

Ping-Pong Paddle Type Estimation using Acoustic Characteristics

藉由聲學特性進行乒乓球球拍特性情蒐

組別：A123 指導教授：黃柏鈞 組員：107000119 周德灝

Abstract

在現今的乒乓球界裡，球拍的種類百百種，不同的球拍所造成的擊球手感也不同，因此每個專業運動員都在找尋屬於自己的合適球拍，這對於分析對手情蒐方面也非常重要，面對不同對手時，若能夠提前透過音訊而不用實體目測或接觸即可判斷出對手是使用何種球拍、何種技術，進而可以賽前模擬策略，則能知己知彼而百戰百勝。

我想要結合科技的方法，利用音訊處理和機器學習來進行球拍分類，而使用此方法的優點是並不需實體目測和接觸，就能獲取球拍的特徵資料。

而實作過程中，首先要收集資料，使用三種不同材質的球拍和五種不同的技術動作，每一種技術動作為 50 球，收集完後會有 15 種不同種類的集合，總共大約有 750 筆音訊資料。經過實作聲音事件切割、音訊特徵提取和機器學習，目前能判斷出不同球拍的準確率約為 75%。

Introduction

身為專業乒乓球運動員的我，對於球拍的要求非常嚴格且謹慎，但在拿取一支新球拍試打時，其所獲得的手感資訊等等多都要靠個人的經驗判斷，旁人無法得知任何資訊並提供協助，缺乏真正的數值或比較規格可以做分析或選取；抑或是在球場上比賽當下，時常無法在短時間內得知對手是拿何種球拍、膠皮，因此在對手情蒐方面是相當困難且費時的，因此想藉由這次實作專題，透過將不同球拍所形成的聲訊分門別類，進而在往後挑選球拍甚至是面臨比賽的時刻，能更清楚了解每支球拍的特性與不同。

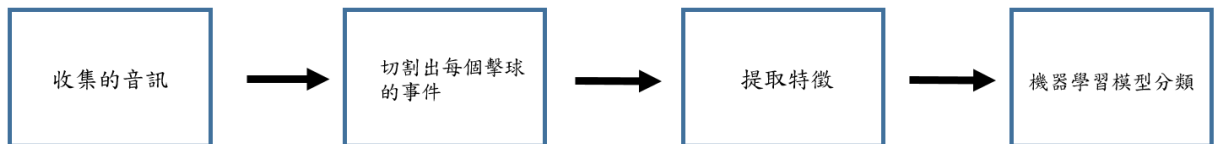
音訊處理相關的技術發展已相當許久，而大部分都運用在語音辨別的範疇，較少應用在其他領域，藉著這次實做專題，我想將音訊處理相關的技術運用在我熟悉的體育層面中，這對於球拍細微變化皆相當敏銳的專業運動員而言，能提供更多且完整的資訊以參考。

在這次實作專題可以分為兩大部分，一為音訊特徵提取，二為機器學習模型分類，根據以上兩部分，當前的結果能有效地分析出三支不同球拍擊到球的

音訊，例如三支球拍運用攻球的技術動作，擁有 93%的準確率能夠將三支球拍正確的分類，但仍然可以優化系統的各個部分，像是對於吵雜環境的適應能力等，尚有進步空間。

1. 整體系統架構

將收集的音訊對每一個 frame 能量的大小做比較計算，切割出擊球的事件，在將擊球的事件提取特徵，並利用機器學習模型分類，加以判斷出是哪支球拍所形成的聲音。



圖[1] 整體系統架構

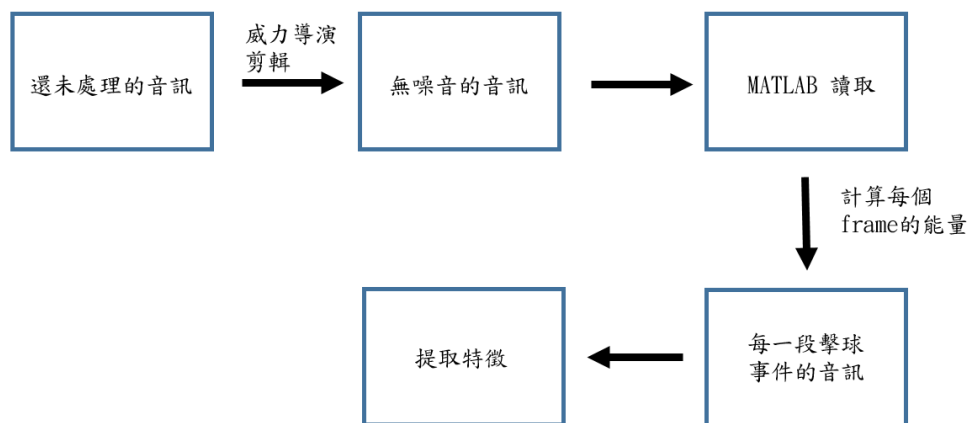
2. 資料收集

這次實作專題實驗了三支不同材質的球拍和用這三支球拍做五種不同技術動作，利用手機錄音三支不球拍，各五種技術動作且每一種技術動作各 50 球因此總共約有 750 筆音訊資料。

3. 演算法設計

將收集好的音訊分為兩大階段：

第一階段為利用 MATLAB 來提取特徵，先將一整段擊球音訊分割出每次擊球的事件，透過計算每一個 frame 的能量，利用每個 frame 的能量大小比較，可清楚得知每個擊球事件，進而再將分割完的每個事件提取出特徵。

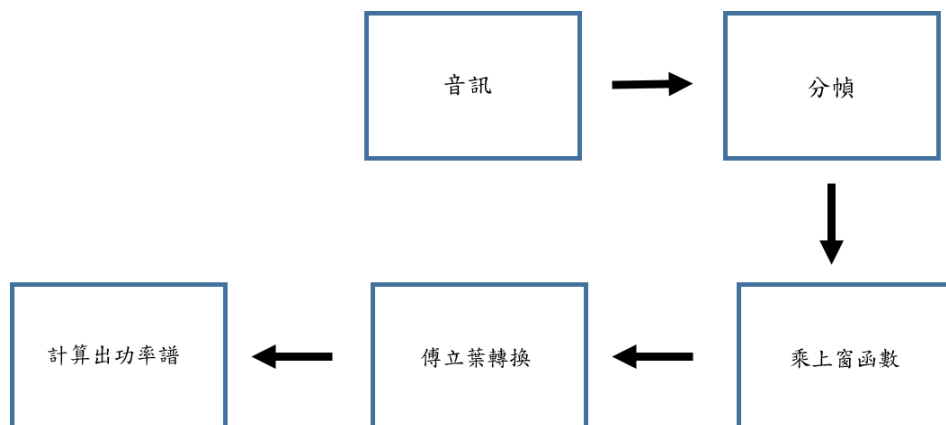


圖[2] 音訊切割事件方法

而我使用了以下幾種方法來提取音訊特徵

(1) Mel-Frequency Cepstral Coefficients(MFCC)

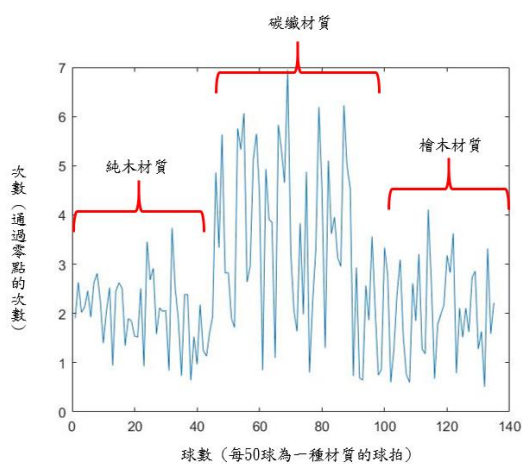
將音訊分幀後每個音訊分幀要乘以一個窗函數，進而增加每幀的左端和右端連續性。經過窗函數的音訊，做傅立葉轉換觀察音訊在頻譜上的能量分布，而不同的能量分布代表不同的音訊特徵。將訊號的頻譜平方得到功率譜，進而將功率譜通過 Mel 濾波器取得音訊特徵。



圖[3] mfcc 音訊特徵提取方法

(2) 過零率

計算每個 frame 裡，音訊通過零點的次數，根據實驗結果能發現，雜訊的過零率均大於清晰可辨視音訊的過零率。

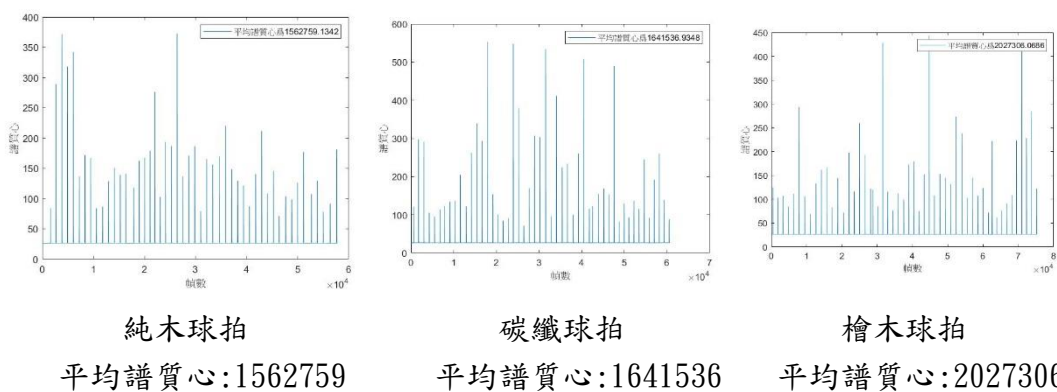


圖[4]音訊特徵提取:過零率

(3) 譜質心

根據不同的球拍，相對應也有不同的音色，而譜質心是描述音色屬性的重要物理參數之一，是頻率成分的重心，也是聲音信號的頻率分佈和能量分佈的重要信息。

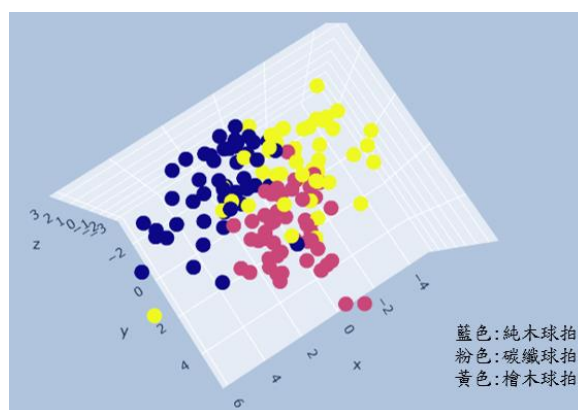
以扣殺技術動作為例：



圖[5]音訊特徵提取:譜質心

而第二階段為利用 Python 機器學習模型分類。使用的方法為 Support Vector Machine (SVM)。

以攻球為例：



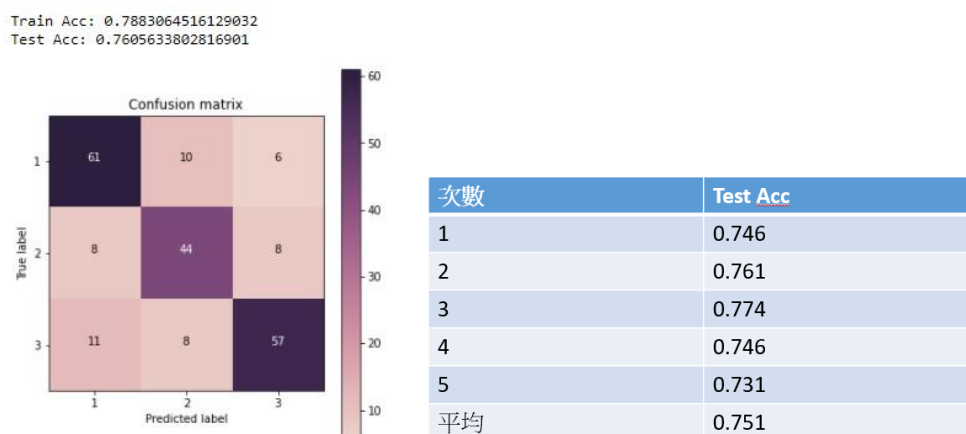
圖[6]SVM 結果:攻球技術動作

根據觀察結果，可明顯看出 SVM 有找出 hyperplane 來區分三種不同材質的球拍。

4. 實驗結果

在這次專題裡，已完成兩大階段實驗目標。第一階段目標為音訊的特徵提取，先將音訊的每個 frame 的能量大小分割為每個擊球事件，再從中挑取特徵，這次實作專題總共實驗了三支不同的球拍，五種不同的技術動作，而每一支球拍做五種技術動作，而每一種技術動作為五十球，因此一段音訊裡會有五十個擊到球的事件。再將這五十個事件一一通過 MFCC、過零率、譜質心等音訊特徵的演算法提取出特徵。第二階段目標為利用 python 機器學習，使用第一階段所提取出的目標進而標註訓練，將全部的特徵資料分為訓練資料和驗證資料，而訓練資料佔全部資料的 70%，剩下的 30%為驗證資料，進而再使用交叉驗證法，我將資料依據 4:1 比例分割為訓練資料與驗證資料，迭代 5 次且每一次都會有一個答案，再將五次答案相加取平均得到更為精準的準確率。以下將兩大階段的結果呈現

全部 750 筆資料 平均準確率:75.1%



圖[7] 全部資料訓練完的準確率

5. 結論

經過這次專題實作，所實作的演算法能有效地將不同的球拍利用各個音訊特徵的不同，進而將球拍分類。在音訊特徵的提取實做 MFCC、過零率、譜質心等諸多音訊特徵後，透過這些音訊來得出有效的結果，在將來的工作裡可以在優化演算法進而不只分類球拍，而是能分出不同球拍擊到不同球種和使用不同的技術動作，能有效地分析出結果，且加上球的飛行速度、球的轉速和球的落點，能即時顯示在外接的螢幕上，對於乒乓球的觀賞性或情蒐都是一大進步。

6. 心得

專題製作是首次將自己過去擅長的運動項目與大學所學結合，因為是熟悉的內容，在發想及調整過程中能有明確的方向與目標，這也使自己心態上更具動力及積極性。很高興能有機會以不同的角度探討桌球，透過音訊處理的相關技術、機器學習模型分類等方式重新接觸這項運動也帶給我許多啟發，並獲得更多回饋。

感謝教授和實驗室學長一路上的幫助與指導，在我遇到困境和不知所措時，總能指點我如何解決，經過這次的實作專題使我對跨領域的結合更感興趣，學習到許多音訊處理相關的技術也能運用在體育相關領域裡，而不只再語音辨別而已，也希望將來能再優化系統將更多的資訊實做出來。