

Final Term Project Report

R10521804 莫詒雯

一、前言

該報告主要是藉由密點雲去重建三維場景，在前置作業、外業及內業過程中透過攝影測量理論，應用在實務上操作，並且在過程中加以修正，最後分析數據比較不同的軟體結果以及討論能夠改進的地方。

二、方法介紹

2.1 工作流程

重建三維場景的方法及流程，經過整合後，主要可分為三部分，前期規劃、外業工作及內業分析，以該次報告，會著重於外業工作及內業分析的部分，同時更新有修正的地方。表 1 為每一階段的各個細項工作。

表 1 工作內容

	流程項目	內容
前期規劃	1. Project planning(專題製作規劃)	選定目標物並初步規劃拍攝流程、控制點及檢核點的選定、預期拍攝品質
外業工作	2. Image acquisition(影像獲取)	以目標物為中心進行環狀拍攝。
	3. Camera calibration(相機率定)	確定相機內方位元素，用 Australis 進行率定。
	4. Control/check point measurement(控制點及檢核點量取)	以全測站進行控制點及檢核點之尺度量測，主要設置三個量測點，分別量測兩點之間的距離及角度。
內業分析	5. Orientation and 3D reconstruction (外方位參數及三維重建)	以 Australis 率定好的內方位參數，納入至 Metashape 重新校準，總共有三種不同的內方位參數，最後分別以 SURE 產製密點雲。
	6. Quality assessment(精度評估)	CloudCompare 利用不同的內方位參數所獲得的密點雲，進行成果評估。

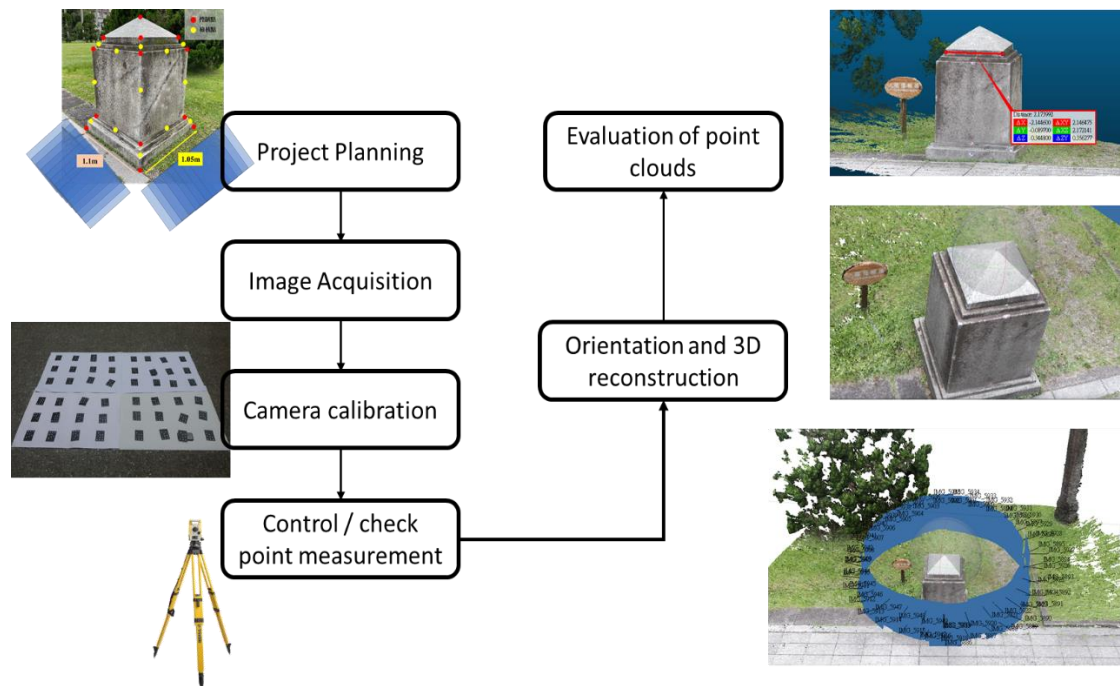


圖 1 工作流程圖

2.2 前期規劃

A. Target: (選用建模目標物)

目標物位在總圖前草地上，面對圖書館大門的左前方位置。

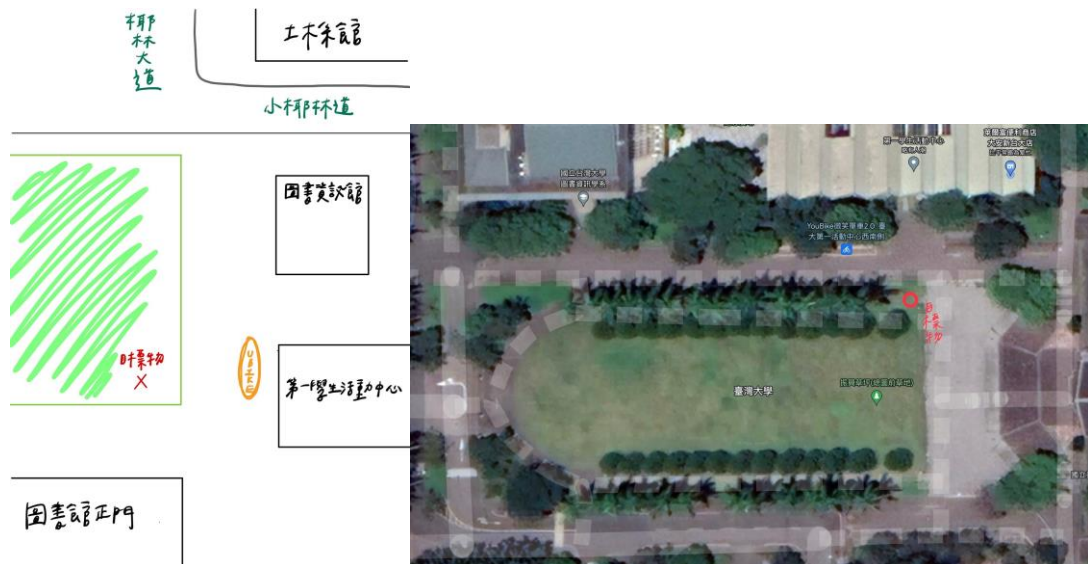


圖 2 目標物位置

(左：手繪地圖/右：Google Map 擷取)

B. 目標物尺寸(用捲尺進行量測)



圖 3 目標物尺寸

C. Photogrammetry planning:

表 2 各參數設定

Image size	1920× 1280 pixel	Length of baseline	558mm
Object distance	2.25m	No. of camera stations along object	32
Overlap	80%	f-number	f/10
GSD	1.454mm/pixel	No. of strip	2
Principal distance	18mm	Total number of photos	64

根據進度報告的建議，有再更正三個部分。第一，為了減少目標物頂部因曝光原因而影響導致建不出完整的三維模型，因此多加一航帶進行環狀拍攝，因此總共拍攝 64 張影像；另外，在第一次的影像獲取，因為控制點及檢核點幾乎都在角點上而沒有進行貼標的動作，但透過 cloudcompare 看密集點雲，角點確實難以辨認，因此重新貼上標，再做一次影像獲取及相機率定的工作；第三，為了避免後續工作因為解析度看不清點位位置而產生作業上的困難，除了拍攝原本所設定的低解析度照片，也同時加拍另外兩個高解析影像。

另外在進行修正前，是使用 S2 解析度去做我的模型，並非如報告時所說的 S3

解析!!!!原因為在進行 cloud compare 做尺度量測時，使用 S3 解析是難以看出角點上的點位，因此在這篇報告後續所看到的每個模型都是用 S2 解析度去做的，因此在表 2 中將 S3 的數值都刪除，以免混淆。

三、 實驗過程(外業工作)

3.1 影像獲取

以目標物距離 2.25 公尺進行拍攝，一圈拍攝 32 張影像，兩條航帶如圖 4 所示。

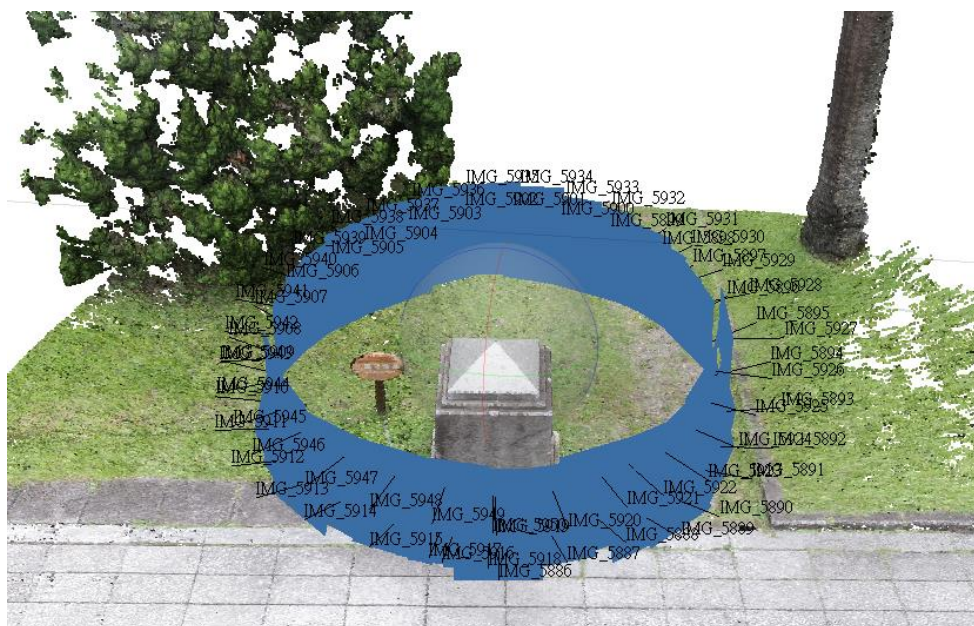


圖 4 影像拍攝示意圖

3.2 相機率定

拍攝場地為土木館之正門口，以四張白底的海報紙當背景，標型則平均佈滿在四張海報上，並且有放置一些物品以形成高低差，總計拍攝 21 張影像，有橫向及直向拍攝。最後將影像丟入至 Australis 軟體中進行內方位參數的計算，並畫出離心與輻射畸變差，照片及內方位參數之內容如圖 5、6 及表 3 所示。

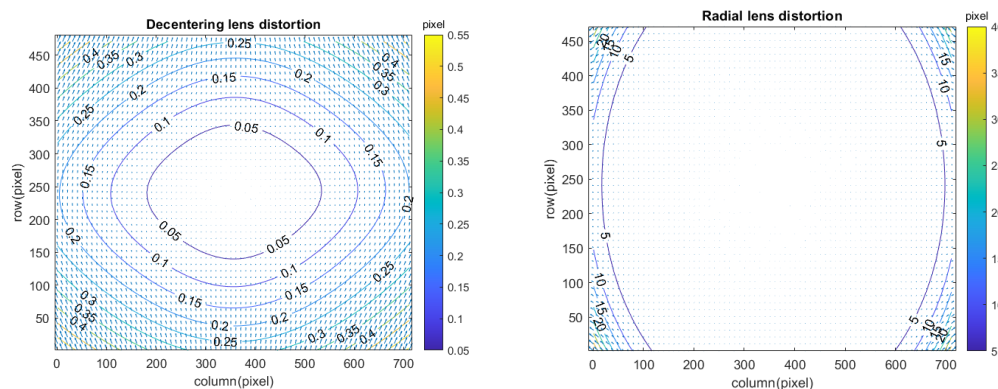
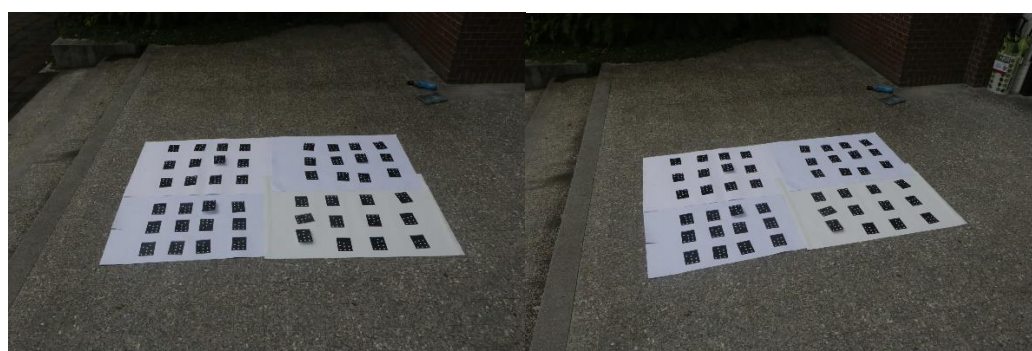
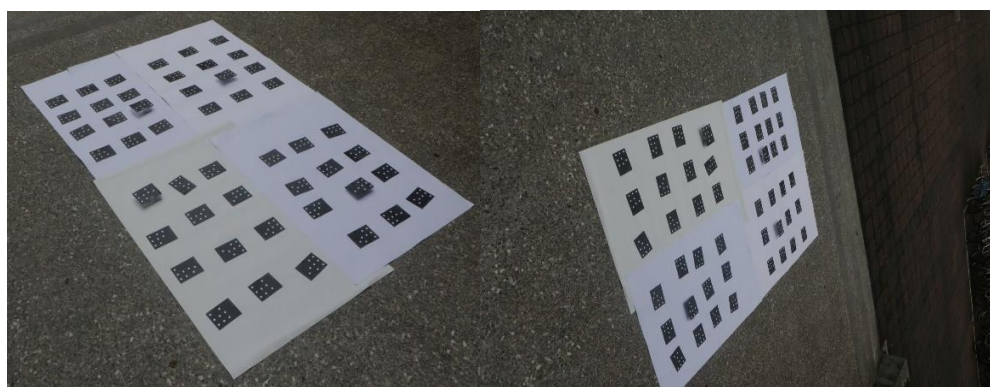
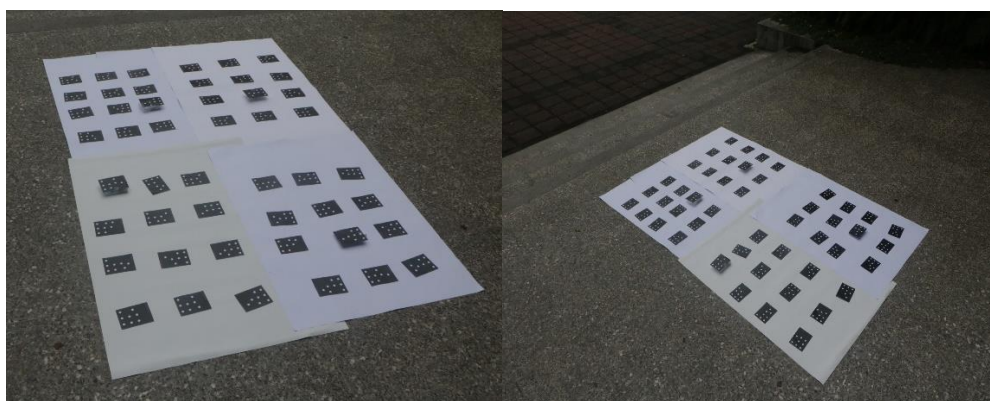
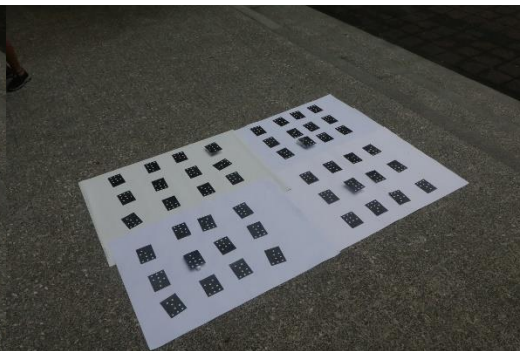
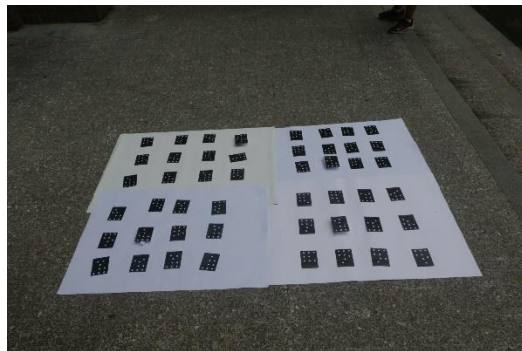
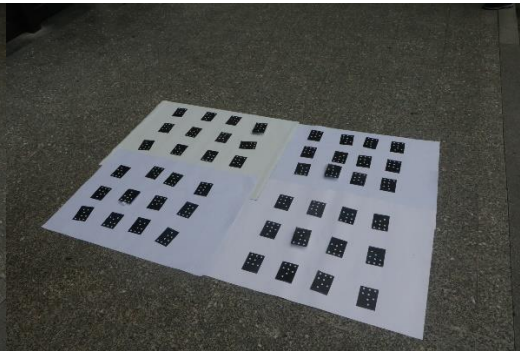
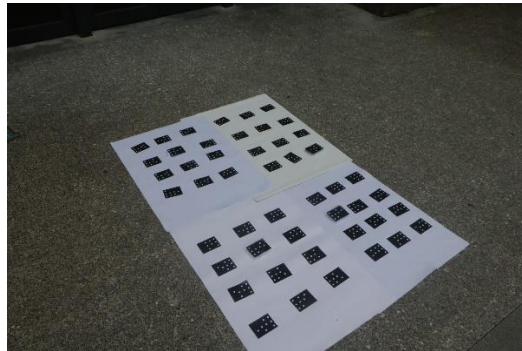
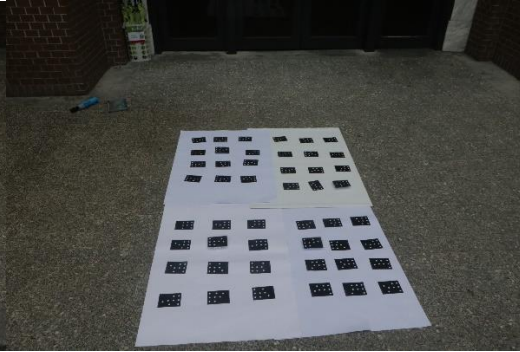
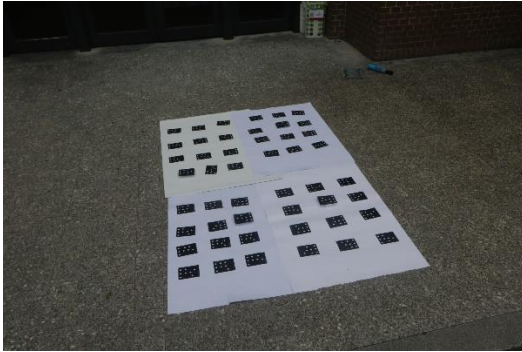
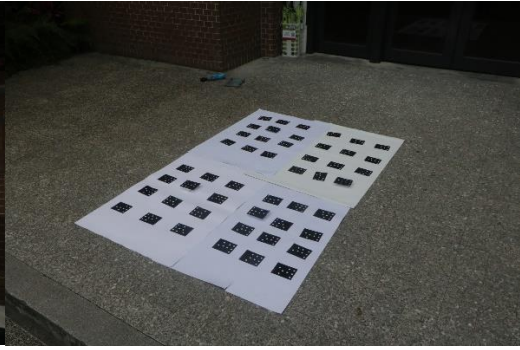


圖 5 相機率定之離心與輻射畸變差

(之前的單位是錯的，因為在程式中，最後有除上 pixel 所以單位是 pixel)

21 張率定影像





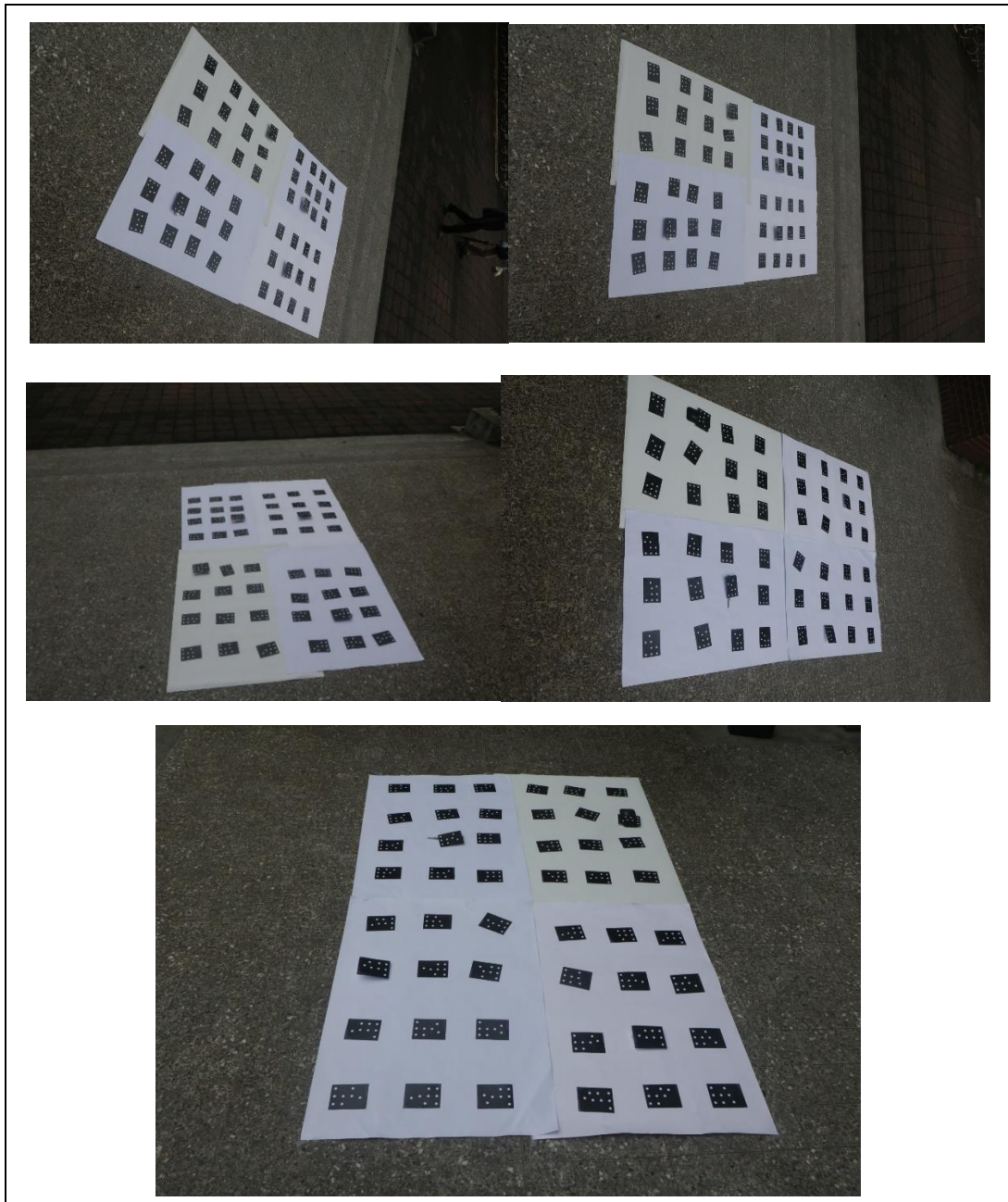


圖 6 率定影像

表 3 內方位參數

	Value	Standard Error
Principal Distance	17.9578mm	0.001mm
x_p	-0.0689mm	0.002mm
y_p	-0.0575mm	0.002mm
$K1$	3.15109e-04	2.6375e-06
$K2$	-6.37095e-06	6.2589e-08
$K3$	4.23576e-08	4.5362e-10
$P1$	2.2791e-05	1.981e-06
$P2$	5.1700e-05	2.218e-06

3.3 控制點及檢核點量測

關於控制點及檢核點量測，是使用全測站去量測點位的角度及距離作尺度控制，總共架設三站，規劃場景與實際場景分別如圖 7 及圖 8 所示，另外也可從圖 8 看到有關標型的樣式，量測共 28 個點位，可測得目標物上 14 段距離，包含控制及檢核線段，而後利用 matlab 進行兩點間距離的計算及誤差傳播。

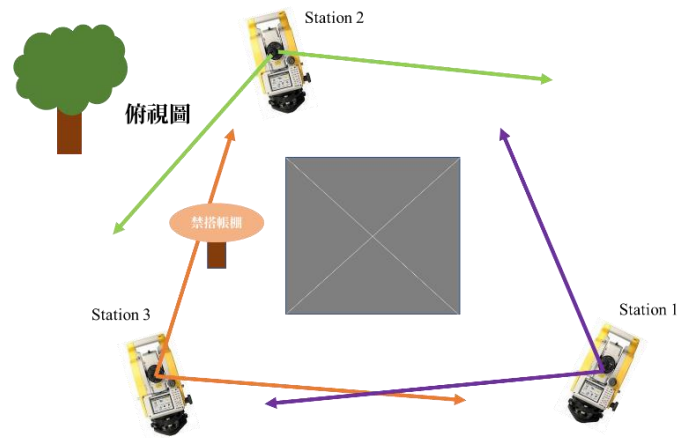


圖 7 測站示意



圖 8 量測點位及直線距離示意圖

表 4 為量測數據，經整理後分別為後視、前視角度及斜距，用以計算兩點之間的夾角，匯入 matlab 以餘弦定理計算第三邊的邊長。有關垂直距離(如圖 8 的第 4 及第 11)則要以垂直角為依歸進行兩點間角度的計算依據。

表 4 量測數據

Point	Angle_backward			Point	Angle_forward			Distance_back(m)	Distance_forward(m)
2	13	7	17	1	0	0	0	1.727	2.269
4	16	43	12	3	0	0	0	1.599	2.307
6	18	28	34	5	359	59	59	1.935	2.603
8	13	38	30	7	359	59	59	2.234	2.225
10	120	52	13	9	96	57	58	2.224	1.935
12	15	22	24	11	359	59	58	2.393	1.698
14	10	18	49	13	0	0	0	2.573	2.594
16	9	5	3	15	0	0	0	2.348	2.918
18	11	20	25	17	0	0	2	2.221	2.95
20	12	34	28	19	359	59	58	2.447	3.207
22	10	35	45	21	359	59	57	2.835	2.87
24	13	49	20	23	359	59	57	2.941	2.287
26	114	11	32	25	94	57	2	2.818	2.581
28	11	27	1	27	359	59	58	2.291	3.008

計算兩點之間的距離，如圖 9 所示，依照圖 8，將各線段的距離製成表 5：

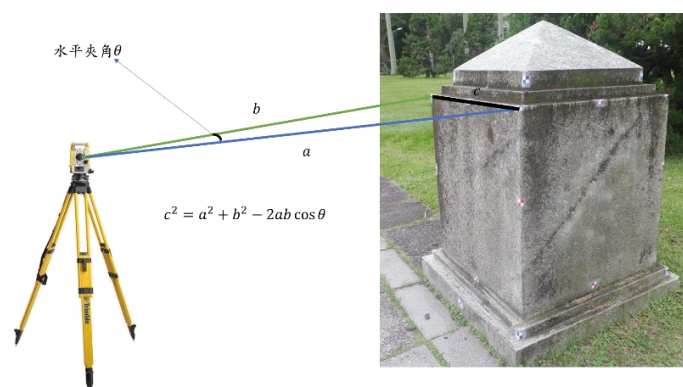


圖 9 餘弦定理

表 5 各線段距離

Line ID	Distance between 2 points (m)	Line ID	Distance between 2 points (m)
1	0.70596123	8	0.704818641
2	0.901765539	9	0.887269846
3	0.982585846	10	0.976778058
4	0.529659316	11	0.527960447
5	0.906521109	12	0.904054087
6	0.879673586	13	0.932084533
7	0.464889828	14	0.887934065

更正內容：

Line ID	Distance error (mm)	Line ID	Distance error (mm)
1	3.234	8	3.421
2	3.288	9	3.466
3	2.860	10	3.281
4	0.510	11	0.481
5	1.543	12	3.051
6	3.320	13	1.256
7	0.426	14	3.407

根據上次報告所得到誤差傳播的值，有些線段都大於 1 公分，因此回頭看誤差傳播的公式哪裡出了問題，發現在角度上，從度分秒換成弧度的單位轉換，計算錯了，因此才會看到有些線段存在 1 公分以上的誤差，因此上表為更正後而得的誤差傳播。從上表仍可看到有些線段的誤差超過 3mm，有些本來距離比較短的線段則小於 0.5mm，我想這兩者差異大的原因，主要是控制點或是檢核點有無在平面上或是角點上，若在平面上的點則誤差傳播的值就小於 0.5mm，若在角點上則得到與其相比大於 6 倍的誤差傳播，所以也能夠得知放置在角點的點位不僅在量測過程中相對困難，同時為了將紅外光集中於角點上，必須拿白紙檔在角點後方，也會間接獲得比較大的誤差傳播。

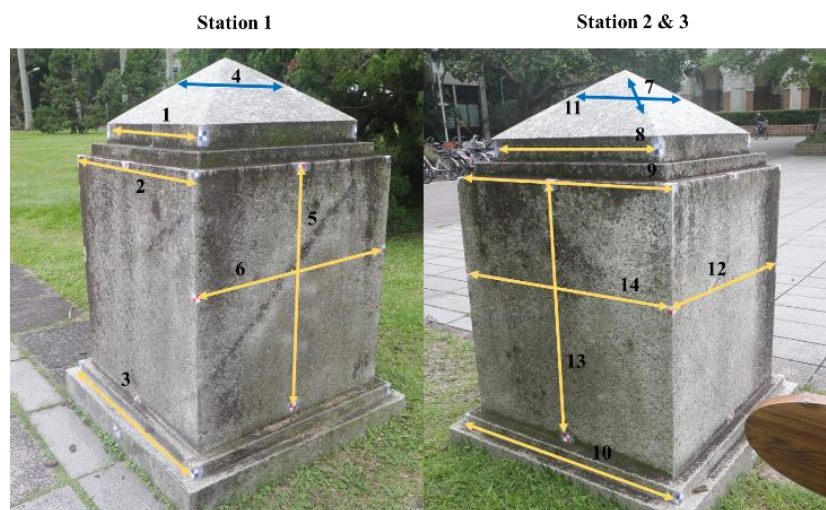


圖 10 各線段示意

四、 討論及分析(內業分析)

4.1 比較不同相機校準之方法(三種內方位參數)

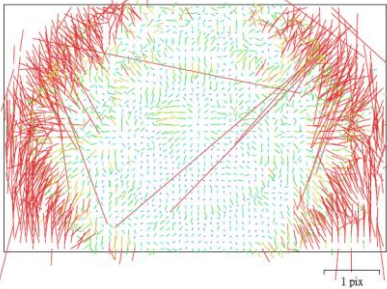
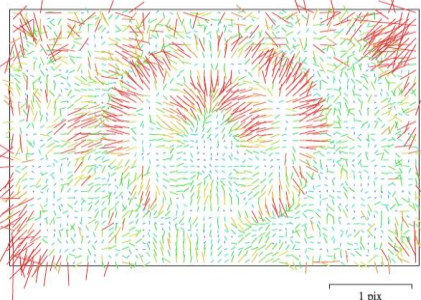
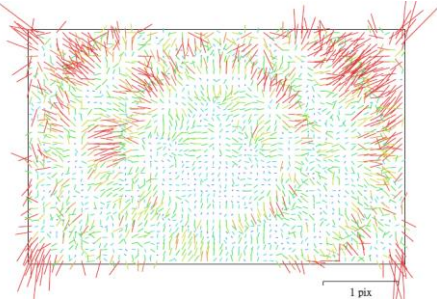
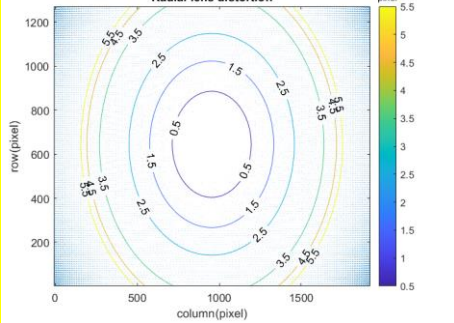
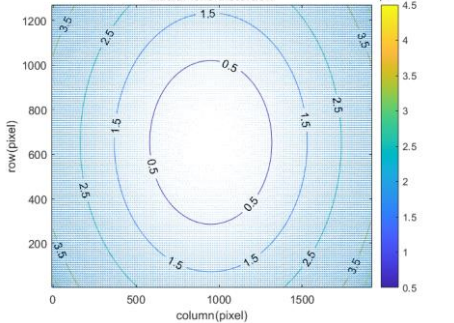
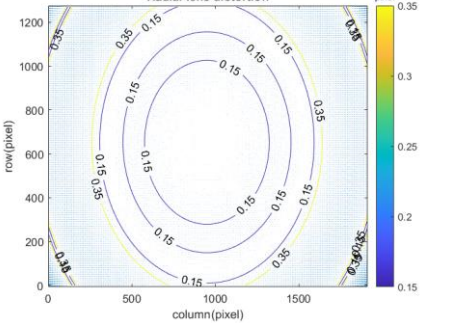
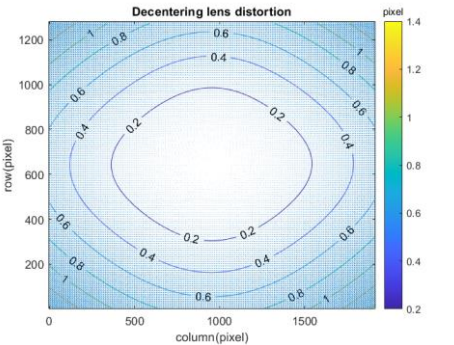
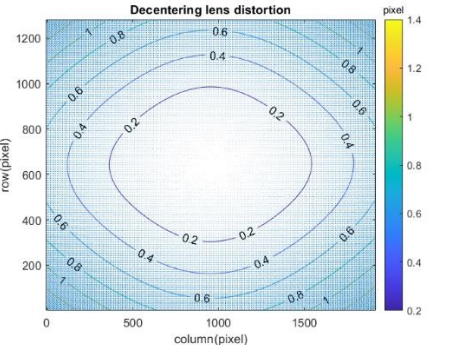
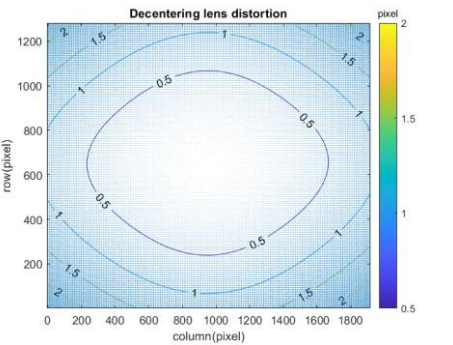
● 內方位參數的比較：

依照內方位參數的設定，納入 Metashape 進行外方位參數之解算並生成點雲，總共有三種不同的內方位參數，第一種是根據 Australis 所得出

的內方位參數；第二種透過 Metashape 得出的內方位參數；第三種為以 Australis 的內方位參數當初始值，透過 Metashape 進行更新。

以表 6，顯示三種所得出的內方位參數值、圖像殘差以及輻射和離心畸變差。

表 6 三種內方位參數比較 (單位:mm)

	Australis	Metashape	Australis(Initial value)
內方位參數值	F: 17.96	17.91	17.96
	x_p :-0.069	-0.116	-0.114
	y_p :-0.058	-0.155	-0.153
	K1: -0.001	0	-0.001
	K2: 0.011	0.001	0.007
	K3:-0.030	-0.001	-0.021
	P1: -3.662e-06	-1.044e-05	-1e-05
	P2: 8.553e-06	1.885e-05	1.78e-05
圖像殘差			
輻射畸變差			
離心畸變差			

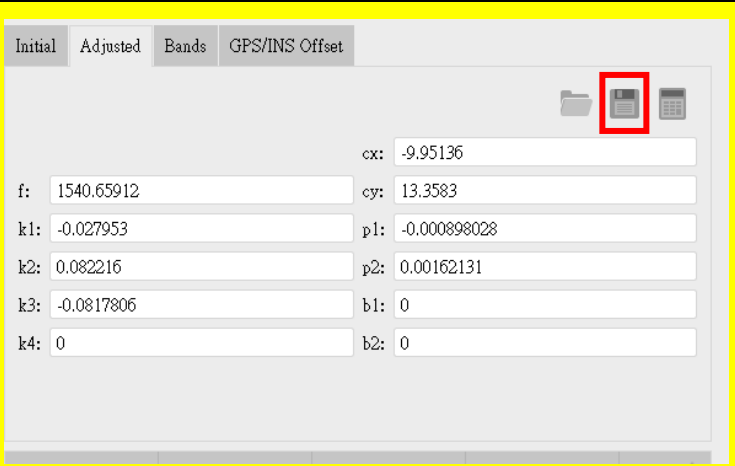
更正內容：

上次的書面報告中，有關輻射畸變差的圖在等高線上的數值多達 1,000,000 以上的原因，經過研究之後，發現在 Metashape 本身所輸出的報告與本身軟體所算出的各個內方位參數的值有所不同，其報告自動做四捨五入導致數值差異極大，而在上次報告中，是依照 Metashape 輸出報告裡的內方位參數畫出畸變圖。因此在修正版中不採用輸出報告的內方位參數值，改用軟體內部顯示的數值去畫圖，下圖則顯示該如何儲存軟體內部算出的內方位參數。

表 7 Metashape 軟體內方位參數的獲取

Step1

執行完 Metashape 的 dense cloud 後，開啟 Camera Calibration，調至 Adjusted 的頁面中，並按紅色框框的儲存圖示。

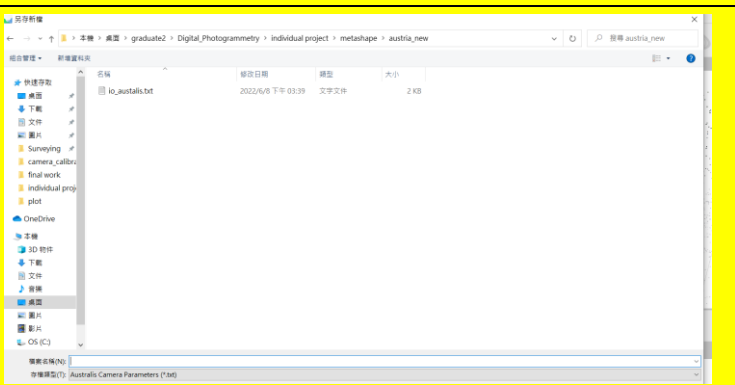


Step2

儲存三種不同內方位參數的.txt 檔。

因此在該報告中，總共會有三個.txt。

1. io_australis.txt
2. io_metashape.txt
3. io_recalibrate.txt



.txt 檔內容展示

將.txt 所顯示的內方位參數畫出如上表的輻射與離心畸變差。

Results for Camera 1						Canon_BOS_760D,_EF-S18-135mm_f/3.5-5.6_IS_STM_(18mm)		Lens					
Sensor Size		Pixel Size (mm)											
H	1920	0.0116276											
V	1280	0.0116276											
Camera Variable	Initial Value	Total Adjustment	Final Value	Initial Std. Error	Final Std. Error								
C	17.9144	0.00000	17.9144	1.0e+003	0.0009 (mm)								
XP	-0.1157	0.00000	-0.1157	1.0e+003	0.0009 (mm)								
YP	-0.1553	0.00000	-0.1553	1.0e+003	0.0008 (mm)								
K1	8.86287e-05	0.000e-000	8.86287e-05	1.0e+003	8.07493e-07								
K2	-8.18613e-07	0.000e-000	-8.18613e-07	1.0e+003	1.11000e-08								
K3	2.56009e-09	0.000e-000	2.56009e-09	1.0e+003	4.66191e-11								
P1	5.07777e-05	0.000e-000	5.07777e-05	1.0e+003	1.01823e-06								
P2	9.16897e-05	0.000e-000	9.16897e-05	1.0e+003	7.29365e-07								
B1	-4.31626e-06	0.000e-000	-4.31626e-06	1.0e+003	3.02816e-07								
B2	6.27449e-06	0.000e-000	6.27449e-06	1.0e+003	1.25792e-07								
Maximum Observational Radial Distance Encountered:					13.416 mm								

表 8 三種更新內方位參數比較 (單位:mm)

參數	Australis	Metashape	Australis(Initial value)
F	17.9532	17.9144	17.8858
x_p	-0.0690	-0.1157	-0.1146
y_p	-0.0577	-0.1553	-0.1529
K1	3.11570e-04	8.86287e-05	-4.05099e-05
K2	-6.30810e-06	-8.18613e-07	1.13004e-06
K3	4.20657e-08	2.56009e-09	-5.89582e-09
P1	2.17284e-05	- 5.07777e-05	4.81688e-05
P2	4.94409e-05	9.16897e-05	8.36338e-05

討論：

從表 8 的三種內方位參數比較表中，可看到關於更新後內方位數值的比較。以數值來看，Metashape 與 Recalibrate(拿 Australis 當初始值)的像主距、 x_p 和 y_p 相對於 Australis 相近，但是若看其他的內方位參數，三種情況之間的數值都無相近。若從圖來看，以圖像殘差來說，Recalibrate 其殘差的方向及位置類似 Metashape 的殘差圖，然而有關畸變圖，Recalibrate 的輻射品質較其他二者佳；Australis 與 Metashape 的離心畸變圖則相似；第二種殘差圖，在靠近像主點的位置有較多的殘差產生，相比之下，第一種殘差圖能夠很明顯看出愈往鏡頭外圍，其殘差的值愈大同時也有產生幾個很大的殘差產生。

● 尺度比較(檢核及控制線段)

在尺度中，挑選 9 條當作控制、4 條當檢核，以下單就三種內方位參數獲得的線段距離及其誤差做簡單的比較。

表 9-1 控制點及檢核點距離 (單位:m)




Line ID	Control/check					
	Australis		Metashape		Australis (Initial value)	
	Distance	Error	Distance	Error	Distance	Error
1	0.697	-0.009	0.697	-0.009	0.697	-0.009
2	0.891	-0.011	0.890	-0.011	0.891	-0.011
4	0.524	-0.006	0.524	-0.006	0.524	-0.006
6	0.889	0.009	0.889	0.009	0.889	0.009
8	0.696	-0.009	0.696	-0.009	0.696	-0.009
9	0.883	-0.004	0.882	-0.005	0.883	-0.005
13	0.922	-0.010	0.922	-0.010	0.922	-0.010
10	0.989	0.012	0.989	0.013	0.989	0.013
12	0.888	-0.016	0.888	-0.016	0.888	-0.016

3	0.988	0.006	0.989	0.007	0.989	0.007
5	0.897	-0.010	0.897	-0.009	0.897	-0.009
7	0.461	-0.003	0.462	-0.003	0.461	-0.004
14	0.889	0.001	0.889	0.001	0.889	0.001

討論：

表 9-1 橘色為檢核線段，看到三者之間的差異不大，並且當兩點之間的距離愈長，所獲得的誤差愈多，表示其精度較差，推測在量測過程中尚屬合理並且沒有粗差產生。

表 9-2 控制點及檢核點誤差 (單位:m)

	Australis	Metashape	Australis (Initial value)
Total error	Control:0.009 Check: 0.006	Control:0.010 Check: 0.006	Control: 0.010 Check: 0.006
			

● 點雲生成比較

根據三個不同內方位參數生成的點雲，比較其點雲多寡、投影誤差及密點雲產製的數量。

表 9-3 點雲生成比較

	Australis	Metashape	Australis (Initial value)
點雲多寡	34,769	47,743	47,519
投影誤差	0.628 pix	0.527 pix	0.524 pix
密點雲數量	3,323,403	5,532,146	5,238,141

討論：

從表 9-3 明顯看出，密點雲產製數量的多寡與點雲呈正比，以 Australis 生成最少，其他二者接近，另外若以 Australis 的內方位參數當初使值，透過 Metashape 進行迭代，其投影誤差也最低，但是仍與 Metashape 內方位參數獲得的成果極近。

更正內容：

更正誤差傳播後，得到每個線段更新的值及誤差，每個模型重新再丟入到 Metashape 中生成密點雲，再接著丟入至 SURE 產生，因此所分享的密點雲檔案，總共有六個，皆為新的.las 檔。下列則是更新後內容，分別有尺度比較及點雲生成比較。

● 尺度比較(檢核及控制線段)

在尺度中，挑選 9 條當作控制、4 條當檢核，以下單就三種內方位參數獲得的線段距離及其誤差做簡單的比較。

表 10-1 控制點及檢核點距離 (單位:m)

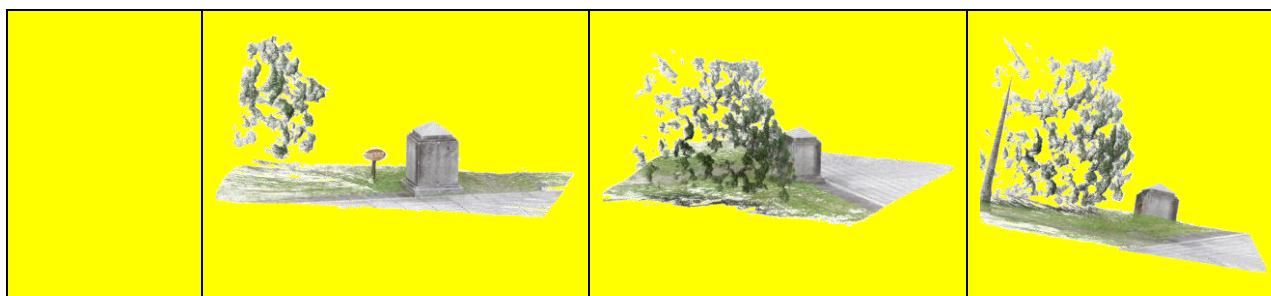
Line ID	Control/check					
	Australis		Metashape		Australis (Initial value)	
	Distance	Error	Distance	Error	Distance	Error
1	0.703	-0.002	0.703	-0.003	0.703	-0.003
2	0.899	-0.003	0.898	-0.004	0.899	-0.003
4	0.529	-0.001	0.529	-0.001	0.529	-0.001
6	0.898	0.018	0.898	0.018	0.898	0.018
8	0.703	-0.002	0.702	-0.003	0.702	-0.002
9	0.891	0.004	0.891	0.003	0.891	0.004
13	0.931	-0.002	0.931	-0.002	0.931	-0.001
10	0.998	0.021	0.999	0.022	0.999	0.022
12	0.896	-0.008	0.896	-0.008	0.897	-0.008
3	0.997	0.015	0.999	0.016	0.999	0.016
5	0.906	-0.001	0.906	-0.001	0.906	0
7	0.466	0.001	0.466	0.001	0.465	0.001
14	0.897	0.009	0.898	0.010	0.898	0.010

討論：

表 10-1 橘色為檢核線段，有關線段長度的比較，Australis 的線段長度相較於其他二者，差異比較大，並且可以看到表中三種情況下皆有兩條控制線段其誤差超過 1 公分，檢核線段也有一條近似於 1 公分，但是上述線段並沒有一個規律性，並非為線段愈長而獲得愈多的誤差。

表 10-2 控制點及檢核點誤差 (單位:m)

	Australis	Metashape	Australis (Initial value)
Total error	Control:0.009 Check: 0.007	Control:0.010 Check: 0.008	Control: 0.010 Check: 0.008



● 點雲生成比較

根據三個不同內方位參數生成的點雲，比較其點雲多寡、投影誤差及密點雲產製的數量。

表 10-3 點雲生成比較

	Australis	Metashape	Australis (Initial value)
點雲多寡	34,797	46,437	47,537
重投影誤差	0.629 pix	0.368 pix	0.525 pix
密點雲數量	3,487,529	6,280,874	5,408,748



討論：

從表 10-3 看出，Metashape 的重投影誤差(Reprojection Error)比其他二者來得更低，小於 0.2 pixel 以上，有關重投影誤差的概念，是指三維空間中的一點，經投影到平面上的位置與經過計算得到的平面位置，其二者之間的差值即為重投影誤差。密點雲產製數量的多寡與點雲呈正比，以 Australis 生成最少，而 Metashape 最多。

4.2 模型成果比較，以 Cloudcompare 展示

根據報告流程，總共有三種不同內方位參數產製，而內方位參數的給定也會影響模型成果，因此在該節分別將三種內方位參數由 metashape 產製點雲所獲得的模型成果進行比較；另外把 metashape 生成之點雲檔再輸入至 SURE 產製，最後將六種點雲檔加到 Cloudcompare 進行展示並比較其完整度。

表 11-1 模型成果

Australis	
	

Australis+SURE



Metashape



Metashape +SURE



Australis(Initial value)+Metashape

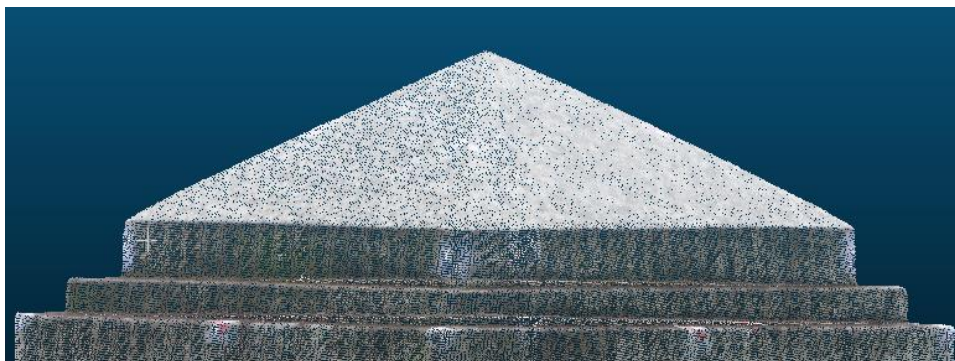


Australis(Initial value)+Metashape+SURE



表 11-2 模型頂部成果

Australis



Australis+SURE

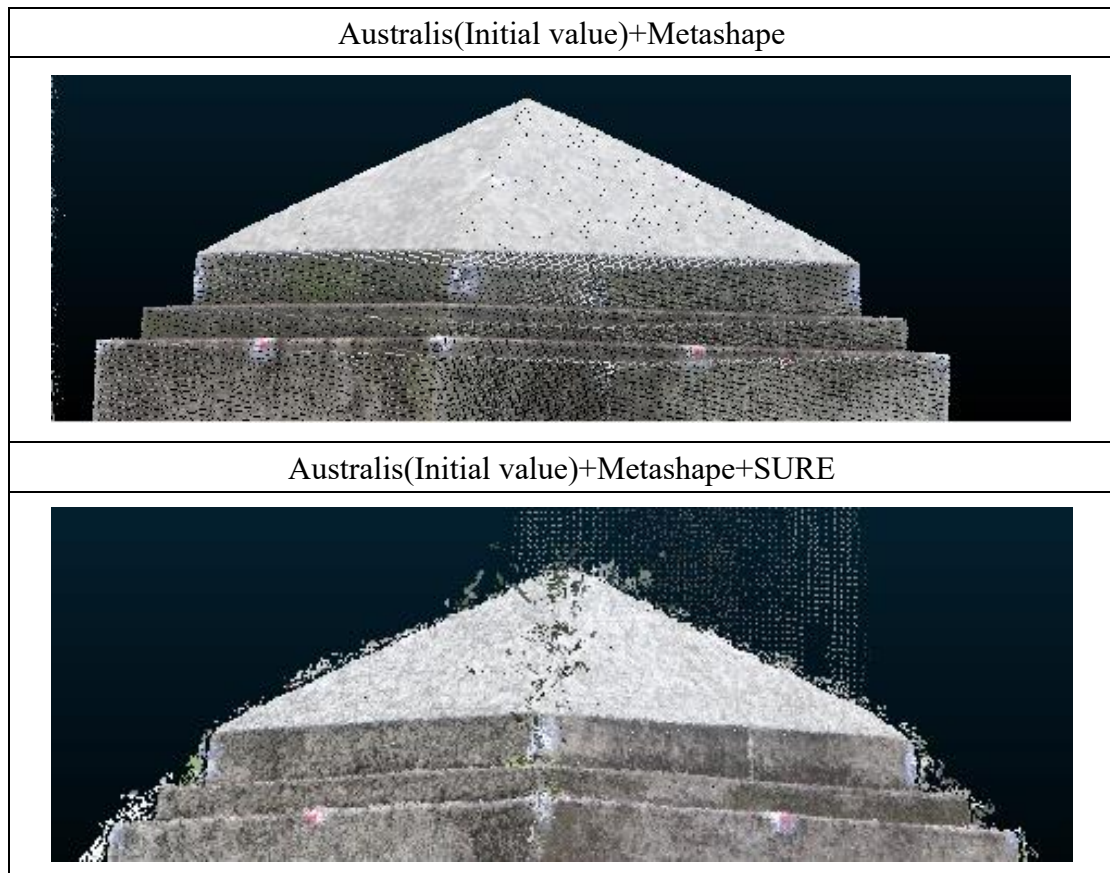


Metashape



Metashape +SURE





討論；

從表 11-1，若模型沒進入 SURE 產製，能明顯看出有加入 SURE 的模型有蠻多雜點存在，另外若單純就內方位參數的不同進行比較，能夠證實一件事，利用 Australis 所產生內方位參數去產製模型雖然其點雲數量相較於其他兩種內方位參數來的少，但並非少就不好，主要取決於點雲的三維坐標精度的好壞，因此不管是模型的遠處或是目標物的頂部，可以看到其他二者的雜點非常多，甚至在 SURE 產製模型時，把影像背景的柱子也建起來，若要改善的話，在 Metashape 的過程可以看每張照片上面的點雲分布，若一張一張精細的把點位差異太大的移除，或許所得出的模型就不會有那麼多雜點存在，而後再將其納入至 SURE 產製模型就可以得到好的結果；另外二者之間還有個差異，在 SURE 所建立的模型雖然雜點多，但其點雲的細節細，可以看到目標物表面的樣態，在其他模型中看其表面，可以看到一個個缺塊。

4.3 CloudCompare 點雲的質量評估比較(尺度評估)

該節以 CloudCompare 量測不同模型之控制點及檢核點之線段，以表 5 透過全測站進行測量並且算出兩點間之距離當作真值，根據不同模型點雲的密度，皆會拉近到最近之距離選點並量測距離，量測完每個線段的距離，與真值進行比較。黃色底為檢核之線段。

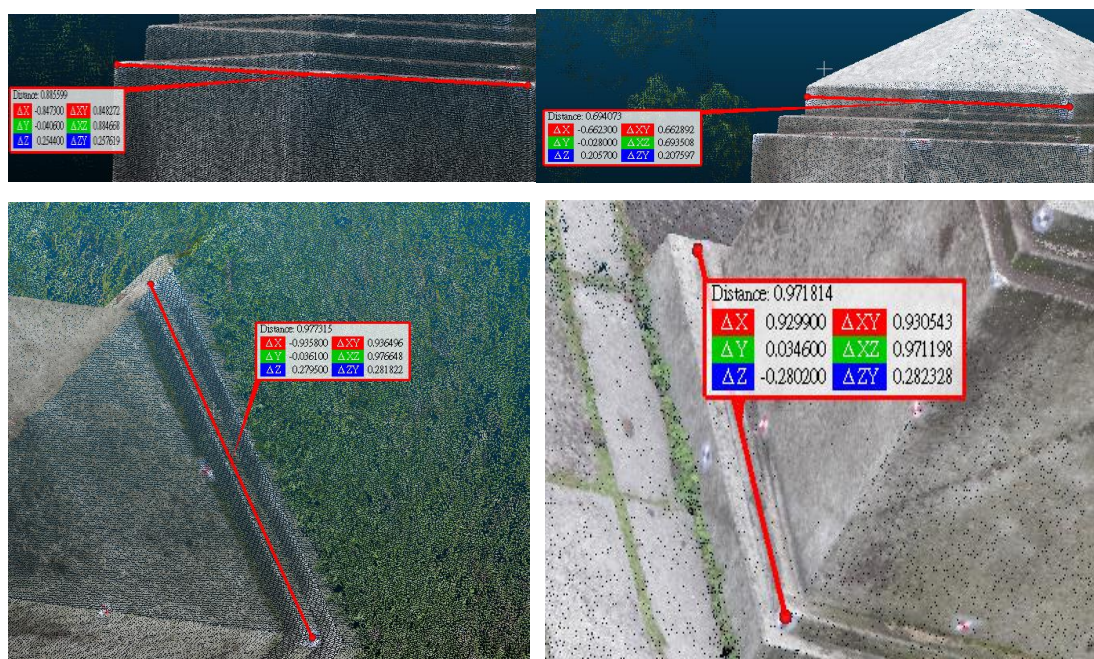


圖 11 尺度評估示意

表 12-1 Australis 尺度評估 (單位 m)

	Australis		
Line ID	True Value	CloudCompare	Error (Cloudcompare-True value)
1	0.706	0.694	-0.012
2	0.902	0.886	-0.016
4	0.530	0.510	-0.020
6	0.880	0.875	-0.005
8	0.705	0.696	-0.009
9	0.887	0.870	-0.017
13	0.932	0.921	-0.011
10	0.977	0.977	0
12	0.904	0.913	0.009
3	0.983	0.972	-0.011
5	0.907	0.894	-0.013
7	0.465	0.451	-0.014
14	0.888	0.881	-0.005

表 12-2 Metashape 尺度評估(單位 m)

	Metashape		
Line ID	True Value	CloudCompare	Error (Cloudcompare-True value)
1	0.706	0.690	-0.016
2	0.902	0.882	-0.020
4	0.530	0.510	-0.020
6	0.880	0.873	-0.007
8	0.705	0.694	-0.011
9	0.887	0.881	-0.006
13	0.932	0.917	-0.015
10	0.977	0.987	0.010
12	0.904	0.880	-0.024
3	0.983	0.977	-0.006
5	0.907	0.893	-0.014
7	0.465	0.462	-0.003
14	0.888	0.887	-0.001

表 12-3 Australis(Initial value)尺度評估(單位 m)

	Australis (Initial value)		
Line ID	True Value	CloudCompare	Error (Cloudcompare-True value)
1	0.706	0.691	-0.015
2	0.902	0.879	-0.023
4	0.530	0.510	-0.02
6	0.880	0.864	-0.016
8	0.705	0.683	-0.022
9	0.887	0.867	-0.020
13	0.932	0.924	-0.008
10	0.977	0.971	-0.006
12	0.904	0.894	-0.010
3	0.983	0.979	-0.004
5	0.907	0.885	-0.022
7	0.465	0.457	-0.008
14	0.888	0.876	-0.012

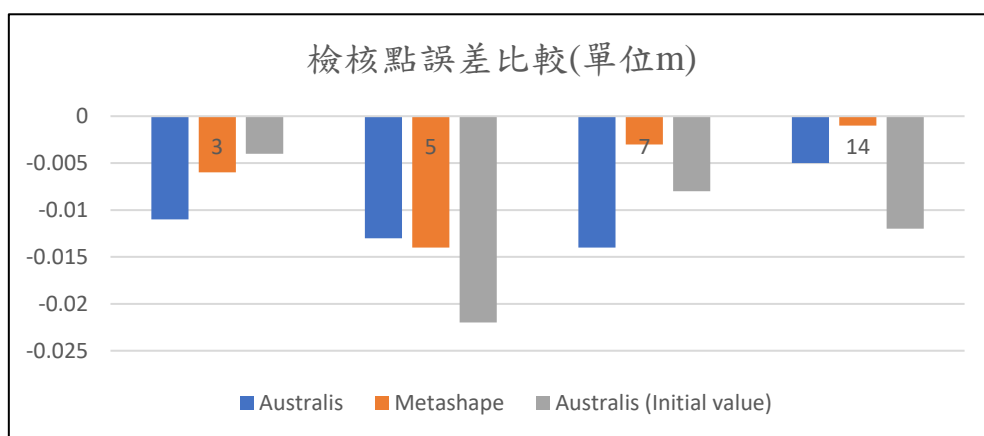
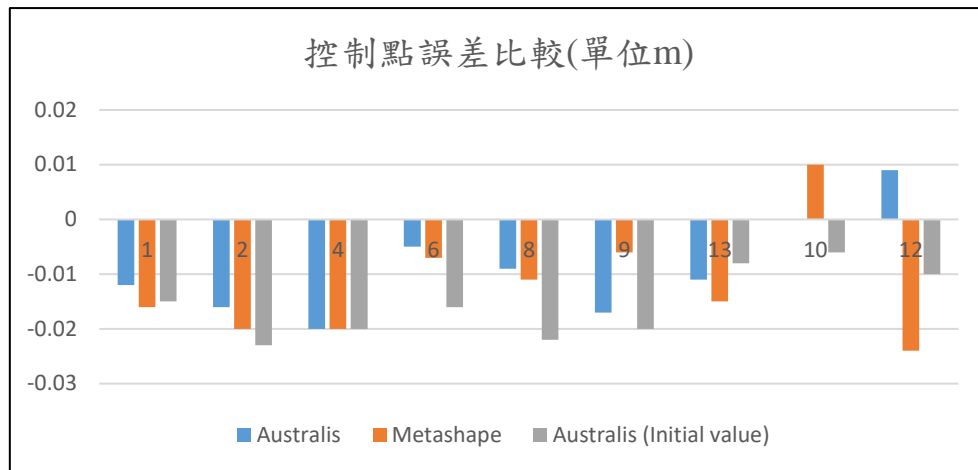


圖 12 各線段誤差柱狀圖

經過統整之後，可以發現各模型的誤差與真值相比之下，幾乎都是小於真值，只有第十線段及第十二有些比真值來的多，或許所建出的模型真的比實際上的尺度來的小一點，若單純以檢核點誤差進行排序，精度由高到低排，Metashape > Australis > Australis (Initial value)；控制點為 Australis > Metashape > Australis (Initial value)。

五、 結論

5.1 實驗結果

1. SURE 所建立的模型相較於其他有雜點產生，其成果不佳，應在 Metashape 看每一張照片的點雲，把差異大的移除。
2. SURE 模型的細節細，其目標物的表面紋理及點雲較密，反觀其他三者，當放大模型就可以明顯看到紋理破碎。
3. 控制點與檢核點的尺度誤差，透過誤差傳播得到的值都小於 3mm，但是仍可看到所建成的模型，與真值相比，還是有尺度上的差距，或許在量測的過程也有誤差產生。

5.2 未來改進的部分

1. 在外業進行量測點位的過程，發現在角點放置控制點或檢核點是不好的，全測站紅外光很難打到角點上，需要在目標物的後方，放置白紙或是標，將光線聚焦才能夠測得點位，因此除了要花費很多時間進行光線聚焦之外，在其中也有可能產生量測上的誤差。最一開始設定角點當作控制點與檢核點的原因，主要是怕在量測的過程中下雨或是因為梅雨季節而後回來進行量測時，標型毀損或是人為因素而標型被處理掉，因此需要考量到這兩大因素，做一個最好的權衡。
2. 該次報告，最一開始設定是使用最低解析度 S3 所拍攝到的照片進行作業，但是而後進行尺度量測的過程，其標型的中心事實上難以辨認，甚至是點雲稀疏至標型無法看見，因此而後也需要權衡有關於外業有無過檢核以及是否能看見標型中心進行檢核等。
3. 最後我認為需要改進的應該是報告的製作，事實上完成影像獲取及相機率定之後，就可以進行軟體的操作，不需要等到量測控制點及檢核才去做後續的內業工作，因此我認為我自己最大的失誤應該工作的分配要能夠隨機應變，並非等到數據都拿到之後才開始動作。

Link of point clouds :

<https://drive.google.com/drive/folders/1xwWlcDPJu7N8AsaFJUKGrMueRHoS7NJi?usp=sharing>