

第四章

實驗與討論

前面的章節已討論所建構基於 EMG 之機器臂控制系統，並藉由人機介面的整合來達到即時擷取與控制的目的，這一章我們將實際進行實驗，以了解神經網路訓練結果以及實際的操作。實驗設定如圖 4.1 所示，首先將電極安置在操作者的肱二頭肌上，電極安置如圖 4.2，透過 EMG 訊號擷取系統收集肌肉訊號，架設在電腦端的人機介面會即時顯示 EMG 訊號並分析處理，最後依據神經網路的計算結果將控制命令透過網路傳送到機器臂，機器臂隨之產生相對應的運動，操控者則藉由視覺回饋來決定手部下一步的運動。



圖 4.1 實驗設定圖

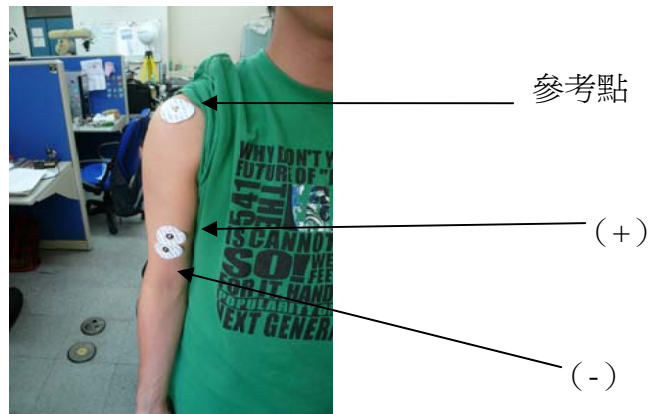


圖 4.2 電極安置圖：置於肱二頭肌

4.1 即時操作機器手臂

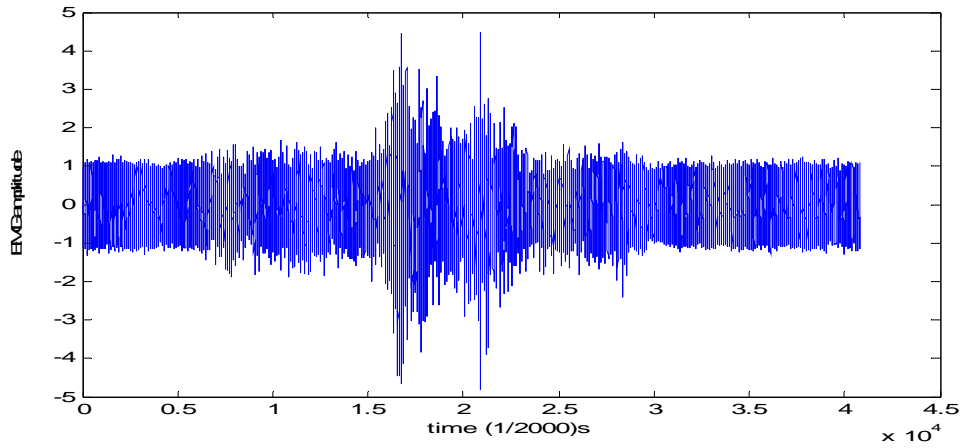
EMG 訊號模糊性的來源，其中之一即是因個體不同所造成，這也是影響機器或義肢控制系統性能一個很重要的因素，此模糊性的發生源於每個人在生理學上差異性，如肌肉位置、大小以及對同一運動所使用肌肉的方式不同，因此我們找了三個受測者的資料分別訓練神經網路並使用各自訓練後的參數來操控機器手臂，使其第五軸完成所希望到達的角度，三個受測者的基本資料如表 4.1 所示，由於每個人在手臂伸曲時，所產生的 EMG 訊號會不盡相同，因此我們必須收集各個不同受測者的資料，訓練各自的參數，再利用這些參數去控制機械手臂。其中濾波器以及特徵值設計，如表 4.2 所示，圖 4.3、圖 4.4 與圖 4.5 分別為受測者 A、B 與 C 的 EMG 訊號經過濾波器的結果以及 EMG 的特徵值和手臂角度隨著時間的變化，由此我們可以看出操控過程中，肌肉活動的情形以及手臂伸屈的狀況，振幅越大則代表手臂在操控過程中施力越大，特徵值對於類神經網路的訓練是非常重要的，若是特徵值取的恰當，訓練出來的參數用於即時的控制也會更精準，圖 4.6(a)-(c)則分別為 A、B 與 C 經過類神經網路訓練所計算出來的手臂角度與真實的手臂角度。

表 4.1 三個受測者的基本資料

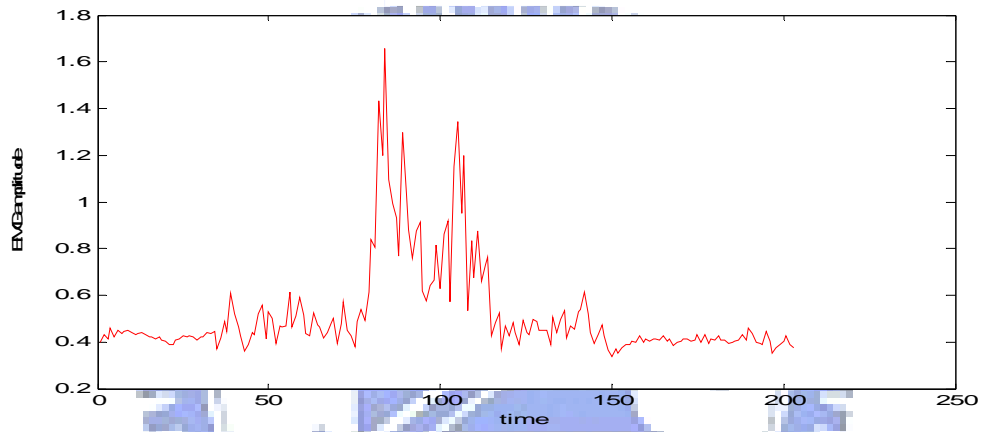
	身高 (cm)	體重 (kg)	身材	電極安置時 肌肉狀況
受測者 A	166	60	標準	肌肉不明顯
受測者 B	175	58	略瘦	肌肉較明顯
受測者 C	173	80	略胖	肌肉不明顯

表 4.2 濾波器與特徵值參數

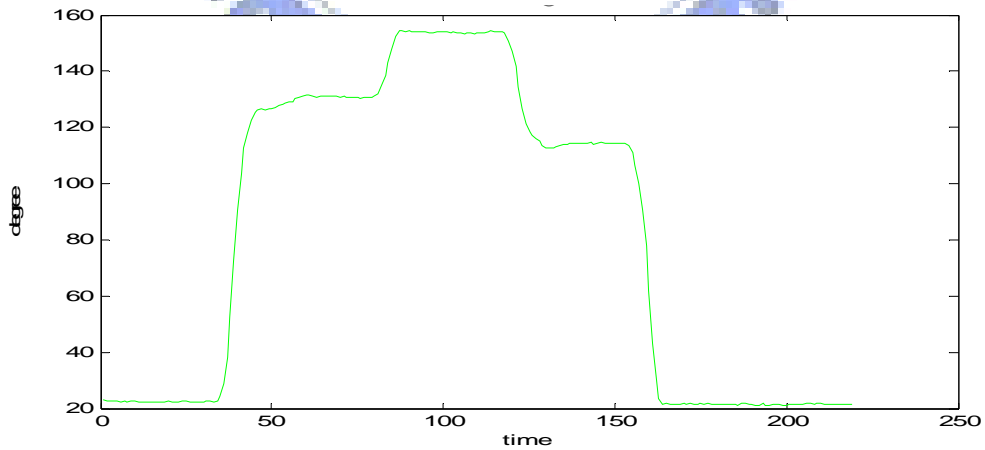
帶通濾波器設計	特徵選取
階數：6 取樣頻率：2000Hz 通過頻率：30Hz 截止頻率：400Hz	取樣點數目：200 選取特徵：MAV $MAV = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N X_k $



(a)經過濾波器之後的 EMG 訊號

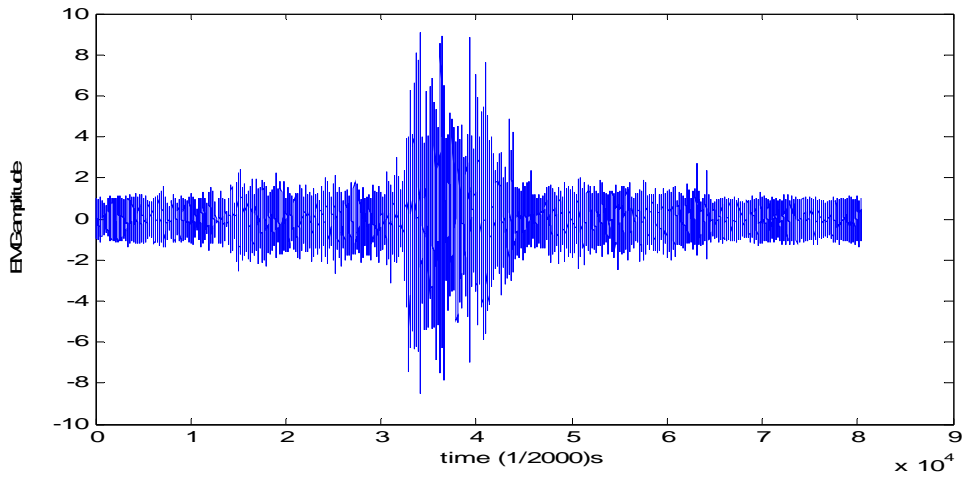


(b)經過特徵值處理之後的 EMG 訊號

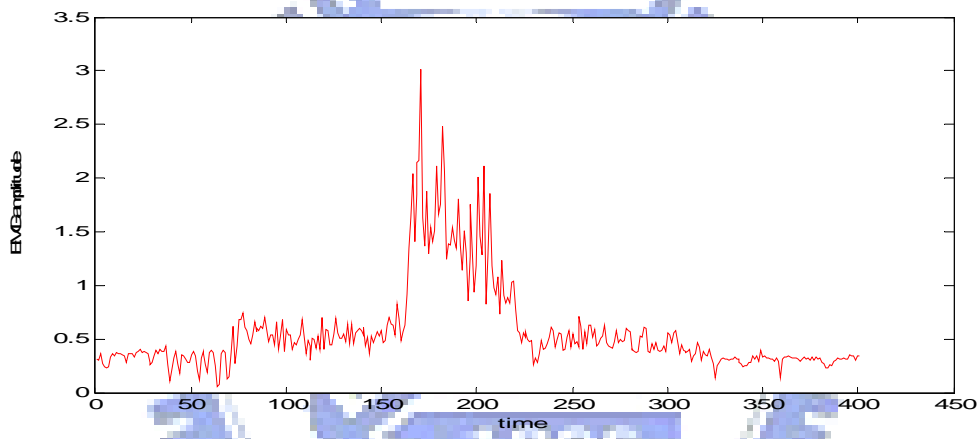


(c) 手臂角度

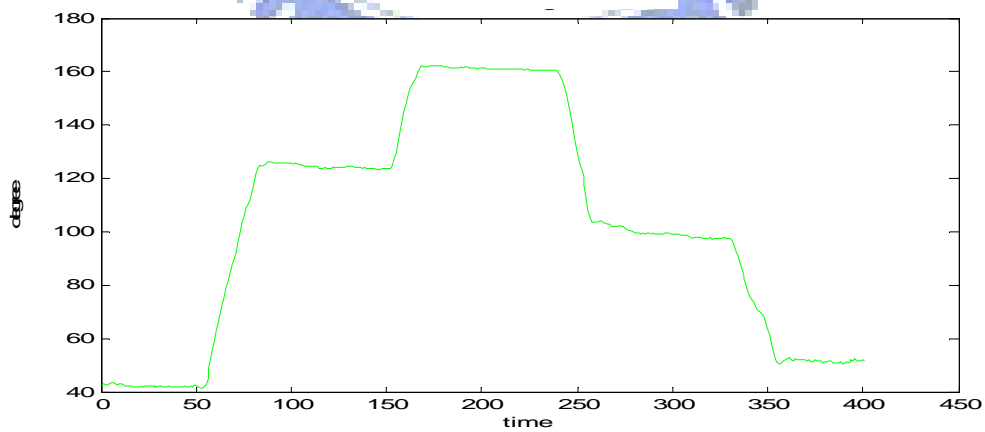
圖 4.3 受測者 A: EMG 訊號以及手臂角度 (a) 經過濾波器之後的 EMG 訊號、(b) 經過特徵值處理之後的 EMG 訊號和(c) 手臂角度



(a) 經過濾波器之後的 EMG 訊號

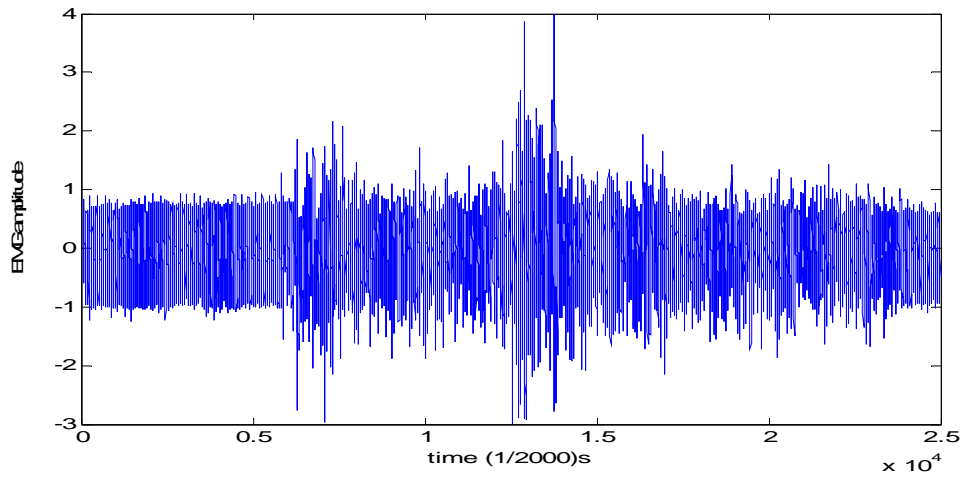


(b) 經過特徵值處理之後的 EMG 訊號

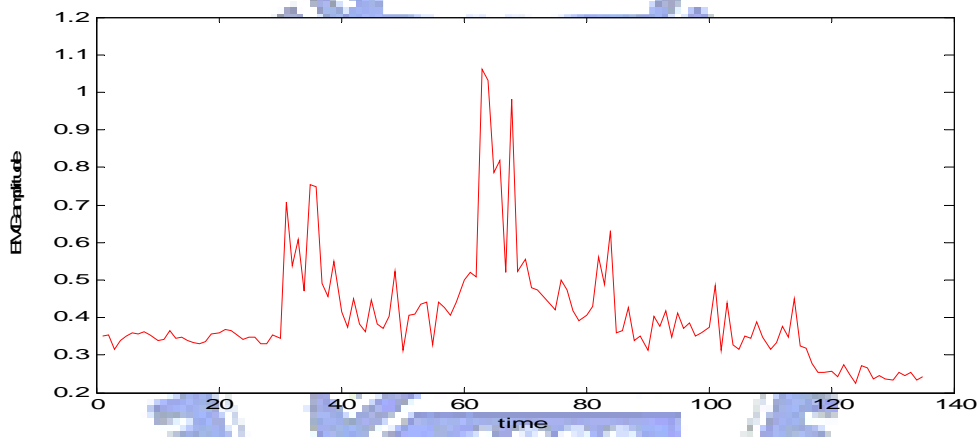


(c) 手臂角度

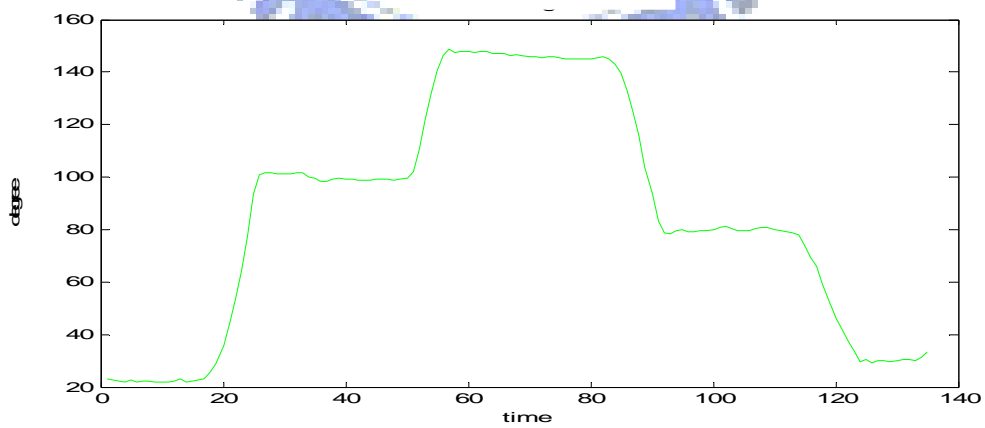
圖 4.4 受測者 B EMG 訊號以及手臂角度 (a) 經過濾波器之後的 EMG 訊號、(b) 經過特徵值處理之後的 EMG 訊號和(c) 手臂角度



(a) 經過濾波器之後的 EMG 訊號

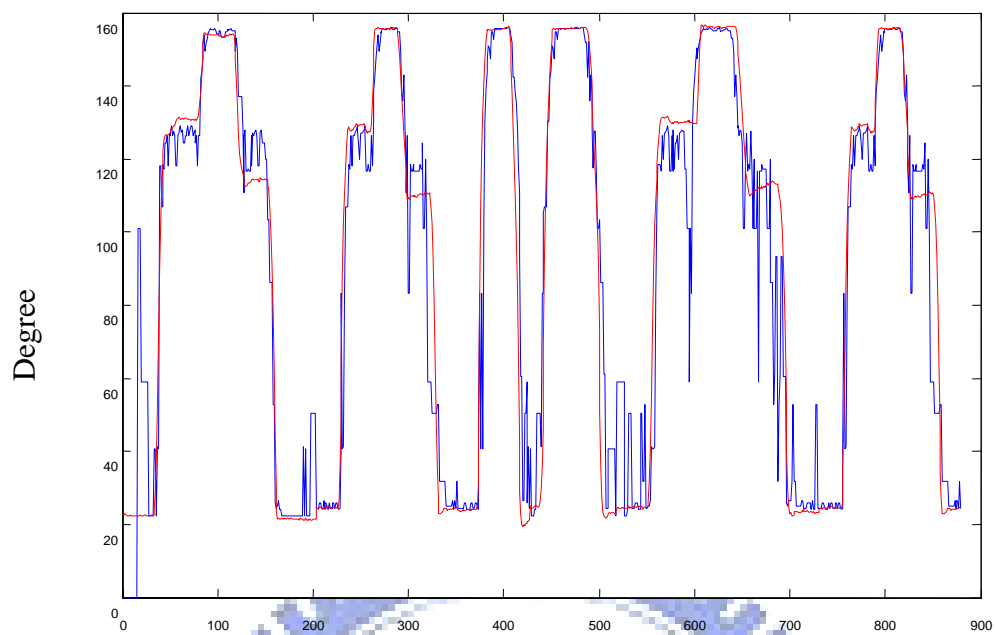


(b) 經過特徵值處理之後的 EMG 訊號

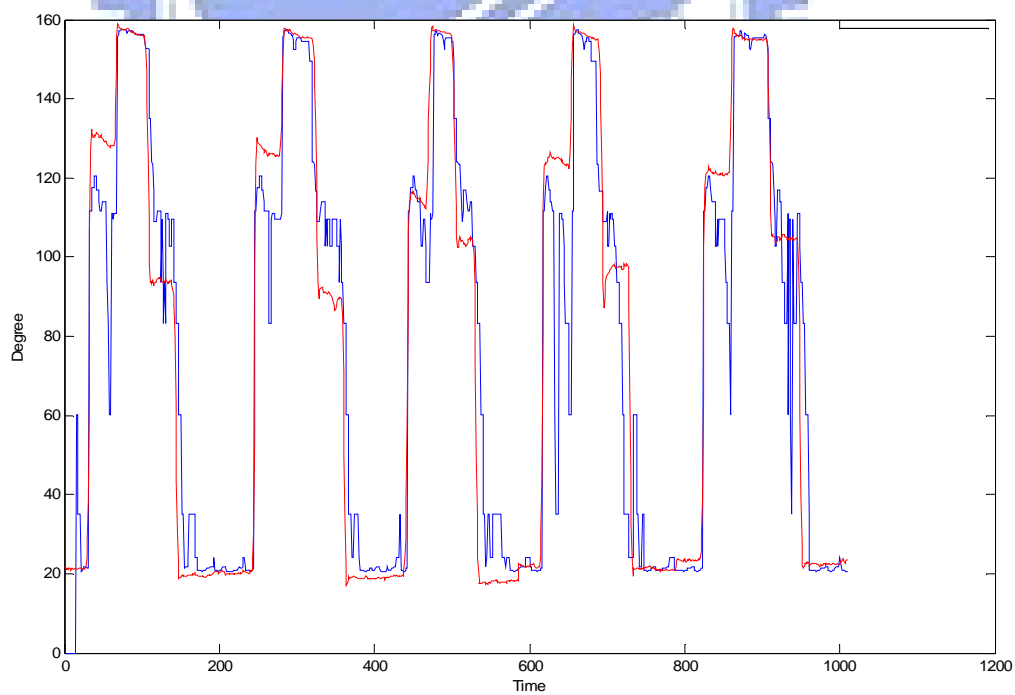


(c) 手臂角度

圖 4.5 受測者 C EMG 訊號以及手臂角度 (a) 經過濾波器之後的 EMG 訊號、(b) 經過特徵值處理之後的 EMG 訊號和(c) 手臂角度

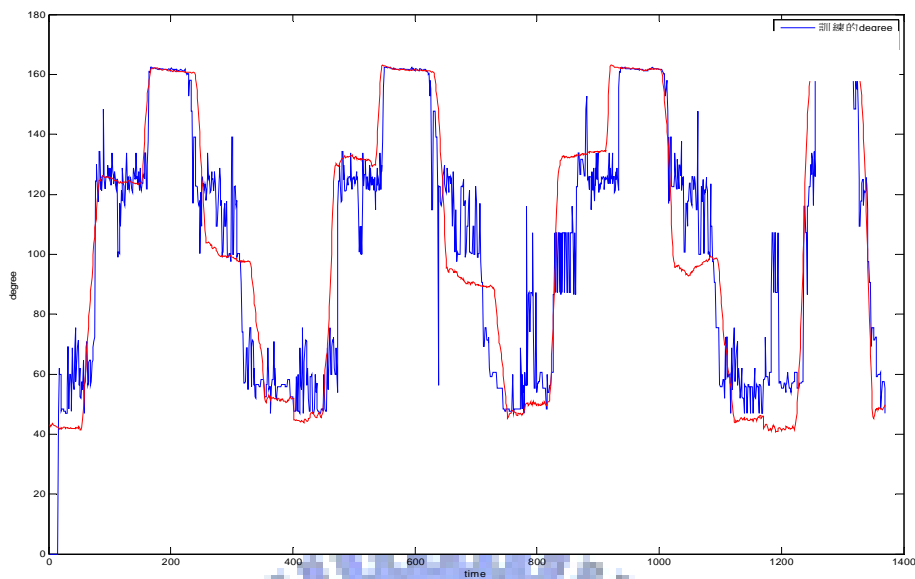


(a) 受測者 A



(b) 受測者 B

圖 4.6 受測者 A、B、C 實際手臂角度與訓練角度之比較(cont.)



(c) 受測者 C

圖 4.6 受測者 A、B、C 經由神經網路訓練角度與實際手臂角度的結果: (a)受測者 A，(b)受測者 B 和(c)受測者 C (紅色線為實際角度 藍色線為訓練結果)

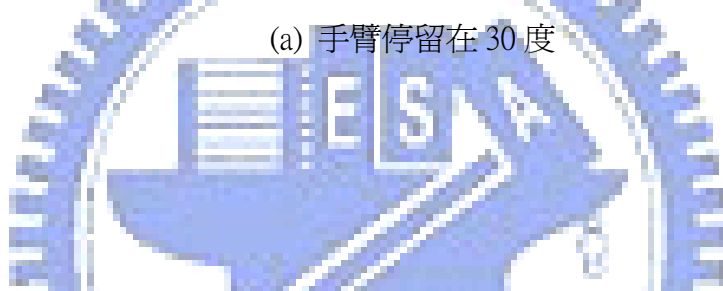
在經過神經網路的訓練之後，我們將實際操作機器手臂，我們要求受測者的臂分別停在 30、90、150 度左右的位置各 10 次(如圖 4.7 所示)，其操作過程中的正確次數如表 4.3 所示，由實驗結果可以發現，在 150 度時由於訊號明顯，因此幾乎不會出錯，但是在 30 與 90 度時，由於有時兩者訊號太相似，因此有時會判斷錯誤，尤其是肌肉不明顯又較為肥胖者錯誤率較高，但整體來說正確率仍在可接受的範圍。

表 4.3 操作機械臂正確率

	30 度	90 度	150 度	正確率
受測者 A	9/10	8/10	10/10	90%
受測者 B	9/10	9/10	10/10	93.33%
受測者 C	7/10	8/10	10/10	83.33%



(a) 手臂停留在 30 度



(b) 手臂停留在 90 度

圖 4.7 控制機械臂停止在不同的角度(cont.)



(c) 手臂停留在 150 度

圖 4.7 控制機械臂停止在不同的角度:30、90、150 度

由上面的實驗過程中，我們驗證了 EMG 可以定位機械手臂，爲了要證明此系統可以幫助手部殘缺者，因此對於這個結果我們設計了一個應用的實驗，量測 EMG 使得機械手臂停在需要的位置並倒水使得杯子裝滿水再倒回至下方的碗裡，如圖 4.8 所示，實驗目的說明如下：在日常生活中手有殘缺的患者，一些看似簡單的工作對他們而言卻是不容易的例如裝水和倒水，但利用量測 EMG 訊號操作定位機械手臂，對於使用者而言不但有直覺且方便的特性，更能輕鬆的達到此目的且不需經過任何人的幫忙。實驗的過程分爲兩個階段：(1)裝水時，將機械手臂移動到指定的位置並停止，之後開始裝水，裝水過程中機械手臂要定在所指示的位置並等待水裝滿杯子，(2)倒水時，將機械手臂往下移動到指定位置使得杯子中的水流進下方的碗中，受測者在實驗過程中都可以輕易的完成這個任務，由這個應用我們可以知道 EMG 訊號雖然有非線性且時變的特性，但透過神經網路的訓練之後就可以有效的做爲控制的訊號並應用在日常生活中。



(a) 未裝水



(b) 裝水中

圖 4.8 控制機械臂停止在不同的角度使其完成倒水任務(cont.)



(c) 將水倒回下方碗中

圖 4.8 控制機械臂停止在不同的角度使其完成倒水任務：裝水以及倒水

