

# 1

# 緒

# 論

一張圖片勝過千言萬語

無名氏



# What is digital image?

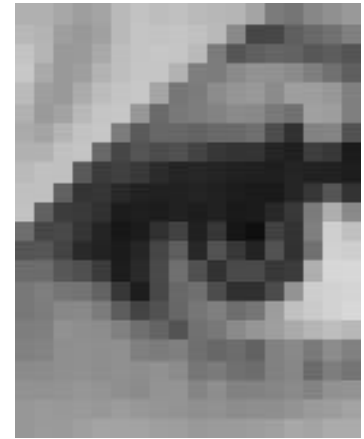
---

- An image: 2-d function
  - $I=f(x,y)$
  - I: intensity (or Gray level)
  - $(x,y)$ : coordinate
  - When  $(x,y)$  and I are **finite** and **discrete quantities** -> digital image
  - **pixels(像素)**, picture elements, image elements, **pels**



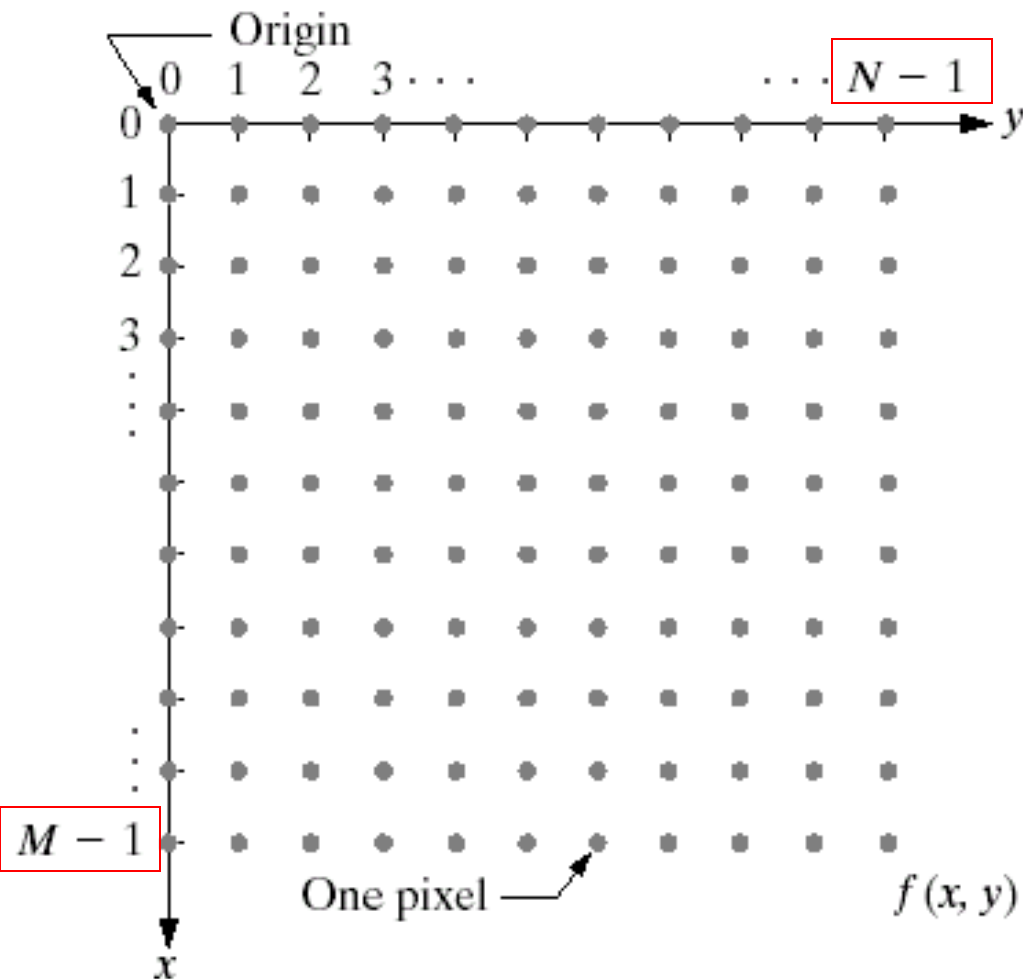
# Pixels

---



Notice: pixel is not a square!

# Representing digital images



**FIGURE 2.18**  
Coordinate convention used in this book to represent digital images.

# Representing digital images (cont.)

- Matrix form

$$\left[ \begin{array}{cccc} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(0,1) & \dots & f(1,N-1) \\ & & \dots & \\ & & \dots & \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1,N-1) \end{array} \right]_{M \times N}$$

bits to store the image =  $M \times N \times k$   
**gray level** =  $2^k$

# Side story of Lena



1972 playboy: Miss Nov.



1997 Lena

# Origins of digital image processing

- Newspaper industry in 1920s
- Telegraph printer, 5 gray levels

Specialized printing equipment coded pictures for cable transmission and then reconstructed them at the receiving end.



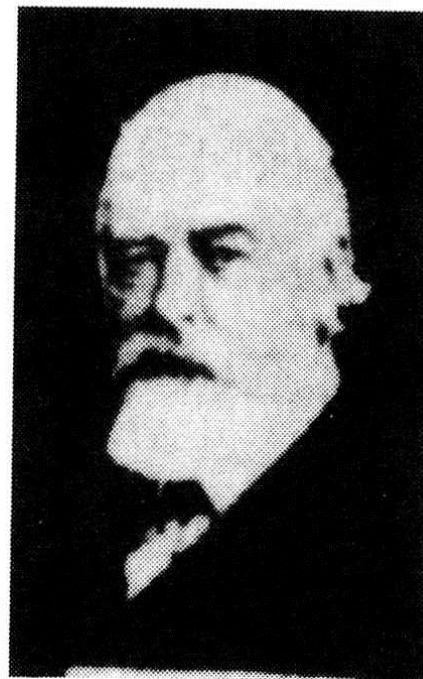
**圖 1.1**

用具有特殊字型的電報印表機由經編碼的帶子中在 1921 年所產生的一張數位圖片 (McFarlane<sup>1</sup>)。



## 圖 1.2

1922 年由打孔帶所得的數位影像，它是在訊號兩次跨越大西洋後產生的。可以看出某些錯誤 (McFarlane)。



# Origins of digital image processing (cont.)

- 15-tone in 1929

## **FIGURE 1.3**

Unretouched cable picture of Generals Pershing and Foch, transmitted in 1929 from London to New York by 15-tone equipment. (McFarlane.)

---





# The rising of digital image processing

---

- Digital image processing
  - Digital image + digital computer processing
- Modern digital computers
  - 1940, John von Neumann

# The rising of digital image processing (cont.)

- 1960s, for space program
- Jet Propulsion Lab(Pasadena, CA) in 1964

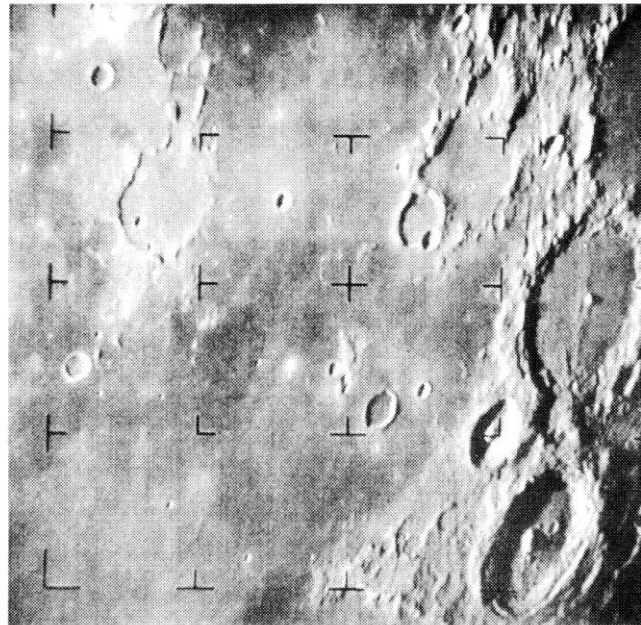


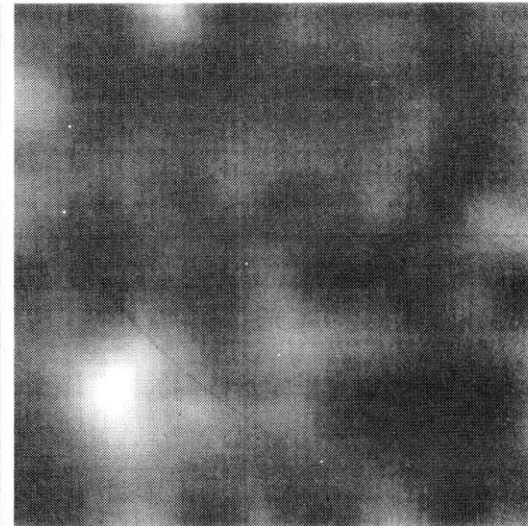
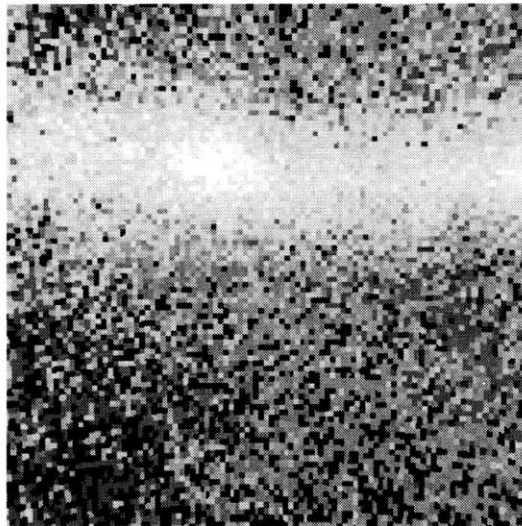
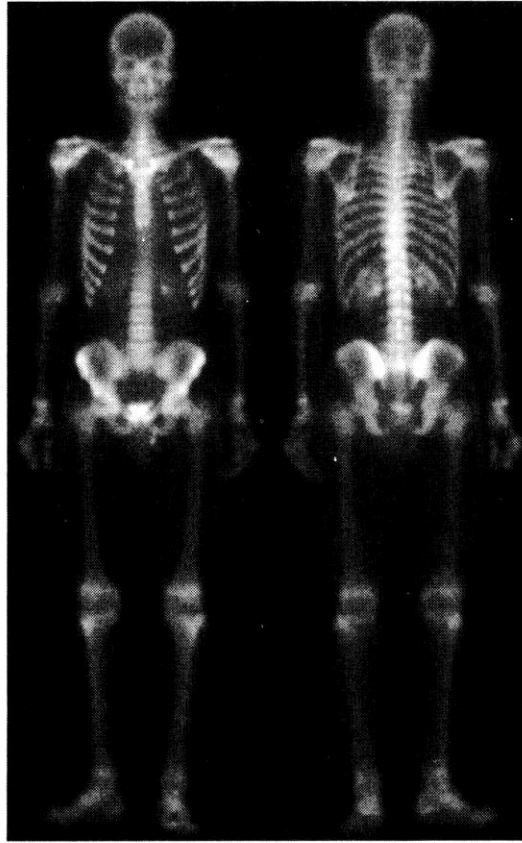
圖 1.4

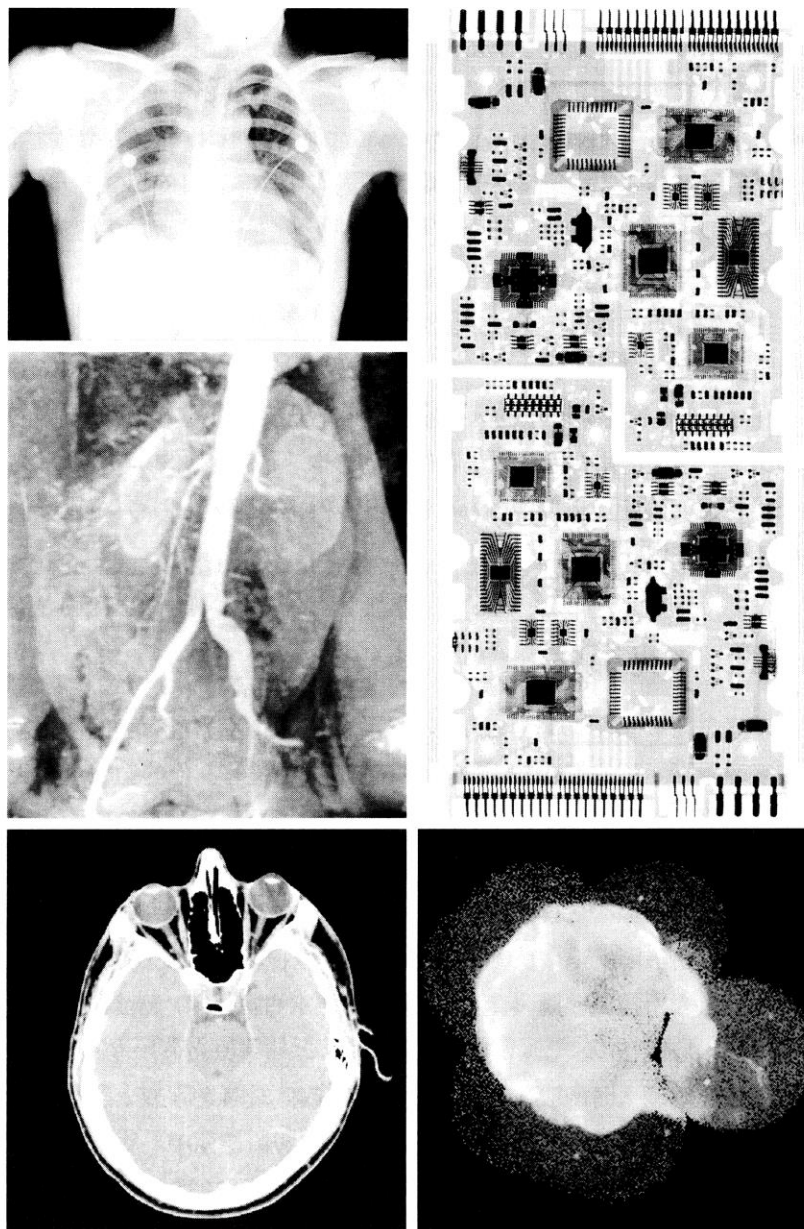
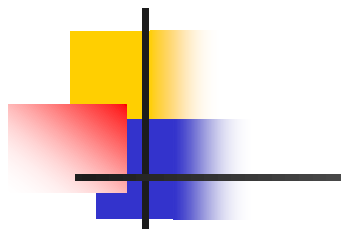
由美國太空船上所取得的第一張月球圖片。航行者7號在1964年東部白晝時間的7月31號上午9:09亦即大約在登入月球表面17分鐘之前，拍攝這張影像。

a b  
c d

圖 1.6

gamma 射線成像的例子：(a) 骨頭掃描；(b) 正電子斷層攝影；(c) 天鵝座星環；(d) 從核子反影器的閥所取得的 gamma 射線（亮點）影像。  
（影像提供者：(a) G.E. 醫學系統；(b) Dr. Michael E. Casey, CTI PET 系統；(c) NASA；(d) 密西根大學的 Zhong He 和 David K. Wehe 教授。）





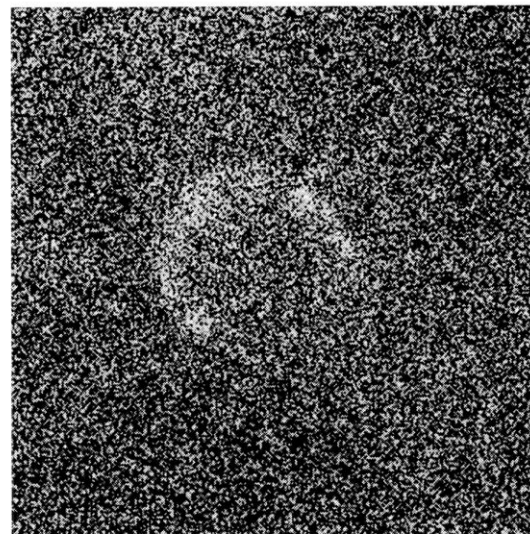
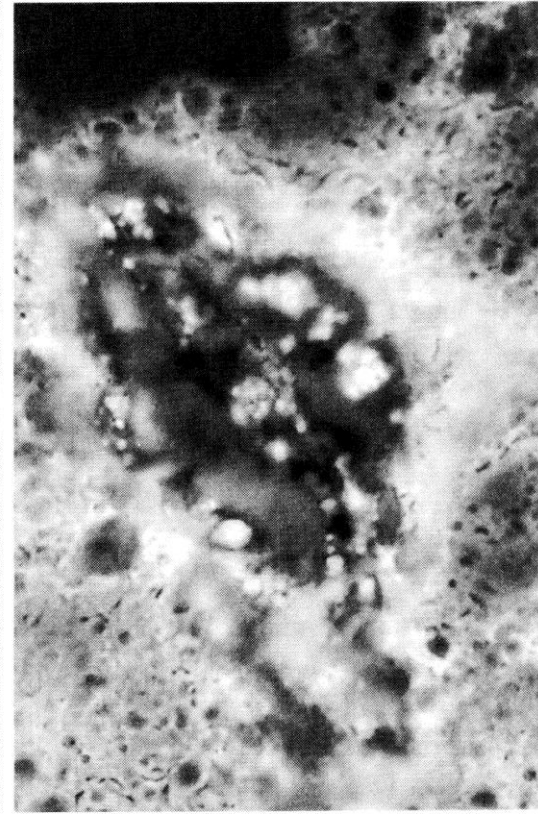
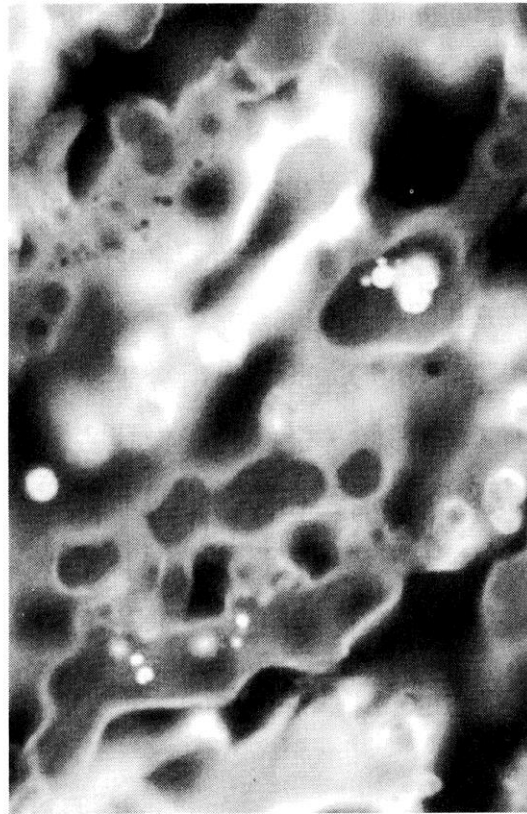
a d  
b  
c e

圖 1.7 X 光成像的例子：(a) 胸部 X 光；(b) 動脈血管圖；(c) 頭部 CT 切片；(d) 電路板；(e) 天鵝星座 ((a) 和 (c) 的影像由凡德比爾大學醫學中心之放射學與放射科學部門的 Dr. David R. Pickens；(b) 的影像由密西根大學醫學院之解剖科學部門的 Dr. Thomas R. Gest；(d) 的影像由 Lixi 公司的 Joseph E. Pascente 先生，以及 (e) NASA 所提供。)

a b  
c

**圖 1.8**

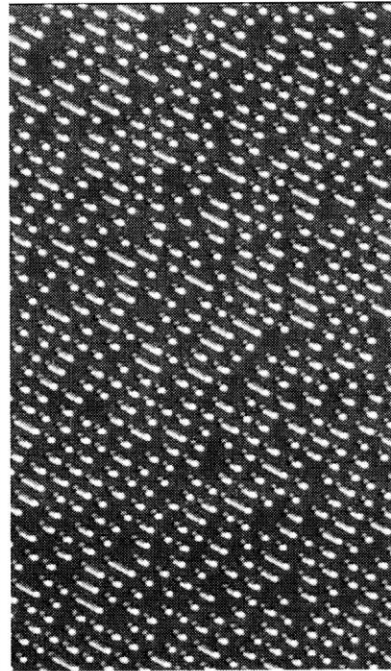
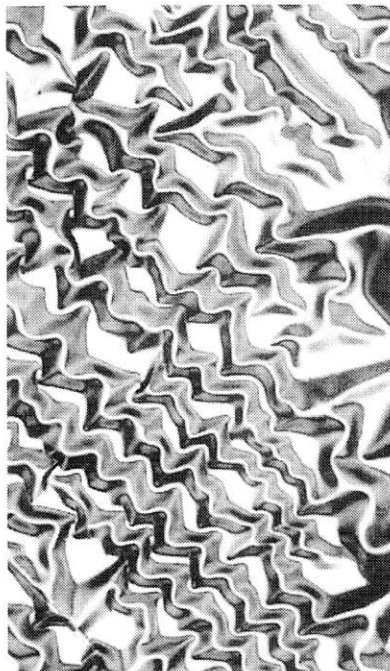
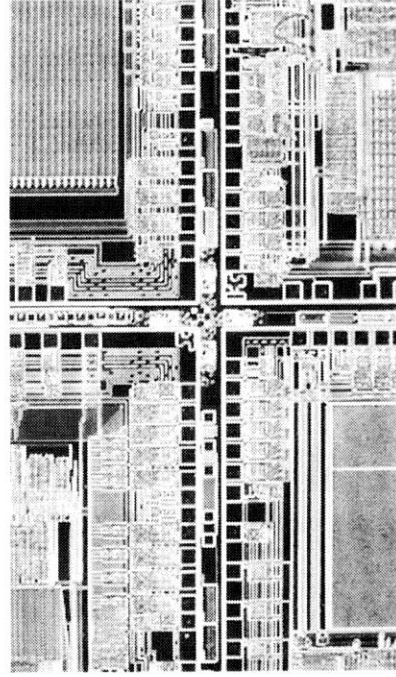
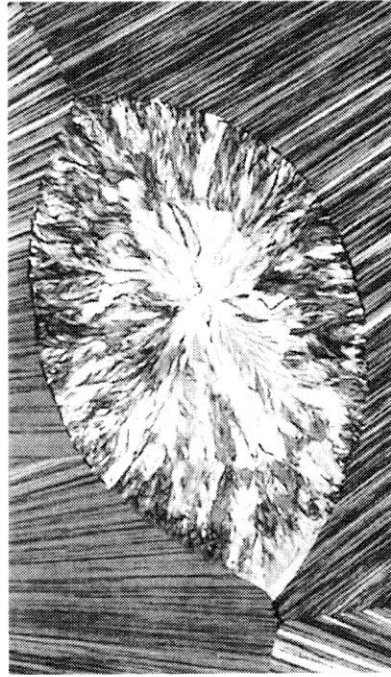
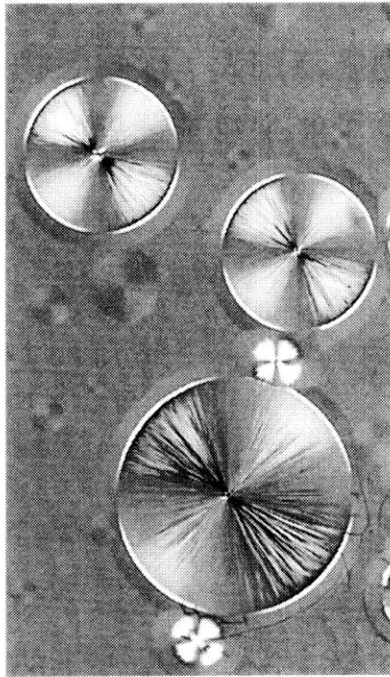
紫外線成像的例子：(a)正常玉黍蜀；(b)有黑穗病的玉黍蜀；(c)天鵝座星環 ((a)和 (b) 的影像由佛羅里達州立大學 Dr. Michael W. Davidson，(c) 的影像由 NASA 提供。)



a b c  
d e f

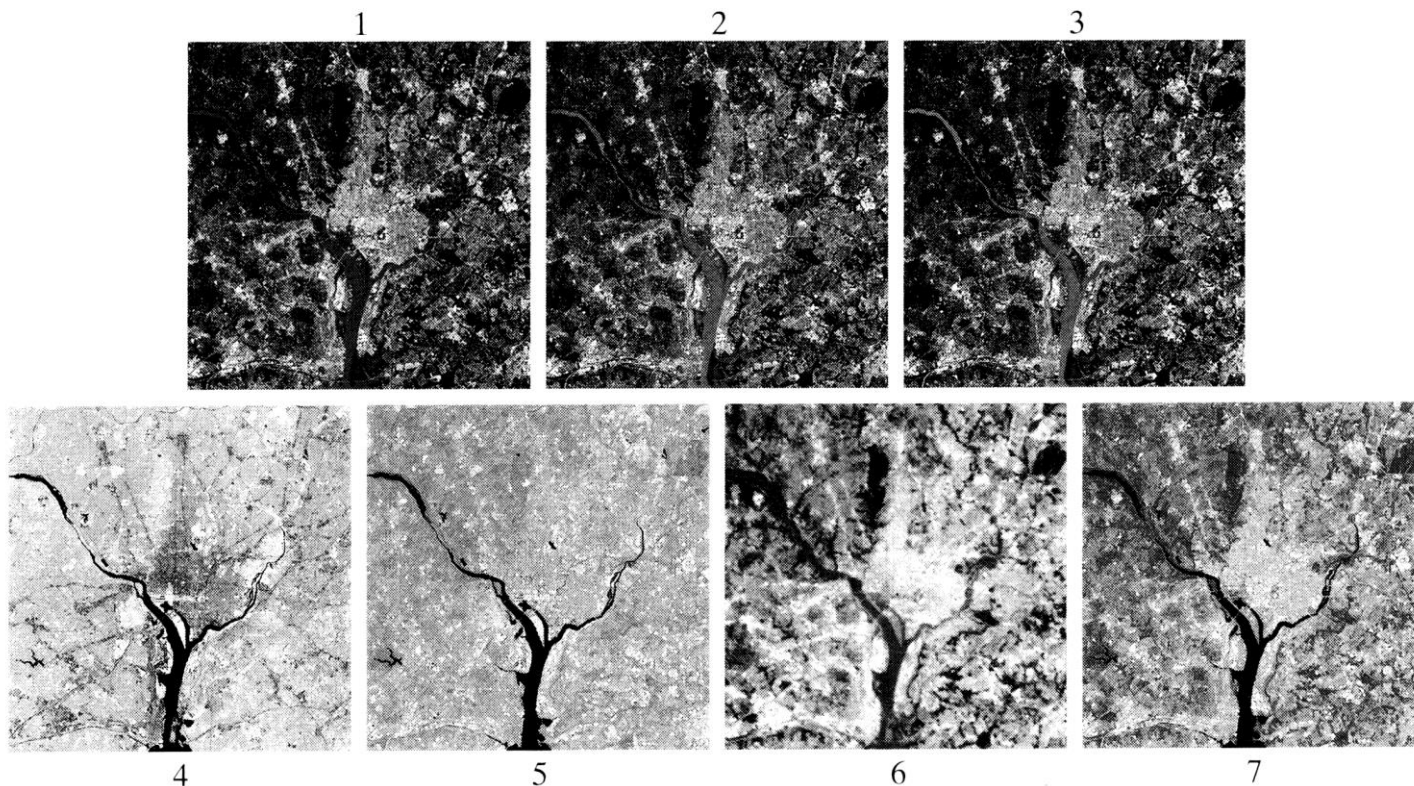
圖 1.9

光顯微鏡影像的例子：(a) Taxol (抗癌因子) 放大 250 倍；(b) 膽固醇放大 40 倍；(c) 微處理機放大 60 倍；(d) 氧化鎳薄膜放大 600 倍；(e) CD 表面放大 1750 倍；(f) 有機超導體放大 450 倍。(影像由佛羅里達州立大學的 Dr. Michael W. Davidson 所提供。)

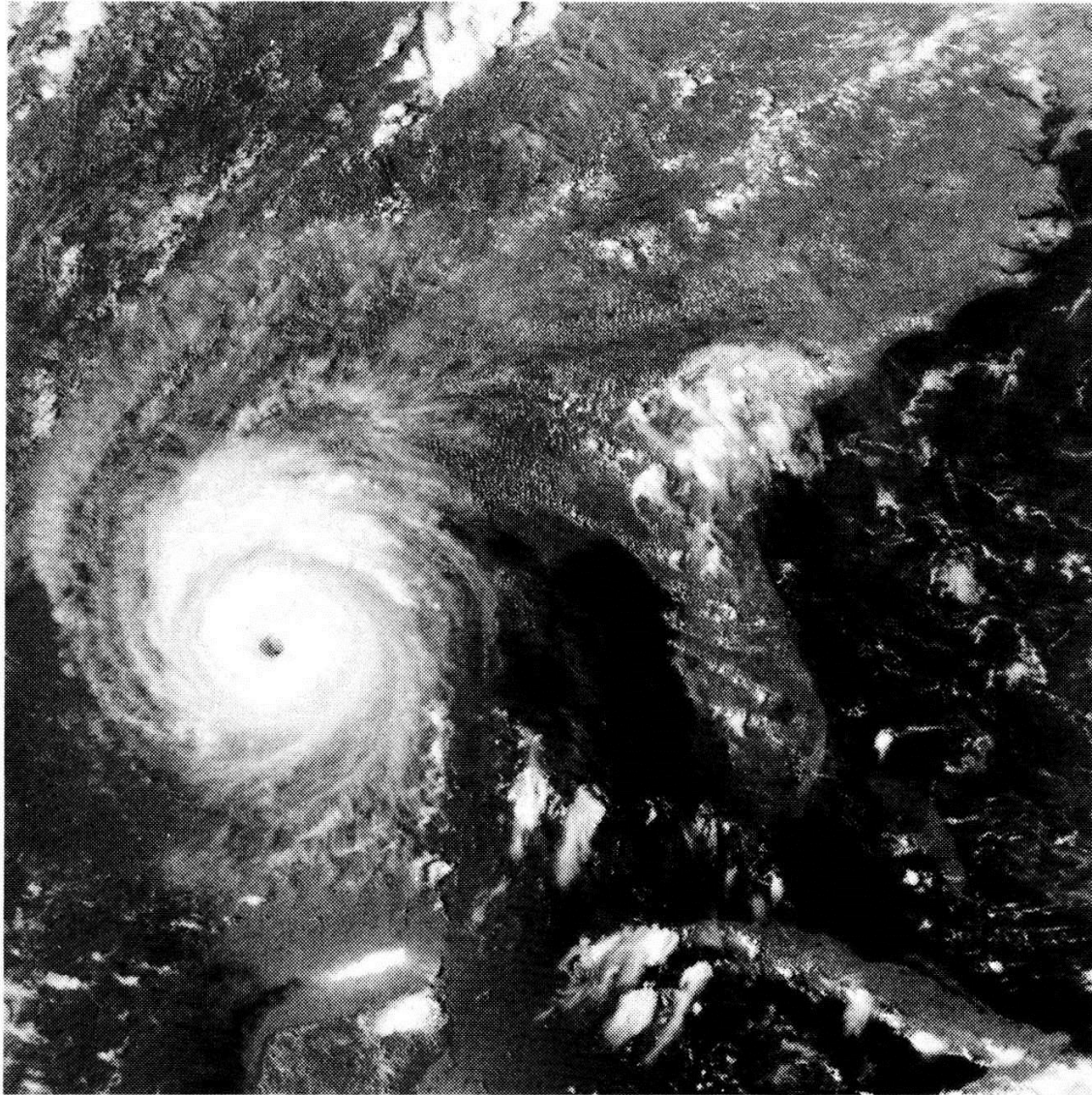


**表 1.1**  
NASA 的  
LANDSAT 衛星  
上的熱感頻帶

頻帶號碼	名稱	波長 ( $\mu\text{m}$ )	特徵與用途
1	可見藍	0.45-0.52	最大的水穿透力
2	可見綠	0.52-0.60	適用於量測植物的活力
3	可見紅	0.63-0.69	草木鑑別
4	近紅外線	0.76-0.90	物種與海岸線圖標示
5	中紅外線	1.55-1.75	土壤與草木的水氣含量
6	熱紅外線	10.4-12.5	土壤水氣；熱感圖標示
7	中紅外線	2.08-2.35	礦物圖標示



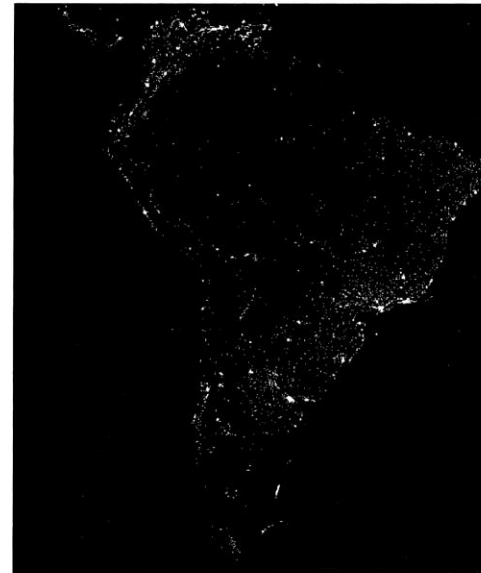
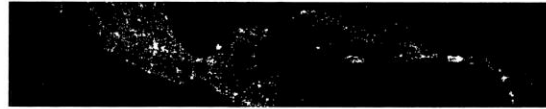
**圖 1.10** 華盛頓特區的 LANDSAT 衛星影像，其中的數字指表 1.1 中的熱感頻帶。(影像由 NASA 提供。)

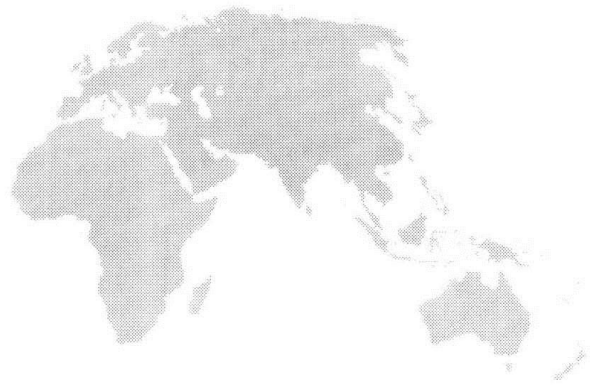


**圖 1.11**  
由 NOAA GEOS  
(Geostationary  
Environmental  
Operational  
Satellite) 感應  
器所取 Andrew  
颱風的多頻譜影  
像。(影像由  
NOAA 所提供。)

圖 1.12

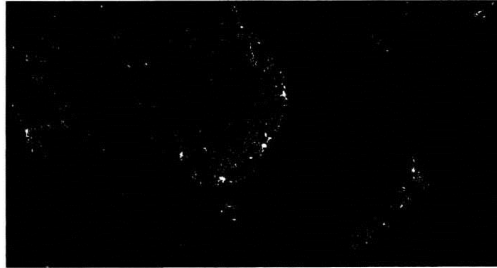
美洲的紅外線衛星影像，其中小的灰色地圖提供參考之用。(由 NOAA 提供。)





**圖 1.13**

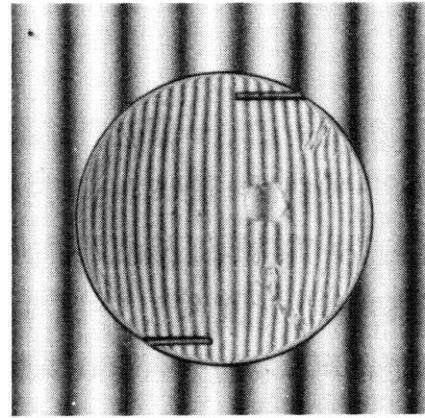
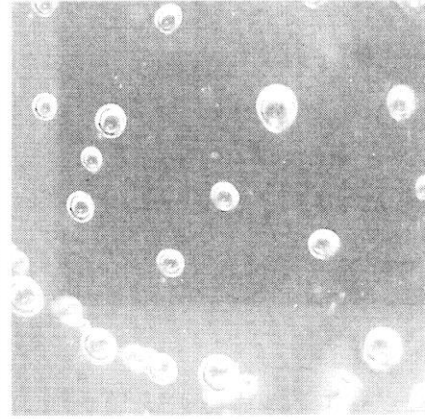
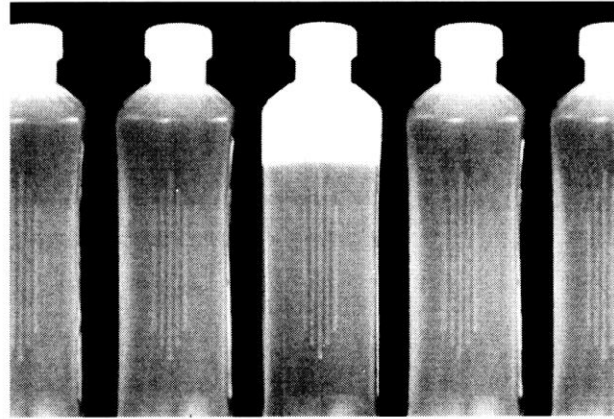
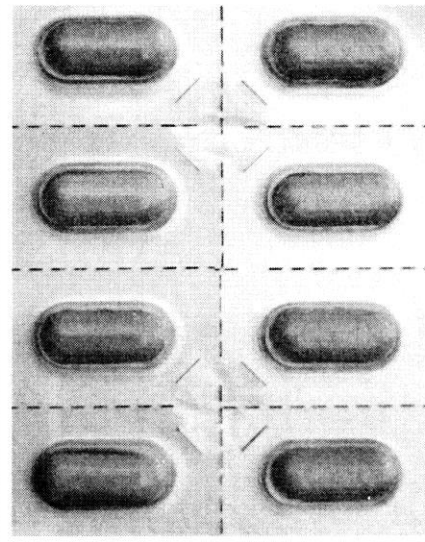
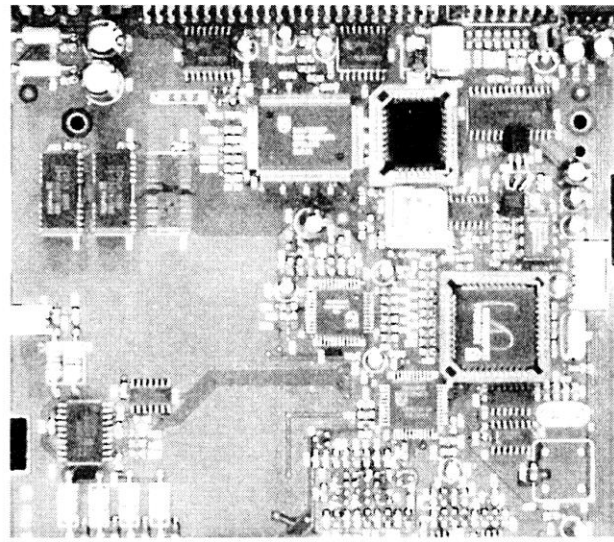
世界上其他有人居住部分的紅外線衛星影像，其中小的灰色地圖提供參考之用。（由 NOAA 提供。）



a b  
c d  
e f

圖 1.14

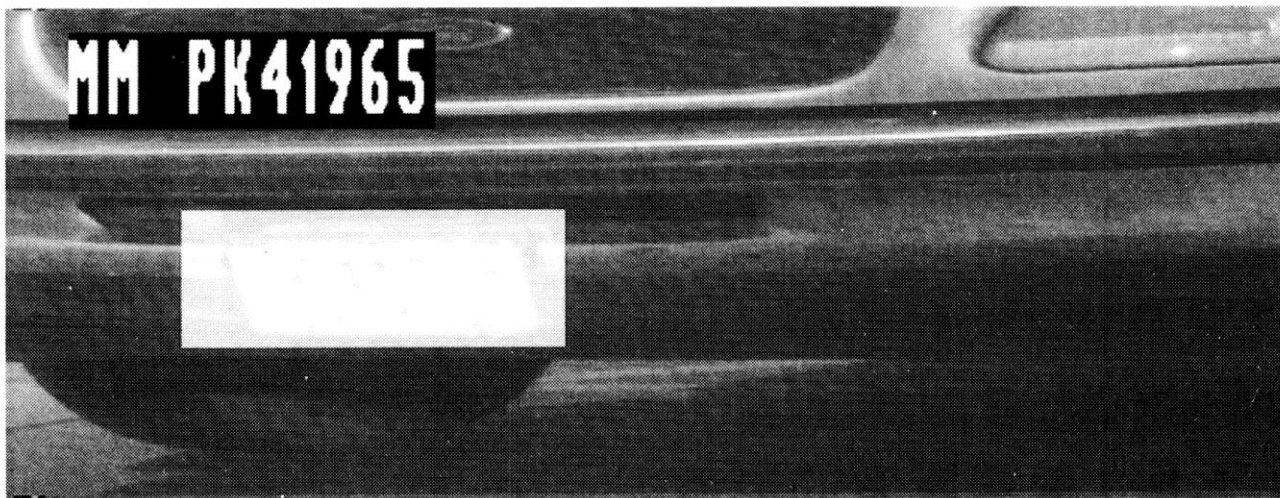
常用數位影像處理檢視製造產品的一些例子：(a) 電路板的控制器；(b) 包裝的藥丸；(c) 瓶子；(d) 透明塑膠產品的氣泡；(e) 麥片；(f) 眼內移植的影像。(圖 (f) 由 Perceptics 公司的 Pete Sites 先生所提供。)





a b  
c  
d

**圖 1.15**  
 視覺頻譜成像的一些額外例子：  
 (a) 拇指的紋路；(b) 紙幣；(c)  
 和 (d) 表示車牌自動讀取。(圖  
 (a) 由 National Institute of  
 Standards and Technology 所提  
 供；圖 (c) 由 Perceptics 公司的  
 Dr. Juan Herrera 提供。)





**圖 1.16**

西藏東南方山區的太空雷達影像。(由 NASA 所提供。)

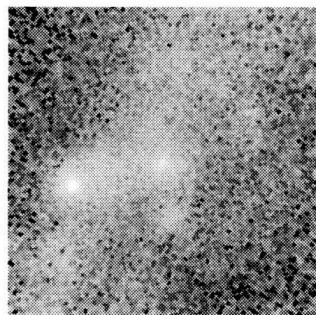




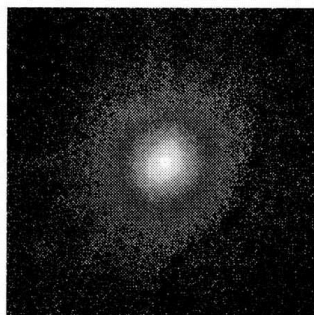
a b

**圖 1.17**

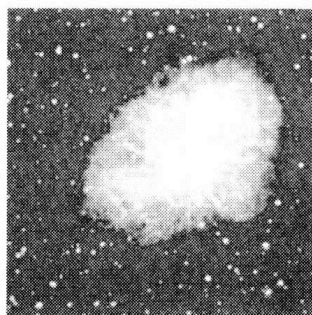
人類的 (a) 膝蓋骨和 (b) 脊椎骨的 MRI 影像。(影像 (a) 由密西根大學醫學院解剖科學部門的 Dr. Thomas R. Gest 提供。圖 (b) 由凡德比爾大學醫學中心的放射學和放射線科學部門的 Dr. David R. Pickens 提供。)



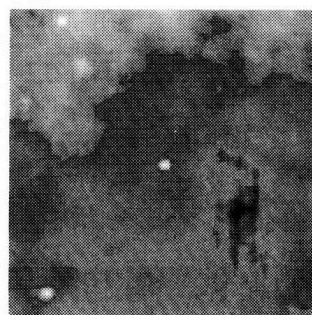
Gamma



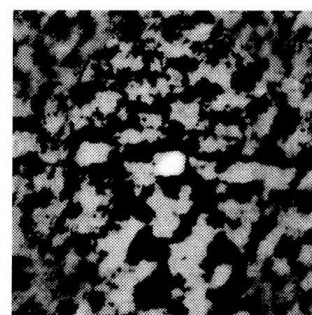
X 光



可見光



紅外光

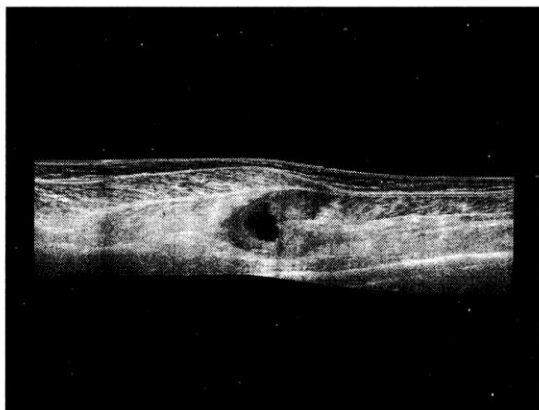
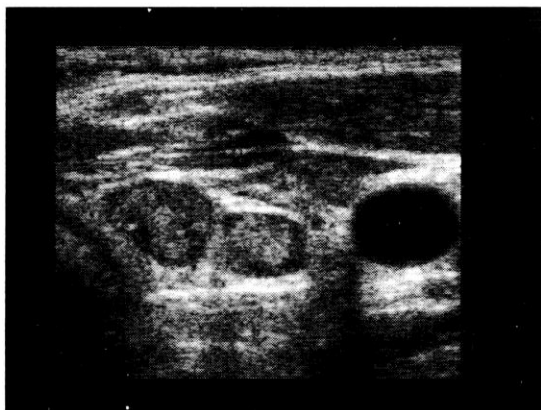
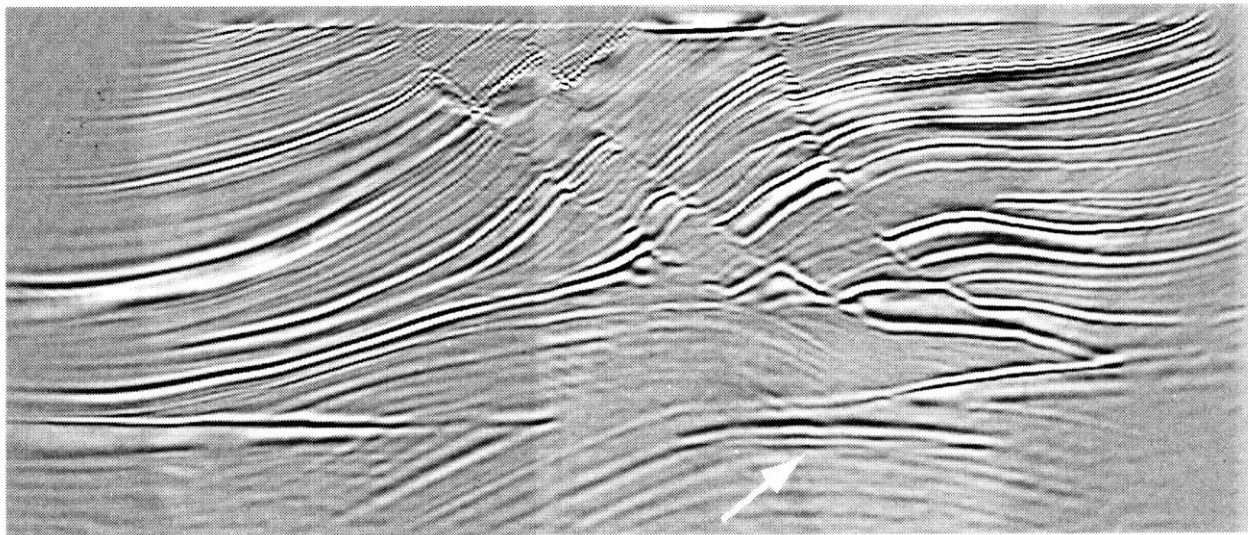


無線電

**圖 1.18** 涵蓋無線電波頻帶的巨蟹座星雲 (在影像的中心) 的影像。(由 NASA 提供。)

**圖 1.19**

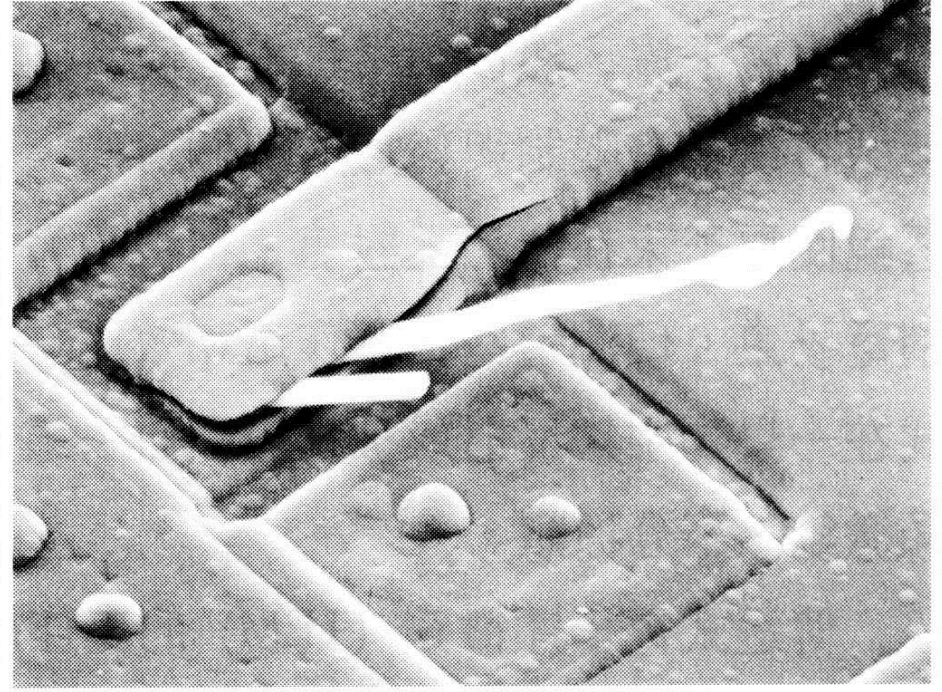
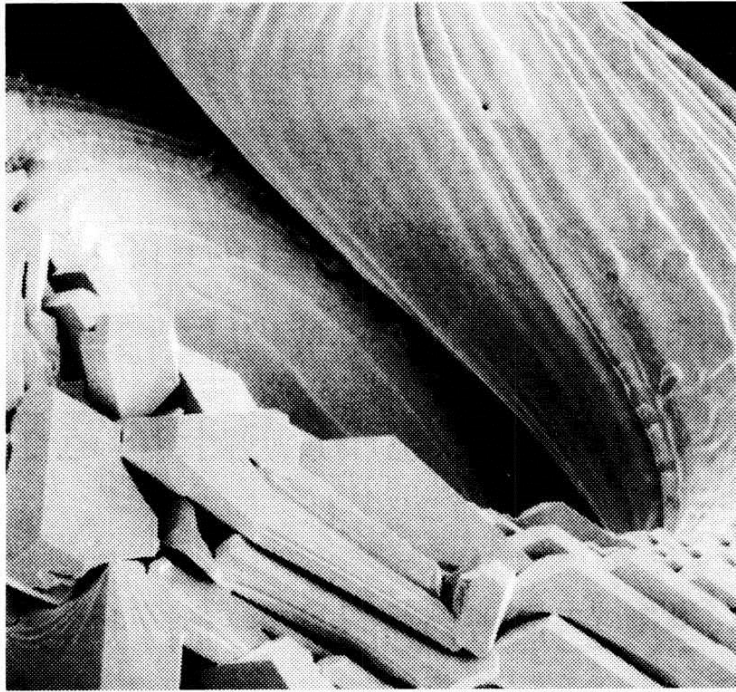
地震模型的剖面影像。箭頭指向碳化氫（油及 / 或氣體）火山岩。（由桑地亞國家實驗室的 Dr. Curtis Ober 所提供。）



a b  
c d

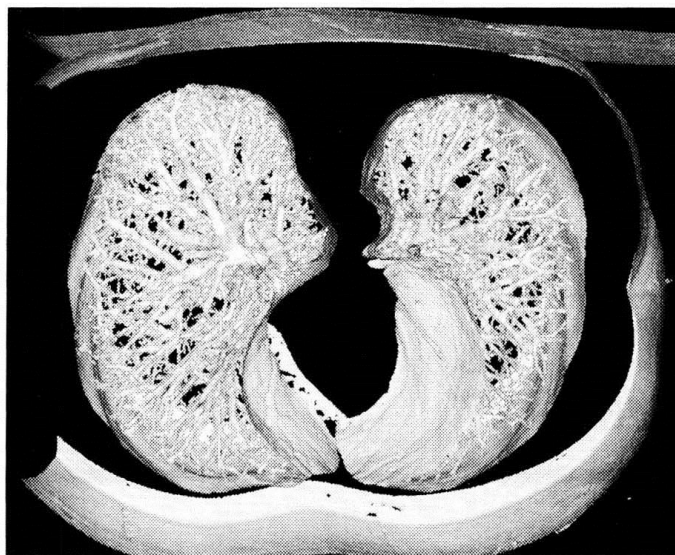
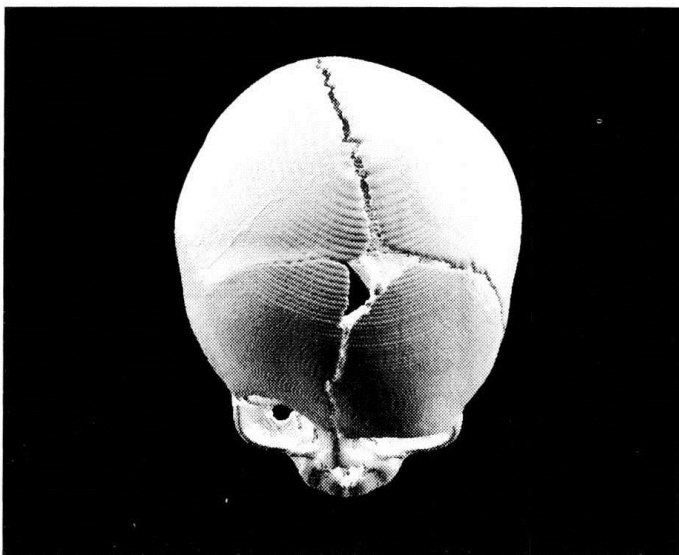
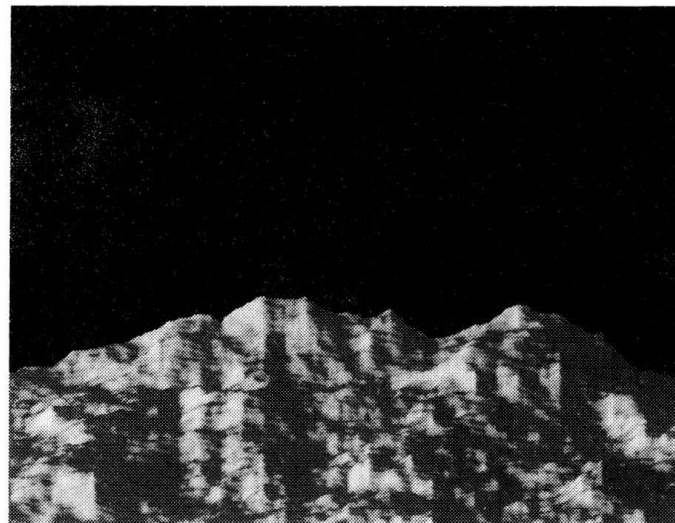
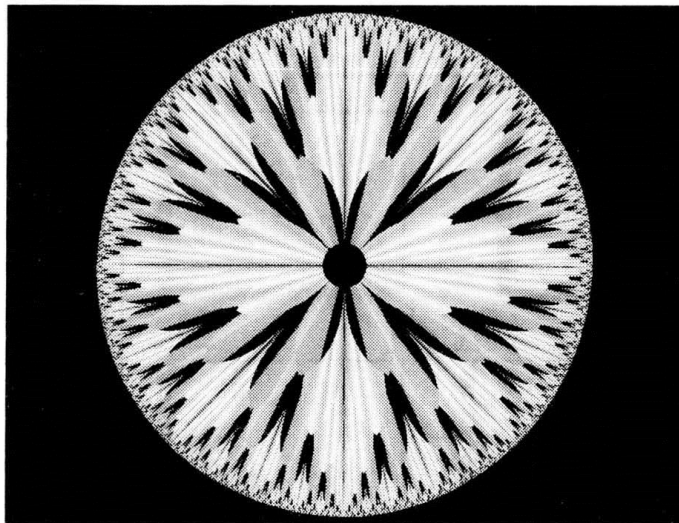
**圖 1.20**

超音波成像的例子。(a) 嬰兒；(b) 檢視嬰兒的另一面；(c) 甲狀軟骨；(d) 顯示受損的肌肉層。（由西門子醫學系統公司的超音波組所提供。）



a b

**圖 1.21** (a) 250 倍鎢絲燈下的熱損害 SEM 影像；(b) 2500 倍損壞的積體電路 SEM 影像。白色纖維是來自於熱的破壞所產生的氧化物。(圖 (a) 由 Oregon 大學 Eugene 校區的地質學科學部門的 Michael Shaffer 先生所提供；圖 (b) 由加拿大 McMaster 大學 Dr. J. M. Hudak 提供。)



a b

c d

**圖 1.22**

(a) 和 (b) 是碎形影像；(c) 和 (d) 由圖中所示之物體的 3-D 電腦模型所產生。(圖 (a) 和圖 (b) 由 Swarthmore 學院的 Melissa D. Binde 女士所提供；圖 (c) 和 (d) 由 NASA 所提供。)



fingerprint image



Image from video



License Plate reader

# Face morphing



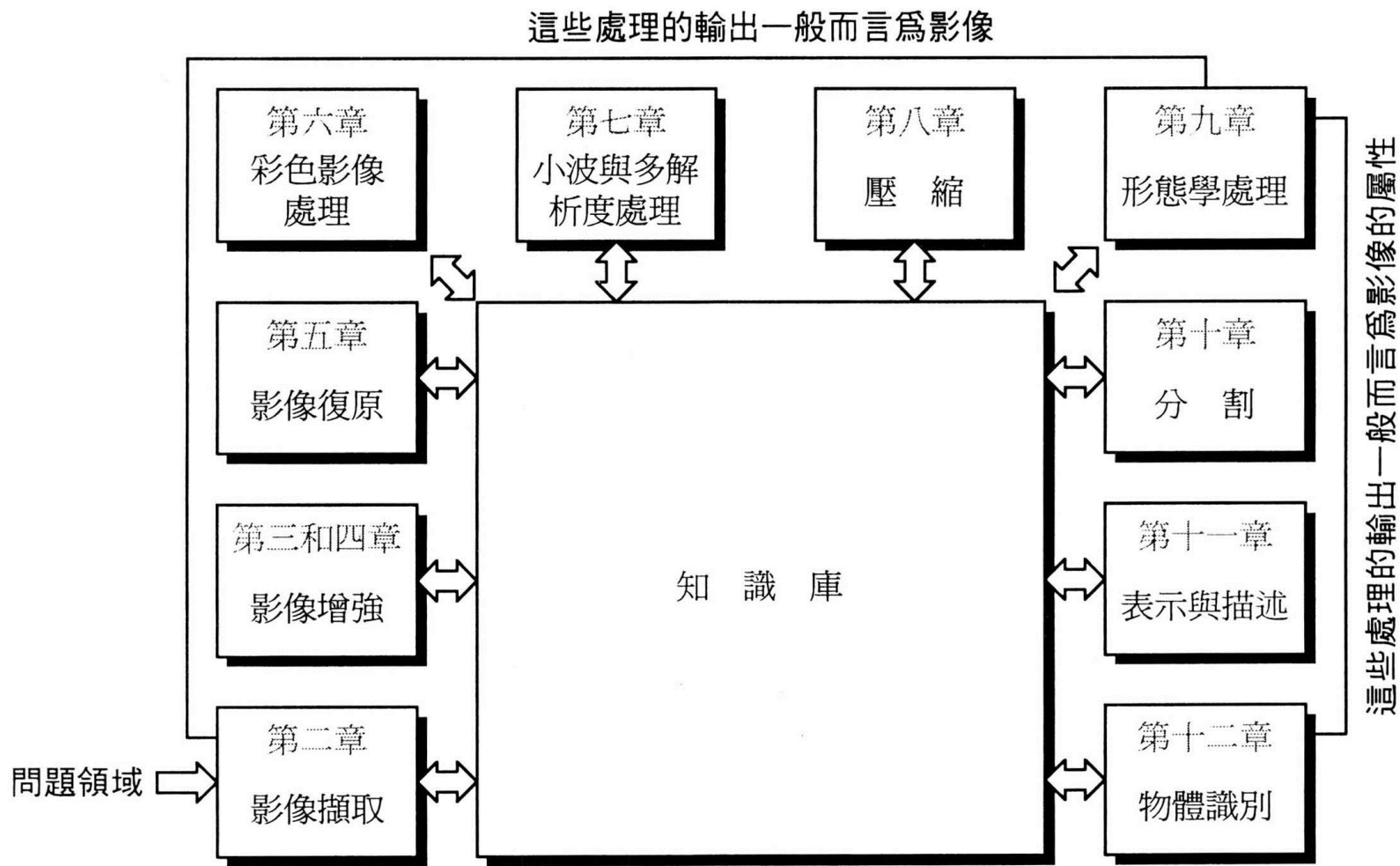
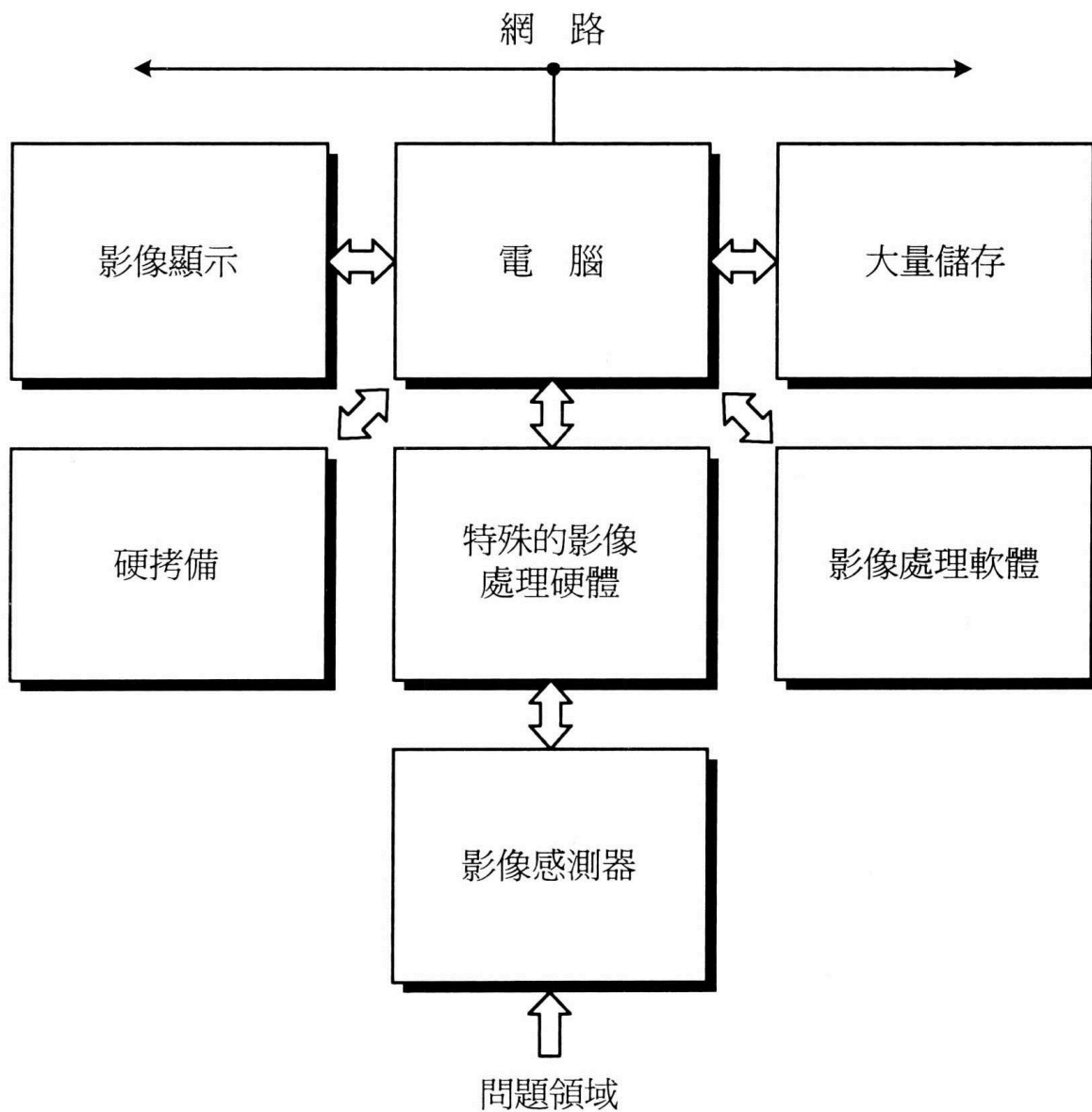


圖 1.23 數位影像處理的基本步驟。



**圖 1.24**  
一般用途影像處理系統的組成成分。



# 2

# 影像與MATLAB

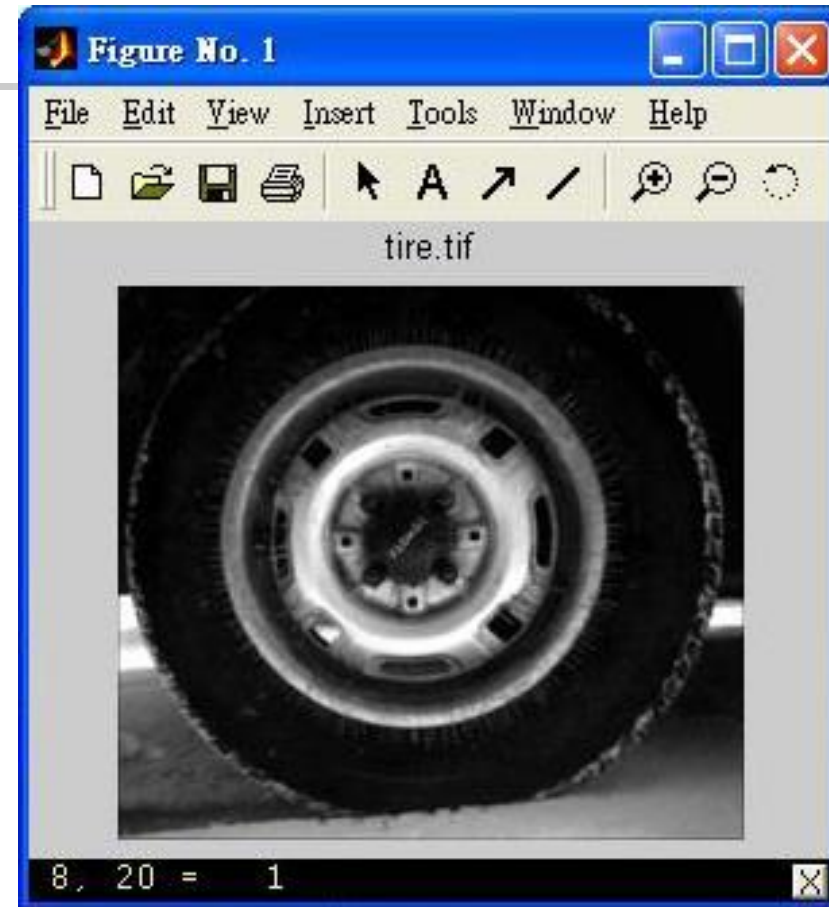
---

## 導言

- 2.1 灰階影像
- 2.2 RGB 影像
- 2.3 索引彩色影像
- 2.4 資料型態與轉換
- 2.5 影像檔案與格式

# Grayscale images

- Matlab example:
  - `w=imread('tires.tif');`
  - `figure, imshow(w), pixval on`
- **figure**: create a window to place graphic object.
- **imshow**: display matrix.
- **pixval on**: turns on the pixel values in our figure.
- $c * r = p$   
columns row gray  
value



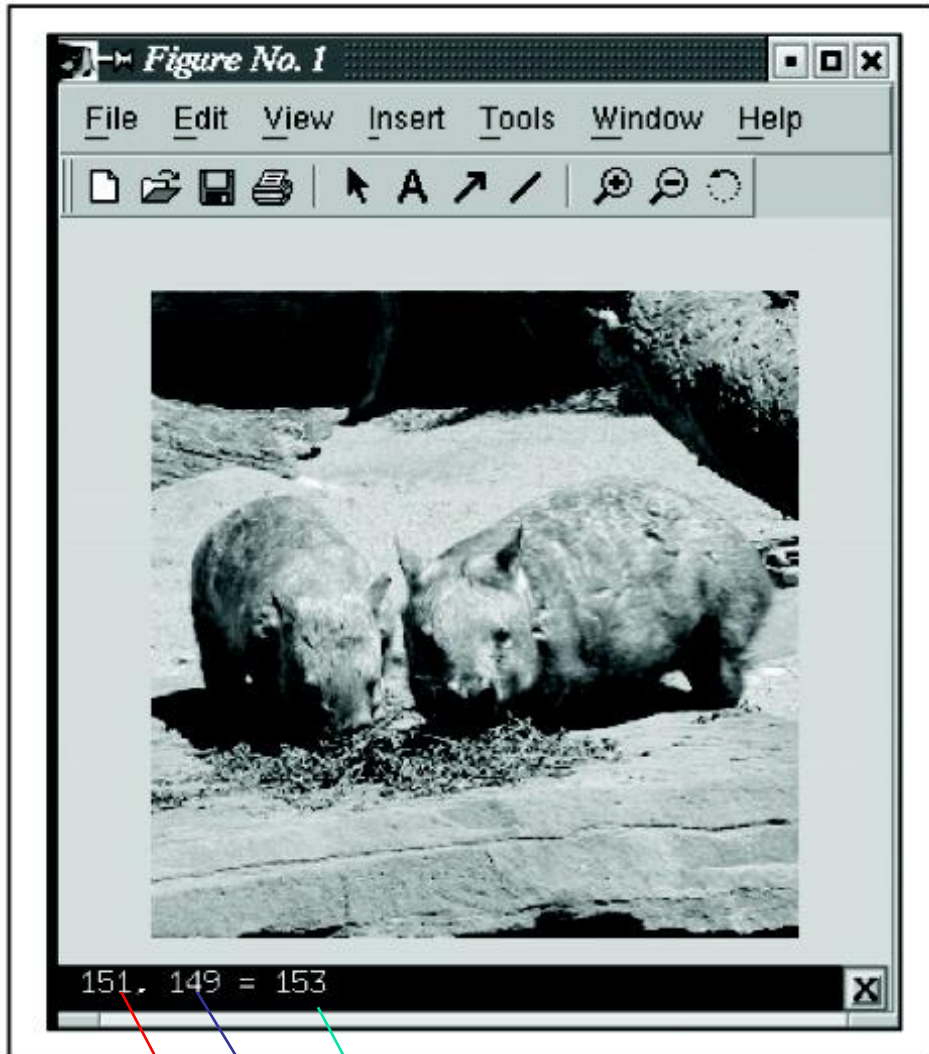


圖 2.1 執行了 `pixval on` 指令的袋熊影像

C r p

```
w=imread('wombats.tif');  
figure, imshow(w), pixval on
```

OR

```
imshow('wombats.tif')
```

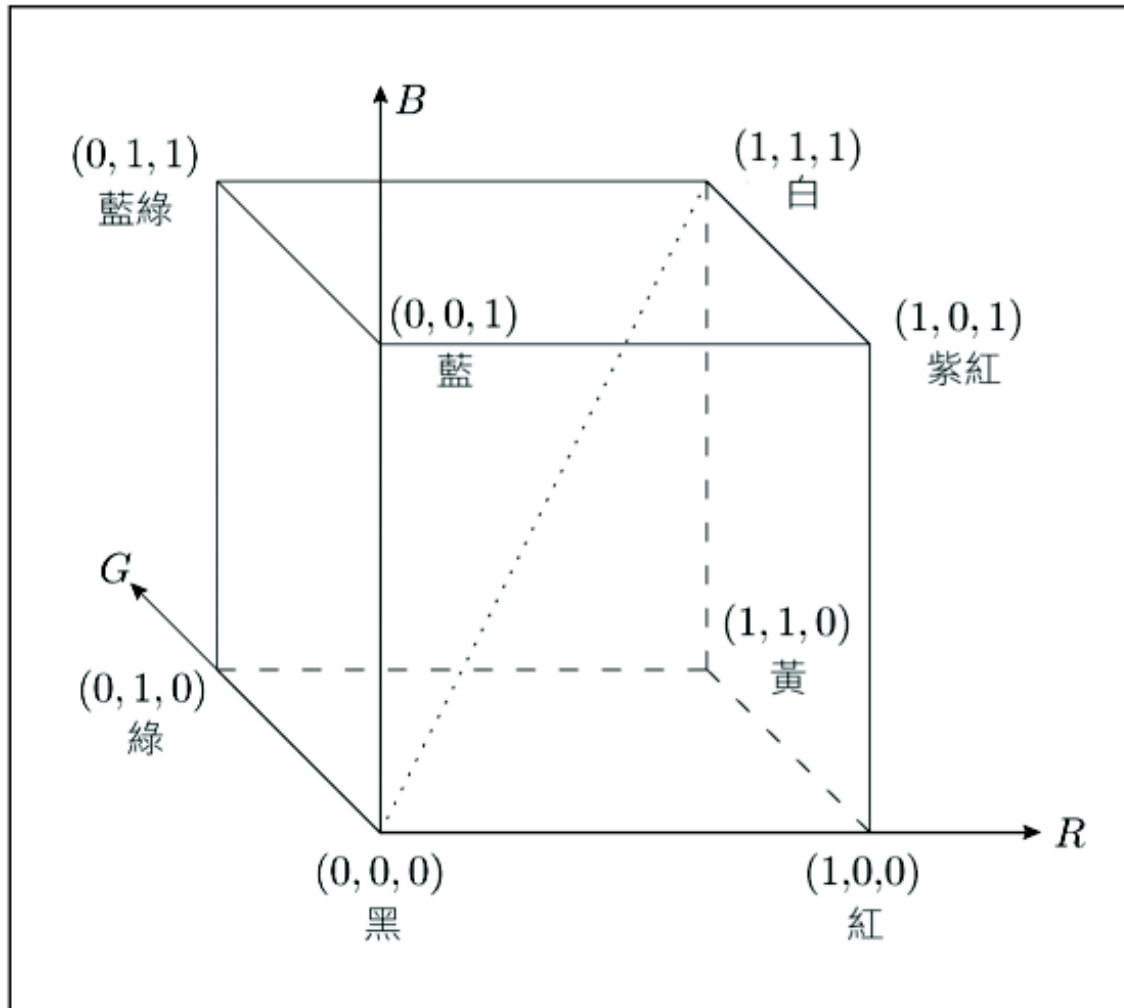


圖 2.2 RGB 色彩模型色彩立方體

```
a=imread('autumn.tif');  
>> figure, imshow(a),pixval on
```



```
>> size(a)
```

```
ans =
```

```
206 345 3
```

```
>> a(100,200,:)
```

OR

```
>> impixel(a,200,100)
```

```
ans(:,:,1) = ans(:,:,2) = ans(:,:,3) =
```

```
75
```

```
25
```

```
30
```

```
ans =
```

```
75
```

```
25
```

```
30
```

# RGB (true color) images

- Matlab example:
  - `w=imread('lily.tif');`
  - `figure, imshow(w), pixval`  
on
  - `size(w)`  
 $= 186 \quad 230 \quad 3$   
`rows columns pages`
  - `w(100,200,2)=179`
  - `w(100,200,1:3)=w(100,200,:)`



## 2.3 Indexed Color Images

<<figure, imshow('emu.tif'), pixval on

emu.tif



19, 81 = 0.3770,0.4199,0.4902



Three fractions are between 0 and 1  
Why?

## 2.3 Indexed Color Images

- MATLAB 最常處理的影像格式為索引影像（Indexed Images）

- 顯示此類型影像的語法如下：

```
image(X)
```

```
colormap(map)
```

其中 $X$ 為影像的資料矩陣， $map$ 為色盤矩陣。

- 色盤矩陣的大小為 $K \times 3$ ，每個橫列由三個元素所組成，分別是R(紅)、G(綠)、B(藍)，每個元素的範圍為 $0 \sim 1$
- $X$ 的值為 $1 \sim K$ ，也就是當 $X(i, j)$ 的值為 $p$ ，則像素點 $(i, j)$ 的顏色為 $map(p, :)$ 這一系列的值所決定。