

捌、聲明事項

本案係符合專利法第二十條第一項第一款但書或第二款但書規定之期間，其日期為：_____

本案已向下列國家（地區）申請專利，申請日期及案號資料如下：

【格式請依：申請國家（地區）；申請日期；申請案號 順序註記】

1. _____
2. _____
3. _____

主張專利法第二十四條第一項優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；日期；案號 順序註記】

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____
8. _____
9. _____
10. _____

主張專利法第二十五條之一第一項優先權：

【格式請依：申請日；申請案號 順序註記】

1. _____
2. _____
3. _____

主張專利法第二十六條微生物：

國內微生物 【格式請依：寄存機構；日期；號碼 順序註記】

1. _____
2. _____
3. _____

國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】

1. _____
2. _____
3. _____

熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

玖、發明說明

(發明說明應敘明：發明所屬之技術領域、先前技術、內容、實施方式及圖式簡單說明)

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關於一種求取相機光學投射參數的方法及其裝置，且特別是一種針對嚴重偏離線性投射機制的鏡頭（如：魚眼鏡頭）所提出之解析相機光學參數（含失真中心、投影中心、投射曲線、失真分析、與焦距常數）的方法以及實行該方法的裝置。

【先前技術】

爲了量測的準確度，人工視覺（artificial vision）系統使用的相機裝置喜用小視角的鏡頭，以使得攝取到的影像盡量符合理想的透視投射機制（perspective projection mechanism）；事實上，針孔成像原理的透視投射模型經常是演繹相機參數的參考。通常相機偏離預設投射機制很少，可利用一個以像高爲變數的二次多項式非線性函數很準確地來描述像高偏差模式。如此所得到的相機內部（intrinsic）與外部（extrinsic）光學參數值可用來組成具有精確度的視覺應用，如三維立體推斷（3-D cubical inference）、立體視覺（stereoscopy）、自動光學檢查（automatic optical inspection）等等；但是，目前這類應用的共同限制是其視角小與景深短。

魚眼鏡頭（fisheye lens）能夠聚焦影像更廣更深，將之裝置在相機上可以攫取到無限景深的清晰影像，其視野

甚至可以超過 180 度，但是卻連帶具有劇烈的桶狀失真（barrel distortion）。若將魚眼鏡頭應用在監視系統上，只要求能夠看到監視範圍內之人或物的動向，則還可以忍受畫面失真；若是用於製作虛擬實境（Virtual Reality）的影像，只要求目視影像正常，那麼還可達到。但若想辨認實物尺寸大小或發展量測學，則尚缺精確的相機參數求取技術。

由於魚眼相機的鏡頭幾何（optics geometry）與線性透視投射模型差異很大，若以線性透視投射機制為建立魚眼相機投射模式的參考，則其相機光學參數無法如一般相機般被準確地演繹。因此，大量於視覺科學已發展成熟的技術無法被運用來處理魚眼相機取得的影像。

R.Y. Tsai【1987】提出以鏡頭組具有光學軸圓對稱的投射幾何機制之徑向對齊的限制條件（radial alignment constraint）來推導相機參數的方法，其參考視野空間已知絕對位置的不共面五校正點與其對應影像的座標位置（指校正點的絕對座標位置和影像平面點位置），根據光學軸的徑向對準（radial alignment）限制條件，演繹表示成像機制的旋轉和位移的特性矩陣用來得到相機的方向、位置及定相機的投影中心（viewpoint, VP）；而焦距（focal length）則以影像中間區域成像機制完全符合線性投影投射的假說來演繹得到，最後再以非線性函數來描述整體影像的失真機制。它主要的優點是可用簡單的實驗裝置得到相機的參數，在失真度較小的鏡頭，其演算結果相當地準

確；然而因其設定的假說是鏡頭的投射函數接近於線性投射，所以其演算法應用於魚眼鏡頭（其嚴重偏離線性投射機制）時，演算得到的相機參數誤差很大，且結果可預期將和校正點的預先布置相依，因此，此種校正法不能直接沿用到具有魚眼鏡頭這般大量偏離線性透視投射的廣角鏡頭上。

無論如何，人工視覺系統若能夠兼具大視角、影像清晰又可精確地掌握立體投射機制，則其應用領域當更廣泛，功能更強且具市場實用性。魚眼鏡頭跟同樣視角的廣角鏡頭而言，具有無限聚焦的景深、結構牢靠而簡單且具有可微小體積化的優點。然而嚴重變形的影像在一些運用有其致命的缺點，因此鑑定魚眼鏡頭特性及其非規則的成像機制並進而發展校正學，是一很重要的課題。又，影像校正的精確度影響及所應用的範圍，如：一般採用魚眼鏡頭的內視鏡系統或自走機器人的視覺系統，在未能得到精確的相機光學參數的情況下，難以被高精確度的控制。

由於以往利用線性透視投射模式為基礎來演繹魚眼相機參數的準確度不佳，因此陸陸續續有其他變通的方法被提出來處理魚眼影像的轉換。其中一種方法係以裝置的鏡頭將使相機成影符合一“專一投射函數”來呈現而直接由影像為演算根據設。請參照「第 1 A 圖」與「第 1 B 圖」，其中「第 1 A 圖」顯示一個已被框出邊界的圓形成影區域 1，而「第 1 B 圖」則為對應「第 1 A 圖」之半球體空間投射對映關係；兩張圖中皆標示了影像點的光軸偏折角

(zenithal distance；影像點對應於物體空間中的入射線與光學軸 21 的夾角，以下以 α 表示之) 與光軸圍繞角 (azimuthal distance；以失真中心為原點，將影像點表示成極座標的角度分量，以下以 β 表示之)。引用地球儀的定位觀念， β 為赤道平面以設定的本初子午線 (prime meridian) 13 的映射線 13' 為參考基準，失真中心 C 為原點所形成的夾角。因此 $\pi/2-\alpha$ 即為緯度、 β 即為經度。因此，若是複數個影像點落在成影區域 1 的同一條半徑上，則這些影像點所對映的空間入射線的軌跡位於同一方位平面 (meridional plane) 上 (即：弧 C'E'G' 與球半徑所定義的平面)，也就是其 β 角為同一常數，如「第 1 A 圖」中的 D、E、F、G 點對應「第 1 B 圖」中的 D'、E'、F'、G' 點。(註：這個現象並非只存在魚眼鏡頭，事實上這個現象在直線透視投影鏡頭時，是 Tsai 氏發展方法學的徑向對準限制(Radial Alignment Constraint)條件。

上述以影像為基礎的演算法除了假設魚眼鏡頭符合一“專一投射函數”之外，更設定了數個假設前提：第一，假設魚眼相機攝取的影像 (以下簡稱為魚眼影像) 是圓形或橢圓形且其長軸 11 與短軸 12 (或二直徑) 的交點即為影像的失真中心 (principal point，即光學軸 224 投射的影像)；第二，假設影像邊緣係由水平光線 (即 $\alpha=\pi/2$) 映射而得；第三，假設 α 與像高 (principal distance，以下以 ρ 表示之) 間恰好是線性比例的關係，其中定義 ρ 為成影區域 1 上一影像點與失真中心間的相對距離。例如「第 1 A

圖」中 E 點對 C 點的距離恰好是半徑的一半，因此推測 E 點的 $\alpha=\pi/4$ ，而由此定出的視野線 (sight ray) 也決定了半球體視野空間中對應的視野線會通過 E' 點；其餘以此類推。至於影像點的座標，可以用直角座標系統 (Cartesian coordinate system) 表示成 (u,v) 或是利用極座標系統 (polar coordinate system) 表示為 (ρ,β) ，這二種座標表示方式皆設定失真中心為座標原點；而其對應的視野線空間向量座標可用 (α,β) 表示。

雖然習知技術中並未討論這個“專一投射函數”為何，但實際上具有這種成像能力的鏡頭在光學領域謂之等距離投射 (equidistant projection，以下簡稱為 EDP)，且假設其剛好擁有 180 度視野角 (以下合稱為 $EDP\pi$)；等距離投射的投射函數為 $\rho=k\alpha$ ，其中 k 為一常數，且當鏡頭符合 $EDP\pi$ 時， k 即是鏡頭的焦距常數 f (focal length constant)。要使一個相機符合於這些條件，是必須有合格的相機配合合格的鏡頭。一般這是一種特殊的組合，而無通用性。根據 $EDP\pi$ 的前提，焦距常數 f 可由成影區域 1 的半徑除以 $\pi/2$ 而得到；由影像平面座標 (u,v) 亦可以輕易地解析出其對應之入射光線的空間投射角度 (α,β) 。

因此，藉由上述習知技術的解析方式，“理想的 $EDP\pi$ ”魚眼影像可以被轉換成直線透視投射 (rectilinear perspective projection)。此種以只用影像為基礎的演算法簡單且不需額外校正物。並且其可轉換的參考機軸並不限制在原生光學軸。

在專利的揭露上，美國專利 5,185,667 即依循「第 1 A 圖」與「第 1 B 圖」所呈現的投射成像機制來演繹演算法以轉換魚眼影像為符合於線性透視投射模式，用來呈現半球形視野（垂直 180 度、水平 360 度），並將之應用在內視鏡、監視系統與遠端控制等實施樣態上（美國專利 5,313,306、5,359,363、5,384,588）。但是，值得注意的是：這一系列的美國專利中並未具體論證使用的鏡頭是否適用這種機制，致使其影像轉換的精確度受到質疑；目前實務上，系統應用製造商要求使用特殊規格的魚眼鏡頭結合到特定的相機機體，如此才能使該專利技術（美國專利 5,185,667）有商品化的價值。

無論如何，上述這種以影像為基礎的演算法，對大部分相機系統是不切實際的，因為它忽略了一些基本的因素與可能的變異。第一，請參照「第 2 圖」，其顯示三種典型的魚眼鏡頭投射曲線，其中被採用的 $EDP\pi$ 只是所顯示投射幾何的一個特例部份而已，鏡頭的原生投射機制可能是另外二種：立體圖形投射（stereographic projection，SGP， $\rho = 2f \times \tan(\alpha/2)$ ）或正交圖形投射（orthographic projection，OGP， $\rho = f \times \sin(\alpha)$ ）。而另一可能是視角的涵蓋範圍不為 π ，或許是更大或較小些；再者，由圖中可以看出這三種魚眼鏡頭投射機制間的差異隨著入射光之 α 角的增加而明顯地變大，所以將所有魚眼鏡頭投射模型皆鎖定在 EDP 及具有 π 視角是不合理的。第二，光從魚眼影像是無法判斷鏡頭的視野角度是否為 π ，因為無論鏡頭的

視角大小，成影區域 1 呈現的形狀總是圓形（或橢圓形）。第三，就算確定視角剛好是 π ，但是射頻能量響應（radiometric response）呈徑向衰減是一般鏡頭的普遍現象，尤其是在較大視角範圍更為明顯，此會造成影像強度在成影區域 1 邊緣處急劇下降，尤以低價、簡單的鏡頭最為嚴重；另外由於繞射現象，讓所謂的影像邊界很難被精確地定出。總結以上觀點，無論鏡頭是否符合完美的 EDP π 假設，這種以影像為基礎的模式不但精確度低、演繹影像邊緣、定失真中心時易生誤差、萃取的成影區域 1 也受到質疑。而對於架設電腦視覺系統所需要的相機內、外部參數，都未解決。更無法求取用來表示相機置放位置的投影中心，這是應用在立體量測（3-D metering）的重要參數，因此實務應用上大受限制。而在影像感知器面積小於成影區域 1 時，影像邊緣無法觀察，這種以影像為基礎的演算法就束手無策了。

此外，根據 Margaret M. Fleck【Perspective Projection：The Wrong Image Model，1994】所提出的研究結果顯示：鏡頭的投射機制難以在可達視野範圍下符合單一的理想投射模式；而光學工程師也可以依照應用領域的需求，設計各種特殊投射機制的鏡頭，如瞳孔鏡頭（fovea lens），所以將等距離投射套用在所有魚眼鏡頭的假說非常牽強。

從另一方面來說，即使鏡頭在設計製造時是依照一定的投射規格，但受到使用材料光折射性質限制，不可能達到完美的設計，且製造完成後是否符合原來的預期則難以

驗證；進而，鏡頭在組裝入照相機體之後，其光學投射模式和組裝的機械的精確度相依，因此若是能有一簡單又通用的技術，可以檢驗鏡頭在共同組成的相機形成的光學規格，使得其出貨及應用時有較確定的基準，則可以大幅地增加它們的實用價值。

高斯光學模型（Gaussian Model）為一種很方便描述光學系統成像邏輯的方法。相機的誤差總以其為參考基準。它把一個相機視為一個特性可以被其數個「基點」（cardinal points）定義的功能「黑箱」（black box），意即在光線的投射行為時，可忽略其中複雜的光路投射幾何而直接根據基點邏輯地描述光線行進路徑。請參照「第3圖」，高斯光學模式所定義的基點包含第一與第二焦點 F_1 、 F_2 、第一與第二主要點 P_1 、 P_2 （principal point）以及第一與第二節點（nodal point），若光學系統的入射與出射介面為大氣（air），則節點可視為是主要點；此時，第一主要點 P_1 亦稱為前節點 $222'$ （front nodal point, FNP）而第二主要點 P_2 亦稱為後節點 $223'$ （back nodal point, BNP）。除此之外，定義二主要面（principal plane） 141 、 142 ，做為光線投射進入光學系統後轉折其行進方向的基準面，而二主要面 141 、 142 與光學軸 224 的交點即為二主要點 P_1 、 P_2 。根據這幾個基點與主要面 141 、 142 ，光線由無限遠處投射經過第一焦點 F_1 ，則會在第一主要面 141 轉折行進方向而平行光學軸 224 ，如圖中的直線 OC 與直線 CO' ；相反地，光線若是平行地入射光學系統中，則會

在遇到第二主要面 142 後轉折通過第二焦點 F2，如圖中的直線 OB 與直線 BO'。這樣的投射機制具有一個特性：由物體點 O 往第一主要點 P1 投射的光線（如圖中的直線 OP1），通過 P1 後轉折沿光學軸 224 行進，當通過第二主要點 P2 後再轉折使其依與直線 OP1 平行的方向繼續前進（如圖中的直線 P2O'），直到映射於感像元件上形成影像點 O'。也就是通過 P1 的入射光與 P2 的入射光行進路徑在空間上平行；而接近此現象的單一鏡片只有在薄透鏡的近軸區域。然而高斯光學模式是一般相機的追求的成像邏輯。而廣角鏡頭必須接近此成像機制，與魚眼鏡頭有所區別。

參考高斯模型，魚眼鏡頭沒有「單一」的投影中心，這是習知此技藝人士的觀點；但如能突破高斯光學模式的限制，解析出魚眼鏡頭的原生投影機制，且可在邏輯上定位「單一」投影中心並演繹其光學參數。如此，不但可增加魚眼影像解析的信賴度，更可進一步擴展魚眼鏡頭的應用領域及於立體影像量測學上。因此，本發明將精確地探討此一主題，使得相機參數化過程不受限於前述各種假設前提而精確地得到魚眼相機的光學參數。

【發明內容】

有鑑於此，本發明的目的為針對嚴重偏離線性透視投射機制的影像系統，提供一種解析其原生本質上光學投射特性的影像解析方法以及實現該方法的裝置。

本發明的另一目的為提供一種完全依據光學現象來定

出相機光學投射參數（含：投影中心、光學軸的方位、焦距常數、以及相機的投射機制）的方法以及實現該方法的裝置，使得魚眼相機可以被延伸應用在人工視覺的應用領域，如立體影像量測或三維定位。

本發明的另一目的是提出一種以影像平面座標為基礎的影像失真表示方式，可以直接由影像點座標位置對應的光軸偏折角焦距量化影像的失真度。

本發明的又一目的為提供一種可以檢驗鏡頭或以其所組成的相機裝置之空間投射機制的方法，以做為訂定產品規格或驗證產品品質的方法與裝置。

根據上述目的，本發明利用一中心對稱的圖靶影像的變形狀況，調整相機的絕對方位達到和圖靶特徵相似的影像，以取得用來描述視野空間與影像平面間之投射行為的物像共軛座標對陣列（物像共軛座標對是指由圖靶上校正點的絕對座標和對應的影像平面座標所組成的座標對）為取樣數據，從而演繹影像（座標點）和視野空間（投射線）的投射關係。由此可得到相機系統的光學參數。

本發明實現方式未參酌任何既有的封閉形式投射函數的假說，直接由已知的校正點的絕對座標和其顯現的影像位置之映射關係演繹相機的光學投射機制並量化相機參數，這是本發明的最主要特色。本發明揭露的技術突破了習知技藝認為是不可能的限制，其可以適用於魚眼相機或具有特殊投射函數的相機，甚至於當成反向工程，用來解析投射模式未明的相機鏡頭裝置。

由於本發明可以精確地演繹相機投射函數，因此其反投射函數可以校正失真影像（或轉換影像），並進而應用在立體影像、立體量測及三維定位的領域。

為讓本發明之目的、特徵、和優點能更明顯易懂，所以舉一典型的實施例，並配合所附圖式，作詳細說明如下。

【實施方式】

在開始說明實施例前，先定義本文將使用到的座標系統，以方便討論後續內容：

1. 絕對座標系統 $W(X,Y,Z)$ ，以圖靶布置中心為原點，以正交遠離圖靶方向定義 Z 基軸的參考方向。
2. 影像平面座標系統 $C'(x,y)$ 或 $P'(\rho,\beta)$ ，以失真中心為原點，將影像平面以直角座標或極座標表示。
3. 像素座標系統 $I(u,v)$ 這是可以直接觀察到的呈現在電腦系統顯示介面的影像的座標系統，以像素為單位。而失真中心成像在電腦系統顯示螢幕的 $I(u_c,v_c)$ 位置。基本上，相機映射到影像平面的尺寸 $C'(x',y')$ 或 $P'(\rho',\beta')$ 可以類比表現在 $I(u,v)$ 座標系統。而像素座標系統也表示成以 $I(U_c,V_c)$ 為原點的直角座標 $C(u,v)$ ，及 $P(\rho,\beta)$ 。
4. 相機外部座標系統 $N(\alpha,\beta,h)$ ，參考相機 22 視野，描述視野線幾何的座標系統。
5. 相機內部座標系統 $S(\alpha',\beta',f)$ ，描述相機 22 內部成像投射幾何。

後續實驗程序將於以下標表示特徵點的位置，以陣列順序表示實驗的取樣次序。如 $W_n(a,b,c)[k]$ 表示第 k 次實驗，校正點 n 的絕對座標位置在絕對座標的 (a,b,c) 位置。其餘類推；且在不影響內容的可讀性判斷時，將省略部份欄位。各個座標系統的實際例子將在文中適當時機引用。

魚眼鏡頭是一種嚴重偏離高斯光學模型的非線性投影鏡頭，意謂空間中投射軌跡無法以一般熟知之針孔模式（pinhole model）的線性透視投射機制來解釋。相較於其他鏡頭，魚眼鏡頭具有嚴重的桶狀失真（barrel deformation）；它常被利用來製造戲劇或特殊效果的影像，卻很難由影像直接判斷物體的原貌。然而，其成像機制仍具有一定規則：規則一，魚眼影像的失真程度於影像平面上呈中心對稱，此中心點稱為失真中心（principal point），光學投射軌跡於視野空間中則還型對稱於相機的光學軸；規則二，視野空間中同一特定視野線上的所有物體點，在影像平面上皆映射到同一特定影像點。其投射機制的假說可描述為：於視野（field of view，以下簡稱為 FOV）中發射自物體的入射光線（包含主動發光及反射光）會匯聚於空間中一唯一的光學中心（或稱為投影中心，viewpoint，簡稱為 VP），之後再根據投射函數折射並成像於影像平面上。上述的規則與假說是習知此技藝人士所熟知的現象與理論模型。

本發明將依據規則一之魚眼影像的失真對稱特性，配合一特別設計的圖靶，來定位影像平面上失真中心的位置

以及空間中光學軸的方向與位置。之後再利用規則二之空間視野線與其映射之影像點的專一映射特性，於光學軸上定出投影中心的絕對座標位置及解析專一視野線的絕對座標，並依此演繹相機的焦距常數（focal length constant）與歸納其投射模式（projection model）。本發明並不以任何已知的相機投射模式（如等距離投射、立體圖形投射和正交圖形投射等）為假設前提，因此可以應用在任何有魚眼成像性質或類似種類的相機上。

規則一所稱之空間投射對稱性可用「第 4 圖」來表達，其表現空間中平面圖靶 30 與魚眼相機間的投射光路圖。圖中以魚眼鏡頭 221 和影像平面 225 來等效表示魚眼相機，而平面圖靶 30 被置於魚眼相機的 FOV 中。從幾何學的觀點來看，能夠表達對光學軸 224 空間對稱幾何排列的平面圖形，實務上便可以在相機內映射出中心對稱的影像。因此，安排一如「第 5 圖」所示具有中心對稱圖案 31（physical central-symmetry pattern，以下簡稱 PCP）的平面圖靶 30 於相機視野中，PCP 31 至少具有一位於圖案中心的中心校正點 38 與複數個由中心對稱的幾何圖形所定義的校正點 311-318、321-328、331-338；調整圖靶 30 與相機間的相對方位而在影像平面 225 上得到一中心對稱影像 226（imaged central-symmetry pattern，以下簡稱 ICP）。調整確定後，此時光學軸 224 應同時正交穿過影像平面 225 上之失真中心 227 與 PCP 31 的中心校正點 38。由於圖靶 30 可以人為預先設定於已知的絕對方位，故可做為參考來

限制空間中光學軸 224 的方位，並以中心校正點 38 映射之影像圖團的特徵座標（即是影像圖團的重心座標）做為影像平面 225 的失真中心 227。

如果相機的投射行為可用一圓形函數來規範（即是：投射函數包含有三角函數），那麼自 PCP 31 的入射線必然會本質地達成一準直機制（collimating mechanism），亦即：入射線會先匯聚於魚眼鏡頭 221 中一稱為前基點 222（front cardinal point，以下簡稱為 FCP）的邏輯光學中心，然後再由一後基點 223（back cardinal point，以下簡稱為 BCP）根據投射函數發散射出並成像在影像平面 225 上，形成二個各自以 FCP 222 與 BCP 223 為頂點的內、外圓錐。FCP 222 與 BCP 223 是描述魚眼鏡頭 221 之投射行為的二個基準點，用來界定魚眼相機內、外的二個投射空間。於解析魚眼相機的投射機制時，FCP 222 供視野線參考，BCP 223 供影像平面 225 參考，此二基點間的距離並非相機的參數，可以設定為任意值；因此可以假設 FCP 222 與 BCP 223 合併為一單一的 VP，或是直接以 FCP 222 來代表 VP，以簡化成像模式。這種表示方式習見於討論鏡頭的光學書籍中。

規則二所描述之等效投射機制可用「第 6 圖」來說明。就投射光路而言，由影像平面 225 上單一影像訊息（如圖中之影像點 91）無法分辨絕對空間中同一視野線 80 軌跡上的相異物體點（如圖中所示圖靶 30 移動於 p、q、r 三位置時，三校正點 313、323、333 的絕對座標位置 $W_{313}[p]$ 、

$W_{323}[q]$ 、 $W_{333}[r]$)；由另一個角度來看，若是絕對空間中至少二相異物體點皆映射至同一影像位置，則由該至少二相異物體點的空間絕對座標可以決定其投射之視野線 80，該視野線 80 與光學軸 224 的交點即為 FCP 222，或稱為投影中心。

魚眼鏡頭的任一道視野線 80（或入射光）的投射機制可以借用一高斯鏡頭模型（Gaussian optics Model）來描述。假設視野線 80 與光學軸 224 交接於 FCP 222（此即高斯光學模式的 FNP 222'，請參照「第 3 圖」），經鏡頭折射後在影像平面 225 上成像一影像點 91，其影像座標位置為 $C'(u,v)$ ，則由該影像點 91 可以倒推一平行於該視野線 80 的軌跡而得到一對應的後節點 223'（BNP）；若視野線 80 投射行為符合高斯光學，則 BNP 223' 吻合 BCP 223，利用簡單的數學幾何關係可以由物距、物高及像高推導得到該視野線 80 的焦距常數（ f ，focal length constant）。只有高斯鏡頭才可在任何影像位置皆得到相同的焦距數值，而為一常數。

如果可以解析影像平面 225 上的任一座標點與其在空間中所對應的視野線 80，則可以完全描述相機的成像幾何機制，且可不用在乎鏡頭的投射函數，這是本發明所要揭露的內容。

魚眼鏡頭影像具有嚴重的失真，以高斯光學模型的觀點並無法讓所有的視野線 80 皆對應到唯一的 BNP 223'，也就是沒有唯一的高斯焦距常數。然而如前段落所述，仍

然可以用高斯光學模型來個別描述一專一視野線 80 和其映射影像的投射幾何機制，本發明稱由此而得的焦距常數為「光軸偏折角焦距」(zenithal focal length, 簡稱為 zFL)，即「第 6 圖」中 BNP 223' 與失真中心 227 間的距離；BNP 223' 的位置係由平行於視野線 80 原行進方向且經過可觀察影像點 91 C'(u,v) 的平行線所決定。而每一影像點 91 又對應一像高，且在影像平面像高相等位置有相同數值，故 zFL 又可稱為「像高焦距」。如此可推論在高斯光學模式下，不同的視野線 80 各自對應一唯一的光軸偏折角焦距，但其數值會隨像高增加而縮短；由此唯一的對應性，也可用各影像點的 zFL 參數來描述魚眼鏡頭的成像機制或失真機制。

如果魚眼鏡頭投射函數可由一封閉形式的圓形函數來描述，則可以藉此函數演繹此鏡頭其像高和光軸偏折角 (α) 的關係；光軸偏折角 (α ; zenithal angle) 係為空間中入射線與光學軸 224 的夾角。以等距離投射為例，像高 (ρ) 決定於光軸偏折角 (α) 與焦距常數 (f) 的乘積，即是 $\rho = f * \alpha$ ，故只要已知 ρ 和 f 值，就可推知 α 值。

請再次參照「第 4 圖」，外圓錐的光軸偏折角 (α) 與內圓錐的底部半徑 (亦即像高 ρ) 之相互關係可用投射函數來描述。反過來說，如果量測到這種關係就可以推測得到相機的投射函數。而這個機制並不限定在單一封閉形式函數 (如三角函數)。本發明稱可以由一圓幾何函數來描述成像機制的鏡頭為理想鏡頭。邏輯上，理想鏡頭只要

得到相機的原生投射函數，則可以存在模式上唯一的後基點 BCP 223。就外部圓錐而言，存在唯一的 FCP 222 是可以理解的，因為用於描述絕對空間的視野線模式上是來自無窮遠，而將相機當成一個定點來定義投影中心是合理的。

如果已知相機裝置具有一理想鏡頭，請再次參考「第 4 圖」，如果 FCP 222 的絕對座標位置為已知，則視野內實體物的光軸偏折角可以用簡單的正切三角函數（*tangent*）求得，並可由其入射視野線 80 與光學軸 224 的交點定位 FCP 222，而其對應的唯一像高，以影像平面 225 為基準參考投射函數及焦距常數（*f*）可得到內部圓錐的頂點 BCP 223。

FCP 222 的絕對座標位置和光學軸 224 可用來表示相機的位置和方向，也就是外部參數；而焦距常數（*focal length constant*）和相機的投射函數為內部參數。本發明將提出一量測系統裝置與解析方法學驗證一未知光學投射模型的相機，以上所討論的內外部參數是可演繹出來的。

實現上述目的是本發明設計量測系統的目標，其佈置請參照「第 7 圖」所示；其中圖靶 30 的移動位置係與「第 6 圖」相互對照。整個量測系統可以用電腦軟體引導自動化測量程序，執行影像攫取、演算校正點的映射影像圖團特徵座標、乃至於演繹相機的內部及外部參數。

廣泛而言，量測系統是指可以達成前述功能的組合，整體系統包含操作及解析的軟、硬體元件模組外，其品質

也受實驗室的環境因素影響，如：裝置擺設及照明燈具的規格及安置方式等，都會影響實驗數據及量測結果。「第 6 圖」的圖示解析模式與「第 7 圖」的量測系統裝置配置為本發明的第一種實施例；但鑒於實務上移動圖靶 30 將使圖靶 30 於不同位置接受光源 24 的照度不一而影響實驗量測結果，以及爲了使圖靶 30 當作絕對座標系統 28 的參考點基準而一致化運算內容，因此本發明提出第二種實施例，如「第 8 圖」所示，固定圖靶 30 於一絕對座標位置、改爲移動相機 22，其對應的圖式如「第 9 圖」所示。以下將根據第二種實施例說明本發明方法的實施內容以及其據以實施的裝置，但任何符合本發明精神的方法與裝置應視爲本發明的延伸，不應排除在本發明的保護範圍之外。

本發明針對量測系統定義四個獨立但又相互連結的座標系統，其於量測系統的嵌入位置請參照「第 8 圖」：(1) 由測試圖靶 30 定義的絕對座標系統 28， $W(X,Y,Z)$ ；(2) 驅動相機方向及位置的平台座標系統 29， $W'(X',Y',Z')$ ；(3) 跟相機 22 影像平面 225 對應而在電腦螢幕上顯示的像素平面座標系統 27 $I(u,v)$ ；(4) 描述相機 22 成像投射幾何的相機座標系統 26，以 $S(\alpha', \beta', f)$ 及 $N(\alpha, \beta, d)$ 表示之。

相機座標系統 26 包含 $S(\alpha', \beta', f)$ 及 $N(\alpha, \beta, h)$ ； α, β ，在前文中已經介紹，而 α', β' 是參考影像平面的虛擬射線對應角度。請再次參照「第 4 圖」， S 用於定義以 BCP 223 爲頂點之內圓錐上的折射光線， N 對應於定義-外圓錐視野線 80 光軸偏折角及光軸環繞角，因爲內外空間具有不規

則折射的關係， α' 不等於 α ，可是 β' 通常等於 β （註：也可以解釋成 $\beta + \pi$ ）；內外兩圓錐的 α' 與 α 函數對應關係，也可表現相機的成像模型機制，但 α' 是無法觀察的。

影像平面座標系統 27' $C'(x',y')$ 或 $P'(\rho',\beta')$ 是映像影像平面，以失真中心為原點的直角座標與極座標影像尺寸。

像素座標系統 27 $I(u,v)$ 影像呈現在電腦螢幕上的直角座標與極座標像素單位尺寸。而 $C(u,v)$ 或 $P(\rho,\beta)$ 是影像呈現在電腦螢幕上，以失真中心呈現的特徵像素座標 $I(u_c,v_c)=C(0,0)=(0,\beta)$ 為原點的直角座標與極座標像素單位尺寸。

絕對座標系統 28 係以 PCP 31 的中心點（中心校正點 38 的重心位置）為原點，請再次參照「第 5 圖」，以水平校正點 335、325、315、38、311、321 及 331 的特徵座標來定義絕對座標 X 軸，以垂直校正點 333、323、313、38、317、327 及 337 的特徵座標來定義絕對座標 Y 軸；因此 $W_{38}=W(0,0,0)$ 。

實驗過程中測試圖靶 30 的位置保持固定，因此圖靶 30 上其他各校正點 311~318、321~328、331~338 的絕對座標也被確定。當確定了圖靶 30 的絕對座標方位，移動相機 22 於特定視野空間，由其影像的變化，可以解析由光軸偏折角（ α ）及光軸圍繞角（ β ）所定義之視野線 80 在相機座標系統 26 的成像機制，其解析方法將於後文中介紹。

請再次參照「第 8 圖」，爲了移動相機 22，將相機 22 固定在一個可以六軸定位的調整平台 23 上。調整平台 23 由三相互正交的剛體基軸—X'基軸 231、Y'基軸 232 與 Z'基軸 233—所組成，分別用 X'、Y'與 Z'座標軸來表示之；其中正 Z'方向定爲遠離圖靶 30 的方向。理想上，讓平台座標系統 29 的三軸 W'(X',Y',Z')平行於絕對座標系統 28 的三軸 W(X,Y,Z)。但實際上組裝，兩座標系統會相差一個六維度的變數。所以將相機 22 固定於調整平台 23 上後，須可以自由驅動平台的三基軸 231、232、233 以改變相機 22 的平台座標位置，並在 Y'軸 232 上（或相機 22 底座）裝置萬用光學基座 70 以微調相機 22 的三個方向—水平搖動（pan）、垂直傾斜（tilt）與旋轉（rotate）。這樣的機械結構能將光學軸 224 準直到 Z 軸，其準直的方法將於後文中介紹。

像素平面座標系統 27 係用於表示影像攫取裝置 252（image frame grabber）將相機 22 傳入之視訊信號予以數位化後提供給中央處理器 251 或數位影像處理器 253 之可讀取的二維記憶體座標。邏輯上，像素平面座標系統 27 的值可代表相機影像平面 225 的尺寸，但單位大小對應是一個比例轉換關係。一個正方形的影像在像素平面座標系統 27 的長寬比例可能不爲 1，此表現叫做畫面比例（aspect ratio）。因此，可能將圓形影像顯示成橢圓形。實際應用時，映射在影像平面 225 的影像會顯示於螢幕上，使用者只能間接由像素座標系統的數值來代表影像尺寸。畫面比

例的參數值於本發明中也可求得，其詳細內容也將於後文中以實例來介紹。

量測系統中除建立上述之座標系統的機械結構外，就系統功能而言，是一個影像攫取、校正點特徵座標位置運算、以及主動調整座標系統位置的裝置。實作系統中其他主要元件的規格說明如下：

1. 相機 22：一只應用於監視系統的黑白相機，配有 1/2 英寸的 CCD (Charge Coupled Device, 電荷耦合元件) 與一魚眼鏡頭 (規格書上載明焦距為 2.8mm)，可對無窮視野聚焦，具有 (美國) 國家電視系統委員會 NTSC (National Television System Committee) 制定標準的視頻信號輸出，並將此視頻信號傳送到影像攫取裝置 252。相機的實施例除上述的 CCD 相機外，亦可採用 CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor, 互補性氧化金屬半導體) 相機、或裝設其他影像掃描裝置的相機等。
2. 光源 24：是很重要的元件，使用燈泡種類及擺設位置都會影響照度的分布，系統會因光源不同而得到不同的結果。本量測系統使用兩只具有高頻換頻裝置的書燈，做為圖靶 30 的照明光源 24。將光源 24 與圖靶 30 的相對方位於實驗中固定而不調整方向與位置，具有讓圖靶 30 的照度於實驗過程中維持穩定的好處。
3. 平台控制器 21：與調整平台 23 相連接，用以提供動力並透過軟體命令控制調整平台 23 的運動與限制調整平

台 23 的運動範圍，酌予手動輔助微調相機 22 的方向，可以調整相機 22 裝置的方位。

4. 運算單元 25：一般的電腦系統，用於攫取、處理與運算相機 22 的影像，以及操控平台控制器 21。對平台控制器 21 下命令以調整相機 22 的位置。其中，中央處理器 251 是通用型的 CPU，用以執行操作軟體，掌控系統的操作與攫取資料管理；數位影像處理器 253 負責影像演算；影像攫取裝置 252 用於轉換相機 22 的類比視訊信號成爲數位信號，並存放於記憶體中，供數位影像處理器 253 與中央處理器 251 即時運算圖靶 30 上各校正點 38、311-318、321-328、331-338 所對應的影像特徵座標位置。外觀上，影像攫取裝置 252、數位影像處理器 253 及中央處理器 251 是一套具有 MS Windows 操作系統的個人電腦之，而因應實驗系統操作程序所發展的對應軟體將於後文中介紹。
5. 圖靶 30：固定於相機視野中，提供用來解析視野線 80 的絕對座標位置。圖靶 30 上繪製有一中心對稱圖案 31（PCP），中心對稱圖案 31 定義有一位於圖案中心的中心校正點 38 與由複數個幾何圖形定義的複數個校正點；對照「第 5 圖」的實施例，該複數個幾何圖形係座落在三個以中心校正點 38 爲圓心的同心圓圓周上。各圓周對稱放置 8 個校正點 311-318、321-328、331-338 而成正八邊形。三基準同心圓的半徑分別是 20mm、40mm 及 60mm，校正點 311-318、321-328、331-338 的位置以

0 度平面角的半徑為基準，每一角位移量 $\pi/4$ ，是為寬 8mm、高 8mm 的黑色方塊，總共 24 點。除此之外，再以最外圈的四校正點 331、333、335、337 為切點，製作一正方形的四頂點為測試點 341-344。圖靶 30 以電腦輔助（CAD）繪圖，利用噴墨印表機列印在高散射係數材質的相片紙上。此外，校正點亦可以用發光二極體（Light Emitting Diode, LED）主動元件組成，使得圖靶 30 可以主動發亮以得到較佳的影像品質；量測系統就不需要光源 24 的輔助。實驗中，圖靶 30 被適當地固定於實驗桌上，圖靶 30 的絕對座標位置可以完全地精準定義。

可利用於本發明的 PCP 31，並不只限定於「第 5 圖」所繪示之同心圓所定義的正八邊形，只要是同心且對稱的形式皆是可行的 PCP 31 實施例，因此校正點可組合成為正三角形、正方形、或正偶數多邊形的頂點，皆是可應用的 PCP 31；值得注意的是，選擇偶數邊正多邊形所定義的 PCP 31 可以得到演算較為簡易的益處。而多邊形的極致就是圓形，如「第 4 圖」中所示之 PCP 31 的示意圖。另外一提，若為光學軸對稱的圖靶 30 仍有相同的效果。

在描述詳細的實施與演繹方法之前，先將本發明欲解決的問題點摘要整理如下：

1. 演繹影像平面的失真中心 227 及定位光學軸 224 於空間中的絕對方向與位置；
2. 演繹 FCP 222（或投影中心）的絕對座標；

3. 演繹光軸偏折角焦距長度剖面（或像高焦距長度剖面）；
4. 演繹絕對座標系統 28 對相機座標系統 26 的投射函數；
5. 演繹影像的變形及校正的機制。

本發明依上述主題提出實驗方法與演繹方法學，敘述如后：

一、藉由調整相機的方向與位置使 PCP 31 影像為一 ICP 226 來準直相機座標系統 26 與絕對座標系統 28 以定位失真中心 227 的像素座標位置 $I(u_c, v_c)$ 與光學軸 224 的到 $W(0,0,z)$

根據魚眼鏡頭空間投射具有環繞光學軸的對稱性與成像失真的中心對稱性及 PCP 31 的中心對稱性質，若且唯若光學軸 224 準直吻合到絕對座標系統 28 的 Z 軸，則可得到亦是中心對稱的 ICP 226。本發明得根據電腦螢幕上顯示各校正點之在像素座標系統 27（可以是校正點之映射影像圖團的重心座標）呈現的對稱性來調整量測系統的空間佈置。利用電腦程式動態調整相機 22 的絕對座標位置，同時配合手動調整相機 22 的方向。以此程序，可準直像素相機座標系統 26 和絕對座標系統 28。達到準直機制時，ICP 226 的幾何中心（對照「第 5 圖」之 PCP 31 實施例，該幾何中心為中心校正點 38 之映射影像點的特徵座標）即是失真中心 227 的位置，此時光學軸 224 同時正交地通過 PCP 31 的幾何中心，及中心校正點 38 之特徵座標位置。而該位置即為失真中心。其實施的詳細步驟如下：

1. 以目視感覺設定圖靶 30 與調整平台 23 的相對位置，使得調整平台 23 的三基軸 231-233 儘量平行於絕對座標系統 28 的三座標軸；
2. 擺設光源 24 使圖靶具有平均照度，並定義圖靶中心 $W(0,0,0)$ （中心校正點 38 的幾何中心）為絕對座標系統 28 的原點；
3. 裝置相機 22 於調整平台 23 的 Y'基軸 232 上，相機 22 底座裝設一萬用光學基座 70，藉此可以手動調整相機 22 的三軸方向。為了使相機座標系統 26 的光學軸 $S(0,0,f)$ 吻合平台座標系統 29 的 Z'基軸 233 座標 $W'(0,0,z)$ ，使得相機 22 沿 Z'基軸 233 移動時，可以視為如同沿著光學軸 224 移動；因此，實務上儘量讓絕對座標系統 28 的 Z 軸、平台座標系統 29 的 Z'軸與相機球座標系統 26 的光學軸 $S(0,0,f)$ 準直在同一直線上；
4. 藉由調整平台 23 來改變相機 22 的在 X'基軸 231、Y'基軸 232 與 Z'基軸 233 上的位置，讓四個測試點 341-344 的影像區塊位於電腦螢幕的四個邊界，以加大校正的範圍；
5. 利用一對稱分析背景程式持續追蹤 ICP 226 的幾何中心（即為中心校正點 38 之映射影像點的特徵座標），參考校正點 38 的像素座標位置 $I(u_{38}, v_{38})$ ，演算校正點 311-318、321-328、331-338 之映射影像點的「失真指標參數」與「水平/垂直座標偏差值」，

並將這些值顯示於電腦螢幕上，及回饋給電腦程式以命令平台控制器 21 驅動調整平台 23 改變相機 22 在平台座標系統 29 上的位置 $W'(x',y',z')$ ，配合手動調整相機 22 方向。目的是讓「失真指標參數」與「水平/垂直座標偏差值」往最佳值趨近。若是螢幕上顯示這些參數值已達設定的門檻值，則表示 ICP 226 的對稱性達到要求，則往下一步驟執行；否則，重複本步驟；

6. 記錄「失真指標參數」、「水平/垂直座標偏差值」以及得到的「物像共軛座標對」，即是 $(W_c'(x',y',z')[0], I_n(u,v)[0])$ 。 $W_c'(x',y',z')[0]$ 係指相機在平台座標的位置與 $I_n(u,v)[0]$ 是各校正點的像素座標位置。此時指標為 $k=0$ ；其中 n 可能為 38、311-318、321-328 或 331-338，代表「第 5 圖」中 PCP 31 的任一校正點，而 $I_{38}(u,v)[0]$ 即是本實驗程序所定位的失真中心 $I(u_c, v_c)$ 。而 $k=0$ 代表在系統初始準直初始時的位置，移動到下一位置則增加 k 值 1，如「第 6 圖」與「第 9 圖」顯示第 p 、 q 與 r 次的執行量測；

到此本實驗步驟準直了相機座標系統 26 與絕對座標系統 28。在往下討論前，先詳細介紹「失真指標參數」、「水平/垂直座標偏差值」。在實驗過程中一直執行上述對稱分析背景程式，來線上引導調整系統，在螢幕上除了顯示 PCP 31 的影像外，並標以文字或圖樣顯示代表影像

對稱性的指標（稱為對稱指標）；系統根據對稱指標，自動調整相機 22 的位置與手動調整方向。定義了「失真指標參數」及「水平/垂直偏差度」指標；說明如下：

- a. 失真指標參數 $su[m][k]$, $sv[m][k]$ ：係為像素座標系統 27 ($I_n(u,v)$) 上各校正點的映射影像點對中心校正點 38 的映射影像點分別在座標 u 分量與 v 分量的差值和。參考「第 5 圖」的 PCP 31 序號，其計算公式如下：

$$su[m][k] = \sum_{a=1}^8 (u_{(300+m*10+a)}[k] - u_{38}[k]) \quad (1)$$

$$sv[m][k] = \sum_{a=1}^8 (v_{(300+m*10+a)}[k] - v_{38}[k]) \quad (2)$$

式中 $1 \leq m \leq 3$ ； $1 \leq a \leq 8, k=0$ 。 $u_{(300+m*10+a)}$ 即為 u_n ，表示 $I_n(u,v)$ 的 u 分量，而 $v_{(300+m*10+a)}$ 亦同理，。 $(su[m][k], sv[m][k])$ 即為失真指標參數、由於每一同心圓上之校正點係呈中心對稱分布，因此若是 ICP 226 的對稱性合乎理想，則 $su[m][k], sv[m][k]$ 的值應趨近於零。

- b. 水平座標偏差度：係指 PCP 31 上所有水平校正點之映射影像點的特徵座標位置在像素座標系統 27 ($I_n(u_n, v_n)[k]$) 上 v 分量（垂直分量）之量測值所組成數列的敘述統計標準偏差值。以「第 5 圖」繪示之 PCP 31 實施例， $n=335, 325, 315, 38, 311, 321, 331$ ，也就是取 $v_{335}[k], v_{325}[k], v_{315}[k], v_{38}[k], v_{311}[k],$

$v_{321}[k]$ 及 $v_{331}[k]$ 組成數列的敘述統計標準偏差值。

- c. 垂直座標偏差度：係指 PCP 31 上所有垂直校正點之映射影像點的特徵座標位置在像素平面座標系統 27 ($I_n(u_n, v_n)[k]$) 上 u 分量之量測值所組成數列的敘述統計標準偏差值。以「第 5 圖」繪示之 PCP 31 實施例， $n=333、323、313、38、317、327、337$ ，也就是取 $u_{333}[k]、u_{323}[k]、u_{313}[k]、u_{38}[k]、u_{317}[k]、u_{327}[k]$ 及 $u_{337}[k]$ 組成數列的敘述統計標準偏差值。

上述水平及垂直座標偏差度可以經由像素座標系統 27 準直相機 22 對絕對座標系統 28 的水平及垂直方向。

最小化上述對稱指標，可以使光學軸 224 $S(0,0,f)$ 準直到絕對座標系統 28 的 Z 軸，意味 Z 軸正交通過影像平面 225 的失真中心 227 ($I(u_c, v_c)$)，且經由既有的 PCP 31 絕對座標位置可追跡光學軸 224。但是，相機 22 的絕對位置（即相機的投影中心）此時尚無法得知。

畫面比例（Aspect Ratio）也是相機校正的參數之一，本發明可以很容易得到這個參數值，因為參考 ICP 226 ($I_n(u_n, v_n)[k]$) 的垂直分量和水平分量已經直接反應相機系統的畫面比例（aspect ratio）。如果畫面比例等於 1，在理想的情況，經校正後 PCP 31 上同一正多邊形（或同心圓）之任何一頂點的影像具有相同的像高（ ρ ）。實務上，也發現是符合的。

二、運動相機使 PCP 31 同徑向上面的相異校正點影像重

疊以演繹同視野線的絕對座標位置，及定位相機的投影中心

經由解析一影像點 91 所對應的不同絕對座標位置來演繹相機 22 的成像機制是本發明的一個重要創意。而這些位置將組成一視野線如視野線 80 (sight ray)。模式上，任一影像點可解析一對應視野線，稱為同視野線。

援用「第 8 圖」中量測系統的佈置讓相機 22 沿著光學軸 224 鎖住圖靶 30 中心法線移動，隨著加大物距，可使各校正點影像向著失真中心 227 靠近，期間可使相異的校正點映射到重疊的影像範圍，而相機 22 移動（由程式主動驅動）的相對位移是可主動控制的，以此位移資料與攫取相應影像點的特徵座標位置，配合已知的各校正點絕對座標位置，可以推導相機 22 影像的同視野線座落的空間絕對座標。

首先再次參照「第 6 圖」，以第一種實施例來解釋同視野線的絕對定位方法。在此實施例中，相機 22 固定而移動圖靶 30，若至少二相異校正點（如圖中垂直方向的三校正點 313、323、333）移動在至少二不同的絕對空間座標位置（如圖中的 $W_{313}[p]$ 、 $W_{323}[q]$ 、 $W_{333}[r]$ ）且共同映射在影像平面 225 的同一影像點 $I(u,v)91$ 上，則由此可定義一條 $I(u,v)91$ 的同視野線 80。由於 PCP 31 的各直徑上的校正點所定義的直線恆正交於光學軸 224，所以驅動圖靶 30 沿著光學軸 224 移動可以得到影像重疊，即是 $I_{313}(u, v)[p] = I_{323}(u, v)[q] = I_{333}(u, v)[r]$ 。這和 Tsai 的徑向準直限制

條件（Radial Alignment Constraint）相同，這是光軸空間徑向對稱的投射機制的特性；基本上，這在習知技藝中是被認同的。而同視野線 80 與光學軸 224 的交會點就是 FCP 222，或稱為投影中心；也是相機的絕對空間位置。

「第 6 圖」除了標示經魚眼鏡頭投射後之失真影像點 91 的座標位置 $I(u, v)$ 外，同時也標示符合線性透視投射機制下之校正影像點 92 的座標位置 $I(u^c, v^c)$ 。傳統上此兩點之差異稱為 $I(u, v)$ 的失真值。

考慮實務上圖靶照度的恆定與簡化計算的因素，本發明於實際實驗時，採用第二種實施例－移動相機 22 而讓圖靶 30 的位置固定，如此也可得到與「第 6 圖」等同的投射機制。請參考「第 9 圖」，控制相機 22（以相機 22 的 FCP 222 代表之）在其光學軸 224 準直 Z 基軸 233 的情形下遠離圖靶 30，使得圖靶 30 上三相異校正點 313、323、333 對相機 22 的相對位移變化，而使絕對座標位置 W_{313} 、 W_{323} 及 W_{333} 在於 p、q、r 三不同測試順序時（意味相機 22 的 FCP 222 分別位於 $W_c'[p]$ 、 $W_c'[q]$ 及 $W_c'[r]$ ），其映射影像點 91 皆落在影像平面 225 的相同位置，即像素座標系統 27 位置 $I_{313}[p] = I_{323}[q] = I_{333}[r]$ 。

假設實驗之初相機 FCP 222 的位置（ $W_c[p]$ ）與中心校正點 38（ $W_{38}(0,0,0)$ ）的距離為 D，維持方向驅動相機 22 依序沿著光學軸 224 移動數次，攫取各校正點 38、311-318、321-328、331-338 映射的影像特徵座標位置，並與相機 22 於平台座標系統 29 中的位置配對，組成物像

共軛座標對 $(W_c'[k], I_n[k])$ ，式中 k 為實驗取樣次序。

該數據攫取程序分為兩部份：(1)相機 22 沿 Z 基軸 233 移動 dZ' 後，以對稱分析背景程式主動微調相機 22 的 $W'(X',Y',Z')$ 位置，但維持相機 22 的方向不變，目標使 ICP 226 的對稱性維持最佳；(2)攫取物像共軛座標對 $W_c'(x',y',z')[k], I_n(u,v)[k]$ 的數值，逐次實行而組成一「物像共軛座標對陣列」。延續上節的程式步驟，詳述如下：

7. 量測系統的佈置延續上一步驟（此時光學軸 224 已準直於絕對座標系統 28 的 Z 軸，且已經得到 $(W_c'[0], I_n[0])$ ），設定此時相機的 FCP 222 與圖靶 30 間的初始距離為 D —這是目標的演算值；（註：此程序一般可以不再調整相機 22 方向）
8. 增加位置指標值（ k ），主動控制平台座標位置使相機 22 沿 Z 基軸 233 移動 dZ 的距離；
9. 依據螢幕上顯示的對稱指標（失真指標參數與水平/垂直偏差度）主動微調相機 22 的 $W'(X',Y')$ 位置，當 ICP 226 的影像對稱度達到預設的對稱標準時，記錄物像共軛座標對 $(W_c'[k], I_n[k])$ ；
10. 若相機位置未超過預設的取樣次數，則跳回步驟 8，否則繼續往下執行；
11. 關閉對稱分析背景程式；
12. 完成資料攫取，得到供參數演算的「物像共軛座標對陣列」；
13. 演繹相機參數的相關係數，其演繹方法與演算參數將

於後文中說明)。

以下以實際裝置系統所得到的數據來說明，可以印證發明的方法學的實用性。本發明實施裝置實際量測時，設定相機 22 沿 Z' 基軸 233 的位移量每次 10mm，總共位移 19 次，組成陣列 ($W_c'[0..19]$, $I_n[0..19]$)，共 20 個共軛座標對。經此量測程序之後，取得的數據陣列做成剖面曲線供演算相機參數，供後續演繹步驟使用：

1. $W_c'[0..19]$ 相機 22 於平台座標系統 29 的位置剖面曲線：
 「第 10 圖」表示實驗過程中相機 22 於平台座標系統 29 可得 ICP 226 的位置數列，由 $W_c'[0]=W'(-7.5\text{mm}, -15\text{mm}, 0\text{mm})$ 到 $W_c'[19]=W'(-8\text{mm}, -19\text{mm}, 190\text{mm})$ 的分布，表示光學軸 224 在平台座標系統 29 的位置與方向。
 $W_c'[0]=W'(-7.7\text{mm}, -15.0\text{mm}, 0\text{mm})$ 表示在實驗開始的時候的座標系統偏差，水平方向為 -7.7mm，而垂直方向為 -15.0mm，而設定此位置的 $Z_c'[0]$ 為平台基準點。圖示 $X_c'[0..19]$ 及 $Y_c'[0..19]$ 剖面雖然有偏差，參考但仍維持線性，表示參考 ICP 226 影像的對稱性可以有效地追跡光學軸 224 的方向與位置；另外是所佈置的平台座標系統 29 和絕對座標系統 28 並未完全準直，但其偏差很小。以 $Z_c'[0..19]$ 為基準，分別為 X 方向千分之三及 Y 方向百分之二的誤差。這個結果，也表示直接用 Z' 軸的位移量來表示相機 22 於絕對座標系統 28 的位移量的是可靠的，因為其誤差百分比為

$$\frac{\sqrt{dX'^2 + dY'^2 + dZ'^2} - dZ'}{dZ'} \times 100\% ,$$

其值約 0.002%；所以相機 22 於實驗過程中絕對距離 $Z_c[0]$ ，可以視為 $Z_0'[k]$ 值加上相機 22 與圖靶 30 間的初始距離 D 。

2. $I_{38}(u,v)[0..19]$ 中心校正點 38 在像素座標系統 27 的位置剖面：請參照「第 1 1 圖」，圖中標示中心校正點 38 之影像區塊(blob)的特徵座標值。根據「第 4 圖」相機 22 的空間投射對稱性， $I_{38}(u,v)[k]$ 應固定在像素座標的一專一位置，並不會因相機 22 在平台座標系統 29 的位移 $W_c'[0..19]$ 而變動。「第 1 1 圖」標示影像失真中心 227 的實測像素座標位置。以這些量測演繹位置，演算敘述統計的水平及垂直的標準偏差值分別為 0.25, 及 0.18 像素單位，且依據線性吻合處理失真中心 227 位於 $I(u_c, v_c) = I(318.1, 236.1)$ pixel 處。些微的標準偏差值表示實驗結果是可信的，驗證了設定的假說－失真中心 227 的座標位置是定值。
3. ($\rho_m[0..19]$; $m=[1..3]$) ICP[0..19] 在像素座標系統 27 呈現的特徵半徑長剖面：請參照「第 1 2 A 圖」，表示相機 22 移動於 $W_c'[0..19]$ 時，PCP 31 上三同心圓（分別由內而外以下標 $m=[1..3]$ ）表示之）所定義之校正點 311-318、321-328、331-338 在像素座標系統 27 對應之像高的平均值。隨著相機座標 $Z_c'[0..19]$ 的變化，其計算公式為：

$$\rho_m[k] = \frac{1}{8} \sum_{n=300+m*10+1}^{300+m*10+8} [(u_n[k] - u_c[k])^2 - (v_n[k] - v_c[k])^2]^{1/2} \quad (3)$$

式中， $1 \leq m \leq 3$ (3) k 是實驗順序， m 表示由內而外同心圓的層次，而 n 代表「第 5 圖」中各校正點 311-318、321-328、331-338 的編號， $\rho_m[k]$ 為每次實驗各同心圓校正點的平均像高陣列。將同樣的數據改繪為「第 1 2 B 圖」，可清楚看出三層同心圓之平均像高（ $\rho_1[0..19]$ 、 $\rho_2[0..19]$ 與 $\rho_3[0..19]$ ）存在重疊部分；此現象支持本發明所設定的假說—量測的像高範圍已經隱藏用來定位一同視野線 80 的資訊。理想情況，於 ICP 達到影像對稱時，同一圓周上校正點的像高是都相等。實務上，以量測到專一圓各校正點的像高敘述統計的標準偏差為 0.22 pixel。印證系統以達圓形對稱的光投射機制，實務上是行得通的。

本發明根據上述實測數據，演繹相機的光學參數。首先以本發明第一實施例來說，請再次參照「第 6 圖」，若設 W_c 為原點，則光軸偏折角 α （zenithal angle; 視野線與光軸的夾角）可以表示為：

$$\alpha_m[k] = \tan^{-1}(R_1, Z[p]) = (R_2, Z[q]) = (R_3, Z[r]) \quad (4)$$

式中 $Z[p]$ 為圖上的標示長度 D 。其餘類推， $R_{[1..3]}$ 表示圖靶 30 上三同心圓的半徑長（參考「第 6 圖」，即是絕對空間的物高）。若 $W[p..r]$ 為已知，則可由 $W[p]$ 、 $W[q]$ ，及 $W[r]$ 組成一線段，該線段延伸交叉到已知的光學軸 224 方位而決定 W_c 的絕對座標。同理參考「第 9 圖」，固定圖靶 30，而相機 22 移動的平台座標方位 $W_c[p..r]$ 為可觀察和控制的，若三位置間的位移距離已知，則可以加入光學

軸 224 垂直圖靶 30 的限制條件，以相似三角形得到 $W_c[p]$, $W_c[q]$, 及 $W_c[r]$ 。這是本發明解相機 FCP 222 的理論模式。但是實務上，受限於實驗程序的取樣數目，不易取得像高（或校正點的映像位置座標）精確地（*exactly*）吻合的情形。而影像訊號隨機雜訊會引起定位特徵座標的無法避免的誤差，這也暗示即使不同校正點在相異絕對座標位置得到完全一致的影像特徵座標數值，也不可以直接應用於演算一條同視野線 80 的絕對座標方向與位置，和設定 FCP 222。

鑑於以上實務的限制，故本發明提出另一種方法來解析量測數據。經由實驗數據可以歸納出三組數據：像高（ $\rho_m[0..19]$ ； $m=[1..3]$ ）、物高（ R_m ； $m=[1..3]$ ）及相機位移（ $W_c'[0..19]$ ）。本發明利用這些數據來演繹相機 22 的 FCP 222（投影中心）位置及其投射機制，並且這些數據已經是過決定的(*over determined*)了。

首先，一物高的的映射像高與其和相機的距離（物距）成反比，從「第 1 2 A 圖」可觀察到此現象，但其並無法準確關連相機 22 的投射機制。而在同視野線 80 的假說基礎上，若以另外一種觀點—光軸偏折角 α —來表示物高（就是 PCP 31 的實體半徑長度），則可連結「第 1 2 A 圖」中三影像剖面的共同意義。也就像高重疊或且唯若光學角重疊。根據任一條同視野線 80 對應唯一光軸偏折角的事實，若將物高表示成 α ，則其可以用來一致性解釋像高。而要將物高轉換成光軸偏折角 α ，則必須先確定投影中心

(或 FCP 222) 位置，以得到正確的物距。也就是實驗過程中像高 ρ 重疊的條件，暗示將物高表示成光軸偏折角 α 也具有重疊的現象。於是把物距（相機 22 與圖靶 30 間的距離）加入演繹相機 22 的視野線 80，則在「第 12 圖」像高重疊範圍將同樣得到光軸偏折角 α 的重疊現象。

所以，以「第 9 圖」為基礎，利用試誤法 (trial and error) 沿著光學軸 224 上的每一點進行測試【註：此時光學軸的絕對座標為已知】，也就是逐一假設光學軸 224 上的一點與 $W_c[p]$ 的距離為 $D[p]$ ；而 $W_c[p]$ ， $W_c[q]$ ，及 $W_c[r]$ 間的位移量是作實驗過程的設定值，所以 $D[q]$ ，及 $D[r]$ 也可相對演繹。據此可在此三不同位置，參考一個等長像高，即是如圖示的 $I_{313}[p]$ 、 $I_{323}[q]$ 與 $I_{333}[r]$ ，只有在 $D[p]$ 數值正確時，才能將物高以正切函數轉換成其對應的等角度的光軸偏折角 (α_{313} 、 α_{323} 及 α_{333})。

實驗時，在 20 個位置攫取共軛座標對陣列，也就是針對每一物高 R_m 在已知的 $W_c[0..19]$ 位置得到像高剖面 $\rho_m[0..19]$ ，故假設以 $W_c[0]$ 的物距為 $D[0]$ 則整個實驗過程將得 $D[0:19]$ 20 個物距，將 $D[0:19]$ 參考物高或測試圖靶的半徑長度，可得其光軸偏折角剖面 ($\alpha_m[0:20]$ ， $m=[1..3]$)。由參考 ($\rho_m[0..19]$ ， $m=[1..3]$)，演繹的光軸偏折角 ($\alpha_m[0:20]$ ， $m=[1..3]$) 分布剖面所形成軌跡的重疊度（於本發明中稱此為第一種重疊性指標）來定位相機 22 的位置；而此重疊現象，只有在 $D[0]$ 的測試值 FCP 222 正確定位，才可得到。這是本發明提出第一種解析相機 22 位置

的方法。請參照「第 1 3 圖」，表示在得到正確的 $D[0]$ 數值後，光軸偏折角 $\alpha_m[0..19]$ 對像高 $\rho_m[0..19]$ 之資料點的曲線軌跡，顯示三個同心圓半徑對應的光軸偏折角剖面具有很好的重疊性。而將像高 ρ 表示成光軸偏折角 α 的函數關係即是相機 22 的投射函數，因此「第 1 3 圖」所表現的曲線即是光學鏡頭領域所稱的投射曲線（projection curve）或投射函數。目前習知技藝中還未出現量測裝置非線性透視投射模型相機的方法（非指鏡頭）；而本發明可以用簡單的儀器裝置達到。另外，若將 $D[0]$ 數值偏移一定值，以 50mm 為例，則光軸偏折角軌跡會出現明顯發散的現象，如「第 1 4 圖」所示。

上述結果顯示：以物像共軛座標對陣列可以演繹投射函數並定位相機 22 的位置（即定位 FCP 222）。而本發明提出的這種方式可以廣泛地應用在各種投射模型的相機 22 上。（註：本實施例的投射接近 EDP，這只是一個特例。任何的投射模型可用此發明法求得）

投射曲線可用以來描述相機 22 的成像機制；但無法直接量化相機系統的失真。由量測結果，實施例中所討論的鏡頭，其投射機制接近等距離投射（EDP），因其投射曲線接近為一條直線。若以線性投射的觀點，影像的失真度和像高呈現非線性的負正比關係。為了進一步方便解析相機系統的失真機制，本發明定義另一個光學參數—「光軸偏折角焦距」（zenithal focal length，以下簡稱為 zFL），如「第 6 圖」所示 BNP 223' 與在影像平面的失真中心 227

間的距離為高斯光學模式下的焦距常數，此參數對應一光軸偏折角 α 之視野線 θ_0 的成像模式，其值為：

$$zFL_m[0..19] = \rho_m[0..19] * \cot(\alpha_m[0..19]) \quad (5)$$

若以單一影像座標點 $I(u,v)$ 對應唯一同視野線 θ_0 的觀點，可將 zFL 視為：一影像座標點參考「線性透視投射的模型」所轉換的焦距常數；此一焦距會隨著像高 ρ 的變化而變動，其變動的幅度越大則表示相機系統的徑向負失真度越大。更進一步，一影像高可以解釋成一對應空間光軸偏折角 α ；而若以成像機制的觀點，其又相依於所對應的 zFL ，所以函數 $zFL(\rho)$ 可以直接展現相機系統的失真度。後續將以「光軸偏折角焦距曲線」（ zFL curve）或「光軸偏折角焦距函數」（ zFL function）表示。

將「第 1 2 A 圖」中的像高 $\rho_m[0..19]$ 表示成 $zFL_m[0..19]$ 也必須參考物距，而其對照剖面的重疊現象亦可用於定位相機 22 的 FCP 222。這是本發明提出第二種解析相機 22 位置的方法。「第 1 2 A 圖」所展現的像高 $\rho_m[0..19]$ ，可以用 $zFL_m[0..19]$ 表示，並得到一致解釋。因此以試誤法（trial and error）逐一假設光學軸 224 上任一定點為相機 22 的 FCP 222，據此可推斷起始量測距離 $D[0]$ ，進而將 $(\rho_m[0..19], m=[1..3])$ 轉換成其對應的 $(zFL_m[0..19], m=[1..3])$ ，由演繹形成軌跡的重疊度來定位相機 22 的位置（於本發明中稱此為第二種重疊性指標）。「第 1 5 圖」顯示有很好的重疊現象，表示實驗結果可在光學軸 224 定點鏡頭真正相機 22 的 FCP 222。相對地，若將測試

點偏移 5mm，則 zFL 軌跡會出現明顯的發散現象，如「第 1 6 圖」所示。而「第 1 5 圖」亦可以直接用來表示相機的失真機制或影像的失真程度。

值得注意的是，比較「第 1 4 圖」與「第 1 6 圖」後發現，「第 1 4 圖」中 D 數值偏移 50mm 比不上「第 1 6 圖」中 D 數值只偏移 5mm 所造成的曲線發散現象明顯，由此可知： $zFL(\rho)$ 對相機 22 投影中心位置的測試靈敏度遠高於光軸偏折角函數 $\alpha(\rho)$ ；此亦意味著：在實際應用上，利用 $zFL(\rho)$ 曲線重疊度來定位相機 22 的 FCP 222 是較佳的方式。並且可以由像高 $\rho_m[0..19]$ 逼近為零值的位置得到相機 22 鏡頭的焦距，一般理想鏡頭以此值為焦距。

為了使本發明的投影中心定位方式更具通用性—可適用於任何的投射函數，針對前文所描述的軌跡剖面重疊度本發明也提出一鑑定指標的方法。由於 $zFL(\rho)$ 函數有較高的鑑別度，故以此為例，將「第 1 5 圖」及「第 1 6 圖」分別三組數據參考像高 ρ 重新排列呈現於「第 1 7 圖」，像高剖面部份的「發散長度」（或稱為「特性長度」），可用於評估 $zFL(\rho)$ 曲線的重疊度。而計算「特性長度」的方法可由「第 1 7 圖」來表示，其計算方法是將相鄰之 ρ 對 zFL 的資料點連接起來，並計算所有點相連後的總長度。故若所有點相連後的特性長度最小（如圖中標示為 zFL 的曲線），表示其所對應的 $zFL(\rho)$ 軌跡的重疊度最好，則該測試定點即為相機 22 的投影中心（viewpoint，即 FCP 222）；否則，則如圖中另一條 zFL_shift 曲線，呈現明顯

較長的發散長度。

另外，本發明更可進一步利用原創 PCP 31 的影像性質，評估量測系統的佈置品質，並據以修正系統佈置並預測相機系統是否可鑑定。由於相機 22 的失真模式無法預測，有些相機 22 的投射機制可能因瑕疵而嚴重不符合預期的模式。例如鏡頭透鏡組的光學軸 224 與相機 22 影像平面 225 已非正交，則不管如何校正都不可能得到完全對稱的影像；但是，藉由本發明則可及早排除校正這些不適用的相機 22。

綜合以上所述，不管是利用相機 22 的投射函數 $\alpha(\rho)$ 或是 $zFL(\rho)$ 函數，都可達到鑑定相機規格的目的，並求取相關光學投射參數。

由此可知，本發明所提出的方法以及量測系統確可用於解析相機 22 的成像機制，而且可由量測到的數據分布，進一步引導或修正量測系統的佈置及判斷量測參數的可靠度，最後更可用於校正相機或發展影像處理及轉換技術。

【發明之功效】

本發明提出之求取相機光學投射參數的方法及其裝置，具有以下優點：

1. 能夠確切地定出相機的光學軸、定位相機的絕對位置（即投影中心）以及求出相機的投射曲線與焦距常數。
2. 可以藉由「光學軸偏折角焦距函數」量化影像座標點的失真。

3. 可以由實驗數據鑑定量測系統的可靠度。
4. 可以由實驗數據鑑定待測目標相機的品質。
5. 可以將影像座標點直接轉換成空間投射角度。
6. 可以應用到立體影像量測學。
7. 校正的方法簡單且成本低，適用於任何一種非線性投射機制的相機。

雖然本發明已以一較佳實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何熟習此技藝者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作些許之更動與潤飾，因此本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【圖式簡單說明】

第 1 A 圖、第 1 B 圖，繪示習知一種根據理想 $EDP\pi$ 平面影像為基礎之魚眼影像校正方法的影像解析圖以及其對應之空間投射示意圖；

第 2 圖，繪示習知三種類型魚眼鏡頭之投射函數曲線圖；

第 3 圖，繪示習知高斯光學模型（Gaussian Model）的成像光路示意圖；

第 4 圖，繪示本發明一實施例中圖靶對魚眼鏡頭之投射光路的立體示意圖；

第 5 圖，繪示依據本發明精神而設計之一圖靶實施例的示意圖，其為一由三個同心圓定義的八角對稱圖案；

第 6 圖，繪示本發明方法之第一種實施例的理論模式示意圖，其顯示圖靶移動於不同絕對位置時相異校正點成像於同一影像點的光路示意圖；

第 7 圖，繪示本發明裝置之第一種實施例的系統佈置示意圖，以及其參考的座標系統；

第 8 圖，繪示本發明裝置之第二種實施例的系統佈置示意圖，以及其參考的座標系統；

第 9 圖，繪示本發明方法之第二種實施例的理論模式示意圖，其顯示以圖靶實體中心為絕對座標原點，藉由變動相機位置而可等效演繹一視野線的方式；

第 10 圖，繪示本發明為了攫取影像中心點依據實驗量測得到相機於平台座標系統移動軌跡的統計示意圖，其亦可代表光學軸於平台座標系統的空間運動軌跡；

第 11 圖，繪示本發明於實驗中所攫取影像中心點之像素座標位置變化的統計資料圖；

第 12 A 圖，繪示本發明依據實驗中攫取的影像點資料做成三同心圓定義之像高平均值隨著不同平台位置（參考「第 10 圖」）變化的統計資料圖；

第 12 B 圖，依據「第 12 A 圖」的統計資料繪示不同實體半徑三同心圓定義之平均像高變動範圍的統計資料圖；

第 13 圖，繪示本發明於實驗過程中正確參考投影中心位置時，物高對應的光軸偏折角（ α ）對像高（ ρ ）之軌跡重疊現象的統計資料圖；

第 1 4 圖，繪示本發明於實驗過程中未正確參考投影中心位置時，物高對應的光軸偏折角 (α) 對像高 (ρ) 之軌跡發散現象的統計資料圖；

第 1 5 圖，繪示本發明於實驗過程中正確參考投影中心位置時，像高轉換為光軸偏折角焦距 (zFL) 對像高 (ρ) 之軌跡重疊現象的統計資料圖；

第 1 6 圖，繪示本發明於實驗過程中未正確參考投影中心位置時，像高的光軸偏折角焦距 (zFL) 對像高 (ρ) 之軌跡發散現象的統計資料圖；以及

第 1 7 圖，以「第 1 5 圖」與「第 1 6 圖」的曲線為例，繪示可以用多條光軸偏折角焦距 (zFL) 軌跡的特性長度來評估軌跡相互重疊度的示意圖。

【圖式之符號說明】

- 1：成影區域
- 11：長軸
- 12：短軸
- 13：本初子午線
- 13'、13''：本初子午線的映射
- 141：第一主要面
- 142：第二主要面
- 20：量測系統
- 21：平台控制器
- 22：相機

- 221：鏡頭
- 222：前基點（FCP）
- 222'：前節點（FNP）
- 223：後基點（BCP）
- 223'：後節點（BNP）
- 224：光學軸
- 225：影像平面
- 226：中心對稱影像（ICP）
- 227：失真中心
- 23：調整平台
- 231：X'基軸
- 232：Y'基軸
- 233：Z'基軸
- 24：光源
- 25：運算單元
- 251：中央處理器
- 252：影像攫取裝置
- 253：數位影像處理器
- 26：相機球座標系統
- 27、27'：像素平面座標系統
- 28：絕對座標系統
- 29：平台座標系統
- 30：圖靶
- 31：中心對稱圖案（PCP）

38：中心校正點

311-318、321-328、331-338：校正點

341-344：測試點

70：萬用光學基座

80：視野線

91、92：失真及校正影像點

肆、中文發明摘要

本發明為一種求取相機光學投射參數的方法及其裝置，係利用視野空間中一視野線對影像平面上—影像點的專一成像性質，參考一影像點由視野空間搜尋符合此性質的絕對座標點以解析相機的成像機制。實施裝置中利用一中心對稱的平面形式的測試圖靶，以其中心位置和所得相似幾何特性影像的中心點來定位影像的失真中心與決定光學軸的絕對方位；再沿著光學軸主動調整相機與圖靶間的相對距離並攫取校正點的成像軌跡，使測試圖靶上相異位置校正點的成像軌跡在影像平面上重疊，由此現象解析視野線，進而發展方法學以求取相機之光學參數。由於本發明完全根據直接可控制及觀察的物像座標數值的映射來演繹相機參數，未參考任何習知投射模型的假說，因此可適用於解析光學投射邏輯未知的相機。本發明對影像變形越大的相機操作敏感度越佳，可擴大廣角相機的應用領域，以及用於評估或訂定相機的光學規格；此外本發明的操作程序簡單、成本低，更具產業的實用性。

伍、英文發明摘要

陸、(一)、本案指定代表圖為：第 8 圖

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

- 21：平台控制器
- 22：相機
- 23：調整平台
- 24：光源
- 25：運算單元
- 26：相機球座標系統
- 27：像素平面座標系統
- 28：絕對座標系統
- 29：平台座標系統
- 30：圖靶
- 31：中心對稱圖案 (PCP)
- 70：萬用光學基座
- 221：鏡頭
- 232：Y'基軸
- 251：中央處理器
- 252：影像攫取裝置
- 253：數位影像處理器

柒、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

拾、申請專利範圍

- 1、一種求取相機光學投射參數的方法，係利用該相機之視野空間中一視野線對一影像平面上—影像點的專一投射特性，而求取該相機的光學參數，該方法包含有：

設置一圖靶於該相機的視野空間中，該圖靶具有一中心對稱圖案（PCP），該中心對稱圖案（PCP）定義一位於圖案中心的中心校正點以及至少二個位於同一輻射半徑上的第一校正點與第二校正點；

準直該相機與該圖靶，使得該相機的一光學軸正交穿過該中心校正點；

紀錄該第一校正點在該影像平面上映射之該影像點的像素座標位置；

該圖靶依據該中心校正點沿著該光學軸移動，使得該第二校正點亦重疊映射在該影像點的像素座標位置上；

攫取該第一校正點與該第二校正點的空間絕對座標，計算由該二空間絕對座標定義的一視野線；以及

取該視野線與該光學軸的交點即為該相機的一投影中心（viewpoint/FNP）。

- 2、如申請專利範圍第1項所述之求取相機光學投射參數的方法，其中準直該相機與該圖靶的方法係藉由定位該影像平面的一失真中心來達成，正交穿過該失真中心與該中心校正點的一空間視野線即為該光學軸。

- 3、如申請專利範圍第2項所述之求取相機光學投射參數的方法，其中定位該失真中心的方法包含有：

該圖靶上之該中心對稱圖案（PCP）更具有複數個中心對稱的幾何圖形；

將該圖靶放置在該相機的視野空間中使得該中心對稱圖案（PCP）成像在該影像平面上；

調整該圖靶與該相機間的相對方位，直到該中心對稱圖案（PCP）成像為一中心對稱影像（ICP）；以及

以至少一對稱指標測試該中心對稱影像（ICP），以確定該複數個幾何圖形的影像軌跡達到中心對稱的要求，則該中心校正點之映射影像點的特徵座標即為該失真中心。

- 4、如申請專利範圍第3項所述之求取相機光學投射參數的方法，其中該複數個幾何圖形係為選自同心圓、同心方形、同心三角形與同心多邊形之組合的其中之一。
- 5、如申請專利範圍第3項所述之求取相機光學投射參數的方法，其中該複數個幾何圖形係由同心的圓形、方形、三角形或多邊形所組合而成。
- 6、如申請專利範圍第3項所述之求取相機光學投射參數的方法，其中該對稱指標包括失真指標參數、水平偏差度與/或垂直偏差度。
- 7、一種求取相機光學投射參數的方法，係利用該相機之

視野空間中一視野線對一影像平面上—影像點的專一投射特性，而求取該相機的光學參數，該方法包含有：

設置一圖靶於該相機的視野空間中，該圖靶具有一中心對稱圖案（PCP），該中心對稱圖案定義有一位於圖案中心的中心校正點以及由複數個幾何圖形定義的複數個校正點；

準直該相機與該圖靶，使得該相機的一光學軸正交穿過該中心校正點；

沿著該光學軸變動該相機與該圖靶間的相對距離，並分別紀錄在不同該相對距離下該複數個校正點所對應的複數個物像共軛座標對，總合而成一物像共軛座標對陣列；以及

沿著該光學軸尋求一定點，以該定點為基準解析該物像共軛座標對陣列的資料，使得一重疊性指標呈現最佳的軌跡重疊度，則該定點即為該相機的一投影中心。

8、如申請專利範圍第7項所述之求取相機光學投射參數的方法，其中準直該相機與該圖靶的方法係藉由定位該影像平面的一失真中心來達成，正交穿過該失真中心與該中心校正點的一空間視野線即為該光學軸。

9、如申請專利範圍第8項所述之求取相機光學投射參數的方法，其中定位該失真中心的方法包含有：

將該圖靶放置在該相機的視野空間中使得該中心對稱圖案（PCP）成像在該影像平面上；

調整該圖靶與該相機間的相對方位，直到該中心對稱圖案（PCP）成像為一中心對稱影像（ICP）；以及

以至少一對稱指標測試該中心對稱影像（ICP），以確定該複數個幾何圖形的影像軌跡達到中心對稱的要求，則該中心校正點之映射影像點的特徵座標即為該失真中心。

- 1 0、如申請專利範圍第 9 項所述之求取相機光學投射參數的方法，其中該對稱指標包括失真指標參數、水平偏差度與/或垂直偏差度。
- 1 1、如申請專利範圍第 7 項所述之求取相機光學投射參數的方法，其中該複數個幾何圖形係為選自同心圓、同心方形、同心三角形與同心多邊形之組合的其中之一。
- 1 2、如申請專利範圍第 7 項所述之求取相機光學投射參數的方法，其中該複數個幾何圖形係由同心的圓形、方形、三角形或多邊形所組合而成。
- 1 3、如申請專利範圍第 7 項所述之求取相機光學投射參數的方法，其中該物像共軛座標對係由該複數個校正點或該相機的絕對座標位置與其對應影像點的像素座標位置配對組合而成的座標對，可以解析出像高、物高和物距三個參數。
- 1 4、如申請專利範圍第 7 項所述之求取相機光學投射參數的方法，其中該重疊性指標係指一特性長度，該特

性長度的計算包含有以下步驟：

解析該物像共軛座標對陣列而得到複數個資料點；以及

連接該複數個資料點而成該特性長度，以該特性長度最小為軌跡重疊度最佳的指標。

- 1 5、如申請專利範圍第 1 4 項所述之求取相機光學投射參數的方法，其中該複數個資料點係指該複數個校正點對應之光軸偏折角 (α) 對像高 (ρ) 關係的資料點，代表該相機的投射曲線，係由解析該物像共軛座標對陣列的資料與該定點的假設位置而得。
- 1 6、如申請專利範圍第 1 4 項所述之求取相機光學投射參數的方法，其中該複數個資料點係指該複數個校正點對應之光軸偏折角焦距 (zFL) 對像高 (ρ) 關係的資料點，代表該相機的失真程度，係由解析該物像共軛座標對陣列的資料與該定點的假設位置而得。
- 1 7、如申請專利範圍第 1 6 項所述之求取相機光學投射參數的方法，其中該光軸偏折角焦距 (zFL) 係以以下數學式決定之：

$$zFL = \rho * \cot(\alpha)$$

其中，

ρ ：像高，即該映射影像點與該失真中心間的距離；

α ：光軸偏折角，該映射影像點對應於物體空間中一入射線與該光學軸的夾角。

- 1 8、一種求取相機光學投射參數的方法，係利用該相機之視野空間中一視野線對一影像平面上—影像點的專一投射特性，而求取該相機的光學參數，該方法包含有：

以該影像點為基準，求取該視野空間中映射到該影像點的至少二不同絕對座標點，以定義該視野線；

計算代表該視野線的一光軸偏折角 (α)，係為該視野線與該相機之一光學軸的夾角；

進一步求取複數個影像點所分別對應的複數條視野線所分別定義的複數個光軸偏折角 (α)；以及

由該複數個影像點與該複數個光軸偏折角 (α) 間的對應關係，得到描述該相機投射行為的一投射函數。

- 1 9、如申請專利範圍第 1 8 項所述之求取相機光學投射參數的方法，其中定義該視野線的方法更包含有：

設置一圖靶於該相機的視野空間中，該圖靶具有一中心對稱圖案 (PCP)，該中心對稱圖案 (PCP) 定義一位於圖案中心的中心校正點以及至少二個位於同一輻射半徑上的第一校正點與第二校正點；

準直該相機與該圖靶，使得該光學軸正交穿過該中心校正點；

紀錄該第一校正點在該影像平面上映射之該影像點的像素座標位置；

該圖靶依據該中心校正點沿著該光學軸移動，使

得該第二校正點亦重疊映射在該影像點的像素座標位置上；以及

攫取該第一校正點與該第二校正點的空間絕對座標，則該二絕對座標點即定義該視野線。

20、如申請專利範圍第19項所述之求取相機光學投射參數的方法，其中該視野線與該光學軸的交點即為該相機的一投影中心（viewpoint/FNP）。

21、如申請專利範圍第19項所述之求取相機光學投射參數的方法，其中準直該相機與該圖靶的方法係藉由定位該影像平面的一失真中心來達成，正交穿過該失真中心與該中心校正點的一空間視野線即為該光學軸，其步驟包含有：

該圖靶上之該中心對稱圖案（PCP）更具有複數個中心對稱的幾何圖形；

將該圖靶放置在該相機的視野空間中使得該中心對稱圖案（PCP）成像在該影像平面上；

調整該圖靶與該相機間的相對方位，直到該中心對稱圖案（PCP）成像為一中心對稱影像（ICP）；

以至少一對稱指標測試該中心對稱影像（ICP），以確定該複數個幾何圖形的影像軌跡達到中心對稱的要求，此時該中心校正點之映射影像點的特徵座標為該失真中心；以及

根據該圖靶的已知方位，取正交穿過該失真中心與該中心校正點的一空間視野線即為該光學軸。

- 2 2、如申請專利範圍第 2 1 項所述之求取相機光學投射參數的方法，其中該對稱指標包括失真指標參數、水平偏差度與/或垂直偏差度。
- 2 3、如申請專利範圍第 2 1 項所述之求取相機光學投射參數的方法，其中該複數個幾何圖形係為選自同心圓、同心方形、同心三角形與同心多邊形之組合的其中之一。
- 2 4、如申請專利範圍第 2 1 項所述之求取相機光學投射參數的方法，其中該複數個幾何圖形係由同心的圓形、方形、三角形或多邊形所組合而成。
- 2 5、如申請專利範圍第 1 8 項所述之求取相機光學投射參數的方法，其中由解析該複數個影像點與該複數個光軸偏折角 (α) 間的對應關係，更可以得到該相機的一投影中心 (viewpoint/FNP)。
- 2 6、如申請專利範圍第 2 5 項所述之求取相機光學投射參數的方法，其中求取該投影中心的方法更包含有：
- 設置一圖靶於該相機的視野空間中，該圖靶具有一中心對稱圖案 (PCP)，該中心對稱圖案定義有一位於圖案中心的中心校正點以及由複數個幾何圖形定義的複數個校正點；
- 準直該相機與該圖靶，使得該光學軸正交穿過該中心校正點；
- 沿著該光學軸變動該相機與該圖靶間的相對距離，並分別紀錄在不同該相對距離下該複數個校正點

所對應的複數個物像共軛座標對，總合而成一物像共軛座標對陣列；以及

沿著該光學軸尋求一定點，以該定點為基準解析該物像共軛座標對陣列的資料，使得一重疊性指標呈現最佳的軌跡重疊度，則該定點即為該投影中心。

2 7、如申請專利範圍第 2 6 項所述之求取相機光學投射參數的方法，其中該物像共軛座標對係由該複數個校正點或該相機的絕對座標位置與其對應影像點的像素座標位置配對組合而成的座標對，可以解析出像高、物高和物距三個參數。

2 8、如申請專利範圍第 2 6 項所述之求取相機光學投射參數的方法，其中該重疊性指標係指一特性長度，該特性長度的計算包含有以下步驟：

解析該物像共軛座標對陣列而得到複數個資料點；以及

連接該複數個資料點而成該特性長度，以該特性長度最小為軌跡重疊度最佳的指標。

2 9、如申請專利範圍第 2 8 項所述之求取相機光學投射參數的方法，其中該複數個資料點係指該複數個校正點對應之光軸偏折角 (α) 對像高 (ρ) 關係的資料點，代表該相機的投射曲線，係由解析該物像共軛座標對陣列的資料與該定點的假設位置而得。

3 0、如申請專利範圍第 2 8 項所述之求取相機光學投射參數的方法，其中該複數個資料點係指該複數個校正

點對應之光軸偏折角焦距（zFL）對像高（ ρ ）關係的資料點，代表該相機的失真程度，係由解析該物像共軛座標對陣列的資料與該定點的假設位置而得。

- 3 1、如申請專利範圍第 3 0 項所述之求取相機光學投射參數的方法，其中該光軸偏折角焦距（zFL）係以以下數學式決定之：

$$zFL = \rho * \cot(\alpha)$$

其中，

ρ ：像高，即該映射影像點與該失真中心間的距離；

α ：光軸偏折角，該映射影像點對應於物體空間中一入射線與該光學軸的夾角。

- 3 2、一種求取相機光學投射參數的裝置，係應用於解析該相機之視野空間中複數條視野線對一影像平面上複數個影像點的對應關係，該裝置包含有：

一圖靶，繪製有一中心對稱圖案（PCP），該中心對稱圖案係由一中心校正點與複數個中心對稱的幾何圖形所組成，該複數個幾何圖形定義有複數個校正點；

一相機，具有一非線性投影鏡頭，用以攝取來自該中心對稱圖案的光線而在該影像平面上形成一對應影像；

一調整平台，具有三相互正交之基軸以定義一平台座標系統，用於調整該圖靶與該相機間的相對絕對

位置；

一平台控制器，連接於該調整平台，用以提供動力並控制該調整平台的運動範圍；以及

一運算單元，連接於該相機與該平台控制器，根據由該相機攫取的影像資料對該平台控制器下命令，以調整該調整平台之三基軸的位置，並且攫取該複數個校正點的絕對座標以及其映射影像點的像素座標而形成複數個共軛座標對，根據該複數個共軛座標對的資料進行運算，而得到描述該相機中該視野空間對該影像平面的投射函數，用來表現該相機的成像機制。

3 3、如申請專利範圍第 3 2 項所述之求取相機光學投射參數的裝置，其中更包含有一光源，用於照明該圖靶。

3 4、如申請專利範圍第 3 2 項所述之求取相機光學投射參數的裝置，其中該圖靶上之該中心校正點與該複數個校正點可用主動發亮的元件組成。

3 5、如申請專利範圍第 3 4 項所述之求取相機光學投射參數的裝置，其中該主動發亮的元件係為一發光二極體（Light Emitting Diode，LED）。

3 6、如申請專利範圍第 3 2 項所述之求取相機光學投射參數的裝置，其中該運算單元更包含有：

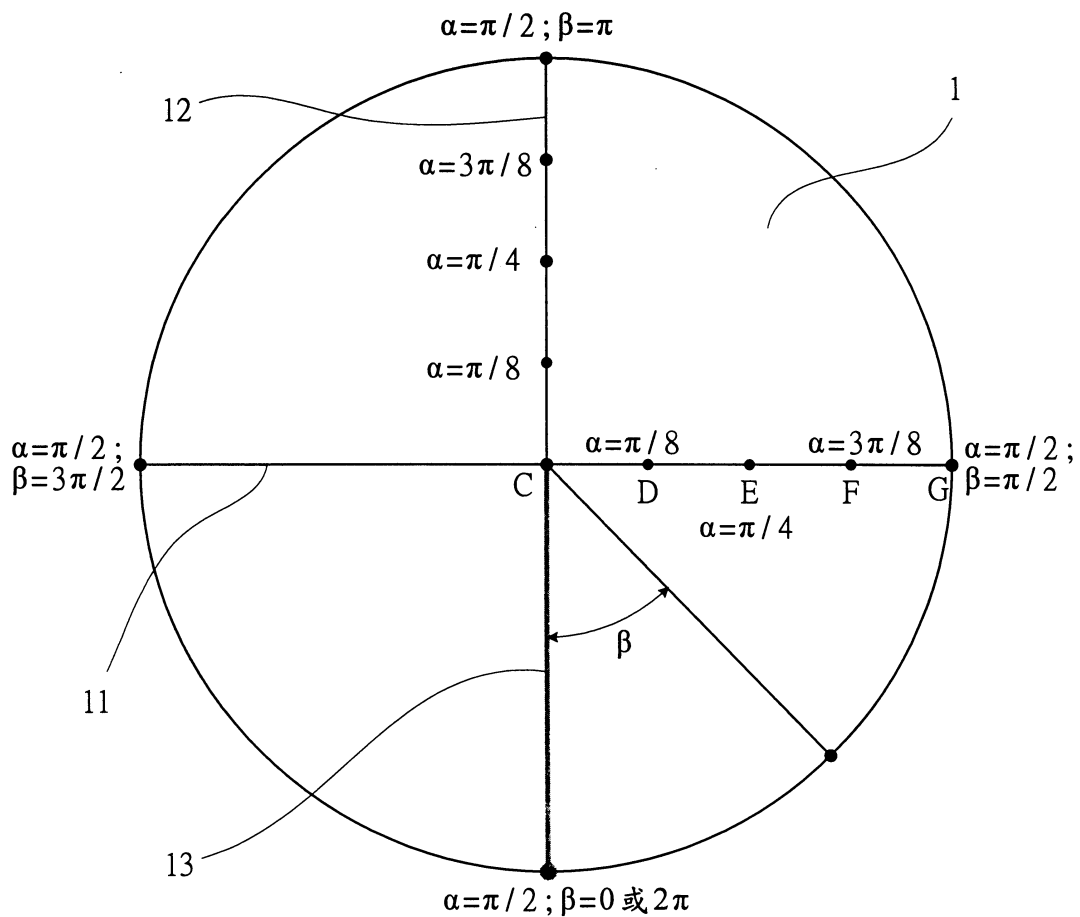
一影像攫取裝置，連接於該相機，用於轉換該相機所攫取到的類比訊號為數位訊號；

一數位影像處理器，連接於該影像攫取裝置，用於處理該數位訊號以攫取該對應影像的像素座標；以

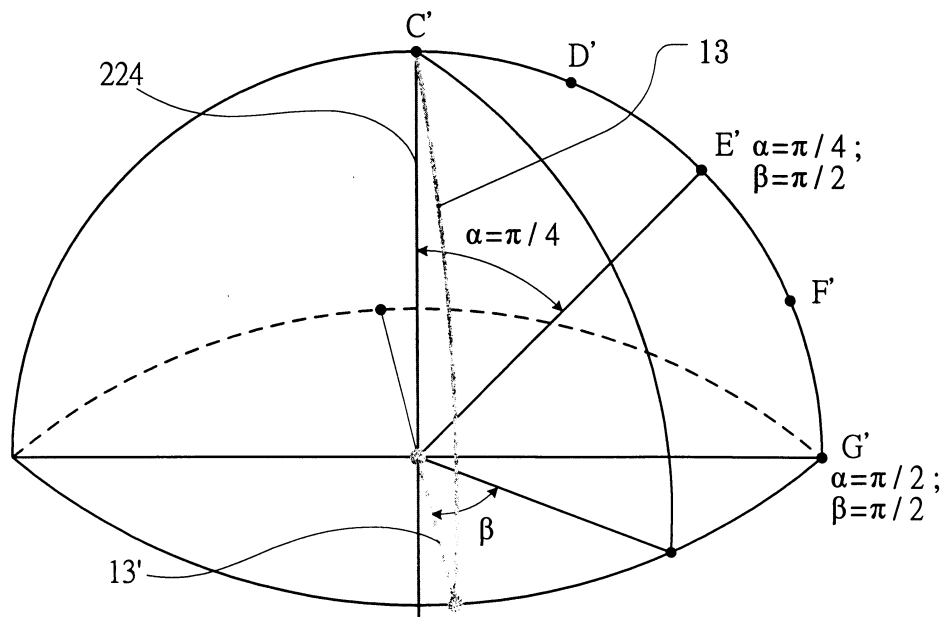
及

一中央處理器，用於控制該影像攫取裝置與該數位影像處理器的操作。

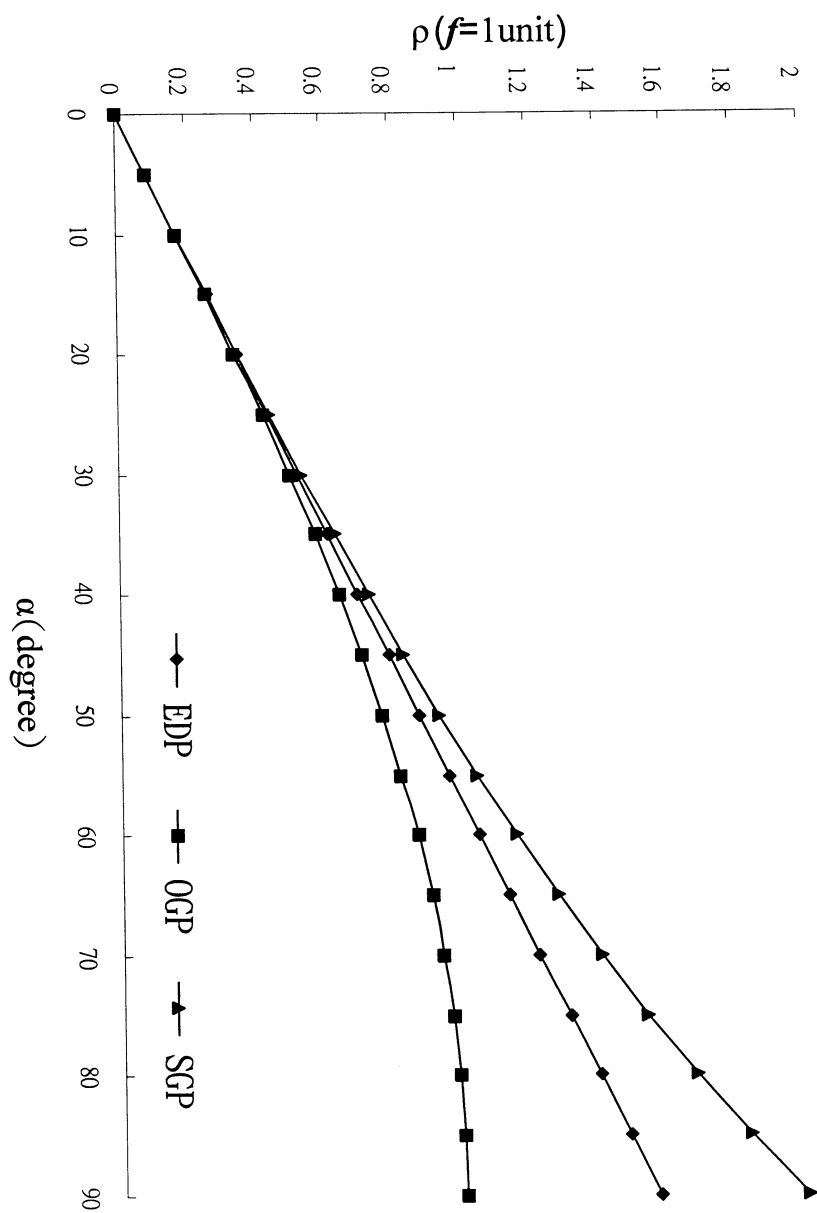
- 3 7、如申請專利範圍第 3 2 項所述之求取相機光學投射參數的裝置，其中該運算單元係為一個人電腦（PC）。
- 3 8、如申請專利範圍第 3 2 項所述之求取相機光學投射參數的裝置，其中該相機係為選自一 CCD 相機、一 CMOS 相機、一裝設影像掃描裝置相機之組合的其中之一。
- 3 9、如申請專利範圍第 3 2 項所述之求取相機光學投射參數的裝置，其中該複數個幾何圖形係為選自同心圓、同心方形、同心三角形與同心多邊形之組合的其中之一。
- 4 0、如申請專利範圍第 3 2 項所述之求取相機光學投射參數的裝置，其中該複數個幾何圖形係由同心的圓形、方形、三角形或多邊形所組合而成。



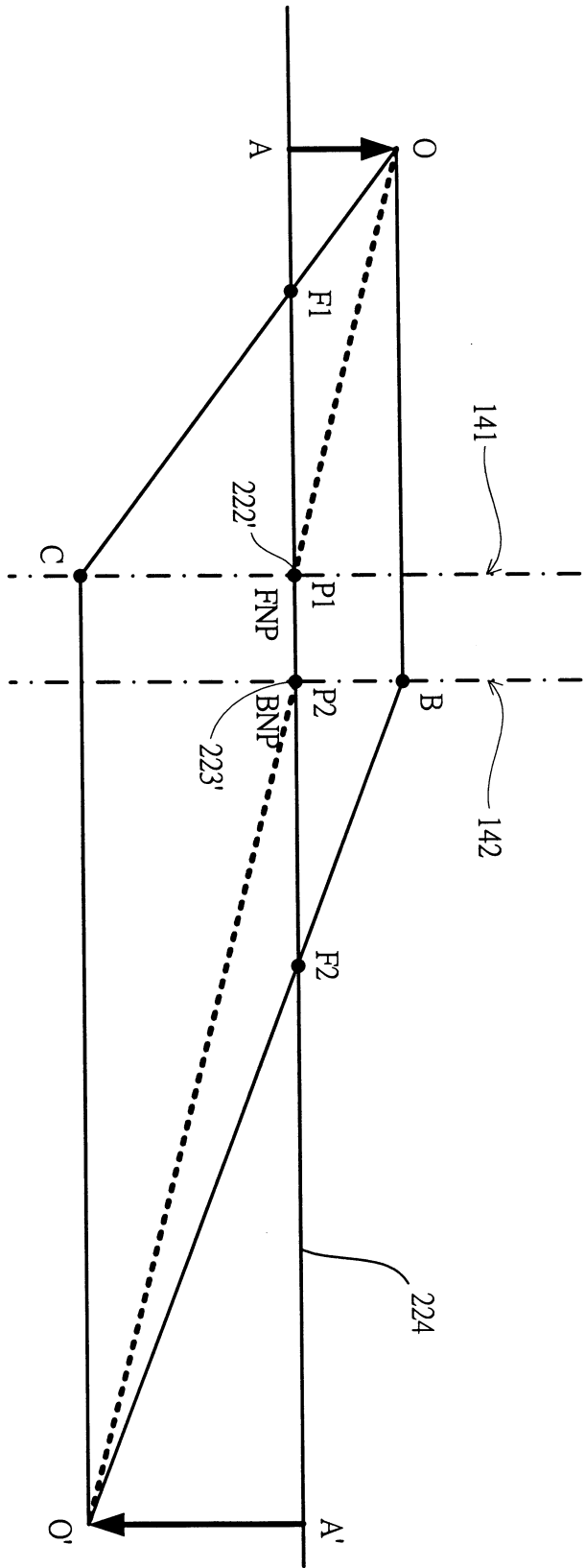
第 1 A 圖



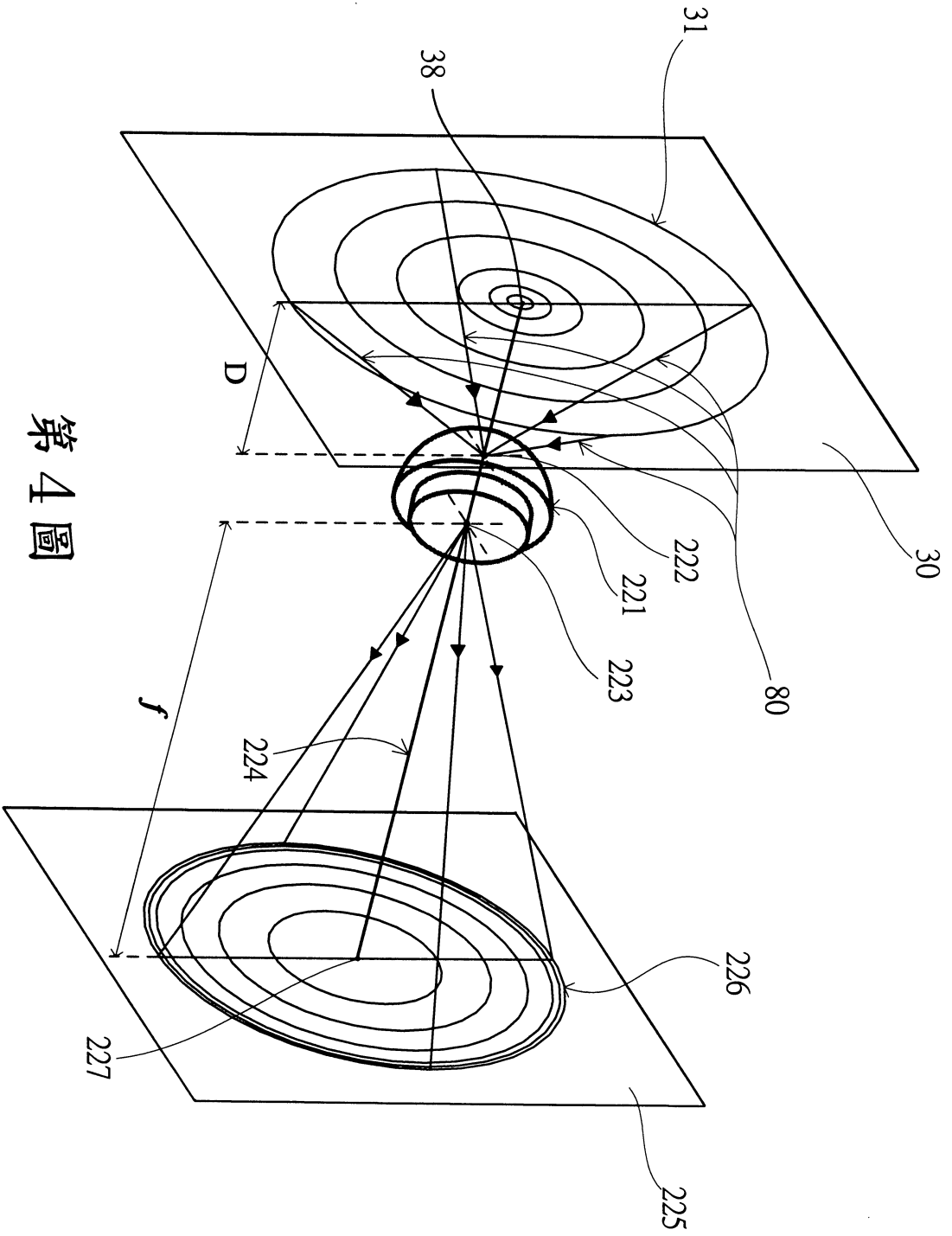
第 1 B 圖



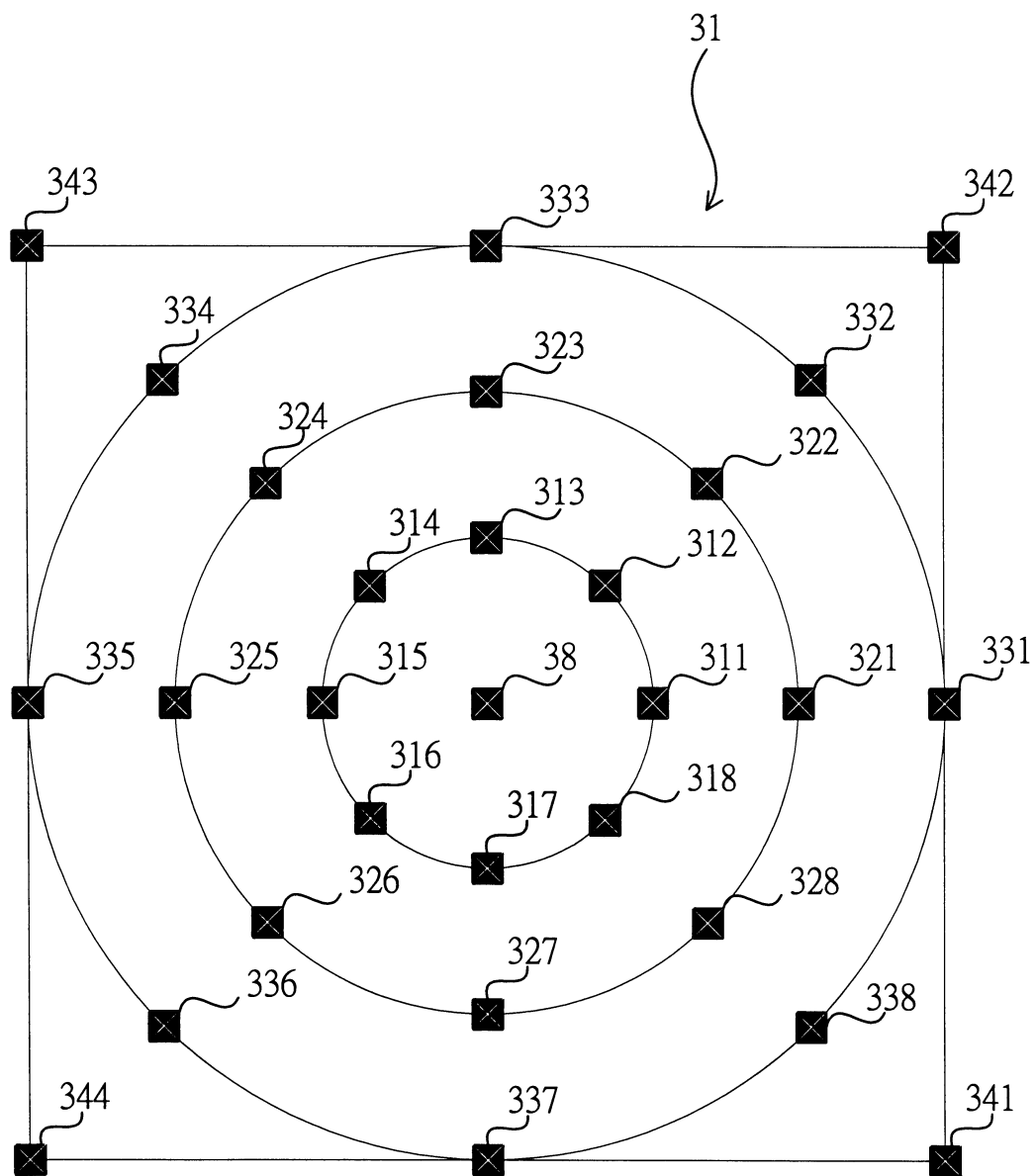
第2圖



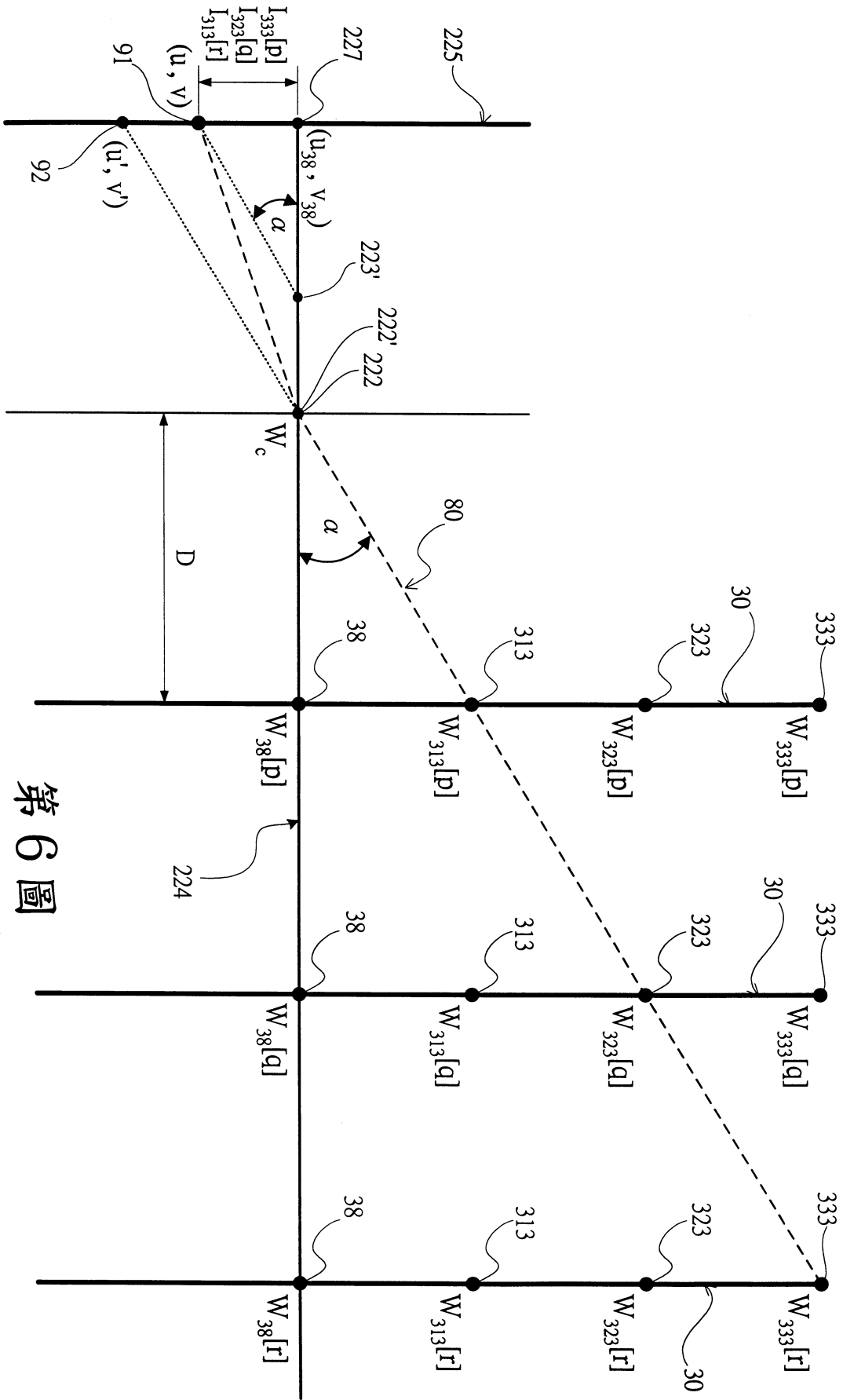
第 3 圖



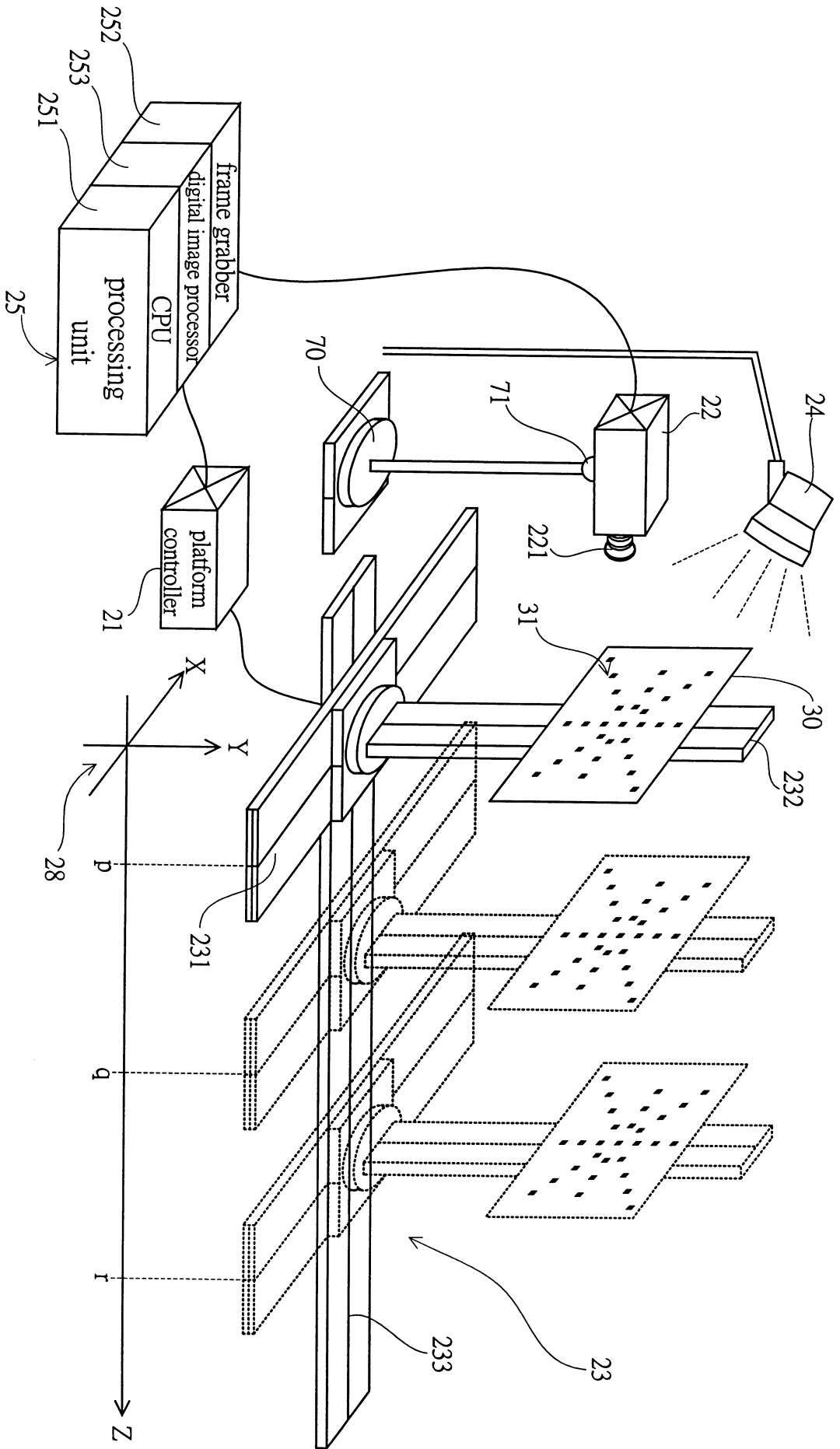
第4圖



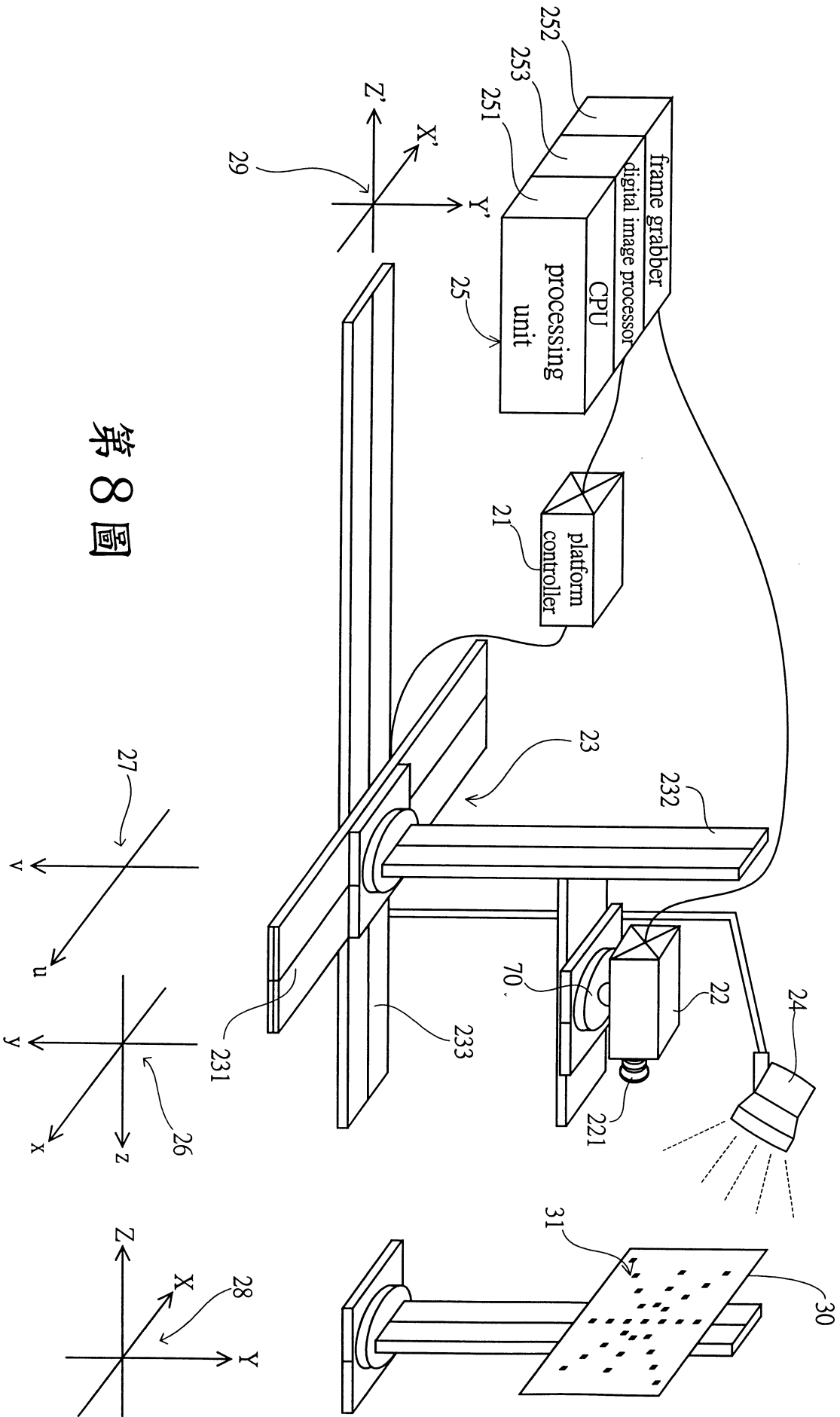
第 5 圖



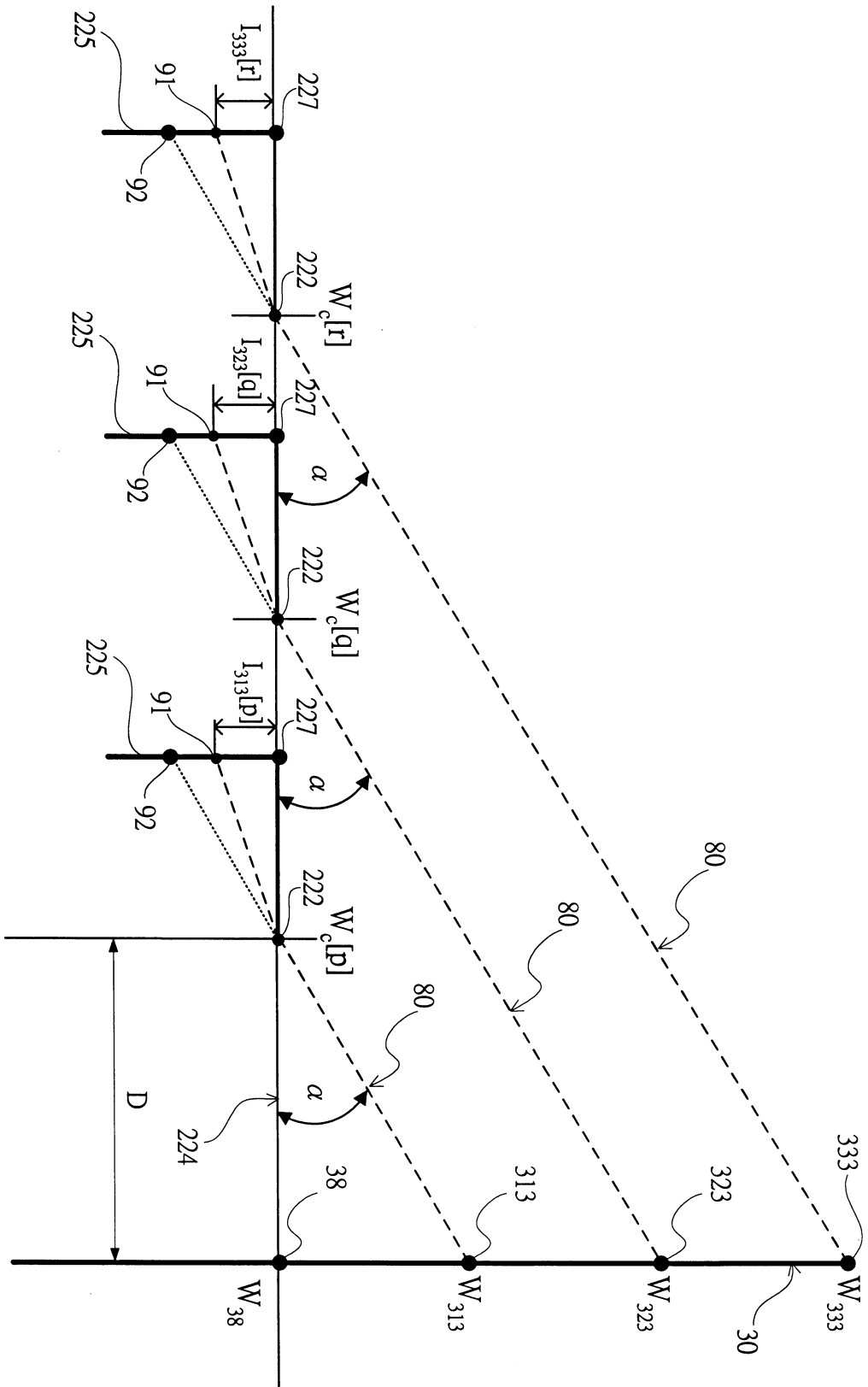
第6圖



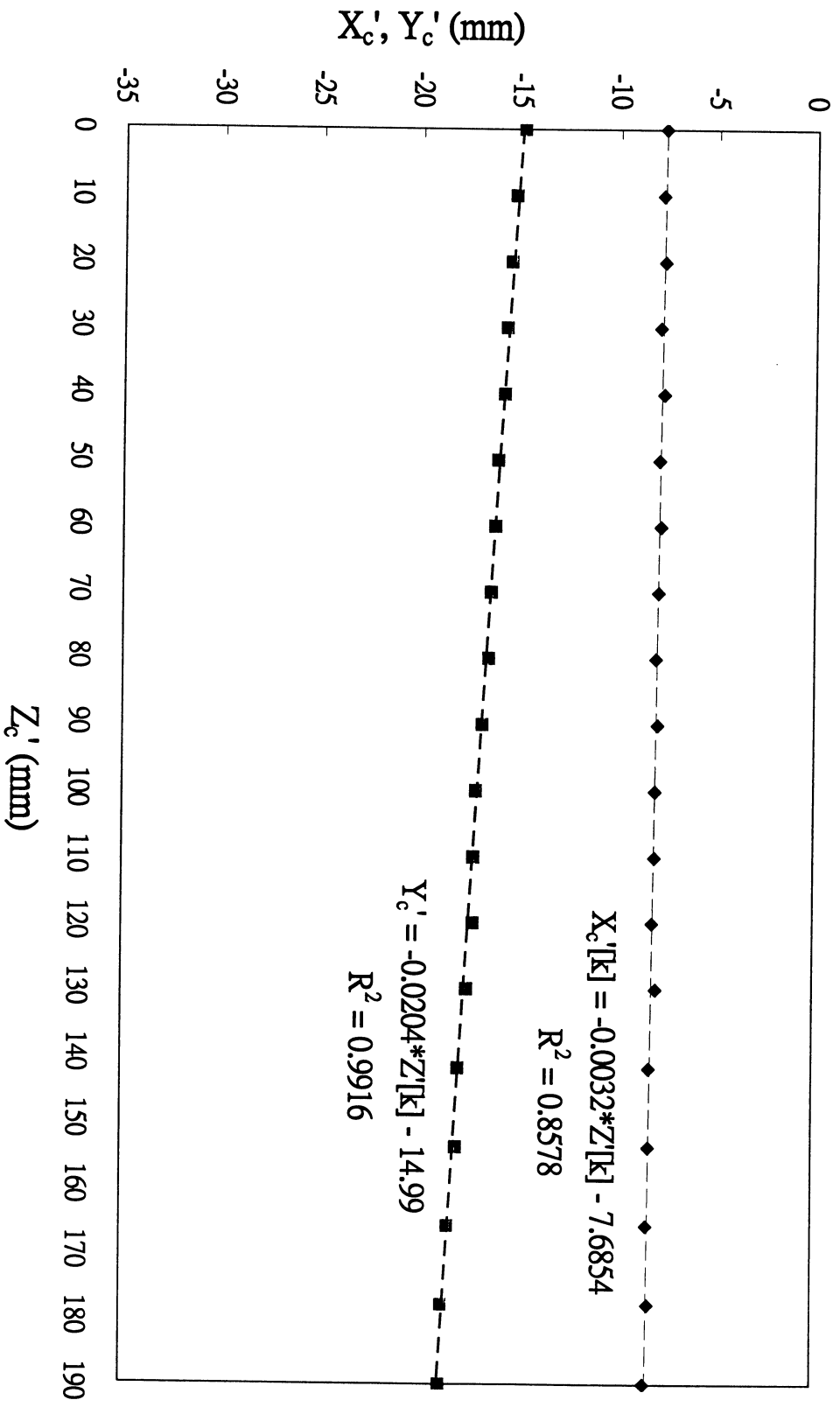
第7圖



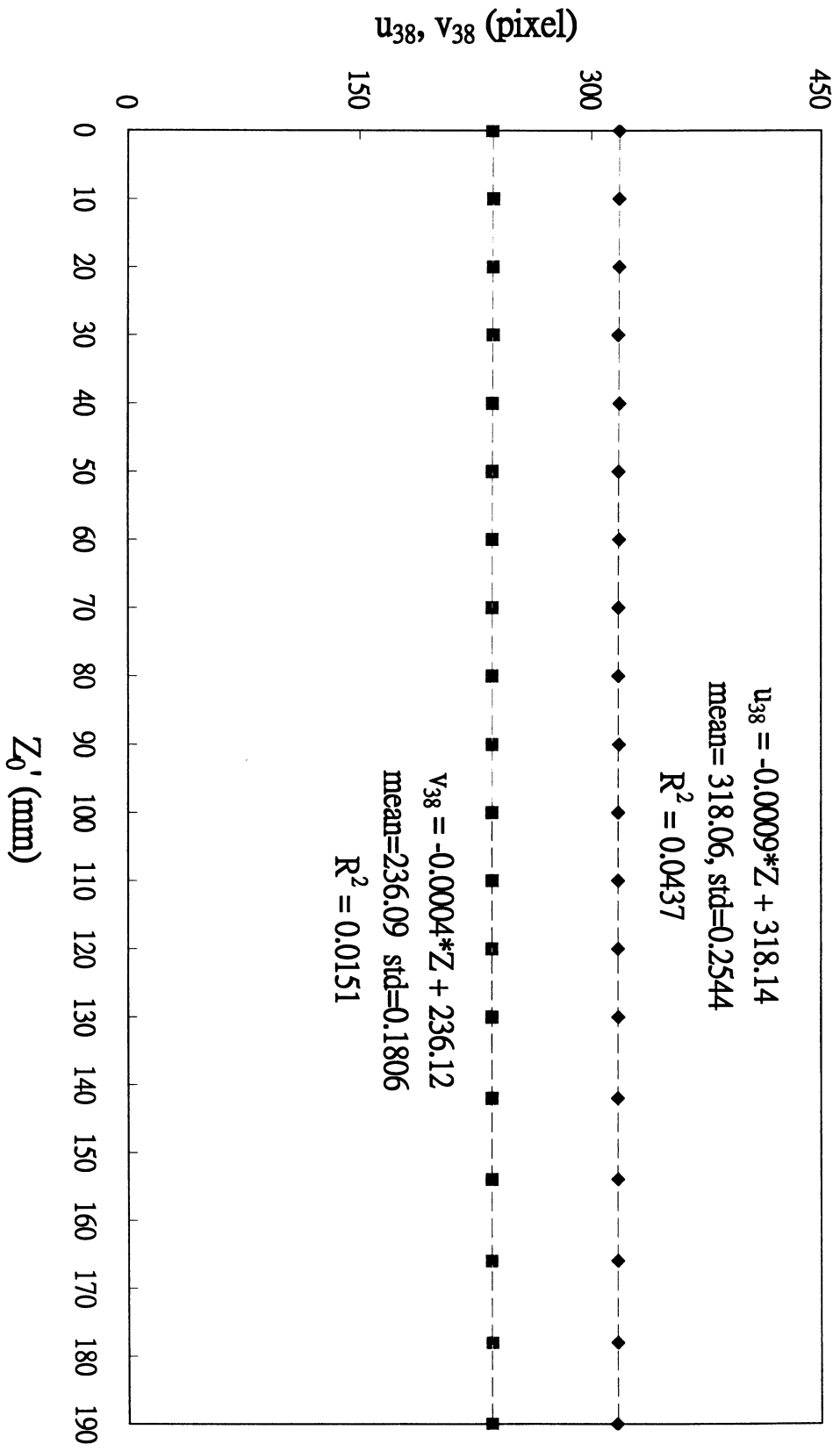
第 8 圖



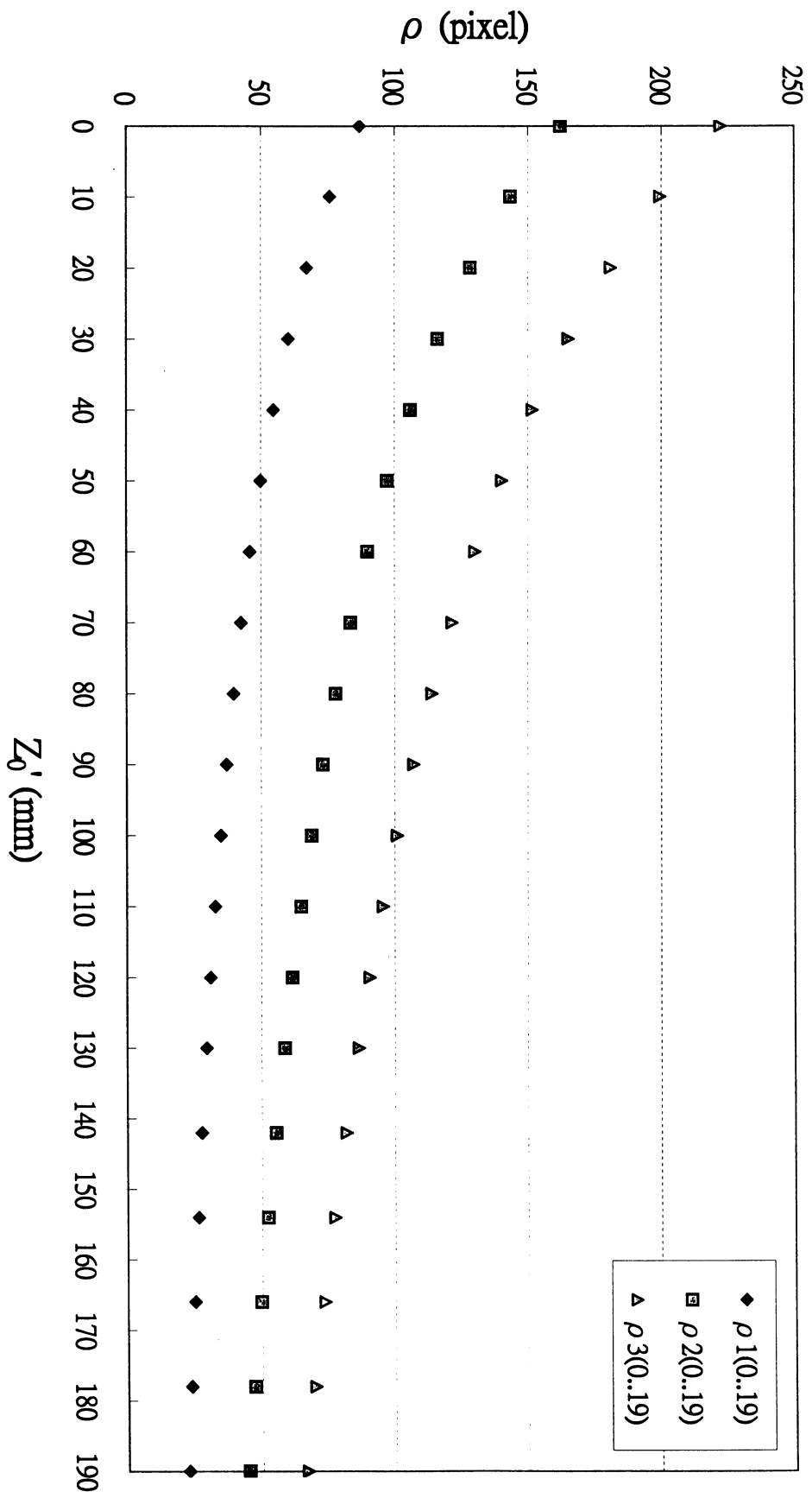
第 9 圖



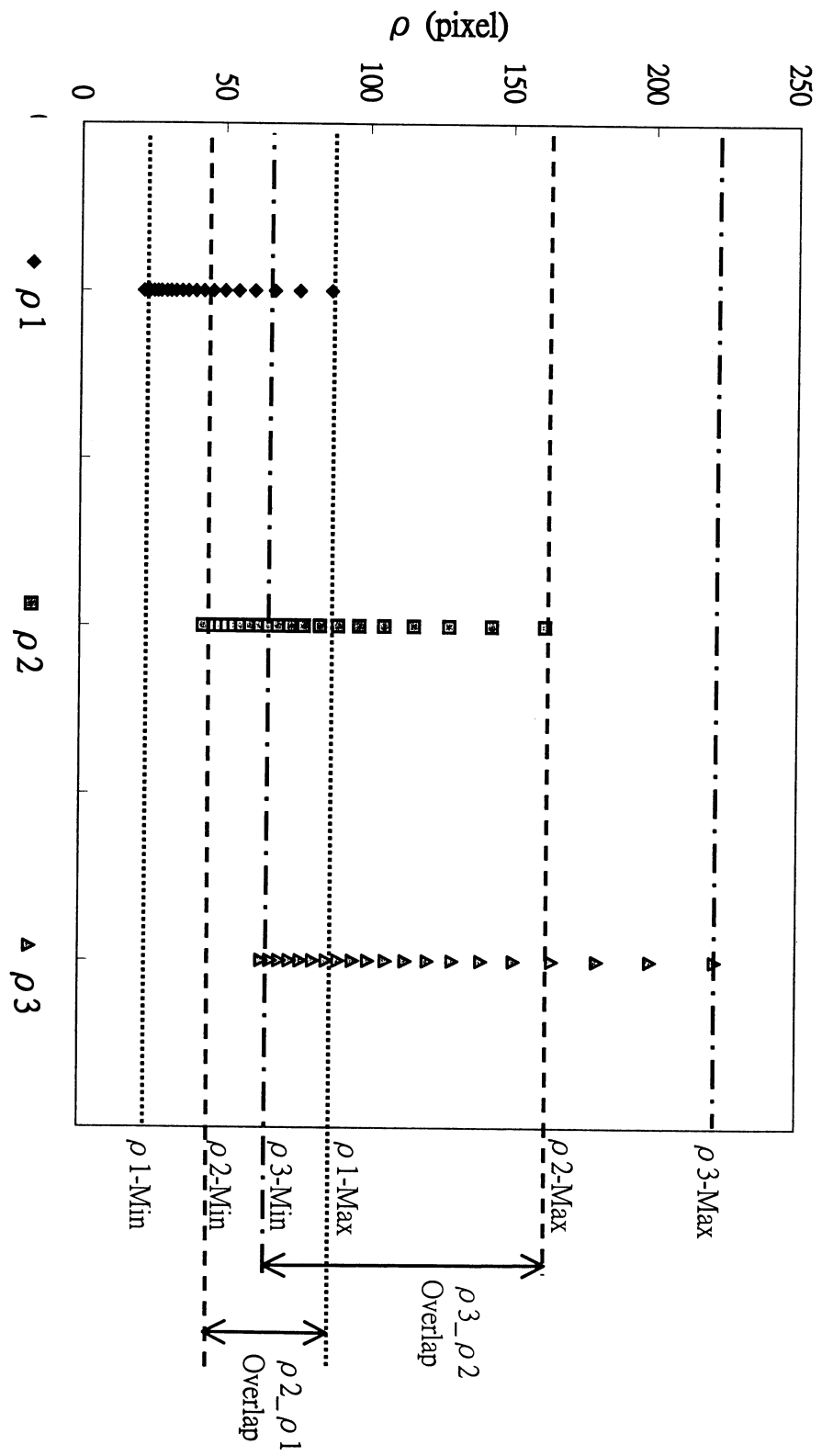
第 10 圖



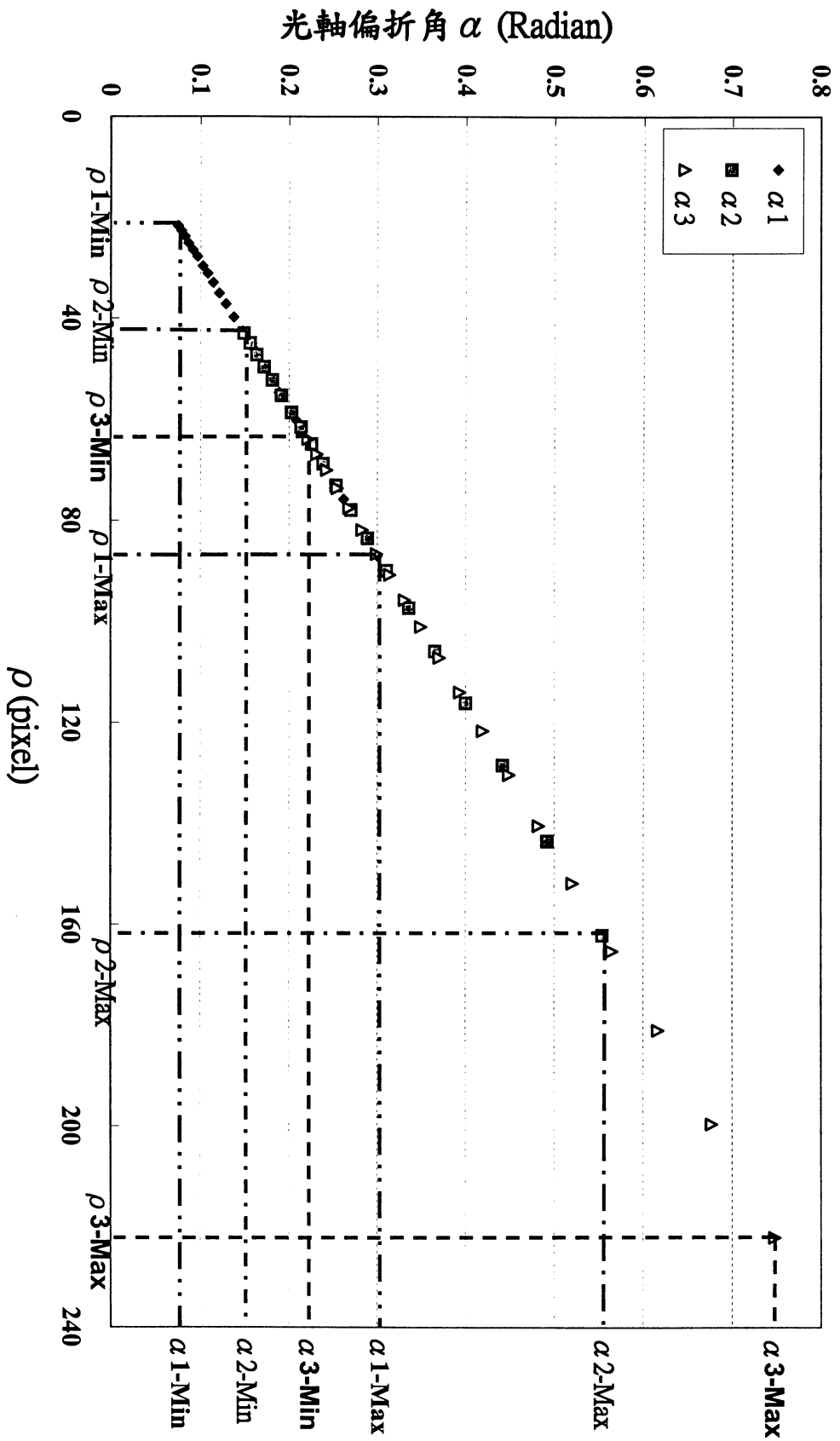
第 1 1 圖



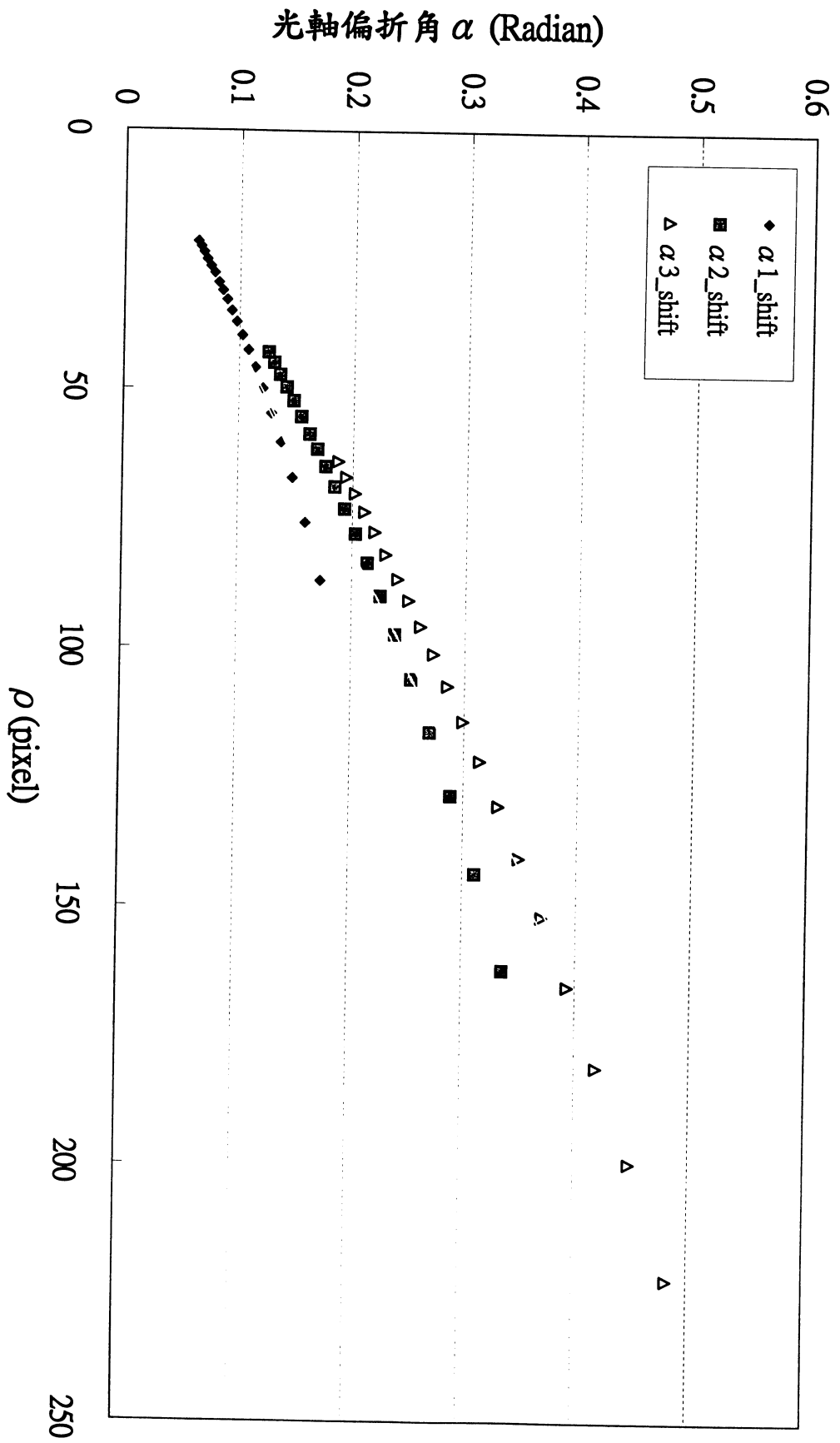
第 1 2 A 圖



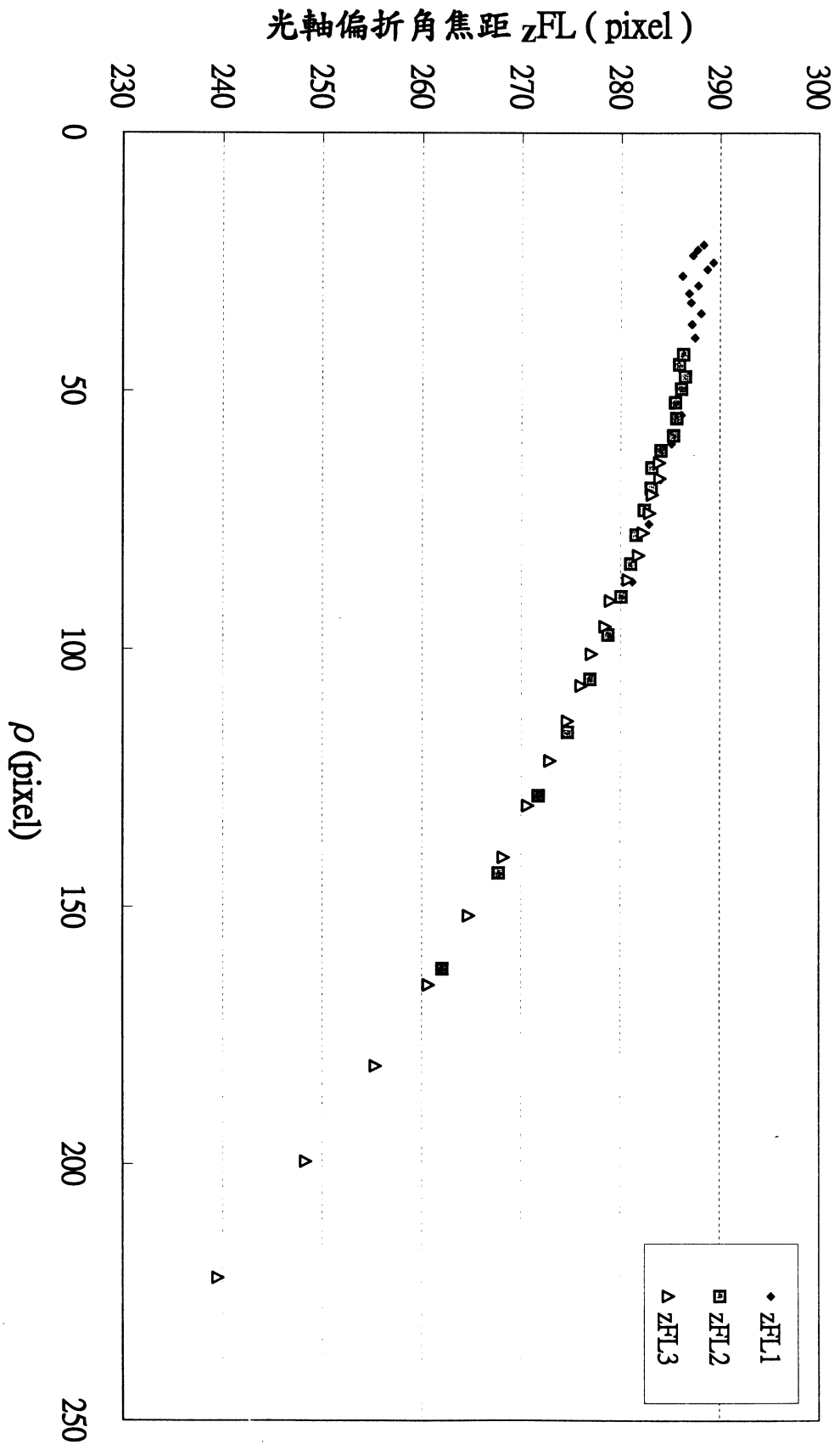
第 1 2 B 圖



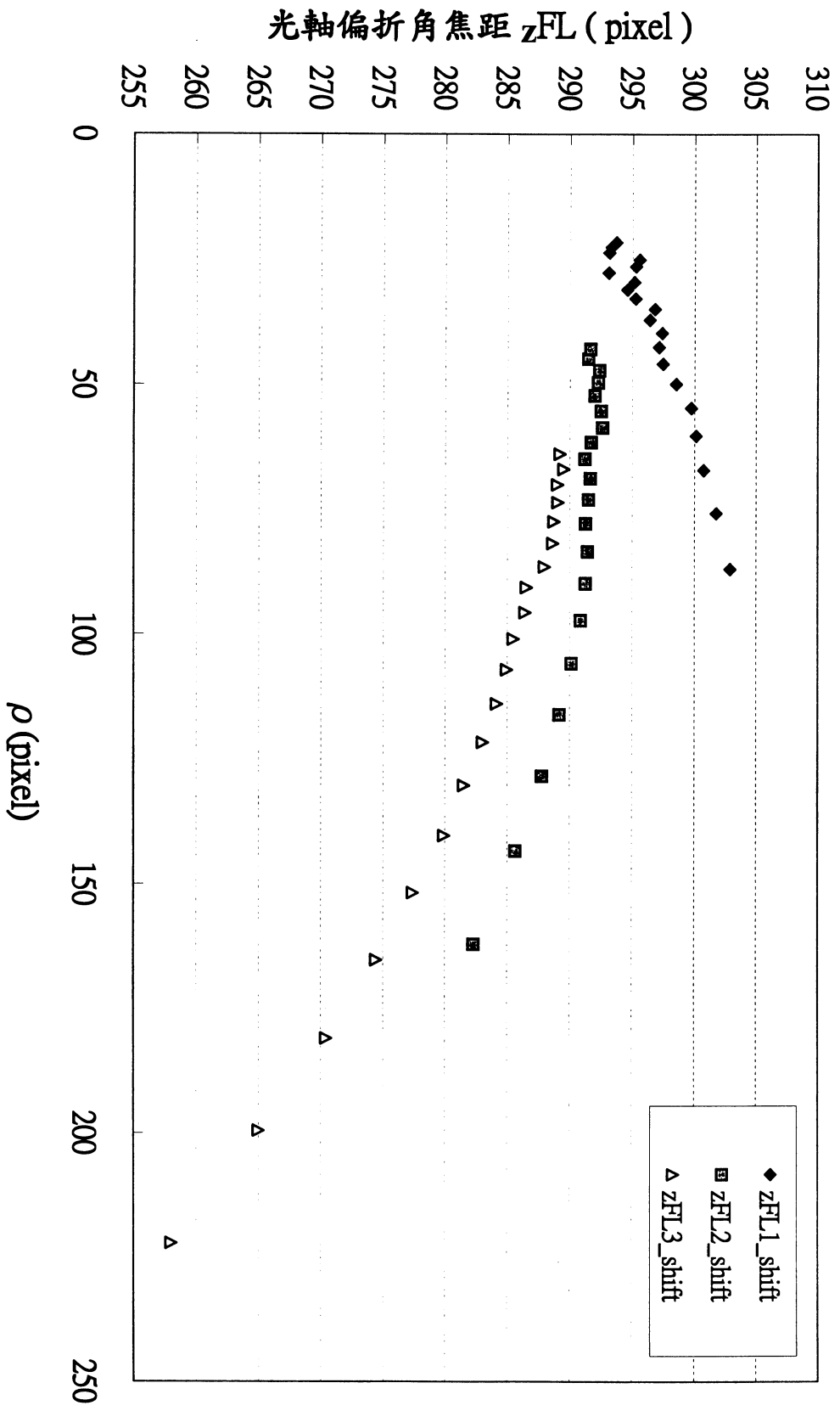
第 1 3 圖



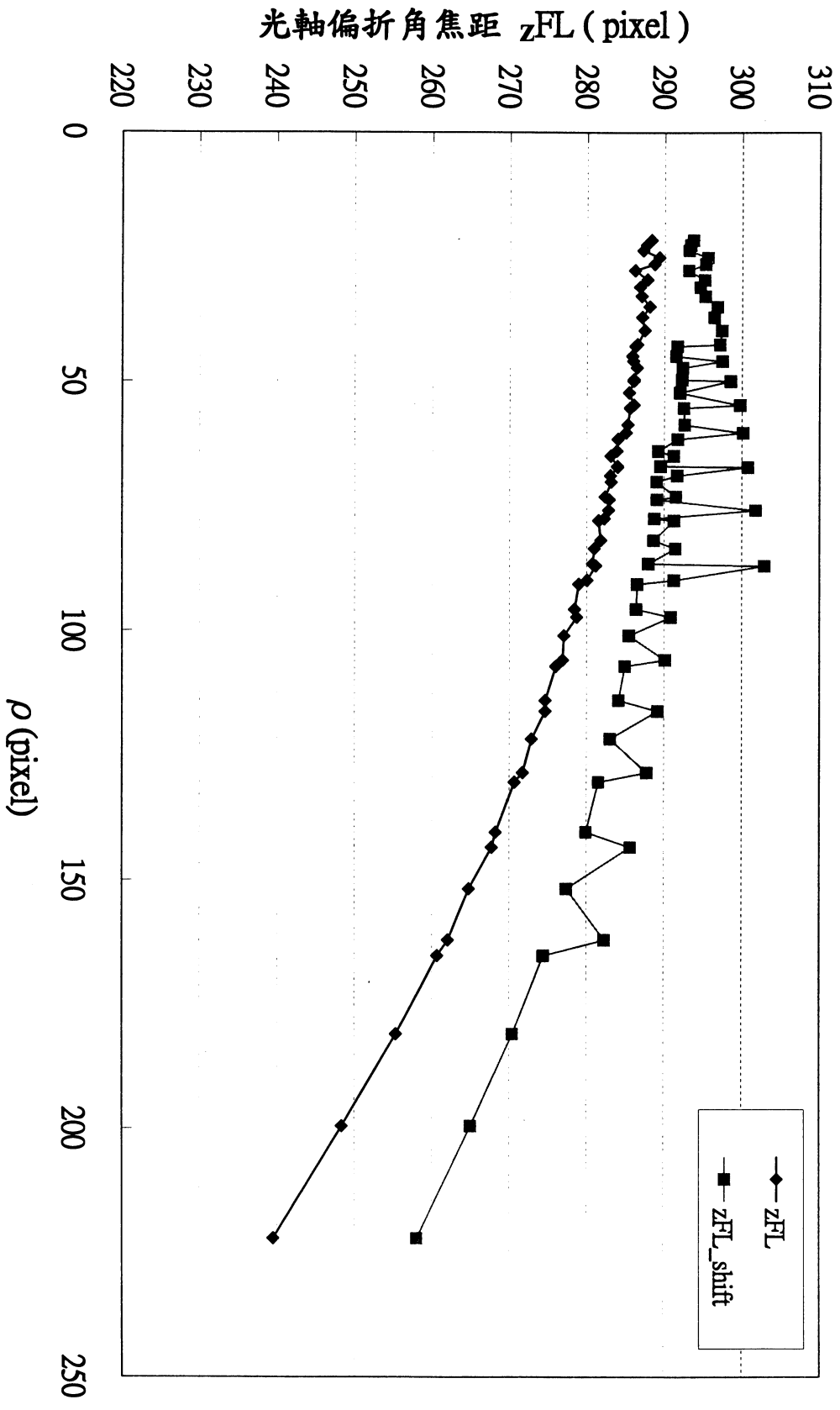
第 1 4 圖



第 15 圖



第 1 6 圖



第 17 圖