線上互動工具與示範資源（Online Tools for Sound and Wave Analysis)

陳宜良

2026 年 2 月 7 日

說明

本文件整理了一系列可免費使用的線上互動工具與模擬網站，用於輔助理解聲音、振動、頻譜、相量（phasor）與聽覺分析等主題。這些工具特別適合用於課堂即時示範、學生互動活動，以及概念性的視覺化理解。

所有工具均可透過瀏覽器直接使用，無需安裝軟體。

1　線上工具與互動資源

本節整理了 `sound.tex` 與 `slide_interact.tex` 中所引用的線上工具與互動式示範，並依照本文的主題結構加以分類。每一項資源皆附有簡短說明，說明其在教學與學習上的用途。

基礎聲音與音高

- **什麼是聲音？**

  以視覺方式介紹聲音作為壓力波的基本概念，著重於頻率、振幅與波形。

- **線上音調產生器**

  產生純音與掃頻訊號，用於說明音高、響度、拍頻與頻率分辨率。

- **Frequency：音調產生器（手機 App）**

  行動裝置上的音調產生器，適合課堂即時或課後練習中快速產生單一頻率聲音。

- **虛擬鋼琴鍵盤**

  透過彈奏音符與和弦，連結音名、音高與其對應的頻率與諧波結構。

- **FreeSound**

  大型開放式聲音資料庫，適合用於比較不同聲音的頻譜、音色與雜訊特性。

頻譜分析與音訊視覺化

- **Sonic Visualiser**

  顯示波形、聲譜圖與部分音軌，分析實際音訊中的共振峰與時頻結構。

- **Sonic Visualiser（中文文件）**

  Sonic Visualiser 的中文安裝指南與操作教學。

- **線上頻譜分析器**

  透過麥克風即時顯示 FFT 頻譜，適合快速展示頻譜內容。

- **Sonic Tools（手機 App）**

  以手機進行頻譜與音壓量測，適合快速測試與實地實驗。

時頻分析與傅立葉級數

- **我的傅立葉旋輪**

  以互動式旋輪展示傅立葉級數如何由旋轉向量重建曲線。

- **傅立葉旋輪（Dynamic Math）**

  清楚呈現傅立葉係數與幾何旋輪重建之間的關係。

- **複數傅立葉級數動畫**

  視覺化複數傅立葉模態與部分和，強調振幅與相位的角色。

- **Desmos 傅立葉旋輪示範**

  輕量化、可即時投影的瀏覽器版旋輪示範。

- **GeoGebra DFT 旋輪**

  離散傅立葉旋輪視覺化，用以動機化有限取樣下的 DFT。

- **Wolfram 示範：傅立葉級數**

  參考型互動示例，說明收斂性、Gibbs 現象與典型波形。

- **3Blue1Brown：什麼是傅立葉轉換？**

  以直觀方式解釋傅立葉轉換作為與複指數函數的相關分析。

- **3Blue1Brown：什麼是傅立葉級數？**

  直觀介紹傅立葉級數、部分和與頻譜詮釋。

波動、振動與特徵模態

- **聲波與水波動畫**

  比較行進波與駐波，觀察相位、波長與群速度。



- **PhET：弦上的波**

  透過改變邊界條件、驅動頻率與阻尼，互動式產生駐波。



- **HyperPhysics：振動弦**

  關於弦之諧波、節點與模態形狀的精簡參考。



- **Falstad 物理模擬**

  包含波動、振盪器、管柱與共振系統的互動式模擬集合。



- **圓形鼓膜的正常模態**

  顯示膜振動的特徵模態，突顯退化與節線結構。



- **能否聽出鼓的形狀？**

  連結幾何與頻譜的概念性問題，引出反譜理論。



音色與樂器聲學

- **為何不同樂器聽起來不同？**

  從諧波、共鳴器與頻譜包絡的角度說明音色差異。



- **樂器的音色**

  比較不同樂器在相同音高下的聲音，強調頻譜包絡差異。



- **定音鼓振動**

  影片展示膜振動的複雜模態與非諧性泛音。



室內聲學與共振

- **AMROC 室內模態計算器**

  計算軸向、切向與斜向模態，並視覺化模態密度。



- **Hunecke 室內特徵模態計算器**

  矩形房間的實用模態計算工具，適合設計檢核與直觀理解。



聽覺系統與耳蝸力學

- **線上聽力測試**

  示範可聽頻率範圍與敏感度（請注意安全音量）。



- **聽覺路徑總覽**

  從耳朵到聽神經與大腦皮層的聽覺路徑概觀。



- **耳蝸頻率分析**

  介紹音調定位（tonotopy）與耳蝸力學，補充本文中的 PDE 與濾波器組模型。



結語

這些線上工具使抽象的數學概念——如傅立葉分解、模態分析、相量幾何與小波分析——得以直接被看見與聽見。它們不僅是教學輔助工具，更是連結數學、物理、音樂與現代科技的重要橋樑。