

機器視覺

講座集 - 02

數字圖像基礎

惠永林

Robot Vision Lab

光

n 電磁輻射的一種形式 n 速度 = 波長 × 頻

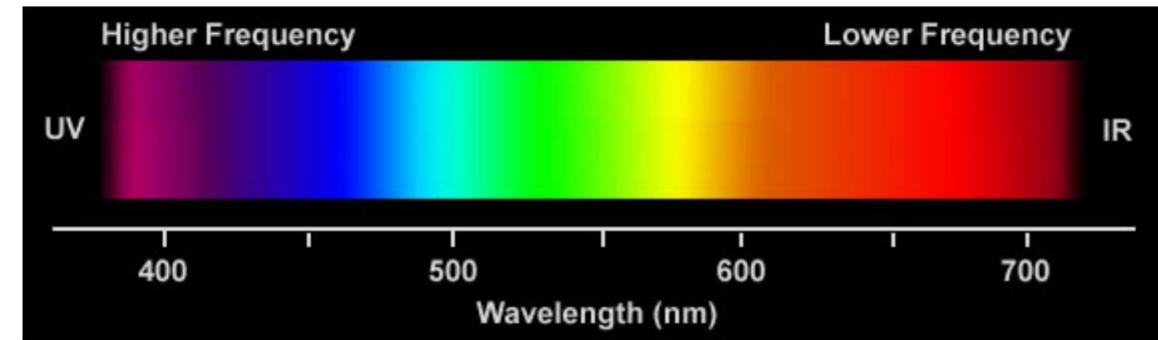
率 n 真空中的光速 = 3×10^8 米 /

秒 n 可見光譜

n 400 納米 – 700 納米

n 較長的波長對應較紅的顏色，較短的波長對應較藍的顏色

n EM 輻射以稱為光子的離散數據包形式出現



光與物質

n光與物質之間的相互作用可以有多種形式

n反思

n折射

n衍射

n吸收n散射

心靈的照相機

n人眼的組成部分n瞳孔

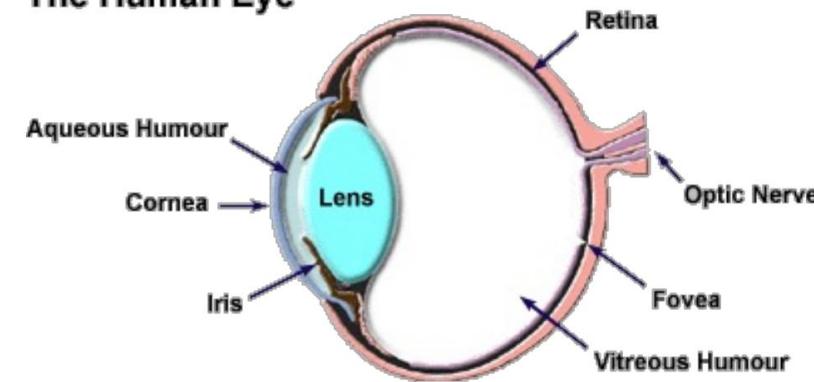
n鏡頭

n視網膜

中央凹

n盲點n光圈

The Human Eye



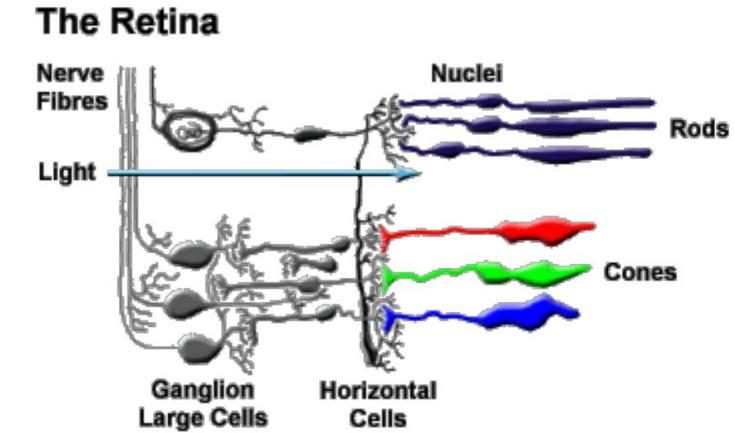
視網膜

n視網膜中有兩種感光細胞，視桿細胞和視錐細胞

n甜筒有三種口味，表現出不同的

對不同波長的光（紅色、綠色和藍色）的敏感性

n視桿細胞對波長的變化不敏感，但它們比視錐細胞更敏感，可以接收到更暗的光
n中央凹完全由視錐細胞組成



更多細胞

n神經節細胞

n光敏細胞將它們的信息傳遞給
神經節細胞通過視神經將信息傳遞給大腦n細胞數

n大約有 600 萬個視錐細胞、1.2 億個視桿細胞和 100 萬個視
神經纖維

圖像形成

n光n反射率

n圖像捕捉

n攝像頭

n鏡頭

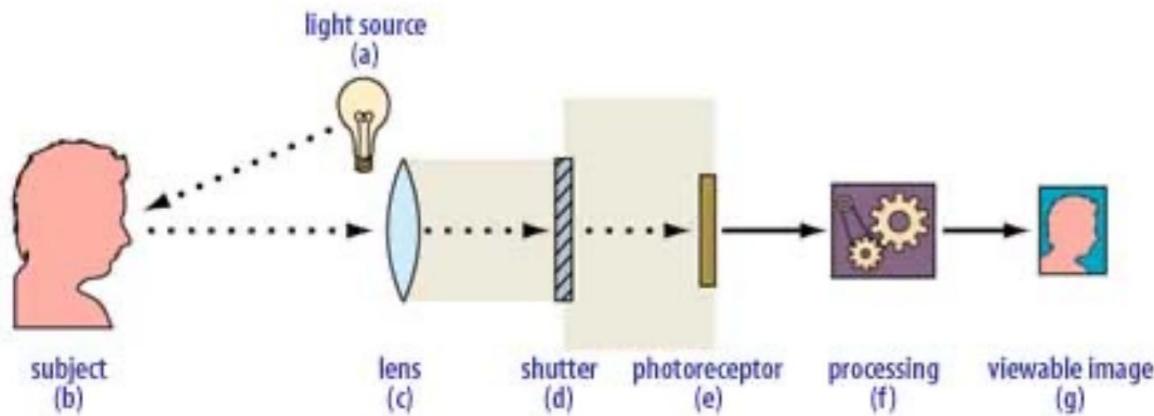
n傳感器

n投影模型n相機系統參數

現代相機的剖析

n鏡頭

n快門 (曝光時間) n光闌 (光
圈) n聚焦控制

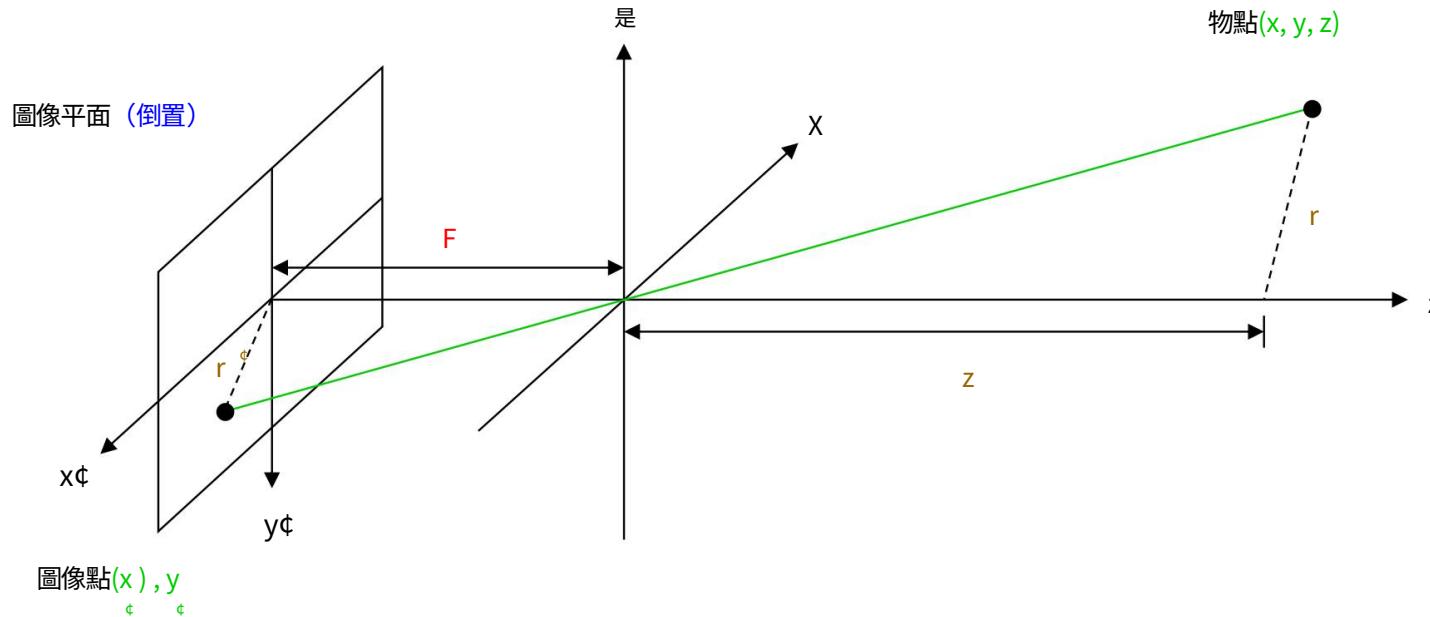


圖像幾何

n 場景點到圖像的投影模型

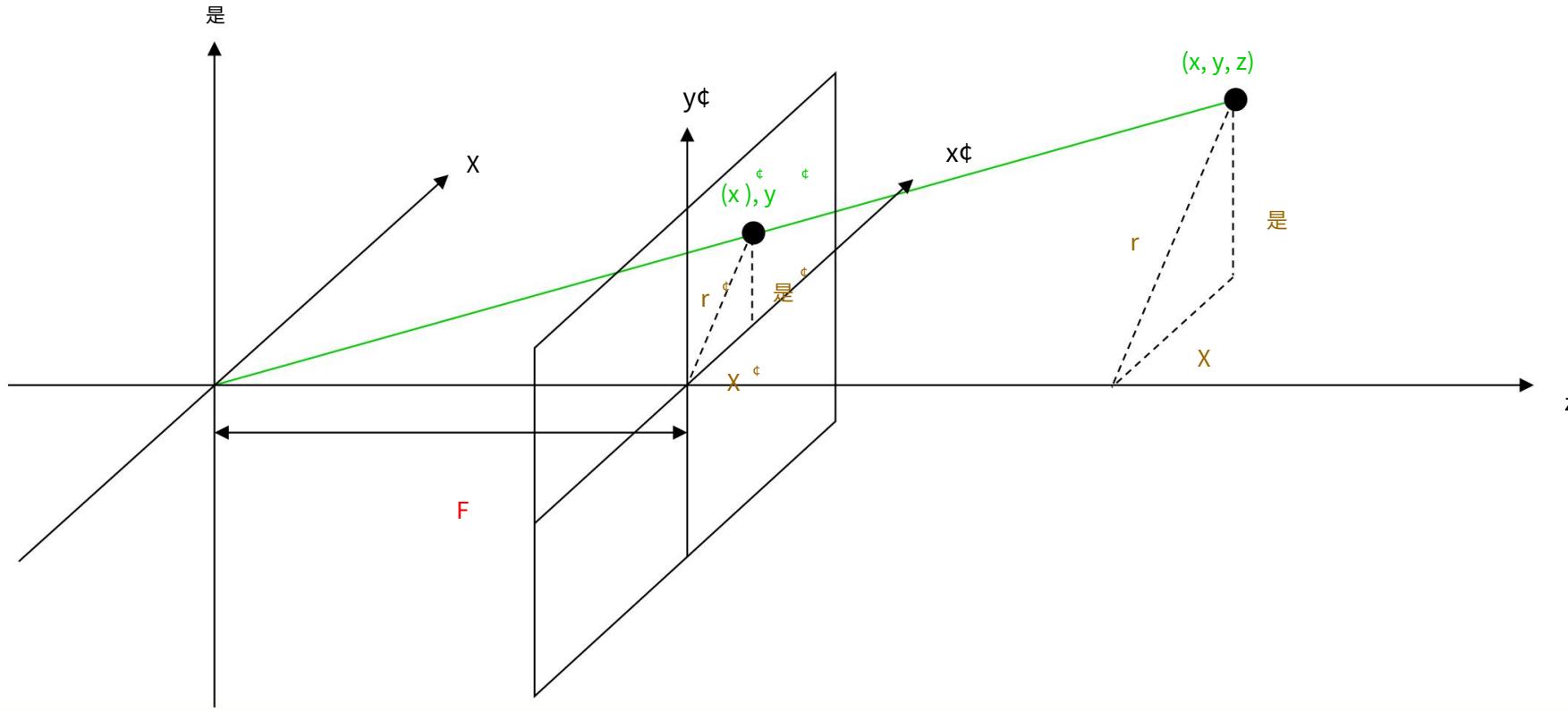
點 n 投

影中心(COP) n 焦距 n 視線



圖像幾何

n通過將圖像平面放在投影中心前面來避免反轉n也反轉x¢ 和 y¢



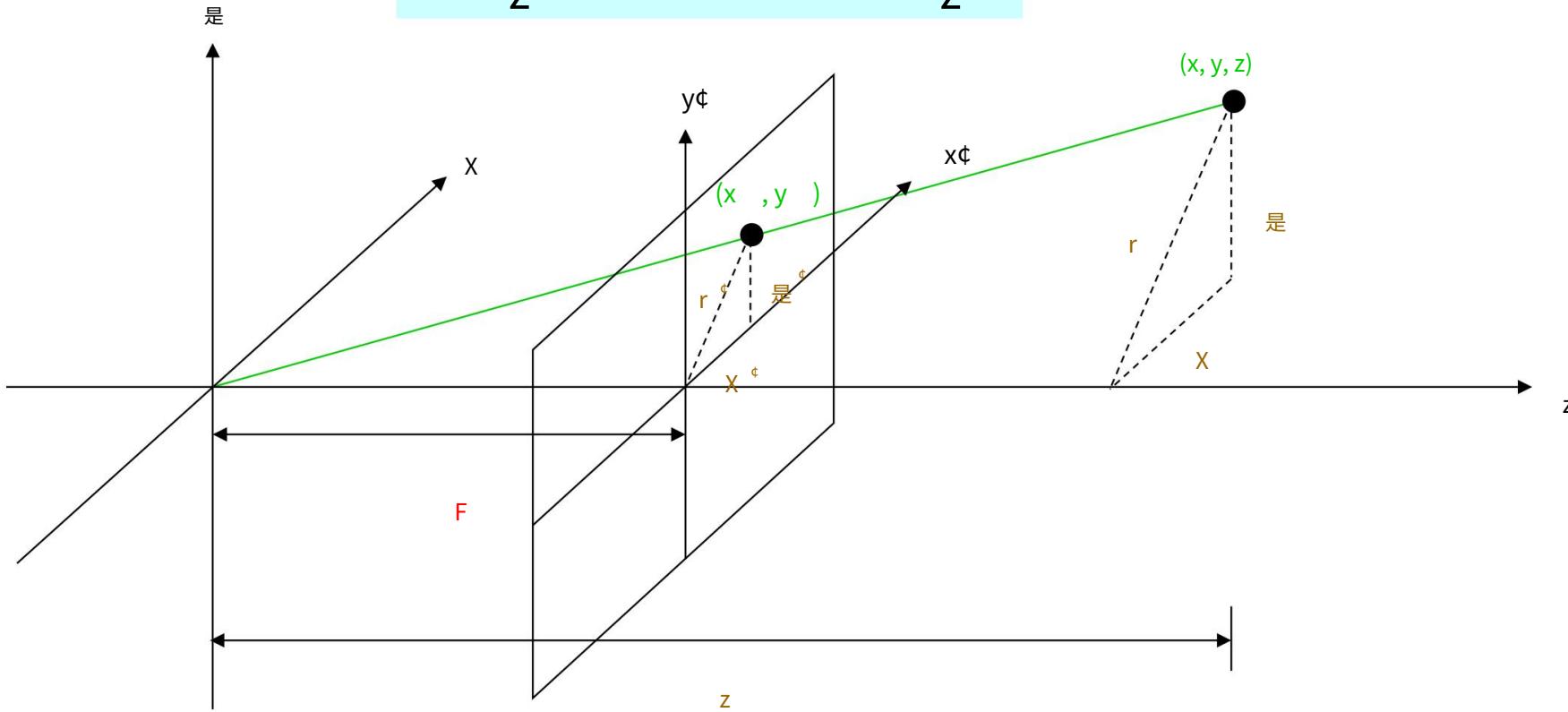
透視投影

n來自相似三角形： n我
們有

$$\frac{F}{z} = \frac{r}{r}$$

$$\frac{x}{x} = \frac{r}{r}$$

$x = \frac{f}{z} x$ 和 是 = $\frac{f}{z}$ 飛



2023 年 3 月 2 日

n助教n林鈺琴,

idayulin93@gmail.com n陳泳

慈, a40123anny@gmail.com

n辦公時間

待定

n實驗室 1421

坐標系n有四種坐標系n

世界坐標系n也稱為絕對或物

體坐標n (x_w, y_w, z_w) 或 (x_a, y_a, z_a) n 物體
坐標系

n 也稱為模型坐標

n 相機坐標系n (x_c, y_c, z_c) n 圖像坐標系n (x, y)

¢ ¢

n 要使用圖像幾何，坐標必須是 先變身！

數字圖像n數字

圖像n數字的

一維數組 (矩陣) n

數字可以是光強度、距離 (範圍) 等 n

強度圖像n對

光強度進行編碼的類似照片的圖像，

由相機獲取 n

測量光量撞擊光敏設備 n範圍圖

像n對特殊傳

感器 (如聲

納或激光掃描儀) 獲取的形狀和距離進
行編碼 n直接估計

所觀察場景的 3-D 結構

通過各種技術

強度圖像形成 (1/2)

n光學參數n表徵傳感
器的光學器件

n鏡頭類型、焦距、視野、角孔徑

n光度參數

n出現在從場景中的物體反射後到達傳感器的光能模型中n照明的類
型、強度、方向n觀察表面的反射特性n傳感器結構對到達
感光器的光量的影響

強度圖像形成 (2/2)

n幾何參數

n確定 3-D 點所在的圖像位置

projected

n投影類型n相機在空

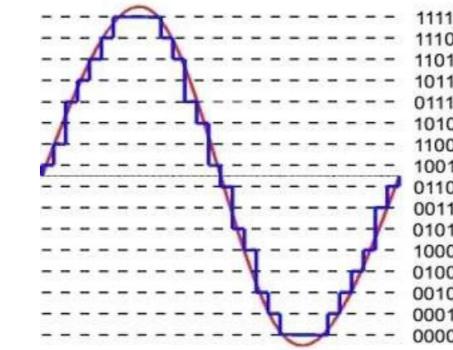
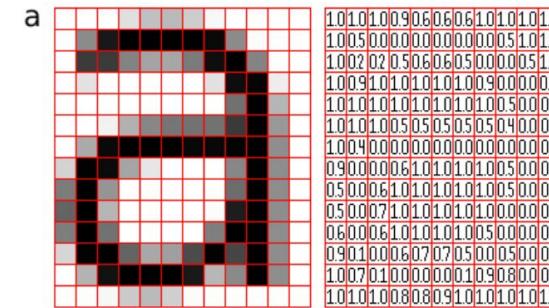
間中的位置和方向n成像過程引入的透視失真

數字圖像表示

n 數字圖像是一組數字，表示圖像平面上不同點的圖像輻照度

n 圖像強度被空間採樣 n 強度值被量化 n 8 位

n 10 位、12 位等



n 採集 :CCD 陣列 n 存儲 : 通常在計算機內存中 n 顯示 : 計算機硬件 (視頻板) 和 監視器

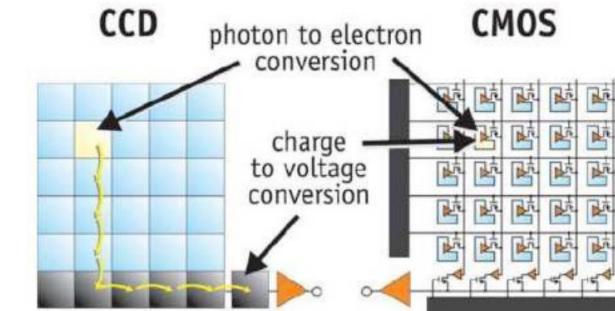
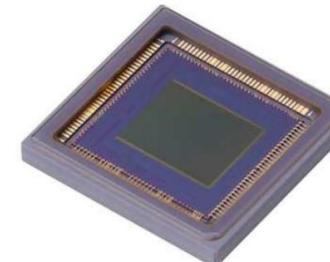
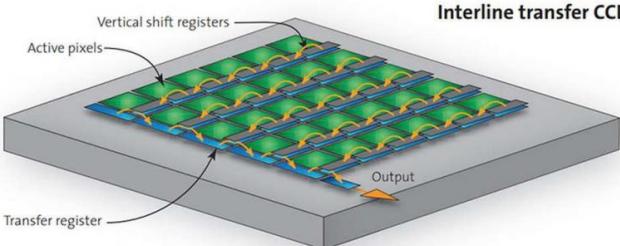
圖像傳感器

n 圖像由入射圖像輻照度與圖像平面上的光敏元件相互作用形成 n 光敏元件

n 電影

n CCD (電荷耦合器件) n CMOS 成像元

件



電影

n 膠片採樣 (記錄) 照射在每個物體上的光強度

n 點

什麼是強度？

n 其科學術語大致對應於亮度 n 它可以通過物理測量，並且有許多不同的

單位，如流明 n 真正的電影

並不完美： n 它有一個有限的動態

範圍：

n 它不能同時記錄非常暗和非常亮的區域 - 這是攝影中的一個大問題 n 它的

分辨率有限： n 如果你把它放

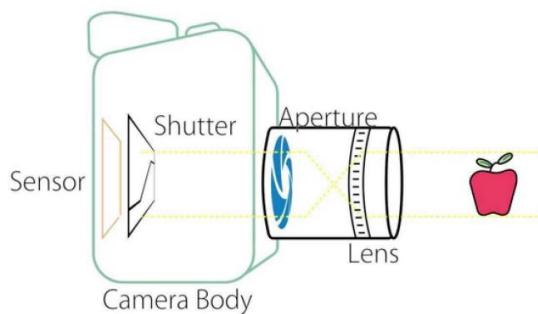
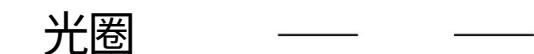
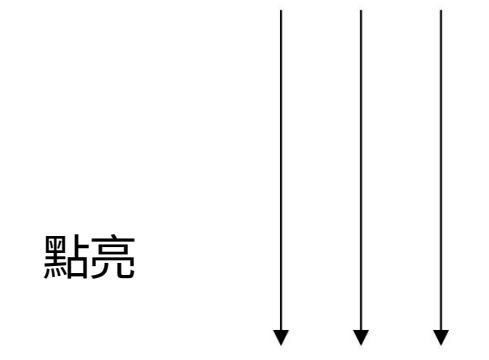
大到足夠大，你可以看到顆粒 - 這在攝影中很少成為問題

相機

n照相機是調節光線照射膠片方式的裝置

n鏡頭在保持對焦的同時讓光線進入**n**光圈

控制到達膠片的光線**比例****n**快門控制允許光線到達膠片的時間長度



圖像作為樣本 **n** 照片是落在

上面的光的樣本

電影

n 這是一組非常大的樣本，每個點一個
電影

n 相機精確控制採樣的內容 **n** 採樣的時間段 **n** 採樣空間的哪個
區域（光的那一部分

場地）

n 電磁波譜的哪個區域被採樣 **n** 哪個強度範圍被最準
確地採樣 **n** 圖像作為樣本的想法是計算機圖形學
許多方面的核心

更多關於電影

n空間連續性：

n在現實世界中，光線往往會在空間上平滑地變化n膠片很好地捕捉到了這種平滑性，其高
解決

n強度連續性： n現實世界

包含一個連續的強度範圍，從亮到暗n膠片可以很好地捕捉一個子
範圍，但不能
超出
範圍

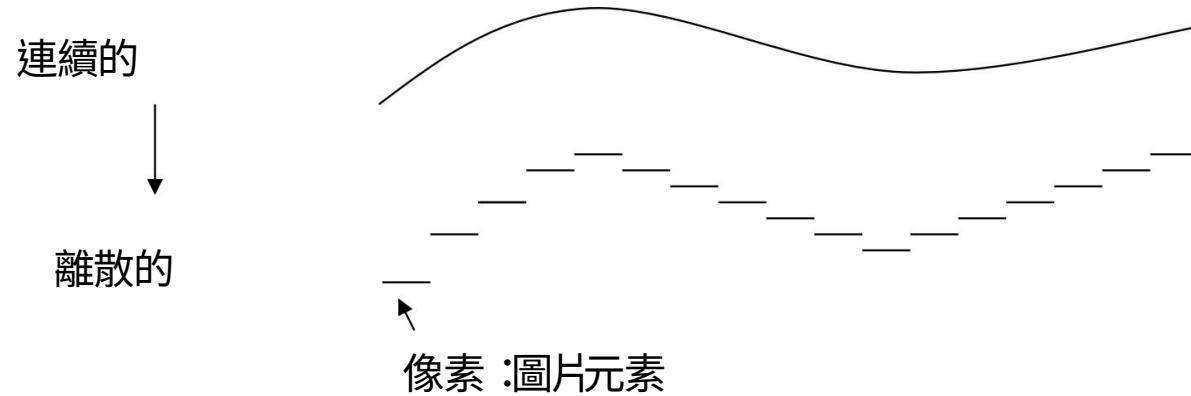
n時間連續性：

n在現實世界中，光線往往會隨時間平滑變化n電影膠片隨
時間捕捉一組離散的圖像

數字圖像n計算機處理離散

信息n我們如何將連續圖像數字化？

n將連續空間分成小區域，像素n為每個像素使用單個
值 - 像素值在空間或強度上不再連續



數碼相機

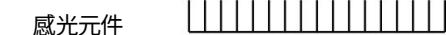
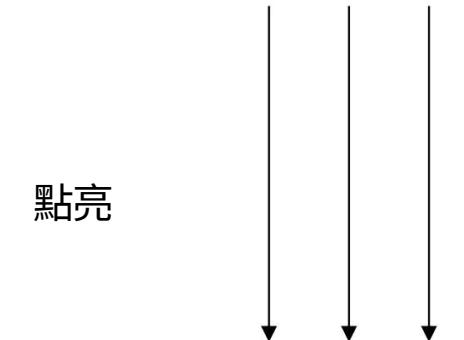
n CCD 每接收一個光子就存儲一個電荷
擊中它

n “bins”具有離散區域，每個像素
一個n空間離散n

相機以某種頻率“讀取”bins 中的電荷

n將電荷轉換為離散值n強度離散

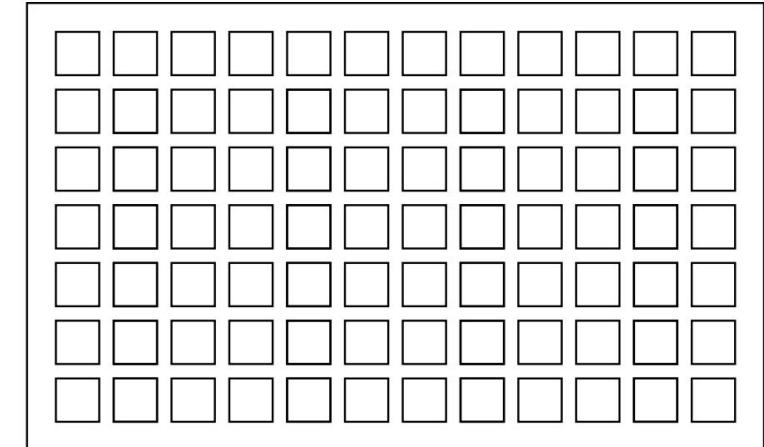
n在內存中存儲值 圖像n仍然存在運動模
糊、景深、動態範圍等問題



數碼黑白相機

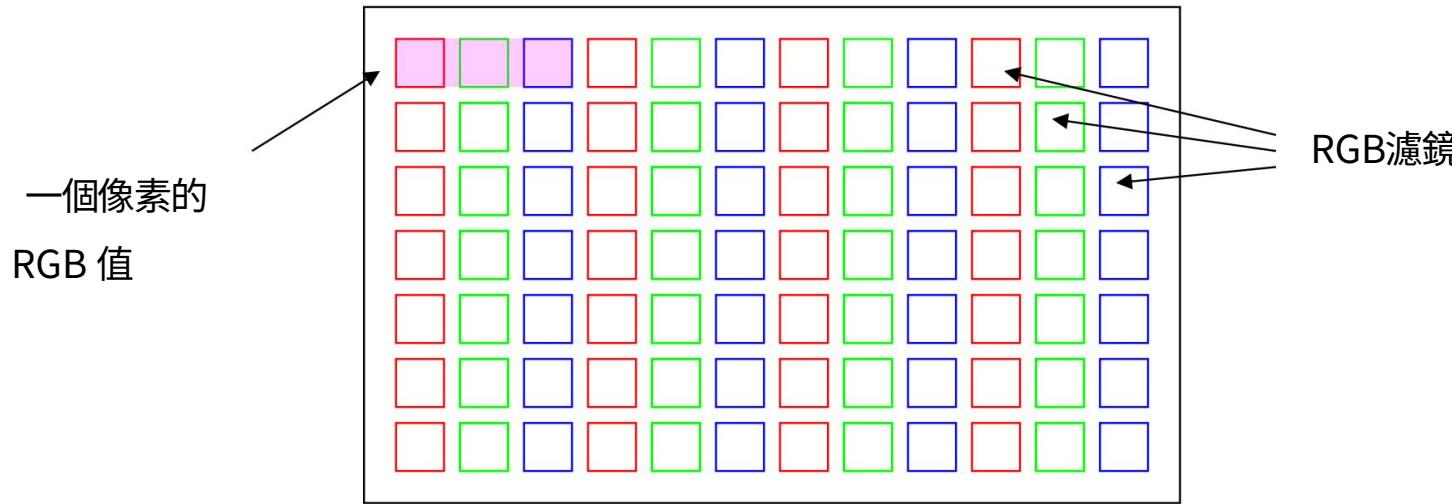
n CCD由 (通常)二維光敏單元陣列組成，每個對應一個像素轉換為數字信號

在 CCD 特定範圍內（通常是 8 位或 10 位數字）



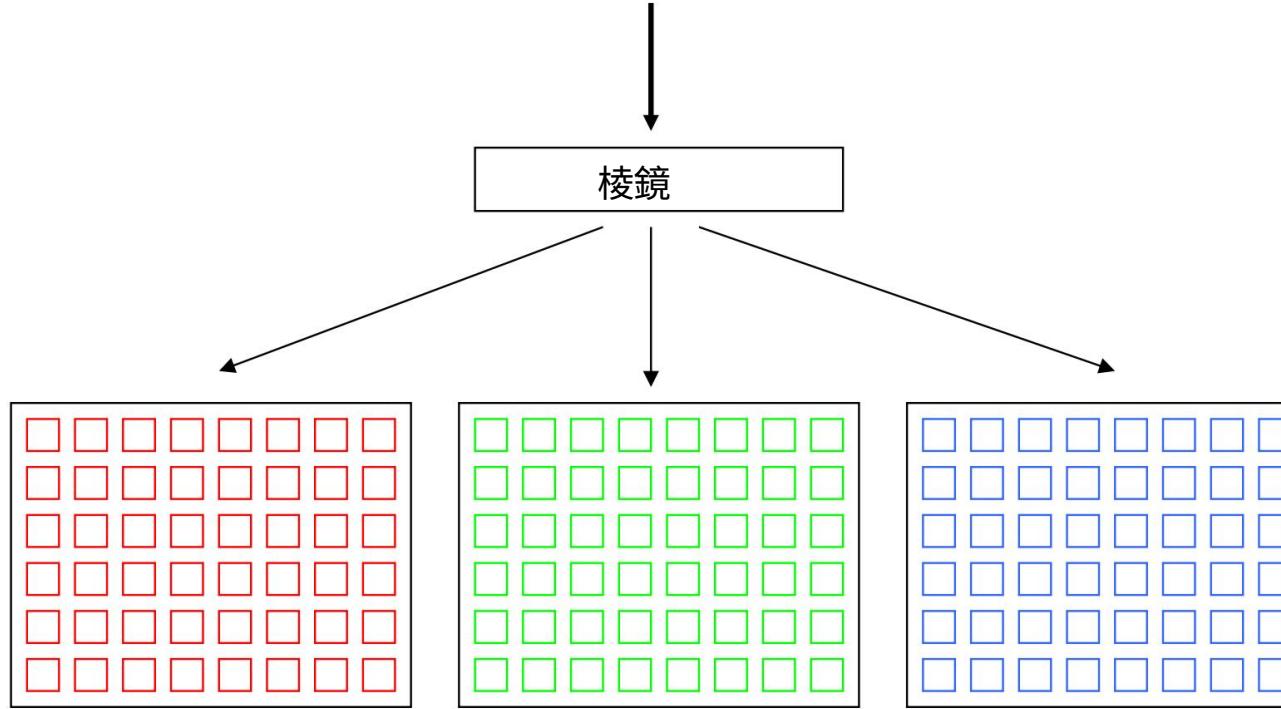
數碼彩色相機

- n 3 濾光片“掩模”放置在 CCD 陣列的頂部，每個濾光片僅允許紅色、綠色或藍色通過
- n 插值算法為每個像素分配 3 波段顏色

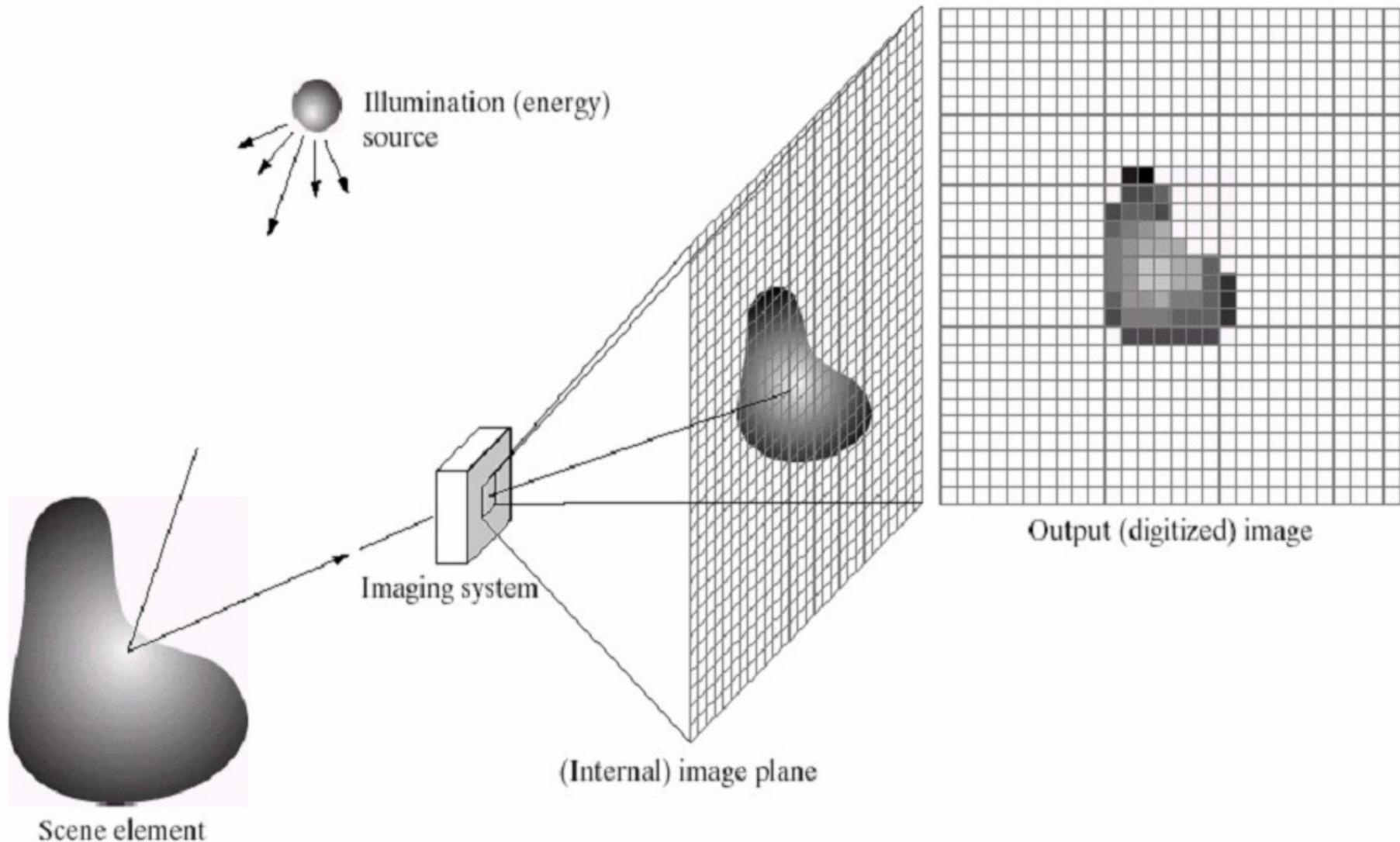


數碼彩色相機

CCD 彩色相機精確對齊每個陣列由單個濾色器 (R、G、B) 覆蓋



數字圖像採集過程



生成數字圖像

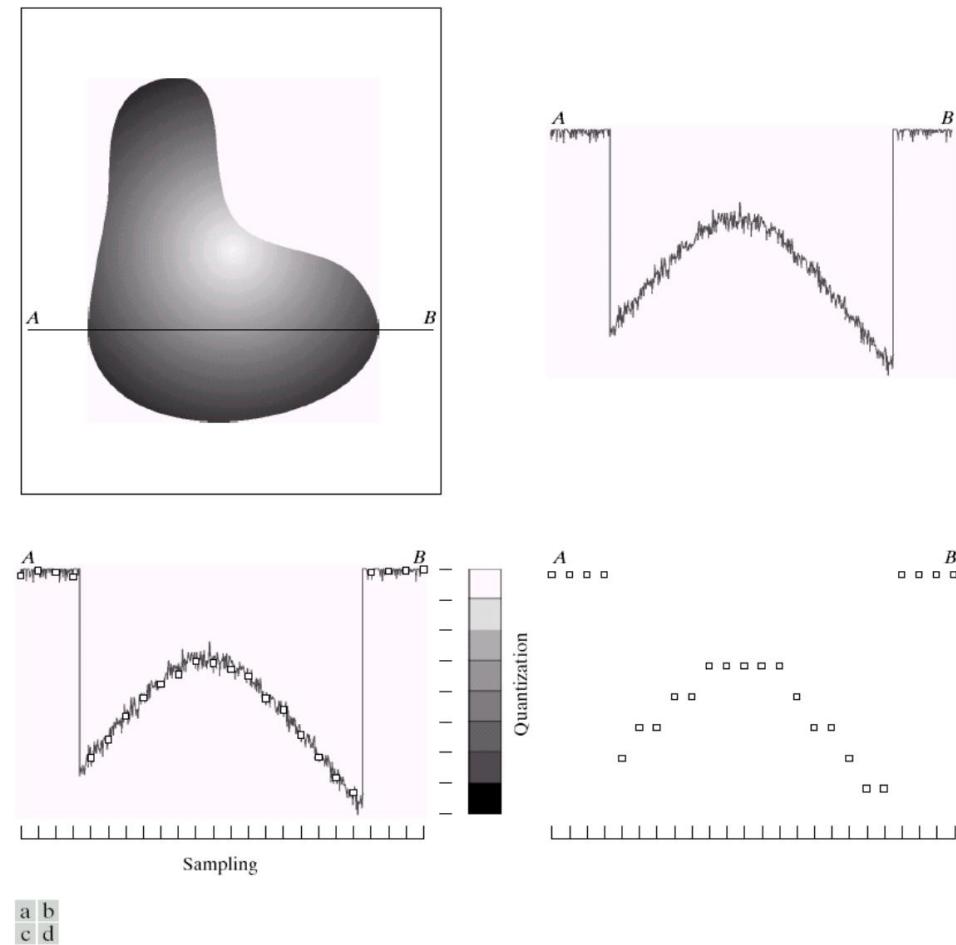
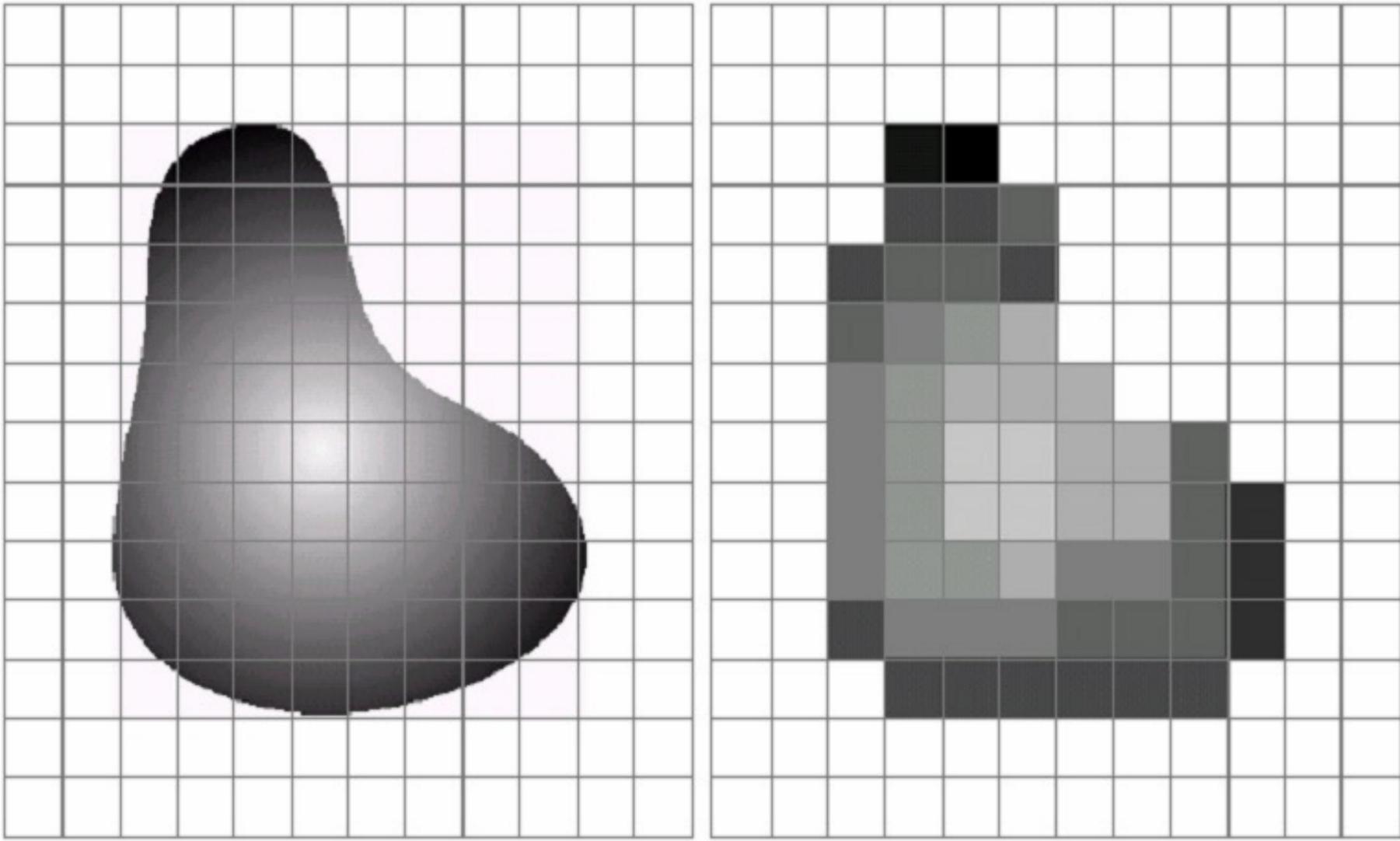
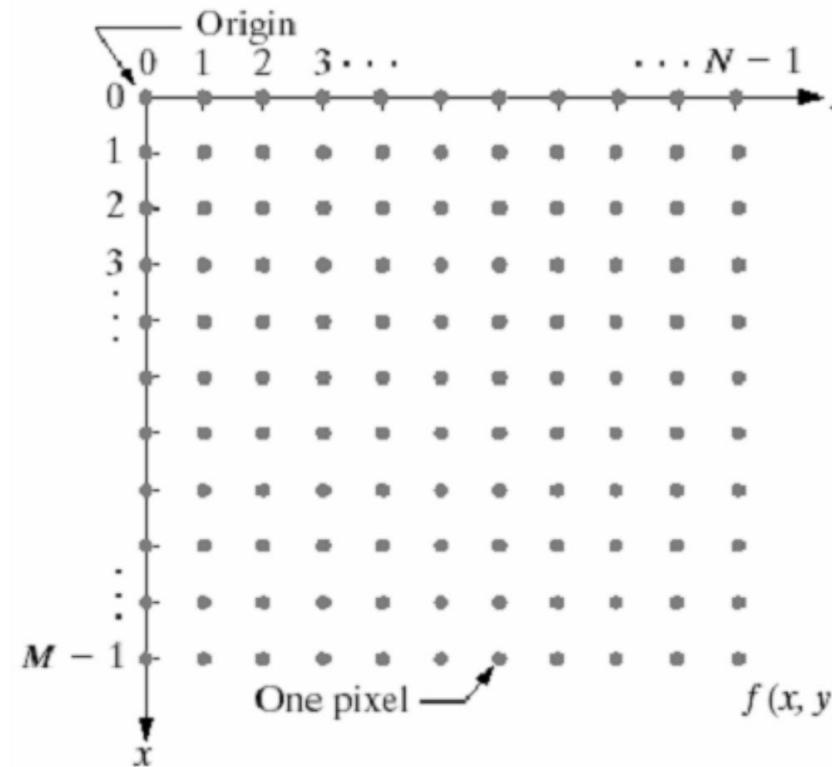


FIGURE 2.16 Generating a digital image. (a) Continuous image. (b) A scan line from A to B in the continuous image, used to illustrate the concepts of sampling and quantization. (c) Sampling and quantization. (d) Digital scan line.

圖像採樣和量化



坐標轉換



數碼影像

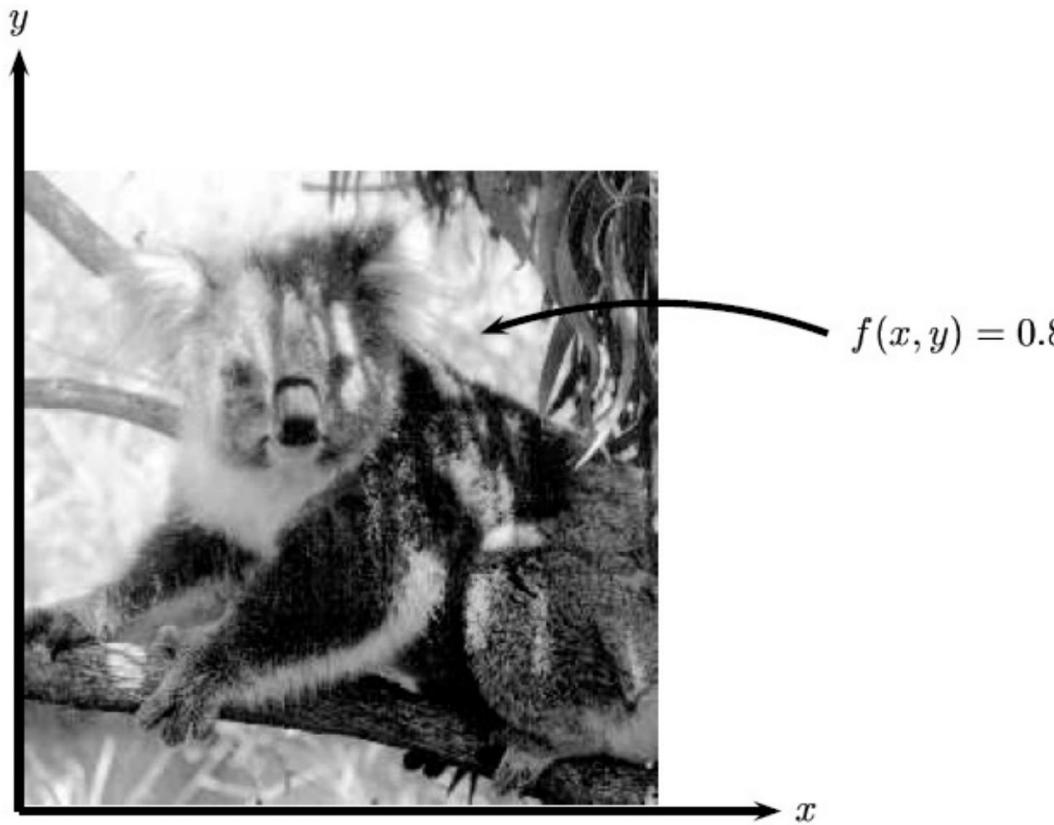


Figure 1.13: An image as a function

圖像作為二維數組

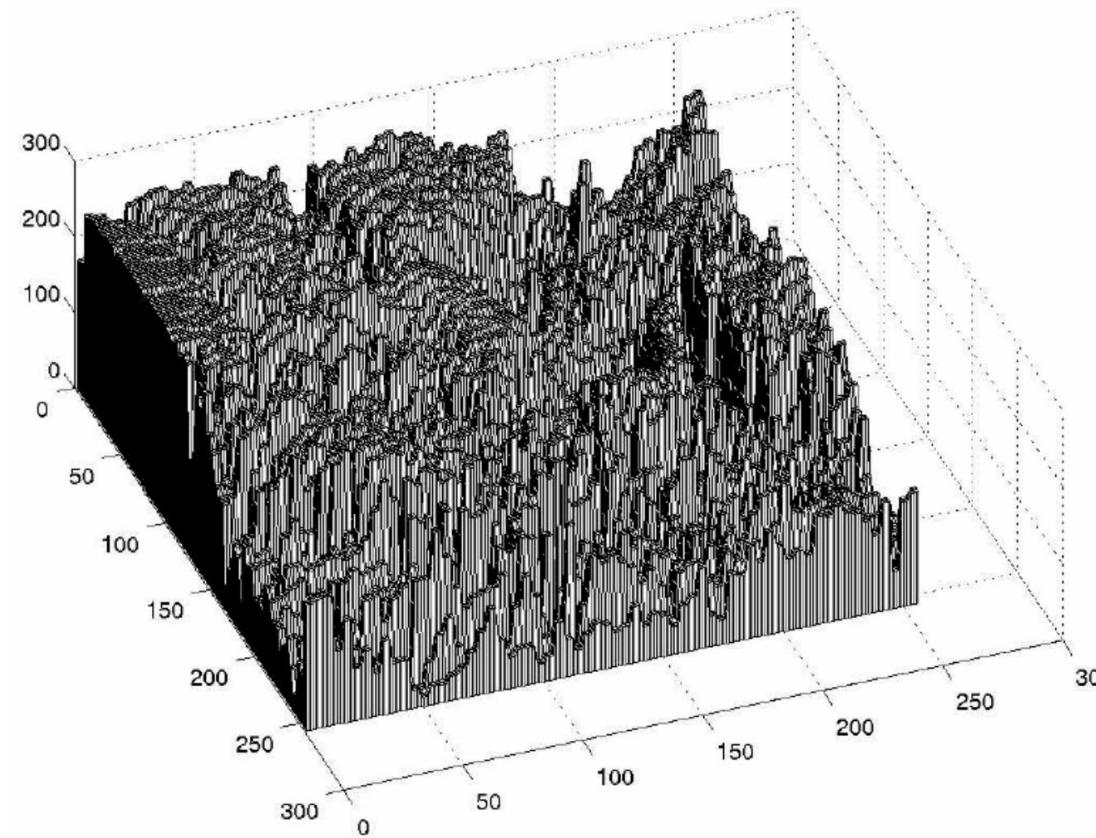


Figure 1.14: The image of figure 1.13 plotted as a function of two variables

圖像作為二維數組

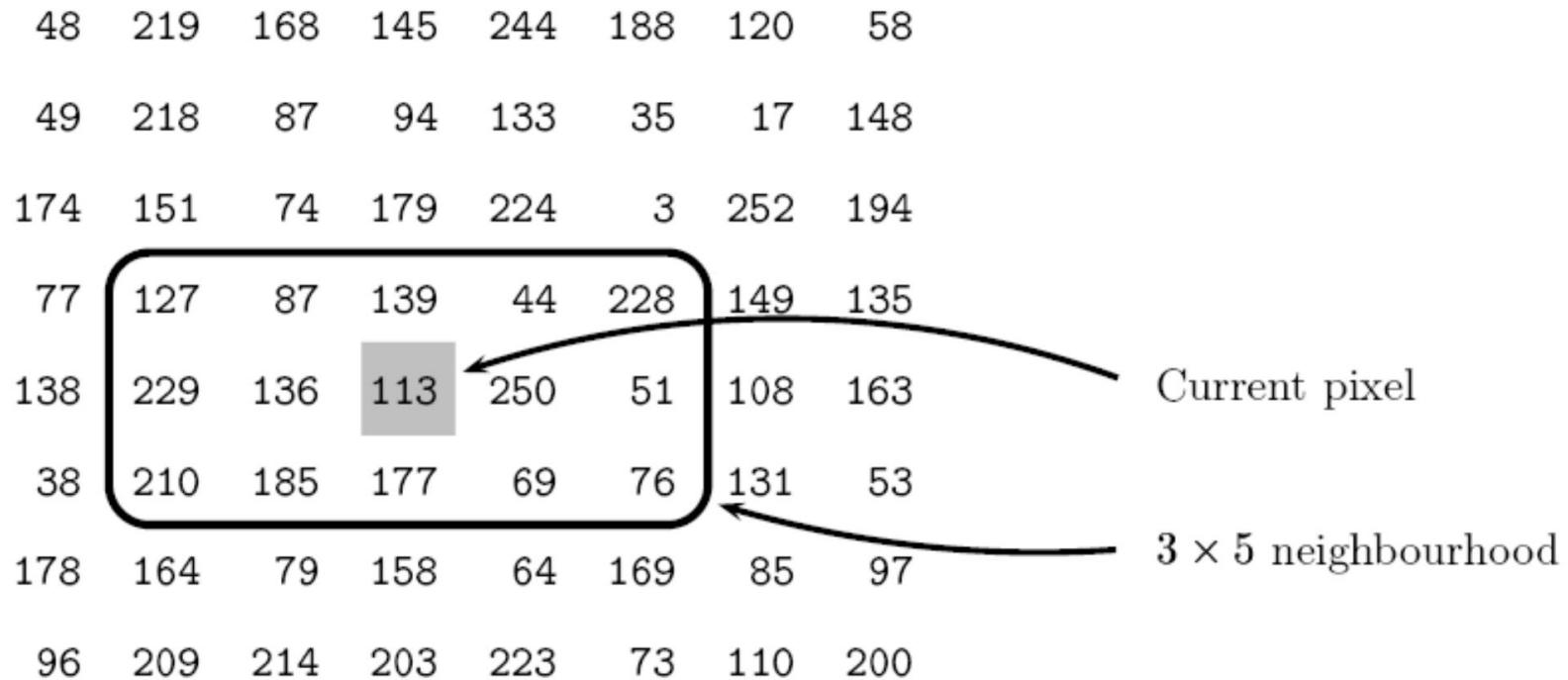
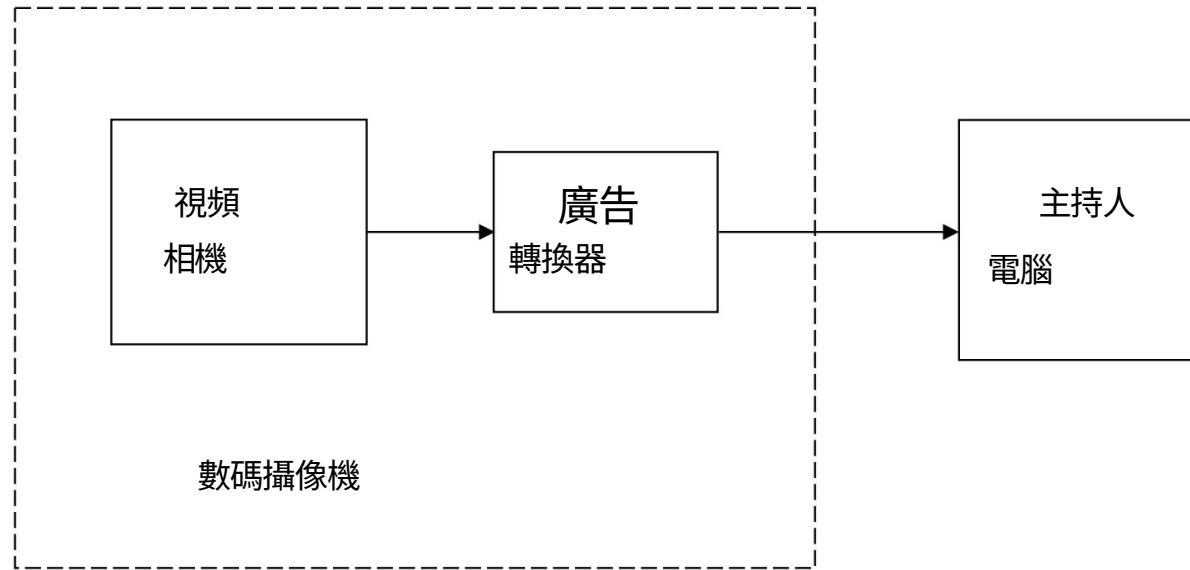


Figure 1.15: Pixels, with a neighbourhood

數字成像系統

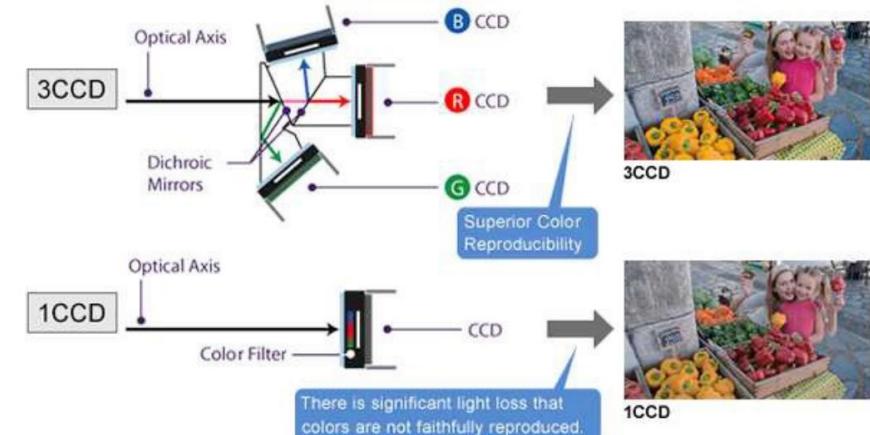


視頻圖像n通過每秒

打開和關閉快門 30 次來連續拍攝圖像 n 時間混
疊n運動模糊

n感測顏色n在 3

CCD 攝像機中，光路被分成三個部分，通過彩色濾光片然後成像n結果 – 彩色圖像包含三個信息通道：紅色、綠色和藍色圖像強度



2023 年 3 月 7 日

n Homework #1 描述將給出這個

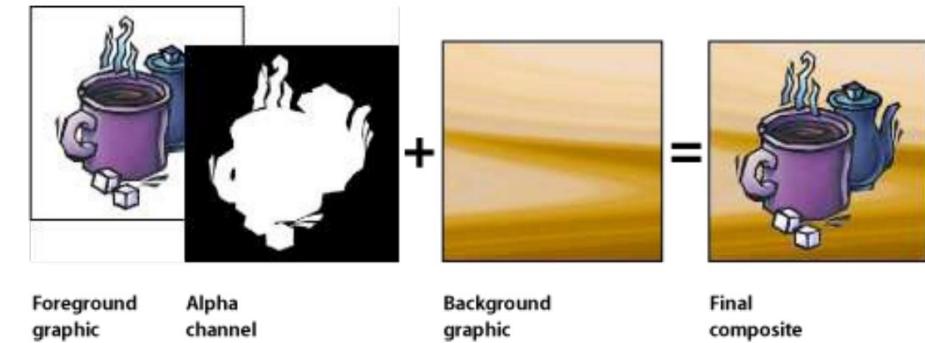
星期四3

月 23 日到期

圖像存儲

圖像存儲為連續的字節串作為像素的二維數組存儲方式會影響算法的性能彩色圖像可以用 24 位或 8 位存儲當我們有更多顏色時，我們可以使用查找表每個像素 4 個字節比 3 個更有效，因為它對齊

內存中的整數邊界更好第 4 個像素通常是 0 到 1 之間的 alpha 分量最終顏色是 [aR aG aB]



數字圖像的類型

二值圖像 – 1 位/像素
灰度圖

像 – 8 位/像素
真彩色或 RGB 圖像
– 24 位/像素
索引圖像 – 8 位/像素

二值圖像

n高效存儲n文檔處理、手寫、
指紋



1	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	0	0
0	0	0	1	0	0
0	0	0	1	1	0
0	0	0	0	0	1

灰度圖像

n範圍通常是 2 的幕 n 256 級足以滿足大多數應用



230	229	232	234	235	232	148
237	236	236	234	233	234	152
255	255	255	251	230	236	161
99	90	67	37	94	247	130
222	152	255	129	129	246	132
154	199	255	150	189	241	147
216	132	162	163	170	239	122

真彩色圖像

n RGB 圖像 (紅-綠-藍) n

16,777,216 種不同的可能顏色



49	55	56	57	52	53
58	60	60	58	55	57
58	58	54	53	55	56
83	78	72	69	68	69
88	91	91	84	83	82
69	76	83	78	76	75
61	69	73	78	76	76

Red

64	76	82	79	78	78
93	93	91	91	86	86
88	82	88	90	88	89
125	119	113	108	111	110
137	136	132	128	126	120
105	108	114	114	118	113
96	103	112	108	111	107

Green

66	80	77	80	87	77
81	93	96	99	86	85
83	83	91	94	92	88
135	128	126	112	107	106
141	129	129	117	115	101
95	99	109	108	112	109
84	93	107	101	105	102

Blue

索引圖像

n圖像有一個關聯的顏色圖，它只是該圖像中使用的所有顏色的列表n GIF、PNG 格式等。



4	5	5	5	5	5
5	4	5	5	6	6
5	5	5	0	8	9
5	5	5	5	11	11
5	5	5	8	16	20
8	11	11	26	33	20
11	20	33	33	58	37

Indices

0.1211	0.1211	0.1416
0.1807	0.2549	0.1729
0.2197	0.3447	0.1807
0.1611	0.1768	0.1924
0.2432	0.2471	0.1924
0.2119	0.1963	0.2002
0.2627	0.2588	0.2549
0.2197	0.2432	0.2588
:	:	:

Colour map

圖像文件大小

n 圖像中使用的位數（或字節）

n 512'512 二值圖像

n 512 512 1 = 262,144 位 = 32,768 字節 » 0.033

Mb n 512 512 灰度圖像n

512 512 1 = 262,144 字節 » 0.262

Mb n 512 512 RGB 圖

像n 512 512 3 = 786,432 字節 » 0.786兆瓦

伽馬校正

n顯示器熒光粉的光輸出是
通常與施加的電壓n不成比例亮度函數 $I=aV^g$

Macintosh - 1.8

n SGI - 1.5

n SUN 和 PC - 2.5

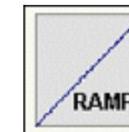
n圖像顏色看起來 “失真” n

Gamma 校正顏色查找表

伽馬校正



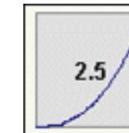
監控樣本輸入



輸入圖



監視器的輸出

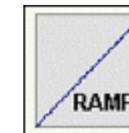


輸出圖 $I=V^{2.5}$

$$I=V^{2.5}$$



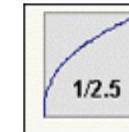
樣本輸入



輸入圖



伽瑪校正輸入

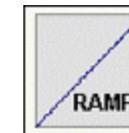


修正圖 $I=V^{1/2.5}$

$$I=V^{1/2.5}$$



監聽輸出



輸出圖

像素表示

n分辨率

n量化n訪問效率

2023 年 3 月 9 日

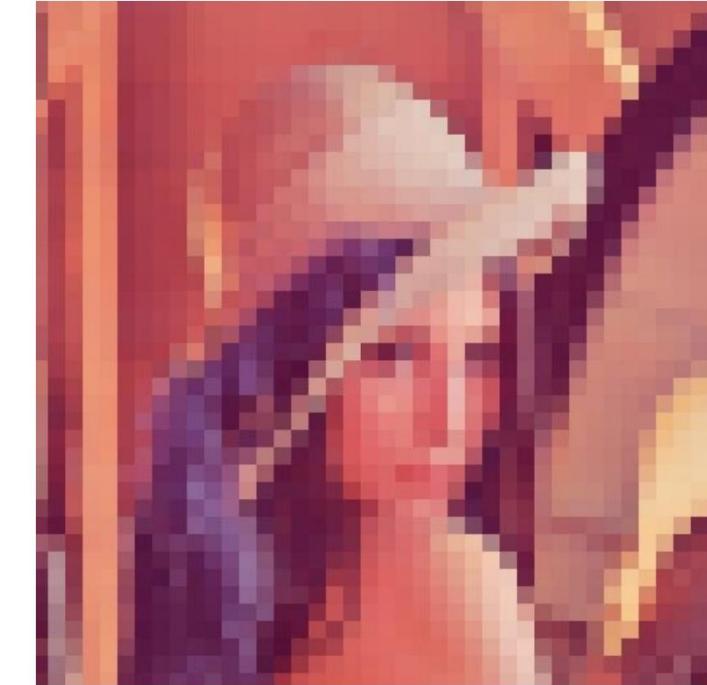
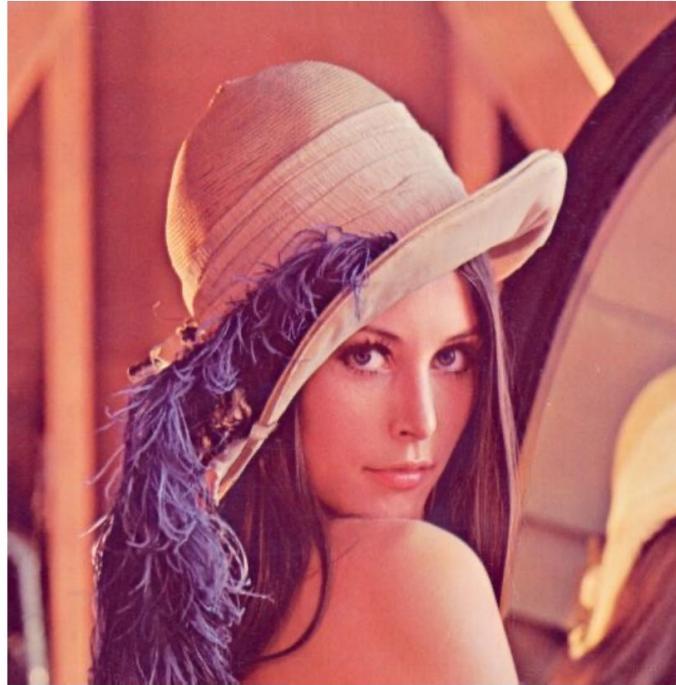
n家庭作業#2 的描述將在稍後給出

11:50

n兩週後到期

圖像分辨率

n具有不同空間分辨率的圖像n (如何獲得？
放大？取平均值？)



圖像量化

n每像素（或顏色）的位數決定可能值的數量n抖動？



圖像定義

n 圖像形成的幾何關係(x,y)和

數字圖像[i,j]的表示 n 圖像中的像素由從左上角

開始的二維索引[i,j]表示

角落

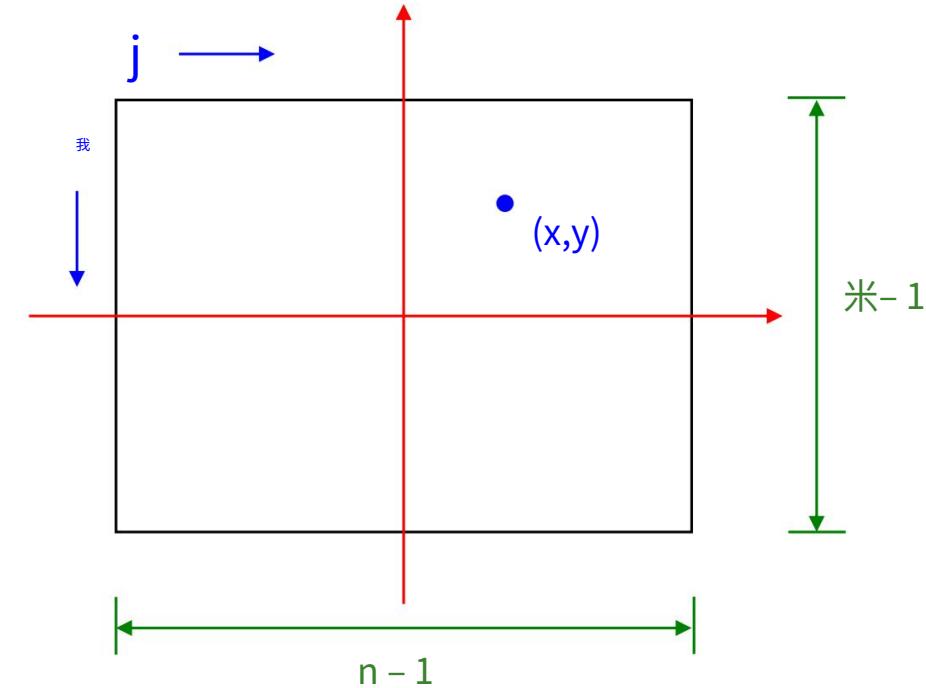
n 圖像平面中的一個點由(x,y)表示，原點位於圖像平面的中心

圖像

n 換算公式：

$$\begin{aligned}
 x_j &= -\frac{n-1}{2} \\
 \text{義} &= -\frac{m-1}{2} \\
 c &e
 \end{aligned}$$

其中 m, n 是數字圖像的行數和列數



計算水平

n點級別： $fB[i, j] = \text{Opoint}\{fA[i, j]\}$ n閾值、灰度等n可以通過“查找表”加速

n本地級別： $fB[i, j] = \text{Olocal}\{fA[i_k, j_l] : [i_k, j_l] \in N[i, j]\}$

n平滑、邊緣檢測等n可以通過“並行

架構”加速n全局級別： $P = \text{Oglobal}\{f[i, j]\}$ n強度直

方圖、傅立葉變換等n盡可能避免使用n對象

級別 大小、形狀等。

閱讀

n Jain 書的第 1 章

n 第 1.1 – 1.6 節