

VFX Project 1 Report

B01902033 林傳恩 R04945027 蕭毅

作業內容

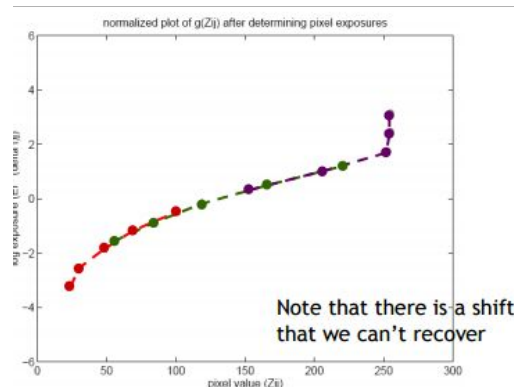
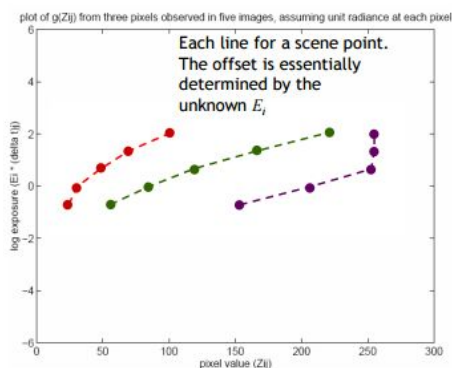
這次的作業，我們要實作HDR照片，從拍攝照片到成品，會經過以下流程：

- **拍攝照片**
拍攝一系列曝光度不同的照片，每張照片場景需要一致。
- **Alignment**
將每張照片一一對齊。
- **製作HDR**
程式實作的主要部分，將對齊完的照片每個像素，回推當時場景的真實亮度，做出反映真實亮度的hdr檔。
- **Tonemapping**
有了hdr後，用tonemapping的方法，讓影像能輸出成可正常顯示的圖檔。

以上這些部分，製作HDR是必須自己實作，Alignment以及Tonemapping則可以使用現成工具完成，或是自己實作以作為bonus。

實作方式

- **Alignment**
我們使用組員有參與過的開源project-HDR_Toolbox [2] 中的WardAlignment 函數來進行。這基本上是按照老師上課介紹Ward [3] 的方法的實作，但額外加入一些alignment時reference影像的選擇方法以及考慮一些旋轉的情況。
- **製作HDR**
我們採用Paul E. Debevec [1] 的方法，求解目標是每個像素中，不同曝光時間、感光強度與對應的真實亮度的關係，也就是求"response curve"，如下圖。



求解的方法，即是抽取足夠多的pixel作為樣本，利用這些樣本找到誤差最小的表達此關係的函數 $g()$ ，同時為了確保"response curve"是一個平滑曲線，再考慮 g 函數二次微分的值，最後所要求解的式子如下：

$$\mathcal{O} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^P [g(Z_{ij}) - \ln E_i - \ln \Delta t_j]^2 + \lambda \sum_{z=Z_{min}+1}^{Z_{max}-1} g''(z)^2$$

$$g''(z) = g(z-1) - 2g(z) + g(z+1)$$

其中 λ 屬於影響在減小誤差與曲線平滑間取捨的參數，可視產生效果來調整。此類問題屬於線性規劃問題，可用SVD的方法求得最佳解。

- **Tonemapping**

這部分我們測試過Photomatix [4]，tom [5], matlab的內建函數tonemap() [6], 並有自己實作tonemapping函數(見Bonus部分)。

實作細節與結果

- **找到曝光時間**

我們使用jpg檔作為input的LDR檔案格式，而jpg檔裡有"ExposureTime"欄位，裡面紀錄了該相片拍攝時的曝光時間，我們可藉由此欄位得知曝光時間。

- **抽樣方法**

我們採用格狀(grid-like)抽樣的方法，可保證平均分散的在圖片上抽取像素作為求解目標函數的依據。

- **weighting function**

因為越接近平均感光值，該值對於推算真實亮度的參考性越高，我們使用以下weighting function賦予比重給不同的感光值：

$$w(z) = \begin{cases} z - Z_{min} & \text{for } z \leq \frac{1}{2}(Z_{min} + Z_{max}) \\ Z_{max} - z & \text{for } z > \frac{1}{2}(Z_{min} + Z_{max}) \end{cases}$$

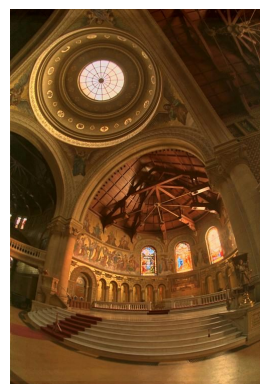
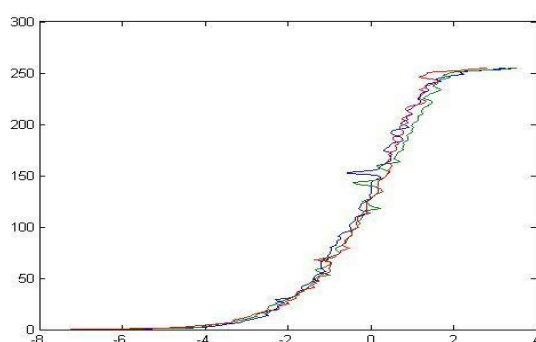
- **SVD工具**

我們使用matlab實作HDR演算法，而matlab中有方便的語法可以計算SVD。

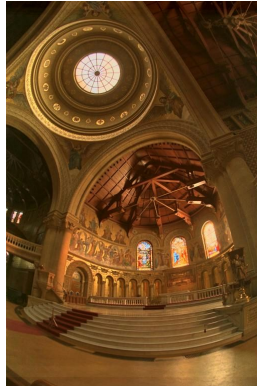
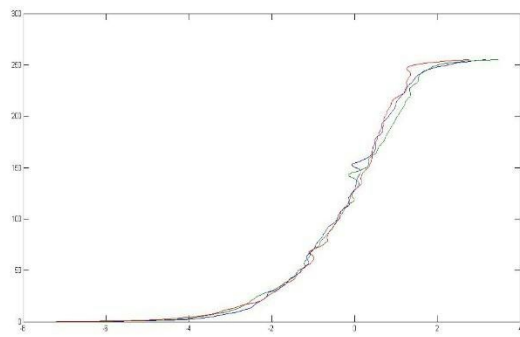
- **response curve 與 lambda**

為了調出最好的效果，我們嘗試了不同 λ 值並參考與其對應的response curve(此時使用tmo [5] 做tonemapping)，如下圖。

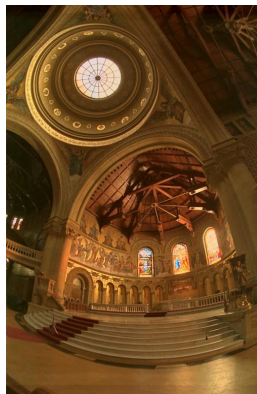
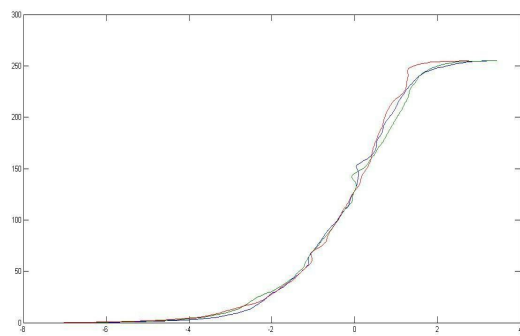
$\lambda = 1$



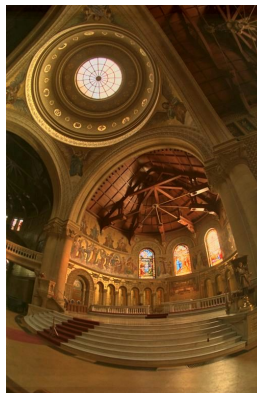
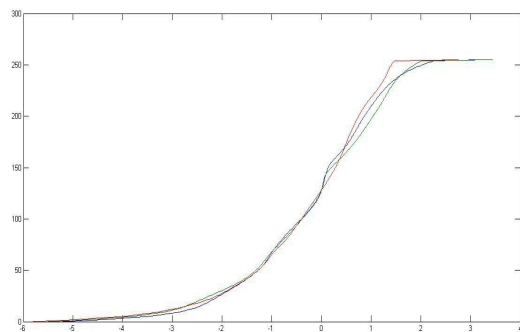
$\lambda = 5$



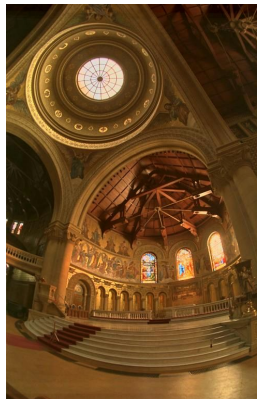
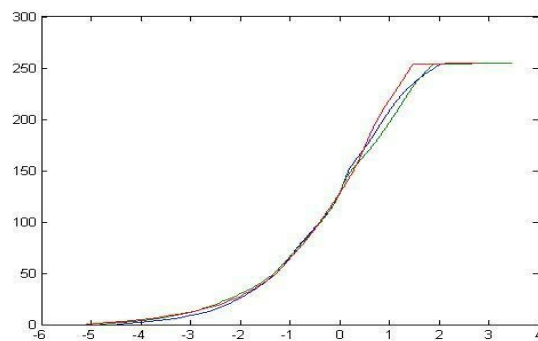
$\lambda = 10$



$\lambda = 50$



$\lambda = 100$



- 結果

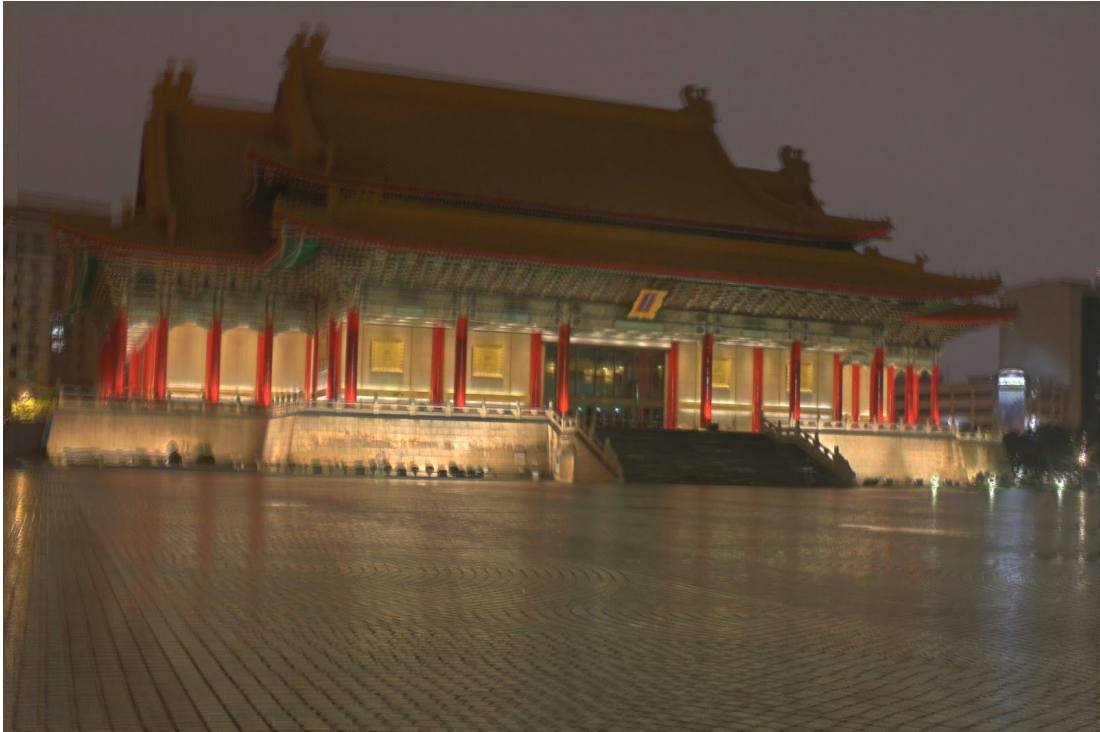
Artifact: 10張影像



Series 1: 11張影像



Series 2: 11張影像



Series 3: 10張影像



Series 4: 14張影像



Memorial: 11張影像



分析討論

- **曝光時間與相機設定**

我們在拍照時，可以調整照相的曝光時間，但相機顯示的曝光時間不一定是準確的。當我們從拍出來的jpg檔中讀取"ExposureTime"欄位時，發現曝光時間與相機顯示的數值是有落差的。我們認為直接採用"ExposureTime"欄位的值來計算HDR會有比較好的效果。

- **相機震動**

拍攝不同曝光度的相片，中間任何對相機的晃動都可能造成每張相片無法對齊，即使使用腳架，也難免在調整相機設定動到相機。若能遠端遙控相機拍攝，便能解決大部分的問題，但可惜我們當時無法這樣做，因此需要先經過alignment處理才能達到比較好的效果。不過從我們的結果看來，這些震動並沒有很好的被去除。

- **tonemapping工具**

我們所使用過現成的tonemapping工具有Photomatix [4] 與matlab內建的tonemap() [6] 函數。嘗試過後發現，Photomatix提供的功能比較豐富，效果整體來說比tonemap好上許多。我們建議不要使用tonemap()製造最後的圖片，會破壞前面HDR做出來的好品質。

- **lambda與response curve**

我們比較不同lambda值與其對應的response curve，發現在lambda = 50時會達到最好的效果。既能產生一個大致平滑的response curve，也可以保證一定程度的小誤差。但這些差距做在範例圖片上並不明顯，我們認為response curve的平滑程度的細微差異對圖片的影響並沒有想像中大，而lambda的最佳值應該要視不同種類圖片而定。

Bonus

在bonus的部分,我們實作了Reinhard的Tonemapping演算法。Tonemapping演算法按照其操作範圍，可以分為Local和Global兩種。而Reinhard的演算法是兩者兼具的演算法。在Global運算方面，他計算log平均的方式，估算影像的key value。

$$\bar{L}_w = \exp\left(\frac{1}{N} \sum_{x,y} \log(\delta + L_w(x,y))\right)$$

而後把影像mapping到一個指定比例(通常是18%)的display range。

$$L_m(x,y) = \frac{a}{\bar{L}_w} L_w(x,y)$$

接著透過一個非線性轉換壓縮高量值的luminance。

$$L_d(x,y) = \frac{L_m(x,y)}{1 + L_m(x,y)}$$

而Local運算方面，則是對每個像素點找到最大的surrounding範圍而不造成任何sharp的contrast。

$$L_s^{blur}(x, y) = L_m(x, y) \otimes G_s(x, y)$$

$$V_s(x, y) = \frac{L_s^{blur}(x, y) - L_{s+1}^{blur}(x, y)}{2^\phi a/s^2 + L_s^{blur}}$$

$$s_{\max} : |V_{s_{\max}}(x, y)| < \varepsilon$$

在將找到的範圍通過非線性轉換，壓縮高量值的luminance。

$$L_d(x, y) = \frac{L_m(x, y)}{1 + L_{s_{\max}}^{blur}(x, y)}$$

Reference

- [1] Debevec, Paul E., Camillo J. Taylor, and Jitendra Malik. "Modeling and rendering architecture from photographs: A hybrid geometry-and image-based approach." *Proceedings of the 23rd annual conference on Computer graphics and interactive techniques*. ACM, 1996.
- [2] https://github.com/banterle/HDR_Toolbox
- [3] Ward, Greg. "Fast, robust image registration for compositing high dynamic range photographs from hand-held exposures." *Journal of graphics tools* 8.2 (2003): 17-30.
- [4] <http://www.hdrsoft.com/>
- [5] http://www.csie.ntu.edu.tw/~cyy/courses/vfx/software/tm_windows.zip
- [6] <http://www.mathworks.com/help/images/ref/tonemap.html>