



AR homework 1

Due date: 2020/04/30

Final Goal

- 使用相機拍攝三維空間中已知座標的三點，測量裝置所在位置的3D座標

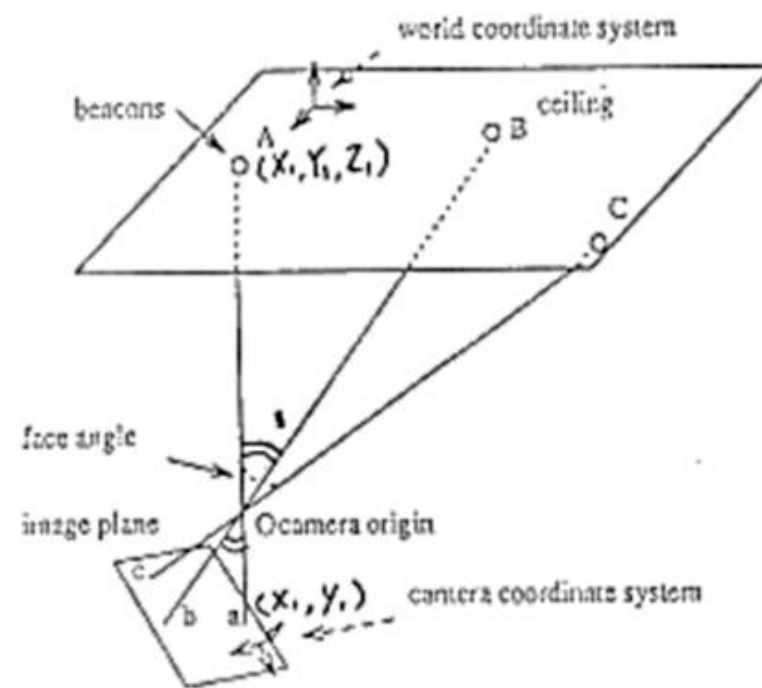


Figure 2: Church's algorithm

Baseline Goal

- 將問題簡化，限制已知三點與相機間只有遠近變化
- 求出相機與三點共平面(紙張)的拍攝距離 S

Baseline Input

- 遠、中、近三張影像(4000 x 3000 pixels)

- Long_Range_Cam_5_mm.jpg
- Mid_range_Cam_5_mm.jpg
- Short_Range_Cam_5_mm.jpg

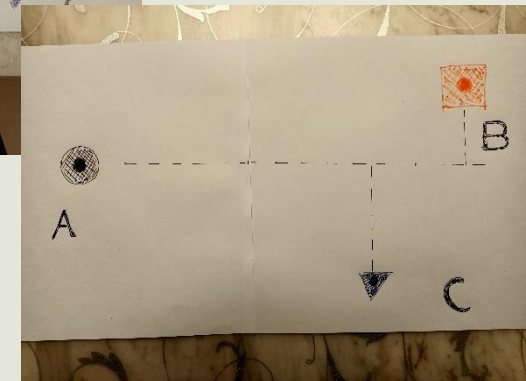
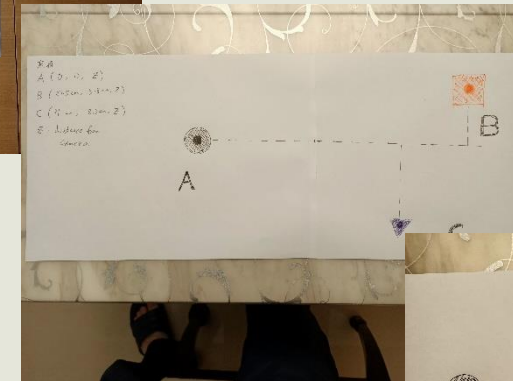
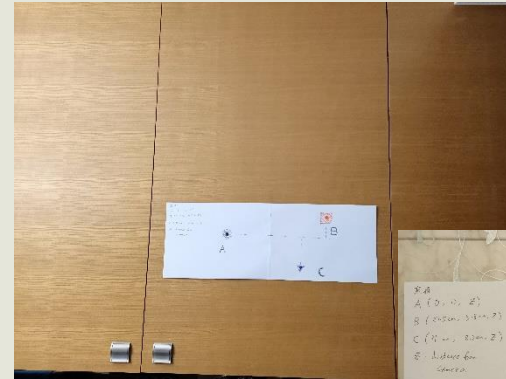
- 影像中ABC三點實際座標

- A (0, 0, 0)
- B (27.5cm, 5.8cm, 0)
- C (21cm, -8.3cm, 0)

- 相機參數

- 焦距 : 4.73mm
- Sensor size : 6.4mm x 4.8mm

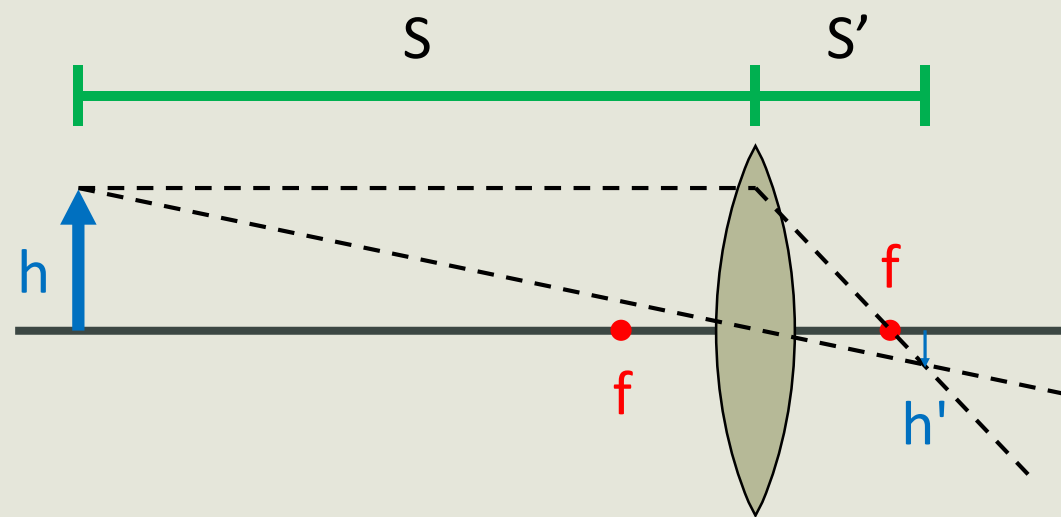
For your convenience,
Long.png, Mid.png, Short.png
Each has 3 pixels with unique RGB value
A (255,0,0)
B (255,100,0)
C (0,0,255)



相機成像原理

- 焦距 f : 4.73mm
- h : 實際紙上座標距離
- h' : 影像中長度(單位為pixel→轉為mm)
 - 由於Sensor大小是6.4mm x 4.8mm，照出來解析度是4000 x 3000，因此每pixel間距為 $1.6\ \mu\text{m}$
- S : 題目所求的Output
- S' : 只知道成像在 $f \sim 2f$ 間，但根據式(1)， S 通常遠大於 f ， S' 即接近 f (4.73mm)

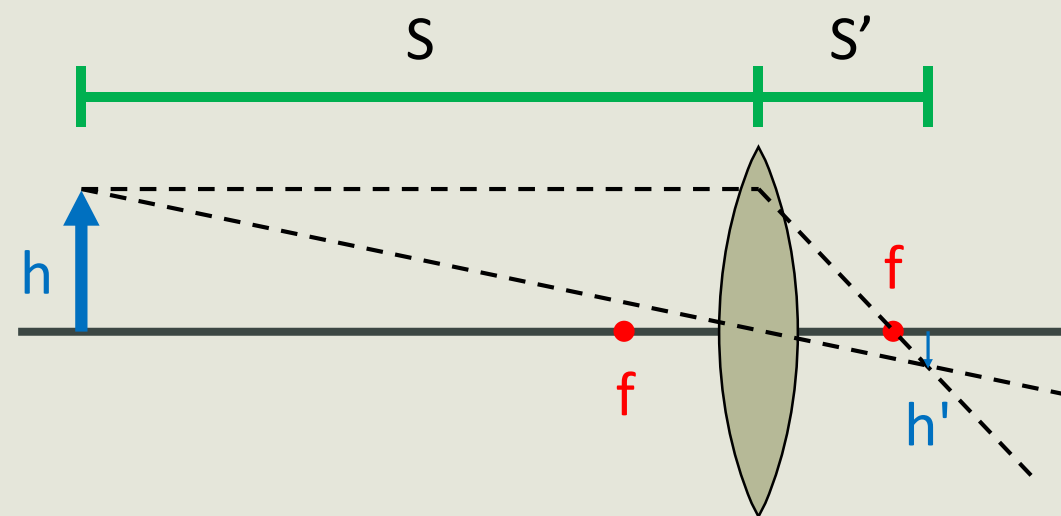
$$\frac{1}{S} + \frac{1}{S'} = \frac{1}{f} \quad (1)$$



相機成像原理

- More accurate S' : 先假設 $S'_0 = 4.73\text{mm}$
以 $h:h'$ 比例算出 S_0 , 再將 S_0 代回式(1) ,
求出 S'_1 。以新的 S'_1 算出 S_1 經過數次
後答案收斂。

$$\frac{1}{S} + \frac{1}{S'} = \frac{1}{f} \quad (1)$$



Church's Algorithm

- 成像原理只能求出相機3D座標的z值
- 最終想要利用Church's Algorithm完整解出相機(O點)座標(x, y, z)
- 下式中的Oa、Ob、Oc可使用S'、與影像中心的pixel間距和畢氏定理計算

3 points, iterative method

$\angle AOB = \angle aOb$, guess point O's 3D position

in camera coordinate: $O(0, 0)$, $a(x_1, y_1)$, $b(x_2, y_2)$

in world coordinate: $O(X, Y, Z)$, $A(X_1, Y_1, Z_1)$, $B(X_2, Y_2, Z_2)$

compute $\angle aOb = \cos^{-1}(Oa \cdot Ob / |Oa||Ob|)$

same as $\angle AOB = \cos^{-1}(OA \cdot OB / |OA||OB|)$

if $(\angle aOb - \epsilon) < \angle AOB < (\angle aOb + \epsilon)$, add an adjustment:

$diff = |\angle aOb - \angle AOB|$

$(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z) = (\partial diff / \partial X, \partial diff / \partial Y, \partial diff / \partial Z)$

$\Rightarrow O(X', Y', Z') = O(X + \Delta X, Y + \Delta Y, Z + \Delta Z)$

z值可猜測為成像原理求出值

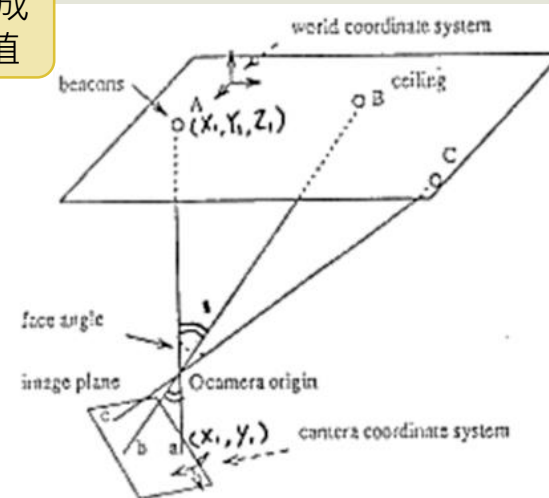


Figure 2: Church's algorithm

Scoring

Baseline (around B+)	求出遠、中、近三張的拍攝距離 S (相機3D座標的 z 值)
Hidden Test Data (around A-)	同Baseline，但Input改為其他距離拍的照片
Full solution (around A)	使用Church's Algorithm，求出以A為原點(0,0,0)時，完整相機3D座標(x, y, z) 相較於Baseline，相機可任意平移、旋轉
A+ if successfully done	Church's Algorithm
Bonus (around A+)	使用手機鏡頭或電腦Webcam，做出能夠Real time輸出相機3D座標的app 需自行查出使用鏡頭的焦距和Sensor大小，或自行校正(在已知距離拍攝已知長度物體， 反推 $f, S', \text{pixel間距}$ 等參數)

- 不限語言、工具
 - OpenCV、Unity3D都可以
- For real time app，你可以自訂座標，自行影印，製作ABC三點的Marker，供自己測試和demo

繳交方式

- 拍攝Demo影片(編譯/執行程式到輸出結果的畫面錄影)，上傳影片連結 YouTube / Google drive / Dropbox ... 至NTU COOL
 - 或是4/30當日來到教室現場Demo (若學校未公布44人的課程須停止實體上課)
- 最後繳交程式碼package至NTU COOL，附上readme說明如何編譯執行
- 有相關問題請Email: yclai@cmlab.csie.ntu.edu.tw