

## VFX project1 : High Dynamic Range Imaging

醫學三許育綸 B06401078

### Part1 : Taking photographs

本次報告的照片，皆用 Fuji XT-3 完成。<sup>1</sup>並且利用腳架與遙控攝影。

### Part2 : Image Alignment(MTB)

#### 1. 說明：

拍攝照片時，若因為沒有腳架定位、機器快門晃動等原因，將會造成影像偏移。故在進行 HDR 前，需先將拍攝的照片進行 alignment，以免對應到錯誤的 pixel。本報告中實作的方法為 MTB。

#### 2. 步驟：

- a. 讀取檔案時，將圖片轉為灰階。
- b. 第一張照片當作標準，並將要比對的照片放到遞迴式裡面
- c. 在 level  $n$  層時，代表將圖片縮放成  $1/2^n$  倍。並在已縮放的兩圖，分別將  $0 \sim \text{mean}-20$  設為 0， $\text{mean}+20 \sim 255$  設為 255，以去掉中間模稜兩可的分類。並將待比對的圖進行原本位置(零位移)與八個方向的移動，與原圖進行比較。差異最小的方向回傳到上個 level。
- d. 步驟 c 從 level10 開始往回做。Level  $n$  承接 level  $n+1$  的位移。先乘以 2，再將圖片進行位移後，才會進行此層的比對。最後在 level 0 代表原圖大小的比對。
- e. 輸出比對照片 align 後的照片



圖：MTB 示意圖。

<sup>1</sup> Fuji 相機可以拍攝 raw 檔案。但是儲存格是為 .raf，為 fuji 開發的 raw 檔案。需透過特殊的軟體才能開啟。

### 3. 討論：

MTB 演算法為相對容易實作的 image alignment。但是因為其確認的方式僅移動水平與垂直分量，故若照片有旋轉、縮放等，會無法得到好的 align 結果。此外，因為每次回上層時將移動方向乘以 2 回傳，故所得的結果會與 2 的 n 次方的加減有關。若移動的距離在這些數字的間隔中，可能導致沒有好的 alignment。

## Part3：HDR Assembling

本報告利用 Debevec<sup>2</sup>發表的演算法實作。

### 1. 說明：

此演算法希望能夠從多張圖片記錄到的能量( $Z_{i,j}$ )，回推到實際的曝光值( $E_i$ ，為功率的概念)。我們可以將相機做的一系列事情，想成

$$Z_{i,j} = f(E_i * \Delta t)$$

故我們建立一個 inverse 的函數，稱為  $g$ ，希望能從相片上的數值回推到實際的能量

$$\ln E_i + \ln \Delta t = g(Z_{i,j})$$

### 2. 步驟：

- a. 我們利用多張照片的數值，找到代表點(涵蓋亮與暗，並取在平坦區域)的  $Z_{i,j}$  與  $\ln E_i$ 、 $\ln \Delta t$ 。代表點的數量與亮度最大值最小值的差異( $Z_{\max} - Z_{\min}$ )有關。一般希望數量  $n$  與相片數  $p$  滿足

$$n(p-1) > (Z_{\max} - Z_{\min})$$

本實作為了方便，曾利用兩種方式取得代表點。第一種為 random，此方法須先將下一步的 response curve 印出，看「長得如何」，如果覺得不錯就可以繼續做。如果 curve 不太平緩，則可以重新跑一次。第二種方式為平均取點，下列的 result 都以此方法為主。此方法在圖片中平均取 400 個點(try and error 的數值)做 response curve。

---

<sup>2</sup> 論文連結：<http://www.pauldebevec.com/Research/HDR/debevec-siggraph97.pdf>

- b. 利用上述資料，完成兩個大矩陣。(詳情可參考論文連結)並且利用 python 的函式，求得  $Ax=b$  的  $x$ 。其中， $x[0]\sim x[255]$ 即代表  $g(0)$ 到  $g(255)$ 的數值。結果範例如下圖：

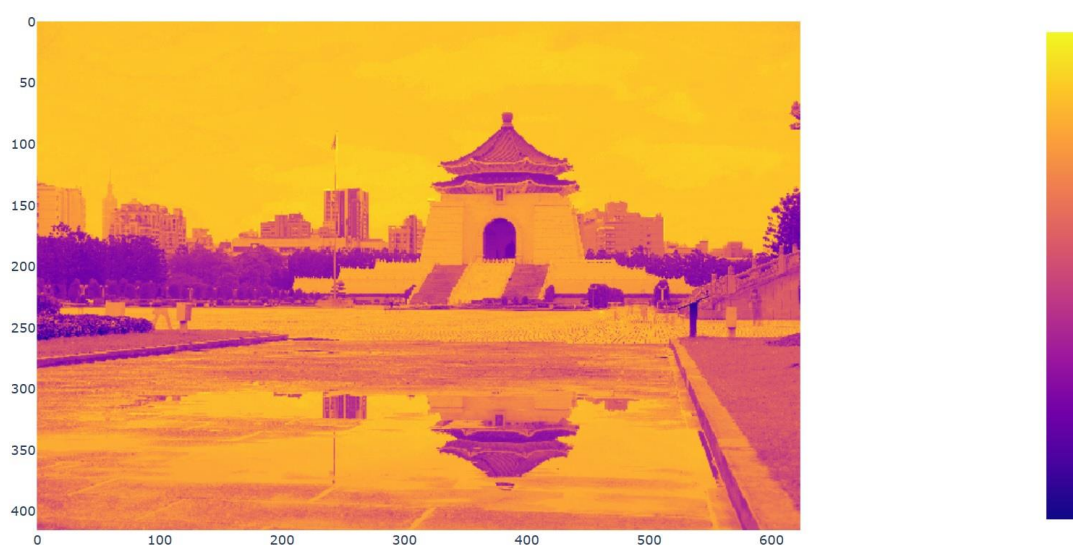


注：RGB 三原色會分開求得 response curve

- c. 利用 response curve，將多張照片 0 到 255 的  $Z_{ij}$  值，回推到  $\ln E_i$ 。關係式如下：

$$\ln E_i = \frac{\sum_{j=1}^P w(Z_{ij})(g(Z_{ij}) - \ln \Delta t_j)}{\sum_{j=1}^P w(Z_{ij})}$$

- d. 可以利用  $\ln E_i$  或  $E_i$  做出 radiance map 得知實際場景能量分布，如下圖：



圖：場景的實際能量分布，右圖示代表  $\ln E_i$  與顏色對應圖。

- e. 利用三原色的  $\ln E_i$ ，合併輸出.hdr 檔案。

## Part4 : Tone mapping(global mappin)

### 1. 說明：

本次報告利用 Reinhard 發表的 photographic tone reproduction<sup>3</sup>實作 tone mapping。其實作方式源自早期利用「zone system」選取拍照的曝光值：將場景中覺得 middle grey 的區域對應到 print zone 的 V 區域。因此，本方法的基礎，即是找尋 HDR image 中平均亮度的地方，利用其作為標準，計算其他 pixel 的亮度，並且利用壓縮高亮度的地方，使 HDR image 可以對應到 0~255 的數值。

### 2. 步驟：

- 在  $\ln E_i$  中，找到平均值  $\overline{L_w}$ ，此值即類似上述 zone system 的 middle grey 區域。
- 計算每個 pixel 相對 grey pixel 的比值。

$$L(x, y) = \frac{\alpha}{L_w} L_w(x, y)$$

其中  $\alpha$  代表自訂參數。本實作設為 1.0。

- 計算每個 pixel 在 tone mapping 後應該對應的亮度大小：

$$L_d(x, y) = \frac{L(x, y) \left(1 + \frac{L(x, y)}{L_{white}^2}\right)}{1 + L(x, y)}$$

$L_{white}$  代表會 map 到 1(數值為 1，scale 後到圖片 255)的地方。本實作將最大亮度(白色)的值設為  $L_{white}$

- 將 scale 後的三原色圖片合併，輸出 tonemapping 後的 jpg 檔。

---

<sup>3</sup> 論文連結：[http://www.cmap.polytechnique.fr/~peyre/cours/x2005signal/hdr\\_photographic.pdf](http://www.cmap.polytechnique.fr/~peyre/cours/x2005signal/hdr_photographic.pdf)

## Part5 : Automatic ghost removal

本次拍攝的場景為戶外區域，有遊客行走，故造成 hdr 後的影像有鬼影。如下圖：



為了得到較好的圖像。本次實作找尋照片中，哪些 pixel 在各個照片的標準差過大(本實作將標準差設為 0.7)。將標準差過大的區域，只由一張照片進行 InEi 的回推。並得到以下結果：



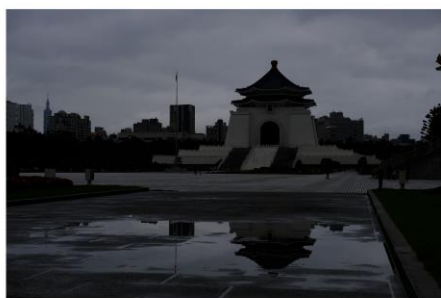
可以看到鬼影有效去除。

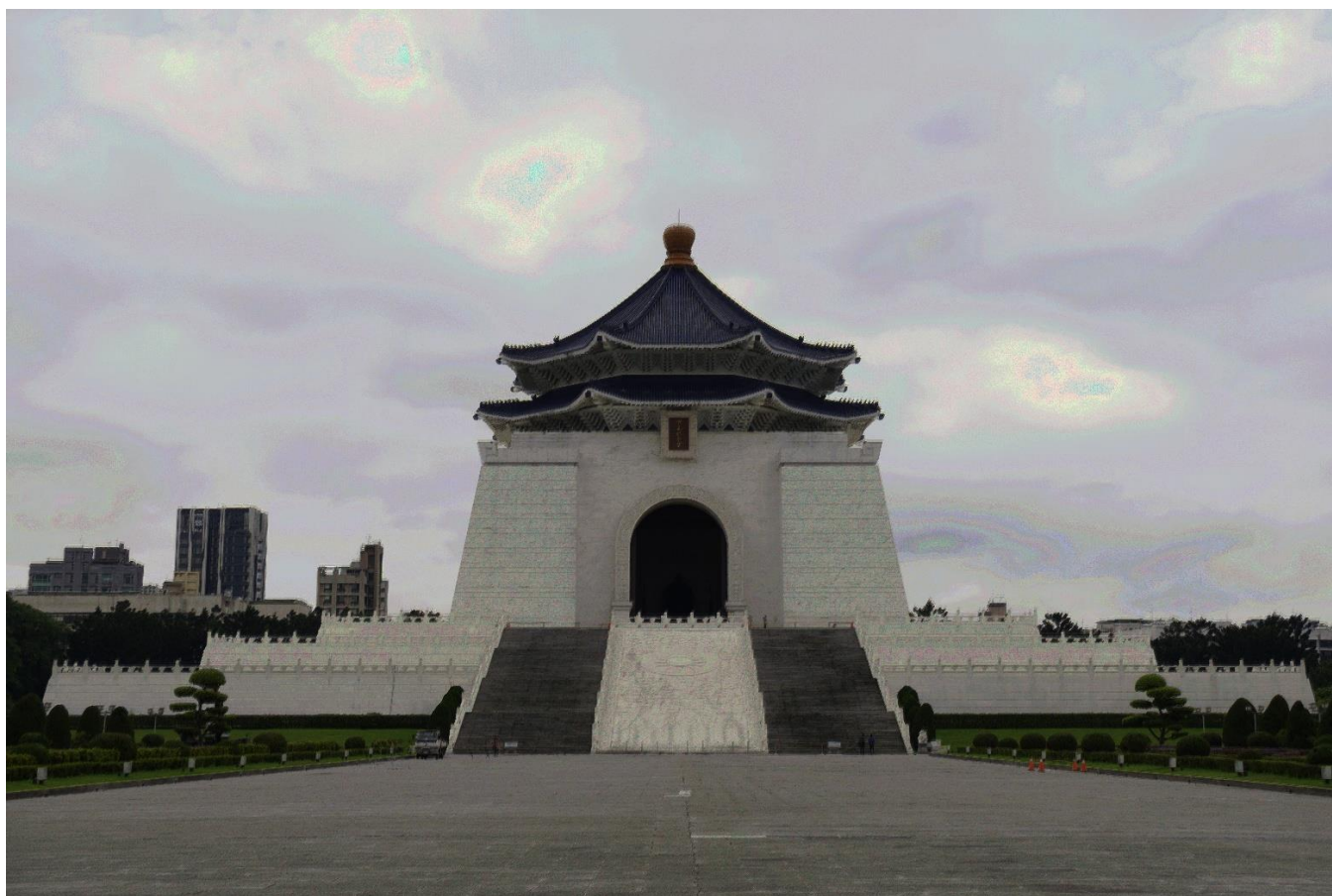


## Part6 : Result

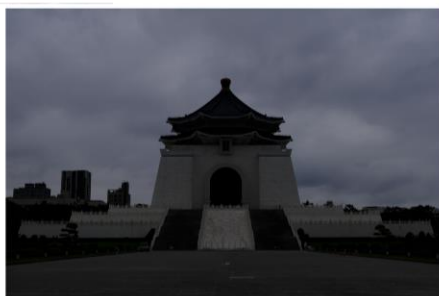


原圖：





原圖：





## Part6：Special case

在本次報告中，第一次拍攝的照片為樟樹。但因為

1. 風大
2. 邊界太多
3. RGB 三原色中，B 的顏色特別少

導致 mapping 後的結果不太好。後來突發奇想，如果利用 ghost removal 的概念去處理呢？於是，同樣利用多張圖片取得 response curve，但在 HDR image 建立時，不使用多張找片取加權平均，而是直接用一張照片下去回推曝光值。並且利用嘗試多次的 tone mapping 方式(其中也因為 B 的 response curve 做的比較不好，所以用此圖中比較多的 G 模擬其 response curve)，得到比較好的 HDR 影像。但在邊界或暗角，仍可看到雜色塊。

