

元 智 大 學

資 訊 工 程 學 系

專題製作成果報告

在沉浸式教育應用場域中的使用者學習行為蒐
集與視覺化

專 題 生：李羿禎、黃莉婷

學 號：1051539、1053320

指導教授：葉奕成 教授

中華民國 108 年 12 月

目錄

一、	摘要.....	2
二、	研究目的.....	2
	(1) 軌跡	3
	(2) 熱力圖	3
	(3) 時間軸與回放	4
四、	研究方法.....	5
	(1) 將問題轉嫁成塗色問題	5
	(2) Vertex Shader 頂點著色器	6
	(3) Fragment Shader 片段著色器	6
	(4) Vertex 紀錄 Fragment 上色	7
五、	結果與討論	7
	圖 7 專題實作流程	7
	(1) 即時熱力圖：	8
	(2) 回放工具：	8
	(3) 興趣點統計：	9

一、 摘要

VR 在近幾年已成為熱門的展示模式，給予人們全新的視覺想像。許多 VR 遊戲、VR 教材也如雨後春筍般嶄露頭角。VR 在教育應用方面也逐漸受到重視。

然而在沉浸式學習的過程中，學生的實際使用行為一直沒有一個好的觀察方法，若能記錄學生在學習環境中，花了多少時間在關注哪些東西，以及是否涵蓋了老師希望學生學習的重點，則可以從中協助學生改善學習方法或修正教材。

由於市面上關於在沉浸環境下使用者視覺分析工具這一塊還尚未成熟，因此決定來深入研究。透過蒐集使用者的眼球關注資訊，加以分析後應用到各種領域。

二、 研究目的

本作品主要針對 VR 沉浸環境下，針對教育場域進行使用者觀看行為的收集。這項作品的主要目的是希望能作為一個輔助工具，讓老師能統計學生使用 VR 教具的情形，分析此教具對於教學是否有助益。

當使用者在 VR 環境下觀看教具時（模型），我們透過 VR 頭盔內的眼動儀進行使用者觀看視點的收集，並在模型上紀錄使用者眼動軌跡和專注時間，觀察使用者的關注狀況。

最後以直接在教具幾何表面熱力圖視覺化的方式來呈現觀看順序，搭配時間軸控制以及視覺化圖表量化使用者學習行為。

三、 問題探討

傳統的使用者行為視覺化方法，大多只用於二維環境的使用呈現，但隨著 VR 技術的進步，三維環境下的使用趨勢日益增加，應要有相應的蒐集與視覺化方法來呈現這類型的使用者行為。傳統的方式大致上有幾種：

(1) 軌跡

將使用者於使用過程中注視的點(fixed point)串起來，整個使用過程下來連成的一連串路徑稱為軌跡(trajjectory)，我們可藉由軌跡的走向與分布來得知使用者的使用情形。

(2) 熱力圖

紀錄使用者於使用環境中的熱點累積程度。根據得到的累加熱力值繪製熱力圖，計算每一個繪製點的累加熱力值。若與所選範圍內的其他繪製點累加的熱力值相較為多，則給予相對應的顏色越趨近深紅色，反之若相較為少則趨近綠色或藍色。如圖 1 所示，由於使用者花費相對較多時間觀看模型左上角的區塊，因此累積了較高的熱力值，此區塊所呈現的紅色多、綠或藍色少，模型的其他區塊則顯示出較少的紅色、較多的綠和藍色。

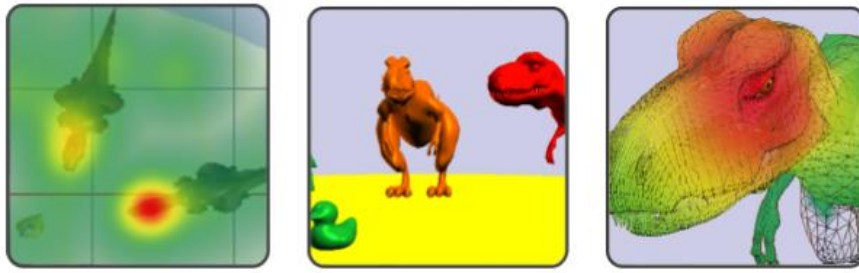


圖 1 使用者觀看之熱力圖

圖片取自[1]

(3) 時間軸與回放

為了讓統計使用者能更清楚看出使用者在不同的時間點之下的使用情形，可以將不同時間下得到的軌跡和熱力圖，或是使用者的螢幕畫面，依據時間點分成多個區塊，統計使用者可以隨意選定自己想看的時間點之下的畫面。如圖 2 所示。

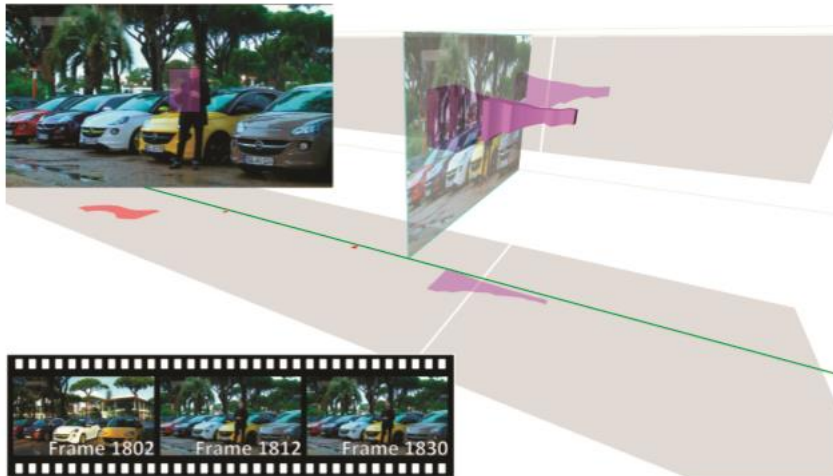


圖 2 時間軸與回放示意圖

我們的專題內容，將傳統的使用者行為視覺化方法應用在三維的 VR 環境中，因為是三維環境，因此需要考慮到前方的物體會遮擋到後方物體的問題；除了一般 VR 環境會考慮的頭戴位置會影響視線方向，我們也加入了使用眼動儀偵測眼球的移動來進一步偵測使用者視線。

我們採用以熱力圖的方式來視覺化使用者行為，也會結合時間軸來讓統計使用者得以回放使用者在個別時間點的螢幕畫面和熱力圖分布情形。

四、 研究方法

起初我們模仿市面上的 3D 模型噴漆軟體的原理，對模型的 UV 貼圖上色。但我們發現，多數 3D 模型為了優化貼圖大小，常將相同顏色的區域用同一貼圖上色。導致上色時不該上色的地方也上色了。而噴漆軟體為避免此狀況，則會特製不重複的貼圖來使用。而我們希望這個工具可以適用所有型，因此尋找其他方法。

(1) 將問題轉嫁成塗色問題

作法：使用 UV 貼圖上色，對視焦點處的 UV 座標範圍內改變顏色。

缺點：UV 貼圖可能對應到模型多處地方，且貼圖連接處不連貫。無法精準地對特定位置上色。

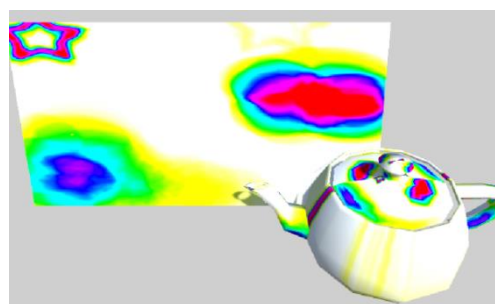


圖 3 UV 貼圖上色實作

(2) Vertex Shader 頂點著色器

作法：使用 Vertices Color 上色，對視焦點處的三角面頂點依據觀看次數賦予相對應的熱度值，以顏色展示。

優點：可控制的熱點數量（三角形數量）、依遠近給予"範圍內的點"不同的貢獻度。

缺點：模型上三角形分佈不均勻、大小不一、三角形的中間無法成為熱力點，且三角面中顏色由線性內插得出，可能得出非預期的顏色值。

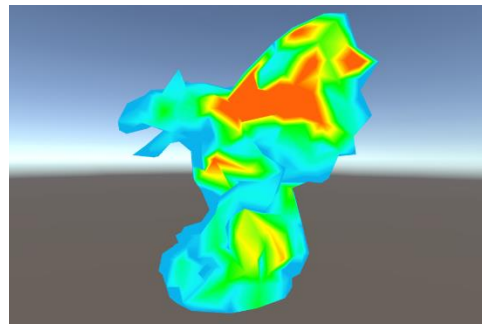


圖 4 Vertices Color 上色實作

(3) Fragment Shader 片段著色器

作法：在每個視焦點，紀錄一個新的熱點。每個像素再對所有熱點計算其貢獻度。

優點：最真實反應熱點位置。

缺點：熱點超過一定數量後，效能明顯下降。

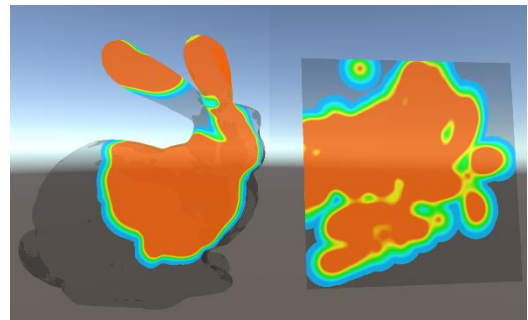


圖 5 Fragment Shader 上色實作

(4) Vertex 紀錄 Fragment 上色

作法：用 vertices 作為熱力紀錄點，用 KD-Tree 找出附近頂點，並與視焦點距離用高斯函數算出該頂點獲得的熱度。最後與頂點最近的 10 個熱點作為資料傳給 Shader fragment 繪製。

優點：可控制的熱點數量、可因遠近給予範圍內的點不同的貢獻度。

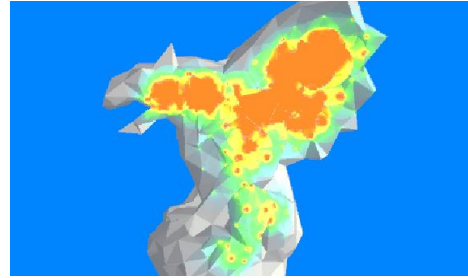
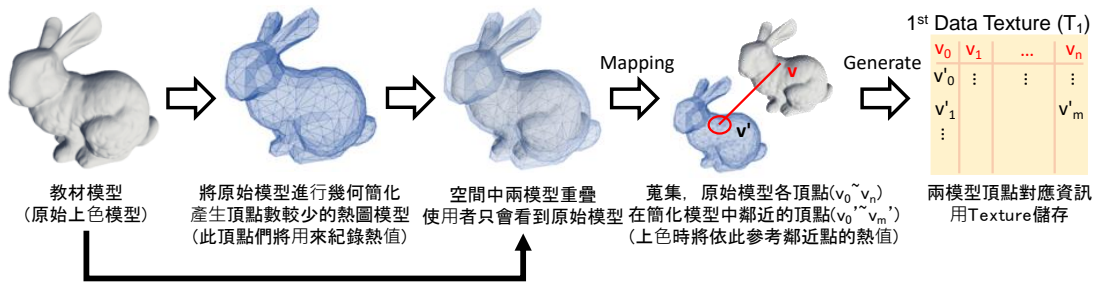


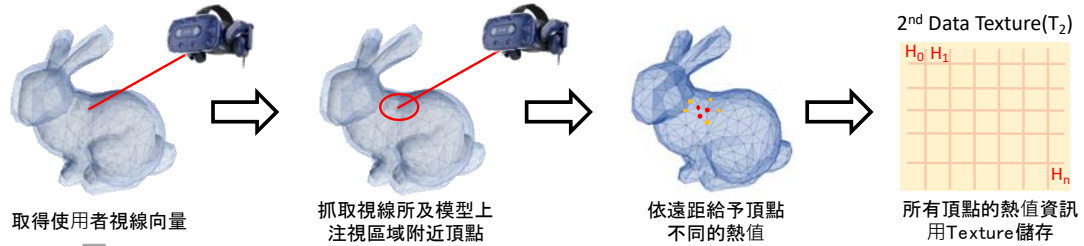
圖 6 Vertex 紀錄 Fragment 上色實作

五、 結果與討論

PREPROCESSING



ONLINE – Record user's eye sight (CPU)



Heatmap rendering (GPU)

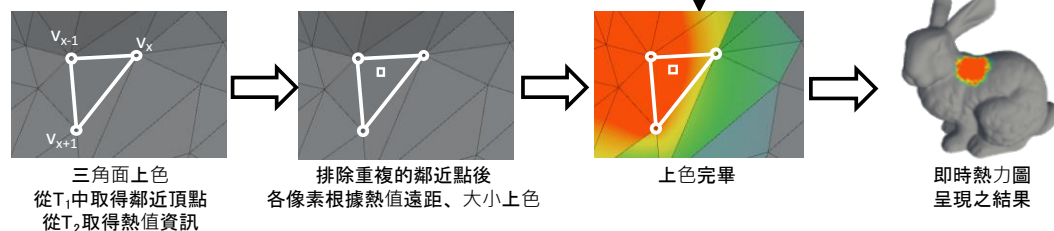


圖 7 專題實作流程

(1) 即時熱力圖：

使用者的觀測過程中，會以視野中心（關注點）為中央對特定範圍內給予相對應的熱點值。隨著觀測時間的累積，這些關注點會形成一連串的軌跡，且物件會以記錄上的熱點累積程度畫出熱力圖。距離關注點越遠，該熱點的顏色越接近綠色或藍色，距離關注點越近則是顏色越紅。

(2) 回放工具：

使用者的觀測完畢後，可透過時間軸回放，在不同時間點下物件的熱力圖呈現情形，如圖 8 所示。亦可抓取一段時間範圍中，觀察軌跡的分布是如何移動，如圖 9 所示。

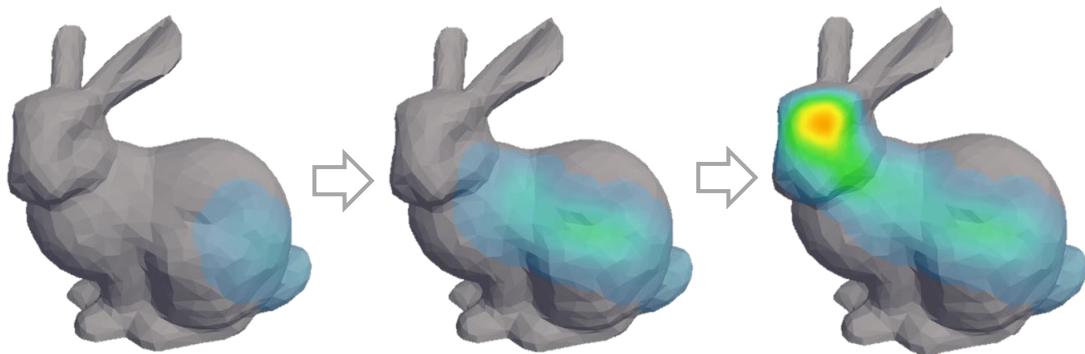


圖 8 不同時間下物件熱力圖呈現情形



圖 9 指定時間範圍中，軌跡分布移動

(3) 興趣點統計：

為了方便更有效的統計使用者觀看狀況，本系統預計提供讓教師標註多個興趣區 ROI 的功能，透過讓老師標註 ROI，我們可以統計使用者觀看這些 ROI 的狀況，如滯留時間、進出次數、觀看時的專注度等資訊。

六、 參考文獻

- [1] KURZHALS K., WEISKOPF D.: Space-time visual analytics of eye-tracking data for dynamic stimuli. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 19, 12 (2013), 2129 –2138
- [2] Sophie Stellmach, Lennart Nacke, and Raimund Dachselt. 2010. Advanced gaze visualizations for three-dimensional virtual environments. In Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research and Applications. ACM, 109–112.