
DIP Course

Homework Report #4

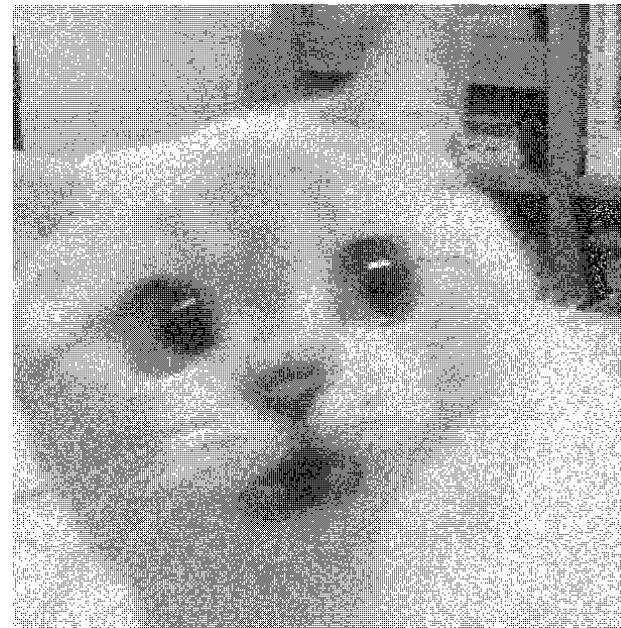
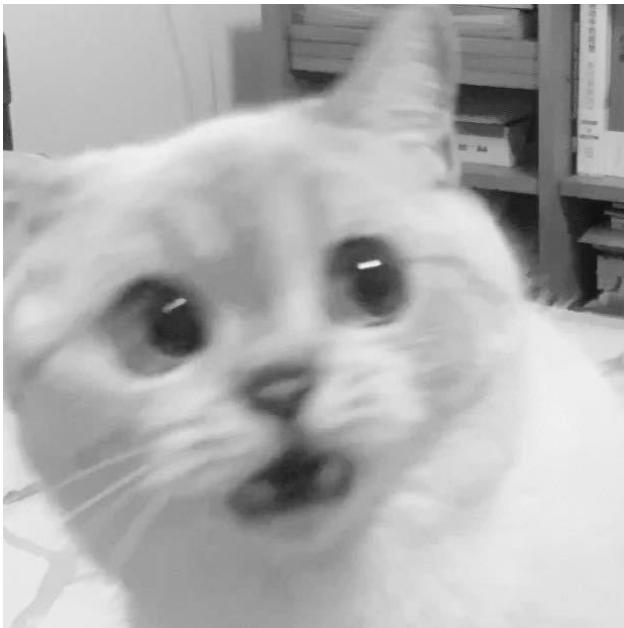
Student: p11922004 任祖頤

Outline

- Digital Halftoning
- Frequency Domain

Digital Halftoning

a) Dithering



1	2
3	0

(b) Dither Matrix I_2

Digital Halftoning

a) Dithering

- 相關討論
 - 因為 Dither Matrix I_2 是將 grayscale 分成四等分, 其中又以左上右下及右上左下可分為兩等分, 因此最後出來的圖片會有許多 \times 狀的星星特徵
 - 若將 Dither Matrix 改為上下兩等分, 則 \times 出現的頻率就會明顯降低, 取而代之會跑出很多 - 狀的橫向線條, 也有不同的感覺 (有點像漫畫陰影的上色方式)



1	2
3	0

(b) Dither Matrix I_2

[0, 1],
[2, 3]

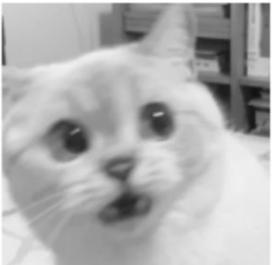


Digital Halftoning

a) Dithering

- 相關討論
 - 雜訊設定的震幅對成像效果也有很大的影響，其中 amplitude 設定為 16 時與 0 的效果接近，設定為 128 會過度影像原圖 (變成 halftone 的 uniform noise)，而設定為 32 個人覺得最接近原圖

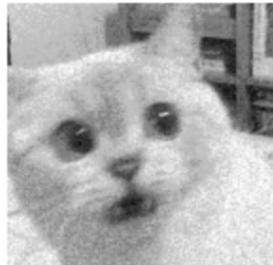
origin



amplitude: 16



amplitude: 32



amplitude: 64



amplitude: 96

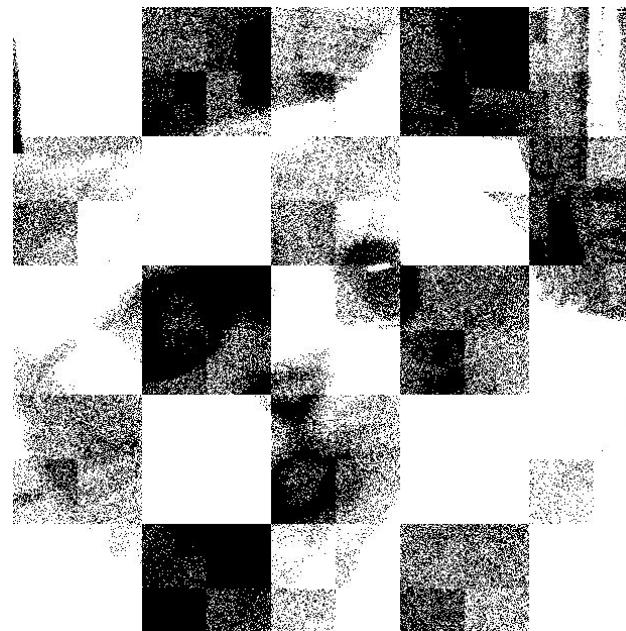
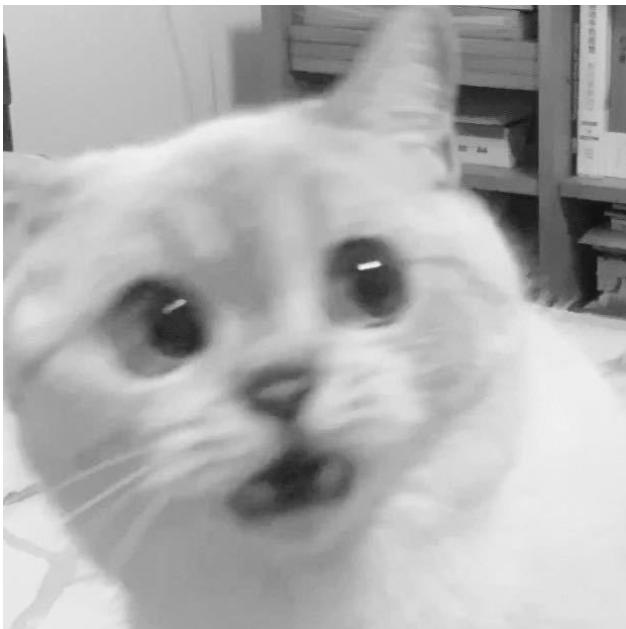


amplitude: 128



Digital Halftoning

b) Expand the dither matrix to 1256



Digital Halftoning

b) Expand the dither matrix to I256

- 相關討論
 - 若將每個 matrix size 都展開來看可以發現，因為 I256 是基於 I2 往上延伸的，因此每次延伸會將 matrix 劃分好的 4 等分再往內分 4 等分，以此類推，因此在最後的 I256 中可以看到，每一個方塊裡面都還會再分出 4 等分，最多可以分出 $\log_2(256)$ 層，也就是 8 層

4



8



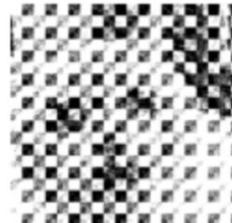
16



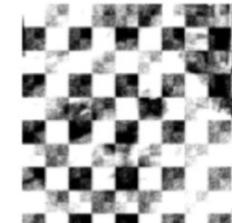
32



64



128

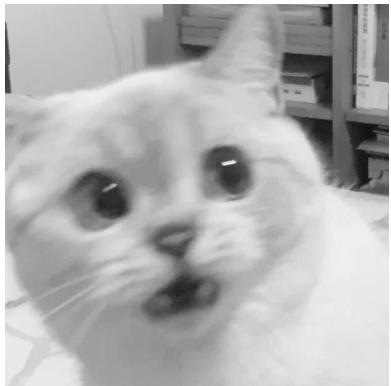


256

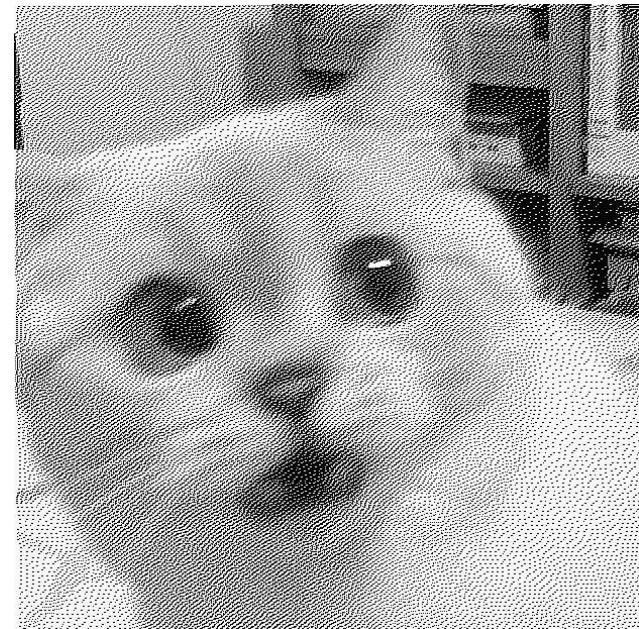


Digital Halftoning

c) Floyd-Steinberg and Javis' patterns



Floyd-Steinberg pattern

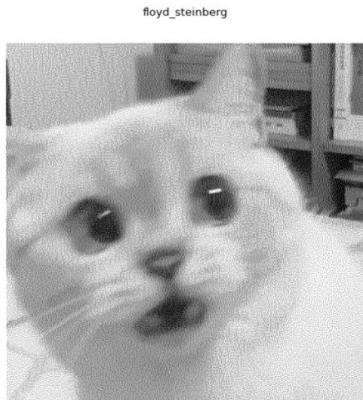


Javis' pattern

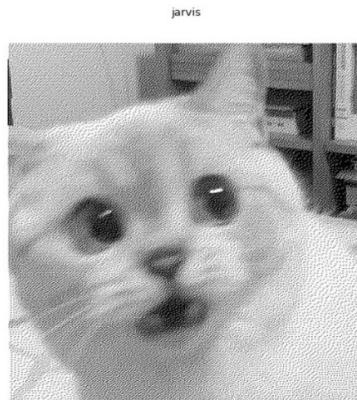
Digital Halftoning

c) Floyd-Steinberg and Jarvis' patterns

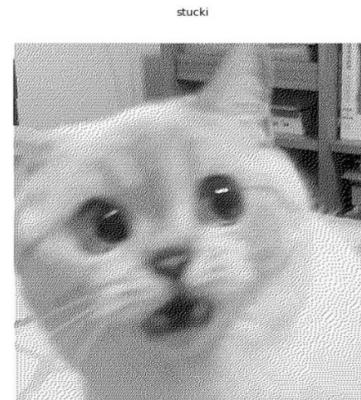
- 嘗試了其他兩種 pattern, 個人最喜歡 jarvis 的效果, 會出現類似鈔票的紋路
burkes 則會出現一些肉眼可以明顯察覺的異常 (例如牆壁出現奇怪的條紋), 覺得表現性最差



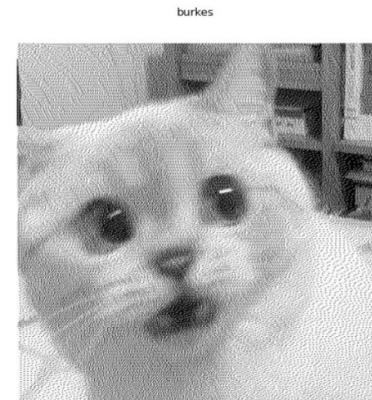
[None, None, 7/16],
[3/16, 5/16, 1/16]



[None, None, None, 7/48, 5/48],
[3/48, 5/48, 7/48, 5/48, 3/48],
[1/48, 3/48, 5/48, 3/48, 1/48]



[None, None, None, 8/42, 4/42],
[2/42, 4/42, 8/42, 4/42, 2/42],
[1/42, 2/42, 4/42, 2/42, 1/42]

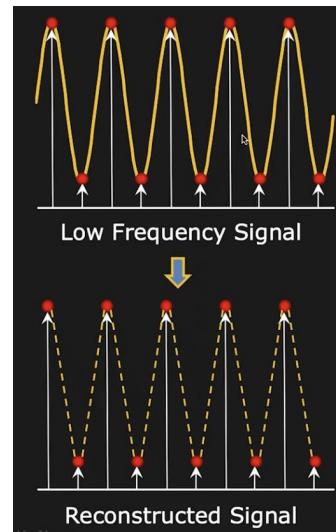


[None, None, None, 8/32, 4/32],
[2/32, 4/32, 8/32, 4/32, 2/32]

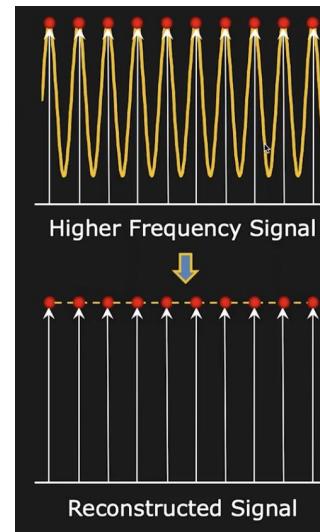
Frequency Domain

a) Alias avoiding

- 為什麼會產生 Aliasing
 - 從 Spatial Domain 的角度：當取樣的週期設定不良，導致取樣後的 signal 跟原本影像的 signal 差異很大時稱為 Aliasing
 - 右邊圖一是正常情況下我們希望的取樣週期，右邊圖二是當 Sampling period 設定不佳時，就有可能讓原本的 signal，經過取樣後卻變成完全不一樣的另一個 signal (一條直線)



圖一) no aliasing



圖二) aliasing

Frequency Domain

a) Alias avoiding

- 如何避免 Aliasing
 - 如果從 Frequency Domain 來看, 一個 signal 經過 Fourier Transform 之後會將這個 signal 複製多次。當我們想將 Frequency Domain 轉換回 Spatial Domain 時, 就要從複製多次的 signal 中截取其中一段來還原, 就意味著在 Frequency Domain 中至少要能找到一個跟原本 Spatial Signal 相同的訊號才能避免 aliasing
 - 左圖中右側的 Frequency Domain 訊號截斷後就可以還原成原本的 signal
 - 右圖因為每組複製的 signal 因為頻率較低而重疊在一起, 因此無法還原成原本的 signal



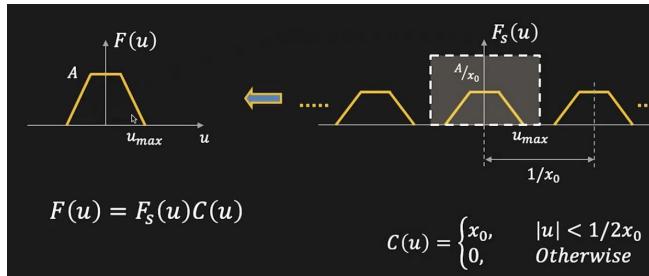
Frequency Domain

a) Alias avoiding

- 如何避免 Aliasing
 - 設定原本 signal 在 spacial domain 的訊號寬度如果為 u_{max} , 取樣週期為 x_0 在 frequency domain 中, 每個 signal 間的距離 (頻率) 就必須滿足

$$u_{max} \leq \frac{1}{2x_0} \text{ (Nyquist Frequency)}$$

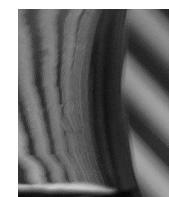
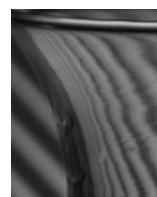
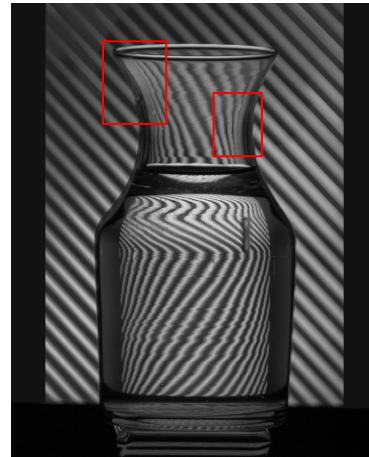
確保 signal 在轉換的過程中不會重疊, 就可以避免 aliasing



Frequency Domain

a) Alias avoiding

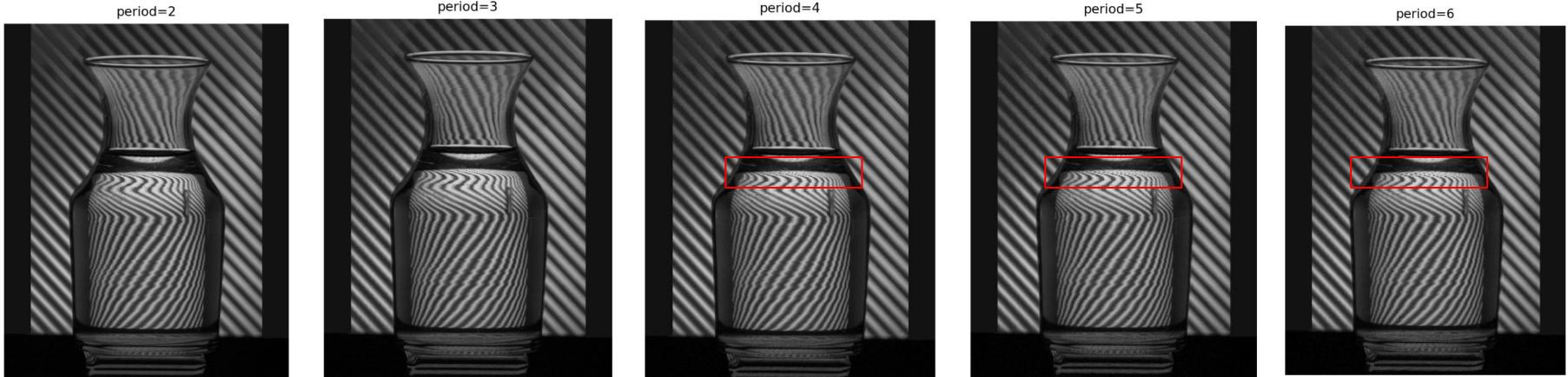
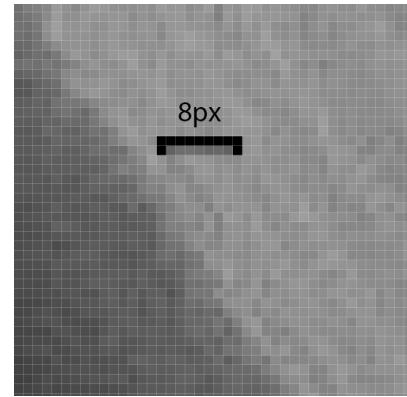
- sample2.png
 - 如果把圖中黑色跟白色的變化看成是 signal 的變化, 那就要讓取樣週期設定夠小, 避免每次都 sample 到黑色或白色的數值
 - 圖片黑白變化密度最高的區域為紅框兩處, 其中右邊的密集到幾乎重疊在一起, 因此會採用左邊。
 - 計算兩個白線之間的間距 x , 將 sample 的週期設定至少低於 $x/2$, 來避免每次都 sample 到黑色或白色的線條



Frequency Domain

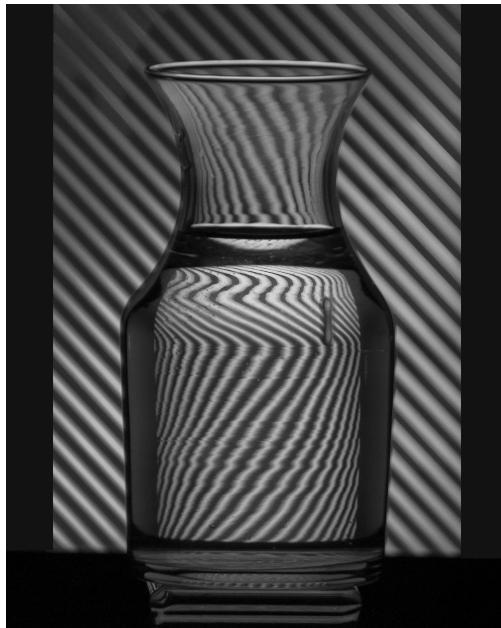
a) Alias avoiding

- inappropriate image sampling
 - 這邊觀察到原圖兩白線的間距約為 8 pixel, 按照前一頁的推敲
應該至少要將 sampling period 設定為 4 才能避免 aliasing



Frequency Domain

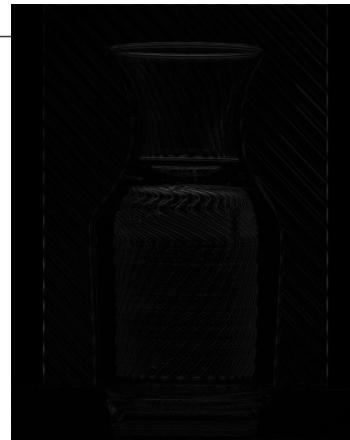
b) Gaussian high-pass filter



Frequency Domain

如課堂上所介紹，當 cutoff frequency 的值設定越大時，得到的 edge 就越細，但對比不夠顯著的邊界就會遺失掉

$d_0=80$



$d_0=50$



$d_0=30$



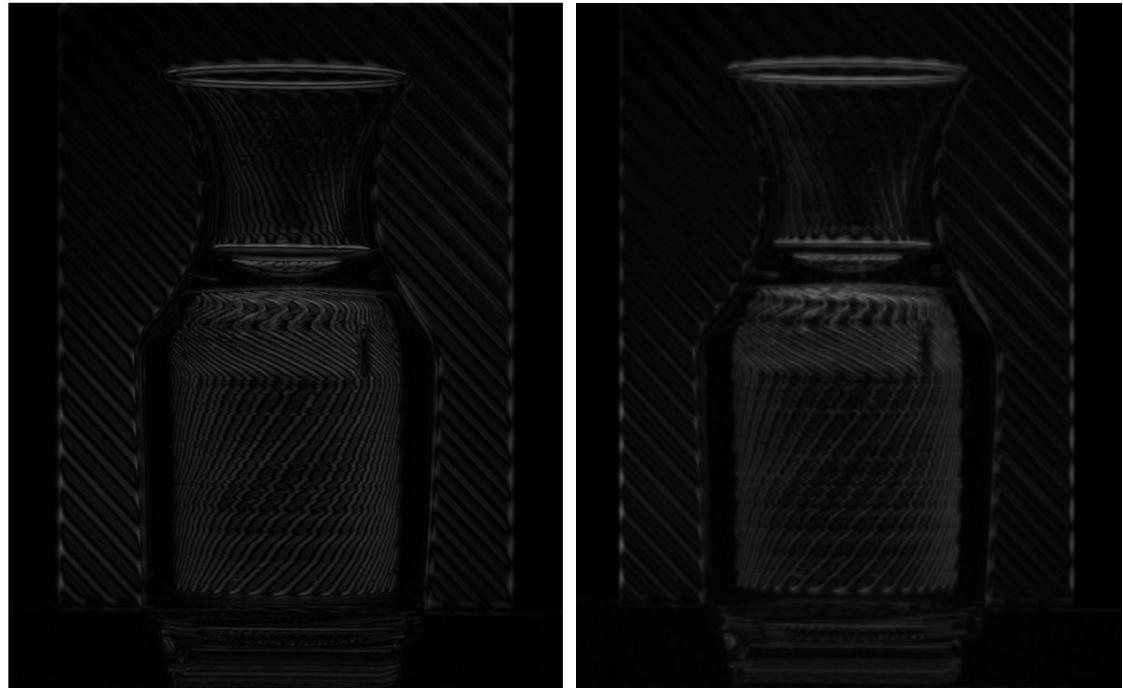
$d_0=20$



Frequency Domain

若拿 $d_0=50$ 的 frequency domain gaussian filtering 與 spatial domain 的進行比較, 在 $\sigma=1.4$, $window_size=3$ 的情況下結果相近, 但 spatial 的效果又更為好一點點, 猜測可能是 spatial domain 的 gaussian 又多了一個 $window_size$ 的條件可以進行限制, 相較之下 frequency domain 的 gaussian 只有 d_0 一個參數可以調控, 因此靈活性會有差

spatial_gaussian_filtering



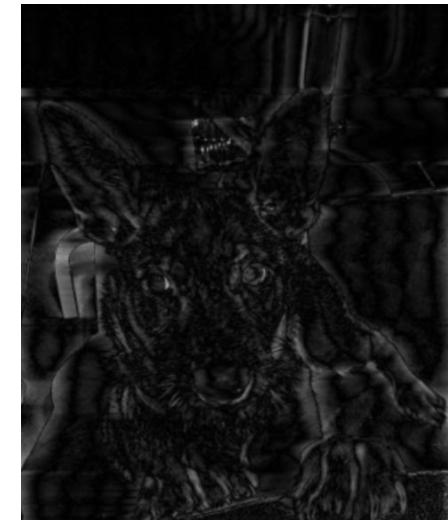
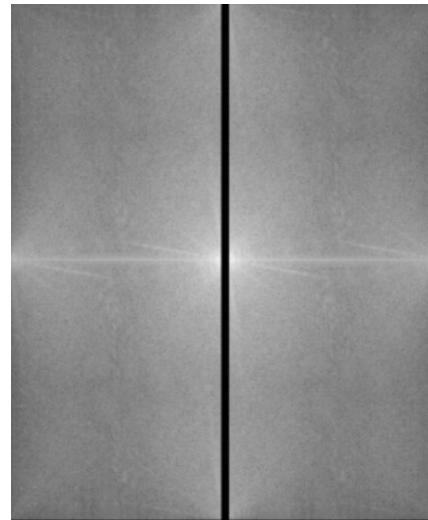
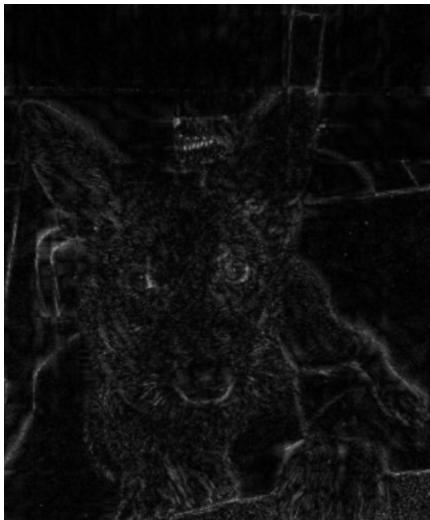
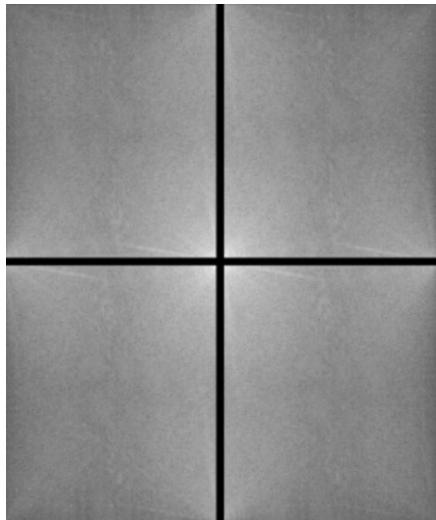
Frequency Domain

c) Pattern Removal



Frequency Domain

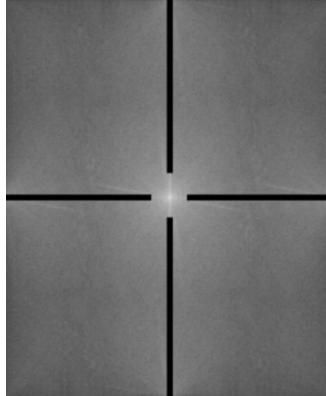
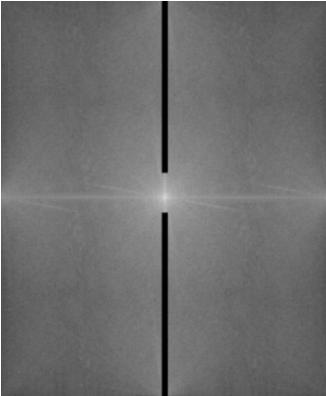
c) Pattern Removal



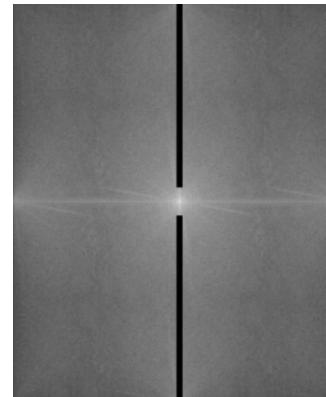
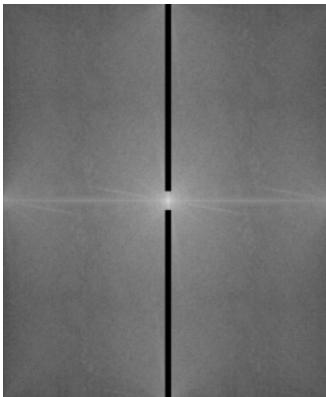
- 如果把中心的高頻區域mask起來, 還原出來的圖會完全跑掉(變成 high-pass filtering)

Frequency Domain

1. 將中間高頻區域保留下來就有成功將橫線去除



2. 其中，水平及垂直方向都 mask 起來的去除效果較好，但會產生輕微的模糊 (如右上圖，因為遮蓋的外部區域較多，類似 low-pass filtering)

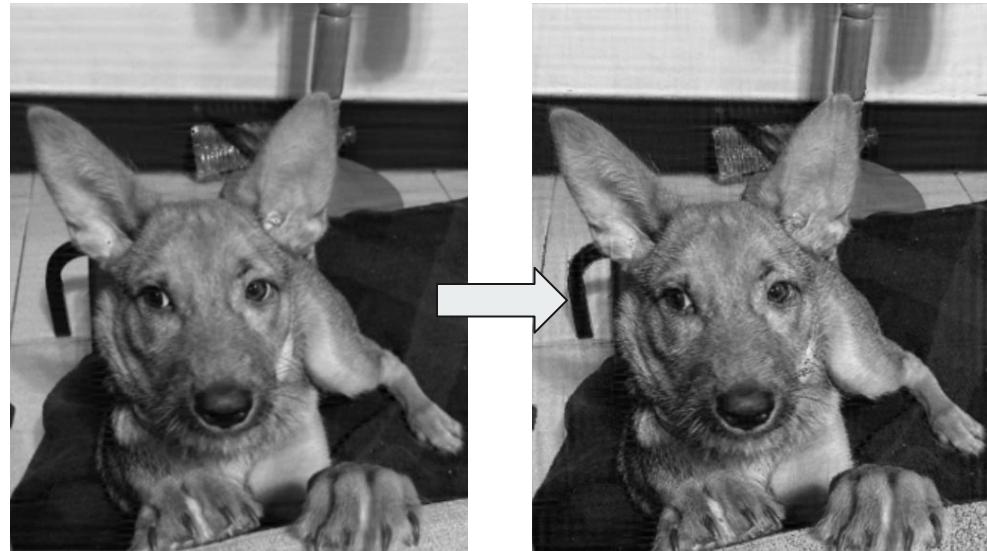


Frequency Domain

c) Pattern Removal

3. 使用 Unsharp Mask 套用到圖片的
Spatial domain 再處理過一次，嘗試還
原一些圖片的銳利度

```
[0, -1, 0],  
[-1, 5, -1],  
[0, -1, 0]
```



Thank you