



國立台灣師範大學

從電腦與音源技術的應用

探討音樂創作結合數位的理念與實踐

碩士論文

音樂學系碩士班作曲組

姓名：羅元豪

指導教授：李文彬

2009年8月

# 論文目次

## 第一章 緒論

第一節 研究目的.....	1
第二節 研究範圍.....	2
第三節 研究方法.....	3-4

## 第二章 電腦音樂概說

第一節 源流發展.....	5-9
第二節 發展趨勢.....	10-16
第三節 音樂語彙.....	17-24

## 第三章 音源技術的理論與應用

第一節 素材媒介.....	25-32
第二節 技術探討.....	33-39
第三節 音樂技法.....	40-47

## 第四章 理念與實踐

第一節 創作概念.....	48-49
第二節 作品分析.....	50-54

## 第五章 結論..... 55-57

## 參考書目.....58

# 摘要

「數位」這個名詞在現今的文化、藝術以及各領域中，已是當代最為嶄新與代表性的技術，數位的發展便利了人類的生活，數位也滲透各種領域。在音樂藝術領域上數位可以結合表演、創作、也可使用在教學上，尤其在創作領域中透過數位更可以創作出與以往不同的音樂形式；音樂結合數位所產生的數位音樂是以另一種新穎的型態來「表現」音樂，數位音樂也大幅的改變了創作的方式，音樂作品不再像過去只能靠真人來演出，現今作品可透過軟硬體的音源來發聲，亦可創造出與傳統樂器所無法發出的聲響，透過強大的電腦軟體音源可以使作品滿足作曲家、演奏家的需求，也使得音樂有另一種風貌。

本論文將從電腦音樂的概說、音源技術的理論發展之沿革論述，從歷史發展的軌跡演變至現今常用的技術作為其主要論述，並將其可行的技術實踐在個人的創作作品。

## 第一章 緒論

### 第一節 研究目的

本論文的研究目的是，藉由筆者在台灣師範大學就讀音樂研究所期間，對電腦與音源技術應用的嘗試，來探討音樂創作結合數位的理念與實踐。

早在 1975 年，國外已成立「國際電腦音樂協會」、發行《電腦音樂》(Computer Music) 雜誌，並舉辦一年一度的電腦音樂國際交流會，對從事電腦音樂的創作人產生很大的影響。隨著科技的蓬勃發展，如今「電腦」、「數位化」與「音樂」這門藝術領域，已有強烈的結合。新思維、新方法的加入，讓音樂創作產生了很大的變革，亦使音樂藝術能夠另闢一條嶄新的道路，如今，「演出者」與「音樂廳」不再是音樂表演的必要條件，透過電腦、數位、音源、硬體、軟體甚至是網路，音樂都能隨時隨地的創作、播放、演奏、聆聽與欣賞，甚至在與其他藝術領域做揉合後，進而擴展出全新的風貌。

本論文針對電腦音樂發展至今，所經歷過的歷史沿革、發展現況做整理、描述，並提出未來創新的可能性。在台灣，已有許多音樂系、大專院校、高中甚至私人機構，都大力地推行音樂數位化或是音樂多媒體化，筆者由衷地希望能藉由此論文，讓學術界、教育界、甚至一般大眾，對電腦音樂實際的應用、操作，產生初步的了解。

## 第二節 研究範圍

電腦音樂無疑是二十一世紀的新音樂中，最重要的種類之一。本論文將探討，電腦對音樂有何貢獻，並進一步說明，音樂如何透過電腦使作品更為創新。

研究之具體範圍如下：

- (一) 針對電子音樂及電腦音樂的歷史發展及兩者之異同處，提出具體的闡述。
- (二) 提出電腦音樂拓展至其他藝術領域之可能性。
- (三) 對硬體的演進變革及實際應用提出完整的論述。
- (四) 對軟體的演進變革及實際應用提出完整的論述。
- (五) 解析音源軟體應用的技術。
- (六) 對現今常用的音樂格式做完整的解析。
- (七) 對軟硬體的整合應用及其如何實踐在音樂作品中，提出實際的範例。

### 第三節 研究方法

本論文之研究方法以電腦音樂文獻之蒐集、歸納、發展及實際應用為主。從歷史的角度，探討軟硬體發展至今的變革；從實務與現況的分析，提出對未來的展望；比較及剖析前人所使用的器材，與現今筆者所使用的軟硬體之差別，進而窺視未來科技帶給人類在藝術創作上更寬廣且無限的可能性。

本論文將以下述之章節，討論電腦與音源技術的應用、探討音樂創作結合數位的理念與實踐：

#### 第一章 緒論

以「研究目的」、「研究範圍」、「研究方法」三節，說明本論文之起點行爲，提出研究方向。

#### 第二章 電腦音樂概說

以歷史的角度闡述電腦音樂由原先的類比產物，逐漸地轉化爲數位軟體模式之過程，並探討其音樂語彙。

#### 第三章 音源技術的理論與應用

闡述音源的素材媒介，由最先的「硬體設備」轉換爲「軟體系統」，直至今日「軟硬體充分的搭配使用」之漸進過程。並以現今可確實實踐的音樂技法做爲主要論述。

#### 第四章 理念與實踐

將前述章節的理念，具體實踐於筆者的創作中，以「電子」、「數位」、「音源軟硬體」三者做結合，應用在《映象》(*Image*)、《鏡》(*The Mirror*)、《碰撞》(*Collsision*)三部作品中。

## 第五章 結語

以上述章節之研討，提出電腦與音源技術的應用來探討音樂創作結合數位之我見，作為本研究論文之結論。

## 第二章 電腦音樂概說

### 第一節 源流發展

早期的電子音樂靠類比(Analogue)訊號產生聲音，<sup>1</sup>它的主要功能是產生電子音訊以及對人類的耳朵所能聽到的所有泛音列進行編輯。由於電子音樂有別於傳統音樂上，出現了新音色、非常規的音色、新的創作手法，使創作音樂的工具的工作效率得到很大的提升。進而，電子音樂開始引起了人們的極大關注，形成了新的音樂風格，在音樂史上，一度湧現了許多著名的電子音樂先驅。<sup>2</sup>

現代人們對電腦音樂有著種種不同的理解，例如：電腦音樂就是從電腦裡播放出來的音樂；電腦音樂就是機械音樂；電腦音樂就是電子音樂、MIDI 音樂...等等。在這些理解在不同程度上除了帶有某些片面性之外，有的觀念甚至是錯誤的，究竟什麼是電腦音樂；筆者認為，電腦音樂就是用適當演算法的數位電路來處理音訊和其他各種音樂的設備進行製作音樂。它涉及音樂創作、音樂表演、音樂欣賞等理論與實踐各個方面。要

---

<sup>1</sup> 類比訊號是將聲波的振動，轉化成電位高低的變化。利用連續改變電壓或電流來代表訊號電路。類比訊號理論上是能傳達最完整的聲音，但由於訊號線材、輸出入端子有其物理特性，使得最終的訊號會與原始訊號有所出入。

<sup>2</sup> 電子音樂最初的發展以 1948 年法國籍的薛佛(Pierre Schaeffer, 1910-1995)為主，之後德國籍的史托克豪森(Karlheinz Stockhausen, 1928-2007)，義大利籍的貝瑞歐(Luciano Berio, 1925-2003)、諾諾(Luigi Nono, 1924-1990)希臘籍的森納基斯(Iannis Xenakis, 1922-2001)，美國籍的瓦瑞斯(Edgard Varèse, 1883-1965)、烏沙謝斯基(Vladimir Ussachevsky, 1991-1990)、凱吉(John Cage, 1912-1992)、蘇波特尼克(Morton Subotnick, 1933-)等人都參與了電子音樂並有其創作。

想瞭解什麼是電腦音樂，首先必須瞭解什麼是電子音樂、MIDI 音樂。<sup>3</sup>因為這兩者都是電子科學與音樂相結合所帶來的產物，而一般人對兩者的分界並不清楚而容易導致混淆。

電腦靠數位電路來產生聲音，它不僅能做電子音樂所能運作的全部工作，還能處理其他許多事，例如：在電腦上可以很直接的看著樂譜欣賞音樂、看到其錄製的聲波形態，且其增修起來也極其方便。如果說電子音樂是使得音樂製作上的物件解放的話，那麼電腦音樂就是使自我得以解放。事實上，電子音樂發展到如今也已逐步實現了數位化，廣義的說只要是使用數位電路的電子音樂，實際上已被電腦音樂所包容和代替，換句話說，電腦音樂是電子音樂的再發展。

在探討電子音樂之前我們要先將 MIDI 一詞做初步的了解。〈MIDI〉是〈Musical〉、〈Instrumental〉、〈Digital〉、〈Interface〉的英文縮寫，其中文可譯為「音樂樂器的數位介面化」，它其實就是電子樂器的數位標準。像這樣的標準還有很多種，但做為數位標準的一種形式，它本身就屬於廣義的電腦音樂的一部分。由此看來，現在的電腦音樂已包含了電子音樂、MIDI 音樂。它是電子科學、電腦科學與音樂結合的綜合體。電腦音樂也是個很大的集合體，它涉及音樂、數學、物理等許多門學科。但隨著科技的發展，於是也逐步獨立形成一門學科。

現在的電腦音樂系統包含了硬體系統和軟體系統。硬體包括了電腦、輸入裝置（例如：鍵盤、滑鼠、MIDI 鍵盤、合成器...等。）、輸出設備（例如：音源、多軌聲音混

---

<sup>3</sup> 電子音樂、MIDI 音樂兩者都是藉由電腦科技來運作，但其技術上兩者並不相同。而電腦音樂便是包含了這兩項技術。

音器、硬碟、揚聲器...等。)。軟體包括錄音軟體（例如：Nuendo Samplitude）、<sup>4</sup>打譜軟體（如 Finale）、<sup>5</sup>影音編輯軟體（如 Sony Vegas）、<sup>6</sup>聲音撥放軟體（如 Windows Media Player、Foobar 2000）。<sup>7</sup>因此，電腦音樂已經不僅單指某一種數位化的設備，也不僅只使用某一數位化設備製作音樂的實踐過程和透過它們所生產的產物，而是包括上述的各個方面等更為寬泛的概念。

只要音樂與電腦技術或設備相聯繫，就帶有電腦音樂製作的成分。在科學技術高速發展的今天，眾多的音樂都包含著電腦技術。舉凡從揚聲器裡撥放出的音樂，不論是古典音樂(Classical)、現代音樂(Contemporary)、重金屬音樂(Heavy metal)、爵士樂(Jazz)、搖滾樂(Rock)、還是黑人說唱音樂(Rap)、鄉村音樂(Country music)和牙買加音樂(Reggae)...等，這些都與電腦技術習習相關。即便是僅用最簡單的家用音響設備來播放傳統的民族音樂或古典音樂的 CD 或錄音帶，此時大眾常使用的音量大小調整或聲音均衡調節都是透過機器的微電腦技術來控制音樂，所以當下聽到的音樂其實就已經包含了電腦音樂的成分。如果走進專業錄音室的主控制室，隨處可見那成千上萬的指示燈、儀錶和按鈕，由此可見音樂與電腦技術兩者之間的關係是不言而喻的。

現代電腦技術的優勢在於它有著高水準的數位化資訊處理能力，電腦音樂的特點之

---

<sup>4</sup> Nuendo 是德國 Steinberg Media Technologies GmbH 公司所研發的音樂編輯軟體，2009 年最新版本為 Nuendo 4，本文於其後皆以 Nuendo 稱之；Samplitude 是德國 Magix 公司所研發的音樂錄音編輯軟體，2009 年最新版本為 Samplitude 10，本文於其後皆以 Samplitude 稱之。

<sup>5</sup> Fianle 是美國 Makemusic, Inc.公司所研發的製譜軟體，在其 2005 版本後開始增加音源軟體、MIDI 編輯介面，2009 年最新版本為 Fianle 2009，本文於其後皆以 Fianle 稱之。

<sup>6</sup> Vegas 原是由 Sonic Foundry 公司所設計研發的影音編輯軟體，而後 Sony Creative Software, Inc.公司將其買下並發行改版 2009 年最新版本為 Sony Vegas Pro 8，本文於其後皆以 Vegas 稱之。

<sup>7</sup> Windows Media Player 是由美國 Microsoft Corporation 公司所設計的影音播放軟體，2009 年最新版本為 Windows Media Player 11 本文於其後皆以 Media Player 稱之；Foobar 2000 是免費的多功能聲音撥放軟體，其開發者為 Peter Pawlowski，2009 年最新版本為 Foobar 2000 v0.9.6.5，本文於其後皆以 Foobar 稱之。

一正是將聲音做「數位化」的處理。<sup>8</sup>此外，藉由電腦將聲音的數位化以及聲音的數位處理技術後，聲音提升了聲響效果的保真度，豐富了音樂的表現力，使音樂的音響品質和音樂構造能力表現出現一個前所未有的巨大飛躍。數位音訊與 MIDI 這兩項主要技術是電腦和音樂相結合的關鍵；事實上，在現代人的生活中時常運用到數位音訊。在廣播、電視、電影、廣告、錄音、錄影、電子遊戲和電腦多媒體...等，無一不包含著數位音訊與 MIDI 的技術。

電腦音樂製作是主要以電腦為控制中樞，搭配 MIDI 技術和數位音訊技術為控制手段和資訊交流語言，再以合成器、取樣器等電子樂器為音訊終端的一種音樂製作方式。從音樂創作的角度來看，使用這種方式創作出的音樂可謂是一種特殊的音樂織體和類型，而這透過這種手法的創作就可稱之為電腦音樂。它有著自己獨特的音樂風格、語言和美學特徵。在旋律、曲式結構、和聲、配器、以及表演等各方面都應該自己的語彙，來區別與以往的其他任何音樂表現形式。從製作的技術角度來看，它涉及音樂聲學、音樂編輯學、音樂錄音學、樂器學、音律學、電子學以及數位化的電腦技術...等，屬於音樂學的一個新型應用學科。

個人電腦的數位音訊技術和 MIDI 技術合為一體，形成了電腦音樂製作的方法體系或學科，其中的發展過程只有數十幾年的歷史。從現今的電腦音樂追溯到早期的電子音樂的發展，最初的模式使用電子元件來製造，利用振盪電路產生不同波形，經過放大後產生聲音，再利用不同的波形變化來產生不同的音色，這時期的電子音樂還停留在對聲

---

<sup>8</sup> 聲音數位化是指將聲音透過電腦運算的方式做處理，其聲音的儲存方式由原先類比電壓訊號變為數位訊號「0」和「1」。

音的創造與改變的實驗階段。而近十幾年的電腦音樂發展主要是伴隨著多媒體的發展而前進，在專業音樂領域中雖然沒有形成一個明確的風格體系和強大學術影響力。但是，電腦音樂製作系統在現今已經可以較完美地模仿或是製作出各種形式的音樂，電腦音樂反而在商業音樂中有廣闊的市場。

電腦音樂的出現與發展是音樂藝術與聲音處理技術的一次革命。它改變了傳統的音樂創作、演奏和製作方式，使更多不同類型的音樂作品得以實現，滿足了社會發展對音樂的數量及品質上的需求。同時，電腦音樂的發展也對傳統的音樂教育方式產生重大影響，進而引發音樂教學的改革。不管是在國內還是國外，推廣普及電腦音樂，發展電腦音樂製作技術都有著十分重要的意義。

現今許多的大學音樂系科以及高中音樂班都普遍的開設「電腦音樂製作」的製作專業課程。這是一項近年來興起的並且有意義的音樂教育事業，經由校園及社會的推廣，大眾開始因應時代的要求，來符合教育創新的精神和現代教育發展的方向。現今的音樂已經不再是僅以傳統的手法來創作，它更是結合了更多面的藝術做結合。例如：影片、舞蹈、圖像、程式互動...等，都與電腦音樂數位化有著緊密的等號，所以電腦及數位多媒體化的技術已經無處不在，深入人心。

## 第二節 發展趨勢

電腦音樂的本質還是音樂。因此，在闡述電腦音樂必須圍繞音樂而展開。為了便於對電腦音樂未來發展進行探討，筆者將先從電腦音樂的過去沿革及現今的發展潮流進行整理。人類追求藝術的創新一直是永恆的主題，而這種追求不光是對表面的追求，更多的是對層次而言，即是人們在探討音樂本質中的深入過程。於是具體表現就可簡化為兩個方面：「音樂素材的發展」和「音樂的創作實踐」。因此，本節將從這兩個方面進行分析：

### 一、探求音樂素材的發展層面

音樂是音響藝術，但音樂也是聲波，它是由物體振動引起；對音樂來講，「物體」是它的源泉，對音樂的探索也是由物來解決，人類為了獲得聲音必須依靠物體，那即是通稱的「樂器」。人類的祖先進行漫長的嘗試，發現自然存在的音都沒有規律，無法彼此溝通，於是人類便開始利用最原始的素材，例如：獸骨、木頭、石頭...等器具，來製成音器來使其趨於有規律，滿足人們的需要，這就是最初的樂器，它使音樂獲得了初步的發展。隨著時間推移，生產力的提高，手工業的發展，社會經濟和城市的進一步繁榮、人類的需求不斷擴大，樂器種類不斷增加，技法也比較複雜，音樂內容也更加豐富起來。當科技的演進把人類社會帶入到機械工業時代的時候，儘管音樂的形式、風格已經產生了不少變化，但當時採用的樂器基本上都是傳統的，這種所謂的傳統樂器是泛指機械工

業末期至電子技術出現以前，各個民族、國家當時已經形成的固有樂器。於是當時創作者想在傳統的樂器上有再發展，再獲得新的音色、新的個性，甚至是新的樂器都不太容易，主因是經由長年歷史不斷的改良研發後，許多樂器演奏音域已經發展到極限也是極致了，樂器彷彿可利用的僅剩的一些噪音、敲擊聲和摩擦聲。但對於處於消費者的聽眾來說，他們對以往的音響感覺已經習以為常而無法接受。但在另一方面，爲了滿足現代音樂的各種流派，有些音樂家就走向所謂的「前衛派」(Avant-garde)，產生了現代音樂的各種流派，例如：十二音列(Twelve-Tone)、完全序列主義(Total Serialism)、機遇音樂(Chance Music)...等。像是約翰·凱吉(John Cage, 1912-1992)著名的《4分33秒》(4'33")就是這個時期的作品。雖說這些作曲家的作品偶爾有使用不同的樂器來做變化，但整體上還是離不開傳統樂器音色的概念。在這種情況下，富有創造精神的音樂家們進而離開傳統樂器，創造發明新樂器，把人類音樂推進至音樂與電子科學相結合的「具像音樂」(Musique Concrète)時代。<sup>9</sup> 所謂的具像音樂，是指最早用電子技術來處理自然音響的音樂。

作曲家將自然界或是日常生活中的具體聲響作爲素材，再利用「電」的技術處理、加工、後製來製成具像音樂。具像音樂的最大貢獻是在於它將音樂素材的範圍從傳統樂器的聲音以及所可以利用的聲音擴展到自然界和日常生活中的一切音響。之後更隨著電子技術的進一步發展，並且在具體音樂思想的啓發下，出現了音樂與電子科學技術相結合的第二個產物「電子音樂」。電子音樂的重大貢獻在於它用電子振盪器直接產生基本

---

<sup>9</sup>具像音樂多收集大自然或是人造的聲音，將聲音錄製在錄音帶後，藉由錄音器材將聲音做快轉、放慢、拼貼...等處理，最後再錄製到另一個磁帶上形成作品。

波形，例如：三角波、方波、正弦波...等，當聲音通過了電子技術的調整、濾波、倍頻、疊加、組合、合成...等手段，產生全新的聲音，給人以耳目一新的感覺。人類技術發展至此，正如作曲家史托克豪森（Karlheinz Stockhausen, 1928-2007）就曾經提出的一個電子音樂解放了音樂內部世界的觀念。於是，到了電子音樂時代已大致解決了作曲家尋找新的聲音的素材問題，而電子琴和電子合成器就是這個時代的標誌。但是，當時傳統的電子音樂所產生的類比聲音不精確，聲音的變化範圍又小。之後隨著數位時代的到來，出現了電子科學與音樂相結合的第三個產物，那就是「電腦音樂」。電腦音樂最大的特色就是它完成了聲音的數位化，於是就開啓了「音樂數位化」的時代。硬體設備從先前的類比電子琴(Analog Piano)和類比合成器(Analog Synthesizer)演進成數位式電子琴(Digital Piano)和電子合成器(Electric Synthesizer)。它們的特點不僅能快速的儲存、重新合成波形，並且還能直接產生波形進而產生聲音。此時，電子琴和電子合成器實際上已變成一種電腦。除此之外，由於電腦它具有儲存空間大、視覺化高、操作方便、擴展性強、可快速的前往及返回等...優點，以及它對文字、聲音、圖形等各種資訊進行編輯都非常方便。而在未來電腦還可以運用「虛擬技術」，使用物理模型或是一定的數學方程式進行聲音模擬，進而直接產生聲音，來徹底解決存儲問題。或是透過未來電腦的虛擬技術直接對聲音做混音後製作業。到時，音樂創作者便能更方的為音樂藝術創造出更多無限的可能。

## 二、探索音樂實踐活動

音樂其實就是將一系列的音符，按一定的規律或是邏輯組織起來形成樂曲來後，表

達人們的思想感情和社會生活的藝術，這種透過邏輯性及藝術性的激盪後所產生的產物，在傳統的術語就是所謂的「動機」或是「動機發展」，而音樂實踐活動及音樂存在方式則是由，創造、表演、欣賞這幾個環節所組成的。創作和表演或是音樂製作，是音樂的生產環節，而欣賞則是音樂的消費環節。在錄音技術發明以前，作曲家們總是先創作出作品寫出總譜，然後再請演奏者先試演，才知道效果好壞。如效果不好或達不到作曲家創作的意念，就還得拿回去再修改，然後再試。而作為消費環節的聽眾，只能到現場才能聽到音樂作品。這些過程動用的人力、物力及耗費的精神是龐大的，也不利於音樂的發展。但是在 1877 年，發明家愛迪生發明了能記錄和重複播放聲音的留聲機後，從此改變了聲音存在的方式。聽眾不需要到現場就可以欣賞音樂，這樣一個欣賞方式好像把一個正在演奏的演奏者轉化成一個軟體（即類似於電腦軟體）的方式儲存在磁帶上，如此一來就可以在不同空間和需要的時間進行欣賞。之後隨著音樂消費量的急劇上升，消費環節的增長進而刺激了音樂的生產，迫使音樂生產速度需要加快。請樂團錄音來製作音樂，其速度還是差強人意。正好此時的電子技術解決了音樂的素材問題，因此作曲家便轉向利用電子音樂技術來製作音樂。以前錄製音樂需請樂團或是演奏者到錄音室或是演奏廳來現場錄音，對樂團的排練和樂團錄音技術以及周圍環境噪音的控制是很大的問題。但是到了電子音樂時代，出現了電子音色和傳統樂器音色並存的局面。作品有些聲部由電子設備的音樂來代替，甚至出現了完全用電子音色製作成的音樂作品，使得音樂生產帶來許多的新氣象。當然，電子音樂雖能給人一種新鮮感覺，但在錄音技術上沒有很大的突破。而且，傳統的電子樂器的設備由存在下列問題：一、生產廠家不同，

設備操作不統一、繁瑣，不便使用。二、設備系統經費龐大，一般人無能為力。三、大部分設備是類比設備，設備越多，訊號的信噪比率越高。四、處理合成音樂需要更多的學科知識，一般人無法勝任等等。但是，隨著 MIDI 標準的制定，各種電子樂器與電腦之間的溝通就成為可能；於是使用電子音源來製作音樂，已成為時代的時尚。儘管這些設備都是數位式的，但因為電腦具有大容量的儲存空間，操作方便，視覺化高，可擴展性強等優點；於是，以電腦為中心媒介的電腦音樂製作系統便形成了。這就是目前大家所熟悉的類比設備與數位設備並存的電腦音樂系統。至此，作曲家創作音樂終於可直接在電腦上實現。作曲家可以通過電腦的聲音編輯軟體或專門業的取樣器(Sampler)來編輯音色來解決音樂的素材問題。<sup>10</sup>並且就算是即時的錄音現場，演奏者所錄出來的效果若不滿意，馬上就可以透過刪除或恢復的指令再次錄制，直到滿意為止。對於演奏來說，難度比較大的作品或演奏技術比較差的音樂家也可以放慢速度來錄制，甚至還可以用「步錄」的方法（即像走路一樣先選好一個音符隨即便錄入一個），這樣的邊錄邊聽，若是需要微調時還可以使用滑鼠進行修改，也可以用拷貝、複製、量化...等，指令對作品相同的地方進行拷貝和使作品進一步規範化。這樣的作品寫出來，既可以即時的看、聽總譜，也可以即時的看、聽分譜。對於音樂作品的力度、音量、聲像等對音符控制的各種資訊，還可以列印正式樂譜。而在對作品合成處理的環節裡，可以任意的監聽各個聲部，組合聲部，整體效果...等。也可以輕而易舉的透過線性或是數位的調整來改變聲部平衡、設置聲像、效果、音符屬性...等。其錄製出來的產品可以是類比式磁帶也可以

---

<sup>10</sup> 取樣器是將真實的聲音預先錄下，而後轉成為數位媒體儲存；便可在透過軟體在電腦上直接撥放。

是數位式磁帶或光碟，聲音所保有的真實度極高。如此一來電腦確實是極大的方便了作曲家們的創作，甚至不是作曲家也可以通過它嘗試作曲。此時的作曲家也已不僅僅是作曲家，還可以是指揮家、錄音師、音響師、電腦專家。也隨著電腦技術的發展，尤其是多媒體標準 **Multimedia Personal Computer** 的制定以及版本的升級，<sup>11</sup>電腦的相容性越來越好，使得電腦進行綜合音樂製作能力更強，音樂作品可以把它儲存成一定的格式，透過硬碟或網路進行傳播，<sup>12</sup>聽眾便可直接在電腦上聆聽音樂。現在的電腦還可透過虛擬技術來獲得虛擬音源，從而徹底解決音樂的素材問題。虛擬裝置也將模仿現實設備的功能，對音樂進行全方位的編輯。且未來電腦將實現高度智慧化，電腦將代替人們的部分創作活動，只需要一個按鈕或一句語言提示就可完成部分活動。同時，電腦網路化已成為世界趨勢，人們欣賞音樂的方式將發生很大變化。例如：完全可以透過網路來欣賞無論什麼地方的文藝演出和無論什麼時期的音樂作品，透過網路可以欣賞世界上一流的演奏大師的實況演奏，甚至還可以把任何音樂片斷剪輯下來，按自己喜歡的方式重新任意組合。

綜合上述，從電腦音樂的過去、現在、未來發展的追求進程中可以看出，電腦音樂就是追求音樂實踐的高度自由，在這個過程中，它隱含著硬體轉成軟體化的一種發展趨勢，也只有音樂實踐高度軟體化，才能實現真正的自由。而這個軟體化的趨勢最終的技術保證是靠數位化來實現的。因此，未來電腦音樂的發展是使音樂的全面數位化；而數位化技術基本溝通語言的基礎就是「0」、「1」，即電流的通電、斷電這兩種狀態。而

---

<sup>11</sup> 在本文中提及此單位，皆以 **MPC** 稱之。

<sup>12</sup> 現今電腦硬碟可直接藉由網路直接將聲音或是影像檔傳至 **YouTube** 平台分享。

音樂的本質也就是「有聲」和「無聲」兩種狀態。這種思維和邏輯上的共性也使得它們能走在一條緊密組織的道路上。最後，電腦與音樂的相結合，便能將音樂實踐獲得高度自由與創意。

### 第三節 音樂語彙

廣義的電腦音樂概念為：在創作、演奏、製作與傳播過程中使用電腦技術或設備的音樂。狹義的電腦音樂概念是：透過電腦及相關設備進行程式設計，來控制 MIDI 樂器或數位設備進行創作、演奏和製作的音樂。

MIDI 是一個國際性的電子樂器行業標準，是電子樂器間相互合作的協定，是電子樂器控制資訊的方法和資訊交流的語言。MIDI 發表於 1983 年，它的概念並不同於電子音樂和電子聲音樂；最早的電子聲樂器是在普通鋼琴的琴身上安裝收音器，將琴弦的振動變換成電信號後再經由放大器把訊號放大，最後再透過揚聲器發聲，除了鋼琴之外當時也常將一些樂器做「電」化，例如：電吉他、電大提琴、電小提琴...等，但這種使用收音器來將聲音訊號放大的電樂器還不能真正稱為「電子樂器」。在 1955 年，美國新澤西州普林斯頓 RCA 實驗室研製了世界上第一台合成器(Synthesizer)。<sup>13</sup>這台體積龐大的合成器可謂是電子音樂發展的開端。隨著科學技術的不斷發展，1975 年，世界上第一台個人電腦問世，隨後在 1976 年和 1981 年，麥金塔電腦和 IBM 個人電腦相繼問世。由於電腦時代的來臨，更是加快電腦與合成器結合的腳步。雖然電腦快速的使兩種東西有緊密的結合，但在當時，電子樂器的廠商所生產的產品在規格上並不統一。由於廠商在設計電子樂器的發聲元件時並沒有統一的音色排列順序，所以不同品牌、型號樂器的

---

<sup>13</sup>合成器是一種以加法合成、減法合成、FM、physical modelling 或相位調變等電子技術發聲之電子樂器。

聲音就不能相容。例如：A 廠商把小提琴音色編為第 41 號音色，而 B 廠商卻將小提琴編列在第 60 號。那麼若是用 A 設備做好的音樂檔案拿到 B 設備上播放，原本小提琴的聲音就可能變成了其他音色，其他各聲部可能也都變了音色；例如：打擊樂中的大鼓聲變成了鈸、弦樂器聲音變成了管樂器。這樣的結果，不僅聲音無法正確的成現也造成了創作者除了創作外還要再重頭習慣不同的設備器材。於是在 1982 年，國際樂器製造協會的幾十家廠商開始協商並達成協議，這就是美國 Sequential Circuits 公司提出的「通用合成器介面方案」。在 1983 年就正式制定了關於數位樂器的統一標準，這就是現今我們使用的 MIDI。可譯文為「樂器數位化介面」。也有人說：原先 MIDI 的原文 <Musical >、<Instrumental >、<Digital >、<Interface > 的英文縮寫，也可以是代表 Music（音樂）、Idea（思想）、Direct（直接）和 Instrument（樂器）四個單詞的首字母。

MIDI 協定了一份標準 MIDI 樂器音色排序表，它收錄了常用的樂器分為 16 個總類，其中第 16 軌是音效，例如：電話鈴、鳥叫、海浪...等。在 16 類的音色下又各有 8 種不同的音色力度表情，共有 128 種音色。另外各家的樂器在第 10 軌中固定收錄了一組打擊樂音色，並規定了每件打擊樂器在鍵盤上的鍵位。這份標準 MIDI (General MIDI) 音色排序表簡稱 GM 音色表。而後，所有的標準 MIDI 樂器面板上都在醒目的位置印製了“General MIDI”的標誌，並安裝了標準的圓形五針插座，這就是所謂的「MIDI 介面」。至此之後，所有的數位樂器都可以通過 MIDI 介面相連並互相相容。所以 MIDI 之意不是特定指哪一種設備或機器，而是電腦與音樂設備之間的一種規範和協定，是數位樂器之間的語言。

GM 音色的出現表統一了數位樂器的標準，但 128 種音色畢竟太少，難以滿足人們製作音樂的要求，所以之後廠商們又新研發規範了 GS 和 XG 標準的音色表，<sup>14</sup>它們的音色不只增加了許多，而且音質越來越好。但無論音色如何增加，它都要包含原先 GM 音色表裡的 128 種音色，並且與其相容，這樣才是標準的 MIDI 樂器。透過這樣的協定後於，一首在 GM 音源上創作的樂曲就算是拿到一台擁有上千種音色的音源上播放，其撥放出來的音樂就與 GM 音源完全相同，且音質會變更好。但相反的，若是把使用較多其他未在 GM 音源規範裡的音源樂曲拿到只有 128 種音色的 GM 音源上播放，並且是 GM 音色表也沒有可相對應的音色時，那麼這些聲部可能就「啞巴」了，因為 GM 音源在音色庫中找不到它們的音色編號。

因此，MIDI 檔本身不是音效檔，它只是個訊號、指令。簡單的說，將 MIDI 想成樂譜，而這個樂譜進入音源，音源就會忠實地按照曲譜發音。反之，則不會發出任何聲音。另外，不同品牌、不同價格的音源發出的聲音相差很大，播放出來的效果也會不同。所以若是使用 MIDI 來創作，最終的音質與音源的來源品質有很大關係。

數位音訊 (Digital Audio)是一種數位化的聲音。通常透過電腦及相對應的數位音訊設備，例如：數位錄音機(Digital Record)、數位轉換器(Analog to Digital Converter，縮寫為"A/D")...等設備，然後以 0 和 1 的二進位元數位元組合方式記錄和編輯聲音，並以頻譜或波形的方式顯示在電腦螢幕上，以便進行非線性的編輯和製作。

除了使用硬體設備來轉換數位音訊，使之廣泛應用電子音樂上，另一方面軟體音源

---

<sup>14</sup> GS 是由日本 ROLAND 公司於 1990 年制定出的標準；XG 是由 YAMAHA 公司於 1994 年制定出的標準

也快速的在萌芽，像是 DirectSound 這類的軟體技術出現。<sup>15</sup>DirectSound 軟體技術剛發表的時後，讓許多數位音樂製作者有耳目一新的感覺，因為它只需透過軟體就能進行一些聲音的模擬，有別於以往需要昂貴的硬體設備才能完成創作者所想表現的音效，於是 DirectSound 技術的發明在當時被廣為討論及應用。雖然說它帶來了在數位創作上另一種新的使用管道，但在另一方面，使用 Direct Sound 技術有個嚴重的缺憾，那就是 DirectSound 對於「聲音延遲」(Time Delay)過高的問題始終沒有好的解決。而聲音延遲這個問題，在當時就成為阻礙著軟體音源發展的主因。因為聲音延遲的比例若是過高，就會產生撥放音樂或是彈奏音樂的時後，需要過了幾秒鐘才有聲音。簡單的說：就像是一個人在空曠深遠的山谷中大喊，此時可以發現所聽到的聲音，它是慢了幾秒後耳朵才聽到剛才喊叫的聲音從遠方傳來，除此之外，因為聲音延遲的關係，耳朵還可以聽的到剛才喊叫的聲音一次又一次的出現。在創作音樂或是即時演奏上，這樣的情況是不能被允許的。

於是，著名的音樂製作軟體 Steinberg 公司提出了稱之為 Audio Stream Input Output 的標準規範，這就是現今所簡稱的“ASIO”。ASIO 的中文可釋義為「聲音訊號流的輸入輸出」。ASIO 的特色在於它完全擺脫了 Windows 作業系統對硬體的集中控制，實現了聲音訊號在處理軟體與硬體之間，同時進行多通道傳輸的工作時間與系統對聲音訊號回應的時間降至最短。從此，使用 ASIO 驅動程式的音效卡，對聲音訊號回應時間可以降低到 10 幾毫秒以內。這已經完全滿足了「即時」(Real Time)的要求。於是在 ASIO 技術

---

<sup>15</sup> DirectSound 是由 Windows 微軟公司所制定的聲音驅動程式。

出現之後，軟體音源技術發展的速度可說是突飛猛進。利用 ASIO 的技術，在現今就有許多軟體音源和軟體效果器，其音質和性能已經可與傳統硬體抗衡，甚至有些軟體音源和軟體效果器的性能超越了傳統硬體，於是大量使用軟體效果於數位音樂創作上的時代也隨之來臨。

軟體音源大致上可以分為「獨立運行」以及「外掛程式」(Plus IN)這兩種類型；像是 Giga Studio 之類的軟體音源，<sup>16</sup>是屬於可以獨立運行工作的軟體音源或是軟體取樣器。它的優點是由不會增加電腦運算的負擔，也可以獨立操作，而它的缺點是不能透過電腦的運算後與其它電腦上的聲音訊號軌「直接的」做所謂的「混音」(Mix)的工作，<sup>17</sup>它必需先將聲音訊號透過音效卡將其轉換為音訊之後，再一次的錄製到電腦硬碟。其連結方式是將獨立運行工作的軟體音源或是軟體取樣器上的 LINE OUT 插孔，透過導線線材連結到電腦音效卡的 LINE IN 插孔上。如果音效卡不支援無損失的聲音內部傳輸，就必然導致音質的損耗（實際上聲音只要透過線材的傳輸必會有所耗損）。所以，現今大多數的軟體音源和軟體取樣器都是以外掛程式的方式做為主要的使用。

所謂「外掛程式」就是將原本不屬於數位聲音編輯軟體所擁有的軟體音源或是取樣，「插入」至數位聲音編輯軟體的內部來使用它（外掛程式），外掛程式本身不能夠獨立的運作使用，它一定要透過數位聲音編輯軟體才能運作。外掛程式的使用極為方便，而且無需像獨立運行工作的軟體音源或是軟體取樣器一樣必須先將數位聲音訊號做內部錄製。外掛程式可以直接透過電腦運算後直接與數位聲音訊號軌進行混音，如此一

---

<sup>16</sup> Giga Studio 原是由 Tascam 公司所設計研發的取樣編輯軟體，2009 年最新版本 Giga Studio 4，本文於其後皆以 Giga Studio 稱之。

<sup>17</sup>混音意為將原先多軌的聲音訊號檔，透過錄音編曲軟體將其合併成一個單獨的聲音訊號檔。

來便無音質的損耗的問題。現今的外掛程式有許多格式，其之間有的可以通用，有的不通用。有的外掛程式是開放原始的程式碼，任何人都可以自由開發此類外掛程式，而有些是不開放的，只有被授權的公司才可以開發自家的外掛程式。

外掛程式有許多的總類，但是〈DX/Dxi〉和〈VST/VSTi〉這四種格式還是現今最多人所使用的外掛程式。如果使用 Mac OS X，那麼就要使用 Audio Units 格式。另外還有其他的專業外掛程式格式，必須有相應硬體配合才可以使用，比如 Pro Tools 的 TDM、HTDM、RTAS 格式，Cream ware 的 Cream ware 格式，Vari OS 的 Vari OS 格式等等。<sup>18</sup>

DX 是一類效果器外掛程式。DX 顧名思義，是〈DirectX〉的縮寫，它是基於微軟的 DirectX 介面開放性技術的，這種效果器外掛程式無論是 Cubase、Nuendo 或是 Cakewalk 都可以使用。<sup>19</sup>DX 效果器種類非常多，幾乎所有音樂製作裡用到的效果器都有 DX 格式的。DX 效果器都是來處理聲波音訊的，所以都要載入在音訊軌中使用，MIDI 軌不能使用 DX 效果器。

但是，由於 DX 效果器仍然是基於 DirectX 技術的，因此，它的即時性能還是不很理想。於是就有之後的 DXi。DXi 是〈DirectX Instrument〉的縮寫，它是軟音源外掛程式。它是 Cakewalk 公司開發的，它的確改善了延遲問題。但這類外掛程式的數量並不多，而且只能運作在 Cakewalk、Sonar 系列軟體上，Cubase 和 Nuendo 上無法使用，因此，它就沒有被廣泛的使用。

---

<sup>18</sup> Pro Tools 是美國 Digidesign 公司所研發的音樂編輯軟體，2009 年最新版本為 Pro Tools 8，本文於其後皆以 Pro Tools 稱之。

<sup>19</sup> Cakewalk 是美國 Twelve Tone Systems, Inc.所研發的音樂編輯軟體，2009 年最新版本為 Cakewalk Sonar 7，本文於其後皆以 Sonar 稱之。

VST/VSTi 是目前使用最廣的外掛程式。VST 是〈Virtual Studio Technology〉的縮寫，它是基於 Steinberg 的軟體效果器技術，並且以 ASIO 為主要驅動運行平台，因此能夠以較低的延遲提供非常高品質的效果處理。所以，要達到 VST 的最佳效果（也就是延遲很低的情況），音效卡要支援 ASIO。

VSTi 是〈Virtual Studio Technology Instruments〉的縮寫，是基於 Steinberg 的「虛擬樂器外掛程式」技術，它和 VST 一樣，音效卡要支援 ASIO 才能發揮它的性能。能夠使用這些 VSTi 外掛程式的音樂軟體我們稱為 VSTi 的主體，而支援 VSTi 的軟體有 Nuendo、Samplitude、Cubase VST32、Cubase SX、FruityLoops、Orion、Project5...等等。VSTi 虛擬樂器就是軟體音源，所以只能載入在 MIDI 軌上。需要注意的是，VST、VSTi 外掛程式與 DX、DXi 外掛程式不同，所以它們安裝也有一定的位子。VST 外掛程式的主要程式都在 dll. 檔中，而 dll. 檔必須放在指定的「VST Plugins」目錄下，軟體在運行時才可以找到他們。一些比較大的 VST 外掛程式在安裝時會問兩次安裝路徑，先選擇程式安裝的目錄，而後會讓使用者選擇 VST 外掛程式 dll. 檔的存放位置，這時安裝位置就一定要選擇 VST Plugins 的資料夾。而較小的外掛程式一般都沒有其他程式，只有 dll. 檔。這就需要手動將 dll. 檔複製到 VST Plugins 資料夾就可以使用。

電子音樂至電腦音樂的發展，隨著人類的科技進步從一開始只有簡單的用電流將聲音訊號放大來做音色上的創新的電音樂，演進為透過類比合成器來製作新的聲音，之後 MIDI 的出現就進入數位的電子音樂創作時期。在現今更是利用強大的電腦及數位設備進入了電腦音樂時期。電腦音樂透過軟體元件，更是提升了創作者在創作音樂上的便利

性，也得以讓創作者有更多元性的聲音選擇。聲音不再單單是以傳統方式來呈現，它可以是先前從未聽過的獨特聲響。除此之外，透過電腦所製作的音樂也常與其他領域的藝術做結合，進而產生新的藝術作品。

### 第三章 音源技術的理論與應用

## 第一節 素材媒介

本章節主要是從電腦的相關應用技術，探討如何隨著電子技術的飛速發展，進而使用電腦與音樂的應用於創作表演上。電腦這個現代科學技術的產物已經和人們的生活密不可分，且電腦在各行各業都掀起了一場革命，音樂領域也不例外；音樂和電腦的結合，給音樂界帶來了強烈的震撼。

在電腦音樂系統出現之前，所有的音樂作品的完成，都是靠樂團演奏者演出。如果要錄製一部絃樂四重奏，就需要找四個演奏者來錄音。如果要錄製交響樂，就需要把整個交響樂團和指揮才能演奏。但自從有了電腦音樂，一切都改變了。在電腦音樂系統的音源中，儲存各式各樣樂器的音色，而這些音色可以自由地選擇，並且只需用到一台鍵盤來彈奏，透過 MIDI 將各個聲部依序的錄進電腦。例如：先將第一聲部的弦樂錄進電腦，再將第二聲部的銅管錄進去，然後把第三聲部的木管錄進去，最後就能即時的在電腦上將它們同時播放。

從前作曲家在創作的時候，無法在譜曲時就直接聽到樂團實際的演奏效果，只有憑著感覺及腦中的聲響在譜紙上寫作，完成之後再把樂譜交由樂團試演，聽了樂團演奏實際的聲響效果後再加以修改，如此反覆，直至定稿。作曲家大多只能借助鋼琴來試聽和聲的效果，但最後演出效果是否與作曲家所想的效果一樣，就需要長時間經驗的累積。但自從現在有了電腦音樂系統，只需要透過鍵盤將各聲部依次彈進電腦，就能初步聽到各樂器的聲響。柴可夫斯基(Peter Ilich Tchaikovsky, 1840-1893)在他的《1812 序曲》中，

使用了真正的大炮做為特殊音效。但在二十一世紀的現今，讀者若是需要大炮這種聲音效果，完全不需要找一座真正的大炮。只要借助音源取樣軟體，就可以得到相同的效果，甚至進一步可將大砲的音效加以變化。電腦音樂系統的出現，使得音樂創作領域發展了一次重大的革命。電腦音樂系統在音樂的創作上、學習和演出...等，都提供了強而有力的工具。除此之外，現今的電腦音樂系統更是廣泛應用在其他音樂領域中，例如：在電影、電視、戲劇...等。各方面都發揮著極重要的作用。

電腦本身並不能發出聲音，聲音是要透過許多其他的周邊設備例如：主機板、音效卡、線材、揚聲器...等，共同運作才能發出聲音。而其中聲音的主要處理硬體就是「音效卡」。目前，在家用電腦的主機板上都已經內建了 AC97 或是 Realtek 這幾類的音效卡。<sup>20</sup>這類音效卡等級較低，僅能用於家庭多媒體及娛樂遊戲，無法用來製作專業音樂和錄音。其主要原因是多數一般家用電腦內建音效卡並不支援 AISO，時間延遲比過高。且它們只具備 D/A 播放聲音功能，並無具備 A/D 錄製聲音功能，也就是說它們只有撥放聲音的處理晶片而沒有錄製聲音的處理晶片。所以若是需要重新製作音樂或是錄製聲音，除了要另行安裝獨立支援 AISO 功能且具有 A/D 錄製聲音功能處理晶片的音效卡之外，在使用前必須先進入電腦的 BIOS 設置，找到其電腦內建音效卡晶片組裝置；例如筆者電腦主機板的音效晶片是(High Definition Audio)，其原先的預設選項是開啓(Enabled)狀態，所以要將其切換成關閉(Disabled)，如此一來電腦才能正確的使用所新安裝的獨立音效卡，而不會與原先內建音效卡發生硬體元件上的衝突。

---

<sup>20</sup>AC97 及 Realtek 是 1987 年臺灣晶片半導體瑞昱公司所研發的聲音晶片處理器。

談及音效卡，它的價格差異極大，功用性能也大為不同。音效卡從數百元到數十萬元都有。幾百元的音效卡可能就只具備撥放功能，且播放音質效果大多不佳。而上萬的音效卡除了撥放音質大有改善之外，還具備了許多輸出、輸入的接口，讓使用者可以應付專業上的需求。通常稱較便宜的音效卡為「家用多媒體音效卡」，它的價格大約落在幾百元至幾千元內。而動輒破萬或是要價數十萬的音效卡，則常稱為「專業錄音卡」。會有如此大的價差比，其主要原因除了晶片處理器的硬體用料有差別之外，專業錄音卡更是多了許多專業規格上的介面。常在專業錄音卡上面可看到的介面有：LINE I/O（線材訊號輸入/出）、A/D（類比/數位轉換器）、D/A（數位/類比轉換器）、MIC PRE（麥克風訊號放大前級）、ADAT I/O（光纖輸入/出）、AES/EBU I/O（數位訊號輸入/出）、SPDIF I/O（同軸式數位訊號輸入/出）、MIDI I/O（MIDI 訊號輸入/出）、Word Clock I/O（時間同步鎖碼輸入/出）...等，這些介面。低階的家用音效卡往往只具備一些簡單的基本功能，例如：D/A 輸出、LINE I/O、ADAT I/O...等，且它們的電晶體的處理晶片規格也較便宜。中高階的專業錄音卡則大多包含了上述完整的介面且整合為一台機器，電晶體的處理晶片也比低階的家用音效卡好上許多，而更昂貴的錄音硬體設備就不是將上述的介面整合為一台機器，它們都是單項介面一台機器；也就是 A/D、D/A、MIC PRE...等介面，都是分別獨立的機器並且它們的價位都很高，之後再依個人工作環境不同的需求添購，將機器串連為「一組」錄音作業系統。這也就是往往聽到專業的數位錄音工作室需要斥資上百萬在硬體器材的主因。

數位創作除了需要音效卡做最基本的工作外，要真正的讓成品完成還需要許多要

素，而其中最常使用的軟硬體工具可分為幾類：Compressor/Limiter（壓縮器/限幅器）、Expander/Gate（擴展器/雜音閘）、Equalizer/Filter（等化器/濾波器）、Channel Strip（聲道參數條）、Multiband（多重波段調整器）、Reverb（殘響效果器）、Delay（延遲效果器），以下筆者將簡述這幾種常用的效果器功能。

Compressor/Limiter（壓縮器/限幅器）；它用途是讓信號的輸出動態範圍變小，它主要能使較微弱的訊號變大而使較大的訊號變小。例如：在古典音樂往往有小到聽不見的樂段，而下個樂段卻又非常的大聲，此時就可以使用壓縮器來做一些調整。當聲音透過壓縮器後可以就可以讓那些小聲的樂段變大聲而大聲的樂段變小聲，如此一來整首曲子的平衡度就會改善許多。使用壓縮器時，一旦輸入的聲音訊號電平超過了使用者所設定的閾值(Threshold)，<sup>21</sup>此時壓縮器就將開始工作，把過高的輸入電平降低。於是在增大輸入電平的同時，不會造成輸出電平產生同等幅度的增大。例如：設置壓縮率為 2：1，則每增加 2 dB 的輸入電平只會造成輸出電平有 1 dB 的變化。壓縮器有幾種重要的參數設定，讓使用者依照需求來運用。最常見的參數為：一、Threshold（閾值）參數：它決定要被壓縮或是限制之訊號的上與下限值，而在閾值以內的訊號則不會受到影響。二、Ratio（控制壓縮比率）參數：在輸入的訊號超過閾值時，輸出電平訊號開始壓縮運作。也就是設定了較高的比率值，將導致較大的壓縮。若是在極高的比率值下就會導致信號產生極端的現象，這又稱為極限(Limiting)。三、Output Gain（輸出音量）參數：提高輸出音量來抵消掉由於動態範圍約束而產生的較低的電平訊號。四、Attack（觸發時間）

---

<sup>21</sup> 聲音訊號電平指的是輸入的電壓及輸出的電壓，其單位是伏特(V)。

參數：控制壓縮的起始時間。設置較長的 **Attack** 時間就會使得在進行壓縮之前「允許」更多的原始動態信號。五、**Release**（釋放）參數：當輸入的聲音訊號在恢復到閾值範圍內時，要通過多長的時間才能夠讓壓限器回到正常的狀態。

**Expander/Gate**（擴展器/雜音閘）；最大的功能在於可從有用的訊號中不知不覺得消除不需要的背景噪音，擴展器可減低整體低於觸發的電平訊號。雜音閘可視為高壓縮比的擴展器，其功能是只要聲音訊號低於電平，它馬上就會將訊號做衰減。

**Equalizer/Filter**（等化器/濾波器）；等化器主要是用於增強或是減弱某一頻段上的訊號，以達到改變音色的目的，其增強或是減弱的多少是用 **dB**（分貝）來衡量。等化器最常見的參數為：一、**Frequency**（頻率）參數：設定了要對聲音頻帶中進行均衡的具體頻段，大至可分為低頻、中頻、中高頻、高頻四個頻段。二、**Boost**（提升）或 **Cut**（衰減）參數：決定對選定的頻段進行提升或是衰減的程度。三、**頻寬，共振或是 Q 值**參數：此參數決定提升或是衰減曲線是窄而尖或是寬而平緩。若是較窄的頻寬設置（即較高的共振或是 Q 值），等化器就只會對某一的小段的音訊段進行操作，而較寬的設定值則可以對較多的音訊段進行操作。

濾波器主要是將訊號頻譜中某些部分不予理睬（通過），而對另外一些部分進行提升或是降低。通常使用的濾波器主要有四種類型：一、**Low Pass Filter**（低通濾波器），它的用途是使低於某個特定頻率的訊號全部通過，而對高於此頻率的成分予以衰減，其中這個特定的頻率稱之為 **Cutoff Frequency**（截止頻率）。二、**High Pass Filter**（高通濾波器），它的用途是使高於截止頻率的訊號全部通過，而對低於此頻率的成分予以衰減。

三、**Band Pass Filter**（帶通濾波器），它的用途是提升某一特定頻率附近的訊號，而忽略過高和過低的頻率成分，其中這個特定的頻率稱之為 **Center Frequency**（中心頻率）。

四、**Notch Pass Filter**（帶阻濾波器），它的用途是衰減中心頻率附近的訊號，而忽略過高和過低的頻率。

**Channel Strip**（聲道參數條）；一般都設計在 **Mixer**（混音台）或 **Console**（控制台）上，它混合了 **EQ**、**Filter**、**Compressor**、**Gate**...等功能，主要是讓使用者能迅速的對每一軌做多種的處理，但其通常不會加入 **Reverb**、**Delay** 等空間效果。

**Multiband**（多重波段調整器）；通常用於成品要輸出前最後的調整。它也常結合了 **EQ**、**Filter**、**Compressor**、**Gate**...等功能，不同的是 **Multiband** 具有多段頻率處理功能，可將各個頻率的動態做細部的壓縮、限幅、放大或是衰減。

**Reverb**（殘響效果器）；主要用於模擬聲音在聲學空間中的反射。其還可以分為純數位式 **Reverb**，和 **Impulse Response**。數位式 **Reverb** 是透過電腦運算後來處理聲音，這種運算中用濾波器建立了一系列的延遲，來模仿在真實房間中聲波遇到牆壁和天花板後發生反射的情況。而 **Impulse Response** 由於會以真實空間的反射聲做為取樣，其真實性比純數位式的 **Reverb** 高很多，但遇上一些需要虛擬空間感的音樂時往往還是會使用純數位式。常見的參數為：一、**Type**（類型）參數：是選擇殘響效果器模仿的類型，例如：房間、大廳、反射板、棒球場...等等。二、**Room Size**（空間尺寸）參數：選擇其空間的大小。改變這個參數通常會使其他參數發生變化，像是影響到低頻或高頻的衰減。三、**Early Reflections Level**（早期反射電平）參數：早期反射是一種間隔非常接近的離散的

回聲，與較晚產生的"wash"聲音不同，後者將會持續殘響聲的尾部。四、Pre Delay（預延時）參數：決定了空間中產生第一個聲音的開始至反射聲或殘響聲開始之前的時間。較長的 Pre Delay 將有一種非常巨大的聲學空間感覺，反之，聲音空間就小。五、Decay Time（衰減時間）參數：該參數用於調整殘響聲的尾部衰減至消失時所經過的時間。六、Crossover Frequency（線路轉換頻率）參數：是為高頻和低頻分別設置延時時間的參數，它決定了高頻和低頻之間的「界線」。例如：以 1 KHz 的線路轉換頻率做基礎，低於該頻率值的訊號將屬於低頻延時時間，而高於該頻率值的訊號就屬於高頻延時時間。七、High-Frequency Roll Off（高頻消散）參數：在自然的殘響空間中，高頻消失速度要較低頻迅速，於是此功能便可幫助使用者模擬這種效果。八、Mix（混音）、Balance（平衡）或是 Blend（混合）參數：這個參數是設定殘響聲和直接聲的混合比例。九、Diffusion（漫射）參數：是一個製造聲音「平滑」或是「粗糙」的參數。增加 Diffusion 會導致早期反射聲的結合更加緊密，這樣的聲音聽起來非常的厚實。降低 Diffusion 傳播會使早期反射聲分離程度增加，聲音聽起來就比較鬆散。

Delay（延遲效果器）；延遲效果器可以產生迴旋，回聲，合唱，延時...等，許多種效果。延時效果器是將輸入信號錄製到數位化的記憶體中，然後經過一段短暫的時間之後再將其讀出來。將輸出信號的一部分迴授到輸入端，使之再進入到延時的迴授，於是得到一種重複的回聲效果。常見的參數為：一、Modulation（調製）參數：這是一種在某一特定範圍內進行延時時間變化的參數，它是用來製造延時時間在最大值和最小值之間不斷地來回變化。二、Initial Delay（初始延遲）參數：設定了延時的時間。在回聲效

果中，這個參數決定直接聲與第一聲回聲之間的時間間隔。三、**Mix**（混音）、**Balance**（平衡）或是 **Blend**（混合）參數：這個參數調整了直接聲與延時聲音之間的平衡關係。

四、**feedback**（迴授）參數：這個參數決定了從輸出端返回到輸入端信號量值的多少。在回聲效果中，最小的迴授量提供了一種單一的回聲，而較大的回饋量值則增大了回聲的效果。

五、**Sweep Range**（掃描範圍）、**Modulation**（調製量）或是 **Depth**（深度）參數：決定使用多少調製量（有時也稱之為低頻振盪或是掃描）來使得延時時間產生變化。

六、**Modulation Type**（調製類型）參數：通常用於週期性的波形，例如：三角波或是方波，使聲音產生變形。

## 第二節 技術探討

在幾年前，當軟體音效技術還未成熟時，使用者只能討論何種音效卡上的音色比較好。而現在幾乎已經沒有人使用音效卡上的音色了。其實，一般音效卡上的音色本來就不是為專業音樂製作而設計的，它主要用於家庭多媒體及遊戲的配樂重播。所以，專業的音樂人都是使用專業的音源來製作音樂。目前，音源主要有兩種，一種是傳統的「硬體音源」，另一種是「軟體音源」。

提到音源，筆者將先由合成器(Synthesizer)談起。一般人都知道，所有的聲音都是經由振動產生的。合成器就是使用一台振盪器來產生聲音的一種電子樂器，透過振盪器的電流振盪後產生各種聲音波形並進行處理，進而合成出全新的音色，因此被稱為合成器。合成器的歷史比 MIDI、音效卡都要久遠，早在 1955 年，世界上第一台類比式的合成器“RCA”就已經誕生了，那時連電腦都還沒有問世。現在的合成器一般都是數位化的，它們使用處理器和數位訊號處理器，通過各種複雜的演算法產生聲音。合成器主要的聲音合成方法有：取樣重播、RS-PCM、線性/算術 (L/A) 合成法，高級集成式合成法、VAST 合成法、Z 平面合成法、物理建模合成法之多。<sup>22</sup>很難說哪種技術是最好的，所以只需要去選擇使用者最喜歡的音色就可以了。

早期的類比合成器都有一個鍵盤，而在 MIDI 技術出現後，由於各種電子樂器都可

---

<sup>22</sup> 合成器有三種發聲方式：一、直接改變電壓。二、利用電腦做數學運算。三、綜合以上二種方式，最後會產生電壓訊號進而產生聲音。

以通過 MIDI 介面互連，所以合成器就沒有一定需要鍵盤。於是現今的數位合成器去掉了和聲音品質沒有任何關係的外殼、鍵盤和控制旋鈕，只留下發聲的核心部件，其成本、體積也降低了很多。於是我們可以用一個 MIDI 鍵盤和電腦軟體來控制多個音源，得到更多的音色，並大大節省了空間。

音源與合成器的音色是固定的，使用者可以調整音色，也可以經由擴充插槽來擴充音色，但是擴充卡的價格很高，若是將擴充卡換成廉價的光碟儲存，隨時更換那就更方便、便宜了，取樣器正是根據這個原理製造的。取樣器也是一種音源，不同的是取樣器裝有一台光碟機，使用者只需要購買音色光碟，就可以得到新的音色，而且光碟的價格比擴充卡便宜多了。另外，用戶還可以使用取樣器自己進行取樣，即自己採集、錄製各種真實樂器或自然音響等並將其製作成音色。因此，取樣器的音色是無限的，而且聲音真實程度最高。取樣光碟價格雖便宜，但取樣器要比普通音源貴得多。如果需要高品質的音色如管弦樂、打擊樂等真實樂器的音色，取樣器是很好的選擇。

電腦音樂以及數位錄音技術的發展可謂是日新月異，電腦音樂從興起發展到今天，大致經歷了三個時代。首先是以合成器、硬體多軌錄音機為基礎的製作方式。而後，隨著 Cakewalk 軟體的普及，就以音源軟體、硬體及音效卡為基礎的製作方式，此為第二個時代。然而，大約在 2002 年初，隨著德國 Steinberg 公司為其 Cubase 和 Nuendo 設計的各種軟體音源外掛程式的時代，也就是軟體音源外掛程式和軟體效果器外掛程式的第三時期。

軟體音源的概念，早在數位合成器出現時就已經形成，但是那時的軟體音源除了音

質較差之外，還有一個嚴重的缺點就是時間延遲過高。如果使用軟體合成器，每當按下琴鍵後，要等上差不多半秒甚至一秒鐘時間才能聽到聲音，這種情形使得軟體音源在當時並不受歡迎。

直到 DirectSound 技術出現以後，軟音源的發展才開始有長足進步。美國的 SeerSystem 公司推出的 Reality 可以說是開創了軟音源的一個新紀元。這種軟體取樣器可以不依靠家用音效卡而獨立讀取 SF 格式的音色，而且可以做到基本即時回應，即按下琴鍵和發聲幾乎是同時的，時間差距很小，不僅音樂製作沒有問題，更可使用在現場演奏。目前，軟體音源和軟體效果器的性能已經相當成熟，現在的一個外掛程式往往動輒就是 2 張 CD 的容量，取樣音色就更加大，僅一個鋼琴音色就達到 2G 的容量，整套的 Vienna Symphonic Library 音色更是需要 20 張 DVD。<sup>23</sup>所以它們的音質也是傳統硬體音源、合成器以及傳統硬取樣器所望塵莫及的。

若是要將電腦與鍵盤連接，最常使用的就是 MIDI 設備，透過 MIDI 將所需要的音（訊號）彈進電腦，電腦就能接收這些訊號記錄起來，再經由數位音樂編輯軟體就能發出聲音。MIDI 插頭的五個針腳中實際上只有兩根針腳是訊號，五個針腳的中間針腳是做為遮罩用途，而最外邊那兩根針腳則只有固定線材避免脫落的作用。此外在電腦主機板上一般都有一個方形的「遊戲搖桿介面」(Game Port)，這個連接埠不僅可以用來連接遊戲搖桿，它還可以是 MIDI 的連接埠。在 Windows 作業系統中查看音訊設備，會看到

---

<sup>23</sup> Vienna Symphonic Library 是德國 Vienna Symphonic Library 公司所研發的樂器取樣軟體，本文於其後皆以 Vienna Symphonic Library 稱之。

一個叫做 MUP-401 的選項，<sup>24</sup>那就是音效卡上的 MIDI 介面。除了 MIDI 線之外，現在的大多的 MIDI 鍵盤都有 USB 介面。USB 介面的 MIDI 鍵盤以被廣泛的使用。主因是它的傳送速率快，集結了資料傳輸和供電，還可以隨時熱拔插的多項功能。連結的線材也只需要方便取得的 USB 線，且不用再另外購買 MIDI 介面來與電腦連結。也就是說，現今只需要一台支援 USB 的 MIDI 鍵盤就可以馬上將訊號彈進電腦中。但即使如此，傳統的 MIDI 介面還是不會被取代，因為若是需要數台機器的串連，就還是要透過 MIDI 介面來做整合。例如：工作需要十六台機器同時使用，那我們就會選擇一台可以支援十六軌輸入輸出的 MIDI 介面，這樣遠比找一台有著十六個 USB 插孔的電腦方便的多。

上文提到 MIDI 線頭只有兩根針腳有其作用，其中一根針腳為 MIDI OUT（輸出），另一根針腳為 MIDI IN（輸入）。這兩根導線就是處理 MIDI 輸入輸出的訊號。在鍵盤上的 MIDI 介面插座也標有相同的記號。此時若將鍵盤上的 MIDI IN 插入 MIDI 介面的 MIDI IN、鍵盤上的 MIDI OUT 插入 MIDI 介面的 MIDI OUT，其結果是無法發出聲音的。所以在連接設備之前，必須先瞭解 MIDI 設備的工作原理。

當彈奏琴鍵時，琴鍵會從其介面的 MIDI OUT 輸出一個信號，這個訊號必須要由音效卡上 MIDI 介面的 MIDI IN 輸入到電腦，經電腦分析和處理後，將這個音符的長短、力度、音量以及要使用何種音色...等等，各種數位資訊的指令再一起經由音效卡的 MIDI OUT 輸出。MIDI 訊號從音源的 MIDI IN 進入音源內，此時音源就從按照電腦音效卡的 MIDI OUT 發出信號進而發出聲音。如果使用的是琴裡的音色，那麼從電腦發出的指令

---

<sup>24</sup> MUP-401 為 Windows 微軟公司所研發的聲音驅動軟體，本文於其後皆以 MUP-401 稱之。

就要從琴的 MIDI IN 插座進入琴內的音源，使琴發出聲音。所以如果要在電腦上連接一台琴的話，琴的輸出一定要連到電腦的輸入埠，電腦的輸出要連到預定使用的音源的輸入埠上。簡單的說，琴的 MIDI IN 要連結至音效卡的 MIDI OUT，琴的 MIDI OUT 連結至音效卡的 MIDI IN 這樣就是正確的迴路，便可以發出聲音。音源可以是琴鍵本身，也可以是另外的硬體音源。但如果使用的是軟體音源，那就不需要使用電腦的 MIDI 輸出埠，因為軟體音源是電腦透過直接的發出聲音。

MIDI 鍵盤的外型和普通電子琴相像，但它僅是一個鍵盤。既沒有音源也沒有喇叭，因此自己並不能單獨發音。所以當按下 MIDI 鍵盤上的一個琴鍵時，鍵盤發出一個指令給電腦，這個指令包括觸鍵的力度、音符的長度等，電腦再將指令加上用何種音色、是否加上效果等命令，一起發給音效卡。然後音效卡就按照這個指令發出聲音。雖然力度、觸鍵、滑音、顫音...等參數可以在錄入電腦後再做修改調整，但對於鍵盤基礎較好的人，還是會直接在 MIDI 鍵盤做上即時錄音。直接在 MIDI 鍵盤彈奏所錄製出來的效果會比全部使用機器製作出來的效果好的多，因為機器很「標準」，容易讓作品僵硬無感情。如果沒有鍵盤，也可以透過滑鼠在螢幕上點擊虛擬琴鍵來輸入音符。但這種要一個一點音符的方法很不方便，所以大多還是會使用琴鍵來創作。MIDI 鍵盤的種類很多，小尺寸 MIDI 鍵盤的只有鋼琴鍵盤的一個八度，大的 MIDI 鍵盤就和鋼琴的尺寸一樣有 88 個鍵盤。此外，現在爲了不會彈鋼琴的其他樂器演奏者也能進行音樂製作，廠商製造研發了 MIDI 吉他、MIDI 吹管、MIDI 小提琴...等。這些樂器都可以將演奏的音樂轉換爲 MIDI 信號輸入電腦。不論何種大小的鍵盤，在選購時要注重琴的觸鍵感覺，且最好要

帶有力度、滑音輪、顫音輪和延音踏板的鍵盤，這樣在製作樂曲時更能提升速度。正規電子樂器廠家生產的電子琴裝的都是相容 GM、GS 或 XG 標準的音色庫，如此一來使用者就可在 Sonar、Nuendo 等軟體中找到它的音色表並設置樂器定義。如果使用的是具有揚聲器的鍵盤做音源，就會發現當播放 MIDI 時，聲音是從電子琴的揚聲器撥放出來，而不是從電腦的音效卡撥放聲音。使用其他硬體音源也是一樣。所以，從硬體音源的 LINE OUT（線路輸出）輸出的聲音訊號要從音效卡的 LINE IN（線路輸入）輸入回電腦，這樣聲音訊號就會經過電腦處理後再從音效卡的 LINE OUT 輸出。而且，這樣音源發出的聲音可以在編輯軟體裡調整並和其他音訊軌進行混音的動作，最後輸出標準的 Wave 檔或 MP3 檔，之後就可以燒錄成的音樂 CD 光碟。

提到 Wave 音訊，要先分辨它和 MIDI 的關係。雖然在數位錄音中，音訊軌和 MIDI 軌一樣都是數位信號，但它們卻有著天壤之別。我們知道，MIDI 檔只是訊號指令。例如：一首交響樂，MIDI 格式就好像是總譜，無論在哪裡，只要有標準編制的交響樂團，把樂譜交給他們演出，音樂就會再現。但效果如何，就得看樂團的水準好壞。而 Wave 音訊格式則是帶著總譜和固定樂團的所有人員和所有樂器進行演出。所以無論走到哪裡，效果都是一樣的好。由上面的例子就可以了解為什麼 MIDI 檔非常小而 Wave 音訊檔卻是碩大無比。因為同樣的音樂，在自己工作室裡是非常好聽，因為「演奏」它的「樂團」音源很好。反之把同樣樂曲的 MIDI 檔存到隨身碟上，帶回家用一般電腦音效卡裡的音色來演奏，其效果就很差。

所以最後的成品是 Wave 音訊檔而不是 MIDI 檔，且目前 MIDI 在音樂製作使用的

越來越少。主因是現在的電腦性能越來越強大，原本那些龐大的 Wave 音訊對於現在的電腦來說已經微不足道。現在的音樂製作軟體都提供了強大的 Wave 音訊編輯功能，並且出現了很多 Wave 格式的音樂素材。比如各種弦樂、管樂、打擊的取樣，或是各種特殊音效和獨奏片段...等等。其效果就是由演奏家真人演奏的錄音截取出來的 Wave 音訊檔。而且隨著軟體功能的強大，Wave 的修改也十分方便。例如：在 Nuendo 軟體裡，可以直接插入一個弦樂或打擊樂素材，然後連續拷貝使其成為反覆 (Loop)，直接可以進行速度、音量、均衡、變調、降噪以及加上各種混音、壓縮、殘響效果器...等一系列的調整，且效果非常好。現今的音樂製作中，MIDI 的成分往往佔不到一半，大部分的音樂都是用 Wave 直接作成，直接使用軟體音源做出的音軌可以經由電腦直接混音後轉化為 Wave，不必使用硬體音源再經音效卡回到電腦，因此音質也得到了最好的品質。

### 第三節 音樂技法

#### 一、MIDI 的錄製和播放

首先要使用 Project Menu/Add Track/MIDI 指令以新建 MIDI Track，然後在 Track List 的“Input”下拉式選單中為該 MIDI Track 設定其 MIDI Input。在 Track List 中為所要錄製的 MIDI Track 啟動相應的“Record Enable”按鈕；若是要為所錄製 MIDI Track 設置 MIDI Output，可由 Track List 的“Output”下拉式功能表中選擇恰當的 Output 選項。這裡所列的 Output 內容項將根據所使用 MIDI 介面類別型而定，並且所選擇 Output 應當是已連接有 MIDI 音源設備的相關埠。

要為所錄製 MIDI Track 設置 MIDI Channel，可由 Track List 中的“Channel”下拉式功能表中進行選擇。要為所錄製 MIDI Track 選擇音色，可從 Track List 的“Program Change：”下拉式功能表來進行選擇（即對 MIDI 音源設備所發送的 Program Change 資訊）。按照 GM MIDI 標準，Program Change 資訊定址範圍為 128 Program；若是所使用 MIDI 音源設備含有 128 Program 以上的音色，則需要通過 Bank Select 資訊來選擇不同的 Bank，每個 Bank 各含有 128 Program 定址範圍。

在錄製前，需將播放游標定位在所要開始錄音的位置，現在按下 Transport 面板中的“Record”按鈕即開始錄音。當錄製完成後，將在 Project 視窗中建立含有 MIDI Event

的 MIDI Part，這時要記得將所在 MIDI Track 的“Record Enable”按鈕取消。然後，將播放游標定位到已錄製 MIDI Part 之前，按下“Play”按鈕即可進行播放。

如果要對 MIDI Track 設置相關的參數如 Transpose，這可從 Inspector 區域的 Track Parameters 部分進行設置。首先按下視窗工具列上的“Inspector”按鈕，從 Track List 選定 MIDI Track，這樣在 Inspector 區域將顯示該選定 MIDI Track 的相關參數，然後展開 Inspector 區域的 Track Parameters 標籤頁，點擊這裡的 Transpose 數值框將出現有 Fader，調節該 Fader 即可對 MIDI Part 的 Transpose 參數進行設置，或也可以使用數值框的箭頭按鈕來進行設置。

## 二、為聲音軌道加入音訊效果處理器

在使用 Send Effect 時，音訊信號將通過每個 Channel 獨立的 Effect Send 路徑而被路由到效果處理器；首先可打開 Devices Menu/VST Send Effects 面板，這是一種效果器機架式視窗，共提供有 8 個機位，初次打開將都是空白的。現在從頂部 Effect Slot 欄（目前是空白欄，顯示為“No Effect”）的下拉式功能表上選擇所要使用的 Effect Plug-ins 項，這裡是按照效果器類型而以子目錄結構進行管理分類。例如可從中選擇 Delay/DoubleDelay 項，這將使該 Effect 項載入所在的 Effect Slot 欄，同時左端按鈕點亮表示當前為啟動狀態，按下“EDIT”按鈕可打開該 Effect 的控制台以對其參數進行設置。

之後回到 Mixer 視窗，在 Common 區域中部的下拉式功能表上選擇 Sends 項，使 Audio Channel Strip 的展開視圖區域顯示 Sends 部分，從頂部空白“No Effect”欄下拉式功

能表上選擇之前所載入的 DoubleDelay 項，這時左端按鈕點亮表示當前 Send 為啓動狀態。現在可開始進行播放，就可以聽到聲音經由 Send Effect 處理後的效果。

### 三、Effect Plug-in 的使用

通常是在 Track Mixer 視窗下來使用即時 Effect Plug-in，但有時也會需要直接對 Audio Event 或 Audio Clip 來進行效果器處理，這可經由 Audio Menu/Plug-ins 子功能表指令進行操作。首先在 Project 視窗中使用 Arrow Tool 以選定 Audio Event，從 Audio Menu/Plug-ins 子功能表中選定 Modulation/Flanger 項以打開 Flanger 對話方塊。由對話方塊參數部分可對效果器進行設置，使用“Preview”按鈕可對處理結果進行預覽試聽，確認後就可以點擊“Process”按鈕進行實際處理。

### 四、關於檔案格式

AIFF 全稱為“Audio Interchange File Format”，是蘋果電腦公司所定義的音訊檔標準。AIFF 文件副檔名為“.aif ”，應用於大多數電腦平臺。如果在匯出檔案格式時選擇 AIFF 的話，這將提供 8、16、24-bit、32-bit（float）相關設置項；如果所匯出檔將作為「過渡成品」，即打算再重匯入 Cubase SX 繼續工作的話，建議選擇 32-bit(float)項。由於 32-bit(float)具有非常高的精度，當然，音訊檔體積也會比 16-bit 檔加倍。如果輸出檔用於 CD 錄製源的話，就必須選擇 16-bit 項，因為 CD 音訊標準規格為 16-bit 的。

#### Channels、Sample Rate

選擇所匯出音訊檔的 Sample Rate，通常可按照所在 Project 的相應 Sample Rate 設

置。若降低 Sample Rate 將導致音訊品質的惡化（主要影響到高頻）

**Mono**：音訊被 Mix 成 Mono 格式。

**Stereo Split**：建立二個 Mono 格式檔，即分別為 Stereo 的每邊聲道。這時，所匯出音訊檔案名將按照對話方塊所設定名稱，且在每個檔案名後分別帶有“L、R”標識。選擇這種格式，是爲了適用某些不支援 Stereo Interleaved 檔應用程式的使用。但如果所輸出檔仍然需要再重導入 Cubase SX 繼續工作的話，我們建議最好選擇“Stereo Interleaved”項，因爲在 Cubase SX 中不能作爲整體來自動處理這種 Stereo Split 格式的檔。

**Stereo Interleaved**：建立 Stereo 音訊檔，這在需要將所輸出檔仍然再重導入 Cubase SX 繼續工作的推薦檔案格式。

**Multi Channel Split**：該項只在當前所工作 Project 爲多聲道（Surround）Mix 狀態下才有效，由此的輸出文件將爲每個 Master Channel 分別建立相應的 Mono 音訊文件，以便再導入其它應用程式的處理。例如，如果是在 Master Setup 對話方塊中選擇的是“5.1 Surround” Preset 時，這將成爲 6 個 Master Channel 並且所在該項也將變爲“6 Channel Split”，其結果就將匯出爲 6 個 Mono 音訊檔。

**Multi Channel Interleaved**：該項只在當前所工作 Project 爲多聲道（Surround）Mix 狀態下才有效，由此的輸出檔將爲所有 Master Channel 信號內容建立單個音訊檔，以便再導入其它應用程式的處理。例如，如果是在 Master Setup 對話方塊中選擇的是“5.1 Surround” Preset 時，這將成爲 6 個 Master Channel 並且所在該項也將變爲“6 Channel Interleaved”，其結果就將匯出爲包含所有 6 個聲道的單個音訊檔。但這樣的音訊檔並不

是非常通用的檔案格式，這必須要所使用的其它應用程式也能夠導入這種含多聲道的音訊檔。

Wave 文件副檔名為“.wav”，是 PC 平臺的最常用檔案格式。Wave 檔可以是非壓縮或壓縮，對於非壓縮的 Wave 檔將提供有相關設置選擇。

Channels：選擇 Mono 或 Stereo 檔；此外使用 Microsoft 新的擴展 Multi-Channel Wave 格式還可以匯出多聲道的 Wave 檔，這種檔案格式中可包括揚聲器資訊（即對特定揚聲器所屬的指定聲道）。

Resolution：設定文件的 bit 精度。

Sample Rate：設定文件的 Sample Rate。

Coding：由 Coding 下拉式功能表可選擇有關 Wave 檔的壓縮方案，從而得到更小體積的檔（當然會損失一定的音訊品質），其選項內容將根據 Windows 系統所安裝 ACM（Audio Compression Manager）Code 而定。如果選擇了這裡的壓縮方式，這將不再能設置其它的 Channels、Resolution 以及 Sample Rate 等選項（具備按照選定壓縮方案而定）。

Attributes：由該下拉式功能表顯示了當前所選定檔的屬性，通常若要使用非壓縮的 Wave 檔，這可選擇 PCM/uncompressed Waves 項。

MPEG Layer3 文件

MPEG Layer3 文件的副檔名為“\*.mp3”，是一種高級音訊壓縮演算法，mp3 檔的體積相當小且具有很好的音訊品質。

Channels：由這裡可選擇 Mono 或 Stereo 檔案格式，其設置將影響到 Attributes 下拉

式功能表所有效的相關選項。

**Sample Rate**：設定音訊的頻響範圍，較低的 **Sample Rate** 設置將降低音訊的頻響範圍，該設置也將影響到 **Attributes** 下拉式功能表所有效的相關選項。

**Attributes**：由該下拉式功能表可選擇 mp3 檔的 bit 率，設為較高的 bit 率可獲得更好的音訊品質但也產生更大體積的檔。通常對於 Stereo 音訊，設為“128kBit/s”就已經屬於很好的音訊品質了。此外，這裡下拉式功能表所有效選項將根據 **Channels** 和 **Sample Rate** 設置狀態而定。因為對於 Mono 音訊或低 **Sample Rate** 的設置來講，是不能提供更高 bit 率選項的，這只能增大檔體積而並不能提高音訊品質。

**Algorithm**：這些選項決定著編碼演算法的“深度”從而影響到所得檔的音訊品質，若選擇“**Highest**”方式，將需要較長的編碼處理時間；而設為“**Fast**”方式則有可能降低音訊品質，但無論怎樣都不會影響到所得檔的體積。

**Options**：按下該“**Options**”按鈕而打開對話方塊，在此可輸入對檔的有關資訊，由這些附加資訊（即 ID3 tag）將作為文本資訊而內嵌檔中，能夠由大多數 MP3 播放程式所顯示。

Ogg Vorbis 檔是一種開放的、免費專利音訊編碼資料流程的技術，為壓縮音訊檔（“\*.ogg”），具有較小體積而相當高的音訊品質。

**Channels**：由這裡可選擇 Mono 或 Stereo 檔。

**Sample Rate**：設定音訊的頻響範圍，較低的 **Sample Rate** 設置將降低音訊的頻響範圍。

**Algorithm**：由這些選項決定著編碼的品質，Ogg Vorbis Encoder 使用的是多種 bit 率的編碼方式，由其 Algorithm 設置決定了所有有效的 bit 率選擇。對於語音類的適合 Algorithm 設置，若要得到更好的聲音品質也將產生更大體積的檔。

**Options**：按下“Options”按鈕而打開對話方塊，在此可輸入對檔的有關資訊。

#### Real Audio V5 和 G2 文件

Real Audio 檔具有非常高的壓縮率，從而得到非常小體積的檔，這種格式尤其適用於 Internet 多媒體資料流程傳輸和下載的需要，其檔副檔名為\*.rm。

**Coding/Content**：由 Coding 下拉式菜單中選定該項，由此可設定檔所需要的音訊品質。對於 Real Audio G2 格式來講，將分為 Coding 下拉式菜單（設定 bit 率）和 Content 下拉式選單（設定典型的音訊內容如“Voice”或“Music”等）。同時，在下拉式功能表還會顯示相關檔案格式的文字描述。此外，由 Coding/Content 項還可選擇 Mono 或 Stereo 項。

**Options**：按下“Options”按鈕而打開對話方塊，在此可選擇為檔的多種方式，還可以輸入對檔的有關資訊。由這些文本資訊將被內嵌檔中，能夠由大多數 Real Audio 播放程式所顯示。

Windows Media Audio 是由 Microsoft 公司所開發的音訊格式，這是一種高級音訊壓縮演算法，檔體積相當小但具有很好的音訊品質，其檔副檔名為“\*.wma”。

**Attributes**：由該下拉式功能表可選擇 WMA 檔的 bit 率，通常設為較高的 bit 率可獲得更好的音訊品質，但檔體積也更大些。對於 Stereo 音訊，當選擇“96kBit/s”就屬於很好的音訊品質。

**Options**：按下“Options”按鈕而打開對話方塊，在此可輸入對檔的有關資訊如版權資訊等。由這些文本資訊將被內嵌檔中，能夠由大多數 Windows Media Audio 播放程式所顯示。

**Broadcast Wave** 檔相同於普通的 Wave 檔，它們具有與 Wave 檔相同的設置選項，但不提供有關的 Coding（壓縮）選項。

**Options**：按下“Options”按鈕而打開對話方塊，在此可輸入對檔的有關資訊如版權資訊等。由這些文本資訊將被內嵌檔中。此外，由 **Broadcast Wave** 文件還包括有關的 **Timecode** 位置，能夠將所匯出的音訊檔插入其它應用程式或 Video Project 中的指定位置。作為默認，**Timecode** 位置是設為 Project 中所匯出音訊的起始位置（即 **Left Locator** 位置），當然也可以在 **Options** 對話方塊中對其進行必要的調整。

## 第四章 理念與實踐

### 第一節 創作概念

早期電腦音樂需透過磁帶式的類比技術，在錄製好的聲音中挑選需要的段落，進行剪開、重新的拼貼，最後再將帶子錄回至母帶。隨著科技的進步，這些繁瑣的步驟在現今的數位音樂中，只需在電腦上按幾個鍵就可以完成；數位音樂的技術也隨著軟體的開發，使音樂能結合其他領域，產生多元的面向。

筆者針對數位音樂的創作內容加以探討，並以「互動視覺化」為理念，提供相關軟體之製作人員參考。《映象》(*Image*)、《鏡》(*The Mirror*)、《碰撞》(*Collision*)這三部作品，均為筆者對電腦音樂、以及預製的電子音樂，所做的實驗性作品，三首各運用了不同的數位技術。

《映象》(*Image*)主要以「效果器」及「電大提琴」做為主要創作媒介。筆者將傳統的樂器透過麥克風收音，這些收錄進數位效果器、再經由揚聲器發出的聲音，有別於傳統鋼琴及大提琴的聲響。透過此現場控制效果器的技術，得以表達筆者對映象一詞所另有的想法。

《鏡》(*The Mirror*)為一首管弦樂曲，筆者先使用 Finale 打好樂譜，將其轉換儲存為 MIDI 格式後，再使用 Nuendo 聲音編輯軟體製作，在音源方面則使用 Vienna Symphonic Library 的取樣音色，做為整首曲子聲音的來源。透過 Nuendo 聲音編輯軟體將 MIDI 訊

號做參數以及力度修飾後，原先需要找尋龐大樂團演出人員的作品，現在只需要在電腦上，就可以播放出與真人演出時相似的聲音。

《碰撞》(*Collision*)這部作品中，筆者使用數位軟體所預製好的音樂、與真實樂器做現場的結合演出。在預製音樂中使用了許多不同的聲音轉化器，使得聲音有扭曲、延遲、變形…等效果，以不同的特殊聲響來製造音樂張力。

這三部作品，以不同的配器編制結合數位電腦音樂創作，希望能表達傳統樂器與數位音樂之間，所能發展的可能性及未來性，實驗筆者對於數位音樂創作的理想。

## 第二節 作品分析

《映象》(*Image*) 此曲使用單簧管、電大提琴和效果器鋼琴三種樂器；可分為三個樂段。在第一樂段中，電大提琴以自由的速度如導奏般的奏出主題後，單簧管緊接著與電大提琴做線條旋律交織後進入快板樂章。

在快板樂章中，效果器鋼琴使用效果器變化音響以快速音及強烈的節奏與電大提琴及單簧管進行對立。而緩板中，單簧管以及高低音域來表現色彩，電大提琴則表現了低音的色彩而效果器鋼琴像流水般的在高音輕輕伴奏。最後的急板樂章中，單簧管、電大提琴及效果器鋼琴以同音變化節奏做為開頭，以強烈的節奏及切分為其主軸，最後在「*fff*」(極強)的和絃堆疊中結束。

在 19 小節使用了 **Modulation Effects** 效果器 (【譜例一】)，傳統鋼琴聲音經過 **Modulation Effects** 的效果器後可發出有延遲聲音的效果。



在第 36 及 70 小節使用 Time-based Effects (【譜例二】)，聲音透過 Time-based Effects 時會產生聲音扭曲以及擴大的效果。



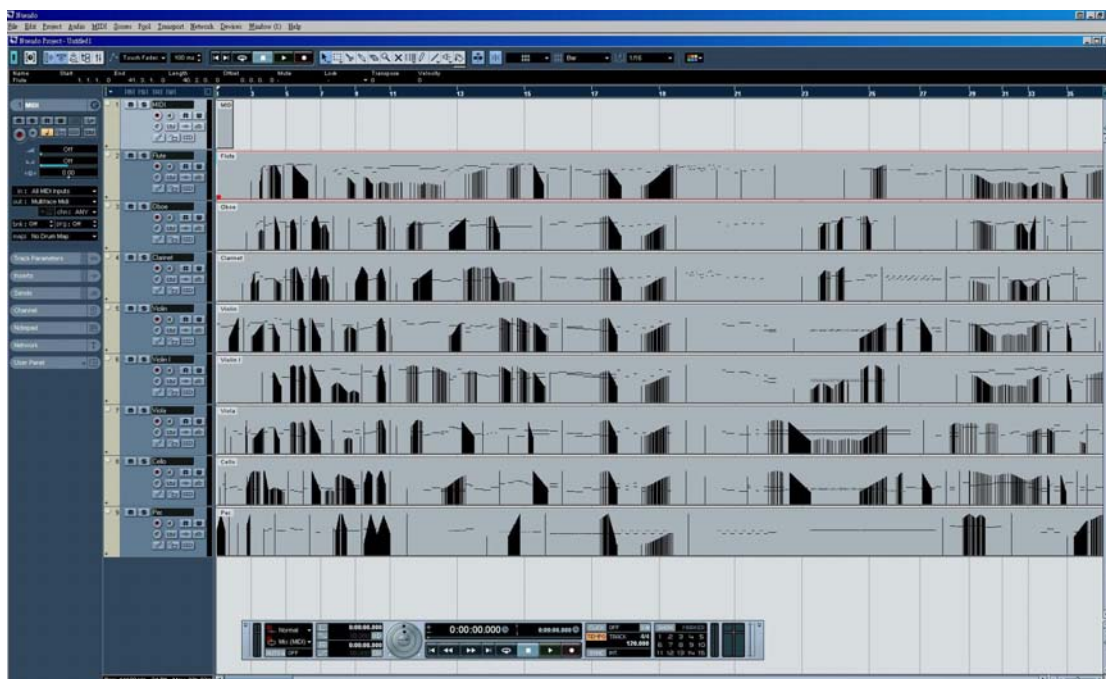
《鏡》(The Mirror) 這首曲子是兩管編制的管弦樂團樂曲。一開始以弦樂為主要的主題與動機，描述作曲家心中的那深邃的鏡。而此鏡並不像表面上看起來的平靜，反倒隱藏著扭曲。故作曲家在樂曲的主要旋律素材上設計了增八度的不合協音程，加強了那份看似平靜卻又不安的心情。

進入第二樂段後，以一段木管愉悅的旋律線條為主軸。不論在縱向、橫向的織度或在節奏上，都一改先前厚重扭曲的緩慢步調，。此樂段以木管做為主要素材，搭配不同的線條對位手法，組織相同旋律線產生的聲音色彩。

第三樂段，銅管一改先前的配角地位，在此樂段一躍成為整曲的靈魂支柱。整個段落中可聽到木管、打擊及弦樂快速的半音階節奏音群，以及「*sf*」(突強)與「*subito p*」突弱的聲響對比。

最後，整首曲子回到主題樂段，並以不同配器法重新呈現。就像在鏡子的反映中看到相似的容貌。此時不論在聲響、織度、配器上都比先前的主題更加的不協和及扭曲，在「*pp*」極弱與「*fff*」(極強)的不合協對比聲響中結束全曲。

而筆者將此曲的電子檔總譜完成，將其轉成 MIDI 檔匯入 Nuendo 後就如【譜例三】之後再近入選取畫面條整力度大小。



這兩首曲子筆者使用了數位音樂技術融入在曲子中，希望能在傳統創作與數位創作中做結合。

## 第五章 結語

電腦音樂製作技術的運用在和聲課的教學中，使教學更加直觀、生動。如當教師在彈奏某一和絃時。在電腦螢幕立即會出現樂譜，同時聽見聲音。這解決了樂譜顯示與和聲聽覺效果的同步。使和聲教學更加輕鬆自如。尤其是當教師在彈奏複雜的和聲功能連接和進行複雜和聲分析時，電腦音樂製作技術更能發揮它的優勢。將電腦音樂製作技術運用在教學上收益更加明顯。教師可以分步演奏出每一個聲部，然後同時播放，使學生能夠整體感受到不同聲部組合的效果。尤其是許多複調技術性很強的寫作之中，如倒影的寫作，使用電腦音樂的一個命令便可輕鬆的獲得。又如卡農的寫作，同樣用電腦音樂中的拷貝命令和移位元命令就可以完成。即省力又省時，而且可以創造出寫作的無限的可能性。

將電腦音樂製作技術運用在作品分析課程之中可以使學生在閱讀總譜的同時聽到樂譜的實際演奏效果，可以通過樂譜仔細的分析樂曲的旋律、和聲、節奏、結構等等。另外還可以通過統計的方法對樂曲的風格、特徵等進行全方位的資料分析，使學生能夠更好的掌握樂曲的精髓。將電腦音樂製作技術運用到配器課程的教學之中，可以改變傳統的教學方法，讓學生在配器的同時，即可聽到各種樂器實際的配器效果，使課程更加生動。

將電腦音樂製作技術運用到視唱之中，使視唱的教學更加規範、容易，並且可以代替教師的部分工作。特別是一些較難演奏的音樂，教師可以事先設計好上課的內容通過

簡單的電腦音樂系統進行播放，避免了演奏的錯誤，即準確又省力。使學生在聽寫過程中得到準確的資訊。尤其是在新型的視唱教學中，不僅可以擴展聽寫和訓練的範圍，同時還可以培養學生的自學能力。

電腦音樂製作技術對作曲主科教學提供了一個廣泛的支援。它主要解決了兩大問題：一是寫譜的問題。過去的手工抄譜，速度慢，不易修改，而運用電腦音樂軟體和簡單的 MIDI 鍵盤便可以使抄譜的工作變得輕鬆自如，不僅是速度快，而且規範化，能夠完成複雜的樂譜寫作，易修改。在電腦音樂軟體的支援下，通過鍵盤演奏來打譜，可以達到樂思、打譜與音響同步，使樂思十分連貫，便於捕捉創作中的靈感，而且還可以感受到實際的效果，樂譜的抄寫工作也變成十分愉快的事情。使得教學與學習十分生動；二是擴展了實用作曲教學的可能性。臺灣的作曲教學主要集中在歐洲傳統作曲法與現代作曲法的教學方面。對於非歐洲傳統音樂以外的音樂風格的教學很少涉及。比如對拉丁美洲音樂中的探戈、森巴、博桑羅瓦等等音樂形式的寫作；美國的爵士樂、流行音樂、鄉村音樂、搖滾以及大樂隊等的寫作形式都缺乏瞭解。另外對世界各民族不同風格的寫作更是知之甚少，而在這一方面的不足可以通過電腦音樂製作技術的學習的過程來彌補，因為在國外的許多電腦音樂製作教程中包涵了世界上許多這些方面研究成果。如透過 MIDI 檔的交換，可以獲得這方面的大量資訊。

將電腦音樂製作技術運用於傳統音樂學課程的教學之中也十分有效。我們可以通過許多電腦音樂教學軟體進行各種層次、各種方式的音樂分析：如在西方音樂史的教學中已經有許多優秀的多媒體軟體。電腦音樂製作技術對於演奏專業的教學來說同樣十分有

效。在電鋼琴集體課教學中輔以電腦音樂製作的設備，可以使演奏者通過對自己演奏的錄製找到自己的缺陷。另外，演奏者在電腦音樂製作出的類比樂隊伴奏下進行協奏訓練。可以培養立體的音樂思維和全面的音樂素質。

電腦音樂製作技術運用於國民音樂教育，對於提高全民族的音樂素質、滿足人民大眾音樂學習的需求將十分有利。首先它改變了人們的觀念，使教育者和被教育者建立起一種自信。過去，有一種偏見，認為，音樂的學習只是天才的事情。使大多數人對音樂的學習抱有一種高不可攀的畏懼感；就教育者來說，也認為音樂教育是極其少數人的事情，而把大多數人拒之門外。然而，事實上音樂是每一個人的需求，人們幾乎每天都在與音樂打交道，他們希望通過音樂來進行交流，許多人都有音樂創作的衝動，音樂表演的願望，隨著經濟的發展，人民生活水準的提高，這種需求和願望將會越來越強烈。對於大多數專業音樂工作者來說，它是一個得心應手的好工具，它不但可以省去許多繁重的重複性勞動，而且還能直接對創作或者演奏發揮巨大的作用，使我們營造出更美妙的音樂氛圍。同時，它又像是一個平易近人的老師，能夠循序漸進地指導那些業餘愛好者和初學者順利地走入新音樂的世界，使他們越來越熟練地實現對音樂的追求。通過電腦音樂製作的學習，寫譜不再成為難事，演奏不再成為難事，音樂創作也不再成為難事。在電腦音樂軟體和硬體的支援下一個人可以完成各種樂器的演奏，甚至可以完成大型樂隊的音樂創作。在一定的意義上來看，電腦音樂製作不僅是製作方式、一種技術，而是一種思維方式，一種有利於豐富和提高創新意識的思維方式。

## 參考書目

### 外文部分

Cope, David. *New Direction in Music*, 7<sup>th</sup> ed. Illinois: Waveland Press, 2001.

Dodge, Charles, and Thomas A. Jeres. *Computer Music: Synthesis, Composition, and Performance*, 2d ed.. New York: Schirmer Books, 1997

Garnett, Guy E.. “The Aesthetics of Interactive Computer Music.” *Computer Music Journal* 25:1

Lippe, Cort. “Real-time interactive digital signal processing: a view of interactivity.” *Organised Sound* 8:3 (2003): 297-304

Morgan, Robert P.. *Twentieth-century music: a history of musical style in modern Europe and America*. New York: Norton, 1991

### 中文部份

高惠宗。《電子音樂：理論與實作》。台北：世界文物，1994。

陳榮貴。《專業音響 X 檔案》。台北：麥書文物，1995。