

# 2023 年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

作品編號 160036

參展科別 物理與天文學

作品名稱 這樣拍手才科學-撞擊與振幅之探討

得獎獎項

就讀學校 國立羅東高級中學

指導教師 邱銘鴻

作者姓名 許濬璽、林世堯、李兆翔

關鍵詞 瞬間聲強(instantaneous acoustic intensity)、  
拍手(clap)、分貝(decibel)

## 作者簡介



我們是拍手研究團!!!由李兆翔、林世堯、許濬璽三人組成的小組，決定挑戰一個較冷門的題材：拍手音量的探討。

首先是組長林世堯(右)：鬼點子大師兼實驗操作員，平時總是有大量鬼點子的世堯在科展的想像力與創造力更是無人能敵，且在實驗操作方面也是非常仔細與細心。

再來是組員許濬璽(中)：實驗設計師兼實驗操作員，平時有條有理的濬璽在設計實驗方面顯得格外出色，在實驗方面與世堯配合使實驗進行更加順利。

最後是組員李兆翔(左)：數據整理師兼實驗紀錄員，兆翔在其他兩人實驗時，記錄下數據並且整理繪成圖表以利觀察規律。

## 摘要

此研究想探討影響掌聲大小的原因有哪些？進而思考掌聲的發音機制與物理原理。我們透過壓克力板貼合矽膠片以模擬人的手掌、再以強力衣夾作為力量的來源並量化控制，依序探討拍手方式、拍手面積、擊掌力道、手掌間的空隙等因素對掌聲大小的影響，最後發現拍手的產生的聲音是源自於手掌間的空氣被快速壓縮、釋放而產生，而且有類似線狀排列音源的效果，因此聽到的掌聲大小和與手掌的相對位置有關聯、拍手面積和掌聲的聲音強度成正比、擊掌力道和掌聲大小的關聯則是源自於擊掌速度而非力量－在相同擊掌距離下，聲音強度要變為 2 倍(也就是增加 3dB 的音量)，力量需增為 4 倍；最後手掌間空隙造成掌聲大小的差異，是源於空隙的被壓縮程度而非空洞大小。

## Abstract

This research expects to find the factors affecting the sound of applause in order to think about how it makes sound and its physical principles. We use silicone sheets pasted on acrylic sheets to pretend people's palms and use clothespin as a source of power and quantify. Discuss the factors such as how to clap, the clapping area, the strength, the interspaces between two palms. Finally, we found that the sound of applause comes from squeezing the air between two palms. Also, it has the similar sound field effect like a linear array speaker, thus the volume of applause relates to the relative position of two palms. The intensity of applause and the clapping area are proportional. The volume of applause does not depend on the strength of clapping but the speed. At a same distance, if we want twice the intensity (which means increasing 3 dB of volume), we need four times the strength. At last, the interspaces between two palms differ the volume due to the degree of compression but not the size.

## 壹、前言

### 一、研究動機

我們無論在學校、家裡、任何地點都會能聽到「掌聲」，掌聲無處不在，掌聲顧名思義就是雙手手掌相互碰撞發出聲響，且大家拍手時，都會想拍的大聲、拍的響亮，我們因而以此為出發點，試圖探討各種因素對拍手聲的影響，想知道如何才能拍出最大聲的掌聲。

### 二、研究目的

- (一)、探討拍手方式(角度)對掌聲大小的影響。
- (二)、探討拍手面積與聲音大小之關係。
- (三)、探討拍手力道與聲音大小之關係。
- (四)、探討兩撞擊面中間空洞大小與聲音大小之關係。
- (五)、驗證拍手是否有類似線性陣列音響般的音場效應。

### 三、 研究設備及器材

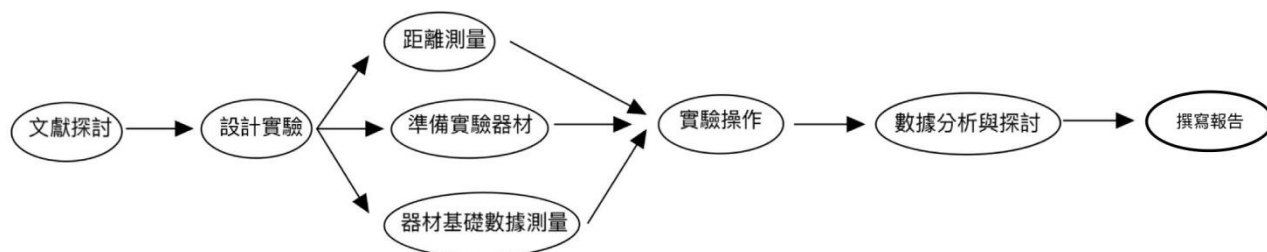
- (一)、仿生矽膠片 (19cm\*28cm\*0.3cm ) 四片。
- (二)、平板夾兩片。
- (三)、晾衣夾四個。
- (四)、智慧型手機一隻。
- (五)、音量紀錄軟體 Arduino Science Journal。
- (六)、力量測量儀一組。
- (七)、距離測量工具(長尺、捲尺等)。



### 四、 文獻回顧

在物理課時，透過物理課本中學到有關聲學的基礎知識，利用閱讀了解其觀念，並且在平常使用網路時，閱覽一些網路文章或影片，像是看到「誰才是完美聲源，從原理上分析線聲源與點聲源」這篇新聞，透過一個短短的文章，讓我們對於聲學有了更深入的理解，也幫助我們在研究時具有更紮實的基礎。

## 貳、研究過程或方法



#### 一、 實驗準備

- (一)、將兩片矽膠片貼於平板夾兩面，以膠帶將各邊固定（避免矽膠片在撞擊時因晃動而造成實驗誤差）。
- (二)、在兩片板子內側（撞擊面）做記號，標示長度，做為固定面積時的對齊點。
- (三)、將手機架置於固定距離並收音孔朝向聲源放置。

(四)、使用兩個晾衣夾，夾住兩片板子，將板子拉開並施放，使其彈力位轉換為動能，進而產生撞擊效果。

(五)、逐一記錄每次測量結果。



## 二、實驗步驟

### (一) 手的拍法比較實驗一

#### 1. 手平拍

- (1) 一人固定拍手位置，向外八方位取同距離 90cm 作記號。
- (2) 一人開始反覆以上下平拍，使用兩台手機到對應記號收音。
- (3) 一次一輪一組，分成五次拍，記錄並取五次平均並計算標準差。

#### 2. 手交錯拍

- (1) 一人故定拍手位置，向外八方位取同距離 90cm 作記號。
- (2) 一人開始反覆以交錯姿勢拍手，使用兩台手機到對應記號收音。
- (3) 一次一輪一組，分成五次拍，記錄並取五次平均並計算標準差。

### (二) 擊掌面積與所測得音量的比較實驗一

1. 使用兩個晾衣夾，夾住兩片板子，其中，板子撞擊面的矽膠片接觸面積為 19cm\*24cm。
2. 將夾住板子的夾口拉開，每次拉開幅度固定，隨後放手，使之發出撞擊並

發出聲響。

3. 將手機放置於撞擊點 60cm 外收音並記錄音量，紀錄撞擊 10 次的數據，取平均值並計算標準差，再將分貝(dB)值換算成單位為  $w/m^2$  的聲音瞬間聲強 (instantaneous acoustic intensity) 值。
4. 每完成一組實驗即減少 38 平方公分撞擊面積（由 19cm\*24cm 改為 19\*22cm），依序完成共八組實驗。

### (三) 擊掌力道與所測得音量的比較實驗一

1. 使用兩個晾衣夾，夾住兩片板子，其中，板子撞擊面的矽膠片接觸面積為 19cm\*20cm。
2. 將夾住板子的夾口拉開至夾尾間距離為 1.0cm 為止，隨後放手，使之發出撞擊並發出聲響。
3. 將手機放置於撞擊點 90cm 外收音並記錄音量，紀錄撞擊 10 次的數據，取平均值並計算標準差，再將分貝(dB)值換算成單位為  $w/m^2$  的聲音瞬間聲強 (instantaneous acoustic intensity) 值。
4. 每完成一組實驗即增加 0.5 公分夾尾間距離，共完成六組實驗。
5. 由於晾衣夾不是標準彈簧，需以力量測量儀測量其受力過程中彈力的變化，故再專門做以下實驗來檢測晾衣夾一
  - (1)以力量測量器緩慢拉開晾衣夾至夾尾間距離為 1.0cm 為止，紀錄此時力量測量器的讀數。
  - (2)放開晾衣夾並將力量測量器歸零，重複前一步驟至夾尾間距離分別為 1.5、2.0、2.5、3.0、3.5cm，記錄下各組數據。
  - (3)將數據做成 F-S 圖(力量與位移圖)，計算分別拉至 1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、3.5cm 時，對晾衣夾所做的功分別是多少。

### (四) 挖洞深度與所測得音量比較實驗一

1. 使用兩個晾衣夾，夾住兩片板子，其中，板子撞擊面的矽膠片接觸面積為 19cm\*20cm。
2. 於其中一片撞擊板上最接近撞擊面的矽膠片上挖一個面積為 4cm\*9.5cm 的洞（貫穿矽膠片）。

- 將夾住板子的夾口拉開至夾尾間距離為 3cm 為止，隨後放手，使之發出撞擊並發出聲響。
- 將手機放置於撞擊點 100cm 外收音並記錄音量，紀錄撞擊 10 次的數據，取平均值並計算標準差。
- 每完成一組實驗即再貼一片於相同位置、開挖相同面積的矽膠片以增加挖洞深度，經由標尺測量每片矽膠片的厚度是 3.05mm，共 5 組實驗，故可比較 3.05、6.10、9.15、12.20、15.25mm 深度的洞，產生的音量結果。

(五) 驗證拍手是否有線性陣列音響般的音場效應實驗一

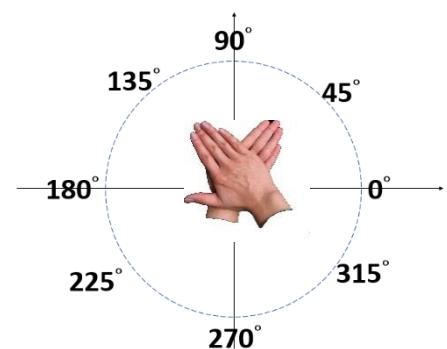
- 將板子拉至固定距離撞擊使之發出聲響。
- 將手機放至於距離比 1：2 的位置分別收音。
- 收音 10 次取平均，反覆改變距離直到測出極限距離。

## 參、研究結果

### 一、手的拍法比較一

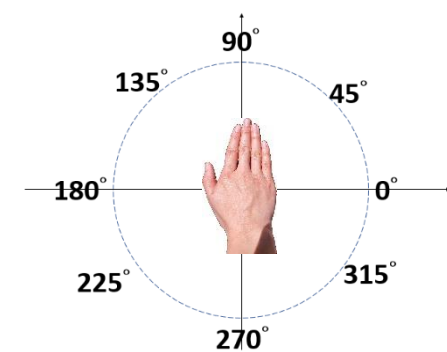
#### (一)交錯拍法：

角度 實驗 次數	90°	45°	0°	315°	270°	225°	180°	135°
1	63	57	58	52	53	54	60	59
2	58	60	62	49	54	51	53	57
3	59	54	58	49	49	55	56	58
4	59	56	55	53	52	58	56	56
5	65	60	57	62	52	57	58	60
平均(dB)	<b>60.8</b>	<b>57.4</b>	<b>58</b>	<b>53</b>	<b>52</b>	<b>55</b>	<b>56.6</b>	<b>58</b>
標準差	3.0	2.6	2.5	5.3	1.9	2.7	2.6	1.6



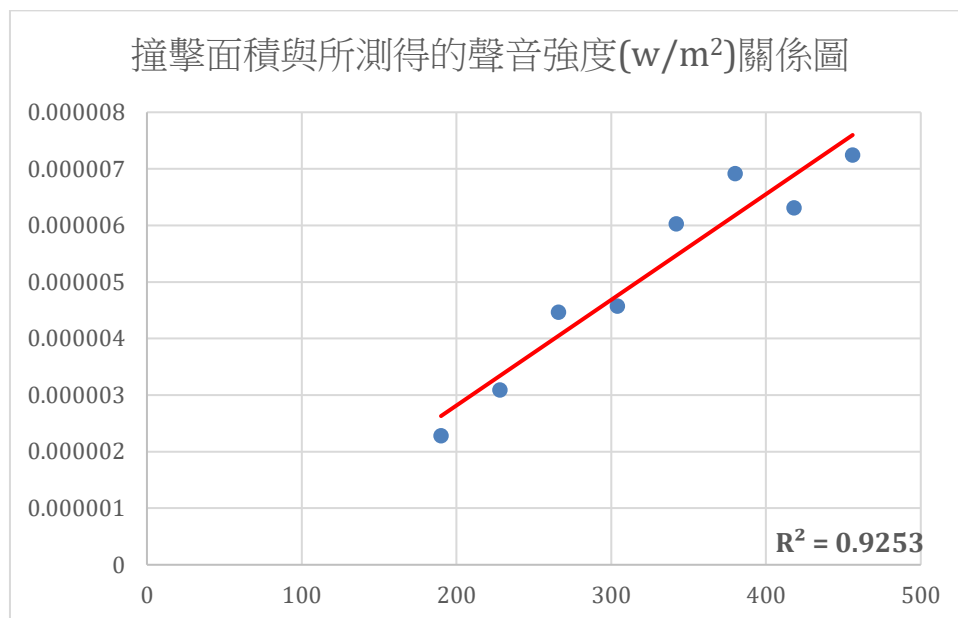
#### (二)平行拍法：

角度 實驗 次數	90°	45°	0°	315°	270°	225°	180°	135°
1	55	59	56	53	54	53	54	55
2	62	59	64	55	53	56	56	56
3	65	63	58	56	55	55	61	58
4	64	59	62	61	56	59	57	58
5	64	62	59	57	58	62	56	55
平均(dB)	<b>62</b>	<b>60.4</b>	<b>59.8</b>	<b>56.4</b>	<b>55.2</b>	<b>57</b>	<b>56.8</b>	<b>56.4</b>
標準差	4.1	1.9	3.2	3.0	1.9	3.5	2.6	1.5

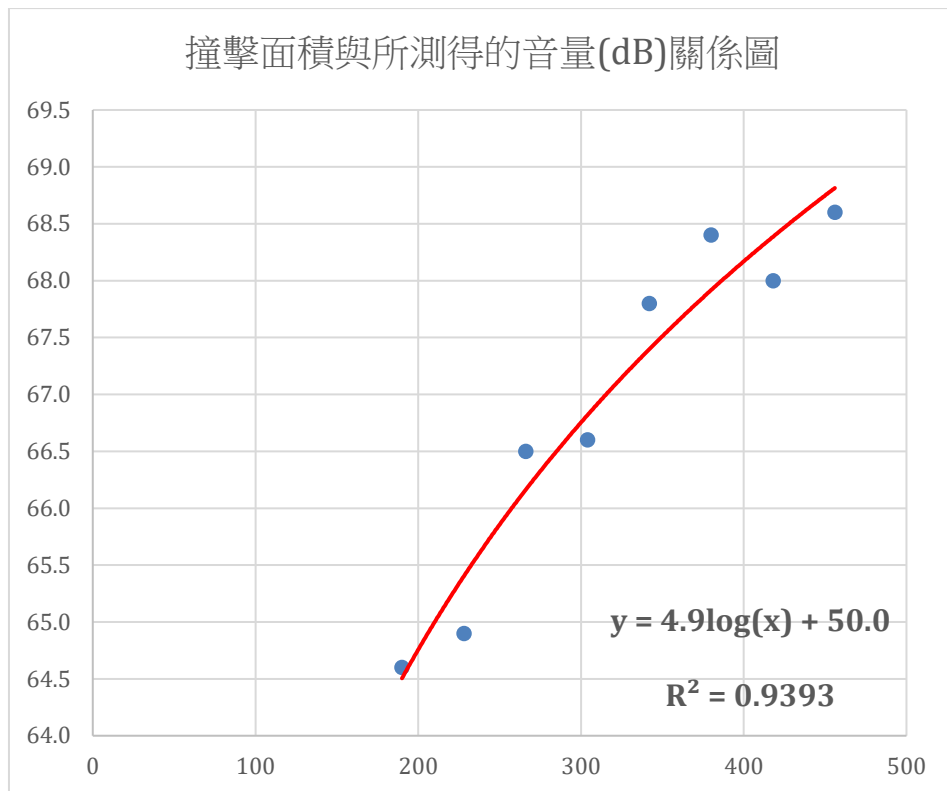


二、擊掌面積與所測得音量的比較一

面積(cm <sup>2</sup> ) 實驗次數	190	228	266	304	342	380	418	456
1	65	65	68	66	67	69	68	69
2	66	65	68	65	68	66	68	69
3	63	63	65	67	67	69	68	66
4	65	64	65	67	67	68	68	68
5	67	66	67	66	68	69	68	69
6	64	65	66	67	69	70	68	69
7	63	65	66	66	68	67	67	68
8	62	64	66	65	69	69	69	69
9	66	65	67	69	67	69	68	70
10	65	67	67	68	68	68	68	69
平均(dB)	<b>64.6</b>	<b>64.9</b>	<b>66.5</b>	<b>66.6</b>	<b>67.8</b>	<b>68.4</b>	<b>68.0</b>	<b>68.6</b>
標準差	1.50	1.04	1.02	1.20	0.75	1.11	0.45	1.02
聲音強度(w/m <sup>2</sup> )	<b>2.3×10<sup>-6</sup></b>	<b>3.1×10<sup>-6</sup></b>	<b>4.5×10<sup>-6</sup></b>	<b>4.6×10<sup>-6</sup></b>	<b>6.0×10<sup>-6</sup></b>	<b>6.9×10<sup>-6</sup></b>	<b>6.3×10<sup>-6</sup></b>	<b>7.2×10<sup>-6</sup></b>





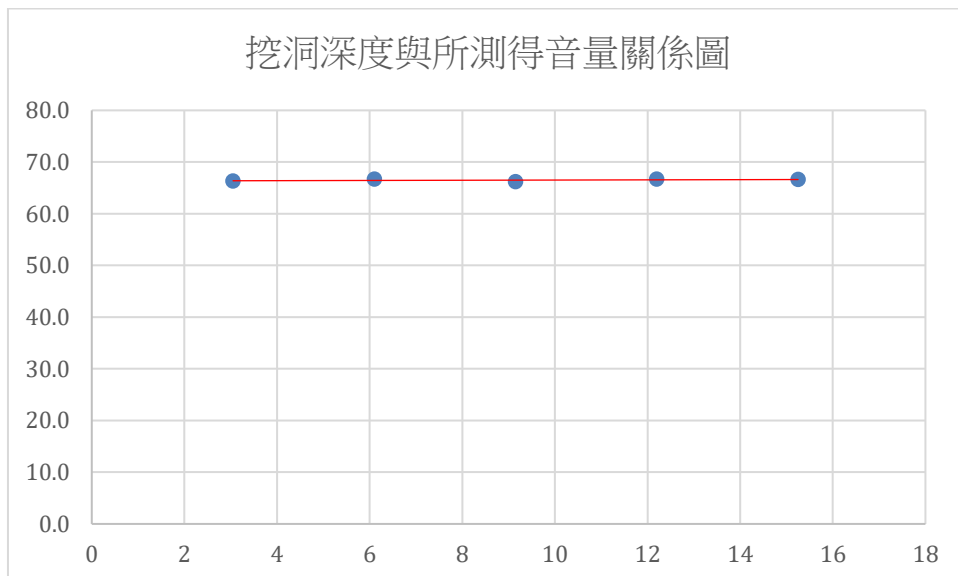
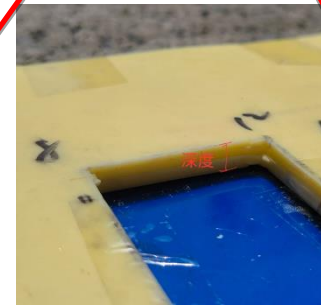
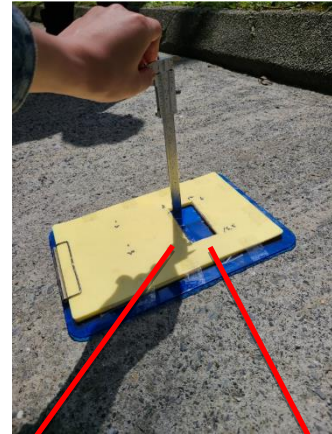


三、擊掌力道與所測得音量的比較—

夾子壓縮距離 (cm) 實驗次數	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
1	61	66	69	66	68	68
2	65	65	66	65	67	67
3	61	67	67	67	68	68
4	65	64	68	68	68	69
5	63	64	69	67	69	70
6	67	65	65	68	69	69
7	66	66	66	67	67	68
8	65	66	65	67	69	69
9	66	65	69	67	68	67
10	60	65	68	66	69	69
平均(dB)	<b>63.9</b>	<b>65.3</b>	<b>67.2</b>	<b>66.8</b>	<b>68.2</b>	<b>68.4</b>
標準差	2.34	0.90	1.54	0.87	0.75	0.92
聲音強度(w/m <sup>2</sup> )	<b>2.5×10<sup>-6</sup></b>	<b>3.4×10<sup>-6</sup></b>	<b>5.2×10<sup>-6</sup></b>	<b>4.8×10<sup>-6</sup></b>	<b>6.6×10<sup>-6</sup></b>	<b>6.9×10<sup>-6</sup></b>

四、挖洞深度與所測得音量原始數據一

洞深度 (mm) 實驗 次數	3.05	6.10	9.15	12.20	15.25
1	66	66	65	66	68
2	67	65	66	68	66
3	67	68	65	67	67
4	67	66	65	67	65
5	63	66	65	65	68
6	66	67	66	67	66
7	67	67	67	66	66
8	66	67	68	66	66
9	65	68	68	67	66
10	69	67	67	68	68
平均	<b>66.3</b>	<b>66.7</b>	<b>66.2</b>	<b>66.7</b>	<b>66.6</b>
標準差	1.6	0.9	1.2	0.9	1.1



## 五、驗證拍手是否有線性陣列音響般的音場效應實驗一

	第一組		第二組		第三組		第四組	
距離 (cm)	40	80	60	120	750	1500	1000	2000
實驗 次數								
1	66	67	62	57	55	49	49	47
2	65	63	57	57	49	51	48	50
3	66	63	60	59	51	50	46	52
4	64	66	61	59	56	50	42	50
5	67	67	62	59	53	50	44	55
6	68	65	59	57	56	51	49	55
7	67	65	60	58	55	49	47	52
8	68	62	61	56	56	53	45	51
9	66	65	59	56	50	48	45	55
10	67	64	61	57	59	46	45	53
平均	66.4	64.7	60.2	57.5	54.0	49.7	46.0	52.0
標準差	1.26	1.70	1.55	1.18	3.16	1.89	2.26	2.62
音量差距 (dB)	1.7		2.7		4.3		6.0	

## 肆、討論

### 一、拍手(鼓掌)產生聲音的原理討論一

拍手(鼓掌)會聽到聲音，我們認為是由於兩手掌拍擊時會擠壓手掌之間的空氣，讓空氣急速被擠壓再往外衝，產生空氣的振動後進而轉換成我們聽到聲音，這論點我們可從參考資料二獲得支持，如下圖：



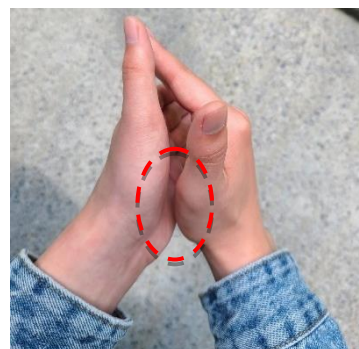
(圖片來源：美國公共廣播電台(NPR)What Does Sound Look Like? 專輯)

壓破氣泡紙的爆音、參加婚宴時常聽到的擠壓袋裝擦手巾的爆音等都是類似的科學原理，參考資料二甚至顯示拍手的一瞬間，手掌可以將空氣加速至時速 761 英哩，但它產生的音量，是否就和拍擊的方式(角度)有關？拍擊的手掌面積、拍擊的力量是否就和產生的音量成正比？以及掌心之間的空間(空洞)與掌聲音量的關聯性又是甚麼？就是我們接下來要探討的。

## 二、手的拍法比較一

由實驗結果(如下表)可以看到無論是交錯拍法或是平行拍法，都是以 90 度(正前方)為音量最大，越往後音量越小，以 270 度(正後方)為最小。推測是因手掌根部肌肉較厚實且為拍掌時最早閉合處(如右下圖紅框標示處)，以致空氣不易於此處逸散膨脹，因此音量較小。

交錯拍法								
度數	90	45	0	315	270	224	180	135
平均	<b>60.8</b>	<b>57.4</b>	<b>58</b>	<b>53</b>	<b>52</b>	<b>55</b>	<b>56.6</b>	<b>58</b>
標準差	3.0	2.6	2.5	5.3	1.9	2.7	2.6	1.6
平行拍法								
度數	90	45	0	315	270	225	180	135
平均	<b>62</b>	<b>60.4</b>	<b>59.8</b>	<b>56.4</b>	<b>55.2</b>	<b>57</b>	<b>56.8</b>	<b>56.4</b>
標準差	4.1	1.9	3.2	3.0	1.9	3.5	2.6	1.5



## 三、擊掌面積與所測得音量的比較一

我們測量聲音常用的單位是分貝(dB)，但分貝的定義是：

$$\text{音量 } L \text{ (dB)} = 10 \log \frac{I}{10^{-12}}$$

其中  $I$  代表的是聲音的瞬間聲強(instantaneous acoustic intensity)，我們簡稱聲音強度，從我們的實驗結果(如下表)可以看到兩個推論：

擊掌面積(cm <sup>2</sup> )	190	228	266	304	342	380	418	456
測得音量(dB)	64.6	64.9	66.5	66.6	67.8	68.4	68.0	68.6
聲音強度(W/m <sup>2</sup> )	2.3×10 <sup>-6</sup>	3.1×10 <sup>-6</sup>	4.5×10 <sup>-6</sup>	4.6×10 <sup>-6</sup>	6.0×10 <sup>-6</sup>	6.9×10 <sup>-6</sup>	6.3×10 <sup>-6</sup>	7.2×10 <sup>-6</sup>

(一) 撞擊面積和能夠產生的聲音強度( $I$ )成正比

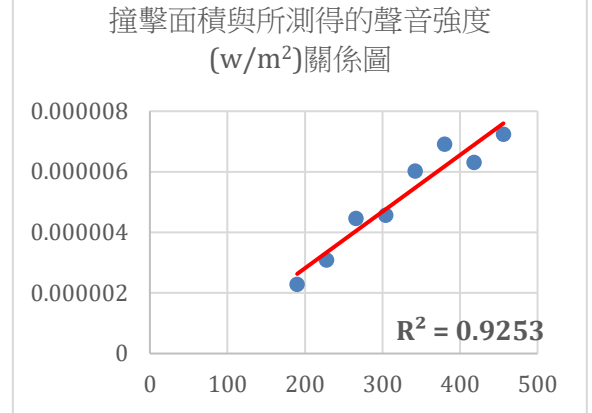
(如右圖)，也就是說拍手(鼓掌)時手掌接觸的面積越大，產生的掌聲越大聲(不是和

分貝成正比喔！)。

(二) 另外在以 dB 為單位的分析中，我們從實驗中得到的結果是：

$$y = 4.9\log(x) + 50.0$$

其中 50.0 dB 代表的就是實驗現場環境音(背景音)的音量大小。



#### 四、擊掌力道與所測得音量的比較一

由參考資料七得知，聲音的大小受到空氣受擾動速度的影響，所以我們數據進行以下轉換，其中能量轉換的過程有：對夾子的作功→夾子的彈力位能→板子的動能

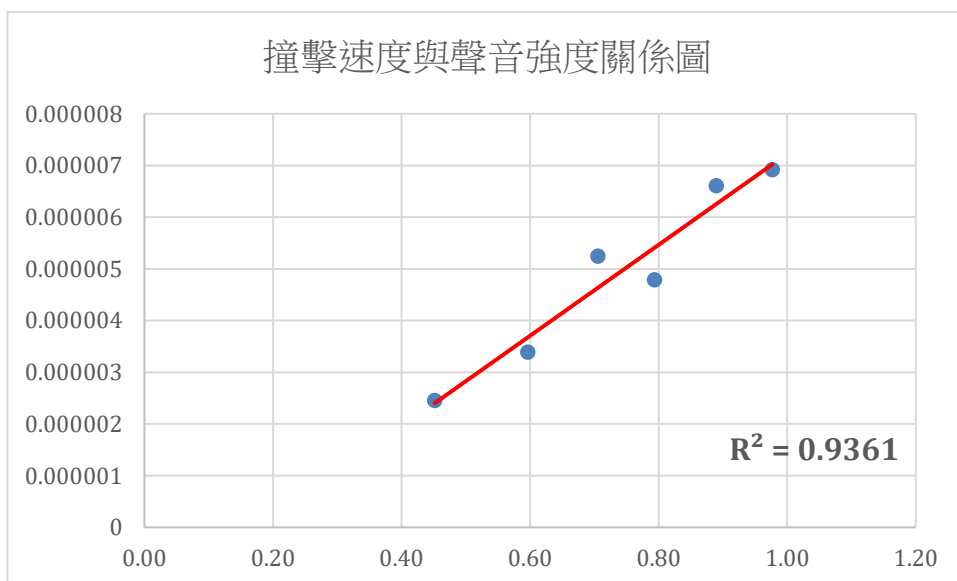
推導出：板子的閉合速度→空氣被壓縮的速度→空氣快速膨脹產生波動→聽到聲音

壓縮距離(cm)	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
平均(dB)	63.9	65.3	67.2	66.8	68.2	68.4
聲音強度(w/m <sup>2</sup> )	2.5×10 <sup>-6</sup>	3.4×10 <sup>-6</sup>	5.2×10 <sup>-6</sup>	4.8×10 <sup>-6</sup>	6.6×10 <sup>-6</sup>	6.9×10 <sup>-6</sup>



將夾子壓縮距離轉換為對夾子的做功，及該功轉換為板子動能後可產生的速度

壓縮距離(cm)	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5
給予的功(W)	0.204	0.356	0.498	0.63	0.792	0.954
轉換為速度	<b>0.45</b>	<b>0.60</b>	<b>0.71</b>	<b>0.79</b>	<b>0.89</b>	<b>0.98</b>
平均(dB)	63.9	65.3	67.2	66.8	68.2	68.4
聲音強度(w/m <sup>2</sup> )	2.5×10 <sup>-6</sup>	3.4×10 <sup>-6</sup>	5.2×10 <sup>-6</sup>	4.8×10 <sup>-6</sup>	6.6×10 <sup>-6</sup>	6.9×10 <sup>-6</sup>

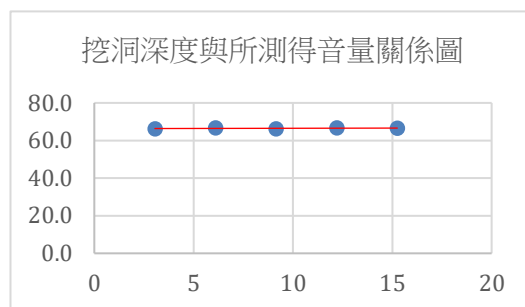


我們的實驗結果顯示撞擊速度確實和產生的聲音強度成正比，因此拍手的速度越快，掌聲越大聲，也就是在相同的擊掌距離下若要讓掌聲的聲音強度(I)變 2 倍(也就是增加 3 分貝(dB)的音量)，出力要變 4 倍才行。

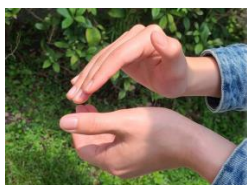
### 五、洞的深度與所測得音量的比較一

由實驗結果(如下表)可以看出，洞的深度和所測得的音量沒有關係，我們認為是因為空洞內的空氣於撞擊時並沒有被壓縮，所以空洞體積的大小和所產生的音量沒有太直接的關係。也就是說當我們拍手(鼓掌)的時候，若手掌拱起但維持不變形(如左下圖)，掌聲大小與拱起程度沒太大的關連性；若手掌拱起但有變形(如右下圖)，則會因為手掌間的空氣被擠出而產生較大的音量。

洞深度(mm)	3.05	6.10	9.15	12.20	15.25
音量平均(dB)	<b>66.3</b>	<b>66.7</b>	<b>66.2</b>	<b>66.7</b>	<b>66.6</b>
標準差	1.6	0.9	1.2	0.9	1.1



<手拱起沒有變形>

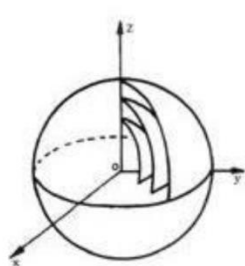


<手拱起有變形>

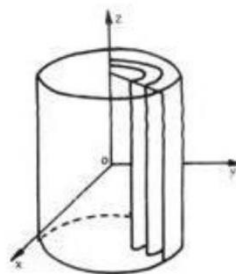


### 六、驗證拍手是否有線性陣列音響般的音場效應實驗一

由參考資料八，我們得知線性陣列音響有個有趣的現象，也就是如果將聲源(例如喇叭)以同相位排列成一直線，發出的聲波將會從一般的球面波改成柱面波(如下圖所示)



(球面波)



(柱面波)

此時聲音強度的衰減將會和距離(r)成反比而不是距離平方(r<sup>2</sup>)成反比，當然若離聲源太遠時，線性陣列的效應會大幅降低，此時聲波呈現的效果就回到點波源的樣貌。我們仔細觀察拍手(鼓掌)這個動作，無論是交錯拍還是平行拍，空氣的擠壓的是成「條狀」的(如左下圖)，也就是聲音的產生有可能會像線性陣列音響一樣，在一定距離內呈現柱面波的效應，就是距離比 1：2 時，聲音強度比也是 1：2→兩者音量將差 3 分貝。若是距離太遠而呈現球面波的效應，此時距離比 1：2，聲音強度將是 1：4→兩者音量將差 6 分貝，如右下圖所示。



我們分別做了幾組距離比 1：2 的實驗，結果如下，果然發現的相同的效應，所以另一個影響聽到掌聲大小的因素，是聽者離鼓掌人的距離，距離較近時(約 10 公尺內)，音量的大小(聲音強度)約和距離成反比，較遠時則衰減速度會大幅加快，約和距離的平方成反比。

組別	第一組		第二組		第三組		第四組	
距離 (cm)	40	80	60	120	750	1500	1000	2000
平均(dB)	66.4	64.7	60.2	57.5	54.0	49.7	46.0	52.0
音量差距(dB)	1.7		2.7		4.3		6.0	

## 伍、結論

- 一、拍手的產生的聲音是源自於手掌間的空氣被快速壓縮、釋放而產生，且在近距離(約 10 公尺內)會有類似線狀排列音源的效果。
- 二、拍手時，由於手掌各部位閉合的順序不同，因此聽到的掌聲大小和與手掌的相對位置有關聯，手掌前端發出的聲音會大於手掌後端發出的聲音。
- 三、拍手時，手掌接觸面積與發出聲音強度成正比，音量則非成正比(仍是正相關)。
- 四、擊掌力道和掌聲大小的關聯則是源自於擊掌速度而非力量—在相同擊掌距離下，聲音強度要變為 2 倍(也就是增加 3dB 的音量)，力量需增為 4 倍。
- 五、手掌間空隙造成掌聲大小的差異，是源於空隙的被壓縮程度而非空洞大小。

## 陸、參考文獻資料

- 一、南一版高中基礎物理、選修物理 波動學、聲學、熱學 南一出版社。
- 二、What Does Sound Look Like? 美國公共廣播電台(NPR)  
<https://www.youtube.com/watch?v=px3oVGXr4mo>
- 三、爆炸科學之應用 張坤樹 科學月刊 1980 年 10 月 130 期
- 四、爆炸 林欣怡、周芳妃、葉名倉 科學 Online - 國立臺灣大學  
<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=3182>
- 五、Clapping - How Does It Work? *Martin Gardiner*, Science 2.0, 2013.1.25  
[https://www.science20.com/beachcombing\\_academia/clapping\\_how\\_does\\_it\\_work-101879](https://www.science20.com/beachcombing_academia/clapping_how_does_it_work-101879)
- 六、INFRINGING THE HAND CONFIGURATION FROM HAND CLAPPING SOUNDS  
*Antti Jylhä and Cumhur Erkut*, published in Proc. of the 11th Int. Conference on Digital Audio Effects (DAFx-08), Espoo, Finland, September 1-4, 2008
- 七、工程聲學 白明憲 全華出版社 2014 年 9 月
- 八、誰才是完美聲源，從原理上分析線聲源與點聲源 汪航 慧聰音響燈光網 2019.3.8  
<https://kknews.cc/news/nga6oa2.html>



## 【評語】 160036

本實驗作品主要探討掌聲的發音機制與物理原理。大部分的工作在測試不同的參數，如：雙掌的接觸面積、雙掌的交錯角度、雙掌拱起的幅度。依實驗結果分析，從聲波做考量，將一個生活化的主題，從科學的角度切入，做實驗和理論的判斷，是一件有趣的作品。設計了一個簡單的實驗模型來模擬拍手也很有創意。但如果可以再深入一些，去瞭解頻率與掌聲強度關聯性，也許會有更新的結論。