

# 以機械視覺為基礎之 C 型口罩瑕疵檢測系統研究

陳昭雄\* 葉家瑋\*\*

\*大葉大學機械與自動化學系 \*\*大葉大學機械與自動化學系

515 彰化縣大村鄉山腳路 112 號

Tel: (04) 8511888 ext. 2464

Fax: (04) 8511229

E-mail: [chao@mail.dyu.edu.tw](mailto:chao@mail.dyu.edu.tw)

## 摘要

本研究主要應用機器視覺系統於 C 型口罩之瑕疵自動檢測，將研發影像處理技術包括兩個部份，第一部分是影像前處理，包括色彩空間轉換、影像濾波、形態學等方法；第二部份是口罩定位與瑕疵檢測，包括影像角點特徵偵測、角點特徵比對、特徵點座標轉換、影像相減、瑕疵位置判定等，是以檢測 C 型口罩表面不織布之瑕疵品，達到自動化檢測之目的。C 型口罩表面不織布之瑕疵品主要可分成破裂、汙點、超音波焊接不良等三種瑕疵情形。首先由影像前處理得到 C 型口罩的輪廓形狀，再經由角點偵測技術得到此輪廓形狀的特徵點，將這些特徵點與標準影像的角點特徵點比對，已得到相對應的角點位置，利用這些相對應的角點位置，以最小平方方法求得待測影像與標準影像之間位置平移量和旋轉量，再透過影像比對技術，以偵測出 C 型口罩瑕疵位置，最後，由實驗驗證所提方法的可行性，瑕疵辨識成功率達到 97% 以上。

**關鍵字：**機器視覺，影像處理，瑕疵檢測，C 型口罩

## 壹、前言

口罩廣泛應用於醫療、食品、無塵室等的作業人員的防護工作，亦是一般大眾所能暢易使用的呼吸道防護器材；尤其在 2003 年 SARS 病毒經由飛沫感染而造成大範圍的傳染，所以只要徹底隔絕掉飛沫傳染與手口傳染的途徑，就可以有效防止 SARS 的感染。一般民眾皆警覺到病毒對人類健康的危害及威脅，故對口罩的需求甚殷。在眾多口罩形狀當中，C 型口罩的優點最多，其立體式形狀，能完全密封口鼻，且配帶舒適，能改進平面口罩缺點，又無一般立體口罩佔體積，因此，發展能大量製造 C 型口罩製程和品質的自動化監控技術，為一急需解決的問題。此自動化製程製造口罩速度需非常快，每分鐘約可生產 100 個。此高附加價值之 C 型口罩製程，很適合在台灣推廣製造，但此製程仍有許多問題極待解決，譬如 C 型口罩表面之瑕疵如破洞、油污、焊接不良等，皆需依賴人工目視檢測，人工成本非常高，且常因人為之疏漏，造成品質監控不佳。

影像視覺技術現今已被廣泛應用於不織布紋路品質檢測[8][9][14]，視覺影像檢測是屬於非接觸式檢測方式，檢測完全透過 CCD 取像，可快速將待測物影像訊息傳送至電腦來做處理，接著透過數位影像處理技術以完成不良品檢測之目的，由於電腦執行速度之提高及影像處理技術之進步，視覺影像檢測用於不織布之 C 型口罩瑕疵檢測為一可行之選擇，而視覺影像檢測技術大致可歸類成下列幾項：

- (一) 色彩空間轉換關使用不同色軸影像辨識技術之文獻相當多，尤其是運用於人臉膚色之辨識[7][10][11]等。將彩色像素之 RGB 空間轉換成 HSL、YCbCr 等色彩空間，分離出彩色影像之色彩和亮度，以排除光度對色彩之影響，然後再找出人臉膚色像素值可能之分佈區域，以辨識人臉所在位置。
- (二) 數位影像處理 Rosenfield 和 Torre[3]的研究中採用直方統計圖凹點分析法，以影像灰階值分佈

情形作成直方圖，再依照直方圖所呈現趨勢選擇最佳閾值。Serra [12][13]及 Haralick [15]指出針對影像做形態學運算，可以打斷窄橋以及重建成實線。Zhang 和 Suen[17]提出一套將影像中目標物細線化的法則，可以將影像中目標物消除至 1 Pixel 大小。(三) 特徵點選取在影像處理應用上有時需要輪廓資訊，Rosenfield 和 Thurston[4]提出邊界搜尋法搜尋輪廓邊界像素座標。Teh 和 Chin[6]提出像素跨距值求角度與曲率值搜尋角點所在位置。(四) 特徵點比對 Yasuhiko Hara[18]與 Yasuo Nakagawa[19]同時擷取兩張影像，取出影像特徵進行特徵比對尋找出正確特徵。(五) 影像定位 標轉換參考井[1]與連[2]所寫的影像形狀的轉換，影像歪斜經座標轉換函式加以補正。(六) 影像相減 Fathy 和 Fathy [16]與 Lipton 等人[5]使用背景相減法，背景相減法則是先建立一背景影像且與隨時間不同的影像作相減取差異值。

本文研發一套自動化線上之 C 型口罩表面不織布之瑕疵檢測系統，應用於檢測表面之瑕疵品，檢測系統可以對 C 型口罩表面瑕疵如破洞、油污與超音波焊接不良進行檢測且執行速度快以達到線上自動化檢測之目的。



(a) 未經裁減 C 型口罩 (b) 裁減後 C 型口罩

圖 1 C 型口罩圖

## 貳、研究方法

C 型口罩製程動作與檢測流程如圖 2 所示，胚布由左、右兩個主動滾輪以等速方式帶動，透過超音波焊接而形成 C 型口罩圖案，再透過影像擷取系統擷取移動中在胚布上 C 型口罩影像，並將即時影像儲存在個人電腦裡，即時透過影像處理程式，辨識 C 型口罩之瑕疵，如有瑕疵發出警告停機和在胚布上做標誌。

本檢測系統之硬體架構如圖 3 所示，電腦使用 AMD Athlon(tm) 64 Processor 3000+ 1.81GHz 之個人電腦，系統撰寫軟體為 Borland C++，CCD 為新亞洲公司的 Baslar 1/2" 彩色數位攝影機，解析度為 640×480，CCD 擷取影像範圍的寬度與高度約為 3.9cm×3.3cm，每個像素的解析度約為 0.054mm，照明設備使用自製背光燈箱，光源採用 PL 燈管 36W 為電子式驅動頻率最高每秒可高達 110,000 次，溝通介面使用 1394 介面卡，CCD 藉由 1394 介面卡接就可以和電腦溝通，此做法所擷取出來的影像會比傳統 CCD 所擷取的影像更佳。C 型口罩瑕疵品大略可歸納為破洞、油污與超音波焊接不良等三種如圖 4 所示。

本系統之檢測流程如圖 5 所示，利用 CCD 擷取待測 C 型口罩影像，影像處理技術包括兩個部份：  
(一) C 型口罩影像前處理：色彩空間轉換是將每像素點利用 YCbCr 色彩空間轉換，取其 Y 亮度作影像處理，影像濾波將外界干擾產生的雜訊濾除，邊緣強化增加輪廓且與背景之區分，影像形態學處理方式將輪廓形狀若有斷線而重建為實線，擷取 C 型口罩影像是檢測單一完整口罩增加影像處理速度，細線化將輪廓寬度處理剩下一個 pixel 寬度，再利用邊界點搜尋以尋找 C 型口罩邊界點座標。

(二) C 型口罩定位與瑕疵檢測：C 型口罩經過邊界收尋之後取得邊界座標，邊界角點特徵偵測是搜

尋C型口罩輪廓轉角處設為角點特徵點，再與標準影像角點特徵比對以找出相對應的角點特徵位置，標準影像與待測影像利用此相對應角點透過幾何作標轉換求得兩者之間的相對平移與旋轉量。影像定位是由所求平移與旋轉量將待測與標準影像作影像定位，定位後標準影像與待測影像作影像相減，待測影像殘留點為瑕疵位置，再經由瑕疵尋找得知瑕疵所在位置。詳細說明敘述如下：

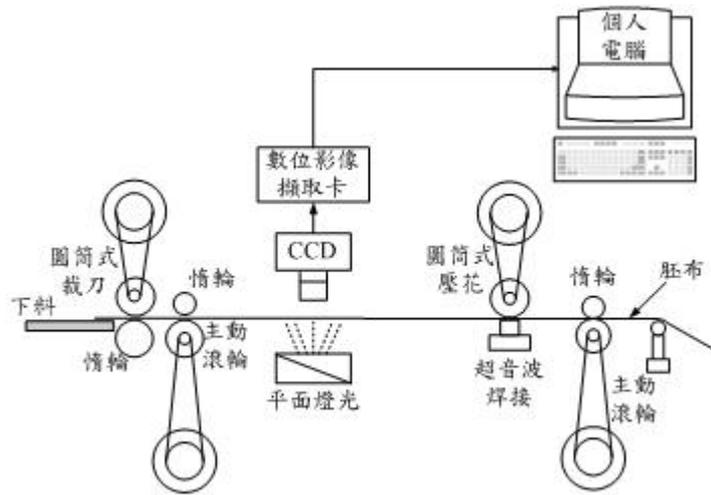


圖 2 C 型口罩製檢測流程示意圖

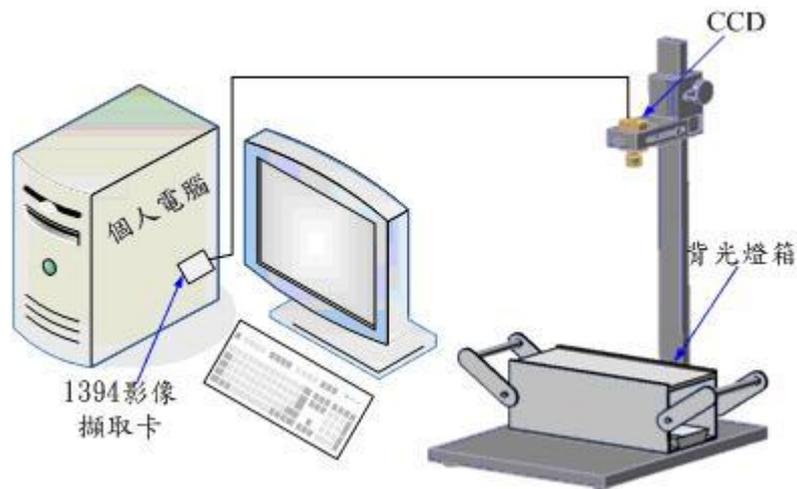
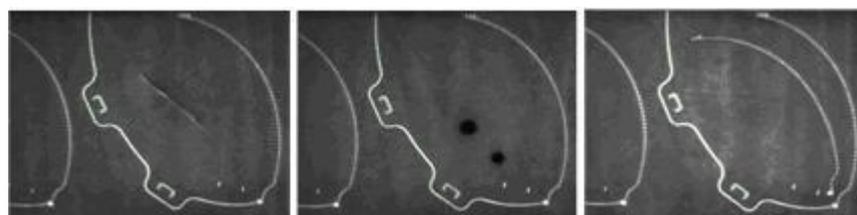


圖 3 自動檢測系統硬體架構



(a) 破裂瑕疵 (b) 汙點瑕疵 (c) 焊接不良瑕疵

圖 4 C 型口罩瑕疵品種類

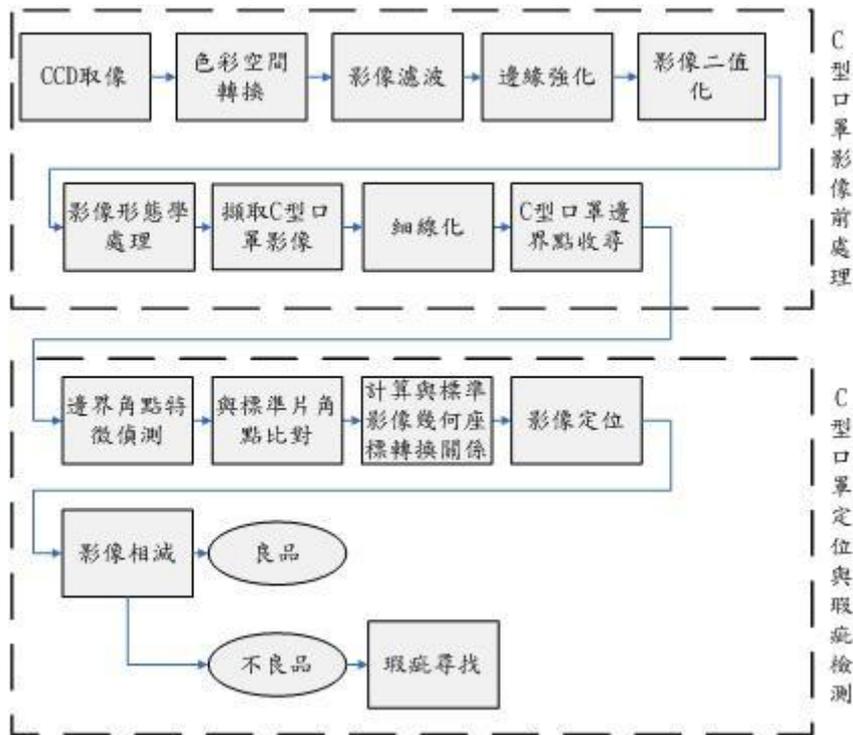


圖 5 C 型口罩瑕疵檢測程序流程圖

## 一、色彩空間轉換

使用 YCbCr 法來轉換色彩空間，此方法之轉換公式為線性，較容易運算，其中，Y 屬於亮度，而 CbCr 屬於色度，其轉換公式如(1)，將 RGB 轉換成 YCbCr 只取 Y 亮度值作為彩色影像轉灰階影像的處理圖形，因 Y 亮度值能突顯輪廓邊界以便後續影像處理。

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.257 & 0.504 & 0.098 \\ -0.148 & -0.291 & 0.439 \\ 0.439 & -0.368 & -0.071 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} \quad (1)$$

## 二、邊緣強化

灰階影像經過中值濾波後再經索貝爾濾波器 (sobel filter)，能使輪廓形狀、大小與位置都能夠清晰可見，而經邊緣強化後 C 型口罩輪廓與瑕疵形狀都能跟背景交界線形成明顯對比如圖 6 所示，以增加後續影像處理如之速度。

## 三、形態學

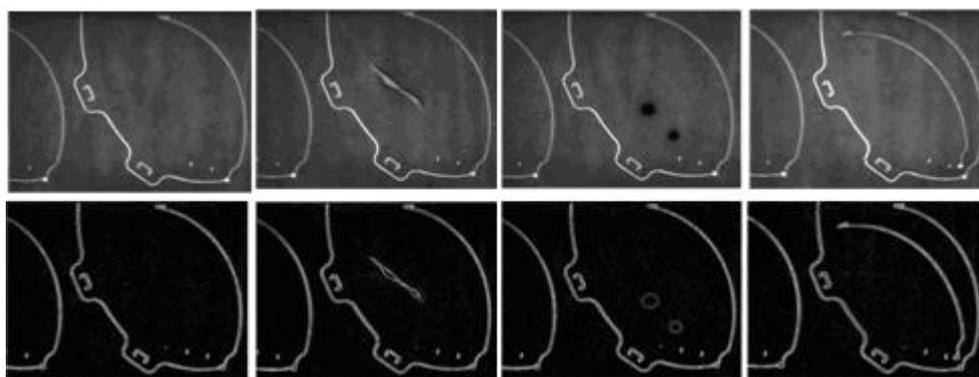
本文使用影像形態學方式來重建斷線如圖 7 所示，C 型口罩的右半部拉鍊形狀的斷線，原因是超音波焊接而造成，需重建為實線。而影像形態學分為兩種開運算與閉運算。閉運算是先膨脹後侵蝕的運算，可以填補小的洞的缺口。開運算是先侵蝕後膨脹的運算，開運算的結果可以平滑邊緣、打斷窄橋及消除小的島嶼形狀上尖銳的地方。

## 四、擷取 C 型口罩影像

是以一個完整口罩形狀為單位的方式來進行瑕疵檢測。必須利用影像處理方式將左邊不完整的口罩形狀切除，而利用的方法是將C型口罩經影像經二值化後，再利用垂直方向投影方式來擷取單一個C型口罩形狀，經垂直方向投影，再切除左半邊不完整C型口罩圖形。

## 六、細線化

只需C型口罩的輪廓結構，所以將C型口罩輪廓細線化，本文研究是利用 Zhang 和 Suen 的方法 [17]，影像分成兩個階段掃描，連續反覆兩個階段掃描步驟直到條件式檢查出整體圖形已經沒有需要清除的像素點，才結束細線化的動作，而將每個線段的寬度侵蝕到只剩下一個像素值 (pixel)，如圖 8 所示。



(a) 正常 (b) 破裂瑕疵 (c) 油污瑕疵 (d) 焊接不良瑕疵

圖 6 C 型口罩經 sobel 的效果



(a) 原圖 (b) 經閉運算 (c) 經開運算

圖 7 C 型口罩經開運算與閉運算

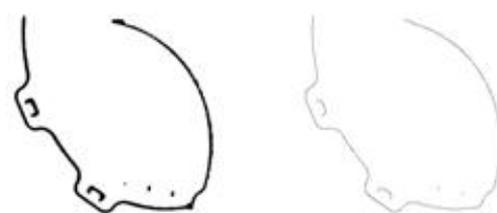


圖 8 C 型口罩經細線化處理效果

## 七、邊界點的搜尋方法

邊界點搜尋方法敘述是分為兩個步驟以 8-相鄰結構下去搜尋，第一步驟是以 8-相鄰結構由左上

(0,0) 位置開始搜尋判別是否有孤立點，有孤立點將孤立點設與背景相同灰階值，若不是孤立點設為第二步驟搜尋的起始點；第二步驟由第一步驟所記錄的第一個起始點開始搜尋 C 型口罩邊界點像素座標，搜尋順序是以右、下、左、上、右下、右上、左下、左上之順序開始搜尋並記錄像素點座標存在資料庫中。以 8-相鄰結構等方法去搜尋邊界像素點，求其構成連續線段如圖 9 所示，流程如圖 10 所示。

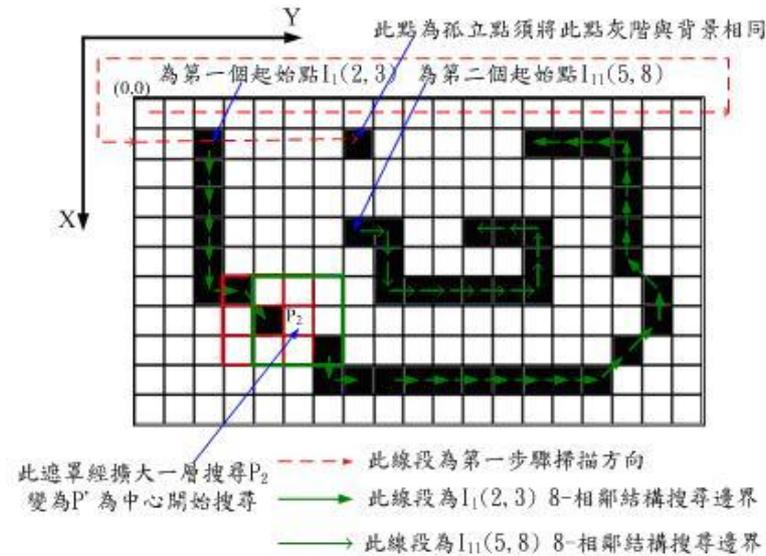


圖 9 8-相鄰結構的邊界收尋

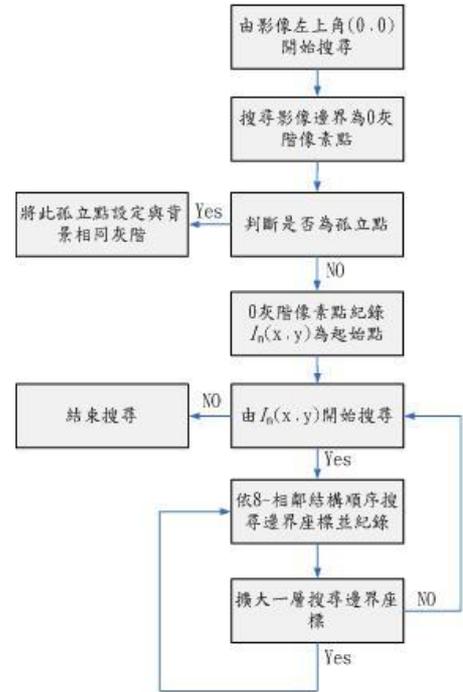


圖 10 邊界搜尋流程圖

## 八、邊界角點偵測特徵

本文利用以下敘述方法取出 C 型口罩邊界角點特徵，利用取出角點特徵來代表 C 型口罩之形狀與外觀特性，角點如何定義、特徵點選取之方法。經由前述已取出 C 型口罩輪廓之座標，而本文將找尋 C 型口罩邊界點的角點(Corner)，當作口罩輪廓之特徵點，而角點定義需  $P_i$  與前、後邊界點  $P_{i-k}$  與  $P_{i+k}$  之夾角  $\alpha$  如圖 11 所示必需小於門檻值  $q$  如下式：

$$|\angle P_{i-k} P_i P_{i+k}| < q \quad (2)$$

其中  $k$  為邊界點向前和向後之跨距值。經實驗後當跨距值越少與門檻值角度越小得到角點數目越少，當跨距值越多與門檻值角度越大得到角點數目越多而所耗時間越長，而最理想跨距值為 15 個像素距離與門檻值 160 度以下，可得到最理想角點偵測，如圖 12 圓圈標示之處，利用此方法進行 C 型口罩輪廓中角點特徵都能確實落在轉角所在地方。

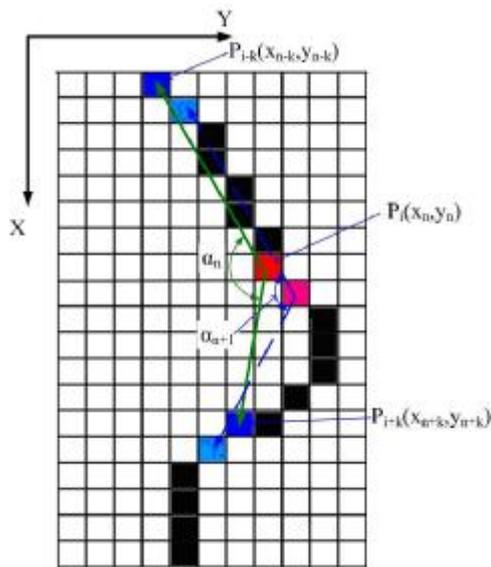


圖 11 前後像素點跨距值  $k$  構成夾角  $a$  示意圖

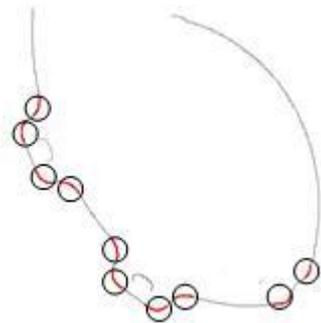


圖 12 符合角度  $q$  的圓圈線段

### 九、角點特徵點選取

C 型口罩輪廓每點像素經過上述角點條件運算可得許多段連續符合條件的角點如圖 12 中圓圈所標示，因線段中都是屬於 C 型口罩角點將每點都當作特徵點會造成後續瑕疵檢測系統處理緩慢，而不符合自動化生產效率，如圖 13 所示而在這些連續的角點中分別取中間點作為特徵點，以利後續瑕疵檢測系統處理更快速，並以增加最後一點為特徵點，因特徵點幾乎落在 C 型口罩左半側，後續處理利用特徵點透過幾何作標轉換求得平移與旋轉量再與標準影像作影像相減，因而造成 C 型口罩右半邊緣無法完全與標準影像的 C 型口罩右半輪廓相符合，為了減少右半輪廓相符合誤差，如圖 14 圓圈所標示。



圖 13 C 型口罩的角點特徵點

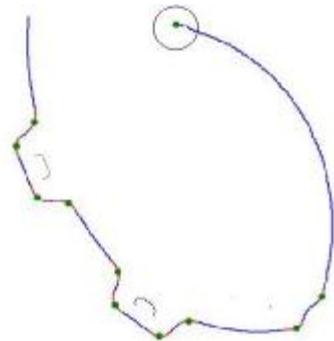


圖 14 C 型口罩所增加的角點特徵點

### 十、角點特徵比對

取得的特徵點代表 C 型口罩形狀特性，將這些角點特徵點與標準影像中之所有角點特徵點作比對，以找出相對應之角點位置，以當作後續影像定位之依據。比對方式分為四步驟，流程如圖 15 所示：

第一步驟：計算標準影像中角點特徵點相互間關係值

標準影像中每個特徵角點與其他特徵角點計算如下四種數值：

- (a) 特徵點  $SCP_i$  與前特徵點  $SCP_{i-1}$  距離為  $Sd_1^i$
- (b) 特徵點  $SCP_i$  與後特徵點  $SCP_{i+1}$  距離為  $Sd_2^i$
- (c) 每點徵點與其餘特徵點距離總和為  $Sd_3^i$
- (d) 特徵點  $SCP_i$  與前後特徵點  $SCP_{i-1}$  和  $SCP_{i+1}$  間求得角度為  $Sd_4^i$

第二步驟：計算待測影像中角點特徵點相互間關係值

待測影像 (Test images) 如同步驟一計算每一個角點特徵點的四個關係值分別為  $Td_1^i$ 、 $Td_2^i$ 、 $Td_3^i$  和  $Td_4^i$ 。

第三步驟：四關係值正規化

將標準與待測影像中每個角點特徵點的四個關係值除以該關係值中最大值：

$$\overline{Sd}_k^i = \frac{Sd_k^i}{\max_{i=1,2,\dots,n} (Sd_k^i)}, i=1,2,3,4, k=1,2,3,4 \quad (3)$$

$$\overline{Td}_k^i = \frac{Td_k^i}{\max_{i=1,2,\dots,m} (Td_k^i)}, i=1,2,3,4, k=1,2,3,4 \quad (4)$$

其中  $n$  為標準影像的角點特徵點個數， $m$  為待測影像的角點特徵點個數。

第四步驟：誤差代入 (5) 式找出最小  $J$  值

比對標準與待測影像中每個角點特徵值經正規化後之四個關係值，依序計算標準影像每個角點特徵點四個關係值與待測影像每個角點特徵點的四個關係值間相減求得誤差分別為  $e_1, e_2, e_3, e_4$ ，將誤差代入 (5) 式：

$$J = \sqrt{\frac{1}{4}(e_1^2 + e_2^2 + e_3^2 + e_4^2)} \quad (5)$$

此值最小的，就是待測影像中與其相對應的角點特徵點。如圖 16 待測影像經與標準影像比對後得到相對應位置的特徵點。

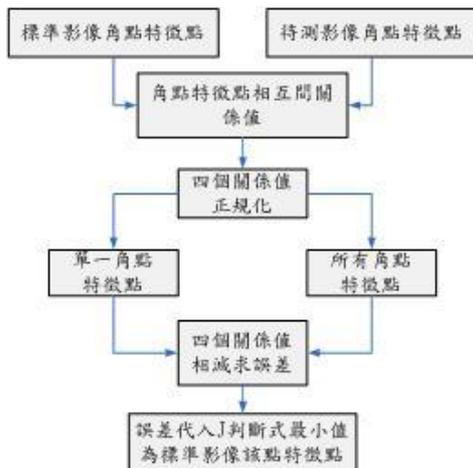


圖 15 特徵比對流程

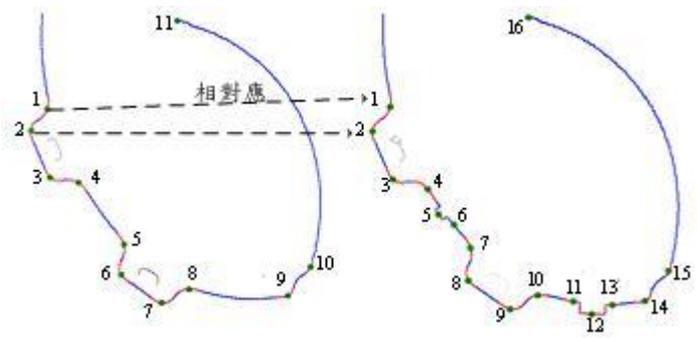


圖 16 角點特徵點比對之相對位置

## 十一、影像定位

前述已找出 C 型口罩標準影像與待測影像輪廓的相對應角點特徵點，利用這些相對應的角點特徵點之間座標轉換關係，求得待測影像與標準影像間的平移與旋轉量，利用此平移與旋轉量將待測影像校正與標準影像達到影像定位，利用座標轉換關係是將待測影像特徵點的座標對應標準影像特徵點座標經轉換函式而校正定位，兩者角點特徵點的對應關係示意圖如圖 17 所示其中關係如下：

$$TCP_i(x'_i, y'_i) \rightarrow O[SCP_i(x_i, y_i)], i=1, 2, \dots, n \quad (6)$$

其中  $(x'_i, y'_i)$  為待測影像角點特徵點座標， $(x_i, y_i)$  為標準影像相對應的角點特徵點座標，轉換函式如下式：

$$\begin{cases} x'_i = a_{11}x_i + a_{12}y_i + a_{13} \\ y'_i = a_{21}x_i + a_{22}y_i + a_{23} \end{cases}, i=1, 2, \dots, n \quad (7)$$

其中  $a_{11}$ 、 $a_{12}$ 、 $a_{13}$ 、 $a_{21}$ 、 $a_{22}$ 、 $a_{23}$  為轉換參數，分別將待測影像與標準影像特徵座標代入 (7) 式，在  $x$  與  $y$  關係式可分別得到  $n$  個方程式，利用 Least squares 方法，求得最佳轉換參數後，再將整張待測影像每點像素座標經轉換函式校正定位。

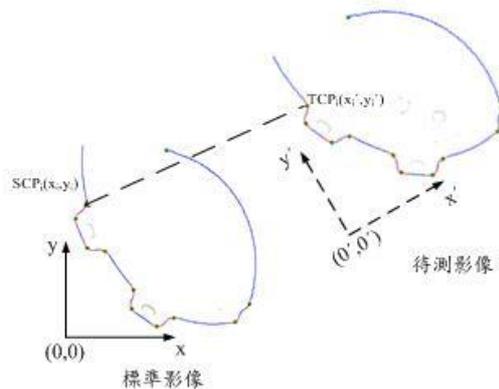


圖 17 座標轉換示意圖

## 十二、影像相減

已將標準影像與待測影像定位，將待測影像與標準影像相對像素點作相減，只需要計算其像素點相減差的絕對值，如果這個絕對值大於預設的門檻值則判定此像素可能就是瑕疵所在位置，再利用垂直與水平投影找出瑕疵所在位置與判別瑕疵是否落在 C 型口罩之內。

## 參、研究成果

針對前面所提出的方法進行實驗，實驗研究的項目有，角點特徵點比對、影像定位及瑕疵檢測等實驗來研究。以下將分為三個部分成果來作介紹實驗成果。

### 一、角點特徵點比對

待測影像經角點偵測取得 C 型口罩角點特徵點，必須與標準影像角點特徵點比對以找出相對應特徵點位置，圖 18 為異物遮蓋而產生多餘角點特徵點與標準影像角點特徵點進行比對，標準影像角點

特徵點為 11 點與待測影像角點特徵點為 16 點多出 5 點角點特徵點。比對結果如表一和圖 19，也都能得正確相對應角點位置。

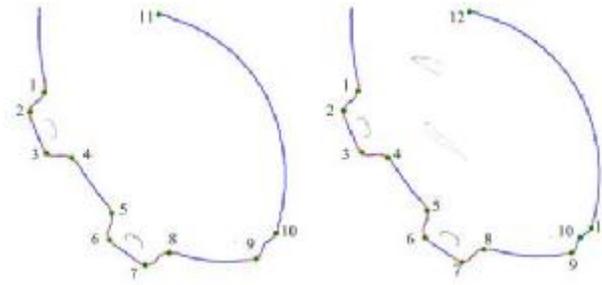


圖 18 標準與待測影像角點特徵點影像比對

表一 比對求得  $J$  數據

待標	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	<u>0</u>	0.22	0.22	0.27	0.26	0.35	0.41	0.42	0.53	0.54	0.68	0.47
2	0.21	<u>0</u>	0.10	0.14	0.20	0.24	0.33	0.33	0.50	0.49	0.59	0.54
3	0.23	0.10	<u>0</u>	0.09	0.15	0.21	0.31	0.33	0.48	0.49	0.61	0.56
4	0.27	0.15	0.09	<u>0</u>	0.19	0.24	0.35	0.34	0.53	0.52	0.60	0.58
5	0.26	0.20	0.15	0.19	<u>0</u>	0.11	0.18	0.20	0.34	0.35	0.52	0.52
6	0.35	0.23	0.21	0.24	0.10	<u>0</u>	0.10	0.14	0.30	0.30	0.44	0.56
7	0.41	0.32	0.30	0.34	0.17	0.10	<u>0</u>	0.12	0.19	0.21	0.41	0.56
8	0.42	0.33	0.33	0.34	0.20	0.15	0.13	<u>0</u>	0.24	0.21	0.34	0.56
9	0.53	0.49	0.48	0.52	0.34	0.29	0.19	0.23	<u>0.03</u>	0.15	0.37	0.56
10	0.66	0.59	0.61	0.60	0.51	0.44	0.41	0.33	0.39	0.40	<u>0.04</u>	0.60
11	0.47	0.54	0.56	0.58	0.52	0.56	0.56	0.56	0.57	0.64	0.61	<u>0</u>

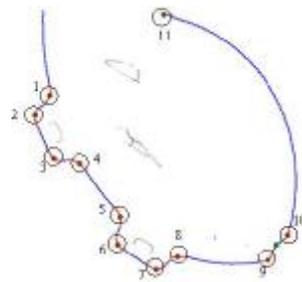


圖 19 比對後待測影像相對應角點特徵點位置

## 二、影像定位

經由標準與待測影像特徵點比對後，已找出正確特徵點位置，標準與待測影像特徵點代入轉換函式 (7)，利用 Least squares 方法求得轉換參數，再將整張待測影像每點像素座標經轉換函式校正

定位。如圖 20 (a) 旋轉 35 度角之待測影像角點特徵點與標準影像角點特徵點求得轉移函式 (8) 式，圖 20 (b) 為待測整張影像像素座標經函式轉後的校正影像。

$$\begin{cases} x' = 0.648x - 0.45y + 289.487 \\ y' = 0.447x + 0.656y - 82.274 \end{cases} \quad (8)$$

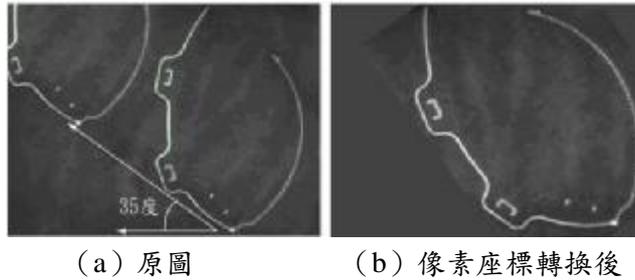


圖 2 待測影像座標經座標轉換後

### 三、瑕疵檢測

綜合本文所提方法，取正常影像 80 個、油污影像 7 個、破裂影像 8 個和焊接不良影像 5 個總共 100 個待測影像進行實驗，待測影像，經影像前處理、輪廓邊緣偵測、角點特徵點選取和影像定位後與標準影像進行影像比對，經影像相減後，待測影像所留下的灰階值絕對值大於門檻值 30 者為瑕疵位置，表二為檢測結果。

油污瑕疵因 C 型口罩所沾油污大小而影響瑕疵檢測成功率，1% 失敗是由於油污過小而誤判以為是未去除之影像雜訊點；破裂瑕疵因 C 型口罩為不織布材料所製成，由於破裂深度而影響影像相減後所殘留下來瑕疵特徵是否明顯而影響檢測結果，2% 失敗原因是破裂深度很淺的瑕疵將誤判為不織布紋路所造成；焊接不良因由於超音波焊接所產生瑕疵而經過影像處理與影像相減後殘留下來瑕疵較明顯所以易於瑕疵檢測成功率較高。

表二 瑕疵檢測率

種類	個數	成功率
正常	80	97%
油污	7	
破裂	8	
焊接不良	5	

### 肆、結論與建議

本文所提 C 型口罩瑕疵檢測系統已能將瑕疵尋找出來，由實驗數據看出已有不錯成效，能取代人工目測檢驗方式，利用 C 型口罩輪廓角點特徵點經座標轉換進行影像定位再使用影像相減所殘留之瑕疵，而檢測出是否有瑕疵和瑕疵所在位置，而得知此方法的可行性。為了使整個檢測系統更加完善，在硬體與軟體方面仍有進步空間，硬體方面如照明的改良利用高亮度 LED 平面照明設備讓 C 型口罩輪廓影像更加清晰，軟體部分如影像處理程序找尋更快速方法，因本文研究為空間領域的影像處理，所費時間較長，而如能改由頻率領域方面探討如小波轉換、傅立葉轉換等方法，使得檢測的時間更加的縮短，此仍然是未來必需努力的目標未來研究方向敘述如下。

未來建議：

1. 影像處理程式的簡化，以縮短執行時間。

2. 由頻率領域達到瑕疵檢測之目的。
3. 以模糊與類神經合併或其他方式來增加瑕疵檢測率。
4. 照明設備的改善。

## 伍、參考文獻

- [1] 井上誠喜，2002，C 語言數位影像處理(吳上立)，全華科技圖書。
- [2] 連國珍，2004，數位影像處理，儒林圖書有限公司。
- [3] A. Rosenfield, and P. D. Torre, (1983) "Histogram Concavity Analysis as an Aid in Threshold Selection," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, pp231-235.
- [4] A. Rosenfield, and M. Thurston, (1971) "Edge and curve detection for visual Scene analysis," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol.20, pp562-569.
- [5] A. J. Lipton, H. Fujiyoshi, & R. S. Patil, (1998). Moving target classification and tracking from real-time video. Proc. of Fourth IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, 8–14.
- [6] C.-H. Teh and R.T. Chin, (1989) "On the detection of dominant points on digital curves," IEEE Transactions on PAMI, vol. 11, No. 8, pp. 859-872.
- [7] D. Zhong and S.-F. Chang, (1999) "An integrated approach for content-based video object segmentation and retrieval," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., Vol. 9, pp. 1259–1268.
- [8] D. Chetverikov and A. Hanbury, (2002) "Finding defects in texture using regularity and local orientation," Pattern Recognition, No. 35, pp.2165 – 2180.
- [9] J.M.H. Dubuf, M. Kardan, and M. Spann, (1990) "Texture feature performance for image segmentation," Pattern Recognition, No. 23, pp.291–309.
- [10] J. Fan, D.K.Y. Yau, A.K. Elmagarmid, and W.G. Aref, (2001) "Automatic image segmentation by integrating color-edge extraction and seeded region growing," IEEE Transactions on image processing, Vol. 10, No. 10, pp. 1454-1466.
- [11] J. Fan, X. Zhu, and L. Wu, (2001) "Automatic model-based semantic object extraction," IEEE Transactions on circuits and systems for video technology, Vol. 11, No. 10, pp. 1073-1084.
- [12] J. Serra, (1982) Image Analysis and Mathematical Morphology, Academic Press, New York.
- [13] J. Serra, (1988) Image Analysis and Mathematical Morphology: Theoretical Advances, Vol. 2, Academic Press, New York.
- [14] K.Y. Song, J. Kittler, and M. Petrou, (1996) "Defect detection in random colour textures," Image Vision Computing, No.14, pp. 667–683.
- [15] M. Haralick, Robert, Sternberg, R. Stanley, and Zhuang, Xinhua, (1987) "Image Analysis using Mathematical Morphology," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 9, No. 4, pp. 532-550.
- [16] M. Fathy, & M. Y. Siyal, (1995). An image detection technique based on morphological edge detection and background differencing for real-time traffic analysis. Pattern Recognition, Vol. 16, 1321-1330.
- [17] T. Y. Zhang and C. Y. Suen, (1984) "A Fast Parallel Algorithm for Thinning Digital Patterns," Communications of the ACM, vol. 27, No. 6, pp. 236-239.
- [18] Yasuhiko Hara, Nobuyuki Akiyama, and Koichi Karasaki, (1983) "Automatic Inspection System for Printed Circuit Boards," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.PAMI-5, No.6, pp.623-630.
- [19] Yasuo Nakagawa, Yasuhiko Hara, Masayuki Hashimoto, (1985) "Automatic Visual Inspection Using Digital Image Processing," Hitachi Review, Vol.34, No.1, pp.55-60.