

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology


## SM聲音量測系統


**王栢村 教授**  
 國立屏東科技大學  
 機械工程系  
 TEL: (08)770-3202轉7017  
 FAX: (08)774-0142  
 E-mail: wangbt@mail.npust.edu.tw  
 www: <http://140.127.6.133/lab>  
 2017年09月27日

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

## 目錄

1. SM聲音量測系統之應用成果
2. 聲音基礎概念
3. SM軟體頻譜分析實務應用
  - 聲音量測分析
  - WAV聲音檔分析
  - AVI轉WAV聲音檔分析
  - 時頻圖應用
4. SM聲音量測模組介紹
  - 4-1. SM硬體設備規格簡介
  - 4-2. SM介面操作介紹
  - 4-3. SM 軟體的使用說明
5. 結語



Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

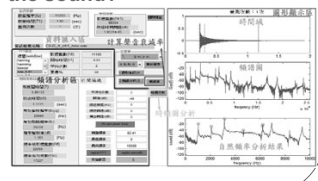
## SM聲音量測系統

1. 聲音量測與分析的需求？
  - 產品噪音
  - 異音、異響
  - 樂器之樂音
  - 噪音控制 → 樂音管理
    - Noise control
    - Harmony sound management
2. 量測方法？
  - 標準、完整的量測方法：
    - 儀器設備
    - 基礎知識技術
    - 應用能力
  - 簡易、快速的量測方法：
    - 手機/PC/NB
    - 基礎知識技術
    - 應用能力
3. 分析方法？
  - 時域法：
    - 動態響應
  - 頻域法
    - Fourier spectrum
    - Auto spectrum
    - A-weighted spectrum
  - 時頻法
    - 時頻圖的解讀方式
  - 4. 輔助工具
    - 自動尋找峰值頻率、對應的音量大小、阻尼比
    - 衰減率
    - 濾波功能

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

## SM聲音量測系統 關鍵詞分析

1. SM
  - Sound Measurement module
  - An application program developed by VAL/NPUST
2. 聲音
  - What is Sound (聲)? Tone(音)? Music(樂)?
  - How to show a sound?
3. 量測
  - Why do we need to measure the sound?
  - How to measure the sound?
  - What equipment is needed?
4. 系統
  - What is system?
  - How the SM system works?



Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

## 1.SM聲音量測系統之應用成果

1. 王栢村, 蔡有倫, 陳柏偉, 余冠德, 張弘毅, 2013, 「簡諧低頻玻璃琴組之聲音品質評估」, 第二十一屆中華民國振動與噪音工程學會學術研討會, 台北, 論文編號: B0005。
2. 王栢村, 楊昶昱, 吳俞憲, 林政璋, 黃家賢, 2015, 「民俗童玩木製青蛙的聲音特性探討」, 第二十三屆中華民國振動與噪音工程學術研討會, 台北, 論文編號: B-3。
3. 王栢村, 俞均翰, 楊博舜, 林冠廷, 王昱棠, 黃家賢, 吳盈輝, 2015, 「竹製打擊樂器之聲音特性探討」, 精密機械與製造科技研討會, 屏東, 論文編號: B-5。
4. 王栢村, 張博鈞, 楊昶昱, 黃家賢, 吳盈輝, 2016, 「縮小模型鐘之振動模態與發聲機制探討」, 精密機械與製造科技研討會, 屏東, 論文編號: A047。

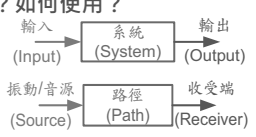


Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

## 2.聲音基礎概念

### What is "sound"【聲音】 and "noise"【噪音】?

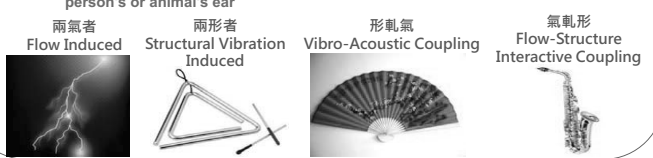
1. Noise is unwanted, undesirable, unpleasant, disagreeable sound.
2. "Acoustics"【聲學】 is the branch of physics concerned with the properties of sound.
3. 如何代表聲音？
  - 代表聲音的物理量？聲音指標？
4. 聲音如何產生？
  - 聲音大小如何區別？為何聲音會有尖銳/低沉聲？
5. 對聲音的印象？dB(A)、大小、頻率、高低、
6. 如何量測聲音？需要的儀器設備？如何使用？
7. 如何辨識噪音源？



Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

## 聲 (sound)


1. 聲音的產生機制, 有兩種：
  - Flow induced sound
    - 流場引發的聲音
  - Structural vibration induced sound
    - 結構振動引發的聲音
2. Sound – from Google
  - vibrations that travel through the air or another medium and can be heard when they reach a person's or animal's ear
3. 聲者, 形氣相軋而成。
  - 兩氣者, 谷響雷聲之類
    - Flow induced sound
  - 兩形者, 桴鼓叩擊之類
    - Structural vibration induced sound
  - 形軋氣, 羽扇敲矢之類
    - Vibro-acoustic coupling
  - 氣軋形, 人聲笙簧之類。
    - Fluid-Structural interactive coupling



Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

## 音 (tone)

1. Tone – from Google
  - a musical or vocal sound with reference to its pitch, quality, and strength.
2. 康熙字典
  - 【說文】聲也。生於心, 有節於外, 謂之音。
  - 宮商角徵羽, 聲。絲竹金石匏土革木, 音也。从言, 含一。【書·舜典】八音克諧。
  - 【禮·樂記】變成方謂之音。【疏】方謂文章, 聲既變轉和合, 次序成就文章謂之音。
  - 音則今之歌曲也。【周禮·春官·大師】以六律為之音。
  - 【疏】以大師吹律為聲, 又使其人作聲而合之。
  - 聽人聲與律呂之聲合, 謂之為音。
  - 【詩序】情發於聲, 聲成文, 謂之音。
  - 【疏】此言聲成文謂之音, 則聲與音別。
  - 樂記註: 雜比日音, 單出日聲。
  - 記又曰: 審聲以知音, 審音以知樂。
  - 則聲音樂三者不同, 以聲變乃成音, 音和乃成樂。
  - 故別為三名。



[https://en.wikipedia.org/wiki/Combination\\_tone](https://en.wikipedia.org/wiki/Combination_tone)

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

## 樂(music)

- Music – from Google
  - vocal or instrumental sounds (or both) combined in such a way as to produce beauty of form, harmony, and expression of emotion.
- 康熙字典
  - 【說文】五聲(宮商角徵羽)八音(絲竹金石匏土革木)之總名
  - 【書·舜典】夔【ㄅㄨˋㄨㄟˋ】，命女典樂，教冑子... 詩言志，歌永言，聲依永，律和聲。
  - 【易·豫卦】先王作樂崇德，殷薦之上帝，以配祖考。
  - 【禮·樂記】大樂與天地同和。
  - 又鐘鼓、羽籥、干戚，樂之器也。
  - 屈伸、俯仰、綴兆、舒疾，樂之文也。
  - 【孝經】移風易俗，莫善于樂。



<https://buzzorange.com/techorange/2016/06/22/music-industry-business-model/>

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

## 聲音的物理量？

Index 評估指標

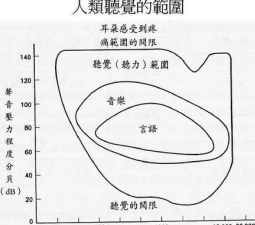
- 口語化 → 物理量 → 單位
- 人體
  - 多重？→ 重量/質量 → Kg
  - 多高？→ 長度/身高 → m
- 氣候/天氣
  - 冷熱 → 溫度 → 攝氏 °C
  - 潮濕/乾燥 → 濕度 → %
- 聲音
  - 大小聲 → 聲音壓力 → Pa
  - 高低音 → 頻率 → Hz
  - 功率 → 聲音功率 → W
  - 強度 → 聲音強度 → W/m<sup>2</sup>
- 振動？
- 材料強度？
- 結構強度？
  - 如果需要評比，比什麼？
  - Index 評估指標

類別	口語化形容詞	物理量	單位
人體	胖瘦/多重？	重量/質量	Kg
	高矮/多高？	長度	m
天氣	冷熱	溫度	攝氏 °C
	潮濕/乾燥	濕度	%
聲音	大小聲	聲音壓力	Pa
	高低音	頻率	Hz
	功率	聲音功率	W
	強度	聲音強度	W/m <sup>2</sup>
振動	大小	位移	m
		速度	m/sec
		加速度	m/sec <sup>2</sup>
	速度/快慢	頻率	Hz

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

## 聲音特性：Types of Sound

frequency range	type of sound
<20 Hz	Infra sound, Infrasonic frequency sound
20-20,000 Hz	Sound, Audio frequency sound
40-8000 Hz	Noise, Undesired sound
>20,000 Hz	Ultrasound, Ultrasonic frequency sound



人類聽覺的範圍

耳朵能感受到痛的范围的閾限

聽覺(聽力)範圍

音樂

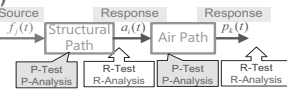
言語

http://pic.ping.tw/leonard727/1199278369.jpg

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

## 3.SM軟體頻譜分析實務應用

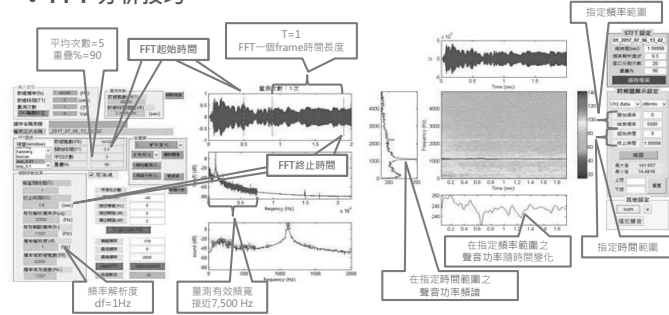
- 口哨Do的音頻分析
- 500 Hz & 600 Hz兩個單頻率合成聲音
- 500 Hz & 510 Hz兩個單頻率合成聲音
  - 重擊現象 (Beating Phenomenon)
- 電話撥號合成聲音分析
- 簡諧倍頻音鐵琴片之敲擊聲音分析
- 簡諧倍頻音之鼓敲擊聲音分析
- 口哨Do\_Re\_Me\_Fa聲音分析
- 我的聲音"test"之音頻分析
- 【噯嘛呢叭咪吽】六字真言 - 時頻圖分析
- 機車振動噪音之頻譜分析
- 兩刷聲音之時頻圖分析
- 兩刷異音/異響之時頻圖分析
- 兩刷異音診斷
- 實務案例-兩刷噪音與振動客制化量測模組開發



Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

## 口哨Do的音頻分析

- 筆電內建麥克風量測
- 時頻圖分析結果
- FFT 分析技巧



平均次數=5 重疊%=90

FFT起始時間

T=1 FFT一個frame時間長度

FFT終止時間

頻率分辨率 df=1Hz

量測有效頻寬 接近7,500 Hz

在指定頻率範圍之聲音功率隨時間變化

在指定時間範圍之聲音功率隨時間變化

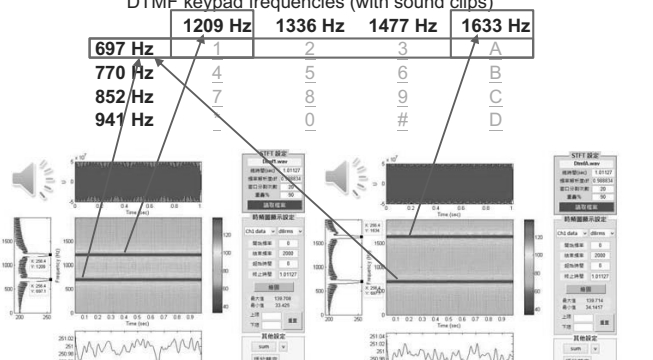
Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

## Analysis of Dial Tone Sound (2/4)

### 電話撥號合成聲音分析

DTMF keypad frequencies (with sound clips)

	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz	1633 Hz
1	697 Hz	770 Hz	852 Hz	941 Hz
2				
3				
A				
4				
5				
6				
B				
7				
8				
9				
C				
0				
D				
#				

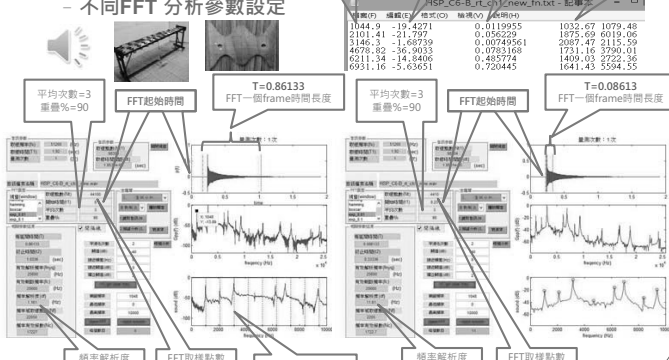


Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

## 簡諧倍頻音鐵琴片之敲擊聲音分析(1/3)

- FFT 分析
  - 不同FFT 分析參數設定

峰值頻率, fr	峰值dB	模態阻尼比	模態半能點
1044.9	-19.4271	0.0119955	1032.67 1079.48
3101.41	-21.7977	0.052529	1875.69 1619.06
3146.3	-1.68739	0.00749561	2087.49 2115.59
4679.82	-16.9033	0.0783168	1731.16 1798.96
6211.34	-14.8406	0.455774	1409.03 1722.36
6931.16	-5.63651	0.720445	1641.43 5594.55



平均次數=3 重疊%=90

FFT起始時間

T=0.86133 FFT一個frame時間長度

FFT終止時間

頻率分辨率 df=1.161Hz

FFT取樣點數 Nt=4410

在指定時間範圍之聲音功率隨時間變化

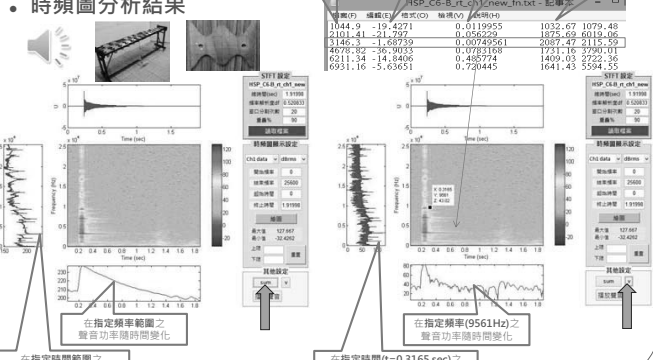
在指定頻率範圍之聲音功率隨時間變化

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

## 簡諧倍頻音鐵琴片之敲擊聲音分析(2/3)

- 時頻圖分析結果

峰值頻率, fr	峰值dB	模態阻尼比	模態半能點
1044.9	-19.4271	0.0119955	1032.67 1079.48
3101.41	-21.7977	0.052529	1875.69 1619.06
3146.3	-1.68739	0.00749561	2087.49 2115.59
4679.82	-16.9033	0.0783168	1731.16 1798.96
6211.34	-14.8406	0.455774	1409.03 1722.36
6931.16	-5.63651	0.720445	1641.43 5594.55



平均次數=3 重疊%=90

FFT起始時間

T=0.86133 FFT一個frame時間長度

FFT終止時間

頻率分辨率 df=1.161Hz

FFT取樣點數 Nt=4410

在指定時間範圍之聲音功率隨時間變化

在指定時間範圍(t=0.3165 sec)之聲音功率隨時間變化

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

## 簡諧倍頻音鐵琴片之敲擊聲音分析(3/3)

• 衰減率分析(Decay Rate)

$\sigma = \text{decay rate 衰減率}$   
 $\tau = \text{time constant 時間常數}$

原半資料

平方根值

$x(t) = Xe^{-\sigma t} = Xe^{-\frac{t}{\tau}}$

19

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

## 4.SM聲音量測模組介紹

### 4-1.SM硬體設備規格簡介

設備名稱	設備示意圖	規格說明
SM		一通道 FFT Analyzer
		聲音頻率分析
		衰減率分析
		STFT 時頻分析
PC		輸出格式：支援 *.wav、*.txt
		具客製化應用能力
		電腦系統Win7、Win10
		需有筆電內建麥克風或外接一般麥克風

18

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

## 結語

- 工欲善其事，必先利其器
  - 工：工程師
  - 事：技術、應用能力
  - 器：工具
    - 善其事：
      - 應用能力
    - 利其器：
      - 需要有良好的工具
      - 還要有應用工具的能力
- 巧婦難為無米之炊
  - 巧婦：工程師
  - 米：工具
  - 炊：技術、應用能力
- 戲法人人會變，巧妙各有不同
  - 戲法：工具、技術
  - 人人：每一位工程師
  - 變：執行專案
  - 巧妙：熟能生巧
- 熟能生巧
  - 熟：
    - 熟悉工具
    - 熟悉技術
    - 熟悉應用能力
  - 巧：
    - 執行專案
    - 解決問題
    - 創造價值

苦勞 }  
功勞 }

19

Dept of Mech Eng / Vib & Acoust Lab AITA NVH National Pingtung University of Science and Technology

## 敬請指教

### Thank you for your attention!

「振動噪音產學技術聯盟」

Academia Industry Technology Alliance for Noise, Vibration and Harshness (AITA/NVH)

服務 創新 深耕 傳承

服務：深入業界專業服務  
 創新：創意發想如山壯大  
 深耕：組織堅固信賴深耕  
 傳承：振動波般永續傳承

20