

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 工程學(二)科

052411

酒精辨識儀

學校名稱：治平學校財團法人桃園市治平高級中等學
校

作者： 職一 沈威宇 職一 張永鑫	指導老師： 劉生武 陳雅慧
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：酒精、人工智慧、時譜圖

摘要

本次的研究是利用聲音在不同介質中所產生的共鳴聲譜，來辨識不同濃度的酒精。不同濃度的酒精其作為聲音傳導介質的影響也會有所差異。在同體積、同敲擊力道下，但**不同濃度的酒精**來進行聲音錄製實驗，將這些音訊檔案轉換成特定時間長度的時譜圖後，利用分組訓練的方式，讓人工智慧（AI）去辨識不同的酒精濃度。初步結果可以發現，相同敲擊力道下，不同濃度的酒精的聲音時譜圖在頻率反映、強度、以及持續時間均有變化，且其變化與濃度正相關。

壹、研究動機

常常在新聞或者在長輩口中聽到說敲打瓜類水果能分辨出甜或不甜，這個原理是**聲音在不同濃度（介質）中所產生的聲音不一樣**。而最近因為疫情的關係，酒精顯得格外重要，但如果需要配置大量的酒精，或在配置過程中液面刻度沒看好、忘記抽取的液體體積、或是忘記關上酒精容器的瓶蓋等，都可能導致整瓶酒精容液變得無消毒用之功能，非常可惜並且浪費。因此本團隊想到是否可以利用不同濃度酒精敲擊聲音的差異，透過 AI 訓練，達到可以用 AI 去辨識不同酒精濃度的目的。而在 AI 越來越普及的世代，如何去應用把它發揮到最大效益，也是本次實驗所希望學習與實作的知識和技能。

貳、研究目的

- 一、了解聲音在不同介質間傳播的關係。
- 二、在未來可做檢驗酒精之用途，使配置酒精容易變簡單。
- 三、進一步實驗可檢測出內含有雜質（酒精以外的添加物）之酒品。
- 四、檢測低濃度之酒品。
- 五、讓酒廠更容易去檢測酒品中酒精的含量。
- 六、能夠迅速且高精準度的去辨識各項不同濃度的酒精。

參、研究設備及器材

- 一、400 毫升的 95%酒精
- 二、血清瓶一個
- 三、100mL 量筒一個
- 四、燒杯兩個（一個裝稀釋用清水，一個裝廢液）
- 五、擺錘系統一個（可調整並固定敲擊重量）
- 六、滴管五支
- 七、蒸餾水
- 八、錄音設備: (ezOxygen 智能肺活量穿戴裝置，如圖 1.)，並合併使用不同的智慧手機之錄音功能。
- 九、Audacity 音訊分析軟體（註 2）（如圖 2.，透過電腦執行）
- 十、電腦（分析用、轉換時譜圖使用）
- 十一、Spek 頻譜分析軟體（註 3）（如圖 3.，透過電腦執行）
- 十二、手機兩支（NOKIA X71、HTC U12+）
- 十三、手機 APP Amazing MP3（如圖 4.，透過手機執行）



圖 1. ezOxygen 錄音設備



圖 2. Audacity 軟體 (<https://www.audacityteam.org/>)



圖 3. Spek 軟體 (<http://spek.cc/>)



圖 4. 手機 Android Amazing MP3 軟體

(https://play.google.com/store/apps/details?id=com.stereomatch.mp3.audio.recorder&hl=zh_TW)

肆、研究過程或方法

一、溶液製備

(一)：先取出酒精 400mL 放入血清瓶。

(二)：利用量筒進行不同濃度之配置。

溶液百分比之配置方法如下：

每 100 毫升的溶液中含有溶質的毫升數

體積百分濃度 = (溶質體積 (mL) / 溶液體積 (mL)) × 100%

= 溶質體積 (mL) / (溶質體積 (mL) + 溶劑體積 (mL)) × 100%

95%：拿取 400mL 的 95%酒精。

85%：拿取 357.8mL 的 95%酒精，加上 42.2mL 的水。

75%：拿取 352.9mL 的 85%酒精，加上 47.1mL 的水。

- 65%：拿取 346.6mL 的 75%酒精，加上 53.4mL 的水。
- 55%：拿取 338.4mL 的 65%酒精，加上 61.6mL 的水。
- 45%：拿取 327.2mL 的 55%酒精，加上 72.8mL 的水。
- 35%：拿取 311.1mL 的 45%酒精，加上 88.9mL 的水。
- 25%：拿取 285.7mL 的 35%酒精，加上 114.3mL 的水。
- 15%：拿取 240mL 的 35%酒精，加上 160mL 的水。
- 5%：拿取 133.3mL 的 15%酒精，加上 266.7mL 的水。
- 0%：拿取 400mL 的水。

二、錄製聲音

把濃度配置完成的酒精倒出 400mL，裝入血清瓶後將改裝過具有集音 ezOxygen 設備開機，且按下該設備之測試鍵(會啟動錄音時間為 10 秒)，另將兩支手機打開手機 APP Amazing MP3，與 ezOxygen 設備皆在共同一條水平線上，成平行(如圖 5.所示)。開始錄音時，用擺錘敲擊液面下杯緣一次，等待錄音完成。在錄音期間注意是否有背景噪音干擾，否則會影響實驗數據和結果。其餘酒精濃度皆重複上述的步驟，並設有一組無酒精之飲用水(0%)作為背景值，做為濃度調整以及控制組使用。



圖 5.三台設備皆呈平行

三、音訊分析與音頻分析

實驗完成後進入音頻分析，本實驗使用的音訊剪輯軟體 Audacity 與頻譜分析軟體

Spek 皆為開源且免費使用之聲音剪輯與分析軟體。透過 Audacity 音訊剪輯軟體，把錄製好的音訊分別剪輯為 10 秒、7 秒、5 秒、3 秒和 1 秒的時間長度，且涵蓋完整的敲擊聲音。不同時間長度可以讓敲擊聲音在整個音訊檔案中具有不同的時間比重，讓 AI 在訓練時能夠更有效率且降低干擾。剪輯完畢後開啟 Spek 頻譜分析軟體，把剪輯完成的音訊在 Spek 中開啟，轉換成時譜圖後先存檔，等全部都轉換完後就可以進 AI 分析。

時譜圖（英語：Spectrogram）又稱聲譜圖（voicegram），是一種描述波動的各頻率成分如何隨時間變化的熱圖（英語：Heat map）。利用傅立葉變換得到的傳統的 2 維頻譜可展示複雜的波動是如何按比例分解為簡單波的疊加（分解為頻譜），但是無法同時體現它們隨時間的變化。能對波動的時間變量與頻率分布同時進行分析的常用數學方法是短時距傅立葉變換，但是直接繪成 3 維圖像的話又不便於在紙面上觀察和分析。時頻譜在藉助時頻分析方法的基礎上，以熱圖的形式將第 3 維的數值用顏色的深淺加以呈現。

時頻譜即是描繪信號的時間和頻率分布的熱圖，顯示時頻分析的結果

$$SP(t, f) = |X(t, f)|^2 = X(t, f)X^*(t, f)$$

四、AI 訓練和分析

本次實驗使用的是微軟線上 AI--AZURE，他是一個線上 AI 訓練模型，任何人都可以使用，開通帳戶時須付 1 元新台幣作為手續費，進去後是隨用隨付，用多少付多少，但一開始有 2 個免費的專案可供使用，功能和付費的專案並無差異，訓練 AI 時大致會有兩個選項：

- 一：Classification，係指物體分類。
- 二：Object Detection，係指物體檢測。

舉例來說：在同一張圖片中有虎斑貓、拉不拉多、台灣獼猴，蒙古馬，Classification 僅可分辨出這是馬、是狗、是貓，還是猴子，且 Classification 僅能辨識出其中一個相對比較清楚的物體。

而 Object Detection 能分辨出貓是虎斑貓、狗是拉不拉多、猴子是台灣獼猴，馬是蒙古馬，且 Object Detection 能在一張圖片中辨識能夠辨識出多個物體及其位置，相對

Classification 來說，Object Detection 是功能比較強大，且輸出較多資訊的選擇。

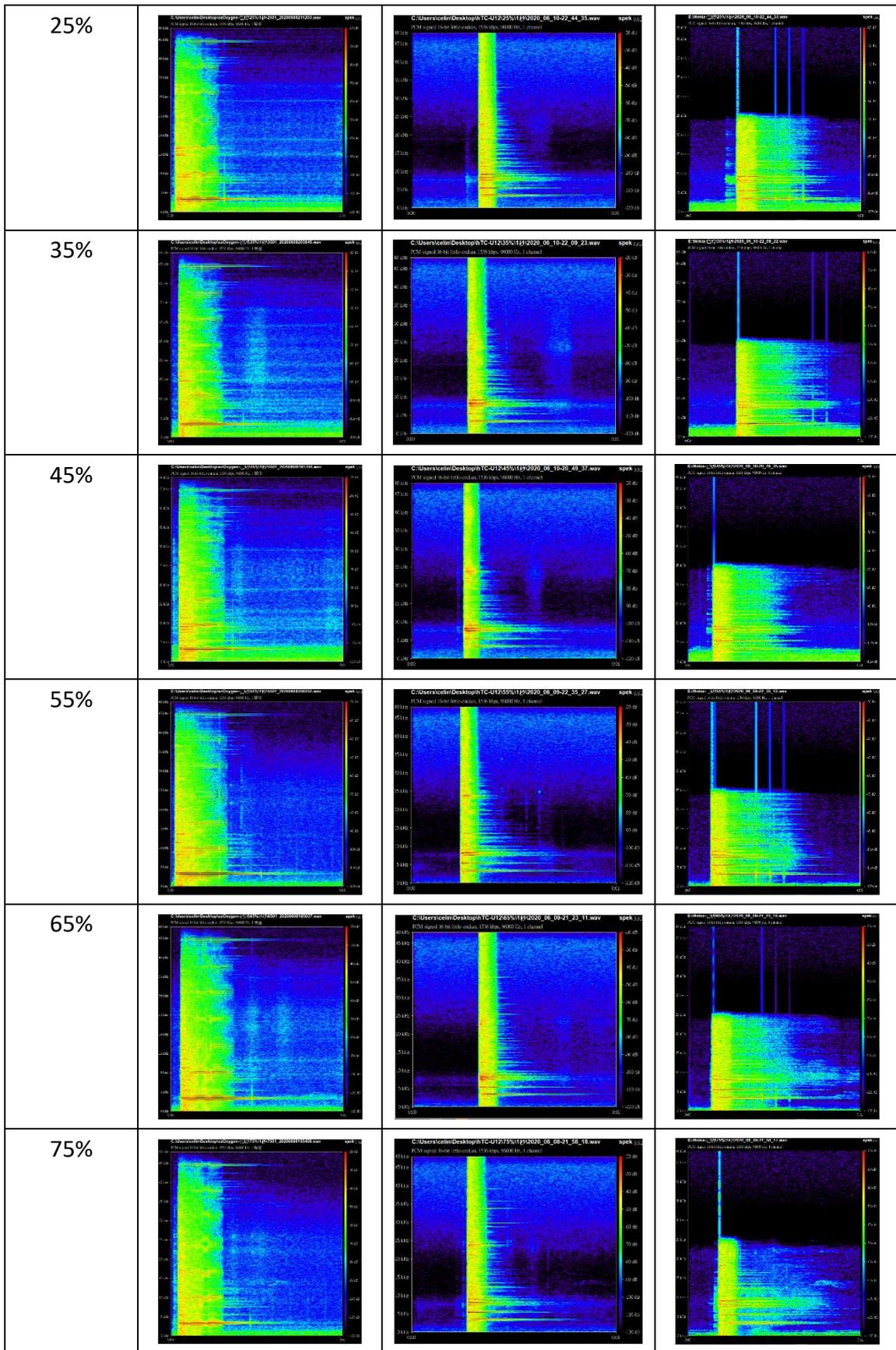
因本次實驗只需要在一張照片中辨識出一種濃度即可，所以使用 Classification 就足以滿足實驗需求。

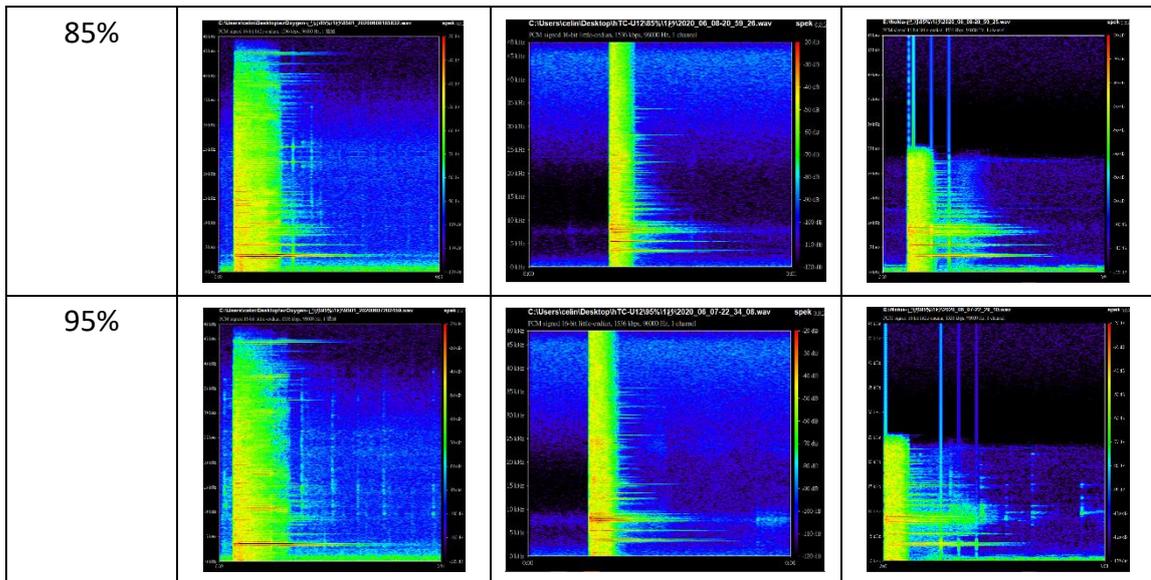
把轉好時譜圖的圖檔依據相對的酒精濃度進行上傳，三個機型分別各開一個專案，因為每個機型能錄製到的分貝數都不盡相同，若都把三種機型的時譜圖都放在同一個專案裡訓練，會導致模型在訓練過程中會被影響，分辨率就會降低，進而影響整個實驗。

伍、研究結果

經過實驗後可得知，由濃度對應的時譜圖，如下表一可以很明顯的看出濃度愈高、色塊面積及顏色變化都有顯著變化，代表聲音及時譜圖可區分不同的酒精濃度。

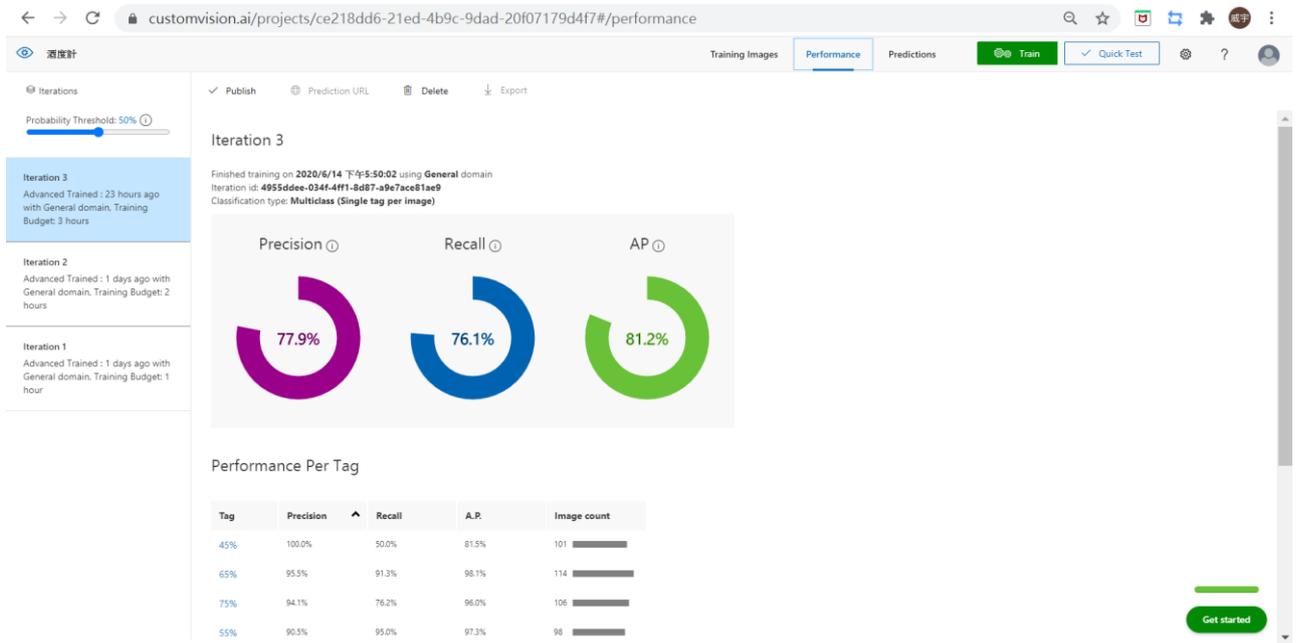
酒精濃度	ezOxygen	HTC U12	Nokia X71
0%			
5%			
15%			



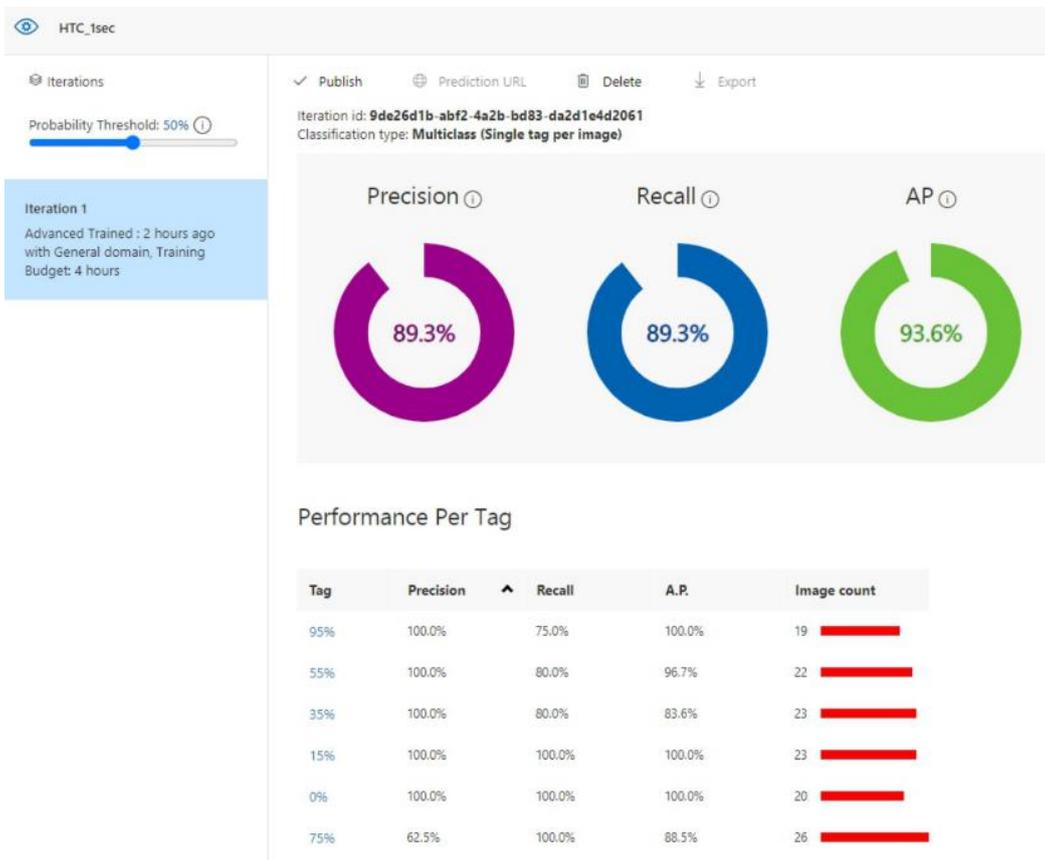


(表一 濃度對應時譜圖)

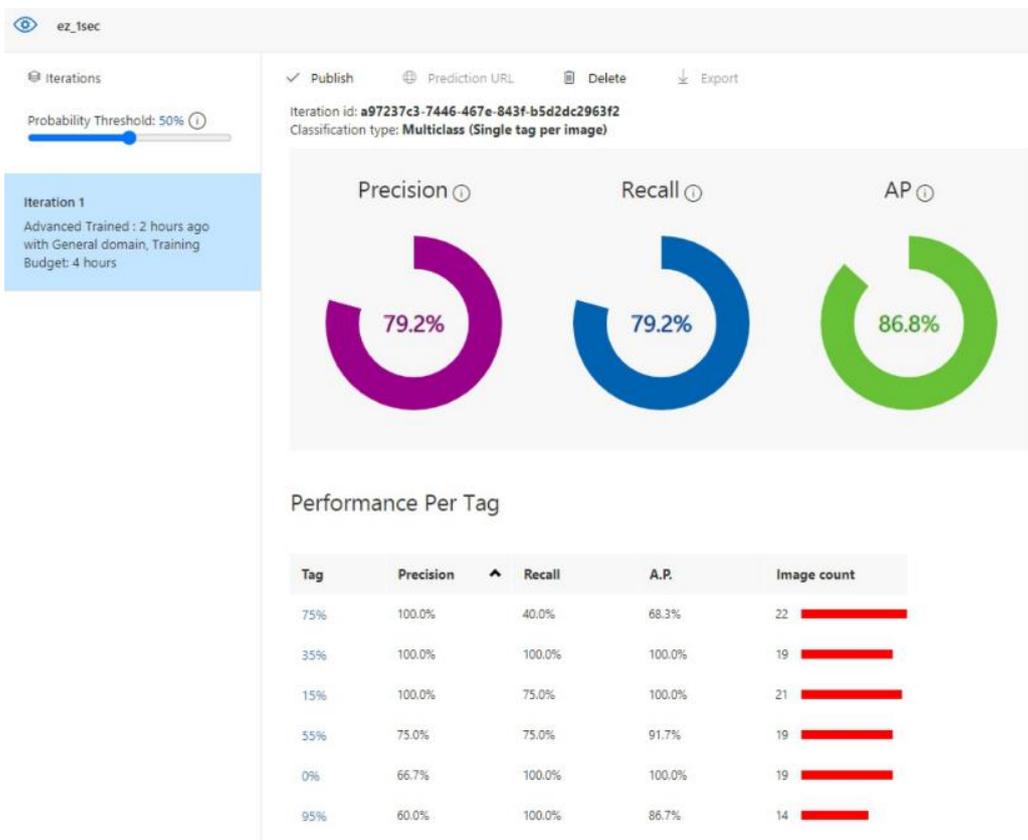
AI 的訓練模型結果，NOKIA X71(如圖 6.所示)、HTC U12(如圖 7.所示)還是 ezOxygen(如圖 8.所示)，三者的辨識率都可達 75%以上的 Precision 或 Recall。



(圖 6.NOKIA X71 的分辨率)



(圖 7. HTC U12 的分辨率)



(圖 8.ezOxygen 的分辨率)

Precision: $TP / (TP + FP)$ ，表示資料中預測為正確目標但結果有正確分類為目標的比例。

Recall: $TP / (TP + FN)$ ，表示資料中的所有目標被正確分類為目標的比例。

AP (average precision): 多用於 object detection，可視為 Precision 與 Recall 的綜合指標。

舉例：有個分類問題要分「狗」和「不是狗」

Precision:

所有被檢測為目標 = 所有被模型判斷為狗的個數

$$\frac{\text{是狗且被模型判斷為狗的個數 (TP)}}{\text{是狗且被模型判斷為狗的個數 (TP) + 不是狗且被模型判斷為狗的個數 (FP)}}$$

Recall:

資料中的所有目標 = 資料中為狗的個數

$$\frac{\text{是狗且被模型判斷為狗的個數 (TP)}}{\text{是狗且被模型判斷為狗的個數 (TP) + 是狗但被模型判斷為不是狗的個數 (FN)}}$$

		Recall		
		真實情況		
		狗	不是狗	Precision
模型	狗	是狗且被模型判斷為狗的個數 (TP)	不是狗且被模型判斷為狗的個數 (FP)	
	不是狗	是狗但被模型判斷為不是狗的個數 (FN)	不是狗且被模型判斷為不是狗的個數 (TN)	

陸、討論

問題一： 雖然已將擺錘距離及位置固定，但每次敲擊的狀況還是可能有偏移，造成音訊收集的變異。

答案： 可將圓形容器變更為方型容器，讓可被敲擊的面積加大，避免單點敲擊的困難度及變異。

問題二： AI 訓練的預測性在不同濃度結果不一，準度率可能不佳。

答案： 因 AI 訓練的數據量較少，造成 AI 模型建模的預測性易有偏差，若能將數據量增加再去訓練，可提升預測準確性。

問題三： 所有時間區間的音訊時譜圖同時丟進去訓練 AI，準確率偏低

答案： 因不同時間區間的音訊時譜圖特徵點不同，過多的特徵點易讓 AI 混淆，無法有效辨識正確特徵，若能將特徵再細化後，用不同的特徵訓練，可讓 AI 模型準確率提升。

問題四： 如何提升精準度？

答案： 因為轉時譜圖的圖面會自動帶出檔名及 X、Y 軸的標示，這些資訊都會干擾 AI 訓練，造成 AI 在抓特徵訓練建模時抓錯特徵，除了訓練的準確性較差外，也容易造成預測錯誤，因此後續可再重新處理時譜圖圖檔，將邊框去掉，甚或分頻率段切圖檔，將特徵點更 narrow，可提升 AI 的準確性

柒、結論

本次的實驗證明出了聲音在相同環境不同濃度的溶液中所產生的聲音是不同的，而且這些差異可以透過時譜圖呈現，並藉由 AI 進行訓練後有效判斷。而敲擊響應的時間會隨著濃度的增減而呈現線性下降，雖然到較低濃度時差異性不大，導致在分辨較低濃度時分辨不出來，但之後可以試著用分頻率範圍、或是提升樣本數目等方式使 AI 準確率更加提升，讓差異性更能顯現出來進而提高分辨率。此次的實驗可以幫使判斷酒精濃度變得簡單、容易，也不容易出錯，稀釋錯了，或水忘記加到多少，敲一下便可以知道濃度範圍大約在哪裡，而在未來若繼續發展應用也非常廣，例如：

一、酒廠檢驗濃度的方面：但上都含有雜質高粱酒、葡萄酒或梅酒等，需要做進一步的實驗來驗證內含有雜質的酒品是否對實驗數據會有影響。

二、若有購買如乾洗手等消毒用品，也可能可以利用它來檢測出商品內含或添加的濃度，提供使用者評估產品功能的依據。

捌、參考資料及其他

一：(註 1) 取用自：ETtoday 健康雲：酒精濃度愈高消毒力越好？原來「這範圍」殺菌效果都 99% 啦 (2018 年 09 月 07 日)

<https://health.ettoday.net/news/1252855>

二：聲波的傳播速率

http://www.nani.com.tw/jlearn/natu/ability/a2/3_a2_5.htm

三：jayden_MSMTF，取用自：vocus 方格子：如何配製 75% 消毒用酒精？ (2019 年 04 月 03 日)

https://www.vocus.cc/MSMTF_skincareDIY_80/5ca4586ffd89780001cfc13f

四：時譜圖說明，取自維基百科

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%97%B6%E9%A2%91%E8%B0%B1>

五：Tommy Huang，取用自：Medium：深度學習系列: 什麼是 AP/mAP? (2018 年 09 月 14 日)

<https://medium.com/@chih.sheng.huang821/%E6%B7%B1%E5%BA%A6%E5%AD%B8%E7%BF%92%E7%B3%BB%E5%88%97-%E4%BB%80%E9%BA%BC%E6%98%AFap-map-aaf089920848>

【評語】 052411

本作品利用在不同介質(濃度)中產生不同共鳴聲譜原理，來辨識酒精濃度。作者利用微軟線上 AI—AZURE 軟體，將不同濃度酒精所產生聲音時譜圖分析，作為 AI 辨識依據。透過 AI 訓練，達到可以用 AI 去辨識不同酒精濃度。構想有新意，但實驗時遭遇可影響其準確度之因素相當多，作者僅提出可能原因與解決方法，並未能驗證之。本作品實驗次數仍有限，宜增加實驗次數訓練 AI，找出更精確的特定音頻與酒精濃度關係。如何排除背景噪音？如何提高精確度、可靠度及靈敏度，仍有待實證。未來若能分辨不同種類酒品，將更有應用價值。

酒度計

摘要

本次的研究是利用聲音在不同介質中所產生的共鳴聲譜，來辨識不同濃度的酒精。不同濃度的酒精其作為聲音傳導介質的影響也會有所差異。在同體積、同敲擊力道下，但不同濃度的酒精來進行聲音錄製實驗，將這些音訊檔案轉換成特定時間長度的時譜圖後，利用分組訓練的方式，讓人工智慧（AI）去辨識不同的酒精濃度。初步結果可以發現，相同敲擊力道下，不同濃度的酒精的聲音時譜圖在頻率反映、強度、以及持續時間均有變化，且其變化與濃度正相關。

壹、研究動機

常常在新聞或者在長輩口中聽到說敲打瓜類水果能分辨出甜或不甜，這個原理是聲音在不同糖分濃度（介質），或是果實的空心與實心程度的影響。最近因為新冠肺炎疫情因素，消毒酒精顯得格外重要，但配製大量消毒濃度的酒精，容易在配製過程中因為液面刻度沒看好、忘記抽取的高濃度酒精液體體積、或是忘記關上酒精容器的瓶蓋導致揮發等，都可能導致整瓶酒精容液濃度不在 70~75% 的範圍而失去消毒功能。因此本團隊想到是否有更好的方式例如利用不同濃度酒精敲擊聲音的差異，並透過 AI 訓練，達到可以用 AI 去辨識不同酒精濃度目的。而在 AI 越來越普及的時代，如何去應用把它發揮到最大效益，也是本次實驗所希望學習與實作的知識和技能。

貳、研究目的：

- 一、了解聲音在不同介質間傳播的關係。
- 二、在未來可做檢驗酒精濃度之用途，使配製酒精容易變簡單。
- 三、進一步實驗可檢測出內含有雜質（酒精以外的添加物）之酒品。
- 四、檢測低濃度之酒品。
- 五、讓酒廠更容易去檢測酒品中酒精的含量。
- 六、能夠迅速且高精準度的去辨識各種不同濃度的酒精。

參、研究設備及器材

一	400 毫升的 95%酒精	八	（ezOxygen，智能肺活量穿戴裝置）並合併使用不同的智慧手機之錄音功能。
二	血清瓶一個	九	Audacity 音訊分析軟體
三	100mL 量筒一個	十	電腦（分析用、轉換時譜圖使用）
四	燒杯兩個	十一	Spek 頻譜分析軟體
五	軌道系統一個	十二	手機兩支（NOKIA X71、HTC U12+）
六	滴管五支	十三	手機 APP Amazing MP3
七	蒸餾水		

研究過程

一、溶液製備

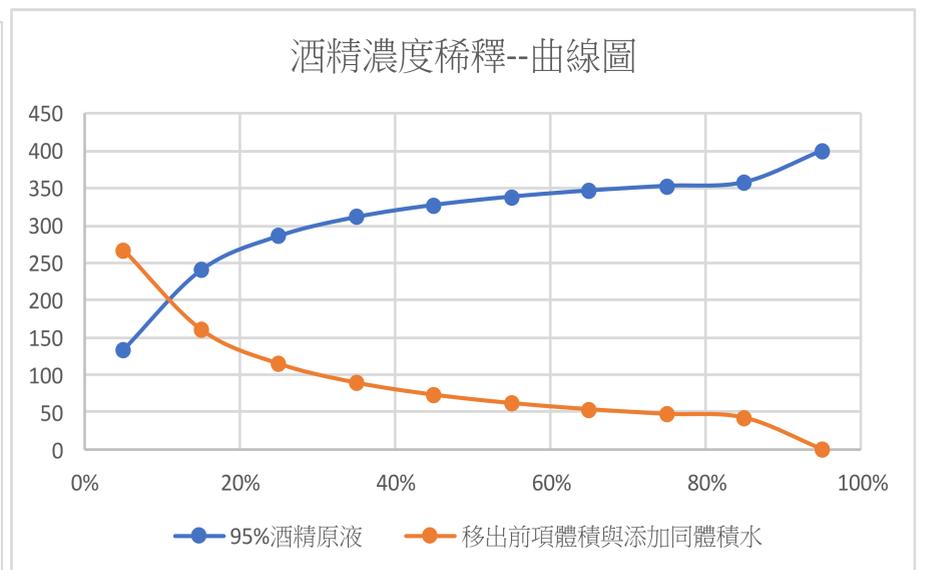
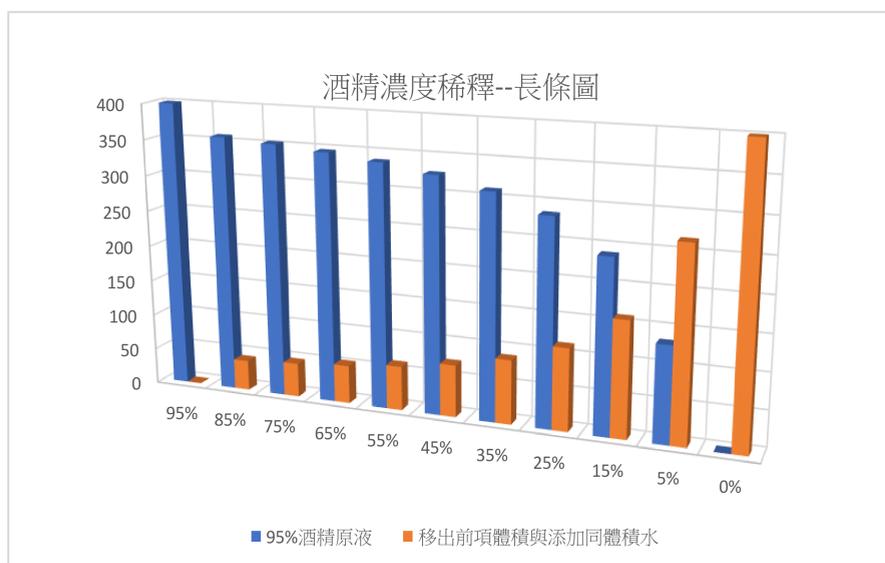
（一）：先取出 95%酒精 400mL 放入血清瓶。

（二）：利用量筒進行不同濃度之配置。

溶液百分比之配置方法如下：

每 100 毫升的溶液中含有溶質的毫升數

$$\text{體積百分濃度} = \frac{\text{溶質體積 (mL)}}{\text{溶液體積 (mL)}} \times 100\%$$



二、錄製聲音

把濃度配置完成的酒精倒出400mL，裝入血清瓶後將改裝過具有集音ezOxygen設備開機，且按下該設備之測試鍵（會啟動錄音時間為10秒），另將兩支手機(hTC U12+, Nokia X71)安裝 Amazing MP3並與ezOxygen設備皆在共同一條水平線上，成平行（如圖5.所示），且軌道長22公分、軌道直徑寬3公分、軌道系統與容器距離22公分。開始錄音時，利用彈珠滑下軌道之撞擊瞬間，敲擊容器，等待錄音完成。在錄音期間注意是否有背景噪音干擾，否則會影響實驗數據和結果，另軌道系統與容器下方放置毛巾用以吸收彈珠落下時所產生非必要之聲音。其餘酒精濃度皆重複上述的步驟，並設有一組無酒精之蒸餾水（0%）作為背景值，做為濃度調整以及控制組使用。

三、音訊分析與音頻分析

實驗完成後進入音頻分析，本實驗使用的音訊剪輯軟體Audacity與頻譜分析軟體Spek皆為開源且免費使用之聲音剪輯與分析軟體。透過Audacity音訊剪輯軟體，把錄製好的音訊剪輯為1秒的時間長度，且涵蓋完整的敲擊聲音。剪輯完畢後開啟Spek頻譜分析軟體，把剪輯完成的音訊在Spek中開啟，轉換成時譜圖後先存檔，等全部都轉換完後就可以進AI訓練。



圖5.三台設備皆呈平行

四、AI 訓練和分析

本次實驗使用的是微軟線上雲端服務 Azure，可供 AI 訓練模型，任何人都可以使用，開通帳戶時須付 1 元新台幣作為手續費，進去後是隨用隨付，用多少付多少。每個使用者可以同時有 2 個免費的專案可供使用，且功能和付費的專案並無差異。

訓練 AI 大致會有以下兩個選項：

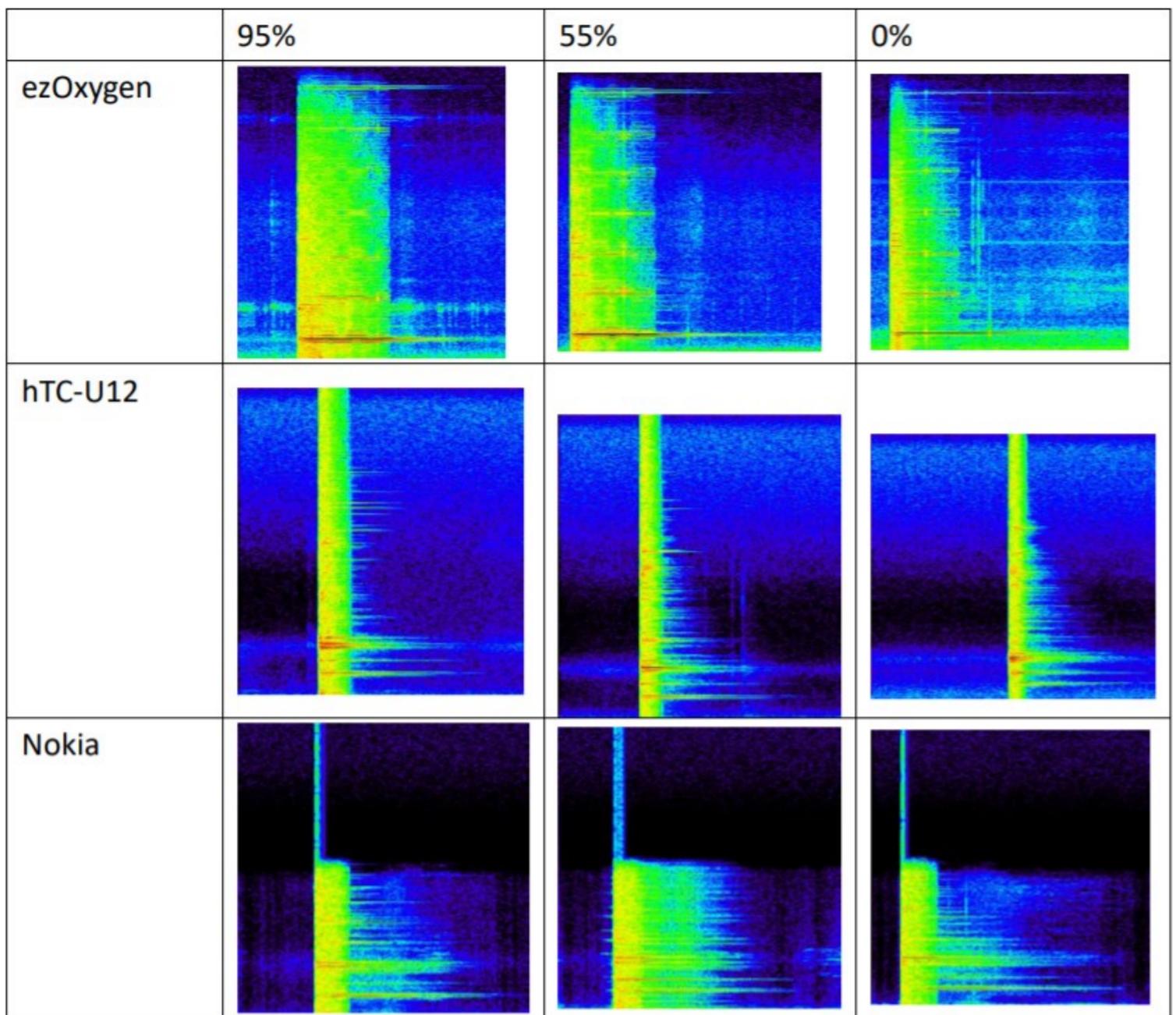
- 一： Classification，係指物體分類。
- 二： Custom Vision/Object Detection，客製視覺，係指物體檢測。

舉例來說：在同一張圖片中有虎斑貓、拉不拉多、台灣獼猴，蒙古馬，Classification 僅可分辨出這是馬、是狗、是貓，還是猴子，且 Classification 僅能辨識出其中一個相對比較清楚的物體。

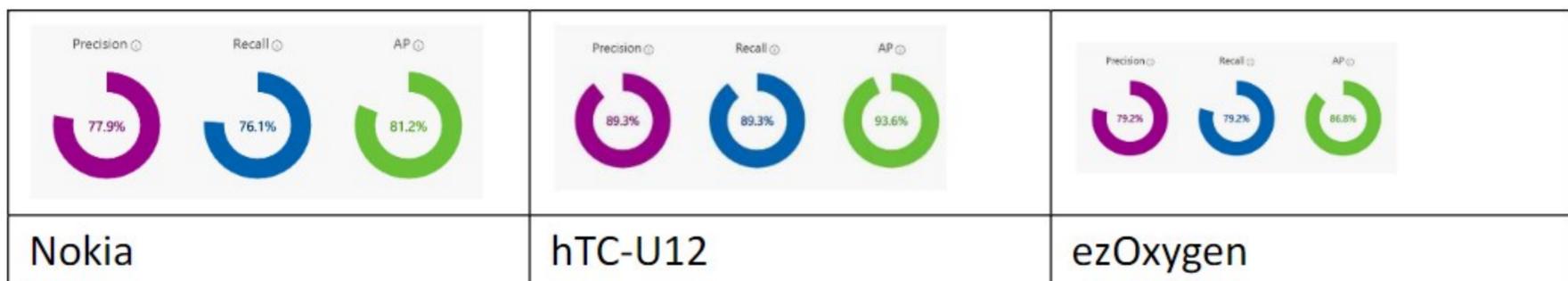
而 Custom Vision/Object Detection 能分辨出貓是虎斑貓、狗是拉不拉多、猴子是台灣獼猴，馬是蒙古馬，且 Object Detection 能在一張圖片中辨識能夠辨識出多個物體及其位置，相對 Classification 來說，Custom Vision/Object Detection 是功能比較強大，且輸出較多資訊的選擇。

因本次實驗只需要在一張基於音訊轉出的時譜圖中辨識出相對濃度的聲音訊息，所以使用 Classification 即可滿足實驗需求。

把轉好時譜圖的圖檔依據相對的酒精濃度進行上傳，三個機型分別各開一個專案，因為每個機型能錄製到的分貝數都不盡相同，若都把三種機型的時譜圖都放在同一個專案裡訓練，會導致模型在訓練過程中會被影響，分辨率就會降低，進而影響整個實驗。



(三種機型所錄製出來不同濃度的音訊(已轉成時譜圖))



(三種不同機型 AI 訓練之結果)

結論

本次的實驗證明出了聲音在相同環境不同濃度的溶液中所產生的聲音是不同的，而且這些差異可以透過時譜圖呈現，並藉由 AI 進行訓練後有效判斷。而敲擊響應的時間會隨著濃度的遞減而呈現關聯性的下降，在低濃度(<XX %)後的聲音響應時間差異性降低，導致本發法的低濃度偵測極限受限較不易分辨，但未來仍可嘗試用聲音頻率範圍、或是提升樣本數目等方式使 AI 模型的準確率更加提升，讓 AI 聲音檢測酒精濃度更具有大的濃度檢測區間與實用性。此次的實驗可以幫使判斷酒精濃度變得簡單、容易，也不容易出錯，稀釋錯了，或水忘記加到多少，敲一下便可以知道實際酒精濃度範圍。在未來若繼續發展應用包括：

一、酒廠檢驗濃度的方面：原酒液可能具有較多的雜質，如高粱酒、葡萄酒或梅酒等；但是經過過濾後，仍應該具有一定的機會直接使用這個方式確認酒精濃度，且快速又無需耗損成品。將可做進一步的實驗來驗證不同釀造酒、蒸餾酒、或是內含有雜質的酒品是否對實驗數據會有影響。

二、若有購買如乾洗手等消毒用品，也可能可以利用它來檢測出商品內含或添加的濃度，提供使用者評估產品功能的依據。