

屏東縣第 63 屆國中小學科學 展覽會作品說明書

科 別：生活與應用科學科

組 別：國中組

作品名稱：CD 再 PLAY

關 鍵 詞：取樣頻率、立體聲位元率、音訊檔格式、儲存容量

編號：B6004

目錄

壹、研究動機	1
貳、研究目的	1
參、研究設備及器材	1
肆、研究過程及方法	2
伍、研究結果	3
陸、結論	15
柒、參考資料	16

CD 再 PLAY

摘要

先從聲音三要素與電腦取樣速率及位元率、立體聲位元率(輸出平均位元率)等知識建立，再使用音樂擷取軟體 WMP 及 iTunes 進行 CD 音樂轉換成不同音訊檔格式，並對同首歌轉換的音訊檔利用 Excel 進行擷取時間、檔案容量比較及利用 SonicVisualiser 進行音檔波形分析，從數據中尋找較適合的音訊檔格式為 CD 進行備份保存。

壹、研究動機

家中老舊的 CD 撥放器已經無法再工作(讀寫光源已故障)，想再聽老爸口中年輕美好的音樂回憶已成傳說。所幸學校尚有光碟機可撥放回味，不然只剩 CD 及盒上精美封面風情可欣賞。回家整理老爸 CD 發現部分表面已剝落無法使用，於是想找出可保存這些音樂的方法！頭先想用最簡單的方法—購買防潮箱，但 CD 的數量太多空間無法容納再加上分類不易，又不想買價格昂貴的 CD 轉檔機(轉檔格式較少);於是請教資訊教師找到最實用的方法—使用電腦進行 CD 轉檔。執行的過程中雖然耗時，更大的收穫是學到多種音訊檔的知識及優缺點，還有將老爸的回憶保存為永久的記憶。

貳、研究目的

使用 Window Media Player、iTunes 軟體進行 CD 轉多種音訊檔，學習設定不同條件:改變取樣頻率、位元率、音訊檔格式、立體聲位元率(輸出平均位元率)等，利用 Excel 比較轉各音訊檔所需時間、檔案大小，並使用 Sonic Visualizer 分析音訊檔的波形，從數據中尋找較適合的音訊檔格式進行備份保存。

參、研究設備及器材

一、研究設備

- 1.Transcend 光碟機
- 2.hp 筆電(規格 i7-8565U CPU @ 1.80GHz，16GB RAM)
- 3.ipad5

二、研究用軟體

- 1.Window Media Player、iTunes
2. Excel
- 3.Sonic Visualizer

肆、研究過程及方法

研究過程主要分為五項進行: 一. 使用 Window Media Player、iTunes 為 CD 轉多種音訊檔，二.運用 EXCEL 繪圖觀察 CD 轉多種音訊檔後儲存容量變化與相關性，三.藉由 ipad 錄影紀錄 CD 轉多種音訊檔的擷取時間，四.使用 Sonic Visualizer 分析音訊檔的波形，五.由數據分析後提出較適合的 CD 轉音訊檔格式。

一. 使用 Window Media Player、iTunes 為 CD 轉多種音訊檔

使用上述軟體轉檔過程中，發現除常見的 MP3、M4A、WAV 格式外，尚有 AAC、FLAC 等格式選擇。而本組研究的目標則鎖定前三種格式進行研究，並改變這三種格式擷取過程中的取樣頻率、位元率、立體聲位元率(輸出平均位元率)再做細項分析。

二. 運用 EXCEL 繪圖觀察 CD 轉多種音訊檔後儲存容量變化與相關性

CD 轉音訊檔 MP3、M4A、WAV 格式後，使用 Excel 繪圖比較三者與原始 CD 的儲存容量變化與相關性。

三. 藉由 ipad 錄影紀錄 CD 轉多種音訊檔的擷取時間

CD 轉音訊檔 MP3、M4A、WAV 格式過程，使用 ipad 錄影紀錄所需時間，比碼表計時精準且使用影片快轉功能檢視，可節省人力計時時間與誤差;此外亦用 Excel 繪圖比較三者轉檔時間與原始 CD 的儲存時間相關性。

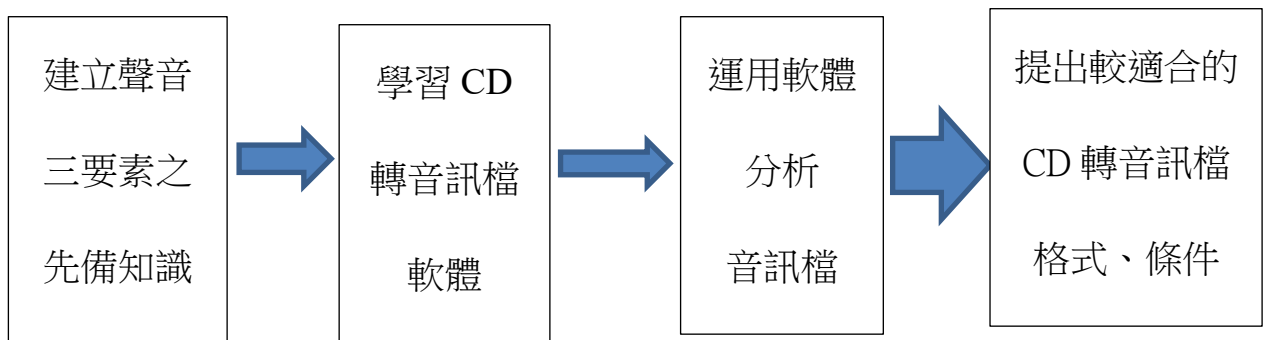
四. 使用 Sonic Visualizer 分析音訊檔的波形

Sonic Visualizer 分析 MP3、M4A、WAV 格式音訊檔的波形及響度後，由資料中找出三者的差異。

五. 由數據分析後提出較適合的 CD 轉音訊檔格式、條件

綜合上述二~四項數據(儲存容量、擷取時間、波形及響度等)，提出 MP3、M4A、WAV 格式音訊檔的優缺點，作為運用轉檔保存 CD 聲音的參考。

研究過程

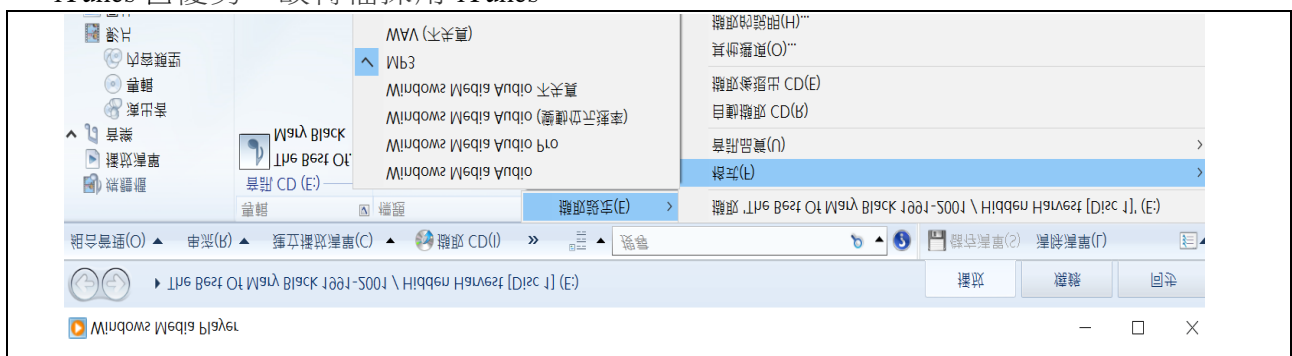


--- 2 星期-----2 星期-----12 星期-----8 星期---

伍、研究結果

一.使用 Window Media Player、iTunes 為 CD 轉多種音訊檔

使用 Window Media Player 轉檔格式有 8 種，iTunes 只有 5 種。但若僅採用 MP3、M4A、WAV 格式(兩者皆有)及取樣頻率、位元率、立體聲位元率(輸出平均位元率)選項數量，iTunes 占優勢，故轉檔採用 iTunes。



圖一 設定轉音訊檔格式



圖二 設定音訊檔取樣頻率及位元率

CD 轉音訊檔 MP3、M4A、WAV 格式後，發現 WAV 原始設定為取樣頻率 44100Hz、位元率 16 位元會轉換成立體聲位元率(輸出平均位元率)1411kbps，若取樣頻率 44100Hz、位元率 8 位元會轉換成立體聲位元率 705kbps、取樣頻率 22050Hz、位元率 16 位元會轉換成立體聲位元率 705kbps、取樣頻率 44100Hz、位元率 8 位元會轉換成立體聲位元率 352kbps。

MP3 原始設定為取樣頻率 44100Hz、22050Hz 與立體聲位元率(輸出平均位元率)，CD 轉 MP3 其立體聲位元率與原設定相同。

M4A 原始設定為取樣頻率 44100Hz、22050Hz 與立體聲位元率(輸出平均位元率)，CD 轉 M4A 後在立體聲位元率的部分會比原始設定稍微降低。例取樣頻率與立體聲位元率為(44100Hz,256kbps 降為 253kbps)、(44100Hz,128kbps 降為 126kbps)、(22050Hz,128kbps 降為 124kbps)。

二. 運用 EXCEL 繪圖觀察 CD 轉多種音訊後儲存容量變化與相關性

CD 轉各種音訊檔及不同條件下，發現樣本 CD 整張為 662MB，經 **WAV 取樣頻率 44100Hz、立體聲位元率 1411kbps** 儲存容量為 659.3MB 與 CD 相近幾乎沒有減少；**M4A 取樣頻率 44100 或 22050Hz、立體聲位元率 128kbps** 的儲存容量 58.5MB 是最小的。

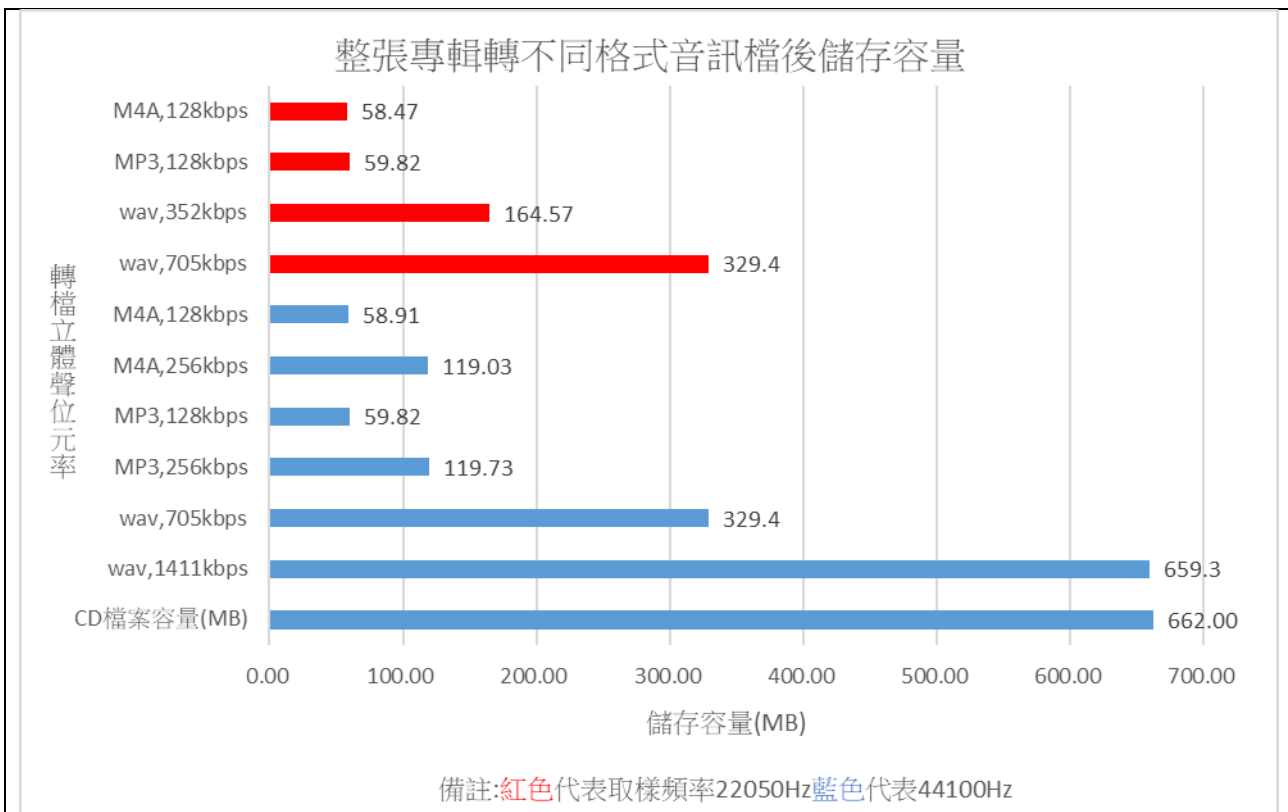
比較 MP3 與 M4A 在相同的取樣頻率及立體聲位元率條件下，兩者的儲存容量相近。同時從表一可得知相同的立體聲位元率，改變 MP3 與 M4A 取樣頻率，儲存容量幾乎相同。(44100Hz,128kbps)、(22050Hz,128kbps)的 MP3 與 M4A 對樣本 CD 整張的轉檔容量皆相近為 59MB。但若相同的取樣頻率，改變 MP3 與 M4A 立體聲位元率 128 變為 256kbps，儲存容量幾乎變為 2 倍。(44100Hz,128kbps)變(44100Hz,256kbps)的 MP3 與 M4A 對樣本 CD 整張的轉檔容量皆倍增為 119MB。

(44100Hz,705kbps)、(22050Hz,705kbps)的 WAV 對樣本 CD 整張的轉檔容量皆相近為 329.4MB。(44100Hz,705kbps)變(44100Hz,1411kbps)的 WAV，儲存容量幾乎變為 2 倍成為 659.3MB。所以 WAV 轉檔容量與立體聲位元率相關，與取樣頻率無關。

歌曲	取樣頻率44100kHz 轉檔後各格式音訊檔容量(MB)							取樣頻率22050Hz				
	CD檔案容量(MB)	檔案格式	wav,1411kbps	wav,705kbps	MP3,256kbps	MP3,128kbps	M4A,256kbps	M4A,128kbps	wav,705kbps	wav,352kbps	MP3,128kbps	M4A,128kbps
1	40.48		39.40	19.70	7.16	3.58	7.16	3.51	19.70	9.87	3.58	3.49
2	38.41		37.40	18.70	6.80	3.40	6.71	3.33	18.70	9.36	3.40	3.32
3	34.97		40.80	20.40	7.41	3.70	7.45	3.67	20.40	10.20	3.70	3.64
4	41.17		40.20	20.10	7.29	3.65	7.15	3.53	20.10	10.00	3.65	3.52
5	50.64		49.40	24.70	8.97	4.48	8.94	4.41	24.70	12.30	4.48	4.38
6	38.59		37.60	18.80	6.82	3.41	6.93	3.43	18.80	9.40	3.41	3.37
7	45.30		44.20	22.10	8.04	4.02	8.09	3.98	22.10	11.00	4.02	3.95
8	40.83		39.80	19.90	7.23	3.61	7.09	3.57	19.90	9.96	3.61	3.54
9	35.31		34.50	17.20	6.27	3.13	6.17	3.07	17.20	8.63	3.13	3.05
10	39.79		38.80	19.40	7.05	3.52	7.01	3.46	19.40	9.71	3.52	3.44
11	45.13		44.10	22.00	8.01	4.00	8.03	3.92	22.00	11.00	4.00	3.90
12	38.41		37.50	18.70	6.81	3.40	6.81	3.33	18.70	9.38	3.40	3.32
13	43.24		42.30	21.10	7.67	3.83	7.55	3.77	21.10	10.50	3.83	3.74
14	38.76		37.80	18.90	6.87	3.43	6.83	3.44	18.90	9.46	3.43	3.34
15	35.49		41.30	20.60	7.50	3.75	7.53	3.67	20.60	10.30	3.75	3.66
16	55.47		54.20	27.10	9.83	4.91	9.58	4.82	27.10	13.50	4.91	4.81
整張專輯	661.99518		659.3	329.4	119.73	59.82	119.03	58.91	329.4	164.57	59.82	58.47

註:kbps 代表立體聲位元率(輸出平均位元率)

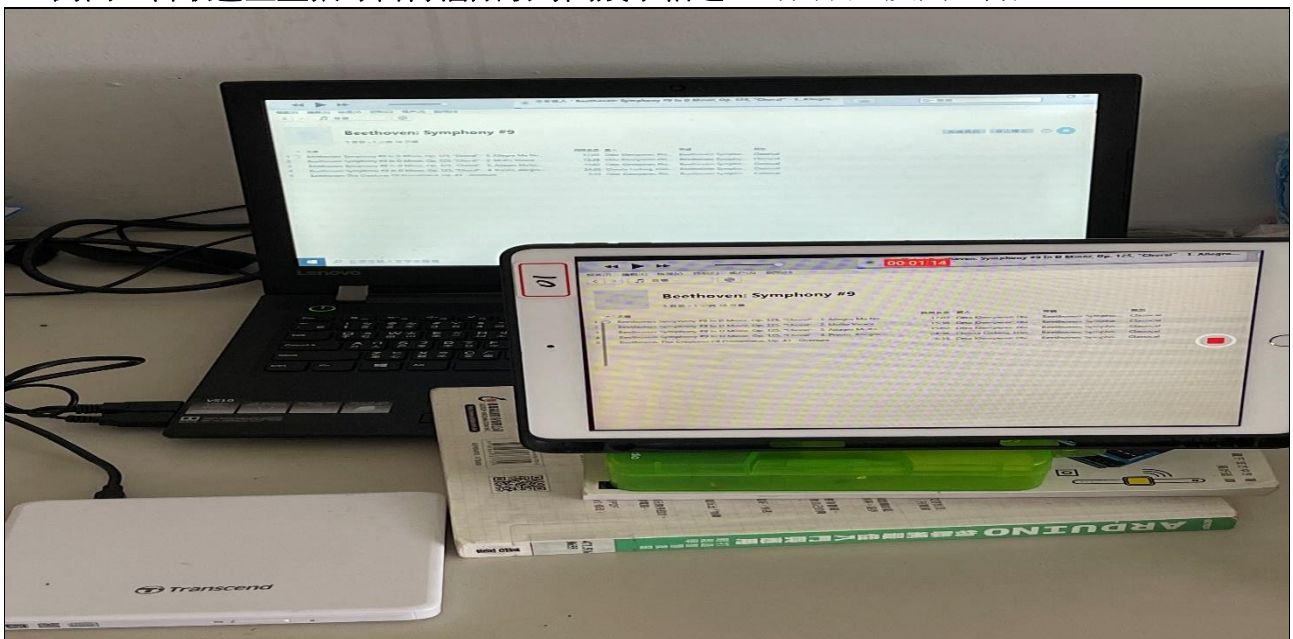
表一 CD 轉檔後不同格式及條件檔案容量變化量



圖三 CD 轉各種格式音訊檔的儲存容量

三. 藉由 ipad 錄影紀錄 CD 轉多種音訊檔的擷取時間

CD 轉音訊檔 MP3、M4A、WAV 格式過程，使用 ipad 錄影紀錄所需時間(圖四)，會發現不同取樣頻率(44100、22050Hz)、位元率(16、8 位元)、立體聲位元率(輸出平均位元率)，對同一首歌甚至整張專輯轉檔擷取時間幾乎相近，可由表二及圖四得知。

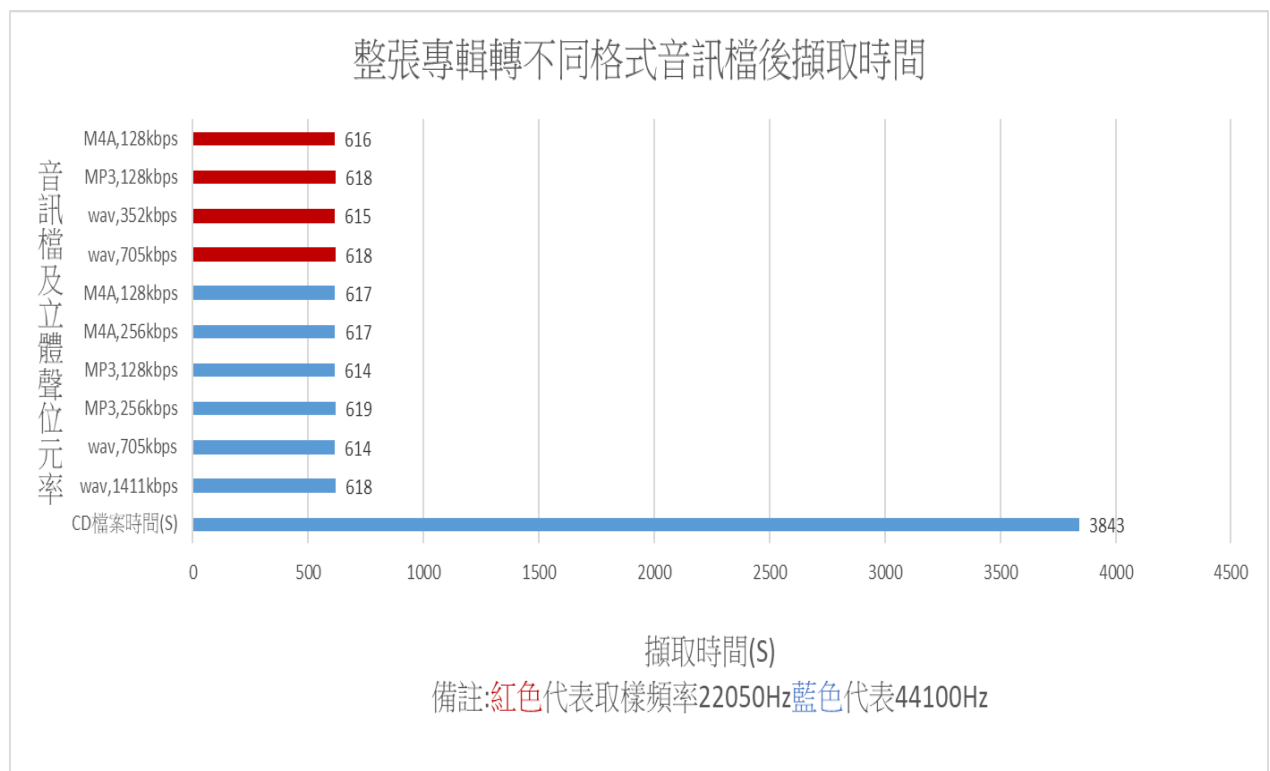


圖四 使用 ipad 錄影紀錄所需時間

歌曲	CD檔案時間(S)檔案格式	取樣頻率44100Hz 擷取時間(s),轉各種音訊檔所需秒數						取樣頻率22050Hz			
		wav,1411kbps	wav,705kbps	MP3,256kbps	MP3,128kbps	M4A,256kbps	M4A,128kbps	wav,705kbps	wav,352kbps	MP3,128kbps	M4A,128kbps
1	235	59	55	58	57	57	57	60	57	60	59
2	223	49	50	49	49	49	49	49	48	49	48
3	203	50	49	50	49	49	49	49	50	49	48
4	239	45	45	45	45	45	45	45	43	45	45
5	294	50	51	51	51	51	51	51	52	51	50
6	224	38	37	37	38	37	37	36	36	37	37
7	263	41	40	40	40	41	41	41	42	41	42
8	237	34	34	36	36	36	36	36	35	35	36
9	205	31	31	30	29	29	29	29	29	30	29
10	231	31	31	33	33	33	33	32	32	32	32
11	262	35	35	34	34	34	34	35	35	35	35
12	223	29	29	30	29	30	30	29	29	29	29
13	251	31	32	30	30	30	30	31	31	31	31
14	225	28	28	28	28	28	28	28	28	27	27
15	206	29	29	29	28	29	29	29	29	29	30
16	322	38	38	39	38	39	39	38	39	38	38
整張專輯	3843	618	614	619	614	617	617	618	615	618	616

註:kbps 代表立體聲位元率(輸出平均位元率)

表二 CD 轉檔不同格式所需擷取時間

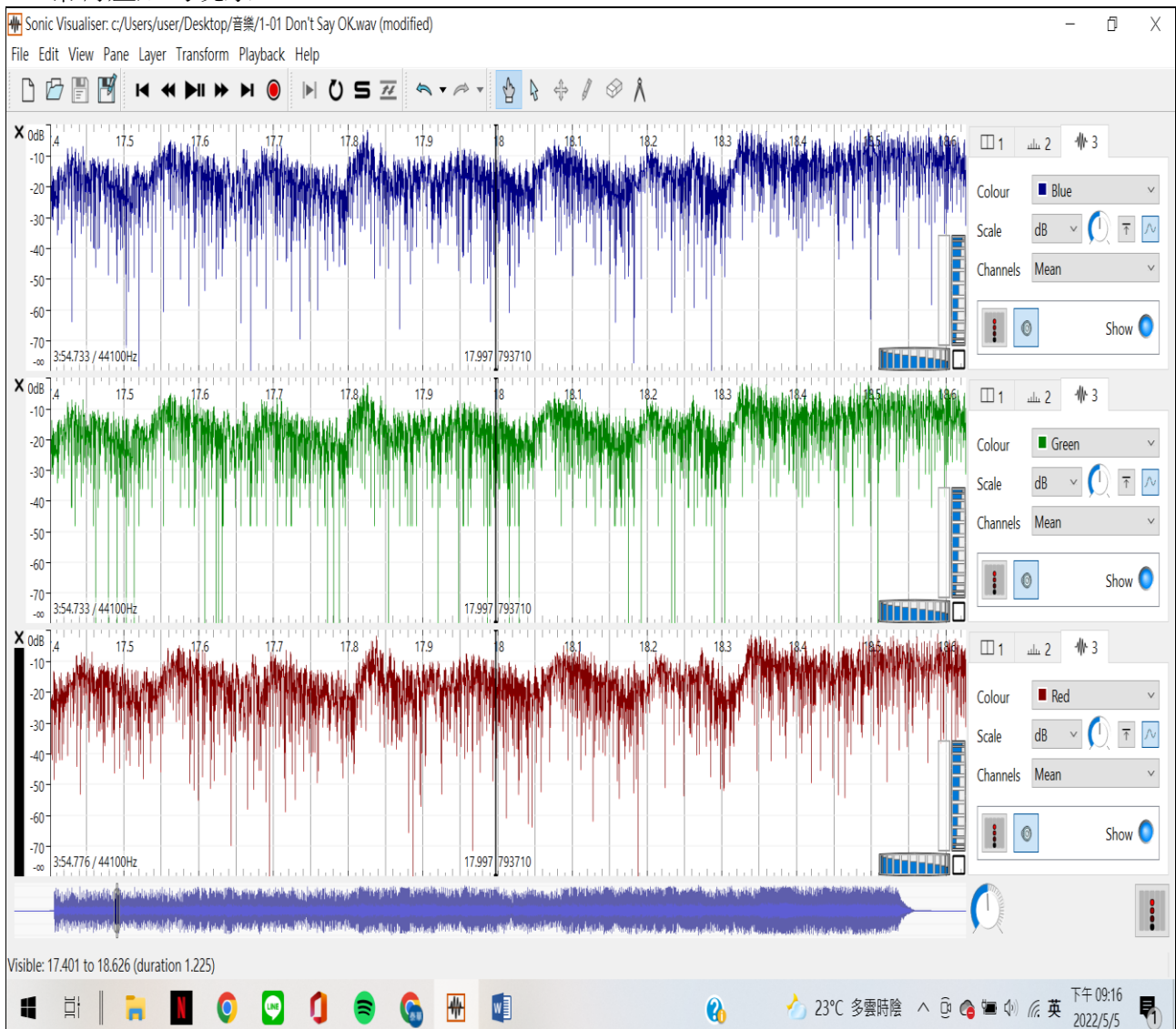


圖四 CD 轉檔不同格式所需擷取時間

四. 使用 Sonic Visualizer 分析音訊檔的波形

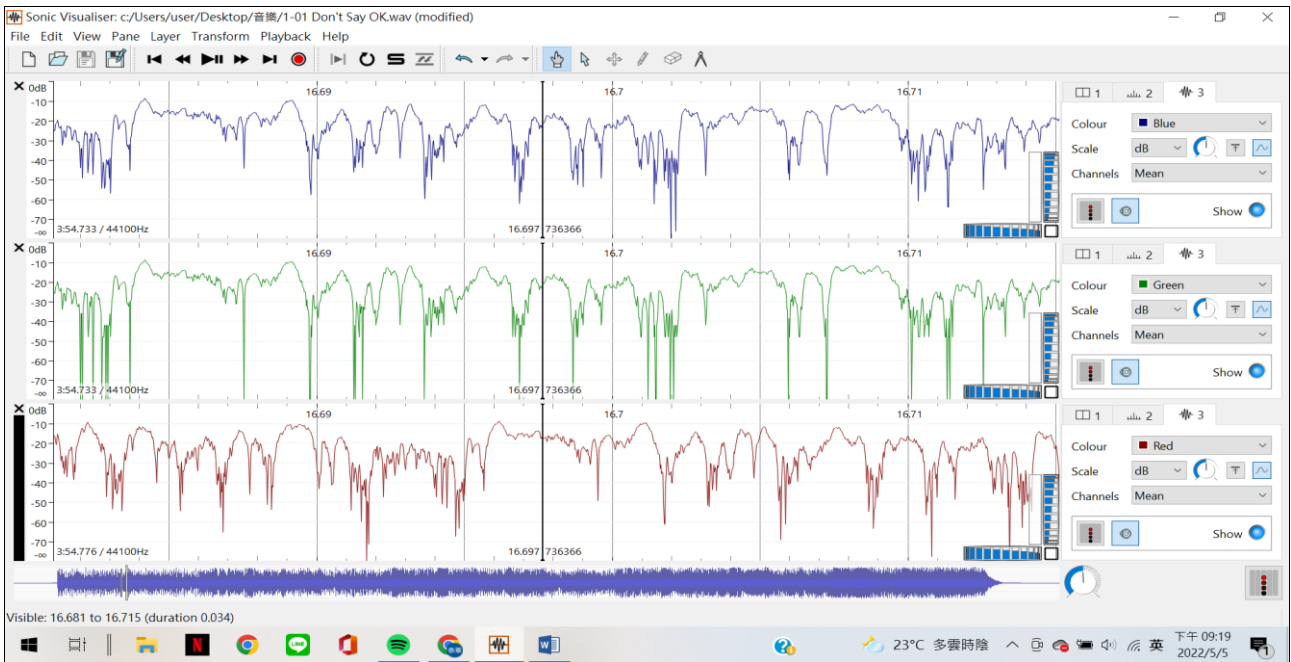
電腦中最常見的聲音格式為 WAV 檔，可說是不失真的數位音樂檔案，不過相當消耗儲存空間，所以將音訊檔 WAV 格式及條件為取樣頻率 44100Hz、立體聲位元率 1411kbps 視為與 CD 音質相同作為基準，運用 Sonic Visualizer 分析不同 MP3、M4A、WAV 格式音訊檔及條件設定產生的波形及響度進行比較。

由圖五觀察波形:兩 WAV (皆 44100Hz、上為 1411kbps，中為 705 kbps)及音樂檔 MP3 (最下者 44100Hz、256kbps)，時間間隔為 0.1 秒，三者差異不大。圖六時間間隔為 0.01 秒，可看出兩 WAV 檔有差異不大，但 MP3 出現明顯波形差異，再取時間間隔為 0.001 秒圖七，兩 WAV 檔或有些許差異，但波形保持相近，MP3 則出現波形及音量與兩 WAV 檔常有差距的現象。



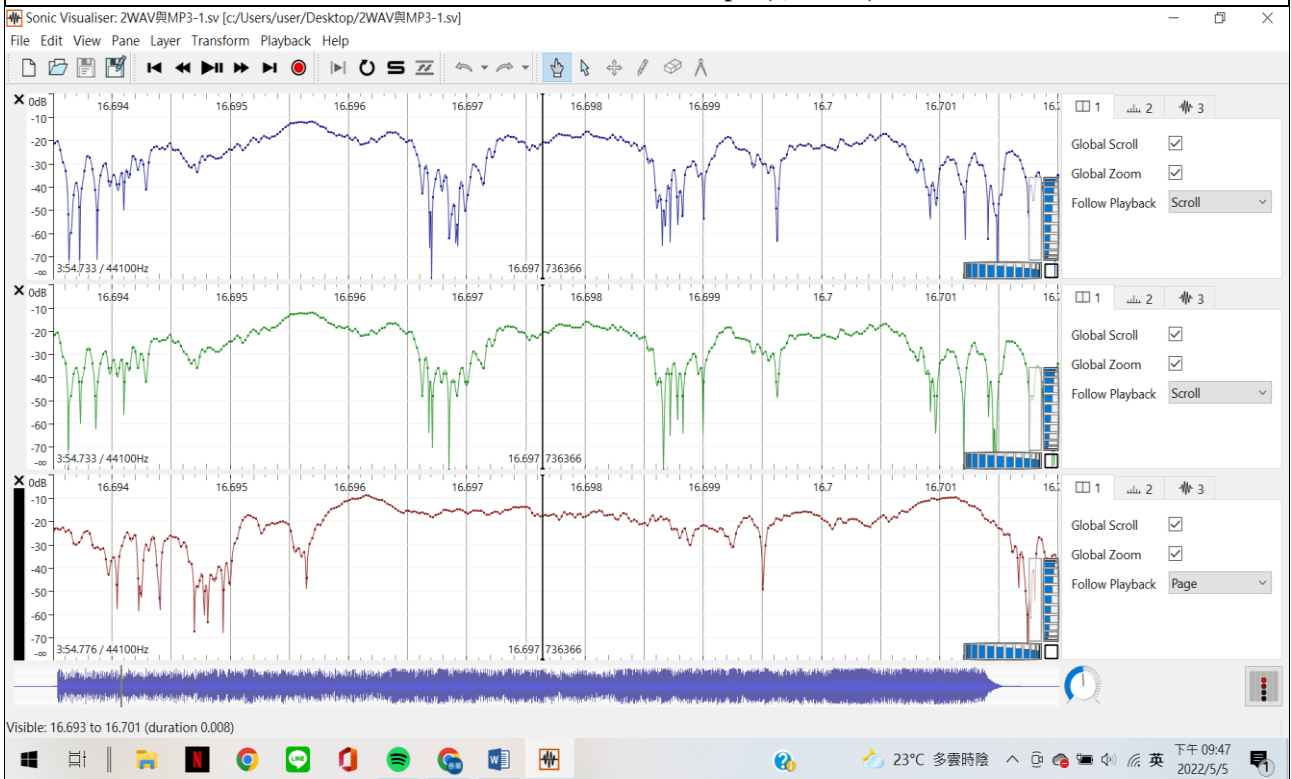
圖五時間間隔 0.1 秒

WAV 格式及條件取樣頻率為 44100Hz、立體聲位元率 1411kbps(上)，705kbps(中)
MP3 44100Hz、256kbps (最下者)



圖六時間間隔 0.01 秒

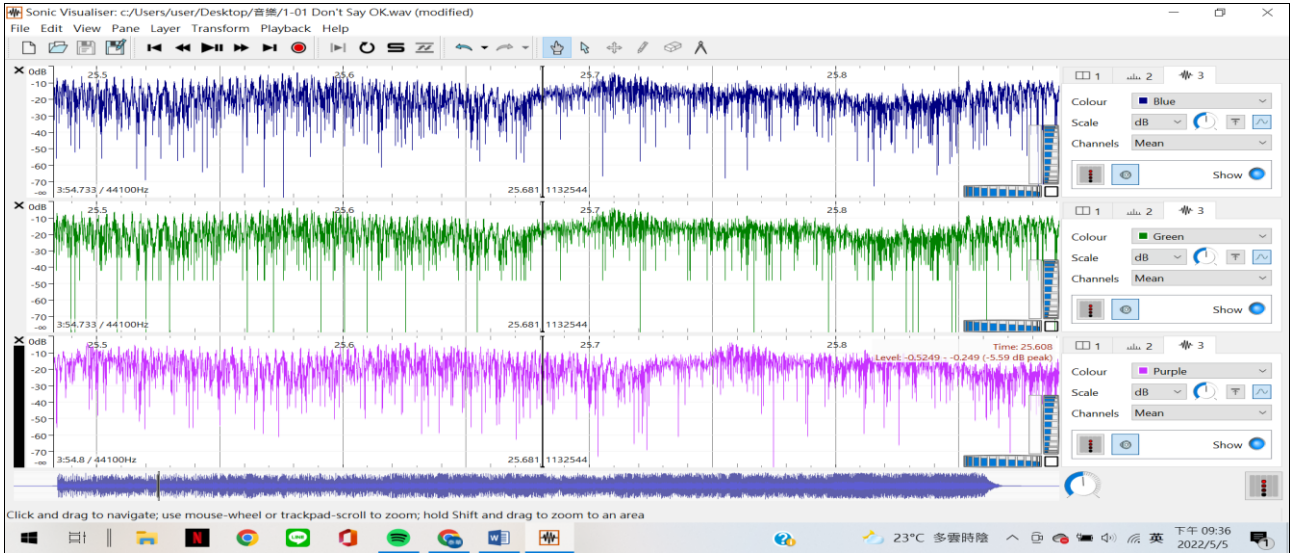
WAV 格式及條件取樣頻率為 44100Hz、立體聲位元率 1411kbps(上)，705kbps(中)
MP3 44100Hz、256kbps (最下者)



圖七時間間隔 0.001 秒

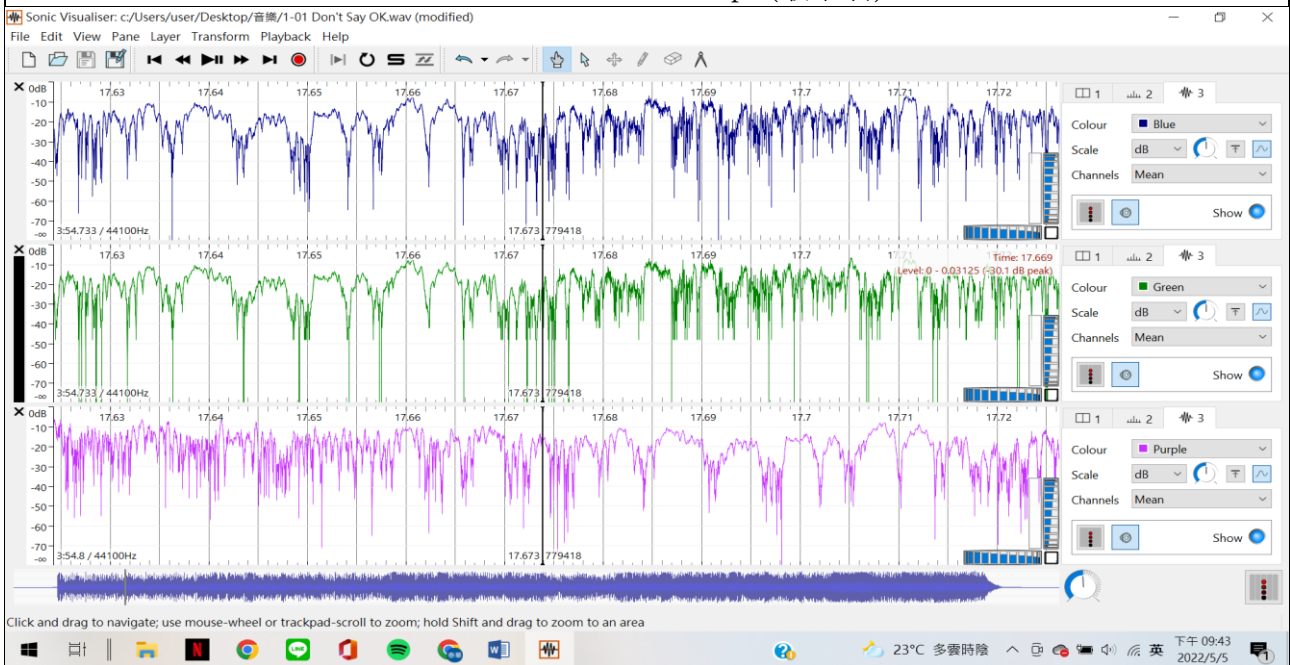
WAV 格式及條件取樣頻率為 44100Hz、立體聲位元率 1411kbps(上)，705kbps(中)
MP3 44100Hz、256kbps (最下者)

由圖八觀察兩 WAV 波形(皆 44100Hz、上為 1411kbps，中為 705 kbps)及音樂檔 M4A (最下者 44100Hz、256kbps)，時間間隔為 0.1 秒，三者差異不大。圖九時間間隔為 0.01 秒，可看出兩 WAV 檔有差異不大，但 M4A 出現明顯波形差異，再取時間間隔為 0.001 秒圖十，兩 WAV 檔或有些許差異，但波形保持相近，M4A 則出現波形及音量與兩 WAV 檔常有差距的現象。



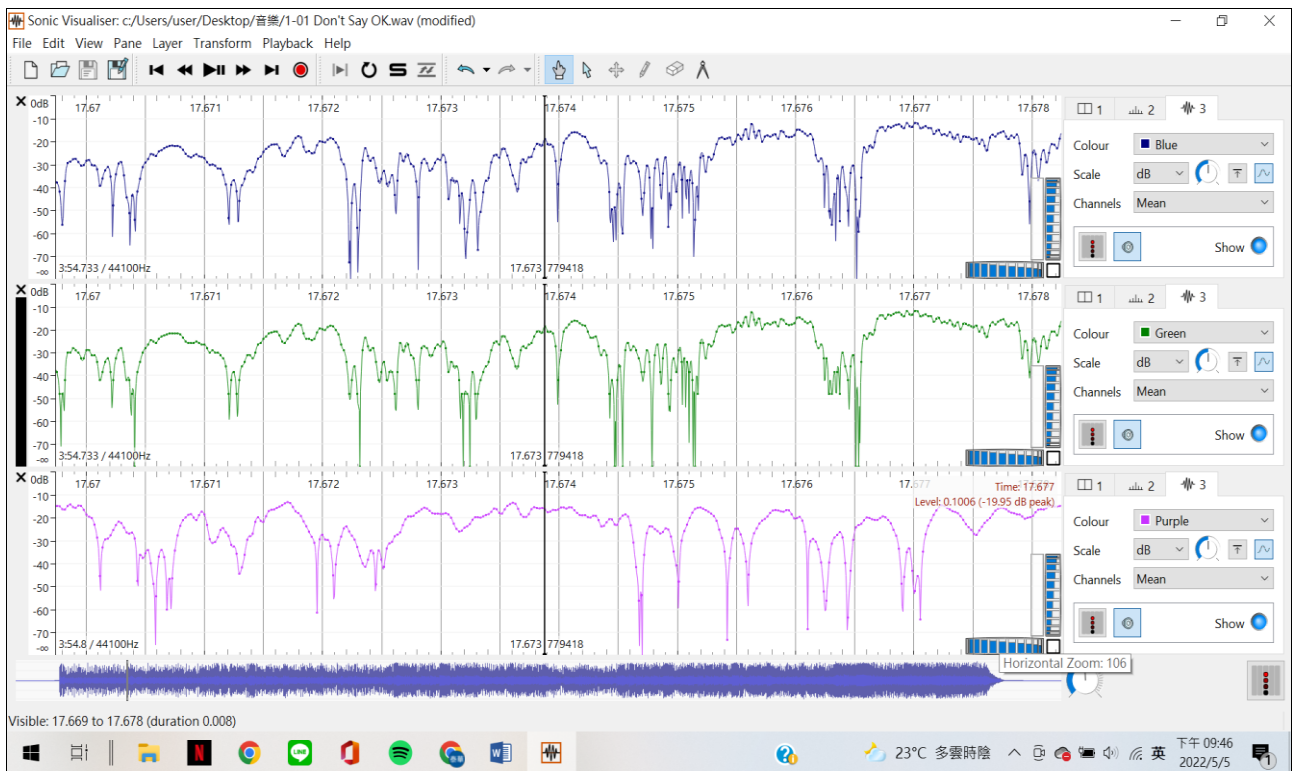
圖八時間間隔 0.1 秒

WAV 格式及條件取樣頻率為 44100Hz、立體聲位元率 1411kbps(上)，705kbps(中)
M4A 44100Hz、256kbps (最下者)



圖九時間間隔 0.01 秒

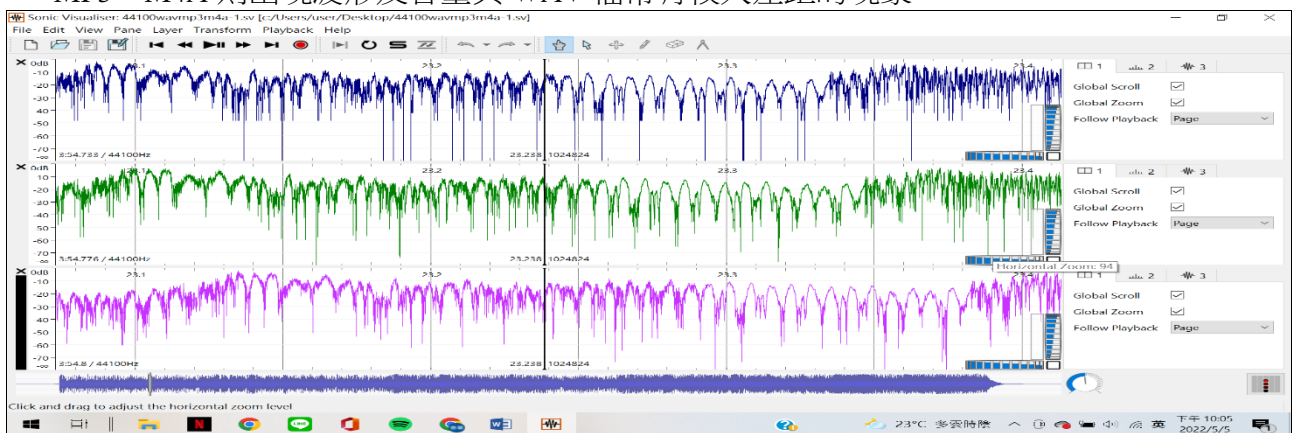
WAV 格式及條件取樣頻率為 44100Hz、立體聲位元率 1411kbps(上)，705kbps(中)
M4A 44100Hz、256kbps (最下者)



圖十時間間隔 0.001 秒

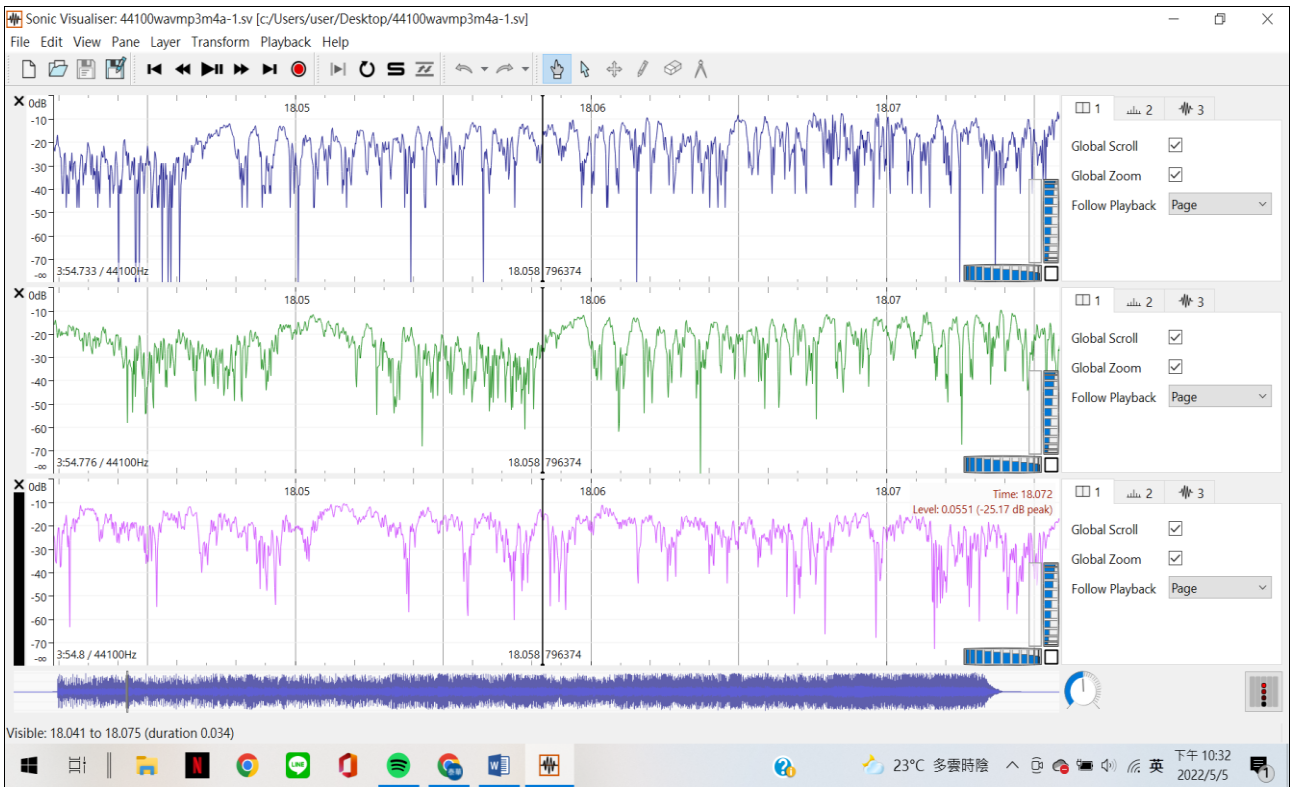
WAV 格式及條件取樣頻率為 44100Hz、立體聲位元率 1411kbps(上)，705kbps(中)
M4A44100Hz、256kbps (最下者)

因與 WAV(1411kbps)波形表現相近且其儲存所需容量明顯減半，且 Sonic Visualiser 只能進行三個音訊檔比較，故改為 44100Hz，WAV(705 kbps)當成比較基準，由圖十一觀察同樣取樣頻率 44100Hz，WAV(最上者 705 kbps)、MP3(中 256kbps)及 M4A (最下者 256kbps)，時間間隔為 0.1 秒，三者差異不大。圖十二時間間隔為 0.01 秒，可看出 MP3、M4A 與 WAV 檔比較會有明顯波形差異及音量的變化，再取時間間隔為 0.001 秒圖十三，MP3、M4A 則出現波形及音量與 WAV 檔常有較大差距的現象。



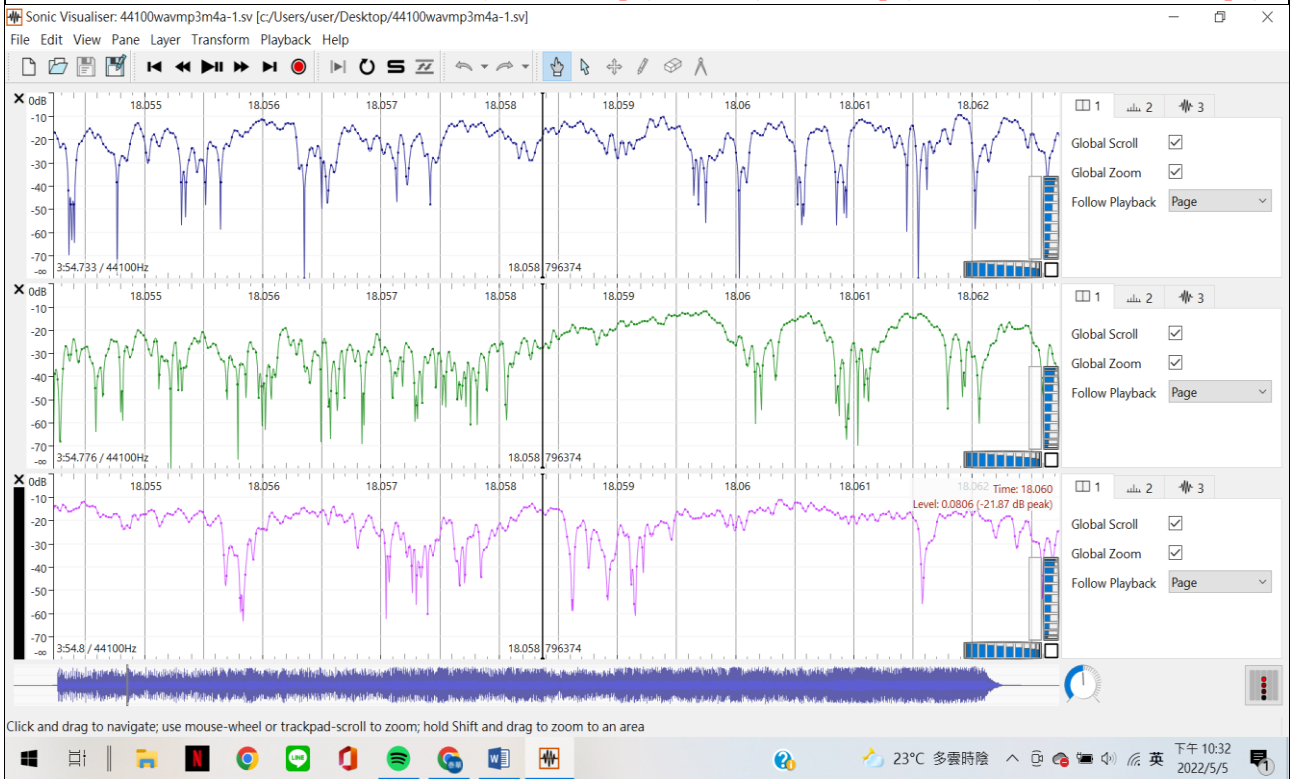
圖十一時間間隔 0.1 秒

同樣取樣頻率 44100Hz，WAV(上 705 kbps)、MP3(中 256kbps)及 M4A (最下者 256kbps)



圖十二時間間隔 0.01 秒

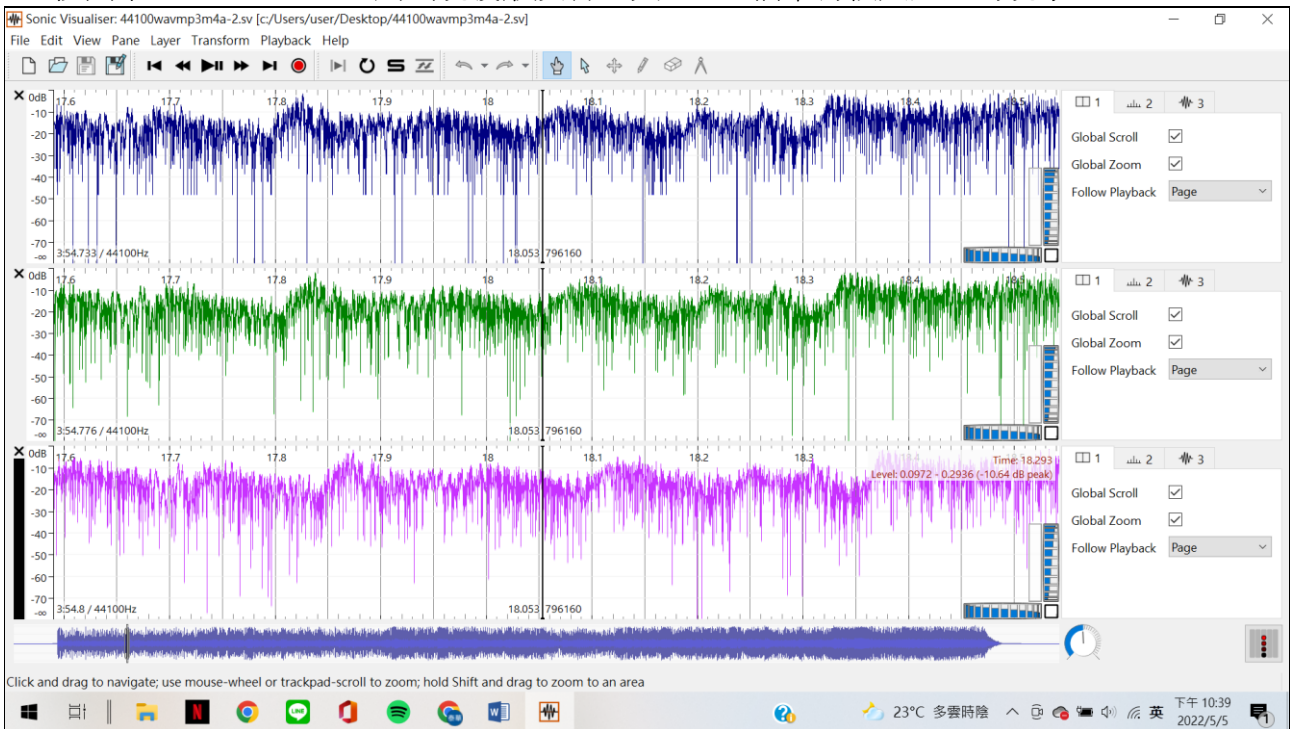
同樣取樣頻率 44100Hz，WAV(上 705 kbps)、MP3(中 256kbps)及 M4A(最下者 256kbps)



圖十三時間間隔 0.001 秒

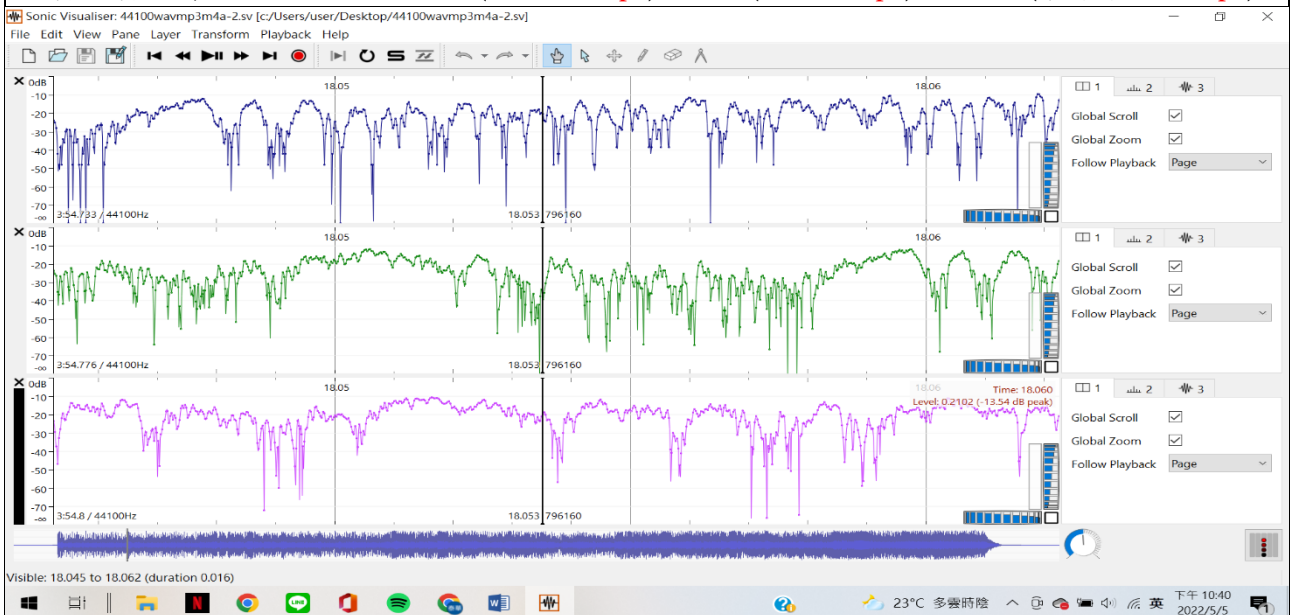
同樣取樣頻率 44100Hz，WAV(上 705 kbps)、MP3(中 256kbps)及 M4A(最下者 256kbps)

由圖十四觀察同樣取樣頻率 **44100Hz**，WAV(最上者 **705 kbps**)、MP3(中 **128kbps**)及 M4A(最下者 **128kbps**)，時間間隔為 0.1 秒，三者差異不大。圖十五時間間隔為 0.01 秒，可看出 MP3、M4A 與 WAV 檔比較會有明顯波形差異及音量的變化，再取時間間隔為 0.001 秒圖十六，MP3、M4A 則出現波形及音量與 WAV 檔常有較大差距的現象。



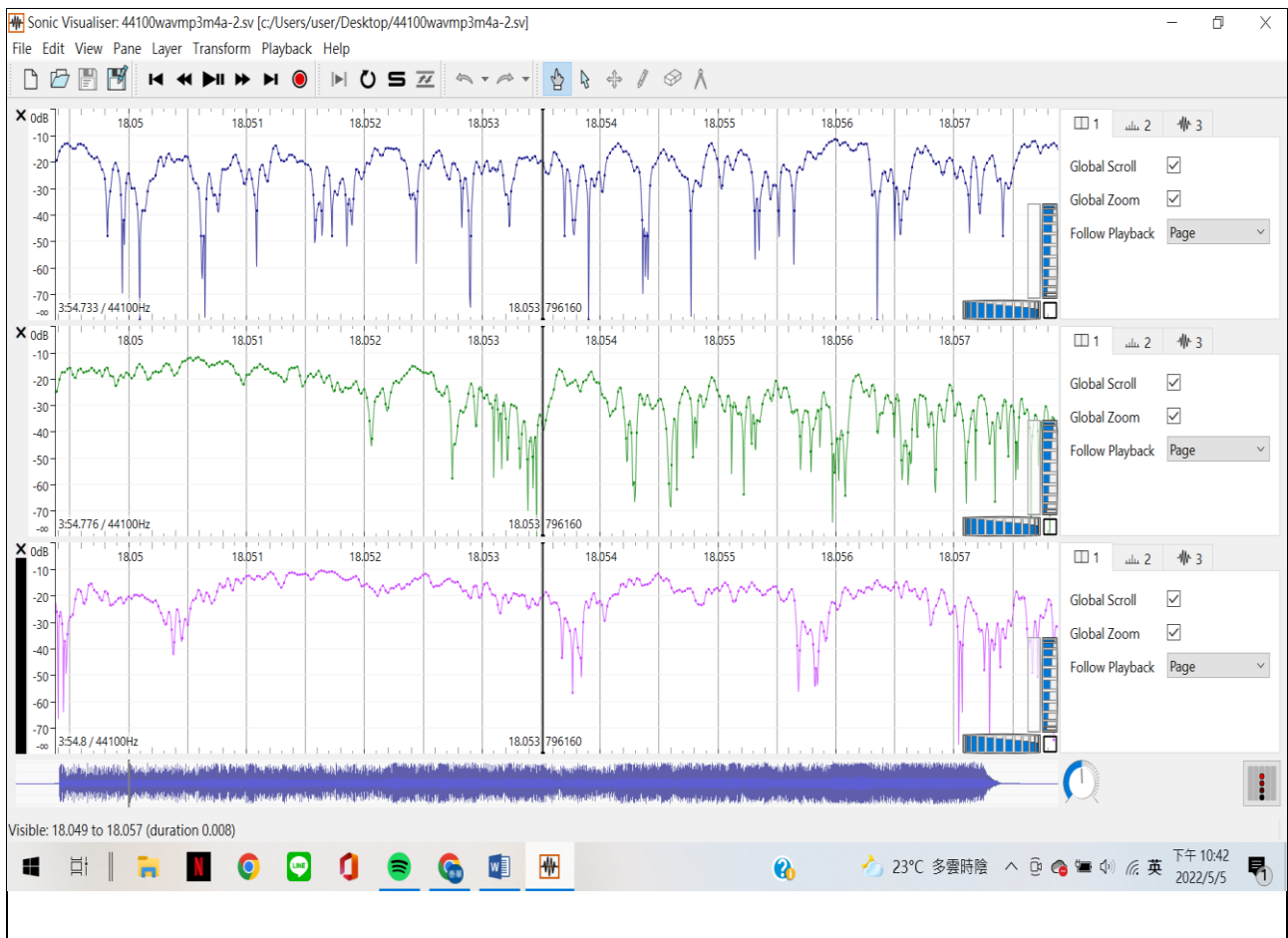
圖十四時間間隔 0.1 秒

同樣取樣頻率 **44100Hz**，WAV(上 **705 kbps**)、MP3(中 **128kbps**)及 M4A(最下者 **128kbps**)



圖十五時間間隔 0.01 秒

同樣取樣頻率 **44100Hz**，WAV(上 **705 kbps**)、MP3(中 **128kbps**)及 M4A(最下者 **128kbps**)

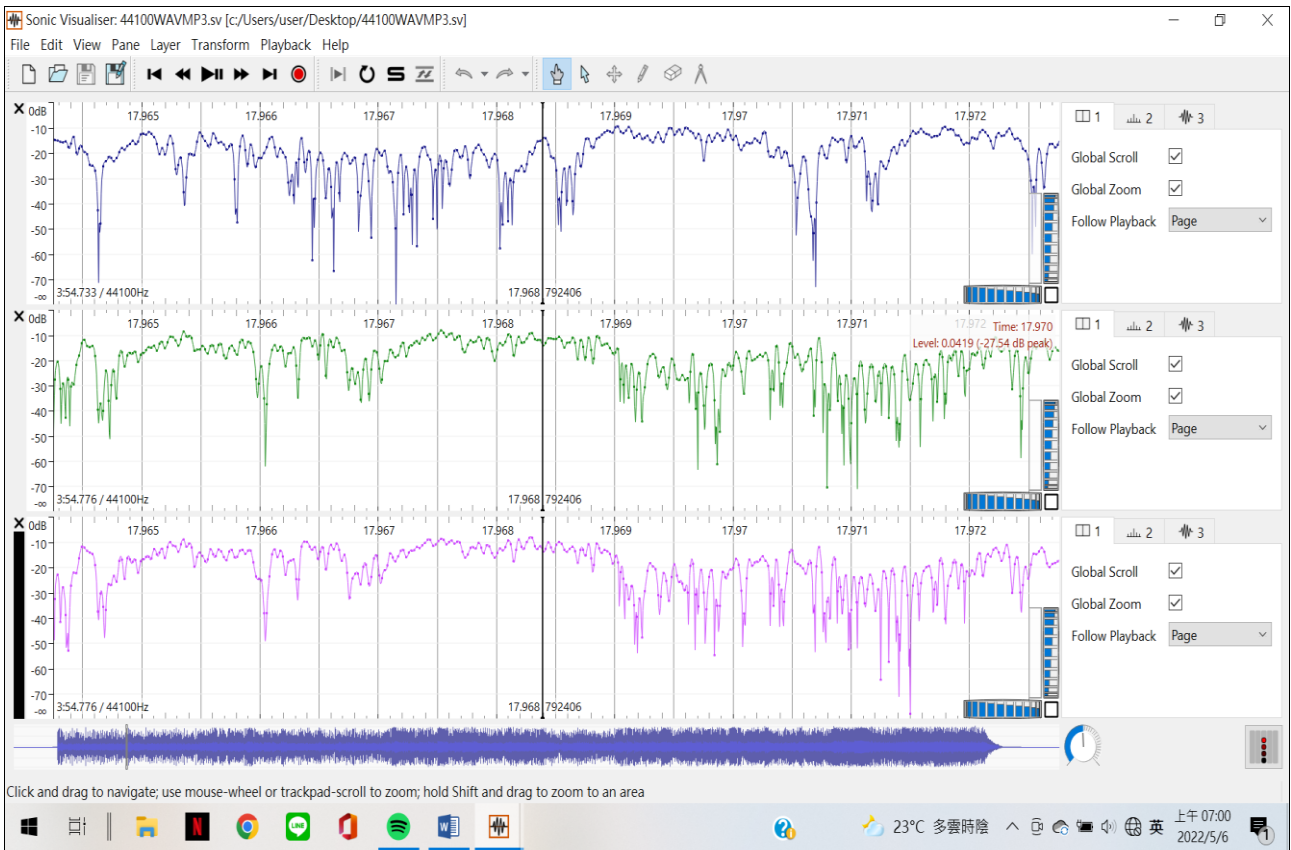


圖十六時間間隔 0.001 秒

同樣取樣頻率 44100Hz，WAV(上 705 kbps)、MP3(中 128kbps)及 M4A (最下者 128kbps)

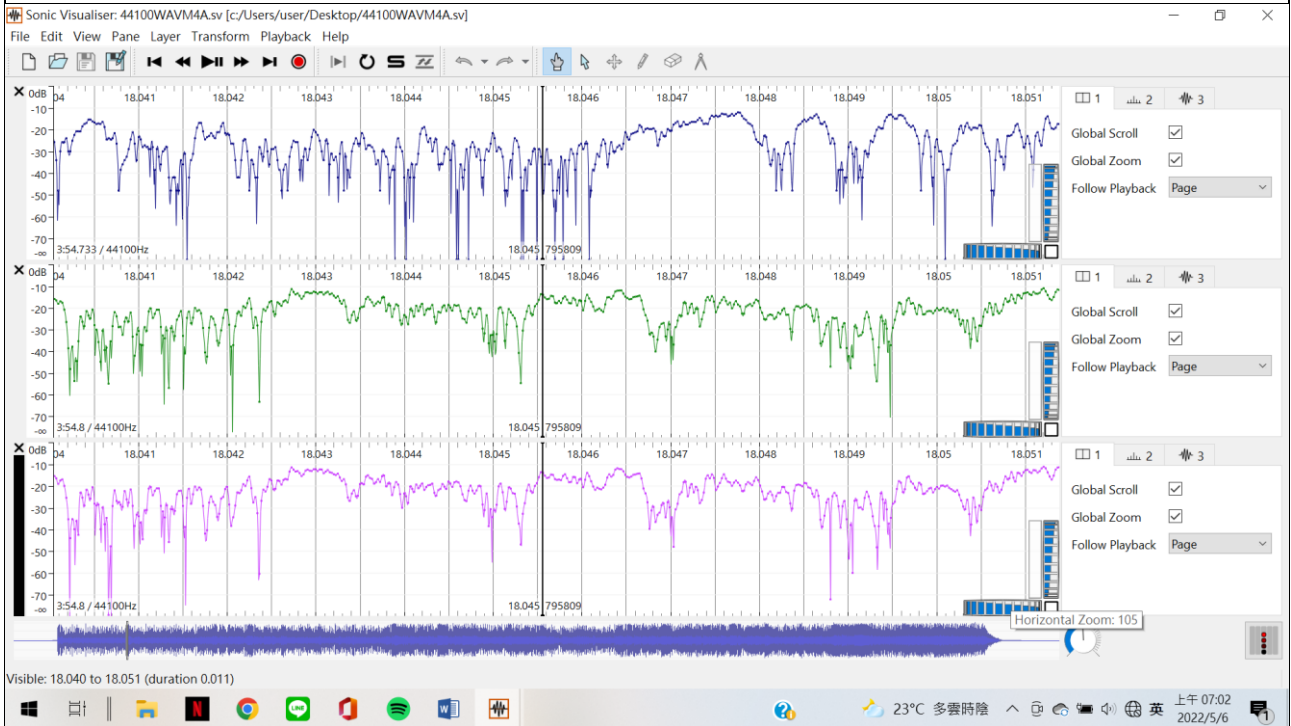
進行兩組的比較是取樣頻率皆為 44100Hz，圖十七 WAV(上 705 kbps)、MP3(中 256kbps，下 128kbps)及圖十八 WAV(上 705 kbps)、M4A(上 256kbps，下 128kbps)。由圖四至圖十六經驗觀察得知時間間隔為 0.1 秒，波形差異不大。時間間隔為 0.01 秒，可看出 MP3、M4A 與 WAV 檔比較會有明顯波形差異及音量的變化，再取時間間隔為 0.001 秒則出現波形及音量與 WAV 檔常有較大差距的現象。所以兩組直接進行時間間隔為 0.001 秒的波形及音量分析，圖十七可發現 MP3 波形及音量與 WAV 檔常有較大差距的現象，但 44100Hz MP3(中 256kbps，下 128kbps)雖兩者音量偶有差異但波形幾乎相同。圖十八 M4A 波形及音量與 WAV 檔常有較大差距的現象，44100Hz M4A 256kbps 與 128kbps 兩者音量偶有差異但波形幾乎相同(與 MP3 狀況相似)。

最後另外進行的比較是取樣頻率皆為 22050Hz，圖十九 WAV(上 705 kbps、中 352kbps)、MP3(下 128kbps)，時間間隔為 0.001 秒的波形分析。兩 WAV 檔或有些許差異，但波形保持相近，MP3 則出現波形及音量與兩 WAV 檔常有差距的現象。有趣的是在設定 MP3，22050Hz 128kbps 無法進行 CD 轉音訊檔，另外 M4A，22050Hz 128kbps 雖可進行 CD 轉音訊檔，但該檔經 Sonic Visualiser 分析卻是以 44100Hz 123kbps 方式存檔。



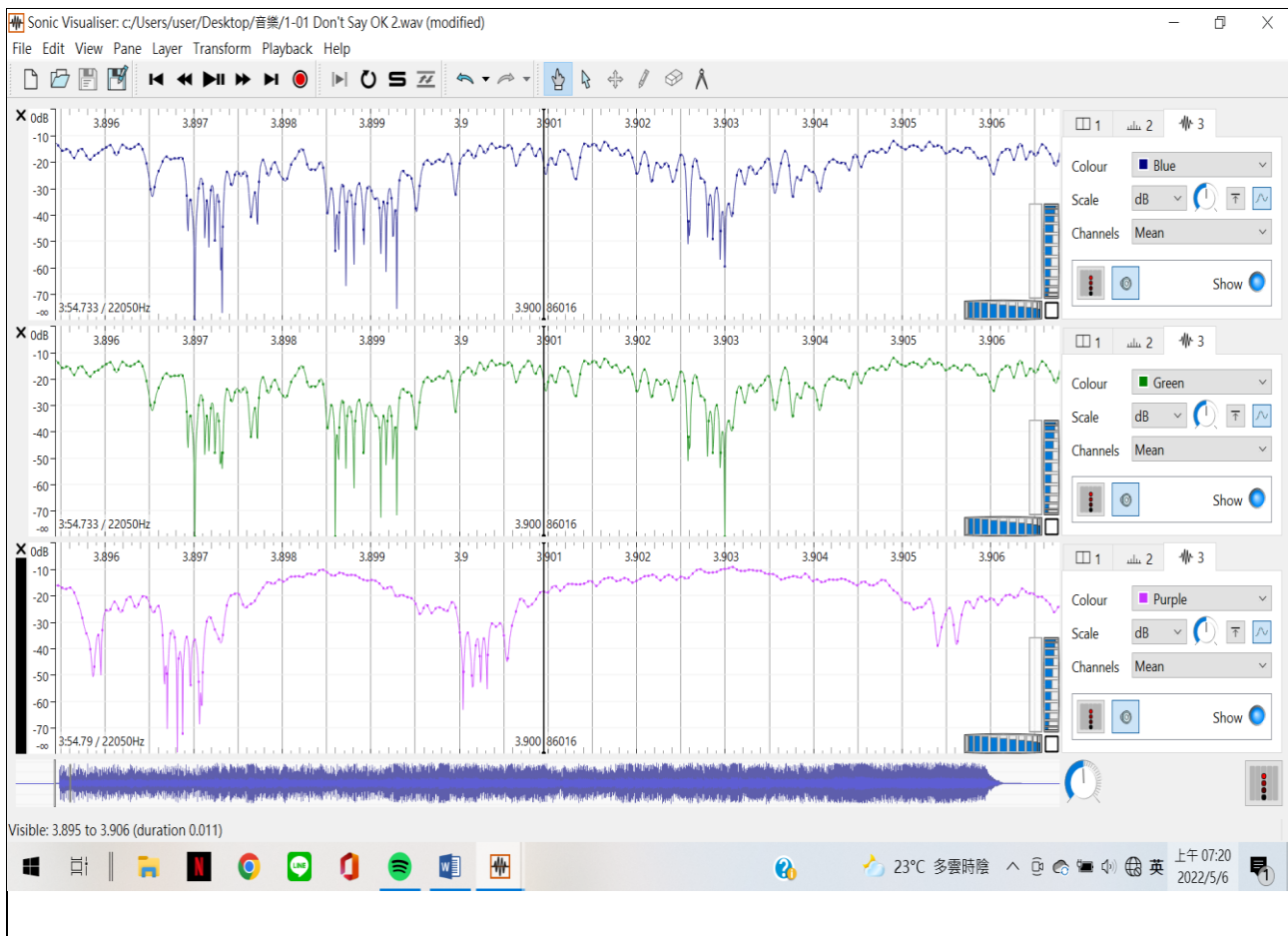
圖十七時間間隔 0.001 秒

同樣取樣頻率 44100Hz，WAV(上 705 kbps)、MP3(中 256kbps)及 MP3(最下者 128kbps)



圖十八時間間隔 0.001 秒

同樣取樣頻率 44100Hz，WAV(上 705 kbps)、M4A(中 256kbps)及 M4A(最下者 128kbps)



圖十九時間間隔 0.001 秒

取樣頻率為 22050Hz，WAV(705kbps(上)，352kbps(中))、MP3 128kbps (下)

六、結論

1. 僅採用 MP3、M4A、WAV 格式及取樣頻率、位元率、立體聲位元率(輸出平均位元率)選項數量，iTunes 轉檔在條件設定上比 WMP 占優勢，故用 iTunes 轉音訊檔。
2. CD 轉 MP3、M4A、WAV 儲存容量與立體聲位元率相關，與取樣頻率無關。故當立體聲位元率變為 2 倍，儲存容量亦約變為 2 倍。
3. CD 轉 MP3、M4A、WAV 擷取時間與立體聲位元率及取樣頻率無關。
4. 若以 WAV 格式 44100Hz,1411kbps 視為 CD 音質為基準，以 Sonic Visualiser 分析波形音量”失真”最少的選擇可採用 WAV 格式 44100Hz,705kbps 儲存且容量較前者減半；當採用 MP3、M4A 格式 44100Hz,256kbps 或 128kbps 在(時間間隔 0.01 秒以下)失真明顯，但在一般聆聽音樂速度撥放下(時間間隔 0.1 秒以上)則與 WAV 格式 44100Hz,705kbps 波形相近，難以察覺差異；同時 CD 661MB 儲存容量可由 WAV 格式 44100Hz, 1411kbps 的儲存容量 659MB 變為 MP3、M4A 格式 44100Hz,256kbps 或 128kbps 的 119MB 或 59MB (縮小為 1/6~1/12 倍)明顯節省許多儲存容量。

5. 進行的比較是取樣頻率皆為 22050Hz，WAV(705 kbps、352kbps)、MP3(128kbps)，時間間隔為 0.001 秒的波形分析。兩 WAV 檔或有些許差異且後者儲存容量減為 1/2，但兩波形保持相近，MP3 則出現波形及音量與兩 WAV 檔常有差距的現象。有趣的是在設定 MP3，22050Hz,256kbps 出現無法進行 CD 轉音訊檔且 MP3 情況，另外當條件設定為 22050Hz,128kbps 與 44100Hz,128kbps 的 MP3 儲存容量竟相近。M4A 條件設定 22050Hz,128kbps 雖可進行 CD 轉音訊檔，但該檔經 Sonic Visualiser 分析卻是以別種格式 44100Hz,123kbps 方式存檔。
6. 綜合上述，在各格式擷取時間相同的情況下，就最接近 CD 音質又能省些許儲存容量的選擇是 WAV(44100Hz、705 kbps);若不在意音質失真並考量網路傳送檔案時間選擇儲存容量較小者(44100Hz、128kbps)MP3 或 M4A。最後為何不選最小的(22050Hz、128kbps) 的 MP3 或 M4A 格式，乃因其與(44100Hz、128kbps)儲存容量相近而省略。

七、參考資料

- 一、小暮陽三著，張厚江譯(1998 年)。圖解生活物理世界。世茂出版社。
- 二、左卷健男(2005 年)。王政友譯。愛上物理實驗課。世茂出版社。
- 三、左卷健男(2006 年 4 月)。謝銘玉譯。新世代基礎科學講義。達觀出版社。
- 四、王國勝(2017 年 5 月)。Excel 公式+函數職場專用超級辭典。PCuSER 電腦人文化。
- 五、音樂壓縮格式：電腦密技 - 影音密技 (2006 年 8 月 29 日) 《教育網》。取自 http://www.loxa.edu.tw/classweb/webView/index2.php?m_Id=26481&m_Type=1&m_Sort=1&webId=942&teacher=cy-shet006&stepId=28748&page=1。
- 六、理解數位音訊 - A-Z 指南: (2020 年 03 月 09 日) 《SONY 官網》。取自 <https://www.sony.com.tw/zh/electronics/support/articles/00165079>