

## 2D 影像立體化

姜凱鈞

亞洲大學資訊與設計學系  
clerk304@gmail.com

陳宏光 吳柏融

國立勤益科技大學電子工程系  
hank@ncut.edu.tw

### 摘要

相信以一般人的觀點，可以產生立體效果的書本或卡片比單純的平面有趣多了，同樣的想法也適用於觀賞相片與其它 2D 影像，但現有的立體化技術皆是以還原影像中的場景為目的，而非真正以卡片或立體書的形式呈現影像的內容，還原影像中的場景雖然可產生進入影像瀏覽的效果，但利用幾何平面呈現的場景結構，在多數情況下，可瀏覽的範圍十分有限，容易產生穿幫的畫面，且以還原場景結構為目的限制了可立體化的影像內容，影像中必須包含特定的場景資訊才能產生較佳的立體效果，對於場景資訊不足，或只表達特定物件，非以呈現場景為主的影像，並不適合以此方式產生立體效果。

我們參考[9]，修改了還原場景比例的立體化方式，將場景中屬於地面的部份直接投影至立體空間，這麼做出現了類似立體書或立體卡片的呈現效果，同時也省去了設定相機參數的步驟，避免了因不正確的參數設定導致錯誤的深度比例或材質貼圖的扭曲變形。另外，為了讓更多不同的影像內容皆能呈現對應的立體效果，我們針對影像中沒有地面與影像中的物件未包含在地面範圍內，兩種類型，加入了不同的製作方式，同時也保留了 2D 轉 3D 的立體化過程讓使用者操作，除了可體會物件逐漸躍出平面影像的感覺外，也藉此讓使用者可依不同的場景類型，調整適合的呈現方式。

在系統中我們也加入了選取物件與自動修補背景的功能，省去了原本需要額外利用其它繪圖軟體製作前景與背景的步驟，節省了製作的時間。

**Keywords:** image-based modeling and rendering, single-view reconstruction, projective geometry, tour into the picture, photo pop-up.

### 1. 研究動機與目的

Tour into the Picture (TIP) [18] 技術的出現，使得利用單張影像也能非常容易的產生立體場景，藉由視角的改變，使用者可以體會飛入或走進場景中的感覺，伴隨之後的發展，出現了利用消失線(vanishing line) [9] 與其他改良 TIP 的方法來產生更多元的立體場景，近年來，利用類似方式全自動產生立體效果的技術也孕育而生[6]，但即使如此，仍然存在以下缺點：

1. 目前的技術皆是處理影像中有地面

且前景物件位於影像中的地面範圍，藉此根據物件在地面的相對位置設定在立體空間的深度，對於沒有地面或雖有地面，但前景物件未顯示在影像中地面範圍內的類型，則沒有適當的製作方式。

2. 利用相機位置將影像內容投影至立體空間，並在立體空間中還原物件的真實比例，這麼做需要設定相機位置的內部參數，不適當的參數設定會出現錯誤的場景比例且容易導致材質貼圖變形。
3. 雖然已有全自動的技術，但訓練自動化系統的過程繁雜，且正確率只有 30% 左右，要產生較佳的立體效果仍需仰賴使用者的參與。
4. 目前的立體化方式都是針對影像中整個場景，對於某些只表達特定物件，而非以影像中場景為主的類型，還原整個場景比例並非最佳的呈現方式，可能導致前景物件顯得較不重要。

針對上述缺點，我們希望設計一個半自動的立體化系統，以類似立體卡片、立體書的方式呈現影像中的物件，非以還原整體場景為主，且可處理影像中沒有地面與有地面但前景物件不在範圍內的影像類型。由於目前將單張影像立體化的技術皆是針對影像中的場景，這對於一般日常生活拍攝以人物或是其他特定物件為主的影像，還原影像中物件與立體場景的比例關係可能會降低影像要表達特定物件的用意，其次也並非所有的影像類型皆有足夠的資訊(影像中必須包含地面且所有物件皆位於地面的範圍或具有消失點位置的資訊)可以還原立體場景，對此我們設計了一套半自動的立體化系統，修改了原本以還原場景為主的立體化方式並加入了不同的製作方式，使場景資訊不足或是只想表達特定物件的影像也能製作出適合的立體化效果，讓立體化的方式更加多元。

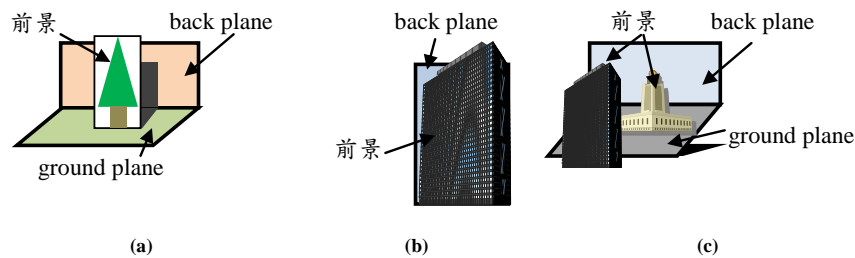


圖 1：不同的呈現方式



圖 2：對於影像中有顯示地面且前景物件位於地面範圍內的處理範例。

## 2. 研究方法

我們的系統參考[9]的方法並加入不同的製作方式，使得影像中即使沒有地面與有地面但前景物件沒有位於地面範圍內，也能製作出對應的立體化效果，此外，也將原本利用相機位置投影的方式改成不需根據相機位置直接投影至立體空間的方法，這麼做省去了設定相機位置參數的步驟，同時也由於背景直接以原始大小退至前景物件之後，產生類似立體書或卡片般翻開時，特定物件浮出 2D 影像的立體效果。

為了避免使用者在設定前景與背景時需要額外使用別的繪圖程式處理，造成操作上的不便，我們在系統中加入影像分割(segmentation)的功能並搭配其它的選取工具，讓使用者完成去背的工作，至於去背後留下的空白背景(被物件遮住的部份)，則讓系統自動利用周圍的材質進行填補。

完成各種設定後，我們保留了 2D 影像轉換至 3D 場景的過程讓使用者操作，除了讓使用者調整最適合的場景深度與角度外，也能藉此體會立體書或卡片翻開時，物件逐漸立體化於平面的感覺。

### 2.1. 不同的影像類型與呈現方式

依照目前的立體化技術，無論是 TIP、利用消失線與自動化的方法，皆是針對有顯示地面的影像處理，其中以消失線建立的方法，前景物件的設定是根據物件在影像中與地面接觸的位置與角度，決定物件在立體場景的深度

與幾何模型，當影像中的場景沒有顯示地面或前景物件未立於影像中的地面範圍時，將無法根據物件與地面接觸的位置與角度進行立體化的工作，或只能將影像中有地面，但沒有在地面範圍內的物件顯示在場景最前方，而無法呈現該物件的幾何模型與正確的相對位置。

我們對影像中沒有在地面範圍內的前景物件，新增了額外的製作方式，使得這類物件在立體空間依然可呈現對應的幾何模型與在場景的相對位置，新的製作方式使得可立體化的影像類型更加多元，我們歸納了三種立體化的呈現方式，分別為圖 1 的(a)、(b)與(c)三種類型，當影像內容中包含了地面且前景物件位於地面範圍內，這類影像我們使用與[9]類似的方式(將背景分為 ground plane 與 back plane)來表達立體場景，如圖 1 (a)。圖 1 (b)的場景為針對沒有顯示地面的影像類型而設計，透過新增的製作方式，物件直接以立體的幾何模型呈現在使用者設定的位置，場景則以 back plane 的方式表達，如果影像中的場景適合以特別的幾何模型呈現，亦可直接套用與物件相同的製作方式，用較複雜的幾何模型當作場景。圖 1 (c)為前兩項呈現方式的組合，針對影像中雖然有顯示地面，但並非所有前景物件皆包含在地面範圍內，針對此類型，包含在地面範圍內的物件以圖 1 (a)的方式來呈現，其他則使用圖 1 (b)的製作方式，讓場景中的所有物件皆能呈現對應的幾何模型與相對位置。

#### 2.1.1. 影像中有顯示地面且前景物件位於地面範圍內：

如圖 2，影像中的所有物件(火車、樹木



(a)原圖



(b)執行結果

圖 3：對於影像中沒有顯示地面的處理範例。



(a)



(b)



(c)



(d)

圖 4：(a)原圖。(b) 將 ground plane 與 back plane 間的角度調為 90 度時的立體模型，可發現前方的物件擋住了後方的場景。(c)與(d)為改變 ground plane 與 back plane 間的角度，縮小了物件間的深度比例且拉進了與後方場景的距離，使得後方場景較為明顯。圖片來源：[wirednewyork.com/landmarks/chrysler/](http://wirednewyork.com/landmarks/chrysler/)

與山坡等)皆在影像中顯示的地面範圍內，我們可以利用物件與地面接觸的位置對應至立體空間的某個深度，類似[9]的作法，針對這類影像，在使用者分出影像中地面與非地面的部份後，我們將屬於地面的部份對應至立體空間的 ground plane，非地面的部份對應至 back plane，物件則根據與地面接觸的位置立於 ground plane 上。

有了物件與地面接觸的位置，除了可以在立體空間產生對應深度外，也可依照影像中物件與地面接觸的幾何線段，在立體空間產生不同的幾何模型，以此類型產生的立體化方式有如立體卡片般，利用改變 ground plane 與 back plane 的角度(由原本水平的角度逐漸改為互相垂直)讓卡片中的物件產生立體的深度，與還原整體場景比例的方法相比，這種表達方式更加突顯影像中的物件。

#### 2.1.2. 影像中沒有地面：

如圖 3，這類影像中只有呈現物件，且無法得知物件與地面接觸的位置，通常以仰角拍攝時，特別會出現這類情況，對此我們無法直接根據物件與地面接觸的位置在立體空間產生對應的深度，必須額外使用新的製作方式，新的製作方式讓使用者可以直接透過畫出的幾何線段設定物件在立體空間的幾何模型，並在製作過程中設定各個物件在立體空間的相對位置，以這種方式製作較能直接呈現出真實

的幾何模型，且除了物件本身外，如果背景本身也具有幾何形狀亦可套用這種製作方式。

以此方式製作出的立體場景，可產生類似立體書的呈現效果，製作過程中，我們將背景單純設為 back plane，讓物件逐漸由平面的背景摺出立體的效果，最終以設定的幾何模型呈現於立體空間。

#### 2.1.3. 影像中只有部份前景物件在顯示的地面範圍內：

這類型的影像在日常生活較為常見，操作時，使用者可將沒有在地面範圍內的物件以 2.1.2 中新的製作方式製作，呈現立體模型時，以 2.1.2 中的製作方式製作的物件在 ground plane 與 back plane 角度改變的過程中，會逐漸移往使用者設定的位置並產生設定的幾何模型，其他物件則根據與地面接觸的位置在 ground plane 上產生對應的深度與幾何模型。

以 2.1.2 中的製作方式製作的物件通常位於整個場景的最前方，容易發生擋住後方場景的問題，但藉由調整 ground plane 與 back plane 的角度(讓 ground plane 與 back plane 的角度接近平面)，我們可縮小立體場景的深度比例，藉此縮短物件彼此間的距離，使擋住的後方場景出現在較前方的位置，減少被前方物件擋住的區域，如圖 4。

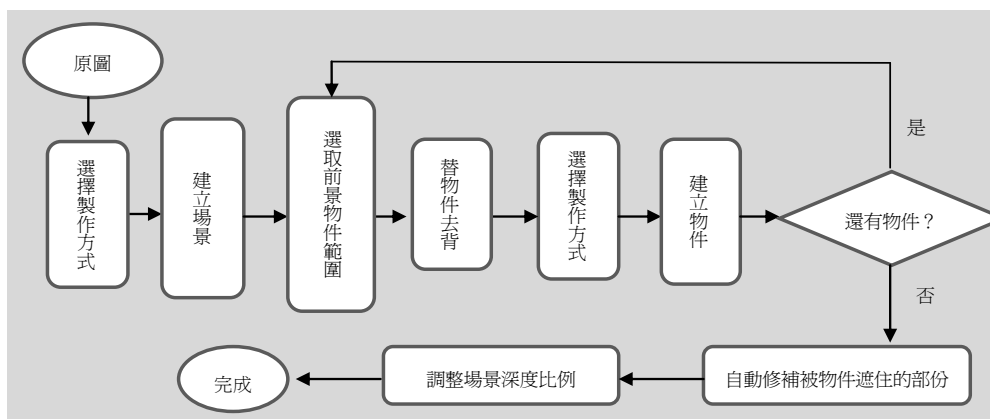


圖 5：系統流程

## 2.2. 製作方式

以下我們依照圖 5 系統操作流程介紹立體化的製作方式。

### 2.2.1. 選擇製作方式與建立場景：

載入影像後，使用者必須根據影像內容選擇不同的製作方式製作場景，場景的製作方式分別針對影像中有顯示地面與在沒有顯示地面的情況下，是否需建立幾何模型分為兩種，當影像中存在地面時，使用者可直接設定地面的消失線，讓場景分為 ground plane 與 back plane，當沒有存在地面時，亦可直接將消失線設在影像最底部，讓整張影像成為 back plane，ground plane 則忽略不看，消失線設定如同[9]的設定方式，即使影像中的消失線資訊不足，亦可設定大略的消失線位置當作建立場景的依據，使用者可將這裡的消失線當作是場景中 ground plane 與 back plane 的分界線，分界線以上的部份為 back plane，以下的部份為 ground plane，所以除了可以直接將分界線設於影像底部，使整張影像內容成為 back plane 外，亦可將分界線設於影像頂部，讓整張影像成為 ground plane。

如圖 6，(a)、(b)、(c)與(d)分別表示利用分界線產生的場景，(a)為將影像劃分出 ground plane 與 back plane，(b)與(c)分別將整張影像設為 back plane 與 ground plane，除了上述之外，也可以較複雜的形式表示 ground plane 與 back plane 的分界，並產生如(d)的場景。

場景產生的過程中，分界線以下的部份會成為立體空間的 ground plane，以上的部份則以幾何平面的方式立於 ground plane 上，如[6]中以 polyline 建立場景的方式，分界線上的每一個線段皆對應至立體空間的一個幾何平面，線段的斜率與長度決定了幾何平面在立

體空間的呈現的角度與寬度，線段越斜，幾何平面的角度越斜，線段越寬，幾何平面的範圍越大。

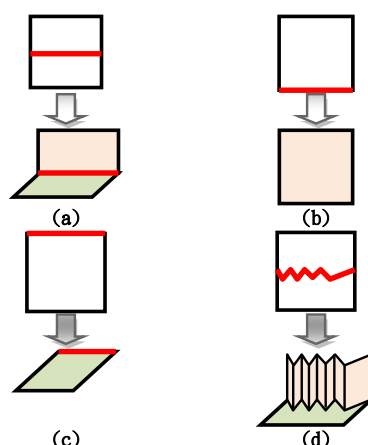


圖 6：利用 ground plane 與 back plane

當影像中沒有顯示地面，但又必須以幾何模型的方式表達場景時，我們可選擇使用另一種製作方式，採用此製作方式時，整張影像皆被系統設定為 back plane，使用者可直接設定場景的幾何模型而不需考慮 ground plane 與 back plane 的分界，在影像上畫出的線段代表 back plane 在立體空間呈現的幾何平面形式，而非 ground plane 與 back plane 的分界，與圖 6 的製作方式相同，每一個線段代表在立體空間的一個幾何平面，線段的斜率與長度決定了幾何平面呈現的角度與寬度，透過此方式，立體場景的呈現將不再根據 ground plane 與 back plane 的分界，而改為直接利用使用者畫出的線段設定立體場景的幾何模型。

圖 7 為針對沒有地面影像的製作方式，整張影像被當成 back plane 且直接根據使用者畫出的線段在立體空間呈現對應的幾何模型，使用者不需考慮 ground plane 與 back plane



分界的形狀與位置，可在影像中任何地方畫出代表幾何模型的線段，系統會根據畫出的線段產生對應的立體場景。

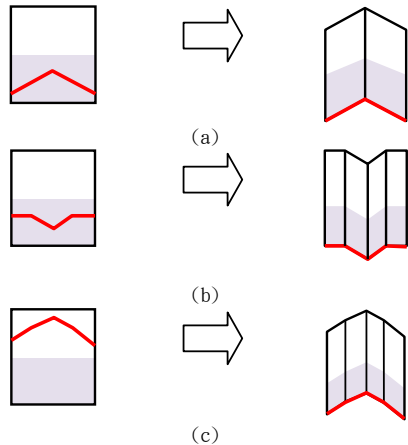


圖 7：根據畫出的線段產生不同的立體場景。

#### 2.2.2. 選取前景物件範圍與替物件去背：

完成場景製作後，使用者可在影像範圍內框出前景物件，系統會將框住的範圍儲存為目前處理物件的材質貼圖，與[9]的作法相同，我們分開處理每個前景物件的材質貼圖藉此讓後續修補工作可針對重疊在一起的物件進行各別修補，並以 RGBA 的形成表示材質貼圖，將去背部份的 alpha 值設為 0，物件的部份為 255。

選取物件範圍時，如果要將重疊在一起的物件分開，使用者必須在選取的範圍內預留重疊在一起的部份，並在去背時保留重疊的區域，當所有物件設定完成後，系統會與其他物件比對，找出重疊的區域並進行影像修補，如圖 8。



圖 8：(a) (b)。(c)。(d)圖片來源：[www.freefoto.com](http://www.freefoto.com)

在去背的步驟中，為了方便使用者進行去背的工作，系統會先將選取的區域進行影像分割(segmentation)，讓顏色相近的像素合併為同一區塊(segment)，使用者可直接選取分割後的區塊當作去背的區域。

單純使用影像分割的區塊來區隔物件與背景在某些情況下並不適用，例如當前景物件與背景顏色非常相近，容易使得影像分割出現錯誤的分割結果，為了修正影像分割造成的錯誤，我們在看去背的功能中加入了畫筆、擦子與多邊形選取的工具，使用者可直接利用畫筆與擦子的功能新增或刪除目前的去背的區域，對於物件邊界較複雜的部份，亦可使用多邊形選取工具直接將選取的範圍設為去背區域或非去背區域。

關於影像分割，我們使用[12]的 Efficient Graph-Based Image Segmentation。

#### 2.2.3. 建立物件：

與建立場景的方法類似，在建立前必須根據影像中有無顯示地面與物件是否位於地面範圍內，選擇不同的製作方式，對於在地面範圍內的物件，使用者可選擇影像中有地面，且物件位於地面範圍的製作方式，直接畫出物件與地面交界的線段，系統會根據畫出的線段決定物件在立體空間的位置與幾何模型，對於在範圍外的物件，另一種製作方式讓使用者可在影像上畫出代表著該物件幾何模型的線段。雖然設定了幾何模型，但還無法得知物件在立體空間的位置，所以在設定完幾何模型後，必須在立體空間中調整幾何模型出現的位置，才算完成了該物件的製作。

#### 2.2.4. 修補被物件遮住的部份：

修補的工作我們採用並修改了[2]的演算法，與原本的方式相比，我們同樣使用了材質相近的區塊將被前景物件遮住的部份填補起來，但比對相近區塊的範圍縮小至修補區塊的上下 4 列像素(原方式為比對整張影像)與在特殊情況下，改變了用來決定修補順序的計算方式，詳細作法可先參考 2.4 節。

縮小比對範圍雖然可能降低修補的正確性，卻可大幅提升修補的速度，另外，即使採用原本的比對範圍，也可能因分離前景與背景不完全導致錯誤的修補結果，或是修補的比例過大而無法利用剩下的背景資訊修補出合理的結果，將比對範圍縮小除了加速修補速度外，也限制了前景物件選取不完全的影響範圍，使得錯誤的修補結果不至於一直延續至其它將要修補的區域。

決定修補順序的數值是由區塊內已存在的像素數量與代表這些像素線性結構的數值

(線性結構的數值：修補區域邊界上的像素與邊界相切產生的法向量，和區塊內最大的顏色梯度數值相乘後正規化而得)相乘而得，較大的數值將優先被修補，但對於修補區域周圍只有單一顏色的影像，有可能因顏色梯度為零，而使線性結構為零，導致找不到適合的修補順序，修補的工作將被迫中斷。

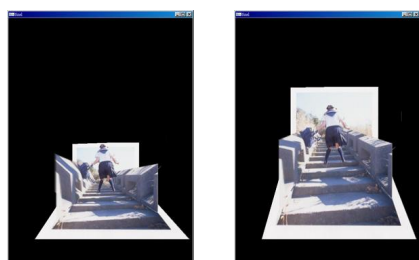
針對這類特殊情況，我們將原本相乘的計算式改為相加，並把表示線性結構的數值乘上一用以決定區塊內線性結構重要性的權重，讓區塊內即使像素線性結構為零亦可依照區塊內可用來修補的像素數量當作優先修補的判斷依據，解決了因修補區域周圍顏色單純，而可能無法決定修補順序的問題，與原方法相比，改變修補順序的計算式對於原本的修補結果並沒有太大的影響，仍然可維持一定的正確性。修改後的執行結果可參考 2.4 節。

進行物件重疊區域的修補時，我們同樣採用限制比對範圍的方式，且只以物件本身的像素進行修補，忽略去背的像素，以延續物件本身的顏色與結構。

#### 2.2.5. 調整場景深度比例：

此階段保留了 2D 轉至 3D 的過程，使用者可在過程中將場景由平面逐漸拉出立體的深度比例，藉此找出最佳的深度比例呈現場景，透過此階段的調整，可以解決下列三種情況所發生問題：

1. 前景物件範圍過大，擋住了後方場景或其它物件。
2. 場景的整體地形具有一定的斜度，較不適合以水平的 ground plane 表示。
3. 產生的場景深度比例不足，無法具有一定的立體效果。



(a) 以水平的 ground plane 呈現場景。  
(b) 調整 ground plane 的角度，反應有斜度的地形。

圖 9：ground plane 角度之調整。

如圖 9 所示，面對第一種與第二種情況，皆可調整 ground plane 角度，使得 ground plane 以非水平的形式呈現並讓在前景物件後

方，被遮住的其他物件或場景能在改變角度後拉近與前景物件的距離，減少被擋住的部份。

面對第三種情況，如圖 10(a)，可讓場景中的 ground plane 如圖 10(b)以水平角度呈現最大深度比例後，繼續向後延伸原有的深度比例，對於沒有 ground plane 的場景則是直接加強幾何模型原有的深度比例，使得立體效果更加明顯。



(a) 原始設定的最大深度比例。  
(b) 持續加大深度比例增加立體效果。

圖 10：深度比例的變化對立體效果的影響。

#### 2.3. 立體化方式

立體化的方式我們採用如[9]的作法，關於場景的建立，我們將影像中消失線以下的部份投影至立體空間的 ground plane 上，以上的部份則成為 back plane，並位於 ground plane 的末端，代表著位於無限遠的場景，與[9]作法不同的是我們並未利用相機位置與影像的關係將影像投影至立體場景，而是直接將影像中消失線以下的部份以相同的大小投影至立體空間的 ground plane 上，這麼做使得原本以還原場景為主的立體化方式變得只還原場景的相對深度，場景的大小則維持不變，使得場景前方的物件相較於原本還原場景大小比例的立體化方式更加明顯。

場景中的物件在立體化的過程會根據與影像中地面的交界，以不同形式的幾何模型呈現在立體場景中，因交界線上的每一個線段在立體空間中皆代表著一個幾何平面，不同的線段長度與線段彼此的角度都會在立體空間中組成不同形式的幾何模型。

對於沒有地面的場景，如果場景具有特定的幾何形狀，可利用新的製作方式，讓使用者在影像上畫出代表幾何模型的線段，不同的線段長度與彼此的角度會產生不同的幾何模型。對於在影像中地面範圍之外或存在於沒有地面影像中的物件，我們將原本物件的設定拆成兩階段進行，第一階段由使用者畫出代表幾何模型的線段，第二階段設定該幾何模型位於立體空間的位置，藉此方式解決無法直接從影像上物件與地面的交界得知物件在立體空間中位置與幾何模型的問題。

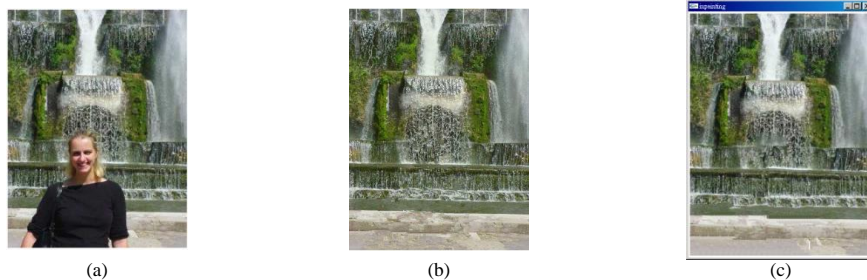


圖 11：使用縮小範圍與原本的演算法執行結果相比。(a)原圖。(b) 使用原本的比對範圍。(c)縮小比對範圍。圖片來源：[2]。

## 2.4. 修補方式

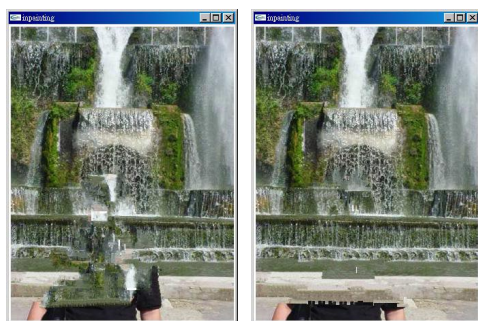
背景與重疊物件的修補我們使用[2]的演算法，且縮小了比對可用來修補像素的範圍，並針對周圍顏色較單一的修補區域使用不同的修補順序計算方式。以下我們分別比較原本的演算法與修改後的演算法比較執行結果。

### 2.4.1. 縮小比對範圍

圖 11(b)與圖 11(c)分別為使用原本比對範圍與縮小比對範圍的執行結果。可以發現縮小範圍後的執行結果與原本的結果相差不多，但卻大幅提升了執行時的速度(執行圖 11(c)約為 10 秒，執行圖 11(b)約為 10 分鐘)。

觀察圖 11 的影像結構，我們發現相類似的材質結構大都分布在同一列上下一定的水平的範圍內，因此縮小比對範圍至要填補區塊的上下 4 列像素並不會對最後結果有太大的影響。

對於材質結構不規則的影像，縮小比對範圍比原本的作法更容易出現錯誤填補的情況，但就我們觀察，這類型的影像本來在修補上就有一定的難度，即使不縮小比對範圍仍然有很大的機會出現錯誤的修補結果。



(a)使用原本的比對範圍。

(b)縮小比對範圍

圖 12：殘留的前景物件對背景修補的影響。

雖然縮小比對範圍可能提高修補錯誤的機率，但為了避免前景物件選取不完全時所造成的干擾，將比對範圍縮小在我們的系統上仍具有一定的必要性，如圖 12(a)，影像中殘留的前景物件對於使用原本比對範圍的修補結果有較大的影響，縮小範圍後，殘留的前景物件影響範圍也跟著縮小，如圖 12(b)。

### 2.4.2. 修改優先權計算方式

在進行修補時，對於修補區域周圍只有單一顏色的影像，有可能因顏色梯度為零，而使線性結構為零，導致找不到適合的修補順序，修補的工作將被迫中斷。

為了避免上述情況的發生，在修補顏色較為單一的影像時，我們修改了[2]的計算式  $P(p) = C(p)D(p)$ ，將之改為  $P(p) = C(p) + \alpha D(p)$ ，使得即使區塊內即使像素的顏色變化梯度為零，亦可依據區塊內像素的數量產生代表修補順序的數值，計算式中的  $\alpha$  為用來決定線性結構重要性的參數，我們預設為 3。

使用修改後計算式進行修補並不會對原本的结果有太大的影響，但卻可避免因無法決定修補順序而使修補工作中斷的問題。

## 2.5. 製作實例 1：影像中有地面

如圖 13 分別為不同的製作步驟，(a)為設定場景，中間的藍色線為使用者畫出的消失線，將影像分為 ground plane 與 back plane 兩部份；(b)框出了山坡為物件，並將山坡以外的地方進行去背，之後畫出圖中的藍色線，代表物件與 ground 接觸的位置；(c)將火車設為物件，並進行去背與設定和 ground 的交界線；(d)設定樹為物件；(e)為投影至立體空間的結果。



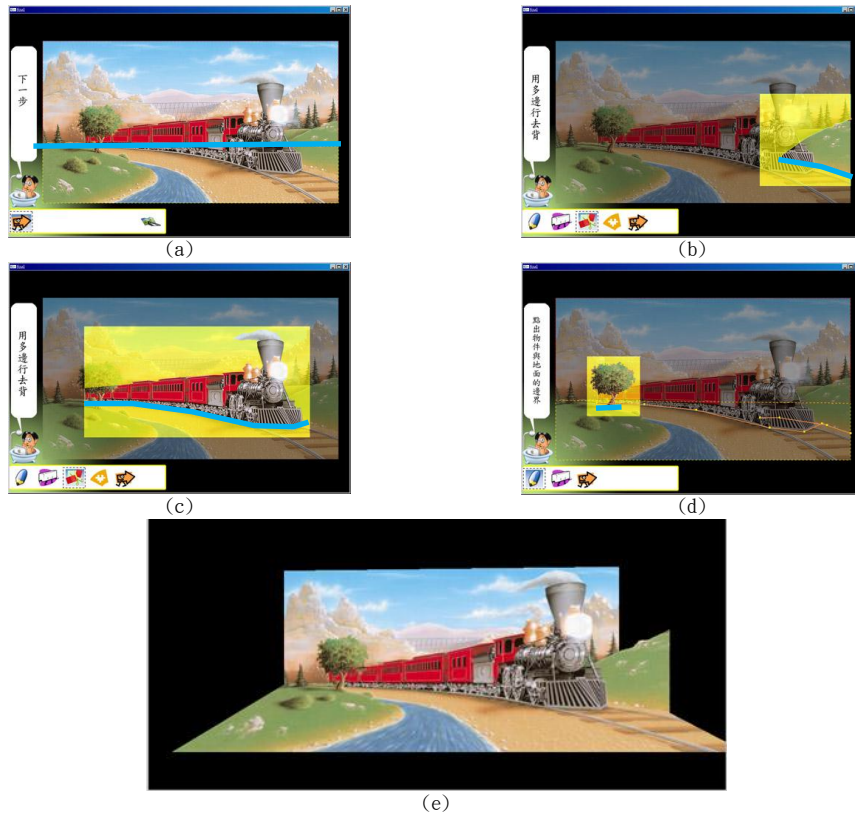


圖 13：製作實例 1

## 2.6. 製作實例 2：影像中沒有地面

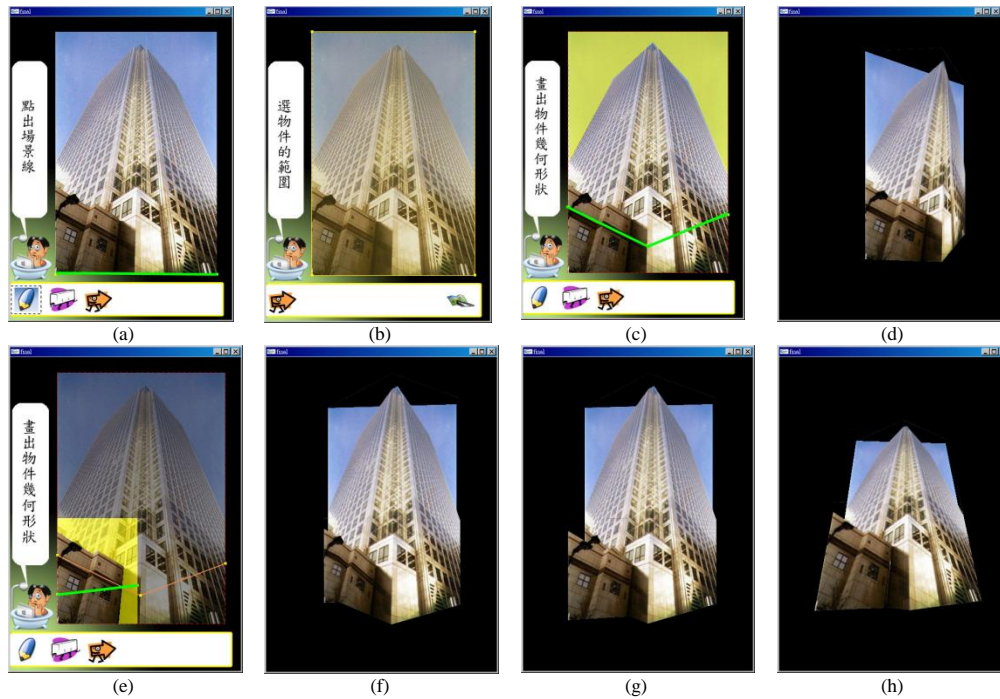


圖 14：製作實例 2。圖片來源：[www.intelliall.com/building1.jpg](http://www.intelliall.com/building1.jpg)



如圖 14(a)，由於這張影像沒有顯示地面，我們將整張影像直接設為 back plane，在影像最底部畫上 ground plane 與 back plane 的分界線，使得分界線以上的部份皆為 back plane。在選取物件並去背完成後，我們直接在影像上畫出代表物件在立體空間的幾何深度(圖 14(c))，之後可在立體空間中設定幾何模型在場景中的位置(圖 14(d))，由於圖 14(d)中物件的預設位置剛好符合需求，所以不加以改變。

設定完第一個物件後，使用者仍可依需求繼續設定其他物件，如圖 14(e)，我們選取了大樓的另一部份當作第 2 個物件，去背完成後畫出代表物件在立體空間幾何模型的線段，之後在立體場景中調整第 2 個物件在場景中的位置(圖 14(f)為預設的場景位置，圖 14(g)為移動後的場景位置)。完成後的執行結果如圖 14(h)。

### 3. 結論與未來展望

使用本篇論文介紹的製作方式，擴展了可立體化的影像類型，也產生了不同於以往的立體效果，以類似立體卡片或立體書般的效果取代了還原場景為主的立體化方式，並突顯了場景中的物件。我們在系統中也加入了影像分割與自動修補的技術，讓使用者在操作時不必額外使用其它繪圖軟體製作前景物件與背景，增加了製作的便利性。

雖然擴展了可立體化的影像類型，但並非大部份的影像皆可產生適合的立體化效果，例如我們無法反應場景中地面不規則的高低起伏關係，也無法呈現較為貼近地面的物件，只能以幾何平面的讓物件垂直立於 ground plane 上，當然，透過再複雜一點的設定方式可以解決這些問題，但這也同時也容易失去製作的方便性，如何呈現更多元的立體場景並保持一定的製作方便性是未來還必須繼續探討的議題。

在去背的操作方面，雖然影像分割的效果增加了選取去背區域的便利性，但遇到顏色相近的影像常會發生分割結果無法對齊物件邊緣，或對於較為複雜的影像會分割出過多的分割區塊，反而造成選取的不便，仍然必須使用其他工具，如多邊形選取工具、畫出去背區域的畫筆與刪除去背區域的擦子，取代使用影像分割的結果，我們希望在之後加入互動式的影像分割技術，如[4]的 Grab Cut 技術，讓使用者在選取物件範圍的同時，系統即可根據選取的範圍自動判斷框住區域內的物件，判斷錯誤的部份再由使用者修正，增加選取物件的準確性與方便性。

關於前景物件的製作，以幾何平面的方

式對於一般物件的表達仍顯不足，我們希望未來能結合[15]的 Sketch-based modeling，讓物件本身能有更多元的深度表達方法，例如產生具有弧度的幾何平面表達場景中的人物，而不再只是立於 ground plane 上的一塊平面。

### 參考文獻

- [1] A.Criminisi, I. Reid, and A. Zisserman. Single view metrology. IJCV, 2000.
- [2] A. Criminisi, P.Perez, and K.Toyama, Region filling and object removal by exemplar-based image inpainting. IEEE Transactions on Image Processing, 2004.
- [3] B. M. Oh, M. Chen, J. Dorsey, and F. Durand. Image-based modeling and photo editing. In ACM SIGGRAPH 2001.
- [4] C.Rother, V.Kolmogorov and A. Blake. "GrabCut"-Interactive foreground extraction using iterated graph cuts. In ACM SIGGRAPH 2004.
- [5] C.Rother. A new Approach to vanishing point detection in architectural environments. In BMVC2000.
- [6] D. Hoiem, A. A. Efros, and M. Hebert. Automatic photo pop-up. In ACM SIGGRAPH 2005.
- [7] D. Hoiem, A. A. Efros, and M. Hebert. Geometric context from a single image. In ICCV, 2005.
- [8] D. Hoiem, A. A. Efros, and M. Hebert. Recovering surface layout from an image. IJCV, 2007.
- [9] H. Kang, S.Pyo, K. Anjyo, and S.Shin. Tour into the picture using a vanishing line and its extension to panoramic images. In Eurographics, 2001.
- [10] L. Zhang, G. Dugas-Phocion, J. Samson, and S. Seitz. Single view modeling of free-form scenes. In CVPR, 2001.
- [11] M.Prasad, A.Zisserman and A.Fitzgibbon. Single View Reconstruction of Curved Surfaces. In CVPR, 2006.
- [12] P. Felzenszwalb and D. Huttenlocher. Efficient graph based image segmentation. IJCV, 2004.
- [13] R. I. Hartley and A. Zisserman. Multiple View Geometry in Computer Vision. Cambridge University Press, 2nd edition, 2004.
- [14] S.Chu. Animating chinese landscape paintings and panoramas. In Computer Graphics International 2001.
- [15] T. Igarashi, J.F. Hughes, Smooth meshes for sketch-based freeform modeling, ACM Symposium on Interactive 3D Graphics, 2003.
- [16] J. Kosecka and W. Zhang. Video compass. In ECCV, 2002.
- [17] Y. Li, J. Sun, C.-K. Tang, and H.-Y. Shum. Lazy snapping. ACM Trans. on Graphics, 2004.
- [18] Y. Horry, K. Anjyo, and K. Arai. Tour into the picture: using a spidery mesh interface to make animation from a single image,ACMSIGGRAPH 1997.