

## 第五章 實驗結果與討論

為了驗證定位系統的控制性能，本實驗主要是採用 Labview 撰寫控制程式，經控制器所計算出的控制量由 AD/DA 卡，送出給驅動器推動其類音圈馬達致動器，然後由感測器讀取位移，再回授至控制器計算下一時間的控制量，在研究中將進行一系列的控制實驗，包括定點、連續步階定位與斜坡軌跡追蹤。在本章節裡會依序對控制實驗的結果進行討論。

### 5.1 實驗設備

#### 5.1.1 定位平台

經由章節 3.5 的概念將平台結構設計完成後，將設計完成之平台工程圖面交由廠商加工，定位平台的重要機構撓曲式機構，在加工過程為維持其平行度，且須保持 0.3mm 寬度及 15mm 深度且誤差不可過大，否則將在往後影響其平台定位精度；平台需具有高彈性系數及高強度等條件，則選用鋁合金 6061 作為運動平台材質，為達成要高精密加工的條件下，故其選用放電加工(Electro Discharge Machining, EDM)的方式加工，加工後如圖 5-1。

其餘零件部分因為平台整體結構無相互配合之設計，所以並不需考慮配合面之製造精度及表面粗糙度(Surface Roughness)，則交由一般機械加工處理，最後整體平台加工費用並不昂貴，符合研究開端之架構簡易造價低廉之條件。組裝結果外觀如圖 5-1 所示，圖 5-2 展示下平台致動裝置三線圈佈置方式。

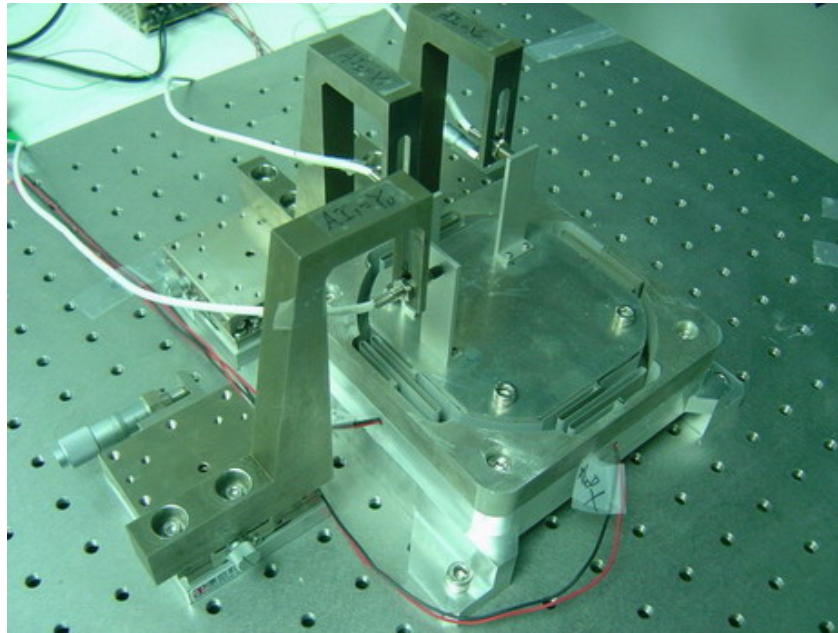


圖 5-1 平台外部組裝圖

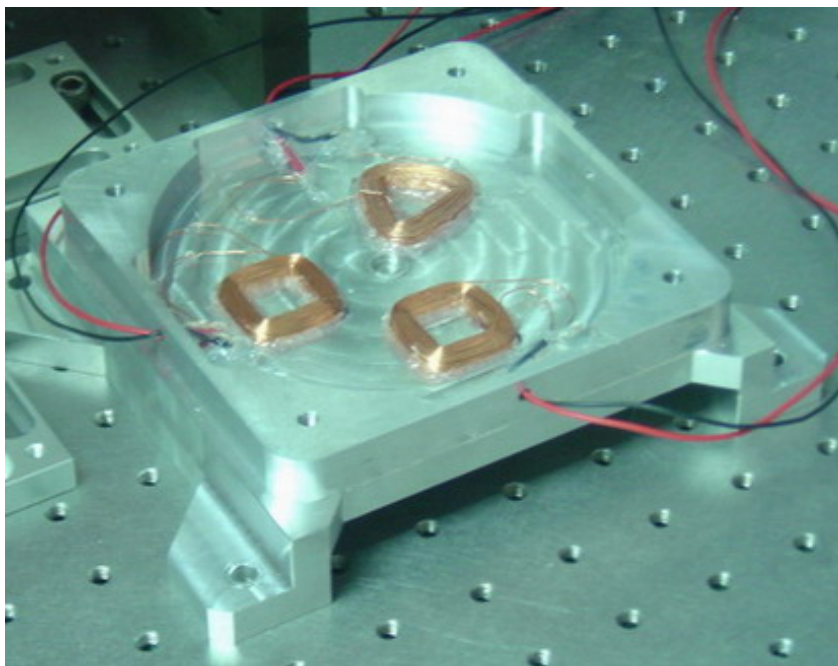


圖 5-2 平台內部組裝圖

### 5.1.2 控制器介面

本實驗主要是利用控制程式，將所計算出的控制量透過 DA 卡送出給驅動器推動其相對應之類音圈馬達致動器，然後由感測器讀取平台位移，再經由 AD 卡回授至控制器計算下一時間的控制量，其電腦與控制系統規格為表 5-1。

表 5-1 電腦與控制系統規格表

CPU	PentiumIV 2.4GHz
RAM	1GMB
Operating System	Windows XP
Language	LabVIEW 7.1
AD/DA card	NI PXI-6289(16 bits)

其中本研究選用之 AD/DA 轉換卡為美商國家儀器 (National Instruments) 之 NI PXI-6289 圖 5-3，此卡為最佳化的高精確度多功能資料擷取卡 (DAQ)，適用於 18 位元解析度的類比輸入通道。此解析度相當於 DC 量測的 5 位半解析度。為確保準確度，本身具有最佳化的 NI-PGIA 2 放大器技術，可得到高線性度、可迅速調整至 18 位元解析度，並具有拒絕高頻雜訊的可程式化低通濾波器，以防止圖形失真。高精確度的介面卡，具有類比輸出通道的可程式化位移和參考記錄，可在任何訊號上獲得最高 16 位元解析度。高準確度的 M 系列多功能 DAQ 資料擷取卡，適用於如裝置測試和特性分析的應用，還有需要精準儀器等級準確度的感測器和訊號量測應用。



圖 5-3 NI PXI-6289 資料截取卡

本研究的控制器程式與軟體架構選用美商國家儀器(National Instruments)公司出品的 LabVIEW7.0(Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench)作為撰寫控制程式的工具。LabVIEW 它是一種圖形化程式語言又可稱之為 G 語言，即它的指令多數是看見圖形便大概知道其用途，也因為如此，它較一般其它的語言容易著手學習。不單單是如此，LabVIEW 還具有強而有力的資料擷取、資料分析與結果呈現。除此之外，LabVIEW 更提供量測後的數學分析與顯示功能，本研究之控制介面及程式可見圖 5-4~圖 5-5。

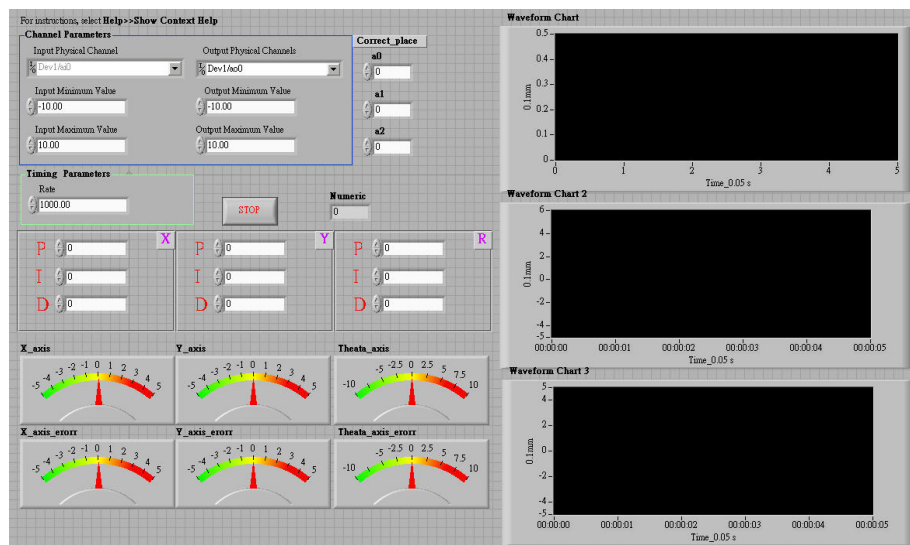


圖 5-4 控制系統介面圖

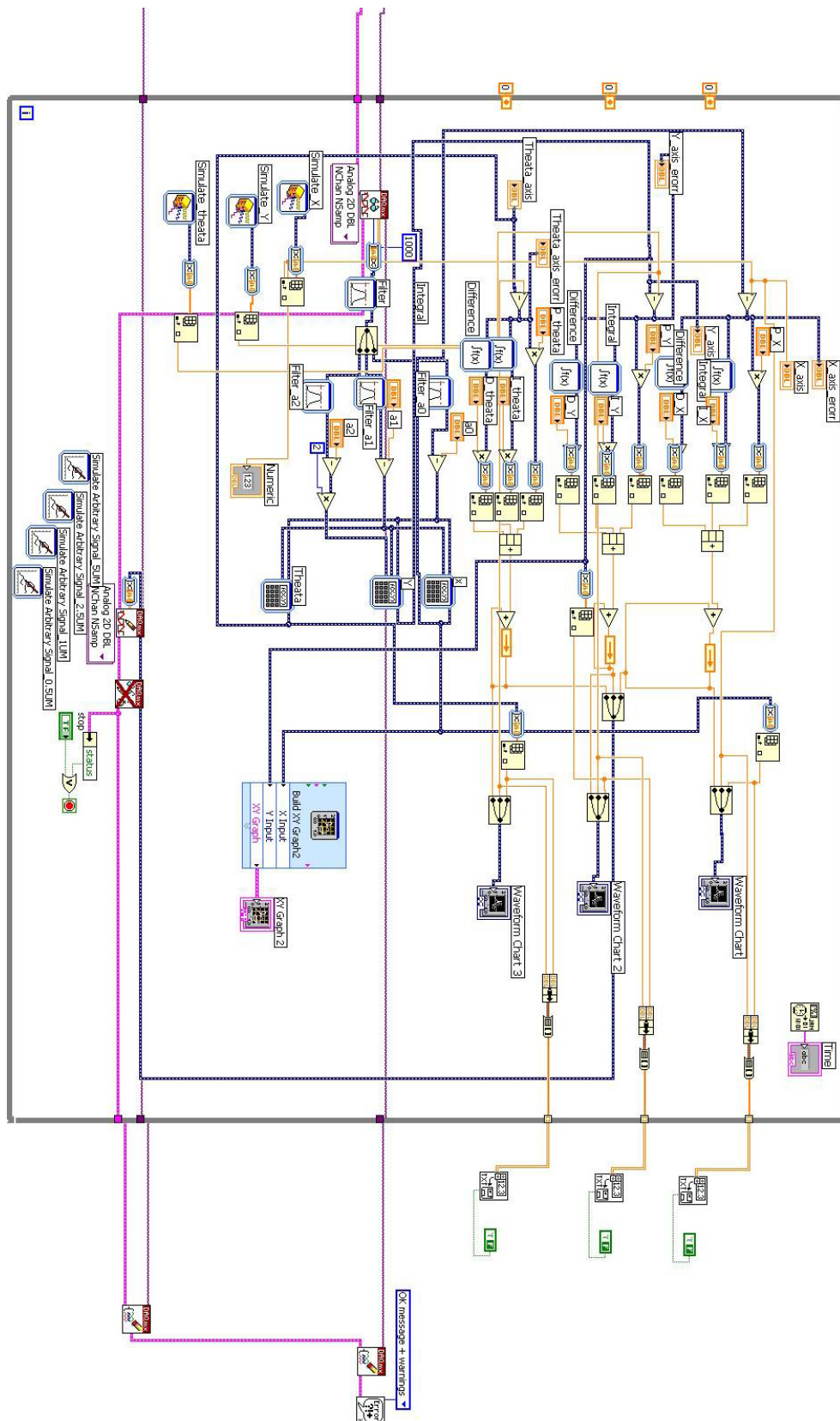


圖 5-5 控制系統程式架構圖

### 5.1.3 渦電流感測器

感測器選用是渦電流式精密位移感測器，作用距離量測感應器，其原理設計在章節 2.4 介紹。感測頭前置端內產生高頻電流從震盪器流入中，線圈就產生一個高頻電磁場，當被測物即感側面的金屬表面靠近該探棒線圈時，在金屬表面產生感應電流。該電流產生一個交變磁場，方向與線圈磁場相反，這兩個磁場相互疊加就改變原線圈的阻抗。所以探頭與被測金屬表面距離的變化可通過探頭線圈阻抗的變化來量測，本研究採用的是 Micro-Epsilon 編號 DT3703-U3-C3 的渦電流感測器詳細規格如表，選用 Micro-Epsilon 渦電流主要是有下列幾項特點與考量：

1. 使用特有溫度補償技術，溫度變化對量測效果無影響，可適用於各種環境溫度。
2. 使用三點法校正感測器，可是先校正各種感測面材料對於感測效果的影響。
3. Micro-Epsilon 渦電流位移感測器，其探頭可依需求做變換，可利於各種量測空間使用。
4. 能抵抗強電磁干擾

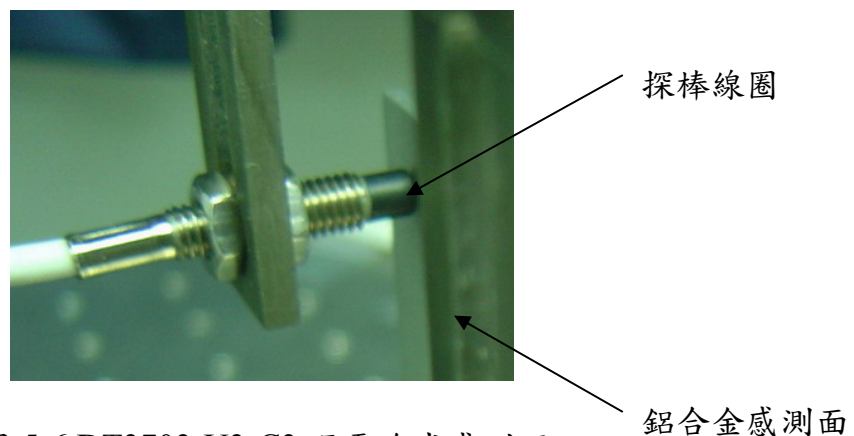


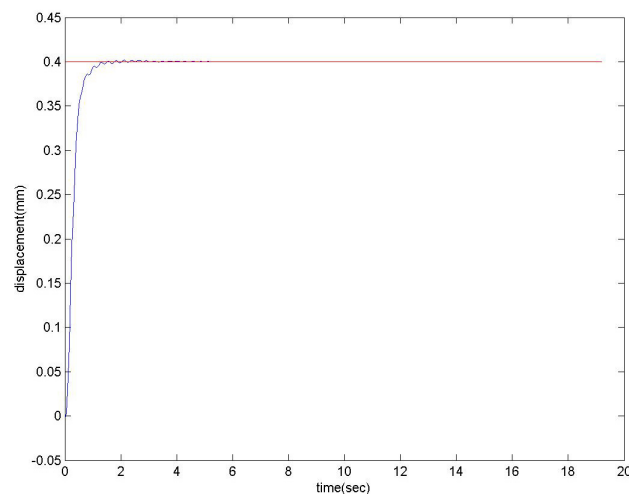
圖 5-6 DT3703-U3-C3 渦電流式感測頭

表 5-2 DT3703-U3-C3 渦電流式感測器規格表

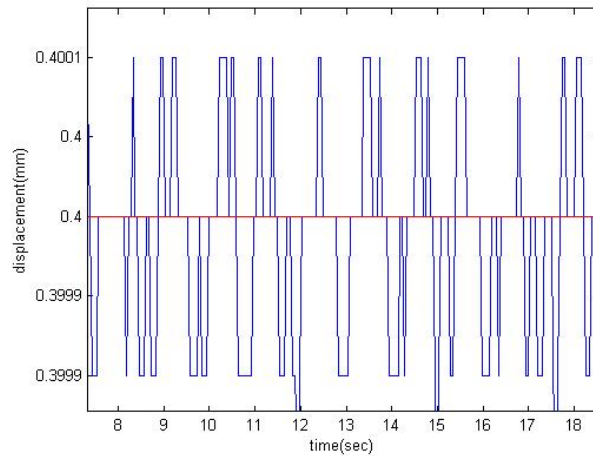
Measuring range MR(mm)	1
Measurement target	Aluminium
Resolution(static)	0.15 nm
Resolution(dynamic)	1.5nm
Frequency response	10kHz

## 5.2 定點控制

所謂的定點控制是指定位系統被鎖定在一固定位置上，目標命令為一固定值，距離並不隨時間變化。此控制實驗的目的，是為了系統的定位與追蹤作準備，若所設計的 PID 回饋控制器不能在定點控制時，有良好的輸出響應性能，則定位與追蹤控制亦不可能得到好的結果。此次定點控制的目標，是期望能將定位系統穩定地維持在原點的位置，圖 5-7 (a)~(b)為 X 軸做一 0.4(mm)位移量之定點控制實驗的結果，圖 5-8(a)~(b)為 X 軸做一 0.4(mm)位移量控制時 Y 軸與  $\theta$  軸的變化情形。

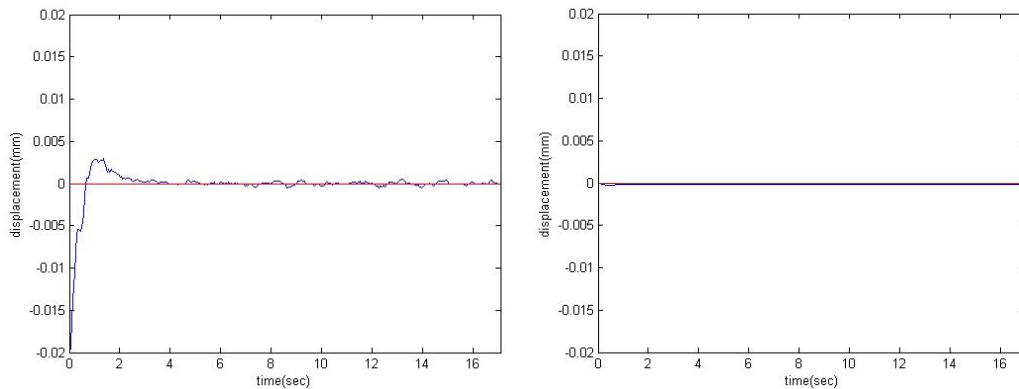


(a) X 軸+0.4mm 步階運動



(b) 局部放大圖

圖 5-7 定點控制實驗結果



(a) Y 軸

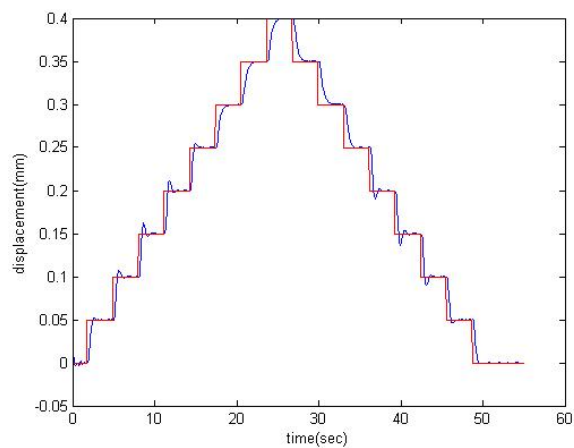
(b)  $\theta$  軸

圖 5-8 定點控制實驗結果

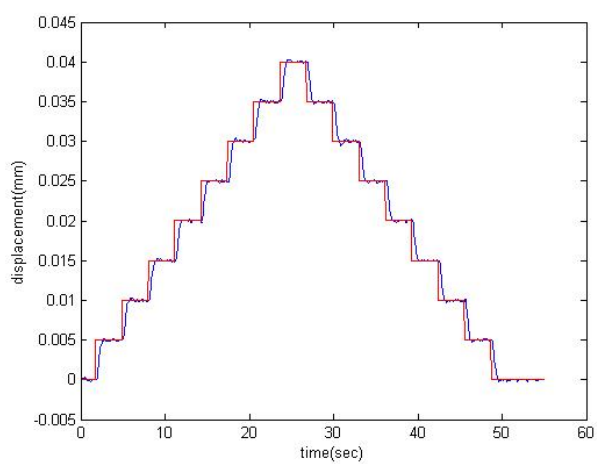
### 5.3 連續步階定位控制

在連續步階定位控制實驗裡設計了三組步階命令，每一組的步階高度分別為 0.5mm、5 $\mu$ m、2.5 $\mu$ m 八個大小相等的上升步階後，緊接著連續下降八個大小相等的步階。這項實驗的目的，就是要測試定位系統從某一靜止位置運動到另一靜止位置的能力，而定位性能的指標，至到達定位目標為止所需要的時間，是另一項重要的觀察指標，若安定時間愈短，則表示定位系統的暫態響應能力愈佳，實驗結果展現於圖 5-9。

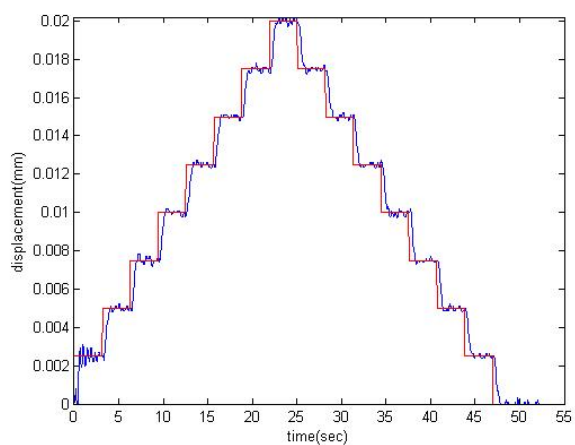




(a) 0.5mm 上升步階定位過程總觀



(b) 5um 上升步階定位過程總觀

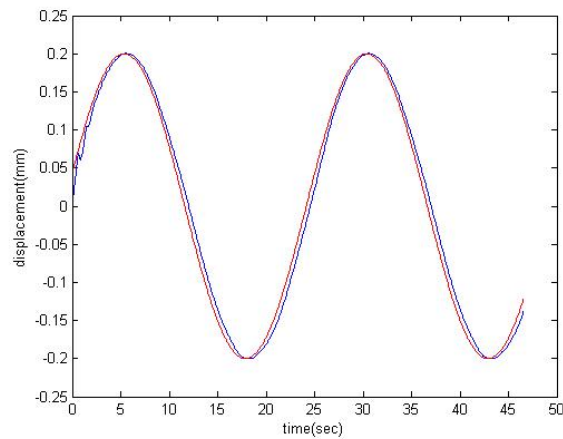


(c) 2.5um 上升步階定位過程總觀

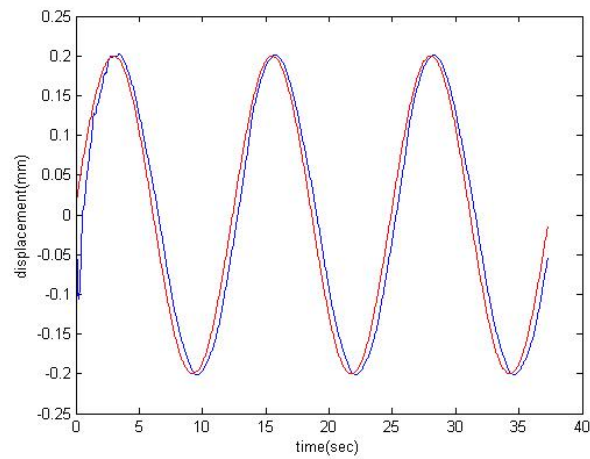
圖 5-9 連續步階實驗結果

## 5.4 正弦波運動控制

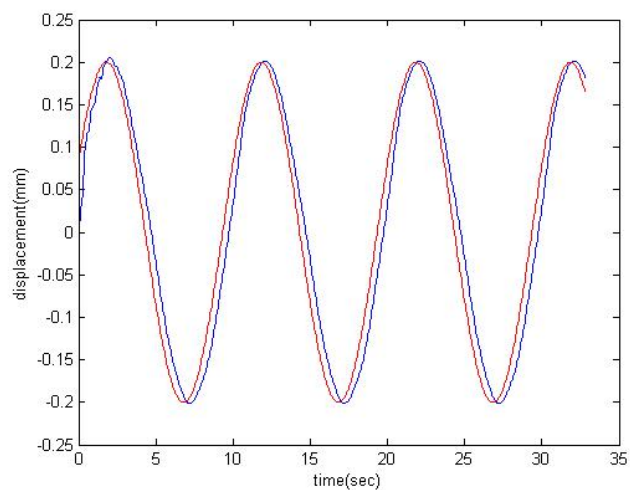
正弦波運動控制實驗為測試平台追蹤性能及平台運動平順度，實驗條件為皆振幅 0.2mm，改變其運動頻率由低至高選用 0.04Hz、0.08Hz、0.1Hz，實驗結果展現於圖 5-10~圖 5-11。



(a) 0.04Hz

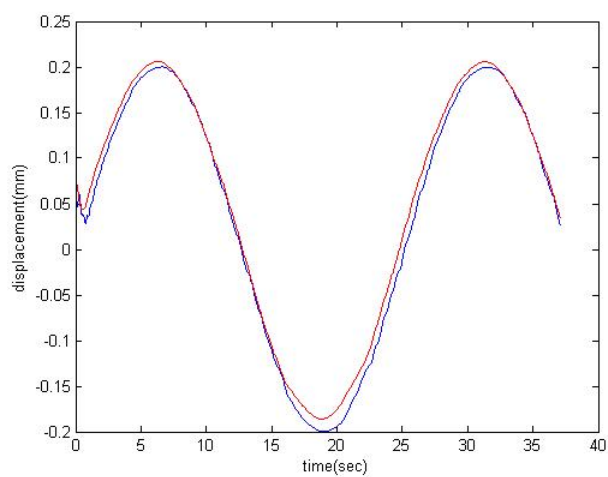


(b) 0.08Hz

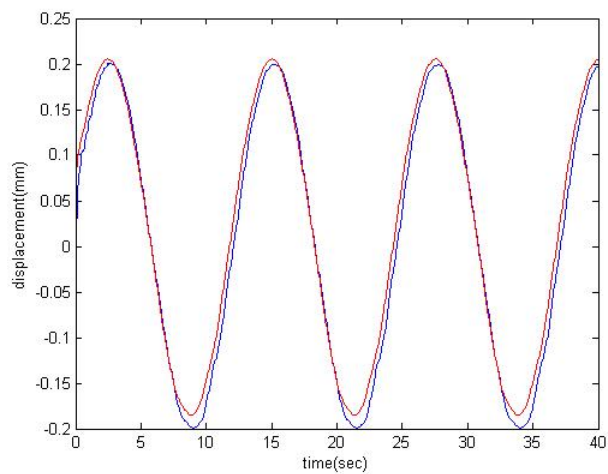


(c) 0.1Hz

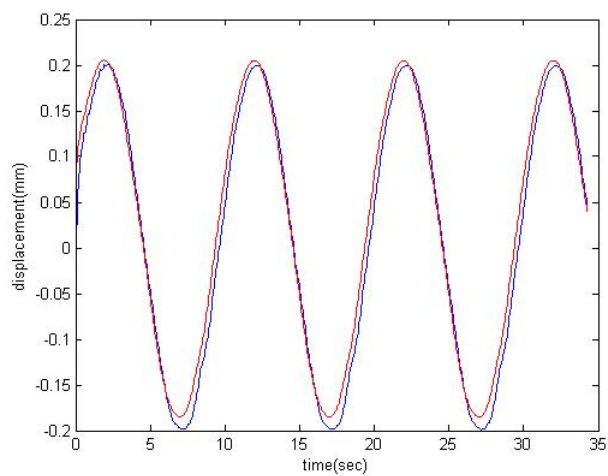
圖 5-10 X 軸正弦波實驗結果



(a) 0.04Hz



(b) 0.08Hz



(c) 0.1Hz

圖 5-11 Y 軸正弦波實驗結果

## 5.5 圓形運動控制

圓形運動控制實驗為測試平台雙軸同動性能，以 0.3mm 為半徑做圓形運動，實驗結果展現於圖 5-12。

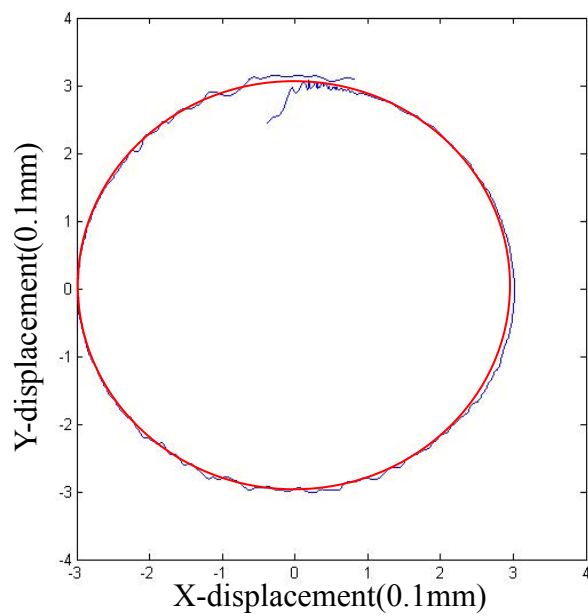


圖 5-12 圓形運動控制