

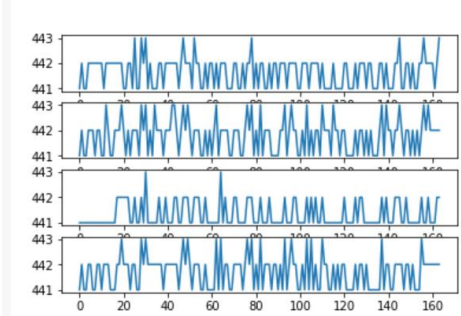
## realsence :誤差測定與雜訊過濾實驗流程

1. 錄製一段有效的靜止錄像如牆面(排除畫面中來自雜訊以外的擾動如:移動的物件，邊緣產生的  
)
2. 對錄像中的數個單點進行分析:
  - 2.1 景深(整體平均)vs 標準差(擾動程度)  
目標為界定錄製影像的精準度和準確度是否受拍攝距離影響
  - 2.2 景深 vs 要觀測多少 frame 的景深可求出和整體相似之平均和標準差  
目標為了解需要計算多少 frame 就可計算出平均和標準差(不須算完全部)  
接下來改變拍攝距離由 1. repeat
3. 去雜訊:
  - 3.1:根據 2.1 得到的資料我們可以知道正常的擾動會有多大(令其為  $i$ )，根據 2.2 會知道我們須以多久為單位進行計算(令其為  $t$ )，接下來我們便對每一個點做 smoothing。這裡採用的方法是對任一點  $p$  的第  $n$  frame，由  $n-t$  到  $n$  算一個平均  $A$ ，如果  $|A - p(n)| < i$ ， $p(n)=A$ ，如非  $p(n)=p(n)$
  - 3.2:然而無可避免的，依舊會存在量測不到的點，這些點在 realsense 生產出的影像中會被設為零，我們可以用周遭的點做平均來補滿。此外還有邊緣會持續在兩個高低數值間跳動，我們可以將其設定為平均。
- 4 驗證去雜訊後的量測結果和真實情況是否一致  
拍攝一個箱子，由 realsence 測長寬高，跟實際量測結果做一次比較。確保去雜訊過程沒有造成另外的誤差

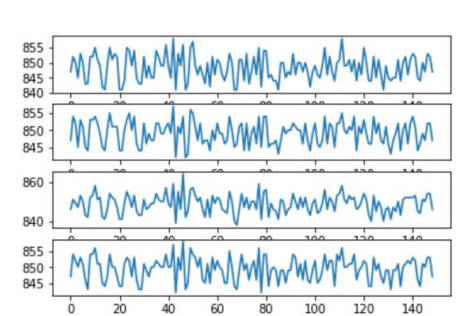
RESULT:每個拍攝距離取四個靠近但不相鄰的四個點 (x :nth frame, y: depth)

time vs DEPTH (435 version)

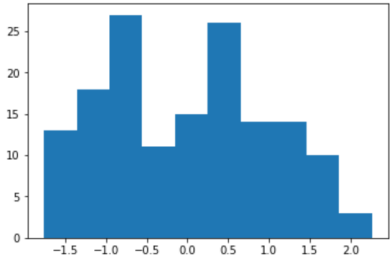
std : 0.5767596513448157 0.6669516543353813 0.49084419018288067 0.6416940603612558  
mean : 441.6646341463415 441.7926829268293 441.3170731707317 441.7134146341463



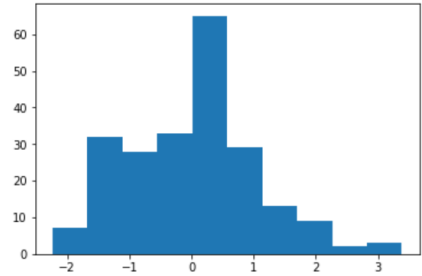
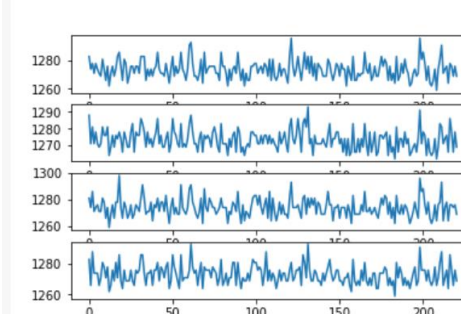
std : 4.2104132622280686 3.461252830834061 4.751090093705861 3.6089414455947653  
mean : 848.3020134228188 849.1140939597316 848.8053691275168 849.4362416107383



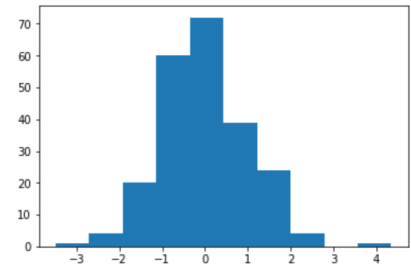
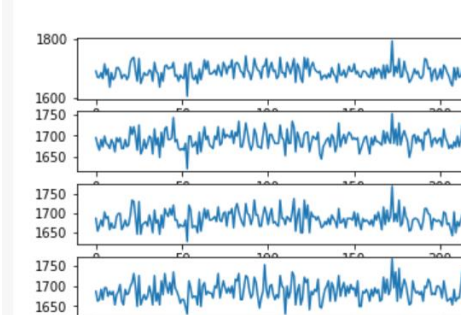
x 與平均差幾個標準差 y:累計數



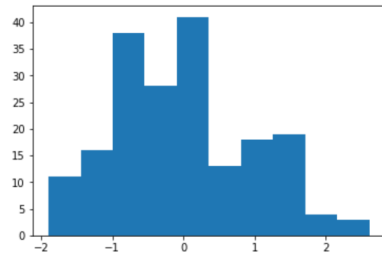
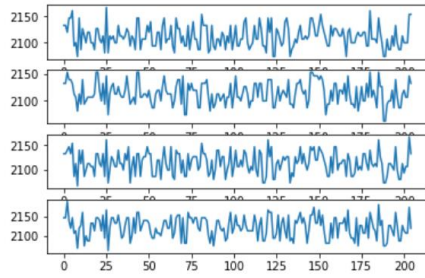
std : 6.585829454815193 6.001514929242144 6.8881531215866945 6.2345092729230185  
mean : 1273.710407239819 1273.4253393665158 1273.9638009049775 1273.1493212669684



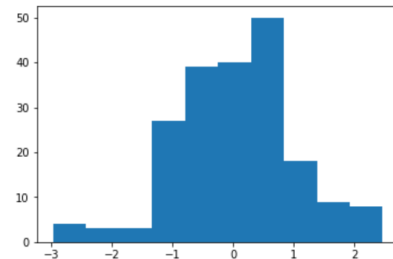
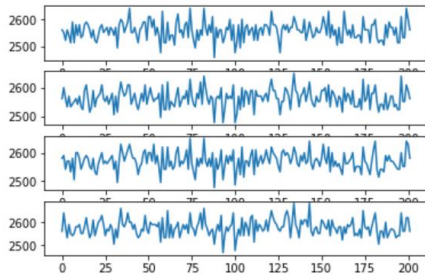
std : 24.07721814859756 19.33001899084878 21.401456874311855 23.209358860638197  
mean : 1689.511013215859 1690.0484581497797 1684.5859030837005 1687.414096916299



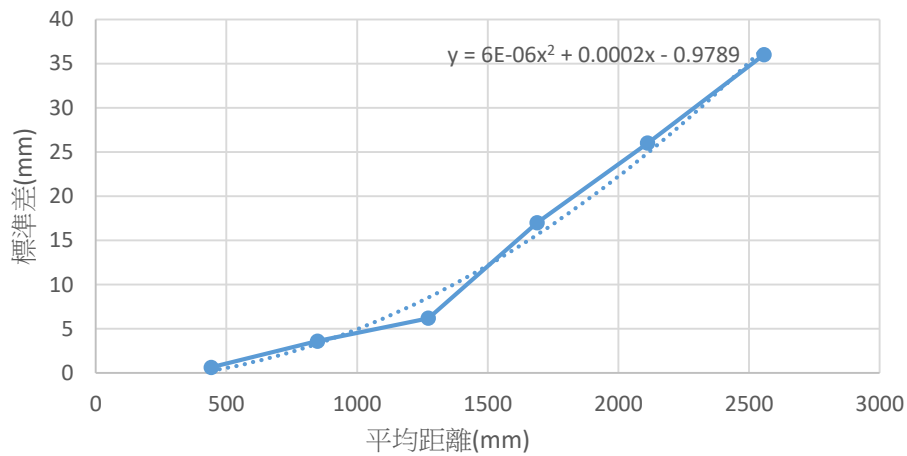
std : 20.556797885902178 20.500220396081694 21.676373670214748 26.621604301505958  
 mean : 2112.258536585366 2114.5268292682927 2114.5658536585365 2123.048780487805



std : 33.6337599132387 32.13320118461196 31.980004903932144 36.00334680660043  
 mean : 2558.480198019802 2564.1633663366338 2571.8217821782177 2578.20297029703



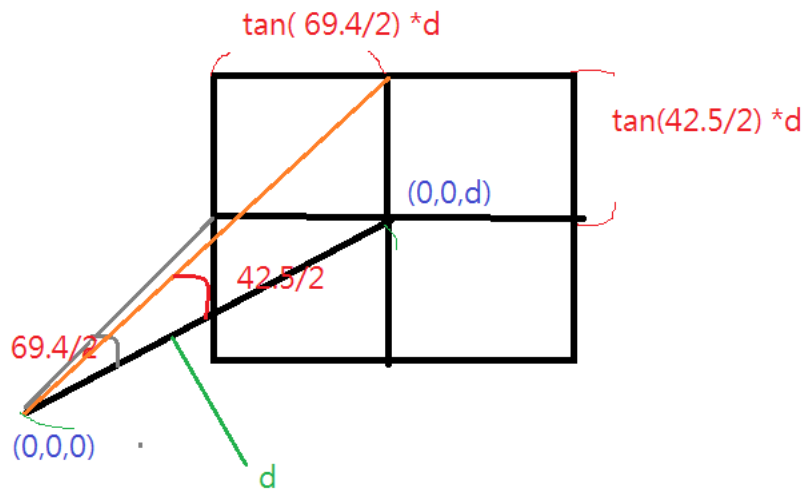
誤差 vs 拍攝距離



可以按照此趨勢線得出不同景深去雜訊時可視為雜訊的誤差量質  
 也可以看出 1.5 ~ 2 個標準差可以濾掉幾乎所有雜訊  
 也就是如果有一個點的值 k 是在前幾個 frame 中 avg 是 A  
 if  $|k-A| < 2 * (0.0177 * A - 10.325)$  → 它是雜訊  
 else → 可能是移動中的物件  
 至於要取前多少個 frame ，要另外研究。

Depth	Depth Technology: Active IR Stereo  Depth Field of View (FOV): 87°±3° x 58°±1° x 95°±3°	Minimum Depth Distance (Min-Z): 0.105 m  Depth Output Resolution & Frame Rate: Up to 1280 x 720 active stereo depth resolution. Up to 90 fps.
RGB	RGB Sensor Resolution & Frame Rate: 1920 x 1080  RGB Frame Rate: 30 fps	RGB Sensor FOV (H x V x D): 69.4° x 42.5° x 77° (+/- 3°)

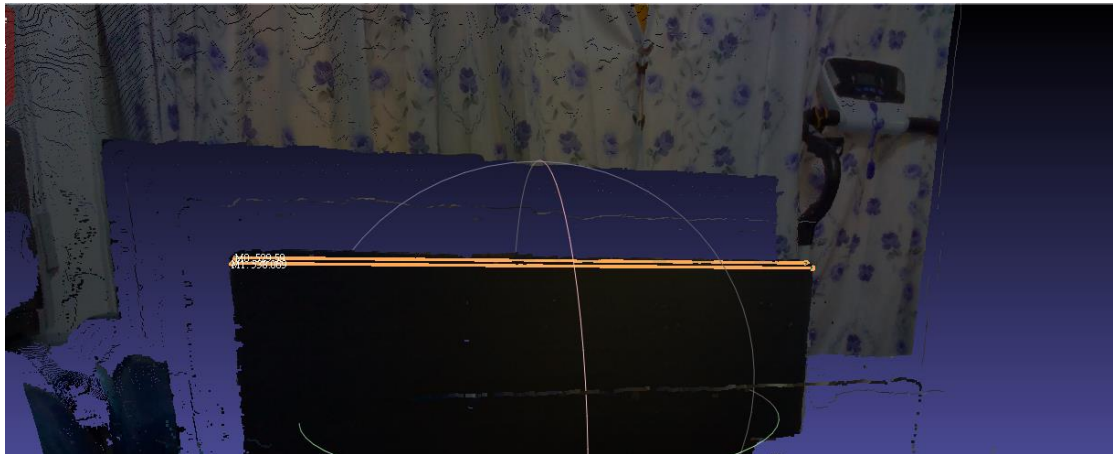
我們把 depth 轉換成 rgb 的 fov



537~538 mm (捲尺)



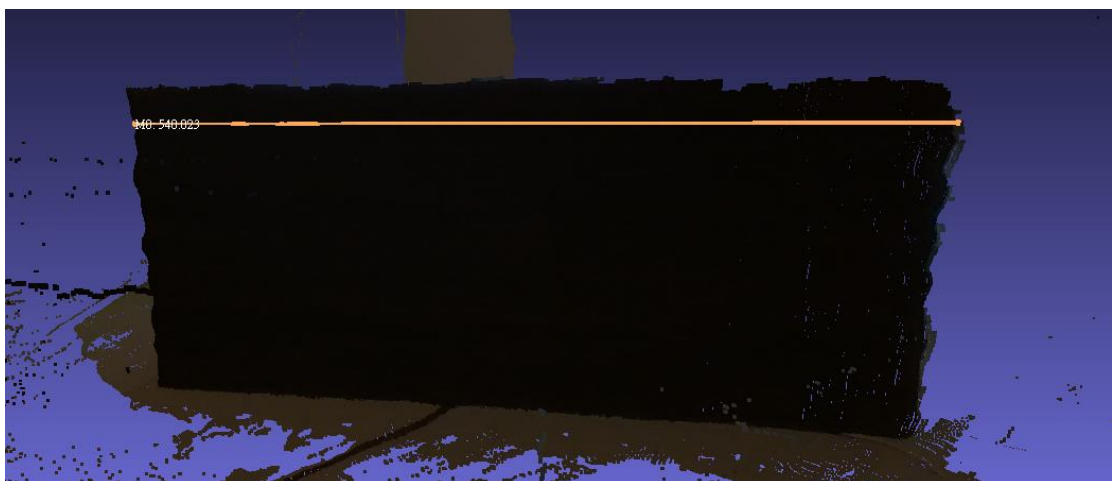
measure from point cloud



529.99mm 最邊緣，然而尖角測不到所以比較短

538.0 mm 稍微向下平移

45 度傾斜：

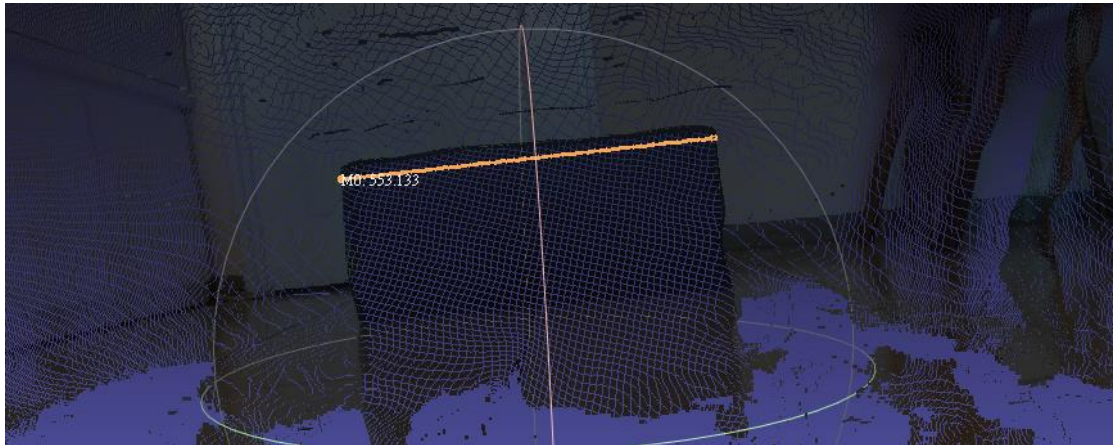


540mm

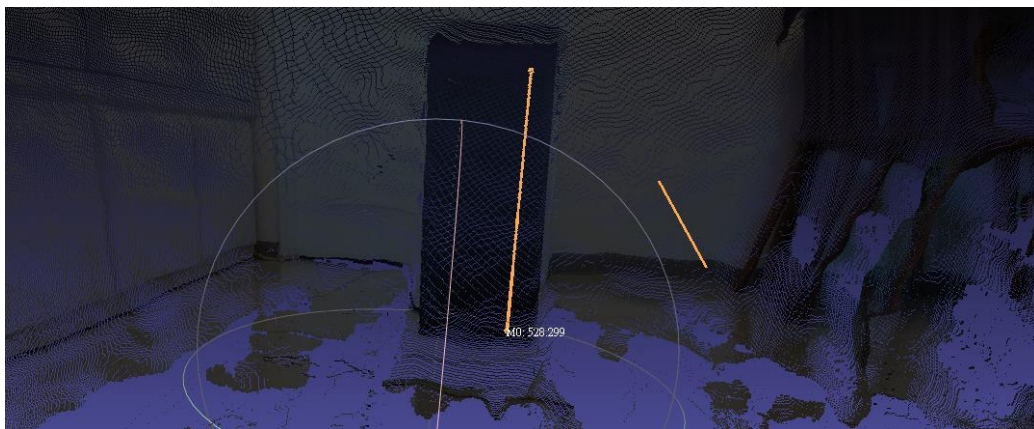
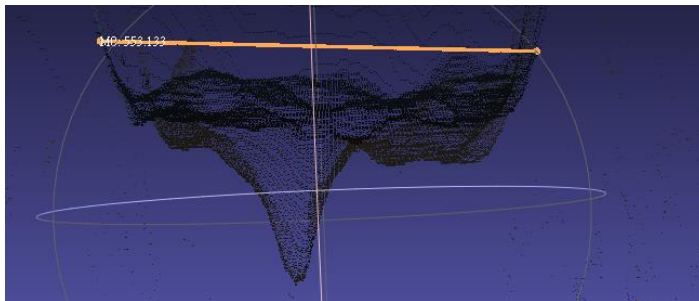
兩者量測距離約 0.8 ~ 1 m



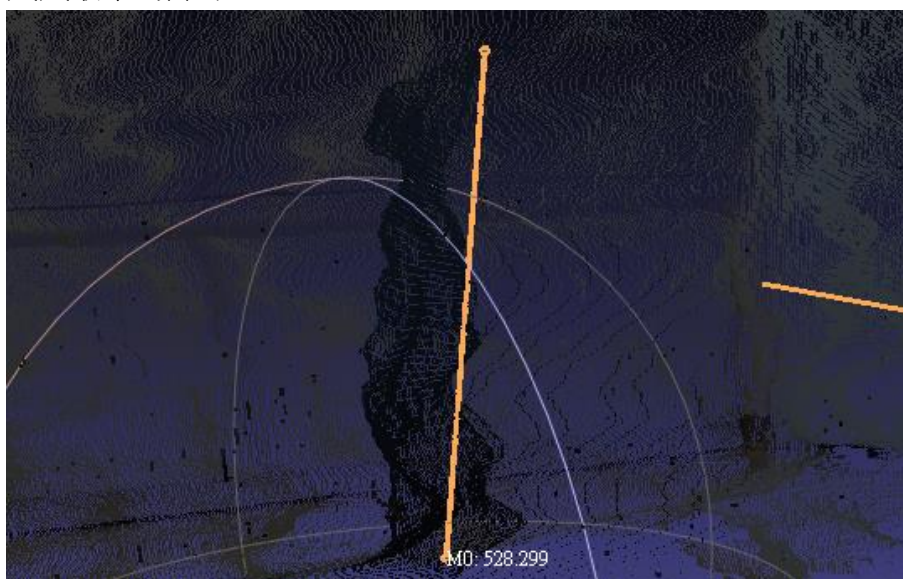
2m version



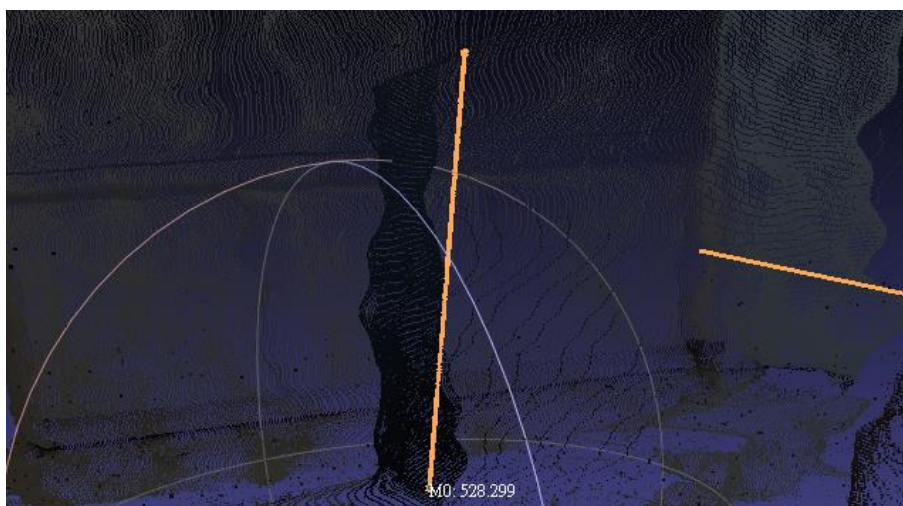
but:



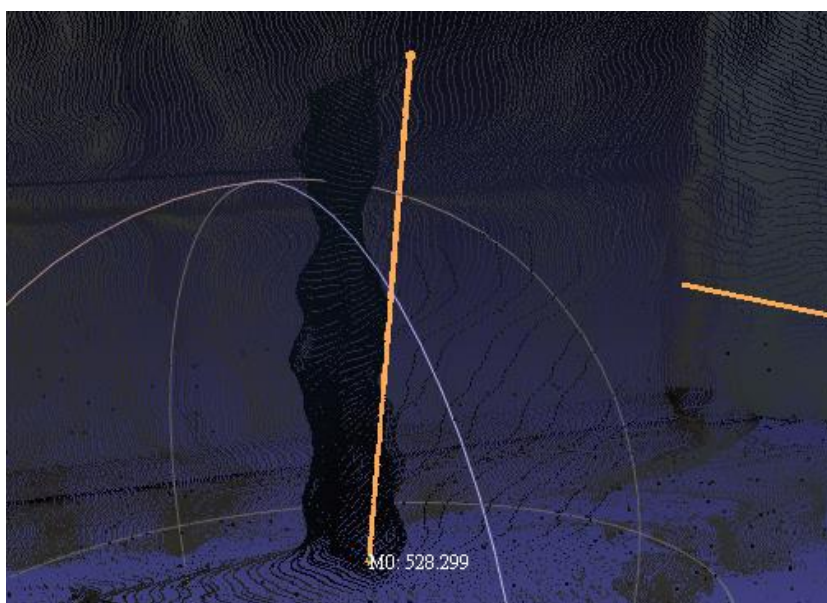
試試取平均降噪: 1 frame



10 frames

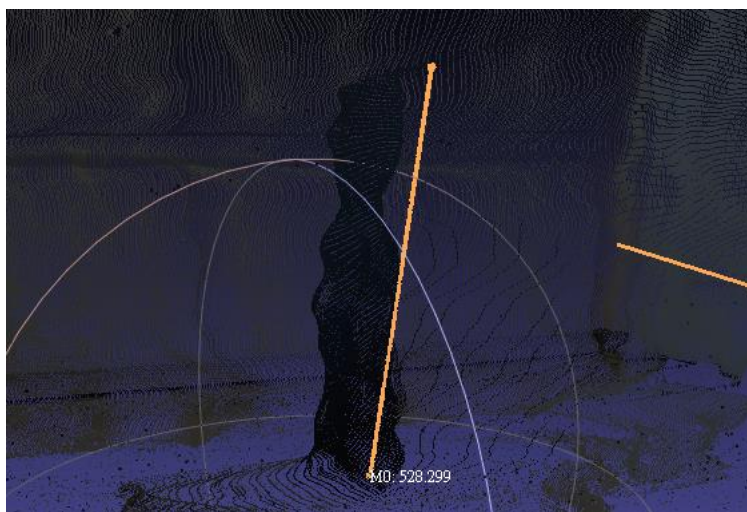


30 frames



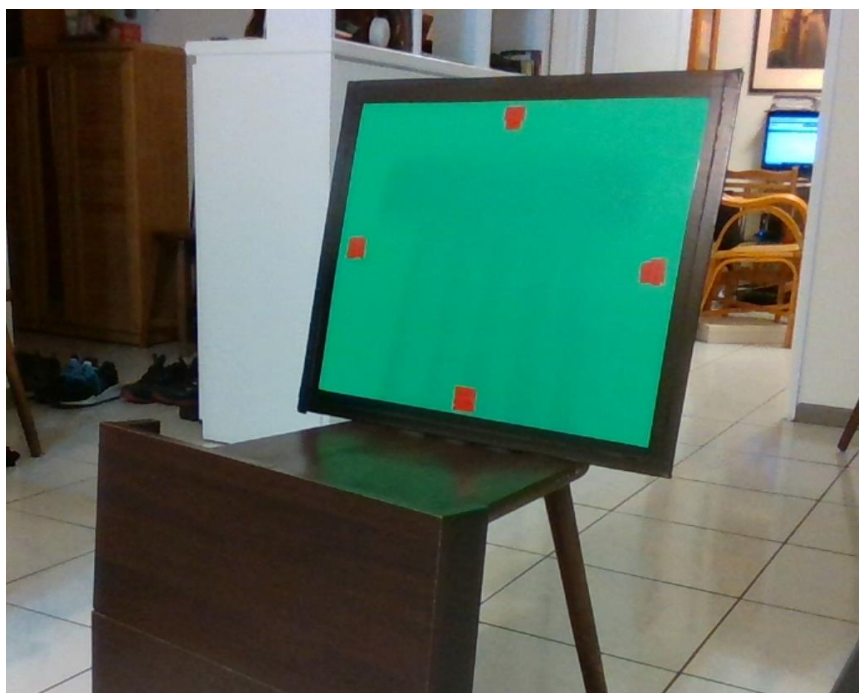


100 frame



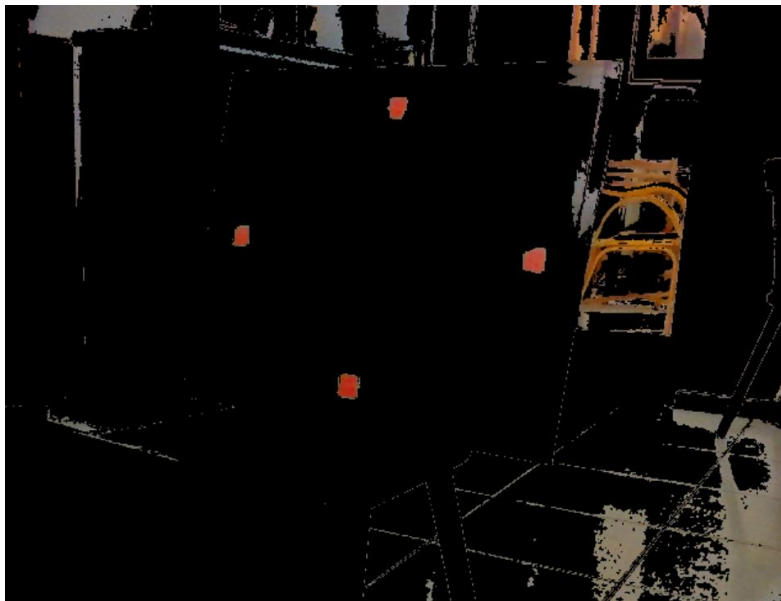
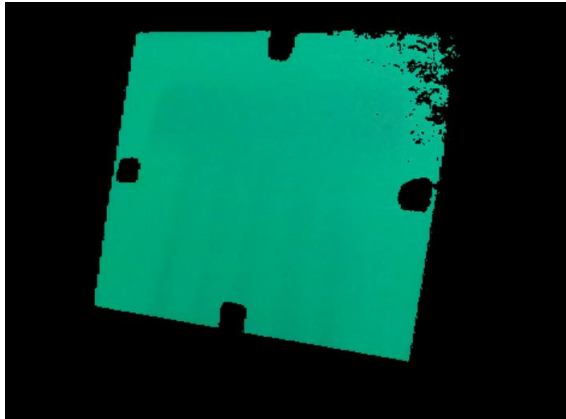
影像疊合

使用以下道具:

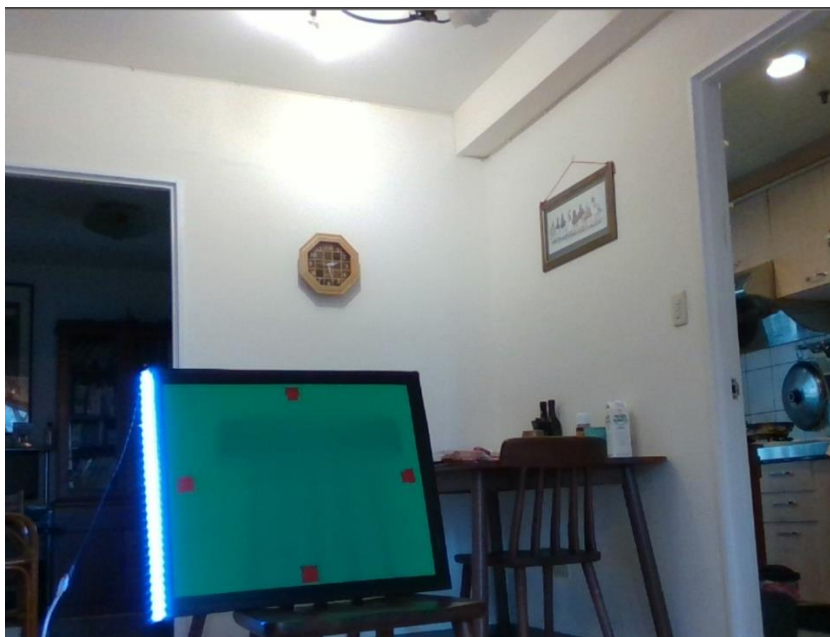


去被





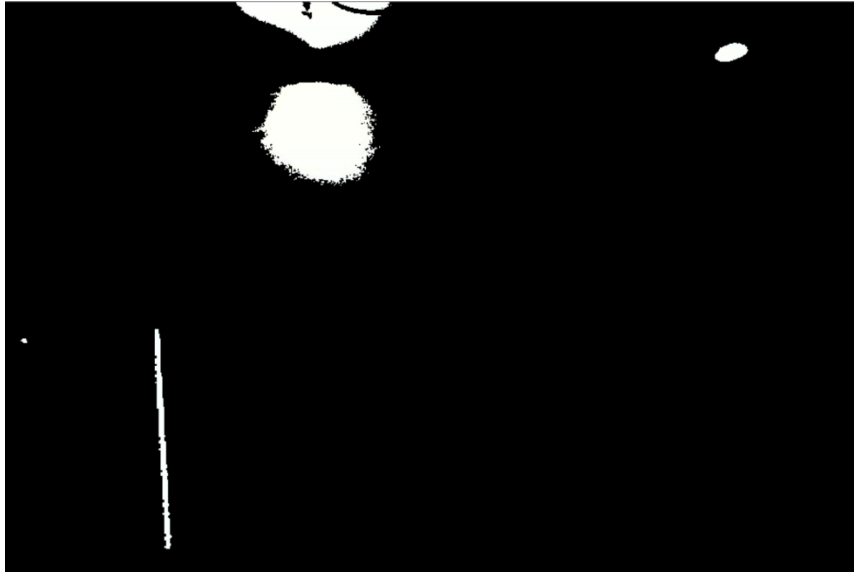
可獲取十字點和一綠面(連通的綠 與 紅)  
加上可控 led 燈條



疊合時間步驟:

識別光源，也就是 color 接近  $r:255\ g:255\ b:255$

識別出的 mask



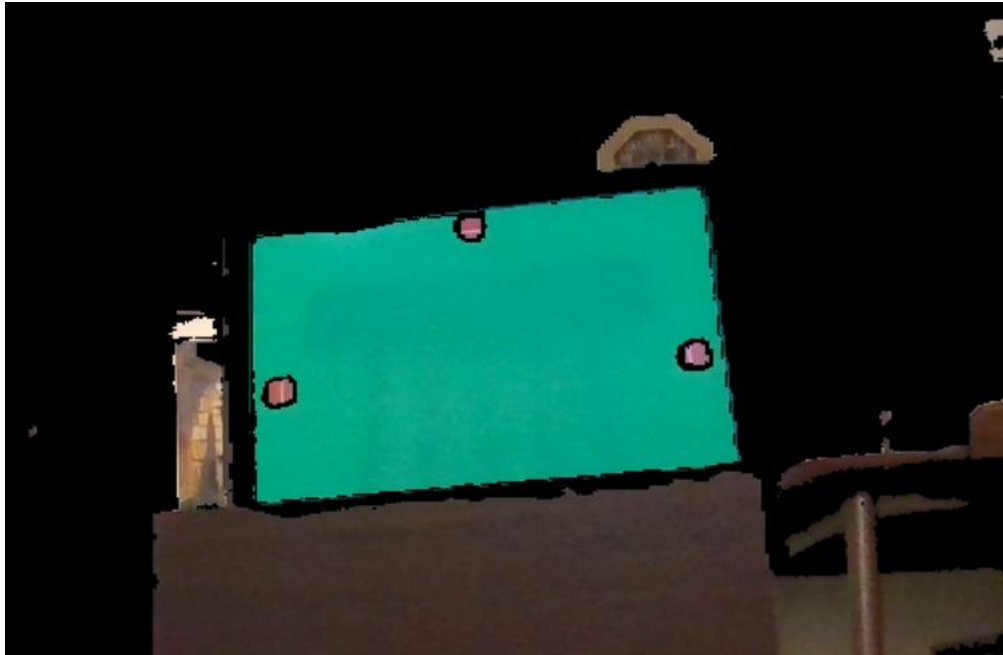
已連續 2 frames 的 mask 相減找出何時光條亮起藉此達成時間的同步

結果:誤差最多 1~2 frame

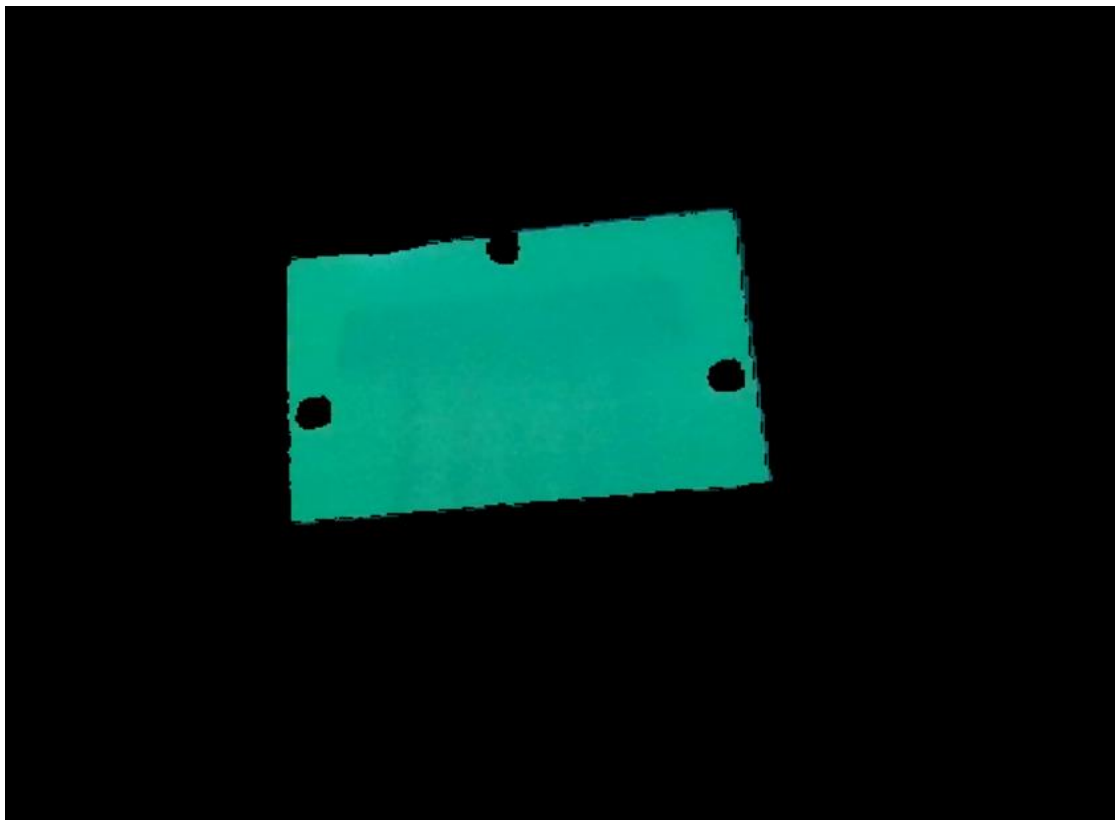
疊合空間步驟:

尋找綠色連通體  $g1 \sim gn$

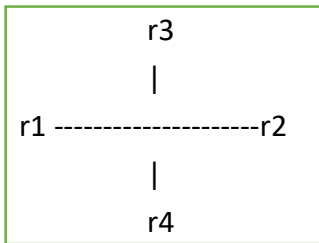
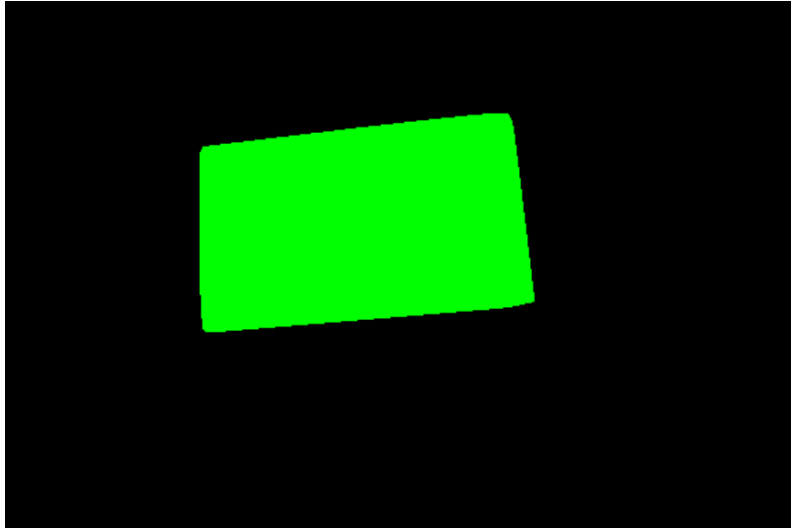
尋找紅色連通體  $r1 \sim rn$



取面積最大  $gk1$

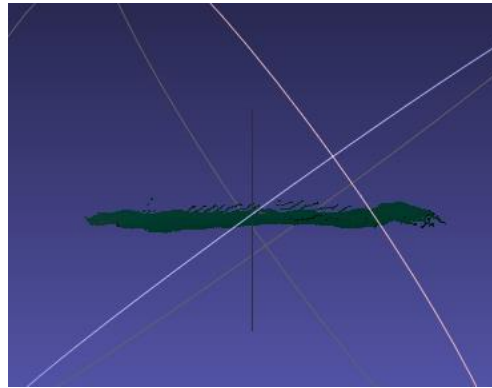
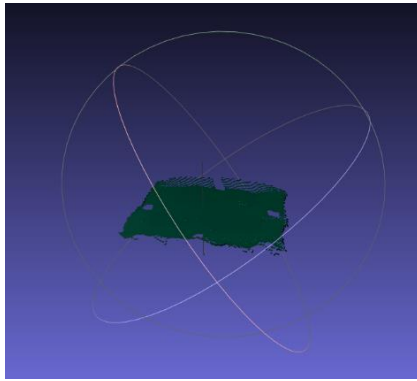


~~找出連接  $gk1$  的  $r1\ r2\ r3\ r4$  (由觀察可知綠面與紅點容易不連通)~~  
 找出在  $gk1$  convex hull 內的  $r1\ r2\ r3\ r4$

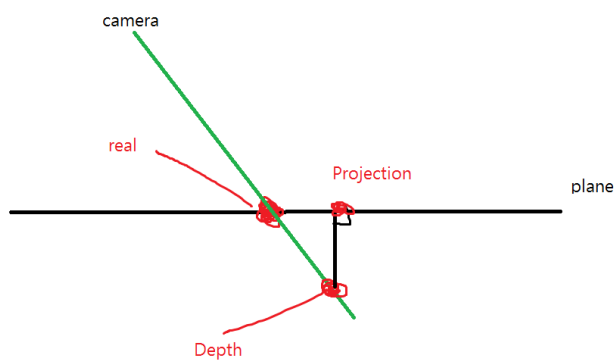


將  $gk1(binary) * depth$  轉 point cloud pc1

PCA 找 pc1 所處平面 P



將 r1 r2 r3 r4 轉 point cloud 投影到 P





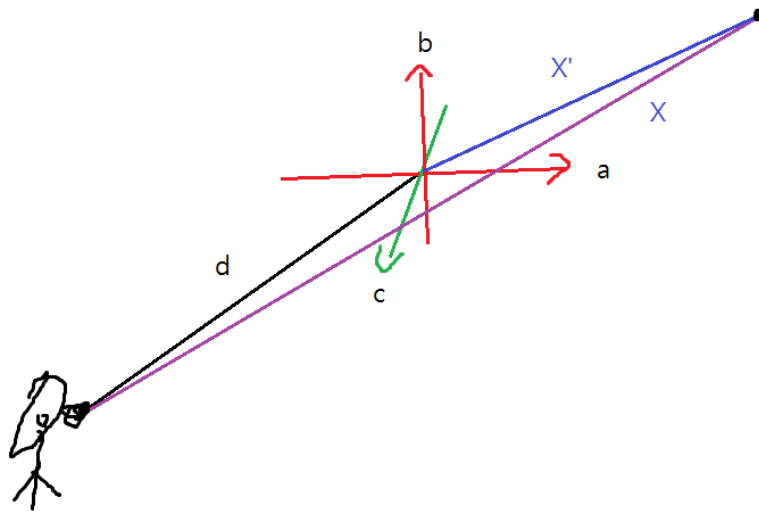
實測結果

r1r2 length 49.5 real 47.5

r3r4 length 40 real 39

r1r2 r3r4 angle(degree) 88.34 real 90

用平面法向量做一軸 c， r1r2 r3r4 各作一軸 a,b。並找出中心距攝影機 d  
多攝影機座標轉換 設原先測量座標 X，轉換後座標 X'

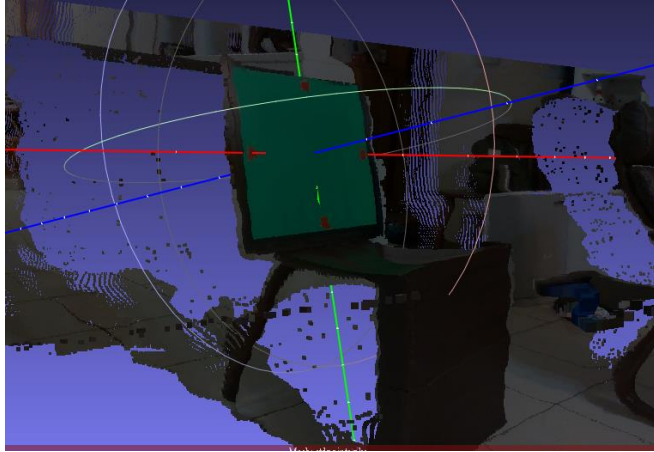


$$\vec{x} = \vec{d} + \vec{a} * ax + \vec{b} * by + \vec{c} * cz$$

$$\begin{bmatrix} Xx \\ Xy \\ Xz \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} dx \\ dy \\ dz \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} ax & bx & cx \\ ay & by & cy \\ az & bz & cz \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X'x \\ X'y \\ X'z \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} X'x \\ X'y \\ X'z \end{bmatrix} = Inv \left( \begin{bmatrix} ax & bx & cx \\ ay & by & cy \\ az & bz & cz \end{bmatrix} \right) \left( \begin{bmatrix} Xx \\ Xy \\ Xz \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} dx \\ dy \\ dz \end{bmatrix} \right)$$

轉置後，便可輕鬆疊合不同視角點雲(因為共用同 xyz 軸與原點)



進階誤差測試 ( realsence 415 )

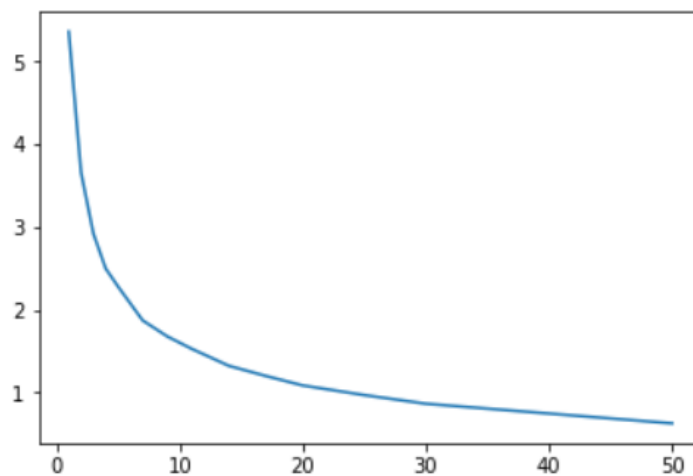
variance:

目標:釐清要取時間軸上連續幾點做平均可以有效降低 variance

1 m 下觀察不同數目 frames 平均下的 var

```
1 frames : var: 5.362285024864514
2 frames : var: 3.6618010115184654
3 frames : var: 2.922955823503428
4 frames : var: 2.500048468546892
5 frames : var: 2.2832414239061145
7 frames : var: 1.8733830608162216
9 frames : var: 1.6798413100048262
11 frames : var: 1.5289440072561293
14 frames : var: 1.3244497269964188
17 frames : var: 1.2021651960350357
20 frames : var: 1.0873020406873737
25 frames : var: 0.9708184750667943
30 frames : var: 0.8664493106652236
50 frames : var: 0.6294496249293089
```

[<matplotlib.lines.Line2D at 0x28708427d68>]



**bias:**

垂直拍攝一牆面，觀察原本因該是同一深度的牆面量測值

對於一個 1.5 m 的平整牆面而言，誤差如下(紅藍差 2cm 左右)

