

# 客製化下肢輔具與人體姿態深度學習

學生：曾宗圓、王皓緯、黃信富

指導教授：葉廷仁

## 研究承啟

本專題為獨創，並無延續他人的研究。

## 摘要

為製作出最符合真實膝關節軌跡之輔具機構，我們利用四連桿作為輔助膝關節之機構，而非一般簡易的二連桿，也是本輔具機構設計與市售輔具最大的不同。動力輔助方面，透過六軸慣性感測器融合和磁性編碼器得出人體姿態、搭配肌電訊號，以深度學習的方法建立姿態與肌電訊號之關係模型並預測人體運動模式(如起立坐下、行走、上下樓梯)，進而幫助馬達做出適當的輔助。

## 研究動機

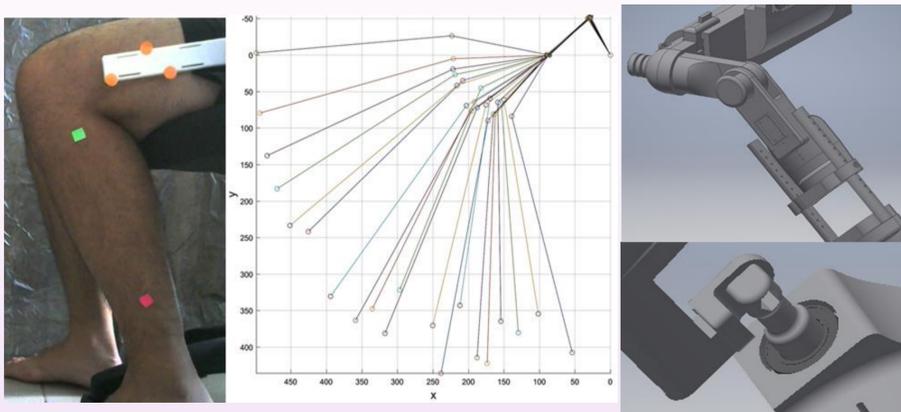
全世界正面臨人口老化，關節退化尤為人類老化普遍問題。為此，本專題希望為年長者或行動不便者提供一個舒適的穿戴式下肢輔具，在使用者即將起身、行走或是走樓梯時，即時提供動力輔助，減輕使用者的出力負擔。

## 研究方法及步驟

### 一、輔具機構

由於人體膝關節運動時，並非單一轉軸的圓周運動，而是不規則的軌跡，以膝蓋彎曲90度至伸直的過程中，小腿會向身體外側偏移且前後十字韌帶受擠壓拉長，小腿會往前推進，因此我們使用四連桿及加裝向外翻轉的轉軸來使機構符合實際運動。以下為設計流程：

1. 影像定位：利用雙眼視差法追蹤腿部色塊，並將小腿抬起運動過程連續拍照並記錄三維空間座標(如下圖左)。
2. 分析及設計：將座標資訊匯入Matlab建構運動軌跡(如下圖中)，再利用此運動軌跡進行設計，我們使用差分進化法對四連桿設計進行最佳化運算，並篩選掉桿長過長或位置不佳的組合，得出最佳四連桿組合。
3. 產出及輔助：利用Inventor進行3D繪圖並列印，階段性成果為加裝旋轉阻尼提供緩衝，實現被動輔助。



### 二、深度學習

在利用肌電訊號設計輔具馬達輸出時，由於肌肉疲乏會影響肌電訊號。故我們透過深度學習尋找人體姿態與肌電訊號的關係，進而取代肌電訊號。這種問題，我們採用遞神經網路(recurrent neural networks, RNN)的長短期記憶模型(long short-term memory, LSTM)來解決。

再者若知道人體的運動模式也能幫助我們設計輔具馬達輸出，所以也用深度學習透過姿態預測人體的運動模式。

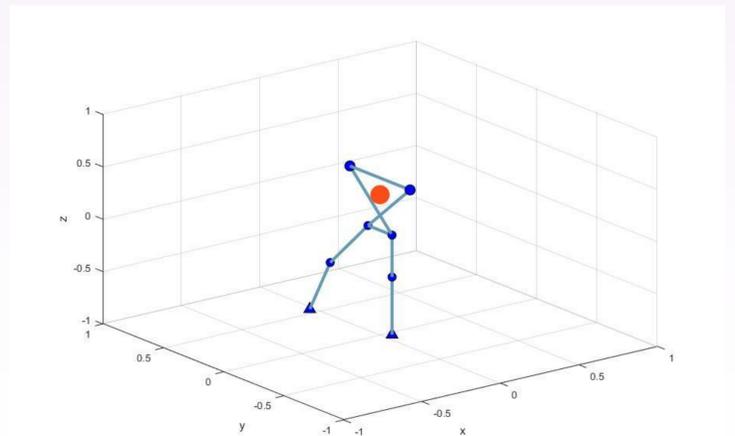
### 三、感測器融合和姿態可視化

使用慣性感測器中的陀螺儀和加速規做感測器融合，感測器融合的方法為設計一個估測器。經由拉普拉斯轉換式子如下

$$\hat{x}_1 = gc\hat{\theta}s\hat{\psi} = \frac{\alpha}{s+\alpha} \left( a_{xm} + \frac{\omega_3 a_{ym}}{\alpha} - \frac{\omega_2 a_{zm}}{\alpha} \right)$$
$$\hat{x}_2 = -gs\hat{\theta} = \frac{\alpha}{s+\alpha} \left( -\omega_3 a_{xm} + \frac{\alpha a_{ym}}{\alpha} + \frac{\omega_1 a_{zm}}{\alpha} \right)$$

其中 $a_{xm}$ 、 $a_{ym}$ 、 $a_{zm}$ 分別為加速規三軸資料， $\omega_1$ 、 $\omega_2$ 、 $\omega_3$ 分別為陀螺儀三軸資料。

由此演算法，我們可以估測出俯仰角( $\psi$ )和翻滾角( $\theta$ )，將慣性感測器安裝在輔具大腿上，磁性感測器安裝在輔具膝關節中，並將所量測的人體姿態資料傳送到PC端電腦，以DH table建立人體模型，讓使用者可以即時監測自己的動作模式(如下圖)，往後也可應用到虛擬實境。



## 結果與討論

此四連桿有效減少輔具作動時，對於下肢運動的限制，亦減輕對肌肉的擠壓，大幅提升使用者的舒適度。藉由加裝旋轉阻尼，對於行走時膝關節的衝擊力，也能提供有效緩衝，惟四連桿死點位置待克服。而藉由加裝在輔具上的感測器所得資料，能以虛擬人體模型將即時的姿態可視化，並同時作為深度學習模型的輸入，成功預測肌電訊號與人體運動模式。

## 結論

本專題現階段已設計出符合人體工學之輔具機構，並取得動力輔助所需的資訊，未來可將被動式的旋轉阻尼取代為馬達，實現主動式的輔助。若結合虛擬實境，亦可作為腿部專用VR配件，更真實呈現下肢運動之情形，提供使用者全新的體驗。

## 參考文獻

1. Storn, R., & Price, K. (1997). Differential evolution—a simple and efficient heuristic for global optimization over continuous spaces. *Journal of global optimization*, 11(4), 341-359.
2. Chun-Feng Huang, Bang-Hau Dai, T.-J. Yeh (2016) Observer-Based Sensor Fusion for Power-Assist Electric Bicycles
3. Hochreiter, S., Schmidhuber, J., 1997. Long short-term memory. *Neural Computation* 9, 1735–1780.



國立清華大學