

Introduction to Image Processing HW3

408420083 電機三 B 陳昀顯

HW3.1 Edge-preserving filter

· 實驗目的

這次功課要使用 **kuwahara filter** 針對兩組不同的影進行濾波後，再進行圖片呈現上的比較。

· 實驗原理

Edge-preserving filter 與之前使用的 **average & Gaussian filters** 不一樣的是，後者會讓整張影像都變得很模糊，尤其在邊緣處、背景以及低頻分量的元素，然而前者可以保持邊緣輪廓非常清晰外，也能讓低頻分量保持模糊狀態，不論用何種大小的濾波器都不會傷及邊緣處。

而 **kuwahara filter** 可以被定義為一種 **non-linear smoothing filter**，它不會影響原圖片所擁有的邊緣處，通常大部分用來 **image smoothing** 的濾波器都是低通濾波器為主，雖然可以有效的減少噪點但也造成邊緣模糊的窘境，保有 **Edge-preserving** 的 **kuwahara filter** 也對生物醫學方面有所貢獻。

在 1976 年時，**image filtering with edge preservation** 為當時最具開創性的技術之一，起初目的是協助處理心血管系統的 **RI 血管造影圖像**，因為它可以提取圖片上血管的完整輪廓之外，也能將不必要的資訊模糊，例如在進行核磁共振 **MRI** 檢測腦腫瘤時，此技術為識別影像中是否有異常區塊；在藝術呈像和攝影上，它能夠去除紋理、銳化圖像，使圖片呈現上具有類似油畫感。

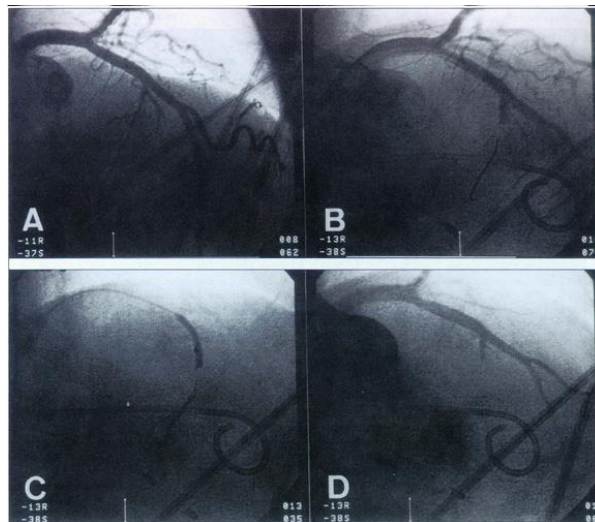


圖 1、example of RI-angiography image

而 **kuwahara** 的運作原理是將一個 **pixel grid** 分割成四個重疊的子網格，首先要計算每個子網格的變異數及平均數，比較哪個子網格的變異數最低即輸出該網格的平均值。在 **Matlab** 實作上我們可以先計算變異數的部分，假設一個隨

機變數 X ，它的變異數公式可寫成：

$$\overline{X^2} - (\bar{X})^2$$

其中 \bar{X} 為平均數，我們可以用 averaging filter 來對 x^2 (element x element)濾波，然後減掉 averaging filter 對 x 濾波後的平方，可得圖片中所有的變異數，下面是 3×3 neighborhoods 的實作圖：

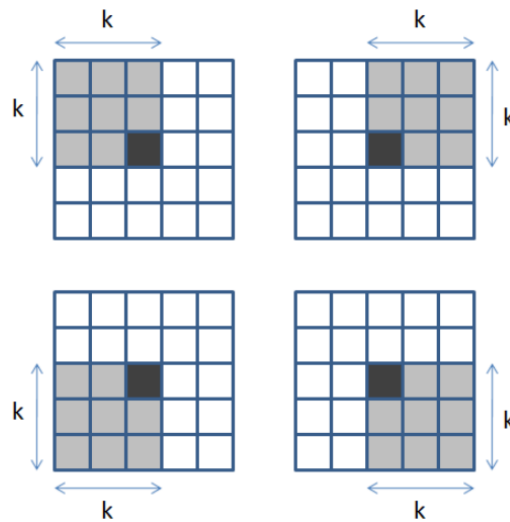


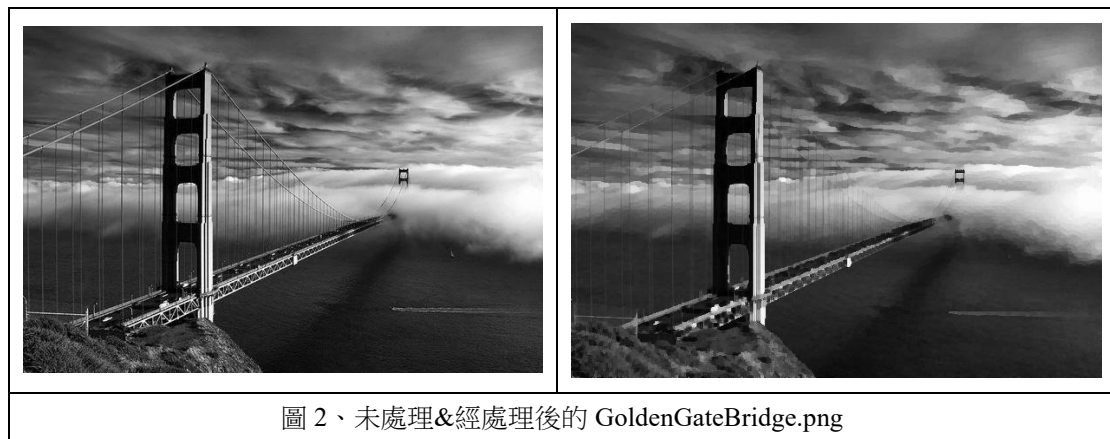
圖 2、example of the process

· 成果展示

表一、 3×3 neighborhoods 實作之結果—cameraman.png&GoldenGateBridge.png



圖 1、未處理(左)&經處理後的 cameraman.png



從上面兩章測試圖片中可看到 cameraman 的本體輪廓還在，但細節處明顯被吃掉了，取而代之的是類似油畫補色的方式，印證了 Edge-Preserving filter 的特性，我們也能從 GoldenGateBridge 的雲朵呈現來看更明顯，類似於中國風的水墨畫法也能用 kuwahara 來達成。

HW3.2 Image rotation

· 實驗目的

這次功課要自行寫出 function — `imrotation (img ,n, filt)` 來完成逆時針旋轉 X 度及順時針 X 度再轉正的圖片，並且要測試不同角度以及在不同插執法運作下的表現(包含與原圖比較 PSNR)，且測試圖片中有一張要具備複雜的紋理，。

· 實驗原理

一、鄰近內插法 (Nearest Neighbor Interpolation)

鄰近內插法由 A.H.Thiessen 所提出的一種較為簡單的內插法，主要的精神是將四個相鄰近的像素點的值來做內插並求出新的補插點，這是所有內插法中最簡單的內插法，但所放大後的影像品質並不是那麼好，圖片通常會產生一些鋸齒狀(Jagged)的線條。

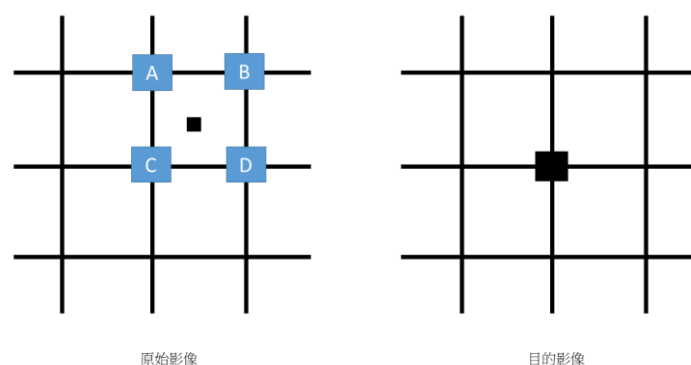


圖 1、鄰近內插法示意圖

由圖 1 可以得知，在目的影像中的像素，推回至原始影像，並不會落在整數值的像素上，而是落在像素 A、B、C、D 之間非整數倍率像素的位置上，此內插法作法就是將原始影像中的分數位置選擇一個最接近距離的整數位置的像素。假如 C 點為最近的距離，就將 C 點的像素值複製給目的影像這個像素。這種方法適合影像類型為影像內容非常銳化(例如方形)且顏色對比非常明顯，因為此內插法可以保持處理後的影像的色調與原始影像不變。

二、雙線性內插法 (Bilinear Interpolation)

雙線性內插法是很簡單內插法之一，它把未知像素色彩值周圍的同色像素，採用線性方式平均得到估算的像素值，如下式所述：

$$f(x, y) = (1 - dx)(1 - dy)P1 + dx(1 - dy)P2 + (1 - dx)dyP3 + dxdyP4$$

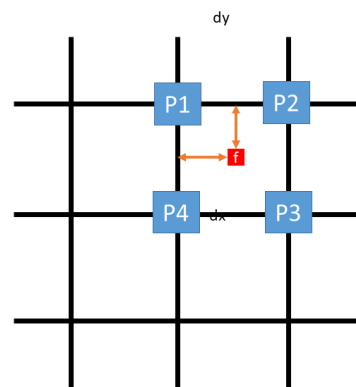


圖 2、雙線性內插法示意圖

在圖 2 中，要計算的新像素值 $f(x, y)$ 補插點的位置介於四個整數值的像素點 P1、P2、P3、P4 之間，而且它們與的間距也是已知的，這個間距只要計算出跟像素點 P1 的間距，這些鄰近點若是離越近，表示對補插點越有貢獻，亦是表示此點的值有較多的影響，反之則影響力越小，使用雙線性內插法縮放大的影像，相鄰像素之間會比直接取整數點更有連續性，也就是更加平滑。

三、雙三次內插法 (Bilinear Interpolation)

雙三次內插法是計算鄰近周圍 16 個像素，根據目標點與鄰近 16 個點的距離不同而有不同的貢獻程度。雙三次內插法之補插點運算式如式(1.1)及雙三次內插法的核心(interpolation kernel)如式(1.2)：

$$P = \sum_{m=-1}^2 \sum_{n=-1}^2 S_{(i+m, j+n)} h_c(n - x) h_c(m - y) \quad (1.1)$$

$$h_c(x) = \begin{cases} 1 - 2|x|^2 + |x|^3 & , 0 \leq |x| < 1 \\ 4 - 8|x| + 5|x|^2 - |x|^3 & , 1 \leq |x| < 2 \\ 0 & , otherwise \end{cases} \quad (1.2)$$

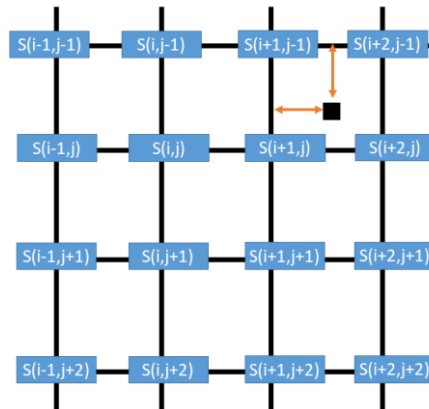
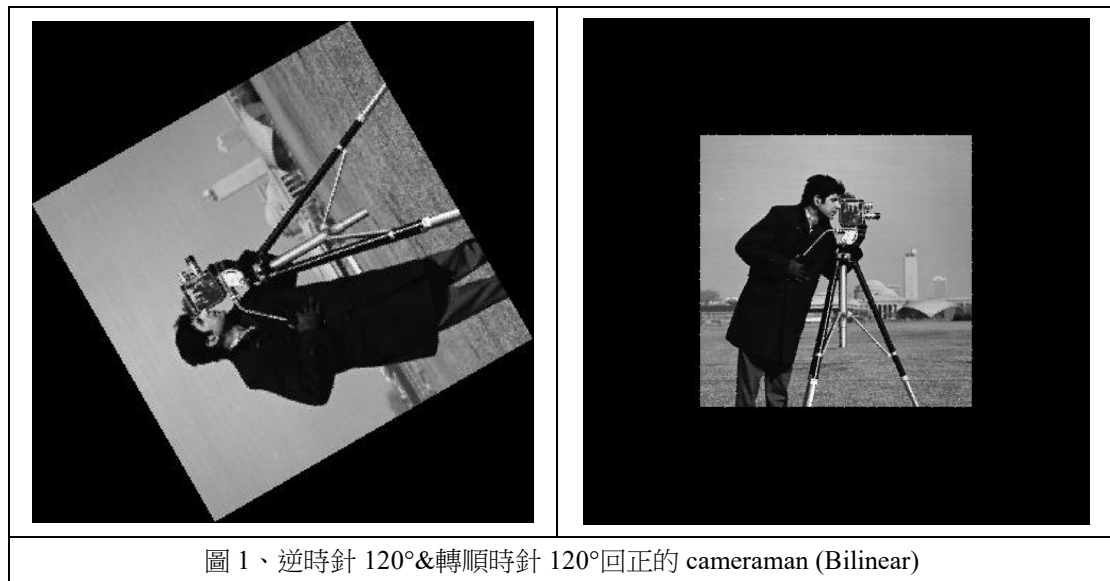


圖 3、雙三次內插法示意圖

若為一個內插的像素點，根據其周圍鄰近點的相關性，如式(1.2)可知雙三次內插法是針對要內插的像素點，即根據周圍 16 個鄰近的像素點作迴旋積分的結果。雙三次內插法的缺點主要在於效率較低，運算執行時間較長，由於此內插法於低通濾波表現較前述的插值法趨近於 Sinc 函數，因此其影像插值品質較好，但在插補運算複雜度也相對的提高許多。

· 成果展示

表一、Cameraman.png 旋轉 120°



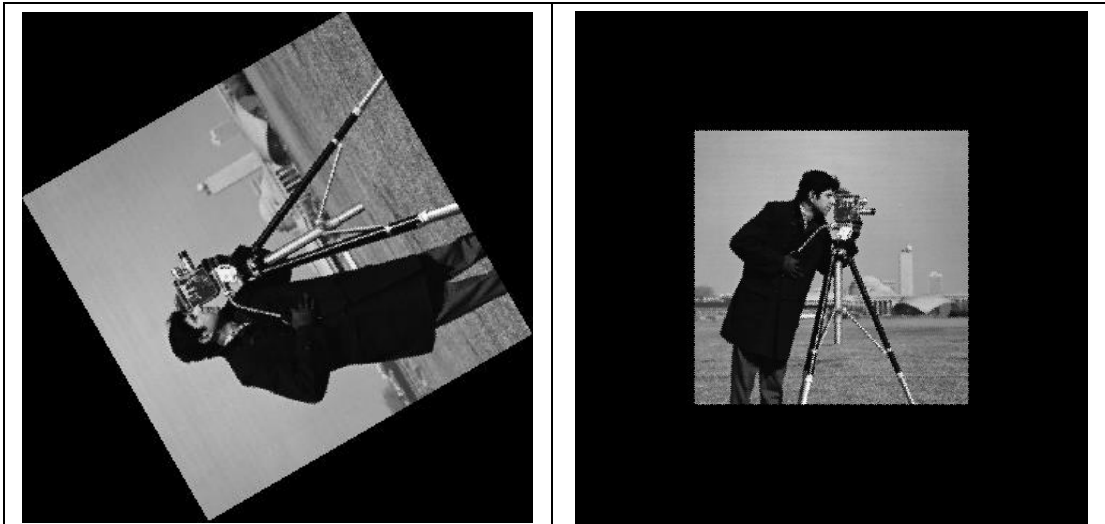


圖 2、逆時針 120°&轉順時針 120°回正的 cameraman (Nearest neighbor)

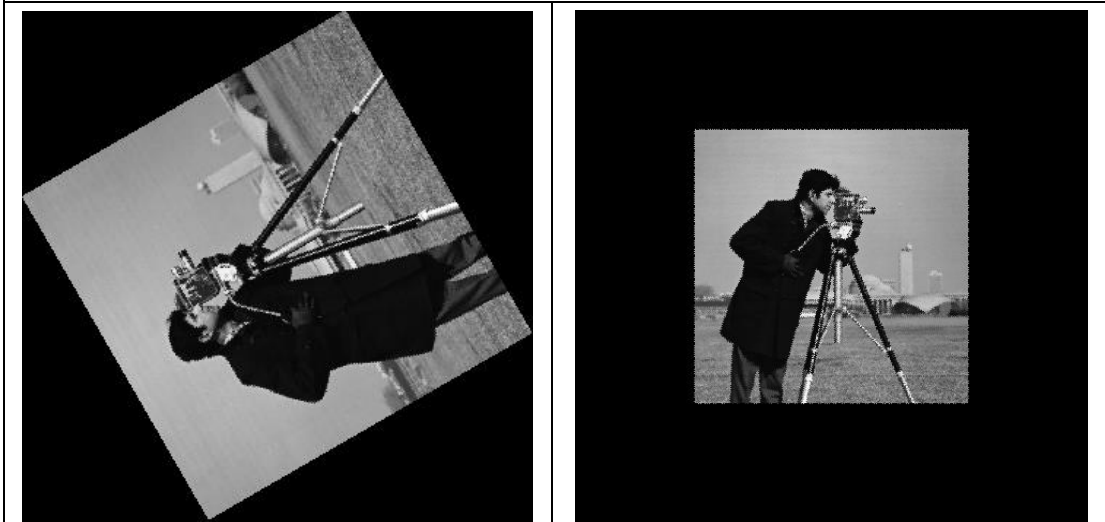


圖 3、逆時針 120°&轉順時針 120°回正的 cameraman (Bicubic)




	PSNR_A2	25.6294	1×1
	PSNR_A4	21.4060	1×1
	PSNR_A6	15.9683	1×1

圖 4、A2(Bilinear) A4(Nearest neighbor) A6(Bicubic)與原圖比較 PSNR

A6 依原理來說會是最好的插值法，但我在實作擷取中間圖片時發現 Bicubic 的四角及邊邊都沒有值在裡面，導致測量 PSNR 時只剩下 15.9dB，有點不盡理想；在旋轉 120 度情況下，Bilinear 的效果與 Nearest neighbor 相較下略勝一點，推測是雙線性由鄰近四點進行權重比較，鄰近插值僅參考某一點的像素值，在大角度旋轉下雙線性是不錯的旋轉插值方法。

表二、Cameraman.png 旋轉 45°

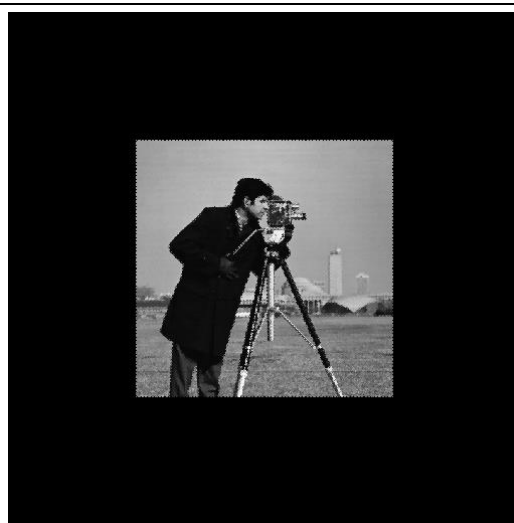


圖 1、逆時針 45°&轉順時針 45°回正的 cameraman (Bilinear)

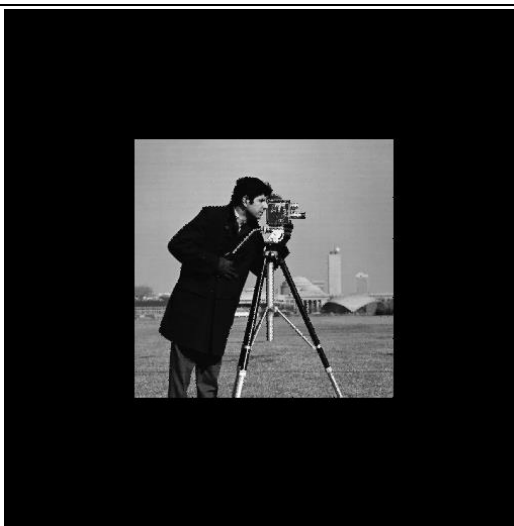


圖 2、逆時針 45°&轉順時針 45°回正的 cameraman (Nearest neighbor)

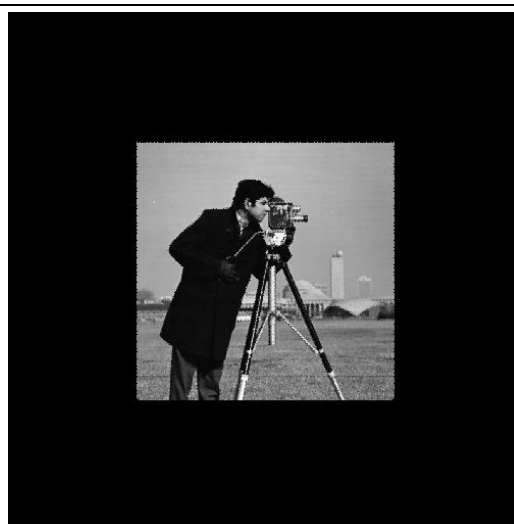


圖 3、逆時針 45°&轉順時針 45°回正的 cameraman (Bicubic)

	PSNR_A2 21.3037	1×1
	PSNR_A4 29.3158	1×1
	PSNR_A6 15.9261	1×1

圖 4、A2(Bilinear) A4(Nearest neighbor) A6(Bicubic) 與原圖比較 PSNR

撇除 A6 的 PSNR(之後 Bicubic 插值的結果都是表 1 提及的情況)，在 45 度小角度旋轉下由 Nearest neighbor 大勝 Bilinear，推測是旋轉後的值與原始影像的座標點像素很接近，加上 Cameraman 本身顏色對比明顯(人物黑色居多，背景以淡色系為主)，我們可得知在小角度旋轉下由鄰近插值法的效果最好，最接近原始影像的顏色效果。

表三、complex_texture.png 旋轉 120°

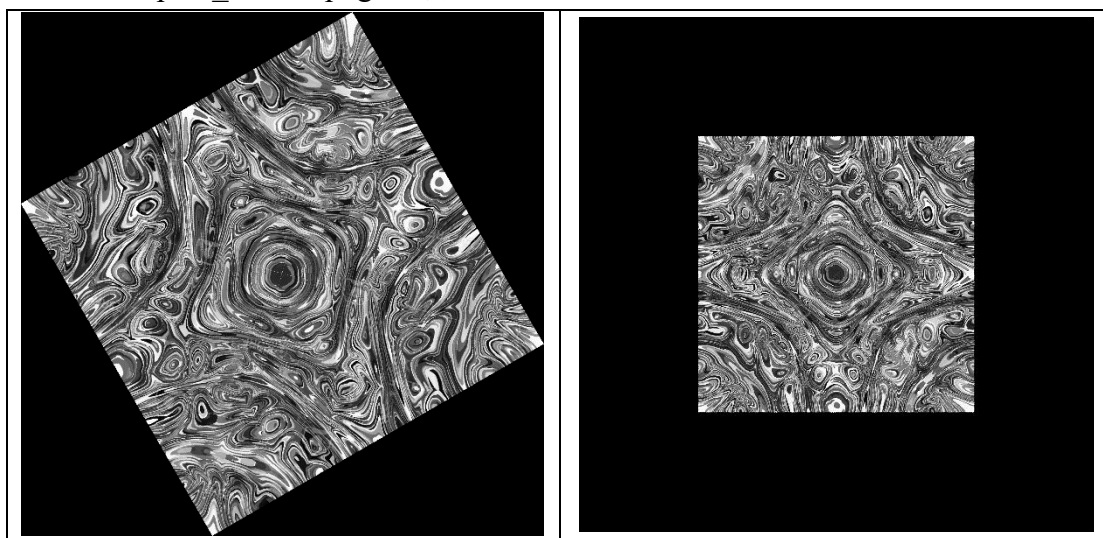


圖 1、逆時針 120°&轉順時針 120°回正的 complex_texture (Bilinear)

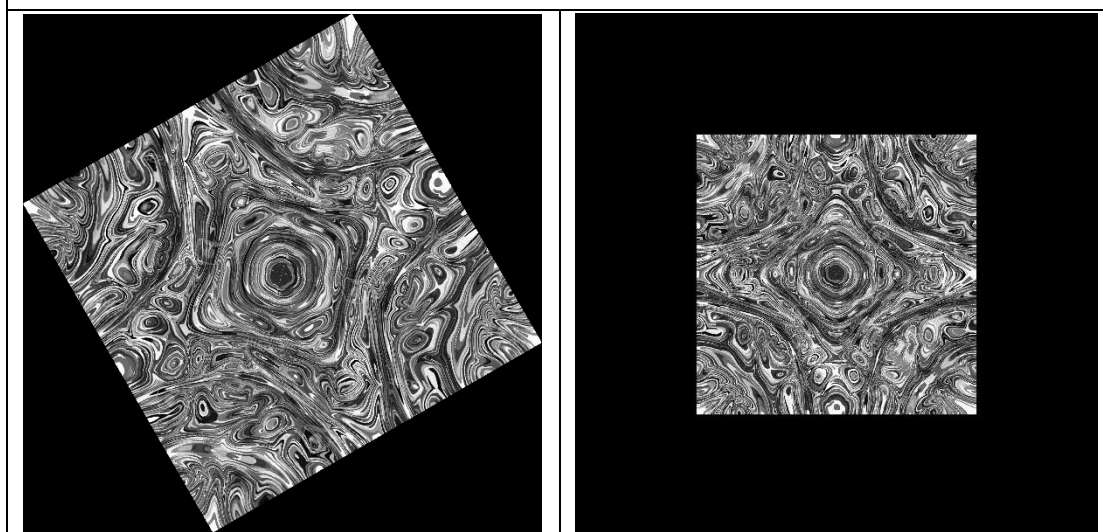


圖 2、逆時針 120°&轉順時針 120°回正的 complex_texture (Nearest neighbor)

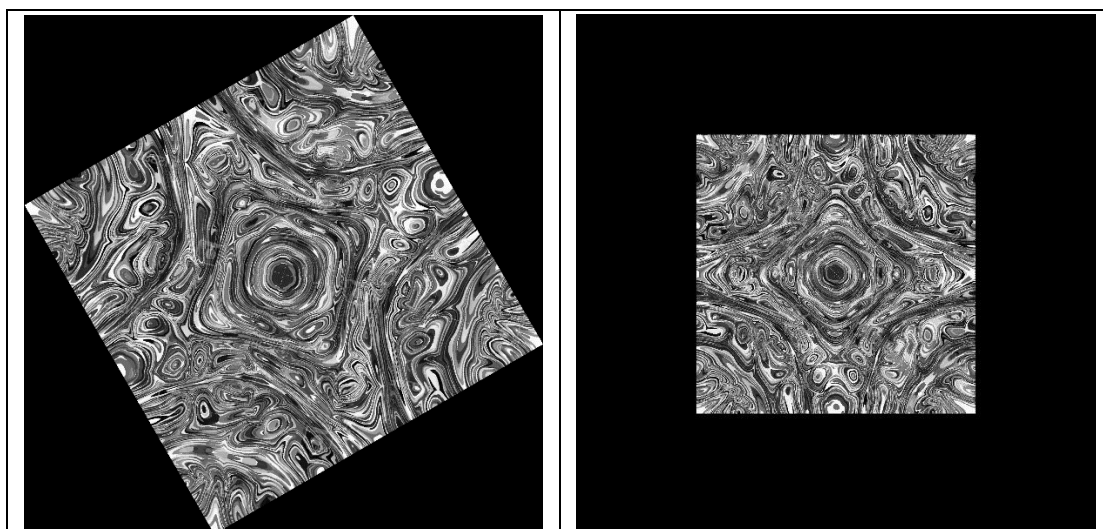


圖 3、逆時針 120°&轉順時針 120°回正的 complex_texture (Bicubic)



	PSNR_A2	13.9412	1×1
	PSNR_A4	16.1627	1×1
	PSNR_A6	13.6954	1×1

圖 4、A2(Bilinear) A4(Nearest neighbor) A6(Bicubic) 與原圖比較 PSNR

在複雜紋理下，三種的 PSNR 都沒有超過 20dB，主要原因應該是圖片中的線條間距太小使旋轉後的插值動作無法呈現原始的形狀

表四、complex_texture.png 旋轉 45°

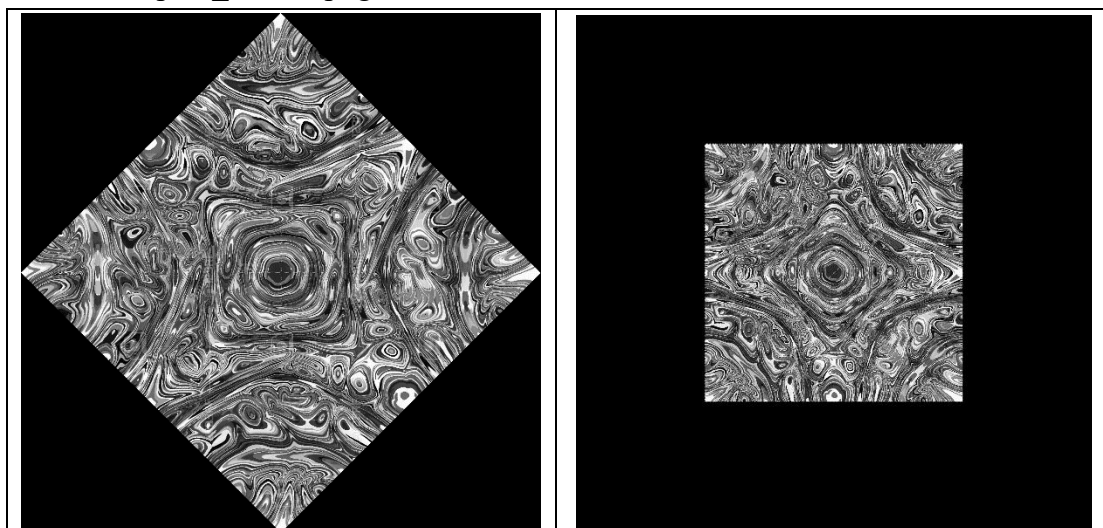


圖 1、逆時針 45°&轉順時針 45°回正的 complex_texture (Bilinear)

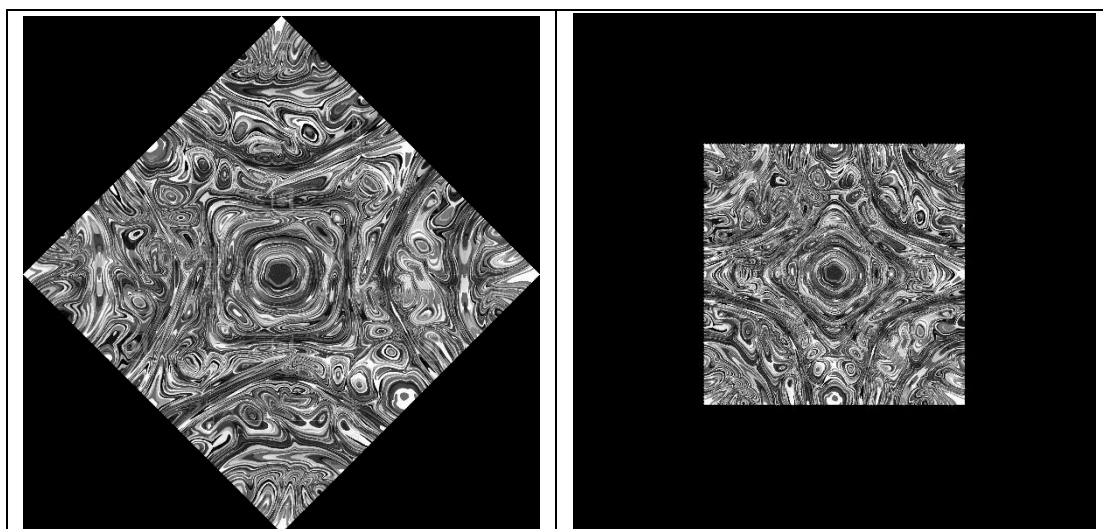


圖 2、逆時針 45°&轉順時針 45°回正的 complex_texture (Nearest neighbor)

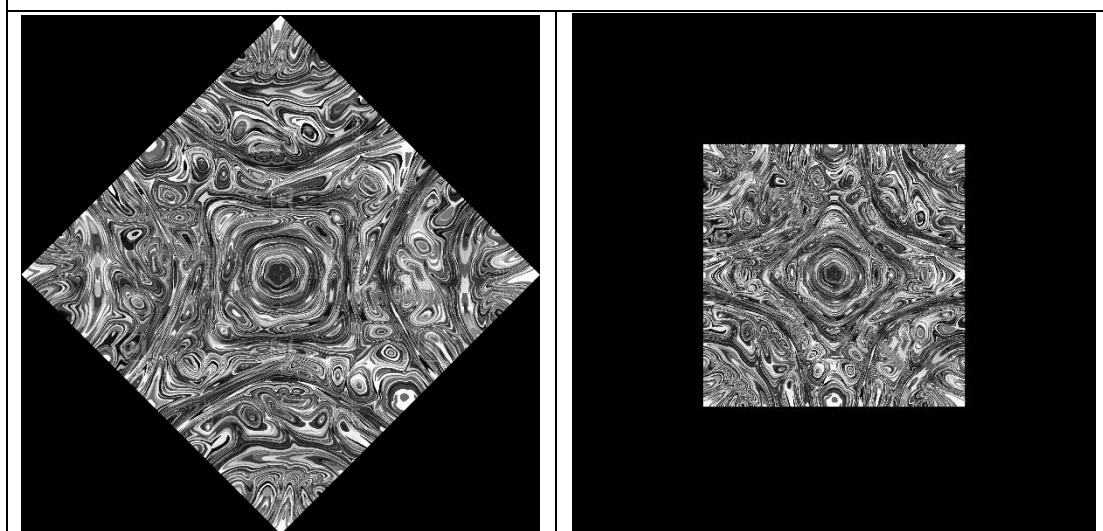


圖 3、逆時針 45°&轉順時針 45°回正的 complex_texture (Bicubic)

	PSNR_A2	16.1235	1×1
	PSNR_A4	16.1785	1×1
	PSNR_A6	11.8770	1×1

圖 4、A2(Bilinear) A4(Nearest neighbor) A6(Bicubic) 與原圖比較 PSNR

在 45 度旋轉中，Nearest neighbor 的 PSNR 與 120 度相較沒有太大變動，反而是 Bilinear 有提升約 2.2dB。

表五、complex_texture 細節比較

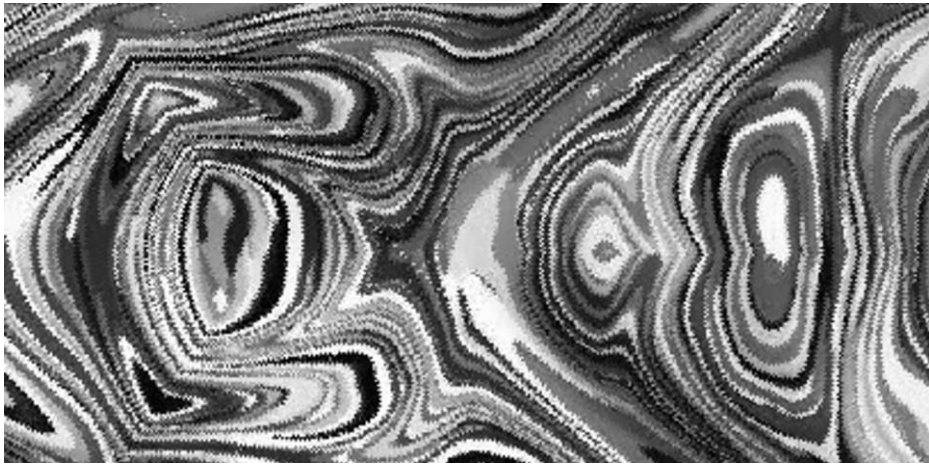


圖 1、complex_texture (Nearest neighbor)

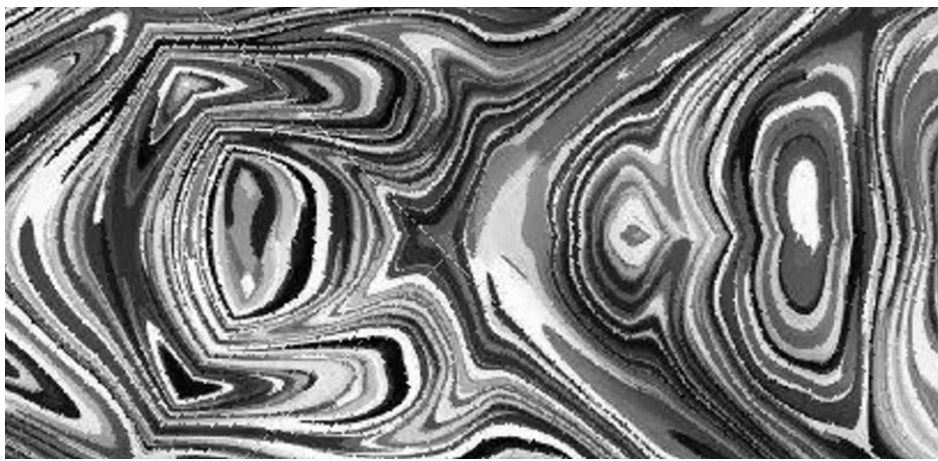


圖 2、complex_texture (Bilinear)

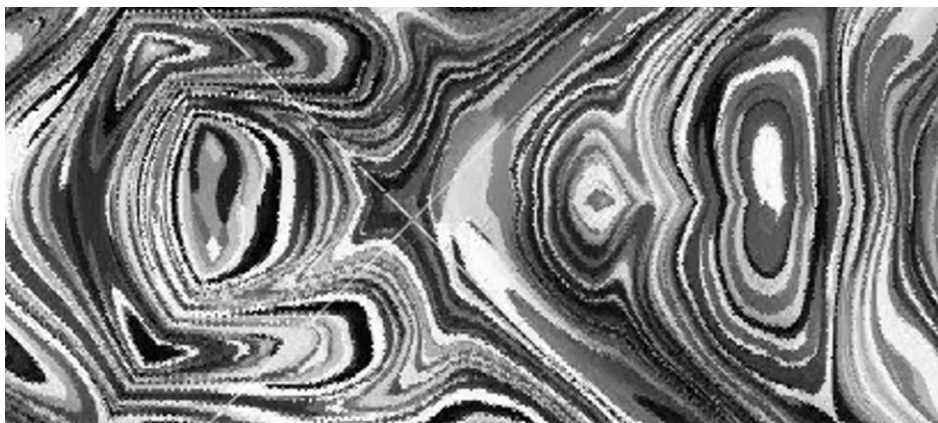


圖 3、complex_texture (Bicubic)

透過上圖放大我們可知道鄰近插值法的圖片效果以鋸齒狀為主，尤其在圖片紋理複雜的情形下最為嚴重；相較於雙線性及雙三次插值法，其呈現效果為平滑，物體邊緣描繪遠大於鄰近的補色方法，但仔細觀察可發現雙線性的邊緣呈現比雙三次還要好一些。

· 本次作業心得

這次作業 3.1 讓我了解到不同濾波器的緣起發展，以及背後故事的誕生，很難想像能夠應用在不同領域；3.2 確實花了不少時間在研究圖片旋轉後的插值方法，畢竟與圖片 **enlarge** 的原理不一樣，不能用 **Zero-interleaved** 的概念套用到旋轉插值上，且 PSNR 還會依據旋轉角度的不同有所變化，分析上確實頗有難度。

· 參考資料

<https://medium.com/swlh/what-is-a-kuwahara-filter-77921ce286f2>

https://blog.csdn.net/sinat_31987445/article/details/88870757

<https://www.cnblogs.com/Vicky1361/p/13917902.html>

<https://www.fatalerrors.org/a/0N530zo.html>

<http://yzu1022cs362s991407.blogspot.com/2014/03/image-scaling-and-rotation.html>

<https://ir.nctu.edu.tw/bitstream/11536/43797/1/752301.pdf>