

利用機器學習擷取數位音樂之情感特徵之線上鋼琴視覺化輔助學習系統

A Machine Learning Approach for Analyzing Expressional Features of Digital Music of An Online Visual Assisted Learning System

蔡寶德,區國良

新竹教育大學資訊科學研究所

郵件信箱：{knight0616,klou}@cs.nhcue.edu.tw

【摘要】 本文建構一個即時線上音樂表情輔助學習系統，學生可以在任意時間透過線上選擇教師預先建構之教材，分析自己彈奏錄製的數位鋼琴音樂，以多維度特徵視覺化解譜界面呈現，以便快速了解其彈奏是否達到不同教師主觀上的要求，讓師生間的鋼琴教學更有效率、並且減少學生的學習壓力。本文將介紹線上鋼琴視覺化輔助學習系統的概念以及開發經驗。

【關鍵詞】 機器學習、情感音樂、決策樹、數位音樂、視覺化音樂

Abstract: This paper constructed an on-line assisted learning system for music expression. Students could download teacher's curriculums online. By analyzing the midi files which are played and recorded in MIDI file format, students could have a visual result of whether it satisfied teaches' required. It makes piano teaching works be more effective and reduces student's pressure when learning face by face. This paper introduces the system's concept as well as the design development experience.

Keywords: Machine Learning, Music-Emotion, decision tree, MIDI, Vision music

1. 前言

樂譜是紀錄樂曲旋律的文字，演奏者可經由閱讀樂譜將音樂及表情經由聲音傳達給聽眾感受；然而，由於樂譜對於音樂表情傳達方式的訊息有限，往往只有一個單字提醒演奏者，卻沒有告知每顆音符實際要彈奏的力度和長度等詳細資訊，再者，由於同一個樂譜往往會因為演奏者的主觀意識而產生不同詮釋(吳相好,2000)，在音樂教學課程中，教師的主觀也會影響學生學習，而學生卻難以在短時間內選擇或學習不同的教師的主觀想法，也因此造成學習者的困擾。

在情感音樂的相關研究中，國內學者(吳相好, 2000)指出，有許多音樂家在演出時他們對於想表現出來的「意念」在實際演出時所產生的影響。(Palmer, 1989)讓八位鋼琴家演奏布拉姆斯的間奏曲 Op. 117. No. 1，發現每位音樂家詮釋旋律線條、樂句劃分、速度如何改變、力度變化等等紀錄在樂譜上自己演奏時的意念都不相同。並且情感表達的意念是可以被聆聽者抓住的(Kendall & Carterette, 1996)。在數位音樂的領域，研究學者 Honing 說明並且建構了節奏和時間的關係，他認為人們完完全全照著實際樂譜的標示彈奏所產生的音樂聽起來是機械化的(Honing, 2002)。音樂速度的快慢會影響人類彈奏力度的精準(Minetti, Ardigo, & McKee, 2007)，尤其右手又比左手平均力度多出了9%，這能解釋人類不完全參照樂譜去彈奏的可能性是非常的高。由以上相關研究中得知，以數位音樂的型式將有機會分析並協助學生學習音樂中的表情及情感技巧。

本研究的目的是希望建構無壓力式並且能得到適度互動的線上鋼琴視覺化輔助學習系統(OPVLS)，讓學生能自我了解彈奏缺失和能否達到老師的要求，最終能提升學習效率：縮短學生學會鋼琴課程的練習時間。本研究將延續(Widmer, 2001)使用機器學習的方法研討情感音樂，融合(Canazza, De Poli, & Vidolin, 1997)把許多情感符號做出二維向量圖呈現，整

合到 OPVLS，應用到音樂教育上。而 OPVLS 應具有以下特徵：(1)提供教師有關學生練琴相關資訊，例如使用教材次數與時間量；(2)情感音樂能透過顏色線條區塊等來做多維度的呈現；(3)根據學生在家彈奏所錄製的 MIDI 檔，能給予改進彈奏的資訊。

2. 系統介紹

本研究所使用到的研究工具有包括：電鋼琴、彈奏特徵萃取器以及機器學習分類器，說明如下：

(1)彈奏與數位化紀錄器

本研究將使用支援 MIDI 輸出的電鋼琴為擷取情感音樂的平台，學生依視譜彈奏後的過以 MIDI 的格式加以記錄，MIDI 檔案主要由以下三個項目所組成：(1)音符(Note) (2)控制項(Controller)，以及 (3)訊息(Message)。本研究所使用的電鋼琴為 YAMAHA DGX-630 型，具有 MIDI-IN 與 MIDI-OUT 的功能，可將學生彈奏的內容以 MIDI 檔案輸出，並且透過傳輸線可以交給電腦讀取，並且由自行開發之彈奏特徵萃取器處理。

(2)彈奏特徵萃取器

本研究的彈奏特徵萃取器在 Microsoft Visual Studio 的開發環境，使用 C#.NET 語言完成。教師要評分的曲子與學生端自行彈奏的檔案都是使用此程式，而程式目前能抓取的特徵如表格 1 所示。

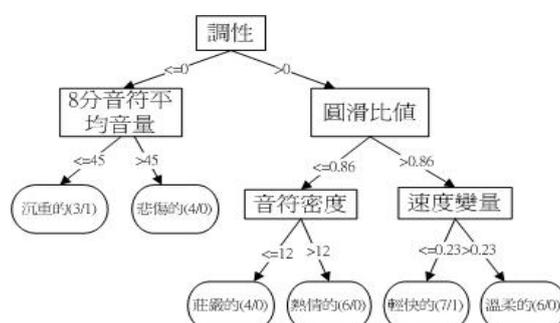
彈奏特徵	描述	彈奏特徵	描述
休止符比	固定長內無聲音的密度	16 分音符平均音量	所有 16 分音符平均音量
最大音高	整首曲子最大的音高	8 分音符平均音量	所有 8 分音符平均音量
最小音高	整首曲子最小的音高	音符張力	曲子音高低的變化量
速度變量	曲子速度快慢的變化量	音符密度	每固定時間內的音符數量
圓滑比值	圓滑的觸鍵彈奏密度	調性	大調>0,小調=0
制音使用比	使用制音板次數的密度	0~240 休息比例	固定休止符長占有比例
修正圓滑比	可容忍的圓滑奏密度	240~480 休息比例	固定休止符長占有比例
平均音長	音符的平均演奏長度	480~960 休息比例	固定休止符長占有比例
平均總音量	所有音符的平均音量	960 以上 休息比例	固定休止符長占有比例

表格 1 目前現有彈奏特徵表

(3)機器學習分類器

本研究使用的工具的機器學習分類軟體為 weka3.5.4，演算法為 J48 -C 0.25 -M 2，Weka 是由紐西蘭的 Waikato 大學機器學習研究團隊所開發出來的軟體，是一套使電腦學習如何分析資料的演算工具，以 Java 撰寫可適用於多種平台，提供直接分析資料。本研究將採用決策樹作為分析教師評分的結果，並且將 J48 演算法轉換成 C#.net 線上版本。

萃取後的特徵資料將會送入機器學習分類器(Weka)，透過分類後，會產生該評分老師的決策樹，如圖像 1。



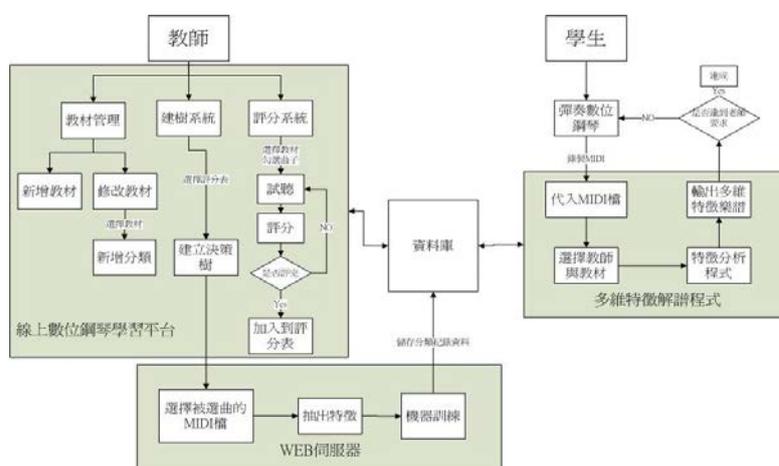
圖像 1 決策樹示意圖

本系統依使用者分為兩部分：(1)線上教師端，教師負責線上評分，並且載入評分表將要建立決策樹的資料傳到伺服器端。(2)學生端-多維解譜程式，學生透過線上選擇教師、教材，並且輸入自行彈奏的 midi 檔輸入，輸出成多維度的樂譜，藉此了解自己鋼琴彈奏的問題。請參考圖像 3：



圖像 3 多維特徵解譜程式 左：A 老師 右：B 老師

圖像 3 所示：特徵修正內顯示了要修正的清單，右邊色盤表示標記在譜上的顏色，不同顏色代表不同類型，顏色深淺代表須要修正的強弱。而圖像 4 為系統架構圖



圖像 4 系統架構

3.實驗結果

表格 2 為蔡同學所萃取的特徵值，粗體字為圖像 3-右 B 老師所認為表情符號溫柔地所重視的特徵。而 A 老師與 B 老師兩邊所顯示的圖會不一樣，是因為人類有主觀意識，導致結果會不同。

彈奏特徵	數值	彈奏特徵	數值
完全無音休止符	0	16 分音符平均音量	43
最大音高	81	8 分音符平均音量	43
最小音高	59	速度變量	0.28
音符張力	0.12	音符密度	14
圓滑比值	0.95	調性	1

表格 2 萃取蔡同學彈奏的特徵數值表

4. 結論與未來願景

本研究架構了線上鋼琴輔助教學系統，希望未來的研究可以有下面四項目標(1)學習者透過此系統可以學習不同教師的主觀音樂 (2)學習者更清楚了解自己彈奏的問題。(3)使用本系統可提升學習者在學琴上的效率，並且有效降低學習時間。(4)發現更多的音樂特徵，讓正確率更高、更完整。

而未來可以把所有老師所製造的決策樹，合成為多項老師的決策樹。目前是減少學生對於學鋼琴興趣降低的可能性，將來希望有了一定的準確度之後，朝向悅趣式學習發展，讓學生在遊戲中學習。

5. 參考文獻

- 吳相好. (2000). 盧塞爾《吹笛人，作品二十七》之作品研究與詮釋探討. 台北：東吳大學碩士論文.
- Canazza, S., De Poli, G., & Vidolin, A. (1997). Perceptual analysis of the musical expressive intention in a clarinet performance. In *Music, Gestalt, and Computing* (pp. 441-450).
- Honing, H. (2002). Structure and Interpretation of Rhythm and Timing. *Dutch Journal of Music Theory*, 7(3), 227-232.
- Kendall, R. A., & Carterette, E. C. (1996). Communicating performer intent through musical performance. I. Mapping intent to perception. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 100(4), 2777-2777.
- Minetti, A. E., Ardigo, L. P., & McKee, T. (2007). Keystroke dynamics and timing: Accuracy, precision and difference between hands in pianist's performance. *Journal of Biomechanics*, 40(16), 3738-3743.
- Palmer, C. (1989). Mapping musical thought to musical performance. *Journal of experimental psychology. Human perception and performance*, 15.
- Widmer, G. (2001). Using AI and machine learning to study expressive music performance: project survey and first report *AI Communications*, 14(Volume 14, Number 3/2001), 149-162.