

CNC線上精度監控量測系統之研發

學校：國立高雄科技大學機械工程系

隊伍名稱：鐵定一級棒

隊員姓名：武相文

簡奕昕

李俊憲

指導老師：陳茂盛

目錄

- 研究動機
- 設計概念
- 系統架構
- 使用情境說明
- 結論
- 未來展望

- 傳統機台精度量測方法

- 透過雷射干涉儀進行機台誤差的量測
 - 架設耗時
 - 量測週期長
 - 功能單一

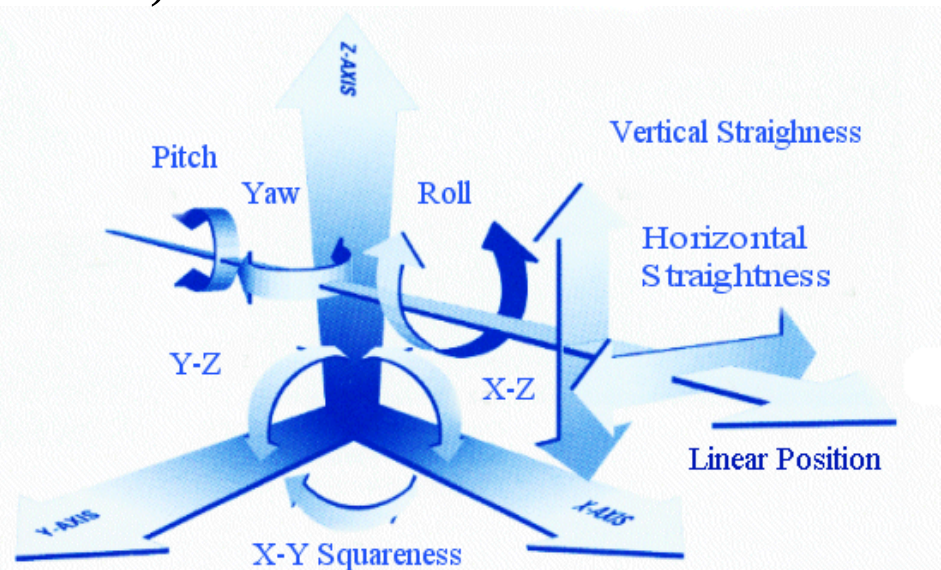
- CNC線上精度監控量測系統

- 透過感測器資訊盒量測機台誤差
 - 全時安裝於機台
 - 量測週期短
 - 系統功能
 - 量測軸向六個自由度誤差
 - 定位誤差
 - 直線度誤差
 - 角度誤差
 - 振動分析

設計概念

● 幾何誤差

- CNC單軸向具有以下六項幾何誤差
 - 直線定位誤差(Position error)
 - 垂直方向直線度誤差(Vertical straightness error)
 - 水平方向直線度誤差(Horizontal straightness error)
 - 俯仰角度誤差(Pitch angle error)
 - 偏擺角度誤差(Yaw angle error)
 - 滾轉角度誤差(Roll angle error)



設計概念

● 量測方法

- 使用感測器資訊盒，內含三軸加速規及三軸陀螺儀感測器監測各軸的六個自由度。
- 擷取機台軸向的資訊，進行單軸向六個自由度幾何誤差。

設計概念

● 相關技術應用文獻

- Gregory W. Vogl和Matthew Calamari等人
- 依據ISO 10791-2(International Organization for Standardization, 2001)工具機允許直線度誤差 $20\mu\text{m}$ 、角度誤差 $60\mu\text{rad}$ 。
- 量測設備以檢測不確定率(Test Uncertainty Ratio, TUR)作為量測設備的指標。
- 通常量測設備的檢測不確定率至少4:1
- 做為工具機量測設備量測
 - 直線度誤差最大為 $5\mu\text{m}$
 - 角度誤差最大為 $15\mu\text{rad}$
- 使用慣性量測單元(Inertial measurement unit, IMU)作為量測設備，能夠量測到定位誤差 $11\mu\text{m}$ 、水平直線度誤差 $2.3\mu\text{m}$ 和角度誤差 $13\mu\text{rad}$ ，根據檢測不確定率4:1要求，慣性量測單元是能夠滿足量測工具機誤差的要求。

系統架構

三菱控制器



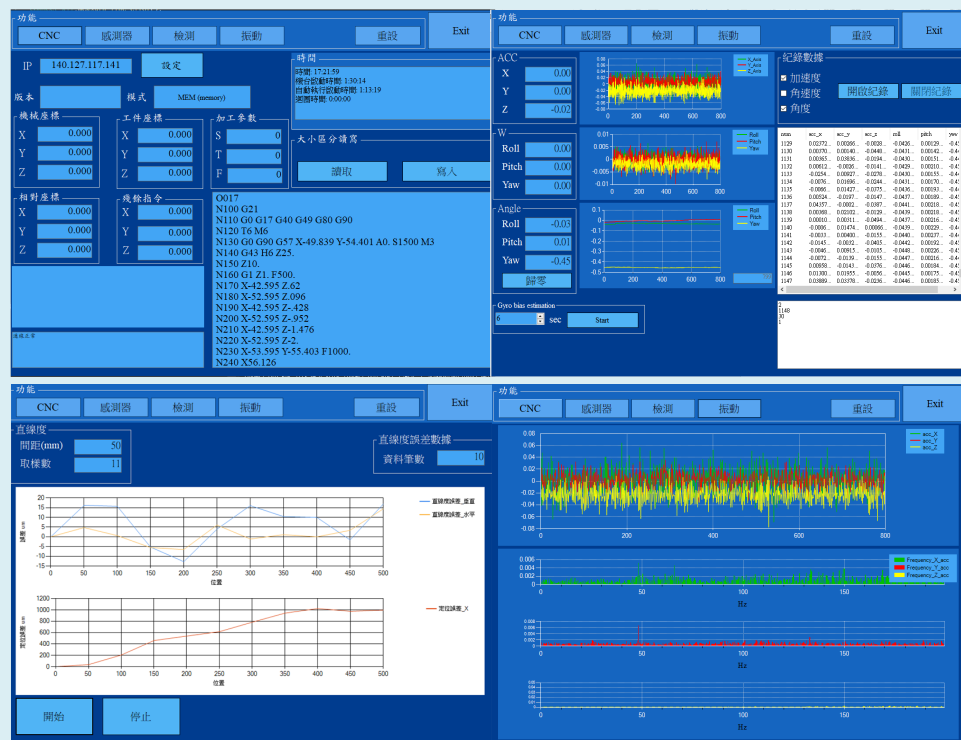
機台目前狀態

慣性量測單元(IMU)



加速度
角速度
角位移

CNC線上精度監控量測系統



系統架構

● CNC線上精度監控量測系統

- 感測器資訊盒包括:
 - 三軸加速規
 - 三軸陀螺儀
- 感測器資訊盒量測資料擷取
- CNC控制器連線
 - 讀取CNC狀態
- 檢測
 - 直線度誤差
 - 定位誤差
 - 角度誤差
- 振動計算
 - 振動頻率分析

使用情境說明

- CNC線上精度監控量測系統實際量測說明
 - 感測器資訊盒安裝於床台，並與系統連接
 - 與三菱控制器連線



使用情境說明

- 操作的主畫面如同一般CNC控制器顯示機台的基本資訊

- ① 模式
- ② 時間
- ③ 機械座標
- ④ 相對座標
- ⑤ 殘餘座標
- ⑥ 加工參數
- ⑦ 異警
- ⑧ NC程式碼

The screenshot shows a CNC control interface with the following elements:

- Top Bar:** 功能 (Function) menu with buttons for CNC, 感測器 (Sensors), 檢測 (Detection), 振動 (Vibration), 重設 (Reset), and Exit.
- IP Address:** 140.127.117.141 with a 設定 (Settings) button.
- Mode:** 模式 (Mode) set to MEM (memory).
- Time:** 時間 (Time) section showing: 時間: 17:21:59, 機台啟動時間: 1:30:14, 自動執行啟動時間: 1:13:19, 迴圈時間: 0:00:00.
- Coordinates:**
 - 機械座標 (Mechanical Coordinates):** X 0.000, Y 0.000, Z 0.000.
 - 工件座標 (Workpiece Coordinates):** X 0.000, Y 0.000, Z 0.000.
 - 相對座標 (Relative Coordinates):** X 0.000, Y 0.000, Z 0.000.
 - 殘餘指令 (Residual Instructions):** X 0.000, Y 0.000, Z 0.000.
- Processing Parameters:** 加工參數 (Processing Parameters) section with S, T, and F values.
- Read/Write:** 大小區分讀寫 (Size/Unit Read/Write) section with 讀取 (Read) and 寫入 (Write) buttons.
- NC Program:** A large text area displaying the NC program code, starting with O017 and ending with N240 X56.126.
- Status:** 連線正常 (Connection Normal) indicator at the bottom left.

使用情境說明

感測器模式中

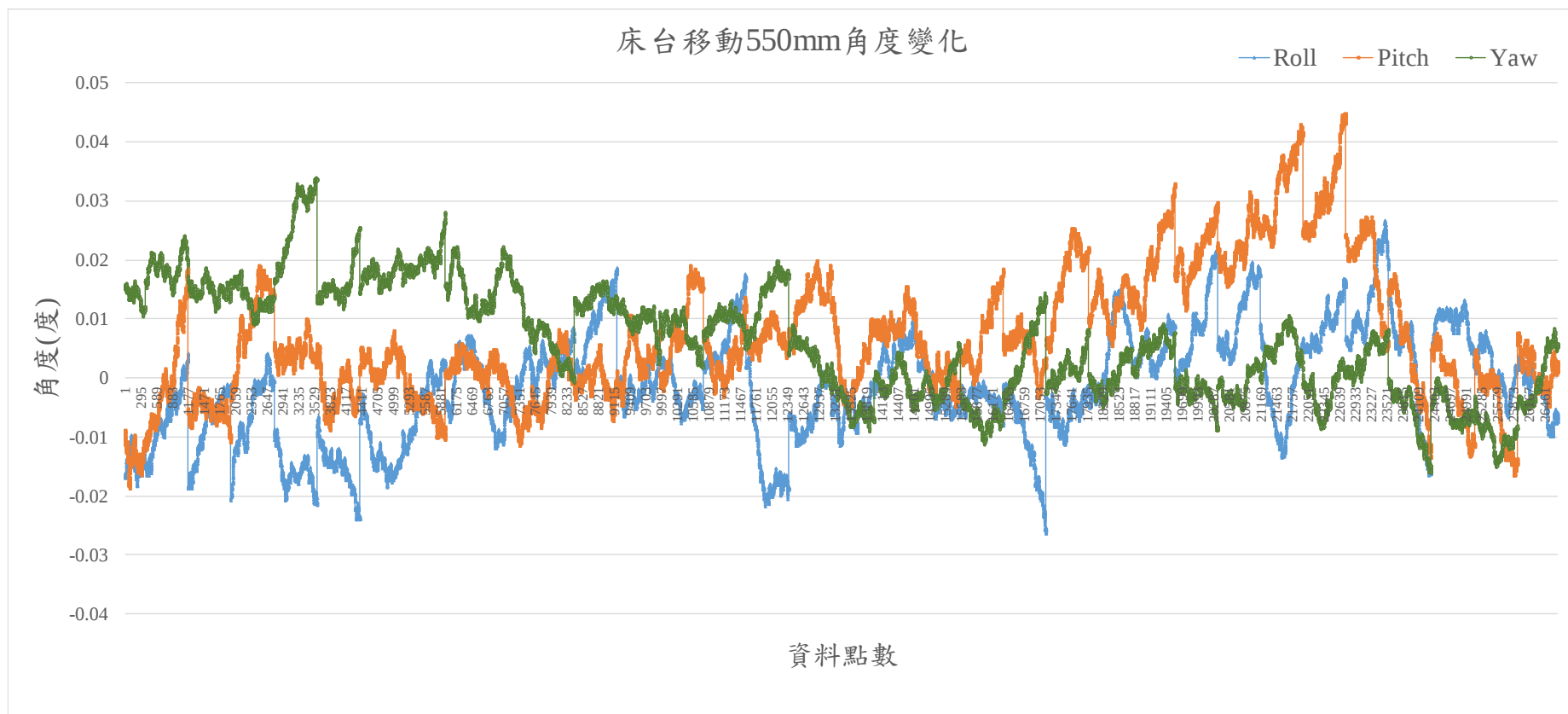
- ① 加速度
- ② 角速度
- ③ 角度等數據
- ④ 圖表顯示變化趨勢
- ⑤ 記錄數據，提供使用者進行數據分析



使用情境說明

● 角度誤差分析

➤ 記錄軸向移動時，紀錄角度誤差變化，進行機台角度誤差分析。



使用情境說明

● 角度誤差分析結果

➤ CNC線上精度監控量測系統，角度誤差量測結果，如表一所示。

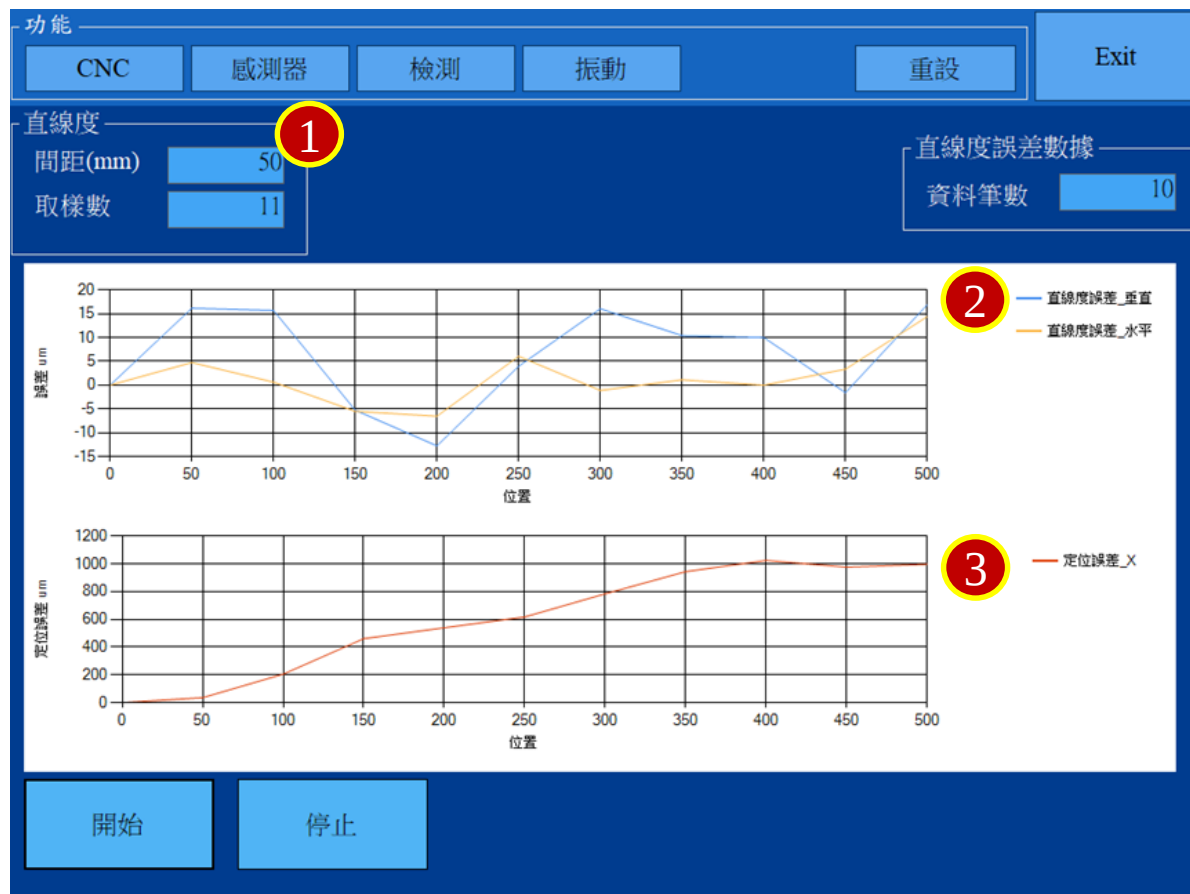
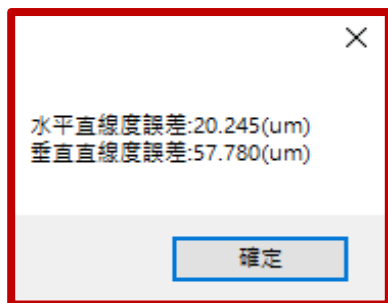
表一 機台角度誤差量測結果

單位 \ 角度	Roll	Pitch	Yaw
Max(度)	0.0265	0.0447	0.0337
Min(度)	-0.0265	-0.0167	-0.0163
角度誤差(度)	0.0530	0.0614	0.0500
角度誤差(分)	3.1788	3.6844	3.0015
角度誤差(秒)	190.7296	221.0656	180.0890

使用情境說明

● IMU數據分析之人機介面

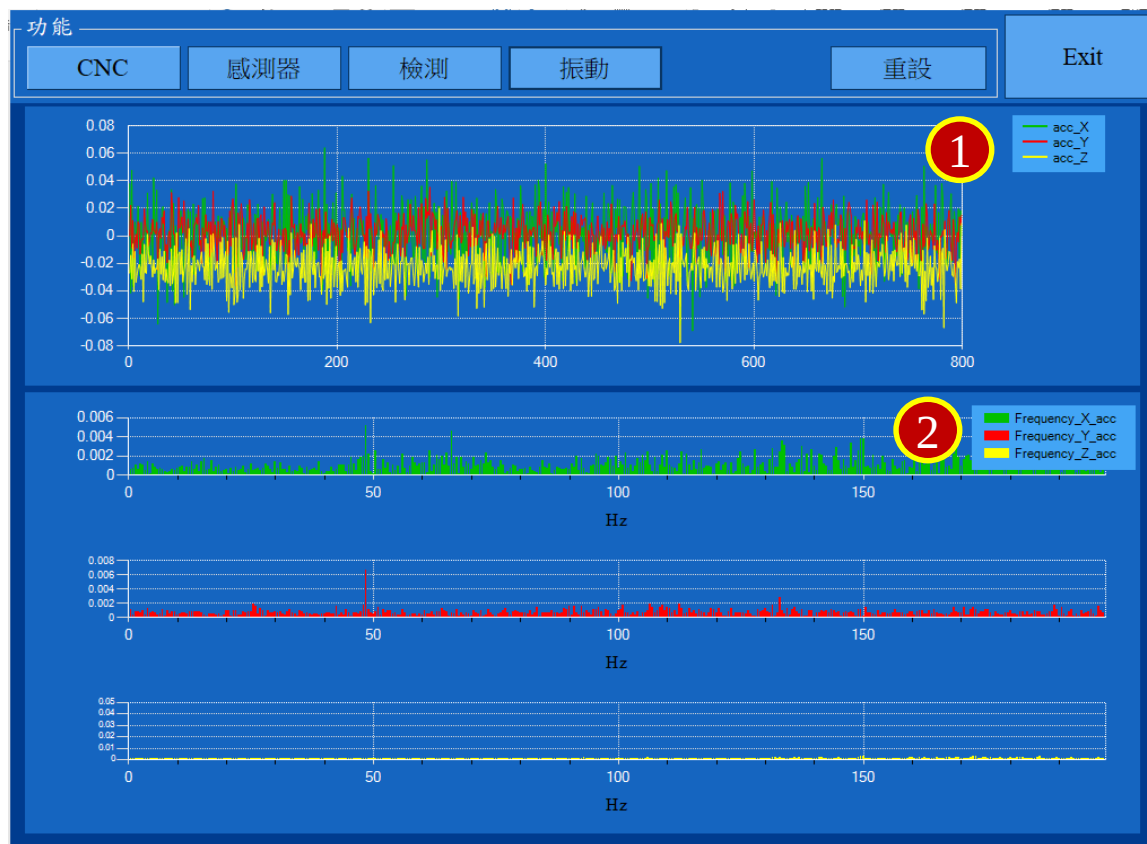
- ① 直線度誤差量測參數
- ② 直線度誤差分析結果
- ③ 定位誤差分析結果



使用情境說明

● 振動訊號顯示包括:

- ① 三軸向加速度
- ② 三軸向頻域分佈圖



結論

- CNC線上精度監控量測系統，整合三菱控制器連線與感測器資訊盒
 - 抓取機台軸向資料
 - 加速度
 - 角速度
 - 角位移
 - 利用軸向資料計算
 - 機台單軸向的六個幾何誤差
 - 直線定位誤差(Position error)
 - 垂直方向直線度誤差(Vertical straightness error)
 - 水平方向直線度誤差(Horizontal straightness error)
 - 俯仰角度誤差(Pitch angle error)
 - 偏擺角度誤差(Yaw angle error)
 - 滾轉角度誤差(Roll angle error)
 - 機台振動量測

未來展望

● CNC線上精度監控量測系統量測準確度改善

- 針對感測器資訊盒的數據進行濾波等處理，提高幾何誤差預測精度。
- 使用雷射干涉儀，驗證使用感測器資訊盒所計算的六個幾何誤差。

● AIOT CNC線上精度監控量測系統整合

- 將CNC線上精度監控量測系統收集到的資料，上傳至雲端，遠端即時監控機台狀況與雲端計算。
- 將CNC線上精度監控量測系統收集到的資料，透過人工智慧機器學習系統，發展預測機台健康度、振動、機台異常狀況特徵監控。