

2D 影像複合視角之三維工件位置自動校正技術

An Automatic 3D Workpiece Position Calibration Method Based on Hybrid 2D Visual Images

黃成凱^{1*}、楊淳宜²、許秉澄²、林依穎³、陳俊皓⁴

¹ 工研院智慧機械科技中心 智慧機械技術組 群聚產業創新部 工程師

² 工研院智慧機械科技中心 智慧機械技術組 群聚產業創新部 副工程師

³ 工研院智慧機械科技中心 智慧機械技術組 群聚產業創新部 研究員

⁴ 工研院智慧機械科技中心 智慧機械技術組 群聚產業創新部 經理

摘要：機械手臂之動作皆以工具中心點與工件座標系之相對關係描述，因此精度受到工具中心點及工件座標系位置之正確性影響；為了提高運動精度，需先分別校正工具中心點及工件座標系位置，但目前工件位置自動校正的方法多需安裝感測器並事先以量測設備確認此感測器與機械手臂之相對位置，或控制工具中心去觸碰工件；若以手動方式校正則受到操作者的經驗與技術影響。為解決此問題，本文提出工件座標系的自動校正方法：利用一個影像感應器透過複合視角及視覺伺服方法完成工件位置校正。

Abstract : The action of a robotic arm is depended on relative coordinates of a workpiece to tool center point (TCP) that being indicated by manipulator. Therefore, the accuracy of the manipulator is influenced by the precision of coordinates of TCP relative to the coordinate system of workpiece. To improve the motion precision of the manipulator, it requires calibrating TCP and workpiece coordinate frame respectively. Currently, the automatic calibration of the manipulator's workpiece coordinate frame typically involves installation of image sensors and calibrates the installation position or control TCP to touch the workpiece; or by using a manual calibration procedure, whose precision depends on the operator's experience and technical competence. To resolve the workpiece coordinate frame issues in the existing calibration procedure, an automatic calibration method is proposed by this article. By using an image sensor with hybrid 2D visual images and performing visual servo control, the TCP coordinates could be calibrated automatically.

關鍵詞：工件座標系、自動校正、工業機器人

Keywords : Workpiece object coordinate frame, Automatic calibration, Industrial robot

前言

隨著自動化生產的發展，機械手臂在工業領域應用愈趨廣泛（根據國際機器人聯盟 IFR 預測，2022 年全球機器人使用量將達 397.1 萬台，如圖 1 所示 [1]），大大提升了工業生產的效率與品質。在利用機械手臂執行自動化的技術領域中，一般是

將工具直接安裝於機械手臂，並透過人工教導的方式產生機械手臂動作以達成自動化應用。但隨著機械手臂的工作路徑愈趨複雜與離線編程的發展，工作路徑的準確性受到機械手臂的精度影響，且工件位置座標系與機械手臂相對關係之準確度直接影響機械手臂的動作精度，因此工件座標系之準確度成為機械手臂實現精確操作的重要指標。

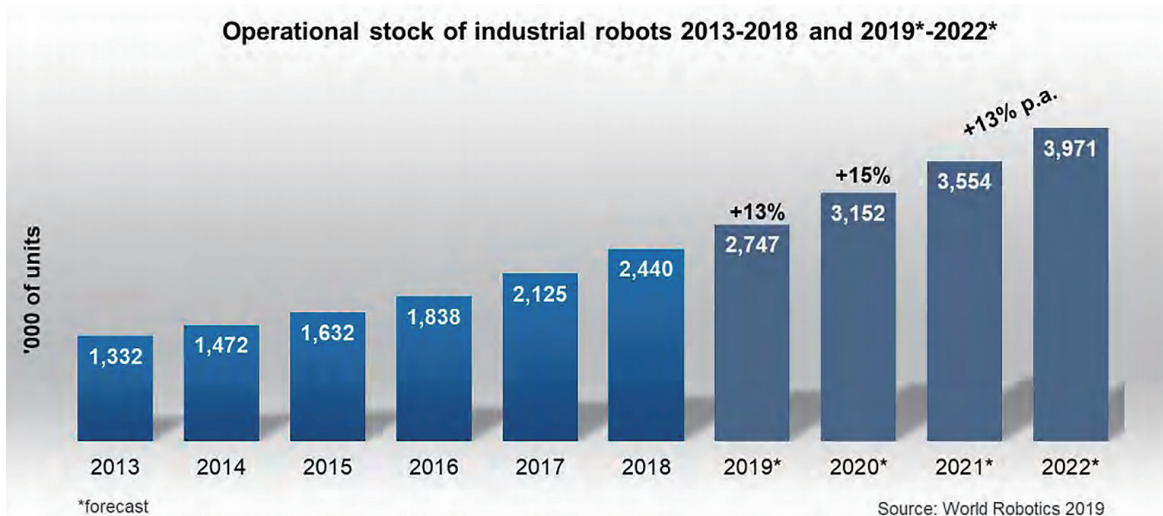


圖 1 2018 年機器人使用量統計與預測 [1]

以機械手臂執行自動化應用，首先需要確認工件位置與機械手臂之相對關係，但工件不易準確定位，且定位裝置之精度，或尺寸公差等原因皆會使工件位置座標系產生誤差，因此機械手臂執行加工動作前，需先經過工件位置之校正才可得到準確之座標值。傳統的工件位置校正方法需透過人工教導之方式，移動工具中心使其與工件上數個指定點重合，並記錄座標值以完成工件位置之校正；若以自動方法進行校正，則現有方法具有以下缺點：(1) 需控制工具中心去觸碰工件，可能造成工件損傷且存在人員操作誤差 [2][3]；(2) 於外部裝設感測器，透過與指定點重合或量測目標點實際距離後修正工件座標；此方法因工具不同，可能受本體結構或工具遮蔽而無法取得指定點位 [4][5]；(3) 使用 CAD 模型獲得手臂與校正儀器或工件之相對距離；此方法操作過程耗時並且工件需有特徵點供實際量測降低誤差 [6][7]。

鑒於以上問題，本文提出工件位置自動校正技術：透過一個影像感應器，安裝於機械手臂法蘭面後（第一視角），以複合視角方式建立第二視角影像，並與第一視角影像搭配產生 2.5D 影像，以複合視角交集範圍內之任一點作為虛擬工具中心點，配合視覺伺服控制機械手臂之虛擬工具中心點與工件座標系之指定點重合，以一次的操作

程序完成工件座標系之校正，解決現有方法需預先校正感測器位置或透過人工教導所需花費的人力、時間與工件損傷問題，以提升校正的精度。

機械手臂精度之提升與校正方法在機器人研究領域裡面，是一常被研究的主題。影響機器人位置精確度的重要因素包括幾何性誤差及非幾何性誤差，而 Mooring 更進一步證明，機器人幾何尺寸若包含微量誤差，將會嚴重造成機器人端效器 (End-effector) 方向與位置之誤差 [8][9]。透過軟體修正改善機器人精度之方法，可由發展一個精確的數學模式，建立機器人關節位移和端效器間之關係。目前大部分機器人控制器描述各軸之關係式是使用 Denavit-Hartenberg 轉換矩陣，但以此方法分析幾乎平行之連續關節軸機器人時，連桿偏移不容易描述，使得轉換矩陣中參數定義遭遇障礙 [10]。為克服此困難，Hayati 及 Mirmirani 提出一個改進方法，把平行或幾乎平行的兩個旋轉軸視為特殊情況處理 [11]。隨後 Hsu 和 Everett 又提出另一種修正方法，此法類似於 Denavit-Hartenberg 轉換矩陣，不同的是轉換矩陣改以五個參數描述 $\theta_i, a_i, d_i, \alpha_i, \beta_i$ ，但增加的參數缺乏明確的物理意義 [12]。

在工具中心與工件位置校正方面，尹等人提出以結構光傳感器與基準球校正工具中心與工件

更完整的內容

詳見 | 機械工業雜誌 | • 444 期 • 109 年 3 月號

機械工業雜誌·每期 **220** 元·一年 **12** 期 **2200** 元

線上訂購網址：<https://www.automan.tw/magazine/orderMag.aspx>

付款方式

1. 郵局劃撥—戶名：財團法人工業技術研究院機械所 帳號：07188562
請於劃撥單的通訊欄寫明：購買期數、金額等
2. 匯款資料—兆豐國際商業銀行新竹分行(代號 017)
帳號：203-07-02288-0 戶名：財團法人工業技術研究院
3. 信用卡—請填寫信用卡 [訂購單](#)

麻煩您將 繳款收執 或 信用卡刷卡單 傳真至 (03)582-2011，我們會盡快處理您的訂單並開通權限，再次感謝您的支持與愛護。

訂書專線：03-591-9339

傳 真：03-582-2011

機械工業雜誌·官方網站：www.automan.tw 機械工業雜誌·信箱：jmi@itri.org.tw

機械工業雜誌 優惠訂購單

訂閱一年 **12** 期

\$ 2200 / 續訂戶 \$ 2000

好禮二選一

- A** 史欽泰墨寶帆布袋
- B** 工研院機械所無人車USB (8G)

訂閱紙本+電子雜誌

\$ 3000 原價 \$ 4400

一年12期

- 贈送
- A** 史欽泰墨寶帆布袋

訂閱二年 **24** 期

\$ 4000 / 續訂戶 \$ 3600

好禮四選二

- A** 史欽泰墨寶帆布袋
- B** 工研院機械所無人車USB (8G)
- C** 工具機叢書任一本
- D** 智慧機械人叢書任一本

限量專屬精品送給您



A



B



C



D