

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生活與應用科學(二)科

(鄉土)教材獎

032917

從科學看南管－外星音樂與畢達哥拉斯

學校名稱：新北市立二重國民中學

作者： 國一 吳怡慧 國一 黃宥禎	指導老師： 鍾兆晉 陳玟光
---------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：南管音樂、黃金比例、南管推廣行動程式

摘要

本研究以不易理解的南管音樂為主軸結合黃金比例，嘗試用科學方法解釋被稱為外星音樂的南管樂。不少中世紀的科學家研究過科學與音樂間的關係，也針對南管樂探討，設計多種方法驗證，推算比較各項比值是否符合黃金比例，並運用數值標準化、圖形化分析及電腦軟體輔助，設計出南管推廣 APP。此研究中，我們使用多種方法檢測，發現南管音樂 20 首、古典音樂、流行音樂各 10 首中，符合黃金比例百分比分別為：50%（10 首）、50%（5 首）、60%（6 首）。也得到經典樂曲符合黃金比例值頗高的結論。最後，我們利用實驗中較為可行方法製作南管推廣 APP，除了讓南管老師在評分上有科學化的數據參考，也希望讓更多人接受特殊的南管音樂。

壹、研究動機

黃金比例是畢達哥拉斯所提出的數學詞彙，在日常生活中處處可見。建築物、圖畫、空間等，各式各樣的東西幾乎都蘊藏著黃金比例。也因為這樣讓我們開始好奇「音樂」會不會也有黃金比例。而經過查詢後，我們看到關於音樂與黃金比例的研究，幾乎都是著重在於古典音樂或流行音樂的部分。我們學校設有南管這個社團，因為社團我們很難得的接觸到南管這個神秘而古老的音樂。南管音樂和其他音樂似乎不一樣，第一次聽到南管音樂時，大多數的人可能都會認為它的曲調緩慢，聽起來很憂愁、哀傷。但在仔細詢問南管老師後，才知道原來熟稔南管音樂的人都會認為它是最有「深度」的音樂。而網路上甚至有人戲稱他為「外星音樂」。因此讓我們開始好奇這個神祕的音樂是否藏有什麼樣的特殊組成。才會讓大家對它的看法有這樣的差異。

查詢文獻後，我們發現許多科學家如：畢達哥拉斯、阿基塔斯、托勒密等，其中畢達哥拉斯早在多年前就開始研究科學與音樂間存在的關係，於是我們便想利用黃金比例（0.618），以其數值來分析南管音樂。希望能以科學方法找出南管音樂的奧妙之處，在促進科學在文化上也有所貢獻，進而讓更多人認識南管音樂。以科學結合藝術，讓更多人了解南管樂曲。

貳、研究目的

- 一、彙整南管音樂與黃金比例的相關資料。
- 二、分析南管音樂可數據化之數值。
- 三、比較南管音樂和其他音樂的差異。
- 四、設計出具備人工智慧的南管推廣 app。
- 五、推演南管音樂更能被大眾接受的模式。

參、研究設備及器材

本實驗相關的器材如下表

表 1 研究設備與器材

實驗器材名稱	數量	單位	用途
電腦 (Acer Veriton L480)	2	臺	查資料、處理數據
南管音樂	20	首	音樂匯入音樂軟體研究
南管樂譜 (單曲)	20	篇	了解南管音樂
南管書籍資料	6	本	談討歷史、著名樂曲
黃金比例資料	4	本	原理、應用方式
南管標準樂譜 (書籍)	2	本	計算小節數
Audacity 音樂軟體	1	套	分析數據
其他各類音樂	20	首	比對使用
Imagej 公共的圖像處理軟體	1	套	分析數據
App Inventor 軟體	1	套	製作南管推廣 app
Google 文件表單	1	套	蒐集專家與一般人對不同南管樂曲的評分及意見
Excel	1	套	統整數據

肆、研究過程或方法

一、彙整南管音樂與黃金比例的相關資料

在做整個研究之前，我們先查詢有關南管音樂以及黃金比例的資料，以便之後的研究。

（一）南管介紹：

1. 歷史：南管成熟並發展於泉州，再向閩南地區擴散。不同時期的移民將具有中原文化流風餘韻的語言、音樂帶來泉州與閩南地區，解釋了南管的古雅特點。
2. 節奏：南管音樂中存在許多**速度非常徐緩的大型曲目**，這些曲子的節奏並非一成不變，而是始於緩慢深沉、然後逐漸轉為輕快明朗、到最後一句再緩和下來收尾的速度結構。
3. 樂譜：南管樂曲的旋律只有**骨架音是固定的，其間的裝飾音則仰賴演奏者當下的發揮**，因此南管使用的工尺譜僅僅記下骨架音的部分，稱之為骨譜，南管特別講究的曲韻（聲線起伏、音色變化）也難以用樂譜記錄。
4. 樂器：上四管的合奏樂器分為五種，包含洞簫、琵琶、二弦、三弦、拍板。基本上樂器是陰陽調和的，其中洞簫屬於陽、琵琶屬於陽、二弦屬於陰、三弦屬於陰，而樂曲演奏中的主旋律則是洞簫和琵琶。
5. 滾門：是南管指曲歌樂的分類系統，利用滾門、曲牌的規律來填詞度曲，則是南管的創作方式。滾門是曲牌的門類，也就是將性質相近的曲牌歸為同一滾門。滾門與曲牌為南管樂曲的創作、排場演出和學習，提供了重要的理論架構和認知基礎。

由於南管樂歷史上曾經消失一段時間，但在臺灣沿海地帶居民口耳相傳後流傳到現代，我們也想藉由黃金比例來分析，看看這些流傳下來的樂曲是否都能符合黃金比例。

（二）黃金比例

1. 原理：把一條線段分成長短兩段，且「全段長：長段長＝長段長：短段長」，這種分割方式叫做「黃金分割」，而分割出來的兩線段長的比，就叫做「黃金比例」。

2. 歷史：黃金分割是由公元前6世紀古希臘哲學家、數學家畢達哥拉斯及其學派發現的。0.618 叫做黃金數。而“黃金比”這個名稱為古希臘著名哲學家柏拉圖所命名。而在歐洲則把黃金比稱為黃金分割律。

(三) 相似的研究：

在查詢文獻中發現到，也有學者研究科學與音樂的關聯性。

1. 洪宇萱、王昕芸，（2013）音樂數學，數學音樂

(1)以歌曲至副歌總秒數與第一段落處總秒數的比值，來進行探討流行樂的黃金比例。

(2)以「至再現部的小節數」除以「總小節數」，發現古典音樂具有黃金比例。

2. Scott Rickard，（2011）世界上最難聽音樂背後代表的數學

將音符分解化，找尋所謂「好聽」與和諧的樂音分布原則，將和諧與連貫音打散，譜織音符，最後使用無節奏的哥隆尺（Golomb）標定節奏，而「最難聽」並非指讓人難以接受，而是指一種最不契合樂音邏輯上的呈現。

3. 翁瑞霖，（2006）數學與音樂的對話—探討音樂中的數學應用《科學教育月刊》五月 228 期

此研究描述有一種樂曲結構，乃樂曲重要段落處之後所剩餘之小節數佔全曲小節數之 0.618，即「前段短後段長」的結構還有許多有關音樂與黃金分割的例子。

4. 翁瑞霖，（2004）—數學與音樂的對話：探討莫札特音樂的數學應用及效應，《師大學報》四十九卷第二期

此研究探討莫札特音樂中所存在的數學關係、形式，也證明莫札特音樂明確的遵守黃金分割法則。



根據以上四大類文獻為基礎，我們提出了自己對南管音樂的評量方式。並以黃金比例為判斷標準，進行我們科學化的音樂分析。

圖 1 南管音樂與黃金比例關係之研究架構圖。

為了讓音樂有數據化的呈現，我們先使用 Audacity 軟體將音樂轉換成數值表示，以作評估。

二、分析南管音樂可數據化之數值

由於音樂的欣賞可分為節奏、旋律、音色與音頻還有感受度，所以我們將下面幾項影響音樂的因素用科學化方法來驗證。並以黃金比例做為標準值來設計以下的實驗。

我們利用以下方式來做對比及驗證：

(一) 方法一：研究南管音樂在節奏是否有黃金比例存在。

實驗設計說明：由於我們發現查尋到的科學與音樂文獻中，很多研究者都以下面方法評估樂曲是否符合黃金比例。於是我們便想利用以下公式，套入南管音樂，進而計算南管音樂是否符合黃金比例。

公式： $\frac{\text{第二次出現副歌的小節數}}{\text{總小節數}}$

1. 將南管音樂套入上述公式進行計算。

2. 將取得的數據計算成比值並比對黃金比例（0.618）。

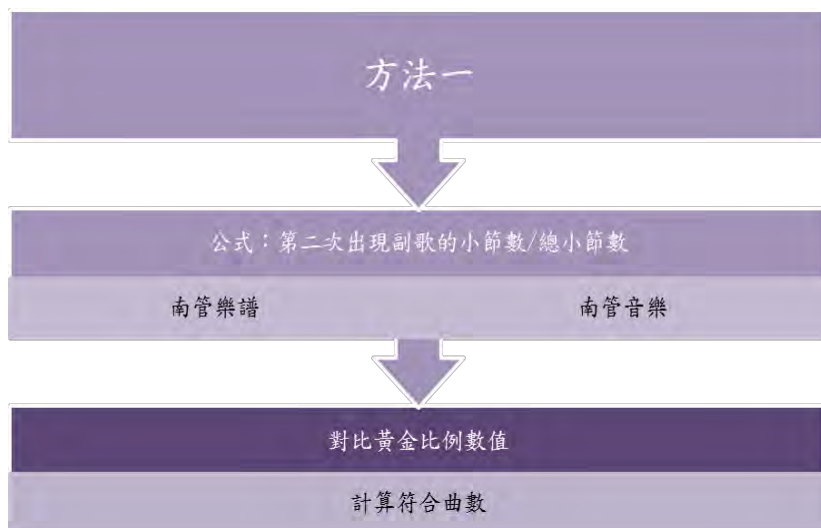


圖 2 南管科學分析之方法一實驗流程圖。

(二) 方法二：研究南管音樂在**旋律**上是否有黃金比例存在。

使用公式為：以 $\frac{\text{副歌總秒數}}{\text{音樂總秒數}}$ 。

實驗設計說明：提出這個公式的原因是歌曲有許多旋律、主題的重複，便是歌曲「美」的關鍵，而我們把此定義為**副歌**，也許副歌比上全部歌曲的比值，能有黃金比例的存在。

1. 選用南管樂曲中較為著名的曲目，套用公式評估。
2. 將取得的數據計算成比值並比對黃金比例（0.618）。

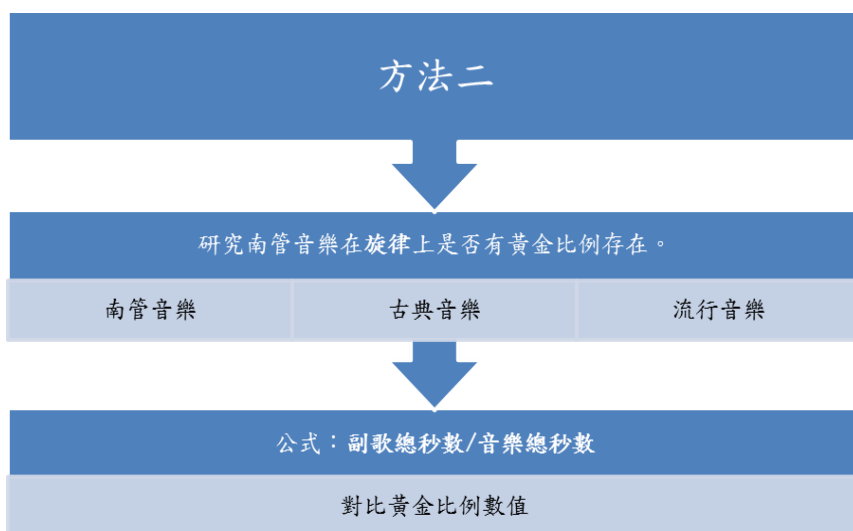


圖 3 南管科學分析之方法二實驗流程圖。（副歌總秒數/音樂總秒數）

(三) **方法三**：研究南管音樂在**音色**上是否有黃金比例存在。

使用公式為： $\frac{\text{副歌面積}}{\text{音樂振幅總面積}}$ 。

實驗設計說明：提出此公式的原因是以面積作為分析，得出新的比值，或許能有其他的發現。

1. 將方法一與方法二同時符合黃金比例的南管音樂匯入 Audacity 軟體，把南管音樂的振幅部分截圖。
2. 將南管音樂整首以及副歌振幅部分的截圖匯入 Imagej 軟體，進而計算面積。
3. 將取得的數據計算成比值並比對黃金比例（0.618）。

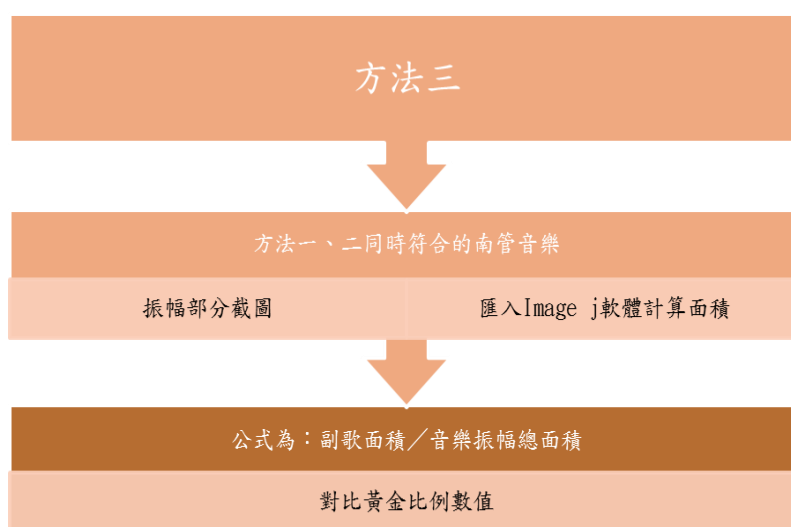


圖 4 南管科學分析之方法三實驗流程圖。（副歌總面積/音樂總面積）

(四) **方法四**：利用線上表單來評估南管音樂在**感受度**上是否有黃金比例存在。

由於樂曲的欣賞，其實也包含了臨場的感受及人類聆聽的感覺。為了讓研究更貼近真實的情況，我們也將之前研究符合黃金比例的南管樂曲 9 首放到 google 問卷裡。邀請專家（10 位）及學校裡有接觸音樂的同學（64 位）做問卷，研究黃金比例值和真實聆聽樂曲的差異度。

1. 利用線上表單收集專家及學生對經典南管音樂的評分
 - (1) 利用 Google 線上表單進行製作。
 - (2) 從方法一及方法二中隨機選擇的十首南管音樂。
 - (3) 將問卷分成兩種版本，學生版、專家版。
 - (4) 問卷填寫內容包含：各首南管樂曲評分（1~10 分）、樂曲評語。

- (5) 統計問卷調查結果。
- (6) 問卷回覆內容分析：評分分數與評語統計。
- (7) 評分分數去除極端值後計算平均值。
- (8) 從評語中尋找關鍵字。

三、比較南管音樂和其他音樂的差異。

我們利用以下實驗對樂曲做更進一步的比較：

(一) 方法五：觀察方法一中符合黃金比例的音樂之特別處

1. 將方法二中符合黃金比例的南管音樂、古典音樂及流行音樂匯入 Audacity。
2. 觀察三種音樂的原始振幅，並對照每種音樂是否有特殊之處。

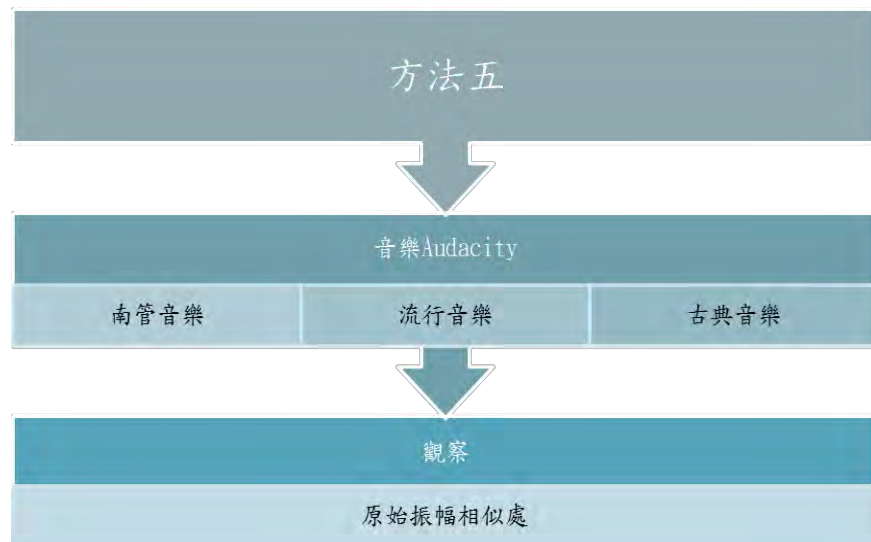


圖 5 南管科學分析之方法五實驗流程圖。(原始振幅觀察)

(二) 方法六：以振幅作為分析依據，來觀察南管音樂之特殊處

1. 將音樂匯入 Audacity 軟體，音樂振幅進行放大倍率觀察。

2. 將流行、古典音樂之振幅與南管音樂振幅進行比對。



圖 6 南管科學分析之方法六實驗流程圖。(放大倍率振幅觀察)

四、黃金比例數值和真實聆聽樂曲的感受

由於樂曲的欣賞，其實也包含了**臨場的感受及人類聆聽的感覺**。為了讓研究更貼近真實的情況，我們也將之前研究符合黃金比例的南管樂曲 9 首放到 google 問卷裡。邀請專家（10 位）及學校裡有接觸音樂的同學（64 位）做問卷，研究黃金比例值和真實聆聽樂曲的差異度。

(一) 利用線上表單收集專家及學生對經典南管音樂的評分

1. 利用 Google 線上表單進行製作。
2. 從方法一及方法二中隨機選擇的十首南管音樂。
3. 將問卷分成兩種版本，學生版、專家版。
4. 問卷填寫內容包含：各首南管樂曲評分（1~10 分）、樂曲評語。
5. 統計問卷調查結果。
6. 問卷回覆內容分析：評分分數與評語統計。
7. 評分分數去除極端值後計算平均值。
8. 從評語中尋找關鍵字。

五、設計南管推廣 app

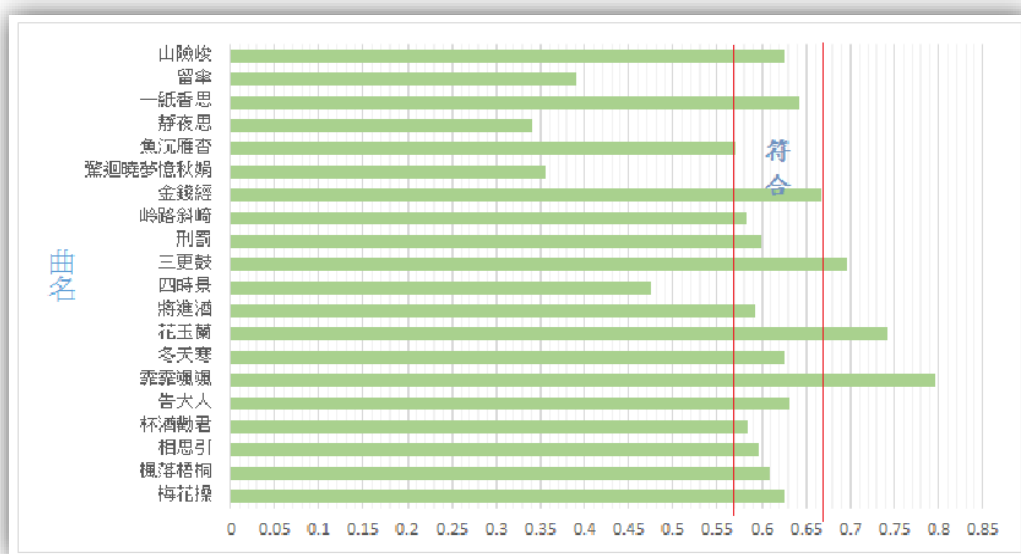
(一) 以科學化方式設計出南管推廣 app 的核心。

1. 將實驗方法二之公式寫入 App Inventor 中。
2. 將符合以及不符合時的建議寫入。

3. 寫入計時器的程式（可計算須輸入的數值）。
4. 放入 10 首南管音樂故事及音檔放入南管推廣 app 中。

伍、研究結果

一、方法一：以樂譜節奏去評估音樂，這個方法也是以前科學家研究音樂較常用的方式。我們使用了 20 首南管樂曲作實驗，得到下列的結果。南管樂譜範例如圖



8. 第二次出現副歌的小節數/總小節數之結果整理，如圖 7。

圖 7 南管科學分析之方法一實驗結果。

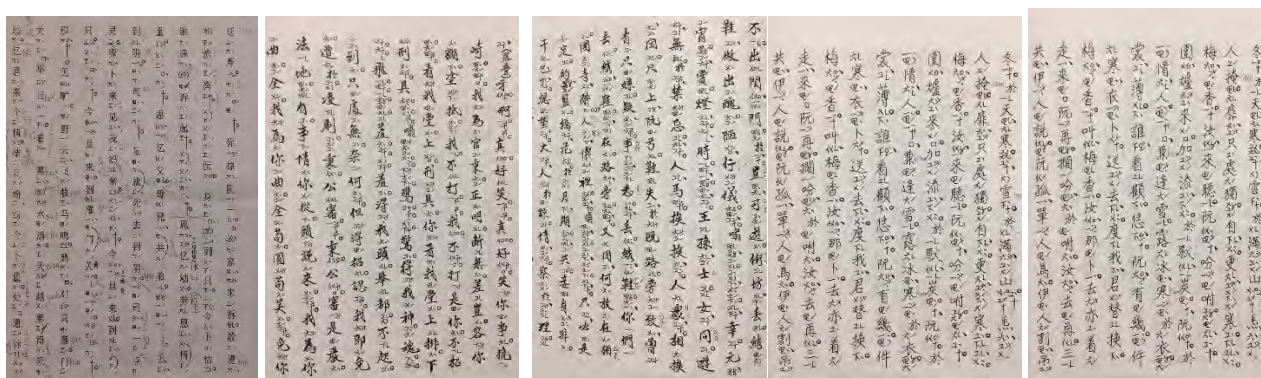


圖 8 南管樂譜範例。

以上方法可以得知樂曲是否符合黃金比例，但需要讀懂南管樂譜才能計算，所以我們打算用更直覺的方式來評估，所以我們便提出方法二。

二、方法二：音樂副歌/音樂總長之實驗結果。這個方法是我們參考很多文獻，且考慮了南管樂的特質所提出的。所以也用了幾首流行樂及經典古典樂曲家以驗證。重點在以**旋律**去研究樂曲。實驗的細部結果，如圖 9 至 11 所示。

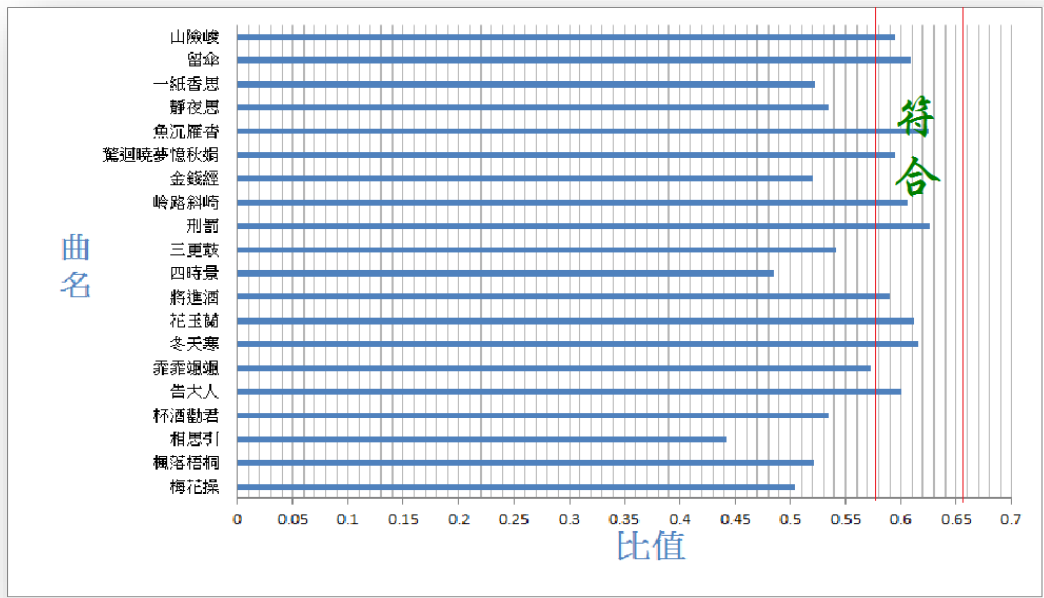


圖 9 方法二實驗結果（南管音樂 20 首）。

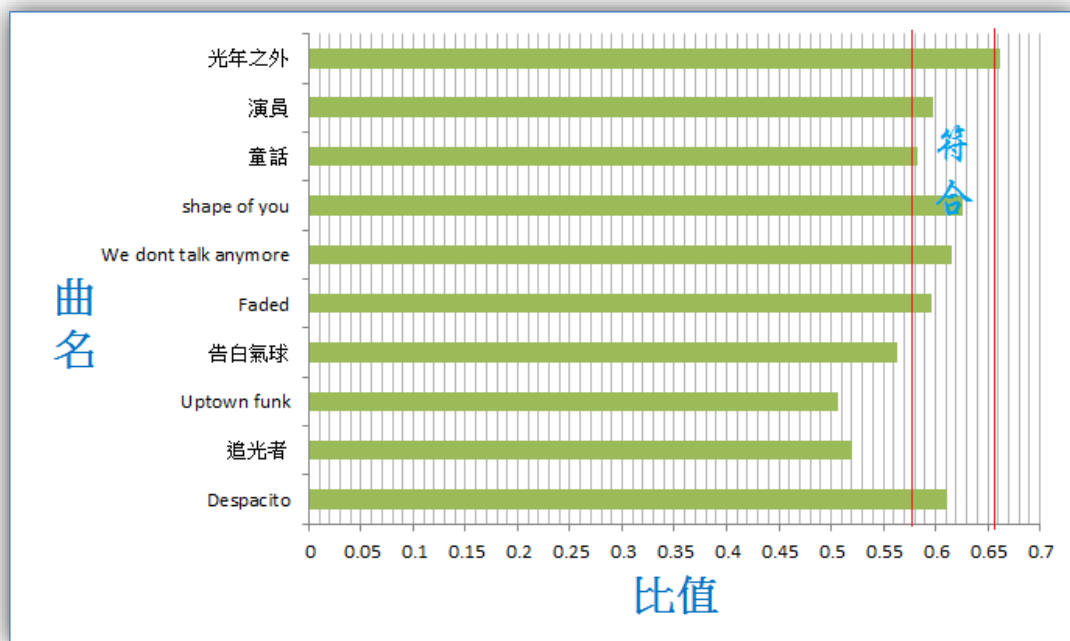


圖 10 方法二實驗結果（流行音樂 10 首）。

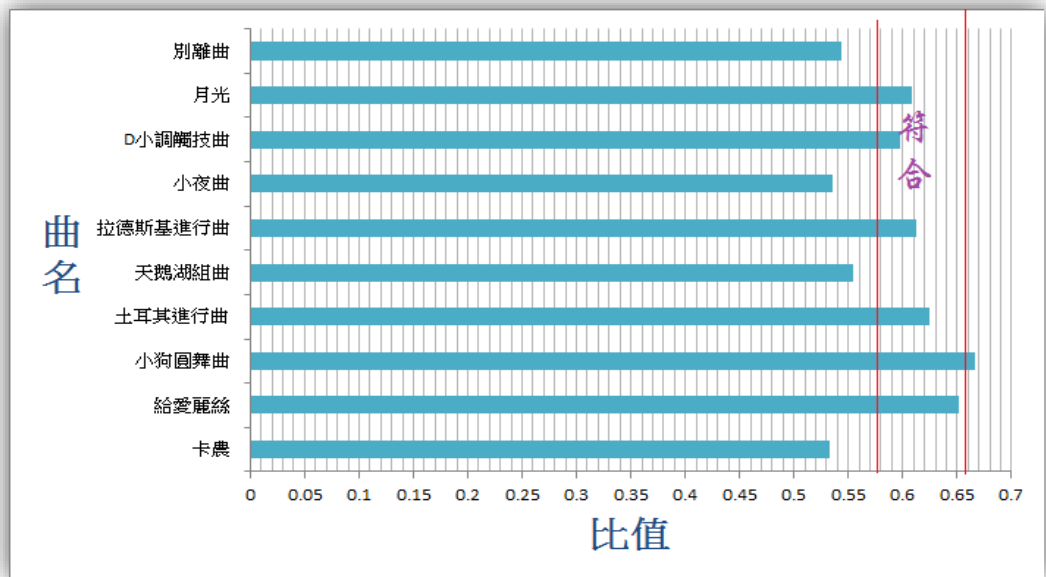


圖 11 方法二實驗結果（古典音樂 10 首）。

透過數據分析我們得知南管音樂是有符合黃金比例的，約占我們全部實驗中挑選出的南管音樂的約 50%。流行音樂符合黃金比例的約莫占挑選出音樂的 60%。古典音樂符合黃金比例的約莫占挑選出音樂的 50%。經過歸納後我們發現一些特性：

1. 古典音樂符合的數目雖不及流行音樂但不符合時的差異值卻比流行音少。
2. 全部音樂符合黃金比例的占比，南管音樂占較多的比例，而古典音樂和流行音樂則相差不多。各類音樂比較的圓餅圖如下表：

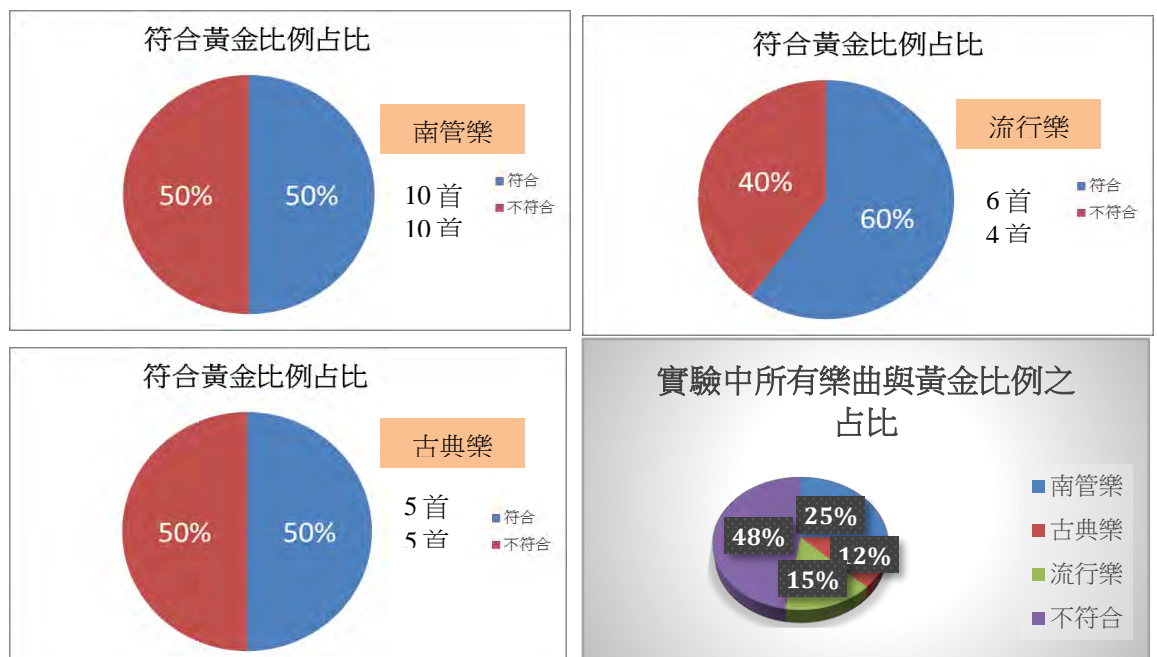


圖 12 各類音樂符合黃金比例占比之整理。

3. 西洋流行音樂相較於華語流行樂，有較多符合的歌曲。

三、方法三：副歌振幅面積／音樂振幅總面積之實驗結果。這個方法是用音頻（聲音的波型）去評估樂曲。利用 Audacity 與 Imagej 資訊軟體的到樂曲的音頻並利用 Imagej 評估副歌面積的占比。但評估後的結果樂曲卻都不符合黃金比例，且大部分與與標準值的差距都很大。

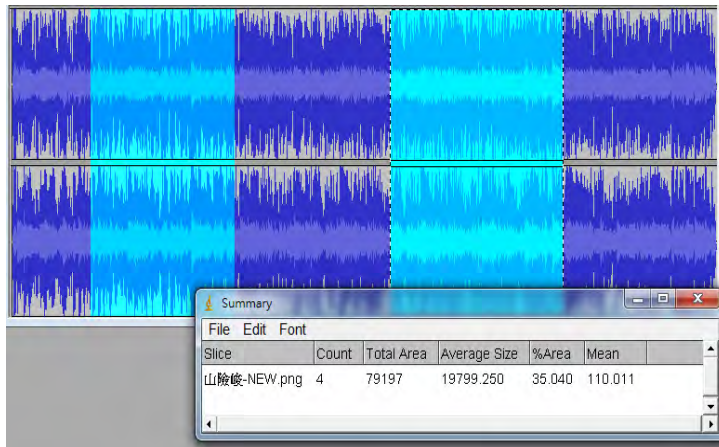


圖 13 以 Imagej 軟體計算南管音樂（山險峻）振幅副歌面積處之截圖。

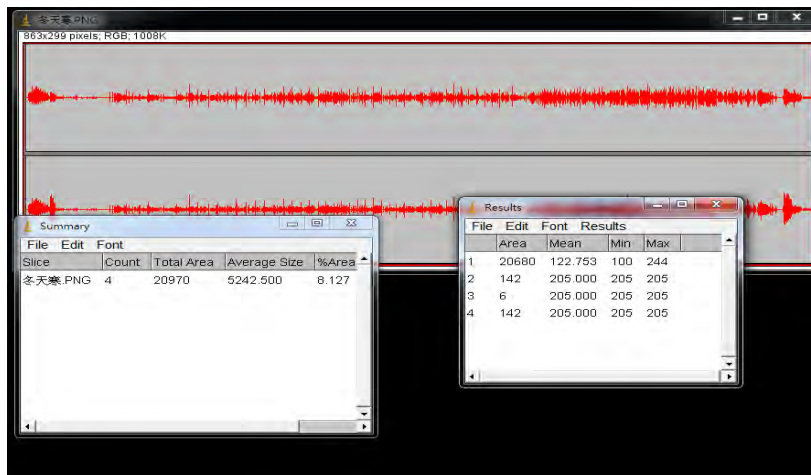


圖 14 以 Imagej 軟體計算南管音樂（山險峻）振幅總面積之截圖。

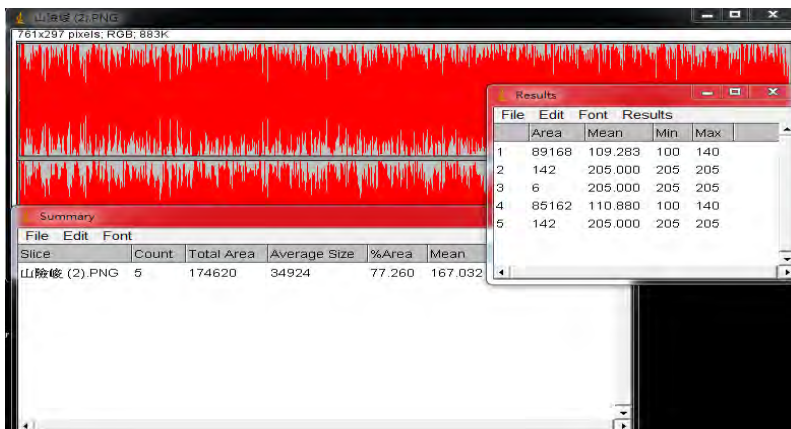


圖 15 以 Imagej 軟體計算南管音樂（冬天寒）振幅總面積之截圖。

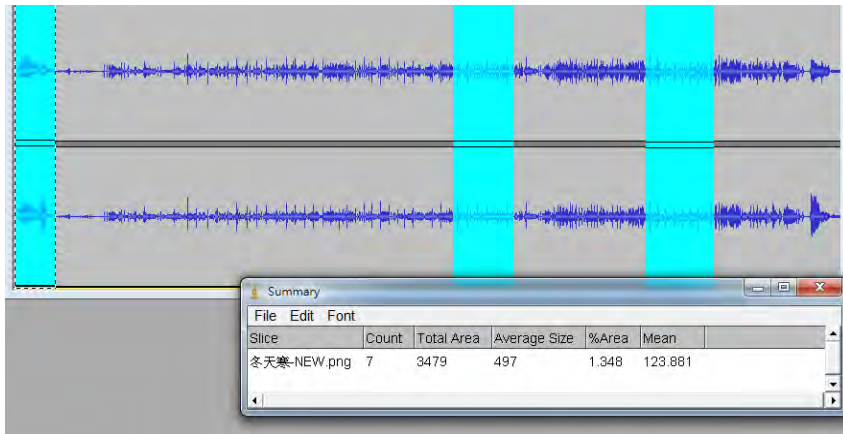


圖 16 以 Imagej 軟體計算南管音樂（冬天寒）振幅副歌處面積之截圖。

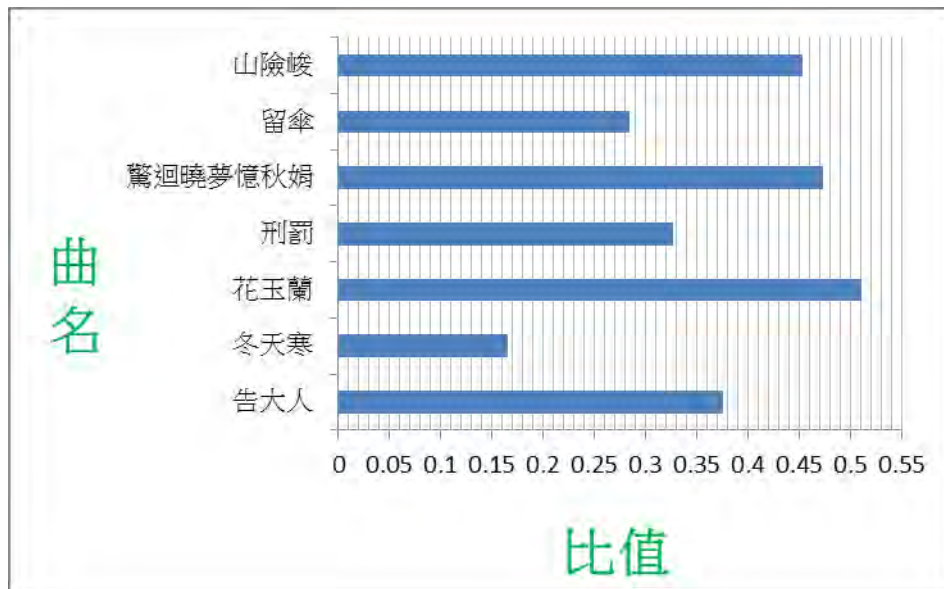


圖 17 以方法三實驗結果（南管音樂 7 首）。

四、方法四：觀察原始振幅有無相似或特殊處之實驗結果。由於使用資訊軟體研究音頻可以瞭解聲音大小、模擬演奏速度、並快速瞭解每首歌的特性。所以我們也將樂曲數位化，進行觀察樂曲的實驗。我們方法一、方法二都符合黃金比例的樂曲，來觀察其特性。共計觀察 17 首樂曲，列以下 6 首為代表。（4 首南管樂、1 首流行樂、1 首古典樂）

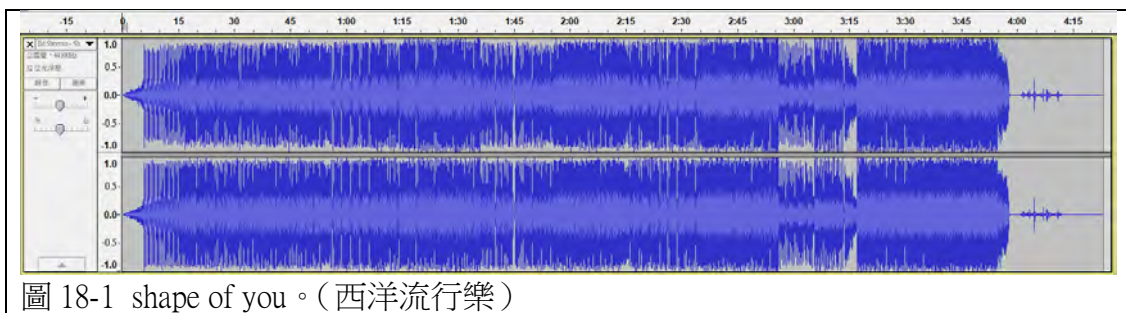


圖 18-1 shape of you。(西洋流行樂)

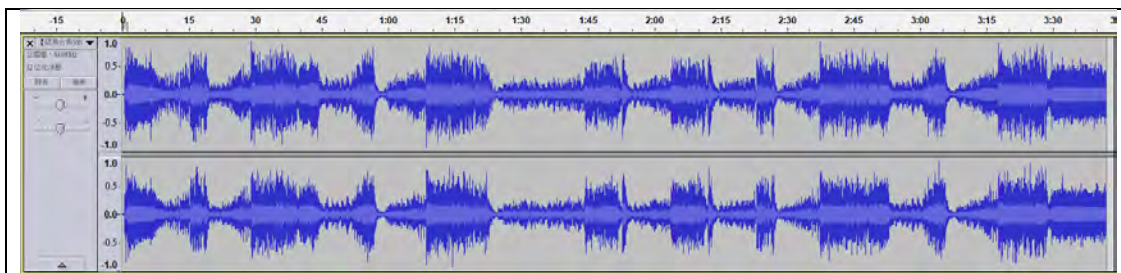


圖 18-2 拉德斯基進行曲。(古典樂)

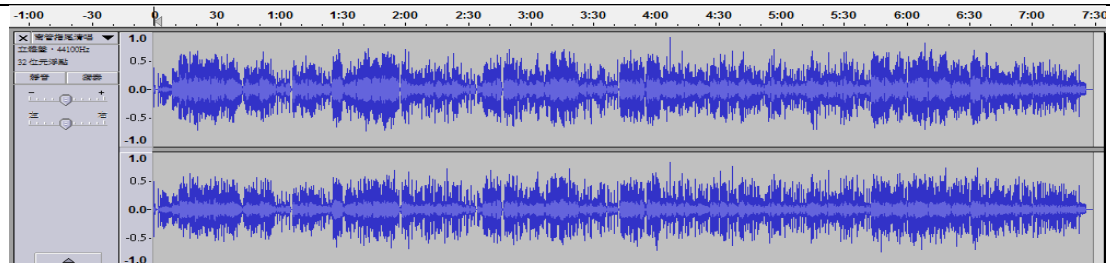


圖 18-3 霏霏颯颯。

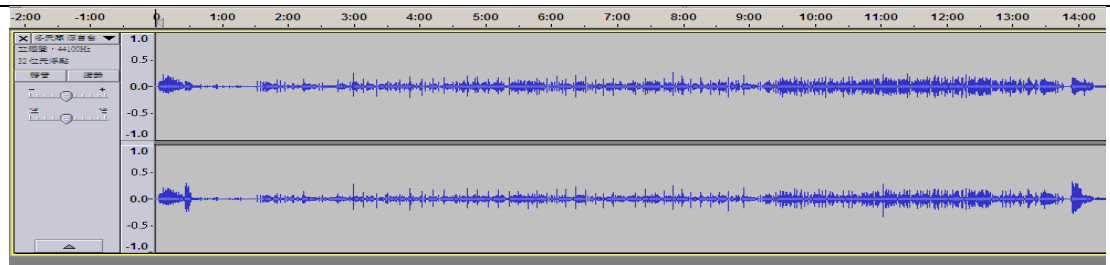


圖 18-4 冬天寒。

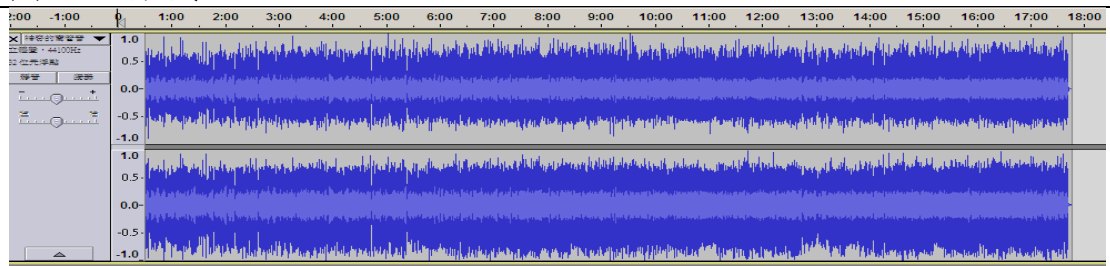


圖 18-5 將進酒。

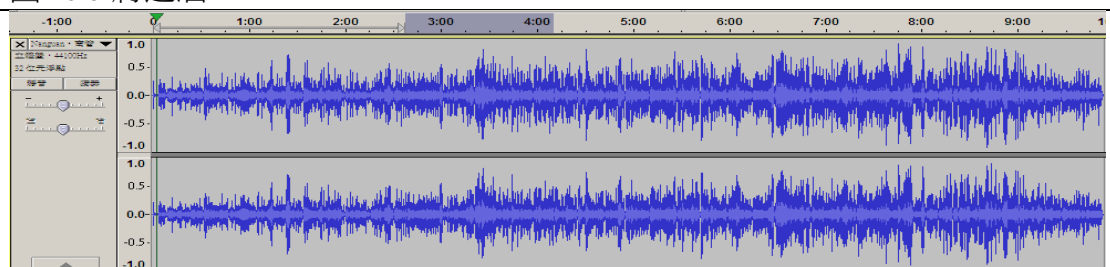


圖 18-6 刑罰。

彙整後我們得到下面的結果：

1. 我們觀察到南管音樂的振幅都非常密集，但其他種音樂只在副歌區塊才會呈現此種現象。
2. 流行音樂與古典音樂的副歌都很明顯，但南管音樂則完全無法直接看出。

五、方法五：進一步根據音樂振幅去觀察，並用軟體進行了音頻的微調，下面是實驗結果。

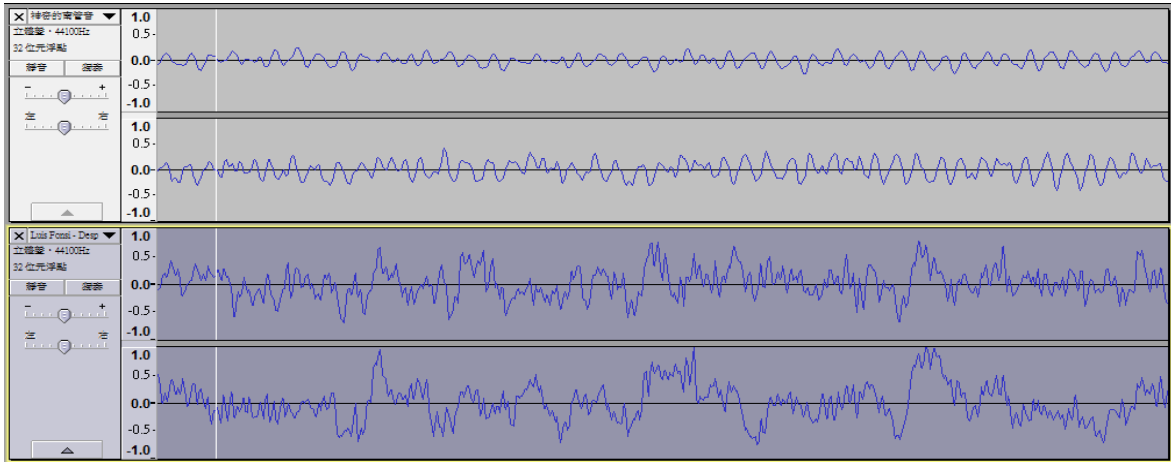


圖 19 以 Audacity 軟體對照南管音樂與流行音樂振幅之截圖。

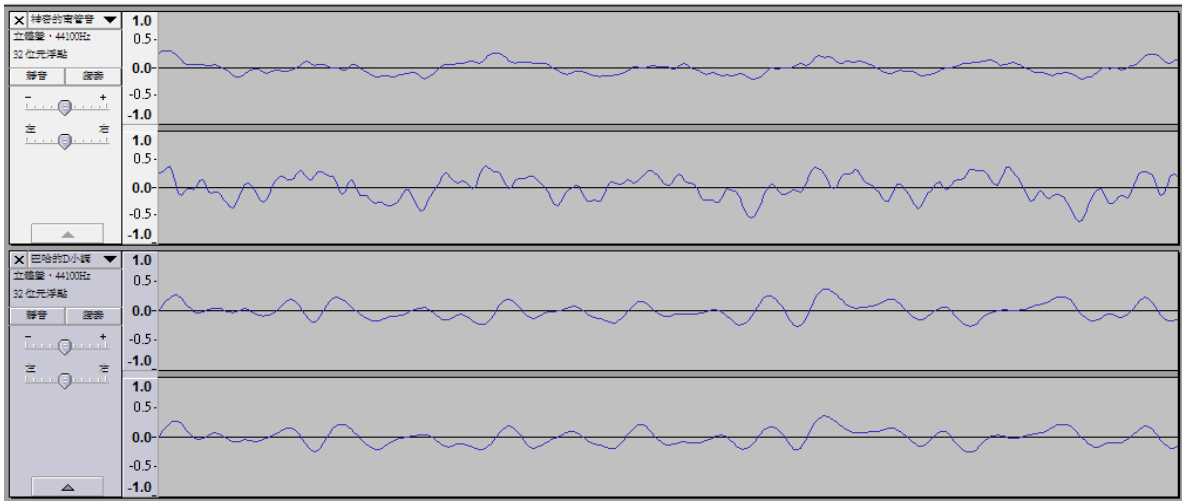


圖 20 以 Audacity 軟體紀錄南管音樂與古典音樂振幅之截圖。

進行圖像的比對，並進行軟體的調整後，我們發現下面兩點：

1. 從圖 19 觀察，可以發現流行音樂與南管音樂相比振幅震動的幅度較大，也更為密集。
2. 從圖 20 觀察，可看見南管音樂的振幅古典音樂振幅很相似，且振幅也較大。

六、黃金比例數值和真實聆聽樂曲的感受

表 2 問卷評分與實驗數值比較表

南管樂曲	代表符合黃金比例			
	專家版評分(10人)	學生版評分(64人)	方法一數值	方法二數值
冬天寒	6.625	5.92	0.625	0.615
山險峻	7	6.444	0.625	0.595
一紙相思	7	6.555	0.642	0.523
刑罰	6.5	6.063	0.6	0.626
梅花操	6	7.031	0.626	0.504
杯酒勸君	8.2	5.952	0.584	0.534
四時景	6.285	6.92	0.475	0.486
霏霏颯颯	8	6.666	0.796	0.573
風落梧桐	9	6.587	0.608	0.522

表 3 問卷評語關鍵字

南管樂曲	問卷評語關鍵字
冬天寒	1.最具代表的短滾清唱曲。
山險峻	1.十三腔的曲子，門頭很多。2.十三腔經典曲。
一紙相思	1.開頭四個字的旋律可以再更綿長，整體而言音樂順暢。
刑罰	1.兼含散曲與戲曲韻味。2..曲腳在詮釋不同角色時，有運用不同的技巧凸顯唱段不同。
梅花操	1.南管名譜。
杯酒勸君	1.音質鏗鏘有力，頓挫分明，速度流暢，轉韻、行腔、咬字都非常完美。2.七撩曲。
四時景	1.各節速度得宜，音色清新。
霏霏颯颯	1.南管分類屬於指套。
風落梧桐	1.門頭很多的曲子。2.音色、咬字吐音、轉韻都恰到好處。

1. 表 2 數據分析後，專家的評分和黃金比例數值較為接近且較具關聯性；學生評分的數值則與黃金比例數值較無相關。
2. 表 2 中南管樂曲四時景，在方法一及方法二的數值上都不符合黃金比例，而在問卷中 1~10 的評分裡評均值分數也較低。

七、簡易型南管推廣 app

(一) 下載方式：

1. 掃描二維條碼(如右圖)

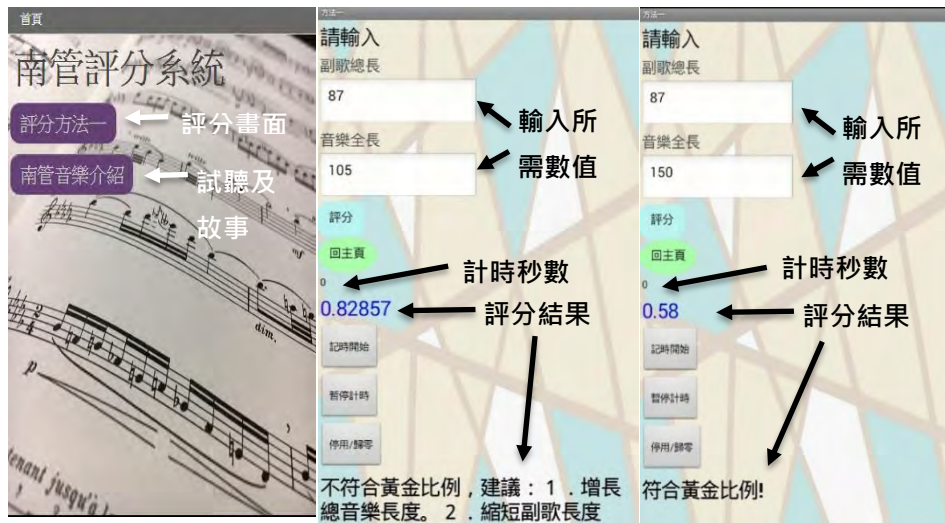
下載後即可進入畫面，點選評分方式



圖 21 南管音樂評分 App 二維條碼。

(二) 此 APP 可以給專家當評分的參考。(使用本文方法二原理製作)

圖 22 南管音樂評分 App 使用畫面之截圖。



(三) 此 APP 也可以讓一般人更認識南管樂。

南管音樂介紹：



圖 23 南管音樂評分 App 使用畫面之截圖。

(四) APP 程式截圖。

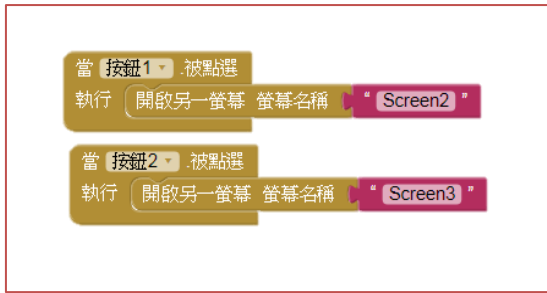


圖 24 簡易南管推廣 app 程式方塊之截圖。

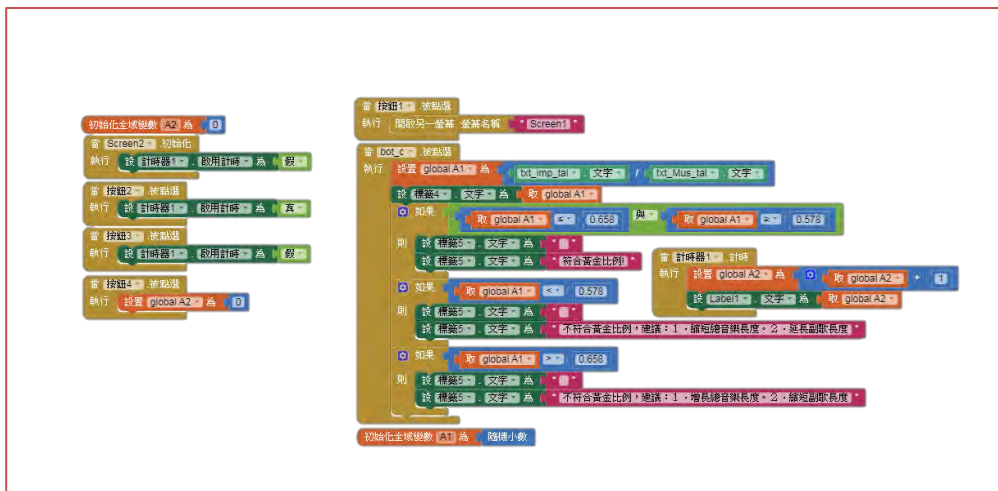


圖 25 南管推廣 app 程式方塊之截圖。

1. 目前我們將方法二的實驗方式，利用 App Inventor 寫成手機的應用程式。只需要掃描二維碼便可以下載簡易的評分系統。
2. 當輸入所需資料便會做計算，依計算結果會給出不一樣的建議。
3. 使用者可以試聽南管音樂，並了解南管樂曲的故事。

陸、討論

- 一、我們找尋音樂相關的文獻時，有論文提及西洋古典樂「至再現部的小節數」除以「總小節數」也有黃金比例。所以我們想如果將此實驗方式套入中國文化的傳統音樂之南管，也許也能得到一些特殊的現象。套用南管音樂進行計算，結果發現有超過一半的南管名曲都符合黃金比例的原則。
- 二、類似的研究曾顯示數學與音樂有密不可分的關係，很多古典音樂在結構上也呈現了與黃金比例有一定的關係。以樂曲重要分段處對全曲小節數之比值，也曾有論文驗

證過是否遵守黃金分割原則。我們依此做為基礎：研究南管音樂是否有完美的數學比例，同時將流行音樂與古典樂作為對照組。

- 三、流行音樂裡有句俗話「重複美是種關鍵」，在音樂中重複的部分稱為副歌，相關的文獻中也有提到：大多數的音樂類型都符合這個規則。但我們卻發現南管音樂並不完全符合此規則，而且不同曲目之間變化非常之大。所以我們便以副歌總秒數除以歌曲總秒數的方法來進行實驗。（表示重複的地方很少，但時間長度很長）
- 四、在方法二的結果中我們發現，南管音樂跟古典音樂較為接近，我們認為有可能是因流行音樂的曲風因科技的發達而變得更加多元，而南管音樂跟古典音樂則歷史較為悠久，所以我們推測年代跟樂曲的作曲結構有很大的關連。
- 五、音樂的好聽與否是較為主觀的，所以我們選擇流行音樂的標準是華文和西洋各一半，並且在 kkbox 排行榜排行前三十中隨機選擇，而考量每年大眾所喜愛的歌曲曲風有所不同，所以我們除了選擇今年和去年的流行樂外，也挑了幾首年代較為前面的音樂。套用到我們的方法中，也得到超過一半符合黃金比例的結果。
- 六、在音樂界裡，南管音樂屬於較為特別的曲風，古典音樂的曲風及較為嚴謹；流行音樂的曲風則較為自由，所以我們以此兩種音樂作為對照組。依實驗結果我們發現南管音樂的編排大多以有故事情節的方式呈現，在實驗裡我們分析了二十首南管音樂，我們覺得南管音樂的副歌相較其他音樂種類較為不明顯，或許這正是南管音樂的獨特處。
- 七、從方法二的實驗數據中我們得知 20 首南管音樂、10 首古典音樂、10 首流行音中符合黃金比例百分比分別為：50%（10 首）、50%（5 首）、60%（6 首）。
- 八、目前我們觀察到南管音樂的振幅多數屬於緊緊相連、密集的現象，但相較起來其他音樂較為明顯的曲線變化，我們猜想也許這正是南管音樂的特殊之處。
- 九、我們發現到南管音樂雖然屬於一種平和、緩慢的曲調，但在放大振幅與其他音樂對比時，其振幅竟然有些相似，我們推測有可能是因為符合黃金比例的緣故。
- 十、我們利用振幅面積的方式計算，目前得出的結果都不符合黃金比例，且數值都不規則。我們覺得有可能是因為目前的計算方式還都無法達到 100% 精準，如果能找到一個較為精準的方式，也許能有不同的結果。但有可能是因為目前挑選的種類與數量不夠，才會出現此現象。
- 十一、我們考量到人對音樂感受度的因素，因此我們增加了問卷，問卷版本分為專家版與學生版，填寫問卷的對象為：了解南管的專家及較了解音樂的學生進行問

卷填寫，藉由問卷的數據分析了解符合黃金比例的樂曲是否較能被大眾接受，以達到驗證的效果。

- 十二、在問卷統計後的結果中我們發現，雖然從學生的評分中較難看出與黃金比例的相連，但專家評分的標準與黃金比例卻有一定的相關性，我們認為也許是較為了解南管的人對樂曲的熟悉度較一般人高，所以評分時較為精準，與黃金比例的數值也較為相符。
- 十三、我們查詢到的音樂評分系統是以一個固定的範本來對照輸入的音樂，而我們的南管推廣 app 則是以我們提出的公式進行較為客觀的評分方式。
- 十四、目前我們將南管推廣 app 的程式加入計時的功能，方便專家使用時能達到半自動化的方式，讓使用上更為方便。
- 十五、我們目前使用 App Inventor 製作了南管音樂評分 app，方便評分者以科學化的方法，快速評量南管音樂，也讓演奏者可依據建議調整演奏節奏的快慢，未來我們希望朝著自動化聲波偵測評分系統努力，讓使用上更為方便。

柒、結論

本研究以音樂的各個相關角度切入，設計多種方式進行驗證後我們發現南管音樂和黃金比例其實有許多的關聯，方法一利用音樂**節奏**的特性進行實驗設計，發現利用此方式進行實驗的許多南管樂曲都符合黃金比例，而方法二則是利用音樂的**旋律**的特性進行，在實驗數據中我們發現南管音樂 20 首古典音樂、流行音樂各 10 首中，符合黃金比例百分比分別為：50%（10 首）、50%（5 首）、60%（6 首）。而方法五和方法六則是利用較為質性的方式進行實驗，觀察後我們發現南管音樂的振幅和其他種音樂振幅有些許的差異，證明了南管音樂屬於較為特殊的音樂。此外，我們也以 App Inventor 來製作南管音樂推廣 app，目前可以輸入我們方法二我們認為較可行的公式，來計算是否符合黃金比例，因為裝載在手機中，所以無論到哪都可以使用。雖然目前只達到半自動化的方式，只能利用計時器計算出所需輸入的數值，並以手動的方式輸入後計算，給出一些建議。

在未來，計算數值的方面我們希望可以達到更自動化的方式計算更多的歌曲，我們也期待能做出更完善、精緻的南管音樂推廣 app，並推出 IOS 系統的版本，達到更自動化的方式。即便對南管音樂不太了解或對音樂涉獵未深的人，也可以藉由此系統做評估的一個標準及簡單的了解南管，以科學化的方式來欣賞音樂，希望能藉此讓大家更認識南管這個神祕的音

樂，並且讓南管音樂較能夠被大眾接受。另外我們也打算運用專家評語和更大量的數據去發展具人工智慧的評分系統。設計更完善、更自動、更符合科技與藝術等面向的系統，讓科技與藝術跨界結合，替中國文化進一份心力。

捌、參考資料及其他

一、書籍

- (一) 洪宇萱與王昕芸 (2013) · 音樂數學，數學音樂 · 中華民國第 53 屆中小學科學展覽會參展作品
- (二) 呂鍾寬 (2011) · 南管音樂 · 台中市：晨星出版社。
- (三) (2006) · 從士紳到國家的音樂：台灣南管的傳統與變遷 · 台北市：南天書局有限公司。
- (四) 張再興 (1992) · 南樂曲集。古籍抄印推廣。
- (五) 劉鴻溝 (1982) · 指譜全集。菲律賓金蘭郎君社。
- (六) 數學課本第三冊八上 · 台北市：康軒出版社。
- (七) 周淑卿 (2012) · 藝文課本第二冊七下 · 台北市：康軒出版社。

二、網路資料

- (一) 江怡姍 (2009) · 傳統戲曲---南管與北管之相關研究 · 取自
<http://www.shs.edu.tw/works/essay/2009/11/2009111320312699.pdf>
- (二) 翁瑞霖 (2006) · 數學與音樂的對話—探討音樂中的數學應用 · 《科學教育月刊》，228 · 取自
[http://www.sec.ntnu.edu.tw/Monthly/95\(286-295\)/288-pdf/01.pdf](http://www.sec.ntnu.edu.tw/Monthly/95(286-295)/288-pdf/01.pdf)
- (三) 翁瑞霖 (2004) · 數學與音樂的對話：探討莫札特音樂的數學應用及其效應。《師大學報》49-2 · 取自
<http://jntnu.ord.ntnu.edu.tw/Uploads/Papers/634589571422174000.pdf>
- (四) J J O'Connor and E F Robertson · (1999) Pythagoras of Samos · 取自
<http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Pythagoras.html>
- (五) Scott Rickard (2011) · 世界上最難聽音樂背後代表的數學 · 取自
<https://read.muzikair.com/tw/news/>

三、名詞解釋

- (一) 黃金分割比是指將整體一分為二，較大部分與整體部分的比值等於較小部分

與較大部分的比值，其比值約為 0.618，而我們此研究使用的黃金比例數值便是 0.618。

(二)黃金比例：畢達哥拉斯及其學派研究過正五邊形和正十邊形的作圖，因此現代數學家們推斷當時畢達哥拉斯學派已經觸及甚至掌握了黃金分割。我們研究所提及的畢達哥拉斯便是指他有關黃金比例的成就。

(三)Audacity：是一套免費的聲音編輯軟體，可用於剪輯音樂、合併音樂、錄音、去除人聲、去除雜音等。

(四)ImageJ：是一套人人可自由下載並免費使用的軟體，能夠顯示，編輯，分析，處理，保存，打印 8 位，16 位，32 位的圖片，可在一個窗口里以多線程的形式層疊多個圖像，並行處理。只要內存允許，便能打開任意多的圖像進行處理。除了基本的圖像操作，還能進行圖片的區域和像素統計，間距，角度計算。

(五)App Inventor：是一個完全線上開發的 Android 程式環境，使用樂高積木式的堆疊法來完成程式。

四、實驗數據

表 4 南管音樂實驗數據

曲名	第二出現副歌小節數	總小節數	比值（第二出現副歌小節數/總小節數）	是否符合
梅花操	67	107	0.626	是
楓落梧桐	56	92	0.608	是
相思引	43	72	0.597	是
杯酒勸君	52	89	0.584	是
告大人	150	238	0.63	是
霏霏颯颯	43	54	0.796	否
冬天寒	40	64	0.625	是
花玉蘭	55	74	0.743	否
將進酒	51	86	0.593	是
四時景	48	101	0.475	否
三更鼓	62	89	0.696	否
刑罰	57	95	0.6	是
嶺路斜崎	42	72	0.583	是
金錢經	60	90	0.666	是
驚迴曉夢憶秋娟	31	87	0.356	否
魚沉雁杳	48	84	0.571	是
靜夜思	32	94	0.34	否

一紙香思	63	98	0.642	是
留傘	32	82	0.39	否
山險峻	65	104	0.625	是

表 5 南管音樂實驗數據

歌名	至副歌總秒數	第一段落處總秒數	比值	是否符合
梅花操	92	183	0.502	否
風落梧桐	83	129	0.643	是
相思引	63	93	0.677	否
杯酒勸君	66	112	0.589	是
告大人	154	209	0.736	否
霏霏颯颯	74	117	0.632	是
冬天寒	57	87	0.655	是
花玉蘭	102	139	0.733	否
將進酒	90	227	0.324	否
四時景	97	161	0.602	是
三更鼓	69	92	0.75	否
刑罰	72	114	0.631	是
嶺路斜崎	55	107	0.514	否
金錢經	120	192	0.625	是
驚迴曉夢憶秋娟	95	244	0.389	否
魚沉雁杳	54	85	0.635	否
靜夜思	81	157	0.515	否
一紙香思	48	72	0.666	是
留傘	45	66	0.681	否
山險峻	123	201	0.611	是

表 6 南管音樂實驗數據

歌名	副歌總長（秒）	音樂總長（秒）	比值（音樂的副歌總長/總長）	是否符合
梅花操	575	1140	0.504	否
楓落梧桐	418	800	0.522	否
相思引	210	473	0.443	否
杯酒勸君	438	820	0.534	否
告大人	642	1070	0.6	是
霏霏颯颯	258	450	0.573	否
冬天寒	410	666	0.615	是
花玉蘭	245	400	0.612	是
將進酒	425	720	0.59	是
四時景	555	1140	0.486	否
三更鼓	520	960	0.541	否
刑罰	385	615	0.626	是
嶺路斜崎	455	750	0.606	是

金錢經	195	375	0.52	否
驚迴曉夢憶秋娟	655	1100	0.595	是
魚沉雁杳	375	600	0.625	是
靜夜思	195	365	0.534	否
一紙香思	1005	1920	0.523	否
留傘	985	1620	0.60	是
山險峻	955	1605	0.595	是

表 7 流行音樂實驗數據

歌名	副歌總長 (秒)	音樂總長 (秒)	比值 (音樂副歌/總長)	是否符合
Despacito	165	270	0.611	是
追光者	125	240	0.52	否
Uptown funk	137	270	0.507	否
告白氣球	116	206	0.563	否
Faded	127	213	0.596	是
We dont talk anymore	154	250	0.616	是
shape of you	144	230	0.626	是
童話	143	245	0.583	是
演員	179	299	0.598	是
光年之外	149	250	0.662	否

表 8 古典音樂實驗數據

歌名	副歌總長 (秒)	音樂總長 (秒)	比值 (音樂副歌/總長)	是否符合
卡農	120	225	0.533	否
給愛麗絲	137	210	0.652	是
小狗圓舞曲	70	105	0.666	否
土耳其進行曲	122	195	0.625	是
天鵝湖組曲	100	180	0.555	否
拉德斯基進行曲	124	202	0.613	是
小夜曲	177	330	0.536	否
D 小調觸技曲	305	510	0.598	是
月光	210	345	0.608	是
別離曲	155	285	0.543	否

表 9 方法三實驗結果

曲名	副歌面積	總長面積	比值	是否符合
告大人	64033	170075	0.376	否
冬天寒	3479	20970	0.165	否
花玉蘭	52819	103225	0.511	否
刑罰	28672	87516	0.327	否
驚迴曉夢憶秋娟	100316	211857	0.473	否
留傘	38957	136784	0.284	否
山險峻	79197	174620	0.453	否

【評語】 032917

本作品以科學方法分析南管樂。透過電腦軟體輔助分析 20 首歌曲，比較副歌與全曲的各項比值(小節數、秒數、振幅面積)是否符合黃金比例。本作品欲推廣校內非主流音樂，立意良善；並以數學方式分析證明大多數南管樂符合黃金比例；另外提供簡單的 APP 軟體，介紹南管音樂。惟音樂樣本變異大，宜增加聆聽感受度的抽樣，以避免主觀的判定標準。

摘要

本研究以不易理解的南管音樂為主軸結合黃金比例，嘗試用科學方法解釋被稱為外星音樂的南管音樂。不少中世紀的科學家研究過科學與音樂間的關係，也針對南管樂探討，設計多種方法驗證，推算比較各項比值是否符合黃金比例，並運用數值標準化、圖形化分析及電腦軟體輔助，設計出南管推廣APP。此研究中，我們使用多種方法檢測，發現南管音樂20首、古典音樂、流行音樂各10首中，符合黃金比例百分比分別為：50%（10首）、50%（5首）、60%（6首）。也得到經典樂曲符合黃金比例值頗高的結論。最後，我們利用實驗中較為可行方法製作南管推廣APP，除了讓南管老師在評分上有科學化的數據參考，也希望讓更多人接受特殊的南管音樂。

壹、研究目的



貳、研究設備與器材

實驗器材名稱	用途
電腦 (AcerVeriton L480)	查詢資料、處理數據
南管音樂	音樂匯入音樂軟體研究
南管樂譜 (單曲)	了解南管樂曲內容
南管書籍資料	談討歷史、了解著名樂曲
黃金比例資料	原理、應用方式
平板	測試程式

實驗器材名稱	用途
南管標準樂譜 (書籍)	計算音樂小節數
Audacity音樂軟體	分析數據
其他各類音樂	比對使用
Imagej公共的圖像處理軟體	分析數據
App Inventor軟體	製作南管評分系統

參、研究過程與方法



由於音樂的欣賞可分為節奏旋律、音色音頻還有感受度，所以我們將下面幾項影響音樂的因素用科學化方法來驗證。並以黃金比例做為標準值來設計以下的實驗。(符合黃金比例範圍為 $0.618 \pm 5\%$)

方法一：以傳統方式研究南管音樂在節奏旋律上是否有黃金比例存在

公式：第二次出現副歌的小節數/總小節數。
選用南管老師推薦的南管樂曲，套用公式後得出比值對比黃金比例。

方法二：以新方式研究各種音樂在節奏旋律上是否有黃金比例存在

公式：副歌總秒數/音樂總秒數。
選用南管音樂、古典音樂、流行音樂中較為著名的曲目，套用公式後得出比值對比黃金比例。

方法三：研究南管音樂在聲音強度上(音色音頻)是否有黃金比例存在

公式：副歌面積/音樂總長面積。
利用方法一與方法二同時符合黃金比例的南管音樂匯入Audacity軟體，振幅部分截圖，匯入Imagej軟體計算面積，套用公式後得出比值對比黃金比例。

方法四：評估南管音樂在感受度上是否與黃金比例有關

利用Google線上表單製作問卷，問卷分成兩種版本：學生版、專家版，問卷填寫內容包含：各首南管樂曲(9首)評分(1~10分)、樂曲評語，統計問卷調查結果，問卷回覆內容分析：評分分數與評語統計，評分分數去除極端值後計算平均值，從評語中尋找關鍵字。

方法五：觀察符合黃金比例南管音樂之特別處

將方法二中符合黃金比例的南管音樂、古典音樂及流行音樂匯入Audacity，觀察南管音樂的原始振幅，並對照每種音樂是否有特殊之處。

方法六：嘗試調整南管音樂使其符合黃金比例

將音樂匯入Audacity軟體，音樂振幅進行放大倍率觀察，將流行、古典音樂振幅與南管音樂振幅進行比對。

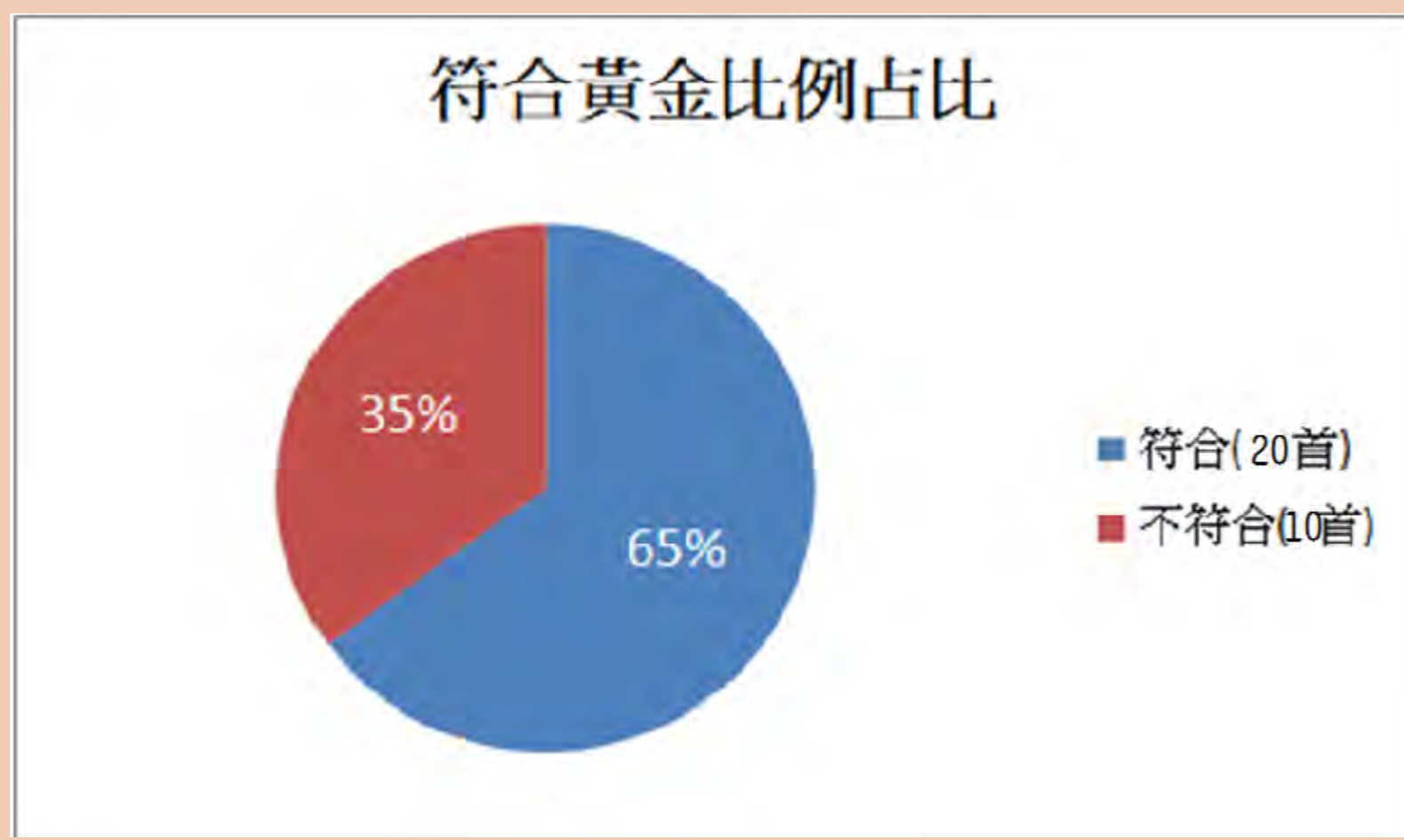
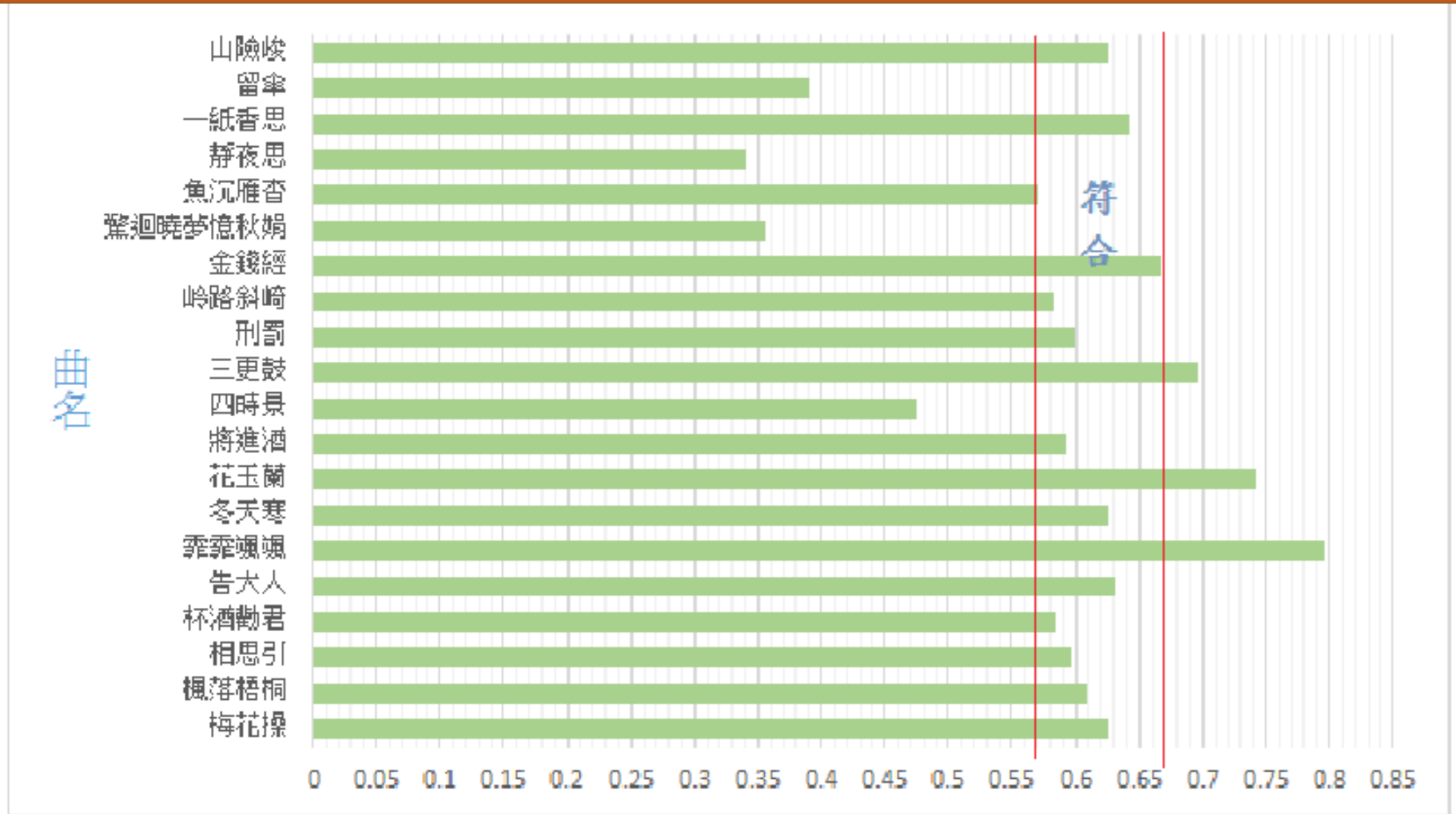
方法七：設計南管推廣app

將方法二公式寫App Inventor中，將符合及不符合時的建議寫入，寫入計時器的程式(可自動計算計算須輸入的數值)，放入4首南管音樂故事及音檔放入南管推廣app中。

伍、研究結果

方法一：以傳統方式研究南管音樂在節奏旋律上是否有黃金比例存在

公式：第二次出現副歌的小節數/總小節數。



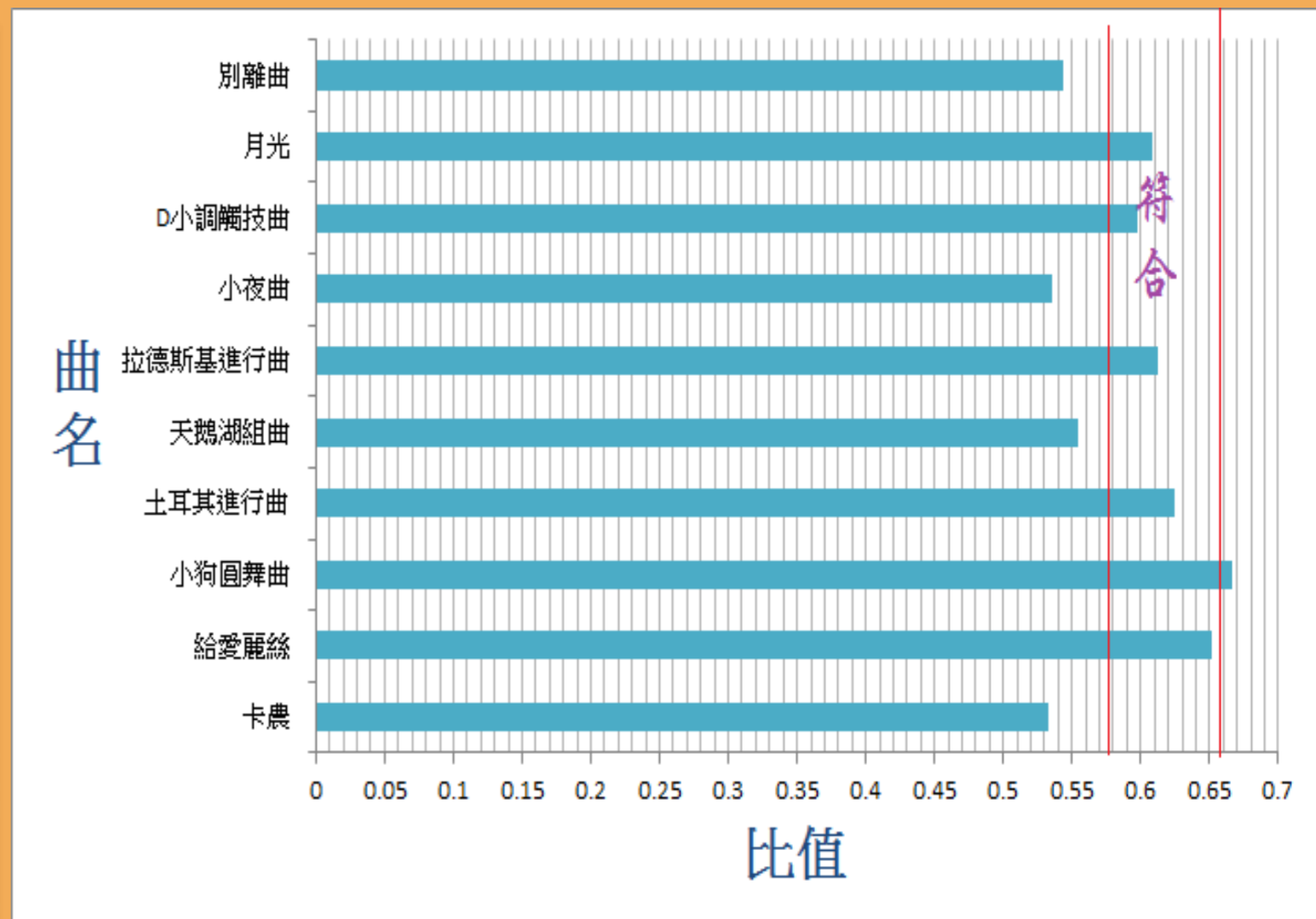
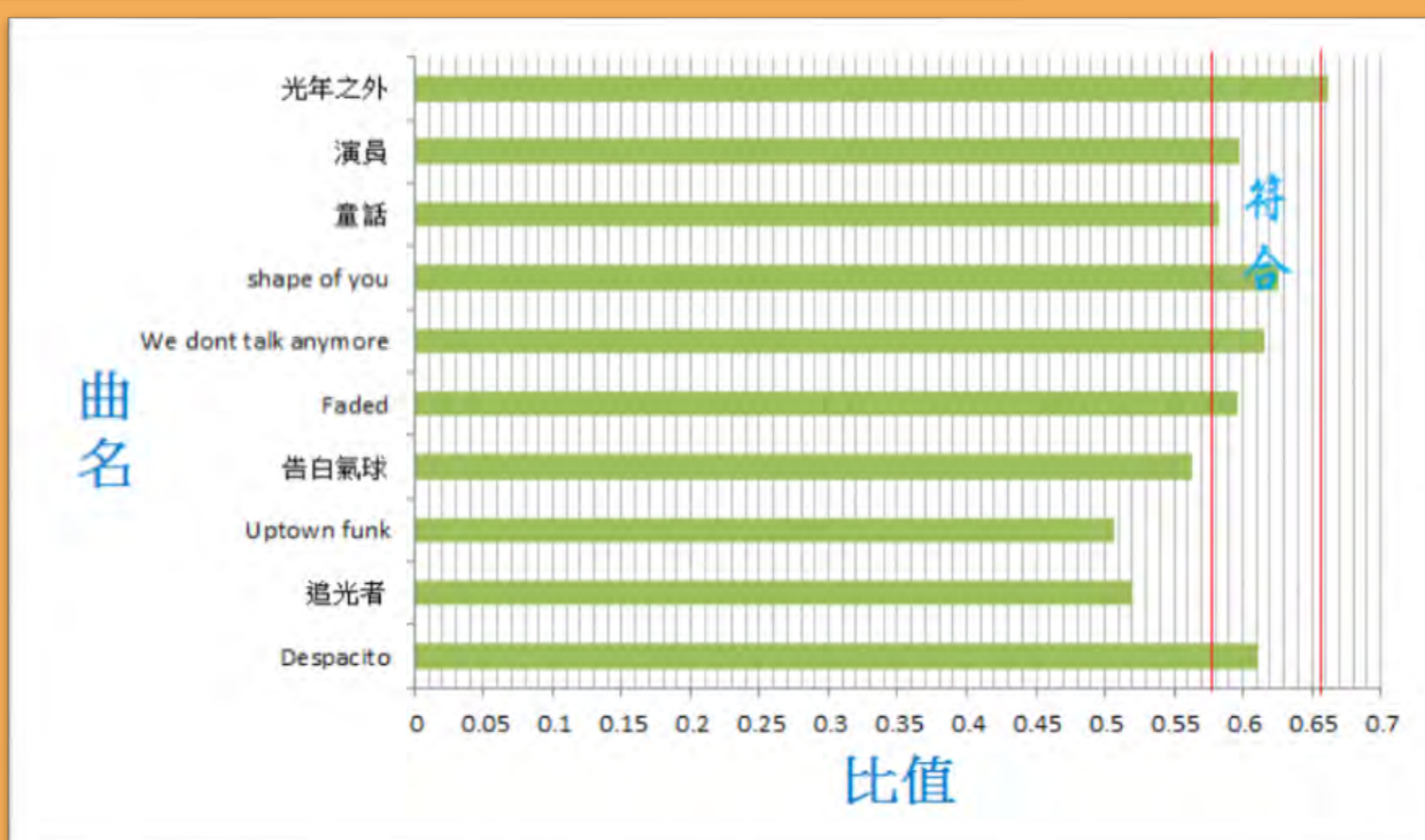
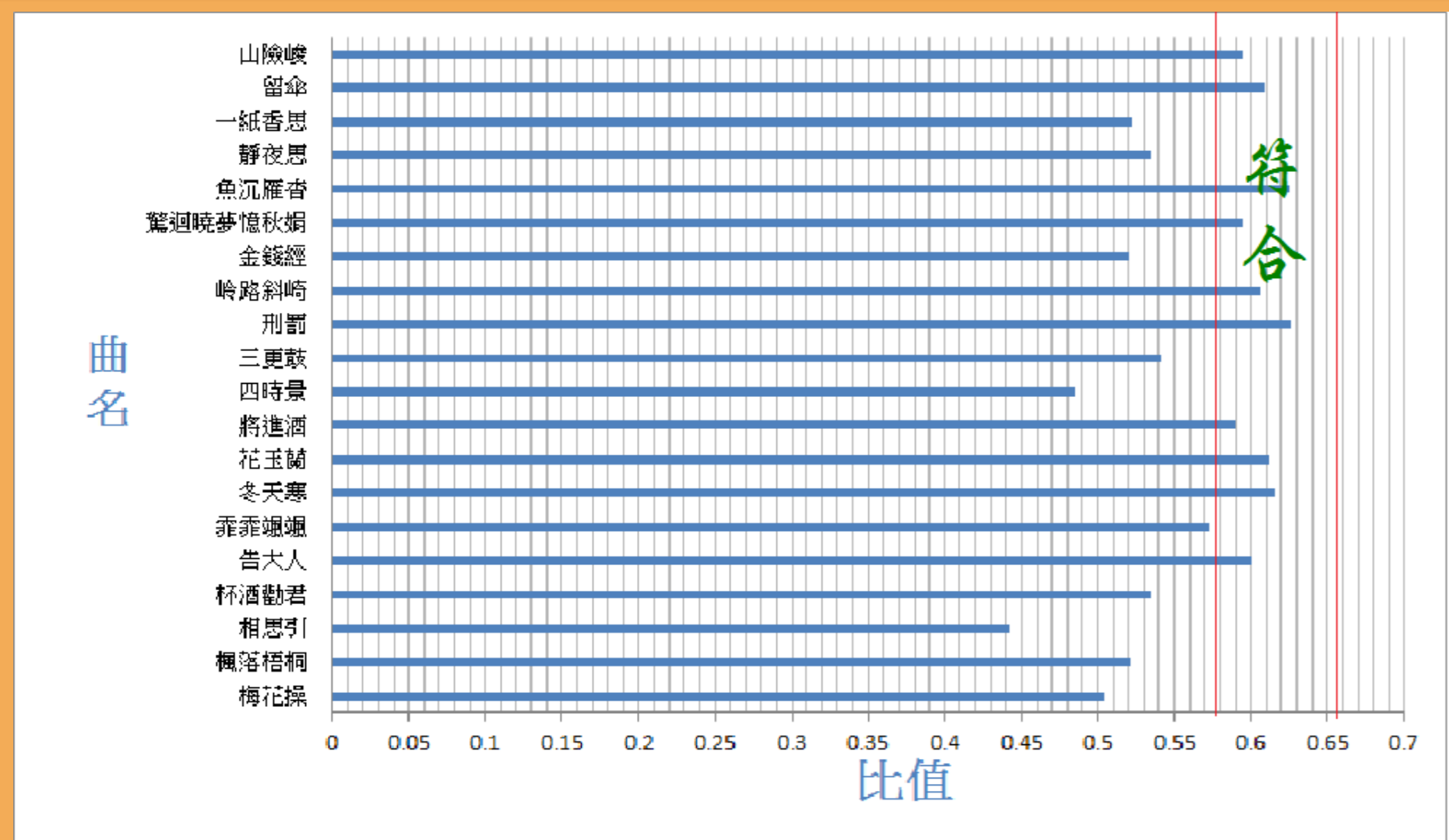
說明：
 1. 數學家探究古典音樂與數學的關係也用此法。
 2. 第53屆國展【音樂數學，數學音樂】也曾參考類似方法。
 3. 驗證此法是否也適合南管音樂。
 4. 此方式雖可套用南管音樂，但需要讀懂複雜的南管樂譜。

圖一、實驗結果（南管音樂）之橫條圖。

圖二、實驗結果（南管音樂）占比之圓餅圖。

方法二：以新方式研究各種音樂在節奏旋律上是否有黃金比例存在

公式：副歌總秒數/音樂總秒數。

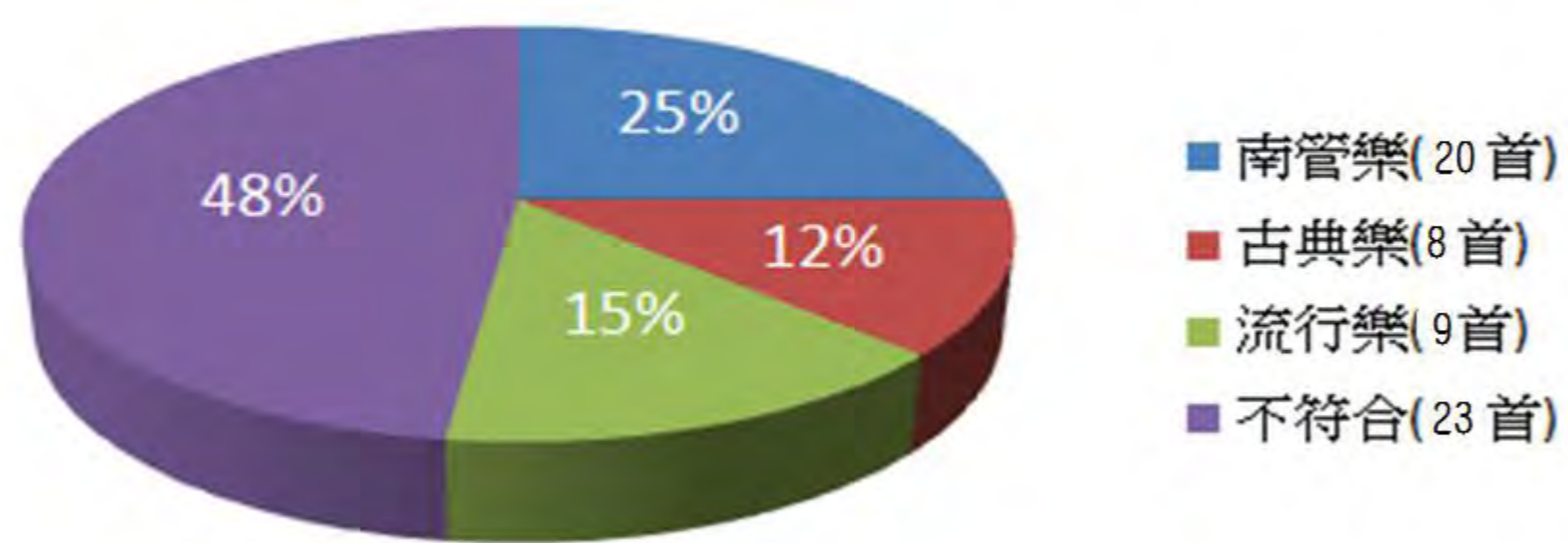


圖三、實驗結果（南管音樂）之橫條圖。

圖四、實驗結果（流行音樂）之橫條圖。

圖五、實驗結果（古典音樂）之橫條圖。

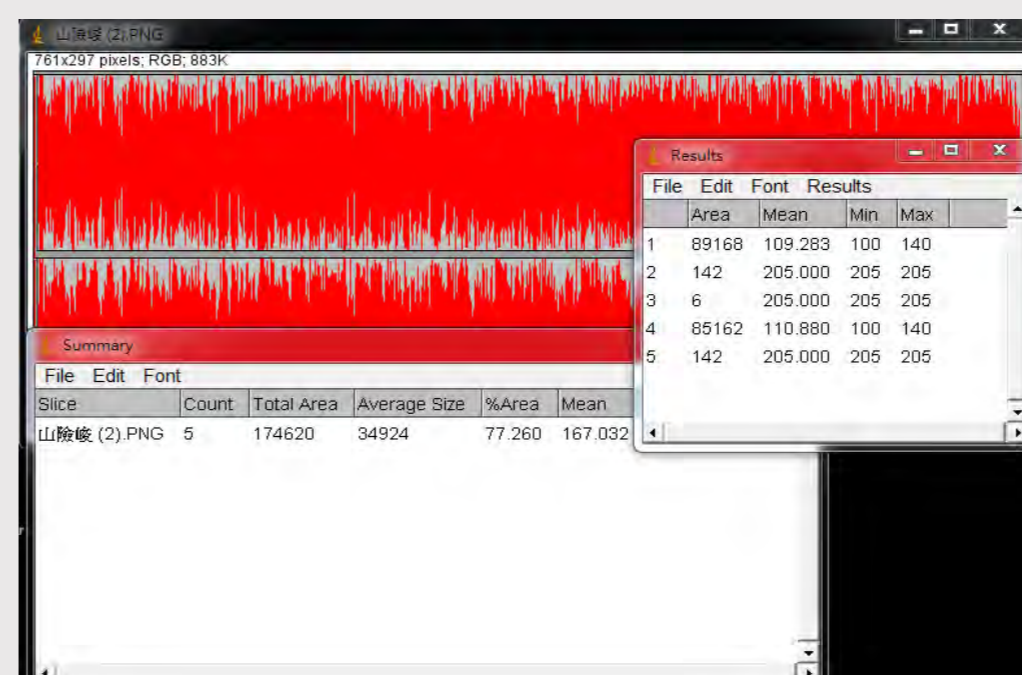
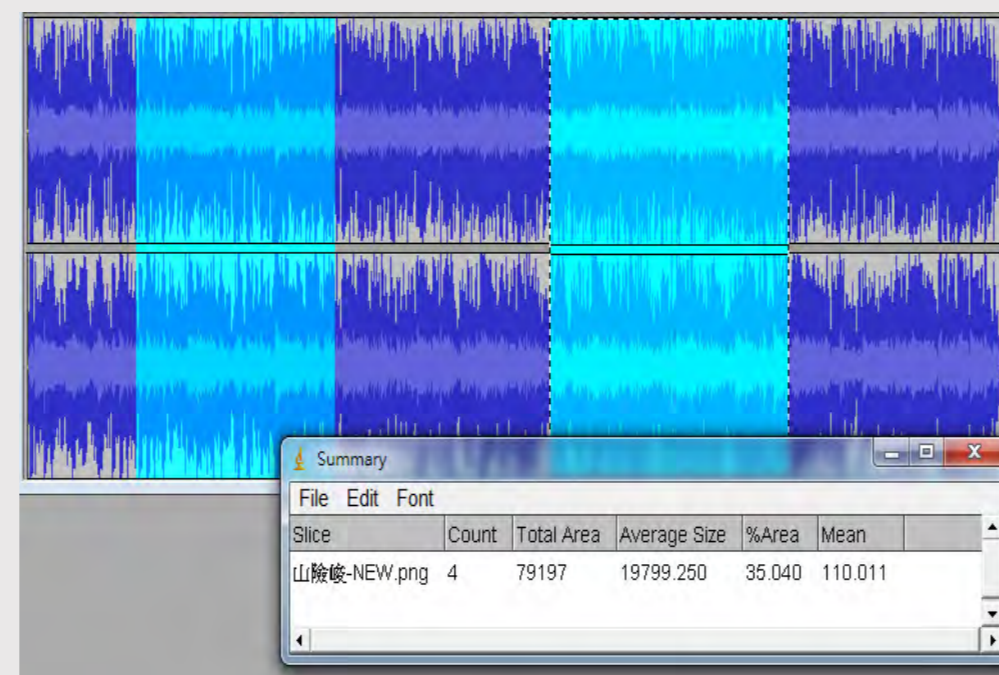
實驗中所有樂曲與黃金比例之占比



圖六、各類音樂符合黃金比例占比之圓餅圖。

方法三：研究南管音樂在聲音強度上(音色音頻)是否有黃金比例存在

公式：副歌面積/音樂總長面積。(以2個八度音為計算)



圖七、南管音樂（山險峻）振幅副歌面積處之截圖。

圖八、南管音樂（山險峻）振幅總面積之截圖。

圖九、南管音樂振幅面積比之橫條圖。

方法四：評估南管音樂在感受度上是否與黃金比例有關

表一、問卷評分與實驗數值比較表

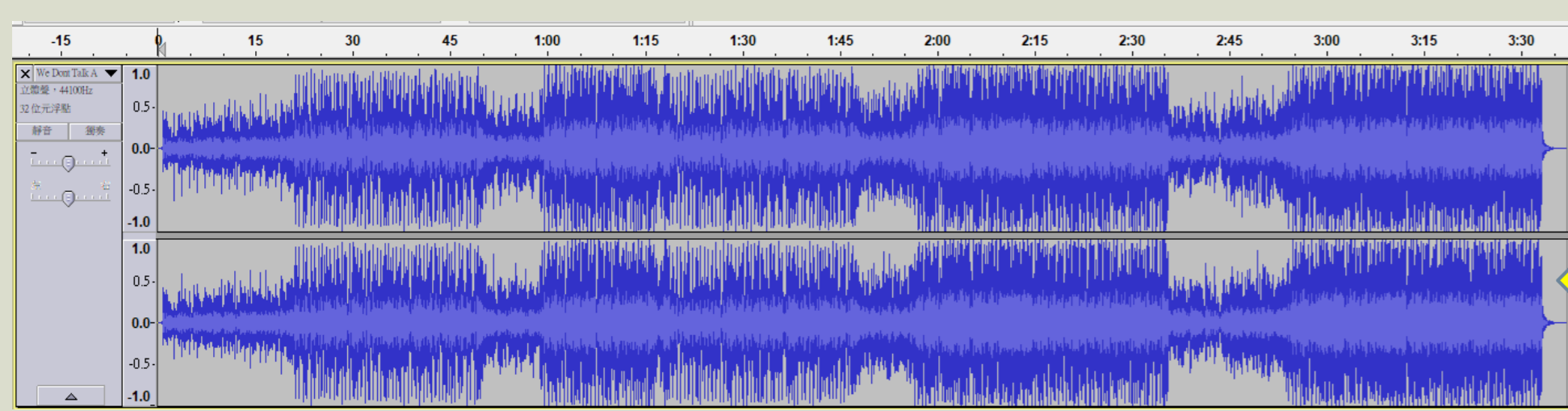
南管樂曲	代表符合黃金比例			方法二數值
	專家版評分(10人)	學生版評分(64人)	方法一數值	
冬天寒	6.625	5.92	0.625	0.615
山險峻	7	6.444	0.625	0.595
一紙相思	7	6.555	0.642	0.523
刑罰	6.5	6.063	0.6	0.626
梅花操	6	7.031	0.626	0.504
杯酒勸君	8.2	5.952	0.584	0.534
四時景	6.285	6.92	0.475	0.486
霏霏颯颯	8	6.666	0.796	0.573
風落梧桐	9	6.587	0.608	0.522

表二、問卷評語關鍵字

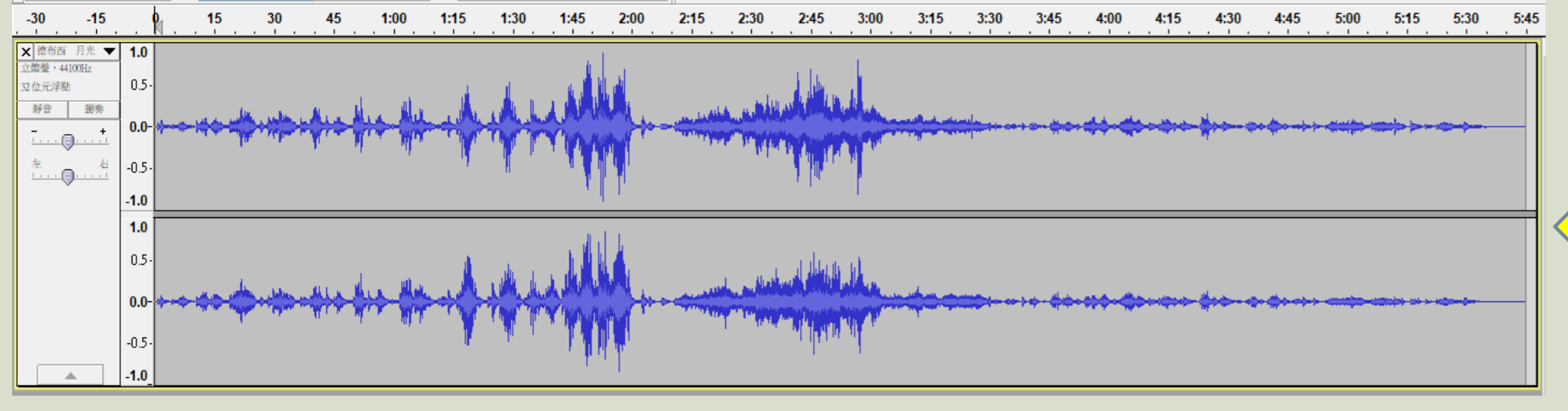
南管樂曲	問卷評語關鍵字
冬天寒	1.最具代表的短滾清唱曲。
山險峻	1.十三腔的曲子，門頭很多。2.十三腔經典曲。
一紙相思	1.開頭四個字的旋律可以再更綿長，整體而言音樂順暢。
刑罰	1.兼合散曲與戲曲韻味。2.曲腳在詮釋不同角色時，有運用不同的技巧凸顯唱段不同。
梅花操	1.南管名譜。
杯酒勸君	1.音質鏗鏘有力，頓挫分明，速度流暢，轉韻、行腔、咬字都非常完美。2.七撩曲。
四時景	1.各節速度得宜，音色清新。
霏霏颯颯	1.南管分類屬於指套。
風落梧桐	1.門頭很多的曲子。2.音色、咬字吐音、轉韻都恰到好處。

方法五：觀察符合黃金比例南管音樂之特別處

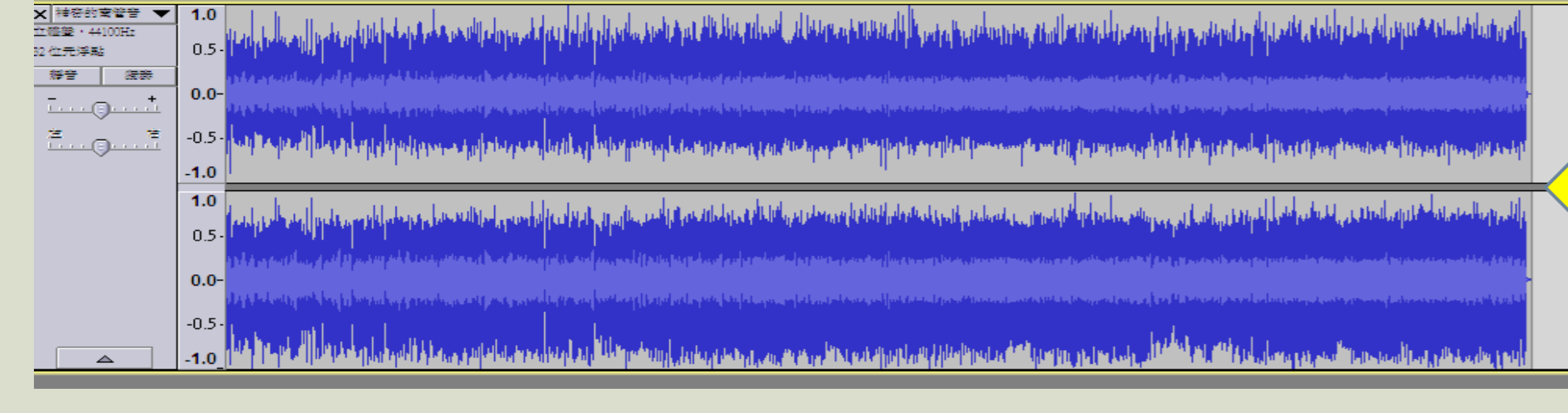
我們觀察到南管音樂的音波頻率都非常密集，但其他種音樂只在副歌區塊才會呈現此種現象，流行音樂與古典音樂的副歌都很明顯，但南管音樂則無法直接看出。



流行音樂



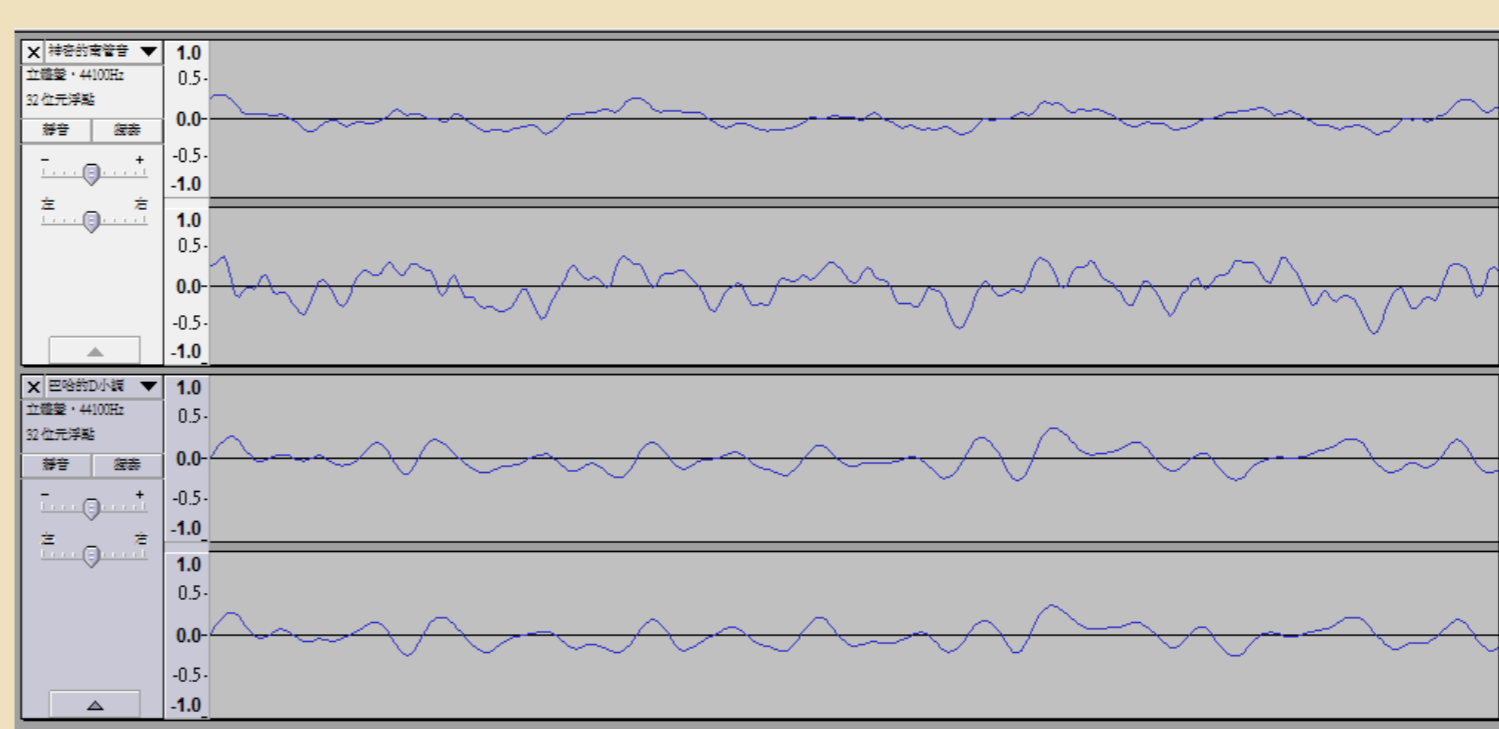
古典音樂



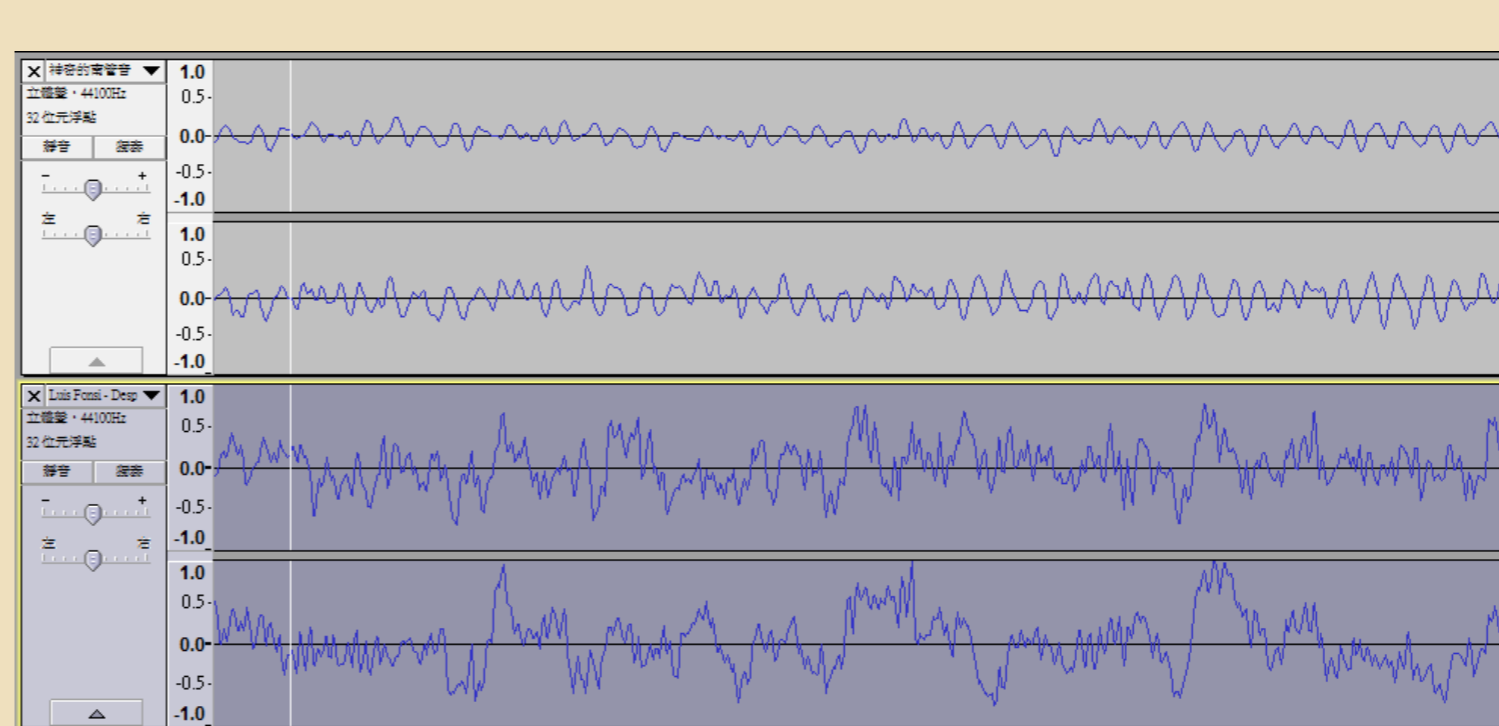
南管音樂

方法六：嘗試調整南管音樂使其符合黃金比例

南管音樂的振幅和流行音樂相比較和緩、起伏也較小，而南管音樂的振幅與古典音樂振幅相比則較相似。



南管音樂



古典音樂



南管音樂

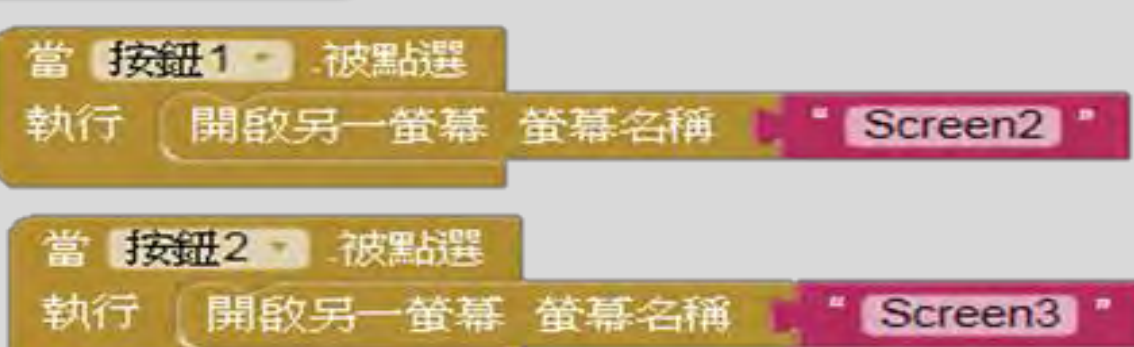


流行音樂

方法七：設計南管推廣app

用途：1. 可評估南管音樂檔案是否符合黃金比例。2. 在演奏比賽現場提供南管老師參考。3. 南管音樂欣賞與資訊介紹。

一、程式方塊



圖十、簡易南管音樂評分系統程式方塊之截圖。



圖十一、簡易南管音樂評分系統程式方塊之截圖。

二、介面



圖十二-1 主畫面之截圖。



圖十二-2 方法一評分方式介面之截圖。



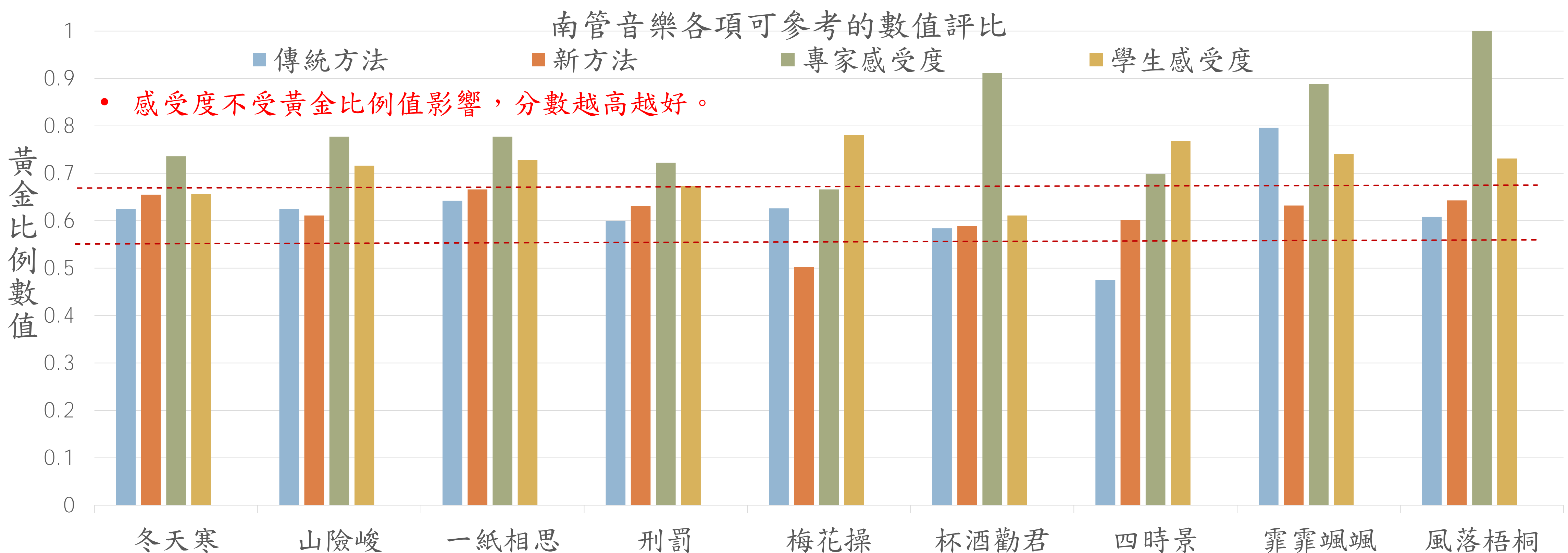
圖十二-3 方法一評分介面之截圖。



圖十二-4 音樂選擇介面之截圖。



圖十二-5 音樂故事簡介及試聽介面之截圖。



圖十三、本研究中各向可參考數值的評比統整。

陸、討論

- 一、經過本研究的驗證，我們所提的方法二和傳統的音樂評估模式方法一幾乎一致。
- 二、在方法二結果中我們發現，南管音樂跟古典音樂較為接近，我們認為有可能是流行音樂的曲風因科技的發達而變得更多元，而南管音樂跟古典音樂則歷史較為悠久，所以我們推測年代跟樂曲的作曲結構有關連。
- 三、目前我們觀察到南管音樂的振幅多數屬於緊緊相連、密集的現象，但相較起來其他音樂較為明顯的曲線變化，我們猜想也許這正是南管音樂的特殊之處。
- 四、我們利用振幅面積的方式計算，目前數值都不太規則。我們覺得可能是目前的計算方式還無法達到完全精準，但如果能找到較為精準的方式，也許能有不同結果。
- 五、在問卷統計的結果中我們發現，雖然從學生的評分中較難看出與黃金比例的相連，但專家評分的標準與黃金比例卻有一定的相關性，我們認為是較為了解南管的人對樂曲的熟悉度較一般人高，所以評分時較為精準，與黃金比例的數值也較為相符。
- 六、我們目前使用App Inventor製作了的南管音樂推廣App，方便評分者以科學化的方法，快速評量及認識南管音樂，也讓演奏者可依據建議調整演奏節奏的快慢，未來我們也希望朝著自動化聲波偵測評分系統努力，讓使用上更為方便。

柒、結論

本研究以音樂的各個相關角度切入，利用量化的方式進行實驗再以質性研究模式進行驗證與推論，證明了南管音樂是較為特殊的音樂，也發現許多經典的南管樂曲都符合黃金比例。此外，我們也以App Inventor來製作南管音樂推廣app，目前可以輸入方法二的公式，以半自動化方式評量南管樂曲。

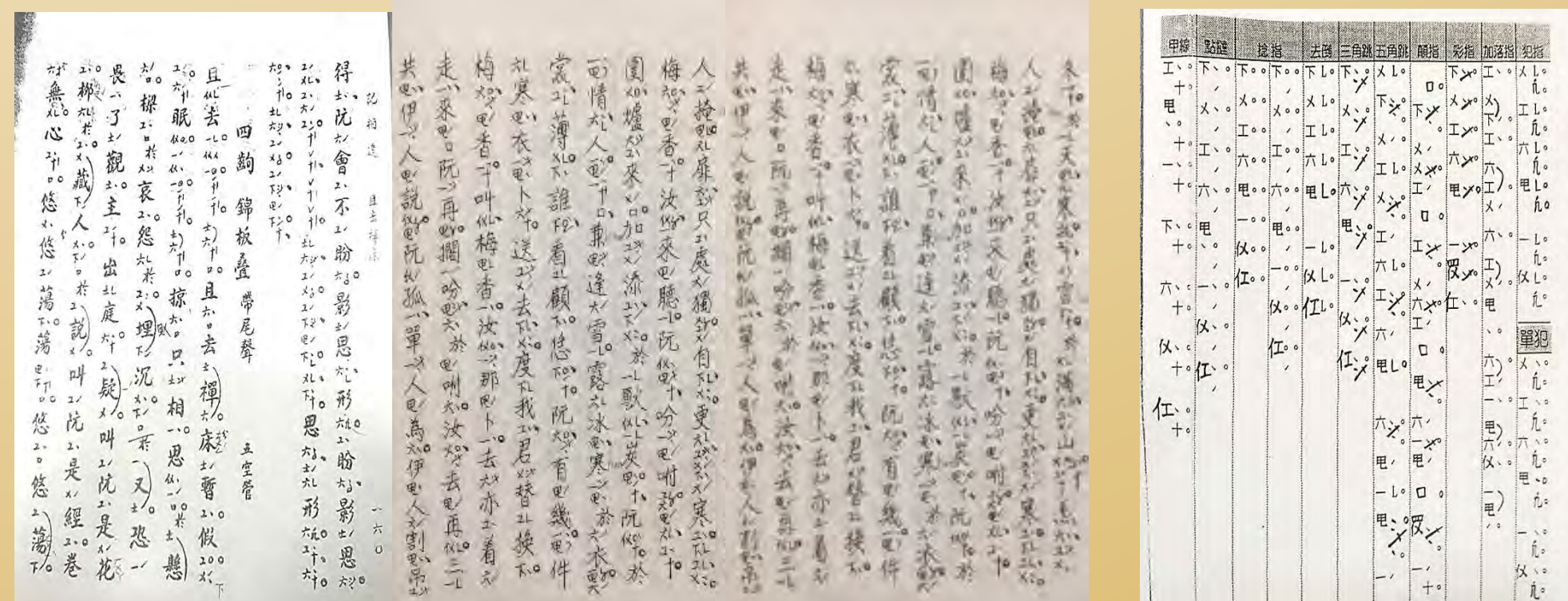
在未來，計算數值的方面我們希望可以達到更自動化的方式計算更多的歌曲，我們也期待能做出更完善、精緻的南管音樂推廣app，達到更自動化的方式。即便對音樂涉獵未深的人，也可以藉由此系統做評估的一個標準及簡單的了解南管，以科學化的方式來欣賞音樂，並且讓南管音樂較能更為大眾化。另外我們也打算運用專家評語和更大量的數據去發展具人工智慧的評分系統。設計更完善、更自動、更符合科技與藝術等面向的系統，讓科技與藝術跨界結合，替中國文化進一份心力。

捌、參考資料

- 一、書籍
 - (一) 洪宇萱與王昕芸 (2013) · 音樂數學，數學音樂 · 中華民國第53屆中小學科學展覽會參展作品
 - (二) 呂鍾寬 (2011) · 南管音樂 · 台中市：晨星出版社。
 - (三) 張再興 (1992) · 南樂曲集 · 古籍抄印推廣。
 - (四) 劉鴻溝 (1982) · 指譜全集 · 菲律賓金蘭蘭君社。
- 二、網路資料
 - (一) Scott Rickard (2011) · 世界上最難聽音樂背後代表的數學 · 取自 <https://read.muzikair.com/tw/news/>
 - (二) 翁瑞霖 (2006) · 數學與音樂的對話—探討音樂中的數學應用 · 《科學教育月刊》，228 · 取自 [http://www.sec.ntnu.edu.tw/Monthly/95\(286-295\)/288-pdf/01.pdf](http://www.sec.ntnu.edu.tw/Monthly/95(286-295)/288-pdf/01.pdf)

玖、附錄

樂譜：南管樂曲的旋律只有骨架音是固定的，南管使用的工尺譜僅僅記下骨架音的部分，稱之為骨譜，南管特別講究的曲韻（聲線起伏、音色變化）也難以用樂譜記錄。



圖十四、南管樂譜(工尺譜)

圖十五、琵琶基本指法