



# 圓形加工件量測系統

陳金聖 劉曉薇 / 國立台北科技大學 自動化科技研究所

## 背景介紹

● IQC (Incoming Quality control) 來料檢驗

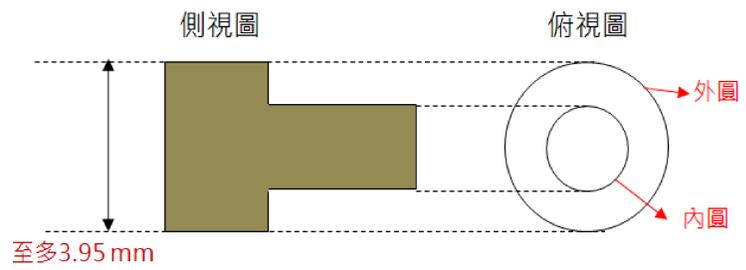
● 圓形加工件說明

1. 客製化加工機台的關鍵零組件
2. 外圓最的尺寸最大為 3.95mm
3. 重點尺寸: 外圓直徑、內圓直徑、同心度

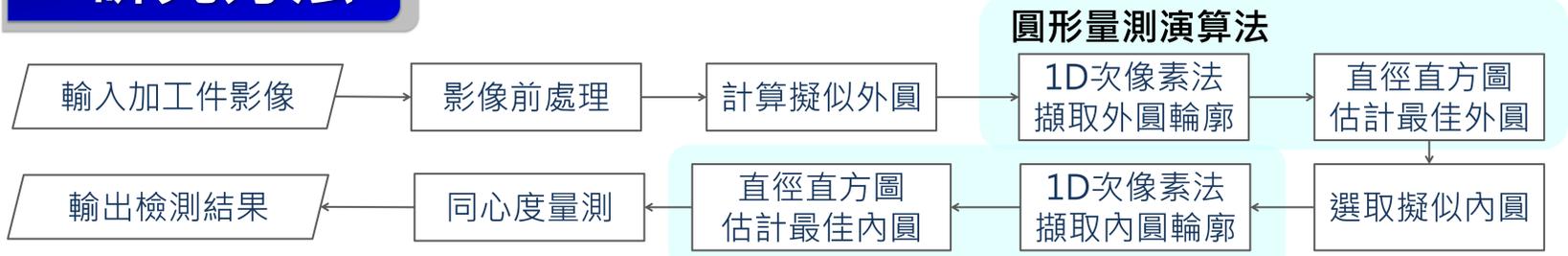
● 傳統量測的方法

1. 分離卡尺(Micrometer)或游標卡尺(Caliper)
2. 人工檢驗

➔ 缺點: 不同量測人員, 其量測結果可能導致不一致性、現有輔助量具無法達到量測的精度規範、人工量測的耗時性以及人工成本高漲



## 研究方法



圓形量測演算法

$p_i = P(\lfloor O_n/3 \rfloor \times (i-1))$       其中  $p_{ij} = p_i - p_j$  或  $q_{ij} = q_i - q_j$ , 對任意  $i$  不等於  $j$ 。  
 $q_i = Q(\lfloor O_n/3 \rfloor \times (i-1))$

$$p_0 = \frac{(p_2^2 + q_2^2 - p_1^2 - q_1^2) \times q_{32} - (p_3^2 + q_3^2 - p_2^2 - q_2^2) \times q_{21}}{2(q_{21} \times p_{23}) - (q_{32} \times p_{12})}$$

$$q_0 = \frac{(p_1^2 + q_1^2 - p_2^2 - q_2^2) \times p_{23} - (p_2^2 + q_2^2 - p_3^2 - q_3^2) \times p_{12}}{2(q_{32} \times p_{12}) - (q_{21} \times p_{23})}$$

$$d_0 = 2\sqrt{p_0^2 + q_0^2}$$

$$b^{outer} = \frac{d_{max}^{outer} - d_{min}^{inner}}{\beta}$$

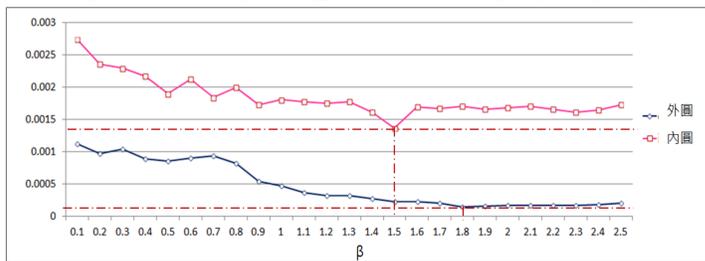
$$d^{outer} = d_{min}^{outer} + (2 \times |^{outer} + 1) \times b^{outer} / 2$$

$$d^{con} = \sqrt{(x_0^{outer} - x_0^{inner})^2 + (y_0^{outer} - y_0^{inner})^2}$$

## 實驗結果

●  $\beta$ 係數的敏感度分析:

決定直徑直方圖之BIN · 30 張影像測試



● 量測的精準度驗證:

3個樣本任意擺放, 重覆10次量測 (單位: mm)

項目	外圓 (MSE)	內圓 (MSE)	同心度 (4*STD)
#1	2.3	4.4*	4.6
#2	2.5	1.7	6.1
#3	3	2.5	8.3*
平均值	2.6	2.87	6.3

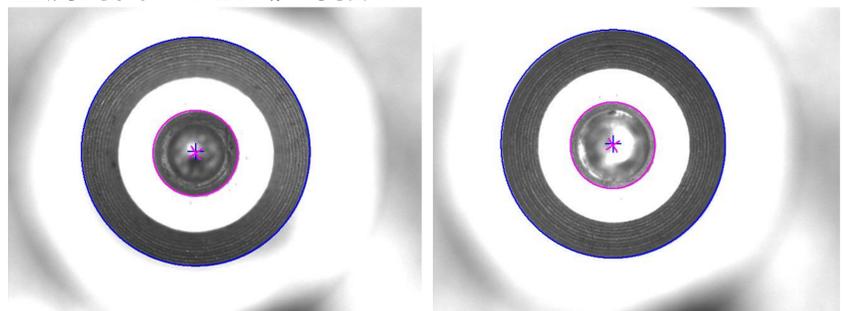
● 35個樣本測試 NG (19), OK (16)

- 檢測規範: 1. 外圓直徑:  $3.935 \pm 0.015$ mm [3.92, 3.95]  
 2. 內圓直徑:  $1.49 \pm 0.015$ mm [1.475, 1.505]  
 3. 同心度:  $\leq 0.025$ mm

正確檢測率: 94.2% (33/35)

量測時間 < 0.27 秒每張

Pixel size: 2.75  $\mu$ m



同心度: 0.026 mm (>1um)  
 外圓: 3.938mm  
 內圓: 1.491mm

同心度: 0.0275 mm (>2um)  
 外圓: 3.947mm  
 內圓: 1.474mm (<1um)