

智能化3D視覺輔助工具機之 工件座標定位系統開發

Development of Intelligent System with Workpiece
Alignment of CNC Machining by 3D vision

隊伍名稱：Janny貴

隊員姓名：許嘉洧、林晉豪、邱昱翔、吳俊賢

109/07/08

指導單位

主辦單位

承辦單位

協辦單位

Outline

■ 1. 介紹

- 研究動機與目的
- 研究架構

■ 2. 實驗方法

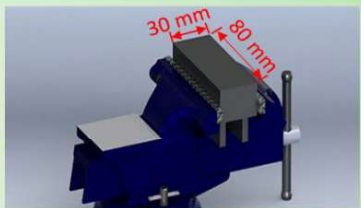
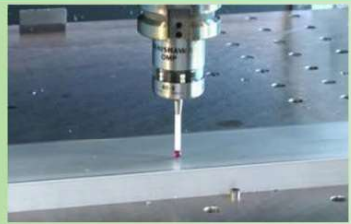
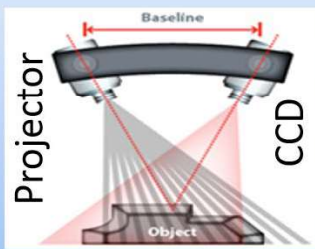
- 硬體架設
- 結構光掃描
- 點雲資料處理
- NC API函式指令
- 工件座標定位系統流程

■ 3. 結論

- 影片Demo
- 實驗結果
- 結論與未來展望
- Q&A

研究動機與目的

- ◆ 隨著工業4.0快速發展，**無人化產線**已成當前趨勢，雖目前已有廠商開發出自動化定位設備(如：Renishaw OMP Series)，但還是需**人員**事先進行設定**工件大致尺寸範圍**，僅能達到半自動化定位。
- ◆ 本團隊主要透過**微型化3D掃描模組**建立工件三維模型，藉由點雲處理得知工件**G54基準點**，透過**NCAPI匯入控制器**搭配巨集程式達到**全自動無人化**的工件**基準點校正**。

半自動量測工件座標系統(Semi-automatic measurement system)			
現況	 操作人員須事先量測工件大致尺寸	 人工將大致尺寸輸入控制器	 透過Macro程式尋邊取得工件座標
智能化3D視覺輔助工具機之工件座標定位系統開發			
創作構想	 3D視覺掃描	 智能化辨識任意形狀工件點雲模型(座標)	 自動上傳工件座標至控制器

研究動機與目的

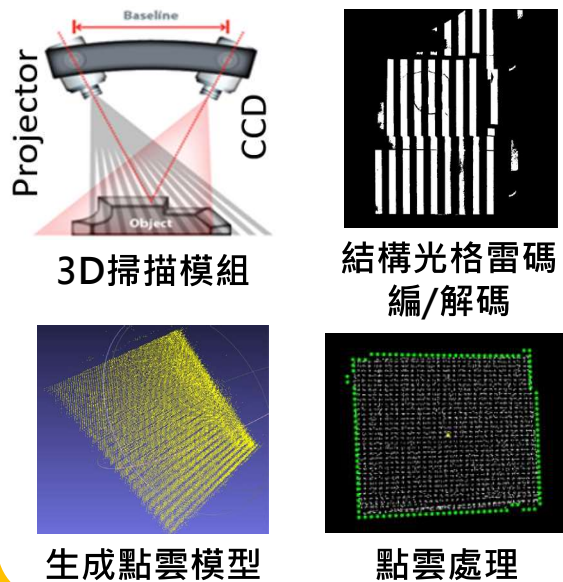
- ◆一般市售之工業型3D掃描設備較為昂貴(FANUC 3D VISION SENSOR 約100萬)，為降低設備成本，本團隊將自行開發之3D掃描設備依照使用者當前需求與成本考量分成如下圖三種規格。
- ◆本系統軟硬體已達到微型化與模組化，每種規格皆可達到掃描G54定位之目的，差別僅在於處理速度與建模精度，成本越高處理速度與精度上越佳。

經濟型		標準型		豪華型	
 微型化3D處理模組		 一般PC		 工業電腦	
 Webcam		 工業相機		 工業相機	
 微型投影機(低階)		 微型投影機(中階)		 微型投影機(高階)	
開道器	6000 NTD	一般PC	10000 NTD	工業電腦	27000 NTD
Webcam	1000 NTD	工業相機	約20000 NTD	工業相機	約20000 NTD
低階投影機	3000 NTD	中階投影機	13000 NTD	高階投影機	24000 NTD
成本	10000 NTD	成本	43000 NTD	成本	71000 NTD

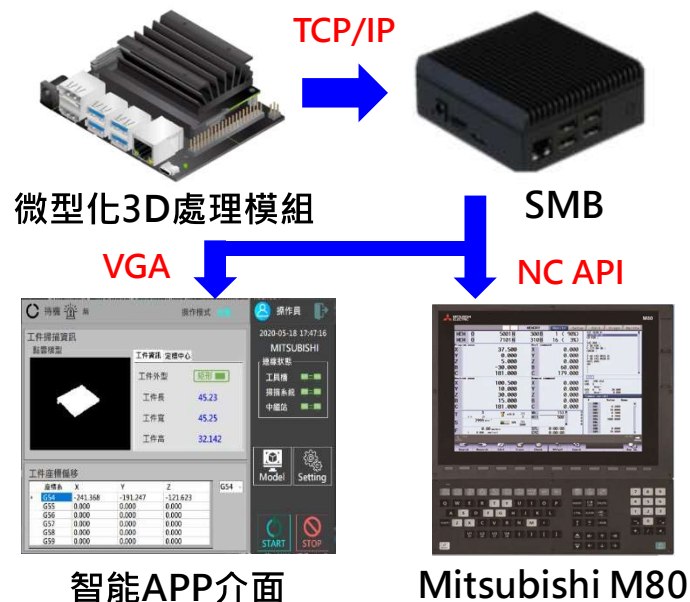
研究架構

- ◆ 本系統主要以**格雷編碼結構光技術**，針對工件進行**表面三維外型重建**，用以取得工件尺寸，藉由點雲處理得知工件加工**基準點**。
- ◆ 透過NC API開發與控制器連線之APP監控介面，可提供操作者即時監看控制器以及系統執行狀態。
- ◆ 雲端監控網頁則是透過**MQTT**訂閱與發佈得知機台的狀態資訊。

微投影3D掃描建模 架構與立體演算建置



智能APP整合工具機 控制器之溝通與座標定位



雲端監控系統與 大數據資料庫整合



Outline

■ 1. 介紹

- 研究動機與目的
- 研究架構

■ 2. 實驗方法

- 硬體架設
- 結構光掃描
- 點雲資料處理
- NC API函式指令
- 工件座標定位系統流程

■ 3. 結論

- 影片Demo
- 實驗結果
- 結論與未來展望
- Q&A

硬體設備

- ◆ 本系統硬體設備主要為SMB、Optoma ML330 微型投影機、Logitech C615相機、NVIDIA jetson Nano 微型化3D處理模組並將整體硬體整合至3軸CNC銑床(Mitsubishi M70控制器)。



3軸CNC銑床(Mitsubishi M70控制器)



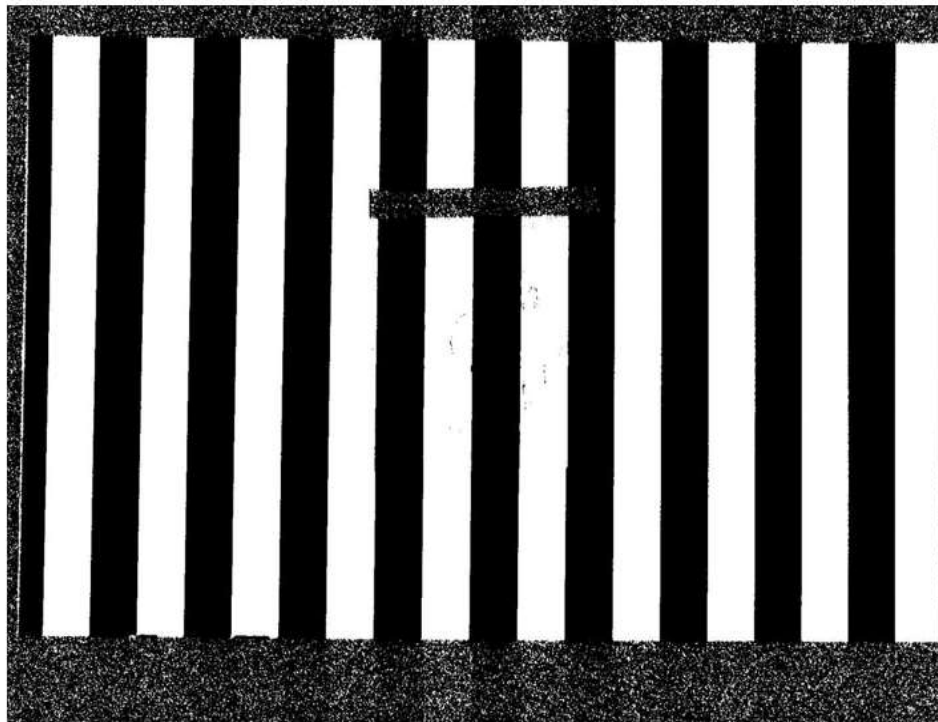
Camera & Projector



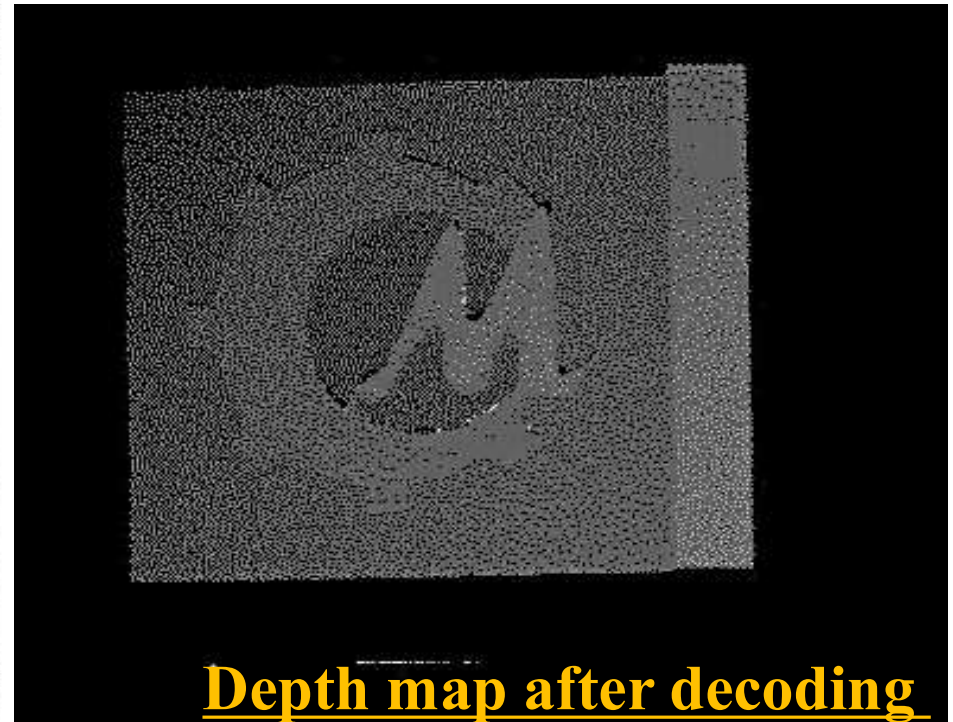
微型化3D處理模組

結構光掃描-深度訊息圖重建

- ◆ 透過解碼所取得的直/橫紋解碼圖進行匹配，求得工件實際空間深度資訊。
- ◆ 工件深度圖搭配線-面交點(Line-Plane Intersection)三角量測原理，將深度資訊重建成三維的點雲座標，進而取得工件實際三維模型。



結構光編碼



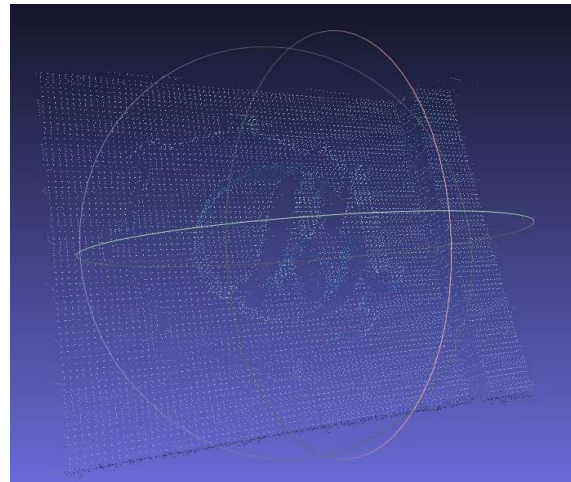
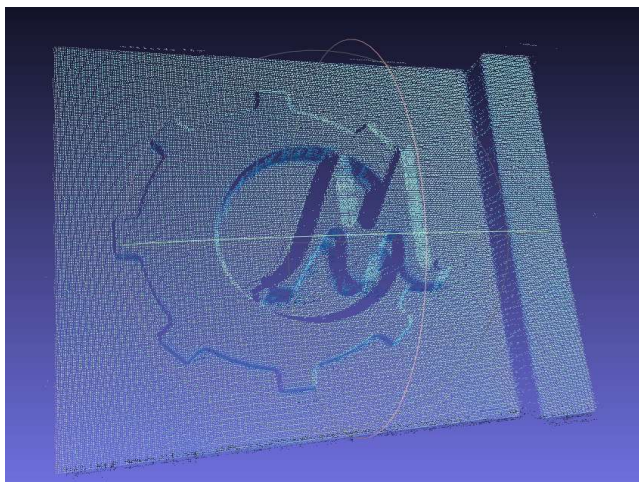
Depth map after decoding

透過解碼值獲得深度圖

點雲資料處理-網格體素濾波器

- ◆ 由於重建出的點雲資料數量龐大，導致系統運算時間冗長，故利用**網格體素濾波器(Voxel Grid Filter)**進行**點雲資料稀疏化**，減少非必要之點雲數據並保留足夠的外型特徵資訊。
- ◆ 在點雲群集中建構一個**三維網格(voxel grid)**，並重新計算群集空間中的所有點，並取得該群集中的近似點，在該群集空間中所有點便會以**一個形心**進行表示。

Before:
134756 points

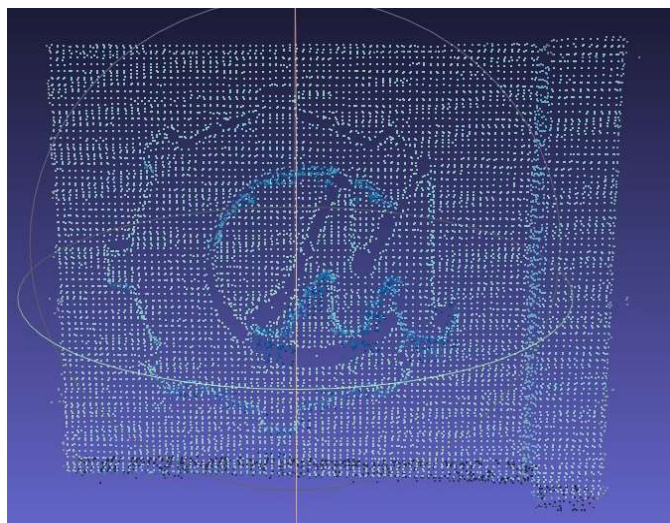


After
12184 points

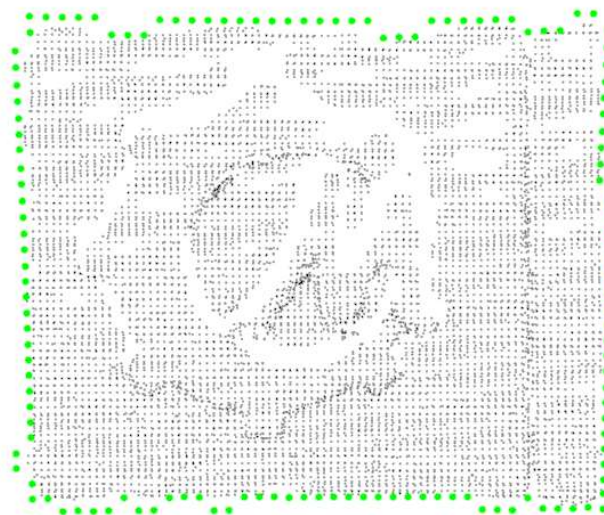
點雲資料處理-邊緣偵測

- ◆ 邊緣偵測以距離成像圖(Range Image)進行近似邊緣計算
- ◆ 透過Euclidean distance計算點雲叢集中各點之間的距離
- ◆ 以模型中心作為基點，往四個方向找出各區域內的中心點位置
- ◆ 計算各區域中心到模型中心距離
- ◆ 求得實際邊界分數 ※分數最大的位置即為模型邊界

Original
model



Edge
detection



NC API函式指令

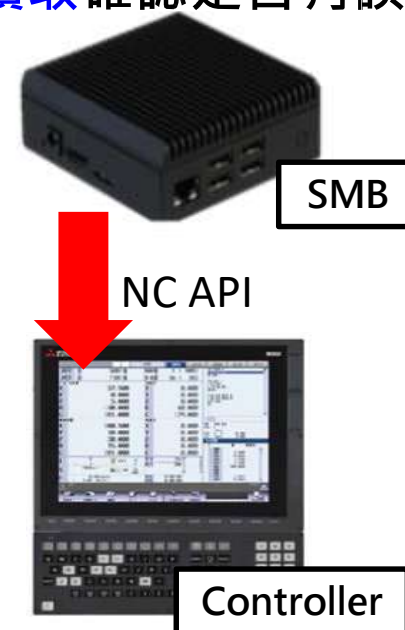
- ◆ 將3D掃描所計算出的工件基準點，透過NC API函式中的G54偏移坐標程式寫入控制器中。

Coordinate system offset (Workpiece coordinate)

Symbol(Sub-section)	Item	Section No.	Sub-Section No.
M_SSEC_WOFS_G54	G54 workpiece Coordinate system offset	8	54

- ◆ 從函式中取得大區分(Section No.)與小區分(Sub-Section No.)，透過melSetData寫入G54工件基準點，並使用melGetData讀取確認是否有誤。

用途	函數名稱
讀取NC相關資料	melGetData
寫入NC相關資料	melSetData
高速取得暫存器資料	melRegisterGetModal
取得異警資訊	melGetCurrentAlarmMsgE



智慧APP介面介紹

- ◆ 下圖為智能化3D視覺輔助工具機工件座標定位系統APP介面。
- ◆ 監控3D點雲掃描模型與工件外型資訊與加工座標。

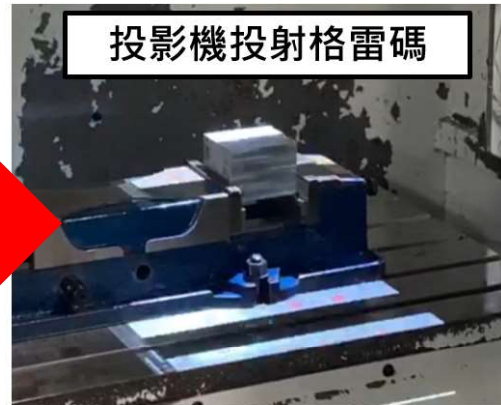


▲ 智能化3D視覺輔助工具機工件座標定位系統介面

工件座標定位系統流程



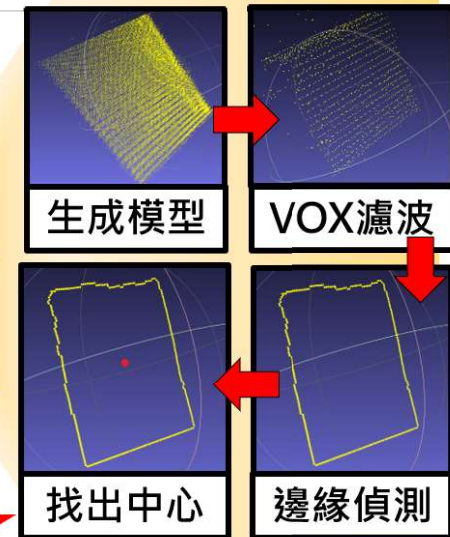
掃描模組鎖固於機台板金上



床台移動於拍攝點



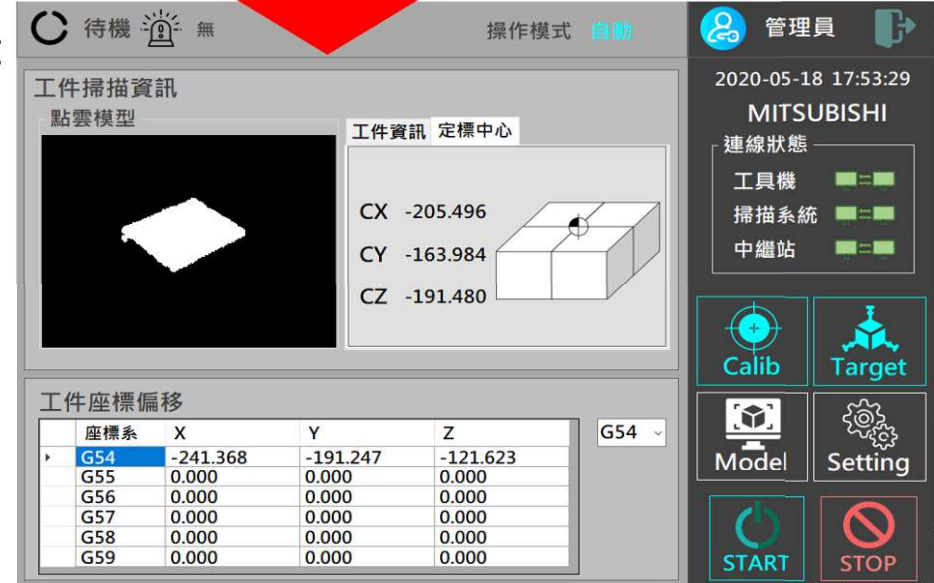
中心座標
透過TCP/IP
上傳至APP介面



控制器執行G54達到自動基準點定位之功能

智能化APP介面資訊:

- ✓ 點雲模型影像
- ✓ 影像中心之座標
- ✓ 工件長寬高尺寸
- ✓ 工件基準點座標
- ✓ 系統連線狀態
- ✓ 工具機狀態資訊
- ✓ 工具機操作模式



智能化3D視覺輔助工具機之工件座標定位系統主畫面

智能化3D視覺輔助工具機之工件座標定位系統開發

Outline

■ 1. 介紹

- 研究動機與目的
- 研究架構

■ 2. 實驗方法

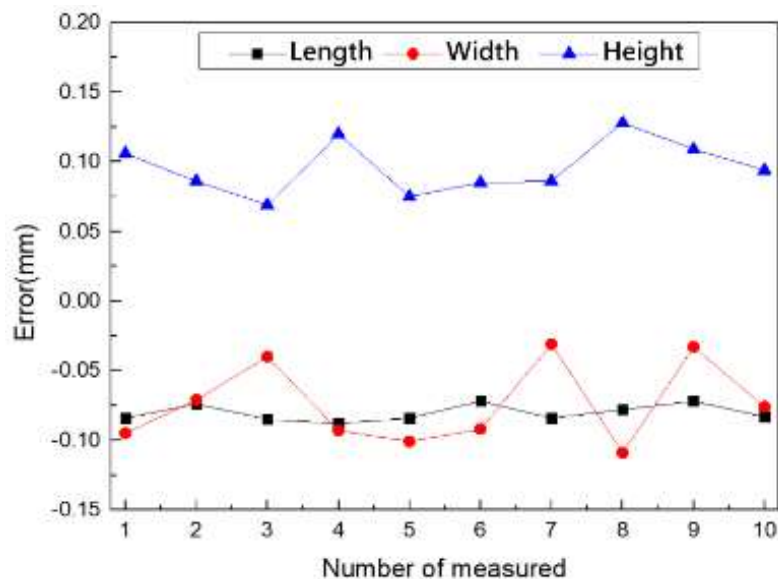
- 硬體架設
- 結構光掃描
- 點雲資料處理
- NC API函式指令
- 工件座標定位系統流程

■ 3. 結論

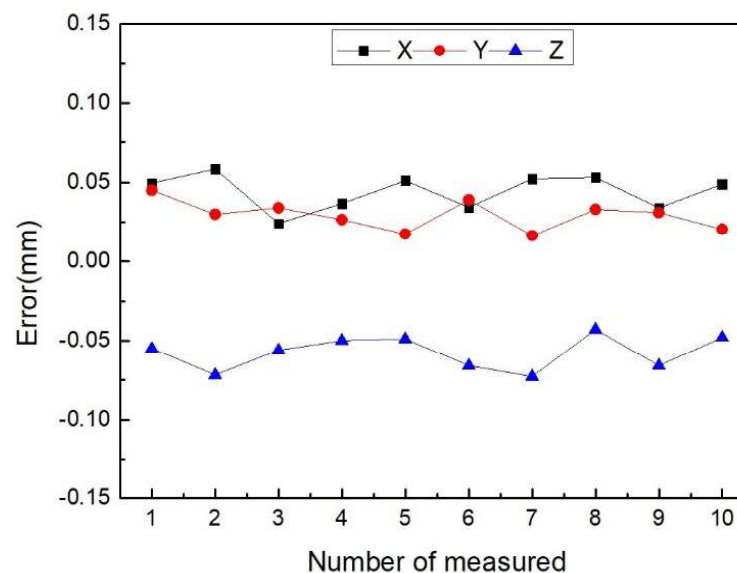
- 影片Demo
- 實驗結果
- 結論與未來展望
- Q&A

實驗結果

- ◆ 對工件進行10次建模實驗，對重建出的10個點雲模型與實際工件尺寸進行誤差的量測，可看出3D掃描重建出之模型長寬高誤差皆在 $\pm 0.1\text{mm}$ 以內。
- ◆ 透過3D掃描重建出之模型進行中心點定位，由於經過座標轉換處理，故定位誤差會略小於尺寸誤差，整體定位誤差在 $\pm 0.05\text{mm}$ 以內。
- ◆ 本系統整體建模與定位的運行時間約為20秒，與以往傳統人工定位動輒耗時3分鐘相比節省許多時間。



建模尺寸誤差



模型定位誤差

結論

- ◆ 本團隊開發一套**全自動工件基準點校正系統**，系統主要以三維影像輔助工具機達到自動定位之目的。
- ◆ 藉由結構光掃描所建立出之工件外型尺寸誤差為 **$\pm 0.1\text{mm}$** ，定位誤差在 **$\pm 0.05\text{mm}$** 以內
- ◆ 本系統軟硬體已達到微型化與模組化，因此**可降低系統建置成本**約為NTD 15000/set。
- ◆ 本系統同時開發了**即時監控APP介面**，提供使用者即時取得工具機與掃描系統的狀態。
- ◆ 本系統達成了實際的**全自動工件程式原點校正**，無須人員進行操作即可達成自動工件定位。

Thanks for Listening

Q & A