

投球姿態校正—六軸感測器

組別：B149

指導教授：馬席彬

組員：黃韋珀、李及翔

一、前言

隨著科技的發展，體育賽事也開始利用科學化的方式做訓練。其中棒球也不例外，透過對球路的分析以及模擬，了解投手球路的軌跡並進行系統化的分析，以此來進行訓練以及培訓，強化在賽場上的運動表現。因此，我們希望透過這次的專題研究，分析投球的運動軌跡，改善投手的投球動作及姿勢的一致性及施力時機及方法，藉此增強運動表現。

二、報告摘要

在這次的專題中，我們所使用的六軸感測器為 ICM60249，針對相關 paper 進行研究，學習六軸感測器相關的應用以及藍牙接收器的訊號處理，並使用 matlab 將數據進行處理、分析。在實驗的過程中發現問題，接著提出解決方法後再去做討論，修正錯誤，並重新做測試。最後將實驗結果進行分析並應用。除此之外，利用高速攝影機記錄影像，並利用 tracker 得出理論軌跡，再與感測器資料進行誤差運算，最後呈現結果。

三、實驗過程設計

1. 實驗設備：

拍攝器具：Casio EXILIM EX-F1

規格：

有效像素：600 萬像素

動畫像解析度：@300 FPS(30 張每秒)、432*192

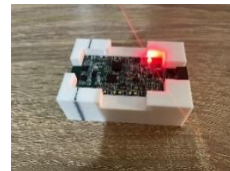


感測器：ICM20649

規格：

陀螺儀：4000 度每秒

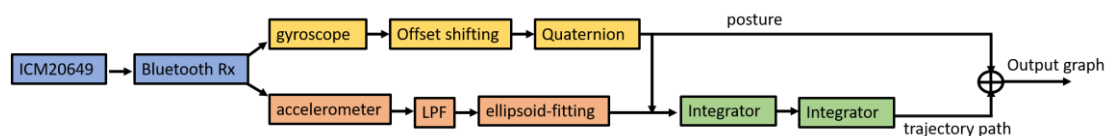
加速計： ± 30 g



指南針：iphone11 內件軟體指南針



2. 感測器訊號處理：



藍牙訊號處理：

由於所接收的每一筆資料皆以 16 bit 去做計算，因此我們對其做 quantization，並將數據匯入 matlab 進行接下來的運算。

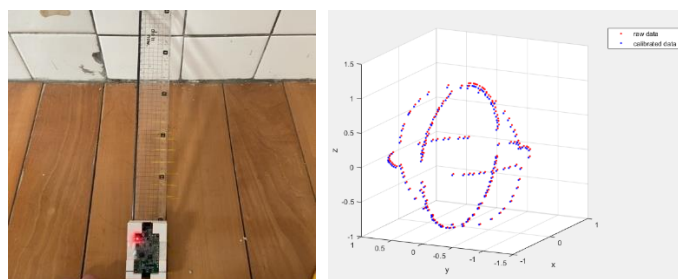
陀螺儀校正及姿態的運算

由於任何一塊慣性感測元件都因製成過程的關係，每塊晶片都會有自本身的漂移值，也就是晶片在靜止狀態下，在陀螺儀中，三軸的轉動角度都應為 0，而有飄移值的存在的話，數值則必定不為 0。因此我們將開始靜止 2-6 秒的資料取平均做飄移值得消除。除此之外，由於微小震動所產生的角速度在長期的累積下會造成更大的誤差，因此我們設了 threshold 對每一筆資料逕行檢測。

經過上述一系列的處理，我們再將角速度資料轉換成四元數座標，對其進行四元數運算，以此來計算出每一時刻的姿態。並將資料作為接下來重力消除的根據。

加速計校正及位移計算

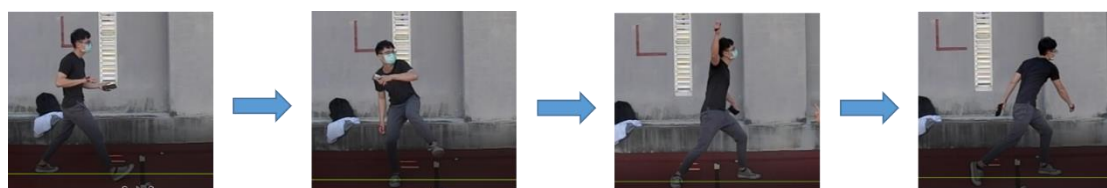
為了消除重力對加速計的影響，我們利用橢圓擬合法(ellipsoid-fitting)，進行多次不同靜止姿態的加速度量測，將三軸分別的偏壓扣除後，經過 scale-factor & nonorthogonality corrections 的 3*3 矩陣轉換，再搭配上 threshold 和低通濾波器，來獲得校正後的加速度。再者，利用從陀螺儀所獲得的姿態，計算出重力此刻對三軸的分量，以此來消除每一時刻下重力對三軸的影響。最後，利用對地加速度，雙重積分計算出位移以及路徑。



圖一、(a)不同姿態量測靜止加速度(b)橢圓擬合法

3. 利用 tracker 影像計算軌跡進行驗證

使用兩台高速攝影機(Casio EXILIM EX-F1)紀錄投球動作(圖二)，並使用 tracker 計算軌跡，獲得三維軌跡圖，以此做為理論值，並與感測器資料進行比對。最後將動作進行分段討論，以此確認感測器資料之正確性。

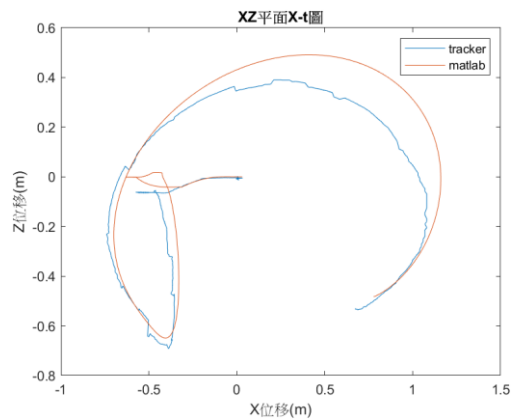


圖二、Tracker 記錄過程

四、實驗結果

圖三和圖五為 tracker 與感測器資料 Z-X、Z-Y 軌跡比較圖，將兩圖合併結合成 3D 軌跡圖(圖六)。我們利用 mean square error 求其相對路徑差值作為誤差計算，分別獲得三軸及總誤差。由圖 4 可見，X、Y、Z 軸誤差皆在 0.9 cm 以內每 0.01 s，而總路徑差更可以降至 0.77 cm。

從兩個軌跡中可以發現我們所接收到的資料與實際狀況是相符的，因此我們可以使用感測器的資料做接續應用的。



圖三、Z - X 軌跡比較圖

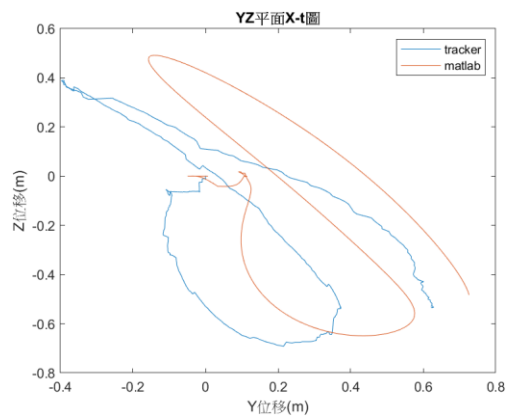
```
mean_square_x =
    0.0076

mean_square_y =
    0.0077

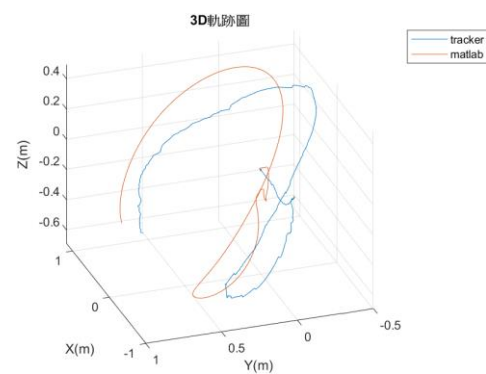
mean_square_z =
    0.0089

mean_square_path =
    0.0077
```

圖四、誤差結果



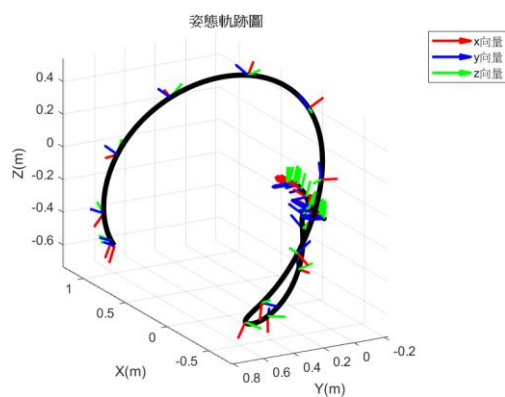
圖五、Z - Y 軌跡比較圖



圖六、3D 軌跡比較圖

五、應用

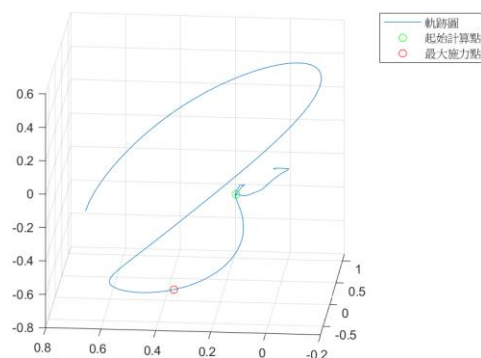
1. 使用者可以透過姿態軌跡圖，重建投球動作的球路軌跡。透過這種方式，在不同的球路下透過觀察軌跡圖並修正投球動作，減少不同球路之間投球的動作差。圖七為感測器之姿態軌跡圖。



圖七、姿態軌跡圖

2. 從軌跡圖中看出自己投球的最大施力點的大小及時間，綠色圓圈為起始時間，而紅色圓圈為最大施力點。圖九為對應的加速度值與時間，由上至下分別是初始時間、最大加速度時間及最大加速度值。除此之外，我們可以從軌跡圖中任意選擇我們想要觀察的投球動作階段，並獲得其最大加速度以及時間。可藉由此方式了解各個投球階段，施力大小以及時機，藉此改善投球動

作。



圖八、施力軌跡圖

```
initial_time =  
  
9.3342  
  
max_time =  
  
10.3547  
  
max_acc =  
  
4.9440
```

圖九、對應初始時間、最大加速度時間及最大加速度值

六、心得感想

黃韋珀：

透過此次的專題研究，讓我了解到**如何設計實驗以及分析問題的重要性**。首先，設計實驗，要先了解自己所能獲得的資訊，透過控制變因去達到預期效果。在實驗中，我們想計算感測器的位移量，就必須固定我們的姿態以及對桌面的平整度進行測量並且對預期他的位移量，除此之外，錄下實驗全部過程，在實驗後得以檢視過程是否有人為上的疏失。再者，**分析問題，將問題做切割，從小問題開始解決，排除疑慮後再做延伸**。除此之外，馬教授也教導我們**獨立思考的能力**，其中不乏遇到許多困難，像是對重力的消除、尤拉角的萬象鎖等問題，都必須透過我們自己一步一腳印去把它克服，而這也是在訓練我們在往後不管是碩士亦或出社會遇到問題時能夠解決問題的能力。

李及翔：

經過這一年來的專題研究。讓我了解到設計實驗、數據解讀與呈現的重要性，尤其是在發生錯誤的情況下，變因非常多時，要怎麼去設計實驗來一一排除問題點，而在龐大的數據中每個人看到的點也都不相同，馬教授提醒我，用自己的角度去解釋資料不見得是正確的，在每周的報告中客觀的呈現資料，如此一來討論才會更有價值。此外透過這一年來，不斷重複的「發現問題、解決問題」循環中，讓我提升不少處理事物的方式與面對態度，每個星期面對的問題都不相同，如何在茫茫的網路中找到有用且正確的資料，並成為自己研究中有用的一部份。很感謝這一年來馬教授的指導，每個星期都抽空來關心我們的進度，並提供建議，此外感謝隊友的支持與幫助，在關鍵時刻凱瑞我。相信這一年來的學習都會成為我未來重要的養分。