

遙感技術在斜坡安全管理中的應用

Applications of Remote Sensing Techniques in Slope Safety Management

蘇澤棠
高級土力工程師

So Chak Tong Anthony
Senior Geotechnical
Engineer

陳家傑
見習土力工程師

Chan Ka Kit
Engineering Geology
Graduate



土力工程處
土木工程拓展署

Geotechnical Engineering Office
Civil Engineering and Development

1. 斜坡安全管理
2. 遙感技術的簡介
3. 遙感技術在斜坡安全管理中的應用

斜坡安全管理

香港的斜坡安全管理

1972 寶珊道



1972 秀茂坪



多宗嚴重的山泥傾瀉
造成人命傷亡及財物損失



土力工程處成立
專責處理斜坡安全問題

成功地將人造斜坡的
山泥傾瀉風險大幅降低

2008 大澳



新挑戰：
天然山坡的山泥傾瀉風險

1972-1976

1977

2000 ~



土力工程處
土木工程拓展署



人造斜坡與天然山坡

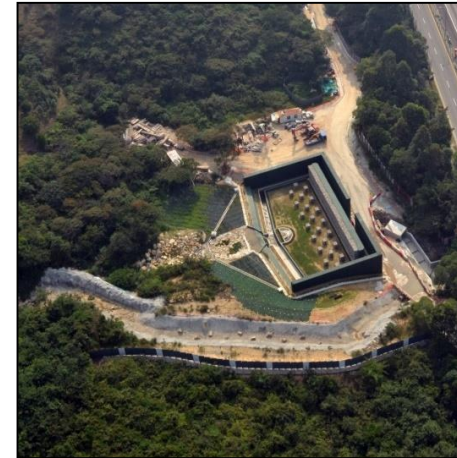
利用泥釘鞏固斜坡



重新壓實鬆散的填土



混凝土泥石壩



利用泥釘及混凝土
附加表牆鞏固擋土牆



以扶壁及岩釘
穩定削石坡

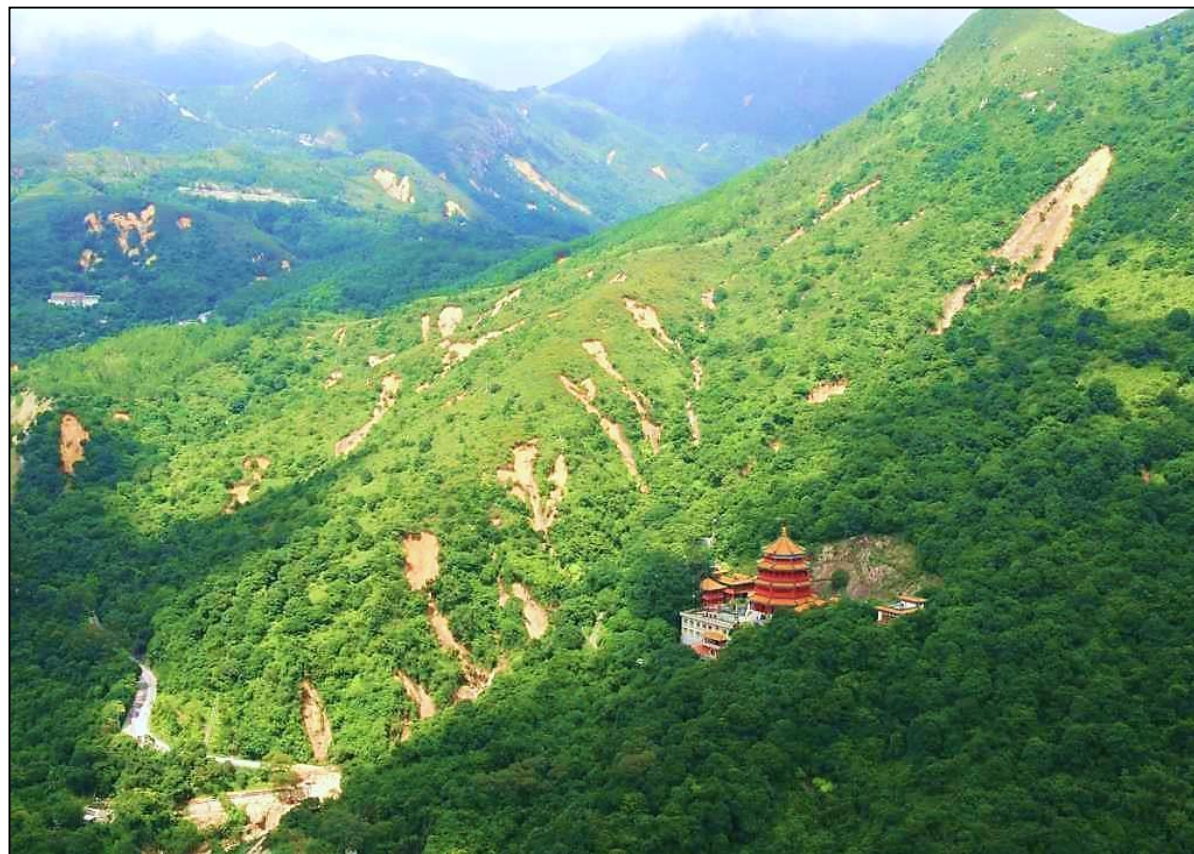


柔性防護網



天然山坡山泥傾瀉的研究

- 高解像度的地貌資料對天然山坡山泥傾瀉的研究十分重要
- 土力工程處一直利用遙感技術研究天然山坡的地形

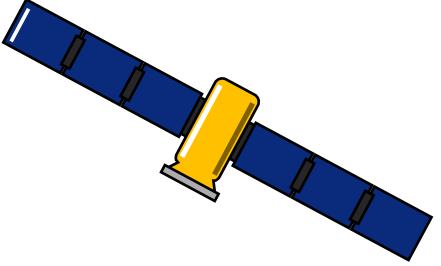
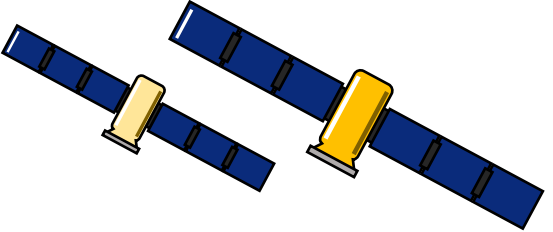


遙感技術

遙感技術的分類

- 被動式：
 - 攝影測量 Photogrammetry
- 主動式：
 - 激光 LiDAR (Light Detection and Ranging)
 - 雷達 RaDAR (Radio Detection And Ranging)

遙感技術的載體

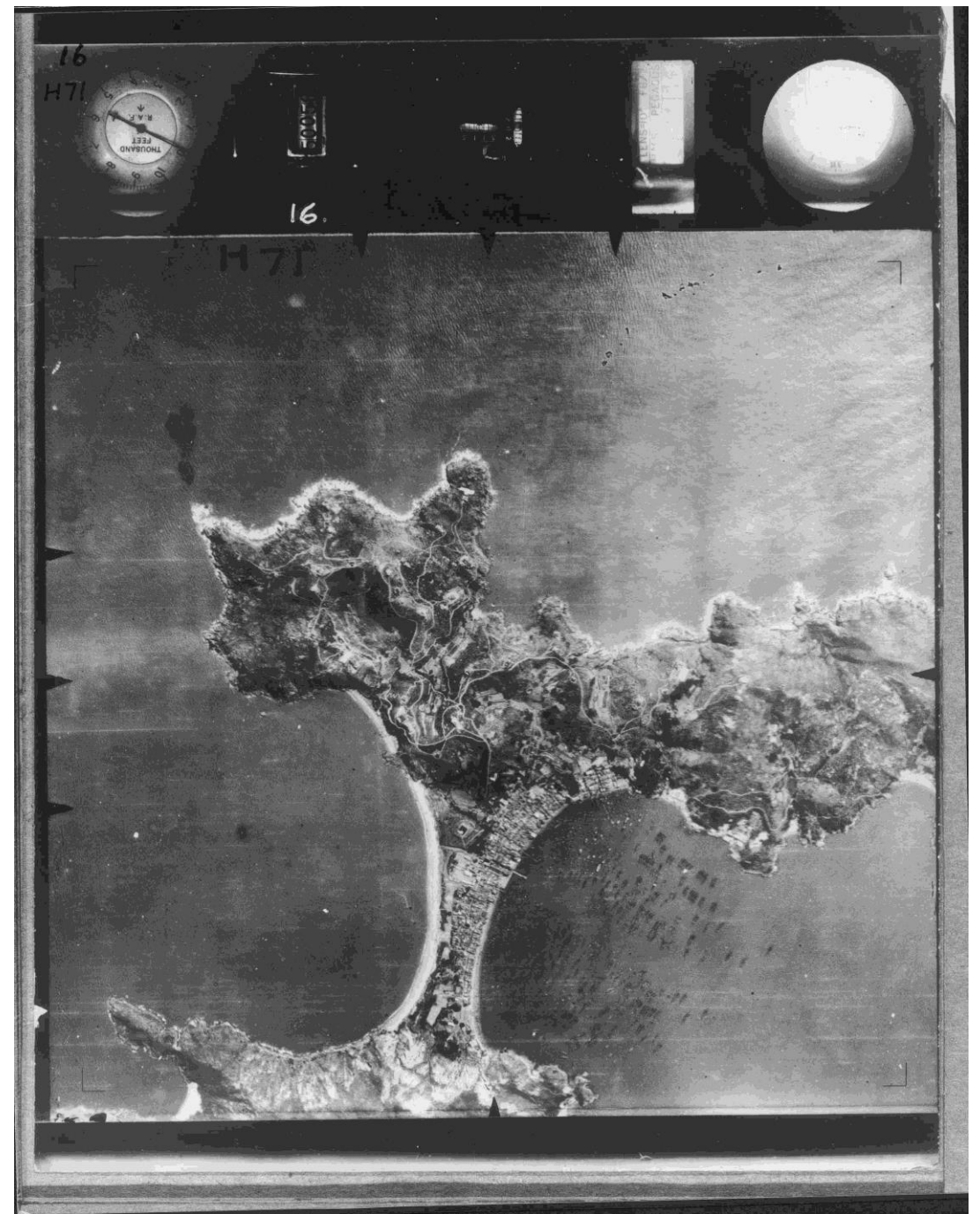
	地面	空中	太空
攝影測量			
激光			
雷達			

遙感技術

- 即透過**非接觸方式**收集物體的信息
 - ☺ 能提供大範圍及連續的數據
 - ☺ 能覆蓋人跡罕至、偏僻的地方
 - ☺ 減少所需的人手
 - ☺ 安全
 - ☺ 能提供高解像度、高精確度的地理數據
 - ☺ 獲得接近即時數據
 - ☺ 能提供以往的監察數據
 - ☺ 部份技術能在惡劣環境下使用

Photogrammetry 攝影測量

Aerial Photo 航攝照片 1924



攝影測量的應用

利用攝影方法獲取被測物體的信息，進行分析和處理，以確被測物體的形狀、大小和位置，並判斷其性質的一門學科。

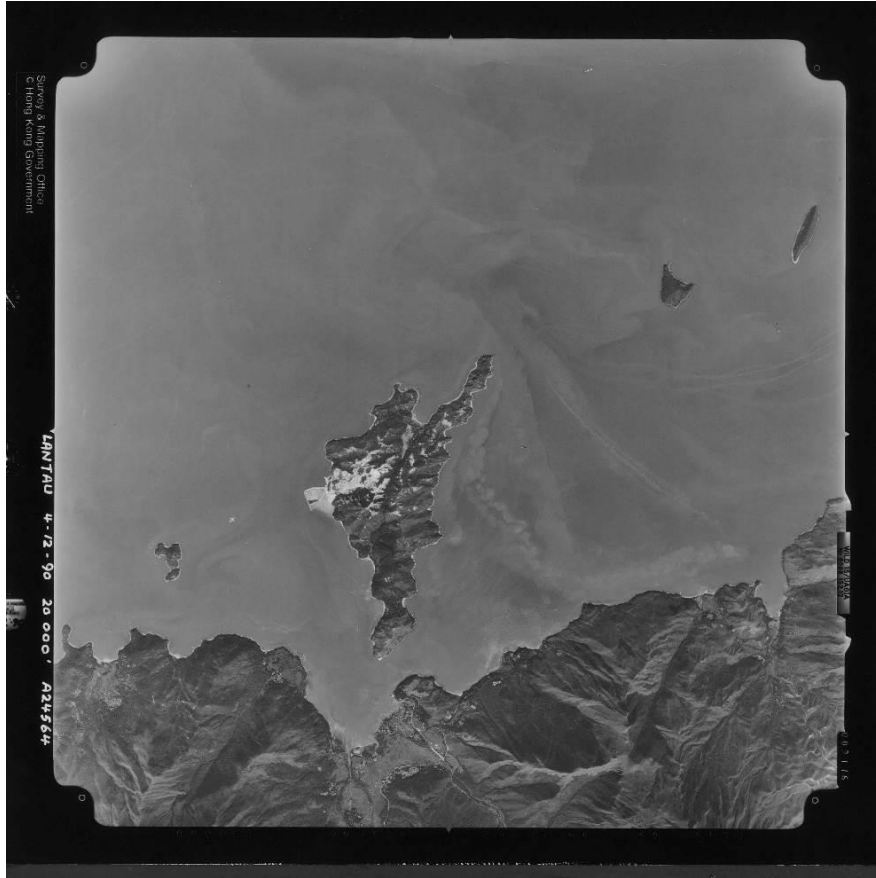
1. 分析性攝影測量

- 從照片找尋和辨認物件（如天然山坡山泥傾瀉位置）；
- 進行航攝照片分析；
- 紀錄演變/發展過程

2. 計量性攝影測量

- 從照片獲取準確的測量數據，以確定物件的位置和大小；
- 繪制地圖、三維模型

分析性攝影測量：航攝照片 土地發展紀錄



4-12-1990



16-12-2014

地貌分析、建立天然山坡山泥傾瀉資料庫



1-3-2008



25-7-2008

天然山坡山泥傾瀉紀錄冊

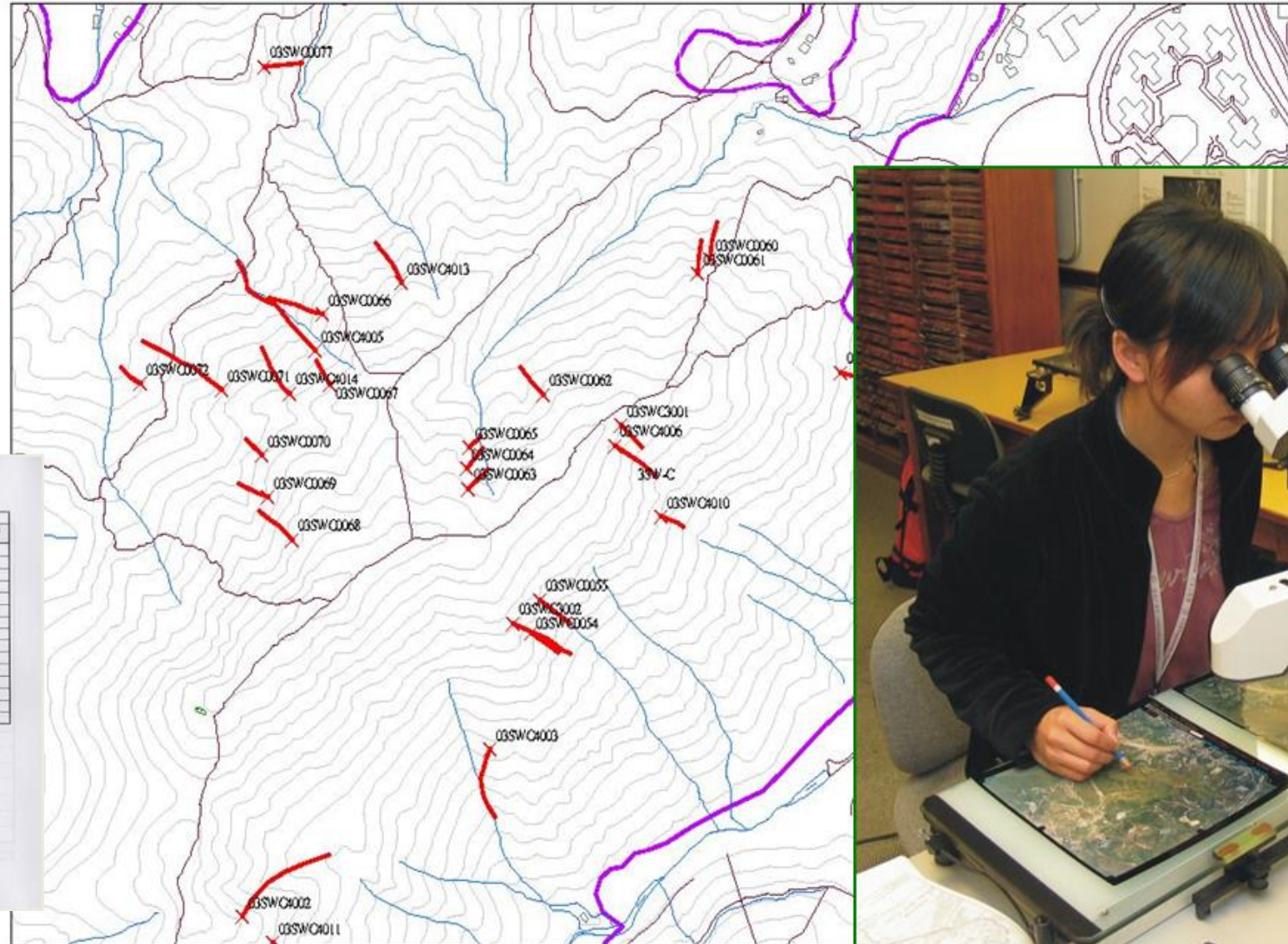


Table 1: List of Aerial Photographs Used

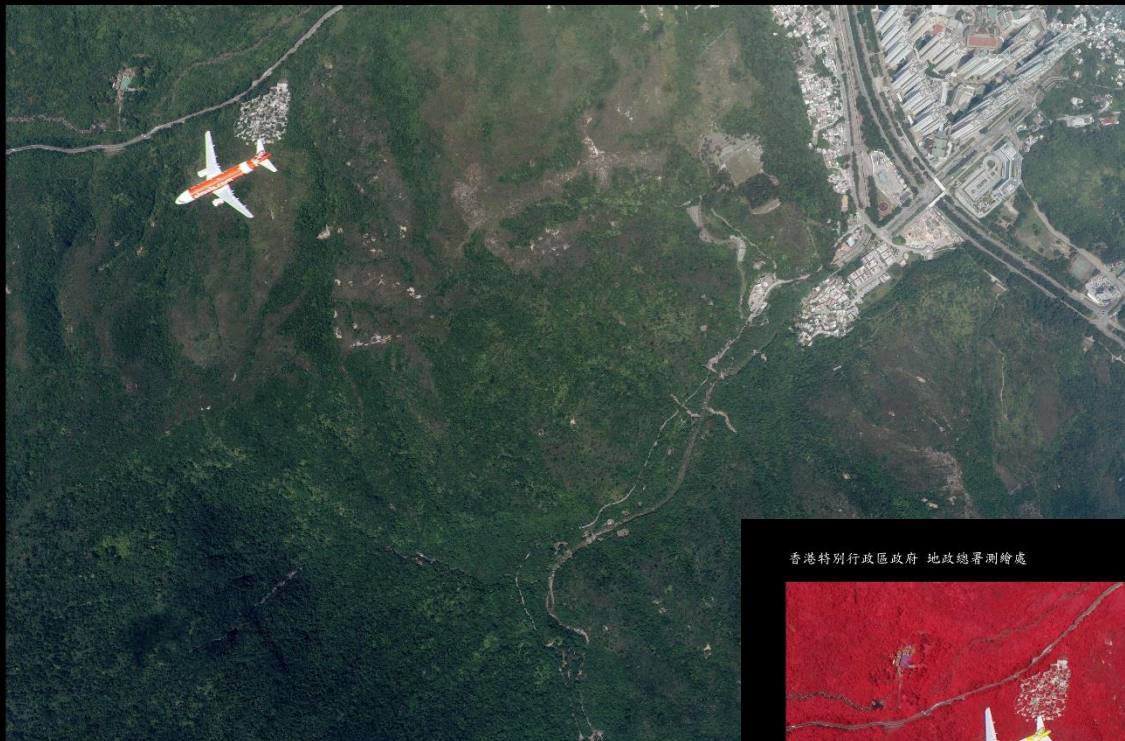
Date	Height (ft)	Photograph Number	Date	Coverage
1961	20,000	1111-11	08/11/67	B
1966	12,500	1047-09	08/11/67	B
1971	12,500	1047-09	08/11/67	B
1976	12,500	1047-09	08/11/67	B
1981	12,500	1047-09	08/11/67	B
1986	12,500	1047-09	08/11/67	B
1991	12,500	1047-09	08/11/67	B
1996	12,500	1047-09	08/11/67	B
2001	12,500	1047-09	08/11/67	B
2006	12,500	1047-09	08/11/67	B
2011	12,500	1047-09	08/11/67	B
2016	12,500	1047-09	08/11/67	B
2021	12,500	1047-09	08/11/67	B

Table 2: MAP SHEET NUMBER: A-N-D

ENGINE	SLOPE	YEAR	COVER	WIDTH	CRUISE ENGINE	LAST YR
0001	34	83	B	2		82
0002	24	83	B	2		82
0003	30	83	B	2		82
0004	30	83	B	2	100	82
0005	39	83	B	2		82
0006	27	83	B	2		82
0007	30	83	B	2	125	82
0008	30	83	B	2	200	82
0009	34	83	B	2		83
0010	34	83	B	2		83
0011	20	85	B	2		83
0012	34	85	B	2		83
0013	30	85	B	2		83
0014	30	85	B	2	22	83
0015	34	89	B	2	200	89

A = full stereoscopic coverage
B = partial stereoscopic coverage



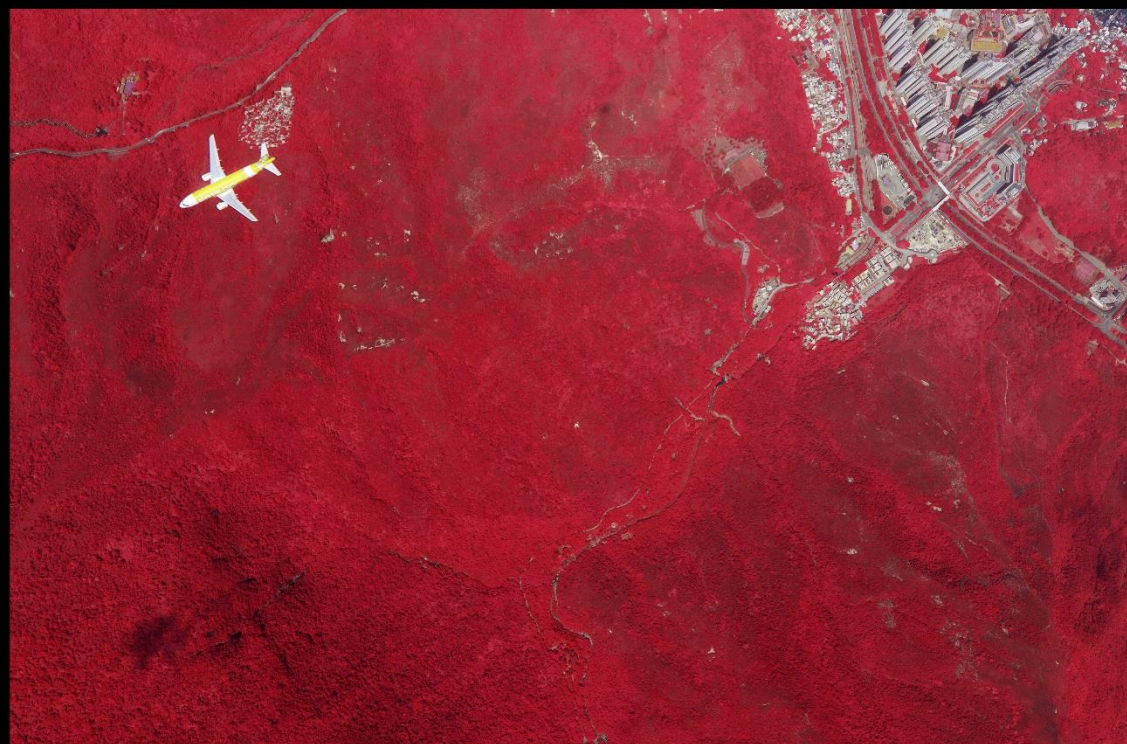


地 E024695C 6900' 30 Apr 2017 UltraCam Eagle 80mm
TUNG CHUNG 東涌



可見光

30-4-2017



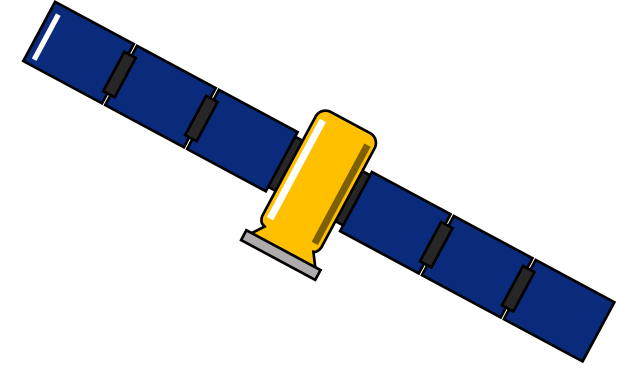
地 E024695N 6900' 30 Apr 2017 UltraCam Eagle 80mm
TUNG CHUNG 東涌



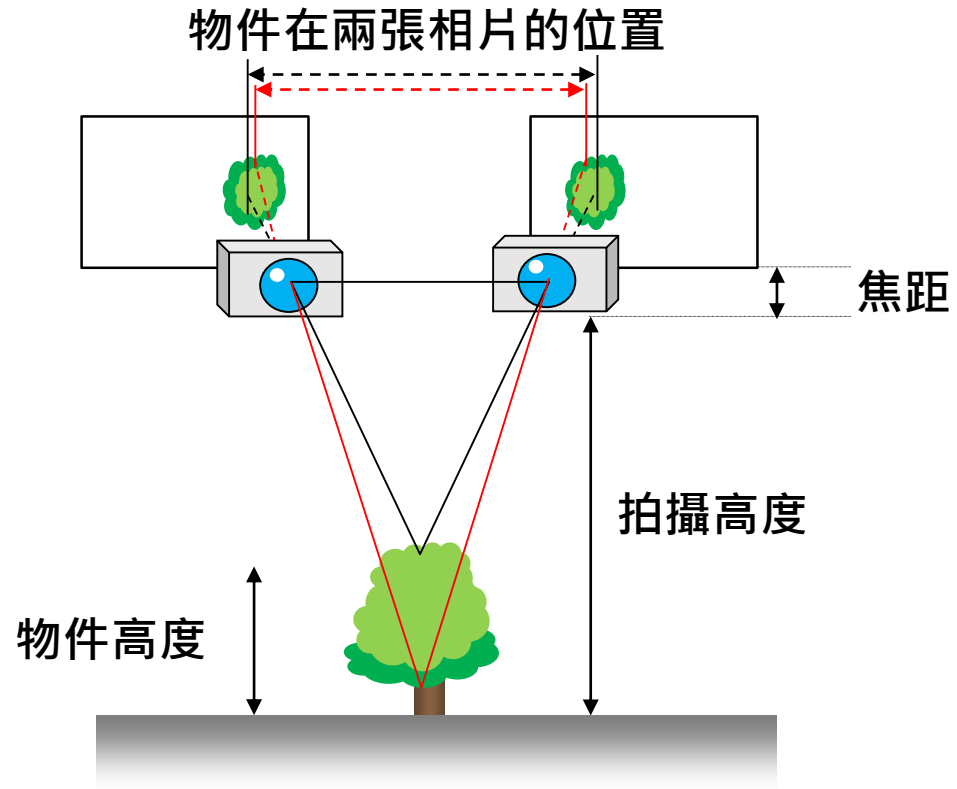
版權所有 未經許可 不得複製
© Copyright reserved - reproduction by permission only

紅外線

攝影測量法



計量性攝影測量法



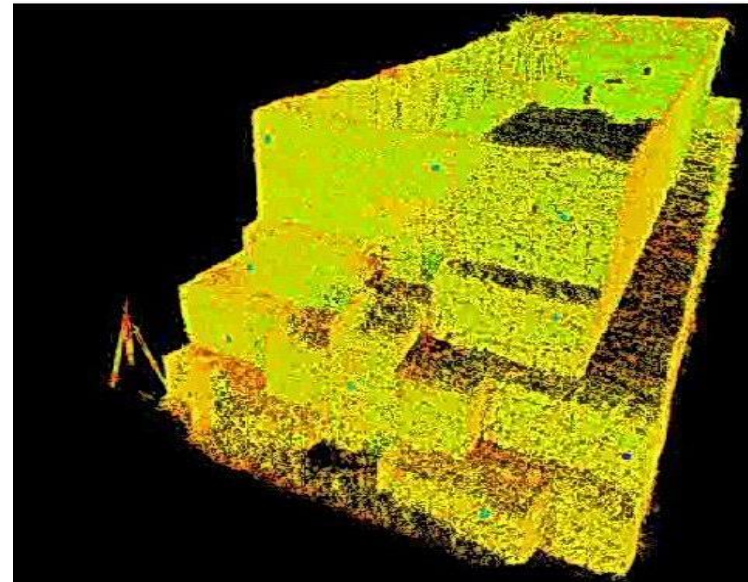
三角測量

LiDAR - Light Detection And Ranging 激光/光學雷達

激光掃描

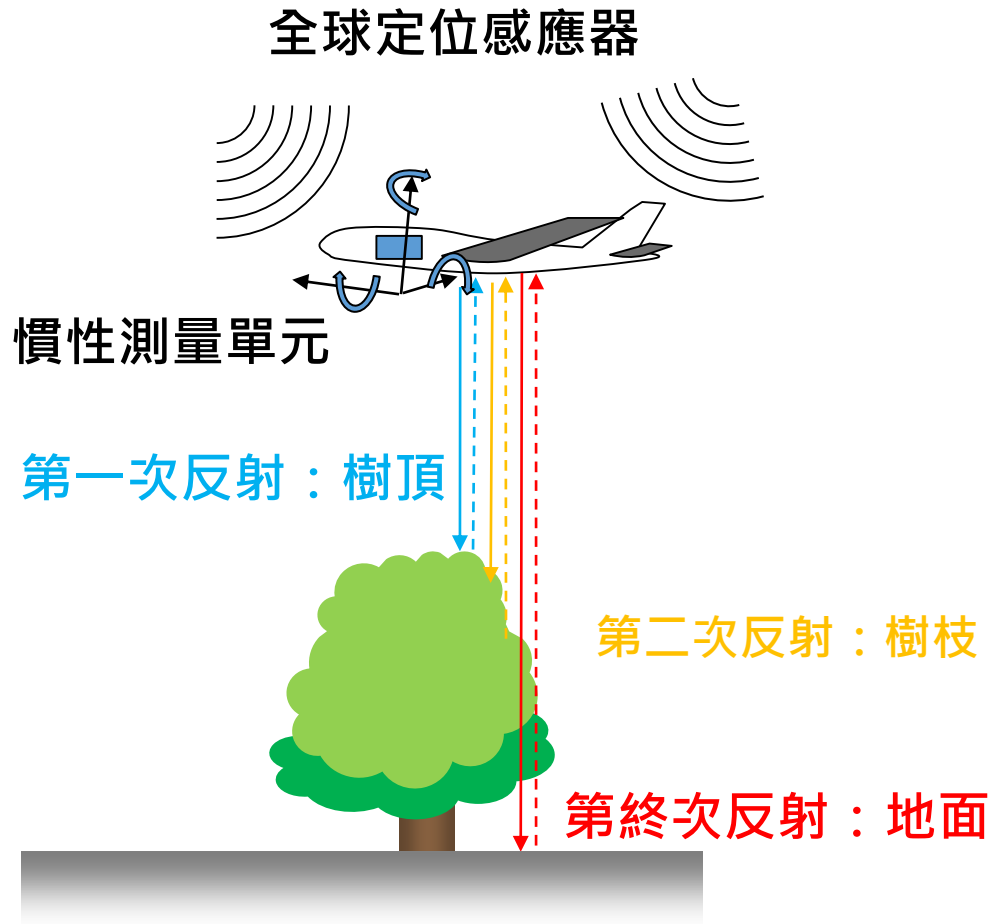
- 地面激光掃描 (TLS)
- 空載激光掃描 (ALS)
- 移動激光掃描 (MLS)
- 手提激光掃描 (HLS)

地面激光掃描 (TLS)



最大距離：2公里
準確度：8毫米

空載激光掃描 (ALS)



- 全球定位感應器 (DGNSS)
- 慣性測量單元 (IMU)

樹冠

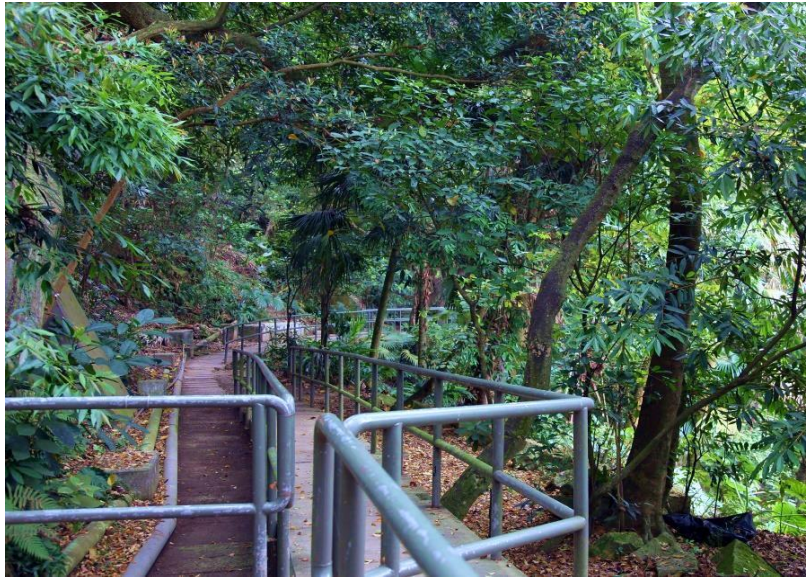


灌木





空載激光掃描的限制



移動激光掃描



移動激光掃描



相機

全球定位
感應器



慣性測量單元

激光掃描儀器





移動激光掃描 難以到達的位置



手提式激光掃描器

這種技術可應用在難以到達的位置(例如偏僻山泥傾瀉、石澗等)，並能夠快速地提供高分辨率的地形資料供作地形製圖和斜坡勘察。



數據
記錄儀

電池

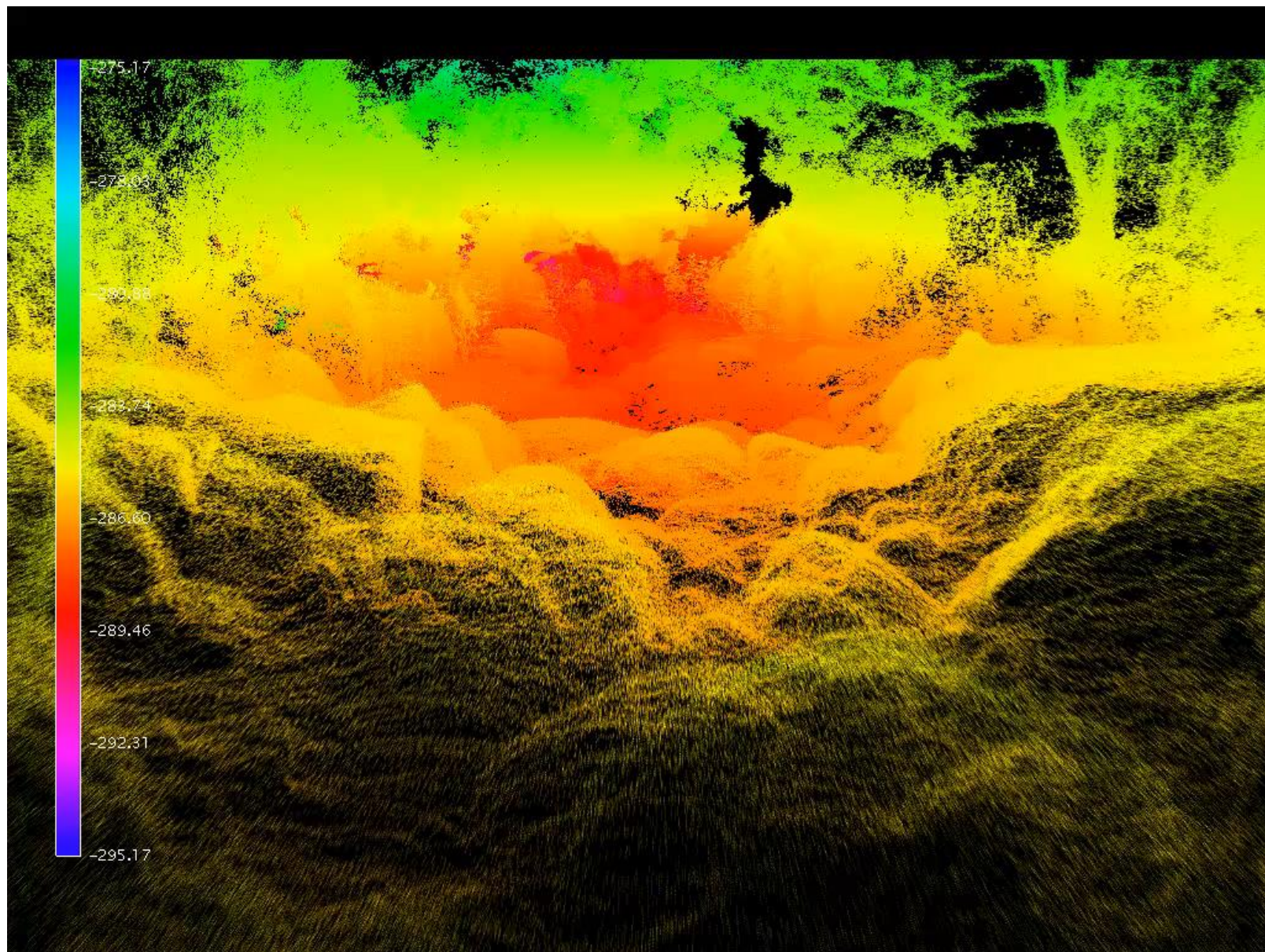
激光掃描
儀器

攝影機

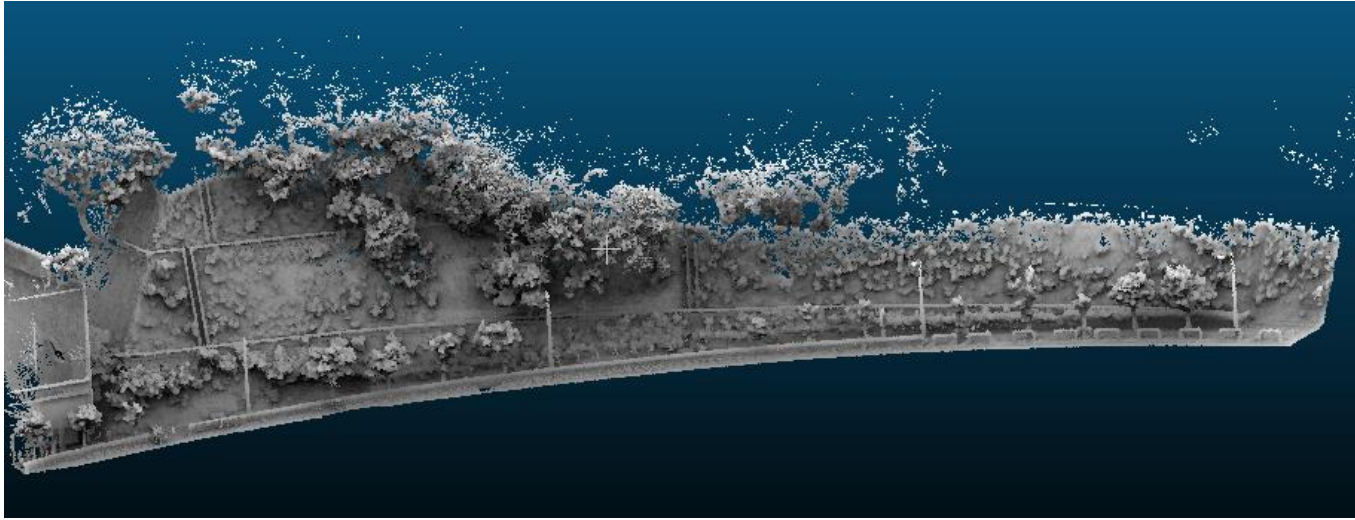
最大距離：100米
準確度：3毫米

手提式激光掃描

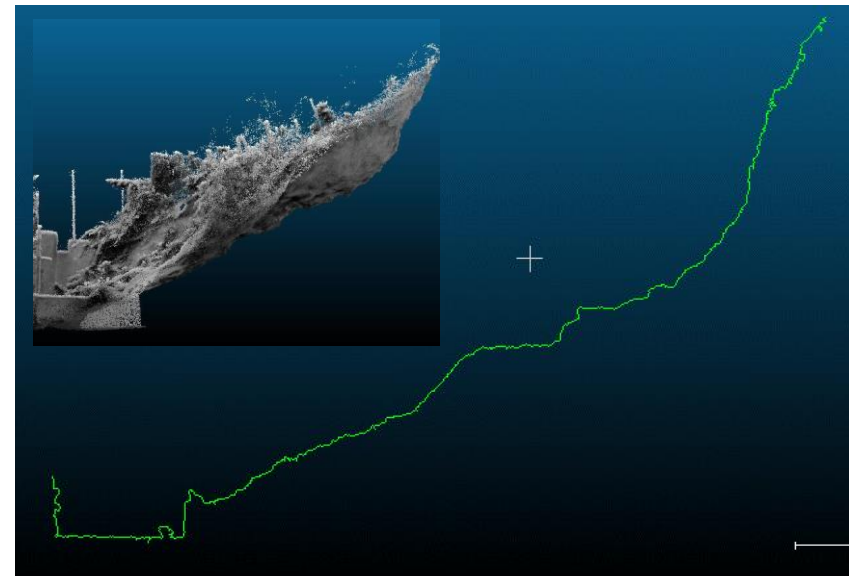
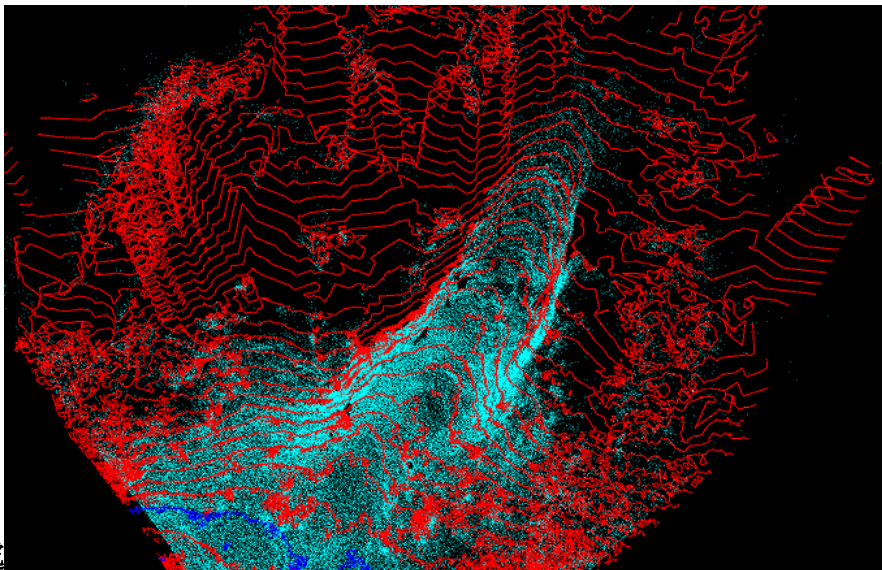
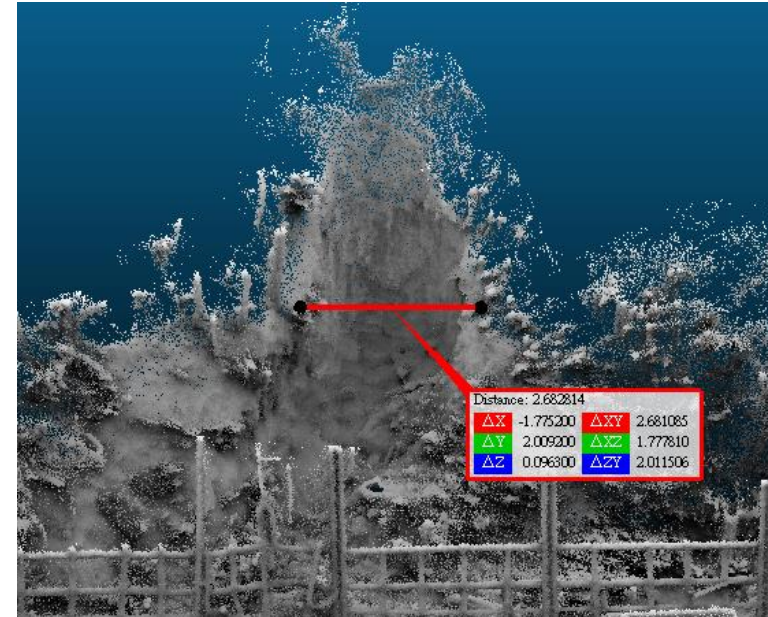
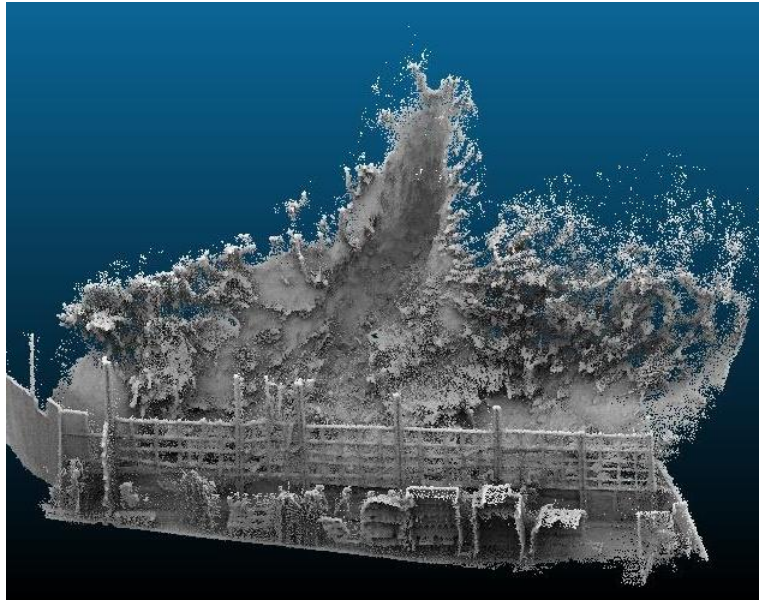




手提式激光掃描 (HLS)

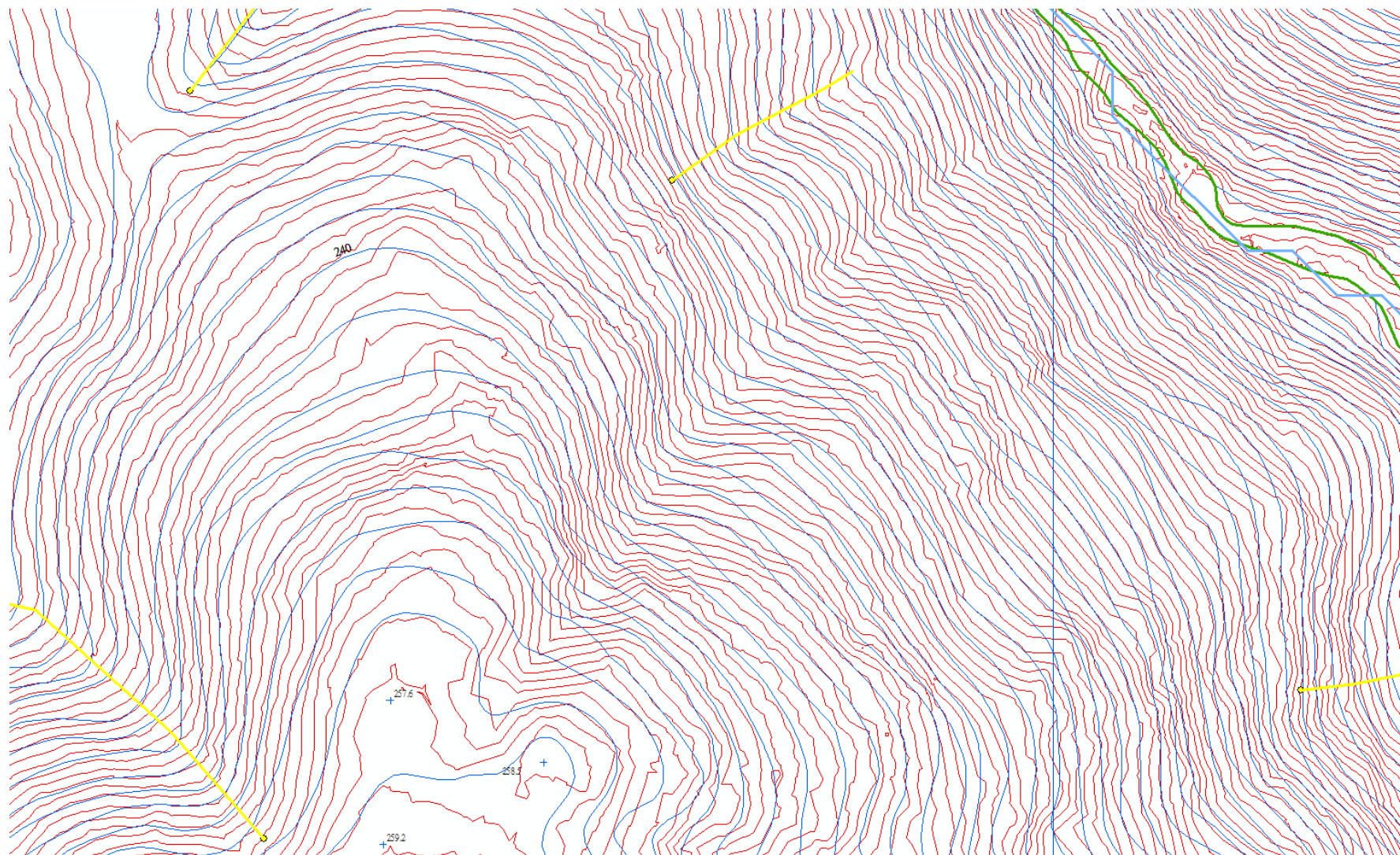


手提式激光掃描



激光掃描的應用

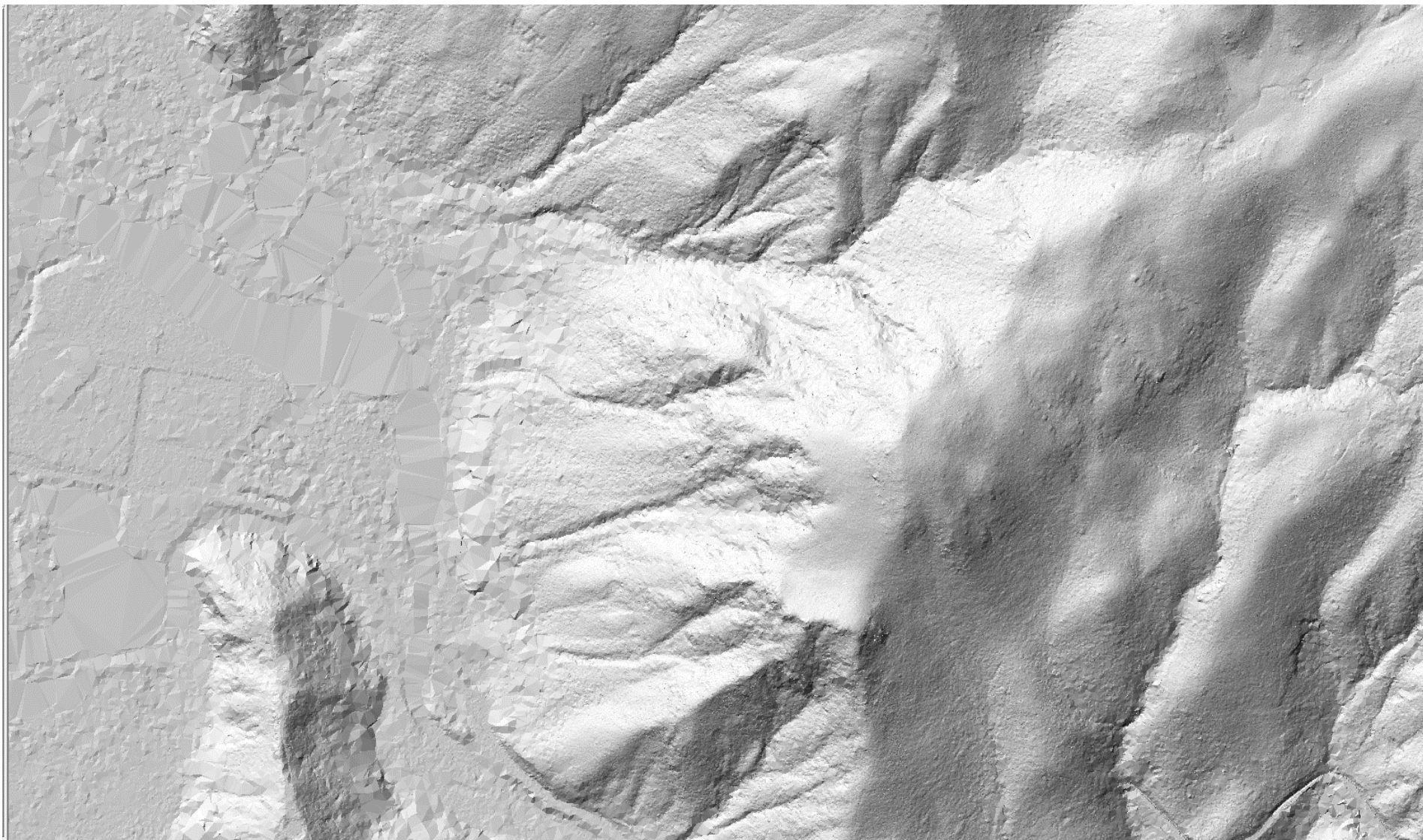
製作更精細的等高線

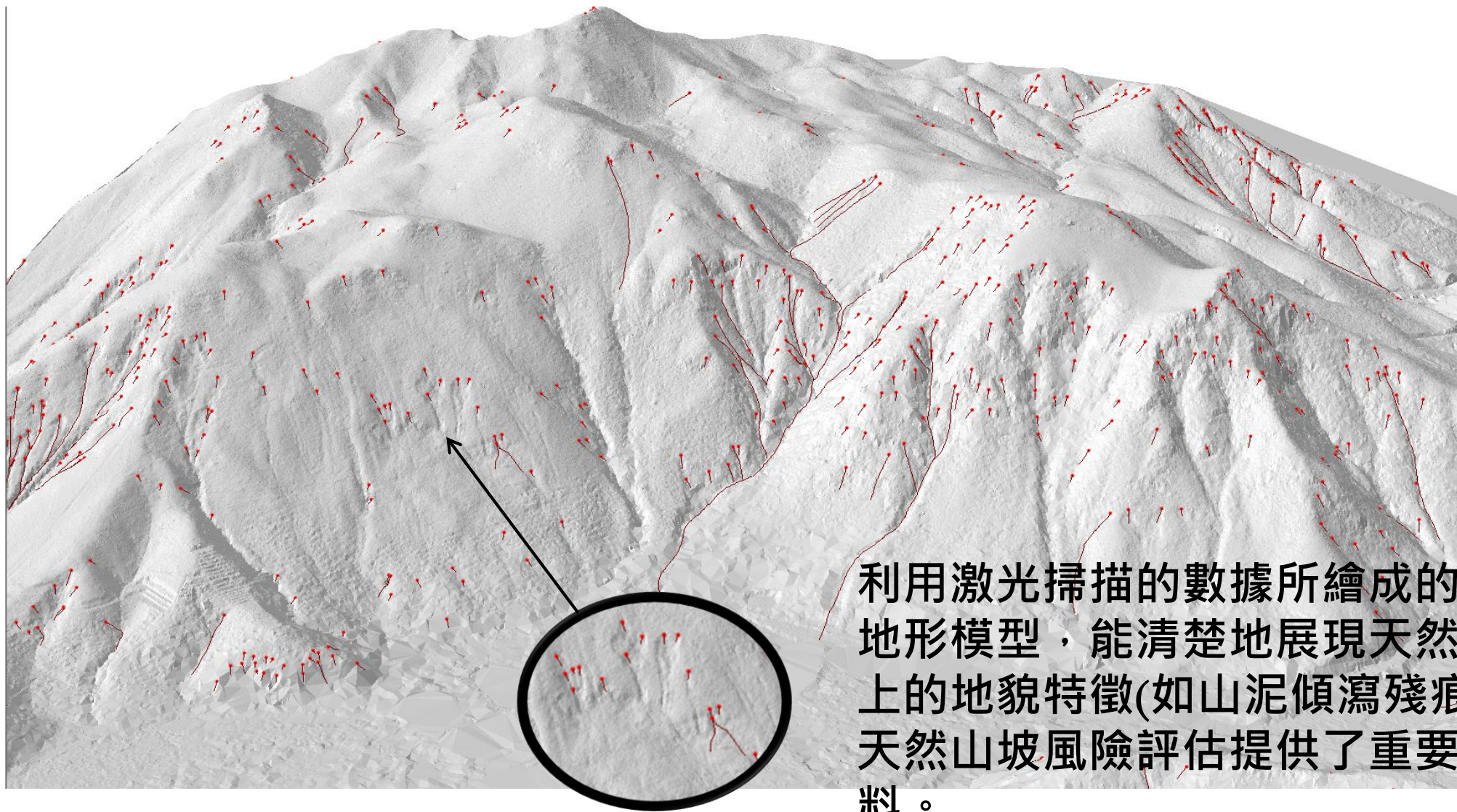


數碼地形模型 - LiDAR 地面點雲



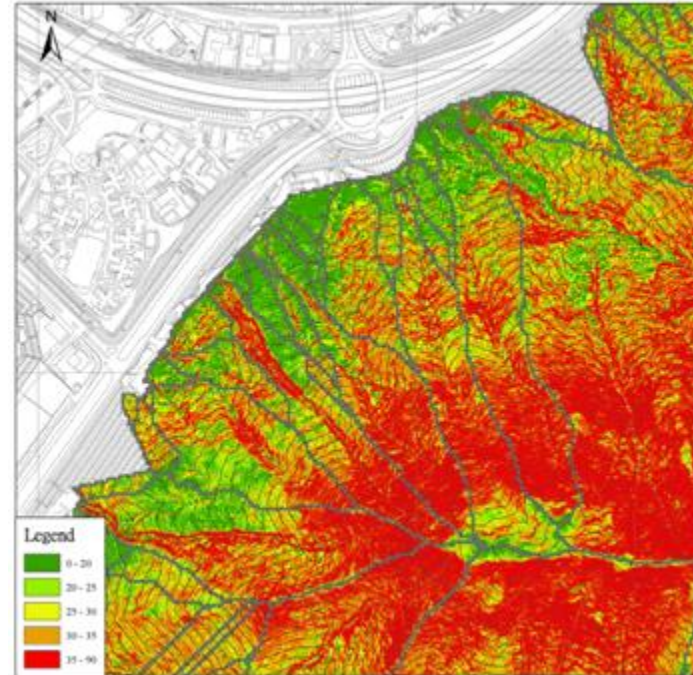
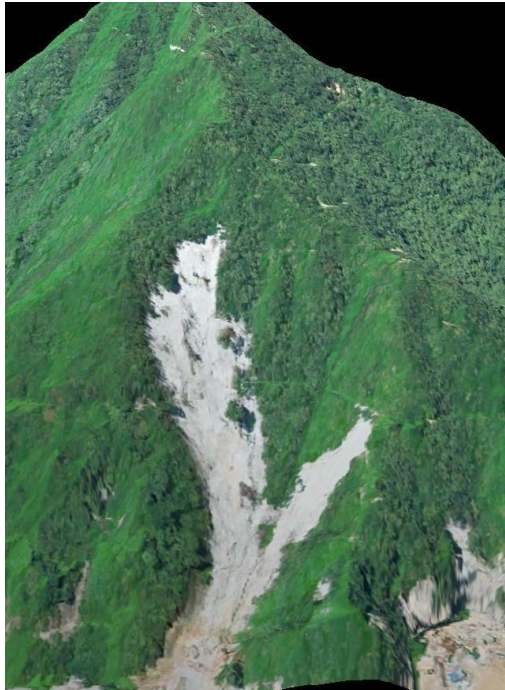
數碼地形模型



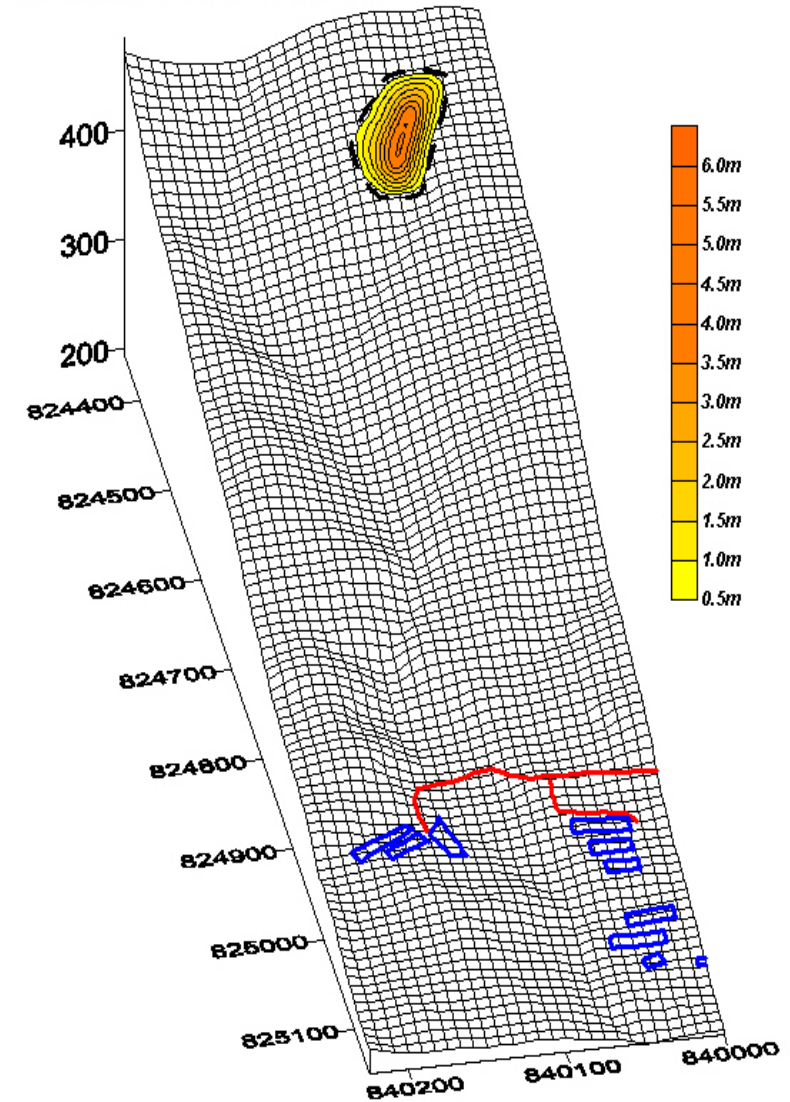


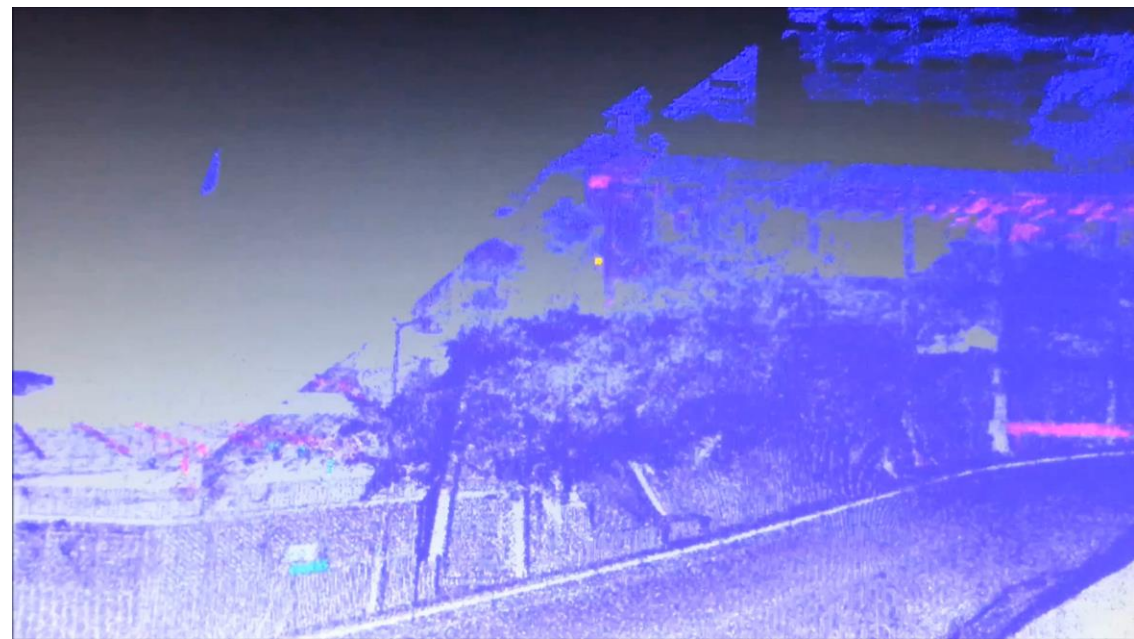
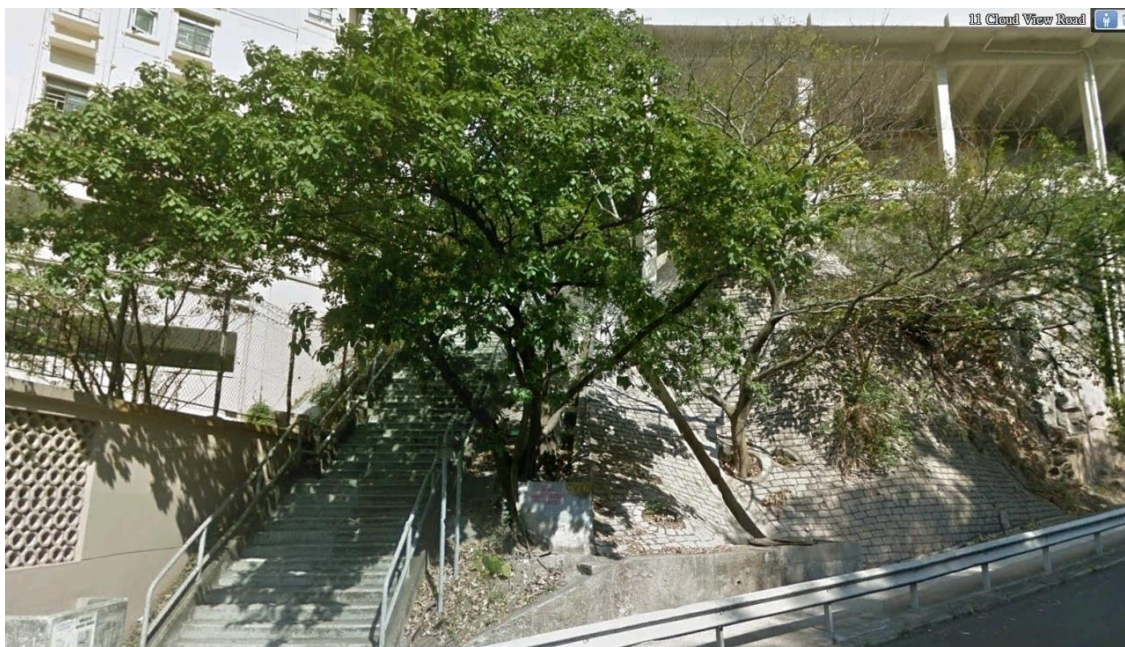
利用激光掃描的數據所繪成的數碼地形模型，能清楚地展現天然山坡上的地貌特徵(如山泥傾瀉殘痕)，為天然山坡風險評估提供了重要的資料。

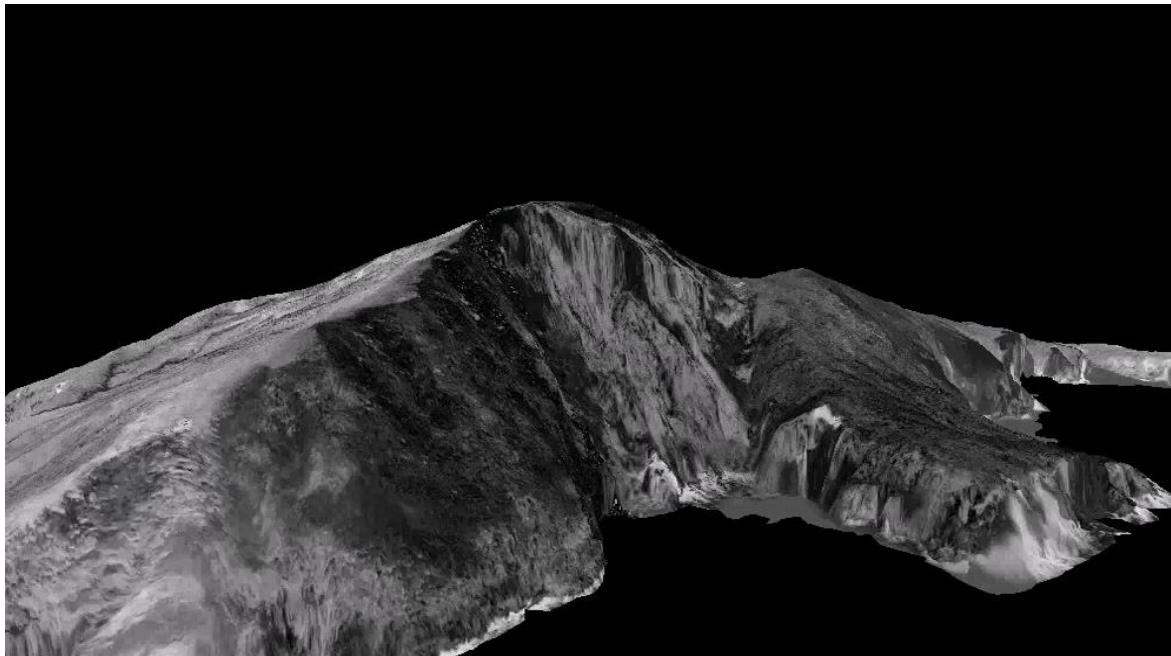
天然山坡風險研究



Kwun Yam Shan Time=0.0s

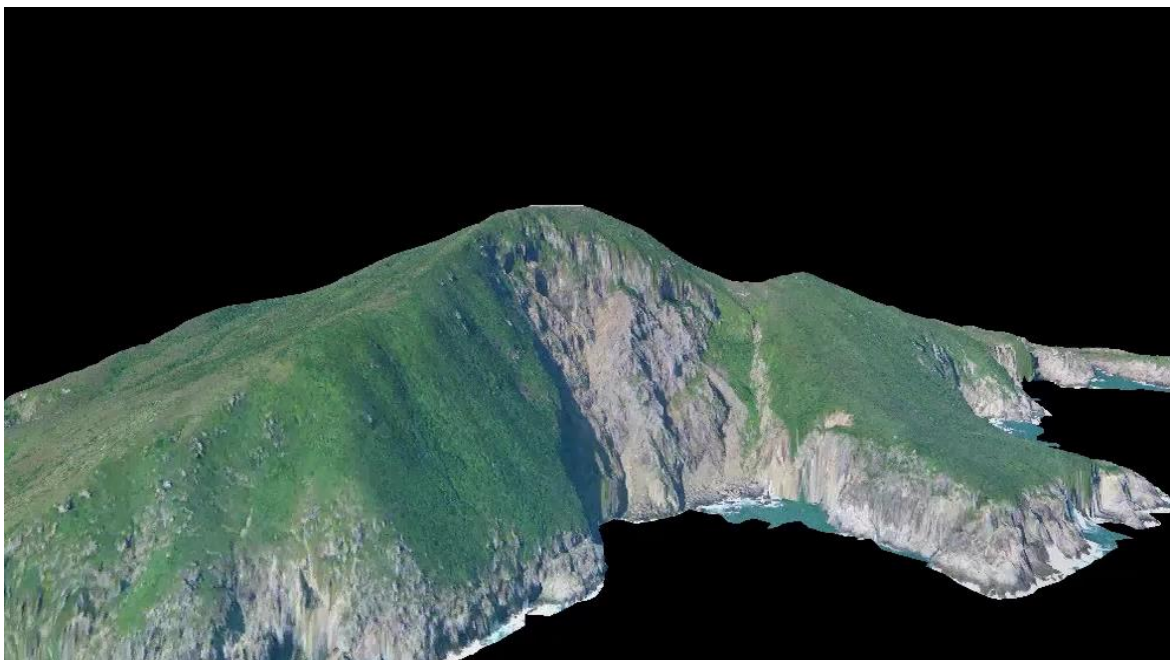




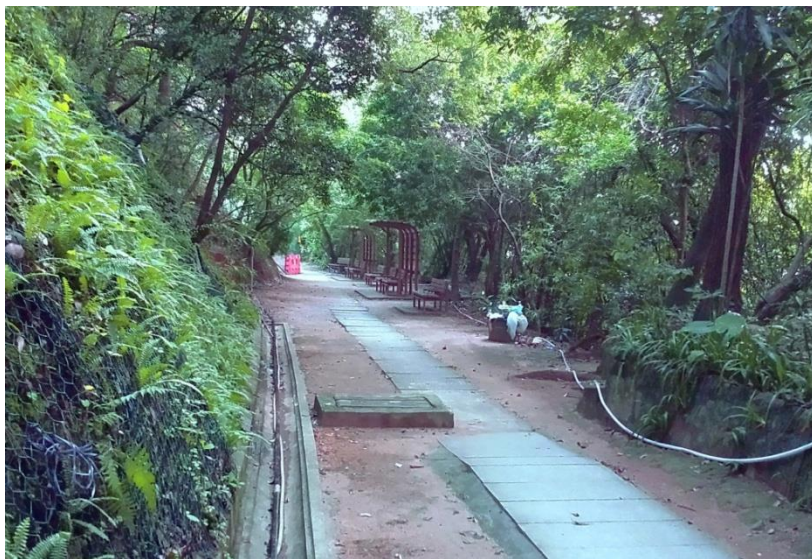


1963

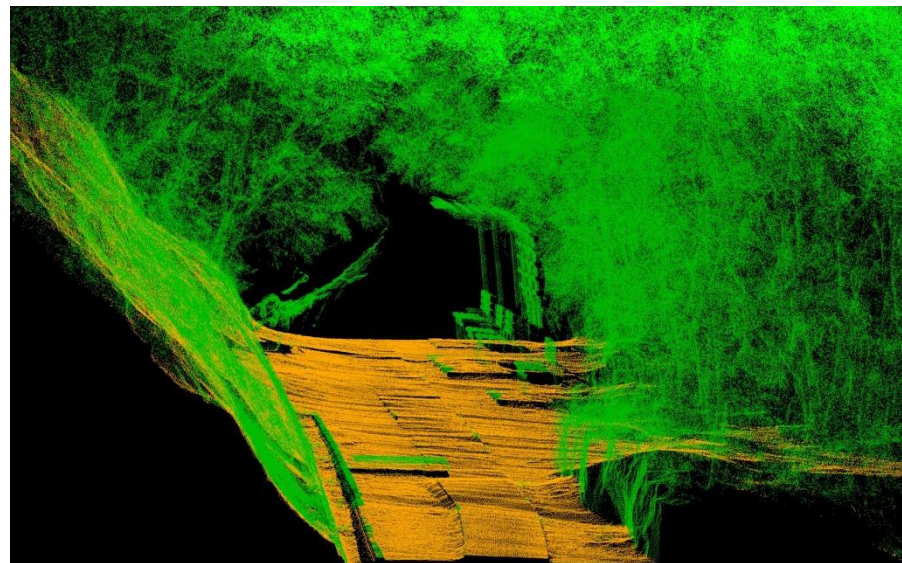
2003



龍虎山郊野公園

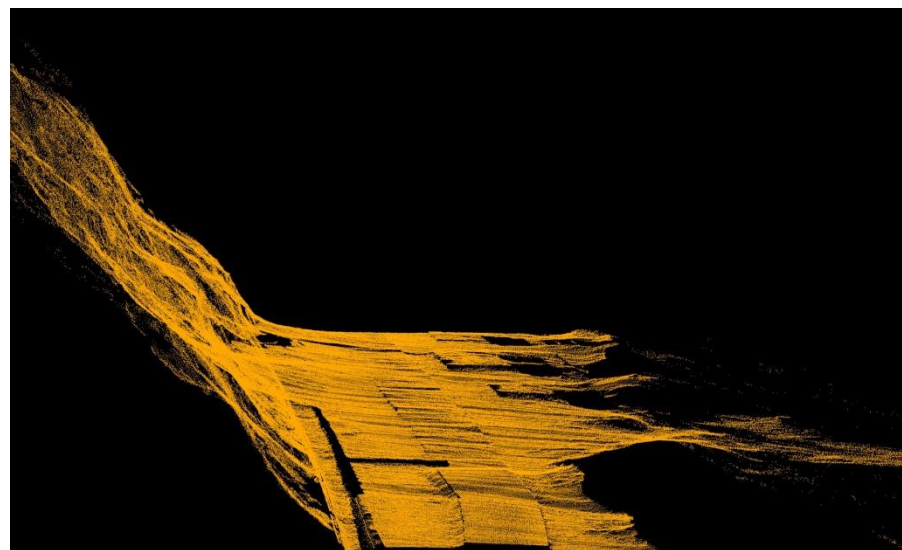


相片



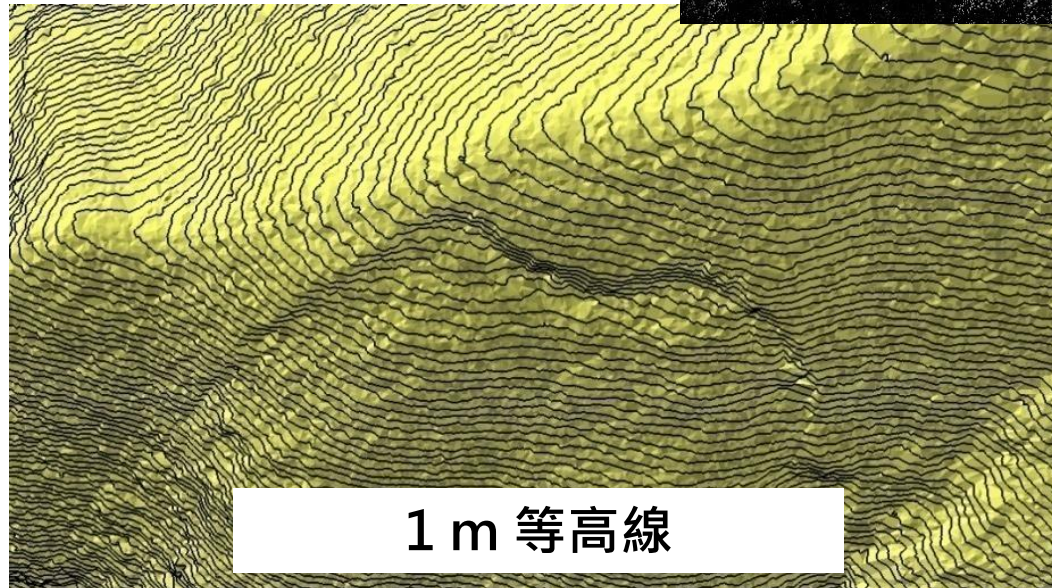
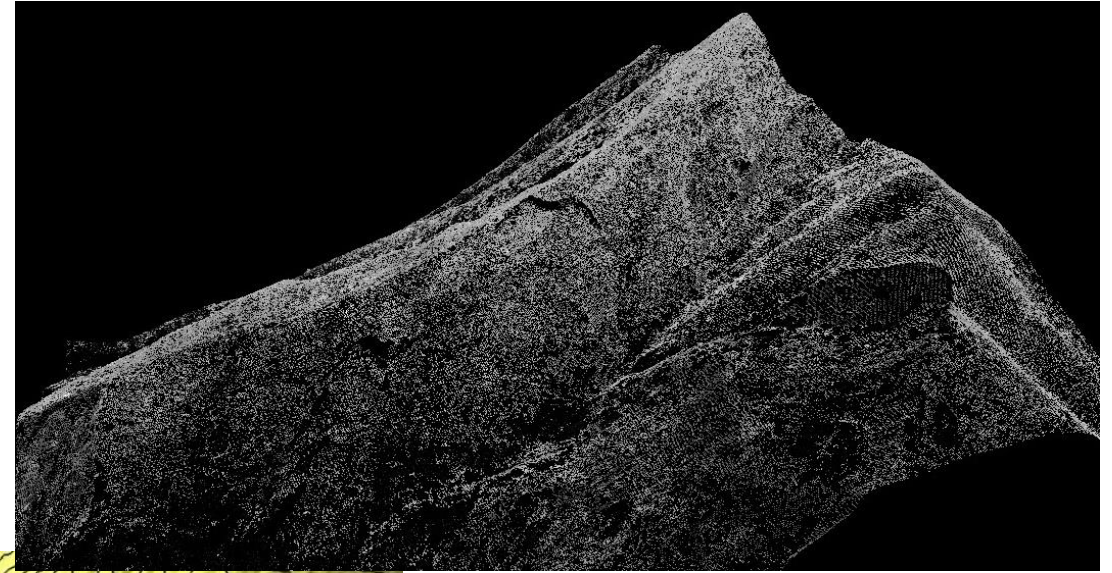
MLS 點雲

MLS的多重回波能夠
在無需清除植被的情
況下測量地形



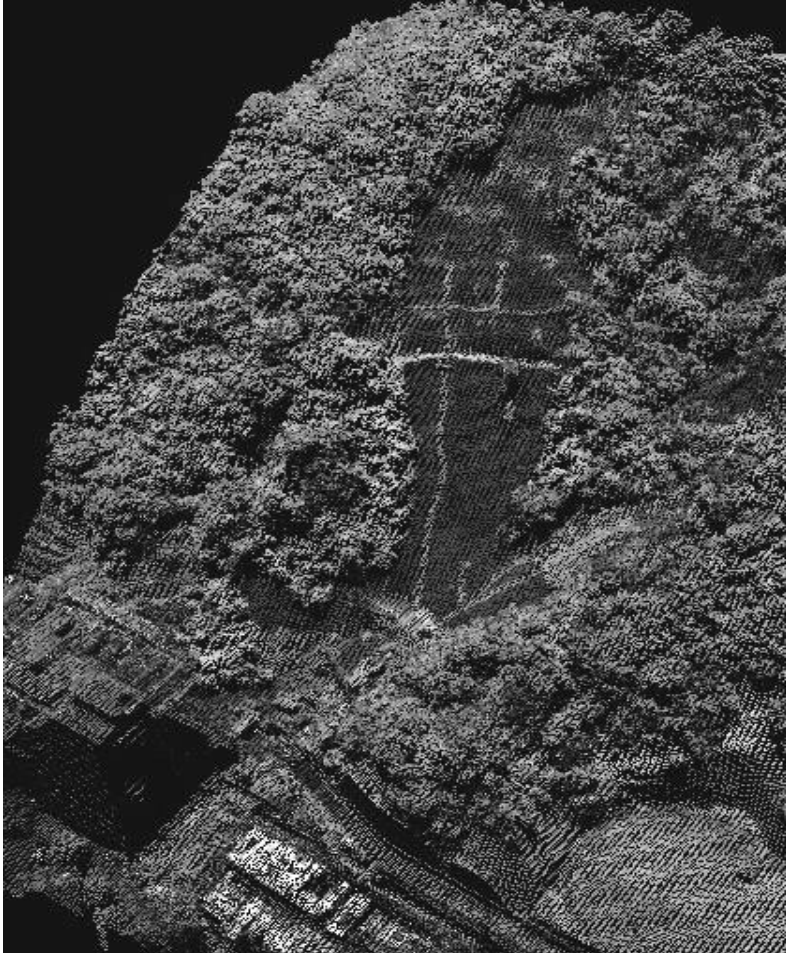
MLS 點雲 – 地面

LiDAR – 提取地形特徵



馬鞍山 張力裂縫

山泥傾瀉研究



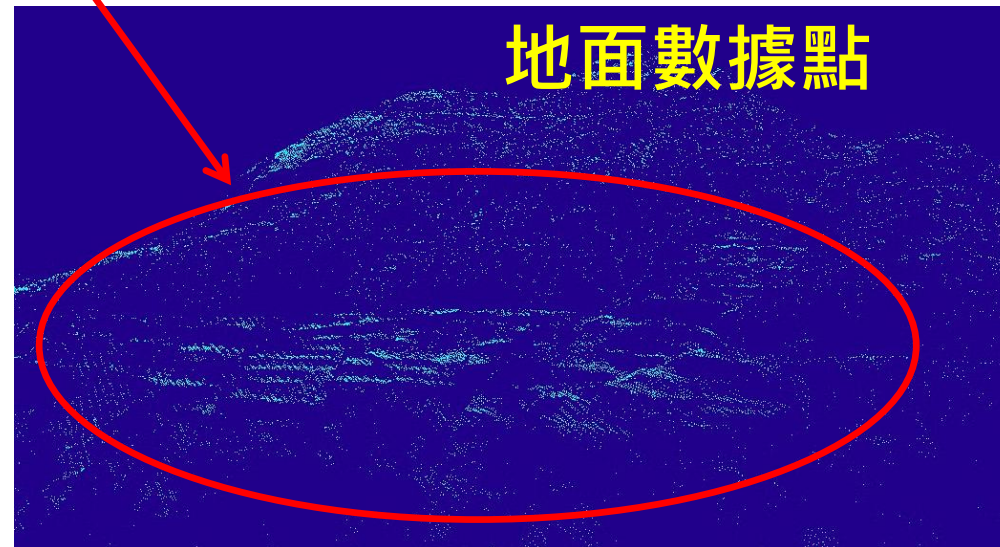
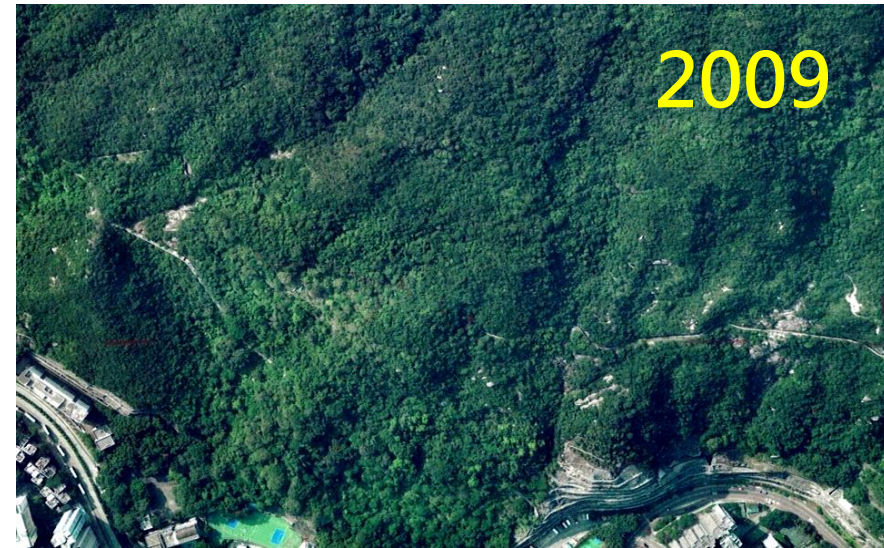
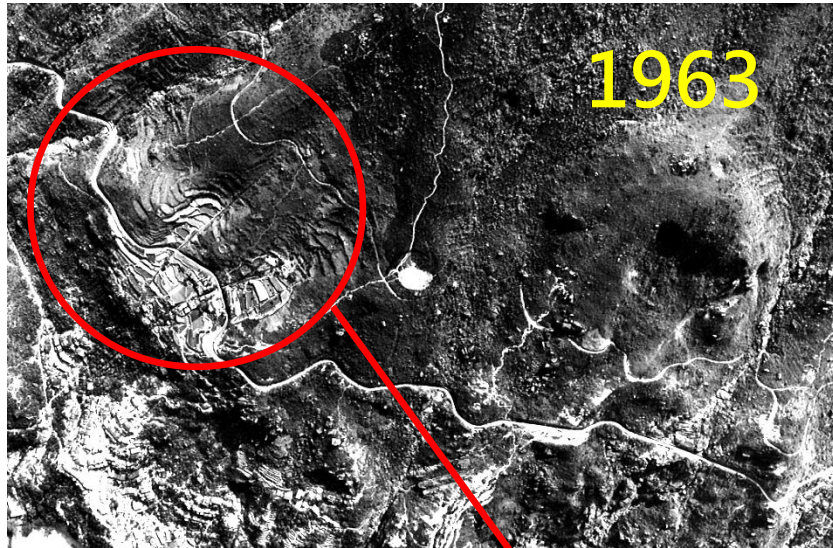
LiDAR 點雲



2009 航攝照片

HKU

尋找密林下的地貌資料



總結

- 遙感技術, 尤其是激光掃描、攝影測量, 可快速及有效地獲取精確的地理數據作**山坡風險研究**之用
- 可以在**難以進入**的山坡上進行, 可提供在傳統測量技術受限制下未能獲取的山坡資料, 大大提昇山坡研究的能力
- 在測量時**不需砍伐林木**, 減少對大自然的影響
- 測量人員可在**較安全**的環境工作
- **對斜坡安全管理有極大幫助**

多謝