

整合空間資訊與SfM理論於較大區域古蹟數位保存之研究
—以金門明遺老街為例

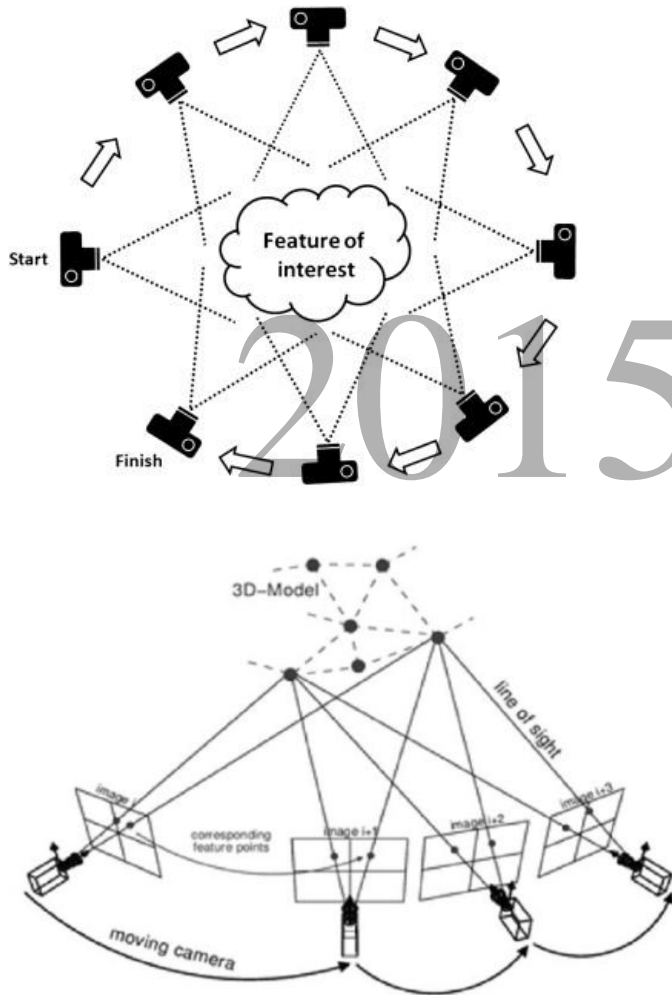
**A Research of Digital Conservation for Larger Area
Heritage sets by Integrating Geomatics and SfM — A Case
Study of Kinmen the Ming Heritage Street**

吳宗江、林宜君

前言

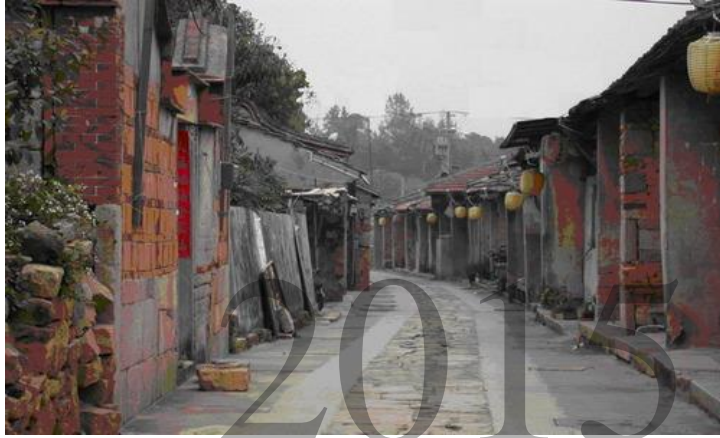
- 空間資訊技術（Geomatics Technology）：全球衛星定位系統（Global Positioning System, GPS）、地理資訊系統（Geographic Information System, GIS）、遙感探測系統（Remote Sensing, RS）、專家系統（Expert System, ES）及光達系統（LiDAR System, LS），5S。
- 有形文化資產(包含古蹟建築、遺址、聚落及其周遭的環境)之3D數位化典藏、破壞偵測、3D地景重塑、修復紀錄監測、環境監測與模擬。
- 近景攝影測量（Close Range Photogrammetry）→SfM（Structure from Motion）：低門檻之3D場域建置技術，進而加速國內有形文化資產3D數位化的腳步。
- 依據文獻記載，此項技術對於微尺度之空間物件具有高精度截取之效益，但是對於較大尺度（如中尺度之聚落、遺址及古街）是否能有LS之作業成果？仍需進行相關研究。
- 據此，以金門明遺老街為例，探討SfM於帶狀之空間形制之適用性及作業模式研擬之可行性。

SfM介紹



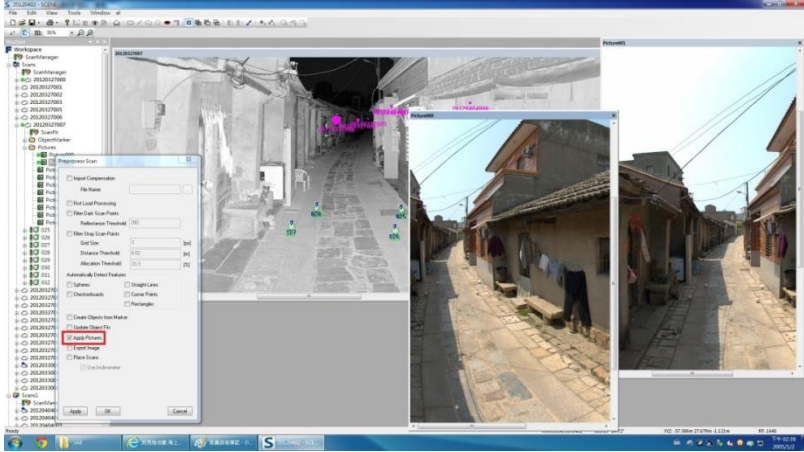
- 透過SIFT(Scale-Invariant Feature Transform) 電腦視覺演算法萃取出連續兩張相鄰並具有一定重疊率影像之特徵點位，若判定為相似之點位則稱之為共軛點位；
- 透過共軛點位之核面幾何關係推求對應相機曝光瞬間的空間位置；
- 以此推求各相鄰影像共軛點位之核面幾何關係，推求連續相機曝光位置並做連續性移動之軌跡之追蹤；
- 估算各共軛點之空間坐標，並且設定某相機位置建立之坐標系統為基準，進行各相機坐標系統與基準坐標系統之間的轉換，以期求得統一基準之3D場域模型，並且輸出為3D點雲模型。

研究步驟一研究對象的選定



- 位於金門城北門外明遺老街，於2005年1月15日登錄為歷史建築，賦予了文化資產的法定地位。北門外明遺老街是台澎金馬地區年代最久遠的市街，為明初金門千戶所衍生的商業街道(江柏煒，2006)，明遺老街全長約135公尺，寬度則係配合昔日運用手推板車運送物資的需求而建造，街道鋪面則以石板條鋪設而成。近年來金門縣文化局進行沿街傾頹房舍的整修，不過大多數的房舍仍為百年以上歷史的老建築，依然古意盎然。

研究步驟一 3D雷射掃描之點雲模型建置



- 首先採用 FARO Photon 120機型之地面光達進行明遺老街3D點雲模型的建置，以作為後續SfM技術取得之3D數位模型進行比較分析。
- 有效掃描距離為153公尺於25公尺掃描距離時，此距離誤差為 ± 2 公釐，掃描速度最快每秒為975,000坐標，因此可滿足本研究之研究對象3D數位化作業。

研究步驟一 *SfM*之3D點雲模型建置



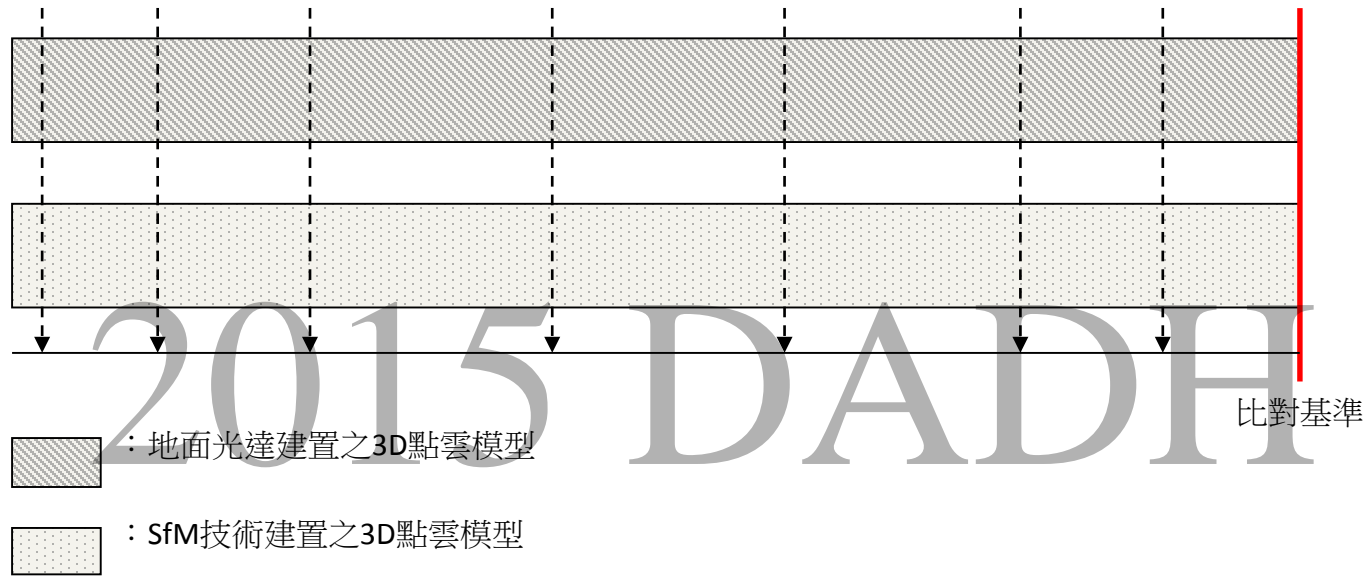
外業資料蒐集

1. 現場踏勘、拍攝位置及相鄰影像重疊率之規劃；
2. 為取得低變形之影像，進行「接近正射」拍照作業；
3. 必要性的特殊物件之加密拍照；
4. 以連續拍照方式(不可隨機取景拍照)作業；
5. 重複以上程序至最後一張影像資料攝取。

內業資料處理

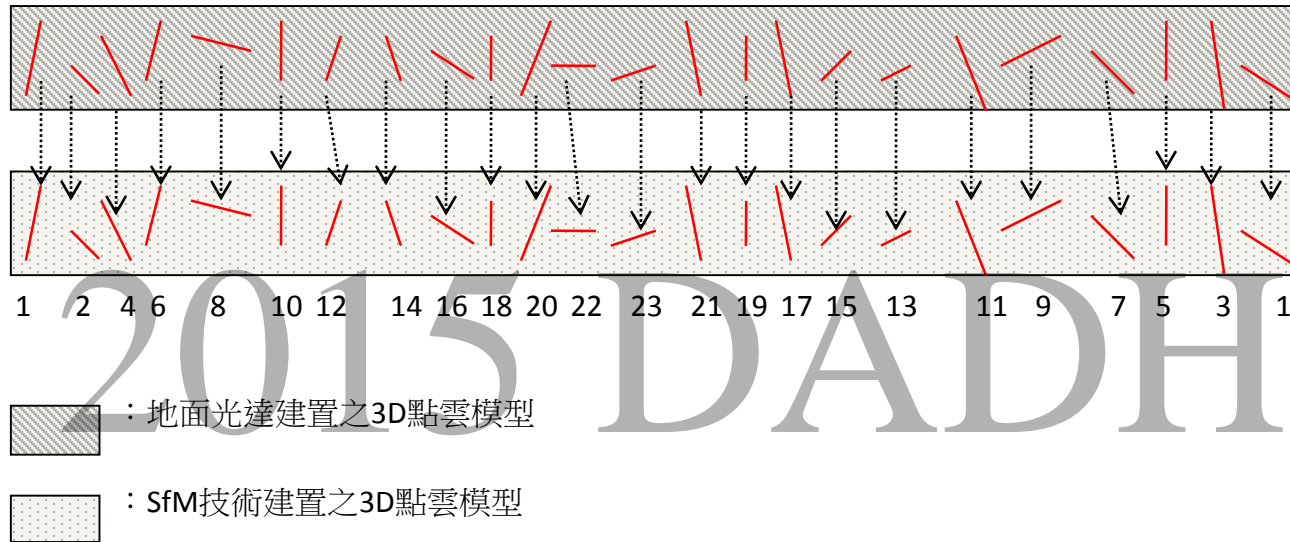
1. 下載資料於特定之內業處理軟體；
2. 數位影像資料雜訊濾除與校正；
3. 自動化判釋相鄰影像之共軛特徵點進行相鄰影像之資料組構；
4. 實施必要性的手動式組構程序；
5. 初步完成之3D數位模型進行平差優化模型作業；

研究步驟一比對分析(1)



- 以地面光達及SfM理論技術蒐集研究對象明遺老街之空間資訊，及處理完成之3D點雲資料進行比對分析。本研究將採用基準比對法進行特定長度之比較，並進行各段長度差異值之分析，以歸納其差異值之現象及解析可能的因素。

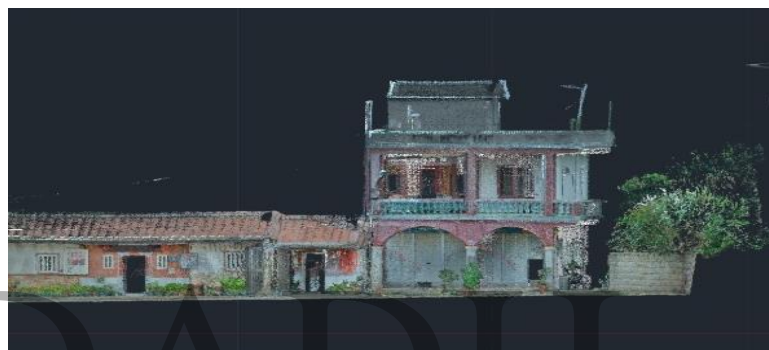
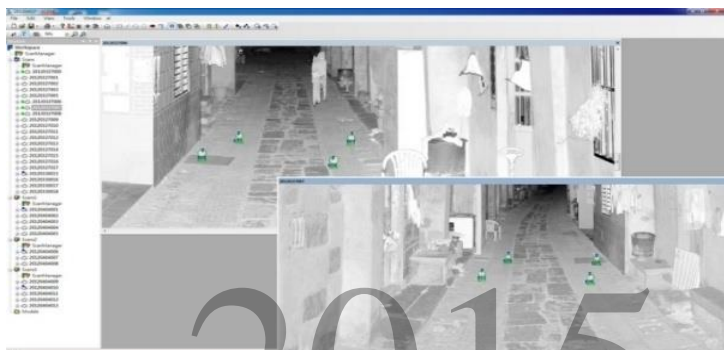
研究步驟一—比對分析(2)



- 地面光達之3D點雲模型上自街首到街尾均勻擷取24段於SfM模型上可辨識之的空間長度，先以兩端長度輸入進行平差作業，計算整體之誤差值。再以”左右左右朝向老街中間位置”之順序累加式輸入其餘22段之長度進行平差，共取得23組平差成果。

成果與討論一

地面光達建置之3D點雲模型成果



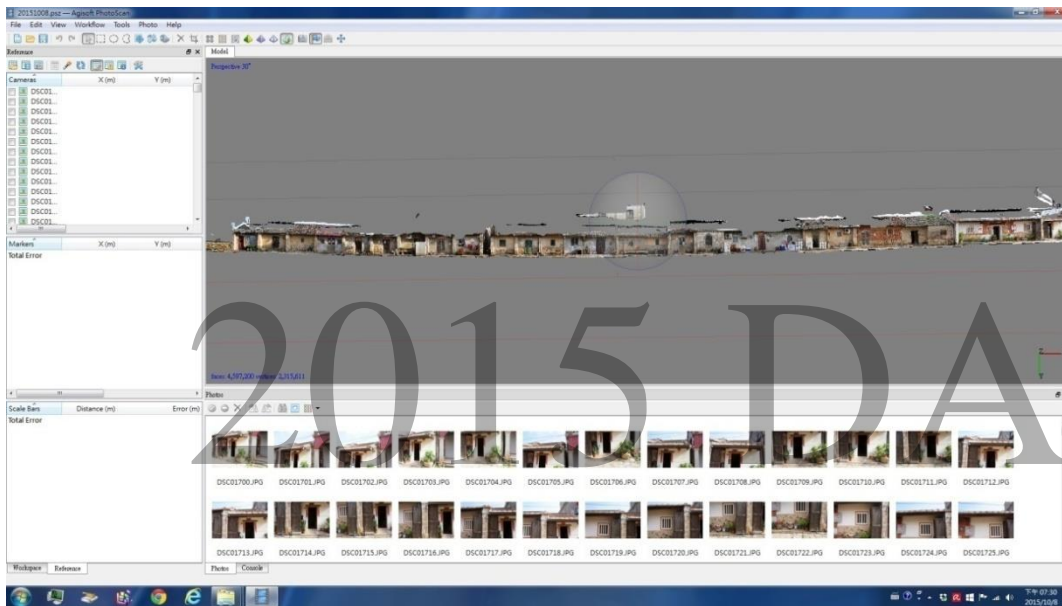
2015 DADH



- 金門明遺老街總長約135公尺，本次掃瞄作業未獲得較精準與清晰之3D點雲模型，規畫並執行共擺置28處掃描測站，所獲得之高密度掃描測點3D坐標之儲存量為1GB，其3D點雲。

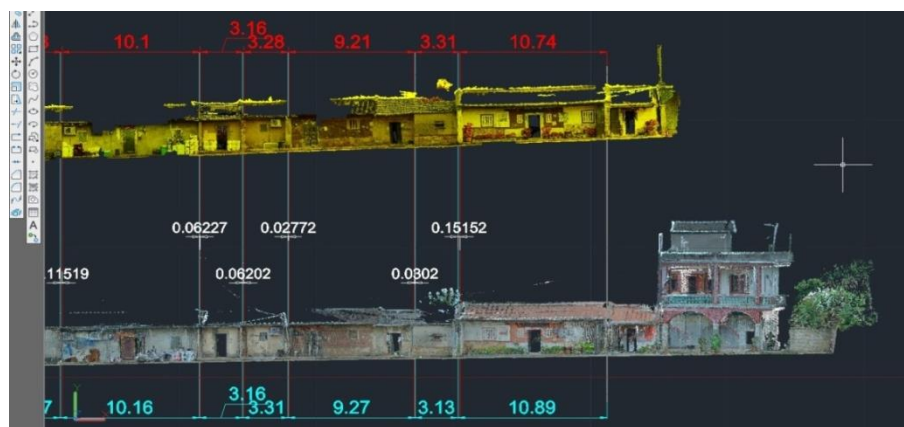
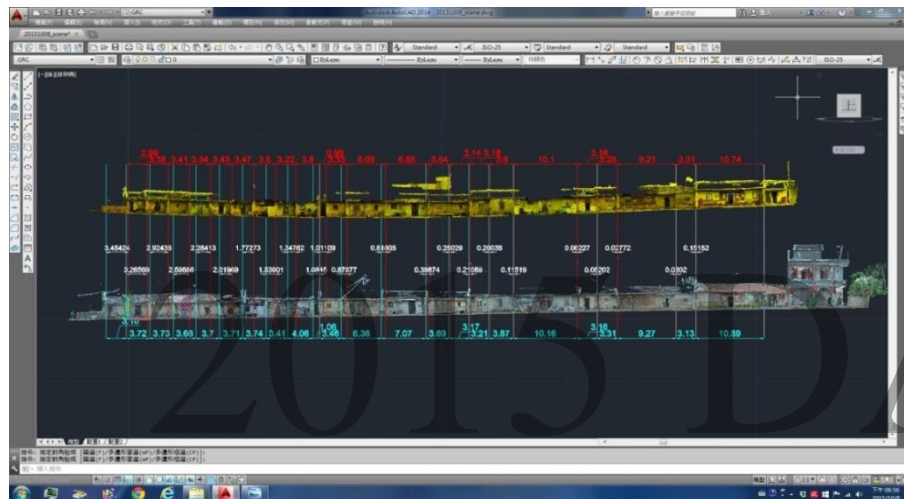
成果與討論一

SfM技術建置之3D點雲模型成果



- 以定方之明位計
以外共遺高影計
SfM理業之式明之影計
論業共老解高影計
擬作拍單側數共
業攝側數共
以體內
PhotoScan軟體
進行後續的內
處理，共計
處理4,597,2003
筆模型面資料
並且輸出3D點
雲模型資料。

成果與討論—比較分析(基準比較-1)

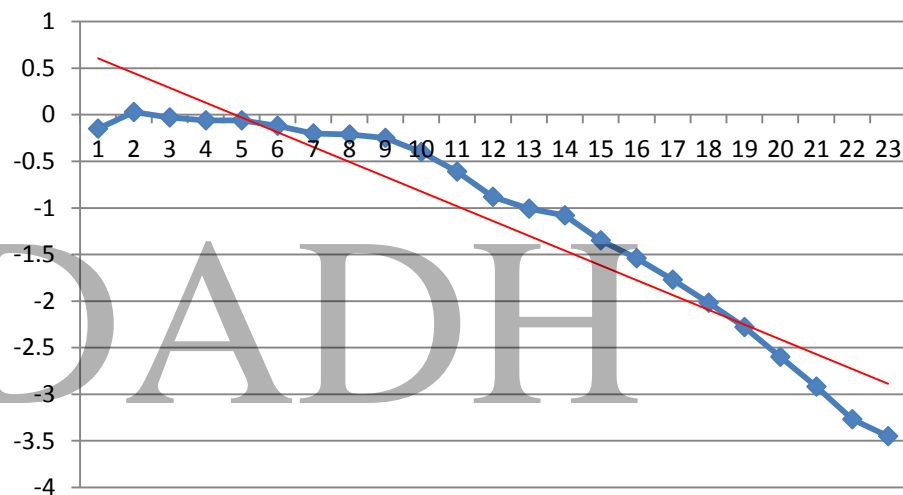


- 以兩種模式完成從實地之調查結地。坪線為一直線。
 - SfM之3D點雲模型因素線存誤差。
- 兩種模式完成從實地之調查結地。坪線為一直線。
- SfM之3D點雲模型因素線存誤差。

成果與討論-比較分析(基準比較-2)

處	LS	SfM	差值	處	LS	SfM	差值
01	10.89	10.74	-0.15	13	3.46	3.33	-1.01
02	3.13	3.31	0.03	14	1.06	0.99	-1.08
03	9.27	9.21	-0.03	15	4.06	3.80	-1.35
04	3.31	3.28	-0.06	16	3.41	3.22	-1.54
05	3.16	3.16	-0.06	17	3.74	3.5	-1.77
06	10.16	10.10	-0.12	18	3.71	3.47	-2.02
07	3.87	3.80	-0.20	19	3.70	3.43	-2.28
08	3.21	3.18	-0.21	20	3.66	3.34	-2.60
09	3.17	3.14	-0.25	21	3.73	3.41	-2.92
10	3.69	3.54	-0.40	22	3.72	3.38	-3.27
11	7.07	6.85	-0.61	23	3.18	2.99	-3.45
12	6.36	6.09	-0.88				

單位：公尺

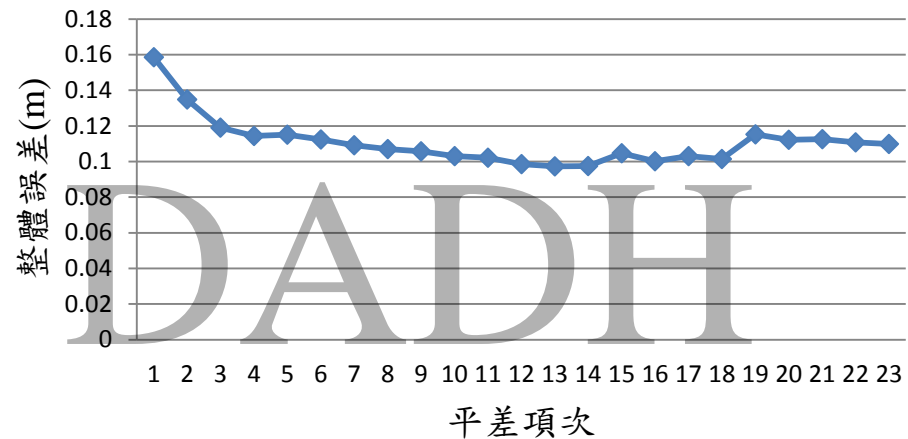


SfM演算式所構成之3D點雲模型呈現較大之變形量，因其進行相鄰重疊影像套疊時，係應用共同之共軛特徵點為之，但是組構完成之3D影像資料必定伴隨套疊誤差的產生，而此誤差將會累積並傳播至後續3D影像資料，而呈現差異量逐步增加的情形。

成果與討論—比較分析(平差法)

項次	平差結果之絕對值(公尺)
1	0.15852
2	0.13478
3	0.11909
4	0.11427
5	0.11509
6	0.11234
7	0.10920
8	0.10701
9	0.10579
10	0.10302
11	0.10217
12	0.09853
13	0.09736
14	0.09744
15	0.10470
16	0.10022
17	0.10307
18	0.10139
19	0.11532
20	0.11226
21	0.11264
22	0.11081
23	0.10994

誤差分布與趨勢圖



自地面光達之3D點雲模型量測24段對應長度輸入平差後，可以發現自第1次平差至第12次平差過程整體誤差呈現下降的趨勢，而自12次至23次則呈現整體誤差於10公分處震盪並趨於平緩。

結論與建議

- 明遺老街此類之長型空間，使用 SfM 技術易淪為「發散型」之資料蒐集模式，而使得相鄰影像套疊誤差不斷累積，而傳播至長型空間的尾端，呈現誤差值逐步放大的趨勢。
- 透過較佳精度之長度進行平差作業應可獲得誤差收斂的成果，以本研究之案例，150公尺之狹長形空間輸入約12段均勻分布之長度及可達成此目的，而整體誤差收斂至約 ± 10 公分。
- 欲取得較佳精度之中大型尺度之3D場景重現模型時，進行SfM作業前，仍須取得相機之率定參數，進行影像之糾正。

謝謝聆聽、敬請指教