

# VFX2023-Group26-HW1

**Wei Ting-Yu 魏廷宇 R11942104**

**Charles Huang 黃湛元 R11942180**

## 程式實作Colab連結

[https://colab.research.google.com/drive/1bh5INYXdF4pgMm5NBNPrJiUvTrFHp2Tt?  
usp=sharing](https://colab.research.google.com/drive/1bh5INYXdF4pgMm5NBNPrJiUvTrFHp2Tt?usp=sharing)

## Notion

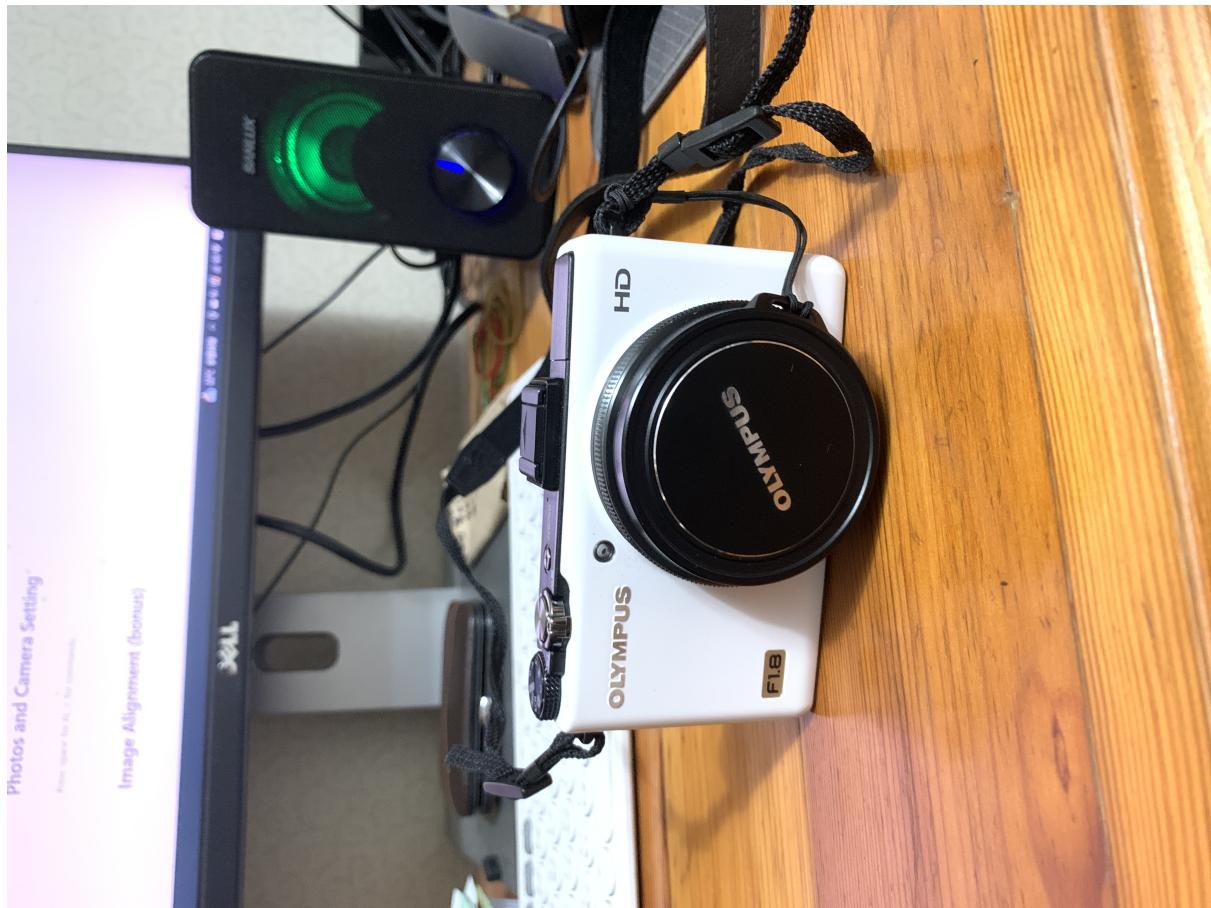
[https://attractive-stag-11c.notion.site/VFX2023-Group26-HW1-  
83bbef7821494d1f8e1d1b55ee1b7de5](https://attractive-stag-11c.notion.site/VFX2023-Group26-HW1-83bbef7821494d1f8e1d1b55ee1b7de5)

## Introduction

由於真實的世界光強度的動態範圍可能從零到好幾十萬甚至百萬，而大部分的數位相機系統目前只能用 8-bit 去描述並儲存影像，也就是最多256個數值。而本專題就是希望透過不同的曝光時間的影像，推算原本該場景下真實環境的光強度資訊，並利用此資訊進行tonemapping，使得原始圖像的亮部及暗部細節清楚保留。本篇專題，我們在夜晚針對社科院圖書館以及博理館定點拍攝了數張不同曝光時間的影像，我們接著實作了 Median Threshold Bitmap、Paul Debevec's HDR method、以及Bilateral filter tone mapping 演算法。

## Photos and Camera Setting

## 使用的相機：Olympus XZ-1



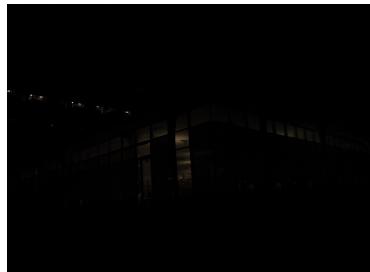
## 快門時間

1. 1/500
2. 1/100
3. 1/10
4. 1/5
5. 1
6. 1.6
7. 2.5

ISO : 社科院圖書館 100 / 博理館 2000

光圈大小 : F / 1.8

## 社科院圖書館



## 博理館





## Image Alignment (bonus)

雖然我們已經透過腳架固定相機，並且在同樣地點、只調整不同情況下的曝光來進行拍攝，但還是會因為快門或是手部操作造成的輕微震動，造成拍攝的影像還是會有輕微的移動。因此本次作業使用上課教的 Median Threshold Bitmap 演算法做調整。目的是將多張輸入的照片對齊，以避免因為相機震動或其他因素造成影像在同一個像素位置上出現不一致的現象。

演算法流程：

1. 讀取影像並將影像轉成灰階的格式。
2. 選定一張照片當作參考圖像，並事先定義好對每張圖建立金字塔的層數。
3. Resize 圖片的大小到最底層的金字塔大小，從最底層開始比較。
4. 計算兩張圖片的中位數指定為 Threshold，並計算 9 個方向的位移誤差。

```
[(-1, -1), (-1, 0), (-1, 1), (0, -1), (0, 0), (0, 1), (1, -1), (1, 0), (1, 1)]
```

5. 得到 error 最小的位移方向後，回傳到上一層的金字塔後，重複步驟 4，直到金字塔的最上層。
6. 輸出調整過後的影像。

# High Dynamic Range Imaging

本次專題我們實作了Paul Debevec's method計算HDR影像。我們首先針對輸入的影像進行均勻的取樣，我們利用下方的不等式找出最少需要的取樣數量(N)，並取樣了兩倍，確保一定夠用，總共 $2N$ 個點。

$$N * (P - 1) > (Z_{max} - A_{min})$$

我們在取樣的同時也順便計算了所需使用的 $W(Znp)$ 的數值，加速後續的運算。

$$O = \sum^n \sum^p w(Znp)[g(Znp) - \ln En - \ln \Delta tp]^2 + \lambda \sum^z [w(z)g''(z)]^2$$

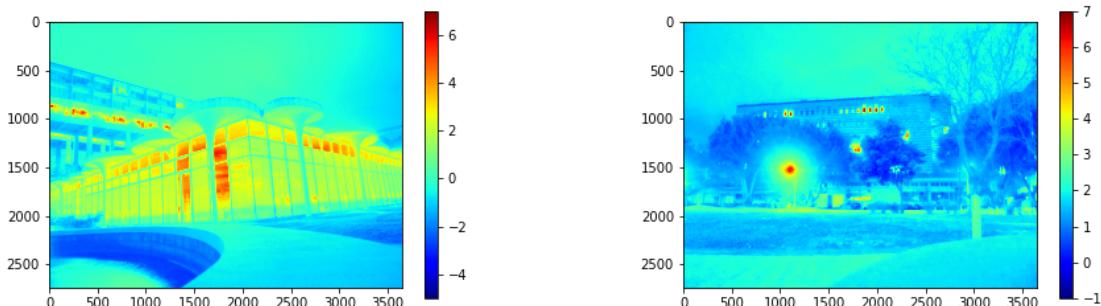
我們使用了Sparse linear system求解上述 overdetermined equation，我們花了不少篇幅完成矩陣的設置。最後使用了 numpy 的函示求出了 least square solution。

在求出G curve後，要將所有的相片的像素值帶入，求出最後的 radiance map，若每一個 pixel 都重新帶入在計算的話，會花超過 10 分鐘的時間，因此我利用矩陣運算的優勢，壓縮成一維陣列搭配矩陣相乘，最後在重新排列成影像大小的二維矩陣，成功加速過程至一分鐘內。

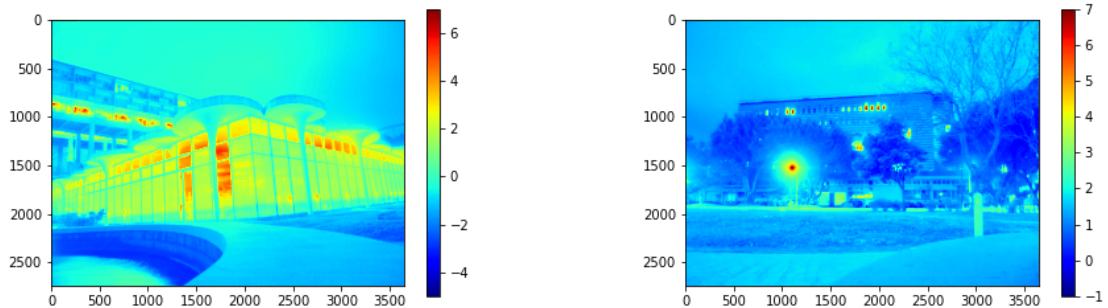
$$\ln En = \frac{\sum_p w(Znp)(g(Znp) - \ln \Delta tp)}{\sum_p w(Znp)}$$

## 社科院圖書館/博理館

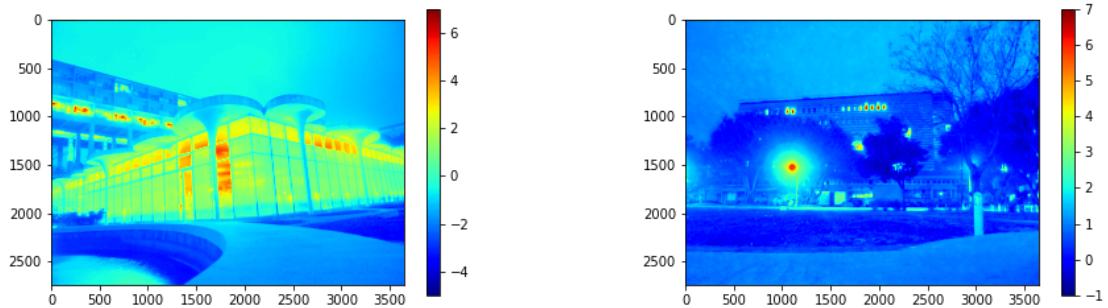
### Red Channel Radiance Map



## Green Channel Radiance Map



## Blue Channel Radiance Map



## Tone Mapping (bonus)

本次專題實作的是 Bilateral 的 tonemapping 演算法。首先，我先針對整張包含三個 channel 的 radiance map 正規化至 0~1 之間，並依造不同 RGB 約定不同比例計算出光強度，並對其取對數，接下來我使用了 bilateral 的濾波器進行低通濾波並保留邊緣特徵，本專題使用的 bilateral 參考 Durand 等人提出的加速方法，我們此處利用了開源的程式碼的函式(下方附上連結)。我們再將濾波前的圖像減去濾波後圖像，得到類似高通濾波的效果，最後將結果加上特定比例的低頻訊號，取反對數，得出壓縮對比度後的光強度圖，並依造壓縮對比度後的光強度圖與最原始的光強度圖的比例，調整每個 pixel 的數值，取得最後結果。

使用的開源 Fast Approximation of the Bilateral Filter 函式：

(<https://github.com/OzgurBagci/fastbilateral/blob/master/code/fastbilateralapprox.py>)

# **Results and Discussion**

以下兩張影像分別是社科院圖書館及博理館HDR影像經過 tone mapping 後得到的 LDR 影像。透過圖片可以發現亮處細節與暗處細節皆被清楚保留，以社科院圖書館的圖片來說，圖書館內景色屬於亮處細節，戶外草皮屬於暗處細節，皆能清楚呈現；以博理館來說，效果則較不明顯，但仍可以觀察到有燈光處的窗戶仍能清楚顯示，並沒有因為過曝而失去細節，而暗處草地一樣保持清楚紋理。

此外，由於拍攝博理館時，整體環境光較為昏暗，因此使用較高的 ISO 值進行拍攝，因此顆粒感較強，經過HDR計算及tone mapping後，此缺點仍被部分保留下來，較為可惜。

## **社科院圖書館**



## **博理館**



除此之外，我們也比較了有無進行 Alignment 的結果圖，並裁切部分影像進行對照。下方左圖有進行 Alignment，右圖則無。可以發現在細節的邊緣處(例如人物、書架或筆電等)，有進行 Alignment 的 LDR 影像較為銳利。

With Alignment



Without Alignment



# Conclusion

本次專題成功利用多張不同曝光時間的影像重建HDR影像，並利用 Image alignment 減少圖片間誤差，提升結果準確度，最後也成功完成 tone mapping 的實作，保留亮處及暗處細節，更符合人體視覺所見的場景。

# Reference

- [1] Paul E. Debevec, Jitendra Malik, Recovering High Dynamic Range Radiance Maps from Photographs, SIGGRAPH 1997.
- [2] Fredo Durand, Julie Dorsey, Fast Bilateral Filtering for the Display of High Dynamic Range Images, SIGGRAPH 2002.
- [3] Greg Ward, Fast Robust Image Registration for Compositing High Dynamic Range Photographs from Hand-Held Exposures, jgt 2003.