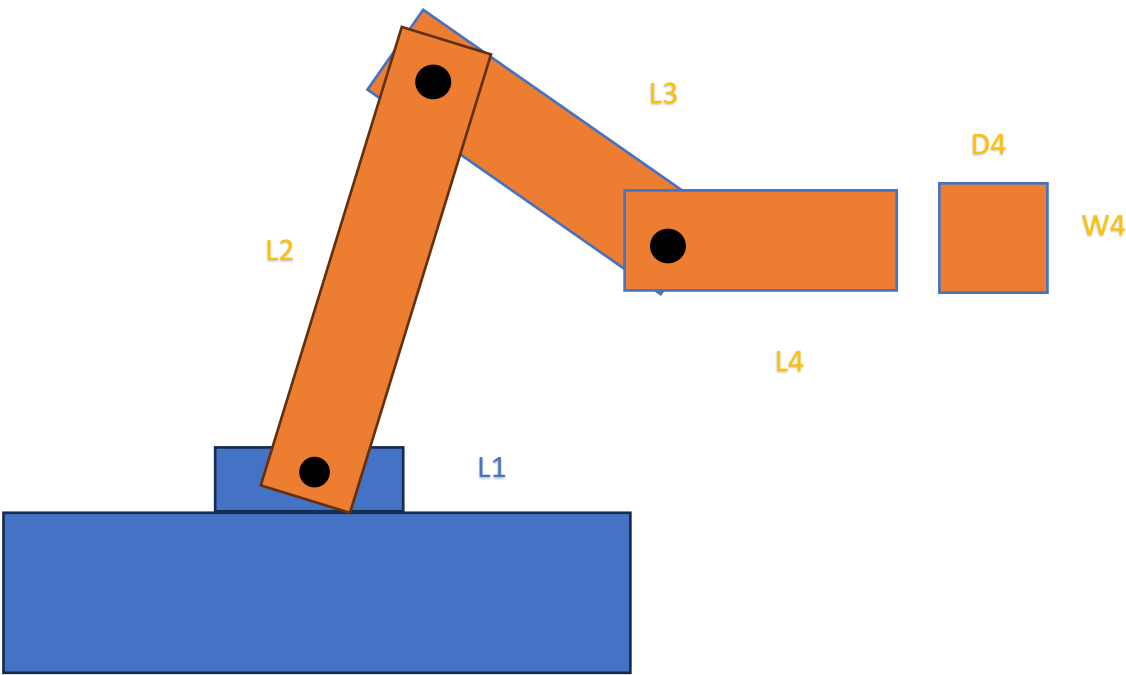


Final project 四軸 RRRR 繪圖機械手臂設計

一、目標

設計一款可以輸入圖像並繪製出來的機器手臂

二、設計



DH table(standard)

joint	α	a	d	θ
1	90	0	L1	θ_1
2	0	L2	0	$0 \leq \theta_2 \leq 90$
3	0	L3	0	$-180 \leq \theta_3 \leq 0$
4	-90	L4	0	$-90 \leq \theta_4 \leq 90$

本次專題選用

L1	2.5cm
L2	20cm
L3	10cm
L4	5cm

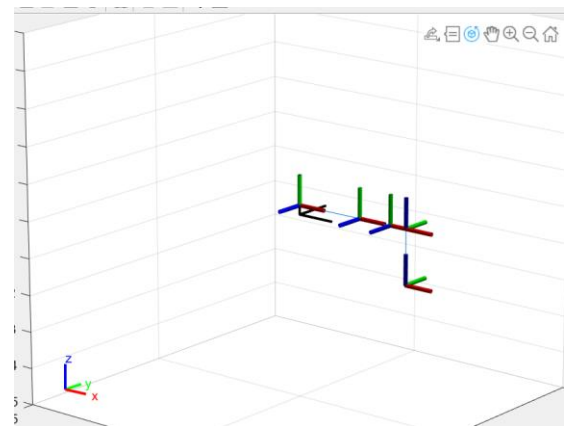
三、模擬

使用 Matlab robot control tool box

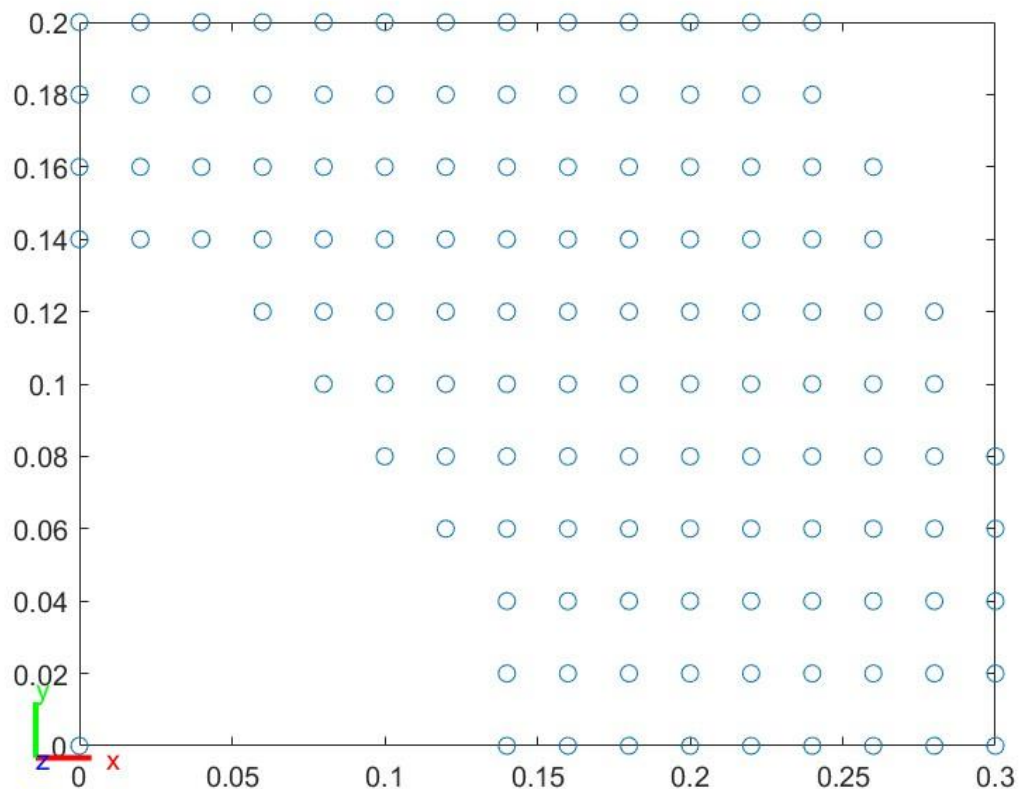
1.建模

使用 `rigidbodytree` 建立，並在筆頭位置設 `endeffector`，另外要注意要在 `endeffector` 上面加上旋轉關節，不然在進行逆向運動時會無法求解。

接著確認機械手臂的 `reachable workspace`，使用機械手臂在 x 軸為 0 到 0.3， y 軸為 0 到 0.2 的區域座打點，接著檢查各軸角度是否在限制的範圍內。



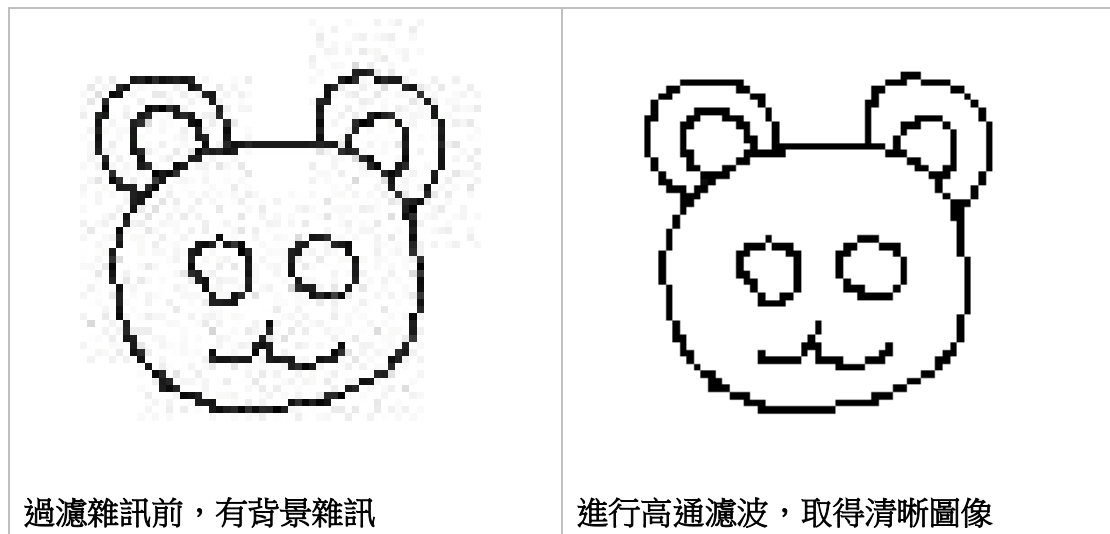
機械手臂於空間中模型



機械手臂的 `reachable workspace`，並參考此圖選擇工作區。

2. waypoints 建立

使用八位元畫家繪製圖像，存檔後傳至電腦。因存檔及傳送過程可能有雜訊干擾，所以選用高通濾波器對影像進行處理，除去雜訊。

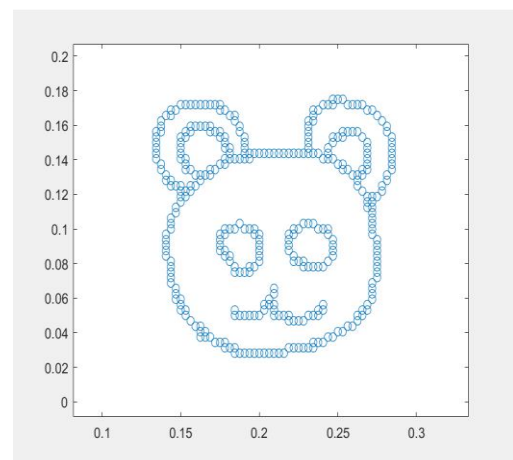


取得清晰圖像後進行色彩反轉，此時圖中線條處會有較高的數值，將有這些值的位置存起來，並轉到 0.16 乘 0.16 公尺的平面上，也就是機械手臂在 reachable space 中的工作區。

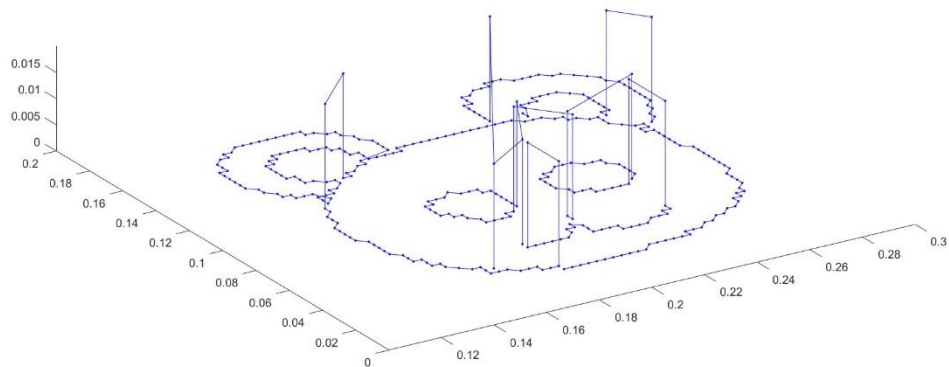


色彩反轉後的圖片，白色處有較高的值 225

再將圖案座標化後，要排定每一點被造訪的順序，這次專題中使用最小距離法，也就是從歐氏距離最靠近原點的點開始，接著找出靠近下一個最靠近他的點，而造訪過的點則不能再被訪問。而當兩點相距大於一定值後，判定為不完整軌跡，則在平面上方加一個點，實際繪圖時才不會將該軌跡繪入。



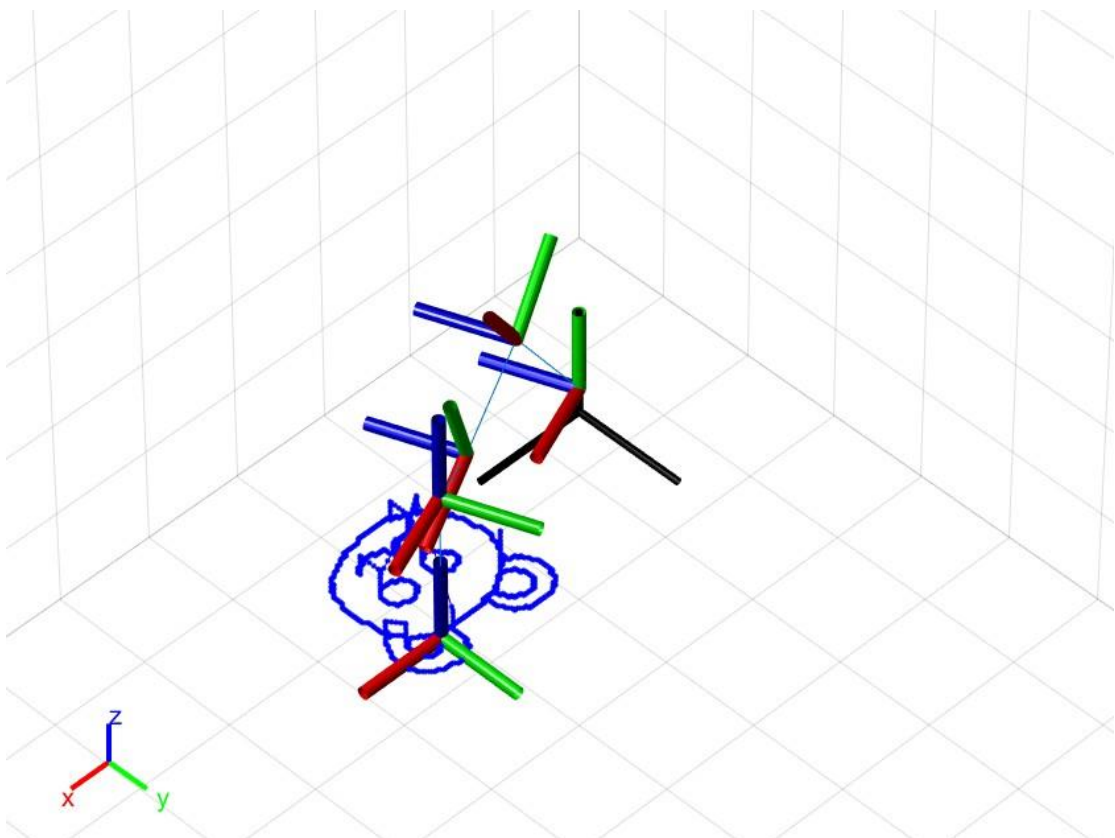
將圖案座標化



筆畫間加入滯空軌跡

3.軌跡規劃與逆向運動學

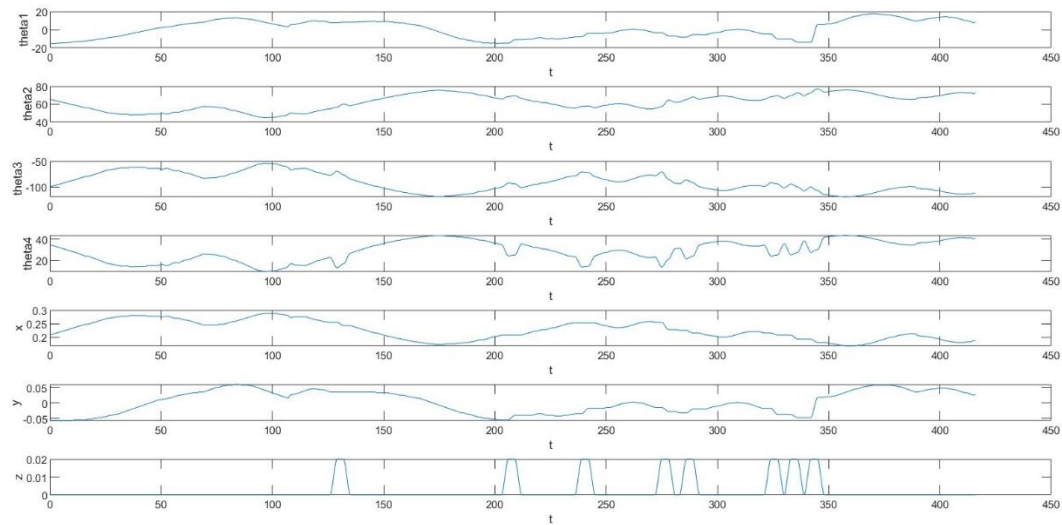
選定 waypoints 以及到達 waypoints 的時間、加速時間段。設定於平面上每個 waypoints 間間隔一秒，而將筆抬起與放下的時間則設為 2 秒，加速時間則為四分之一 waypoints 間運動時間。接著使用 Matlab 內的 `trapveltraj` 建立軌跡速度以及加速度。最後用 `trvec2tform` 取得每個軌跡點的轉移矩陣，接著讓 Matlab 去解 IK，在卡氏坐標系完成運動規劃模擬。



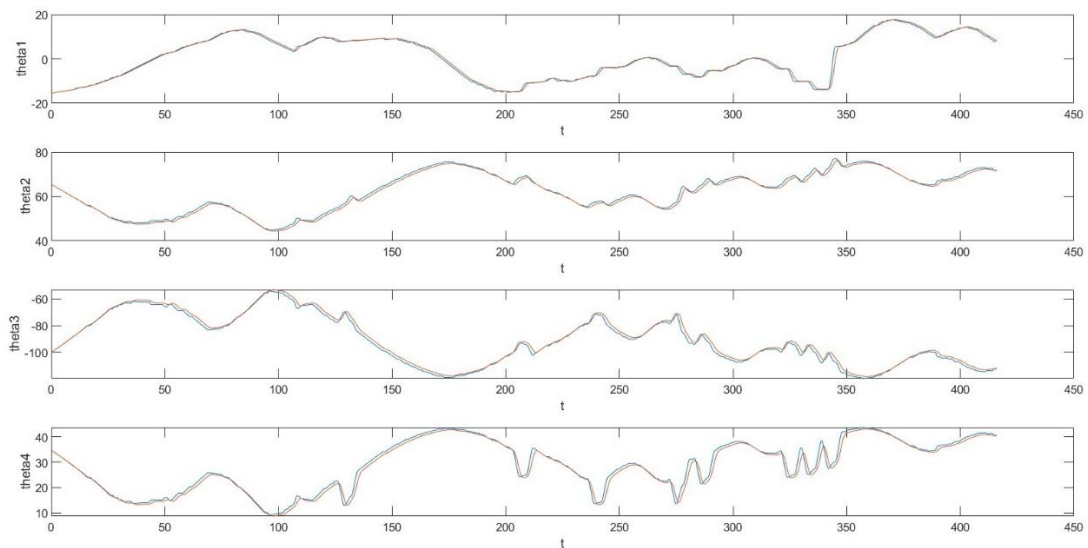
機械手臂運動模擬

四、模擬結果

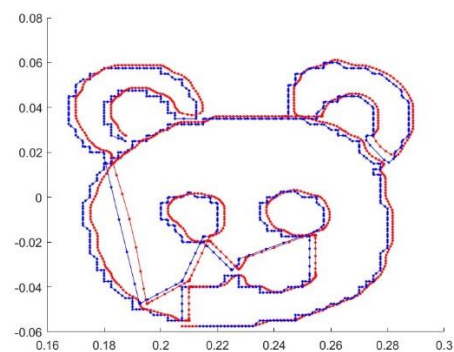
以下是各個 joint 角度隨時間變化，以及筆尖在空間座標隨時間變化的關係圖。



可以發現原本圖片一些彎彎曲曲的特徵可以反映在 joint 角度軌跡上，可能會造成實際操做困難(馬達要一直來回轉動)，因此在 joint space 重新規劃軌跡，藉由加入一個動平均濾波使軌跡更為平滑。



可以看到重新規劃後的軌跡(橘線)比原軌跡(藍線更平滑)



在 joint space 重新規劃軌跡後的圖案(紅色)，可以看到線條變得更為滑順。

參考資料

<https://picture.iczhiku.com/weixin/message1595514158319.html>