

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期末報告

古琴減字譜旋律-節奏關聯法則探勘

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 101-2221-E-216-032-
執行期間：101年08月01日至102年07月31日
執行單位：中華大學資訊工程學系

計畫主持人：劉志俊
共同主持人：張儷瓊
計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：徐志豪
碩士班研究生-兼任助理人員：蔡君彥

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

公開資訊：本計畫可公開查詢

中華民國 102 年 10 月 22 日

中文摘要： 古琴是我國固有之民族樂器，其演奏美學與曲譜特性與西方樂器差異極大，非常值得進行內涵式查詢與分析。本計畫就古琴減字譜(abbreviated character tablatures)的輸入介面與樂句分段(phrase segmentation)技術、旋律約化分析(melody reduction)等主題，來深入研究古琴減字譜的音樂內涵分析技術。

中文關鍵詞： 古琴， 古箏， 顫音， 古琴減字譜， 旋律約化分析

英文摘要：

英文關鍵詞：

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

古琴減字譜旋律-節奏關聯法則探勘

Mining Association Rules between Melodies and Rhythms in Qin Scores

計畫編號：NSC 101-2221-E-216 -032

執行期限：101 年 08 月 01 日 至 102 年 07 月 31 日

主持人：劉志俊 中華大學生物資訊學系

共同主持人：張儷瓊 國立臺灣藝術大學中國音樂學系

計畫參與人員：蔡君彥、徐志豪

中華大學生物資訊學系

一、中文摘要

古琴是我國固有之民族樂器，其演奏美學與曲譜特性與西方樂器差異極大，非常值得進行內涵式查詢與分析。本計畫就古琴減字譜(abbreviated character tablatures)的輸入介面與樂句分段 (phrase segmentation) 技術、旋律約化分析(melody reduction)等主題，來深入研究古琴減字譜的音樂內涵分析技術。

關鍵詞：古琴，古箏，顫音，古琴減字譜，旋律約化分析

二、緣由與目的

古琴是擁有悠久歷史與深厚文化傳統的民族樂器。傳說伏羲神農式削桐為琴，繩絲為弦，替古琴文化塑造了古老而神聖的起源。若以公元前 433 年戰國時代的曾侯乙墓出土的琴作為有憑據的起點，古琴也有兩千多年的歷史。而現今流傳下來最早的琴譜為南北朝丘明(西元 494-590)的《碣石調·幽蘭》，但該琴譜為文字譜。《太音大全集》記載「制譜始於雍門周，張數因而別譜，不行於後代。趙耶利出譜兩帙，名參古今，尋者易知。先賢制作，意取周備，然其文極繁，動越兩行，未成一句。後曹柔作減字法，尤為易曉也。」自曹柔發明減字法記錄古琴指法後，古琴曲譜才有了系統化的記載。明清兩朝印刷術發達，於是有大量琴譜問世。近代對古琴文化保存貢獻最大的首推查阜西。根據 [5]一文，自 1953 年查阜西主持北京古琴研

究會，開始收集整理現存琴譜中的傳譜、解題、與歌詞。1956 年完成《存見古琴曲譜輯覽》[6]，收錄 144 種琴譜、3365 首古琴傳譜、1771 條解題、336 篇琴曲歌詞，是瞭解現存琴譜最重要的工具書。1961 年查阜西開始編輯《琴曲集成》工作，彙集了自南北朝至民國共 140 種琴譜[7]。

近年來，隨著多媒體資料的內涵式查詢(content-based retrieval of multimedia data)此研究主題的開展，使用電腦與訊號處理技術來進行音樂內涵分析(music content analysis)，成為資訊與音樂跨領域研究(interdiscipline)的一項重要主題。在音樂分析的諸多理論中，適合作為電腦音樂內涵分析研究基礎的樂理，大致上以申克分析(Schenkerian analysis)[8][9][10]與調性音樂的生成理論(GTTM, A Generative Theory of Tonal Music)[22]，此兩種音樂分析理論對計算機音樂學的影響最為重要。

三、研究成果

● 數位化古琴曲譜資料庫

由於古琴指法非常豐富，一般五線譜與簡譜皆無法完整儲存古琴的曲譜。在本計畫中，我們首先參考《梅庵琴譜》[15]中的古琴減字曲譜，以及 MusicXML 語法格式，訂定能完整儲存與表達古琴曲譜資訊的古琴曲譜格式擴充，稱為 QinXML，以《秋風詞》為例，我們以 QinXML 格式可以完成地儲存《秋風詞》的古琴減字譜

與其五線譜資訊，如圖 1 所示。提供建構一個數位化古琴曲譜資料庫所需的古琴編碼方式。



圖1 《秋風詞》 QinXML編碼範例

● 減字譜輸入與列印介面實作

本計畫實作了兩種減字譜輸入與列印介面，第一種介面以傳統 Windows 視窗環境開發，此介面可輸入一首琴曲減字譜，並可以傳統減字譜直式預覽列印，如圖 2 所示，或是以五線譜+減字譜呈現，如圖 3 所示。第二種介面以目前流行的 Android 觸控式平板電腦環境開發，以簡化減字譜輸入方式，並可作為簡易版觸控式古琴彈奏數位樂器，如圖 4 所示。

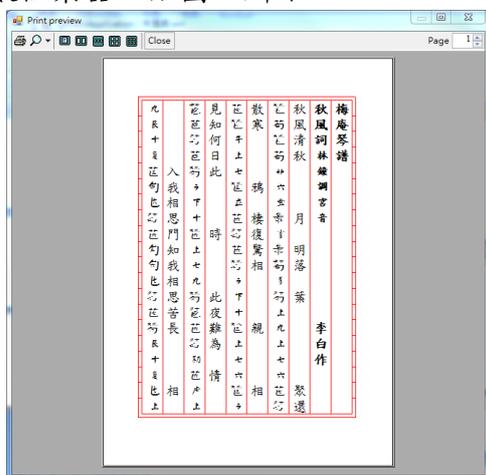


圖2 《秋風詞》減字譜傳統直式預覽畫面



圖3 Windows視窗版古琴減字譜輸入介

面程式之五線譜+減字譜顯示畫面

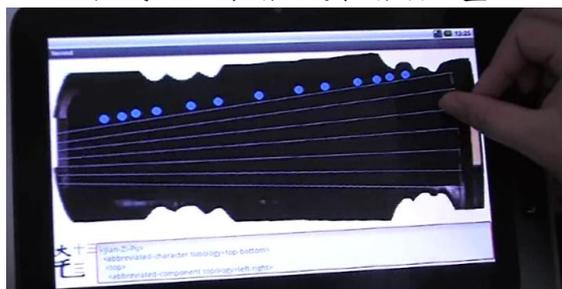


圖4 Android 觸控式古琴彈奏與減字譜輸入介面程式實際執行畫面

● GTTM 群組理論在古琴音樂樂句資料庫的分析

樂句是音樂分析的基本單位，因此自動偵測一首歌曲中的樂句分段位置，是音樂索引、音樂內涵查詢、音樂曲式自動分類等相關研究所需的基本技術。研究樂句自動分段技術必須參考到大型樂句資料庫作為語料庫，以便進行演算法效能的評估。在本文中，我們以 QinXML 技術建構了一個數位化古琴曲譜資料庫，可作為研究古琴曲譜樂句分析方法的標準資料庫。我們也深入統計並討論有關樂句長度、休止符、起音點間距、音程變化與音長變化等五個 GTTM 區域群組法則，在古琴音樂環境下的樂句特性。

● GTTM 群組理論在古琴音樂樂句資料庫的分析

樂句是音樂分析的基本單位，因此自動偵測一首歌曲中的樂句分段位置，是音樂索引、音樂內涵查詢、音樂曲式自動分類等相關研究所需的基本技術。研究樂句自動分段技術必須參考到大型樂句資料庫作為語料庫，以便進行演算法效能的評估。在本文中，我們以 QinXML 技術建構了一個數位化古琴曲譜資料庫，可作為研究古琴曲譜樂句分析方法的標準資料庫。我們也深入統計並討論有關樂句長度、休止符、起音點間距、音程變化與音長變化等五個 GTTM 區域群組法則，在古琴音樂環境下的樂句特性。

● 申克理論在古琴音樂約化方面的分析

申克(Schenker, 1868-1935)是奧地利音樂家，在維也納音樂學院師從布魯克納學作曲，其提出的音樂分析理論，被譽為本世紀最重要的音樂理論之一。在基本概念上，申克認為“凡生命的起源，無論是民族、宗氏、還是個人，都與其命運相稱。”“起源中的內部法則伴隨著發展，並且最終是現存的一部分。”“起源、發展和現存，我將它們稱作背景(德 Hintergrund)、中景(德 Mittelgrund)和前景(德 Vordergrund)。”“背景和前景是一部藝術音樂作品必不可少的先決條件，這一點至今仍不為人知，我的工作就是要介紹這個概念。”申克理論的核心觀念就是發展由一首音樂作品的前景，找出隱藏在音樂表面背後的中景與背景結構。

近年來對申克理論的程式化研究，以 Marsden 的一系列研究與實作最為傑出。Marsden 比較了申克分析與 GTTM 兩種音樂內涵分析與表示系統的異同，歸納出音樂分析與表示模型的六種需求：建構式的(constructive)、可推導的(derivable)、符合意義的(meaningful)、可分解的(decomposable)、階層式的(hierarchical)、以及生成式的(generative)。Marsden 批評 Smoliar 等人的音樂分析與表示模型不具備可推導的、建構式、以及生成式的特性。Marsden 對 Kessler 的模型的批評則是欠缺申克理論的前景方面的推導與表達。為了能改進以往兩個早期申克分析模型的缺點，Marsden 對申克理論的線條，如圖 4(a)中的圓滑線(slurs)，用圖 4(b)的樹狀結構來表示。樹狀結構中的節點有兩類：音符與發展(elaboration)。藉由明確表示由前景經中景到後景的約化過程中，每個步驟的發展規則，Marsden 的模型具備可推導的、建構式、以及生成式的特性。至於發展節點的種類，Marsden 認為其角色類似語言學中的字彙，可透過分析申克理論書中的分析例子逐一建構出來[17]。

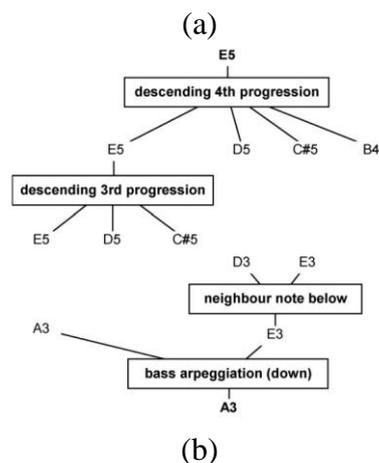


圖 5 (a)申克理論分析範例, Mozart A 大調鋼琴奏鳴曲 K.331 片段 (b) Marsden 提出的音樂分析與表示模型

我們目前正在整理與分析將申克理論的約化分析技術應用在數位化古琴曲譜的自動打譜問題上。目前已完成幾首古琴譜的約化分析，但古琴音樂的演奏與詮釋是否與西方音樂的作曲理論相符，仍須進一步探討。我們將對幾位古琴名家對同一首琴曲作品的不同打譜結果進行進一步的比較分析。

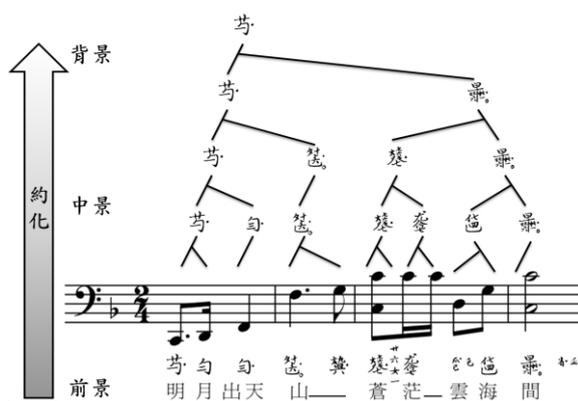


圖 6 琴曲《關山月》前兩樂句之減字譜約化分析範例

四、計畫成果自評

本計劃目前的研究成果包含兩套古琴減字譜輸入介面程式；已發表論文包含期刊論文一篇[16]，EI 研討會論文兩篇 [17][18]，國內

研討會論文一篇[19]，國內研討會論文投稿一篇[20]。

五、參考文獻

- [1] Eleanor Selfridge-Field (Editor), *Beyond MIDI: The Handbook of Musical Codes*, The MIT Press, 1997.
- [2] *The Complete MIDI 1.0 Detailed Specification*. Document version 96.1. Los Angeles, 1997, The MIDI Manufacturers Association.
- [3] Castan, G., Good, M. and Roland, P. Extensible markup language (XML) for music applications: An introduction. In *The Virtual Score: Representation, Retrieval, Restoration*, ed. W. B. Hewlett and E. Selfridge-Field (Cambridge, MA, 2001), MIT Press, 95-102.
- [4] Good, Michael, "MusicXML: An Internet-Friendly Format for Sheet Music," in *XML Conference Proceedings*, 2001.
- [5] 傅暮蓉, "查阜西的琴學成就", *中國音樂學*, 第4期, 頁23-28, 2009.
- [6] 查阜西, *存見古琴曲譜輯覽*, 北京: 人民音樂出版社, 1958.
- [7] 查阜西, *琴曲集成*, 北京: 中華書局, 1962.
- [8] Yiu, C.L.K. and W. Wong, "Chinese Character Synthesis Using METAPOST," In *Proceedings of TUG 2003*, *TUGboat*, Vol.24, No.1, pp.85-93, 2003.
- [9] Yiu, C.L.K. and J. Binkley, "Qin Notation Generator," In *Proceedings of TUGboat*, Vol. 26, No. 2, pp129-134, 2005.
- [10] Laguna, R.J., "Hong-Zi: A Chinese Metafont," In *Proceedings of TUG*, *TUGboat*, Vol.26, No.2, pp.125-128, 2005.
- [11] Su, Alvin W.Y., and S. F. Liang, "A Class of Physical Modeling Recurrent Networks for Analysis/Synthesis Technique of Plucked-String Instruments," *IEEE Trans. on Neural Network*, Vol. 25, No. 1, pp. 24-33, 2002.
- [12] Liang, Sheng-Fu, *Novel Approaches For Physical Modeling, Analysis and Synthesis of Plucked-String Instruments and Their Application to the Chin*, Ph.D dissertation, Electrical and Control Engineering, National Chiao Tung University, Taiwan, 2001.
- [13] 王瑞文, "實體模擬技術運用於撥弦樂器, 滑音處理與古琴輸入法之人機介面研究", *中華大學資訊工程學系碩士論文*, 2000.
- [14] 丁曉君、葉婍婷、周昌樂, "古琴減字譜的編碼與編輯方法", *中國音樂學*, 第2期, 頁93-96, 2008.
- [15] 王燕卿(著)、徐立孫(編), *梅庵琴譜*, 臺北: 華正書局, 1990.
- [16] 劉志俊、張儷瓊, "箏樂顫音的模型及其內涵式分析," *Journal of Information Technology and Applications*, Vol.6, No.3, pp.132-144, Sep. 2012.
- [17] Chih-Chin Liu, "MP3 Sniffer: A System for Online Detecting MP3 Music Transmissions," *The 19th Intl. Conf. on Multimedia Modeling*, Bali, Indonesia, 3-5 December 2012. (EI)
- [18] Chih-Chin Liu, "Towards Automatic Music Performance Comparison with the Multiple Sequence Alignment Technique," *The 10th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multimedia (MoMM2012)*, Huangshan, China, January 7-9, 2013. (EI)
- [19] 劉志俊、鄭中皓、黃志方, "GTTM 群組理論在國語流行音樂樂句資料庫的分析," 2012 數位內容與多媒體應用研討會, pp. 230-241, 苗栗, 台灣, 2012.
- [20] 蔡君彥、劉志俊, "音樂表現力度的自動化比較與分析," 論文投稿中.

中華大學補助教師出席國際性及大陸地區海峽兩岸學術會議報告

101 年 12 月 25 日

報告人姓名	劉志俊	系所 職稱	生物資訊學系 助理教授
時間 會議 地點	自 101 年 12 月 3 日 至 101 年 12 月 5 日 印尼 峇里島	本校核定 補助字號	(101)中華研國字第 023 號
會議 名稱	(中文) 第 10 屆行動計算與多媒體國際研討會 (英文) The 10 th International Conference on Advances in Mobile Computing & Multimedia		
發表 論文 題目	(中文) MP3 監聽器: 一個線上偵測 MP3 音樂傳輸的系統 (英文) MP3 Sniffer: A System for Online Detecting MP3 Music Transmissions		
<p>報告內容應包括下列各項：</p> <p>一、參加會議經過</p> <p>MoMM 是@WAS 組織所舉辦以多媒體與行動計算為主題的國際學術研討會。本年為第 10 屆，主辦單位為@WAS 組織與 ACM，會議主席為 Dr. David Taniar。會議地點在印尼峇里島 Sanur Paradise 飯店 4 樓的國際會議室舉行。我搭乘華航 CI 771 班機由台北直飛印尼峇里島，於 12 月 2 日抵達雪梨後，至會議會場報到，並與馬來西亞 IIUM 大學 Wahiddin 教授晤談。12 月 3 日上午為會議開幕，由@WAS 組織 Ismail Khalil 報告@WAS 的學術發展概況以及對 Web 資訊科技應用的未來發展趨勢進行報告。接著由會議主席致歡迎詞，與會學者專家約 200 名。Panel 主題為大型資料整合”Big Data Integration”，強調目前研究以雲端技術、Web 服務、社群軟體、以及智慧型行動等應用所產生的巨量資料，對資料工程形成的挑戰與機會。Keynote Speech 由澳洲的 Prof. Kotis 報告行動通訊的演進，以及應用軟體的架構變化對研究的挑戰；另一場開幕 Keynote Speech 由法國的 Prof. Hameurlain 報告大型分散式資料庫的查詢處理問題。這是一個非常老的資料庫傳統題目，查詢處理最佳化問題其實並不適合在這種場合報告。我們的論文是 MP3 指紋辨識與網路 MP3 音樂傳輸線上偵測技術，與會學者多表示我們的架構是非常有趣的作法。</p> <p>二、與會心得</p> <p>此會議在印尼舉行，與會學者來自 37 個不同的國家，主要以日本、澳洲、與歐洲學者為主。論文接受率為 31%，有越來越難的趨勢。本屆研究主題依然以 XML 與 Web Services 為主，但隨著社群網路的興起，討論 Graph 結構的資料處理技術成為新興的研究主題，雖然這本就是古老的演算法領域的題目。</p> <p>三、考察參觀活動(無是項活動者省略)</p> <p>四、建議</p> <p>本會議為@WAS 與 ACM 舉辦的國際會議，以多媒體與行動計算為主。我們的研究為 MP3 指紋辨識與網路 MP3 音樂傳輸線上偵測，符合會議主題。議程主席也表示我們的論文很有趣，並詢問是否已有實際應用。</p> <p>五、攜回資料名稱及內容</p> <p>The 10th International Conference on Advances in Mobile Computing & Multimedia 會議論文集摘要與會議論文集全文隨身碟, ACM 出版, ISBN: 978-1-4503-1307-0</p>			

96 年 06 月研發處修訂

行政院國家科學委員會補助國內專家學者出席國際學術會議報告

102 年 1 月 15 日

附件三

報告人姓名	劉志俊	系所 職稱	生物資訊學系 助理教授
時間 會議 地點	自 102 年 1 月 7 日 至 102 年 1 月 9 日 中國 黃山	本會核定 補助文號	NSC 101-2221-E-216-032
會議 名稱	(中文) 第 19 屆多媒體模型國際研討會 (英文) The 19th International Conference on Multimedia Modeling		
發表 論文 題目	(中文) 利用多重排比技術來進行演奏表現分析 (英文) Towards Automatic Music Performance Comparison with the Multiple Sequence Alignment Technique		
報告內容應包括下列各項： <p>一、參加會議經過</p> <p>MMM 是以多媒體內涵表示模型以及索引分析技術為主題的著名國際學術研討會。本年為第 19 屆，今年主辦單位為合肥工業大學與微軟亞洲研究院，會議主席為 Shipeng Li, Abdulmotaleb El Saddik, 與 Meng Wang，研討會論文集由著名的 Springer-Verlag 出版社出版，為 lecture-note in computer science (LNCS) 系列叢書之一。會議地點在中國黃山柏瑞飯店的國際會議室舉行。我搭乘長榮 BR770 班機由台北直飛中國黃山，黃山機場班次較少，於 1 月 5 日抵達黃山後，1 月 7 日至會議會場報到會議開幕由會議主席 Shipeng Li 報告 MMM 研討會發展概況以及對多媒體資訊科技應用的未來發展趨勢進行報告。Keynote Speech 由 Oscar C. Au 教授報告目前最新 LCD 顯示器的 pixel 模型，以及展示此 pixel 模型對影像品質的大幅改善，此技術無論是對大型 LCD 電視或智慧型手機的顯示均有重要影響；另一場 Keynote Speech 由日本的 Prof. Kiyoharu Aizawa 報告 FoodLog。這是一個非常有趣的系統，利用影像處理技術來記錄我們每天吃的食物，可提供個人健康管理的重要資訊。</p> <p>我們的論文是利用多重排比技術來進行演奏表現分析，與會學者大多是從事影像與視訊分析者較多，但亦有幾個從事音樂內涵分析的學者互相交換了意見。</p> <p>二、與會心得</p> <p>此會議在中國黃山舉行，與會學者來自 20 個不同的國家，主要以中國、日本、澳洲、與歐洲學者為主。論文投稿 111 篇接受 30 篇口頭報告，20 篇壁報論文，接受率不足 50%，有越來越難的趨勢。本屆研究主題依然以影像、視訊、音樂的索引、查詢與內涵分析為主。</p> <p>三、考察參觀活動(無是項活動者省略)</p> <p>四、建議</p> <p>本會議為重要的多媒體國際會議，許多大陸的研究生參與熱烈，並主動與國際學者交流，台灣的研究生這部分的表現有日漸下降的趨勢。</p> <p>五、攜回資料名稱及內容</p> <p>The 19th International Conference on Multimedia Modeling 會議論文集摘要與會議論文集全文隨身碟, Advances in Multimedia Modeling, Lecture Notes in Computer Science 7732, Springer 出版, ISBN: 0302-9743</p>			

國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2013/10/20

國科會補助計畫	計畫名稱: 古琴減字譜旋律-節奏關聯法則探勘
	計畫主持人: 劉志俊
	計畫編號: 101-2221-E-216-032- 學門領域: 資料庫系統及資料探勘
無研發成果推廣資料	

101 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：劉志俊		計畫編號：101-2221-E-216-032-				計畫名稱：古琴減字譜旋律-節奏關聯法則探勘	
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	1	1	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	1	1	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	2	2	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
博士後研究員		0	0	100%			
專任助理		0	0	100%			
國外	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	2	2	100%		
		專書	0	0	100%		章/本
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
博士後研究員		0	0	100%			
專任助理		0	0	100%			

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	<p>QinXML 古琴簡字譜編碼 兩套古琴減字譜輸入介面程式</p>
--	---

科 教 處 計 畫 加 填 項 目	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
	測驗工具(含質性與量性)	0	
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	0	
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	0	

國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以 100 字為限）

本計畫發表 EI 國際研討論文兩篇，期刊論文一篇。

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

古琴是擁有悠久歷史與深厚文化傳統的民族樂器。隨著古琴於 2003 年入選聯合國教科文組織 '人類口頭和非物质遺產代表作' 以來，近年來古琴文化的現代傳承受受到學術界與藝文界的高度重視。

我們使用 XML 技術，提出一種稱為 QinXML 的古琴減字譜數位編碼方式，並對《梅庵琴譜》中的基本減字譜符號進行向量字型造字，可以數位化典藏與呈現古琴減字譜琴譜資料。此外，我們在 Android 環境下開發了一套古琴觸控式輸入介面軟體，可以方便的以觸控方式輸入古琴減字譜琴譜。

我們參考主要的西方音樂分析技術，如申克分析理論(Schenkerian analysis)與調性音樂的生成理論(GTTM, A Generative Theory of Tonal Music)，考慮古琴音樂的特性，以及減字譜記譜方式的獨特性，在樂句分段與旋律約化分析方面提出適合古琴減字譜的內涵分析理論。