

## 連續調灰階影像視覺秘密分享

朱正民<sup>1</sup> 黃立仁<sup>2</sup> 黃賦宇<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 中州科技大學機械與自動化工程系 chucm@dragon.ccut.edu.tw

<sup>2</sup> 中州科技大學機械與自動化工程系 lrhwang@dragon.ccut.edu.tw

<sup>3</sup> 中州科技大學工程技術研究所研究生 davidmk3@hotmail.com

### 摘 要

視覺秘密分享是在 1995 年 Naor 及 Shamir 所提出的資訊隱藏技術，它是僅利用影像重疊，即可靠我們的視覺來解讀秘密內容。是一種相當便利的資訊隱藏技術。由於極為方便，且非常適合應用於敏感性資料。在近年來也有許多學者提出了多種方法。從單純的文字影像到複雜的照片影像，皆有不同且多樣化的研究方法。

在這些方法皆需要將影像利用半色調技術轉化成二元影像。若要直接採用原始的連續調影像，卻因連續調影像的影像像素繁多，在經重疊後更是複雜，難以掌握重疊後所呈現的秘密影像。

我們利用了光學中的減色重疊原理，取代了半色調技術來製作。使繁多複雜的重疊影像像素，皆可清楚地利用公式計算出，讓原本極為複雜的數值明確化。成功的將灰階的連續調影像，應用於極為便利的視覺密碼之中。

**關鍵詞：** 視覺秘密分享、資訊隱藏技術、連續調影像、減色重疊原理、視覺密碼

---

通訊作者

姓名：朱正民





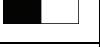





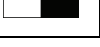

E-mail：chucm@dragon.ccut.edu.tw

## 壹、介紹

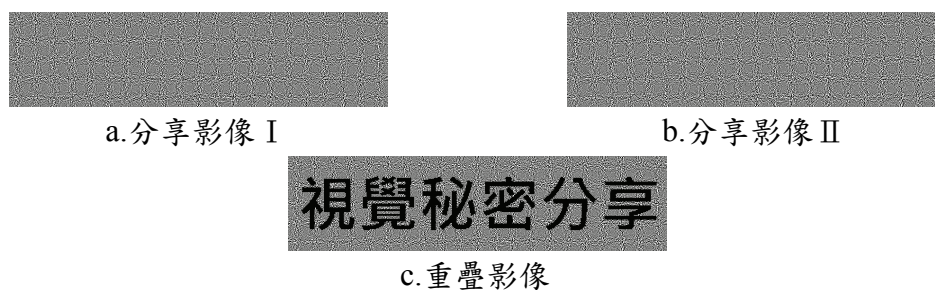
### 一、視覺秘密分享原理

視覺秘密分享技術起源於 1995 年，由 Naor 及 Shamir 兩位學者所提出[6]。是屬於較新興的資訊隱藏技術之一。它是利用兩張或多張影像進行重疊，來取得秘密資訊，完全不需要靠任何精密複雜的運算，亦是資訊隱藏技術中，擁有極高的便利性。對於非機密的敏感性資料上擁有著相當高的利用價值。

表一、視覺秘密分享基礎模型

秘密	A 區塊	B 區塊	A、B 區塊重疊
□			
			
■			
			

表一是視覺秘密分享的基礎模型，它是利用了影像重疊中，黑色會覆蓋白色的特性。將秘密設定為黑色或白色，分佈於分享影像中。則分享影像在經過重疊後，便會將秘密呈現出來。如圖一。

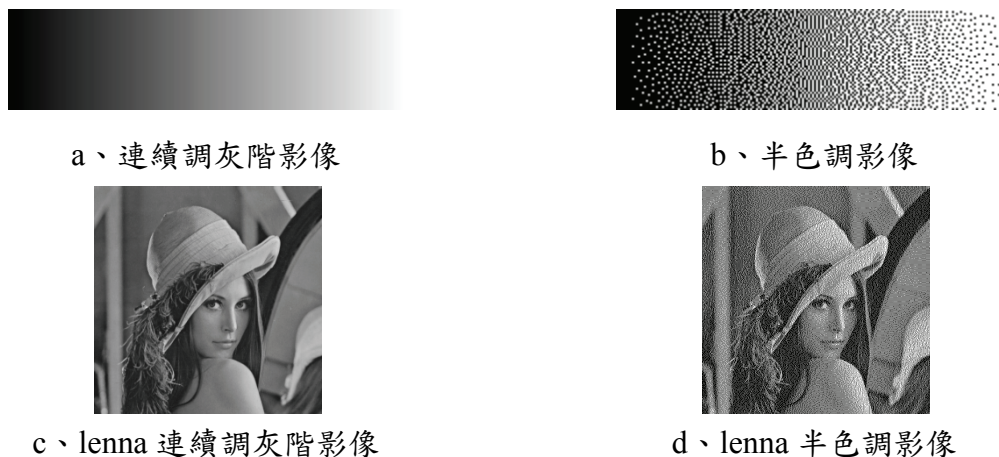


圖一、視覺密碼分享影像

### 二、半色調技術

半色調技術是利用黑點與白點的分佈密度來模擬色階的方法，當色階接近白色時，則黑點分佈密度較低，白點分佈密度較高。當色階接近黑色時，則黑點分佈密度較高，白點分佈密度較低。如圖二。





圖二、連續調影像與半色調影像

## 貳、相關研究

現今的視覺秘密分享，主要分為兩大類，像素擴展[1-3,5-6]及像素不擴展[4]。其各有優點及缺點。以像素擴展而言，在像素經擴展之後，會有原始影像產生變形及儲存空間變大…等問題。但我們可利用擴展後的像素來加入其它影像到分享影像上，來做為偽裝影像。而像素不擴展技術，雖改善了像素擴展所引發的問題，卻無法加入其它影像到分享影像上，來做為偽裝影像。且現今的研究中，都是先將連續調灰階影像利用半色調技術，把影像轉換成半色調影像來製作，並無直接採用連續調灰階影像製作，因此我們各取一篇較近期以半色調技術製作的相關研究來簡單介紹。

### 一、像素擴展的視覺秘密分享

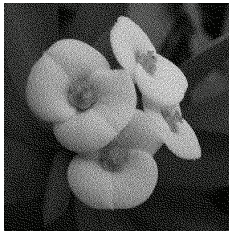
王中全、朱正民、黃賦宇[1]，提出一種影像經重疊後，降低秘密影像的失真率，容易辨視的有意義的視覺秘密分享最佳化方法。其做法如下：

- (一) 依照秘密影像 (*secret image*，即將以秘密資訊藏入其他影像的影像) 產生參考影像 (*expanded image*，由秘密影像所產生，為不使影像重疊還原時，破壞秘密影像，因分享影像上的黑點必需與參考影像的黑點位置相同，亦是分享影像重疊後所顯現的影像)。
  1. 當秘密影像為黑色時，則將秘密影像素擴展為 4 點全黑的 2x2 影像。
  2. 當秘密影像為白色時，則將秘密影像素擴展為 2 點黑，2 點白的 2x2 影像。
- (二) 依照偽裝影像 (*stego-image*，在分享影像上所呈現的影像) 產生分享影像 (*share image*，藏入秘密資訊後的影像，如同密碼學中的金鑰或密鑰)。
  1. 當分享影像為黑色時，則將分享影像素擴展為 2 點黑，2 點白的 2x2 影像，且黑點位置必需與參考影像的黑點位置相同。

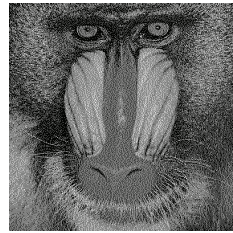


2.當分享影像為白色時，則將分享影像素擴展為 1 點黑，3 點白的 2x2 影像，且黑點位置必需與參考影像的黑點位置相同。

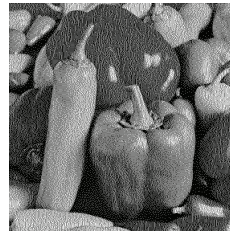
我們以圖二 (d) 做為秘密影像，圖三 (a) (b) (c) (d) 做為偽裝影像，圖四為依照上述做法所產生四張分享影像。圖五為圖四的四張分享影像經重疊後得到秘密影像。



a、偽裝影像 1



b、偽裝影像 2

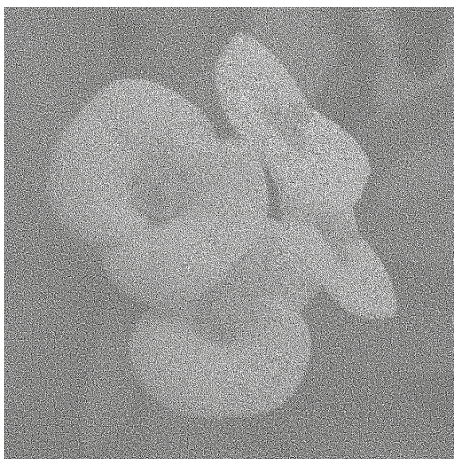


c、偽裝影像 3

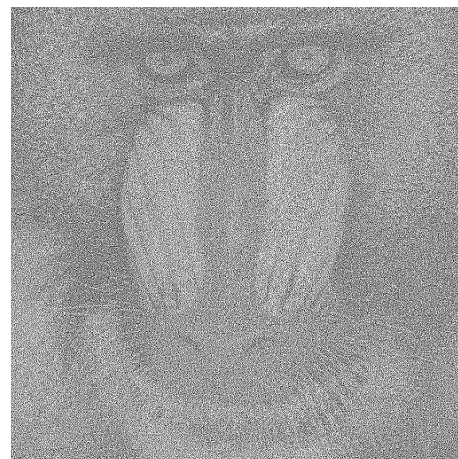


d、偽裝影像 4

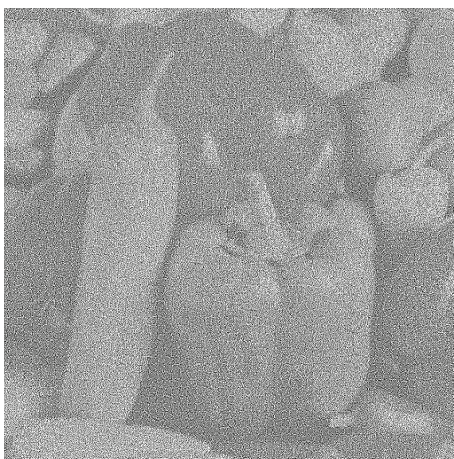
圖三、偽裝分享影像用的影像



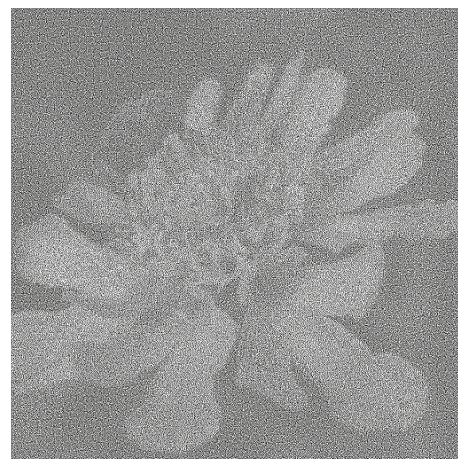
a、分享影像 1



b、分享影像 2



c、分享影像 3



d、分享影像 4

圖四、王中全、朱正民、黃賦宇[1]所提出方法所產生的分享影像







圖五、圖四 (a) (b) (c) (d) 重疊後的影像

## 二、像素不擴展的視覺秘密分享

侯永昌、官振宇[4]，提出一種像素不擴展技術的視覺秘密分享，其作法如下：

- (一) 設定分享影像  $S^m$  為  $n$  張， $m=1,2,\dots,n$ 。
- (二) 產生兩個  $n \times n$  大小的分享矩陣  $c^0$  及  $c^1$ ，在  $c^0$  矩陣上的第一列設為 1，其餘設為 0；而  $c^1$  矩陣則是在矩陣對角線上設為 1，其餘為 0 (0 代表白色，1 代表黑色)。如下表二。

表二、侯永昌、官振宇的像素不擴展視覺密碼分享矩陣

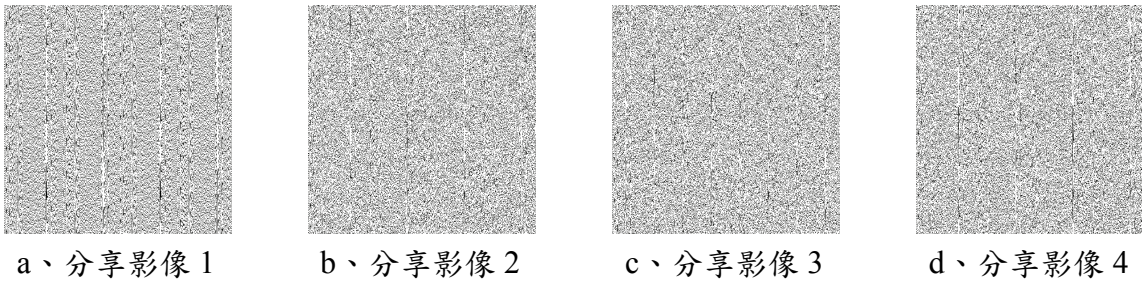
機密影像	分享矩陣 $c^0$	機密影像	分享矩陣 $c^1$
	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & \dots & 1 \\ 0 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \dots & 0 \end{bmatrix}$		$\begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & 0 & \ddots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \dots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 1 \end{bmatrix}$

- (三)、隨機取得一個  $1 \sim n$  的  $k$  值

1. 當秘密影像為白色時，則第  $m$  張分享影像上的像素值為  $c^0(k, m)$ 。
2. 當秘密影像為黑色時，則第  $m$  張分享影像上的像素值為  $c^1(k, m)$ 。



我們以圖二 (d) 做為秘密影像，圖六為依照上述做法所產生四張分享影像。圖七為圖六的四張分享影像經重疊後得到秘密影像。



圖六、侯永昌、官振宇[4]的像素不擴展視覺密碼所產生的分享影像

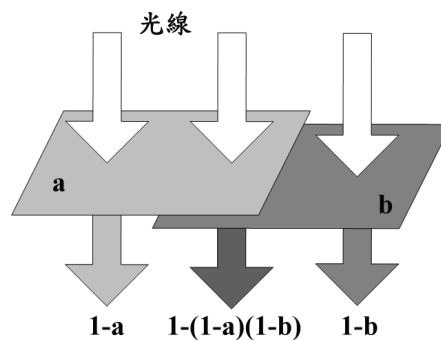


圖七、圖六 (a) (b) (c) (d) 重疊後的影像

### 參、研究方法

#### 一、光學減色重疊

以往的視覺密碼，是利用了黑白影像重疊後，僅有白點與白點重疊會得到白色，其餘皆會得到黑色的特性來制作。而在連續調影像中，有著多種色階。設 0 色階為黑色，255 色階為白色時，當 128 色階的灰色與 128 色階的灰色重疊後，並非會得到 0 色階的黑色。



圖八、減色重疊



如圖八。依光學角度來看，假設光線為 1，a 影像的像素為 a，b 影像的像素為 b。當光線穿透 a 影像後，則光線亮度剩下 1-a，同理，當光線通過 b 影像後，則亮度剩下 1-b，若 a 與 b 影像重疊時，則 a 影像重疊 b 影像之後改變的像素即為 (1-a)(1-b)，當光線同時通過 a、b 影像後，則亮度為 1- (1-a) (1-b)。依此，我們將重疊公式整理如下：

$$c=1-(1-a)(1-b),0 \leq a \leq 1,0 \leq b \leq 1, \quad (1)$$

其中 a、b 為分享影像，c 為重疊影像

由公式 (1) 可得：

$$c=a+b-ab,0 \leq a \leq 1,0 \leq b \leq 1, \quad (2)$$

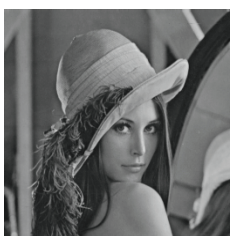
依公式 (2)，因 c 值是已知的數（秘密影像的像素值），此時若已知 a 值，則：

$$b=\frac{c-a}{1-a},0 < a \leq c,0 < c \leq 1, \quad (3)$$

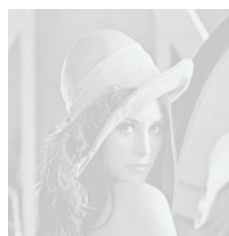
從公式 (3) 中，c 值為秘密影像的像素值，a 值與 b 值則為分享影像的像素值。由於 c 值是已知的數值。若我們利用特定的方法來設定 a 值，則便可計算出 b 值。相反的我們以特定的方法來設定 b 值，亦可計算出 a 值。此時我們將計算出的 a 值與 b 值，代入公式 (2) 後，意即將 2 張分享影像重疊，便可得到秘密影像之像素值。

## 二、秘密影像淡化處理

視覺秘密分享，主要是利用影像重疊來達到解密的效果，而分享影像上不讓人查覺有秘密影像。在連續調影像中，有著多種色階。以 256 色階的連續調影像來說，當影像差距 8 個色階以上就能讓我們感覺到色差。因此，我們必需先將秘密影像經過淡化處理。如圖九。



a、未經過淡化處理



b、經過淡化處理

圖九、秘密影像

連續調影像的重疊中，愈接近黑色的影像重疊，色差變化較大，而愈接近白色的影像重疊，色差的變化就比較不會那麼明顯，因此在影像重疊，所還原秘密影像效果，並不會受到

淡化處理後，而影響到影像品質，導致秘密影像無法分辨。

### 三、分享影像產生流程

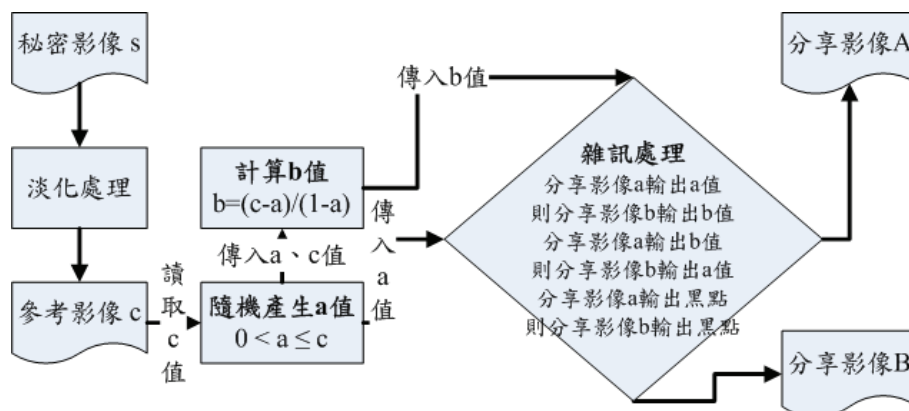
圖十為分享影像產生流程圖，在秘密影像經過淡化處理後，產生一張參考影像即圖九 (b)，此影像的像素值即為 c 值，我們依 c 值來隨機產生 a 值，產生原則，不可為 0，且不可大於 c 值。再依公式 (3) 來計算 b 值。此 a 值與 b 值若直接儲存於分享影像上，如果仔細觀查，還是能夠查覺秘密影像，因此必需在經過雜訊處理，再以類似浮水印的方式，將 a 值與 b 值分別交錯儲存於分享影像。其規則如下：

以 15% 的機率產生雜訊黑點

如果分享影像 a 存入 a 值；則分享影像 b 存入 b 值

如果分享影像 a 存入 b 值；則分享影像 b 存入 a 值

如果分享影像 a 存入黑點；則分享影像 b 存入黑點



圖十、分享影像產生流程圖

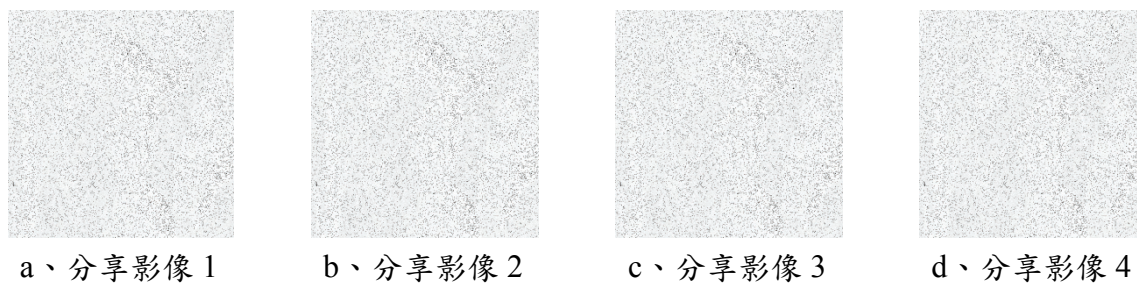
## 肆、實驗結果與討論

### 一、實驗結果

我們以圖九來做為秘密影像，產生四張分享影像。如圖十一，在任兩張分享影像經過重疊後，即可分辨出秘密影像，如圖十二 (a)，在四張分享影像重疊後後，秘密影像則更容易辨視。如圖十二 (b)







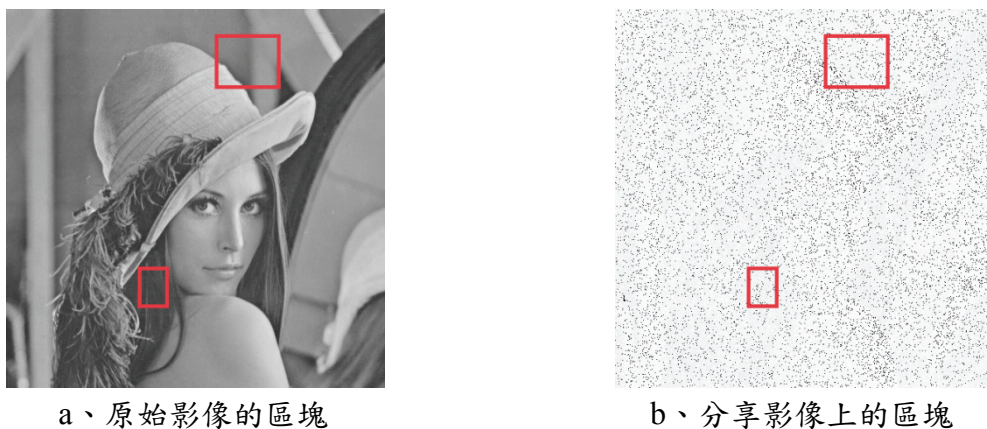
圖十一、分享影像



圖十二、重疊影像

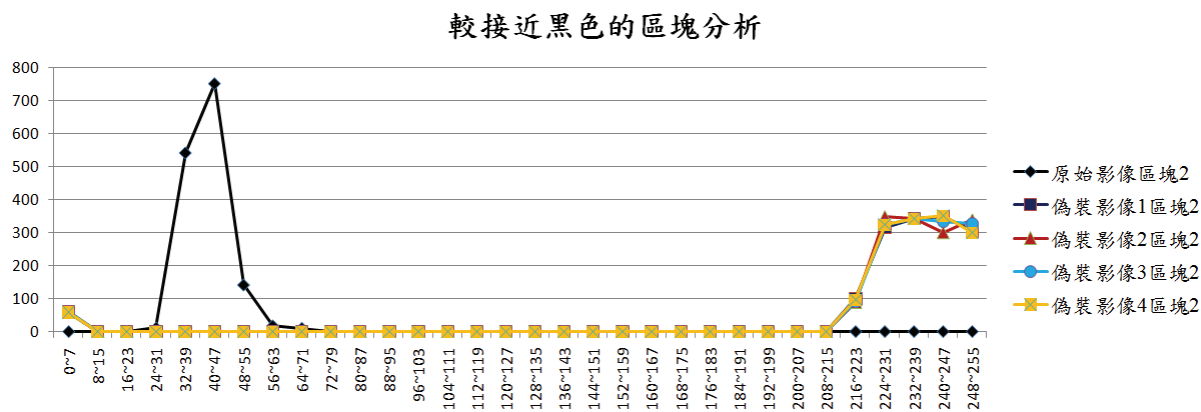
## 二、安全性分析

由於我們的作法並不是使用半色調影像來製作，而是連續調影像。固無法使用相同的方法，如計算分享影像上的黑點與白點的分佈比例，來分析安全性。因此，我們擷取了兩個在所有影像相同位置的區塊。一個區在原始秘密影像上較接近黑色，另一個區塊則接近白色的灰色。如圖十三。

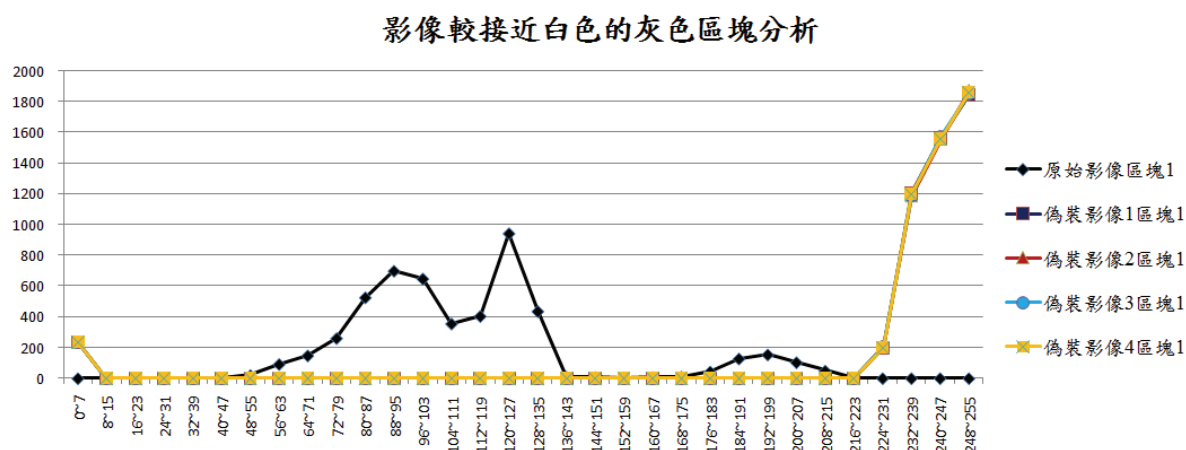


圖十三、安全性分析所擷取之區塊

我們將這兩個區塊提取出像素值，因像素色差在 8 以上，我們的視覺便可查覺色差，所以我們以 8 為單位，統計所有像素之區間的數量。如圖十四、十五。



圖十四、較接近黑色的區塊分析



圖十五、較接近白色的灰色區塊分析

在電腦讀取影像像素值，0 為黑色，255 為白色。從圖十四中，原始秘密影像的像素值皆集中在 32~55 之間，偏於黑色。而分享影像的像素值皆在 216 以上，偏於白色。而圖十五中，原始秘密影像的像素值皆集中在 63~135 之間，偏於灰色。而分享影像的像素值皆在 224 以上，偏於白色。從兩個區塊來看，原始影像的像素分佈差異甚大，而分享影像的像素值都分佈在 216 以上，並沒有很明顯的差異。因此。我們在分享影像上所看到的僅有部分黑色雜點。而無法直接查覺到秘密影像。



## 伍、結 論

以往的視覺秘密分享，皆使用半色調技術來製做。而連續調影像的像素繁多，難以掌握，且像素色差差距太大，也可能使秘密影像顯現於分享影像上。我們利用了，部分的光學理論，以減色重疊的方式來取代半色調技術，成功的掌握住，原本難以掌握的連續調影像像素。在對於將視覺秘密分享在彩色連續調影像上應用更是邁進一大步。

## 參考文獻

- [1] 王中全, 朱正民, 黃賦宇, “有意義漸進式視覺秘密分享最佳化研究”, 第十屆離島資訊技術與應用研討會 (2011 ITAOI), 2011, 5月
- [2] 黃賦宇, 王中全, “清晰有意義漸進式秘密分享新法”, 第七屆離島資訊技術與應用研討會 (2008 ITAOI), 2008,5月
- [3] 張真誠, 黃國峰, 陳同孝, “電子影像技術”, 旗標出版股份有限公司, 2003, 8月, pp. 296
- [4] 侯永昌, 官振宇, “像素不擴展之漸進式視密碼”, 電子商數學報第十三卷第一期, 2011, 3月, pp. 99-115
- [5] Fang, W. P., “Friendly Progressive Visual Secret Sharing,” *Pattern Recognition*, Vol. 41, No. 4, pp. 1410-1414, Apr. 2008
- [6] Naor, M., and Shamir, A., “Visual Cryptography,” in *Advances in Cryptology-EUROCRYPT '94*, LNCS 950, Springer-Verlag, 1995, pp. 1-12