

## 由美女圖淺談影像及列印技術

南台科技大學 電機系 趙春棠



高：210 像素 寬：190 像素 解析度(Resolution)：72 dpi(像素/英寸)

目前數位科技發達，人手一個手機，到處都是數位相機、數位列印，進入了一個「沒有底片的時代」，所以建立一些有關影像的基本觀念是不錯的。

### 一、規格簡說

「高:210 像素,寬:190 像素」這說明圖像是由「點、像素(pixel)所組成,圖由上而下(高) 每一條「欄掃描線」共有 210 點;圖由左至右(寬) 每一條「列掃描線」共有 190 點。所以總的來說,整張圖共有

$210*190=39900$  像素 請讀者現在用尺量一量您所看到的圖的大小,這和您電腦所設定的螢幕解析度有關(開始>控制台>顯示>螢幕解析度)一般常設定為  $800*600$  (螢幕高共 600 像素,寬共 800 像素) 或  $1024*768$ (螢幕高共 768 像素,寬共 1024 像素) 首先計算螢幕像素總數如下:

$$800*600 = 480000 = 48 \text{ 萬 像 素}$$

$1024*768 = 786432 = \text{約 } 78.6 \text{ 萬 像素}$  您是否發現螢幕像素總數不過幾十萬,可是數位相機的廣告,都是在比「幾百萬」的,不是嗎?

數位相機當然不是利用底片感光,而是讓光線聚在電荷耦合裝置(Charge-Coupled Device)也就是俗稱的 CCD 上。這種以矩陣方式排列的半導體,是由許多微小感光元件(一感光元件對應一像素)所組成,可將光能轉換成電荷。微處理器則將每一個像素裡的電荷轉換成數位訊號,並組成實景的影像。而其實數位相機的重點,在於每一感光元件的效果,更何況如果只是要列印出一般的相片大小(如  $4*6$ )真的不須四、五百萬的像素,因為若說到列印,還牽涉到列印的設備與技術,這部分若沒有配合,影像再精密也沒有用的,看完本文,您應該會明白。對了,方才請您量一量您所看到的圖的大小,您量了嗎?在  $1024*768$  的設定下,圖形會比  $800*600$  的設定下顯得比較小,這是很正常

的，您是否知道原因？要想一想喔。

這張圖還有一個規格「**解析度(Resolution)**：72 ppi(像素/英吋)」這主要是影響到列印的時候。意思是說，除非列印時使用者重新作放大縮小，否則每一英吋（1 inch=2.54 公分）要印 72 像素。利用這個規格，我們就清楚知道列印出來後的圖形大小了。以下是計算結果：

$$210/72 = 2.92 \text{ inch} \quad \text{【縱向】}$$

$$190/72 = 2.64 \text{ in} \quad \text{【橫向】}$$

由計算結果可知，這張圖列印出來的大小為 2.92 in \* 2.64 inch。由於**螢幕解析度恰與這張美女圖的解析度(72 dpi)**並不會差到很遠，所以說，印出來圖片大小會與螢幕上看起來的大小差不多。

談到螢幕解析度，前述的 800\*600 或 1024\*768 其實不是真正的螢幕解析度，解析度的單位是 dpi (dots per inch, 每英吋的點數)【另有 ppi，其實兩者差不多，本文省略不區分】讓我們試著簡單「估算」17 吋螢幕，當螢幕設定 800\*600 時，在螢幕「寬」方向的解析度吧。螢幕 17 吋，指的是 螢幕對角線的長度，所以如此可以「估算」得螢幕寬度為 17 吋除以根號 2，亦即

$$17/(1.414) = 12 \text{ 英吋}$$

故螢幕「寬」(橫)方向的解析度約為：

$$800/12 = 66.67 \text{ dpi}$$

同理，螢幕「長」(縱)方向的解析度約為：

$$600/12 = 50 \text{ dpi} \text{ 以上只是估算而已【假設螢幕是正方形】}$$

請有興趣的讀者，不妨用尺量一下您的螢幕的實際寬及高，如此一來，您可以實際計算你螢幕的解析度喔。

**二、三原色** 如果用水彩的純紅色加上純綠色，再加上純藍色，會變成什麼色？不要懷疑，是黑色。

那麼改

為考慮光線，純紅光加上純綠光，再加上純藍光，會變成什麼光？答案是白光喔。所以說，色和光是不同的。首先介紹**色光三原色**：

**紅 (Red) 綠 (Green) 藍 (Blue)** 是**色光三原色** 螢幕上的每一點彩色像素，各是由三種光合成的喔。我們現在螢幕上所看到的美女相片，前面計算所得的 39900 像素，每一點像素，都是各由三種光合成的喔。以下就是將美女圖，分解的結果：

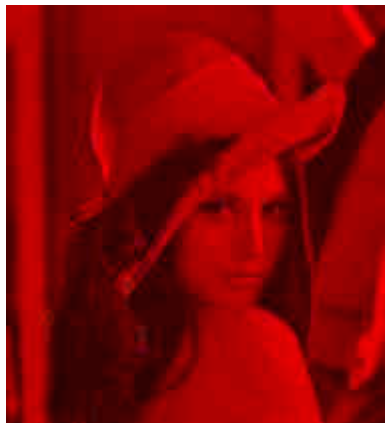


圖 2.(a)

圖 2.(b)

圖 2.(c)

看吧，分解成 R、G、B 三個部分了。看到這樣的分解圖，筆者都會想起過去在工研院光電所服務，研發彩色熱轉式印表機的日子。記得當時偶而會有貴賓來訪，我的學長（當時擔任課長）就會事先將這樣的分解圖，印在投影片上（必須使用列印顏料會透光的列印技術）然後就會表演起他的絕活，也就是將這三張投影片，一張一張的疊上去，當第三張投影片放上去時，現場總是出現驚呼聲，令人不可思議！想想我們人的眼睛只能看到可見光，如果還能看到其他波長的光，想必也是難以想像

（如特異功能、禪定，能看穿人體）

請看圖 2 每一分解圖，每一像素光的深淺不同，一般來說，都是分為 256 種程度，例如 0、1、2、……、254、255（即 00000000、00000001、……、11111110、11111111）因此這必須用 1 個位元組（Byte）【註：1Byte=8 Bits】的記憶量來儲存。因為有三種原色光，所以每一點像素，必須用 3 個 Bytes 來儲存每種原色光的光度大小。每一種顏色，都由三種原色光來組合，這三種原色光，每一種有 256 不同程度的亮度，如此就共可組合成一千多萬種顏色，這就是所謂的「全彩（True Color）」計算式如下：

$256*256*256 = 16777216$  【一千多萬種色哦！】為何稱作全彩？因為根據研究，它所能涵蓋的「色域」，只比人的眼睛所能分辨的色域小一些些，趨近人所能辨識的極限。

前述每一點像素，必須用 3 個 Bytes 來儲存，所以我們有能力來計算美女圖的大小了，計算如下

$$210*190*3 = 39900*3 = 119700 \text{ Bytes} = 119.7 \text{ KB}$$

意即如果我們若以 BMP 檔案格式來儲存我們這張美女圖「大約」佔 119.7KB。為什麼說「大約」？因為每一種檔案格式（File Format）除了儲存每一點像素資料外，尚須紀錄許多有關這張影像的資料，例如我們前面所說的影像寬、高、解析度等，這些資料通常是紀錄在檔案的最開頭（檔頭）程式設計者，就是寫程式開啓檔案，讀取檔頭資訊後，然後再讀取影像資料，如此才能呈現整張圖的。補充說明的是，事實上這張美女圖我們是只花了 14KB（實際：13,756 Bytes）的記憶量，遠比 119.7KB 小了好幾倍。因為我們是採用 JPEG（原檔檔名 lena.jpg）檔案格式來儲存【BMP 檔案格式則完全不壓縮】這種格式具有壓縮的功能，在學理上，這是在頻譜上的壓縮方式，是一種破壞性的有損壓縮。

想起小時候，老師大都教紅、綠、藍，是三原色，可是讀者不妨打開你的彩色噴墨或雷射印表機，看看裡面的顏料顏色，卻發現了以下不同的顏色，結論如下：

青藍（Cyan）洋紅（Magenta）黃（Yellow）是色彩三原色 所以請讀者記住，螢幕看到的是「光線」而印表機印出來的是「色彩」兩者不相同。在學理上，這 C、M、Y 三種色，與前述的 R、G、B 三種色，有「互補色」的關係，所以由影像檔中的 R、G、B 三種色的資料，能夠輕易地轉換成 C、M、Y 三種色的資料，印表機就根據這些資料量來決定列印。事實上，目前彩色噴墨或雷射印表機中，除了 C、M、Y 三種色外，另有黑色（black）因為 C、M、

Y 三種色加起來就是黑色，但直接以黑色來列印會更經濟有效，所以請讀者記起來，列印四原色：C、M、Y、K（彩色熱轉式印表機只有 C、M、Y 三種色即可）

### 三、灰階與黑白

R、G、B 三種彩色光度，分別可以對應不同的照度 Y（Lumiance）公式如下：

$$Y = 0.299 * R + 0.587 * G + 0.114 * B$$

利用這個觀念，我們就可以將彩色圖片每一像素的 R、G、B 值，經過以上公式，轉成每一像素的照度 Y。由每一像素的照度 Y，所組合的圖片，就稱為灰階圖片。下圖為美女圖的灰階圖，以及美女的左眼放大 16 倍的情形：



圖 3.(a)

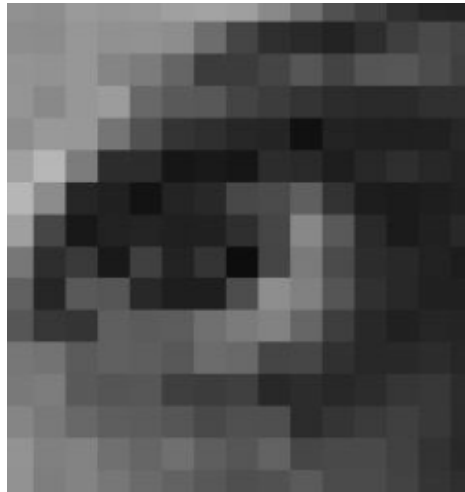


圖 3.(b)

觀察灰階圖，我們可以很清楚的了解「灰階」的意義，簡單來說，也就是「純黑」與「純白」之間，還有「灰」的地帶，一般的灰階，如同前面的單原色光一樣，共分為 256 種程度，亦即

0（純黑色，因為沒有光）、1、2、...、254、255（純白，因為光度最亮）所以每一像素必須用 1 個位元組 (Byte) 的記憶量來儲存，故簡單來說，圖檔大小約是全彩圖的 1/3。以單色為例，256 灰階度，人眼已幾乎是辨識的極限！

注意哦！「灰階」圖與「黑白」圖是不一樣的，這點非常重要！「黑白」圖裡面的每一像素，不是「純黑」就是「純白」，絕對沒有「灰」的地帶喔。以下圖 4 是美女圖的黑白圖，以及美女的左眼放大 16 倍的情形。比較出來了嗎？真的每一點不是「純黑」就是「純白」哩。圖 4 的黑白圖，原理很簡單，可以說是將原本 256 種程度的灰，一分為二，將

灰度：0~127 => 0（純黑）

灰度：128~255 => 1（純白）如此一來，資料儲存更省空間

了，一個像素只須一個位元 (Bit) 就可以了，簡單來說，圖檔大小約是灰階圖的 1/8。



圖 4.(a)

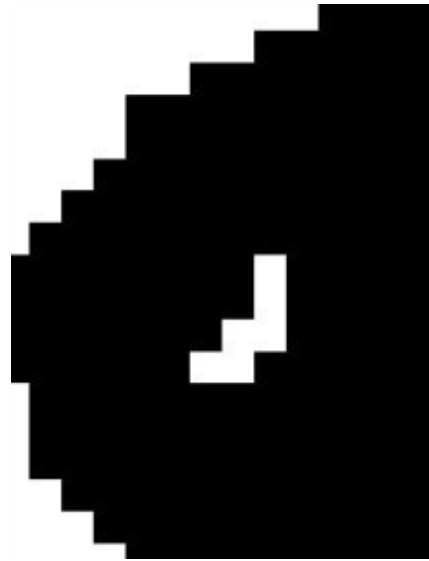


圖 4.(b)

圖 4 的「黑白」圖，原理非常簡單，通常用來處理單純的黑白文字或圖畫，但對於處理實際影像，效果並不好。圖 5 才是應用在影像的黑白圖，亦即「半色調」(Half Tone) 具有「網點」的「黑白」圖。如下是美女的「半色調網點黑白圖」以及美女的左眼放大 16 倍的情形。



圖 5.(a)



圖 5.(b)

不要懷疑喔！圖 5.(a)裡面的每一點，真的不是「黑」就是「白」喔！由圖 5.(b)不就可以印證了。關於網點，有分散、擴散、圓形、菱形、方形、十字等等形狀，而如何產生這些網點，是根據一種經過設計的「演算法」所產生，常有研究人員專注於這演算法的研發改良。說到這裡，讀者真的了解「灰階」與「黑白」的區別嗎？以下句子考考讀者：

一般俗稱的「黑白」電視，學理上應稱為「灰階」電視才是聰明的您，是否了解了？

三、列印技術 以下探討列印技術，我們以單色為例即可，單色了解了，彩色也就迎刃而解了，如前所述，彩

色圖就是依 C、M、Y、(K) 等原色，分別連續套印即是。例如先印出 C 色，整個印完後，然後再套印 M 色，整個印完後，再印 Y 色即成。請讀者再回頭看像圖 5 這樣的「半色調網點黑白圖」自然比圖 4 單純的黑白圖，效果好多了，如果我們不放大來看，簡直不敢相信哩，一定會以為圖 5 是像圖 3 的灰階圖，是嗎？或許有讀者會說：不會吧！圖 5 和圖 3 差那麼多，怎麼會搞錯？！不要說大話 喔，說你不會搞錯喔。這裡告訴你一個事實，若我們能大量增加圖 5 的像素密度，增加其解析度，則圖 5 列印出來時，自然就會變成圖 3 灰階圖的效果哦！以下我們直接將圖 5 縮小，如此一來，就相當於「增加其解析度」的效果，如圖 6 所示。看吧！圖 6 是不是很像圖 3.(a) 的灰階圖呢？



圖 6 直接將圖 5.(a) 縮小的結果

於此，我們先整理灰階圖（圖 3）與「半色調網點黑白圖」（圖 5）之間的特色如下，希望讀者理解：

灰階圖的每一點，其本身就有顏色的深淺

「半色調網點黑白圖」是利用點的疏密，造成視覺上的顏色深淺

我們還要告訴您一個很重要的觀念：

人的眼睛所能辨別的解析度，300 dpi 大概是極限了！哈！您以為您家裡的噴墨或雷射印表機，能直接列印圖 3 的灰階圖嗎？錯哩！其實是將圖 3 轉成圖 5 的「半色調網點黑白圖」再交給印表機印的。這樣說，您或許又要不信了。請您看看您印表機的規格吧，現在的噴墨或雷射印表機，無論是在縱或寬方向的解析度，都是「好幾千」dpi 的，而我們一開始 show 的美女圖，以及計算螢幕解析度，都只不過幾十 dpi 而已，更何況我們人的眼睛，其實只能辨別 300 dpi 的解析度，那麼這「好幾千」的 dpi，目的在哪？

以噴墨印表機為例，假設噴出的墨噴在某一點，我們看出是黑色的，可是若在「同一點」繼續再噴多次，卻不會讓人感到顏色變深，所以說噴墨印表機要直接印灰階圖是不可行的。從另一個角度來看，如果說噴墨印表機要直接印一個 256 色階的灰階圖，那麼意思就是說每一像素，被噴墨的次數可能由 0 到 255 次不等，您想想，那還得了？肯定噴出來的圖，都濕糊掉了，不是嗎？所以說，因為噴墨或雷射印表機受限於其本身列印的技巧與列印材料，所以必須改採「半色調網點黑白圖」作為他的列印輸入，如此一來，每一點最多只被噴一次，而利用點的疏密造成視覺上的顏色深淺；另一方面，不斷的加大列印解析度，可以使得所能呈現的灰階度增加，以增進其列印品質。

過去筆者在工研院光電所服務期間，我們常會用高倍的放大鏡去看列印出來的圖，就連雜誌上美麗的彩色圖案，也是在極高的列印解析度下，分別利用 C、M、Y 三種「半色調網點圖」三次套印出來的結果，就這樣的，騙過了讀者的眼睛。說到這裡，難道沒有方法直接列印灰階圖或全彩圖嗎？答案是肯定的。筆者當年參與研發的彩色熱轉式印表機便是。這種熱轉式印表機是利用一種燒寫

頭來燒寫色帶，而將色帶上的顏料，燒寫在搭配的特殊紙（類似相片紙）上。這種色帶很耐燒，就可以直接印出灰階圖或全彩圖。例如每一像素，被燒寫的次數可能由 0 到 255 次不等，燒寫越多次的點，我們就會發現顏色越深，這種現象，簡單的說，有點像我們將茶倒入杯子的時候，若茶的深度越高，由茶的上方看下去，茶的顏色看起來就會越深，所以這種列印技術，是前述的噴墨技術，作不出來的，兩者是迥然不同的。

這種同一點位置，可以利用燒寫多次，而使顏色變深的技術，我們稱爲「連續色調 (Continuous Tone)」列印技術，簡單來說：

利用「連續色調」列印技術，可以直接列印灰階圖，有別於前述的「半色調列印技術」。當然，也有一種色帶是不耐燒的，同一點位置最多只能燒一次，一旦被燒過，色帶在該點的顏色就沒了，該點就變透明了，如果是這種色帶，還是必須使用「半色調列印技術」。這樣讀者是否清楚了？值得一提的是：

若採用「連續色調 (Continuous Tone)」列印技術，300 dpi 已幾乎 100% 足夠！這裡向讀者說明的是，過去筆者在工研院研發彩色熱轉式印表機，我們所採用的燒寫頭以及色帶，都是日本製作的，當時實驗室所購買的彩色熱轉式印表機（如 Kodak 品牌）或臘染式印表機，以及我們研製的機型，都只有 300 dpi，絕對不是像一般噴墨或雷射印表機，都在比幾千的 dpi，其中的玄機，如今讀者應該都了解了，重點在於採用何種列印技術呀！爲什麼是 300？前面不是說過？人的眼睛所能辨別的解析度，300 dpi 是極限了。

假如有一台 300 dpi 彩色熱轉式印表機，採用連續色調列印技術，它能夠對單原色的每一點，作出 256 的色階，原此一來，分別對 C、M、Y 三種原色套色後，就能印出「全彩」的圖形了，如此一來，我們可以很有自信的說，再不會有其他圖，能比這台印得更好了。因爲「300 dpi」與「全彩」這兩者都可說是人類的極限了。說得更正確點，應該是說若還有其他印表機規格比此更高，我們人的眼睛也分辨不出來了。這樣理想的機器存在嗎？早在筆者於工研院服務期間，實驗室某 Kodak 品牌的彩色熱轉式印表機就具備這樣的水準了。日本的科技，不得不令人佩服！

最後請再回顧這張美女圖的規格【高：300 像素、寬：220 像素、解析度：72 dpi】讓我們將影像與列印技術作個總結。首先如果您以「連續色調」列印技術的印表機（一般列印規格都是 300 dpi）來印這張圖，如前述的計算，結果可印出一張大小爲 2.92 in \* 2.64 inch 的相片，結果應很不錯，理想的情況下，應該和螢幕上所看到的差不多。請讀者想想看，螢幕的呈現原理，也是每一像素本身，就可以呈現光度的深淺，並非利用點的疏密造成顏色深淺，所以和所謂「連續色調」是一致的。而螢幕解析度與 72 dpi 相近，就使得美女圖讓人看起來非常逼真，如果將圖片本身解析度提高爲 300 dpi，那更能與「連續色調」印表機，作完美的結合了【但此時圖片會縮小許多，如以下分析】

可是如果您以一般的噴墨或雷射印表機來印這張相片，您可能就會發現印出來的結果，若仔細看，會有如圖 5 的網點，令您不甚滿意。此時您不要埋怨您新買的「幾千 dpi」高解析度的印表機性能不好，問題其實是出在您的圖片本身解析度只有 72 dpi，對於高解析度的印表機來說，它實在是無能爲力，正發出「巧婦難爲無米之炊」之嘆哩！所以一般的建議：

影像圖片的解析度應設為 300 dpi，列印品質才有保障 故此時您應該利用影像軟體，如 PhotoImpact 或 PhotoShop，將此美女圖的的解析度，由 72 dpi 改為 300 dpi，則列印出的相片大小，重新計算如下：

$$210/300 = 0.7 \text{ inch} \quad \text{【縱向】}$$

$$190/300 = 0.63 \text{ inch} \quad \text{【橫向】}$$

由計算結果可知，此時列印出來的大小為 0.7 in \* 0.63 inch，實在小了許多，如此犧牲列印相片大小，才換得了列印品質。

談到這裡，我們似乎越來越清楚影像檔的規格設定，與列印技術之間的關係，所以筆者打算最後來探討數位相機的規格。如果說，我們使用數位相機照相，而一般都習慣列印成 4 inch \* 6 inch 的大小，那麼數位相機的畫素，應該要多少才夠呢？關於這個問題，還是應該分成以下兩個方面：

1. 使用 300 dpi「連續色調」列印技術、能印出全彩（每一原色皆有 256 色階）的印表機 則此時 4 inch \* 6 inch 圖像，總共應有畫素計算如下：

$(4*300)(6*300)=1200*1800 = 2,160,000$  結果告訴我們，數位相機只需要兩百多萬畫素就可以創造視覺上的極限了，當然，在列印時，請 先行利用影像軟體，將影像檔的解析度，改為 300 dpi。

如前所述，重點還在數位相機的每一感光元件的感光效果，要對每一原色，也要能感光出 256 階才有意義，畫素實在不必多，當然，如果是要印

出很大又精美的圖，又另當別論，讀者可以自行計算出。

2. 使用「半色調」列印技術的一般印表機（如噴墨或雷射） 這時我們就寄望印表機的解析度越高越好囉，如此才有機會利用「點的疏密」為每一原色創造出

階，而自然有全彩的效果。想想雜誌吧！那種列印品質，想必一般大眾都很滿意的。說到印刷技術，對於灰階照片，印刷前影像就必須經過「過網」的步驟，若是彩色照片，則還要 經過「電子分色」及「過網」的步驟，這些程序，和以上的說明是一致的。製作這些細小的網點，以往是用光學的方法，今天則幾乎完全使用電腦處理，其製作的方法是使用相當高解析度的數位成相機，將像素規劃為許多相同大小的網點矩陣，然後便可在這些矩陣中繪製網點，產生「半色調網點圖」再印出了。

#### 四、后記

前面的說明，如果還不清楚，就怪筆者語焉不詳好了，別再傷腦筋想太多了，有些地方，筆者似乎應再畫圖說明的。提到美女圖，晚學想起佛法淨土宗第九祖 蕩益大師在《靈峰宗論》中的開示：「境緣無好醜，好醜起於心。」所以要時常觀照我們的起心動念才是。佛告訴我們宇宙人生的真相：「色即是空、空即是色」凡所有相、皆是虛妄「三界為心、萬法為識」…，或許我們參酌過去所學的原子、電子等物理學說，能更有所體悟。兩三千年前，在那個沒有顯微鏡的時代，佛觀一鉢水，



就說裡面有「八萬四千眾生」，又說出法界中有無量無邊個「三千大千世界」【近代 黃念祖老居士說一個三千大千世界，相當於 1,000,000,000 個銀河系（一千乘上三次，故約「三千」】實在是不可思議！若說到 華嚴經的境界，同樣是令人嘆為觀止，「十方刹土、自他不隔於毫端；十世古今、始終不離於當念」，如此一來， 愛因斯坦偉大的相對論，算是佛經的小註解了。現代科學靠的是「意識心」的「思惟想像研究」，佛菩薩則勸勉我們用「真誠清淨平等慈悲的本來真心佛性」來證悟「法界本來一心」；一個是「隨業輪轉生死」，一個是「生死自在的清淨解脫」，其間的差異，值得我們深思！