

機器視覺與實習

20250303

測距

➤ 常見的深度感測器有紅外光測距、飛時測距(Time of flight, TOF)、雙眼立體視覺、Light Coding、超聲波感測器。

1 紅外線測距：透過感應器的 IR_LED 發射出紅外線光線，當光波遇到障礙物，因為障礙物結構表面構凹凸起伏的不同，所得到反射的強度也將不同，所以可以算出與障礙物的距離。

2. 飛時測距(Time of flight ,TOF)：藉由發射器發出光脈衝波，當光波碰上物體會反射，在計算發射與接收之間的時間差，計算出發射器與障礙物之間的距離。

➤ 要得到高精確度的量測，則需要操作在高頻的系統下，所以在實用上需要克服的硬體速度限制。

3.立體視覺：以兩組鏡頭模仿人類雙眼視覺來進行測距。

➤ 藉由兩組鏡頭直接對前方障礙物進行計算，利用三角定位的原理，計算障礙物與鏡頭之間的距離。

常見問題有下面三點：

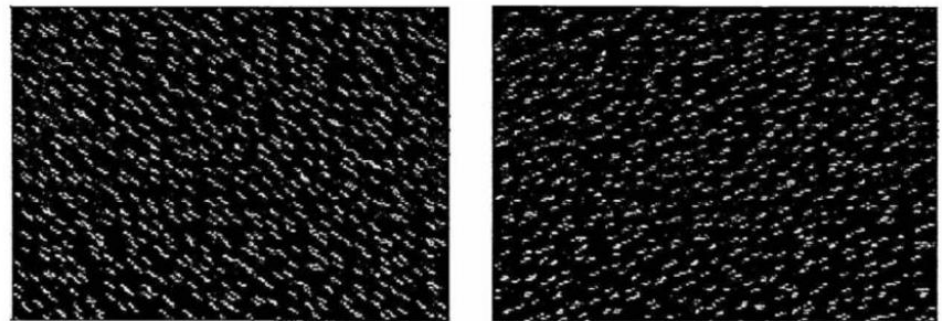
(a)當二邊攝影機在不同視角下，所得到的左右兩邊影像會有 Corresponding point 對應不唯一的問題，可能左邊影像一點會對應到右邊影像好幾點。此外，容易受到光線角度、強度影響。

(b)基於準確度及精確度的問題。兩個攝影機需要一定比例的距離，所以對於微小化產品設計會有限制。

(c)雖然 Stereo vision 演算過程會將二維變成一維的處理，但是為了解決左右兩邊影像不一致的問題，還是有計算複雜度的問題。

4. Light Coding

- 目前微軟的 Kinect 就是採用這項技術。發光源給需要測量的空間做編碼，屬於結構光技術的一種。
- Light Coding 的光源稱為雷射散斑（Laser Speckle），當物體放進這個標記的空間，由物體上面的散斑圖案，就能知道物體在什麼位置。所以量測前必須先做一次光源的標定動作，如圖所示。



空間中任意兩處的雷射散斑圖案

影像距離研究

影像的距離

影像與空間的關係

計算視差

距離影像

影像的距離

- 依視點看到影像的不同，就能判定何者在前，何者在後。
- 視點不同時，影像會偏移，則稱之為「視差」(disparity)。



攝影影像

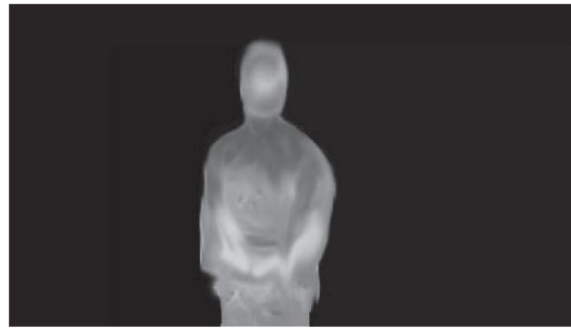


視點相異的影像

- 計算每個像素的距離後，再用亮度顯示的影像，稱為「距離影像」。
- 從左右配置的兩台相機所拍攝到的一對影像，稱為「立體(stereo)影像」。



(a)照相機所拍攝的影像



(b)距離影像



(c)利用距離資訊分割出來的影像



(d)合成影像

距離影像及其
利用範例

測距原理

- 雙目立體視覺可以測距。
- 如下圖所示，結合運用光學成像原理，可以藉由攝像頭內部的焦距與兩顆鏡頭所產生的視差，並推導出鏡頭與影像呈現的關係，即可算出實際距離。

兩個相機的投影中心的連線的距離為 b ，也叫做基線。

三維空間任意一點 P 。

在左相機的成像點為 PL。

在右相機的成像點為PR。

根據光的直線傳播的原理可知，

三維空間點 P 就是兩個相機的投影中心點與成像點連線的交點。

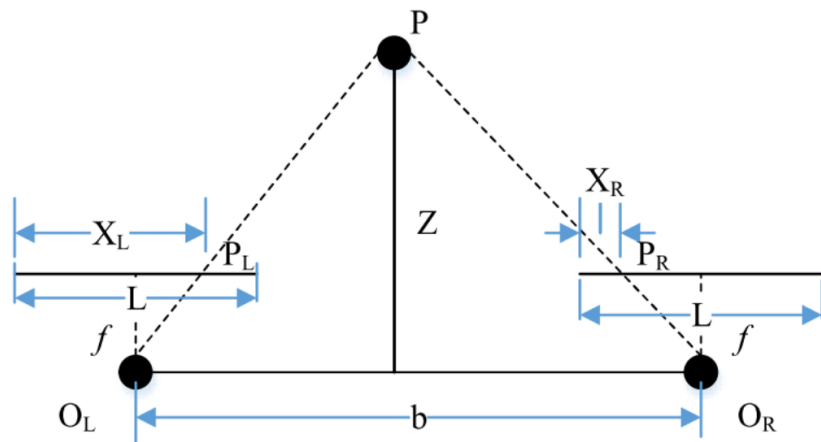
線段 X_L 和 X_R 分別左右相機成像點到左成像面的距離。

則點 P 在左右相機的視差可以定義如下:

$$d = |x_L - x_R|$$

兩個成像點PL和PR之間的距離為：

$$P_L P_R = b - \left(x_L - \frac{L}{2}\right) - \left(\frac{L}{2} - x_R\right) = b - (x_L - x_R)$$



根據相似三角形理論可以得出：

$$\frac{b-(x_L-x_R)}{Z-f} = \frac{b}{Z}$$

則可以得到點 P 到投影中心平面的距離Z

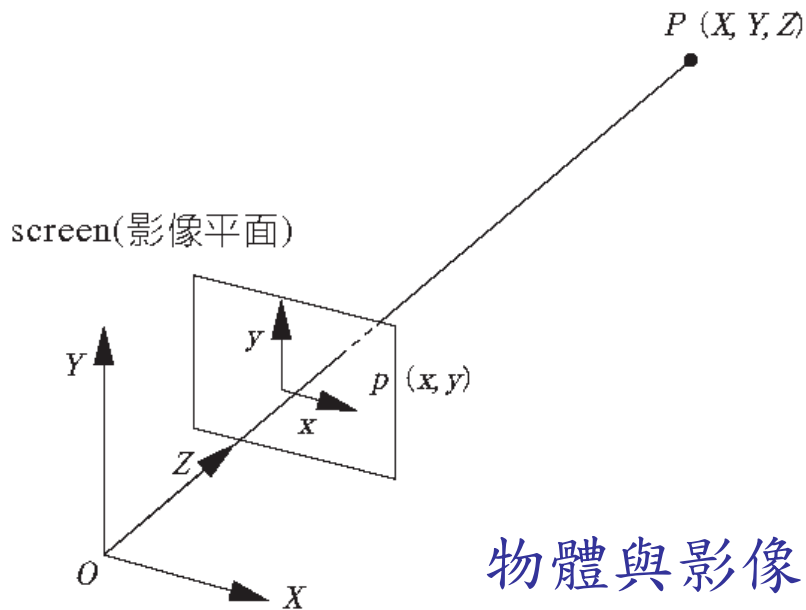
$$Z = \frac{b*f}{x_L-x_R}$$

影像與空間的關係

- 在三度空間裡，左右是 X 方向、上下是 Y 方向，深度(距離)則是 Z 方向，而 O 為其原點。
- 在影像平面上的 x,y 是以影像中心為原點，左右是 x 方向、上下為 y 方向。此時， $P(X, Y, Z)$ 與 $p(x, y)$ 的關係為：

$$x=X/Z$$

$$y=Y/Z$$



物體與影像平面的關係

- 物體距離 Z 保持不變，並將視點沿著 X 方向偏移。

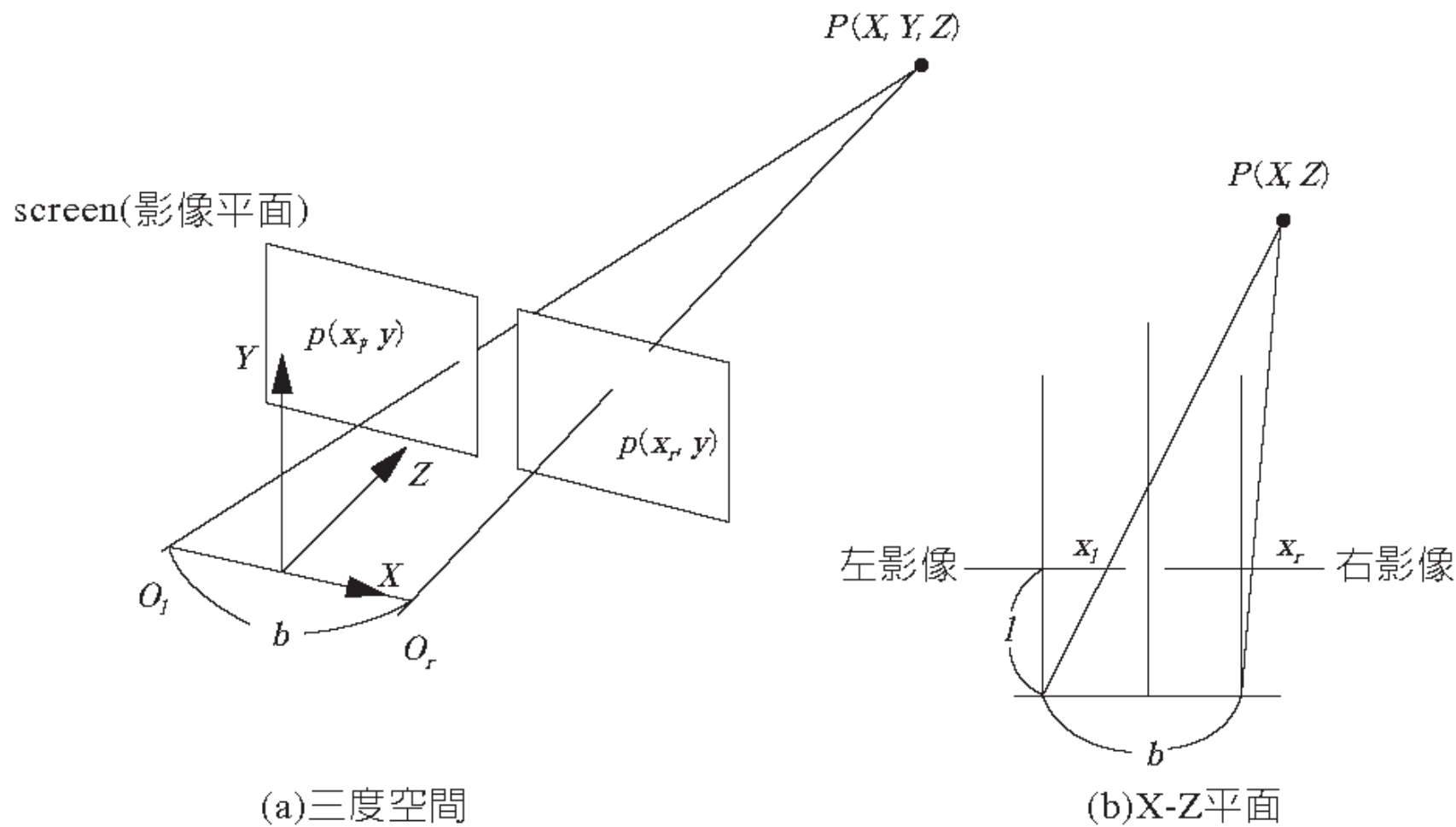
$$x_l = (X + \frac{b}{2})/Z$$

$$x_r = (X - \frac{b}{2})/Z$$

綜合上述兩式，可以求得 Z (假設焦距=1)。

$$Z = b/(x_l - x_r) \quad ,$$

- 兩個視點間的距離 b ，稱為「基線」(baseline)長度。
- 而兩個影像在 x 座標上的偏移量 $x_l - x_r$ 則為視差。
- 如果已知基線長度 b 及視差 $x_l - x_r$ ，就能計算出距離 Z 。



立體影像的攝影

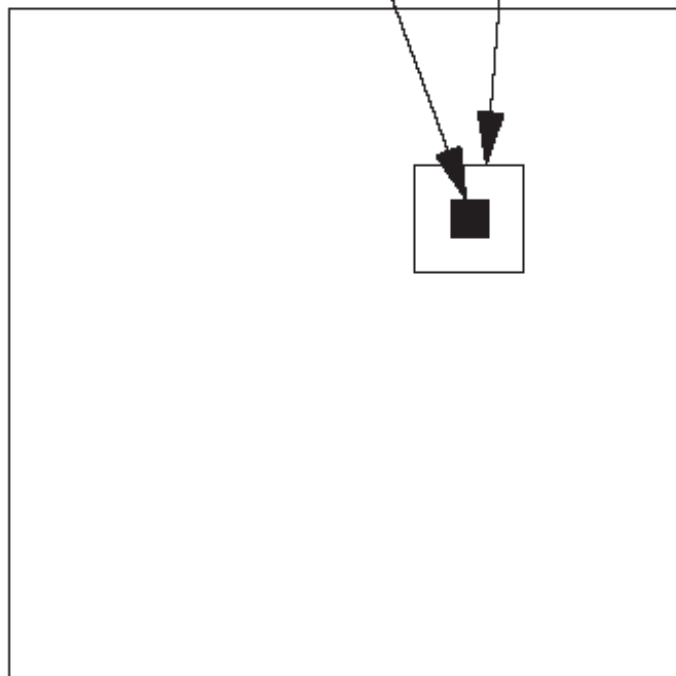
計算視差

► 差分總和法的公式如下：

$$D_{diff} = \sum_i \sum_j |f_i(x_i, y_j) - f_r(x_i + dx, y_j)|$$

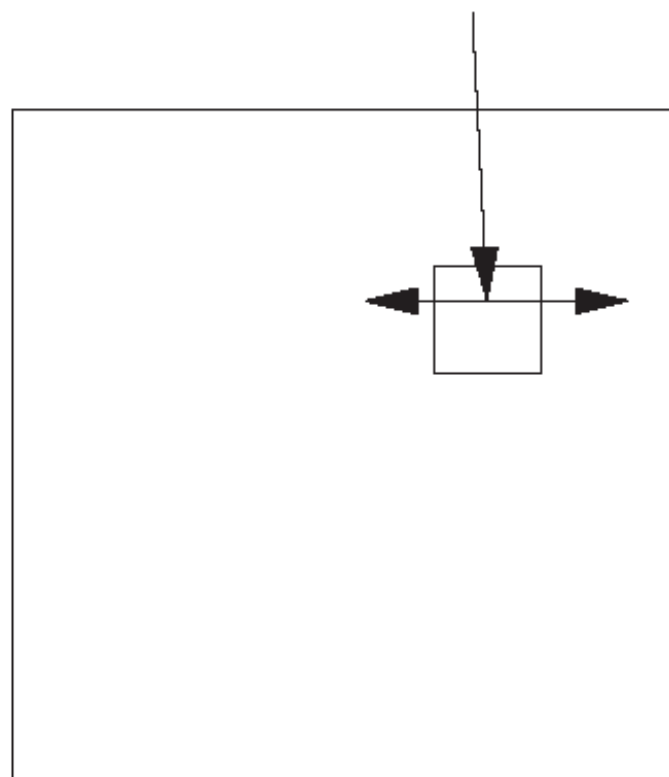
經由計算出的總和最小值，可求得 dx 。

含有目標像素的方格
目標像素



(a)左邊影像

方格左右偏移，探索尋找對應點



(b)右邊影像

對應點之探索



(a) 左邊影像



(b) 右邊影像



(c) 距離影像

距離影像的範例

雙眼視覺_程式碼

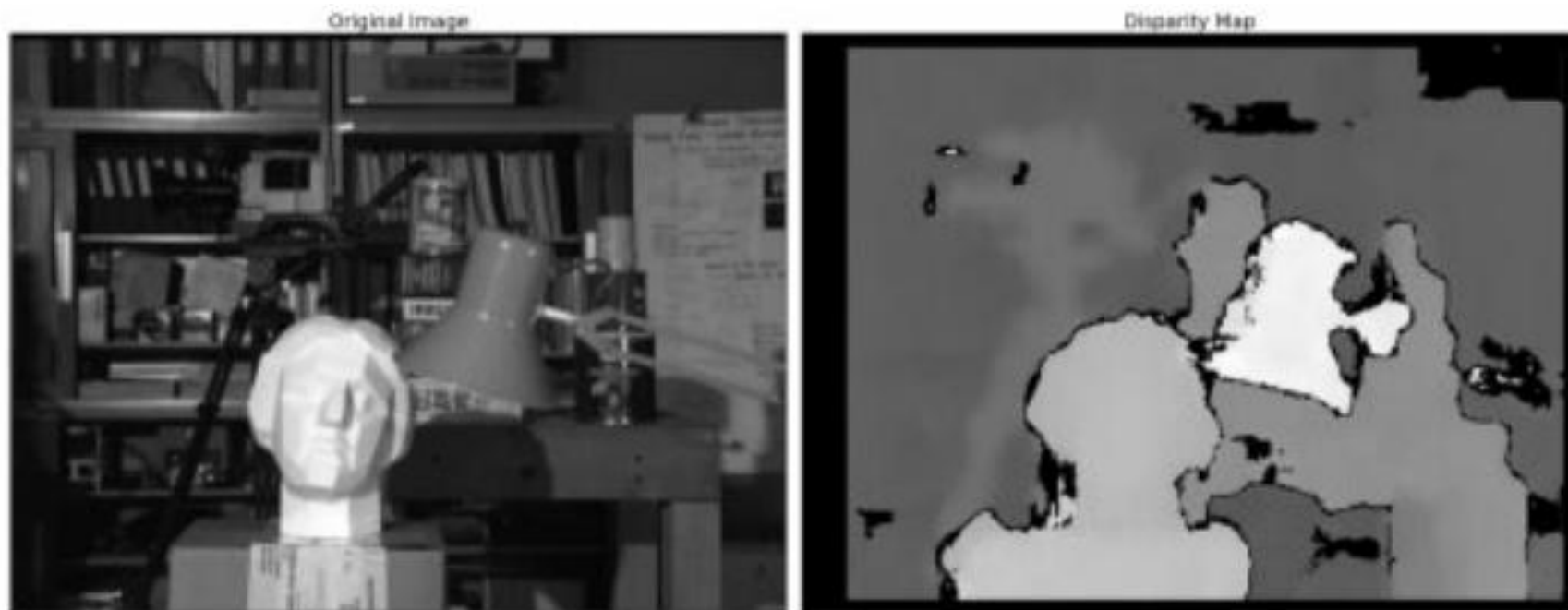
```
import numpy as np  
import cv2
```

```
imgL = cv2.imread("pl.jpg", 0)  
imgR = cv2.imread("pr.jpg", 0)
```

```
cv2.imshow('imgL', imgL)  
cv2.imshow('imgR', imgR)
```

```
stereo = cv2.StereoBM_create(numDisparities=16, blockSize=11)  
disparity = stereo.compute(imgL, imgR)  
cv2.imshow('disparity', disparity)  
cv2.waitKey(0)  
cv2.destroyAllWindows()
```

Python 中 cv2.StereoBM_create (1 , 2) 參數的含義
<https://codeleading.com/article/8607803660/>



左側為原始圖像, 右側為深度圖像。如圖所示, 結果中有很大的噪音。
通過調整numDisparities和blockSize的值, 來得到更好的結果。

Reference

- ▶ 林明德/吳上立（譯者），C語言數位影像處理： Windows/X-Window，全華圖書，2010
- ▶ 張元翔，數位影像處理：Python程式實作，全華圖書，2019
- ▶ 3D感測技術發展與應用趨勢

<https://dahetalk.com/2018/03/11/> 【圖解】3d感測技術發展與應用趨勢 | 大和有話說/