

第一章 緒論

本論文寫作之動機來自於平時從事音樂創作時對於新聲響的靈感與渴望，在傳統樂器之外聲音素材的探索之下，促使筆者試圖以電腦軟體做為音樂創作之媒介、電子聲音做為音樂創作之來源，運用各種可能的方式製造出聽者從未體會過的音樂聽覺經驗。本論文將探討如何運用電腦軟體製造各種可能的電子聲響，產生新的音色，並結合創作技法與創作理念加以論述之。

隨著科技不斷地發展與進步，許多音樂的特殊音質都透過電腦合成而產生，電腦音樂帶給作曲者創作的空間變得相當寬廣，不但不再受到傳統樂器演奏上的限制與束縛，並且還能夠超脫出舊有聲響之框架，蘊含著無限音色的可能性。電腦音樂軟體的問世更是促成了電子聲音產生過程之便利性；透過各種演算方式及聲音合成之技術，能夠誕生出多元的聲響素材，這也是本論文之研究動機之一。無論是聲波的編輯、電子合成器音源器的使用，或是電腦程式的計算，這些輔助工具協助了我們學術上的研究，也為音樂市場帶來了無限的商機。

這些輔助工具對於音樂創作者而言，更是具有相當大的助益，此類輔助性之電腦軟體甚至能結合現場演奏之互動，可以任意組合及運用，省去了傳統音樂會編制上繁複的演出過程及冗長的排練時間，並且也節省了人力的耗損及創作過程中所花費之高額成本。

音樂科技的革新特別著重於新樂器的發明，此一概念已成為西方音樂史上的普遍特徵，並且引發作曲者的新思考與新靈感。當作曲者發覺需要更多新的聲音素材時，電子聲響的使用需求便大增，創作者便想盡辦法地製造出他們從未體驗過的新樂器與新音色，因此這樣的一種發展與趨勢是可被理解的。作曲者對於新樂器新音色的渴求，由各種電子樂器之問世足以證明之。此外，作曲者更在錄音技術上探索令聲音形變的

各種可能，例如將磁帶倒轉、快轉、慢轉，以及迴圈循環技術(Loop Effect)等等，此一部份的探討將於下一章節加以詳述。隨著錄音技術的進步以及聲音控制的改進，聲音的音質皆能產生極大的變化，而透過這些方式都能夠製造出令人難以想像的音色。

一九三〇年代的電子留聲機便經常被用來作曲及演奏，Paul Hindemith, Ernst Toch 與 Darius Milhaud 都是早期的實驗者，他們運用唱盤操作聲音播放，此方式創造了扭曲且具有拼貼般效果的聲音素材。在 John Cage 的作品《Imaginary Landscape No. 1》(1939)中，便使用到許多轉盤速度的變化，因此非傳統樂器的使用因而被廣泛地接受，此項發展更是促成了電子音樂的進步；同時磁帶的錄音技術也有相當大的發揮。1948 年 Pierre Schaeffer 開始創作磁帶錄製的自然聲音，這些聲音包含有風聲、雷聲等，更重要的是，這些自然的聲音可以轉變成不同的音色，用聲音編輯的方式製造成各種不同的合成音色，這類型的音樂被稱之為「具象音樂 (Concrete Music)」。在此同時，也有錄音室運用製造噪音的機器，以及調音器、音色過濾器、聲音回響器等，產生新的聲音素材。其中的調音器能夠使音的振幅被調整成另一種新的音色。這些技術的進步皆是促成電子音樂的蓬勃發展並且被長期廣泛地使用於現代音樂創作之重要因素。

本論文之研究目的在於將筆者的五首電子音樂作品作為論文之說明文件，以電子聲音素材的合成技術層面切入，並且加以探索及闡明；同時對於電子音樂作品之製作與組成、創作與理念，以作曲者的觀點加以敘述。研究範圍將以聲波間接合成之創作方法為主要之論述，並且同時探討聲波與心理學之間的關係及影響，此外，也切入美學之觀點分析音樂作品之架構；此論文之論述內容也將會涉及 CSound 軟體與 Audi oMul ch 軟體於音樂作曲方面之應用。

第二章 音樂創作之美學觀

音樂的創作與情感的美學聯想、主觀之感受總是時常地產生聯繫而激發並促成藝術作品，許多外界的訊息都將成為創作者內心的感懷而轉化為具有象徵性意義的創作題材；然而有些音樂作品卻也是在一種非預期的偶然機遇之下誕生，創作的結果並非如同作曲者所預期與計畫之下的。在整個宇宙現象界裡，任何的事物無不存在著機遇；而任何事物的結果也總是由數種不同因緣聚合而誕生，過程中無時無刻存在著變數。老子的空無論點便曾提到，由空無可生萬物；佛教的中心思想亦與緣起性空之觀點密不可分。在大自然的規律下，無論是具有生命的動植物，或是不具任何生命的物體，都遵循著「成」、「住」、「壞」、「空」四大原則而運行，新的生命體與新的事物取代舊有的，舊有的雖然已凋謝，但新的事物卻又從舊有的部份源源不斷地誕生，而構成一種宇宙之規律。

本章將以美學觀點結合藝術作品之創作，試以筆者的五首電聲音樂作品作為闡述之依歸，分別加以探討之。

第一節 象徵與理解

每當特定聲響成為聆聽者的聽覺形象後，這種形象如同內心的綜合體，是不同並且超越於外在音樂元素之整體的。音樂的象徵與理解在此時透過背景經驗的被激發而重新建立起新形象，音樂的題旨在此時此刻對於聽者便不再具有本身之目的，而是成為某種特定的記號，因此作品本身所製造的是一種「虛空性的」指涉，這個指涉在聆聽者的經驗與理

解之下形構成另一新的題旨。如此看來，作曲者無論是否有明確地表達主觀的樂念，都將造成聆聽者生起新的理解與新的詮釋。

王弼《周易略例》曰：「夫象者，出意者也。言者，明象者也。……意以象盡，象以言著。故言者，所以明象，得象而忘言；象者，所以存意，得意而忘象。……是故觸類可為其象，合義可為其徵。」音樂的象徵性對於聆聽者而言，是一種外界感知刺激下的理解性之召喚。聽者的音樂經驗如同一種意識行為，特定聲響的出現勢必喚起聆聽者某種的情感或記憶。因此，在主觀感知之下，聽者必重組理解作曲者的音樂意念，在此同時產生另一種新的音樂詮釋。如同一種再創造的活動，在聲響的感知之下，聆聽者以各種可能的方式重組出新的聽覺經驗與聽覺理解，心靈此時成為知覺整體的積極動因，這種新的聽覺經驗便成為一種「再生」的美學經驗。筆者在五首電聲作品之中，便採用了許多的象徵手法，例如《奇幻時鐘》以鐘聲與鬧鐘齒輪轉動聲象徵時間不斷流逝所帶給人內心的潛在恐懼；《西藏邊際》於樂曲開端便將鎖啞聲導入，將聽者引入樂曲中佛教寺廟之情境，並於樂曲中段加入木魚與法鈴等聲音素材，象徵著莊嚴的宗教禮拜精神；主題素材的轉調象徵佛教信念—虔誠堅定之精神讓參拜者的心境由困頓轉為安定，同時運用宗教樂器聲音的形變與原始法器聲音形構成對比的關係。

音樂理解活動之重新組合與建立是多樣且綜合的，同時也是連續不斷展現對比之經驗之過程下，進而將其對比特性轉換為心中既有經驗形象之一員。在這融合的過程必會經歷新舊經驗之矛盾與衝擊，聆聽者必須調和並納入這一切過程，整合出一個嶄新的體會。初次的聆聽感受與往後聆聽感受絕對不會完全相同，因聆聽者的內在經驗不斷地被重組和整合，因此在聽覺感知的刺激之下，隨著聆聽次數的增加，內在感受的新奇感與衝擊勢必越削弱，這是無可避免的改變。因此，藝術性的作品之所以顯目，是由於在最初之時它能引導聽者在聲響的召喚之下去發現

新的意義，無論是用間接的方式，或是依照作者預期的想法，新的意義便在它們的相互影響之下不斷地生起，所以藝術作品演變到最後，其最終價值便不在於作品本身表象之意義，而是在於藝術作品如何帶出我們過去心中封藏已久的感知經驗。透過音樂意義的蘊涵，可能激起我們的自發性，在感知與理解的相互作用之下、呈顯自我的同時，也讓我們知覺到更多尚未察覺的內在世界。

音樂的象徵往往著重形象對於無限意義之表達，海德格曾說：「投射的言說是這樣一種言說，它準備了可說的，同時將不可言說帶進世界。¹」在藝術作品中，無論是以有形的具體事物體現抽象意念，或是隱藏性的指示，象徵性之間的關係始終保持著原始的模糊性，而且內含著一種對於「不在場物件」之召喚。當作者用具體的事物寓意某種特殊的意義，暗示整體無限的意味之時，現象界與心靈便透過象徵方式發生著深刻的對應、共鳴、交感和連繫。藝術，如同人類情感的符號形式之再創造，召喚聆聽者參與卻又拒絕任何過於明確之闡釋。象徵在作品中獲得表達空間，將外在表象與內在心靈之間做為一個自相映射的整體，尋求無規則的秩序，無論是朦朧或是渾沌的象徵性思維，都帶領著聽者的音樂感知進入深層的內心世界。藝術之本質原屬於象徵活動的一部分，它使人從象徵活動中照見自身既有的經驗感知，並且將其納入心靈與意念之中，寄託於宇宙生命的感懷。《文心雕龍》中說：「詠吟所發，志惟深遠；體物為妙，功在密附。」當作者以象徵的方式來表達作品自身，便說明了它尚有一份沒有明白解釋的絃外之音，如同一種未曾現身的暗喻，它總是一種結合、一種關聯或是一種約束的能量。它不僅僅是自我的包含，它也可能讓聽者對於某種意義感知更加明晰。

無論是宇宙自然或是自我意念的的象徵表達，都投射著人們對世界的

¹ 海德格《詩·語言·思》，文化藝術出版社 1990，第 69 頁。海德格將詩性的語言視為藝術象徵的一種體現，認為語言的藝術在於投射的言說中同時包含有已說與未說明的絃外之音。

好奇與渴望，召喚著對於有限之生命下豐蘊性的期許。透過象徵性的技巧能夠創造出一種不同於陳述性的表現形式，特別是作者的抽象思緒或是人生哲理。當藝術成為生命價值的追尋以及對既有之生存困境的突破時，象徵之最終意義便不再是僅僅蘊含過去和現在的理解經驗，而是指向未來的無限可能。

具象與抽象表現之間，聽覺的理解如同想像中的感知一般深入到潛在意識裏去的自由活動，它使我們聯想起無法捉摸或某種過於複雜或深奧的事物。索洛古柏曾寫道：「在高級藝術中形象總是力圖成為象徵，即自身能容納意境深遠的內容的象徵。²」透過藝術的象徵形式，借著有形之事物表達無形之主觀，照見作者對大自然之感懷，乃至內心深處的壓抑、夢中景象、日常生活的體驗與自我的追求等等，成為具體的情感意志並構成生命情感以感覺性象徵語法之形式表達的活動。人類能夠本能的方式創造出自身夢境中的象徵，它是那麼自然而然地出現而非有意的發明，在偶然的機遇下誕生。雖然夢是藝術象徵的靈感源泉，但並不表示象徵僅僅與夢境相關，它也在內心深處的感知表象中體現。音樂語言的不可解釋之特性，就在於它所蘊含的無限意義，透過符號的定位來表現某種意象；倘若只能以特定的方式解讀，恐怕將陷入過於狹隘詮釋的窘境，然而，互相滲透與包容的生命情懷，則是人的精神活動所欲寄託的。當作者自身的意念產生無窮盡、無邊際之想像時，內心深處的隱喻性語言便藉由作品道出外在語言不可言傳之表象，此時的藝術便不再單純只是外在世界或內心情感的表達，而是指涉了超現實的意境。藝術作品總是對於相關之主題給予某種程度上的暗示，主觀性的表達以及新的思維引導著生命情感的流動，從而我們的心靈可能因不同形象的思維激起另一個意念。

² 參見《簡明文學百科》“象徵主義”，蘇聯百科出版社 1971 年版。黃晉凱等主編：《象徵主義·意象派》，中國人民大學出版社 1998 年版，第 735 頁。

第二節 視音樂為有機體

荀白克: 創作來自第一念頭之超越

無序的音樂常讓我們透過不同的音樂意義單元，接收與慣常感覺經驗相離的聲響。一段被採用的聲音可能是作品中的一個素材，進而整合形構至一首新的音樂作品之中。音樂作品與聽者之間的關係，並非僅僅是主體與客體的理解，而是牽涉到一連串意念、經驗以及時間的存留以及改變。在聆聽的過程之中，潛在意念的流轉不斷地在製造經驗與理解之間的連結。杜夫潤 (Mikel Dufrenne) 曾寫道：「形象本身是一個介乎兩端的中項，一端是純然地存在，於此，對象為人所經驗；另一端是思想，於此，它變成觀念，讓對象顯現，讓對象作為一個表現者存在。³」表象之真實意圖對於聽者而言，乃是它們照映出聽者之直接感知裡頭所經驗過或所期待之下的形象，當然還包含有聽者過去經驗中所無法呈現理解的部分。非尋常的結合在每個繼起的片刻之中重新組織；當聽者感到出乎意料之外或與過去經驗有所衝突之時，新的感知便刺激著聽者追溯過往的經驗並將新的感知併入原先既有的形象之中，於是乎，在我們心中的既有經驗及形象就如同週遭環境流動的空氣一般不斷地漂染及轉變，最終留下的將是一個嶄新狀態的顯現。

在電聲作品《悠境》之中，筆者使用五聲音階做為旋律部份的素材，看似簡單的五聲音階發展成為各個不同的樂念，每個新樂念皆由相同的材料出發，卻又有著不同特色的音型結構。如此不斷地將動機逐漸地發展，有如發展變奏，形構成主題一致但具變化的樂曲。作曲家荀白克說：「作曲…是一種發明獨特想法的藝術，它能讓我們去嘗試並且去呈現。」

³參見 Mikel Dufrenne, *The Phenomenology of Aesthetic Experience*, by Edward S. Casey, et al.

荀白克的理論概念是建構在 Music Idea⁴上，他從傳統的「旋律」、「主題」等音樂術語出發，並且落在相互關聯的位置之中。其過程透過了材料裡頭寫作的呈現以及潛在性的不平衡。作曲者所面臨的問題，是如何形構這些小的音樂意義單元，並且透過這樣的程序導向一整個音樂的意象。荀白克將作曲中的第一個音樂意念視為 Grundgestalt，並且認為許多的音樂作品皆是由這第一個「意念」所發展出來的。這些小小的音樂意念在擴充成為大型作品時，通常是透過「變形」而來，並未改變其本質，有如發展變奏一般。作曲者所必需做的，便是在那第一念頭生起之當下的自我超越、原先意念之昇華。

意念的超越可能僅僅只有一剎那，瞬間即逝；也可能需要長久時間的不斷醞釀，如同人的感知經驗，時時刻刻在接收外在環境刺激之同時，內在心智也不停地運作，兩種機制下所交織而成的新意念便不斷地推陳出新，這也是筆者在音樂創作上的重要美學觀。



第三節 不確定性 (Indeterminacy) 之美學觀：機遇 音樂與機遇音色

後現代藝術及美學之觀點著重於創作過程的自由並且為其最終之目標。為了體現人的自由本質，在藝術的創作過程之中，無目的不確定性方式之創作手段被視為追求最大限度的自由表現，高度自由的不確定性如同遊戲之活動，更具有無限的可能。藝術是現實世界的體現；是

⁴ 荀白克認為音樂作品之中所有小的音型動機都可視為一種 Music Idea，音型或音樂意念的意思。Grundgestalt 則是動機發展前的原型素材，因此被他視為是樂曲裡的第一個音樂意念。參照 Schoenberg, Arnold. *The Musical Idea-and the logic, technique, and art of its presentation*, New York: Columbia University Press, 1995.

內心情感的表達；亦是自足的文本遊戲。在這樣的遊戲情境之中，遊戲者能夠不具個人主觀意念來進行活動，達到精神上的解放，也因此超越了預期之下的主觀意識，滿足遊戲者無止境的探索慾望。由於無預期之結果具有無限的可能性，因此越是不確定，對遊戲者而言越具有吸引力，此一情境不斷地刺激遊戲者進行新的活動、進行新的探索，在心理學上，此情境如同一種「正增強」，創作者自身所選擇的自由限度是無法界定和化約的。

電聲作品中的《極光》與《西藏邊際》將不定性的特色帶入創作意念之中，傳統樂器與電聲音樂的配合之下，造成的是時間點切入的機遇特性，演奏者在每次演出時，由於些微的演奏時間差距會產生不同的音樂特性與不同的音色，給聽者帶來的是不同的感受空間。沙特

(Sartre, J. -P. 1938-1982) 曾說：「藝術家靠想像的自由進行藝術創作。」想像力的自由程度沒有界限及範圍，因為它超越了現實，也因為它超越了現實，才能夠稱之為藝術的創造；John Cage 的作品讓藝術創作者了解，無論是音樂創作還是演奏者都應該超越作品之外的解讀，並且主動地把握任何機會，將自身帶入另一個新的創作活動空間，在這個自由空間之下藝術的心智活動更能蘊含有新的開展與想法，並且同時與週遭環境有更緊密的互動。沙特曾說：「存有並非具必然性，那是因為在偶然的機會下因而存有，有些人會想要試圖說明存有的任何理由及原因，以便克服這種偶然性，顯然這是無法用必然性去解釋的。偶然性並不是空虛的偽裝，它是一種無法避免的現象，它的絕對性是完滿且自由的。」後現代的一切藝術創作，在其內容和形式而言，便以實踐這種不確定性的機遇原則作為基礎，在這種藝術創作之情境下，無論是舊有的被保留，或是新的事物產生的猛然改變，皆構成自由創作行為下的活動。

沙特曾論述過創作自由的無止境性，突破一切約束之可能，以實踐自我之超越。後現代藝術反對一切固有的秩序及形式，認為一但有了秩

序，便會失去作品自身的藝術價值。為了使藝術品具有永恆存在之生命，必須在創作之時不依照原有的傳統秩序，不依照既有規則來實踐任何一項藝術活動。不確定性之創作對於藝術家本具有相當的風險，創作者必須冒險去從事一些活動來挑戰任何的狀況，並且承擔可能的失敗，幸運的一方有機會勝出，因而達成創作最終之目的。這種遊戲般的創作方式吸引人之處，便是激發創作者願意不計代價地冒著風險去從事藝術創作，這也就是席勒所提出的觀點—「遊戲衝動⁵」。在後現代的藝術觀點中，追求體現機遇性和偶發性之特色為主要目標，因此其設計的樣貌多半具有不對稱性、不和諧性、混雜性、反系統性、象徵或隱喻性等等，因此諸如此類之特色可納為後現代主義者於遊戲創作中之最大的發揮空間。如同荀白克曾一度說過：「作曲的過程如同身歷於賭博遊戲之情境，在遊戲之中的任何一個發展都是純然的機率問題，玩家必須有好的運氣才能夠勝出。」由此可見荀白克強調出了作曲過程中的不可預期性，這個觀點與 John Cage 的作曲美學概念有著相當緊密的關聯。Cage 雖然在寫作中使用了「不定性」的方式創作，但並不代表他放棄了自我的寫作意念。John Cage 說：「我運用了不定性的方式寫作機遇音樂，這種方式讓我們不需控制駕馭音樂中的任何一項設計，但不去操控任何一項設計也是一種駕馭。」

第四節 電聲下的音景

音景⁶(Soundscape) 在周遭環境中不斷地改變，這些新的音響已不

⁵ 席勒感受到現代人性的破壞，因此提出了遊戲衝動的理論，他認為只有仰賴遊戲衝動，才能激發人的創造力，同時也認為只有當人再進行遊戲的時候，才算是完整的人。

⁶ 「音景(Soundscape)」也有人稱之為「field」，也就是各個音樂事件於同一環境之下所產生組織而成的聲音景像。一些環境音樂所呈現的特定場域聲響也可稱之為音景。

同於過去的聲音張力，工業革命之後的機械式噪音亦已包含於音景之中，此外，電子產品的問世帶動了一連串電聲的發明與革新。Bauhaus⁷便是將機械式的聲音團帶入現代美學範疇中的先驅者之一。這項發展所代表的特殊意義是音樂史上所產生出的一種新潮流，即對於新音響效果的探索。音樂家們開始以管絃樂法的概念套用於電聲音景的織度之中，演變為現代音樂中的另一種聲響色彩的新理解與新觀念。一個獨立的聲音場可以被理解為一種具有個別特色的「音景」。音景的特色最後透過系統化的分類而被設計，成為作曲家組織音樂作品的重要素材及段落。它們可能被區分為好幾個部份，例如 Keynote Sound、Signals、Soundmarks⁸。Keynote 能夠辨認音樂作品的調性，時常能被聽者不經意地知覺到，它給予我們一個重要的空間來刻劃描繪出樂曲的輪廓與音型。許多聲音可能擁有著原本最初的象徵意義；至於 Signals 在電聲音樂之中則經常扮演著前景的角色，能夠最容易被聽者知覺到；Soundmark 的功能則如同地標一般，它具有提示演奏者何時開始演奏的功能，在音樂作品中具有溝通各聲道互動的作用。

無論是聲音的持續或是音響的解構，在人類生存的大環境中取之不竭、用之不盡的素材便是白噪音⁹(White Noise)。工業革命後的機械聲響不分日夜地充斥在我們的生活環境裡，機械式噪音屬於 lo-fi 低頻率的範疇，並且與其它的低頻聲音相互重疊混雜。Luigi Russolo 就曾經撰寫過 *The Art of Noise* 一文，此文章之論述便是將噪音美學視為藝

⁷ Bauhaus: 二十世紀美學教育的改革者、完成者，與工業革命後的美學設計有著緊密關連。

⁸ 參見 Schafer, Murray. *The Soundscape: - Our sonic environment and the tuning of the world*, Vermont: Destiny Books Press, 1997. 第九頁: Features of the Soundscape。

⁹ 白噪音(White noise)，類似瀑布、軍鈸樂器所產生的聲音，聲音以雜訊為主，指聲音的一種信號，其聲音振幅強度與音頻相對應，信號在各個頻段上的功率是一樣的。在電子音樂中也有白噪音的應用，它被直接或者作為濾波器的輸入訊號以產生其它類型的聲音，尤其是經常用來重現類似鑼鈸此類具有很高雜訊成分的打擊樂器。

術創作的素材，在現今工業社會之中，機器噪音的音波不但屬於長時間的持續，並且在圖表上是類似於平整的線條，聽覺上如同一個延續的長音(Drone)。這種平整的長音也可被視為一種藝術性的結構，但是這種長音很少出現在大自然環境之中，此種延續性的長音常帶給聽者無意識的麻醉感¹⁰，並且具有催眠的效果；另一種製造特殊聲音的方式是運用聲音的分裂，這類聲音能從原始聲音素材分裂，然後產生一種新的電子聲響，這是屬於二十世紀的發展，經常以超現實拼貼的方式來表達。

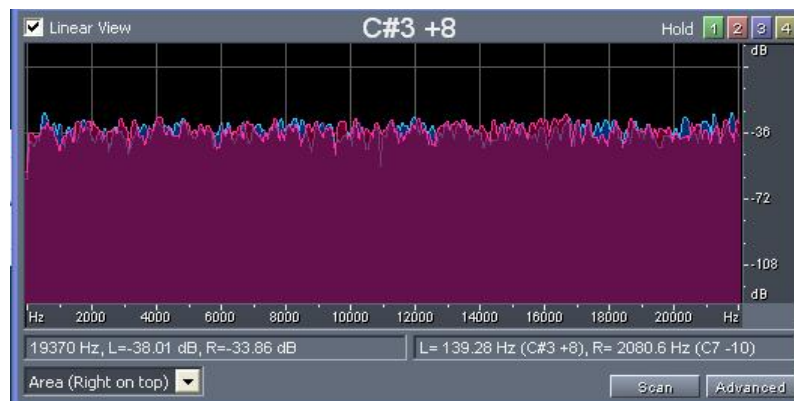


圖 2-1 為振盪器所產生白噪音的頻譜圖

Luigi Russolo 發明管絃樂噪音，以管絃樂器製造噪音，因此美學不再區分為美與醜，醜陋的事物也可能是藝術，因此噪音取代樂音，成為藝術的新概念。此外隨著錄音技術的發達，樂曲中冗長的反覆逐漸不再重要，因此產生的是荀白克的無調性音樂；擴音器的問世使得管絃樂團的音量放大效果多了擴音器來取代之。音景在整個電聲作品之中是一個互動的場域，特別具有競奏式的互動聲音事件意味，聲音事件的分類能協助音景的設計，而聲音事件可根據心理聲學 (Psychoacoustics)

¹⁰ 人的聽覺對於陌生聲響或突發聲響特別敏銳，相反地若是常時間存在的低頻噪音反而會感到麻木，但適度的噪音能幫助睡眠。參見 Schafer, Murray. *The Soundscape:- Our sonic environment and the tuning of the world*, Vermont: Destiny Books Press, 1997. 第 184 頁。

來加以分類，Pierre Schaeffer 便投入相當多的心血於此項設計之中，此部分之研究屬於「聲音物件頻譜型態學分析 (Spectromorphological analysis of sound objects)」的分類學部分，筆者將於下一章節論述之。

Murray Schafer 將聲音分為兩大類型：「Mass (一大片的聲音團)」和「Grain (微粒狀聲音)」；「Mass」多為持續性的背景色彩，有些甚至類似「長音 (Drone)」的素材；「Grain」多為前景式的點綴。許多現代音樂研究者甚至也將白噪音那入音樂範疇，視為「聲音的香水 (Acoustic Perfume)¹¹」。

聲音事件和聽覺心理學可將它們比喻為語意和美學兩種分開的解釋，同一種音樂可能帶給聽者不相同的感受，其中可能因文化背景的不同¹²、教育、地位等而異。聲音事件的象徵攪動著聽者的思維與感知，某些聲音擁有強烈的象徵性特質，這也是為何古時候某些聲響具備有典型的特殊意義。筆者於電聲作品《奇幻時鐘》裡曾運用到鐘聲的象徵性題材。鐘聲帶給聽者的感受因其文化背景之不同而有各自不同的解讀，在某些國家人民之宗教信仰為天主教或基督教的背景之下，鐘聲對他們的意義可能是一種虔誠的禮拜或具有某種神聖性的召喚，相對於非此文化背景之聽者而言，對於鐘聲的解讀可能只是一種時間上的提示，有如學校的上課鐘聲一般，尤其在工商業發達且繁忙的大都市之中，鐘聲的

¹¹ Murray Schafer 將聲音區分為兩大類：即「Mass」與「Grain」。參見 Schafer, Murray. *The Soundscape: - Our sonic environment and the tuning of the world*, Vermont: Destiny Books Press, 1997. 第 135 頁。聲音香水 (Acoustic Perfume) - 白噪音的覆蓋技巧 (Masking Technique): a kind of noise control; 覆蓋的技巧可以使持續性的細微噪音掩蓋其它突發性的聲響，進而使聽者能接受這另類的「噪音式寂靜」。參見 Schafer, Murray. *The Soundscape: - Our sonic environment and the tuning of the world*, Vermont: Destiny Books Press, 1997. 第 223 頁。

¹² 文化背景的差異會導致不同文化背景的聽者對於同一種音樂作品的認知差異，有人稱之為「Significant aural culture」。參見 Schafer, Murray. *The Soundscape: - Our sonic environment and the tuning of the world*, Vermont: Destiny Books Press, 1997. 第 197 頁。

表達在他們內心的感受可能僅僅代表一種與時間賽跑的匆忙和勞碌之感。

第五節 聲學心理之審美反應

心理學中的其中一支派所研究的領域是屬於知覺心理的部份，認知心理學家關切的是人類對於外界訊號刺激下的心理詮釋。就聽覺方面而言，認知系統則被包含於其中。認知系統協助我們對於外在環境刺激或內在情緒有著當前的認識，環境聲音的刺激能夠喚起聽者的注意力、意識和記憶。當聽者接受了外在聲音的刺激，有時這種刺激便會形成一種心智圖像，如同一種表徵形式，大腦重組這些訊息後便能轉換成有意義的認知。人類透過外在世界的聲音轉換成內在行為，這一連串的過程便成為聽覺心理學所關切的重點。十八世紀的英國實證主義者 George Berkeley、David Hume、James Mill 和 John Stuart Mill 皆認為內在的表徵包含有直接感官事件(知覺實體)以及知覺表象的模糊印象會儲存於記憶之中，此外，這些模糊印象會結合既有的經驗成為內心的新知識。

認知心理學中的聲音刺激，必須透過認知模型做詳細的分析：第一個階段屬於刺激的偵測；第二階段是刺激的儲存與轉型；第三階段則是反應的產生。

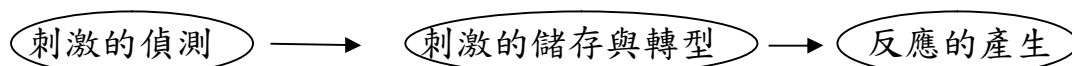


圖 2-2 聲音心理學中的聲音刺激過程

(摘錄自 Robert L. Solso 著、吳玲玲譯，《認知心理學》，台北：華泰出版社，1998。)

此外，同時會被提到的是認知模型中的記憶處理部分，此項學說後來由 Waugh and Norman(1965)所修改及擴充，發展成為認知模型中的儲存系統與途徑：

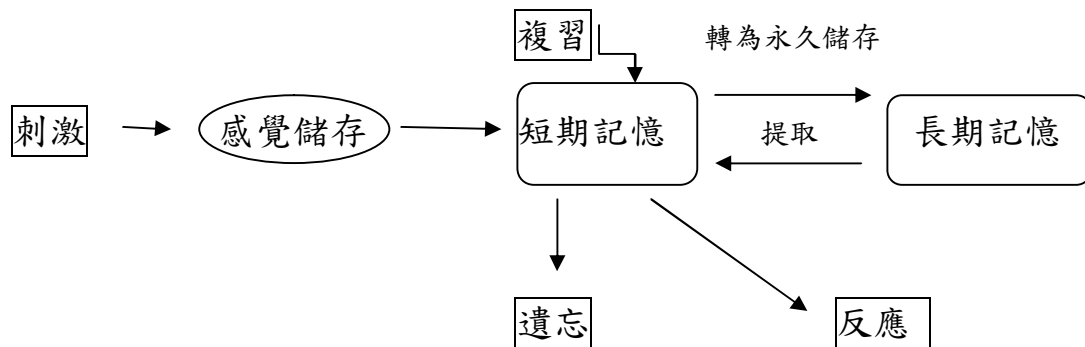


圖 2-3 聲音在人腦轉化為記憶的途徑

(摘錄自 Robert L. Solso 著、吳玲玲譯，《認知心理學》，台北：華泰出版社，1998。)

人耳的構造相當精密，當人耳接收各種不同的聲音時，聲音由聽覺接收器傳達至大腦，過程中的感覺神經負責傳達訊息，待大腦接收到外來訊息後便在當下做出認知反應。聲音的高與低，悅耳或吵雜，都被認為影響人的情感甚深，聲音掌控相當大部份的環境氣氛。人耳可聽見的聲域範圍之中，影響著心理感知的聲響特性有音高、響度、音質、音色、音長等等，聽覺的感受與人耳的外來刺激有著密切的關連。就聽覺心理方面而言，聽覺的認知受到意念和情緒所影響，腦神經科學家與認知心理學家已透過實驗證實，腦神經的結構與某些符號性的結構是相通的，傳統觀點認為腦部可分為三個層面：認知、意動、感情，而聲波的振動能讓人耳感受到聲音的真實存在，我們透過感官刺激而能夠對外在世界有所認知。知覺是一種較高層級的認知，感覺訊息的處理將外來訊息抽象化，對外來的訊息做出當下的詮釋；刺激之後便開始有「感覺」，而對於外在刺激的理解與詮釋便稱為「知覺」。

聲音可區分為噪音與樂音，樂音是指聽覺上較和諧悅耳的聲音，其聲音的振動是具有週期性的，一般而言，樂器在正常方式演奏下所產生的聲音便可稱為樂音。噪音則是指聽覺上不諧和亦不悅耳之聲音，其聲音之振動方式是無規則且不具週期性的，聽起來甚至有刺耳嘈雜的感覺。噪音帶給人的感受與生理、心理狀態都有著密切關連，它能夠防礙我們的生活作習及工作時的專注力，更嚴重的還能影響人的健康甚至是耳聾；適度的噪音卻也能夠幫助人穩定情緒甚至幫助睡眠品質，此類噪音較少具有變化性，通常是持續性的長音，具有催眠的功能，例如吹風機等機器所製造出來的長音式(Drone)的噪音等。

然而，噪音卻成為現代音樂之中重要的聲音素材，許多現代作曲家無不設法在傳統器樂上，以特殊的演奏方式製造出意想不到的噪音之聲音素材。筆者將電聲作品《悠境 (Colors of Natural)》所使用的五聲音階之樂音頻譜與《奇幻時鐘 (Imaginary Clock)》作品裡所運用到的噪音頻譜以圖形來作比較：

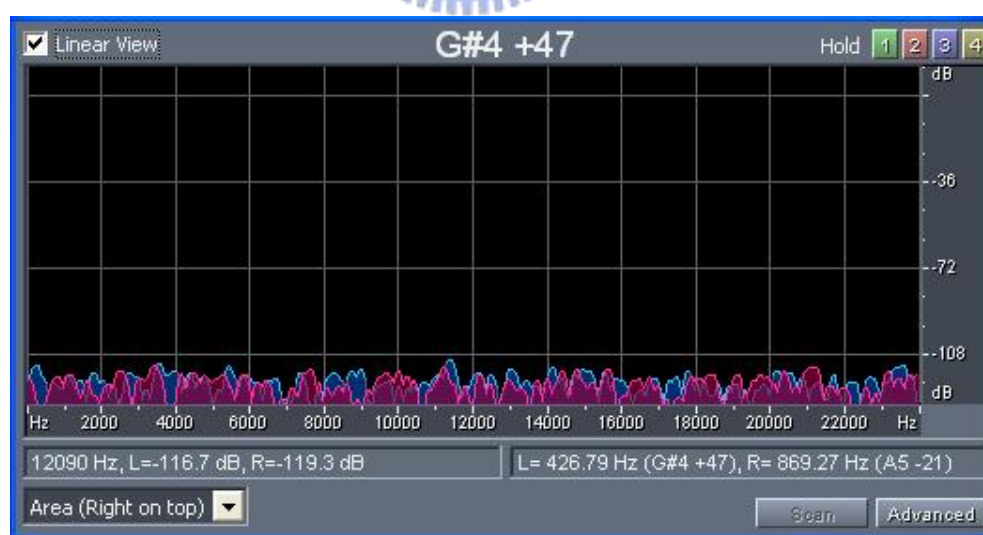


圖 2-4 樂音的頻譜 (取自電聲作品《悠境》)

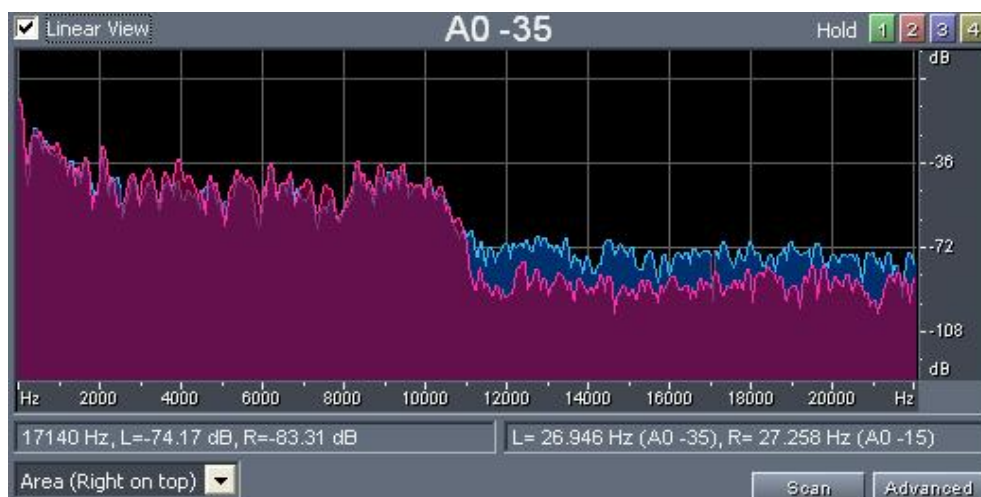


圖 2-5 噪音的頻譜（取自電聲作品《奇幻時鐘》）

從兩張頻譜的圖形可發現，樂音的頻譜線條呈現特定頻率之突出與整數倍頻率的諧和分佈；相反地，噪音的頻譜線條較不規則，並且頻率特性呈現連續寬廣之分佈。總體而言，噪音若以聲音合成之觀點來分析，它具有較豐富的頻譜變化，由於噪音是以不規則的方式振動的，因此振幅並無規則性。由於它本身具有豐富頻譜之特性，因此在聲音合成上，噪音成為聲音加工與聲音形變的理想素材。

餘音記憶¹³ (Echoic Memory)

聲音是透過聲波的振動所產生，當物體發生振動時便會產生聲音，振動的速度快慢影響聲音的高低，振動的能量強弱便影響聲音的大小，而不同的發聲材質則造成音色的不同。振動速度的快慢以頻率來表示，因此每秒鐘物體振動的次數以赫茲作為計量單位。一旦聲音被人耳所感知，即使聲音停止仍然會有殘留的聲音記憶在人的大腦中停留。Neisser

¹³ 參照 Robert L. Solso 著、吳玲玲譯，《認知心理學》，台北：華泰出版社，1998。

(1967) 從事餘音記憶的工作，餘音記憶與感覺訊息互相關聯，能夠讓聽者去回顧消失的聲音刺激，它能短暫的儲存聽覺訊息，餘音記憶的儲存時間相當短暫，約 250 毫秒至四秒中之間，這樣的一種感覺記憶提供了聽者對於訊息的進一步處理，運用人耳的餘音記憶可運用於電子音樂聲音素材的創作之中，當音樂作品出現某些隱約的調性色彩或是出現織度與張力之間的對比時，餘音記憶的功能可以引導聽者在音樂作品中順著樂曲聽覺的走向去理解一首作品的脈絡與音樂意義單元。

筆著的電聲作品《極光》與《西藏邊際》之中以 Reverb、Echo 等 Delay 效果強化聽覺上的餘音感受；背景的和聲加入 Echo Effect，使餘音具有迴響與聽覺暫留之效果，讓餘音記憶能夠在聽者的耳中發揮作用，成為下一個樂念的聽覺指引並協助聽者找到音樂的脈絡與方向性。



第三章 電腦音樂作品創作技法之解析

以物理層的角度切入電腦音樂：

直接合成

「直接合成」指的是使用電子合成器(Synthesizer)與電子振盪器(Voltage-Controlled Oscillator)製造聲波與音效的裝置，這種直接合成的聲響並非來源於自然界，而是一種純粹由人造所產生的電子聲響。早期的合成器都是受電壓所控制的，合成器能產生各種多樣的電子聲響同時也能夠模擬傳統樂器的聲音。之後發展出來的大型合成器則是將小型合成器相連接，並且透過訊號發射的原理來相互控制。

Voltage-Controlled Oscillator 簡稱 V.C.O. 可分為兩類：一種是屬於高頻率振盪器(High Frequency Oscillator)；一種是屬於低頻率振盪器(Low Frequency Oscillator)，高頻率振盪器運用的是聲波產生器(Wave Form Generator)來製造聲音；低頻率振盪器則是使用調變器(Modulator)來產生聲音。德國人對於電子原音音樂的研究以及電聲音樂的建構有相當可觀的成果，特別是對於電子合成器以及振盪器的運用，具有相當專業的領域。運用此種聲音直接合成的技巧來創作樂曲較為有名的是德國的作曲家史托克豪森 (Stockhausen)，其作品為《Study I》與《Study II》。

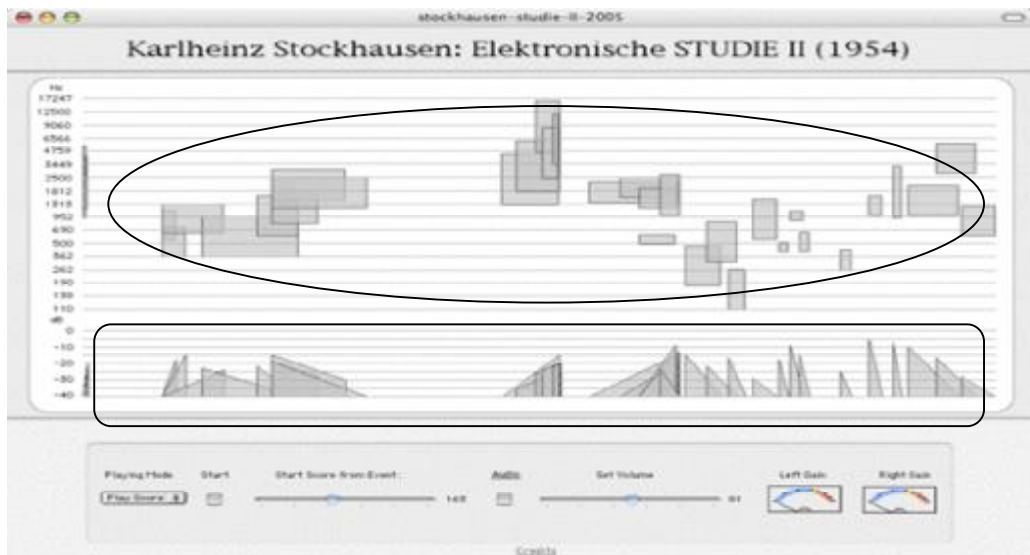
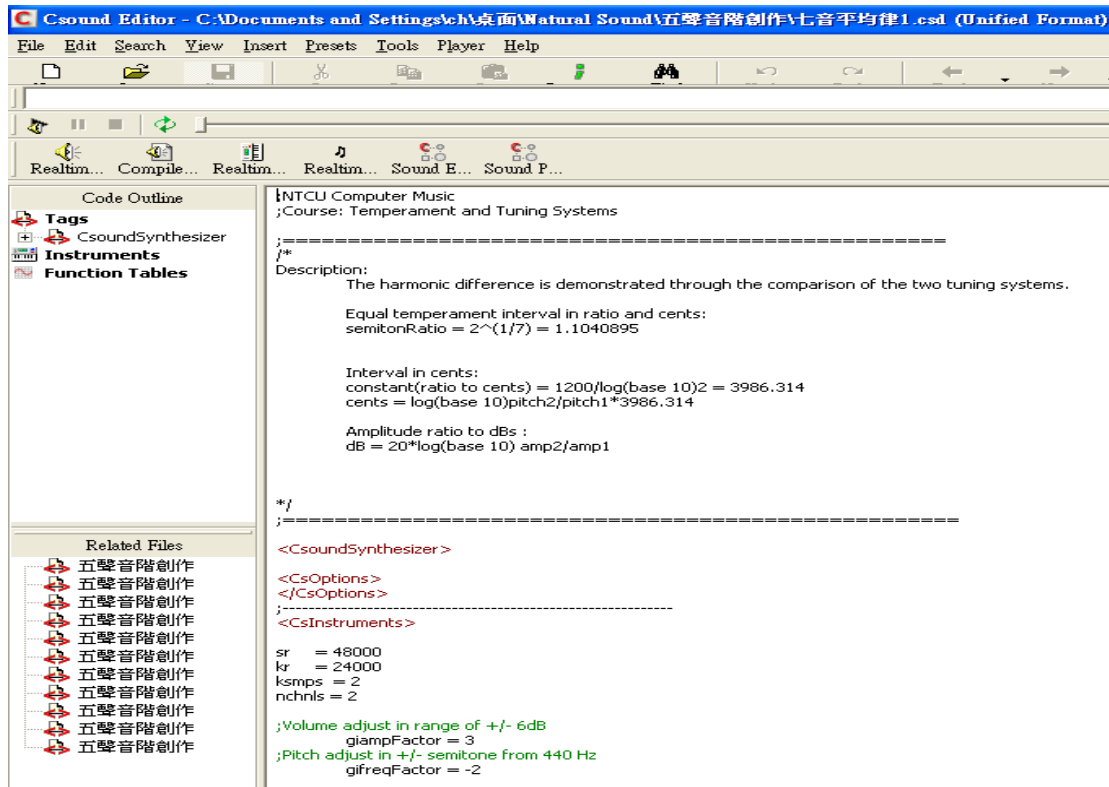


圖 3-1 為 Stockhausen 電子音樂作品《Studie II》的記譜。此記譜方式為 Graph Notation 的記譜法。譜面上以橢圓形框圈出的部份表示頻率的變化；下半部以方形框圈出的部份則代表振幅的變化。

直接合成的方式有許多種，第一種直接合成是以透過 FM 合成器的方式製作聲音合成音效，透過更改某些聲音訊號的頻率而達到作曲家想要的音色。另一種合成聲音的方法是以結構音訊運用聲音合成演算法來產生聲波的樣本資料，此合成法的聲音品質高低取決於合成的技術，以電腦程式語言及合成控制序列產生聲音。聲波直接合成中使用最多的是波形表法，但最具有高品質音色的是實體合成模型法。在裘寧 (J. M. Chowning) 提出頻率調變法之後，由於音色不敷使用而被波形表法所取代，傳統波形表合成法可得到音色接近真實樂器的合成音。

筆者於電聲作品《悠境》之中同時使用了直接合成與間接合成之聲音合成技術，其中運用的五聲音階之旋律素材便是以 Csound 軟體的程式寫作之下的直接合成之音色：



透過聲音參數的程式寫作後，在 Render 程式介面使之轉為 Wave 檔：



間接合成：聲音取樣

聲音合成的方式有很多種途徑，其中的聲音取樣法便是取材於聲波

中的某一個部份，再存檔成為聲音的數位樣本，此種方式便稱做聲音的取樣技術。當聲音被取樣時，每秒鐘取樣的點越多，表示電腦能呈現的波型就越精準，聲音品質也較佳；而每秒鐘中取樣點的數目，就是我所稱的「取樣率」。電腦中的 wav 檔記載著振幅、時值、音量及取樣品質、頻率等重要的聲音資訊，整個處理過程可被稱做聲音訊號的數位化過程。

聲音取樣的合成方法最早可追溯到法國的具象音樂(Concrete Music)，作曲家習慣以環境的聲音當做素材，經過取樣後成為間接合成的音響，運用的手法有很多，例如：顛倒磁帶運轉方向，使聲音產生逆行效果(Reverse)；改變磁帶運轉的速度(Speed Change)；運用磁帶迴圈循環運轉效果(Loop)；聲音素材的重疊(Overlap)；聲音的拼貼手法(Collage)等等，此外，透過濾波器以及混響的方式也是具象音樂中常見的技巧，諸如此類的聲音合成方式便歸納為間接合成法。法國人尤其喜愛運用磁帶聲音的剪接與拼貼技巧來創作與組織樂曲，運用聲音的間接合成產生一系列作曲者想要的音效，運用此技術較為著名的作曲家是法國的皮耶·雪弗爾(Pierre Schaeffer)。

筆者在電聲作品《悠境》所運用的大自然聲響，例如蟲鳴鳥叫與流水聲，便屬於間接合成的聲音合成技術，聲音透過外在環境聲響之取樣，透過 Adobe Audition 軟體將取樣之聲音形變後加以拼貼：

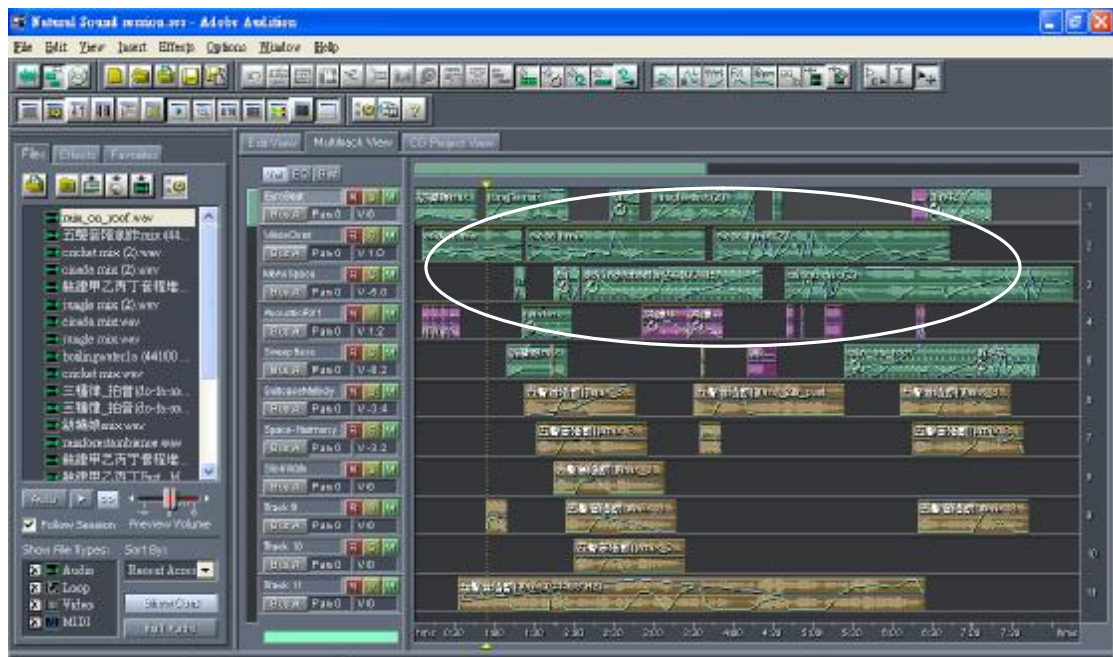


圖 3-4 聲音取樣後並形變的拼貼(取自電聲作品《悠境》)

第一節 音律的應用 CSound 軟體

CSound 軟體可製造出各種可能的音律，由於程式的寫作與編輯能將音律切割成不同的等份，因此突破了傳統的十二平均律之框架，使音樂的旋律具有無限發展的空間。筆者在《Colors of Natural》作品之中曾運用到 Csound 軟體製造出具有五聲音階的幾種音律，運用 Csound 軟體將音律劃分成純律、五度相生律(畢氏音律)以及七音平均律。

音律 (Musical Tuning System) :

純律

純律音階之中，由於各個音之間的頻率比皆為整數比，當兩個音的頻率比越呈簡單整數比值時，則代表兩音之間含有相似的諧波越多，因此在和聲的營造上特別協和，古琴上的泛音列便是純律。純律中的任意兩個音的頻率都成整數比，演奏和聲最動聽也最為和諧。

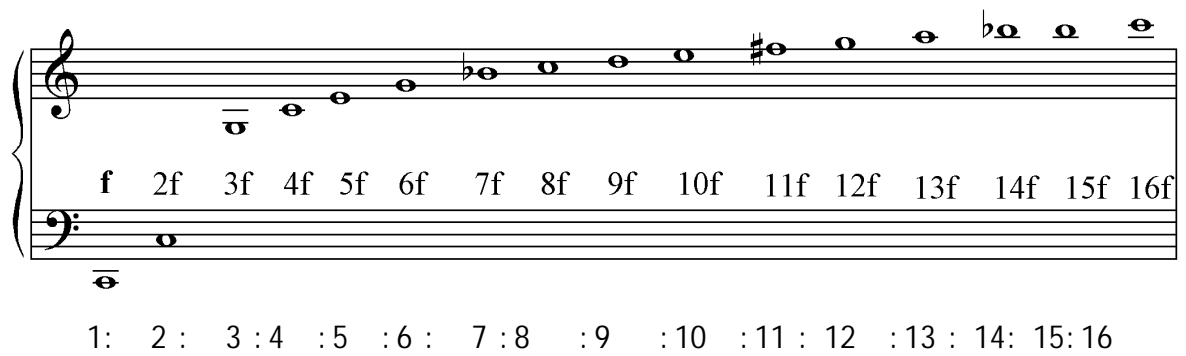


圖 3-5 為泛音列與音頻比率(f 代表 frequency)。

十二平均律

(1)

十二平均律公式 $f(N) = f_b \cdot 2^{(N/12)}$

其中 N=Note number (pitch number)

f_b =base frequency (基頻)

$$\sqrt[12]{2} = 1.05946309$$

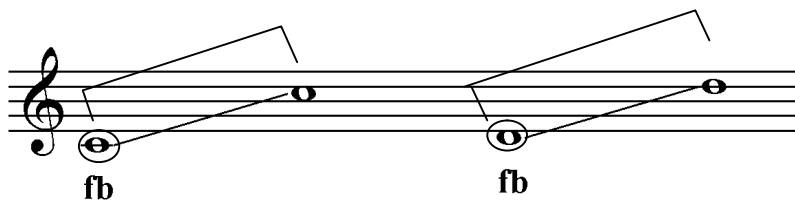
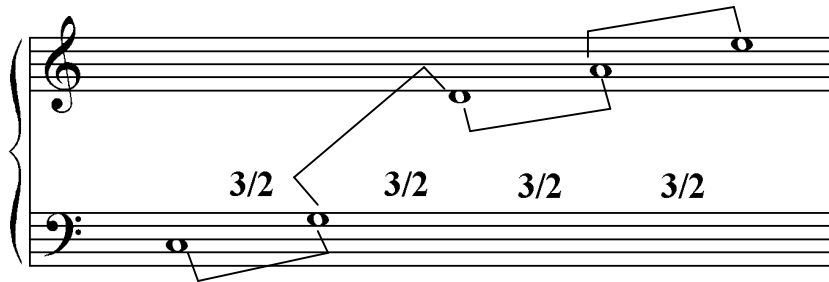


圖 3-6 八度音程之中可區分為任意等份，成為不同的音律

將八度音程分為十二個音，也稱為「八度的十二平均律」，任何相鄰兩音律之間的振動數之比完全相等，任意兩相鄰音的頻率比都是 $\sqrt[12]{2}$ ，最早由中國明代朱載堉所提出，十二平均律最大的優點是適合用來做轉調，它改良了純律與畢氏音律的不平均律，將八度音程精確地平分成為十二個音。

五度相生律(畢氏定律)

每個音相差完全五度間隔，五度之間的音頻比是 3:2 (2)



$$(3/2) \times (3/2) \times (3/2) \times (3/2) = (3/2)^4 = 81/16$$

圖 3-7 五度相生律的五度之間音頻比值為 3:2

因此 do² 高兩個八度 mi 的音頻比例為 81/16。

若要算出 do²mi 大三度之間的關係則是

$$81/16 \times (1/2)^2 = 81/64 \quad , \quad \text{乘以二分之一個平方代表降兩個八度。}$$

五度相生律中，八度較不準；十二平均律中以八度較準。每五度音之間的比皆是 2:3，最適合演奏旋律，五度相生律又稱為畢氏音律或畢氏音階，傳說為畢達哥拉斯(Pythagoras)所發明，他相信萬物皆為整數，因此連音律也應為整數比。

七音平均律

$$\text{七音平均律公式} \quad f(N) = f_b \times 2^{(N/7)} \quad (3)$$

其中 N=Note number (pitch number)

f_b =base frequency (基頻)

$$\sqrt[7]{2} = 1.1040895$$

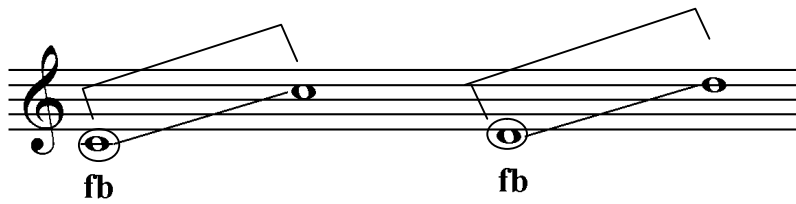


圖 3-8 八度音程平均切割成七等份，便成為七音平均律

| 七音平均律 | 音級 1 | 音級 2 | 音級 3 | 音級 4 | 音級 5 | 音級 6 | 音級 7 | 音級 8 |
|------------|---------|---------|---------|---------|---------|------|---------|---------|
| 音頻 (赫茲 Hz) | 268.183 | 296.098 | 326.919 | 360.948 | 398.518 | 440 | 485.799 | 536.366 |
| 十二平均律 | 中央 C | D | E | F | G | A | B | 高八度 C |
| 音頻 (赫茲 Hz) | 261.626 | 293.665 | 329.628 | 349.228 | 391.995 | 440 | 493.883 | 523.251 |

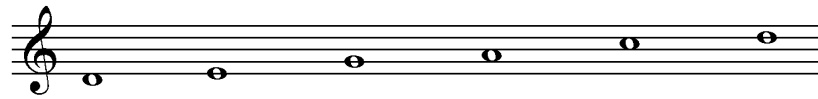
表 3-1 七音平均律與十二平均律音階之頻率對照表

筆者將一個八度音成運用 Csound 軟體劃分為七個等份之後，便成為以七音平均律為架構的五聲音階。下列圖表是以純律、五度相聲律、七音平均律所製造之五聲音階：

(1) 宮調五聲音階



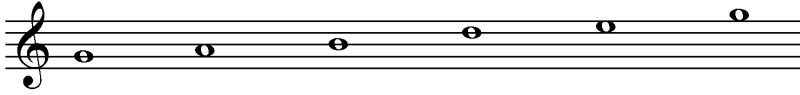
(2) 商調五聲音階



(3) 角調五聲音階



(4) 徵調五聲音階



(5) 羽調五聲音階



(6) 印尼民族音樂之音階



(7) 日本民族音樂之音階

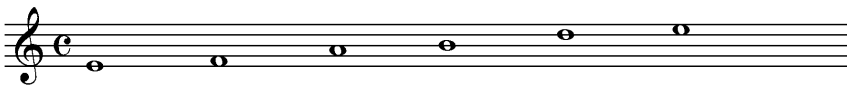


圖 3-9 五聲音階的各種調式及印尼、日本民族音樂之音階

第二節 拍頻效果 (Beat Frequency Effect)

當兩種不同音波重疊但頻率卻相近時，便會產生拍頻效果 (Beat Frequency Effect)，這使原有的聲音振幅具有輕微的變化。「拍音」在人耳聽覺上有點類似「嗡嗡」的共鳴聲，在兩種音波合成下的拍音之振幅則不再與原先的兩個聲波之振幅相同，而是自成一體。當兩種音波重疊時之頻率越接近時，所產生的拍音就越低；反之，若是兩種音波重疊時，其兩者頻率相差較大時，所產生的拍音就越高。在電聲作品《悠境》之中，筆者以三種不同音律的五聲音階相同音型堆疊後可發現拍音效果

的產生：



圖 3-10 為三種音律、相同音型的堆疊

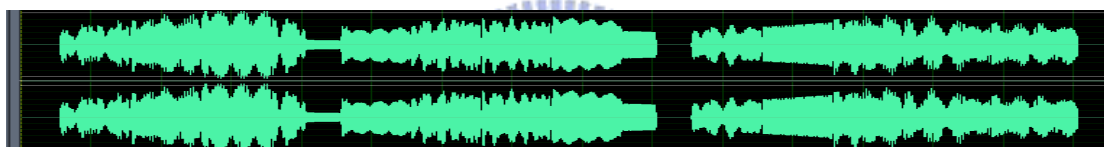


圖 3-11 三種音律堆疊下的拍音聲波圖

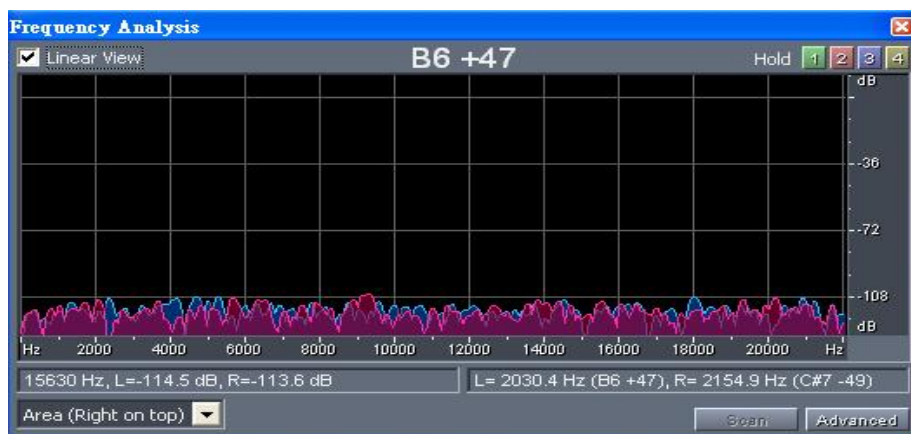


圖 3-12 為拍音的頻譜

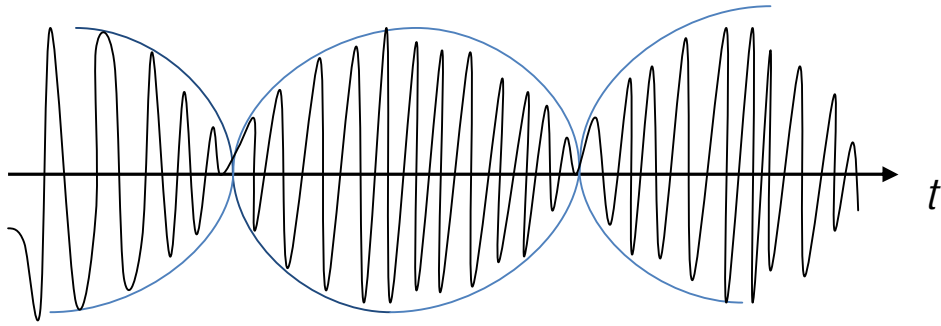


圖 3-13 為拍音頻譜圖形 (藍色曲線是拍頻 $|f_2 - f_1|$)

拍頻公式: $\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos [1/2(\alpha + \beta)] \cdot \cos [1/2(\alpha - \beta)]$

$\cos \alpha =$ 音律 1

$\cos \beta =$ 音律 2

此處 $\alpha = 2\pi f_1 t$

$\beta = 2\pi f_2 t$

$f_{\text{beat}} = |f_2 - f_1|$



第三節 支聲音樂 (Heterophony) 的應用

筆者於《西藏邊際 Tibet Frontier》作品中，以鎖吶的迴圈循環(Loop)之音型加以堆疊，造成數個聲部具有些微參差不齊的合奏效果，此種多聲部音樂其特點是當幾個聲部一起演唱、演奏同一曲調時，其中某些聲部與主要曲調時而分離出現一些變體音調，時而匯合成為齊唱、齊奏的情形，稱為「支聲音樂」、「支聲複調」或「異聲音樂」等。它們是主要曲調所分支出來的音調，具有潤飾烘托主要曲調之功能，在電聲作品《西藏邊際 Tibet Frontier》開頭之處，鎖吶迴圈循環的音型之下，筆者使分支聲部與主要曲調的節奏和骨幹音相同，但音調卻因參差不齊而造成

聲調上的某種些微變化，有如分支聲部成為主曲調的加花修飾一般。支聲音樂的特色在西洋音樂中很少見到，但在中國民間樂曲中卻經常被使用，成為獨特且具中國音樂風格的寫作技巧。

第四節 微分音聲音團的堆疊 (Microtonal -Overlapped Cluster)

微分音的聲音團可透過堆疊的方式產生出一種特殊且具氣氛的音場，例如 Penderecki 的作品《廣島哀歌》與《自然之聲》均有運用到，筆者則透過 Adobe Audition 聲音編輯軟體可製造出各種可能的微分音聲音團。在筆者的電聲音樂作品《極光 Aurora》之中，開頭所運用到的音型便是屬於微分音聲音團的堆疊：



- (1) 運用 Adobe Audition 軟體的 Make Note 功能鍵製造出任何可能的聲音團，這些聲音團可以是具有某種特殊和聲風格的聲音團，也可以是具有特殊音質的聲音團。
- (2) 運用 Adobe Audition 軟體中的 Stretch 功能鍵可造成細微的音高變化，這些音高的變化透過微調的參數，便能製造成具有微分音的聲音團。
- (3) 運用 Adobe Audition 軟體中的 Doppler Effect 功能鍵，能使聲音形變，音高產生 Glissando 效果並具有扭曲的音質，進而造成微分音音高之變化。

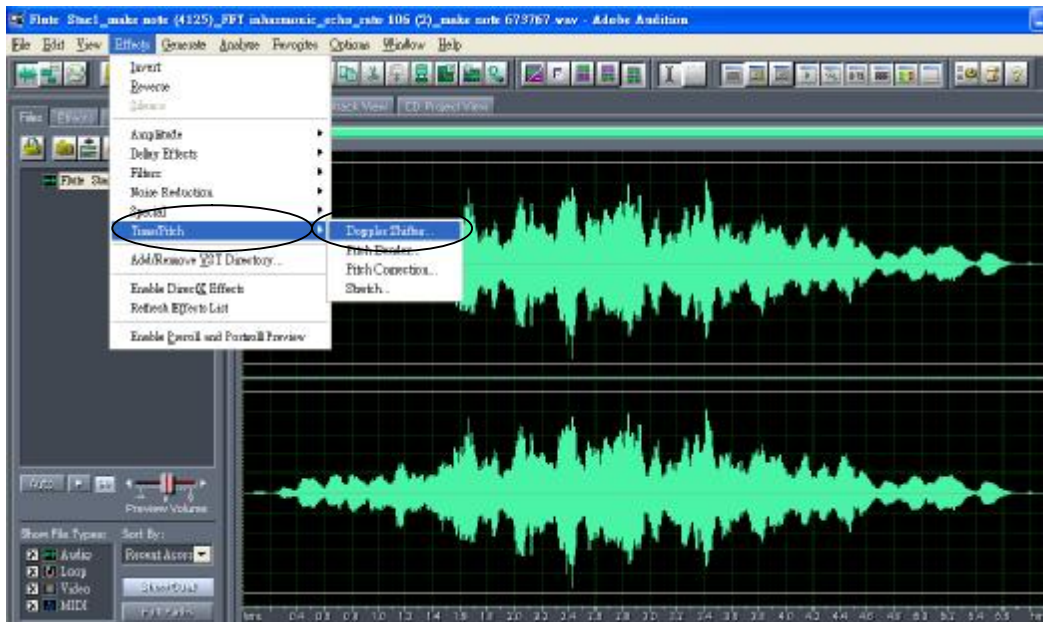


圖 3-14 Doppler Effect 的運用

- (4) 運用 FFT 快速傅立葉轉換功能鍵可以改變聲音團的音質，造成某種程度上的音色形變。
- (5) 運用 Echo 功能鍵可以使既有的聲音團具有朦朧般的迴聲效果，此種效果具有「潮濕音場」的空靈音質特性。



圖 3-15 為聲音團多軌的堆疊

第五節 聲音物件頻譜形態學分析一

皮耶·雪弗爾 (Pierre Schaeffer) 聲音素材分類法的採用

電子音樂注重的是對於聽覺上新體驗的一種挑戰，一九四〇年代後期 Pierre Schaeffer 在電子音樂新音色的探索有著突破性的發展，在此同時 Pierre Schaeffer 也著手於聲音素材的分類學¹⁴，此分類學運用頻譜的分析進而分門別類，能協助作曲者們理解各種聲響的特性並且進而組織及形構其音樂作品。

根據 Pierre Schaeffer 的聲音素材分類法可將聲響素材歸納如下：

1. 聲音頻譜 (Sound Spectrum)
2. 力度 (Dynamic)
3. 調和的音色 (Harmonic Timbre)
4. 旋律性素材 (Melodic Profile)
5. 聲音粒子 (Grain)
6. 聲音姿態 (Gait)



Pierre Schaeffer 此種的分類方法能使聽者在聽覺上有能力去辨別明確的音形輪廓以及音樂的方向性與意圖。這樣的方式可以清楚地人在人耳知覺中烙下深刻的聽覺印象與感受。此外，在電子音樂作品上也可將「脈動 (Pulse)」列為聲音素材分類的其中一項：

1. 音型的脈動 (Gesture Time)

¹⁴ 「Pierre Schaeffer 的聲音物件素材分類法的採用」參照 Thoresen , Laesse.

“ Spectromorphological analysis of sound objects: an adaptation of Pierre Schaeffer’ s typomorphology” *Organised Sound Journal* , Volume 12, Issue 02 , United Kingdom: Cambridge University Press, Aug. 2007: 129-141.

2. 環境的脈動 (Ambient Time)
3. 擺動式的脈動 (Flutter Time)
4. 漣漪式的脈動 (Ripple Time)

關於聲音頻譜的部分則是區分為:

1. 頻譜的寬度 (Spectral Width)
2. 頻譜的亮度 (Spectral Brightness)

聲音力度上的描繪則區分為:

1. 靜態性質的描繪，不具有力度形式 (No dynamic profile)
2. 微弱的動態描繪 (Weak dynamic profile)
3. 動態的描繪 (Formed dynamic profile)
4. 具衝動性質的動態描繪 (Impulse-like dynamic profile)
5. 循環性質的電動式描繪 (Cyclic dynamic profile)
6. 游移不定的電動描繪 (Vacillating dynamic profile)
7. 能量聚積的電動描繪 (Accumulation-like dynamic profile)

對於力度的分類設置還有:

1. 唐突的 (Brusque onset)
2. 尖銳的 (Sharp onset)
3. 顯著的 (Marked onset)
4. 平坦的 (Flat onset)
5. 增大的 (Swelled onset)
6. 漸進式的 (Gradual onset)
7. 無預設的 (Without onset)

以 Pierre Schaeffer 的分類方式可將樂曲尾聲的各種差異性加以分類:

1. 爆破式的結束 (Abrupt ending)
2. 尖銳的結束 (Sharp ending)
3. 特殊標記的結束 (Marked ending)
4. 平淡的結束 (Flat ending)
5. 柔軟的結束 (Soft Ending)
6. 具共振效果的結束 (Resonating ending)

根據以上種種的分類方式，能夠協助作曲者如何建構一首完整的電子音樂作品並且容易掌握聲音材料動機的設計與分析。此外，筆者在自己的電聲作品中也大略將作品中的聲音素材加以分類：

1. 背景材料
2. 前景材料
3. 長音
4. 短促音型
5. 聲音團
6. 點狀式分散音型
7. 旋律性素材
8. 非旋律性素材(例如噪聲等等)
9. 主題素材
10. 過渡素材



第四章 作品呈現與樂曲解析

在本論文的第四章處將主要探討筆者電聲作品的樂曲結構與創作之解析，試以作曲者的創作理念與建構方式綜合電腦音樂軟體的使用，呈現樂曲的組織過程與寫作時之曲想。

第一節 音色的形變— 以電聲作品《極光 Aurora》為例

在本樂曲使用的聲音素材為傳統西洋樂器— 長笛與擊樂之原始聲音素材，透過 Adobe Audition 軟體形變後之音色。樂曲開頭所運用的便是長笛採樣之後的聲響，透過傅立葉頻譜轉換後所產生新的合成電聲音色；長笛的合成音色透過 Mircotonal Overlap 的聲音團形構技術，成為樂曲中主要氣氛之營造與和聲襯托的功能。金屬類擊樂之素材在此作品也使用得相當頻繁，樂曲中加入的聲音合成特效有 Chorus、Light Echo、Reverb、Dynamic Delay、Doppler、Loop、Glide Stretch、Make Note 等，透過這些聲音的形變技術，使音色更具有空靈與閃爍的特性。

小提琴演奏的部份使用了許多滑奏與未定性 (Indeterminacy)，也就是滑奏過程中的不定音高，以表現極光所綻放之光芒快速竄起之感；撥奏則描述夜空中不斷閃爍與忽明忽暗的神秘氣氛。各種合成之電聲素材成為連續性的此起彼落、延續地不斷湧現。

Aurora

Yi-Chen Wu

0:30-0:38

Sul Ponticello between 3/4 and 4/4

Moderato (♩ = c. 108)

sul ponticello

CD Player Start

30秒

22秒

Violin

mp *mf*

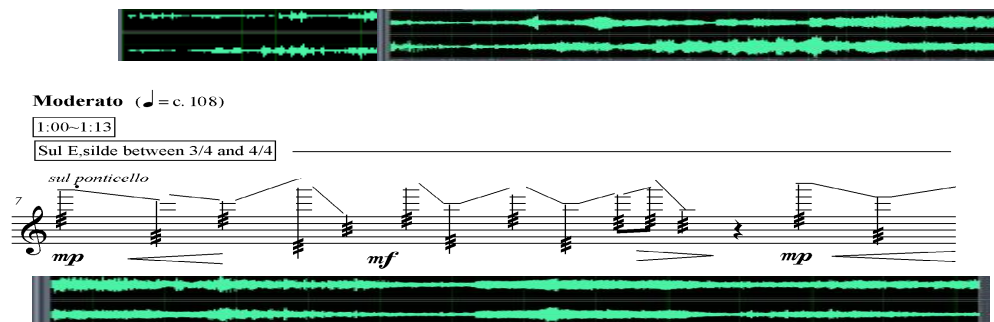


圖 4-1 電聲作品《極光》裡小提琴顫音滑奏與電聲之聲音波形之結合

尾奏部份則是如同歌謠般的由小提琴出場，小提琴的旋律象徵著天人合一、宇宙永恆的意念：

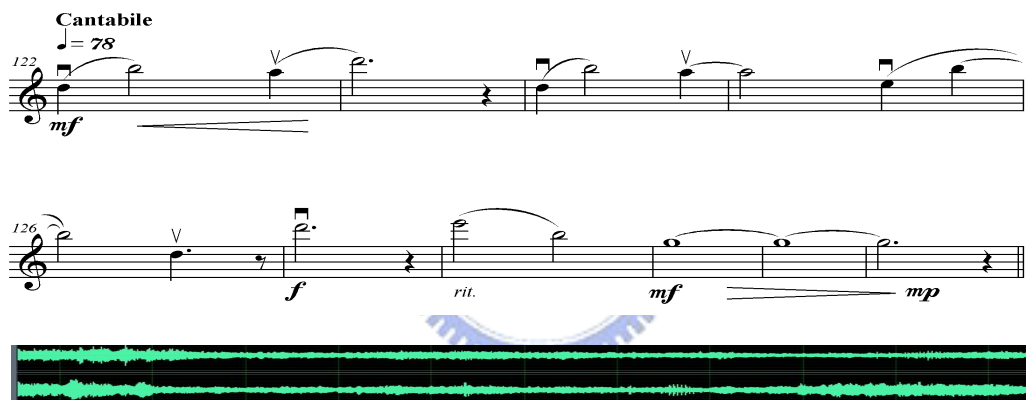


圖 4-2 電聲作品《極光》的尾奏部份

此外，音形變的過程可由以下圖例加以示範及說明：



圖 4-3 長笛吹奏斷奏的原始聲音波形

運用此原始的長笛聲音素材加以做音色形變：於 Adobe Audition 聲音編輯軟體中開啟 Effect 鍵 à Special 鍵 à Music 鍵。

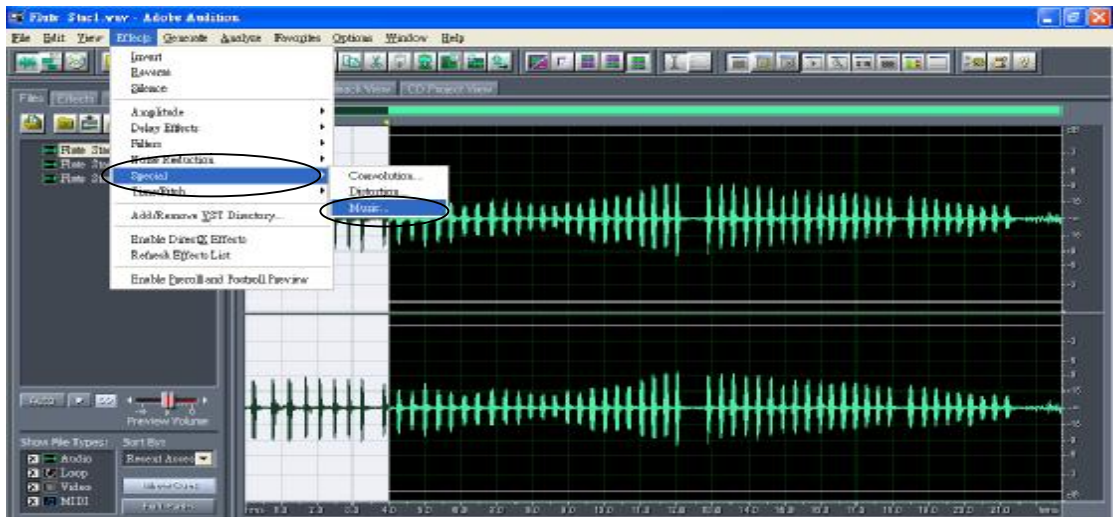


圖 4-4 Adobe Audition 軟體中，聲音團編輯之操作

按下 Music 鍵之後，會出現五線譜的圖示，此時輸入想要的音符：



圖 4-5 Adobe Audition 軟體的 Make Note 功能鍵之操作

之後按下 OK 鍵，原始的長笛聲音便成為另一種形變後的合成聲音團，但此時的音色還不算是我們最終所要的音質，因此還要加以處理。

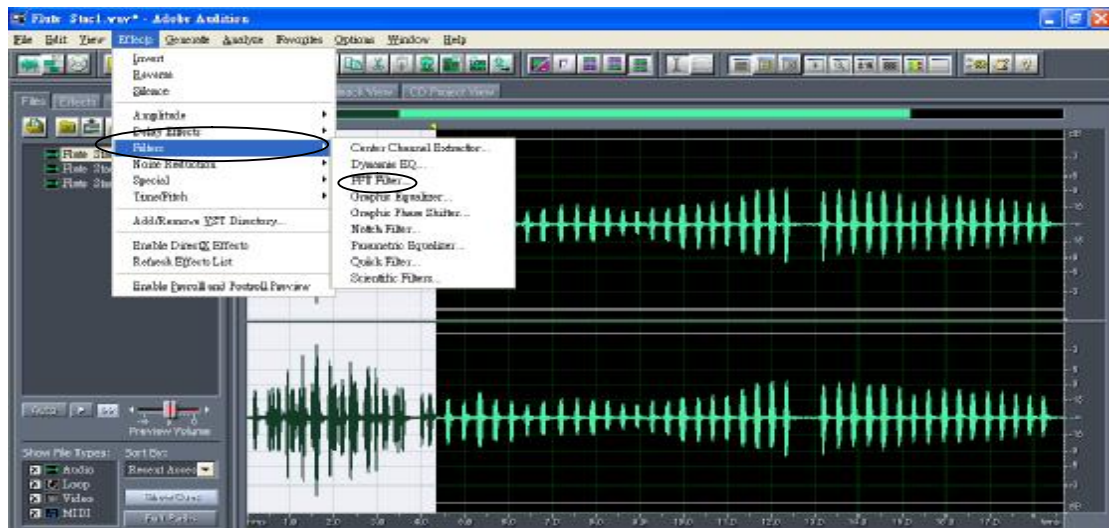


圖 4-6 Adobe Audition 軟體中的 FFT Filter (Fast Fourier Transform: 快速傅立葉轉換) 功能鍵之操作

開啟 Effect 鍵，進入 Filters → FFT Filter

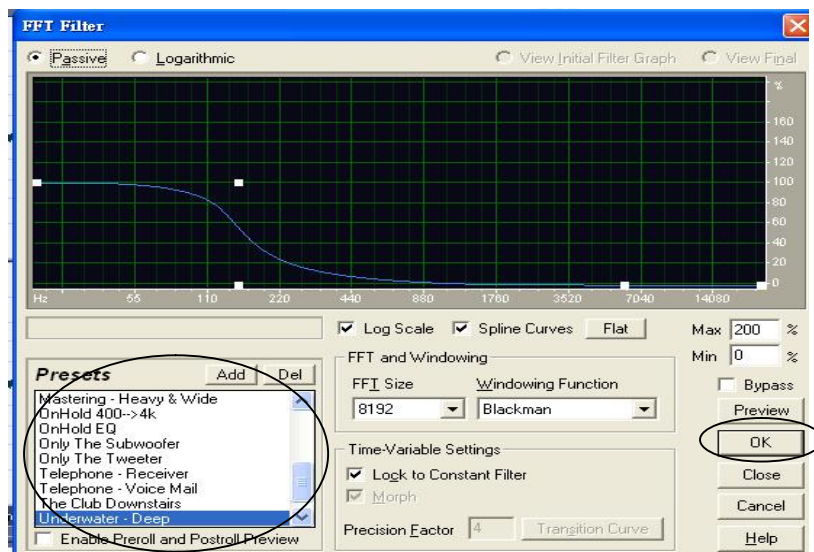


圖 4-7 選擇一個 FFT Filter 種類

此時選擇一種想要的 FFT Filter 類型，按下 OK 鍵。

長笛的聲音團素材因為透過 FFT 的轉換可讓音色更為明亮並且具有空靈的音響效果。

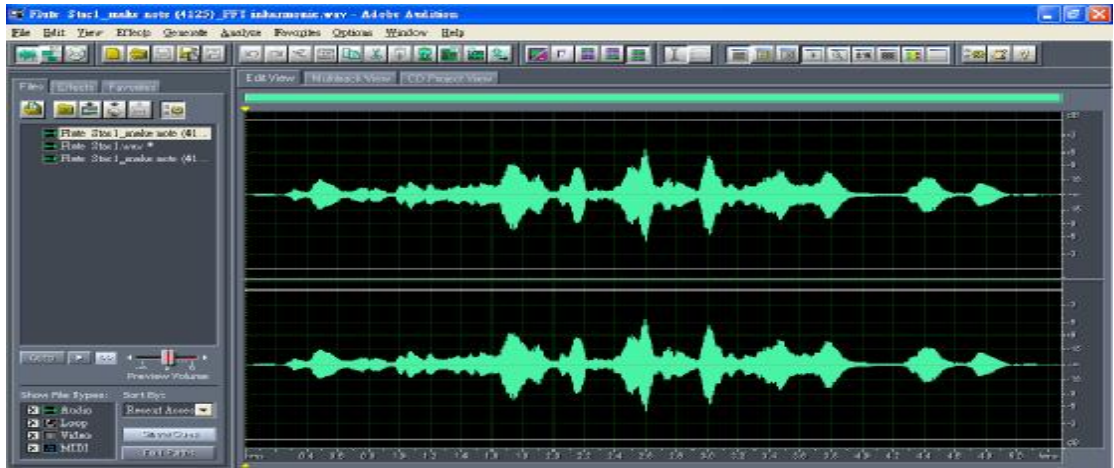


圖 4-8 為長笛音色透過 FFT 轉換後的聲音波形。

就音場而言，這時的聲音仍屬於較為乾燥的音場，若是想要使其音色更潮濕可加入 Echo effect:

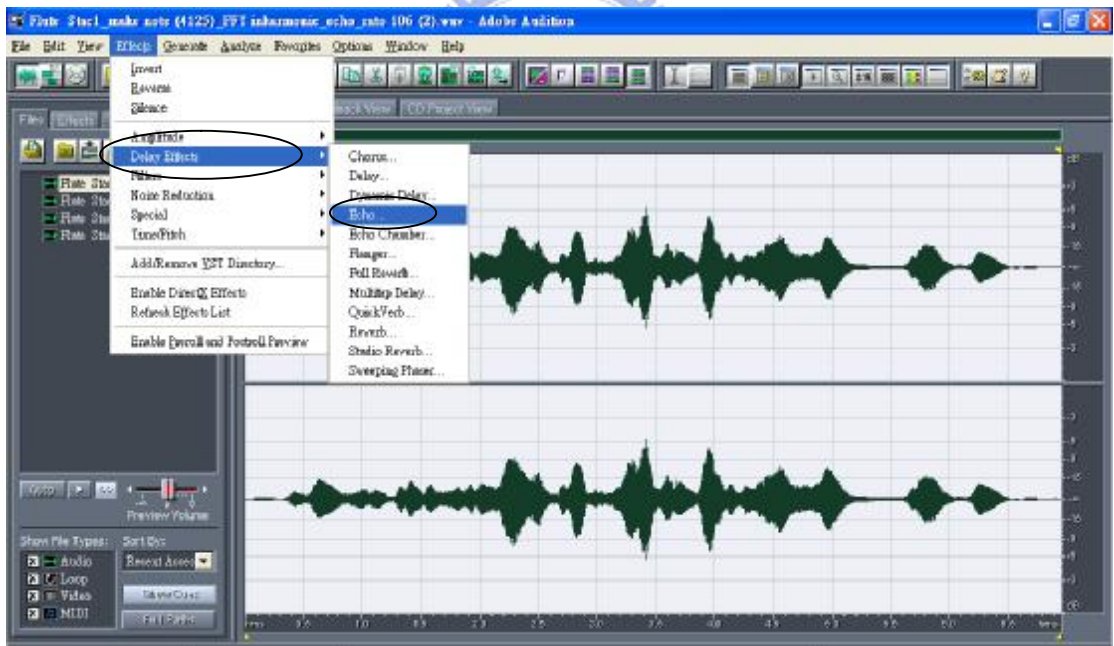


圖 4-9 音場的改變：加入 Echo Effect

此時選擇一個想要的 Echo 種類，按下 OK 鍵，便可得到想要的音場效果。

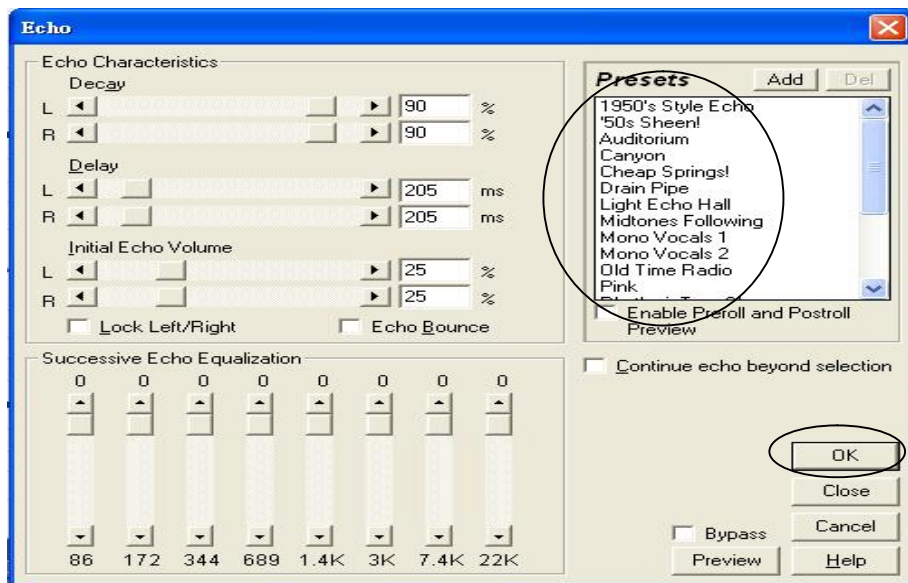


圖 4-10 選擇一種 Echo Effect

此類的聲音音質相當適合作為氣氛的營造以及背景的襯托，此類合成後的聲音團素材甚至可以堆疊出意想不到的和聲效果，並且可隨意轉換各種不同和聲與織度。

第二節 織度與張力一

以電聲作品《奇幻時鐘 Imaginary Clock》為例

傳統調性音樂慣常運用和聲之協和與不協和之間的對比性來製造音樂上的張力，筆者則在電聲作品《奇幻時鐘》之中運用織度的厚與薄的對比性來製造樂曲的張力。人們對於時間的流逝總是存在著莫名的恐慌，即使在科技如此文明的現今，仍然擺脫不了時間對於人類的束縛。作曲者試圖以超現實主義的手法體現於音樂作品之中，如同人們潛意識的矛盾以及日常生活中現實世界之外的一個無意識或潛意識的世界。如

同夢境的經驗表現的是一種現實的扭曲或矛盾，嘗試將現實與潛意識和夢境的經驗相糅合，超越現實。此作品所體現的便是一種似夢似幻的潛在意識；筆者將許多與時間相關的具象聲響作為創作之素材，例如：報時器、時鐘、鬧鈴、教堂鐘聲、報時鳥叫聲等，同時加入機器齒輪轉動所產生的噪音，試圖製造出時鐘轉動時帶給人的緊張及神經質之心理衝擊。用各種形變方式將既有的採樣聲音扭曲，並運用 AudiMulch 軟體將 Flanger Effect、SDelay Effect 等形變技巧加入，製造出各種現實之外的扭曲音色，以表現出夢境與現實般的拉扯與矛盾的張力。

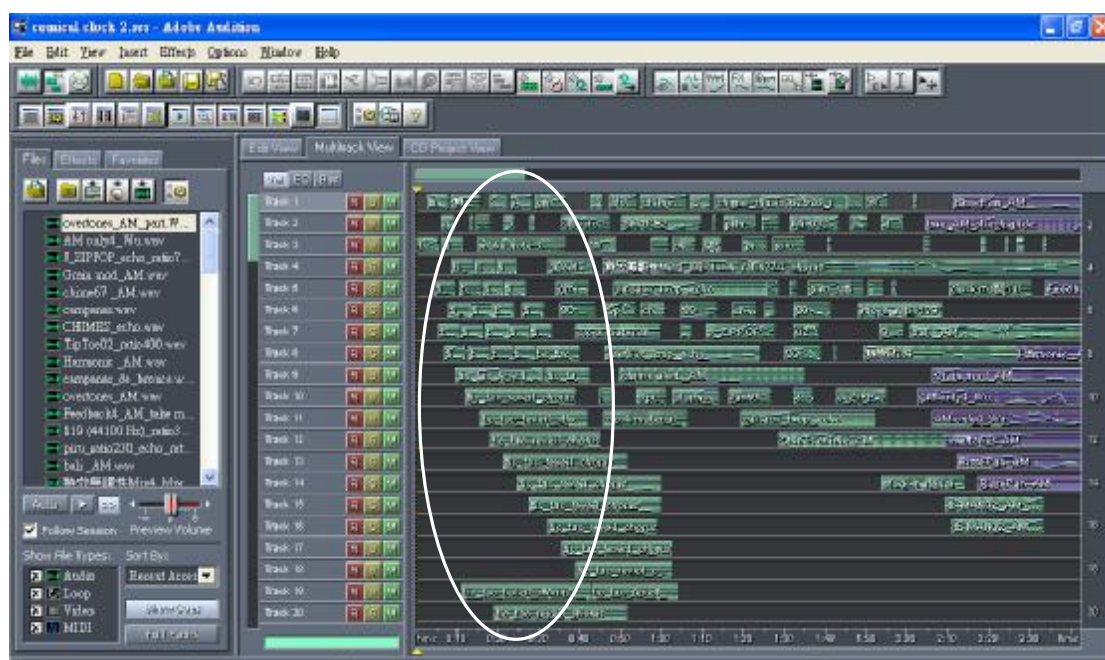


圖 4-11 音軌的開頭為時鐘秒針所產生之噪聲密集的堆疊

進入中間段後，張力逐漸鬆弛，運用 AudioMulch 軟體所產生的長音 (Drone) 製造平緩單薄的織度，與開頭的密集秒針之噪聲成對比：

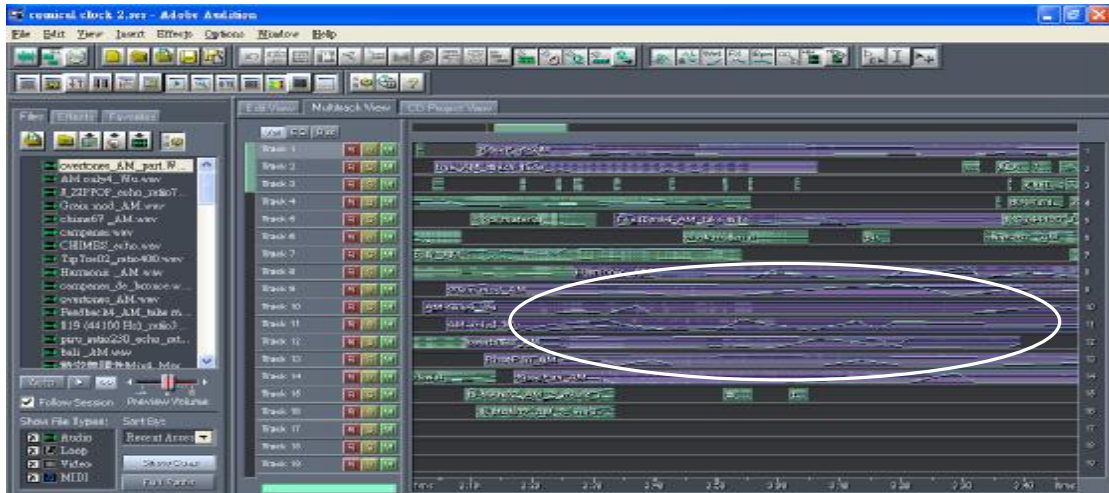


圖 4-12 中間段落織度變薄且使用長音(Drone)的部份

以下是筆者在中間段落筆者使用 AudioMulch 軟體製造出長音 (Drone) 的聲音素材：

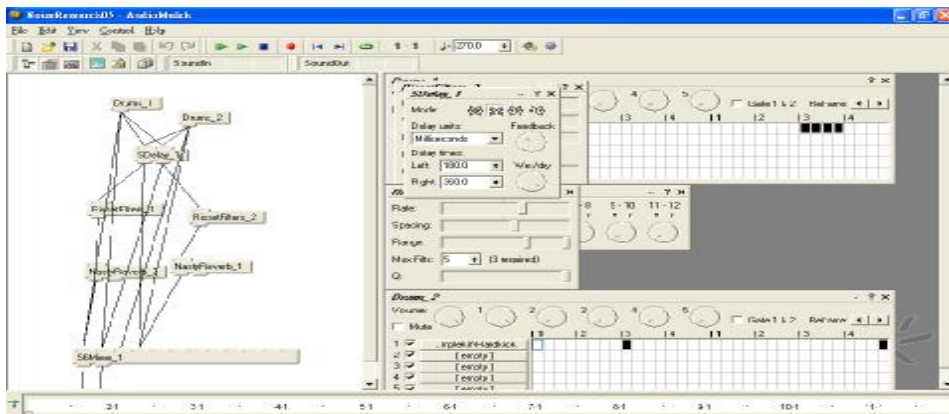


圖 4-13 AudioMulch 軟體中製作長音(Drone)聲音素材

在 AudioMulch 軟體中可在 Sound In 設定值選項導入既有的聲音素材並加以形變：

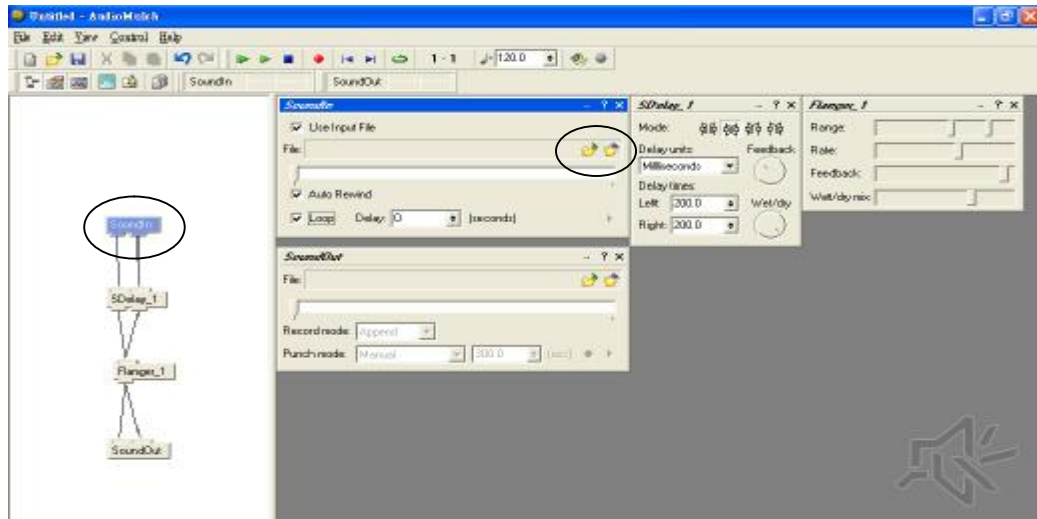


圖 4-14 AudioMulch 軟體中運用 Sound In 、Sound Out 與 Flanger 等功能鍵使聲音素材形變

第三節 象徵性的意義單元—

以電聲作品《西藏邊際 Tibet Frontier》為例



此作品使用唢呐的聲音素材製造 Chorus 及 Loop 效果，使原來單獨一隻的唢呐聲變成如同一群唢呐吹奏之渾厚感受；此外樂曲中也添加木魚及法鈴等聲音素材，以體現佛教的宗教氣息。樂曲一開始便以 Loop 的合成唢呐出場，隨之而來的是擊樂的呼應。主題開始之後作曲者運用 Reverse 的方式將既有的調性作品旋律片段化後倒轉，造成一種不斷地推進與漸強的聽覺張力，同時又隱約可聽到旋律性的主題逐漸地開展出來，並且再次地進入另一新的意境之中。此作品運用許多 Dynamic EQ 的聲音合成濾波技術，急促的「咻」～「咻」～的滑動音高與氣音，配合主旋律的進行，製造了另一種新的複合音色。此外樂曲中運用了許多國樂樂器的聲音素材透過 AudioMulch 與 Adobe Audition 加以形變，以試圖展現中國傳統的文化特性與人文精神。

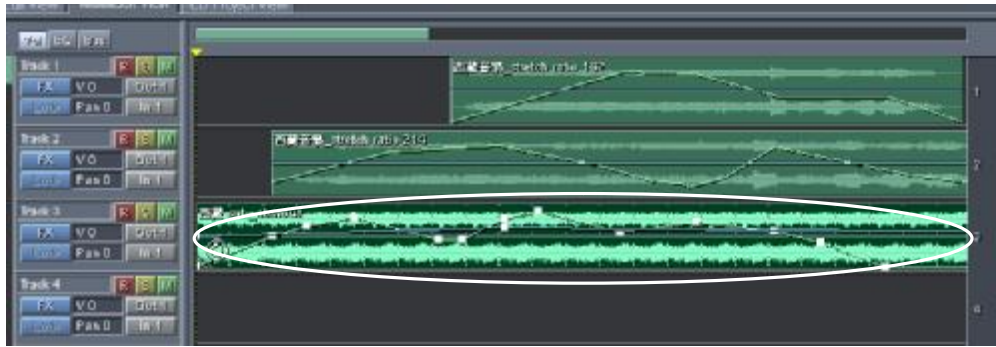


圖 4-15 為唢呐聲取樣後的 Loop 堆疊，形構成支聲音樂。

筆者運用木魚和法鈴等佛教所使用的法器聲音取樣，加入作品之中，以聲音象徵佛教之宗教精神：

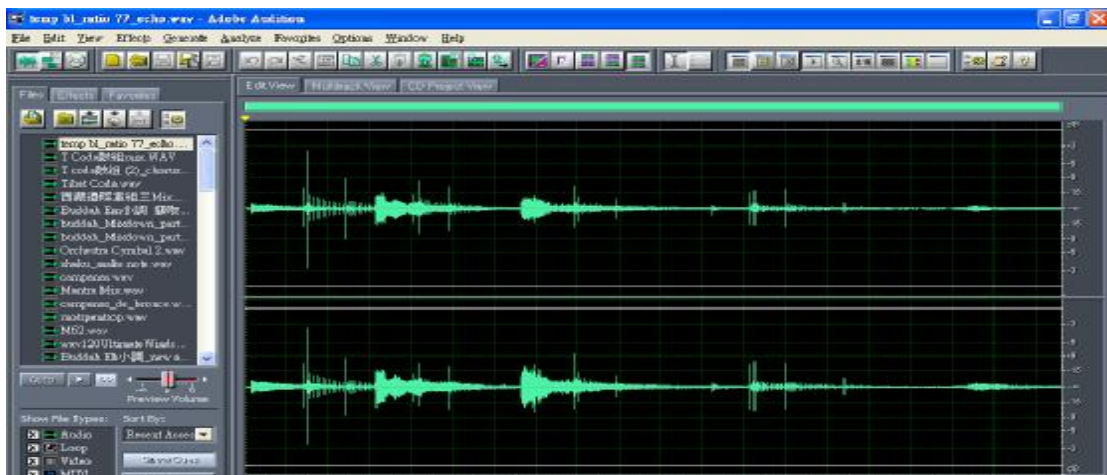


圖 4-16 為木魚聲音取樣後形變的聲波圖

此外運用 Reverse 功能鍵與 Dynamic Eq 特效將原有的旋律性題材再次形變，造成聽覺上的特殊張力並且產生新的複合音色：

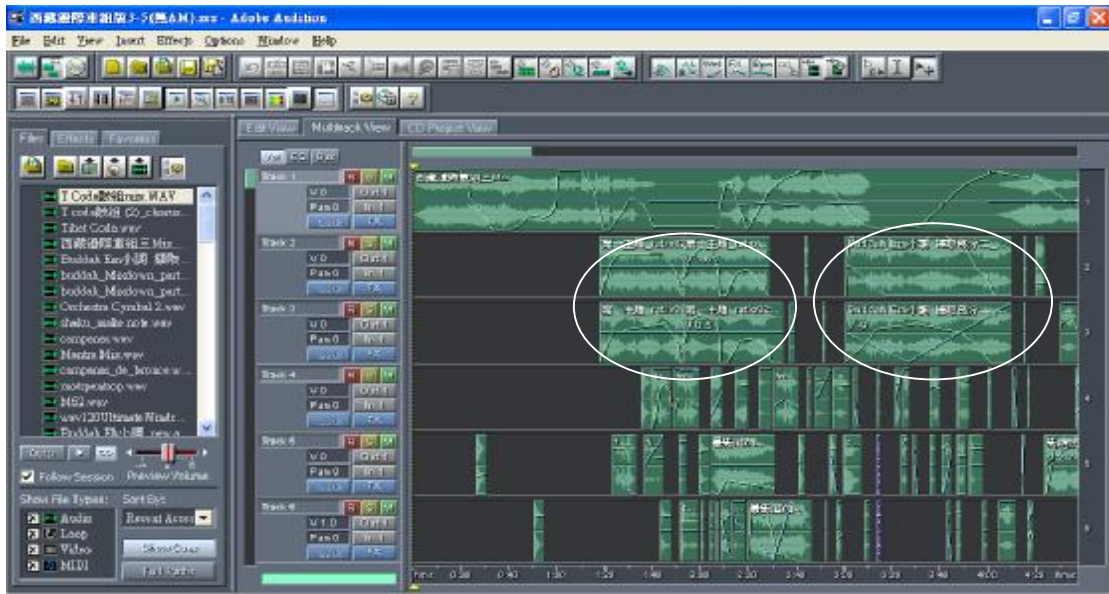


圖 4-17 使用 Dynamic Eq 與 Reverse 效果後的聲音合成音軌

旋律素材的形變除了上述所運用到的技術之外，轉調功能鍵的運用能使動機上的發展更具進一步的空間：

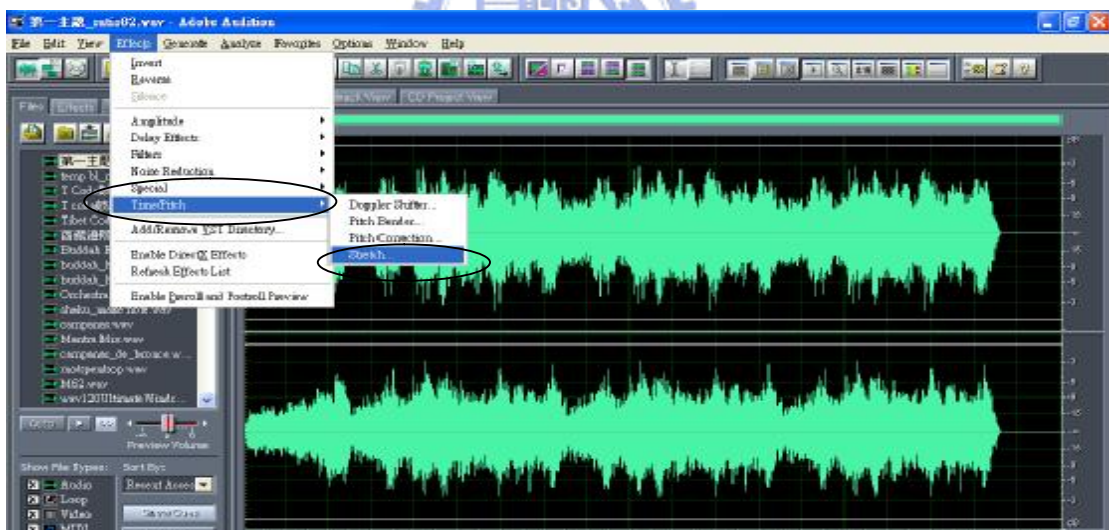


圖 4-18 運用轉調功能鍵使旋律素材具動機之發展

Effects → Time/Pitch → Stretch → Pitch shift → Transpose 升/降：

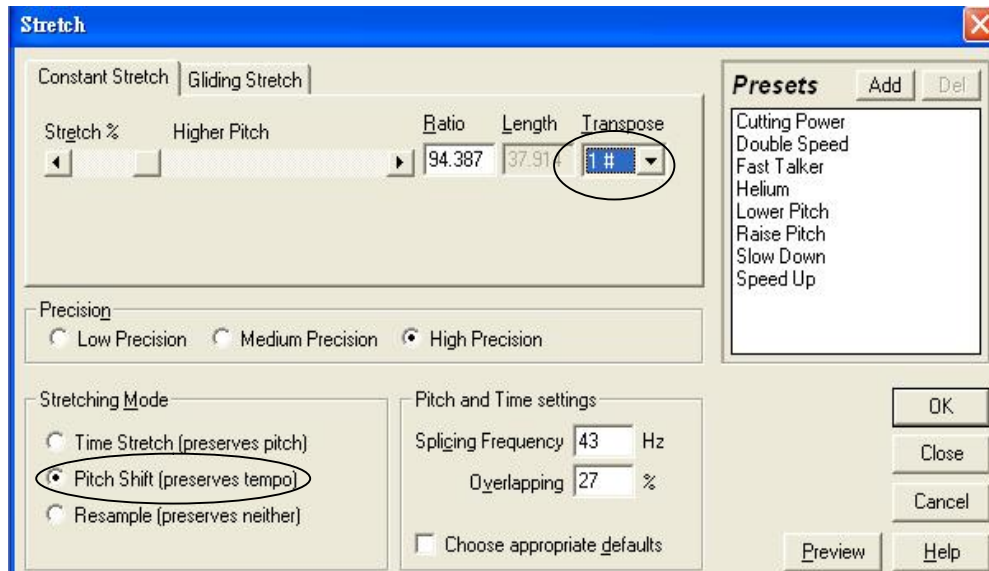


圖 4-19 Adobe Audition 軟體中轉調功能的操作

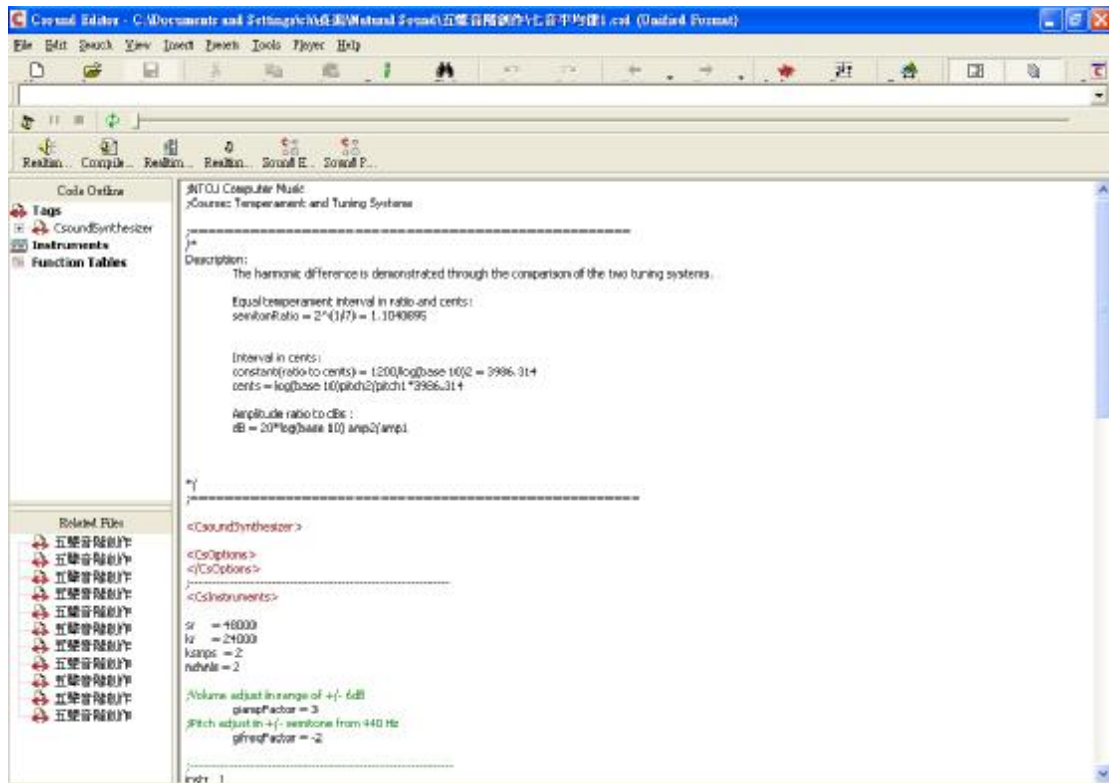
第四節 意境之營造— 以《Colors of Natural》為例

具象音樂 Concrete Music 與 CSound 軟體之整合應用

具象音樂 Concrete Music 擅長以週遭環境的聲響做為樂曲創作之素材，透過拼貼、快轉、倒帶、環狀反覆等技巧將原始聲音素材加以形變，進而構成一連串獨特的音色。作曲者運用大自然蟲鳴鳥叫等的聲音素材拼貼組織成一連串大自然「環境音樂」，同時運用 CSound 軟體製作出三種不同的音律：「五度相生律」、「純律」以及「七音平均律」彼此間不同音律對比之效果。作曲者運用此三種音律譜出五聲音階的旋律，使不同音律互相堆疊，產生「拍音」之絢麗效果與感受。在大自然的環境音樂創作與氛圍中，引領著中國五聲音階旋律之並列與並置，讓聽者彷彿置身於喧囂的城市之外，使象徵人文的五聲音階調式音樂和象徵自然的環境音樂共構交織為一個對比卻共生的特殊景象。樂曲運用不同音律的五聲音階之主要動機的轉調、倒帶、堆疊，彼此相互產生協和與不

協和音程的對比，織度厚與薄的對應、時而繁複時而簡單的層次感，與大自然的聲響相互交織著。

此作品將探討如何運用 Csound 軟體製做三種音律的五聲音階，並且將論述如何使用 Adobe Audition 軟體將動機加以變奏與發展：



- (1)運用電腦程式寫作將三種音律的五聲音階計算成公式，透過 Compile 產生 Wave 聲音檔。
- (2)透過 Csound 軟體產生各種音律與調性的五聲音階之後，將 wave 檔放入 Adobe Audition 做音型的發展變奏。
- (3)Adobe Audition 軟體上運用 Reverse 功能鍵與 Stretch 功能鍵可將音型動機逆行並且轉調與更改速度，甚至運用 Glide Stretch 功能鍵可製造出漸強與漸慢的效果：

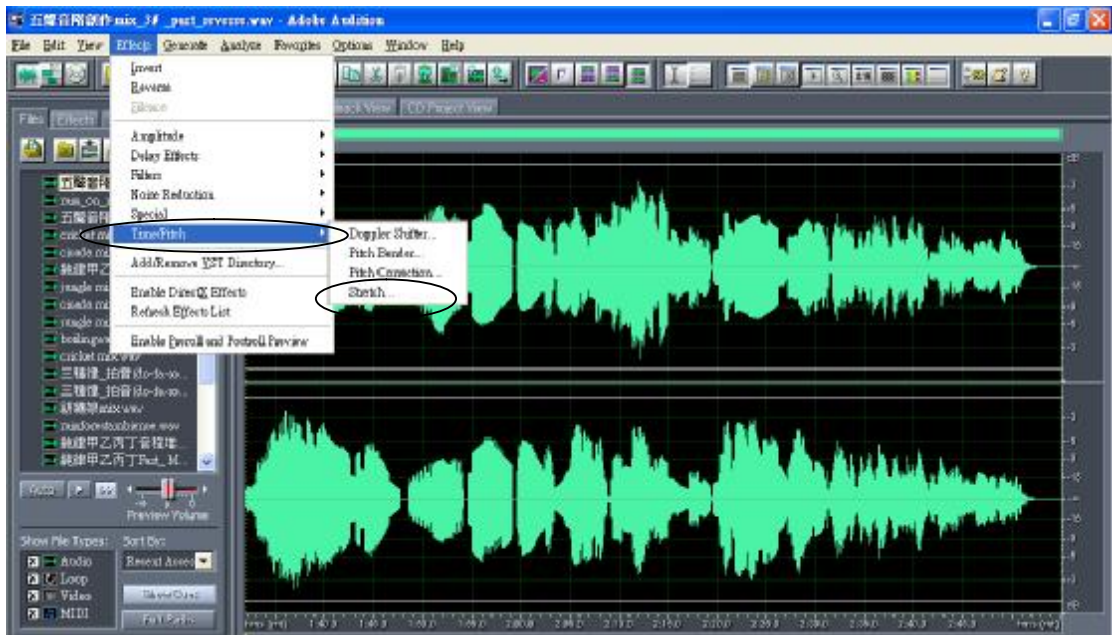


圖 4-21 運用 Glide Stretch 功能鍵做出漸快與漸慢之效果

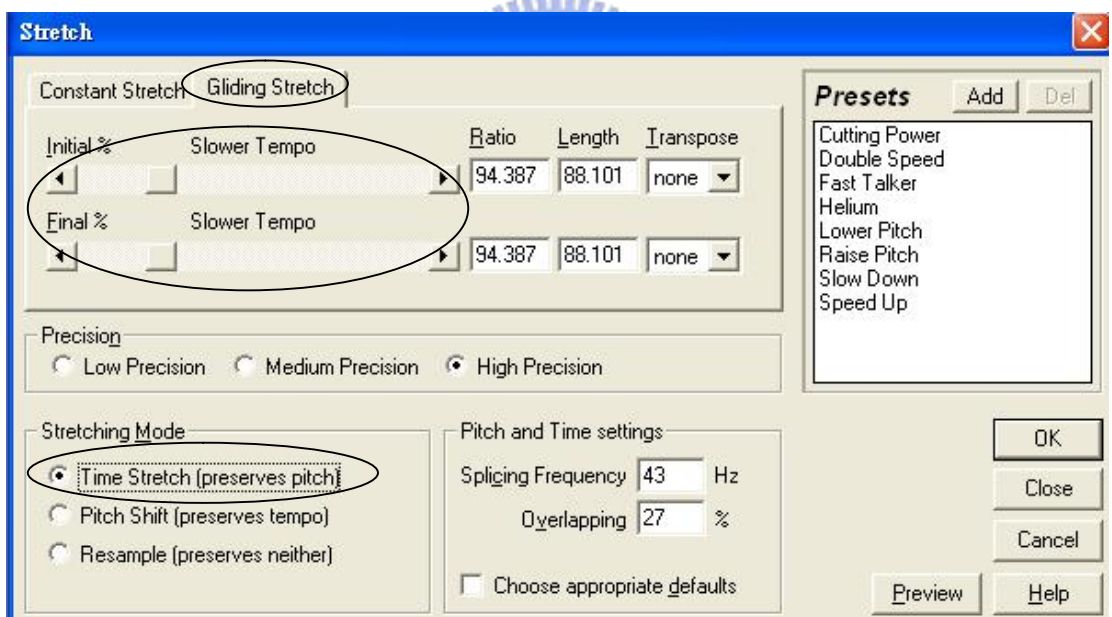


圖 4-22 在 Stretch 功能下調整速度

(4) 將形變後的五聲音階動機於多聲道堆疊，便組織成具有動機與發展的一首作品。

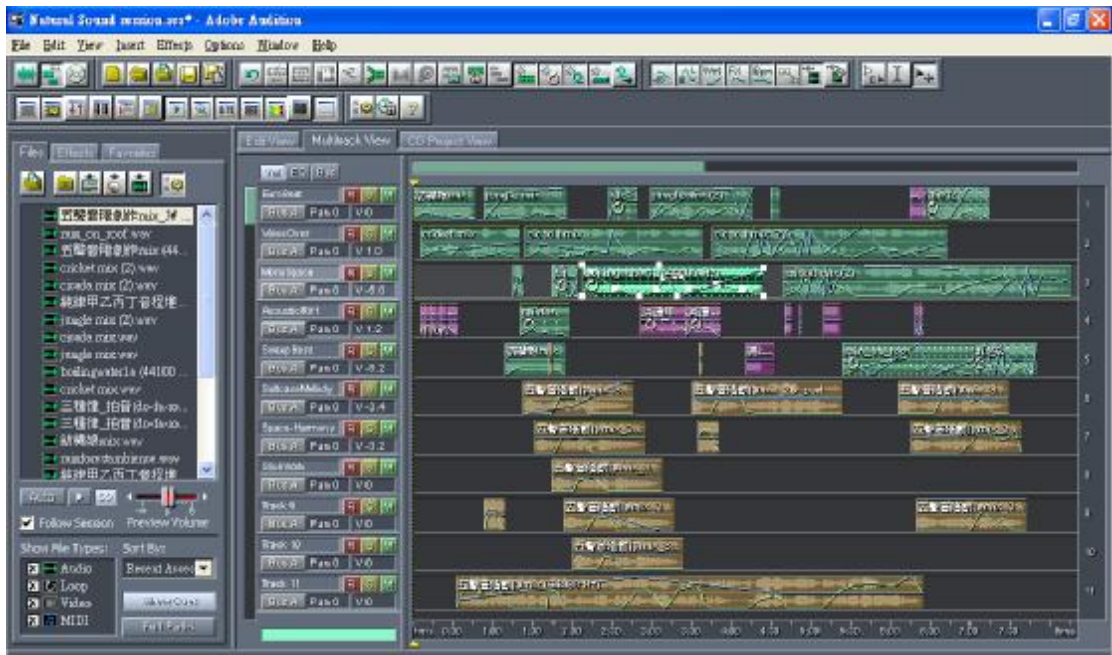


圖 4-23 五聲音階動機形變發展之後在多聲道堆疊



第五章 結論

透過電聲作品的創作技法之解析與作曲理念及美學觀之論述，可以促使我們對於「新音色」與「新樂器」的再度探索與研究。聲音的製作過程與樂念組織創作觀點的切入，讓作曲者不僅僅只是製造聲音或奇特的音色效果，甚至還能將音樂聲響素材建構成一連串具有完整音樂意義與音樂脈絡的電聲作品。在傳統古典音樂的創作中，作曲家慣常使用旋律與和聲的變化在音樂脈絡之中發展，進而組織成完整的音樂作品；然而在電聲作品的創作之中，運用到的聲音素材已不再受限於旋律及和聲，甚至噪聲的素材都是電聲作品中易於形變並且容易使用的良好聲音來源。

在電聲作品的綜合分析與論述之下，能夠讓我們發覺無論是具象音樂的磁帶拼貼堆疊，或是電腦軟體運算下發聲程式的直接合成，都可納入電子音樂創作之技巧和媒介。聲音的來源相當具有多元性以及可開發性，如此寬廣的創作空間突破了過去傳統樂器的聲音限制。音色的調變已然操控於作曲家之手，而非樂器製造者或演奏者，因此，作曲者再也不需受到樂器音色的侷限，相反地，作曲者在創作樂曲的同時，也不經意地製造了「新的樂器」。而電聲音樂創作除了對於一般創作的觀念與技巧有所要求之外，對於電腦與數理方面的背景也要深入探討，這是筆者創作與研究過程中遭遇到最困難之處，卻也是收穫最大的地方，希望未來可以在此方面有機會繼續做這部分延伸的探討與研究。

參考文獻:

Schafer, Murray. *The Soundscape:- Our sonic environment and the tuning of the world*, Vermont: Destiny Books Press, 1997.

Thoresen , Laesse. “ Spectromorphological analysis of sound objects: an adaptation of Pierre Schaeffer’s typomorphology” *Organised Sound Journal, Volume 12, Issue 02* , United Kingdom: Cambridge University Press, Aug. 2007: 129-141.

Cope, David. *Techniques of the Contemporary Composer*, New York: Schirmer Books Press, 1997.

Schoenberg, Arnold. *The Musical Idea-and the logic, technique ,and art of its presentation*, New York: Columbia University Press, 1995.

Huang, Chih-Fang. "The Sound Synthesis and the Establishment of Computer Music Environment", *The International Journal of Arts Education, Volume 4 Issue 1: Digital Art Education*, Taipei, Taiwan, July, 2006: 126-142.

Huang, Chih-Fang. "Entering the World of Digital Music Composition", *Journal of Aesthetic Education, No.163*, Taipei, Taiwan, May, 2008: 19-29.

Boulanger, Richard. *The CSound book : perspectives in software synthesis, sound design, signal processing, and programming* , Cambridge, Mass: MIT Press, 2000.

Cage, John. *Music, philosophy, and intention*, New York : Routledge Press, 2002.

James, Pritchett. *The music of John Cage*, Cambridge: Cambridge University Press, 1993.

Winsor, Phil, and DeLisa, Gene. *Computer music in C*, USA:
Windcrest Books Press,1991.

Lejaren Arthur,Hiller, and Isaacson, Leonard M. *Experimental
music : composition with an electronic computer*,Westport
CT, USA: Greenwood Publishing Group Inc. Press, 1979.

Robert L. Sol so 著、吳玲玲譯，《認知心理學》，台北：華泰出版社，
1998。

Richard E. Palmer 著、嚴平譯，《詮釋學》，台北：桂冠圖書出版，
1992。

黃忱宇著，《電子音樂與計算機音樂基礎理論》，北京：華文出版社，2005。



附錄一 《極光 Aurora》樂譜

Aurora

Yi-Chen Wu

0:30~0:38

Sul E,silde between 3/4 and 4/4

CD Player Start

30秒

22秒

Violin

Moderato (♩ = c. 108)

sul ponticello

mp *mf*



Moderato (♩ = c. 108)

1:00~1:13

Sul E,silde between 3/4 and 4/4

sul ponticello

7

mp *mf* *mp*



Sul E,silde between 3/4 and 4/4

1:22~1:50

Moderato (♩ = c. 108)

sul ponticello

12

9秒

mp *mp* *mf*



18

mp *mf*



2

Aurora

24 *mf*



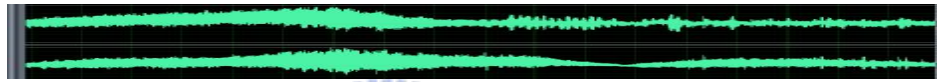
1:52~2:10

Sul E,silde between 3/4 and 4/4

Moderato (♩ = c. 108)

sul ponticello

30 *f* 2秒 *mp* *mf*



36 *mf*



42 *mf* *f*

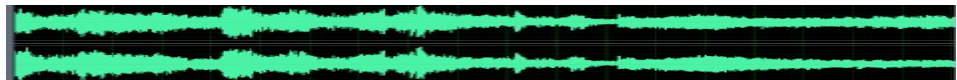
2:11~2:21

Moderato (♩ = c. 108)

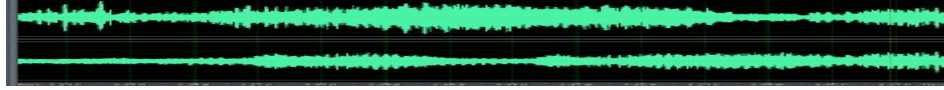
Sul A,silde between 1/4 and 1/3

pizz.

48 *f*



53 15秒



Sul A., silde between 1/4 and 1/3

2:36-2:48

arco

58 *sul ponticello*

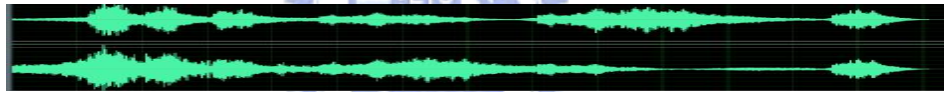
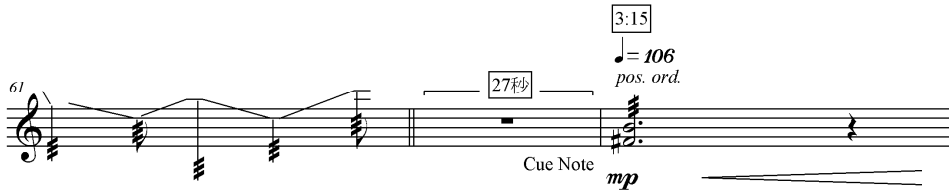


61 3:15

$\text{♩} = 106$
pos. ord.

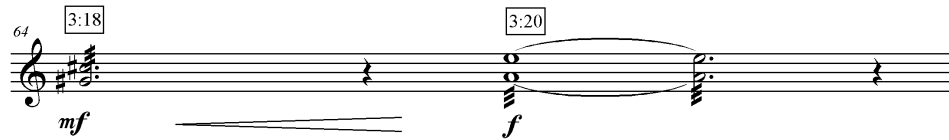
27秒

Cue Note *mp*



64 3:18

mf 3:20 *f*

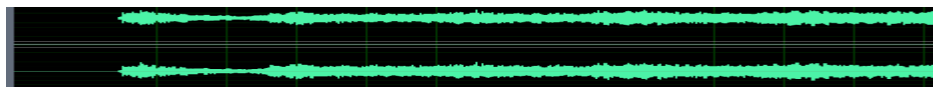


67 3:24

f



69



71 3:34



73



CD Player Stop

Cadenza
Tempo rubato

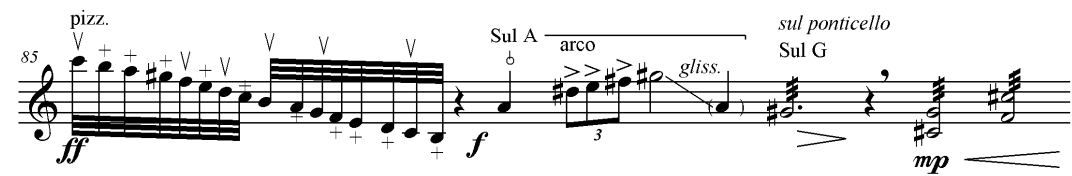
76



81



85



pos. ord.

89 *mf* *f*

93 *mf* *f* *ff*

97 *mp* *mf* *f*

103 *mp* *mf*

106 *mf* *f* *mp*

108 *mf* *f* *mf*

CD Player Start

0.46~1:48

Moderato (♩ = c. 108)

46秒

p *mp*



113

116

119



Cantabile

♩ = 78

122

mf

126

f *rit.* *mf* *mp*



I:54-2:05

Sul E,silde between 3/4 and 4/4

Moderato (♩ = c. 108)

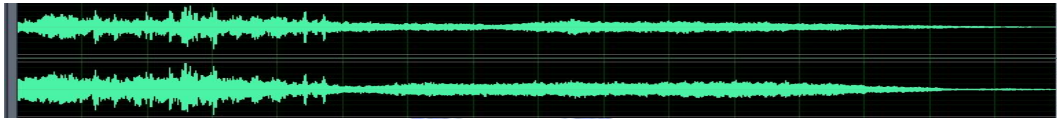
sul ponticello

132 6秒

mp *p* *mp*

138

pp *ppp*



附錄二 《西藏邊際 Tibet Frontier》 譜例

Tibet Frontier

Section 1

♩ = 86

Yi Chen Wu

0:10~0:24

Marimba

Bongo Drums

Tom Toms

Wood Blocks



Section 2

♩ = 86

1:05~1:20

Mrb.

Bgo. Dr.

T.T.

W. Bl.



Section 2-1

1:54~2:12

$\text{♩} = 86$

Mrb.

Bgo. Dr.

T.T.

W. Bl.

Musical score for Section 2-1, measures 8-12. The score includes parts for Mrb. (Maracas), Bgo. Dr. (Bongos/Drums), T.T. (Tambourine), and W. Bl. (Wood Block). The Bgo. Dr. part features a rhythmic pattern with dynamics *mp*, *mf*, *f*, *mf*, *mp*, and *mf*. The W. Bl. part features a rhythmic pattern with dynamics *mf*, *mp*, and *mf*. A green waveform visualization is shown below the score.

Section 2-2

2:20~2:37

$\text{♩} = 86$

Mrb.

Bgo. Dr.

T.T.

W. Bl.

Musical score for Section 2-2, measures 14-18. The score includes parts for Mrb. (Maracas), Bgo. Dr. (Bongos/Drums), T.T. (Tambourine), and W. Bl. (Wood Block). The Bgo. Dr. part features a rhythmic pattern with dynamics *mp*, *mf*, *f*, *mf*, *mp*, and *mf*. The W. Bl. part features a rhythmic pattern with dynamics *mf*, *mp*, and *mf*. A green waveform visualization is shown below the score.

Section 2-3

21 6秒 2:43~3:02 ♩ = 86

Mrb.

Bgo. Dr. *mp* *mf* *f* *mf* *mp* *mf*

T.T.

W. Bl. *mf* *mp* *mf*



Section 2-4

28 8秒 3:10~3:27 ♩ = 86

Mrb.

Bgo. Dr. *mp* *mf* *f* *mf* *mp* *mf*

T.T.

W. Bl. *mf* *mp* *mf*



Section 3

♩ = 86

4.05~5.05

Mrb.

Bgo. Dr.

T.T.

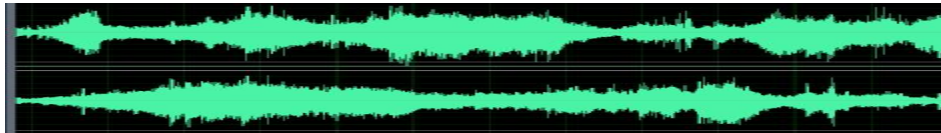
W. Bl.

Mrb.

Bgo. Dr.

T.T.

W. Bl.



42

Mrb.

Bgo. Dr.

T.T.

W. Bl.

42

42

42

42

48

Mrb.

Bgo. Dr.

T.T.

W. Bl.

48

48

48

48



5:44-6:52

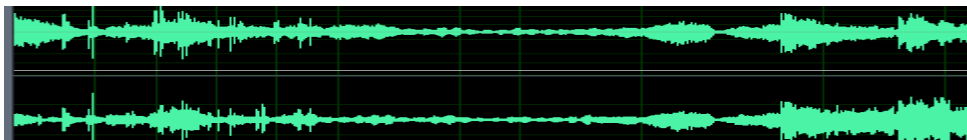
Yi-Chen Wu

Cadenza

$\text{♩} = 135$

Marimba

mf ————— *f*

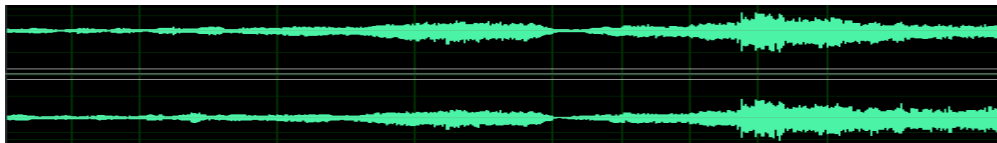


10 *ff* *f* *mp* *f*

12 *f* *mf* *mp*

15 *mf* *mp* *f*

18 *f* *mp* *ff* *mp* *ff*



21

ff f

Musical score for measures 21-23. The right hand features a series of chords with accents, starting with a half rest. The left hand has a rhythmic pattern of eighth notes. Dynamics include *ff* and *f*.

24

mp *mf* *f* *ff*

mf

Musical score for measures 24-27. The right hand continues with accented chords. The left hand has a rhythmic pattern. Dynamics include *mp*, *mf*, *f*, *ff*, and *mf*.

28

p *ff* *f*

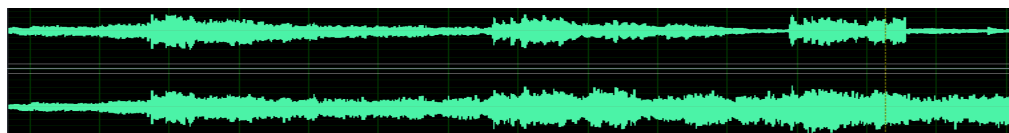
Musical score for measures 28-31. The right hand features accented chords. The left hand has a rhythmic pattern. Dynamics include *p*, *ff*, and *f*.

32

ff *p*

p *f*

Musical score for measures 32-35. The right hand features accented chords and a melodic line. The left hand has a rhythmic pattern. Dynamics include *ff*, *p*, *p*, and *f*.



35

Musical score for piano, measures 35-40. The score is written for two staves: the upper staff in treble clef and the lower staff in bass clef. Measure 35 begins with a treble clef, a key signature of one sharp (F#), and a dynamic marking of *f*. The melody in the treble staff starts with a quarter rest, followed by a quarter note G4, a quarter note A4, and a quarter note B4. The bass staff has a quarter rest. Measure 36 features a treble clef, a key signature of one flat (Bb), and a dynamic marking of *f*. The melody in the treble staff consists of a quarter note Bb4, a quarter note C5, and a quarter note D5. The bass staff has a quarter rest. Measure 37 features a treble clef, a key signature of one flat (Bb), and a dynamic marking of *f*. The melody in the treble staff consists of a quarter note D5, a quarter note E5, and a quarter note F5. The bass staff has a quarter rest. Measure 38 features a treble clef, a key signature of one flat (Bb), and a dynamic marking of *f*. The melody in the treble staff consists of a quarter note F5, a quarter note G5, and a quarter note A5. The bass staff has a quarter rest. Measure 39 features a treble clef, a key signature of one flat (Bb), and a dynamic marking of *f*. The melody in the treble staff consists of a quarter note A5, a quarter note B5, and a quarter note C6. The bass staff has a quarter rest. Measure 40 features a treble clef, a key signature of one flat (Bb), and a dynamic marking of *f*. The melody in the treble staff consists of a quarter note C6, a quarter note B5, and a quarter note A5. The bass staff has a quarter rest. Vertical lines with a 'V' above them are placed below the treble staff in measures 36, 37, 38, 39, and 40, indicating vibrato.



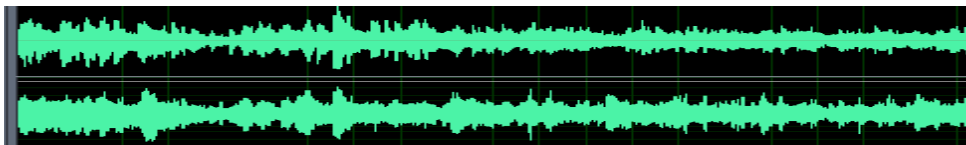
Tibet Coda

Yi-Chen Wu

$\text{♩} = 145$

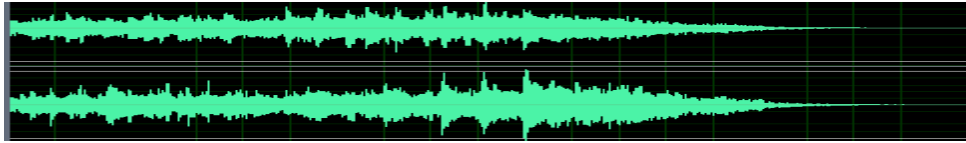
7:26~8:10

Marimba

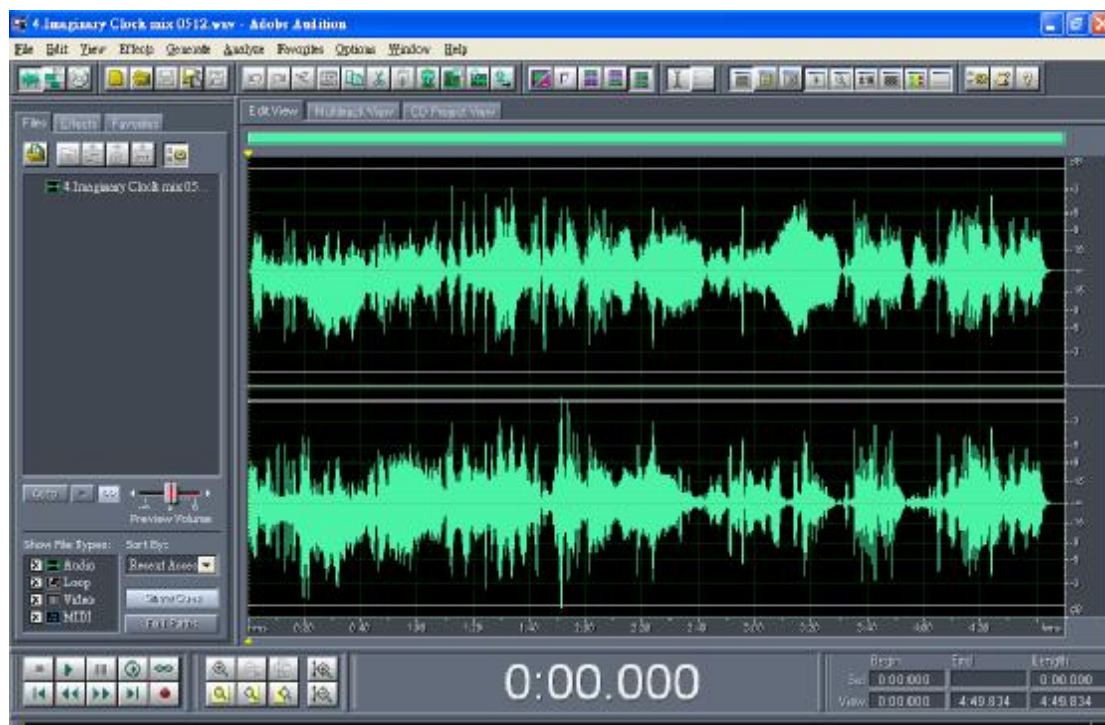


2/ [Title]

The image shows a musical score for piano. It consists of two staves: a treble clef staff and a bass clef staff. The treble staff contains a series of chords, each with an accent (>) above it. The first two measures are marked with a forte dynamic (*ff*), and the third measure is marked with a fortissimo dynamic (*fff*). The bass staff is mostly empty, with a few notes in the third measure. The score is titled "[Title]" and has a 2/ time signature.



附錄三： 圖例 《奇幻時鐘 Imaginary Clock》



附錄四： 圖例 《悠境 Colors of Natural》



附錄五：圖例《詩中之景 The Landscape in the Poem》



附錄六：《詩中之景》所產生的碎形圖檔(取自 Chaos Pro 軟體)



附錄七： Csound 軟體程式碼

(七音平均律的五聲音階程式參數範例)

```
;NTCU Computer Music
```

```
;Course: Temperament and Tuning Systems
```

```
;=====
```

Description:

The harmonic difference is demonstrated through the comparison of the two tuning systems.

Equal temperament interval in ratio and cents:

$\text{semitonRatio} = 2^{(1/7)} = 1.1040895$

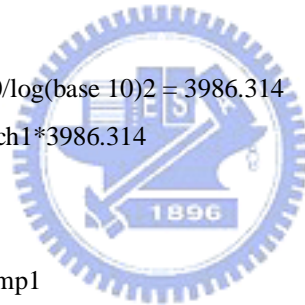
Interval in cents:

$\text{constant}(\text{ratio to cents}) = 1200/\log(\text{base } 10)2 = 3986.314$

$\text{cents} = \log(\text{base } 10)\text{pitch2}/\text{pitch1} * 3986.314$

Amplitude ratio to dBs :

$\text{dB} = 20 * \log(\text{base } 10) \text{amp2}/\text{amp1}$



```
*/
```

```
;=====
```

```
<CsoundSynthesizer>
```

```
<CsOptions>
```

```
</CsOptions>
```

```
;-----
```

```
<CsInstruments>
```

```
sr      = 48000
```

```
kr      = 24000
```

```
ksmps  = 2
```

```
nchnls = 2
```

```
;Volume adjust in range of +/- 6dB
```

```
giampFactor = 3
```

```
;Pitch adjust in +/- semitone from 440 Hz
```

```
gifreqFactor = -2
```

```
;-----
```

```
instr 1
```

```
;Amplitude control
```

```
kamp line p4, p3, p5 ;Amplitude ramp
```

```
kamp = ampdb(kamp+giampFactor) ;Change dB to amplitude
```

```
;Frequency control
```

```
ia3 = 440
```

```
ifreq = p6/p7*ia3 * 1.1040895 ^ gifreqFactor ;Calculate the pitch needed
```

```
;Audio generation
```

```
asig oscil kamp, ifreq, 1
```



```
;Output envelope for eliminating clicks
```

```
koutEnv linseg 0, 0.02, 1, p3-0.04, 1, 0.02, 0
```

```
outs asig*koutEnv, asig*koutEnv
```

```
endin
```

```
;-----
```

```
instr 2
```

```
;Amplitude control
```

```
kamp line p4, p3, p5
```

```
kamp = ampdb(kamp+giampFactor)
```

```
;Frequency control
```

```
ia3 = 440
```

```
ifreq = ia3*1.1040895^(p6+gifreqFactor) ;Calculate the desired pitch
```

```

;Audio generation
  asig oscil kamp, ifreq, 1

;Output envelope for eliminating clicks
  koutEnv linseg 0, 0.02,1,p3-0.04,1,0.02,0

  outs asig*koutEnv, asig*koutEnv

endin

</CsInstruments>

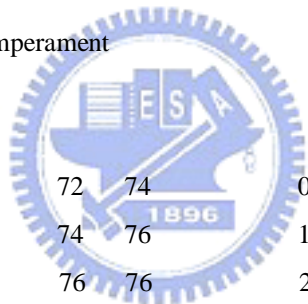
<CsScore>
f1 0 8192 10 1
;f1 0 8192 10 1 .5 .33 .25 .2 .17 .14 .12 .11 .1 .09

;Harmony in Twelve Tone Equal Temperament
;p7: the index of the semitone ratio

i2.1 11 1 72 74 0
i2.1 + . 74 76 1
i2.1 . . 76 76 2
i2.1 . . 76 74 3
i2.1 . . 74 72 4
i2.1 . . . . 5
i2.1 . . . . 6
i2.1 . . . . 7

e
</CsScore>

```



(畢氏音律之五聲音階程式參數)

;NCTU Computer Music

;Student: Yi-Chen Wu

=====

/*

Description: Pythagorean tuning system

```

*/
;=====

<CsoundSynthesizer>

<CsOptions>
</CsOptions>
;-----

<CsInstruments>

sr      = 48000
kr      = 24000
ksmps   = 2
nchnls  = 2

;Volume adjust in range of +/- 6dB
      giampFactor = 3
;Pitch adjust in from 440 Hz
      gifreqFactor = 1
;-----

instr   1

;Amplitude control
      kamp line p4, p3, p5 ;Amplitude ramp
      kamp = ampdB(kamp+giampFactor) ;Change dB to amplitude

;Frequency control

      ic3 = 260.74074
      ifreq = p6/p7*ic3      *gifreqFactor ;Calculate the pitch needed

;Audio generation
      asig oscil kamp, ifreq, 1

;Output envelope for eliminating clicks
      koutEnv linseg 0, 0.02,1,p3-0.04,1,0.02,0

```



outs asig*koutEnv, asig*koutEnv

endin

;------

</CsInstruments>

<CsScore>

; High resolution sine table

f 1 0 [2^16+1] 10 1

;Pitches as ratios in Just Intonation

;p4 and p5 for creating amplitude ramps

;p6 and p7 are used as a ratio of pitch in Just Intonation

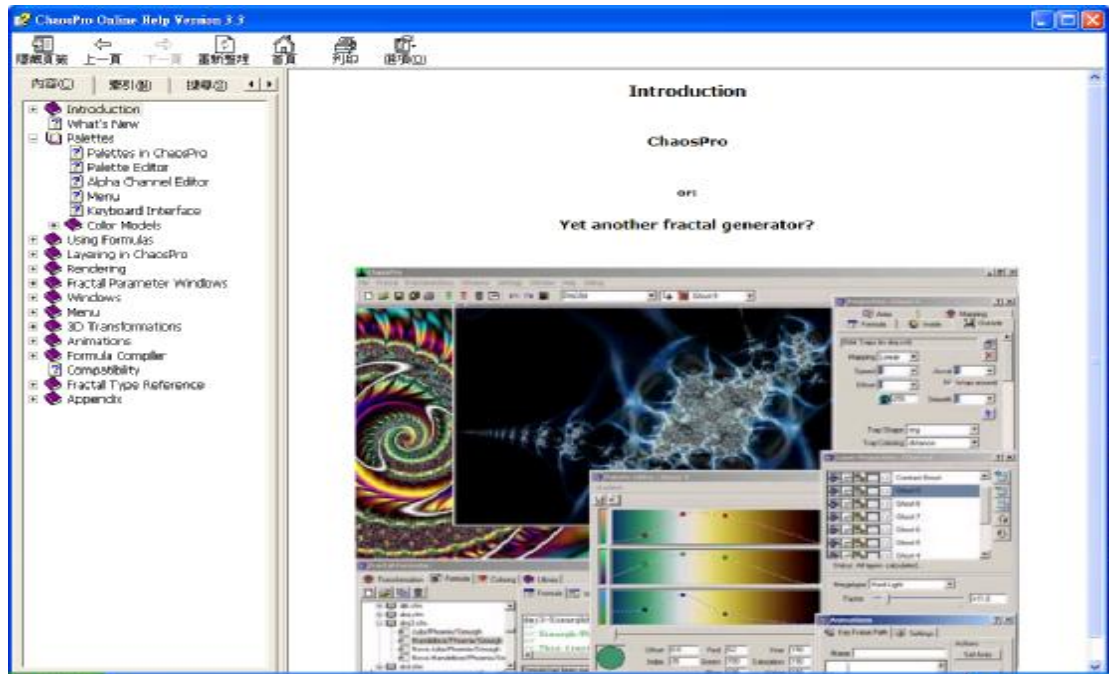
| | p1 | p2 | p3 | p4 | p5 | p6 | p7 |
|------|----|-----|----|----|----|----|----|
| i1.1 | | 1 | 1 | 72 | 74 | 9 | 8 |
| i1.1 | + | . | . | 74 | 76 | 81 | 64 |
| i1.1 | . | . | . | 76 | 76 | 3 | 2 |
| i1.1 | . | 0.5 | . | 76 | 74 | 27 | 16 |
| i1.2 | 5 | 1 | . | 72 | 74 | 2 | 1 |
| i1.2 | + | . | . | 74 | 76 | 9 | 4 |
| i1.2 | . | . | . | 76 | 76 | 9 | 4 |
| i1.2 | . | 1.5 | . | 76 | 74 | 2 | 1 |
| i1.3 | 10 | 1 | . | 72 | 74 | 27 | 16 |
| i1.3 | + | . | . | 74 | 76 | 3 | 2 |
| i1.3 | . | . | . | 76 | 76 | 81 | 64 |
| i1.3 | . | 2.5 | . | 76 | 74 | 9 | 8 |

e

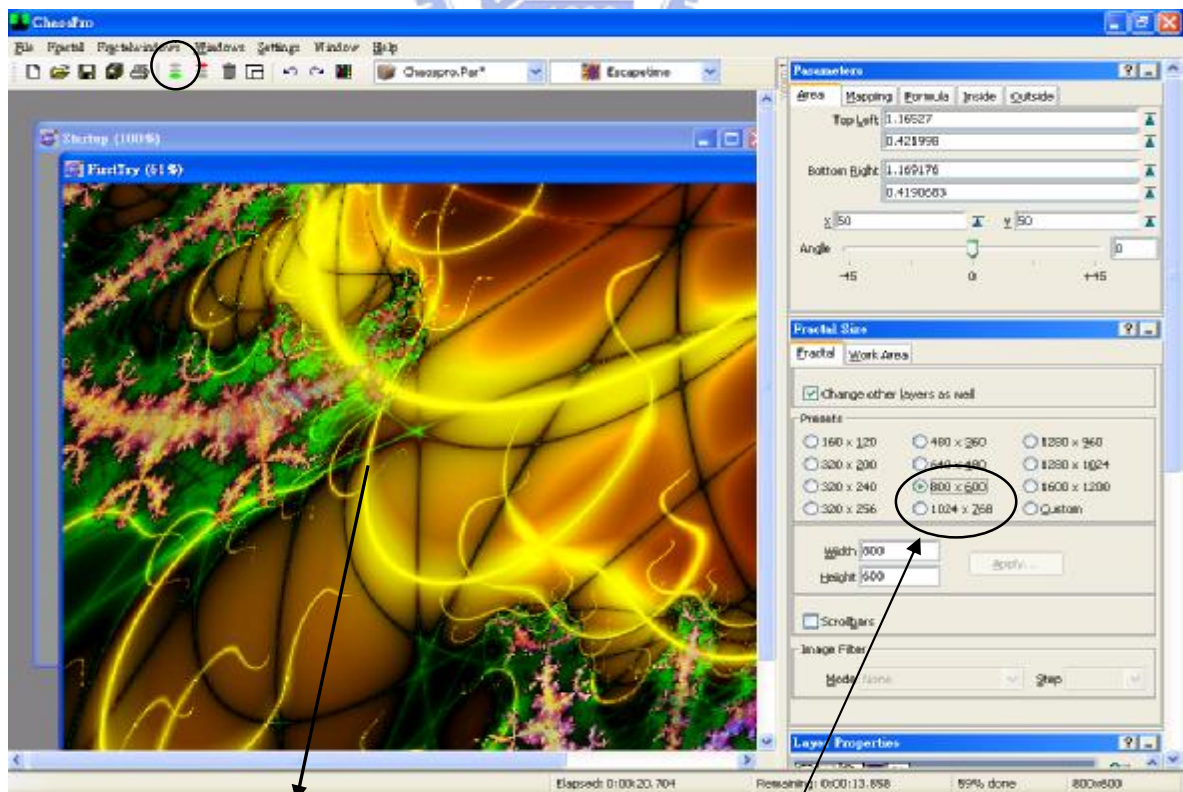
</CsScore>

附錄八 Chaos Pro 軟體之操作說明

取自 Chaos Pro3.3 軟體 Help 說明檔:



選擇 Calculate 運算碎形圖片:



碎形圖片可用滑鼠移動

將畫面解析調整至 600 x 800 以上

使用動畫功能的时间轴编排，按 Add 键增加图片张数并且在最后按下 Start 键让动画图片运算：

