



第十二章 三維影像重建

12.1 前 言

- 12.2 二維影像深度計算
- 12.3 稠密式視差估計
- 12.4 相機校正
- 12.6 作 業

12.1 前言

■ 在本章中，我們將介紹

(1)二維影像深度計算

(2)稠密式視差估計

(3)相機校正。

12.2 二維影像深度計算

- 我們要介紹如何從二維影像中計算出物體深度 (Depth)。
- 物體上的一點 A 和左邊相機焦點中心 B 及右邊相機焦點中心 C 形成的三角形平面就叫作 Epipolar 面

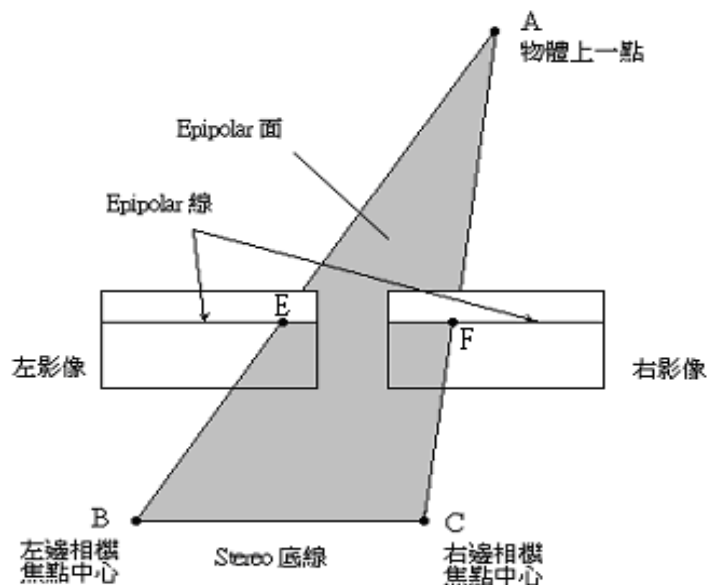


圖 12.2.1 Epipolar 面

範例 12.2.1：

已知兩部相機的焦距相同且均為 f ，假設左邊的 Epipolar 線之長度為 x_l ，而右邊的 Epipolar 線之長度為 x_r 。已知物件上的一點 $A(x, y, z)$ ，試問 z 之值為何？

解答：

圖中的 B 和 C 代表左相機和右相機的焦點中心。

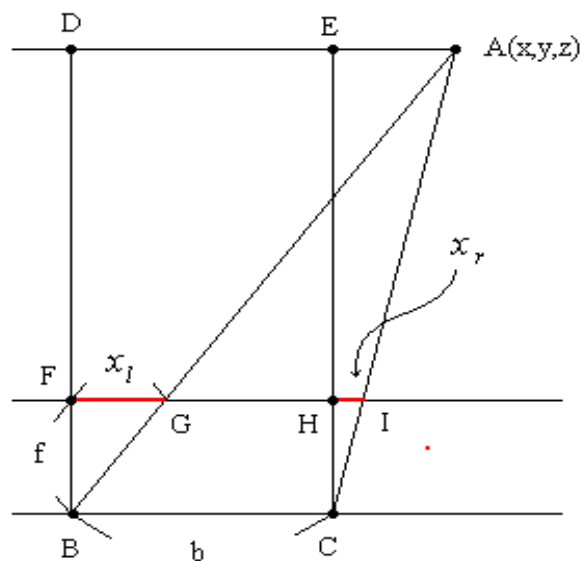


圖 12.2.2 幾何示意圖

$\triangle BFG \approx \triangle BDA$ 和 $\triangle CHI \approx \triangle CEA$ ，可得到

$$\frac{x}{z} = \frac{x_l}{f}$$

在上式中，我們假設兩部相機相距 b ，座標系統的原點設在 B 點：

$$\frac{x-b}{z} = \frac{x_r}{f}$$

$$x = \frac{zx_l}{f}$$

$$x = (zx_r + bf) / f$$

再利用 $zx_l = zx_r + bf$ ，可得到深度為

$$z = \frac{bf}{x_l - x_r}$$

12.3 稠密式視差估計

■ 問題定義

稠密式視差估計是在 L 上的所有像素中和 R 上的所有像素中找到一個對應。

■ 二階段式的分割與克服方法

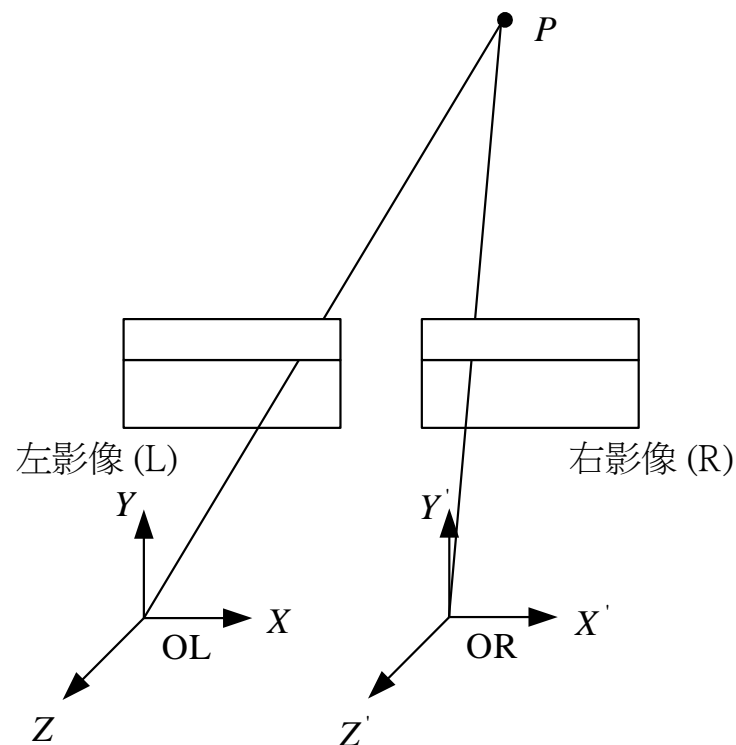


圖 12.3.1 稠密視差估計示意圖

■ 第一階段的分割與克服方法

1. 利用 Marr-Hildreth 測邊法得到主要特徵像素集：

L上第 $N/2$ 列中的主要特徵集可表示為：

$$S_L^{N/2} = S_L^{N/2}(1)S_L^{N/2}(2)\cdots S_L^{N/2}(N_{N/2}) \quad , \quad 1 \leq N_{N/2} \leq N$$

R上第 $N/2$ 列中的主要特徵集可表示為：

$$S_R^{N/2} = S_R^{N/2}(1)S_R^{N/2}(2)\cdots S_R^{N/2}(N_{N/2}) \quad , \quad 1 \leq N_{N/2} \leq N$$

2. $S_L^{N/2}$ 和 $S_R^{N/2}$ 的匹配工作

$$C(S_L^{N/2}(v), S_R^{N/2}(w)) = \min(C_{match}(S_L^{N/2}(v), S_R^{N/2}(w)), C_{rightocc}(S_L^{N/2}(v), S_R^{N/2}(w)), C_{leftocc}(S_L^{N/2}(v), S_R^{N/2}(w)))$$

$$\text{其中 } C_{leftocc}(S_L^{N/2}(v), S_R^{N/2}(w)) = C(S_L^{N/2}(v), S_R^{N/2}(w-1)) + C_{Occ}$$

$$C_{rightocc}(S_L^{N/2}(v), S_R^{N/2}(w)) = C(S_L^{N/2}(v-1), S_R^{N/2}(w)) + C_{Occ}$$

$$C_{match}(S_L^{N/2}(v), S_R^{N/2}(w)) = C(S_L^{N/2}(v-1), S_R^{N/2}(w-1)) + C_{S_L^{N/2}(v), S_R^{N/2}(w)}$$

取代算子：

$$C_{S_L^{N/2}(m), S_R^{N/2}(n)} = \sigma^2 * |l_1 - l_2|$$

其中

$$l_1 = S_L^{N/2}(v) - S_L^{N/2}(v-1)$$

$$l_2 = S_R^{N/2}(w) - S_R^{N/2}(w-1)$$

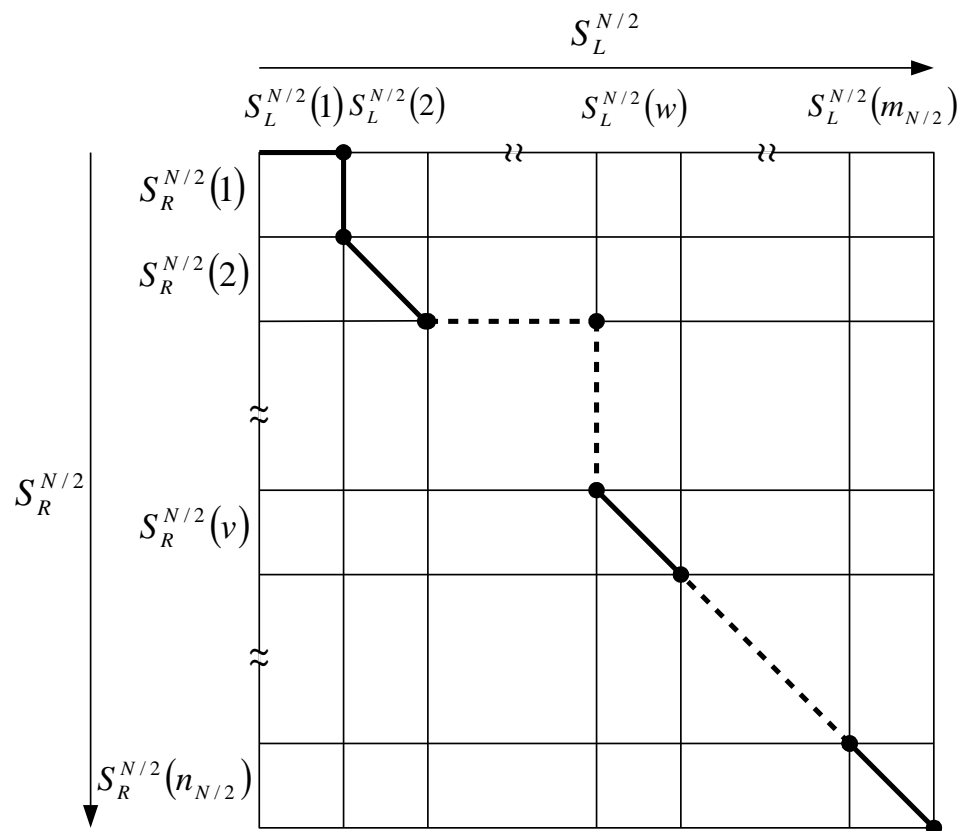
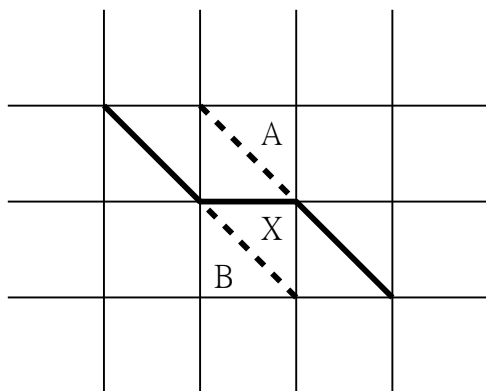


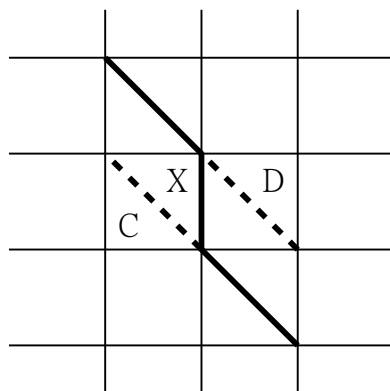
圖 12.3.2 $S_L^{N/2}$ 和 $S_R^{N/2}$ 的匹配

$$mean = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{l_1} \sum_{p=1}^{l_1} I_L(S_L^{N/2}(v-1) + p) + \frac{1}{l_2} \sum_{q=1}^{l_2} I_R(S_R^{N/2}(w-1) + q) \right)$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{l_1} \sum_{p=1}^{l_1} (I_L(S_L^{N/2}(v-1) + p) - mean)^2 + \frac{1}{l_2} \sum_{q=1}^{l_2} (I_R(S_R^{N/2}(w-1) + q) - mean)^2 \right)$$



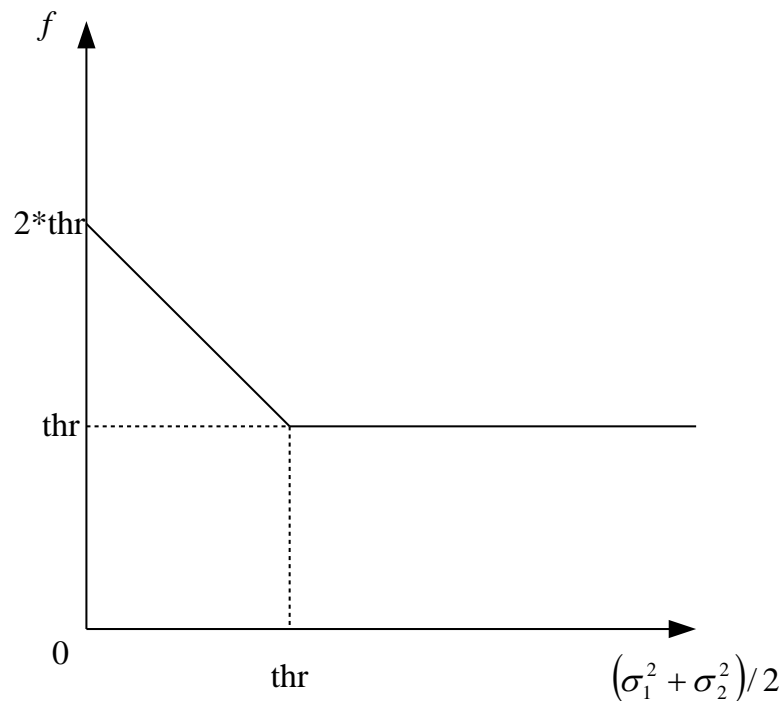
(a) 右遮蔽花費



(b) 左遮蔽花費

圖 12.3.3 右遮蔽花費和左遮蔽花費示意圖

$$C_{occ} = k \times f\left(\left(\sigma_1^2 + \sigma_2^2\right)/2; thr\right)$$



3. 加入消去法則

若兩兩匹配位置的差，形成之序列為 $\langle 5, -2, 5, 6, 5 \rangle$ ，則 -2 的視差偏移不太正常，可以予以去除。假設在 $N/2 \pm k$ 列時的平均視差偏移序列為 $\langle 5, 5, 6, 5 \rangle$ 。若新進來的視差偏移序列為 $\langle 5, 7, 3, 16, 4 \rangle$ ，則 16 的視差偏移可予以去除。

■ 第二階段的分割與克服方法

1. 在二段匹配的子區間中，
再進一步找出個別的像素配對
2. 利用平均視差偏移量 d ，
可將第二階段的工作轉
成 BSSC 問題的解決上

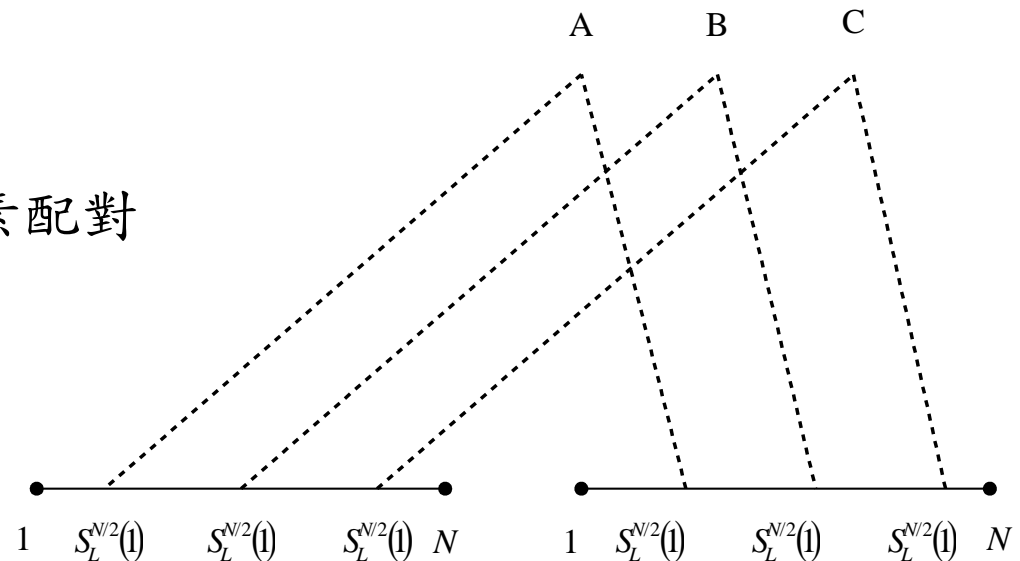


圖12.3.4 二子區間匹配

$$R \text{ 算子} : C'(S_L^{N/2}(v) + \hat{v}, S_R^{N/2}(w) + \hat{w}) = \sum_{x, y = -W/2}^{W/2} |I_L(N/2 + x, S_L^{N/2}(v) + \hat{v} + y) - I_R(N/2 + x, S_L^{N/2}(w) + \hat{w} + y)|$$

W 為事前定義好的小視窗

D 算子：類似於前面定義的左遮蔽花費

I 算子：類似於前面定義的右遮蔽花費



(a) 影像 L



(b) 影像 R

圖 12.3.6 輸入的
二張影像

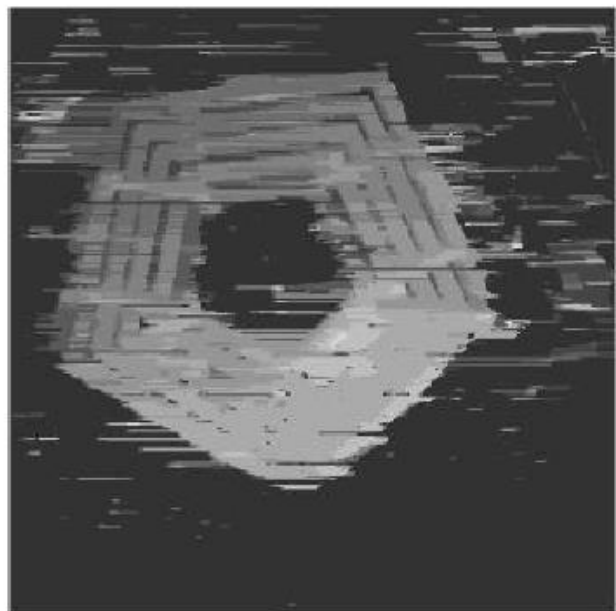


圖 12.3.7
得到的視
差圖

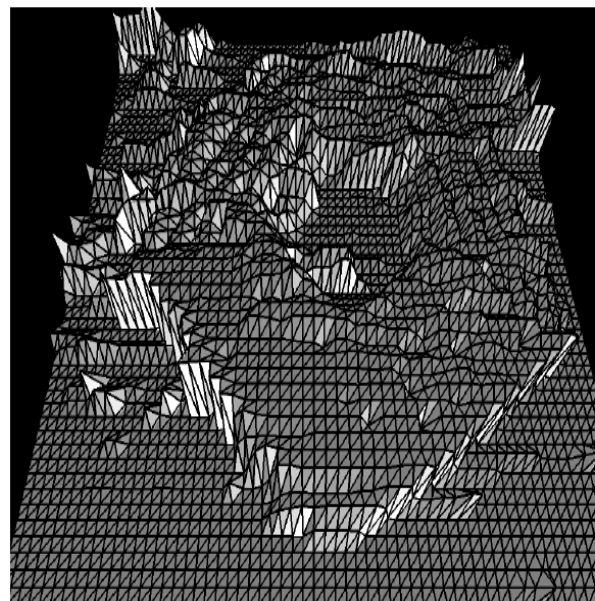


圖 12.3.8
重建後的
三維五角
大廈圖

12.4 相機校正

- 本節內容主要介紹 [3] 中的結果，在相機校正的領域中是一篇很有代表性的文章。
- 我們有三個座標系統分別為
 - 世界座標系統 (World Coordinate System)
 - 相機座標系統 (Camera Coordinates System)
 - 二維的影像系統 (Image System)

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} x_w \\ y_w \\ z_w \end{bmatrix} + T \quad R = \begin{bmatrix} r_1 & r_2 & r_3 \\ r_4 & r_5 & r_6 \\ r_7 & r_8 & r_9 \end{bmatrix} \quad T = \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{bmatrix}$$

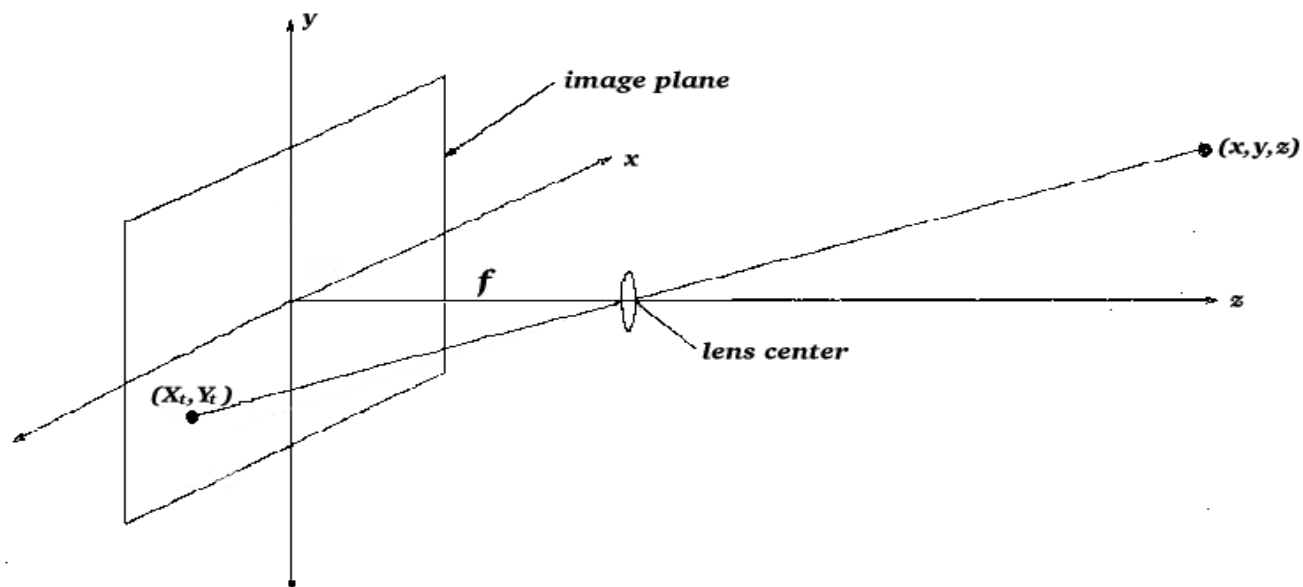


圖 12.4.1 相機座標系統和影像座標系統

12.5 作 業

- 作業一：何謂三維光流的決定 [4]。
- 作業二：寫一 C 程式以完成三維影像重建之實作。