

中華民國第 56 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高級中等學校組 電腦與資訊學科

052510

『媽呀!我把馬祖變立體了!』

學校名稱：國立馬祖高級中學

作者： 高一 陳士洵 高一 王 淇 高一 劉正丰	指導老師： 鄭景文 黃俊杰
---	-----------------------------

關鍵詞：立體視覺影像、深度資訊繪圖法、2D 轉 3D

摘要

隨著 3D 成像的應用也越來越大眾化，我們希望沒有多視角拍攝的 2D 照片也能得到立體效果，於是使用深度資訊繪圖法來合成新的虛擬視角，來提供左眼以及右眼資訊，但繪製的虛擬影像會產生畫面上的瑕疵，而我們提出兩種策略：「破洞轉移」以及「背景反轉」，一來希望得以確保虛擬影像物件的邊緣的完整，二來可以使用最簡單的方式來有效填補破洞，使畫面看起來更自然，經實驗證實我們合成的虛擬影像與實際圖片做比較，的確可以獲得較高的 PSNR 值，並且將我們的研究成果應用在馬祖文宣品的推廣，將馬祖風景也能有立體的感知，讓人有深入其境地徹底體驗馬祖的美。

壹、研究動機

傳說媽祖葬於現今馬祖南竿馬港天后宮宮內的靈穴石棺中，且興廟供奉，相傳至今。這個島因而被稱為媽祖島，爾後又改為馬祖。馬祖地名因此而來，媽祖也成為馬祖居民最重要的信仰[9]。自大陸淪陷後，馬祖因為地理位置的關係，由一個純樸的漁村，突然轉變成了軍事重地。因為其歷史際遇，而塵封長達數十年，直到民國 81 年戰地政務解除，才於 83 年開放觀光，形成現今特有的戰地風貌。對海峽兩岸的人來說，馬祖帶著幾許的神祕色彩，這可能是來自過去的戰地政務，也可能是來自海峽兩岸的時、空對峙與隔閡[10]。

近年來各科技大廠不斷研發出更新興的虛擬實境產品，像是國內 HTC 的 VIVE、日本 SONY 的 project morpheus、美國微軟的 Holographic VR 系統等等，而且也被視為未來重點發展的科技。然而虛擬實境主要構成的部分為：兩眼所需要的影像資訊以及成像的設備，也就是立體眼鏡，但這些額外的設備也可能造成使用者的不便或是成本上的支出，所以我們希望能夠透過研究讓雙眼能夠直接觀賞到立體的相片或是影片而不需要額外的配備，也希望能讓老照片直接變成立體的方式呈現。但裸眼顯示器成像品質不穩定，有最佳觀看角度以及位置，多人觀看時，不一定有良好的立體成像效果，市面上已經有的產品為 HTC 所出的 3D EVO 手

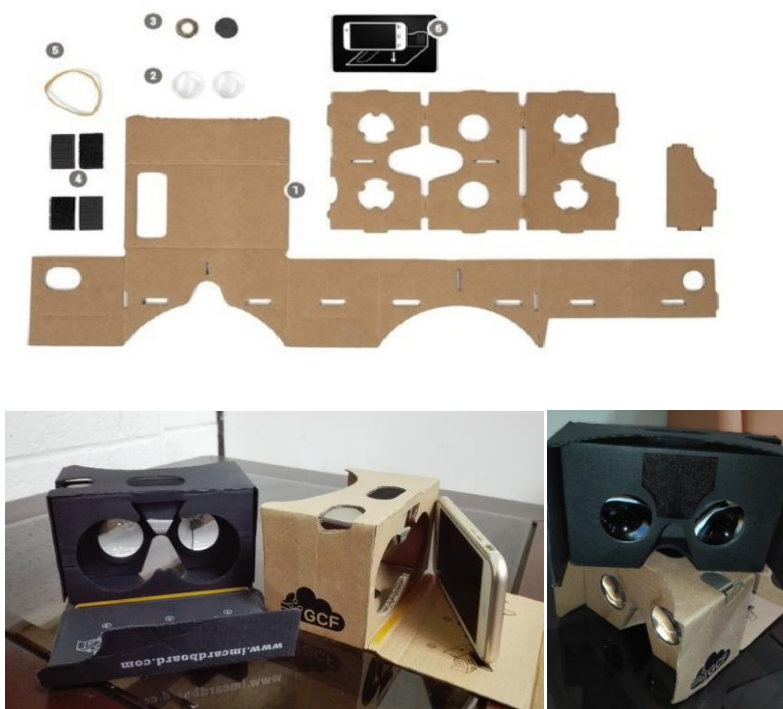
機、任天堂的掌上型遊戲主機 3DS 等... 立體感知的效果見仁見智，為了獲得較佳的體驗效果
仍需器材輔助。

貳、研究目的

現今 3D 的影像製作，皆使用雙鏡頭做拍攝，或是以電腦動畫建立立體場景，來提供不同
視角的影像，過去沒有多視角拍攝的 2D 照片，我們希望也能得到立體效果，使用深度資訊繪
圖法來合成新的虛擬視角，來提供左眼以及右眼資訊，來達到立體的感知。

參、研究設備及器材

- 一、電腦
- 二、智慧型手機
- 三、平板電腦
- 四、google cardboard



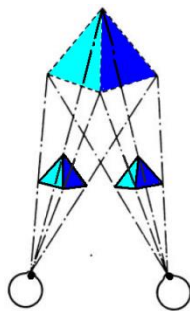
▲圖 1 Google Cardboard

肆、研究過程或方法

人類立體視覺感知是人類的眼睛可以接受現實中的許多靜態的心理線索：當物體周圍有模糊感或是物體表面細節很難看清楚時，我們就會主觀認定距離較遙遠；當物體的體積小於腦中印象的大小時，我們也會主觀認定為距離較遙遠；在眼前之兩條平行線在視覺上會覺得好像在無窮遠處會交於一點；當物體有重疊時，大腦會自行認定被遮蔽的物件為距離較遠；在光影呈現上，如果比其他物件陰暗或陰影比較多者，便會被認定可能為較遙遠的物體。

在動態的心理線索方面：當有連續的畫面呈現時，場景內移動較大的物件會被大腦認定為較近的物體，相反地，沒有移動的物件，就會被認定為畫面的背景。所以動態物體的速度變化快慢也是很重要的視覺資訊，也就是說，物體位移量相對較大時，會被認定為較為近的物體。

雙眼除了接收動態與靜態的線索提供以外，我們能擁有立體視覺的感知主要原因是：雙眼平均有著 6.35 公分的間隔，這個視差造成在視網膜上的成像會有些微的不同，而這些些微的水平差距經過大腦處理後，便可做出深度的判斷。



▲圖 2 立體影像原理示意圖

我們透過上述的線索來產生立體的感知，如果線索提供的越多，對該場景的立體感知便越強烈，現在市面上的立體平面顯示器就是利用水平視差的原理，不同的水平視差畫面分別提供給觀賞者的左眼以及右眼，「欺騙」觀賞者的大腦，進而可以立體感知。

我們先做文獻的探討，由於國內外的深度影像繪圖法的相關資訊很多，但國內的資訊大多為碩士生的研究，大多設定為不公開，所以一般在網路上無法直接檢閱，我們將文獻整理如下。在[1][3][5]皆對深度影像的課題去發揮，[2][4]對補洞的策略提出不同演算法，[6][7]針對兩者去做改進，不管是哪種文獻的方法，其共同點皆需要大量的運算，以及背後複雜的演算法支撐，我們希望能找到一個方法是簡單而且效果不錯的，為我們最大的研究重點。

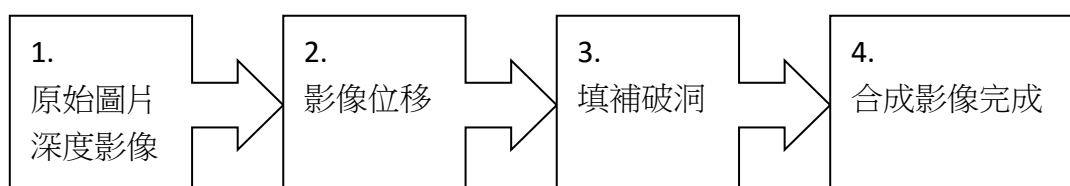
一、深度影像繪圖法

製作 3D 立體影像，必須要有構成 3D 影像的多視點影像，可以透過幾種方法和工具製作，如：3D 物件軟體 RINO、3D 動畫軟體 3DS Max、工業 3D 物件設計 Solidworks、深度資訊圖和 Morphing 等。

深度影像繪圖法，採用的就是利用深度資訊圖來產生立體影像，我們先假設深度越淺的物體其深度值越大、深度越深的物體其深度值越小，而深度值的大小最大至 255，最小至 0。但基於深度值繪製出來的虛擬視點影像會產生一些畫面上的破洞，所以需要將其破洞填補。要解決這些破洞，常見的方法有很多種，像是深度的變數修補、水平內插法、拉普拉斯轉換補洞法、水平深度資訊法、背景比對、深度的變數修補等。

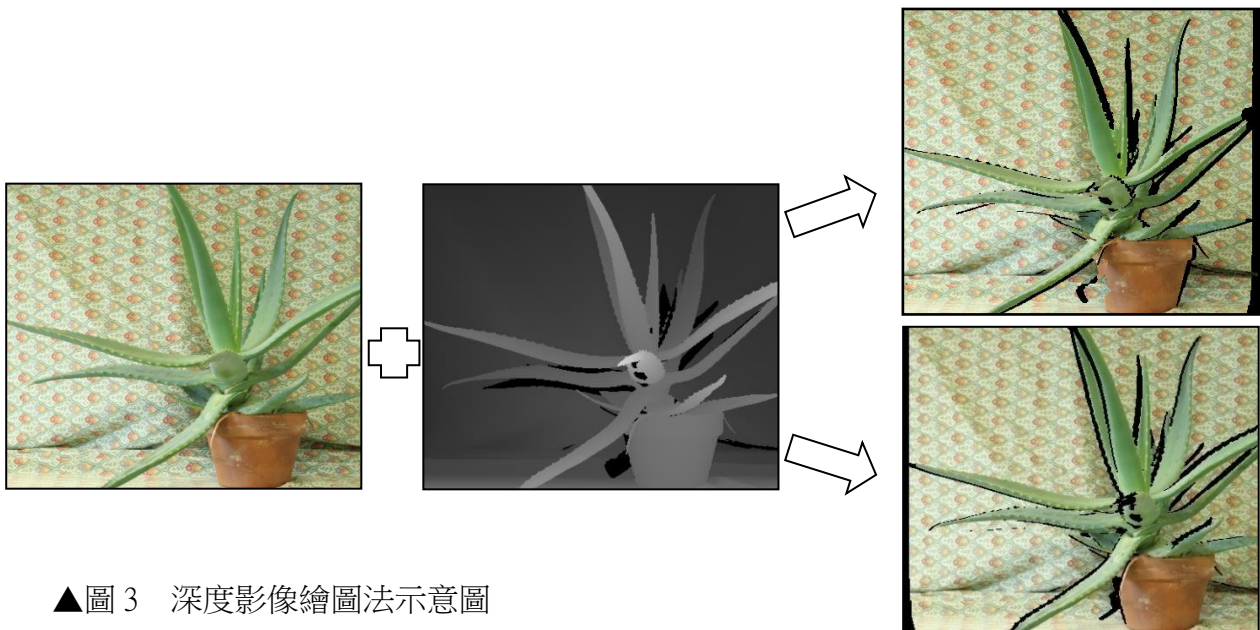
深度影像繪圖法的步驟如下：

- 1.取得原始圖片以及該圖片的深度影像
- 2.利用深度影像轉換成位移值，將原始圖片做影像位移
- 3.掃描破洞並填補破洞
- 4.完成合成的新影像



二、深度影像繪圖法-影像位移

在影像位移的過程中通常會伴隨著點跟點之間的放大或縮小，但在來源深度不連續或有較劇烈變化的地方，因為深度深淺變化會導致其對應的畫素平移量會有所不同，有些畫素位置被多個空間中的資訊點對應到而產生像素取代，有些沒有對應到的資訊點就會產生破洞。像素取代的情況是當物體在真實影像能被看見時，被一個更近的虛擬影像給遮住，也就是會在虛擬影像的相同位置產生重複的畫素，這時我們就選取比較淺的畫素顯示。而破洞產生則是因為沒被對應到的畫素資訊不在來源影像中，或是即使該畫素在來源影像中卻被遮蔽，或在物件側面甚至是超出影像範圍的部分。又因為這些資訊在來源影像中是未知的，所以在影像位移後仍無法提供對應的畫素位置及正確的顏色資訊，因此會產生破洞。如下圖所示：

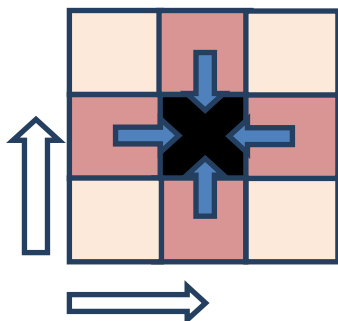


▲圖 3 深度影像繪圖法示意圖

三、深度影像繪圖法-破洞填補

(一)常數補洞法

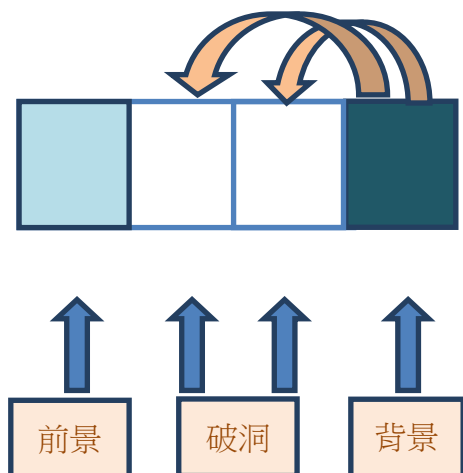
針對破洞周圍四點的畫素的紅、綠、藍值取平均，由左而右，由下而上補洞。



▲圖 4 常數補洞法示意圖

(二)水平深度資訊法

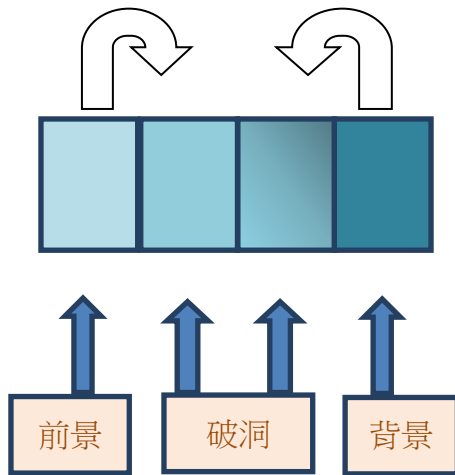
為本次作品使用的方法之一，捨去較複雜二維陣列的寫法，將圖片用一維陣列儲存直接破洞附近屬於背景的像素做補洞填補。



▲圖 5 水平深度資訊法示意圖

(三)水平內插法

使用水平內插法，一開始由左往右搜尋，遇到第一個破洞時，記錄該破洞左邊畫素的紅、綠、藍值，往右搜尋到最後一個破洞時，記錄該破洞右邊畫素的紅、綠、藍值，接著對這兩個畫素的紅、綠、藍值做水平內插，用等差數列的算法，分別算出不同的值來填補破洞。



▲圖 6 水平內插法示意圖

(四)拉普拉斯轉換補洞法

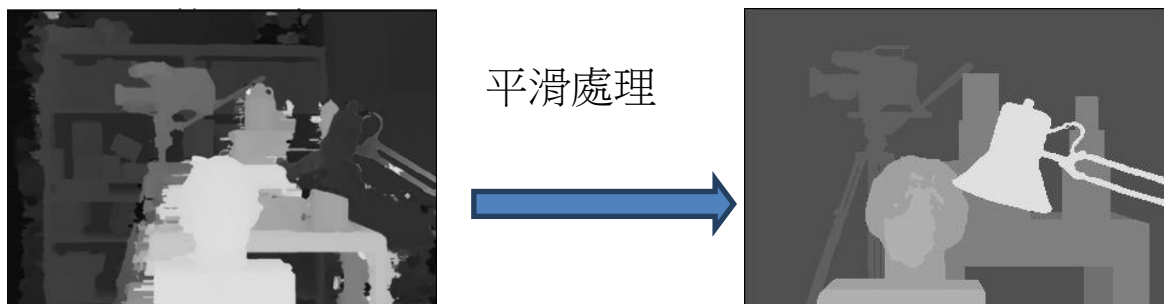
利用 MATLAB 的 ROIFILL 函式來填補破洞，將破洞範圍利用漸層方式補上顏色。

(五)基於深度的變數修補

先利用邊緣探測把所有畫素訂出一個值，再將洞和周圍 8 個畫素做比較，如果其深度值大於假設的門檻，則大於深度值的這些畫素不用來補洞，只要將其他小於門檻的畫素取平均值來補洞就好。

(六)深度資訊平滑法

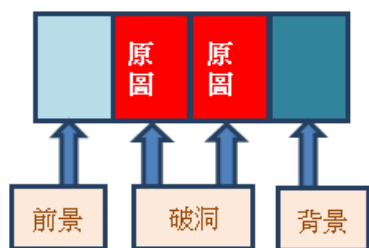
在做影像位移之前，為了避免破洞的產生，所以先對來源影像的深度資訊做前置處理，將其先平滑化，如此便可降低物體平移時產生破洞的機率。主要是利用高斯濾波器或是取平均來完成，但是這項方法所產生的虛擬視點影像也會造成一些影響，例如幾何變形，也因為深度資訊已經先做過平滑處理，所以導致物體周圍會被模糊化而造成立體效果的衰減。



▲圖 7 深度資訊平滑法示意圖

(七)背景比對法

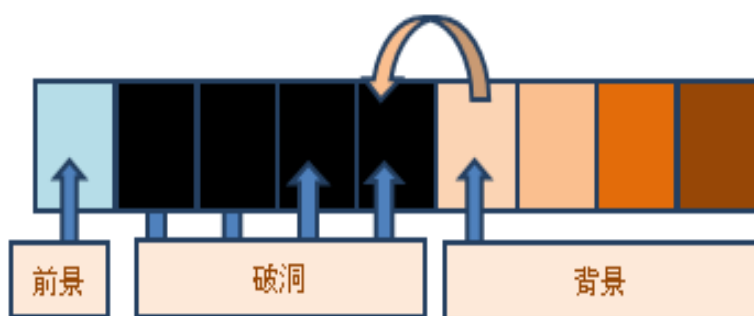
破洞的位置直接拿原圖所對應的位置像素將破洞填滿。



▲圖 8 背景比對法示意圖

(八)背景反轉法

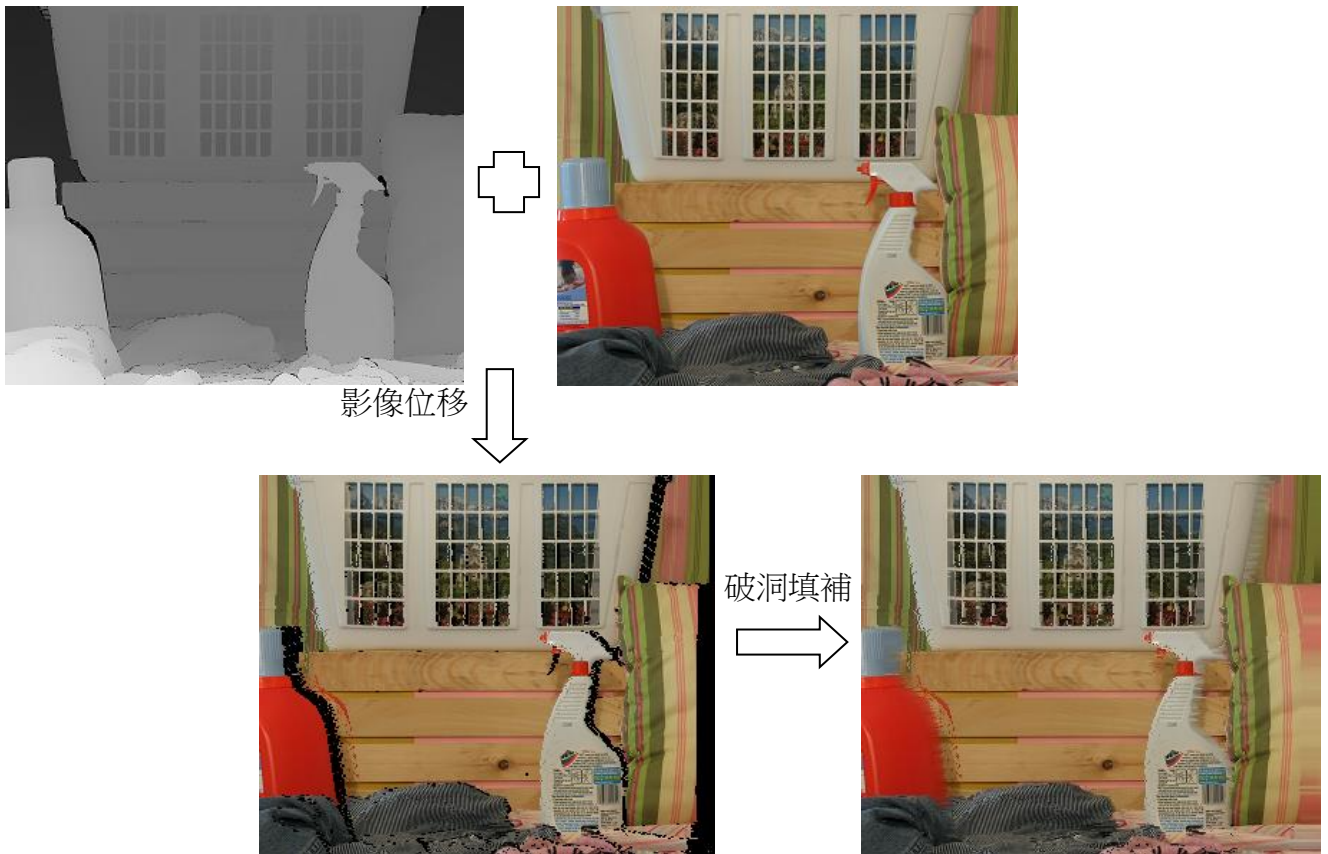
我們提出的一種填補破洞的方法，當破洞數目大於等於 3 個像素時，較容易看出填補破洞產生的瑕疵，我們則希望利用破洞周圍的有效資訊，用水平像素反轉的方式來修補破洞。



▲圖 9 背景反轉法示意圖

四、研究方法

我們希望能以最簡單的方式能達到最大的成效，程式設計上也不需要過於複雜的演算法，先選定的補洞策略就是為上述的第二種策略水平深度資訊法，最為簡單也不需做額外計算，或是以第三種水平內插法，簡單的計算做破洞的填補。

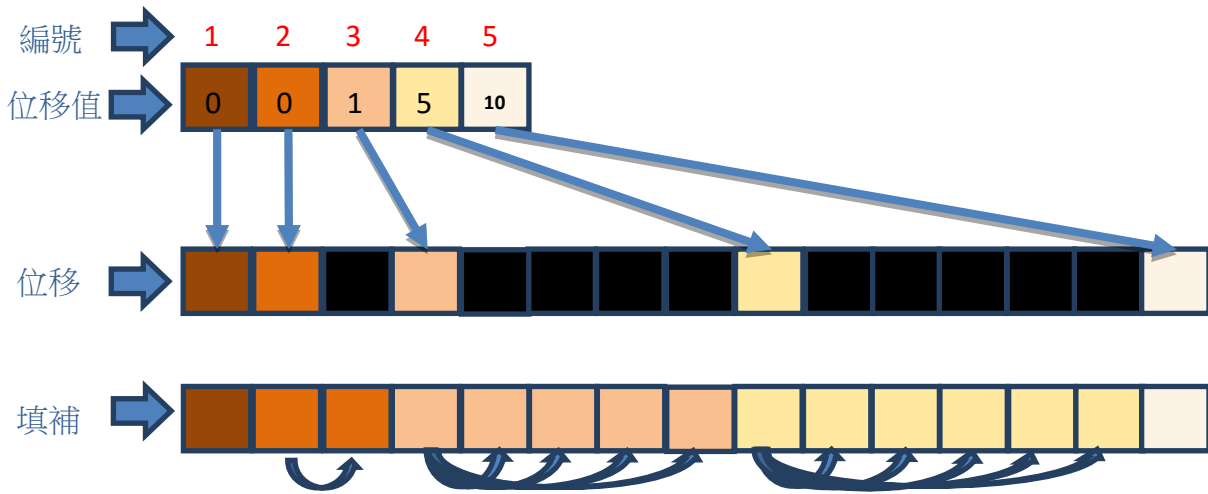


▲圖 10 深度影像繪圖法示意圖

我們看上圖影像合成後的結果，可以看出使用水平資訊填補破洞後的影像邊緣，有許多不自然的殘影瑕疵，經過我們多次實驗許多圖片都有這類的情況，於是我們去細究其主要的因素。在使用簡單的填補破洞策略前提下，若影像位移量較小的話，填補破洞自然而且不失真，但使用 3D 眼鏡觀賞時，成像的立體感並不明顯，若想要逼真的立體感的話，測量的結果主觀認定，需要最大位移量為 24 的策略下最為明顯，但越大的位移量會造成越大的破洞，填補破洞自然呈現，在簡單的補洞策略下似乎並不容易達成，都會有如上圖所示，類似殘影的破洞。我們探討並且細究其原因，發現深度資訊圖才是問題的最根本，位於物體邊緣之連續幾個像素會有斜率突然驟增的情況，因為深度資訊圖做平滑的運算，很明顯可以看到邊緣地方有一個模糊的地帶，我們將模糊的地帶轉換成量化的資訊，可以看出背景與前景交界處差距甚小，人眼要非常仔細觀察才能察覺其差異，量化的數據下可以得知交界處這兩個像素深度只差 1，越靠近前景的方向的深度值越來越大。

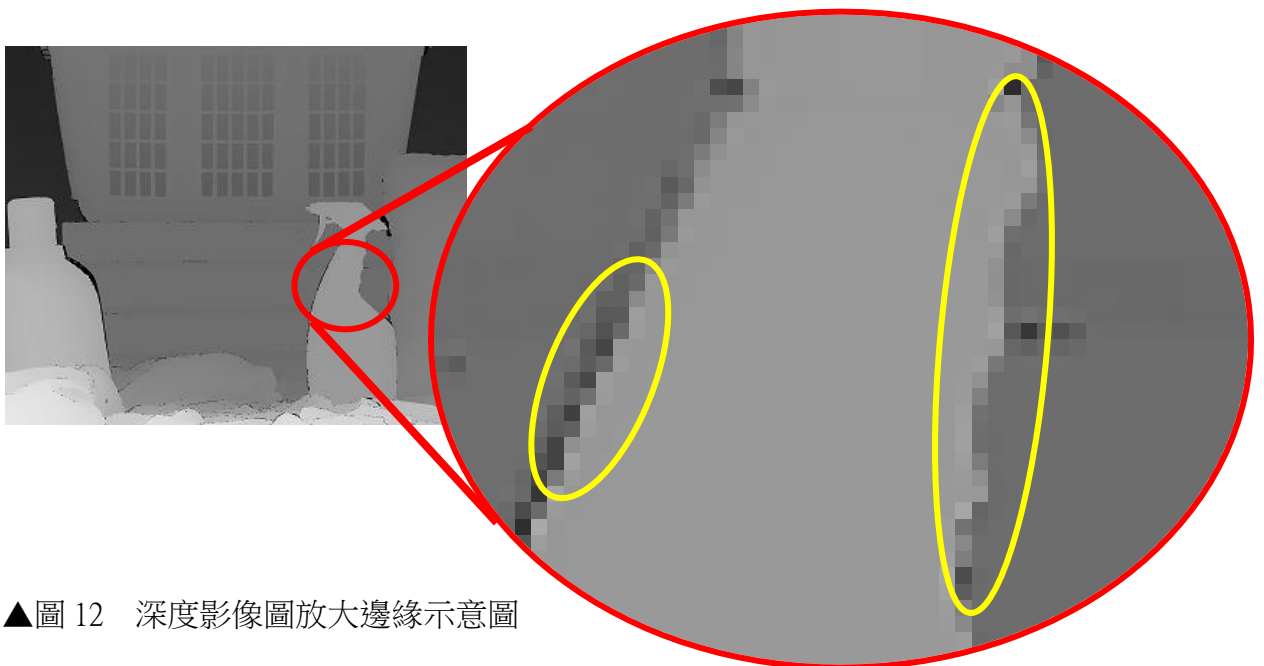
經過查表轉換成位移值後，我們可以發現這個交界處的這兩個像素，其位移值皆一樣為 0，在做影像位移時，會造成前景滯留的現象，背景與前景第一個像素皆留在原處，前景第二

個像素移動 1，與前個像素產生 1 個破洞，前景第三個像素移動 5，與前個像素產生 4 個破洞，前景第四個像素移動 10 與前個像素產生 5 個破洞。如下圖所示



▲圖 11 造成前景滯留示意圖

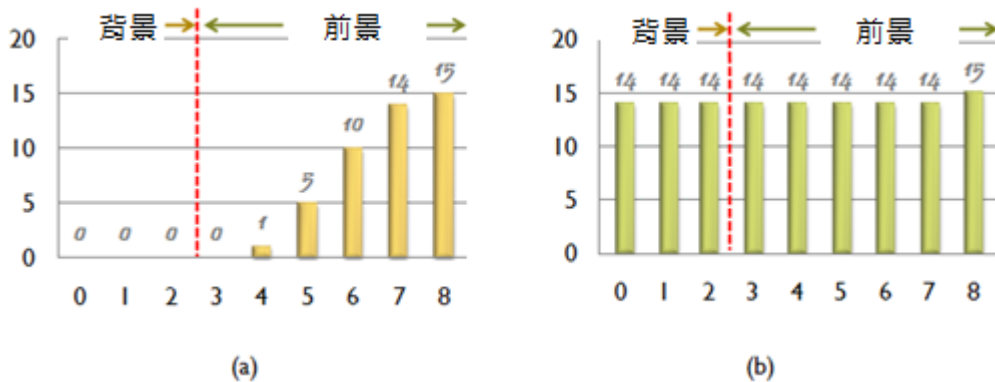
上述所謂的前景滯留的情況，仔細探究其原因發現為深度影像的關係，由於深度影像的品質參差不齊，品質較好的深度影像可以合成瑕疵較少的影像，也有較佳的立體成像結果。如下圖所示，有噴嘴的瓶子的邊緣的深度影像，並非完全都是同一個色塊，邊緣處都偶有些較淺的白點，這些白點導致做影像位移有前景滯留的情況。



▲圖 12 深度影像圖放大邊緣示意圖

五、破洞轉移

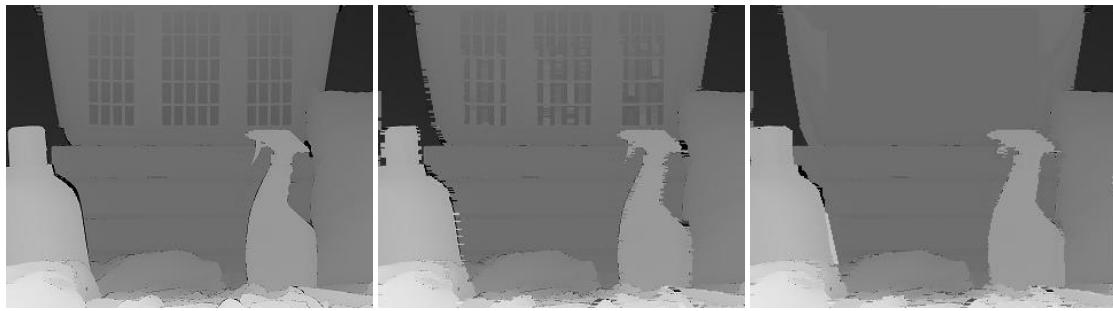
為了解決前景滯留的情形，我們提出一個破洞轉移的策略，是將全體物體兩側邊緣做銳化，消除原本邊緣平滑的處理，提升的部分不只是前景邊緣處，而是連同靠近前景旁邊的 3 個背景像素也一起提升，如下圖(b)所示，因為前景邊緣旁的背景也有相同的位移值，在做影像位移的時候，可以將背景的那三個像素連同前景一同位移過去，而將破洞產生處會在背景的地方，而不是產生在物體的邊緣處。



▲圖 13 破洞轉移判斷策略示意圖

偵測邊緣的策略以簡單為前提的考量下，避免做太複雜的條件設限，所以只要符合：最前面兩個像素其位移值相等，後面連續兩個像素之位移值皆大於前面像素，就符合邊緣的條件。如上圖(a)所示，編號 2 與 3 的像素其位移相等(都等於 0)，編號 4 像素之位移大於編號 3，編號 5 像素之位移大於編號 4，一旦符合邊緣的條件就會拿後兩個像素(編號 7)當基準，來做前面共 5 個像素的位移值提升。之所以拿後編號 7 的像素而不使用編號 5 或 6 當基準，是因為較後面的像素其位移與主體中心的位移差距會比較小，我們希望拿來當基準的位移是較靠近中心且也較為穩定的值，屆時做影像位移時，只會產生極少量破洞，或甚至不產生破洞。經過研究以及多次實驗評估，這條件的設限最符合大多數深度資訊圖邊緣的情況，並且選做邊緣提升的基準像素也是能讓大多處理後的虛擬影像有最好的品質。

我們所提出之邊緣偵測的策略對於品質不佳的深度影像成效仍有限，如下圖(b)



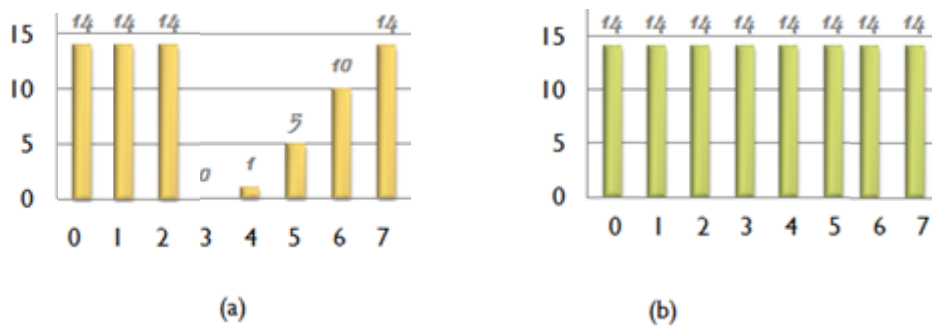
(a)原始深度影像

(b)全體前景邊緣銳化

(c)垂直消除毛邊

▲圖 14

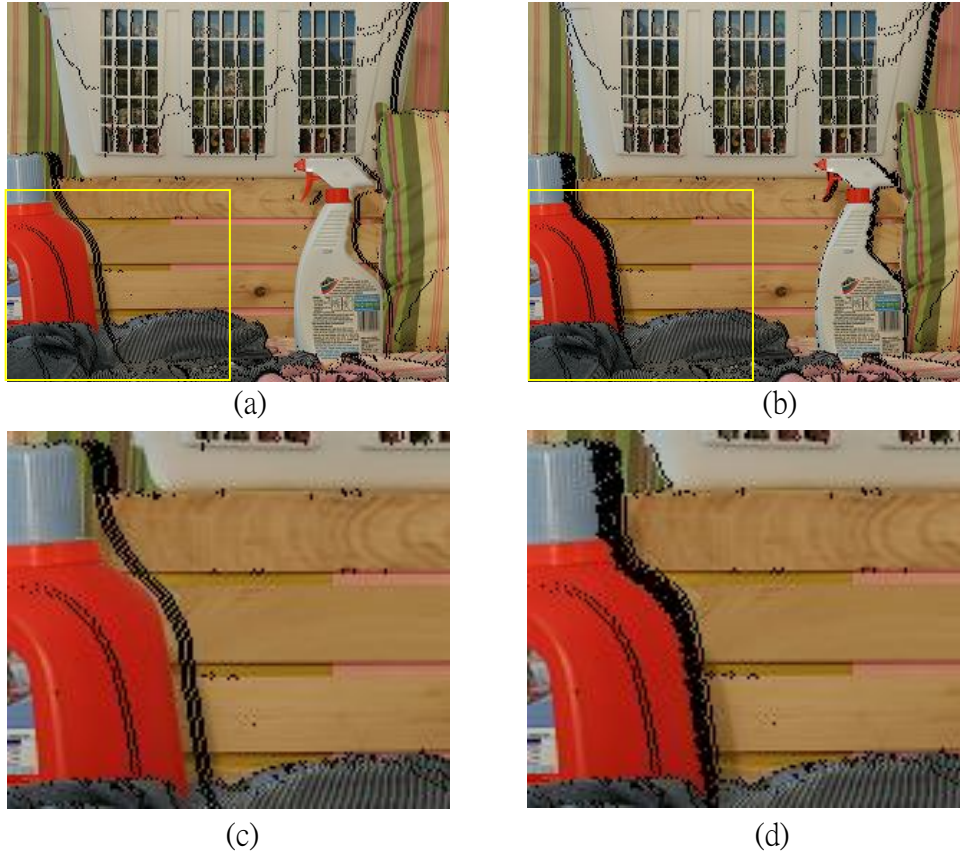
我們針對這個情形在提出一個垂直消除毛邊的策略，讀取圖片資訊改成垂直的順序存入一維陣列，比較全圖每 8 個像素內較淺的連續幾個像素，將中間的深度資訊做取代，來大量減少毛邊的情況，以達到較佳的深度影像品質。



▲圖 15 垂直消除毛邊策略示意圖

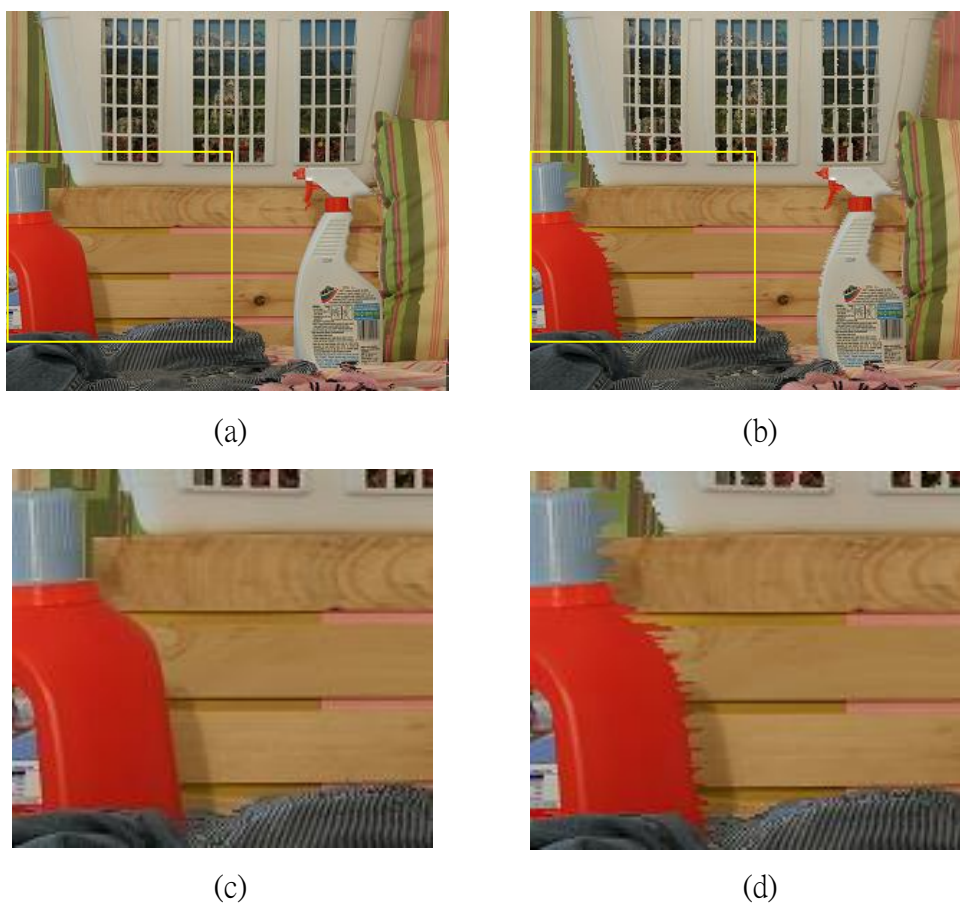
伍、結論

我們所提出的破洞轉移策略，成效如下圖所示，(c)(d)為(a)(b)之放大圖，(b)為一般的影像位移，從圖片可以看出我們提出的策略奏效，讓破洞產生於背景的地方，使得前景的邊緣可以完整保留。



▲圖 16 成果放大圖

下圖為(a)(b)填補破洞後的結果，將圖(c)(d)放大來看，發現我們提出的方法的確可以將物體的邊緣完整保留，以達到良好的立體視覺成像。



▲圖 17 成果放大圖

我們比較不同補洞策略所呈現的結果，可以看出圖(a)拿原始圖片的資訊填補破洞，導致前景有不自然的情況產生，圖(b)背景反轉在背景資訊較為單純的情況下會有比較好的效果產生，此圖因為背景較為複雜導致，會讓畫面變得比較凌亂，圖(c)則是使用水平深度資訊做填補，雖然會有物體殘影的現象，但在此次實驗看來並無太明顯的瑕疵。



(a)補洞策略:背景比對

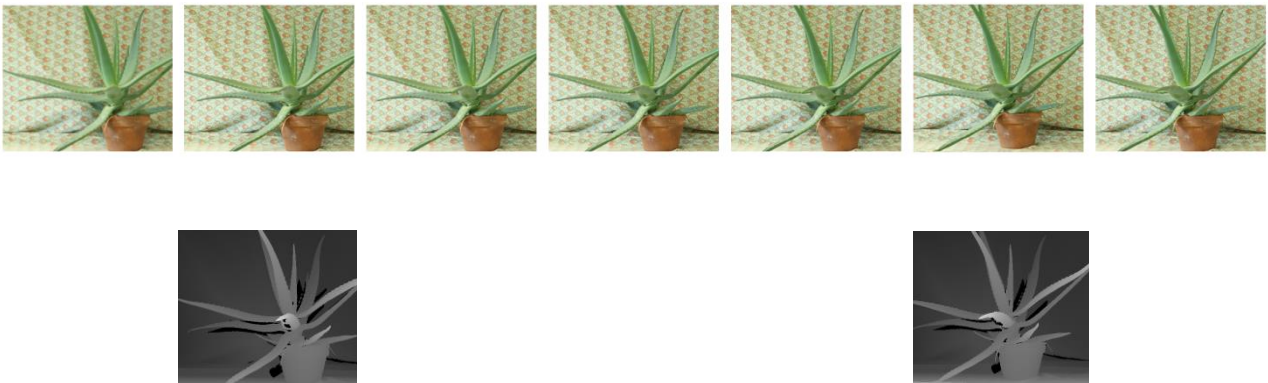
(b) 補洞策略:背景反轉

(c) 補洞策略:水平深度資訊

▲圖 18 不同補洞策略示意圖

為了將我們的實驗能有科學的數據佐證，對這些圖形做峰值信噪比(PSNR)的比較，我們原始圖片取得皆於[8]，[8]上的圖片有 7 個視點的原始圖片如下圖，只有第 1 個視點的圖片與第 5 個視點的圖片有深度影像資訊，於是我們拿第一個視點的圖片來做實驗，然後拿第二個視點的圖片來跟我們合成後的圖便做 PSNR 的比較。PSNR 值越大代表兩張圖越相像。





$$PSNR = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right) = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{MAX_I}{\sqrt{MSE}} \right)$$



▲圖 19 ALOW 之七個視點圖片取自於[8]

可以得知我們提出的方法平均左右眼之虛擬影像的 PSNR 值稍微優於深度影像所處理出的虛擬影像，這可以證明我的方法優於標準的深度影像，並且保護物體的邊緣完整，能夠讓人眼看起來更自然也更加逼真。如下表所示。

A:破洞轉移+背景反轉 B:水平資訊填補 C:水平內插填補 D:背景比對

	A	B	C	D
	26.14	25.96	25.58	23.18
	27.66	27.63	27.30	22.30
	22.56	22.38	22.39	22.12
	27.24	27.05	27.19	20.15

由此可得知我們提出的方法有較優的成像結果，於是我們實際將馬祖風景作立體影像之合成。



▲圖 20 馬祖風景(左)合成圖(右)



▲圖 21 馬祖風景(左)合成圖(右)



▲圖 22 馬祖風景(左)合成圖(右)



▲圖 23 馬祖風景(左)合成圖(右)

陸、參考資料及其他

- [1]數位影像與視訊深度估測演算法，羅一中，2013
- [2]根據深度影像之立體影像合成演算法與電路設計，賴源泰，2014
- [3]半自動化 2D 至 3D 影像轉換技術，郭景明，2013
- [4]應用於 2D/3D 轉換系統之深度影像中快速空洞補償演算法之研究，施政榮，2010
- [5]應用於深度影像系統之深度圖增強與補洞演算法，蕭喬翔，2012
- [6]立體影像產生之有效破洞填補方法，陳昭和，2012
- [7]2D 與 3D 視訊處理之演算法及電路架構設計，賴昱帆，2013
- [8] <http://vision.middlebury.edu/>
- [9] <https://zh.wikipedia.org/wiki/馬祖列島>
- [10] <http://www.matsu-nsa.gov.tw/User/Article.aspx?a=182&l=1>

【評語】 052510

1. 本作品把沒有多視角拍攝的 2D 照片使用深度資訊繪圖法來達到立體的感知。
2. 本作品提出不同的破洞轉移方法並進行 PSNR 的品質比較實驗。
3. 建議作者要徹底了解作品所用的程式碼並有能力自行撰寫。