年於 Salzburg），〈告別〉曲末的

華爾滋極富戲劇性，掀起高潮，兩位音樂大師的舞臺魅力在此嶄露無遺；相對的，Bostridge 與 Pappano 的詮釋較強調諷刺意味，冷雋而不失優雅。圖 4 所顯示的彈性速度處理，最關鍵的差別在於 D、E，鋼琴家 Richter 在樂句的結尾製造「似斷非斷」的效果，力度與速度的搭配十分巧妙。

伍、結論

哪些音樂特徵可以引起聽者的情緒反應？其認知機制為何？這些議題曾經吸引了不少學者的注意，近年來，生理測量工具與腦部造影技術帶來了這類研究的新契機。在過去的音樂聆聽實驗中，較強調「出乎意料的音樂進行」可以引發情緒及生理反應 (Grewé, et al., 2007a, 2009; Guhn et al., 2007; Panksepp, 1995)，包括音域的擴張、新的或預期之外的和聲、從樂團伴奏銜接至獨奏（獨唱）之處、突然的音量與織度變化。本研究則發現，終止式若是搭配上所述的音樂轉折，容易引發聽者的巔峰情緒，渲染方式包括速度與力度的變化、旋律線的走勢、材料的再現，其中速度與力度的處理經常跟演奏（演唱）詮釋有關。值得注意的是，本研究中的受試者皆具有一定的音樂素養，對於終止式應該相當熟悉；至於一般聽眾對於被渲染的終止式有何聆聽經驗，還有待未來做進一步的研究。

許多學者皆致力研究音樂的聆聽行為，有趣的是，不同學科領域各有其研究方向；電機資訊領域的學者對於訊號處理與技術應用較為擅長，心理學家與神經科學家著眼於認知機制，音樂學家則對於樂曲文本 (text) 以及社會歷史脈絡 (social-historical context) 較感興趣。藉由記錄聽眾的情緒反應與生理訊號，來界定並分析樂曲中的感人段落，這個新觀念結合了樂曲文本內容分析以及聽者的認知歷程分析，在 2007 年之後才陸續有研究論文發表 (Grewé et al., 2009; Grewé et al., 2007a, 2007b, Guhn et al., 2007; Nagel et al., 2008)；由德國漢諾威音樂戲劇大學「音樂生理學與音樂家醫學中心」(Institute of Music Physiology and Musicians' Medicine, Hannover University of Music and Drama) 所發展出來的這個研究工具，與一些研究影片觀賞行為的方法略有相通之處 (Baltes, Avram, Miclea, & Miu, 2011; Gilissen, Koolstra, van Ijzendoorn, Bakermans-Kranenburg, & van der Veer, 2007; Kreibig, Wilhelm, & Gross, 2007; Vecchiato, Astolfi, De Vico Fallani, Cincotti, Mattia, Salinari, Soranzo, & Babiloni, 2010)，未來可望被廣泛應用。

雖然生理訊號測量是簡單而平價的實驗方法，使用這個方法所發表的研究論文也越來越多，但未來仍需累積更多的經驗，才能夠逐漸改善分析數據及詮釋數據的理想方式。作為音樂聆聽實驗的初步嘗試，本研究所呈現的膚電曲線，似乎指向音樂學研究方法的一個可能性：聽眾的生理訊號可以跟音樂文本分析的結果相互印證，在「樂曲分析」與「音樂文化脈絡分析」兩種研究取徑之間，搭起一座實證的 (empirical) 橋樑。

致謝

本文為國科會專題研究計畫 (編號 NSC 99-2410-H-002111-MY2) 之部分研究成果，並由研究生王俐晴協助實驗執行，特此申謝。

參考資料

- 席慕德 (1997)。《沃爾夫歌曲集「莫里克詩篇」之研究》。臺北：世界文物。
- Azadeh, K., Jillian, F., Satyam, M., Gillian, K., & Tom, C. (2011). Comparison of blood volume pulse and skin conductance responses to mental and affective stimuli at different anatomical sites. *Physiological Measurement*, 32, 1529-1539.
- Balte, F. R., Avram, J., Miclea, M., & Miu, A. C. (2011). Emotions induced by operatic music: psychophysiological effects of music, plot, and acting: A scientist's tribute to Maria Callas. *Brain and Cognition*, 76(1), 146-157.
- 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.
- Blain, S., Mihailidis, A., & Chau, T. (2008). Assessing the potential of electrodermal activity as an alternative access pathway. *Medical Engineering & Physics*, 30, 498-505.
- Blain, S., Power, S.D., Sejdic, E., Mihailidis, A., & Chau, T. (2010). A cardiorespiratory classifier of voluntary and involuntary electrodermal activity. *BioMedical Engineering OnLine* 9:11.
- Blood, A. J., & Zatorre, R. J. (2001). Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences U S A*, 98(20), 11818-11823.
- Blood, A. J., Zatorre, R. J., Bermudez, P., & Evans, A. C. (1999). Emotional responses to pleasant and unpleasant music correlate with activity in paralimbic brain regions. *Nature Neuroscience*, 2(4), 382-387.
- Boucsein, W. (2001). Physiologische Grundlagen und Meßmethoden der dermalen Aktivität. In F. Rösler (Ed.), *Enzyklopädie der Psychologie, Bereich Psychophysiologie* (Vol. 1, pp. 551-623). Göttingen: Hogrefe.
- Cools, R. (2008). Role of dopamine in the motivational and cognitive control of behavior.

- Neuroscientist*, 14(4), 381-395.
- Craig, D. G. (2005). An exploratory study of physiological changes during "chills" induced by music. *Musicae Scientiae*, 9(2), 273-287.
- Critchley, H. D. (2002). Electrodermal responses: what happens in the brain. *Neuroscientist*, 8(2), 132-142.
- Dawson, M. E., Schell, A. M., and Filion, D. L. (2007). "The Electrodermal System." In: J. T. Cacioppo, L. G. Tassinary, and G. G. Berntson (Eds.), *Handbook of Psychophysiology* (pp. 159-181). New York: Cambridge University Press.
- Dellacherie, D., Roy, M., Hugueville, L., Peretz, I., & Samson, S. (2011). The effect of musical experience on emotional self-reports and psychophysiological responses to dissonance. *Psychophysiology*, 48(3), 337-349.
- Di Chiara, G., & Bassareo, V. (2007). Reward system and addiction: What dopamine does and doesn't do. *Current Opinion in Pharmacology*, 7(1), 69-76.
- Gilissen, R., Koolstra, C. M., van Ijzendoorn, M. H., Bakermans-Kranenburg, M. J., & van der Veer, R. (2007). Physiological reactions of preschoolers to fear-inducing film clips: effects of temperamental fearfulness and quality of the parent-child relationship. *Developmental Psychobiology*, 49(2), 187-195.
- Gomez, P., & Danuser, B. (2007). Relationships between musical structure and psychophysiological measures of emotion. *Emotion*, 7(2):377-387.
- 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., Nagel, F., Kopiez, R., & Altenmüller, E. (2007a). Emotions over time: synchronicity and development of subjective, physiological, and facial affective reactions to music. *Emotion*, 7(4), 774-788.
- Grewe, O., Nagel, F., Kopiez, R., & Altenmüller, E. (2007b). Listening to music as a re-creative process: Physiological, psychological, and psychoacoustical correlates of chills and strong emotions. *Music Perception*, 24(3), 297-314.
- Guhn, M., Hamm, A., & Zentner, M. (2007). Physiological and musico-acoustic correlates of the chill response. *Music Perception*, 24(5), 473-484.
- Hanslick, E. (1854). *Vom Musikalisch-Schönen. Ein Beitrag zur Revision der Ästhetik der Tonkunst*. Leipzig: R. Weigel.

- Ho, M. K., & Tyndale, R. F. (2007). Overview of the pharmacogenomics of cigarette smoking. *Pharmacogenomics Journal*, 7(2), 81-98.
- Huron, D. B. (2006). *Sweet Anticipation: Music and the Psychology of Expectation*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Khalfa, S., Isabelle, P., Jean-Pierre, B., & Manon, R. (2002). Event-related skin conductance responses to musical emotions in humans. *Neuroscience Letters*, 328(2), 145-149.
- Koelsch, S., Fritz, T., von Cramon, D.Y., Müller, K., & Friederici, A. D. (2006). Investigating emotion with music: an fMRI study. *Hum Brain Mapp*. 27(3), 239-250.
- Koelsch, S., Kilches, S., Steinbeis, N., & Schelinski, S. (2008). Effects of unexpected chords and of performer' s expression on brain responses and electrodermal activity. *PLoS One*, 3(7), e2631.
- Kreibig, S. D., Wilhelm, F. H., Roth, W. T., & Gross, J. J. (2007). Cardiovascular, electrodermal, and respiratory response patterns to fear- and sadness-inducing films. *Psychophysiology*, 44(5), 787-806.
- Kreutz, G., Ott, U., Teichmann, D., Osawa, P., & Vaitl, D. (2008). Using music to induce emotions: Influences of musical preference and absorption. *Psychology of Music*, 36(1), 101-126.
- Laine, C. M., Spitler, K. M., Mosher, C. P., & Gothard, K. M. (2009). Behavioral triggers of skin conductance responses and their neural correlates in the primate amygdala. *Journal of Neurophysiology*, 101(4), 1749-1754.
- Lang, P. J., Greenwald, M. K., Bradley, M. M., & Hamm, A. O. (1993). Looking at pictures: Affective, facial, visceral, and behavioral reactions. *Psychophysiology*, 30(3), 261-273.
- Levinson, D. F., & Edelberg, R. (1985). Scoring criteria for response latency and habituation in electrodermal research: A critique. *Psychophysiology*, 22(4), 417-426.
- Menon, V., & Levitin, D. J. (2005). The rewards of music listening: Response and physiological connectivity of the mesolimbic system. *Neuroimage*, 28(1), 175-184.
- Meyer, L. B. (1956). *Emotion and Meaning in Music*. Chicago: University of Chicago Press.
- Meyer, L. B. (1967). *Music, the Arts, and Ideas: Patterns and Predictions in Twentieth-Century Culture*. Chicago: University of Chicago Press.
- Meyer, L. B. (1973). *Explaining Music: Essays and Explorations*. Berkeley: University of California Press.
- Mitterschiffthaler, M. T., Fu, C. H., Dalton, J. A., Andrew, C. M., & Williams, S. C. (2007). A functional MRI study of happy and sad affective states induced by classical music. *Human Brain*

Mapping, 28(11), 1150-1162.

Nagel, F., Kopiez, R., Grewe, O., & Altenmüller, E. (2008). Psychoacoustical correlates of musically induced chills. *Musicae Scientiae*, 12, 101-113.

Narmour, E. (1990). *The Analysis and Cognition of Basic Melodic Structures: The Implication-Realization Model*. Chicago: University of Chicago Press.

Narmour, E. (1992). *The Analysis and Cognition of Melodic Complexity: The Implication-Realization Model*. Chicago: University of Chicago Press.

O'Connell, L. A., & Hofmann, H. A. (2011). The vertebrate mesolimbic reward system and social behavior network: A comparative synthesis. *The Journal of Comparative Neurology*, doi: 10.1002/cne.22735.

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

Piston, W. (1987). *Harmony (5th edition)*. New York: W. W. Norton.

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

Rosen, C. (1972). *The Classical Style: Haydn, Mozart, Beethoven*. New York: W. W. Norton.

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.

Salimpoor, V. N., Benovoy, M., Longo, G., Cooperstock, J. R., & Zatorre, R. J. (2009). The rewarding aspects of music listening are related to degree of emotional arousal. *PLoS One*, 4(10), e7487.

Sloboda, J. A. (1991). Music structure and emotional response: some empirical findings. *Psychology of Music*, 19(2), 110-120.

Sloboda, J. A., & Lehmann, A. C. (2001). Tracking performance correlates of changes in perceived intensity of emotion during different interpretations of a Chopin piano prelude. *Music Perception*, 19(1), 87-120.

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.

Timmers, R. (2007). Vocal expression in recorded performances of Schubert songs. *Musicae Scientiae*, 11(2), 237-268.

- Vecchiato, G., Astolfi, L., De Vico Fallani, F., Cincotti, F., Mattia, D., Salinari, S., Soranzo, R., & Babiloni, F. (2010). Changes in brain activity during the observation of TV commercials by using EEG, GSR and HR measurements. *Brain Topography*, 23(2), 165-179.
- Vieillard, S., Roy, M., & Peretz, I. (2011). Expressiveness in musical emotions. *Psychological Research*. doi: 10.1007/s00426-011-0361-4.

註釋

1. 這個例子參考了 Piston 在和聲學教科書中對於屬七和弦的解說 (Piston, 1987: 57)。
2. 副歌作為懷舊或向傳統致敬的段落，還有其他的例子，例如：徐佳瑩演唱的〈身騎白馬〉在副歌引用歌仔戲的【七字調】、「謎」(Enigma) 樂團的〈Return to Innocence〉在副歌引用阿美族古調。
3. 1998 年由 Deutsche Grammophon 發行。
4. 2006 年由 EMI 發行。
5. 樂學者 Rosen 認為，「第一樂章奏鳴曲式」體現了歐洲古典樂派的戲劇風格，其中最具戲劇性的音樂事件為發展部接到再現部的瞬間；除了第一主題的再現之外，和聲上解決到本調，更是該曲式的關鍵結構 (Rosen, 1972: 99)。

Desire, Resolution, and Reward System: Listeners' Emotional Responses to Musical Cadences

Tsai, Chen-Gia^{*} Chen, Rong-Shan^{**}

Abstract

Research on the emotional responses and brain activations evoked by music has been a topic of great academic and public interest. The paper "Anatomically distinct dopamine release during anticipation and experience of peak emotion to music" by Salimpoor and colleagues (2011) suggests the involvement of two emotions during music listening: "wanting" and "liking". Inspired by their research, the present study attempts to combine music analysis and listeners' physiological measures to explore the listening behavior of musical cadences, which may evoke the emotions of "wanting" and "liking". Using popular songs in Taiwan and Lieder as stimuli, we observed that some cadences tend to induce listeners' experience of peak emotion (as indicated by skin conductance responses), with the timing of such experiences varying across individuals. Moreover, cadences with the combination of changes in tempo/loudness, characteristic melodic contour, or the recurrence of a theme tend to evoke listeners' peak experience. Finally, different interpretations of the same music piece can evoke different emotional responses in listeners.

Keywords : Affective psychology, musical cadence, refrain, Lieder, skin conductance response

^{*}Associate Professor, Graduate Institute of Musicology, National Taiwan University.

^{**}Master Student, Graduate Institute of Musicology, National Taiwan University.