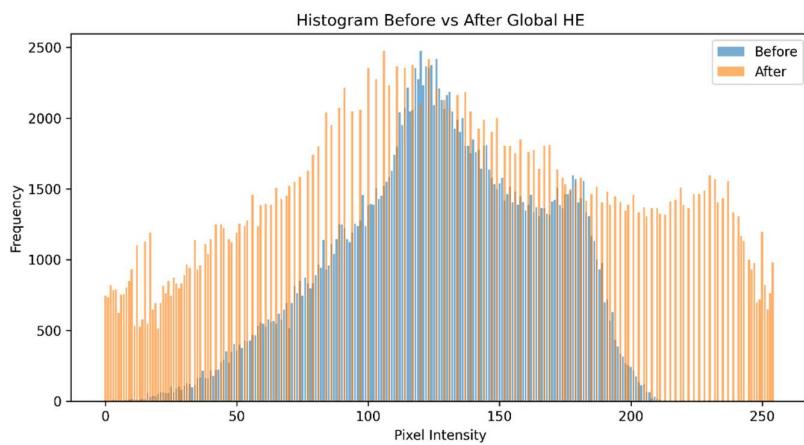


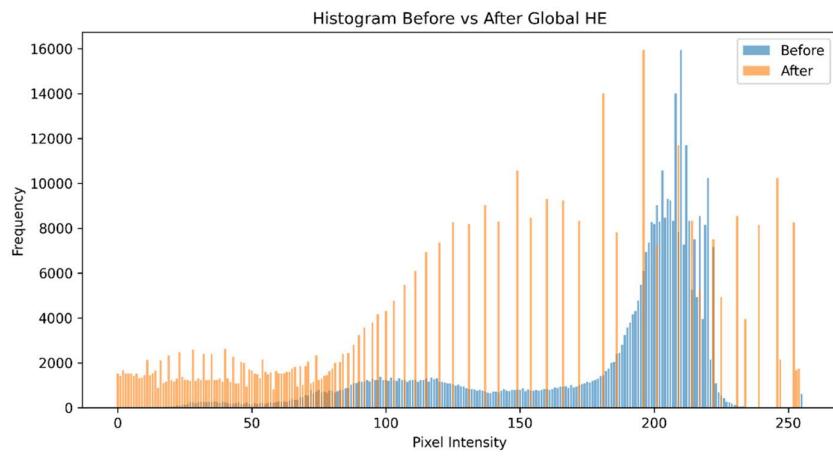
1.

- Origin image

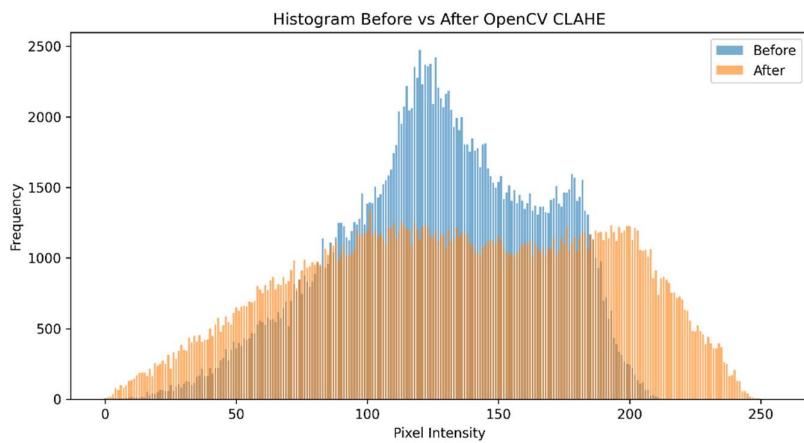


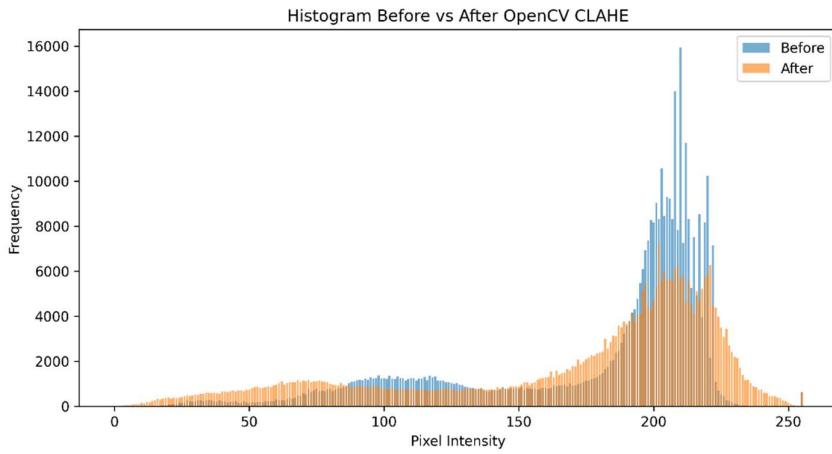
- Global Histogram Equalization





➤ Local Histogram Equalization





2.

➤ 對比方法

✧ 方法一：全域直方圖等化 (Global HE)

- ◆ 原理：基於整張影像的累積分佈函數 (CDF) 進行統一的灰度值轉換，將像素值拉伸到整個 0 到 255 的範圍。此方法可透過自實作或 OpenCV 的 cv2.equalizeHist 實現。
- ◆ 目的：快速提升影像的整體對比度，適用於影像直方圖高度集中的情況。

✧ 方法二：自實作局部等化 (Local_HE)

- ◆ 原理：在一個 31x31 的滑動視窗內，對每個像素重複執行全域 HE 的步驟，使用該視窗內的局部直方圖計算 CDF，並得到該中心點像素的新灰度值。
- ◆ 目的：透過使用極小的局部統計量，最大程度地提升影像的區域性對比度。

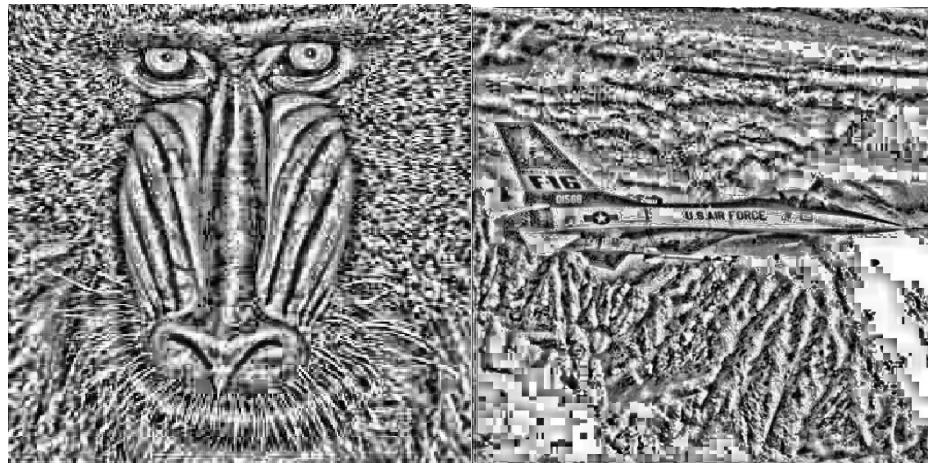
✧ 方法三：對比度限制自適應直方圖等化 (CLAHE)

- ◆ 原理：CLAHE 將影像劃分為 8*8 的小區域 (tiles)，在每個區域內進行獨立的 HE。
- ◆ 對比度限制 (Clip Limit)：這是 CLAHE 獨有的參數，在計算直方圖時，任何超過設定閾值（本實驗中為 2.0）的像素計數都會被裁剪並平均分佈到其他灰度級上，有效防止了過度增強和雜訊放大。

3.

- 我的 Local_HE 函數在每個像素都需要重新提取 31*31 的視窗，並重新計算其直方圖和 CDF，對於解析度稍大的影像而言，執行時間很長，結果雜訊放大，我的 Local HE 輸出影像完全無法使用。我想因為局部視窗內的像素總數很小 ($31 \times 31 = 961$)，直方圖的統計穩定性極差，當應用 CDF 轉換時，即使是微小的雜訊也會被極端放大，導致影像被破壞。這證明了優化的自適

應方法（如 CLAHE）不僅需要解決計算效率，更需要加入對比度限制 (Clip Limit) 來解決 Local HE 對局部雜訊的過度敏感性。



- CLAHE 的視覺效果最佳。它成功地在不同區域提供了適當的對比度增強，同時透過 clipLimit 機制，有效抑制了標準 HE 導致的雜訊放大和過度增強問題。
- 手刻的 Global_HE 函數與 cv2.equalizeHist 函數輸出的直方圖和影像視覺效果幾乎完全一致，驗證了實作的準確性。