



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公告本

(11) 證書號數：TW I592020 B

(45) 公告日：中華民國 106 (2017) 年 07 月 11 日

(21) 申請案號：105126843

(22) 申請日：中華民國 105 (2016) 年 08 月 23 日

(51) Int. Cl. : **H04N5/74 (2006.01)**

(71) 申請人：國立臺灣科技大學 (中華民國) NATIONAL TAIWAN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY (TW)

臺北市大安區基隆路四段 43 號

(72) 發明人：林宗翰 LIN, TZUNG-HAN (TW)

(74) 代理人：葉璟宗；詹東穎；劉亞君

(56) 參考文獻：

CN 1484198A

審查人員：陳哲賢

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：4 共 30 頁

(54) 名稱

投影機的影像校正方法及影像校正系統

IMAGE CORRECTION METHOD OF PROJECTOR AND IMAGE CORRECTION SYSTEM

(57) 摘要

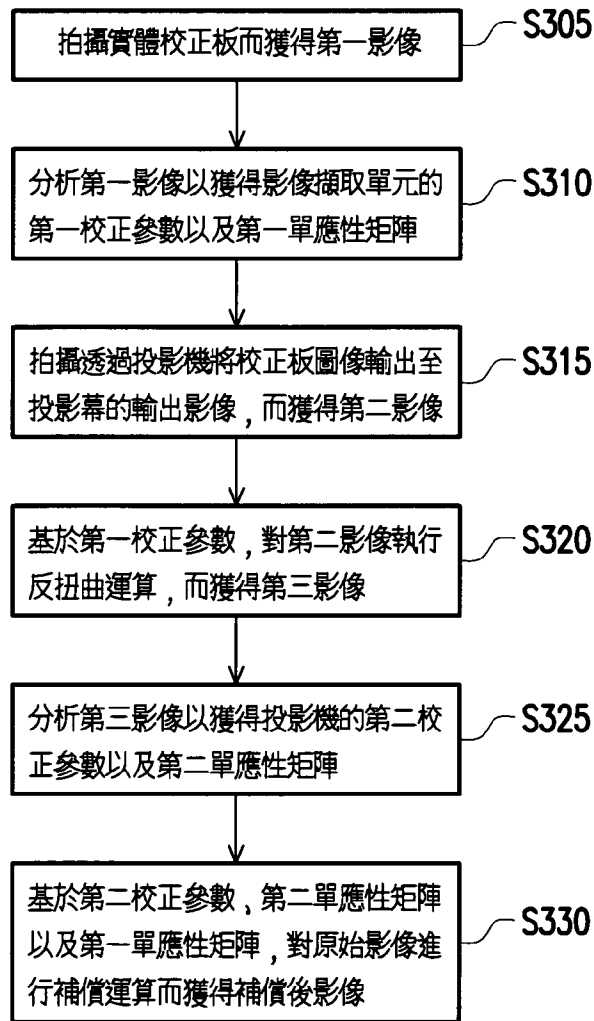
一種投影機的影像校正方法及影像校正系統。影像擷取裝置來拍攝實體校正板而獲得第一影像，並且拍攝由投影機將校正板圖像輸出至投影幕的輸出影像而獲得第二影像。處理器分析第一影像以獲得影像擷取裝置的第一校正參數以及第一單應性矩陣，並基於第一校正參數，對第二影像執行反扭曲運算，而獲得第三影像。處理器分析第三影像以獲得投影機的第二校正參數以及第二單應性矩陣。基於第二校正參數、第二單應性矩陣以及該第一單應性矩陣，處理器對欲經由投影機輸出的原始影像進行補償運算而獲得補償後影像。

An image correction method of a projector and an image correction system are provided. An image capturing apparatus takes a real calibration panel to obtain a first image, and takes an outputting image on a projection screen outputted from a calibration panel pattern by the projector to obtain a second image. A processors analyzes the first image to obtain a first calibration parameter and a first homography matrix and executes an undistorted operation for the second image to obtain a third image. The processors analyzes the third image to a second calibration parameter and a second homography matrix. The processors executes a compensating operation for an original image desired to output by the projector to obtain a compensated image.

指定代表圖：

符號簡單說明：

S305~S330 . . . 投影機的影像校正方法各步驟



【圖3】



申請日: 105. 8. 23

IPC分類:

【發明摘要】

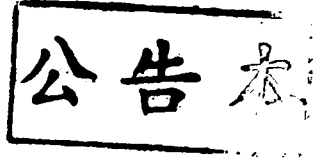
【中文發明名稱】

投影機的影像校正方法及影像校正系統

【英文發明名稱】

IMAGE CORRECTION METHOD OF PROJECTOR AND IMAGE
CORRECTION SYSTEM

H^{04N} 5/04 (2006.01)



【中文】一種投影機的影像校正方法及影像校正系統。影像擷取裝置來拍攝實體校正板而獲得第一影像，並且拍攝由投影機將校正板圖像輸出至投影幕的輸出影像而獲得第二影像。處理器分析第一影像以獲得影像擷取裝置的第一校正參數以及第一單應性矩陣，並基於第一校正參數，對第二影像執行反扭曲運算，而獲得第三影像。處理器分析第三影像以獲得投影機的第二校正參數以及第二單應性矩陣。基於第二校正參數、第二單應性矩陣以及該第一單應性矩陣，處理器對欲經由投影機輸出的原始影像進行補償運算而獲得補償後影像。

【英文】An image correction method of a projector and an image correction system are provided. An image capturing apparatus takes a real calibration panel to obtain a first image, and takes an outputting image on a projection screen outputted from a calibration panel pattern by the projector to obtain a second image. A

processors analyzes the first image to obtain a first calibration parameter and a first homography matrix and executes an undistorted operation for the second image to obtain a third image. The processors analyzes the third image to a second calibration parameter and a second homography matrix. The processors executes a compensating operation for an original image desired to output by the projector to obtain a compensated image.

【指定代表圖】圖3。

【代表圖之符號簡單說明】

S305~S330：投影機的影像校正方法各步驟

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

投影機的影像校正方法及影像校正系統

【英文發明名稱】

IMAGE CORRECTION METHOD OF PROJECTOR AND IMAGE CORRECTION SYSTEM

【技術領域】

【0001】 本發明是有關於一種影像處理方法及其系統，且特別是有關於一種投影機的影像校正方法及影像校正系統。

【先前技術】

【0002】 一般投影機內部具有發光光源，經過光學鏡組後，可將影像投射到實體平面上，做為觀看使用。投影機在結構光(structure light)形式的三維(three dimension, 3D)掃描器中，以及光固化(photocuring)形式的3D印表機中，亦同樣扮演著關鍵元件角色。然而，投影機所輸出的投影畫面，會因其內部的光學鏡組設計而導致投影畫面產生變形。

【0003】 投影機的變形主要有兩個因素，其中一個因素為，光經過折射至成像表面，容易產生畸變變形；另一個因素為，光軸與成像平面不垂直所導致，或者裝配光學鏡組所產生的歪斜偏移，而導致梯形變形(Keystone)。以畸變變形來說，例如原本傳送給

投影機的影像為正方形，在理想的投影條件下可以輸出正方形的外觀，然而大部分投影機因為光學鏡組的搭配往往會產生畸變變形 (distortion)，其常見的形式為桶狀變形 (Barrel Distortion) 與針狀變形 (Pincushion Distortion)，這類型的變形則需透過非線性的方程式來描述。另外，梯形變形可以單純使用線性變形方式來表示。

【發明內容】

【0004】 本發明提供一種投影機的影像校正方法及影像校正系統，可同步修正投影機的線性的梯形變形及非線性的鏡頭變形。

【0005】 本發明的投影機的影像校正方法，包括：透過影像擷取裝置來拍攝實體校正板而獲得第一影像，其中實體校正板設置在投影機的投影幕的位置；利用處理器分析第一影像以獲得影像擷取裝置的第一校正參數以及第一單應性矩陣；透過影像擷取裝置來拍攝透過投影機將校正板圖像輸出至投影幕的輸出影像，而獲得第二影像；基於第一校正參數，利用處理器對第二影像執行反扭曲運算，而獲得第三影像；利用處理器分析第三影像以獲得投影機的第二校正參數以及第二單應性矩陣；以及基於第二校正參數、第二單應性矩陣以及該第一單應性矩陣，透過處理器對欲經由投影機輸出的原始影像進行補償運算而獲得補償後影像，以將補償後影像透過投影機輸出至投影幕。

【0006】 在本發明的一實施例中，上述第一校正參數包括第一內

部參數以及第一畸變參數。利用處理器來分析第一影像以獲得影像擷取裝置的第一校正參數以及第一單應性矩陣的步驟包括：基於第一影像的解析度來設定第一內部參數；基於第一內部參數來計算第一畸變參數；基於第一畸變參數執行反扭曲運算，而獲得第一反扭曲影像；以及依據第一反扭曲影像與實體校正板對應的座標矩陣，計算第一單應性矩陣。

【0007】 在本發明的一實施例中，上述第二校正參數包括第二內部參數以及第二畸變參數。透過處理器分析第三影像以獲得投影機的第二校正參數以及第二單應性矩陣的步驟包括：基於第三影像的解析度來設定第二內部參數；基於第二內部參數來計算第二畸變參數；基於第二畸變參數執行反扭曲運算，而獲得第二反扭曲影像；以及依據第二反扭曲影像與校正板圖像對應的座標矩陣，計算第二單應性矩陣。

【0008】 在本發明的一實施例中，上述基於第二校正參數、第二單應性矩陣以及第一單應性矩陣，透過處理器對欲經由投影機輸出的原始影像進行補償運算而獲得補償後影像的步驟包括：利用第二單應性矩陣，對原始影像進行反向單應性變換運算，而獲得第一修正影像；利用第二校正參數，對第一修正影像執行反扭曲運算，而獲得第二修正影像；利用第二單應性矩陣，對第二修正影像執行單應性變換運算，而獲得第三修正影像；以及利用第一單應性矩陣，對第三修正影像執行單應性變換運算，而獲得補償後影像。

【0009】 在本發明的一實施例中，影像擷取裝置與投影機位於投影幕的同一側，或者影像擷取裝置與投影機位於投影幕的不同側。

【0010】 本發明的影像校正系統，包括：投影機；影像擷取裝置，拍攝設置於投影機的投影幕的位置的實體校正板而獲得第一影像，並且拍攝由投影機將校正板圖像輸出至投影幕的輸出影像而獲得第二影像；以及處理器，耦接至影像擷取裝置與投影機。處理器分析第一影像以獲得影像擷取裝置的第一校正參數以及第一單應性矩陣；處理器基於第一校正參數，利用處理器對第二影像執行反扭曲運算，而獲得第三影像；處理器分析第三影像以獲得投影機的第二校正參數以及第二單應性矩陣；基於第二校正參數、第二單應性矩陣以及第一單應性矩陣，處理器對欲經由投影機輸出的原始影像進行補償運算而獲得補償後影像，以將補償後影像透過投影機輸出至投影幕。

【0011】 基於上述，透過額外設置的影像擷取裝置來拍攝實體校正板及投影幕上的輸出影像而獲得兩張影像，進而計算出投影機中的線性變形模式與非線性變形模式，藉此來對預計投影的原始影像進行補償運算。據此，補償後影像中已加入了反變形的因素，在經由投影機輸出之後，便能夠獲得與原始影像具有相同比例的畫面，解決了投影機輸出畫面的變形問題，並達成精確定位之功效。

【0012】 為讓本發明的上述特徵和優點能更明顯易懂，下文特舉實施例，並配合所附圖式作詳細說明如下。

【圖式簡單說明】**【0013】**

圖 1 是依照本發明一實施例的影像校正系統的方塊圖。

圖 2A 及圖 2B 是依照本發明一實施例的影像校正系統的配置方式的示意圖。

圖 3 是依照本發明的一種投影機的影像校正方法的流程圖。

圖 4 是依照本發明的影像分析方法的流程圖。

【實施方式】

【0014】 圖 1 是依照本發明一實施例的影像校正系統的方塊圖。請參照圖 1，影像校正系統 100 包括影像擷取裝置 110、投影機 120 以及處理器 130。在此，處理器 130 透過有線連接或是無線連接的方式，分別耦接至影像擷取裝置 110 及投影機 120。即，影像擷取裝置 110 與投影機 120 利用有線傳輸或是無線傳輸的方式與處理器 130 進行溝通，使得處理器 130 得以自影像擷取裝置 110 接收資料，並且傳送資料至投影機 120。

【0015】 影像擷取裝置 110 例如是採用電荷耦合元件（Charge coupled device, CCD）鏡頭、互補式金氧半電晶體（Complementary metal oxide semiconductor transistors, CMOS）鏡頭的攝影機、照相機等。

【0016】 投影機 120 例如是陰極射線管（cathode ray tube, CRT）

投影機、液晶 (liquid-crystal display, LCD) 投影機、數位光處理 (Digital Light Processing, DLP) 投影機、矽基液晶 (liquid crystal on silicon, LCoS) 投影機、發光二極體 (light-emitting diode, LED) 投影機等視頻投影機 (video projector)，但本發明不限於此，可以在不同解析度與不同亮度對比等考量下，採用適合規格的裝置。

【0017】 處理器 130 例如為中央處理單元 (Central Processing Unit, CPU)、圖像處理單元 (Graphic Processing Unit, GPU)、物理處理單元 (Physics Processing Unit, PPU)、可程式化之微處理器 (Microprocessor)、嵌入式控制晶片、數位訊號處理器 (Digital Signal Processor, DSP)、特殊應用積體電路 (Application Specific Integrated Circuits, ASIC) 或其他類似裝置。

【0018】 在影像校正系統 100 中，利用影像擷取裝置 110 來拍攝兩張影像。其中一張影像為設置在投影幕 (projection screen) 位置的實體校正板，另一張影像為校正板圖像透過投影機 120 而輸出至投影幕的輸出影像。處理器 130 透過上述兩張影像，可計算出投影機 120 中的線性變形模式與非線性變形模式，進一步再基於線性變形模式與非線性變形模式，反向修正預計投影的原始影像，使得投影後的畫面可以保持與原來預計投影的畫面具有相同比例。在此，實體校正板與校正板圖像的圖樣例如為規則的棋盤格圖樣，然，並不以此為限。

【0019】 在本實施例中，處理器 130 例如為設置於另一獨立的電子裝置中。而影像擷取裝置 110 與投影機 120 位於投影幕的同一

側，或者影像擷取裝置 110 與投影機 120 位於投影幕的不同側。

【0020】舉例來說，圖 2A 及圖 2B 是依照本發明一實施例的影像校正系統的配置方式的示意圖。圖 2A 所示為影像擷取裝置 110 與投影機 120 位於投影幕 P 的不同側。圖 2B 所示為影像擷取裝置 110 與投影機 120 位於投影幕 P 的同一側。

【0021】另外，在其他實施例中，處理器 130 可以內建於投影機 120 中；或者，處理器 130 可設置於影像擷取裝置 110 中。而在其他實施例中，也可將影像擷取裝置 110、處理器 130 以及投影機 120 整合至同一裝置。例如是具有照相、攝影以及投影功能的個人電腦、筆記型電腦、智慧型手機以及平板電腦，本發明不以此為限。

【0022】底下即配合上述影像校正系統 100 來說明投影機的影像校正方法各步驟。圖 3 是依照本發明的一種投影機的影像校正方法的流程圖。請同時參照圖 1~圖 3，在步驟 S305 中，透過影像擷取裝置 110 來拍攝實體校正板而獲得第一影像。在此，實體校正板設置在投影機 120 的投影幕 P 的位置。例如，在投影幕 P 供影像擷取裝置 110 進行拍攝的一側，擺設一張校正用的校正薄板（實體校正板），以供影像擷取裝置 110 進行拍攝。在拍攝獲得第一影像之後，影像擷取裝置 110 傳送第一影像至處理器 130 來進行後續的影像分析處理，即，執行步驟 S310。

【0023】在步驟 S310 中，處理器 130 分析第一影像以獲得影像擷取裝置 110 的第一校正參數以及第一單應性（homography）矩陣。

例如，第一校正參數包括第一內部參數以及第一畸變參數。在自第一影像獲得第一內部參數以及第一畸變參數之後，基於第一畸變參數執行反扭曲運算，而獲得第一反扭曲影像。並且，處理器 130 依據第一反扭曲影像與實體校正板對應的座標矩陣，計算第一單應性矩陣，單應性矩陣包含了影像的旋轉、平移、縮放、仿射與透視投影之矩陣組合。第一單應性矩陣經過矩陣分解後可用來修正第一影像的梯形變形 (Keystone)。

【0024】 梯形變形在相機或投影機是常見的變形。梯形變形在不嚴重的情況下可以使用線性內插來修正，但由於線性內插無法處理到深度所產生的位置偏差修正，因此，在本實施例中以透視投影 (perspective projection) 來進行修正，即，單應性校正。

【0025】 畸變參數 (第一畸變參數、後述的第二畸變參數) 通常是由多項式表示，用於描述鏡頭所導致的桶狀 (barrel) 或針狀 (pincushion) 變形。也就是說，處理器 130 在利用畸變參數將待測影像進行反扭曲運算後，所產生的反扭曲影像可將影像修正回近似針孔投影的數學模型。

【0026】 並且，在步驟 S315 中，透過影像擷取裝置 110 來拍攝透過投影機 120 將校正板圖像輸出至投影幕 P 的輸出影像，而獲得第二影像。在此，設置一個可成像的半透明材質 (例如很薄的紙) 來作為投影幕 P。在拍攝獲得第二影像之後，影像擷取裝置 110 傳送第二影像至處理器 130 來進行後續的分析。

【0027】 之後，在步驟 S320 中，基於第一校正參數，處理器 130

對第二影像執行反扭曲運算，而獲得第三影像。即，將影像擷取裝置 110 所造成的畸變變形的因素自第二影像中消除，而獲得第三影像。之後，處理器 130 對第三影像執行後續的影像分析處理，即，執行步驟 S325。

【0028】在步驟 S325 中，處理器 130 分析第三影像以獲得投影機 120 的第二校正參數以及第二單應性矩陣。例如，第二校正參數包括第二內部參數以及第二畸變參數。處理器 130 基於第三影像的解析度來設定第二內部參數，之後基於第二內部參數來計算第二畸變參數，然後，基於第二畸變參數執行反扭曲運算，而獲得第二反扭曲影像，再依據第二反扭曲影像與校正板圖像對應的座標矩陣，計算第二單應性矩陣。

【0029】之後，在步驟 S330 中，基於第二校正參數、第二單應性矩陣以及第一單應性矩陣，處理器 130 對欲經由投影機 120 輸出的原始影像進行補償運算而獲得補償後影像，以將補償後影像透過投影機 120 輸出至投影幕 P。

【0030】關於步驟 S310 與步驟 S325 的影像分析處理的步驟，底下再舉例來進行說明。圖 4 是依照本發明的影像分析方法的流程圖。在本實施例中，將處理器 130 欲進行分析的影像（第一影像或第三影像）稱為待測影像。利用處理器 130 計算出待測影像的內部參數 K 、畸變參數 k 以及單應性矩陣。

【0031】首先，在步驟 S405 中，處理器 130 接收待測影像。在此，待測影像可以是上述第一影像或第三影像。接著，在步驟 S410 中，

處理器 130 基於待測影像的解析度來獲得內部參數 K 。在本實施例中，內部參數 K 為假想的內部參數，其用於修正變形時而做為映射單位面積之運算，並非實際上影像擷取裝置 110 的真正內部參數。例如，處理器 130 基於下述方程式(1)先獲得內部參數 K 。在方程式(1)中， w 、 h 分別代表待測影像的寬與高。即， w 、 h 為影像擷取裝置 110 所拍攝的影像的解析度。

【0032】 方程式(1)

$$K = \begin{bmatrix} w & 0 & w/2 \\ 0 & h & h/2 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

【0033】 之後，在步驟 S415 中，處理器 130 使用特徵偵測方法，找出待測影像中的多個特徵點 X_p 。就棋盤格圖樣而言，棋盤格內的黑白相間的角點即是所謂的特徵點。

【0034】 然後，在步驟 S420 中，依據內部參數 K ，將特徵點 X_p 的座標系以及未變形的參考點的座標系轉換為單位座標下的變形座標 X_d 與未變形座標 X_s 。如下述方程式(2)所示，將每一個特徵點 X_p 乘上 K^{-1} 後，讓每一個特徵點 X_p 映射至一個指定的範圍內（例如為 $-1 \sim +1$ 的範圍），而獲得變形狀態下經正規化後的變形座標 X_d 。

【0035】 方程式(2)

$$X_d = \begin{bmatrix} x_d \\ y_d \end{bmatrix} = K^{-1} X_p$$

【0036】 另外，假設待測影像的棋盤格圖樣具有 8×13 的特徵點，則基於原始棋盤格圖樣來設定一個未變形的參考圖樣（具有 8×13

的參考點)，而未變形座標 X_s 即代表參考圖樣中的未變形的特徵點，且也是正規化後的座標（數值範圍在 $-1 \sim +1$ ）。

【0037】 接著，在步驟 S425 中，依據變形座標 X_d 與未變形座標 X_s 來決定畸變參數 k 。在取得單位座標下的變形座標 X_d 與未變形座標 X_s 的對應關係後，這兩組座標必須滿足方程式(3)。

【0038】 方程式(3)

$$X_d = \begin{bmatrix} x_d \\ y_d \end{bmatrix} = (1 + k_0 r^2 + k_1 r^4 + k_4 r^6) \begin{bmatrix} x_s \\ y_s \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 2k_2 x_s y_s + k_3 (r^2 + 2x_s^2) \\ k_2 (r^2 + 2y_s^2) + 2k_3 x_s y_s \end{bmatrix}$$

【0039】 在方程式(3)中， $r^2 = x_s^2 + y_s^2$ ， $X_s = [x_s, y_s]$ 為線性的未變形座標。處理器 130 利用方程式(3)判斷待測影像的畸變參數 k 。一般可採用高次方的多項式來描述畸變參數 k 。例如，在本實施例中畸變參數 k 包含 5 個係數， $k = [k_0, k_1, k_2, k_3, k_4]$ 。然，在其他實施例中可依照需求來變更畸變參數 k 所包括的係數個數。為了解出畸變參數 k ，將方程式(3)改寫為下述方程式(4)。在收集至少四個對應點後，再由最小平方法解出，或者以奇異值分解 (Singular Value Decomposition, SVD) 來計算出畸變參數 k 。

【0040】 方程式(4)

$$\begin{bmatrix} x_s r^2 & x_s r^4 & 2x_s y_s & r^2 + 2x_s^2 & x_s r^6 \\ y_s r^2 & y_s r^4 & r^2 + 2y_s^2 & 2x_s y_s & y_s r^6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} k_0 \\ k_1 \\ k_2 \\ k_3 \\ k_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_d - x_s \\ y_d - y_s \end{bmatrix}$$

【0041】 若要將單位化下的變形座標 X_d 轉換成真實使用的特徵點 X_p ，則需乘上內部參數 K ，例如方程式(5)，即可獲得。同樣地，線性的未變形座標 X_s ，也可以透過內部參數 K ，轉換成真實座標系（單位為像素）。在處理畸變變形的模式，於本實施例中傾向於在單位化下的座標系下運算，以便滿足接近對稱且接近單位圓的狀態下進行變形的近似運算。真實座標與單位化座標，可以透過內部參數，或其反矩陣之運算達到。

【0042】 方程式(5)

$$X_p = KX_d = K \begin{bmatrix} x_d \\ y_d \\ 1 \end{bmatrix}$$

【0043】 求出畸變參數 k 之後，在步驟 S430 中，由未變形座標 X_s 來決定估算值 X_v 。例如，將未變形座標 X_s 代入至上述方程式(3)所獲得的 X_d 視為是估算值 X_v 。這是因為，變形座標 X_d 是能夠測量到的，例如棋盤格圖樣中的各角點乘上 K^{-1} ；而估算值 X_v 並非是真正測量到的值，因此將未變形座標 X_s 代入至上述方程式(3)所獲得的結果另外定義為估算值 X_v 。

【0044】 之後，在步驟 S435 中，評估估算值 X_v 與變形座標 X_d 之間的差異，並且計算兩者之間的轉換矩陣 H_T 。而在步驟 S440 中，判斷是否要終止疊代過程。若否，則執行步驟 S445；若是，則執行步驟 S450。例如，倘若估算值 X_v 與變形座標 X_d 之間的差異高於設定數值，則繼續執行疊代過程。即，在步驟 S445 中，利用估算值 X_v 與變形座標 X_d 之間的轉換矩陣 H_T ，來更新變形座標 X_d 、

未變形座標 X_s 以及內部參數 K ，如下所示。例如， $X_s = H_T * X_d$ ； $X_d = H_T^{-1} * X_s$ ； $K = H_T * K$ 。在此，上述轉換矩陣 H_T 也是一種單應性矩陣。

【0045】在更新變形座標 X_d 、未變形座標 X_s 以及內部參數 K 之後，重新執行步驟 S425，利用方程式(4)來求出畸變參數 k ，之後再評估估算值 X_v 與變形座標 X_d 之間的差異，以此類推重複進行疊代。而在經過疊代後的估算值 X_v 與變形座標 X_d 之間的誤差低於限定數值，或者疊代次數高於某個數量，即可終止疊代過程，而獲得最後的內部參數 K 與畸變參數 k 。

【0046】在確定終止疊代過程之後，在步驟 S450 中，依據內部參數 K 將未變形座標 X_s 轉換至影像擷取裝置 110 的座標空間，藉以獲得單應性矩陣（第一單應性矩陣 H_c 、第二單應性矩陣 H_p ）。即，計算影像擷取裝置 110 的座標空間與實體校正板的第一單應性矩陣 H_c ，或影像擷取裝置 110 的座標空間與輸入至投影機 120 的校正板圖像的座標空間的第二單應性矩陣 H_p 。

【0047】例如，將未變形座標 X_s 乘上內部參數 K 而轉換至影像擷取裝置 110 的座標空間，使用 KX_s 與校正板的座標來計算梯形變形而獲得單應性矩陣（第一單應性矩陣 H_c 或第二單應性矩陣 H_p ）。在此， KX_s 為理想中的反扭曲影像的特徵點。倘若內部參數 K 計算夠準確，則 KX_s 會與實際上的反扭曲影像的特徵點非常接近。

【0048】底下舉例來說明梯形變形的數學模式。例如，針對大於或等於四點的單應性校正的運算式可表示如底下方程式(A)所示。

【0049】 方程式(A)

$$X'_i = HX_i$$

【0050】 單應性矩陣 H(第一單應性矩陣 H_c 、第二單應性矩陣 H_p) 例如為 3×3 的矩陣。在此，單應性矩陣用於描述影像擷取裝置 110 所拍攝到的平面座標 (已經過反扭曲運算後的第一反扭曲影像)，或者可視為投影機 120 投影後的平面座標 (已經過反扭曲處理的第二反扭曲影像)。為了要解出單應性矩陣 H，假設由影像擷取裝置 110 的座標空間的特徵點映射至已知的座標空間後 (HX_i)，與已知的座標空間上的特徵點 X'_i 的外積為零向量，如方程式(B)所示。並且，已知的座標空間的特徵點 X'_i 的齊次座標 (homogeneous coordinate) 值如方程式(C)所示。

【0051】 方程式(B)

$$X'_i \times HX_i = 0$$

【0052】 方程式(C)

$$X'_i = [x'_i, y'_i, w'_i]^T$$

【0053】 並且，將單應性矩陣 H 的行向量分別表示如 h^{1T} 、 h^{2T} 、 h^{3T} ，如方程式(D)。

【0054】 方程式(D)

$$H = \begin{bmatrix} h^{1T} \\ h^{2T} \\ h^{3T} \end{bmatrix}$$

【0055】 而方程式(B)可以改寫並簡化為方程式(E)，最後以奇異值

分解 (SVD) 來解出單應性矩陣 H。

【0056】 方程式(E)

$$\begin{bmatrix} 0^T & -w'_i x_i^T & y'_i x_i^T \\ w'_i x_i^T & 0^T & -x'_i x_i^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h^1 \\ h^2 \\ h^3 \end{bmatrix} = 0$$

【0057】 當單應性矩陣 H 計算出來後相當於一個迴歸矩陣。因此根據單應性矩陣，於影像擷取裝置 110 所拍攝的座標系上的任意一點 X_i 乘以單應性矩陣 H 即可計算出已知的座標系之座標值 X'_i 。

【0058】 在獲得第一影像之後，處理器 130 利用上述步驟 S405~S450，由第一影像來獲得第一內部參數 K_c 、第一畸變參數 k_c 以及第一單應性矩陣 H_c 。之後，在獲得第二影像之後，處理器 130 以第一內部參數 K_c 、第一畸變參數 k_c 對第二影像執行反扭曲運算，藉以消除第二影像中由影像擷取裝置 110 所造成的畸變變形，進而獲得第三影像。然後，處理器 130 再次利用上述步驟 S405~S450，由第三影像來獲得第二內部參數 K_p 、第二畸變參數 k_p 以及第二單應性矩陣 H_p 。

【0059】 而在獲得各項參數之後，處理器 130 便能夠藉由這些參數對欲經由投影機 120 輸出的原始影像進行補償運算而獲得補償後影像。在此，假設欲經由投影機 120 輸出的原始影像為 I。

【0060】 首先，利用第二單應性矩陣 H_p ，對原始影像 I 進行反向單應性變換運算，而獲得第一修正影像 $H_p^{-1}I$ 。之後，利用第二校正參數（第二內部參數 K_p 、第二畸變參數 k_p ），對第一修正影像

$H_p^{-1}I$ 執行反扭曲運算，而獲得第二修正影像 $\text{undist}(H_p^{-1}I)$ ；接著，利用第二單應性矩陣 H_p ，對第二修正影像 $\text{undist}(H_p^{-1}I)$ 執行單應性變換運算，而獲得第三修正影像 I' 。即， $I' = H_p(\text{undist}(H_p^{-1}I))$ 。

【0061】而根據上述動作即可完成對原始影像 I 的畸形變形補償。最後若要同時修正梯形變形，則利用第一單應性矩陣 H_c 即可修正梯形變形。即，利用第一單應性矩陣 H_c ，對第三修正影像 I' 執行單應性變換運算，而獲得第四修正影像 I'' ，以第四修正影像來作為補償後影像。進一步地說，可將第一單應性矩陣 H_c 分解為投影 (projection) 變換矩陣、仿射 (affine) 變換矩陣和相似 (similarity) 變換矩陣 H_s 。即， $H_c = H_s \cdot H_{ap}$ 。其中， H_{ap} 包含了仿射、投影以及位移的運算組合，也就是說 H_{ap} 可以消除第三修正影像 I' 的投影效應，亦即可以根據自己的形狀中心位置產生投影變形，而利用相似變換矩陣 H_s 修正了第三修正影像 I' 與實體校正板之間的差別。因此，複合修正梯形變形與扭曲變形之運算，則補償後的第四修正影像為 $I'' = H_p(H_{ap}^{-1}\text{undist}(H_p^{-1}I))$ 。亦或者可以由第三影像轉換得知，如 $I'' = H_p H_{ap}^{-1} H_p^{-1} I'$ 。

【0062】例如，以正圓形而言，在經由補償運算後，補償後影像則是已被變形後的影像，而在透過投影機 120 輸出補償後影像時，所輸出的圖形可以保持在正圓形的投影狀態。

【0063】綜上所述，在上述實施例中，於投影機的投影幕拍攝兩張影像，其中一張為拍攝實體校正板而獲得，另一張為拍攝投影機所投射出的校正板圖像而獲得。透過兩張影像，來計算出投影

機中的線性變形模式與非線性變形模式，進一步再基於線性變形模式與非線性變形模式，反向修正預計投影的原始影像，使得投影後的畫面可以保持與原來預計投影的畫面具有相同比例。該技術可大幅簡化硬體所需的設計。

【0064】而投影機除了可以使用於一般顯示用途外，亦可用於 3D 掃描器與 3D 印表機，經過修正後的投影機可以大幅提高其在精密 3D 掃描與精密 3D 列印之應用。由於現階段諸多投影機應用於 3D 印表機與 3D 掃描器，並且追求投影之精確度，利用上述實施例可以有效解決因投影機於生產製造組裝過程中所產生的線性與非線性變形，進而提高投影之精確度，可提供現階段全球應用投影機所產生的大部分 3D 應用關鍵技術。

【0065】雖然本發明已以實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何所屬技術領域中具有通常知識者，在不脫離本發明的精神和範圍內，當可作些許的更動與潤飾，故本發明的保護範圍當視後附的申請專利範圍所界定者為準。

【符號說明】

【0066】

100：影像校正系統

110：影像擷取裝置

120：投影機

130：處理器

P：投影幕

S305~S330：投影機的影像校正方法各步驟

S405~S450：影像分析方法各步驟

【發明申請專利範圍】

【第 1 項】一種投影機的影像校正方法，包括：

透過一影像擷取裝置來拍攝一實體校正板而獲得一第一影像，其中該實體校正板設置在一投影機的一投影幕的位置；

利用一處理器分析該第一影像以獲得該影像擷取裝置的一第一校正參數以及一第一單應性矩陣；

透過該影像擷取裝置來拍攝透過該投影機將一校正板圖像輸出至該投影幕的一輸出影像，而獲得一第二影像；

基於該第一校正參數，利用該處理器對該第二影像執行一反扭曲運算，而獲得一第三影像；

利用該處理器分析該第三影像以獲得該投影機的一第二校正參數以及一第二單應性矩陣；以及

基於該第二校正參數、該第二單應性矩陣以及該第一單應性矩陣，透過該處理器對欲經由該投影機輸出的一原始影像進行一補償運算而獲得一補償後影像，以將該補償後影像透過該投影機輸出至該投影幕。

【第 2 項】如申請專利範圍第 1 項所述的投影機的影像校正方法，其中該第一校正參數包括一第一內部參數以及一第一畸變參數，而利用該處理器來分析該第一影像以獲得該影像擷取裝置的該第一校正參數以及該第一單應性矩陣的步驟包括：

基於該第一影像的解析度來設定該第一內部參數；

基於該第一內部參數來計算該第一畸變參數；

基於該第一畸變參數執行該反扭曲運算，而獲得一第一反扭曲影像；以及

依據該第一反扭曲影像與該實體校正板對應的座標矩陣，計算該第一單應性矩陣。

【第 3 項】如申請專利範圍第 1 項所述的投影機的影像校正方法，其中該第二校正參數包括一第二內部參數以及一第二畸變參數，而透過該處理器分析該第三影像以獲得該投影機的該第二校正參數以及該第二單應性矩陣的步驟包括：

基於該第三影像的解析度來設定該第二內部參數；

基於該第二內部參數來計算該第二畸變參數；

基於該第二畸變參數執行該反扭曲運算，而獲得一第二反扭曲影像；以及

依據該第二反扭曲影像與該校正板圖像對應的座標矩陣，計算該第二單應性矩陣。

【第 4 項】如申請專利範圍第 1 項所述的投影機的影像校正方法，其中基於該第二校正參數、該第二單應性矩陣以及該第一單應性矩陣，透過該處理器對欲經由該投影機輸出的該原始影像進行該補償運算而獲得該補償後影像的步驟包括：

利用該第二單應性矩陣，對該原始影像進行一反向單應性變換運算，而獲得一第一修正影像；

利用該第二校正參數，對該第一修正影像執行該反扭曲運算，而獲得一第二修正影像；

利用該第二單應性矩陣，對該第二修正影像執行一單應性變換運算，而獲得一第三修正影像；以及

利用該第一單應性矩陣，對該第三修正影像執行該單應性變換運算，而獲得第四修正影像，即該補償後影像。

【第 5 項】如申請專利範圍第 1 項所述的投影機的影像校正方法，其中該影像擷取裝置與該投影機位於該投影幕的同一側，或者該影像擷取裝置與該投影機位於該投影幕的不同側。

【第 6 項】一種影像校正系統，包括：

一投影機；

一影像擷取裝置，拍攝設置於該投影機的一投影幕的位置的一實體校正板而獲得一第一影像，並且拍攝由該投影機將一校正板圖像輸出至一投影幕的一輸出影像而獲得一第二影像；以及

一處理器，耦接至該影像擷取裝置與該投影機；

其中，該處理器分析該第一影像以獲得該影像擷取裝置的一第一校正參數以及一第一單應性矩陣；該處理器基於該第一校正參數，利用該處理器對該第二影像執行一反扭曲運算，而獲得一第三影像；該處理器分析該第三影像以獲得該投影機的一第二校正參數以及一第二單應性矩陣；基於該第二校正參數、該第二單應性矩陣以及該第一單應性矩陣，該處理器對欲經由該投影機輸出的一原始影像進行一補償運算而獲得一補償後影像，以將該補償後影像透過該投影機輸出至該投影幕。

【第 7 項】如申請專利範圍第 6 項所述的影像校正系統，其中該

第一校正參數包括一第一內部參數以及一第一畸變參數，

該處理器基於該第一影像的解析度來設定該第一內部參數，基於該第一內部參數來計算該第一畸變參數，基於該第一畸變參數執行該反扭曲運算，而獲得一第一反扭曲影像，並且依據該第一反扭曲影像與該實體校正板對應的座標矩陣，計算該第一單應性矩陣。

【第 8 項】如申請專利範圍第 6 項所述的影像校正系統，其中該第二校正參數包括一第二內部參數以及一第二畸變參數，

該處理器基於該第三影像的解析度來設定該第二內部參數，基於該第二內部參數來計算該第二畸變參數，基於該第二畸變參數執行該反扭曲運算，而獲得一第二反扭曲影像，並且依據該第二反扭曲影像與該校正板圖像對應的座標矩陣，計算該第二單應性矩陣。

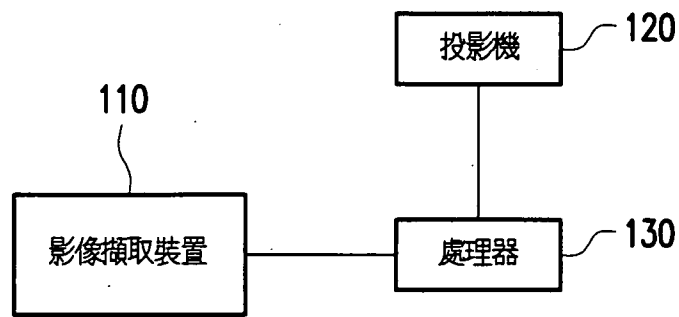
【第 9 項】如申請專利範圍第 6 項所述的影像校正系統，其中該處理器利用該第二單應性矩陣，對該原始影像進行一反向單應性變換運算，而獲得一第一修正影像；利用該第二校正參數，對該第一修正影像執行該反扭曲運算，而獲得一第二修正影像；利用該第二單應性矩陣，對該第二修正影像執行一單應性變換運算，而獲得一第三修正影像；以及利用該第一單應性矩陣，對該第三修正影像執行該單應性變換運算，而獲得第四修正影像，即該補償後影像。

【第 10 項】如申請專利範圍第 6 項所述的影像校正系統，其中該

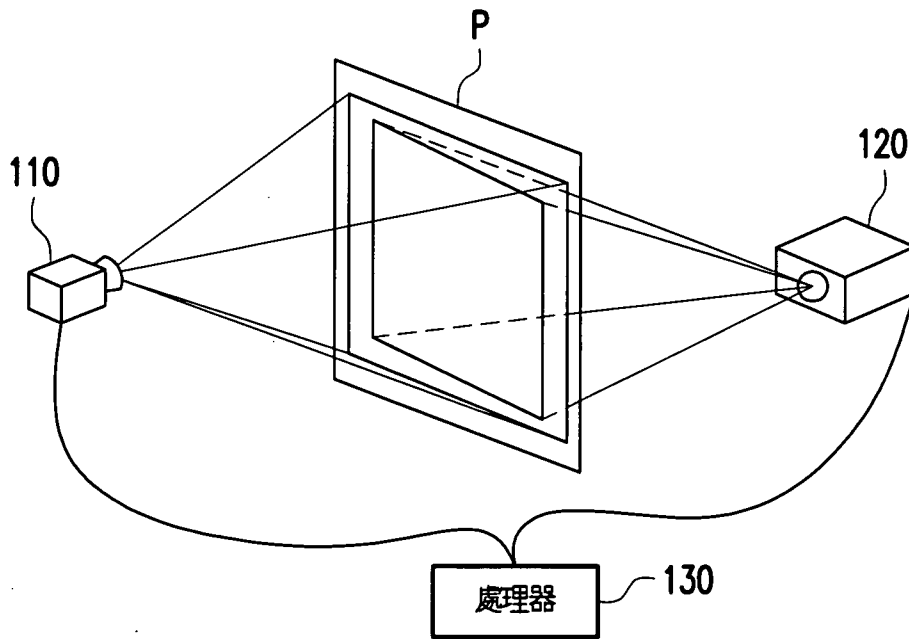
106-4-18

影像擷取裝置與該投影機位於該投影幕的同一側，或者該影像擷取裝置與該投影機位於該投影幕的不同側。

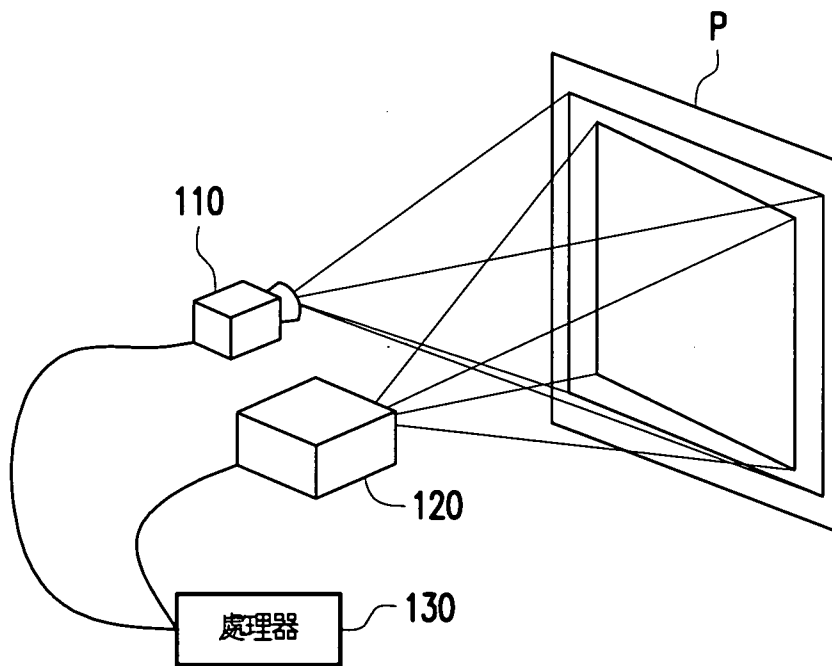
【發明圖式】



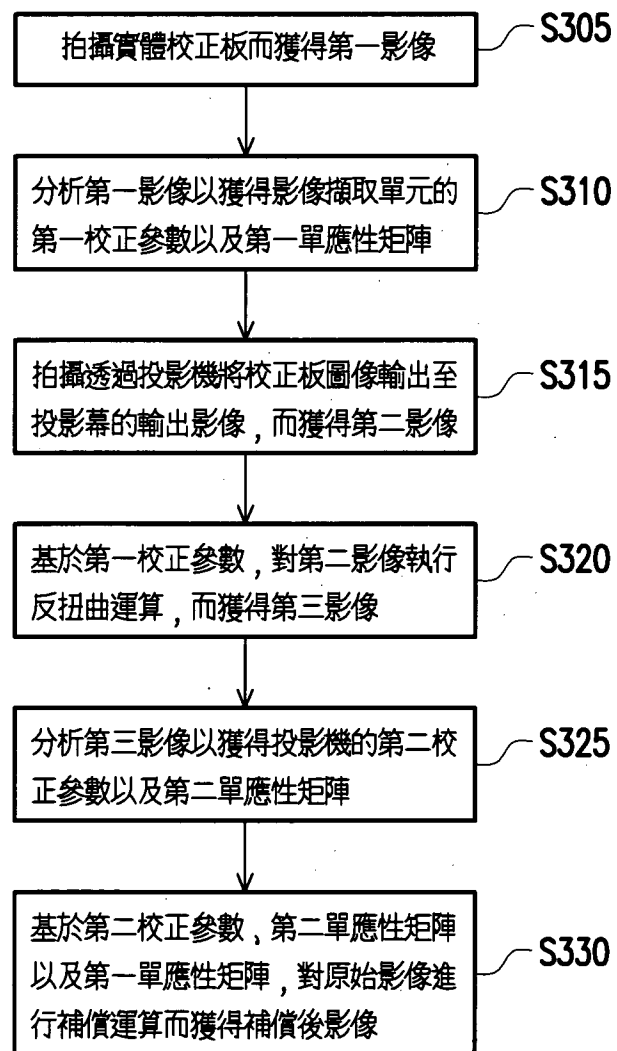
【圖1】



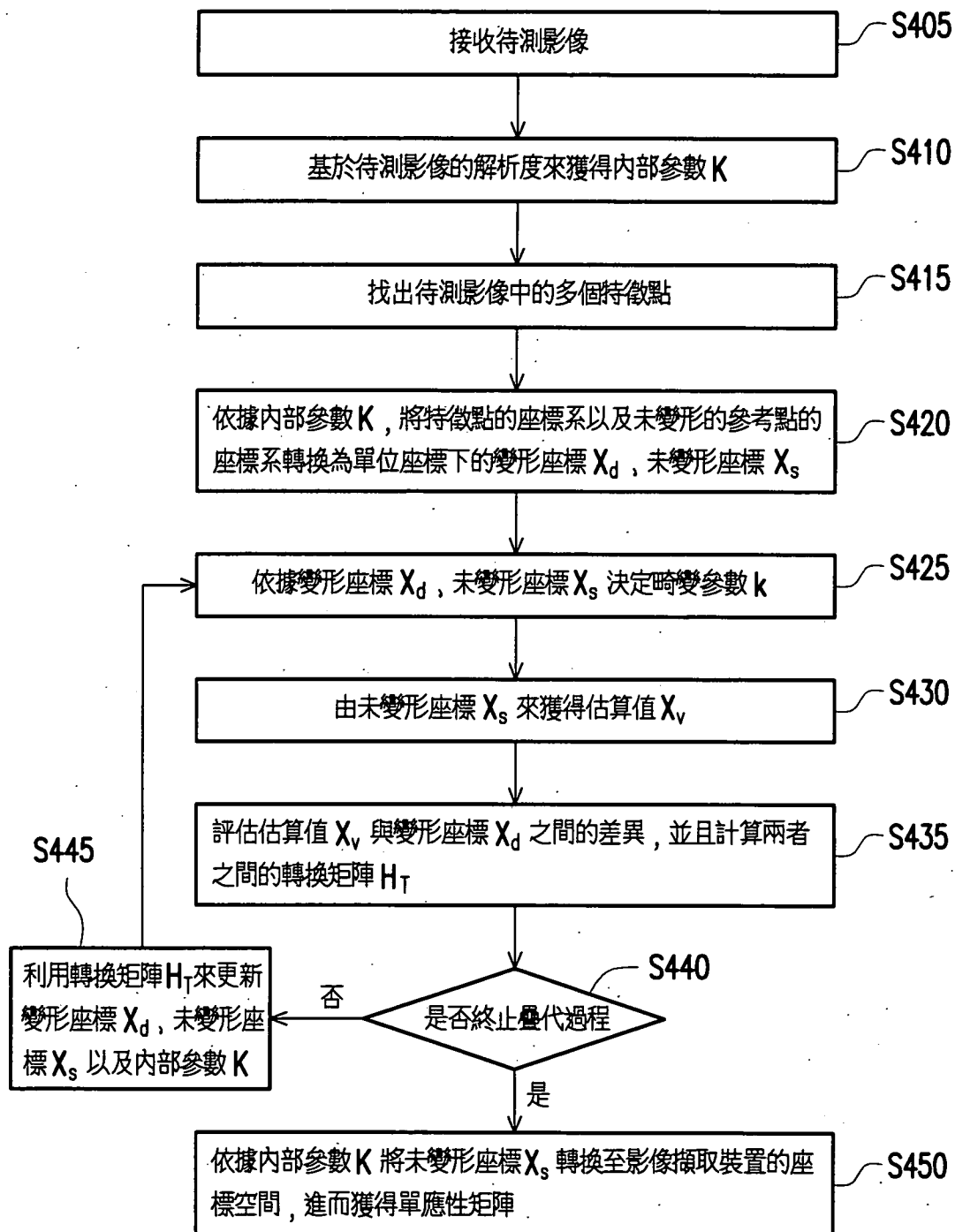
【圖2A】



【圖2B】



【圖3】



【圖4】