

行政院國家科學委員會補助  
大專學生參與專題研究計畫研究成果報告

\* \*\*\*\*\*  
\* 計 畫  
\* : 以投影特徵為基礎 3D 模型檢索系統  
\* 名 稱  
\* \*\*\*\*\*

執行計畫學生： 林修毅  
學生計畫編號： NSC 100-2815-C-216-006-E  
研究期間： 100 年 07 月 01 日至 101 年 02 月 28 日止，計 8 個月  
指導教授： 石昭玲

處理方式： 本計畫可公開查詢

執行單位： 中華大學資訊工程學系

中華民國 101 年 03 月 15 日

行政院國家科學委員會補助  
大專學生參與專題研究計畫研究成果報告

\*\*\*\*\*  
\* 計畫 \*  
\* :以投影特徵為基礎3D模型檢索系統 \*  
\* 名稱 \*  
\*\*\*\*\*

執行計畫學生：林修毅

學生計畫編號：NSC 100-2815-C-216-006-E

研究期間：100年7月1日至 101年2月底止，計8個月

指導教授：石昭玲

執行單位：中華大學資訊工程學系

中華民國 101 年 3 月 1 日

## 摘要

隨著電腦的圖像技術快速發展、電腦運算能力大幅提升，在電腦螢幕所能顯示的介面也不再滿足於傳統的二維平面圖片、影片，進而積極追求由 3D 模型所構成的立體世界。現在製作 3D 的操作越來越容易，使用者可以方便且快速的製作出 3D 模型。由 3D 為架構 3D 遊戲及 3D 電影也隨著使用的需求量增加，而有著顯著的成長（如圖一）。而且隨著網際網路的普及，人們可以輕易在網際網路上散播和取得 3D 模型，以至於要如何在龐大的 3D 模型資料庫裡面搜尋想要的 3D 模型，變成現在一個重要的研究方向。在過去，傳統的關鍵字搜尋方式不僅不直覺，也跟著個人主觀不同而分類不同，經常無法達到使用者所需要的 3D 模型。而現今的 3D 模型搜尋系統大多都是藉由外部特徵來進行比對搜尋，但是對於一個複雜的 3D 模型來說，只是單看外部特徵和一種特徵擷取方法是不夠的，無法對所有的模型做出好的檢索效果，因此希望可以藉由 3D 模型的內部特稱來加強外部特稱的不足和多種特徵的組合以達到更好的檢索效果，且試著對每個查詢模型，找出其最適合的特稱組合，進而研發出一個搜尋更完善的 3D 模型搜尋系統。

在本計畫中，利用深度投影、徑度投影、曲率投影及角度投影四種不同投影方式之下進行 3D 模型的特徵擷取。接著再進行 3D 模型的相似度的比對，以搜尋出相似的 3D 模型。



圖一 3D 電影 - 麥克邁：超能壞蛋[1]。

# 一、報告內容

## (一) 前言

由於電腦資訊的發展日新月異，數位產品也不斷的進步，人們對於視覺感官的要求越來越高，也不在滿足於由二維平面所構成的圖片、影像，為了追求電腦上模擬真實世界的物體，而積極的往 3D 模型所以構成的虛擬世界，所以漸漸的趨向使用 3D 的立體影像。而現今 3D 模型的軟體操作去繁化簡何掃描技術的大幅提升，讓使用者可以更簡易的製作出各種 3D 模型。也因為製作 3D 模型趨於簡單化以及網路間的傳播，增加了資料間的分享與擷取的管道，所以要取得 3D 的模型也變得更為容易。因此現在對於那數量龐大的 3D 模型資料庫，使搜尋上面臨像當大的問題，要如何從大量的 3D 模型中去尋找多個符合使用者需求的 3D 名行，成為現在一個重要的研究目標。在 3D 模型使用越來越普及的同時，3D 模型的搜尋引擎也將會扮演一個極為重要的角色。

## (二) 研究目的

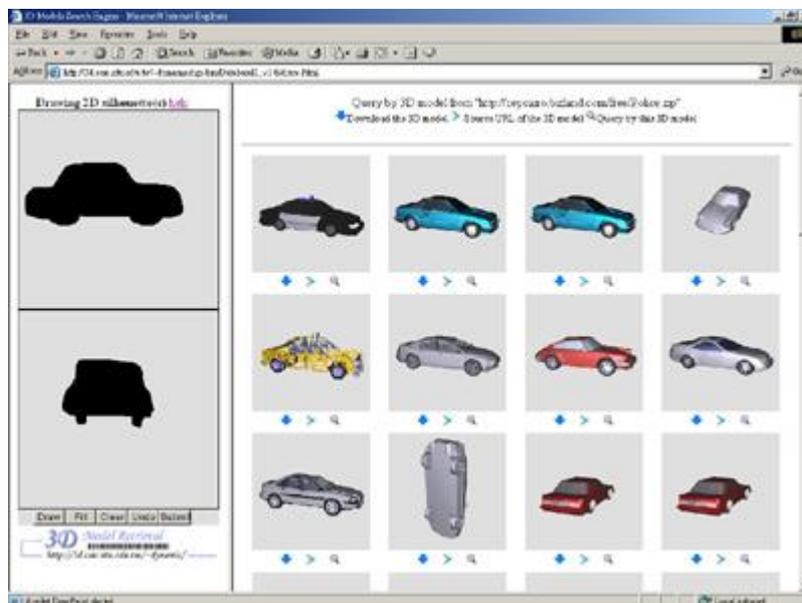
目前 3D 模型的檢索系統大多都是用 3D 模型的外部特徵進行比對，但是對於一個複雜的 3D 模型，只靠外部特徵是不能完整的表示出 3D 模型的特性。因此本計畫提出了投影特徵的方法來擷取 3D 模型的內部特徵，使得 3D 模型檢索系統能夠更加的完善。

## (三) 文獻回顧與探討

一般傳統使用的搜尋方法都是藉由關鍵自去找出資料庫中的 3D 模型。但是在如此龐大的多媒體資料庫當中，管理者要藉著自己的經驗將所有的多媒體資料定義出明確且適當的關鍵字是非常困難的。而且每個不同的管理者對於 3D 模型的認知不一樣，定義關鍵字當然就不盡相同。如果 3D 模型定義的名稱是由沒有意義的英文字母何數字組成(例如：A1B2C3.jpg)、或者是一般的檔名(例如：BOY.gif 或 MAN.bmp)、以及管理者主觀定義的名稱(例如：MANGER.jpg)，這些關鍵字都不能夠完整的表現出某個檔案的資訊，導致定義的關鍵字不具有任何代表性。另外近年來 MPEG-7 [2]提供了一種描述多媒體資料內容的標準，經由 MPEG-7 定義的格式，使得多媒體資料可以更加有效地被製造、存取、分享與傳輸。

近年來，國內外已經有很多學術單位投入 3D 模型搜尋的研究，而且在網路上也有好幾個系統提供人使用，例如台灣大學的 3D Model Retrieval System[3](如圖二)、日本文部科學省多媒體教育研究所的 Ogden VI rxw[4]、希臘資訊電信協會的 3D Search[5]、普林斯頓大學的 3D Models Search Engine[6]。以上這些幾乎都是使用關鍵字搜尋(searching by keywords)、手繪 2D 形狀搜尋(searching by

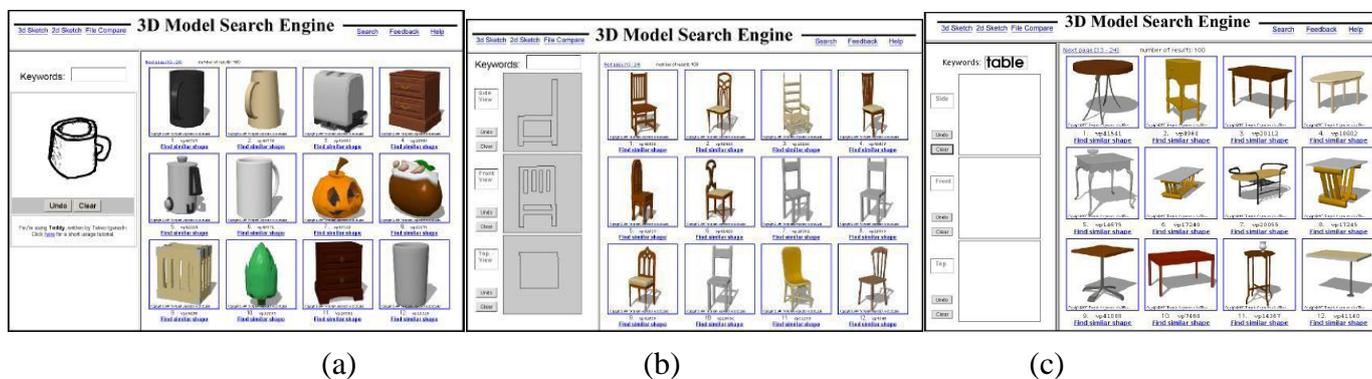
sketch)，和以範例做搜尋(searching by example)。而這些方法大都是取 3D 的外部特徵在做搜尋，但是對於一個複雜的 3D 模型來說，內部資訊也是很重要的，因此光是只有外部特徵是無法表現出 3D 模型的完整資訊，還需要內部資訊來輔助才能更完整呈現 3D 模型。所以希望藉由本計畫提出的方法來擷取 3D 模型的內部資訊，使得 3D 模型的搜尋完善。



圖二 台灣大學的 3D Model Retrieval System[3]。

下面將對於國內外有關 3D 模型搜尋的相關資料作一些簡單介紹。目前現有的 3D 搜尋的方法大多是藉由擷取適合的特徵來描述 3D 模型的形狀，以便於找出類似的 3D 模型，大約分成利用剪影圖形、2D 輪廓剪影和光影描述。

以 T. Funkhouser [7]提出之 3D 模型搜尋引擎舉例來說，使用者可以畫出一個 3D 形狀去 3D 的資料庫做搜尋(如圖三(a))，或使用者可以利用前視圖、側視圖和俯視圖描繪出 3D 形狀，再利用這三張影像去做搜尋(如圖三(b))，也可以用關鍵字做搜尋(如圖三(c))，這類的方法大多是使用剪影圖形來比對，並且把比對結果最接近前幾名的 3D 模型回應給搜尋者。



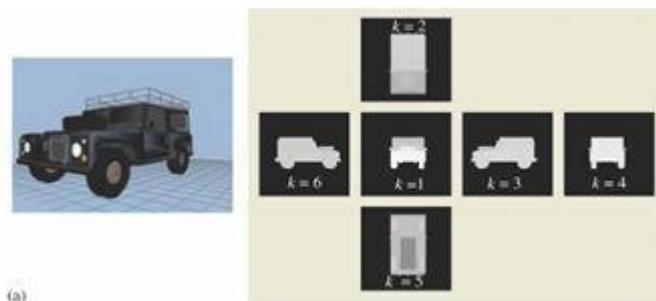
(a)

(b)

(c)

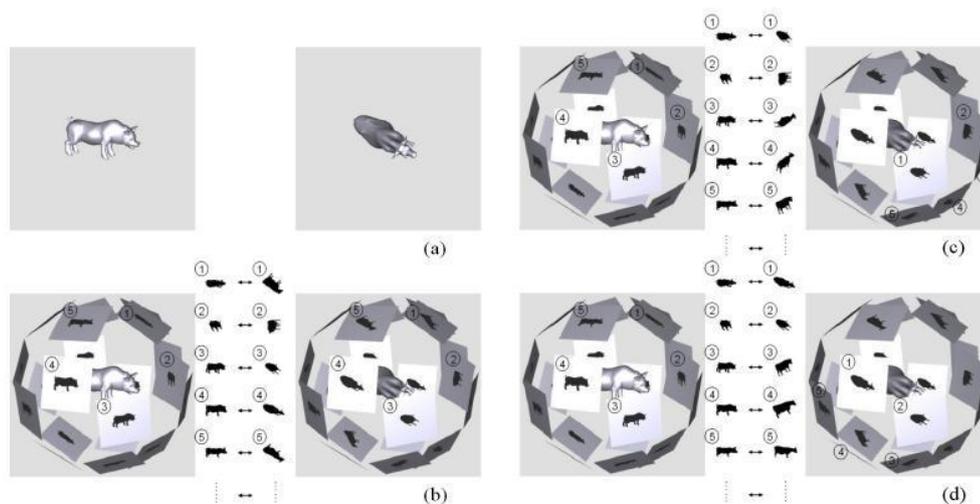
圖三 3D 模型搜尋引擎[7]。(a) 使用 3D 繪圖之檢索結果。(b) 使用 2D 繪圖之檢索結果。(c) 使用關鍵字“table”之檢索結果。

Shih et al. [8] 針對 3D 模型的檢索提出了一個六立面體的方法[9]。六立面體這個特徵對於 3D 模型的小程度的變形是不會受其影響而產生變化的。首先，一個 3D 模型從”前、後、左、右、上、下”六個不同的視角，產生六個不同的投影灰階平面(如圖四)，得到的六個灰階平面，我們稱之為立面圖。擷取每張立面圖的灰階剪影圖，並且以灰階值的深淺代表模型在該立面圖的高度分佈資訊，其中越靠近觀察者的灰階值越高，反之則越低。接著將每一個立面利用同心圓擷取特徵。藉由每個立面上的兩兩相鄰的同心圓上，所得到高度資訊總和值的差異即為該立面的特徵。利用各個立面的特徵，就可以算出兩個 3D 模型的相似程度。



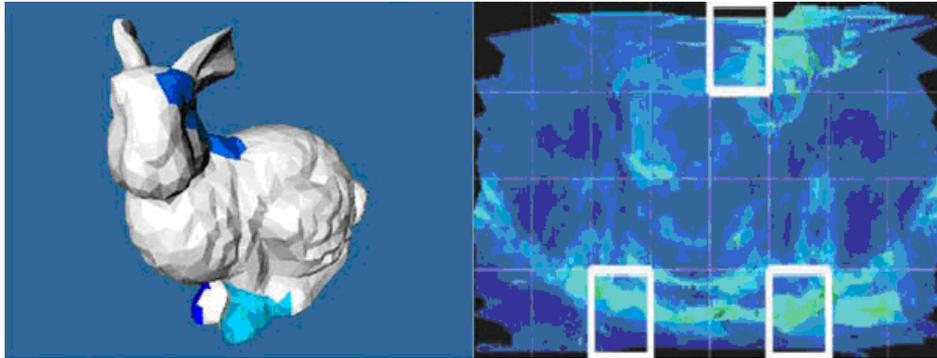
圖四 3D 模型的六個投影立面圖及其特徵[9]。

Chen et al. [9] 在三維模型的調準與檢索系統 (A 3D Model Alignment and Retrieval System) [10] 中介紹一種光影描述(lightfield descriptor)來搜尋 3D 模型。光影描述特徵的計算是用 N 個不同角度觀察獲得的 N 個剪影，每一張剪影表示一種 2D 的黑白影像，並且使用 Zernike moments 和 Fourier descriptors 描述每張黑白影像。也提到過，用不同的角度觀看 3D 模型，且擷取該角度的 2D 剪影，然後將剪影使用 2D 圖形特徵擷取的方式去計算特徵向量。以圖五來說，是用 20 個不同的角度觀看 3D 模型的 2D 剪影，再把這些 3D 剪影以 ART(Angular Radial Transform) 擷取 2D 形狀特徵來當作這個 3D 模型的特徵向量。



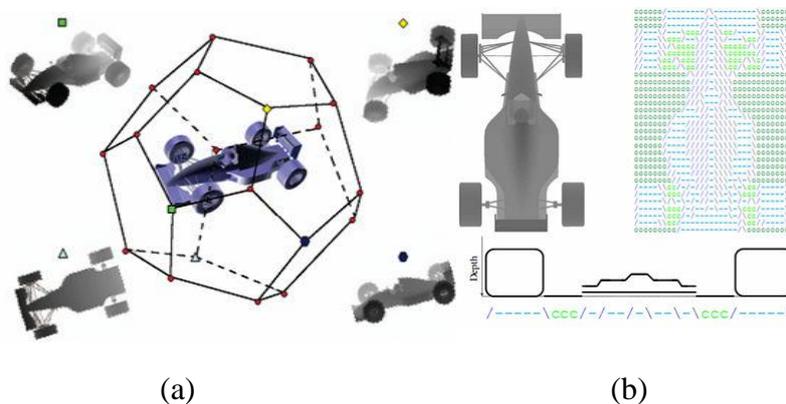
圖五 以20個不同角度去觀看3D豬模型的2D剪影[9]。

Assfalg[11]等人提出利用曲率投影進行 3D 模型檢索的方法，主要的做法為先對每個 3D 模型上的三角片做平滑處理如圖七所示。對於 3D 模型(如圖六(a))表面上的每個點，根據該點周圍的三角片計算出該點的平均法向量，再利用每個點的法向量即可求出該模型表面上的曲率。最後，再將 3D 模型做變形處理以及曲率投影的動作。曲率投影所得到的影像是由相同大小的區塊所構成的一張棋盤式影像如圖六(b)所示，利用直方圖即可統計出整張影像的曲率分布資訊。



圖六 (a)兔子的 3D 模型 (b)由圖六(a)曲率投影所得到的影像以及三個最相近的區塊[12]

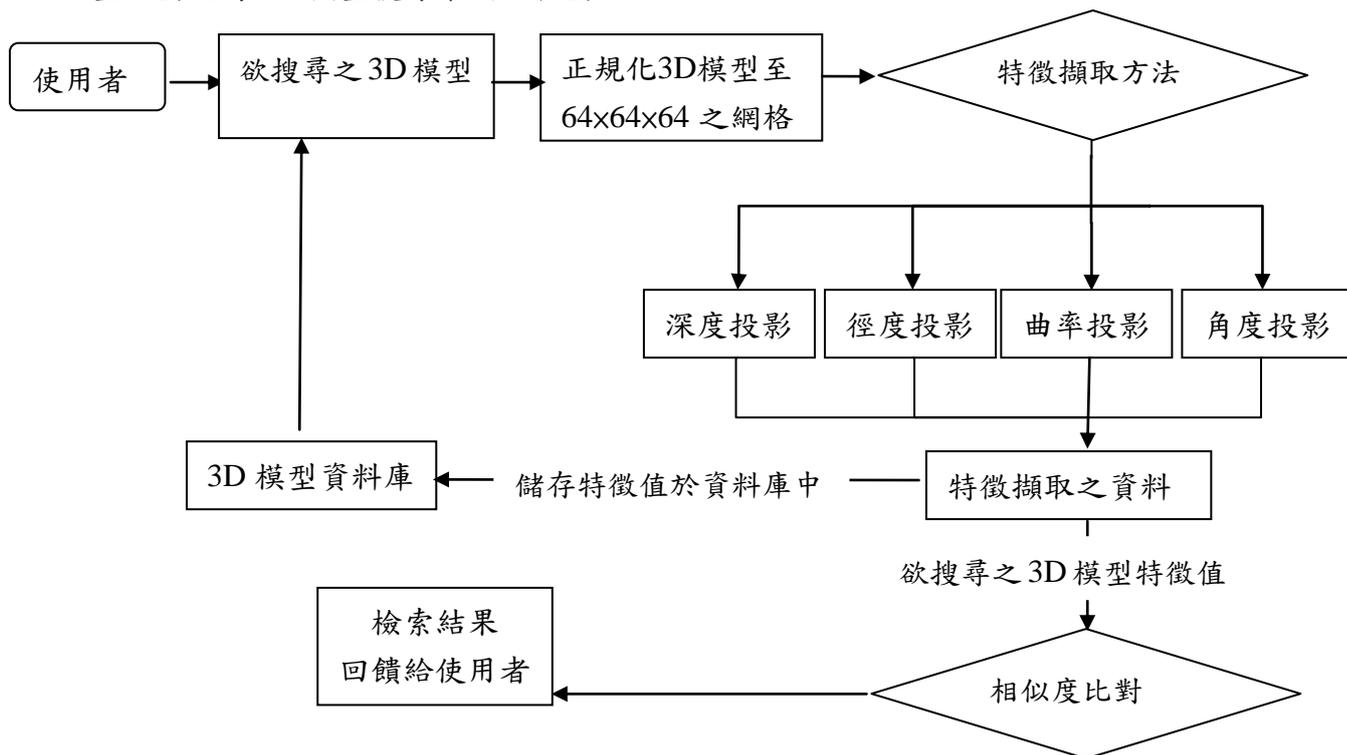
Mohamed Chaouch[12]等人提出一個 3D 模型檢索系統，這套系統主要的方法是藉由 3D 模型投影到一個正十二面體的二十個頂點方向如圖七(a)所示，所得到的二十張深度影像，再對這些深度影像作特徵擷取的動作。對於每張深度影像，根據影像大小(N\*N)，分別在水平以及垂直方向上劃出 N 條深度線，即每張影像可劃出 2\*N 條深度線如圖七(b)之上半部所示。對於每條深度線，使用 5 種符號分別是 o, c, /, -, \,依序代表外部背景點、內部背景點、遞增點、水平點、遞減點，對此條線做序列編碼的動作如圖七(b)之下半部所示。利用深度線來描述 3D 形狀的邊界輪廓比起其他使用 2D 形狀表示法來的更為精確。最後再將編碼完的序列，使用動態規劃演算法計算出兩個序列的相似度。



圖七 (a) 從不同的角度所投影出來的深度影像,(b)賽車影像的深度線[11]

#### (四)研究方法

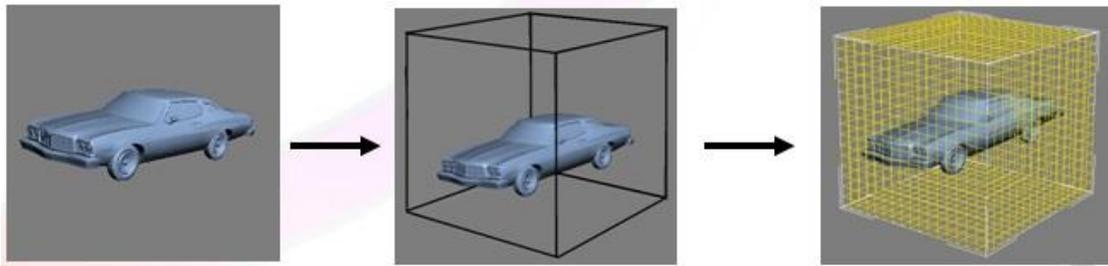
由於目前現有的 3D 模型搜尋的方法，大多數都採用 3D 模型外部形狀的特稱，但是對於一個複雜的 3D 模型，只有單一一種特徵擷取的方法是不足以表達的。因此希望能藉由對 3D 模型的外型來擷取特徵，更希望能同時藉由多種投影特徵來強化對 3D 模型的搜尋。因此在本計畫中，提出了”深度投影”、”徑度投影”、”曲率投影”以及”角度投影”四種不同投影不同投影方式之下進行 3D 模型的特徵擷取。接著再進行 3D 模型的相似度的比對，以搜尋出相似的 3D 模型。圖九為 3D 模型搜尋系統流程圖。



圖八 3D 模型搜尋系統流程圖

## 1. 網格

首先會說明六立面投影如何描述一個 3D 模型的外部資訊以及各投影特徵的相似度比對演算法：首先，用一個最小正方體將 3D 模型包住，再利用網格方式將 3D 模型切割成  $2R \times 2R \times 2R$  的網格，然而切割網格的主要好處是可過濾模型的細微變化，也充分的表現出 3D 模型的外型。為了正規化此系統，因此移動 3D 模型的質量中心到  $(R, R, R)$  的位置，並且縮放 3D 模型(注意！並非縮放網格)讓所有有效網格到達中心的平均距離為  $R/2$ 。在此  $R$  設定為 128。移動 3D 模型的質量重心到此正立方體的中心。為了減少 3D 模型旋轉所產生的誤差，因此用 PCA[14] 的方法來對所有網格進行擺正的動作。在任意網格中若有包含 3D 模型的一部分時，此網格就會被標示為 1，(我們稱此網格為有效網格)；反之，網格中沒有含括到 3D 模型則標示為 0，(我們稱此網格則為無效網格)。



## 2. 特徵方法一

針對六立面體投影，我們希望結合四種投影方法，將 3D 模型投影出來的 6 面投影圖，做同心圓切割和以角度區分成十塊。

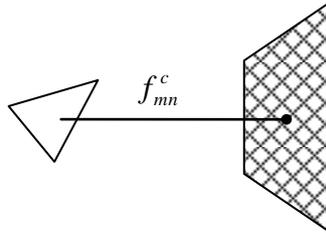
- A. 深度投影 (ED)。
- B. 徑度投影 (RD)。
- C. 曲率投影 (CD)。
- D. 角度投影 (AED)。

### A. 深度投影 (ED)

首先，一個 3D 模型從六個不同的視角，產生六個不同的投影灰階平面，分別為：正立面圖、背立面圖、右側立面圖、左側立面圖、俯視圖與底視圖的高度分部的資訊，並顯示這些立面圖為灰階[9]。灰階值的深淺代表模型在該立面圖的高度分佈資訊，在利用高度距離當作特徵值，其中越靠近觀察者的灰階值越高，反之則越低。其中正立面圖二維灰階影像  $F^1$  中的每個像素的灰階值定義為：

$$f_{mn}^c = \max\{(127 - h)Voxel_{mnh}\}$$

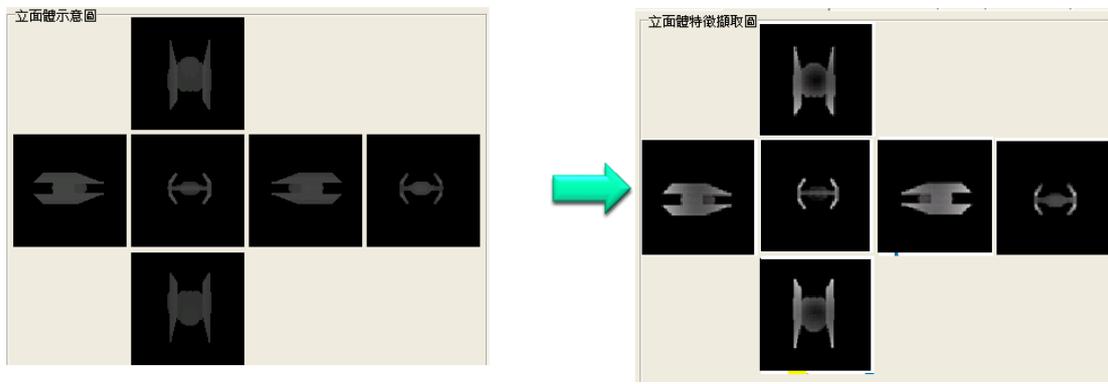
其中  $m = 1, 2, \dots, 128$ 、 $n = 1, 2, \dots, 128$ 、 $h = 1, 2, \dots, 128$ 。同理，其他五個立面圖之二維灰階影像則分別定義為  $F^k$ ， $k = 1, 2, \dots, 6$ ， $k$  是立面圖的編號。



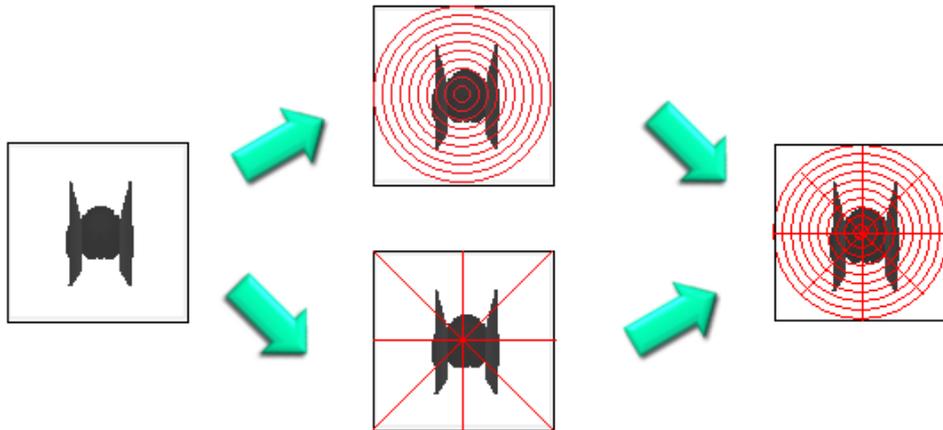
圖九 深度投影示意圖

在收集這些立面圖的高度資訊上，採用不同半徑  $r$  的同心圓來分割立面圖，其中  $r=1,2,\dots,64$ ， $k$  是立面圖的編號，其中  $k=1,2,\dots,6$ 。則六立面圖特徵向量  $x^D$  定義為：

$$x^D = \left[ (x^1)^T, (x^2)^T, \dots, (x^6)^T \right]^T, \text{ 其中 } x^k = [x_1^k, x_2^k, \dots, x_{64}^k]^T$$



實際投影出來的圖(左:示意圖 右:特徵擷取圖)



(中心點的定義為該投影面的重心)

(對圖形做同心圓加上角度切割)

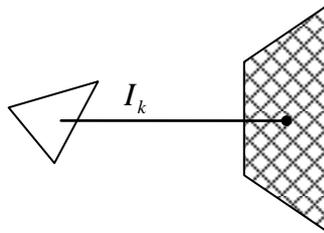
接著將其所區分出來的區塊內的 Gray-Level 值做加總，並作為計算相似度的參考值。

## B. 徑度投影 (RD)

徑度投影是由六個投影平面，其中敘述了從 3D 模型表面到質心的徑向距離，由此推倒來表示 3D 模型。每個投影面由一個灰階圖像的灰階值表示該一個不透明的像素到質心的距離，利用此距離當作特徵值。讓六個預測面被記為  $k, k=1, 2, \dots, 6$ 。然後，每個像素的灰階值對這些圖像的定義如下：

$$\begin{aligned}
 I_1(x, z) &= \max_{1 \leq y \leq 50} (R(x, y, z) \text{Voxel}(x, y, z)), & I_2(x, y) &= \max_{1 \leq z \leq 50} (R(x, y, z) \text{Voxel}(x, y, z)), \\
 &\text{for } -50 \leq x, z \leq 50, & &\text{for } -50 \leq x, y \leq 50, \\
 I_3(y, z) &= \max_{1 \leq x \leq 50} (R(x, y, z) \text{Voxel}(x, y, z)), & I_4(x, z) &= \max_{-50 \leq y \leq -1} (R(x, y, z) \text{Voxel}(x, y, z)), \\
 &\text{for } -50 \leq y, z \leq 50, & &\text{for } -50 \leq x, z \leq 50, \\
 I_4(x, z) &= \max_{-50 \leq y \leq -1} (R(x, y, z) \text{Voxel}(x, y, z)), & I_6(y, z) &= \max_{-50 \leq x \leq -1} (R(x, y, z) \text{Voxel}(x, y, z)), \\
 &\text{for } -50 \leq x, z \leq 50, & &\text{for } -50 \leq y, z \leq 50,
 \end{aligned}$$

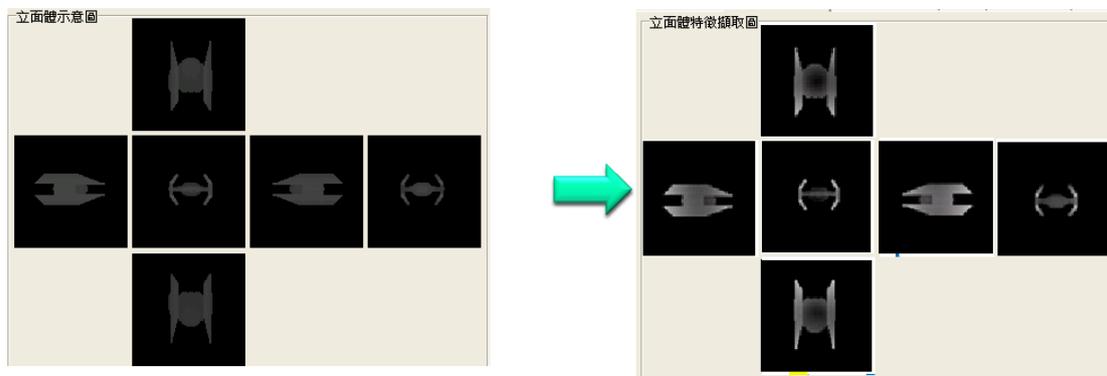
其中  $R(x, y, z) = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ 。為有效網格到質心到有效網格的距離。



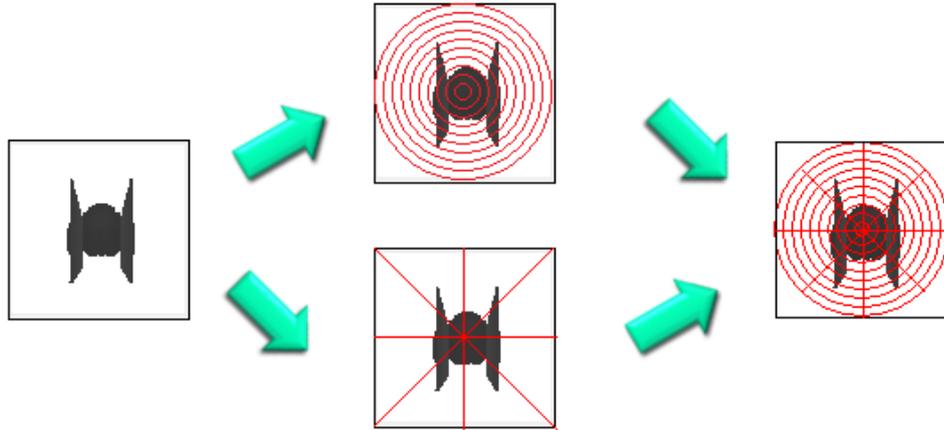
圖十 徑度投影示意圖

在收集這些立面圖的高度資訊上，採用不同半徑  $r$  的同心圓來分割立面圖，其中  $r=1, 2, \dots, 64$ ， $k$  是立面圖的編號，其中  $k=1, 2, \dots, 6$ 。則六立面圖特徵向量  $x^R$  定義為：

$$x^R = \left[ (x^1)^T, (x^2)^T, \dots, (x^6)^T \right]^T, \text{ 其中 } x^k = [x_1^k, x_2^k, \dots, x_{64}^k]^T$$



實際投影出來的圖(左:示意圖 右:特徵擷取圖)



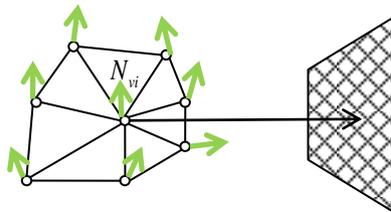
(中心點的定義為該投影面的重心)

(對圖形做同心圓加上角度切割)

接著將其所區分出來的區塊內的 Gray-Level 值做加總，並作為計算相似度的參考值。

### C. 曲率投影 (CD)

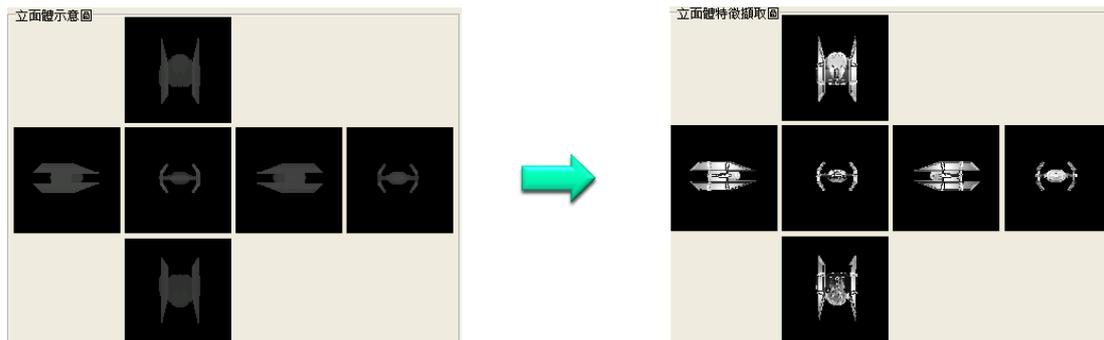
曲率投影是由任一端點  $p_i$  周圍鄰近的三角片計算法向量而求得該端點的曲率  $\Gamma_{v_i}$ ，3D 模型在經過曲率計算後，每個網格都以最靠近最小立面體的端點的曲率，當做網格的曲率值，表示成  $\text{CurVoxel}(x,y,z) = \Gamma_{v_i}$  [13]，在利用此曲率值當作特徵值。



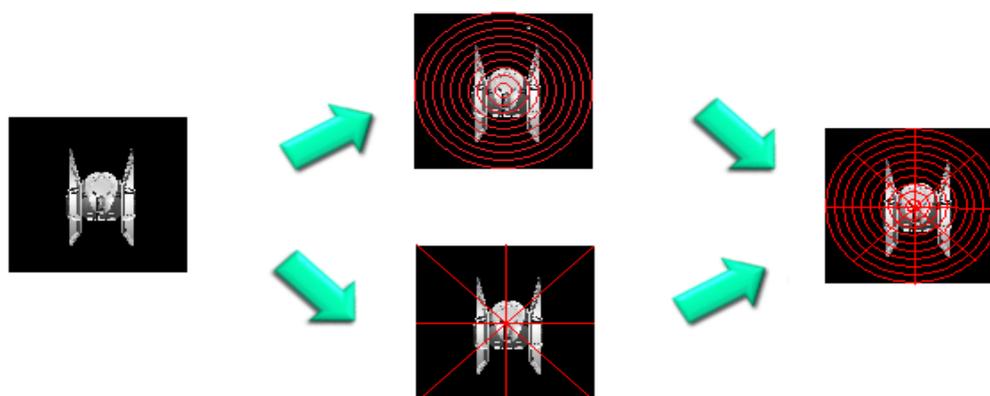
圖十一 曲率投影示意圖

在收集這些立面圖的高度資訊上，採用不同半徑  $r$  的同心圓來分割立面圖，其中  $r=1,2,\dots,64$ ， $k$  是立面圖的編號，其中  $k=1,2,\dots,6$ 。則六立面圖特徵向量  $x^C$  定義為：

$$x^C = \left[ (x^1)^T, (x^2)^T, \dots, (x^6)^T \right]^T, \text{ 其中 } x^k = [x_1^k, x_2^k, \dots, x_{64}^k]^T$$



實際投影出來的圖(左:示意圖 右:特徵擷取圖)



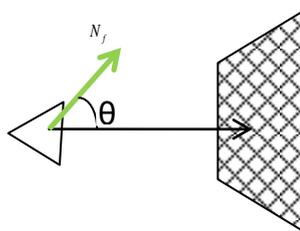
(中心點的定義為該投影面的重心)

(對圖形做同心圓加上角度切割)

接著將其所區分出來的區塊內的 Gray-Level 值做加總，並作為計算相似度的參考值。

#### D. 角度投影 (AED)

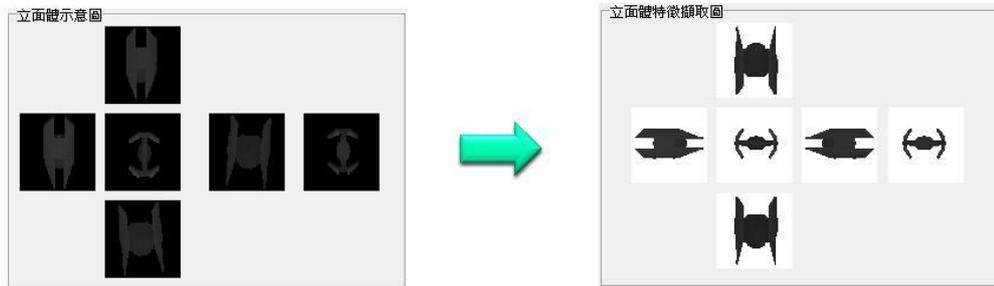
角度投影的計算方式是對模型表面三角片去計算法向量與投影線之間的夾角，利用此法向量與投影線的夾角做餘弦計算當作六立面投影的灰階值，灰階值的深淺代表模型表面三角片的角度變化[14]。



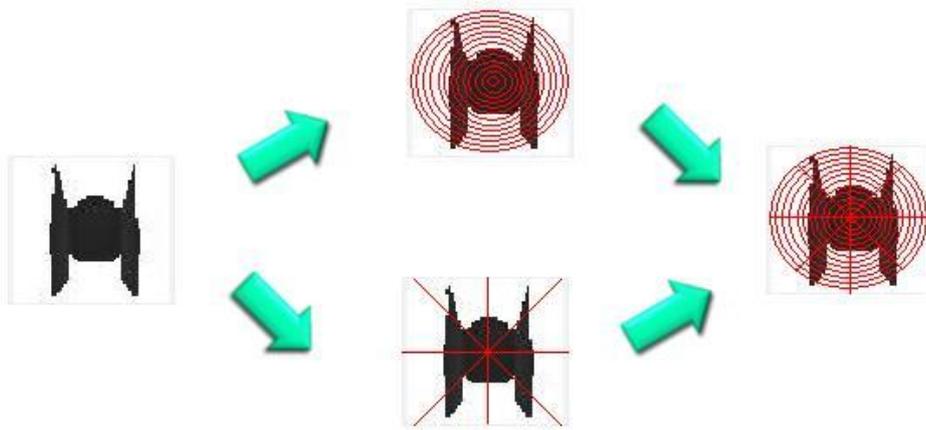
圖十二 角度投影示意圖

在收集這些立面圖的高度資訊上，採用不同半徑  $r$  的同心圓來分割立面圖，其中  $r=1,2,\dots,64$ ， $k$  是立面圖的編號，其中  $k=1,2,\dots,6$ 。則六立面圖特徵向量  $x^A$  定義為：

$$x^A = \left[ (x^1)^T, (x^2)^T, \dots, (x^6)^T \right]^T, \text{ 其中 } x^k = [x_1^k, x_2^k, \dots, x_{64}^k]^T$$



實際投影出來的圖(左:示意圖 右:特徵擷取圖)



(中心點的定義為該投影面的重心)

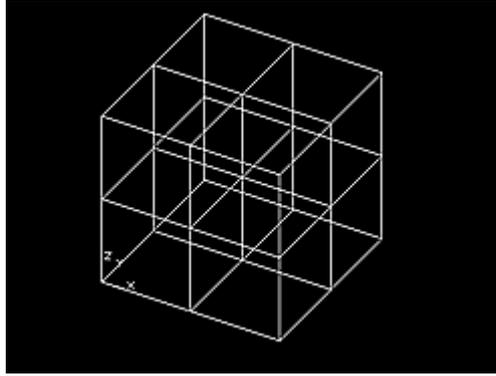
(對圖形做同心圓加上角度切割)

接著將其所區分出來的區塊內的 Gray-Level 值做加總，並作為計算相似度的參考值。

### 3.特徵方法二

針對六立面體投影，我們希望結合四種投影方法，將 3D 模型投影出來的投影值，用區域分塊並個別統計，並使用其 histogram 的值做相似度比對。

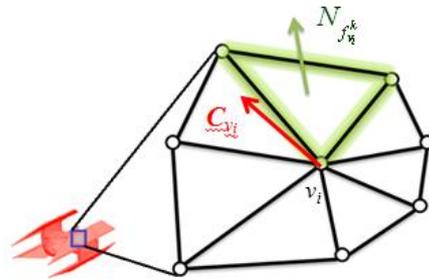
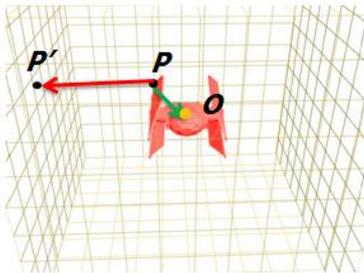
正規化 3D 模型至 100x100x100 之網格中，再將這 100x100x100 的模型區分為八塊。(如下圖)



再配合上述的深度投影(ED)、徑度投影(RD)和曲率投影(Curvature)

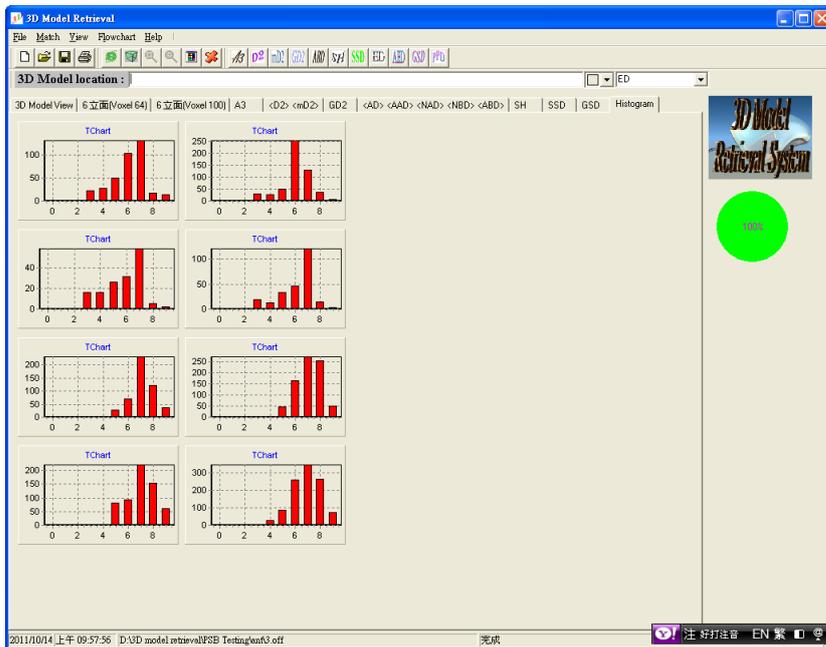
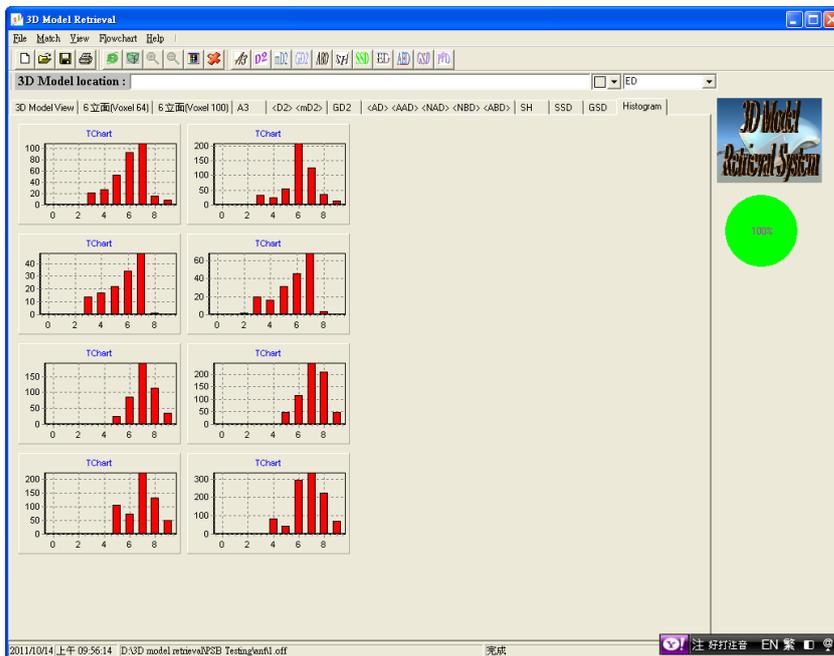
$$RD(x, y, z) = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

Curvature at vertex  $v_i$ :

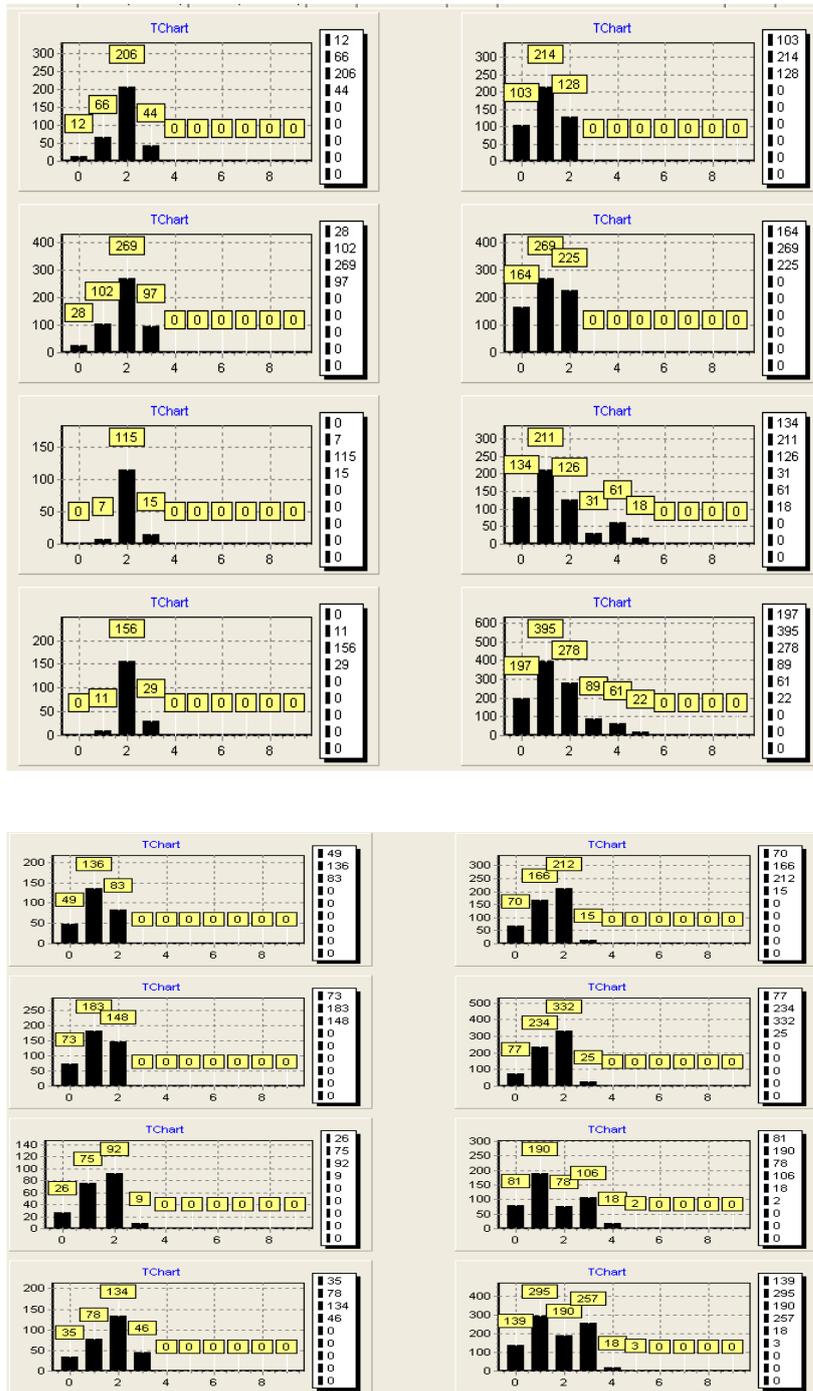


將八塊 LOCAL 區塊內的所有 RD 值或者 C 值用 Histogram 做統計，以此資料來做為特徵比對。

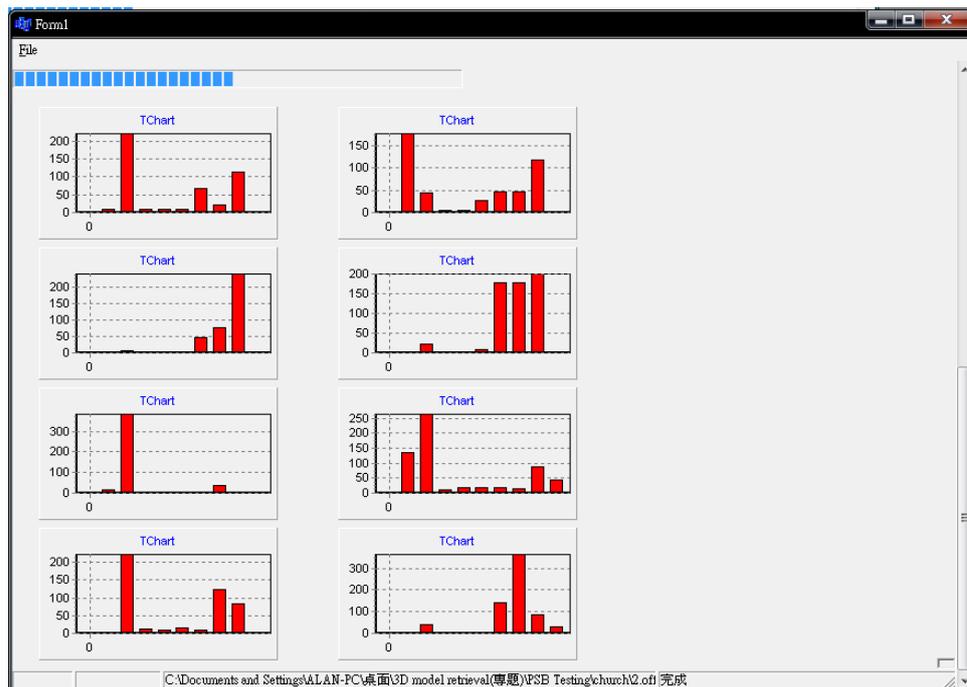
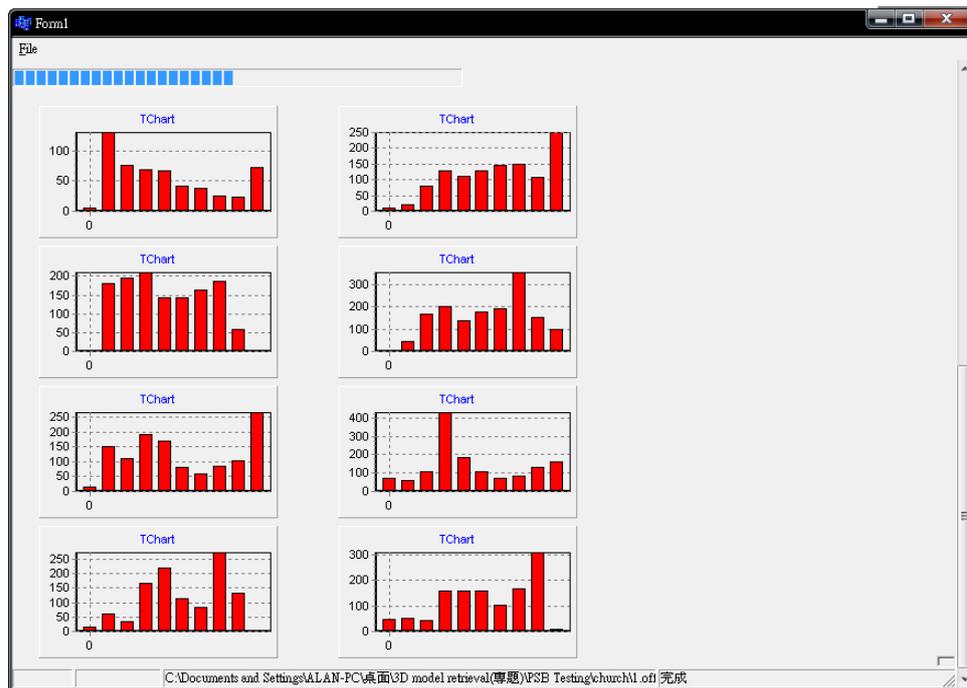
下圖為相同類別模型的深度投影(ED)值 Histogram 統計：



下圖為相同類別模型的徑度投影(RD)值 Histogram 統計：



下圖為相同類別模型的曲率投影(Curvature)值 Histogram 統計：



#### 4.相似度比對

網格特徵的相似度比對。假設  $x$  和  $y$  分別為查詢的 3D 模型  $q$  以及比對的 3D 模型  $s$  的六立面投影特徵，那麼在  $x$  和  $y$  之間的差異程度分別定義為：

$$Dis_{q,s}^D = \sum_{i=1}^N |x^D(i) - y^D(i)|$$

$$Dis_{q,s}^R = \sum_{i=1}^N |x^R(i) - y^R(i)|$$

$$Dis_{q,s}^C = \sum_{i=1}^N |x^C(i) - y^C(i)|$$

$$Dis_{q,s}^A = \sum_{i=1}^N |x^A(i) - y^A(i)|$$

那麼兩個 3D 模型的相似度即： $Sim = 1/(\omega_1 Dis_{q,s}^D + \omega_2 Dis_{q,s}^R + \omega_3 Dis_{q,s}^C + \omega_4 Dis_{q,s}^A)$ ，

其中  $\omega$  為權重值初始設為 1，之後會在實驗過程中調整。

因此當  $x$  和  $y$  之間的差異越小，即表示說此兩個 3D 模型的相似度越大。假如查詢的 3D 模型和比對的 3D 模型很相似的話，那麼他們的網格的向量特徵也會非常相似。

對於一個複雜的 3D 模型而言，只用單一一種外部特徵是無法正卻表示 3D 模型的實體特性。因此利用四種特徵擷取的方式來加強搜尋的正確性。所以在本計畫中，我們藉由深度投影、徑度投影、曲率投影、角度投影的方式來進行 3D 模型外部特徵的擷取，來取得較高的相似度，增加搜尋的正確率。本計畫是利用四種特徵的整合來加強擷取 3D 模型的外部特徵，並取對四種外部特徵來進行比對。

#### (五).主要成果

DCG 定義：

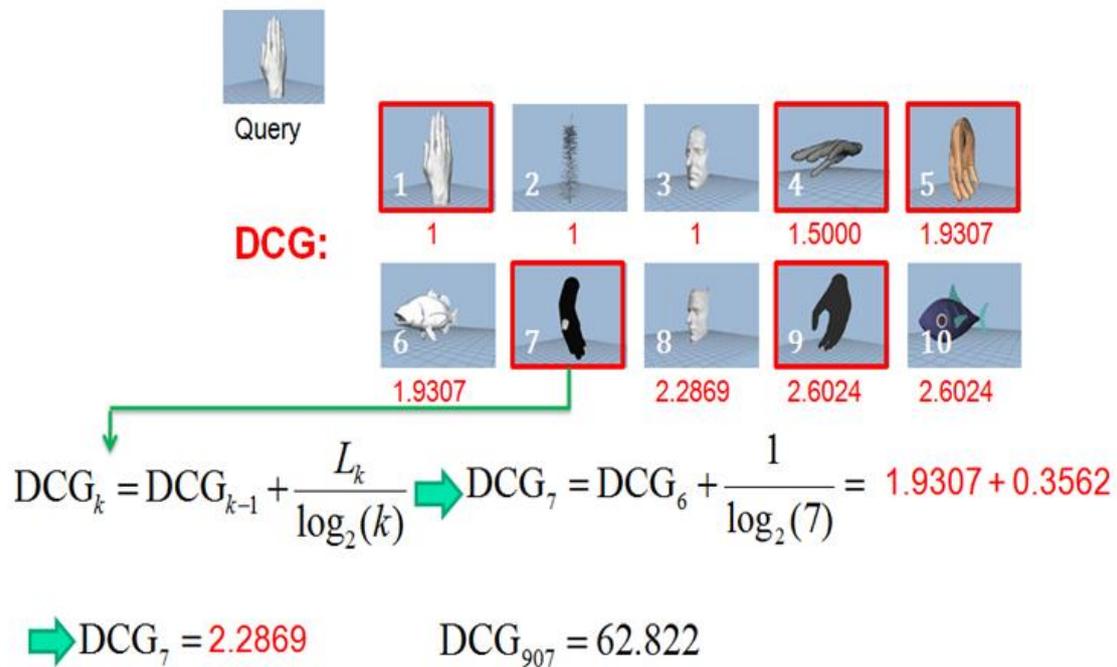
第  $k$  名的遞迴函數定義如下：

$$DCG_k = \begin{cases} DCG_{k-1} + \frac{G_k}{\log_2(k)}, & k \geq 2 \\ G_1, & k = 1 \end{cases}$$

其中當第  $k$  個檢索模型與查詢模型來自同一個類別，則  $G_k = 1$ ，反之  $G_k = 0$ ，

而查詢模型  $q$  整體的 DCG 定義為  $DCG_{k_{\max}}$ ，其中  $K_{\max} = N_s$  是資料庫中模型的總數，從 DCG 的定義來看，當跟模型在相同類別的比對模型排名總是在前頭時，將會獲得一個較大的 DCG 值。

DCG 範例解說：



2. 實驗結果：

特徵方法一：

1. 設圓直徑  $R = 100$ ，做同心圓切割，徑度每二個單位取一環，共有二十五個環。

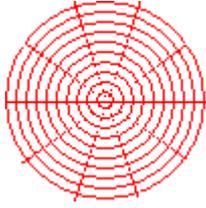


(示意圖)

投影方法	DCG
ED	0.6699
AngelED	0.6468
RD	0.6697
Curvature	0.6410

註: DCG數值越接近1，表示相似度越高。

2.設圓直徑 $R = 100$ ，做同心圓切割，徑度每二個單位取一環，共有二十五個環，並以角度三十六度切割成一百塊，形成一個”標靶型”的圓。



(示意圖)

投影方法	DCG
ED	0.6697
AngelED	0.6700
RD	0.6795
Curvature	0.6553

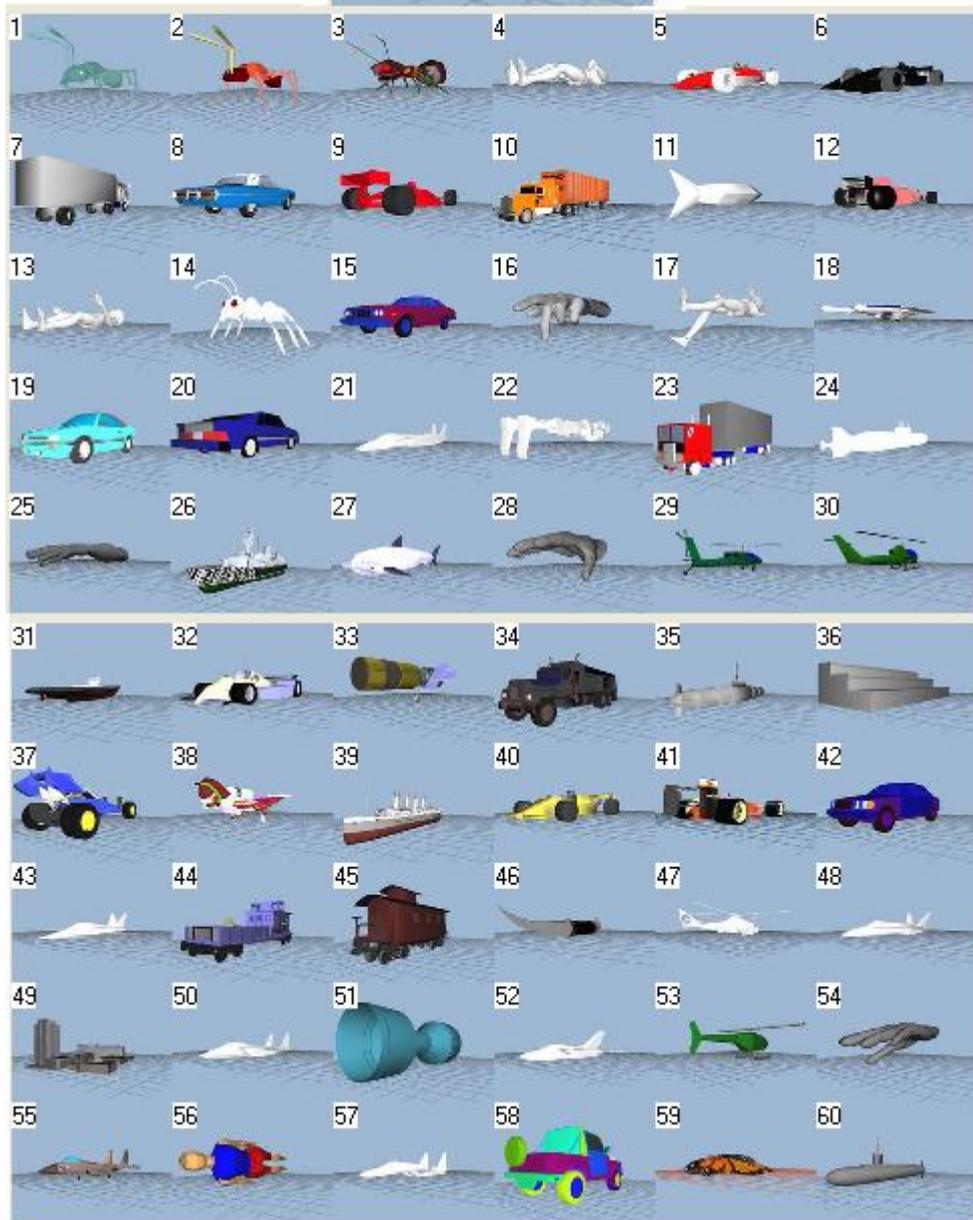
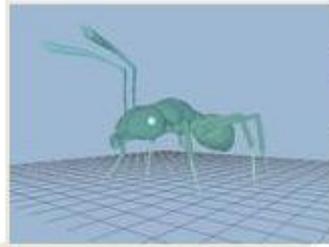
註: DCG數值越接近1，表示相似度越高。

特徵方法二：

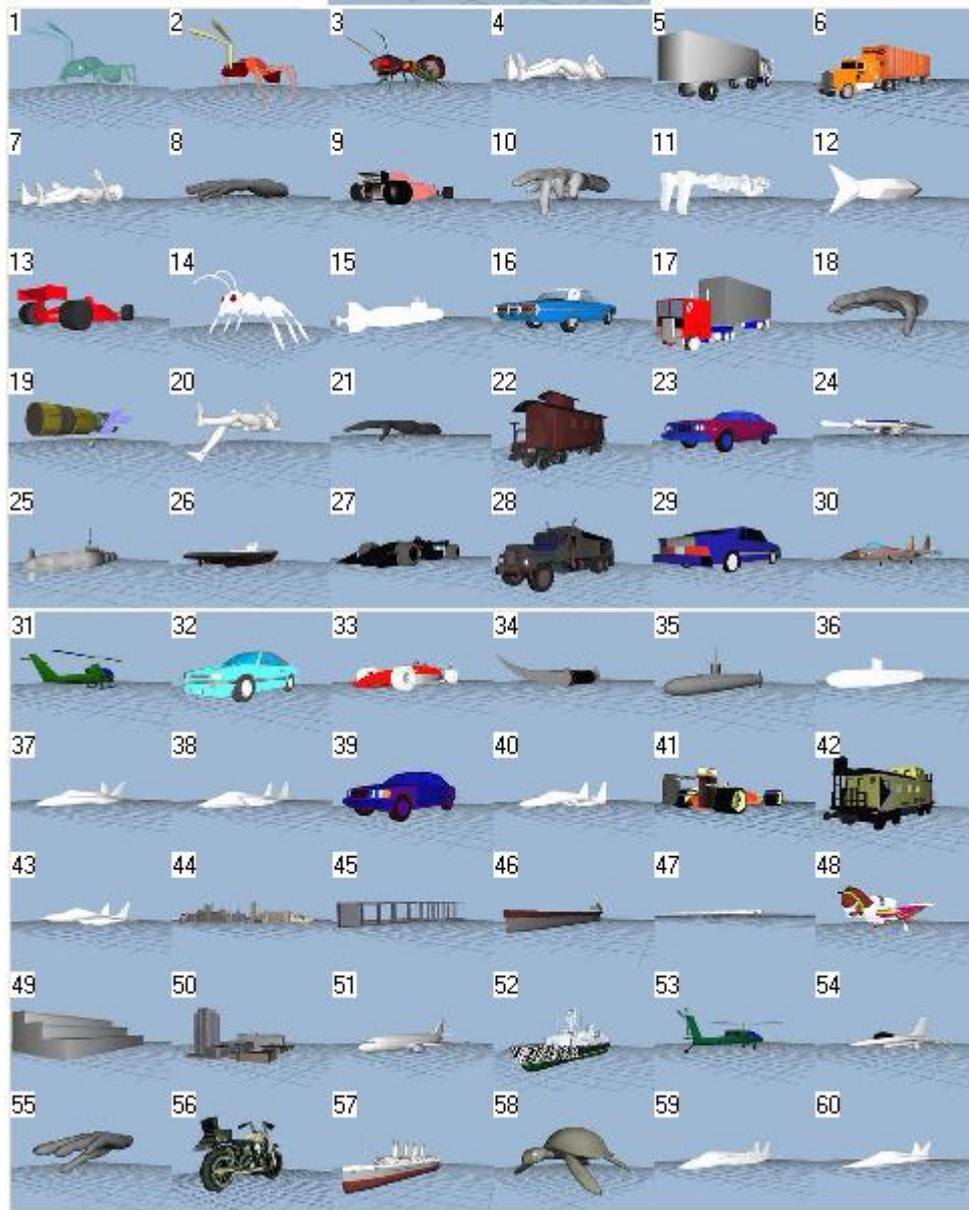
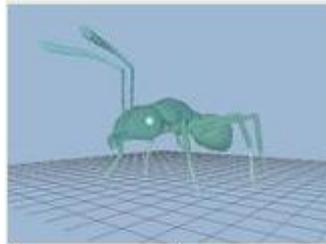
投影方法	DCG
ED	0.5977
RD	0.6250
Curvature	0.5041

以下為特徵方法對螞蟻模型做資料庫搜尋的結果，標示的數字越小表示模型相似度越接近。

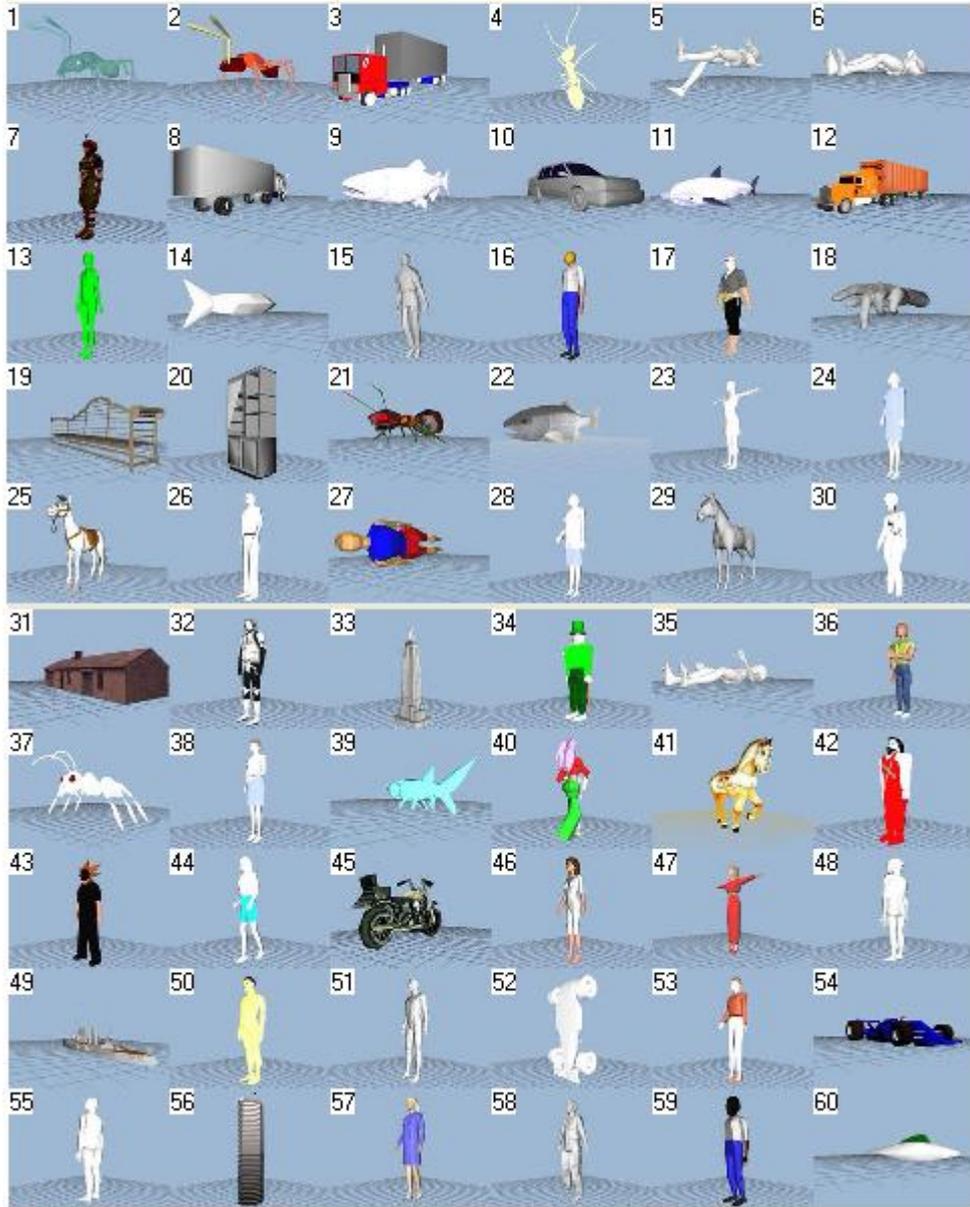
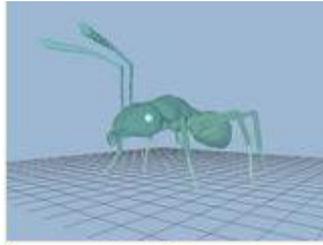
# 特徵方法——深度投影 (ED)



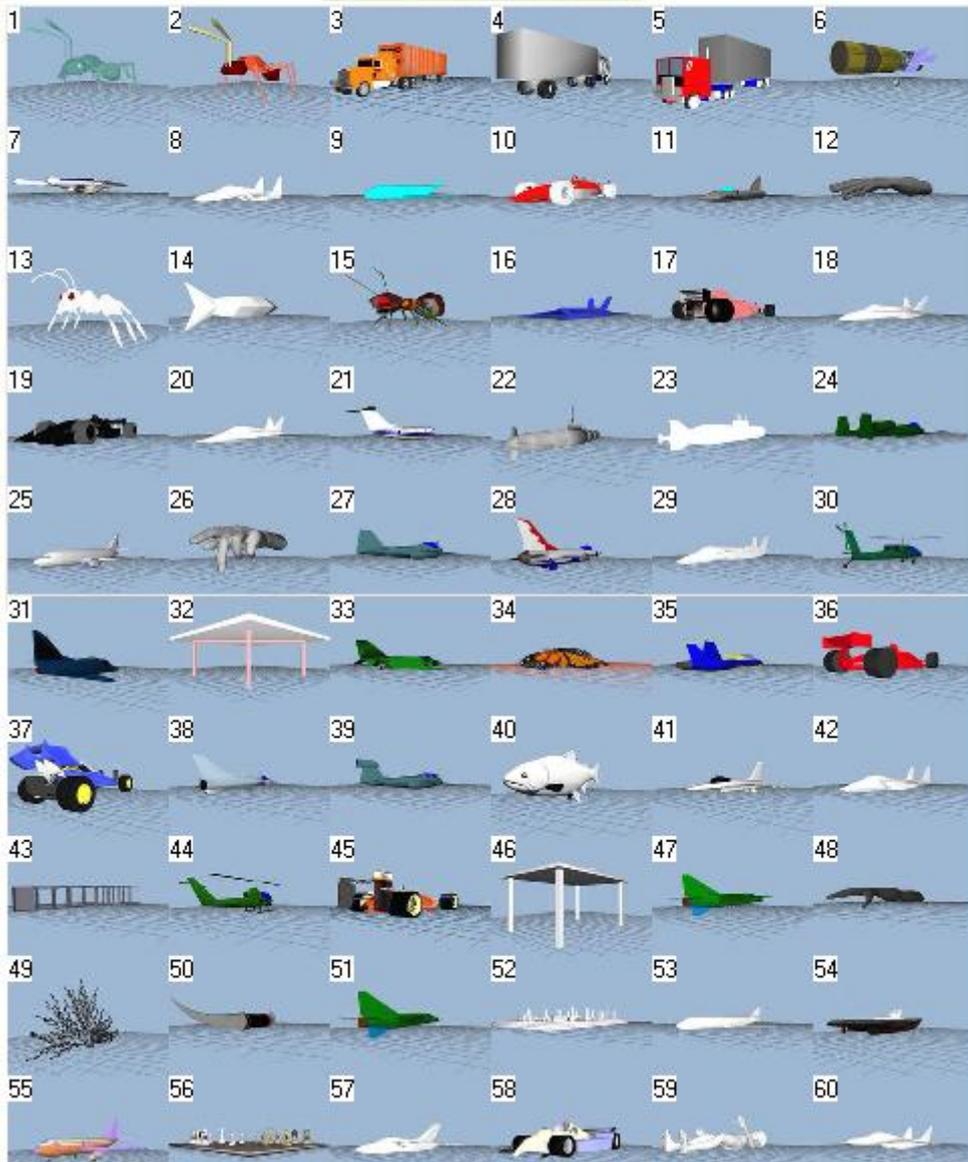
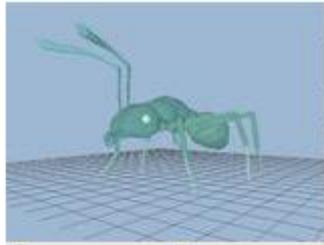
特徵方法一—徑度投影(RD)



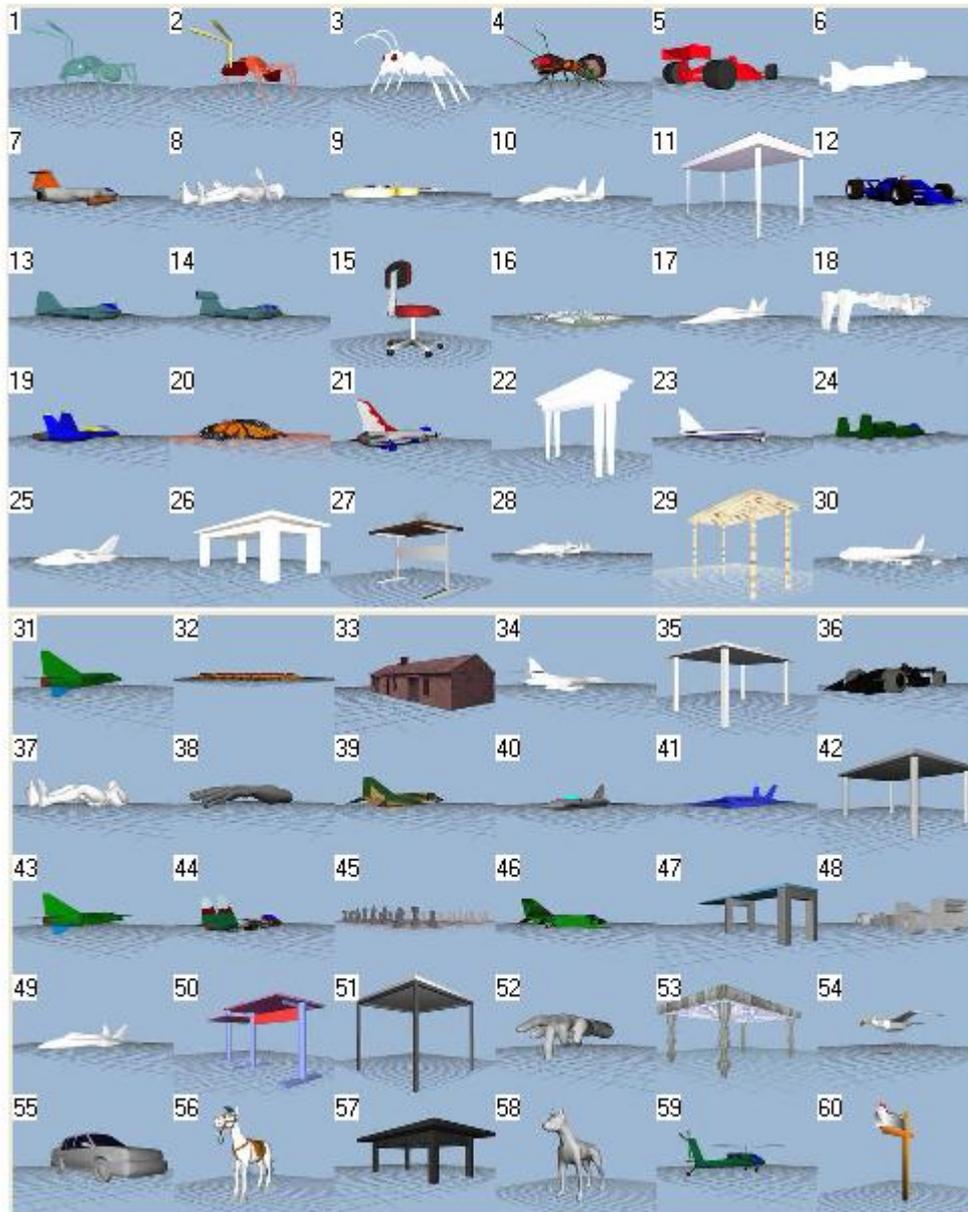
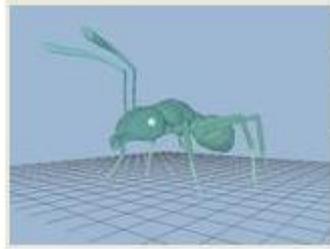
# 特徴方法——曲率投影 (C)



# 特徵方法一—角度投影 (AED)



# 特徵方法二—投影



## 二、參考文獻

- [1]. <http://www.megamindmovie.com/>
- [2]. MPEG Video Group, MPEG-7 Visual part of eXperimentation Model Version 9.0, Doc. ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N3914, Pisa, January 2001.
- [3]. National Taiwan University, CM Lab Graphics Group, 3D Model Retrieval System, Demo: [http://3d.csie.ntu.edu.tw/%7Edynamic/cgi-bin/DatabaseII\\_v1.8/index.html](http://3d.csie.ntu.edu.tw/%7Edynamic/cgi-bin/DatabaseII_v1.8/index.html)
- [4]. National Institute of Multimedia Education, Motomi T. Suzuki, Demo: <http://www.nime.ac.jp/~motofumi/Ogden>
- [5]. Informatics and Telematics Institute, 3D Demo: <http://3d-search.iti.gr/3DSearch>
- [6]. Princeton University, Princeton Shape Retrieval and Analysis Group, 3D Models Search Engine, Demo: <http://shape.cs.princeton.edu/search.html>
- [7]. T. Funkhouser, P. Min, M. Kazhdan, J. Chan, A. Halderman, D. Dobkin, D. Jacobs, "A search engine for 3D models", ACM Trans. Graphics 22 (1), pp. 83-105, 2003.
- [8]. J. L. Shih, C. H. Lee, and J. T. Wang, "A New 3D Model Retrieval Approach Based on the Elevation Descriptor", Pattern Recognition, Vol. 40, No. 1, pp. 283-295, Jan 2007.
- [9]. D. Y. Chen, X. P. Tian, Y. T. Shen, and M. Ouhyoung, "On visual similarity based 3D model retrieval", Computer Graphics Forum 22 (3), pp. 223-232, 2003.
- [10]. D. Y. Chen and M. Ouhyoung, "A 3D Model Alignment and Retrieval System", Proc. of International Computer Symposium, Workshop on Multimedia Technologies, Vol. 2, pp. 1436-1443, Hualien, Taiwan, Dec. 2002.
- [11]. J. Assfalg, A.D. Bimbo, and P. Pala, "Content-based retrieval of 3D models through curvature maps: a CBR approach exploiting media conversion", Proceedings of Multimedia Tools and Applications, Vol. 31, No. 1, pp. 29-50, 2006.
- [12]. M. Chaouch and A. Verroust-Blondet, "A New Descriptor for 2D Depth Image Indexing and 3D Model Retrieval", in Proc. of IEEE International Conference on Image Processing (ICIP 2007), Vol. 6, pp. 373-376, 2007.