

淺談電聲音樂創作及其與器樂音樂之異同

曾毓忠

壹、前言

二十世紀中期在各式新興科技影響下產生諸多新的音樂類型，例如具象音樂、電子音樂、電腦音樂等。新哈佛音樂字典 (New Harvard Dictionary of Music) 以一個相當概括性的名詞，「電子原聲音樂」(Electro-Acoustic Music)來統整這些透過科技產生的音樂類型。「電子原聲音樂」(以下簡稱電聲音樂)於過往從類比年代至當今數位時代的發展中，作曲家已經創造許多的經典作品，法國作曲家薛菲爾 (Pierre Schaeffer,1910-1995) 與亨利 (Pierre Henry,1927-2017) 合創之作品《為一人之交響曲》(*Symphonie pour un Homme Seul*,1950)、德國作曲家史托克豪森 (Karl Heinz Stockhausen,1928-2007) 的作品《青年之歌》(*Gerang der Jünglinge* ,1956)、法國作曲家瓦列茲 (Edgard Varèse,1834-1965) 的作品《電子音詩》(*Poème électronique*,1958)、以及美國作曲家周寧 (John Chowning,1934-) 的作品《自然》(*Turenas*,1972) 等，均為電聲音樂中極具代表性的作品。拜先進數位科技之賜，讓越來越多的作曲家願意嘗試將科技運用於音樂的創作之上，尋求更多新的可能性，電聲音樂至今仍在蓬勃發展與不斷演進當中。

電聲音樂作品在創作上以音色聲響為美感或樂念表達的核心，與一般傳統器樂音樂的創作有著明顯的不同，然而，同屬於二十世紀音樂支流之一，兩者亦存在著若干相似之處。本文將爬梳電聲音樂創作上的諸多面向與特點，並與器樂音樂創作進行對照與比較，探討兩者在創作上有何異同之處。

貳、記譜

器樂音樂與電聲音樂作品所要表現的核心內容不同，因此，將聲音紀錄下來的方式也是不相同的。在探討創作上各種相關議題之前，本文將首先討論跟創作最直接相關的記譜方式。

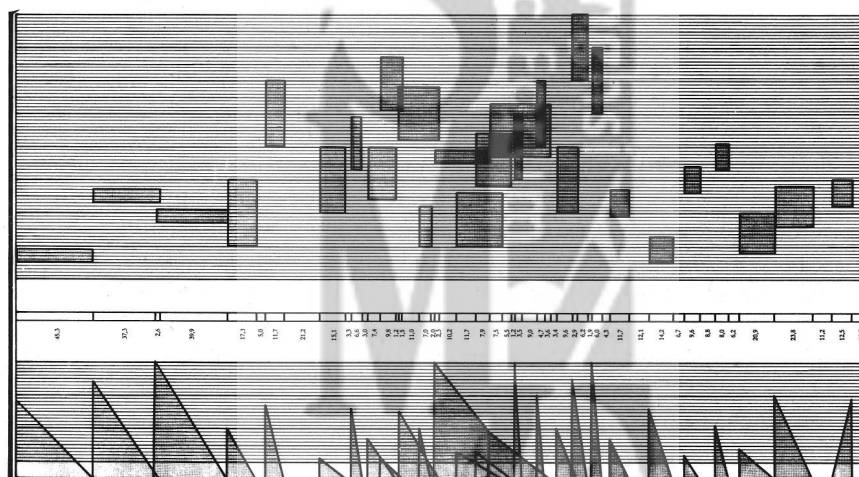
器樂音樂作曲家使用音符、五線譜、以及總譜來紀錄音樂，這種記譜方式已被沿用三、四百年，至今仍是最被普遍使用的記譜方式。器樂音樂作曲家有時也會因記錄其特殊之音樂想法或聲響的需求，使用不一樣的記譜方式，例如潘德列斯基 (Krzysztof Penderecki,1933-2020) 作品《廣島受難者輓歌》(*Threnody to the Victims of Hiroshima*,1960) 使用之空間記譜法，但這些非傳統的記譜方式還是相較稀少的。

電聲音樂的創作建立於電子合成音或環境聲音等純粹聲響之上，直接在聲音上進行操作與創作，嚴格來說屬於一種「無樂譜」的音樂類型，大部分存在於磁帶或光碟上，甚至以電腦程

式碼 (code) 作為儲存作品的方式。電聲音樂無法使用多數人理解的五線譜來紀錄音樂，而是使用一些特殊的記譜方法；史托克豪森的《習作第二號》(Etude II, 1954)、薛菲爾的《鐵道研究》(Etude aux chemins de fer, 1948)、以及李葛替 (Gyorgy Ligeti, 1923-2006) 的《音構》(Artikulation, 1958) 等三首作品之樂譜是電聲音樂記譜的稀少例子，對電聲音樂之分析、欣賞與學術研究顯得格外的珍貴。

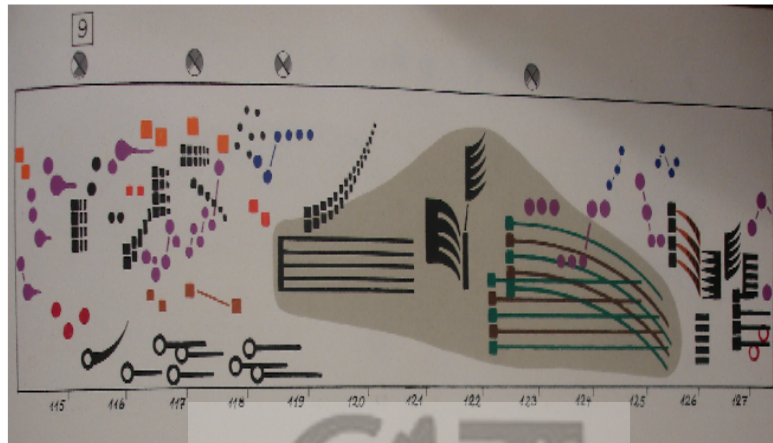
因電聲音樂的特殊性，採用線條或符號繪製成的圖形記譜來表示音樂作品之音高、時值與力度，或許是電聲音樂作品理想的記譜方式。下譜例一為史托克豪森《習作第二號》的圖形記譜，是最早被出版的電聲音樂樂譜。此記譜以橫軸表示時間、縱軸為音高，並以包絡 (envelope) 形狀變化表示音量力度的關係。透過此一視覺化之圖形樂譜，吾人得以一窺整首作品的織度、音高、力度的建構方式與其演化情形。

譜例 一 史托克豪森《習作第二號》樂譜



匈牙利作曲家李葛替作品《音構》的樂譜，並非出自作曲家自己，而是由圖形設計師維因格 (Rainer Wehinger, 1944-) 繪製完成。他覺得《音構》是一首複雜又精緻的電聲音樂作品，需要為它製作一種「聽覺樂譜」(Aural Score) 作為人們聆賞與研究之用。如下譜例二，維因格的樂譜製作採用圖形記譜法，橫軸部分為樂曲時間流程，縱軸部分為樂曲音高變化範圍，不同圖形符號代表不同的聲音姿態設計，例如，以圓點代表脈衝音 (impulse, 短促噪音)、以梳子形狀代表噪音、以破裂梳子狀 (broken comb) 代表和諧波、以黑色填充梳子狀代表白噪音；同時圖形也搭配不同顏色表示不同程度的音高內涵，例如，以淺綠色、深綠色分別代表和諧波的高與低和諧度、以灰階色彩 (陰影部分) 表示聲音空間混響效果、以四分圓形符號表示聲音在四個聲道之間變化的情形。

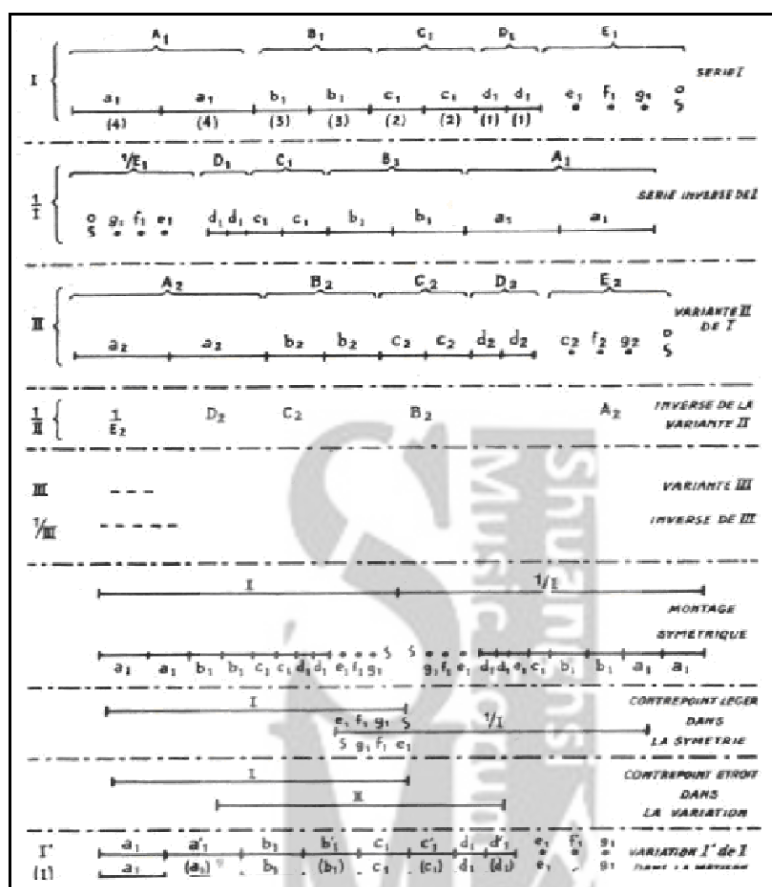
譜例二 李葛替《音構》「聽覺樂譜」



電聲音樂有時也採用「類樂譜」作為紀錄音樂的方式。如下譜例三，薛菲爾使用一種近似於「施工藍圖」之設計以紀錄《鐵道研究》的創作。這個「施工藍圖」呈現《鐵道研究》作品列被系列化安排的聲音事件（如圖中 A、B、C、D 與 a、b、c、d.....標示）、以及近似音列反行與對稱性建構（如圖中 INVERSE、SYMETRIQUE）之手法運用。此種記譜方式非常詳細地記錄下音樂事件、結構與創作手法，在大部分電聲音樂幾乎不存在任何記譜的情況下，此記譜顯得彌足珍貴。

以上三首作品是電聲音樂記譜歷史中，相當稀少又珍貴的音樂資產，更是大眾進一步理解電聲音樂之重要參考依據。

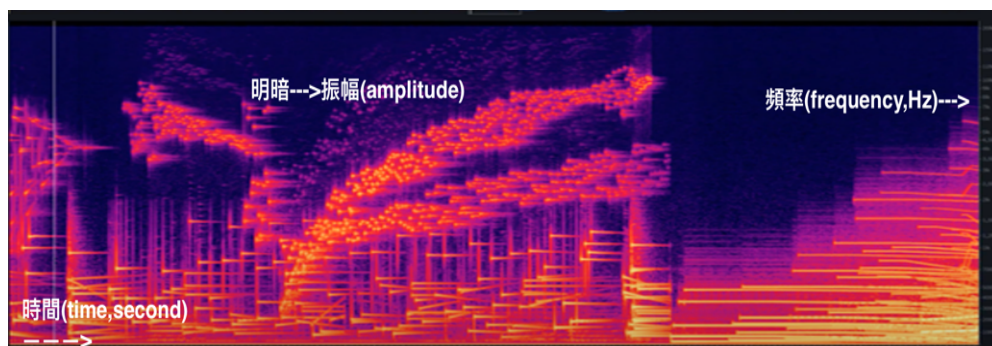
譜例三 薛菲爾《鐵道研究》「類樂譜」



在大部分「無樂譜」的狀態下，吾人若欲對電聲音樂作品能有進一步的了解，除進行無數次反覆的主觀聆聽外，筆者建議可透過電腦以相較科學理性的方式對作品進行分析，如透過電腦聲圖 (sonogram) 分析就是一個相當不錯的途徑。當今許多數位音樂工作站軟體基本上都具備呈現電聲音樂聲圖之功能，聲圖可顯示音樂作品的頻率 (frequency) 結構、時間 (time) 流程、以及振幅 (amplitude) 型態。若從器樂音樂作品來理解，上述電腦聲圖所顯示的頻率、時間、振幅，正是器樂音樂作品的音高 (pitch) 結構、時值 (duration) 長短以及力度 (dynamics) 樣態。

下圖一為法國作曲家黎瑟特(Jean-Claude Risset, 1938-2016)電聲音樂作品《變化》(Mutation,1969) 當中 4:55-5:30 之音樂片段，利用電腦進行分析呈現之聲圖畫面。縱軸顯示該作品的頻率結構，橫軸顯示作品的時間開展流程，顏色明暗顯示作品的振幅 (amplitude) 分佈型態。

圖一 黎瑟特《變化》4:55-5:30 電腦聲圖



參、創作

下文將梳理電聲音樂在創作上各個面向的特點，包含創作場域、工具與介面、創作程序與步驟、聲源與素材、創作手法、能力需求、創作理論參考、「創作適意稱心度」、元素可塑性、以及空間創作與建構等。同時，將電聲音樂與人們相較熟悉的器樂音樂進行對照與比較，整理出電聲音樂與傳統器樂音樂在創作上之相似性與差異性。

一、創作場域

歐洲大部分電聲音樂的創作場域通常在電台，例如西德科隆電台 (WDR)，法國電台 (RTF)。美洲電聲音樂的創作場域則通常設立於大學校園當中，例如史坦福大學「聲學與音樂研究電腦中心」(CCRMA)。由法國作曲家布列茲 (Pierre Boulez, 1925-2016) 主導於 1970 晚期創建的法國龐畢度「音樂與聲學研究統合中心」(IRCAM) 則集結工程師、數學家、軟體設計、作曲家、音樂家等不同領域的專家，提供電聲音樂創作者在不同專業的支援與協助，可謂當今世界上最優質的電聲音樂創作場域。臺灣文化實驗場 (C-LAB) 之臺灣聲響實驗室自 2019 起與法國 IRCAM 合作，展開技術移轉、音樂作曲及技術人才培育、互訪交流、研究課程、共製發表等，為台灣當下最佳的電聲音樂創作場域。在國內的大學校園，如陽明交通大學、台灣藝術大學、台北藝術大學、輔仁大學等亦都提供規模相較小型但功能適中的電聲音樂創作場域。

上述場域的電子工作室 (Studio) 是電聲音樂作曲家們真正的創作地點，工作室中通常佈滿電線、充斥著各種科技設備，創作者一邊操作儀器設備進行聲響實驗，一邊將音樂想法直接體現為聲音，並紀錄儲存於任何可能之科技裝置如磁帶或光碟中。拜科技進步之賜，電腦體積越來越小，效能亦不斷優化提升，若搭配新進的數位訊號處理軟體，幾乎就等同於將電子工作室的相關技術濃縮至一台筆記型電腦上，於是極為便利又具效能的「個人行動工作室」於焉產生，它成為一種不受時空限制之新型態電聲音樂創作環境。

器樂音樂的創作場域則較不會受到在某一特定地點才能進行創作的侷限；器樂音樂作曲家通常在堆滿樂譜的琴室或書房，以鋼琴作為主要的創作工具，將創作靈感轉化為音符，最後記

錄於樂譜成為作品。器樂音樂作曲家如貝多芬還經常在充滿詩意的田園發想而獲致作曲靈感，這一點就與電聲音樂的創作方式存在很大的不同，因為大多數的電聲音樂創作者，如史托克豪森等，需待在冰冷的工作室裡「東摸西摸」，透過儀器大量操作與實驗而獲致創作靈感，若從此視角來看，電聲音樂的創作過程的確是沒那麼浪漫且充滿詩意的。

二、創作工具與介面

作曲家瓦列茲一生願想能將科學跟音樂創進行結合，但由於該當時代科技尚未發達到足以提供作曲家作為良好的工具，一直到了 1958 年他 75 歲接受萬國博覽會飛利浦別館的委托創作時，才終得實現他的夢想。瓦列茲在飛利浦實驗室以磁帶機為創作工具創作了二十世紀電聲音樂的經典代表作《電子音詩》，並透過場館 400 多顆揚聲器播放。

在類比時代電聲音樂的創作工具以磁帶機 (Tape Recorder) 為主，創作者於磁帶機上透過各種技術將聲音素材進行反覆、倒置、剪接操作，最後創作完成電聲音樂作品。瓦列茲、史托克豪森與薛菲爾等人的許多電聲音樂作品，均是透過磁帶機完成的。儘管當時代的科技未臻於完善，但創作者卻能憑藉豐富的想像力與行動力，超越了創作工具的原始性與限制，成就許多電聲音樂的經典作品，值得數位時代的創作者省思與學習。

隨著數位時代來臨，高速計算效能的電腦、以及「數位工作站」(Digital Audio Workstation) 的先進軟體如 Audition, Cubase, Logic Pro 等，以及各式各樣外掛效果器 (plug in) 等，已經成為當代電聲音樂創作者最重要的工具。電聲音樂創作者在軟體多音軌視窗介面上，透過各式聲音形變技術與效果器，進行聲音素材之剪接、編輯、反覆、倒置、以及拼貼組織，最後將不同音軌視窗上所有聲音素材混音製作成為電聲音樂作品。相較於類比時代，數位時代的電腦硬體技術與電子合成科技，似乎為聲音樂創作者提供了更高的創作效益與便利性，希臘作曲家星納吉斯 (Giannis Xenakis, 1922-2001) 就認同科技為創作帶來的潛能，他曾說：「有了電子電腦的輔助，作曲家就如同飛行員一般，能航行於聲音的空間裡，自由地穿越於聲音的星座和銀河之間，而這些，在過去的時代裡，只能在遙遠的夢中驚鴻一瞥。」(Xenakis, 1972)，他 1970 年代的觀點完全體現於數位時代的電聲音樂創作者身上。不過，雖然當代電聲音樂科技帶給創作者很大的助益，筆者以為「工欲善其事，必先利其器」，電聲音樂的創作者對於創作工具的熟悉程度，最好能如器樂音樂創作者對於作曲工具如鋼琴之嫻熟程度。

器樂音樂作曲家最重要的創作工具，從巴哈以降至蕭邦、李斯特、最後到二十世紀梅湘、布列茲等，幾乎清一色都是以鍵盤樂器為主，其中，性能不斷優化與改良的鋼琴，更成為作曲家不可或缺的重要創作工具。當然，也有少數並非以鋼琴為主要創作工具的作曲家，如德國作曲家華格納與法國作曲家白遼士等。以白遼士為例，他從未學過鋼琴，不過白遼士卻把所有管絃樂器作為工具並開發出獨到的配器法藝術，展現管絃樂團的豐富表現力。

器樂音樂作曲家之主要創作介面為五線樂譜，可以是獨奏譜、室內樂譜、或管絃樂總譜。

作曲家在樂譜介面上進行音樂元素如音高、時值、力度、速度的規劃與紀錄，將音樂動機素材進行發展，從樂句、樂段，以至於最終整體作品被結構完成。

雖然器樂音樂與電聲音樂兩者的創作工具完全不同，但在實際操作的介面上似乎存在著一些類似之處；呈現眾多不同樂器聲部的總譜 (full score) 與放置各種不同聲波的軟體多音軌 (multi-tracker) 介面頗為相似；樂器作品聲部 (voice) 與音軌 (track)、樂器音色 (instrument) 與聲波音色 (sound wave, tone color) 等在概念上似乎可以相互置換。換言之，電聲音樂作曲家在軟體多音軌介面上創作，幾近於器樂音樂作曲家在總譜譜面上創作。軟體多音軌介面上之時 (h)、分 (m)、秒 (s) 的顯示方式與總譜上的節拍 (b)、小節 (m)、樂句 (phrase) 似乎也存在著可以相互對應之處，如表一所示。

表一 創作介面對照

器樂音樂	電聲音樂
五線總譜	軟體多音軌視窗
聲部	音軌
節拍、小節、樂句	時、分、秒
樂器音色	聲波音色

器樂音樂與電聲音樂兩者創作介面諸多的類似或可相互置換之處，或許為器樂音樂作曲家在跨足電聲音樂創作時，提供一個相較不陌生的創作介面與友善的工作平台。

三、創作能力需求

音樂曲式結構、和聲學、對位法、樂器學、配器法或管弦樂法等相關音樂理論對於器樂音樂的創作者而言是基本能力需求，對於二十世紀不同音樂風格與各種音樂語彙之掌握，以及新音樂創作手法與技巧之熟習運用，更是作為一位當代器樂音樂創作者之必備能力。

電聲音樂創作者除必須熟習上述的基本音樂理論外，同時要熟悉創作上所需要的相關知識，包含如基本聲學 (Acoustics)、人類對聲音感知之心理聲學 (Psychoacoustics)、以及如取樣率、聲響位深、相位等數位音訊相關技術。實務上，創作者需熟習電子科技相關軟硬體設備之操作技術，以及可能的音樂程式撰寫，甚或在作品演出時，對於場域空間的聲響設計與聲音流動路徑設計，也能具備一定程度的能力。從以上面向來看，電聲音樂的創作門檻要求相當高，因為要成為一位電聲音樂創作者不僅需具備許多相關知識，同時也要有操作機器的能力，最終，電聲音樂創作者似乎必須是“文武全才”或“文武兼備”。

或許有人會認為電聲音樂的創作者似乎不需要有太精深的傳統音樂理論基礎與深厚的作曲技巧，但如作曲家史托克豪森的作品《習作第二號》與《青年之歌》，能成為電聲音樂的經

典之作，還是奠基於創作者本身深厚的音樂理論底蘊與作曲能力造詣。

四、創作參考

器樂音樂發展至今數百年，已經累積足夠之相關音樂理論，如和聲學，對位法、曲式學、管弦樂法、甚至十二音技法與系列作曲法等，作為器樂作曲家在創作上的參考依據，這些音樂理論更成為吾人在欣賞器樂音樂作品上重要的寶典。相較於已發展數百年歷史的器樂音樂，電聲音樂發展史短淺許多。它基本肇始於二十世紀中葉，發展至今將近四分之三個世紀，因此各種相關理論仍不斷在更新與累積中，電聲音樂的理論系統尚待時日加以完善。

最早期的電聲音樂創作理論，可以從薛菲爾所著的《具象音樂研究》(A' la recherche d'un Musique Concrete, 1952)》開始，這個創作理論包含用以描述聲音物件之二十五種定義及基本聲音處理步驟，為具象音樂創造了一個明確的操作型語言。此著作其中一篇文章「具象基礎理論教學」(Esquisse Solfege Concrete)，記載薛菲爾在 54000 個不同的聲音之音高、波封、密度、音色上的研究與實驗，對於電聲音樂的聲音操作、分析、研究，甚至美學具有極重大的意義。1966 年薛菲爾完成另一著作《音樂物件論文》(Traite des Objects Musicaux)，進一步提出力度、泛音、曲調等聲音研究上的三種參考面相，為後來電聲音樂的分析與研究，例如聲圖 (Sonogram) 分析提供重要的參考依據，只可惜薛菲爾的著作以法文撰寫推廣不易。

時序到了數位時代，電聲音樂創作的相關理論逐漸展現研發量能，茲列舉以下若干例子供大家參考。美國電聲音樂作曲家施瑞德 (Barry Schrader, 1945-) 所著的《電聲音樂導論》(The Introduction to Electroacoustic Music, 1982) 是第一本將電聲音樂歷史、基本技術、分析，以及對該領域重要作曲家訪談的資料結合起來的書籍，它被使用於 1980 和 1990 年代許多大學的電聲音樂課程當中，它正是筆者 1990 年代在美留學時課堂的指定用書。美國加州大學羅茲教授 (Curtis Roads, 1951-) 編撰的《電腦音樂教程》(Computer Music Tutorial, 1996) 內容包括數位音訊、合成技術、信號處理、輸入設備、演奏軟體、編輯系統、演算法作曲、MIDI 規格、合成器架構、以及心理聲學等，涵蓋電聲音樂各個方面的知識，值得推薦給大眾參考。馬修斯 (Max Mathews, 1926-2011) 與其他作者合著的《電腦音樂研究當前方向》(Current Direction of Computer Music Research, 1991) 則由來自許多國際電腦音樂研究中心作曲家、行為科學家、工程師和其他專家提供二十一篇提供關於數位合成、聲音控制內部報告，呈現 1990 年代電聲音樂研究與發展之方向。

五、創作程序與步驟

大部分的器樂音樂有固定的形式與結構作為創作上的參考與依循，電聲音樂則於聲響的累加與堆疊過程當中逐漸被建構完成。因此，器樂音樂的創作程序與步驟和電聲音樂相當不同。以多數西方古典樂派與浪漫樂派的器樂音樂創作而言，作曲家通常奠基於既有的音樂形式與結

構，例如奏鳴快板形式之呈示部、發展部、再現部，在此大架構下，進行一種類似「由上而下」(Top Down) 的創作程序，包含設計出每一段落的個性特徵、段落調性、聲線流動形式、甚至管弦樂配器安排等，如圖二所示。

圖二 Top Down 與 Bottom Up 程序



電聲音樂是二十世紀中期發展起來的音樂類型，基本上沒有現成之音樂結構或固定形式可作為創作者的依據。在創作過程中，創作者將許多短小的個別聲音（類似文章的單字）開始組合，形成小的聲響片段（如單詞），然後逐漸累加成小樂句（如文章的句子），再向上不斷累積、堆疊成為大段落，最終建構出具特定形式與結構的電聲作品，而每一首電聲作品的形式與結構都不盡相同。這種無固定形式可依循，但憑依短小聲響逐漸向上發展出大架構的創作程序，似乎與器樂音樂相反，因此，電聲音樂創作程序更接近一種「由下而上」(bottom up) 的步驟。而法國作曲家瓦列茲的「組織化聲響」(Organized Sound) 概念，是以「聲團」(sound mass) 作為音樂元素，並透過「聲團」不斷累積與堆疊，最後組合成一首作品，瓦列茲也將「聲團」的組織比作自然界的結晶現象。筆者以為電聲音樂素材的組合方式十分接近瓦列茲「組織化聲響」的創作概念。

器樂音樂作曲有固定形式與結構可依循，因此許多作曲家在獲得作品意念與靈感後，就能開啟一種「流暢的創作模式」。莫札特就是其中翹楚，短短人生歲月卻為後世留下無數寶貴的音樂資產，這除了作曲家本身天份與努力外，器樂音樂的固定形式與結構，以及「由下而上」創作程序，讓莫札特能夠以一種幾近於「得意忘形」（得其意境而忘其形式）的創作模式，進行無止盡流暢地自如揮灑。

如上述，器樂音樂與電聲音樂創作程序不僅完全不一樣，在作品的抽象性與具象化的實踐程序上，似乎也是相反的；電聲音樂從基本的具體聲音開始，然後透過電聲技術將它們從聲音脈絡中抽離，並進行變化處理，最終成一個抽象化的音樂作品；器樂音樂則開始於一種抽象音樂符號（記譜），後來透過演出被具體化成為可被聽見，甚至具若干具象畫面之音樂，因此，兩者在作品呈現程序上也存在著顯著的不同。

六、創作手法

二十世紀中期很多電聲音樂創作者同時也是器樂音樂作曲家，例如史托克豪森、李葛替等，他們自然而然會把器樂音樂的創作技法帶至電聲音樂的創作上，使電聲音樂的音樂素材處理手法與器樂音樂有著許多相同或類似的地方；例如，電聲音樂將預錄之聲音素材進行複製與貼上的反復處理、將聲音延展或縮短、將聲音反轉等技巧，幾乎可以完全對應於器樂音樂創作上的反覆、增減值、以及逆行等作曲手法；在軟體多音軌介面上進行不同聲波間的模仿、呼應，類似器樂音樂中常用之聲部對位手法；軟體多音軌介面上聲部間的前景、中景、後景之音量平衡設計，相當類似於器樂音樂作品在主要與次要聲部間層次感的鋪排；甚至在多音軌介面上聲響音色之編排方式，亦接近傳統管弦樂的配器手法。電聲音樂整個在多音軌介面上的創作方式，幾乎可以完全對應於器樂音樂之大型管弦樂作品的創作。

再者，器樂音樂與電聲音樂在作品方向感營造，以及作品統一性與多元性的創造手法，存在著類似之處；電聲音樂方向感通常藉由一個較多噪音的聲響逐漸導向於相對悅耳的片段，器樂音樂通常則藉由相較不和諧的和聲逐漸導向於相對和諧的片段。在作品統一性與多元性的建構上，器樂與電聲音樂作品的創造手法相似，例如，作品在豐富多變的音色聲響持續一段時間後，會再現先前相較平靜安定的片段。音樂素材的再現，創造作品統一性，音樂素材的變化，則創造作品的多元性變化，因此，音樂創作上最基本的統一與變化是器樂音樂作與電聲音樂兩者共通之美學原則。

七、創作適意稱心度

電聲音樂作曲家依據作品所需直接取樣大自然的聲音或以電子、電腦合成聲音。換言之，創作者掌控建構或獲取作品音色聲響的自主權，此不同於器樂音樂作品透過既有現成的音色例如鋼琴來呈現。電聲音樂的創作者在磁帶或軟體介面上進行聲音之剪接、拼貼與變形，電子設備的立即回饋機制讓創作者能夠一邊創作、一邊修改，直到滿意為止。

再者，電聲音樂作品不若器樂音樂作品須透過第三者執行演出與詮釋，電聲音樂作品完全由機器「演出」，完全可以「不假他人之手」。

電聲音樂的創作從選材至完成可由創作者獨立完成，而且，每次均能以百分百「忠於原曲」的方式「重複演出」，從某種角度來看，電聲音樂的創作似乎如雕塑、繪畫等「固定藝術」(fixed art)。總之，筆者以為電聲音樂在創作上的「適意稱心度」(Amenity) 是非常高的。

器樂音樂的創作與演出以古典、浪漫時期為例，因為多數作曲家如莫扎特、貝多芬、蕭邦等本身也是相當出色的演奏者，故演奏自己的新創作品不成問題。據說貝多芬技巧難度較高的鋼琴作品，事實上是為他自己而寫的。但是作曲家所創作的作品若為室內樂或較大型作品如管弦樂，作曲家不排除要等上好一段時日才能獲得演出之機會，這種情況時至今日還是一樣。器樂作品除了委託作品較易獲得演出機會外，其他性質的音樂創作有很大的可能性是在曠日廢時

的等待後才得以聽到自己作品被演出。更有甚者，既使作品獲得演出，但也可能因為作品使用諸多器樂上的實驗性效果或所謂的「延伸技術」(extended technique)，或者因演奏家不熟悉作品所要求之表現手法，導致演出結果未能竟令作曲家滿意。這些可能都是當代器樂音樂作曲家經常碰到的情況，相較之下，電聲音樂的演出如上所述，就不存在這些窘境。

八、創作聲源與素材

器樂音樂發聲源主要以大眾相當熟悉之管弦樂團器樂音色或鋼琴為主。既使二十世紀中期有少數作曲家，如李葛替、星納吉斯、潘德列斯基等人創作以聲響音色為主要表現內容的作品，如潘德列斯基作品《廣島受難者輓歌》，雖然作品的聲響效果特殊，但這些作品還是以傳統管弦器樂音色為主來呈現。

電聲音樂的發聲源極大程度不同於器樂音樂，可以是直接取樣於大自然之聲響、或是電子振盪器合成之的聲音、或電腦程式合成建構的聲響。以大自然聲響為創作素材的電聲音樂，其發聲源就是整個大自然的聲響，這一類型的電聲音樂的聲音資源可說是取之不盡、用之不竭，就如英國作曲家愛默生 (Simon Emmerson, 1950-) 所說：「使用環境聲音於音樂作品中，我們可以宣告電聲音樂是第一個賦予作曲家如大自然一般豐富聲響資源之音樂類別。」(Emmerson, 1990)。

以電子或電腦合成聲響為發聲源的電聲音樂類型，作曲家則可依據自我的美學要求設計作品所有的音色。當今數位科技發達的年代，透過電腦程式可以合成與建構出幾乎所有可能被想像到的音色，法國作曲家黎瑟特亦曾說：「電腦作為工具時，它更具潛力，且更精確，也比合成樂器更具可塑性。更可貴之處是電腦可以依照創作者對聲音所關注的美學來設計與變化聲音音色。」(Risset, 1976)。

電聲音樂不管取材於大自然聲響或藉由科技合成，其創作素材幾乎都是無限可能的。不過，筆者以為就像「五色令人目盲」，素材過多也有可能造成「五音令人耳聾」之困境，換言之，過於豐富與多元的聲音素材將會產生創作上素材選取之困難。因此，薛菲在將近六十年前為了創作上素材選取之便利，將環境聲音素材加以分類並建立所謂的「音色目錄」參考。同樣史托克豪森不僅合成建構出作品的每一個聲音素材，同時也將所有合成的電子聲音進行系列化分類，這些例子說明了電聲音樂的聲音資源雖說是無窮盡的，但為作品選取適合的聲音素材似乎更重要。

九、創作元素可塑性

音樂科技的運用似乎將聲音轉換成一種「可塑性」的一種物質，使人能夠深入此物質之頻率、振幅、頻譜、包絡等聲音物理特性中，逕行最直接的操作與轉化，這便是科技賦予電聲音樂的聲音元素，在創作運用上能夠有較大的可塑性與發揮空間。器樂音樂之創作元素表現，例

如音高，通常侷限於器樂本身既有之物理構造或特性，雖然若干作曲家運用特殊之「延伸技術」，試圖開發器樂上的聲音元素，例如音色，平心而論，其效果尚無法能如電聲音樂一樣地顯著被聽見。

在探討器樂音樂與電聲音樂創作元素的可塑性前，下表二將器樂音樂的音樂元素，如音高 (Pitch)、力度 (Dynamic)、時值、音長 (Duration) 等逐一轉譯對應於電聲音樂的頻率 (Frequency, Hertz)、振幅 (Amplitude, dB)、時間 (Time Length) 等音樂元素，便利於接下來的說明。

表二 音樂元素對應表

器樂音樂音樂元素	電聲音樂音樂元素
音高	頻率
力度	振幅
時值、音長	時間

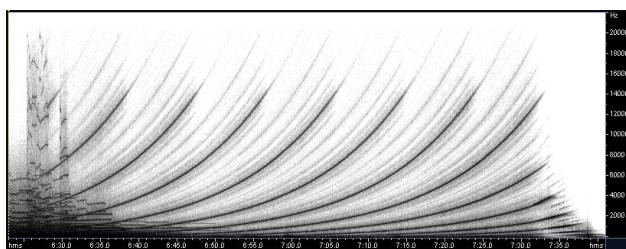
1. 音高與頻率

器樂音樂作品的音高 (Pitch) 以 A4 表示中央 C 上 A 音符，相當於電聲音樂 440Hz 之頻率 (Frequency)。器樂音樂作品的音高運用，通常會在該樂器之音域範圍內，以鋼琴作品為例，創作上能運用之音域資源為最低音的 A0 至最高音 C8，頻率介於 27.5Hz ~ 4186Hz 之間。人耳可聽到的頻率範圍則為 20 Hz 到 20,000 Hz。雖然從科學數字來看，鋼琴作品的音高範圍離人耳可聽音高上限還有很大差距，因此似乎可以建造一部能彈奏更高音高的鋼琴，但若從聽覺美感觀點來思考，極高音域隨之而來的必定是尖銳刺耳的聲音，因此，似乎無此必要為符合人耳可聽的頻率範圍，因而建造一部能彈奏更高音的鋼琴。

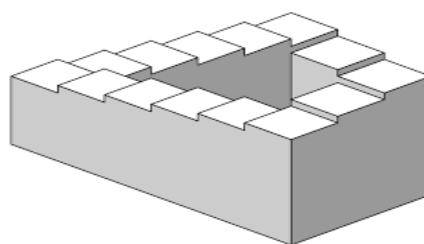
電聲音樂的頻率由電子儀器產生與調控，創作上可操作運用的頻率元素可以在人耳可聽頻率範圍內自由地運用，因此頻率元素在創作上顯得更具彈性與開發潛能。雖然電聲音樂在創作上能運用之頻率資源寬廣許多，不過也要注意聽眾耳朵能否接受可能因為極高頻率的使用而產生的刺耳不悅感。

電聲音樂之頻率資源不僅寬廣，甚至還可以依據創作者的美感要求建構出一些聽覺上的特殊效果，例如利用電腦在聲音泛音上進行交疊、更替與合成，能營造一種無止盡向上或向下滑音 (Endless Glissando) 的「施帕音」(Shepard tone) 聲音效果，如圖三所示，此效果聽起來像一個似乎接連不斷朝某一方向移動的聲音，然而，事實上這些弔詭聲響從未離開過它們原來的音域範圍，它類似於讓人一時難以判斷是向 上還是往下行走的「潘洛斯階梯」視錯覺效果，如圖四所示，這種電聲音樂音高上的聽錯覺運用是器樂音樂作品無法達到的效果。

圖三「施帕音」聽錯覺



圖四 潘洛斯階梯視錯覺



2. 音量與振幅

器樂音樂的音量大小由音樂術語之力度符號表示，其音量限制跟樂器本身的結構與物理特性有關；電聲音樂的音量大小由振幅以單位分貝 (dB) 表示，力度符號與分貝之對應見於下表三。

通常人耳舒服的音量大約是 80 分貝以下，重金屬音樂會的音量可能在 120 分貝以上，可能令一些人感到不適。一般器樂獨奏作品的力度範圍大約在 *ppp* 至 *fff* 之間，換算成分貝來看，大概會介於 40~100 分貝之間，維持在多數人耳感到舒服的區間。當然，當代擊樂作品或大型管弦樂作品或許可達到 *ffff* 的 120 分貝，超越人耳舒服的音量範圍。

表三 音樂術語力度與分貝對應表

音樂強弱符號	dB 值	對比
<i>ffff</i>	120dB	超大聲
<i>fff</i>	100dB	極大聲
<i>ff</i>	90dB	非常大聲
<i>f</i>	80dB	大聲
<i>mf</i>	72dB	有點大聲
<i>mp</i>	68dB	有點小聲
<i>p</i>	60dB	小聲
<i>pp</i>	50dB	非常小聲
<i>ppp</i>	40dB	極小聲

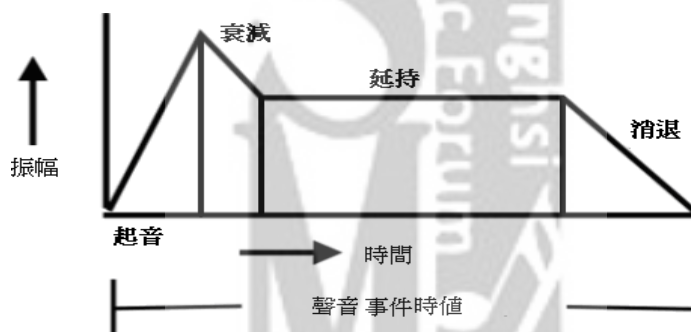
電聲音樂的音量大小為振幅之強弱，不同於器樂音樂音量元素的運用牽涉到樂器本身性能與限制，電聲音樂的振幅由電子儀器調控與播放，因此類似於音高元素在創作運用上有著很大的可塑性。一般而言，電聲音樂作品的振幅範圍可以從 40 分貝到 150 分貝不等，但有些電聲音樂會的演出音量不僅大到令人震耳欲聾，而且音量落差巨大到令人感到極度不舒服的境地。

不管任何類型音樂都是為人聆賞而作，電聲音樂創作者若能在被所賦予的極大音量可塑性中運用得宜，將「不辜負」科技給創作者所帶來的許多優勢。

3. 時值(音長)

基本上，所有樂器從演奏瞬間到發出聲音、聲音消失，都包含了四個程序：起音 (Attack)、衰減 (Decay)、延持 (Sustain)、消退 (Release)，這四個程序亦即所謂的「包絡」，如下圖五所示。每個樂器由於本身共振腔結構的不同，造成從聲音發出、延長、至消失之樣態皆不盡相同。若以鋼琴發聲為例，演奏者觸擊（起音）鋼琴的瞬間能量到達最高點，隨即馬上衰減（衰減），按住鍵盤聲音將會被持續（延持），但放開琴鍵後聲音立即減弱（消退）消失。作曲家對於包絡四個程序的了解，就是對樂器本身性能與制限之掌握，此一了解與掌握對器樂音樂的創作相當重要。

圖五 樂器包絡四個程序：起音、衰減、延持、消退



再者，器樂音樂作品的時值長度受限於人體結構，例如長笛一口氣可吹多長有其人體上限，創作上不可能要求長笛演奏者一口氣吹九十秒的長度不換氣。電聲音樂在某種程度上，可說是「不需呼吸或換氣」的作品類型，只要不拔插座、不停電，電聲音樂在創作上可將任何聲音時長無限延展，例如在以人聲為創作素材的電聲音樂中，把女高音演唱錄音之音長作無限延展之設計，可營造一種超現實「不需換氣」女高音效果，賦予電聲音樂非常不同於器樂音樂作品的獨特效果。

十、創作空間

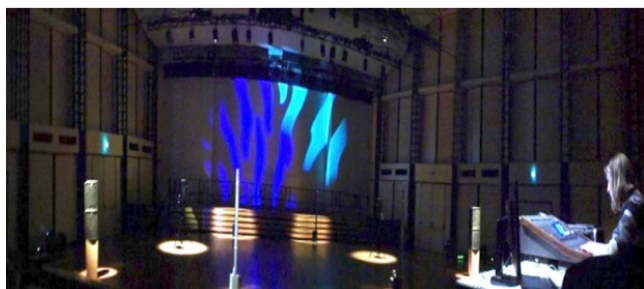
音樂的空間元素可能是德國作曲家史托克豪森「音樂元素全面系列化」的最後「一道牆」，因為空間元素無法被清楚量化或數字化。雖然空間元素不是器樂音樂創作上不可或缺的絕對元素，不過從十六、十七世紀開始至後來十九、二十世紀，都有作曲家將空間元素運用於作品中的一些例子；十六世紀威尼斯樂派代表作曲家蓋布耶里 (Giovanni Gabrieli, 1557-1612) 的「對唱式」(Antiphony Music 音樂) 將樂隊放置於教堂不同空間位置；十九世紀浪漫樂派作曲家馬勒 (Gustav Mahler, 1860-1911) 《第二號交響曲》將銅管與打擊樂器置於舞台之外演出；二十世紀作

曲家作曲家艾伍士 (Charles Ives, 1874-1954)《未被回答的問題》(Unanswered Questions, 1908) 將三組不同編制並演奏不同音樂風格的音樂家，置放於不同的舞台空間位置之上，透過空間元素之巧妙運用，彰顯二十世紀同時發生的調性和無調音樂的二分法對照；二十世紀作曲家史托克豪森之《群》(Gruppen, 1955-57) 將三個樂團擺設於不同的位置演出，空間元素在此作品也扮演著一定的角色；同樣是史托克豪森的《直升機四重奏》(Das Helikopter-Streichquartett, 1993)，將直升機上演奏的弦樂音樂與當下空間環境之聲響，透過航空技術、混音技術與傳播科技傳回地面供大眾欣賞，它屬於當代科技的新形式空間音樂嗎？或許值得大家思考一番。

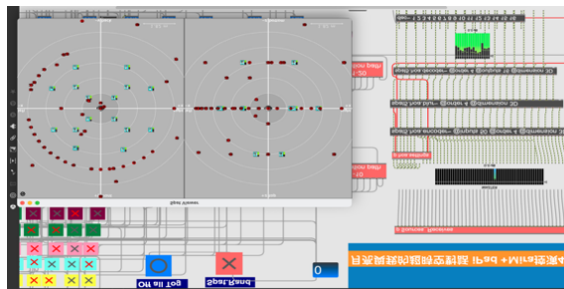
隨著科技的進步，音樂廳演出典範之逐漸解構，音樂空間化呈現 (spatialization) 成為電聲音樂演出的重要新典範。史托克豪森除上述一些器樂音樂作品外，他亦將空間元素運用於他所創作的許多電聲音樂當中，《青年之歌》、《八聲道》(Oktophonie, 1991) 等作品以五聲、八聲道揚聲器演出，突破音樂「單一時間線性」概念，以不同時間層次打破傳統上「立體聲」迷思。而在 1970 年代開始，有越來越多的電聲音樂作品以一種配置極其複雜的「揚聲器管弦樂團」(Loudspeaker Orchestral) 進行呈現，在此配置架構下，創作者將作品雙音軌或不同的多音軌聲部，散射 (diffusion) 至不同的揚聲器中，讓電聲音樂在不同空間，如管弦樂樂器一般相互地對話與交響，如下圖六為筆者在 2015 年帶領交大研究生至法國交流演出時，在漢斯音樂院所拍攝的「揚聲器管弦樂團」電聲音樂的演出現場。

二十一世紀的今日，透過電腦與軟體科技的強高效能，空間元素在電聲音樂的創作運用上獲得空前的發揮潛能；創作者可利用法國 IRCAM 的空間程式 Spat5 客製化地編撰程式，規劃與設計電聲音樂空間的流動路徑 (paths)、方位角 (azimuth)、距離遠近 (distance)、仰角高度 (elevation)、甚至特定的移動速度 (speed)，Spat5 的運用讓電聲音樂以多重時間分支線條與眾多坐落點的聆聽方式，表現多聲道環繞之空間音樂效果。2021 C-LAB 的 Diversonics 聲響藝術節，在臺灣聲響實驗室 49.4 聲道系統下演出的許多電聲作品，除讓現場受眾感受到「全方位立體」多聲道環繞音樂的震撼效果外，更帶給他們一場前所未有的沈浸式 (immersive) 空間音樂聽覺饗宴，筆者作品有幸也參與其中一場次的演出。下圖七為筆者運用 IRCAM Spat5 為作品《月亮與我的時空對話》之 49.4 聲道設計。

圖六 漢斯音樂院「揚聲器管弦樂團」



圖七筆者作品 49.4 聲道程式設計



肆、結論

英國當代作曲家蘭蒂 (Leigh Landy,1951-) 曾把電聲音樂定義為「聲響音樂」,藉以對照「音符音樂」之器樂音樂 (note-based music, sound-based music, Landy,2008),筆者以為這種二分法雖過於簡易,但它似乎能清楚界定兩者在創作上的顯著差異。再者,透過本文電聲音樂與大眾相較熟悉之器樂音樂的對照與比較,及其間異同的梳理,能增進大眾對相較陌生的電聲音樂獲致初步的認識與理解。

拜科技之賜,效能高且價格合理的「個人行動工作室」普及,促使更多的器樂音樂創作者投入電聲音樂的創作行伍當中,筆者很樂觀地認為在未來電聲音樂創作者與器樂音樂創作者的角色區別、以及兩者在創作上的諸多差異性,將逐漸所縮小、甚至模糊至最後不復存在,而是以一個更宏觀的角色,「當代音樂作曲家」取代之。



參考文獻

吳疊。〈音樂的另類思考－運用電腦滿足音樂創作〉。《中華民國電腦音樂學會會刊》復刊 1 (2002 年 12 月): 13-22。

曾毓忠。〈從具象音樂到具象電腦音樂〉。《中華民國電腦音樂學會會刊》季刊 1 (2004): 25-36。

Emmerson, S. *The Language of Electroacoustic Music*.

New York: Hardword. Academic Publisher, 1986

Landy, L. *Electroacoustic Music Studies and Accepted Terminology*

EMS : Electroacoustic Music Studies Network – Beijing 2006 -

Mathws, M. and Pierce, J. *Current Directions in Computer Music*.

Cambridge: MIT Press, 1991.

Randel, D. *The New Harvard Dictionary of Music*.

MA: Belknap Press of Harvard University Press, 1986.

Roads, C. *The Computer Music Tutorial*. 4th ed. Massachusetts: MIT Press, 1999.

Schaeffer, P. *A la recherche d'une musique concrete*. Paris: Editions Du Seuil, 1952.

———. *La Musique Concrete*. Paris: Presses Universitaires de France, 1967

Schrader, B. *Introduction to Electro-Acoustic Music*. NJ: Prentice-Hall, 1982.