

# 應用雷射與機器視覺於二維高精度量測

## Application of Laser and Machine Vision to 2D Inspection

計畫編號：NSC 92-2212-E-216-004

執行期限：92 年 8 月 1 日至 93 年 7 月 31 日

主持人：羅鵬飛 教授 中華大學機械工程學系

計畫參與人員：李啟龍 徐忠義 陳彥良 中華大學機械暨航太工程研究所

### 一、中文摘要

本文結合雷射干涉儀、視覺系統以及二維精密移動平台，發展一工作範圍為 18 mm × 18 mm 的高精度視覺檢測平台系統。本文將視覺系統置於三次元量床 (CMM) 之 Z 軸上，並於 CMM 床台上架設雷射、分光鏡與反射鏡組以及 X-Y 移動平台。經由移動平台可移動待測物件的兩特徵點(如角落)至相機可視範圍，再分別擷取含有此二特徵點的兩張影像。藉由雷射干涉儀量取平台移動之位移量，以及於同一影像平面下求取兩特徵點相對距離，即可求得此兩特徵點之實際距離。同時，本文以次像素尋邊以及缺陷排除最小平方方法精確求取物件邊緣以及角落位置，以增進系統之量測精度。本文以所發展的二維雷射視覺量測系統，量取幾個 Olympus 標準片的尺寸，量測結果顯示，本系統之量測值與 Olympus 之量測值頗為相近。

關鍵詞：電腦視覺、雷射干涉儀、次像素尋邊、邊界曲線求取、二維量測平台

### Abstract

In the paper laser interferometer, vision system and a two-dimensional precision translation stage are used to develop a high precision measuring station with a working range of 18 mm × 18 mm. The vision system is installed at the Z-axis of a coordinate measuring machine (CMM), and the laser, the split and reflection mirrors, and the X-Y stage are mounted on the platform of the CMM. The object inspected by the laser-and-vision system is moved using an X-Y table so that the camera can take the images of the feature points (such as corners) of the object at two different positions. Meanwhile, the displacement of the X-Y table is measured using laser interferometer. Putting the two feature points in one image, the distance between them can be evaluated under the image plane coordinate system. By adding the displacement measured by laser interferometer, the real distance between these two feature points is obtained. In the paper image processing techniques such as edge location to subpixel resolution and boundary curve extraction are used to obtain the feature points to improve the measurement accuracy of the laser-and-vision system. The developed two-dimensional laser-and-vision measuring system is used to measure the

geometric sizes of several Olympus specimens. Experimental results indicate that the measured values are in good agreement with the Olympus measurements.

Key words: Computer vision, laser interferometer, subpixel edge detection, determination of boundary curve, two-dimensional measuring station

### 二、前言

就物件的尺寸量測，三次元量床(CMM)為一重要的量測工具，有許多相關論文[1-3]即探討 CMM 探頭探測誤差的來源，並推估影響 CMM 量測不確定性的因素。近來視覺系統則逐漸被用來增進與改善 CMM 的量測精度，如 Liao 等人[4]利用固定於某一位置的 CCD 相機，偵測探頭與工件的位置，使工件起初位置的校準能自動化。Chan 等人[5]則利用立體視覺定出物體於 CMM 工作空間的位置，並產生 CMM 探頭對物體的量測路徑，可節省大量的取像的時間，使可逆工程的實用性更高。Carbone[6]等人亦使用 3D 視覺系統來重建物體複雜幾何尺寸的 CAD 模型，亦為結合視覺系統與 CMM 並應用於自由表面可逆工程的例子。此外，機器視覺已被廣泛應用於小如晶片大至汽車板件的各種產品的檢測，其檢測精度雖可藉由高倍率鏡頭與高解析度相機的使用而提高，但相對的，其可視區域卻因而變小，造成檢測工作範圍的縮小。為提高工作範圍，Vira 與 Alagudu[7]結合雷射干涉儀、精密平台、機器視覺系統以及 PC 等，形成檢測系統，以檢測格點平板，但此篇論文並未對量測物件進行次像素精度的定位。Luo 等作者[8]結合雷射干涉儀與視覺系統形成精密視覺檢測系統，並以之檢測刻度尺，唯其僅限於一維檢測。本文則結合雷射干涉儀、視覺系統以及二維精密移動平台，形成量測範圍為 18 mm × 18 mm 的二維視覺檢測系統，並探討次像素精度邊緣量測，以提高此系統之量測精度。

### 三、研究方法

#### 3.1 實驗裝置

本文以視覺系統置於 CMM 之 Z 軸上，並於 CMM 床台上架設 X-Y 移動平台、雷射、以及分光鏡與反射鏡組等，以形成二維視覺檢測系統，並以之進行 Olympus 標準片的二維量測。圖 1 即顯示雷射視覺檢

測系統之示意圖，而圖 2 則為實驗裝置圖。本研究以 CCD 相機、光學本體 (optical body)、顯微鏡頭、影像卡以及 PC 形成視覺系統。同時，亦以氦氖穩頻雷射干涉儀、分光鏡、反射鏡、雷射訊號處理卡、光偵測器以及二維平台等形成精密測距的雷射干涉儀。本文以自行設計的升降基座，承載雷射本體，並用以調整其高度，使雷射光束幾乎垂直反射鏡。本研究使用之二維平台，係以步進馬達驅動，此步進馬達採用電源控制，接上電源後，溫度便會逐漸攀升，可達 30°C 以上。此熱源會透過馬達傳遞至二維平台的台面上，並使台面上的待測物溫度升高，影響量測精度。為去除此一影響，本文於二維平台之上搭載兩層的架高平台，並在第二層平台的中間切出一正方形槽，以放置 5 mm 厚的玻璃。本文即將待測物置放於此玻璃上。玻璃的傳熱度低，而且可以透光，對取像而言，可以達到相當好的效果。

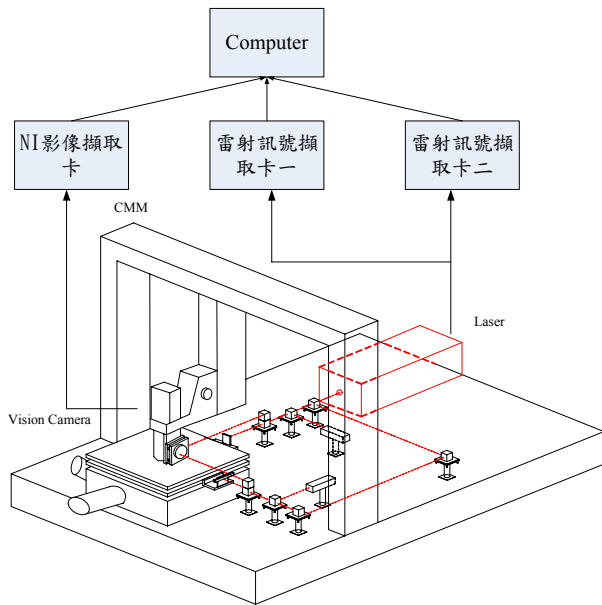


圖 1 雷射視覺檢測系統示意圖

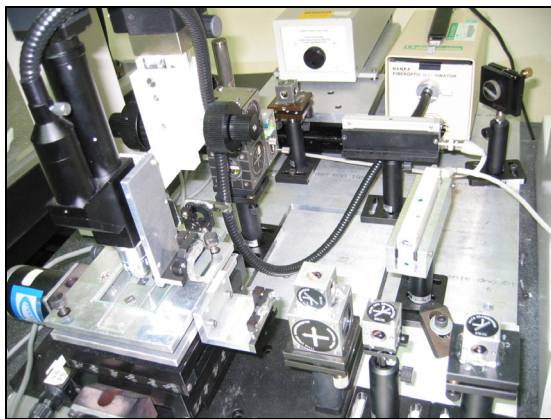


圖 2 雷射視覺系統之實驗裝置

圖 3 與 4 分別顯示 Y 軸與 X 軸的雷射光路架構

圖。如圖 3 所示，雷射光透過第一個分光鏡組時，被分成二道光束，其中一道為約 30% 的雷射光，而另一道則為約 70% 的雷射光。本實驗的 Y 軸光路，即使用 30% 的雷射光束，此光束經過第二鏡組時，即被分為兩道相同強度的反射與穿透雷射光束。反射光束直接進入光偵測器，而穿透光束則進入第三個鏡組。此第三鏡組係由一個分光鏡與反射鏡組成，將進入的光束再分成穿透光與反射光，此穿透光由 M1 鏡片反射回來，而反射光則由 M2 鏡片反射回來。此兩道反射光通過第三鏡組與第二鏡組的分光鏡，再進入光偵測器。由 M1 與 M2 反射回來的光束的路徑長度的差異所產生的干涉條紋，即可量測平移台在 Y 方向的位移數量。

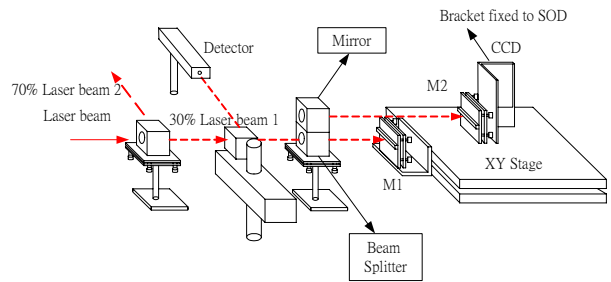


圖 3 Y 軸雷射光路架構圖

本實驗的 X 軸光路係使用 70% 強度的雷射光束，如圖 4 所示，X 軸光路走向與上述 Y 軸光路走向相似，亦使用由 M1 與 M2 鏡片反射回來的光束的路徑長度的差異所產生的干涉條紋，來量測平移台在 X 方向的位移數量。值得注意的是，顯示於圖 3 與 4 的 M2 參考鏡組係採用平面鏡並架設於相機上，於二維量測過程中，此鏡組係固定不動。然而固定於平移台上的 M1 移動鏡組係採用塊規當作反射鏡，其位置會隨著量測的需要而變動。

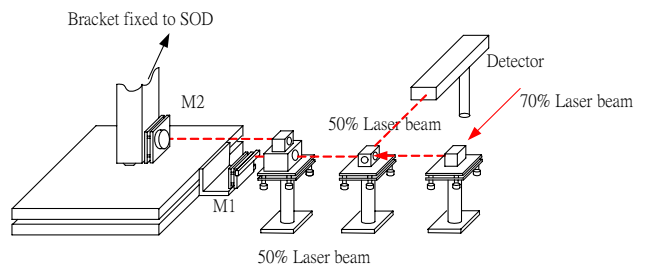


圖 4 X 軸雷射光路架構圖

### 3.2 量測系統校正

本文利用四象限干涉儀調整雷射與 M1 鏡組的垂直度，使由雷射頭所射出的雷射光經過反射鏡反射後，可以回到雷射頭的位置。首先於 X 軸向，來回移動 XY 平台，此時，Y 軸向的 M1 反射光點將偏左或偏右，而此結果會顯示於四象限干涉儀的指針上。藉此可調整 M1 反射光點位置，使與雷射頭射出的光點近幾乎在一條直線上。接著依照前法移動 XY 平台的 Y 軸，以四象限干涉儀調整 X 軸向上的 M1 位置。本

文以 Y 軸向所調整出的光點高度為基準，將 X 軸向的所有反射光點的高度調整至與 Y 軸光點高度幾乎一致，然後反射回雷射頭。

經過四象限干涉儀的校正之後，需調整 M1 與 M2 兩鏡組反射光束的 alignment，以產生干涉。本文利用各種反射鏡將反射後的光點引出，並將光點打數公尺遠處，以便調整兩鏡組反射光束的 Alignment，以得到所需要的干涉。

鏡組調整後，溫度的變化、雷射雜光的影響、馬達移動時些微的震動、以及人員的走動，皆將影響量測精度。圖 5 顯示，平台於 Y 方向移動時，所產生的 X 軸向量測誤差。而圖 6 則顯示平台於 X 方向移動時，所產生的 Y 軸向量測誤差，圖 7 與 8 分別顯示，在 X 與 Y 軸向分別移動 12 mm 以後，雷射讀值的震盪情形。

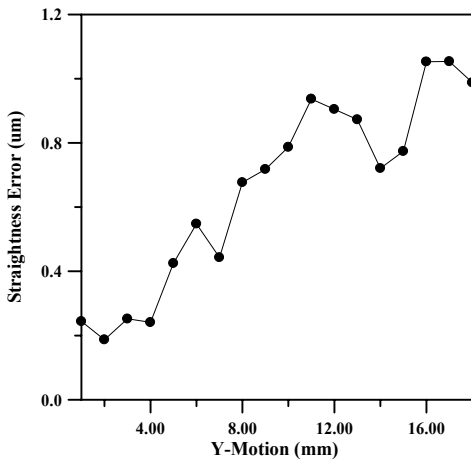


圖 5 Y-axis horizontal straightness

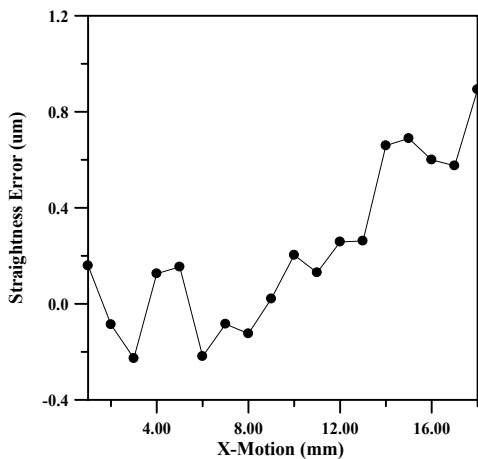


圖 6 X-axis horizontal straightness

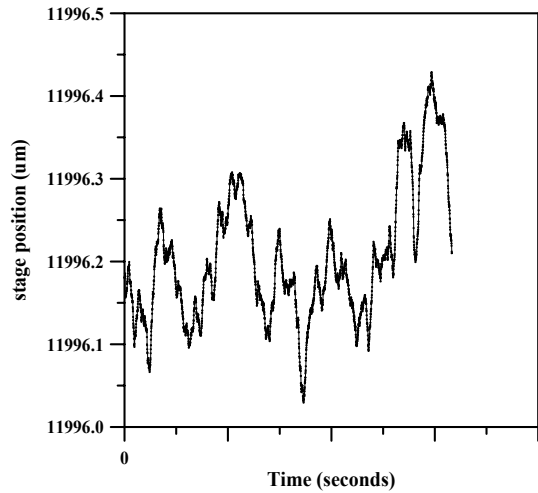


圖 7 X-axis stability for 12 mm displacement

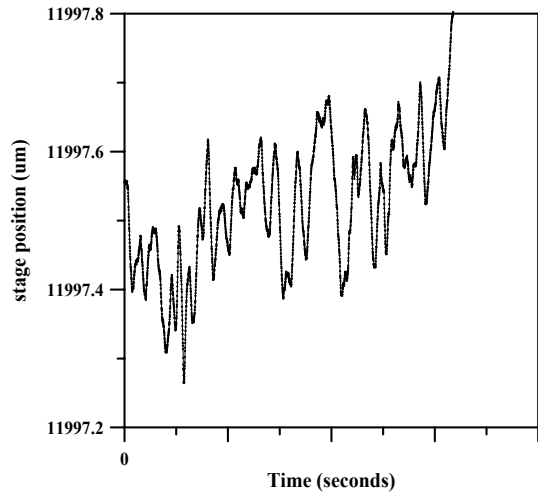


圖 8 Y-axis stability for 12 mm displacement

### 3.3 次像素精度邊界點位置之求取

對任一影像  $f(x, y)$  而言，其待測目標邊緣附近區域，常有顯著的灰階變化。使用 Sobel Operator 可將待測目標的邊緣以灰階梯度  $g(x, y)$  突顯出來。此灰階梯度的大小可表示為

$$g = \sqrt{S_x^2 + S_y^2} \quad (1)$$

式中的  $S_x$  與  $S_y$  可由下列遮罩之迴旋運算求得。

$$S_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad S_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

以遮罩  $S_x$  與  $S_y$  對影像作運算，其結果相當於對影像的  $x$  與  $y$  方向分別作偏微分，而最大灰階變化量即為

$g$ 。

圖 9 所示為一 Olympus 70  $\mu\text{m}$  標準試片之影像，圖中的框選區域則為作 Sobel 運算後之結果。若於此框選區域內，沿著某一穿過邊緣的水平線觀察灰階梯度的分佈情形，則可發現其分佈大致呈現如圖 10 所示的常態分佈。因此，可以下式求取  $\bar{x}$  各點的位置：

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n g_i \times x_i}{\sum_{i=1}^n g_i} \quad (2)$$

同理，可以下式求取水平邊緣上各點的位置：

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n g_i \times y_i}{\sum_{i=1}^n g_i} \quad (3)$$

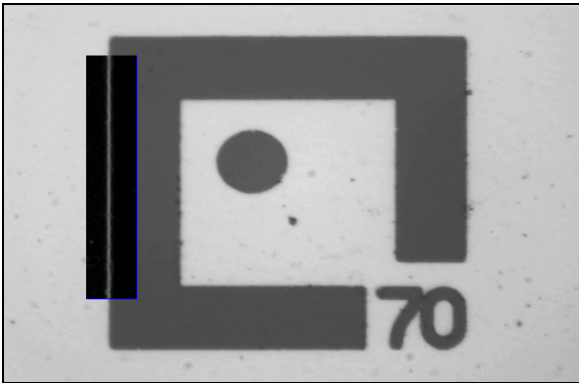


圖 9 Olympus 70  $\mu\text{m}$  標準試片影像

本文以 Luo 等作者[8]所提出的演算法，求取水平或垂直邊界點位置。對於如圖 11 所示的傾斜邊，亦可沿著穿過此一傾斜邊緣的水平或垂直方向，求取傾斜邊緣邊界點附近區域的灰階梯度，再以上述方法求取邊界點位置。沿著位於圖 11 所示位置的垂直線求取的灰階梯度，即顯示於圖 12。由圖 12 可知其灰階梯度分佈仍屬常態分佈。

經由次像素邊緣搜尋法求得邊界上各點座標後，可利用這些邊界點求取邊界之直線方程式。本文以 Luo 等作者[8]提出的缺陷排除最小平方法，進行邊緣直線方程式的求取。假設欲在  $d$  步驟內排除  $R\%$  的  $N$  個邊界點，則以下述之演算法精確求取邊緣之直線方程式。

1. 將  $N$  個邊界點座標位置代入最小平方直線逼近法，求取最接近這  $N$  個邊界點的直線方程式  $L$ 。
2. 計算  $N$  個邊界點與  $L$  間垂直距離的平方值，並將這些值由大而小進行排序後，以  $n=1$  排除前  $M1$  ( $M1 = (n + 0.5/d) \times R\% \times N$ ) 個邊界點。再以剩下的邊界點座標位置代入最小平方直線逼近法，重新求取直線方程式  $L$ 。

3. 重新計算  $N$  個邊界點與  $L$  間垂直距離的平方值，並將這些值由大而小進行排序後，排除前  $M2$  ( $M2 = (n/d) \times R\% \times N$ ) 個邊界點，再以剩下的邊界點座標位置代入最小平方直線逼近法，求取新的直線方程式  $L$ 。
4. 重複循環(2)與(3)直到  $n = d$  為止。

對一待測目標邊緣而言，其最大之灰階變化梯度，係位於邊界點的法線方向。因此，對一傾斜邊緣而言，若能於邊界點法線方向求取其鄰近點的灰階梯度，則可藉此灰階梯度分佈圖，計算邊界點位置。本文以上述方法，先粗略求取傾斜邊界點之位置，以及直線方程式，再自各邊界點的法線方向求取灰階梯度分佈，以精確計算傾斜邊界點之位置座標。

如圖 13 所示，本文於此法線上，選取幾個間距皆為 1 pixel 之座標點，並求取各點之灰階梯度值。圖 14 顯示此傾斜邊法線方向的灰階梯度分佈，亦屬常態分佈，因此可以式(2)或(3)求取傾斜邊緣邊界點之校正座標，再以缺陷排除最小平方法求取傾斜邊緣之直線方程式。

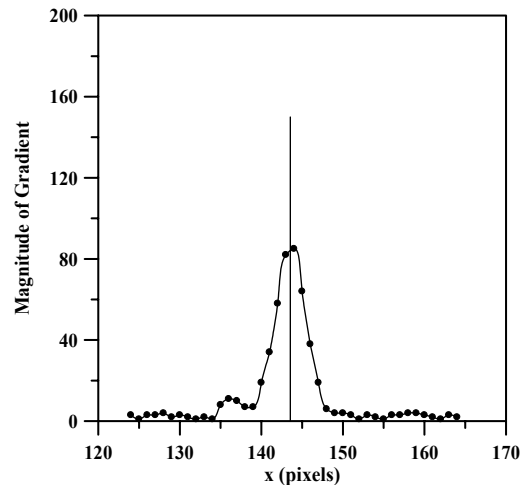


圖 10 邊緣法線方向灰階梯度分佈情形

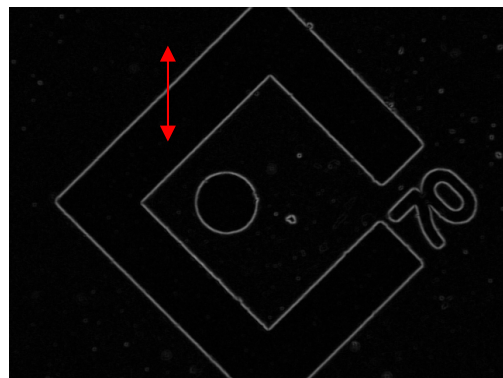


圖 11 於垂直方向搜尋邊界點

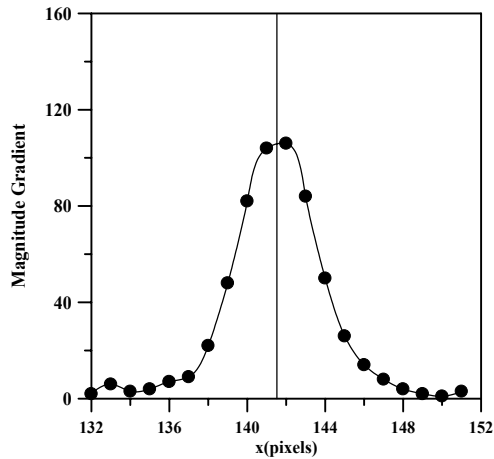


圖 12 灰階梯度分佈圖

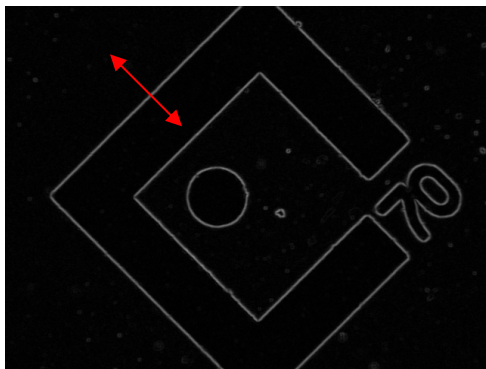


圖 13 於法線方向搜尋邊界點

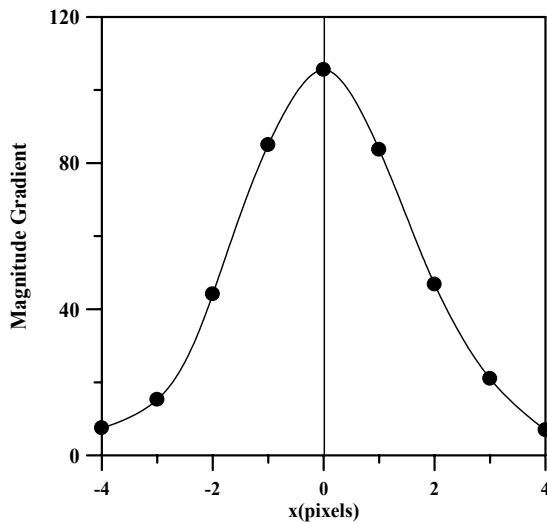


圖 14 傾斜邊法線方向灰階梯度分佈情形

### 3.4 Scale factor 之求取

調整鏡組之後，必須先求取擷取影像的 Scale Factor，才能進行試片的量測動作。本文利用標準試片，配合雷射干涉儀測量試片移動的距離，以求得 Scale Factor。以平移台移動標準試片使其至 CCD 相機可視範圍內邊緣，如圖 15(a)所示，並使試片邊緣位

於影像平面上方處，同時亦將雷射干涉儀數值歸零，擷取此影像邊緣。開始雷射干涉儀計數，並移動 XY Stage，使此邊緣位於影像平面下方處，如圖 15(b)所示，擷取邊緣處影像與雷射數值，並計算試片移動距離  $D_{laser}$ 。分別於兩張影像中求取該邊緣的直線代表方程式，重疊兩張影像的座標系統，並計算兩直線方程式的相對像素距離  $D_{image}$  (pixels)，再由下式求得 Scale Factor。

$$SF = D_{laser} / D_{image} \quad (\text{mm/pixel}) \quad (4)$$

本文執行上述實驗 30 次，並取其平均值，作為 Scale Factor。圖 16 與 17 則分別表示於 X 與 Y 軸向量測 Scale factor 的穩定性。

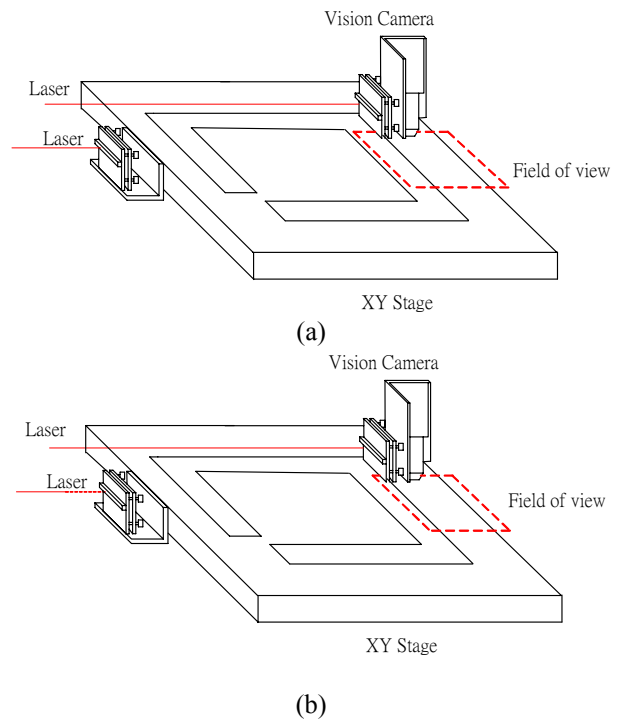


圖 15 求取 Scale factor 之示意圖

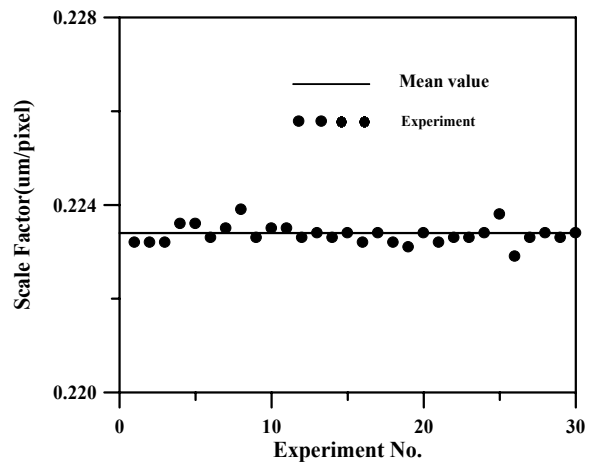


圖 16 X 方向之 Scale Factor



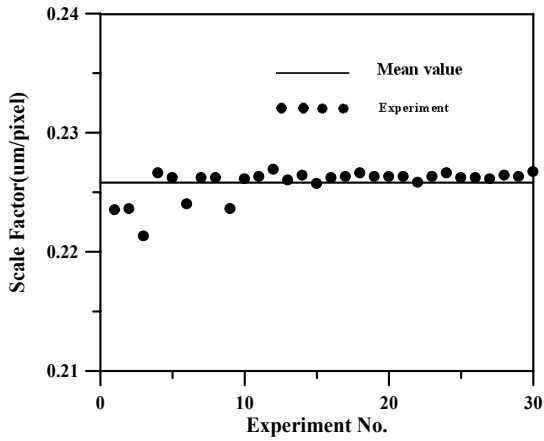


圖 17 Y 方向之 Scale Factor

### 3.5 二維量測

本文以所發展的雷射視覺系統進行 Olympus 標準片的二維量測。此標準片之示意圖顯示於圖 18，本文主要為測量 L1 與 L2 之尺寸。將 Olympus 標準片置放於 XY Stage，移動試片使其某一角落至 CCD 相機之觀察範圍並內擷取影像，如圖 19(a)所示之虛線位置。開始雷射干涉儀計數，並再以平台移動試片，使其對角角落在相機之觀察範圍內，再擷取一張影像，如圖 19(b)所示之實線位置，平台移動到定位後，雷射干涉儀計數便停止，同時紀錄雷射干涉儀數據以計算平台於各軸之移動距離。圖 19 所示的  $DL_x$  與  $DL_y$  即為雷射量測值，分別代表試件於水平與垂直方向的移動距離。接著以上述方法分別求取試件左上角落與右下角的兩邊緣直線，並置於同一影像平面上，如圖 20 所示。

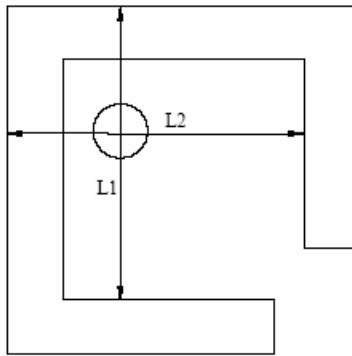


圖 26 Olympus 標準片

本文於試件左上角落點  $P_1(x_1, y_1)$ ，建立一座標系統  $x'-y'$ ，其  $x'$  軸與  $y'$  軸即位於左上角落之兩邊緣，如圖 21 所示。

在  $x'-y'$  座標系統下， $\overrightarrow{D\bar{I}}$  (亦即  $\overrightarrow{P_1P_2}$ ) 向量可以下式表示為

$$\overrightarrow{D\bar{I}} = \begin{bmatrix} DI_{x'} \\ DI_{y'} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} (x_2 - x_1)SF_x \\ (y_2 - y_1)SF_y \end{bmatrix} \quad (5)$$

而雷射量測值  $DL_x$  與  $DL_y$ ，亦可以下式轉換為相對於

$x'-y'$  座標系統的量測值  $DL_{x'}$  與  $DL_{y'}$ ，如圖 21 所示。

$$\begin{bmatrix} DL_{x'} \\ DL_{y'} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \cos\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} DL_x \\ DL_y \end{bmatrix} \quad (6)$$

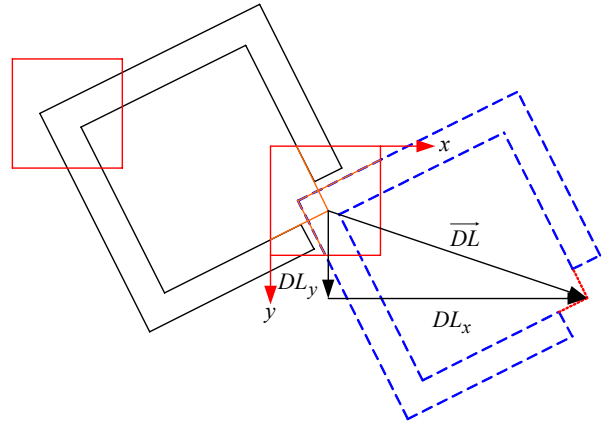


圖 19 傾斜試件二維量測示意圖

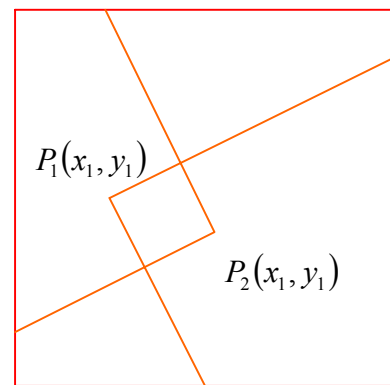


圖 20 擷取角落座標示意圖

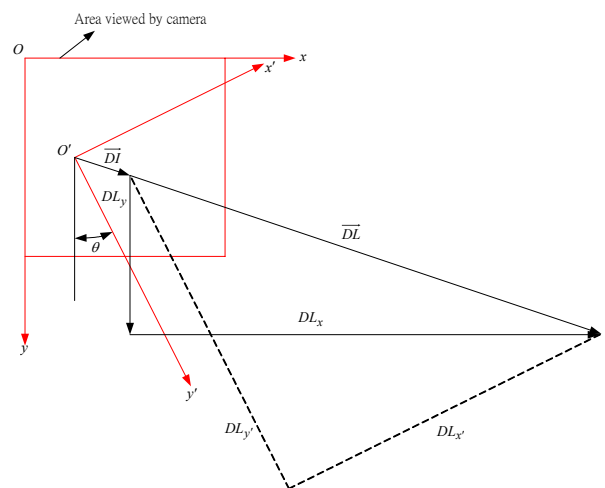


圖 21 量測試件尺寸示意圖

由式(5)與(6)，即可以下式求取試件之尺寸  $D_{x'}$  與  $D_{y'}$ ，如圖 21 所示。

$$\vec{D} = \begin{bmatrix} D_{x'} \\ D_{y'} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} DI_{x'} + DL_{x'} \\ DI_{y'} + DL_{y'} \end{bmatrix} \quad (7)$$

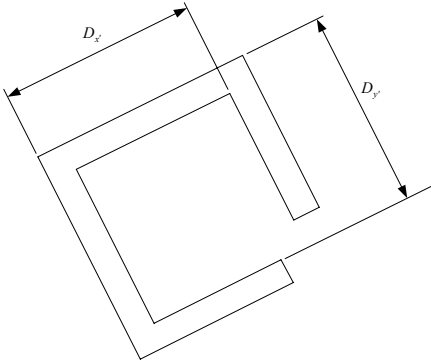


圖 21 雷射視覺系統量測尺寸示意圖

對於較小尺寸的標準片而言，其整體形狀皆在相機觀察範圍之內，如圖 22 所示。此時，不需使用雷射干涉儀，來計算試件之移動距離。如前所述，可求取左上角落兩外側邊緣之直線方程式，並得到角落座標  $P_1(x_1, y_1)$ 。同時，亦可求取右下角兩內側邊緣之直線方程式，並得到角落座標  $P_2(x_2, y_2)$ 。於  $P_1(x_1, y_1)$  點建立  $x' - y'$  座標系統，其  $x'$  與  $y'$  軸則分別座落在兩外側邊緣上。在  $x' - y'$  座標系統下， $\overrightarrow{P_1P_2}$  可表示為

$$\overrightarrow{P_1P_2} = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} (x_2 - x_1) \cdot SF_x \\ (y_2 - y_1) \cdot SF_y \end{bmatrix} \quad (8)$$

式(8)所示的兩分量即為所求的試片尺寸。 $\Theta=0^\circ$  時，也可使用式(8)對試片進行量測。

#### 四、結果與討論

本研究使用上述系統，量測圖 26 所示的 Olympus 標準片，此等標準片上計有  $30\mu\text{m}$ 、 $50\mu\text{m}$ 、 $70\mu\text{m}$ 、 $100\mu\text{m}$  以及  $150\mu\text{m}$  等五種量測規格。首先，將 Olympus 標準片之位置擺正，使其邊緣盡量與影像平面座標系統之  $x$  軸與  $y$  軸平行，而  $x$  軸與  $y$  軸亦調整至與移動平台之兩軸幾乎平行。由於標準片之邊緣幾乎平行影像平面座標軸，因此可以自水平向或垂直向求取邊緣點位置，再以缺陷排除最小平方方法求取邊緣之直線方程式。本視覺系統可觀察尺寸為  $70\mu\text{m}$  以下的整個標準片，因此求得兩相對邊緣直線之間距後，再乘以 Scale Factor，即可得到欲量測的尺寸  $L1$  與  $L2$ 。對於尺寸大於  $70\mu\text{m}$  的標準片，則需以前述之方法進行量測。表 1 即顯示所得之量測值。

接著，將 Olympus 標準片斜放，使其邊緣與影像平面座標軸間的夾角約為  $15^\circ$  左右。本文先自水平或垂直方向搜尋邊緣之邊界點，再以缺陷排除最小平方方法求取邊緣之直線方程式。利用上述求得之邊緣邊界點以及直線方程式，再沿邊緣法線方向搜尋各邊界點，得到校正邊界點座標值，即可由缺陷排除最小平方方法重新求得邊緣之直線方程式。表 2 即顯示標準片之量測結果。同時，本文亦將 Olympus 標準片分別斜放  $30^\circ$

與  $45^\circ$ ，並進行上述之實驗，其結果與斜放  $15^\circ$  時的量測值相似。量測結果顯示，本系統之量測值與 Olympus 之量測值頗為相近。

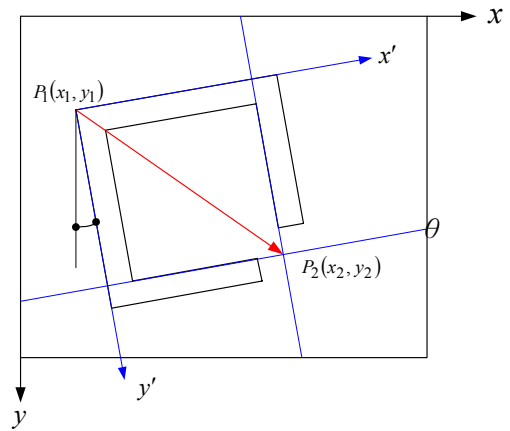


圖 22 較小尺寸試片影像示意圖

#### 五、計畫成果自評

本研究內容與原計畫之相符程度約為 90%，並已達成下列之原計畫預期目標：

1. 完成(1) X 與 Y 軸雷射光路之架構以及 X 與 Y 軸雷射干涉儀之校正以量測雙軸移動平台之位移量，(2) 次像素尋邊以及缺陷排除最小平方法精確求取物件邊緣以及角落位置，以增進系統之量測精度，(3) 求取影像之 Scale factor。
2. 整合雷射干涉儀、機器視覺以及移動平台，以進行 Olympus 標準片之二維量測，並評估本系統之量測精度。
3. 參與本計畫之人員充分瞭解雷射干涉儀之原理與應用，並深入研究機器視覺、影像處理之理論與技術。

由於時間所限，本研究並未進行光罩或微夾爪之量測，而改以量測 Olympus 標準片並評估系統之量測精度。但本研究除可在學術期刊發表外，並可作為二維檢測之重要參考。

#### 六、參考文獻

1. Miguel, P. C., King, T., and Davis, J., "CMM Verification: a Survey," *Measurement*, 17, No.1, 1-16 (1996).
2. Hansen, H. N. and Chiffre, L. D., "An Industrial Comparison of Coordinate Measuring Machines in Scandinavia with Focus on Uncertainty Statements," *Precision Engineering*, 23, 185 - 195 (1999).
3. Weckenmann, A., Knauer, M., and Killmaier, T., "Uncertainty of Coordinate Measurements on Sheet-Metal Parts in the Automotive Industry," *Journal of Materials Processing Technology*, 115, 9 - 13 (2001).
4. Liao, J. B., Wu, M. H., and Baines, R. W., "A Coordinate Measuring Machine Vision System,"

- Computers in Industry*, 38, 239–248 (1999).
5. Chan, V. H., Bradley, C., and Vicders, G. W., “A Multi-sensor Approach to Automating Coordinate Measuring Machine-Based Reverse Engineering,” *Computers in Industry*, 44, 105-115 (2001).
  6. Carbone, V., Carocci, M., Savio, E., Sansoni, G., and Chiffre, L. D., “Combination of Vision System and a Coordinate Measuring Machine for the Reverse Engineering of Freeform Surfaces,” *Advanced Manufacturing Technology*, 17, 263 – 271 (2001).
  7. Vira, N., Alagudu, M., “Precision Measurements and Control of an Automated Two-dimensional Grid Plate Testing Machine,” *ISA Transaction* 34, 101-116 (1995).
  8. Luo, P.F., Pan, S. P., and Chu, T. C., “Application of Computer Vision and laser interferometer to the inspection of Line Scale,” *Optics and Lasers in Engineering*, 42(5), 563-584 (2004).

Olympus specimen		Laser-and-Vision Measurements ( $\mu\text{m}$ )		Olympus ( $\mu\text{m}$ )	
		Mean value	Std. Deviation	Measurements	Uncertainty
30 $\mu\text{m}$	L1	29.9648	0.0424	30.0	$\pm 1$
	L2	29.9653	0.0356	30.0	$\pm 1$
50 $\mu\text{m}$	L1	49.8984	0.0639	50.0	$\pm 1$
	L2	50.0842	0.0436	50.1	$\pm 1$
70 $\mu\text{m}$	L1	69.9183	0.0438	70.1	$\pm 1$
	L2	70.0572	0.0326	70.1	$\pm 1$
100 $\mu\text{m}$	L1	99.8633	0.1012	99.9	$\pm 1$
	L2	100.5077	0.0799	100.2	$\pm 1$
150 $\mu\text{m}$	L1	150.2001	0.1232	150.2	$\pm 1$
	L2	150.5290	0.1007	150.0	$\pm 1$

表 1 雷射視覺量測系統與 Olympus 量測結果之比較

Olympus specimen		Laser-and-Vision Measurements ( $\mu\text{m}$ )		Olympus ( $\mu\text{m}$ )	
		Mean value	Std. Deviation	Measurements	Uncertainty
30 $\mu\text{m}$	L1	30.0956	0.0176	30.0	$\pm 1$
	L2	29.9811	0.0141	30.0	$\pm 1$
50 $\mu\text{m}$	L1	50.2054	0.0436	50.0	$\pm 1$
	L2	50.0534	0.0297	50.1	$\pm 1$
70 $\mu\text{m}$	L1	70.3313	0.0408	70.1	$\pm 1$
	L2	70.0431	0.0175	70.1	$\pm 1$
100 $\mu\text{m}$	L1	100.1034	0.0928	99.9	$\pm 1$
	L2	100.0963	0.1234	100.2	$\pm 1$
150 $\mu\text{m}$	L1	150.5167	0.1127	150.2	$\pm 1$
	L2	150.0074	0.1314	150.0	$\pm 1$

表 2 雷射視覺量測系統與 Olympus 量測結果之比較



# 可供推廣之研發成果資料表

可申請專利

可技術移轉

日期：93年10月26日

<p><b>國科會補助計畫</b></p>	<p>計畫名稱：應用雷射與機器視覺於二維高精度量測 計畫主持人：羅鵬飛 計畫編號：NSC 92-2212-E-216-004-學門領域：自動化</p>
<p><b>技術/創作名稱</b></p>	<p>二維視覺檢測系統</p>
<p><b>發明人/創作人</b></p>	<p>羅鵬飛</p>
<p><b>技術說明</b></p>	<p>本技術結合雷射干涉儀、視覺系統以及二維精密移動平台，發展一工作範圍為18 mm × 18 mm 的高精度視覺檢測平台系統。本技術將視覺系統置於三次元量床（CMM）之Z軸上，並於CMM床台上架設雷射、分光鏡與反射鏡組以及X-Y移動平台。經由移動平台可移動待測物件的兩特徵點(如角落)至相機可視範圍，再分別擷取含有此二特徵點的兩張影像。藉由雷射干涉儀量取平台移動之位移量，以及於同一影像平面下求取兩特徵點相對距離，即可求得此兩特徵點之實際距離。同時，本文以次像素尋邊以及缺陷排除最小方法精確求取物件邊緣以及角落位置，以增進系統之量測精度。</p> <p>The laser interferometer, vision system and a two-dimensional precision translation stage are used to develop a high precision measuring station with a working range of 18 mm × 18 mm. The vision system is installed at the Z-axis of a CMM, and the laser, the split and reflection mirrors, and the X-Y stage are mounted on the platform of the CMM. The object inspected by the laser-and-vision system is moved using an X-Y table so that the camera can take the images of the feature points (such as corners) of the object at two different positions. Meanwhile, the displacement of the X-Y table is measured using laser interferometer. Putting the two feature points in one image, the distance between them can be evaluated under the image plane coordinate system. By adding the displacement measured by laser interferometer, the real distance between these two feature points is obtained. Image processing techniques such as edge location to subpixel resolution and boundary curve extraction are used to obtain the feature points to improve the measurement accuracy of the laser-and-vision system.</p>
<p><b>可利用之產業及可開發之產品</b></p>	<p>可應用於需二維檢測之產品並開發二維精密檢測平台。</p>
<p><b>技術特點</b></p>	<p>結合雷射干涉儀、視覺系統以及雙軸移動平台，可執行大範圍之二維精密檢測。</p>
<p><b>推廣及運用的價值</b></p>	<p>可協助業界開發二維視覺檢測平台。</p>

- ※ 1. 每項研發成果請填寫一式二份，一份隨成果報告送繳本會，一份送 貴單位研發成果推廣單位（如技術移轉中心）。
- ※ 2. 本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。
- ※ 3. 本表若不敷使用，請自行影印使用。