

國立臺灣師範大學114學年度第二學期
補助學生辦理讀書會
「每次紀錄表暨成果報告」

迴聲與算法：二十世紀後經典作曲技法探尋
讀書會

(封面可自行設計或插入小組團體照片裝飾)

目錄

一、讀書會簡介	3
二、讀書會內容	4
三、讀書會運作紀實(需至少討論5次)	5
四、讀書會活動照片(線上討論須提供合影截圖)	7
五、讀書會心得或感想	9
六、附錄	10

一、讀書會簡介

讀書會名稱	迴聲與算法：二十世紀後經典作曲技法探尋
活動期程	自 114 年 3 月 27 日 至 114 年 5 月 13 日 止
申請人（會長）	音樂學系 000
成員	000 000 000 000

二、讀書會內容

活動內容



一、研討主題說明

面對當代音樂創作的快速演變，我們深感「傳統理論」與「數位工具」之間存在知識斷層。我們希望透過研讀二十世紀後(如：頻譜樂派、隨機音樂、電子聲響)的大師作品，理解當代聲響如何從「算法」與「數學結構」中誕生，為創作建立深厚的歷史座標。

二、閱讀材料說明

書名	Designing Sound
作者	Andy Farnell
出版社	Mit Press
選讀原因	這本書的核心理念在於「程序化音效 (Procedural Audio)」，即透過數學模型與合成技術，而非單純播放錄製好的樣本，來即時生成聲音。

書名	Rebecca Saunders Essay Ernst von Siemens Musikstiftung
作者	Rebecca Saunders
文章連結	https://evs-musikstiftung.ch/en/music-prize/rebecca-saunders/rebecca-saunders-essay/
選讀原因	Saunders 在獲得西門子音樂獎後，基金會發布了深度導讀文章，分析她如何從沉默中「萃取」聲音，以及其作品中如《Choler》或《Fury》展現的情感張力。

書名	Timbre and harmony: interpolations of timbral structures
作者	Kaija Saariaho
文章連結	https://saariaho.org/media/pages/texts/896aa80481-1717024697/timbre-and-harmony-interpolations-of-timbral-structures.pdf

選讀原因	文中探討了音色(Timbre)與和聲(Harmony)之間的關係，強調將音色視為 組織音樂結構與變化的核心要素，並結合計算機音樂技術，突破了傳統的垂直 /水平功能劃分，讓音色成為推動音樂形式發展的動力 。
書名	How Time Passes
作者	Stockhausen
文章連結	https://sites.evergreen.edu/thewordintheear-fall/wp-content/uploads/sites/316/2014/09/HowTimePasses.pdf
選讀原因	這篇文章奠定了現代音樂中對於時間結構的複雜處理方式，與他同時期的電子 音樂實驗緊密相關。
書名	Master_Handbook_of_Acoustics
作者	F. Alton Everest
出版社	McGraw-Hill Education / McGraw-Hill/TAB Electronics
選讀原因	本書聚焦於聲音的物理屬性如何轉化為音樂創作的底層邏輯。
三、運作方式說明 經典解析() 針對選定的大師總譜、論文(如:Stockhausen、Saariaho、Rebecca Saunder)，進行配器法與結構邏輯的拆解。每週由一名成員擔任領讀人，導讀該作品的時代背景與核心技術。 算法實踐() 結合音樂科技專書(如: Pure Data 、Max/MSP 或 數位合成理論)，嘗試以電腦程式模擬經典作品中的聲響邏輯。 同儕評議與發表() 組員拿出自己的實驗小品進行「作品發表(Show & Tell)」，互相評論技術執行(算法)與聽感表現(迴聲)的整合程度，最終整理成研究心得報告。	



三、讀書會運作紀實(需至少討論5次)

第幾次討論	—	導讀人	
日期		記錄人	
出席成員			
開始時間結束時間			
研討主題	算法實踐 聲學與音樂工程原理 (Acoustics and Music Engineering)		
閱讀材料	Master_Handbook_of_Acoustics 作者：F. Alton Everest		
研讀內容摘要			
本階段研讀聚焦於聲音的物理屬性如何轉化為音樂創作的底層邏輯，涵蓋以下四大核心指標： 1. 泛音列與律制演變：探討琴弦振動的整數倍頻率物理現象。泛音列構成的「純律」基礎，揭示了自然和諧的比例關係；對比現代「十二平均律」以 $2^{(1/12)}$ 為基數的均分法，理解兩者在頻率計算上的本質差異與美學取向。 2. 相位幾何與空間構建：從三角函數正弦波（Sine Wave）解析相位（Phase）位移。分析 1960-70 年代「相位音樂」（Phase Music）如何利用振幅抵銷與疊加，使相同素材在微小速度差中產生錯綜的感官偏移。 3. 心理聲學與等響曲線：研究人類聽覺對不同頻率的感知差異。透過「等響曲線」理解人耳對 2k-4k Hz 的高度敏感，以及對極高、極低頻的鈍感，並探討此機制如何應用於數位音訊壓縮與數據傳輸。 4. 音樂工程的數位量化：解構 CD 標準規格（44.1 kHz / 16 bits）。取樣率（Sample			

Rate) 決定了頻率還原的精細度，而位元深度 (Bit Depth) 則決定了動態範圍 (大小聲) 的縱向解析度，奠定現代數位音訊處理的技術基礎。

研讀意見/討論紀錄

1. 物理與美學的拉扯：成員討論到，當代電聲創作常追求純律的「純粹感」，但在現有樂器與數位軟體多預設為平均律的框架下，創作者應如何在「算法精確性」與「聽覺和諧度」之間取得平衡？
2. 相位偏移的藝術性：針對 Steve Reich 等極簡主義大師的作品進行分析，探討相位音樂是否能被視為一種「演算法作曲」的雛形？即設定好初始物理參數後，任由聲音隨時間推移自行發展出複雜紋理。
3. 聽覺感知的盲點應用：討論心理聲學在現代音樂製作中的地位。若人耳對特定頻率不敏感，那麼現代科技為了提升資料傳輸效率而「截斷頻譜」是否會削弱人們對聲音的「美感要求」？

研讀心得/結論紀錄

本次研讀讓我們重新審視聲音從「物理現象」轉化為「數位資訊」的本質過程。透過對泛音列與律法計算的拆解，我們意識到音樂的和諧感並非偶然，而是建立在嚴謹的頻率比例之上；而相位的疊加與抵銷，則揭示了時間維度如何精準地形塑聲響空間。進入數位工程領域後，取樣率與位元深度的規格不再只是冰冷的參數，而是決定音質細膩度的關鍵座標，結合心理聲學的等響特性，更讓我們理解現代音訊傳輸如何在生理感知與數據效率間取得平衡。整體而言，掌握這些聲學原理，使我們在面對複雜的電聲創作與數位混音工具時，能從盲目嘗試轉向自覺地掌控聲音的物理特性，為當代創作構建更紮實的技術底蘊。

研讀附件/補充資料

Music 171: Fundamentals of Digital Audio Tamara Smyth, trsmyth@ucsd.edu
Department of Music, University of California, San Diego (UCSD) October 15,
2019

Link

清大電機資訊工程實習—音訊

Lectured by: 許雅[≡] 教授, 鐘太郎教授

Materials: 王小川 教

Link

第幾次討論	二	導讀人	
日期		記錄人	
出席成員			
開始時間結束時間			
研討主題	算法實踐 電腦音樂創作手法 —— 參考 Pure Data 在 Max 上利用 Muti-Channel 物件製作的加法合成器（Additive Synthesizer）		
閱讀材料	Designing Sound 作者：Andy Farnell		
研讀內容摘要			
本書主要探討如何利用 Pure Data (Pd) 這一視覺化訊號程式語言，建構具備高度控制力的加法合成器。加法合成的核心原理是透過疊加多個正弦波（Harmonics）來產生複雜的音色。根據來源，Pd 提供了強大的音訊產生器如 osc~（正弦波振盪器）與 phasor~（鋸齒波振盪器），作為合成的基礎單元。在加法合成的架構中，多個音訊訊號的結合可以透過音訊連線直接進入同一個輸入口進行隱性加總，或是使用 +~ 物件進行顯性加法運算。 為了有效管理大量的諧波，書中介紹了抽象化（Abstraction）與子補丁（Subpatches）的技術，這對於加法合成器至關重要。透過建立一個包含振盪器與振幅增益控制的模組，並利用 \$0 賦予局部作用域以避免陣列名稱衝突，創作者可以重複實例化（Instantiation）多個諧波單元。此外，利用 sinesum 指令可以預先在陣列中定義諧波數列，進而透過 tabosc4~ 物件實現波表合成，這本質上也是一種預先計算的加法合成手法。最後，為了賦予聲音生命力，必須對每個諧波單元施加動態振幅包絡（Envelopes），			

書中提到的 `line~` 與 `vline~` 物件能提供精確的時間控制，讓合成器在產生聲音時具備複雜的起音與衰減特性。

研讀意見/討論紀錄

從電腦音樂創作的角度來看，書中所提出的「圖表即程式」(The diagram is the program) 哲學，為加法合成器的設計提供了極佳的直觀性。加法合成器通常涉及數十甚至數百個參數，在 Pd 的資料流 (Dataflow) 架構下，諧波之間的邏輯關係與加總鏈 (Summation chains) 變得清晰可見，這有助於創作者理解音色的物理構成。特別值得讚賞的是書中關於控制歸一化 (Control normalisation) 的意見，建議將所有輸入範圍固定在 0.0 到 1.0 之間，再於補丁內部進行範圍對應 (Scaling)，這對於處理加法合成器中龐大的諧波振幅數據非常實用。

然而，在實際操作加法合成時，必須考慮到音訊物件對 CPU 資源的消耗。這個提醒我們，音訊物件不論是否產生聲音都會持續運算，因此當疊加過多諧波時，系統可能因超過 CPU 極限而產生爆音或雜音。為了更好的性能表現，我們的討論認為應善用來源提到的 `expr~` 物件來整合複雜的數學公式，或是在某些情況下改用波表合成 (Wavetable synthesis) 來替代即時運算的數百個 `osc~`。此外，來源強調了求值順序 (Evaluation order) 的重要性，利用 `trigger` (簡寫為 `t`) 物件確保訊息 (Messages) 在音訊運算前以正確的順序到達各個諧波單元，能避免在合成複雜音色時產生難以調試的邏輯錯誤。

研讀心得/結論紀錄

透過探討這份資料，我們最深刻的體會是程序化音訊 (Procedural audio) 與傳統錄音採樣的本質區別。本書中提到，程序化音訊是從零開始生成的，它捕捉的是聲音的「行為」而非僅僅是數據。在設計加法合成器時，我們不是在播放一段聲音，而是在模擬一個物理過程，這種「遞延形式」(Deferred form) 讓聲音能隨機隨機事件產生即時變

化，在遊戲或互動媒體中極具優勢。這讓我們反思，電腦音樂創作不應只是追求「模擬真實器樂」，而是要利用加法合成的靈活性，去創造出錄音技術無法企及的幻想音色。

此外，研讀過程也讓我們理解到精確度在合成中的重要性。例如，在使用 vline~ 控制諧波包絡時，其子毫秒級的精確度能有效消除即時控制時產生的「拉鍊雜音」（Zipper noise）。這種對底層技術細節的掌握，是從一名軟體初學使用者成為良好的電腦音樂製作者的關鍵。本書中提到的「聲音設計是黑色藝術」（Black Art）一說，並非指技術被鎖在秘密門後，而是因為過去缺乏一致的表達框架。Pd 與 Max 提供了一套通用的語言，讓我們能像數學家使用符號一樣，精確地描述諧波疊加後的振幅、頻率與相位關係。經過這次的閱讀與實作，不僅提升了我對加法合成器架構的理解，更激發了我利用視覺化程式設計去探索聲音本質的熱情。

研讀附件/補充資料

Max Object Help Fiels

[Help Files - Max 8 Documentation](#)

<https://docs.cycling74.com/legacy/max8/vignettes/dochelpfiles>

第幾次討論	三	導讀人	
日期		記錄人	
出席成員			
開始時間結束時間			
研討主題	經典解析- Saariaho		
閱讀材料	Timbre and harmony: interpolations of timbral structures 作者：Kaija Saariaho		
研讀內容摘要			
Kaija Saariaho 在這篇論文中闡述了她如何透過電腦技術，打破傳統音樂中「音色」與「和聲」的界線。她提出了一個核心的「音／噪軸線」（sound/noise axis），用以取代傳統調性系統中「協和／不協和」的動態功能。在這條軸線上，「噪聲」代表了張力與不協和（如長笛的氣聲或大提琴的琴馬奏），而「純音」（pure tone）則對應於協和與穩定。Saariaho 強調，她的音樂形式深受康丁斯基（Kandinsky）影響，認為形式應是「內在意義的外在體現」，因此她傾向從聲音參數的物理特性出發，而非使用預設的結構。這種思維引導她探索「內插法」（Interpolation），即在不同聲音狀態之間進行極其緩慢且連續的轉化過程。 在具體作品應用上，Saariaho 利用電腦（如 IRCAM 的 FORMES 與 CHANT 程式）來實現對聲音微觀結構的精密控制。例如在《白之往》（<i>Vers le Blanc</i>）中，她設計了持續整首作品的極慢滑音，使和聲的變化在聽覺上近乎不可察覺，進而形成一種聲音連續體。在《混色》（<i>Verblendungen</i>）中，她則建構了一個多維度網路，對和聲、織體、動態等參數分別設定張力曲線，透過這些曲線的交織與互動來決定作品的形式。此外，在《秘密花園 I》（<i>Jardin Secret I</i>）中，她甚至將相同的音程比例應用於構建和弦與合成聲音的共			

振峰區域，實現了音色與和聲在結構上的真正融合。這份摘要顯示了 Saariaho 如何利用電腦作為微觀觀察與生成的工具，將聲音的物理屬性提升至結構層面。

研讀意見/討論紀錄

從電腦音樂創作的美學角度分析，Saariaho 提出的音／噪軸線雖然解決了音色功能化的問題，但也對人類的聽覺知覺提出了挑戰。論文中提到，雖然音／噪軸線能創造張力，但它在組織層級上比調性系統更為「貧乏」或單維。為了克服這一點，Saariaho 引入了多維網路的概念，這對於現代加法合成器的設計具有深遠意義。我們的討論中認為，她將「過渡空間」（transitional spaces）視為創作的核心，這反映了約翰·沃夫岡·馮·歌德（Johann Wolfgang von Goethe）色彩論中「色彩誕生於光影邊界」的哲學。這種「邊界美學」讓音樂不再是離散音符的組合，而是參數流動的過程。

然而，當作曲家在電腦中追求如《白之往》那樣完美的連續性時，必須考慮聽者如何「記憶」形式。Saariaho 敏銳地觀察到，人類的理解傾向於將連續體簡化為強烈且明確的細節，唯有在滑音達到可識別的音程時，聽者才會意識到變化。這讓我們體會到，「細節的精確度」與「整體的連貫性」必須兼顧。此外，Saariaho 在文中強調，雖然電腦提供了無限的可能性，但最終決定聲音生死的是「作曲家的耳朵」。她經常為了使和聲更均質而修改預設的規則，這提醒了我們，在處理如加法合成等複雜參數時，科技應是釋放想像力的工具，而非限制直覺的框架。她將電腦分析（如分析大提琴的多重音）應用於器樂創作的做法，也證明了科技能為傳統樂器注入新的生命力。

研讀心得/結論紀錄

研讀 Saariaho 的論文後，我們最深刻的心得是她如何將「微觀現象」轉化為「宏觀形式」。她提到電腦讓作曲家獲得了一種「微觀視野」，能看見並控制聲音內部的細小變化，如共振峰頻寬的隨機調製。這對於進行電腦音樂創作的我而言，是一次思考模式的洗禮。加法合成器不應只是單純的振盪器加總，而應是一個能模擬聲音「行為」與「過渡」的動態系統。Saariaho 對「非呼吸感」（non-breathing）人聲幻象的追求，展示了如何透過對頻率與幅度的微觀控制，創造出超越物理現實的藝術體驗。

另一個重要啟發是關於「靜止與動態」的辯證關係。在 Saariaho 的作品中，外表的平靜往往隱含著內部的劇烈流動，如《秘密花園 I》中透過循環矩陣不斷修改數值，使聲音在保持連貫的同時不斷演化。這種「永久修改的過程」讓我反思，在數位音樂中，我們是否過於依賴靜態的取樣，而忽略了參數「內插法」（interpolation）所能帶來的生命力。Saariaho 相信科技能解放創意並擴展想像力，將「冷酷的技術藝術」轉化為一種具備靈活性與敏感性的新形式。這篇論文讓我們體會到，成為一名現代作曲家，必須學會像科學家一樣精密地分析聲音，同時像詩人一樣捕捉那些在光影邊界跳動的色彩。這種跨學科的融合，正是探索當代音色結構最迷人之處。

研讀附件/補充資料

Kaija Saariaho: Verblendungen (1982/1984)

<https://www.youtube.com/watch?v=yVm7dTuCTNw>

... Sah den Vögel: ...Sah den Vögel

https://www.youtube.com/watch?v=t9YMCh83ifE&list=RDt9YMCh83ifE&start_radio=1

第幾次討論	四	導讀人	
日期		記錄人	
出席成員			
開始時間結束時間			
研討主題	經典解析- Rebecca Saunder		
閱讀材料	Le son, c'est moi! <i>Five Essays on Rebecca Saunders</i> 作者：Björn Gottstein (翻譯：Robert Jacobs/Mark Barden)		
研讀內容摘要			
這篇評論論文主要探討英國作曲家 Rebecca Saunders 如何在當代音樂中重新定義「沉默」(Silence)與「聲音 physicality」(物理性)的辯證關係。文章中指出，Saunders 對沉默的理解源於她在西班牙山區阿斯圖里亞斯 (Asturias) 的個人體驗，在那種極致的、死寂的自然環境中，她發現沉默並非空無，而是讓她聽見了自身血液流動的「生命指紋」。這與約翰·凱吉 (John Cage) 在無響室的經驗形成了有趣的對比。凱吉認為純粹的沉默不存在，而 Saunders 則透過耳塞進一步將感官隔離，進而體驗到一種超越凱吉所界定的、更為深邃且具結構意義的沉默。對她而言，「沉默是聲音背後的畫布，它為聲音提供了框架」，音樂並非發生在真空中，而是在這個畫布上展開。 在創作手法上，Saunders 的音樂往往從「dal niente」(從無到有)開始萌發，將沉默視為一種追求「再現形式」的缺失。她的作品表現出一種極端的張力，這源於沉默中的「不穩定性、靜止、骨感」與另一端「爆裂、攻擊性、憤怒」之間的衝突。例如鋼琴作品《Choler》與《Crimson》便深刻體現了這種靜滯與揮發性動能的拉鋸。此外，文章中強調了 Saunders 作品中極強的身體感 (Physicality)，她關注的除純粹音響外，還包含產生聲音的肢體動作。她經常與演奏家進行深度合作，研究特定樂器在物理極限下產生的原始			

聲音，將演奏者的動作（如鋼琴家的軀幹搖擺、手臂與指節的協調）視為一種具備劇場感的「編舞」。

研讀意見/討論紀錄

從音樂分析的角度來看，Saunders 的作品展現了一種獨特的對位美學，這種對位不發生在旋律線之間，而是發生在「情感狀態」與「物理阻力」之間。文章中提到的「不穩定聲音片段」，如大提琴協奏曲《Ire》中的雙泛音顫音，展示了聲音如何在脆落與強悍之間擺盪，這種不確定性構成了她音樂宇宙的辯證基礎。我們的討論中提到，Saunders 最成功的貢獻在於她將「沉默」從一個被動的停頓轉化為一個主動的、具備重量與黑暗感的結構參數。當沉默不再僅是聲音的缺席，它就變成了一種具有「存在感」的力量，迫使聽眾去專注於微小細節中的無限可能。

此外，Saunders 對薩繆爾·貝克特（Samuel Beckett）文學作品的執著，為其音樂注入了深層的哲學厚度。文章提及，她像貝克特對待文字一樣，將音樂材料削減至其生存邊緣的「骨感形式」。這種「撤退式」的創作策略（試圖說得越少卻表達得越多）在《Skin》與《Void》等作品中達到了頂峰。我們認為，這種美學並非單純的極簡主義，而是一種「精確的折磨」。她透過極細緻的聲學研究，將貝克特筆下如「塵埃是房間的皮膚」般難以捉摸的意象，轉化為可感知的音訊形式。這種跨學科的轉譯能力（包含 Rothko 的繪畫與 Jarman 的色彩理論），證明了她的音樂是一種多感官的聯覺體驗，而不僅僅是聽覺的藝術。

研讀心得/結論紀錄

透過這篇評論 Rebecca Saunders 的文獻讓我深受啟發，特別是她對於「聲音生產過程」的尊重。在當代電腦音樂或加法合成器的討論中，我們常過於專注於數位信號的精確度，卻忽略了 Saunders 所強調的「原始物理性」。她描述坐在鋼琴前的演奏者本身就是一種「純粹的劇場」，這種視覺與體感的結合，提醒了我們音樂的肉身本質。最深刻的

心得是：當我們透過加法合成去建構複雜音色時，是否也能像 Saunders 一樣，去思考聲音背後的「畫布」？如果沒有了沉默的襯托，最劇烈的音響也可能淪為無意義的雜訊。

另一個啟發來自她對影響力（Influences）的整合。從 Morton Feldman 對時空的重新詮釋，到 Wolfgang Rihm 充滿感官活力的音色色彩，再到 Galina Ustvolskaya 那種令人窒息的專注力與激情，Saunders 吸收了這些前輩的養分，卻轉化出屬於自己的冷峻風格。她在聽到 Ustvolskaya 作品時那種「麻木與呼吸困難」的體驗，完美詮釋了藝術如何超越單純的審美而進入一種存在主義式的衝擊。這種對「極限狀態」的追求，讓我們反思自己的創作是否過於安逸。Saunders 告訴我們，真正的藝術誕生於對「無」（Nothingness）的探索，以及在試圖保持安靜的過程中，不得不迸發出的那種「本質的表達」。這種對微觀聲音近乎科學般的精密研究，其實最終指向的是對生命最深沉、最原始情感的誠實回應。

研讀附件/補充資料

Rebecca Saunders - Void (2013-14)

<https://www.youtube.com/watch?v=mYdNaj4ldNs>

Ustvolskaya: Duet for Violin and Piano

https://www.youtube.com/watch?v=V3SHDMuT4Zk&list=RDV3SHDMuT4Zk&start_radio=1

Rebecca Saunders - Choler (2004) (with score)

https://www.youtube.com/watch?v=gFWBSYyfzxY&list=RDgFWBSYyfzxY&start_radio=1

Shaoai Ashley plays Rebecca Saunders' crimson

https://www.youtube.com/watch?v=g8TEzsKXNxl&list=RDg8TEzsKXNxl&start_radio=1

第幾次討論	五	導讀人	
日期		記錄人	
出席成員			
開始時間結束時間			
研討主題	經典解析- Stockhausen		
閱讀材料	How Time Passes 作者：Stockhausen		
研讀內容摘要			
Karlheinz Stockhausen 在這篇論文中提出了一個極具革命性的觀點：音樂本質上是時間中的秩序關係。他主張我們過去視為不同範疇的「音高」（Pitch）與「時值」（Duration），實際上只是同一個時間連續體（Time-continuum）上的不同表現形式。他將這些時間間隔稱為「相位」（Phases）。根據文張，當相位持續時間縮短至約 1/16 秒時，人類的知覺會發生轉變，從感知個別的「脈衝」轉為感知「音高」。因此，音樂的時間尺度可以被視為一個跨越約 14 到 15 個八度音程的巨大譜系，從 8 秒長的宏觀時值到 1/3200 秒的微觀音高。 為了建立與十二音階音高系統對應的時值系統，Stockhausen 探討了比例知覺的重要性。他指出人類的 discrimination（辨別力）並非加法性的，而是比例性的（例如 1:2 的比例比 11:12 更容易辨識）。因此，他在時值領域引入了「子諧波系列」（Subharmonic series）的概念（1/1, 1/2, 1/3...1/12），試圖以此克服傳統節奏記譜法僅基於整數倍數的限制。他進一步提出「十二平均律時值階」，利用節奏（Rhythm）的對數比例來定義十二種感覺上相等的時值間隔。此外，他將「音色」重新定義為微觀時間結構的結果，提出了「形式節奏」（Formant-rhythm）的概念來取代傳統的音色觀念，主張作曲家可以像操作音高序列一樣，對音色的微觀成分進行序列化控制。			
研讀意見/討論紀錄			

從作曲技術與美學的發展來看，這篇文章最深刻的貢獻在於它指出了序列主義（Serialism）在時值與音高之間存在的矛盾。早期序列音樂試圖將音高的平均律邏輯強加於時值，卻導致了節奏結構在聽感上的崩潰與機械化。我們的討論中認為，Stockhausen 敏銳地觀察到演奏家在處理極端複雜的記譜時，精確度會隨之降低，進而產生了一種「模糊帶」。他將這些區域定義為「時間場」（Time-fields），並提出「場組成」（Field composition）的觀念，將不確定性與波動納入序列控制之中。

特別值得注意的一點是 Stockhausen 對於「動作時值」（Action-durations）的分析。他觀察到如「裝飾音」或「盡可能快地演奏」等非量化的記譜方式，實際上是由演奏者的物理肢體動作決定的。這種從「時鐘時間」轉向「身體時間」的觀察，為後來的隨機音樂與即興音樂提供了理論基礎。然而，來源中也提到，Stockhausen 與約翰·凱吉（John Cage）的統計學理念有所不同。凱吉傾向於將時間完全交給隨機性，而 Stockhausen 則是試圖將這種「模糊性」序列化，使其成為受控的結構參數。最後，他對未來樂器的構想（能透過壓力控制音色、噪音程度與時值的連續變化）準確預言了電子合成器與即時訊號處理器的發展方向，展示了他超越時代的科技前瞻性。

研讀心得/結論紀錄

閱讀《How Time Passes》是一次對「聲音本質」的重新洗禮。Stockhausen 讓我們意識到，我們在鋼琴上按下的每一個鍵，其物理本質都是一段極短的時間相位（例如 a' 音的相位持續時間為 1/440 秒）。這種將音樂微觀結構與宏觀形式統一起來的視野，極大地擴展了我對創作的想像力。在設計加法合成器或數位音樂時，我們往往只關注意音色的靜態達成，但 Stockhausen 提醒我們，音色本身就是一種隱藏的「節奏」。這激發了我去思考，如果我們可以控制每個諧波的包絡運動，我們實際上就是在作曲一種「微觀的復調」。

另一個令我們深受啟發的心得是關於「自由」與「限制」的辯證關係。Stockhausen 在文中提到，演奏者在處理「場組成」時，雖然不再受限於死板的節拍器，但卻必須更深地參與到聲音的「自我時間」之中。這種「稱重」（weighing）而非「計數」（counting）的過程，讓音樂重新回到了活生生的身體感受。文中指出，作曲家體驗到的音樂時間是多維的，包含測量的比例、感知的場以及系統性的隨機。這讓我們反思，在現代電腦音樂創作

中，我們是否過於依賴軟體的格線（Grid）？Stockhausen 的理論教導我們，真正的生命力往往存在於「點描」與「統計」之間的過渡帶。這不僅讓我掌握了序列主義的高階理論，更讓我學會以一種「時間工匠」的視角，去凝視每一聲沉默與每一道響波之間的秩序。

研讀附件/補充資料

Karlheinz Stockhausen, Gruppen – Ensemble intercontemporain

https://www.youtube.com/watch?v=34_SfP7ZCXA&list=RD34_SfP7ZCXA&start_radio=1

Kreuzspiel (1951) für Oboe, Bassklarinette, Klavier und drei Schlagzeuger (Live)

https://www.youtube.com/watch?v=0cPkBhj3dq8&list=RD0cPkBhj3dq8&start_radio=1

Karlheinz Stockhausen “Helicopter String Quartet”

https://www.youtube.com/watch?v=13D1YY_BvWU&list=RD13D1YY_BvWU&start_radio=1