

出國報告(出國類別：其他-國際會議)

# 2019 年參加美國地球物理學年會 (2019 AGU FALL MEETING)

服務機關：經濟部中央地質調查所

姓名職稱：戴東霖/技佐

派赴國家：美國

出國期間：108 年 12 月 9 日至 12 月 13 日

報告日期：109 年 3 月 13 日

## 摘要

美國地球物理學會秋季年會，為國際上地球物理和地質專家每年固定聚集討論發表研究成果心得重要場合，今年為第 100 週年會議，各式類型領域皆擴大舉辦，如大氣科學、太空物理、地磁學、全球變遷、水文學、岩礦學、地球物理、海洋學、古海洋學、古氣候學、行星科學、地震學、大地構造、火山學、地球化學、岩石學、測地學等等，2019 年度於 12 月 9-13 日於美國加州舊金山舉行。

本所「結合大規模崩塌地質防災資訊服務計畫」項下計畫「坡地場址調查觀測及變形機制分析」，針對具有活動性的潛在大規模崩塌，挑選 1 處場址(D008 車心崙)進行場址調查，包含場址地質調查、水文地質模型建立、坡地活動性觀測及破壞力學機制分析，由於崩塌地之調查方式日興月異且各有其適用性，故綜整 D008 車心崙場址之計畫成果，經航照及光達影像判釋、現地地質調查、地質鑽探、地電阻影像探測、孔內試驗、地動儀、時域反射儀及地下水位計，利用各式成果交互比對獲得崩塌地剖面及深層滑動的可能模式，因各式調查技術業已成熟且各國皆有山崩領域之專家學者，藉由計畫發表交流可得知各調查技術的合理性，有助於本所未來計畫的整合比對甚至滾動修正。

本次出國經費來源為自費，會議期間以公假登記，利用此行參與美國地球物理學會秋季年會的機會，除了發表本計畫相關研究成果、交流坡地災害調查技術外，並與國際接軌，藉此觀摩學習有關工程地質學、水文學、地震學、大地構造及測地學等領域，可應用在崩塌地調查與中長程計畫規劃。

關鍵字：美國地球物理學會、山崩、潛在大規模崩塌、場址調查

Key words: AGU Fall Meeting, landslide, Potential Large-Scale Landslide, Site Investigation

## 一、 目的

本所於民國 99~104 辦理「國土保育之地質敏感地區調查分析」計畫，進行全島一系列「潛在大規模崩塌」的判釋與調查工作，後續 106~110 年辦理「結合大規模崩塌地質防災資訊服務」計畫，持續進行潛在崩塌區(含潛在大規模及潛在中等規模崩塌)判釋並精進判釋崩塌地內的微地形特徵，相關計畫成果亦有針對較高致災性地區設有 GPS 觀測，本次 D008 車心崙崩塌地，藉由前期 GPS 資料顯示坡面有活動性，而進一步於 107 年項下計畫「坡地場址調查觀測及變形機制分析」，進入潛在大規模崩塌之場址進行現地調查，包含其活動性觀測及可能滑動機制探討。

本所自 104 年建置完成全島光達數值地形資料，依據微地形，判釋全島有類似小林村此種大規模崩塌(或稱深層崩塌)的崩塌地，在未發生快速滑移且巨大量體崩塌前，此類型資料稱為「潛在大規模崩塌」。另依據地質法第 5 條，將有發生地質災害之虞的地區公告為「山崩與地滑地質敏感區」，其概念為揭露區域之地質資訊，應於開發行為前，進行基地地質調查及地質安全評估。然潛在大規模崩塌因範圍大(面積大於 10 公頃)、滑動面較深(深度 10m 以下)，且尚未實際發生土石崩塌裸露之區域，故需要許多調查進術進行佐證，為建立潛在大規模崩塌之調查技術方向及相關機制探討，本所結合多重技術進行潛在大規模崩塌的調查，並說明相關調查的限制及綜整個工項的優勢，以及後續剖面及模型的建置依據，提供各界將來地質敏感區位於潛在大規模崩塌這類案件的調查參考。

本計畫採用的調查方法，簡述如下：前期主要使用 LiDAR 影像及無人機空拍影像，進行初步的山崩特徵判釋，LiDAR 影像可去除地表植被，判釋目標為崩崖、裂縫、多重山脊、反向崖、陷溝及線性擠壓構造等坡面範圍；而空拍影像經建模後，可判釋淺層崩塌及地表構造物當前現況及分布情形，影像等資訊於初期解讀上有一定的貢獻。另依慣例進行地質調查，包含崩塌地的製圖調查(確認岩性分布、量測地層位態、節理及地表構造物破壞情況)，用以完成細部調查地質圖，相關資訊亦包含崩塌特徵，如崩積體、崩積層、主崩崖、子崩崖、冠部、蝕溝及土石流扇等。為找出滑動面及建立崩塌地剖面資訊，藉由地質鑽探(4 孔深度共計 300 m)、孔內試驗及地電阻探測，可有效解釋崩塌地縱向或側向剖面資訊，結果指出鄰近坡趾處有地塹構造且地層位態朝向崩塌面而非下邊坡，並因鑽井回水情形發現有地下水分層。後續為了解崩塌地活動性，並持續將現地數據用於模式分析，故設有 GPS、地震站、地下水位、土壤含水量儀及時域反射儀等觀測儀器，觀察地中變位及模式回饋分析，甚至

可應用在降雨誘發或地震誘發崩塌的門檻值評估。

相關計畫成果發表：藉由多重技術精進臺灣山崩資料及坡地場址調查(H11H, 1566, Moscone South, Poster Hall, The Advance of Landslide Data and Slope Investigation in Taiwan Through Multiple Techniques)，配合年會議程時間赴美與會，同時參訪類似之成果發表獲取新知及技術產品，作為增益本所計畫與業務推動之參考。

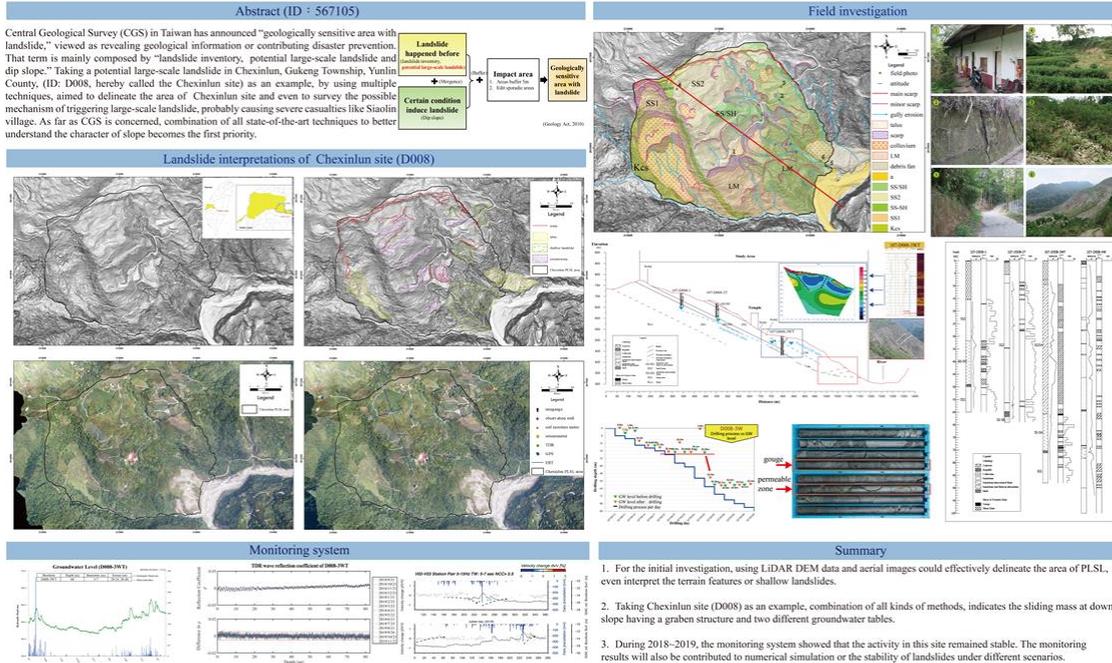


圖 1、本計畫於 AGU 會場之相關發表壁報

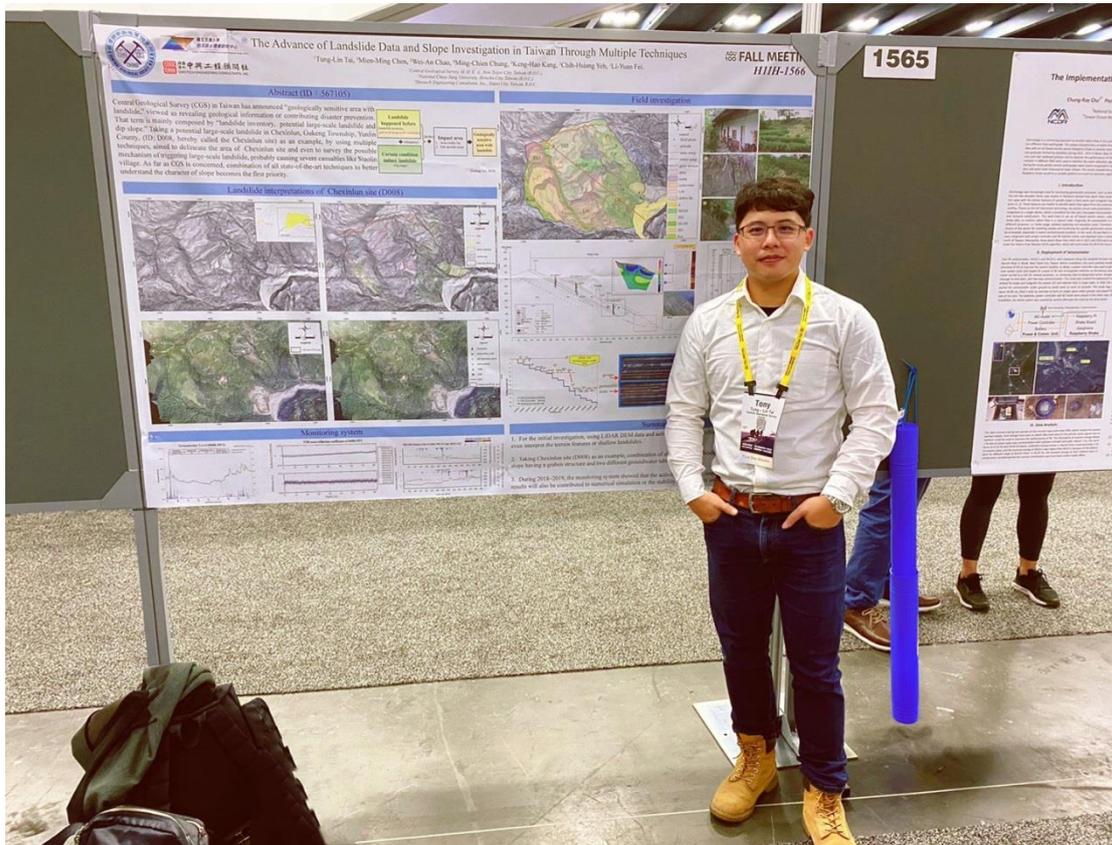


圖 2、本人在 AGU 會場之發表壁報合影

## 二、 參與主題(過程)

### 1. Advances in Geophysical Methods for Characterizing and Monitoring Landslide Hazards I (Oral)

- A. 聆聽 BRGM(法國地質調查所)口頭簡報，發現也有利用多種技術觀測山崩，而比對各項成果時採用模糊邏輯(fuzzy logic)的方式來處理一些不確定的比對資料，題目：Multi-geophysical interpretation using fuzzy logic data fusion: application to landslides imagery. 作者 G Grandjean，利用地球物理試驗成果，已知崩塌地的 P 波波速、S 波波速及地電阻，可個別提供量化的剛性、塑性及含水量，可在一些數值理論的框架下來處理不確定性，可得到較佳的剖面比對資訊。
- B. 亦有英國地質調查(British Geological Survey)針對國土防災提出管理方式，如山崩危害度的了解，藉由地物調查及觀測提出一系列預警系統的管理方式，題目：Towards an improved geotechnical understanding of landslide hazard from ground-based geophysical survey and monitoring，作者 Jonathan Chambers，建議尺度從區域性通盤規劃，延伸到當地，進而到特定場址的一系列管理流程。
- C. 日本學者 Jie Dou(Nagaoka University of Technology)引用臺灣 LiDAR 資料相關成果，藉由 3 種不同解析度(5m LiDAR DEM、30m LiDAR DEM、30m ASTER DEM)來評估尺度效應使山崩潛感因子對山崩潛感分析上的影響，而且採用三種統計分析方法，如 LR、RF 及 SVM，故共計九種成果相互比較，並探討其差異性。

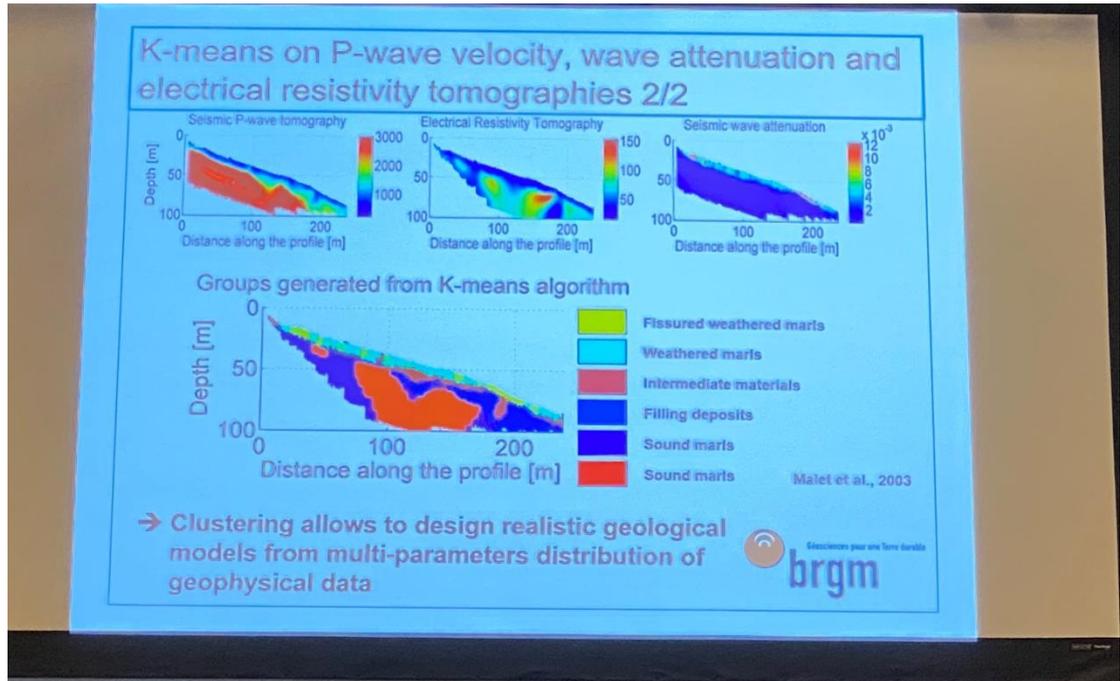


圖 3、BRGM 作者 Grandjean 說明(1)如何結合不同的地球物理參數？(2)從地工及岩性的觀點代表為何？

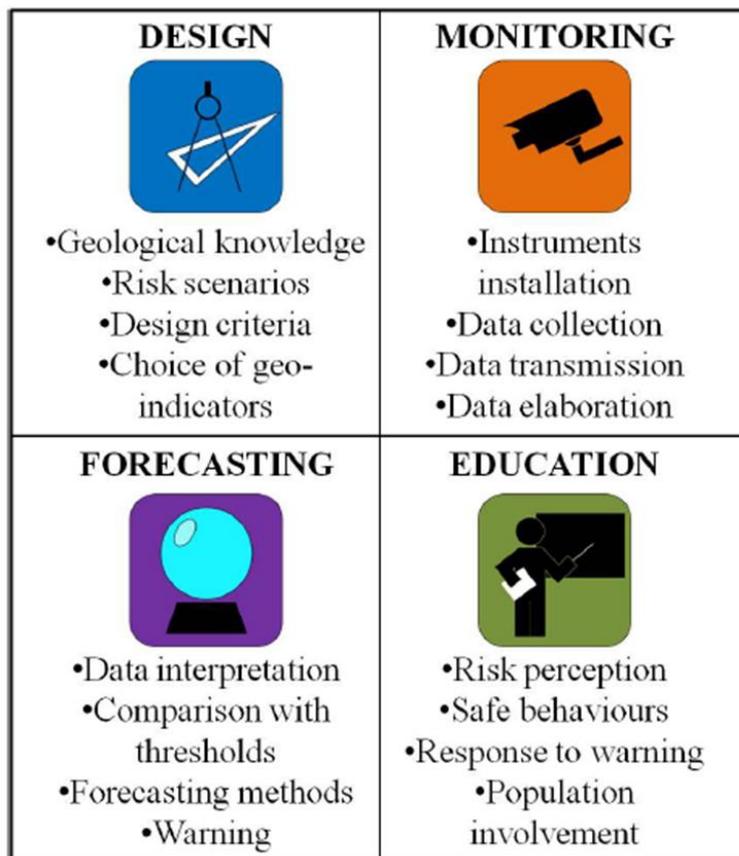


圖 4、早期預警系統(Early Warning Systems, EWSs)，區分為四個基礎階段。

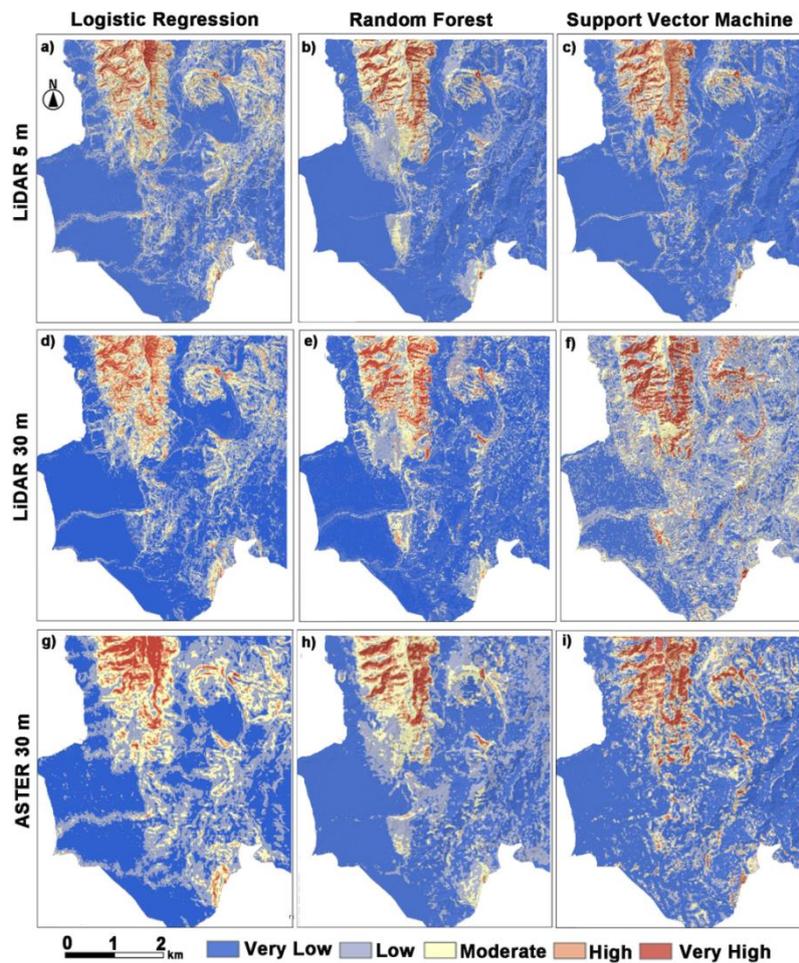
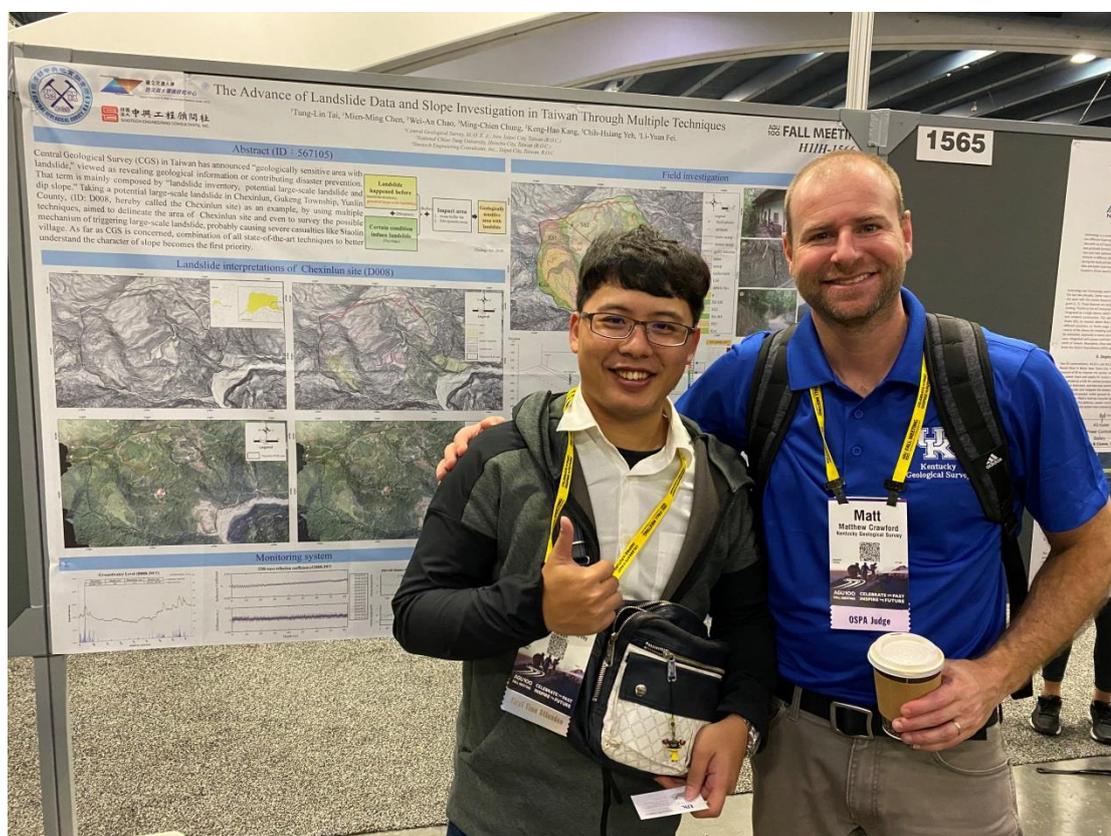


圖 5、日本學者 Jie Dou 引用臺灣四重溪流域之多年期山崩目錄(上圖)，搭配 LiDAR 不同解析度之數值地形進行山崩潛在因子處理，並將不同解析度的山崩潛感圖用不同分析方法(如羅吉斯等)相互比較(下圖)。

## 2. Advances in Geophysical Methods for Characterizing and Monitoring Landslide Hazards II (Poster)

- A. 現場與 Matthew Crawford(University of Kentucky, 同時也為本議程之主持人)交流，提及本所產製全島 LiDAR 數值地形資料，係相當具有科學意義及防災應用資訊，交流過程提及資料的公告及產出，表明 Kentucky Geological Survey 亦有利用 LiDAR 資料進行山崩判釋，並介紹他們的線上平臺資訊以供參考，並有交換名片。
- B. 海報展出會場，有見類似發表之題目：Multi-technique approach to characterize ancient deep-seated landslides in seismic regions)，作者 Mreyen, A.-S.( University of Liège)，利用 5 種地球物理探測方式進行地震區域的山崩調查，結合 2D 的 P 波剖面、1D 的 S 波剖面、1D 周遭噪訊源、表面波特徵等結果，綜整個量化分析結果決定崩塌地的地下水深度、滑動面深度及未飽和的崩塌材料，進而建立模型來推演崩塌量體及地質構造特徵。
- C. 海報展出會場，了解同樣利用 UAV 進行山崩調查的技術：Morphological Mapping of Landslides using Images and Videos from Drones and SfM，作者 Sharad K. Gupta(Indian Institute of Technology, Mandi)，利用 SfM 技術將位於印度的 Kotrupi 山崩以 3D 模式呈現，此方法可有效觀察巨型量體的山崩變化，用以分析山崩的穩定性，討論後亦與 Sharad 博士交換名片及電郵交流。



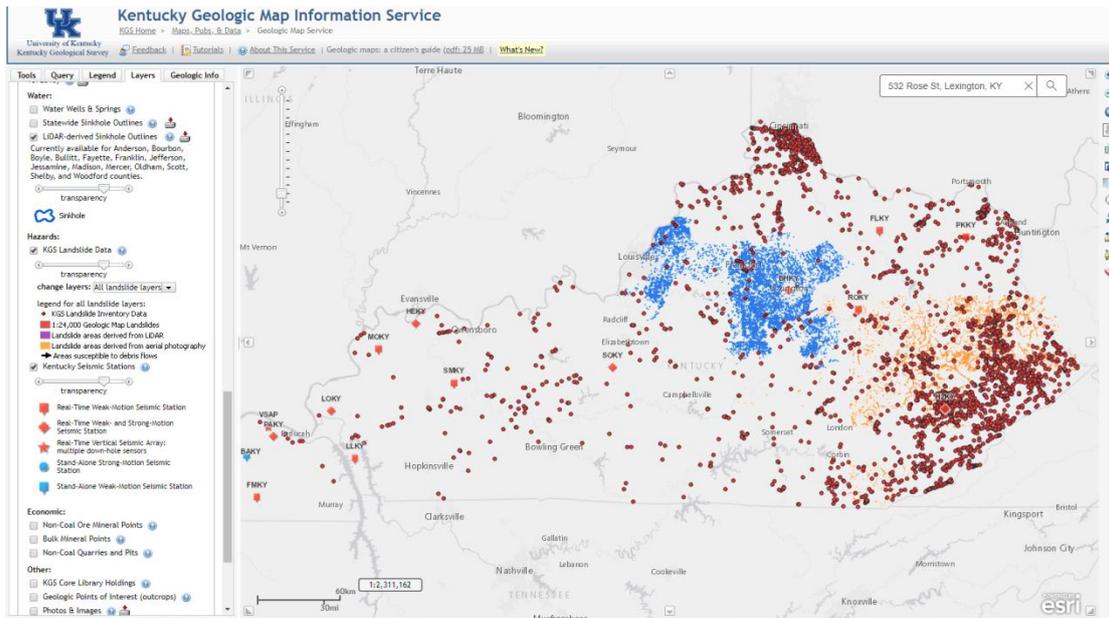


圖 6、與同樣本議程的主持人 Matthew Crawford 合影(上圖)，並交流 Kentucky 地質調查所的圖臺內容(下圖)。

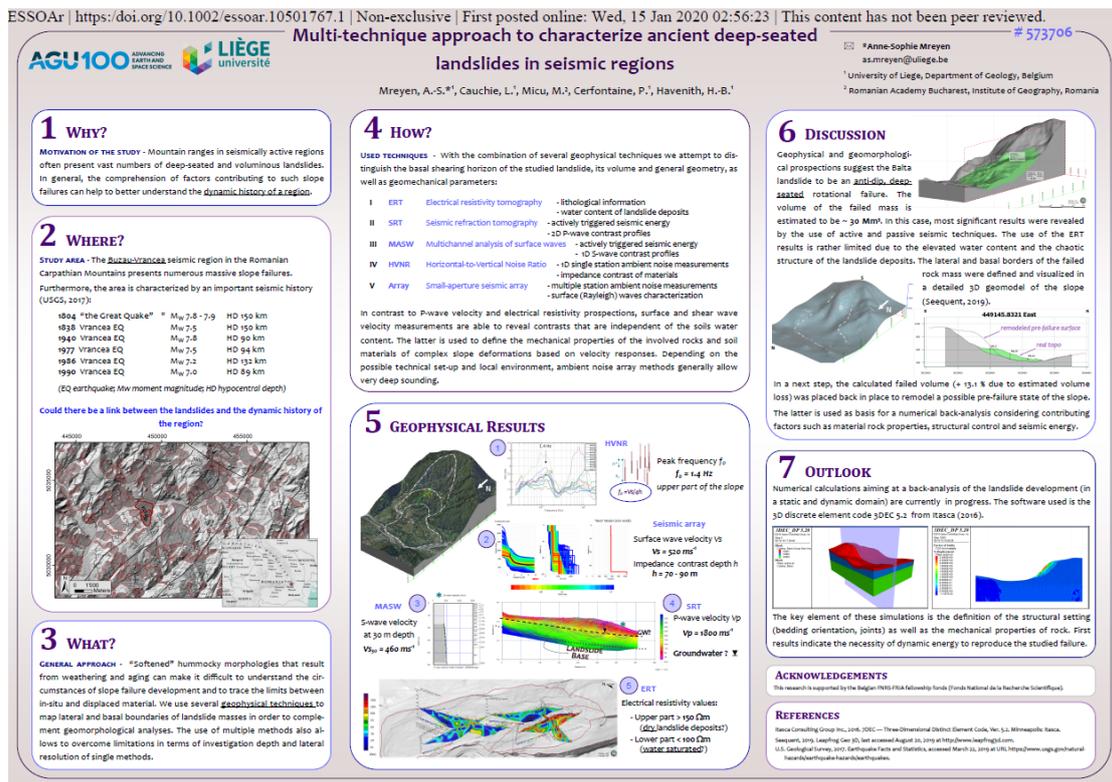


圖 7、作者 Mreyen, A.-S. 將五種地物方法包含應用特性及結果簡易呈現 (步驟四)，用以分析崩塌地的地下水深度、滑動面深度及未飽和的崩塌材料(步驟五)。

**Morphological Mapping of Landslides using Images and Videos from Drones and SfM**

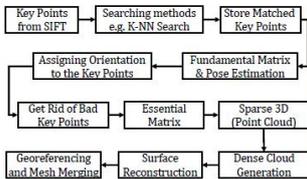
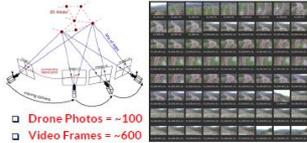
Sharad K. Gupta, Nitu Singh, Dericks P. Shukla, Ramesh P. Singh

**INTRODUCTION**

- Large landslides and complex geomorphology
- Difficult to estimate volume/area/perimeter from traditional instruments.
- SfM for 3D reconstruction using drone videos and images.
- Videos for coarse reconstruction and high-resolution images for fine reconstruction.

**METHODS & TOOLS**

- Photos + Videos
- Structure from Motion
- Meshroom, AGI Metashapes
- MeshLab/CloudCompare
- Global Mapper



**UAV images in combination with SfM provide a flexible and effective tool to map and monitor large landslides.**



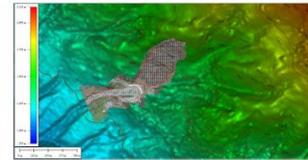
Take a picture to download this poster

**FIELD VISIT**



**RESULTS**

	Volume (cu. m)	Enclosed Area (sq. m)	Perimeter (m)
Part above road	-4,00,986.39	77,300	1173.00
Part below road	-2,88,002.49	28,100	994.37



**CONCLUSIONS**

- A very large landslide such as Kotrupi, cannot be measured in the field using traditional instruments and hence UAV's and SfM can be very effective in mapping and monitoring such landslides.

**FUTURE SCOPE**

- 3D Slope stability analysis requires the geometric surface of an area. The surface generated using current analysis could be applied for local stability analysis within the landslide area.

**ACKNOWLEDGEMENTS**

I would like to heartily thank AGU for providing Austin Travel Grant for attending the fall meeting. I am also very grateful to HIMCOSTE for providing Partial Travel Support for presenting the paper.

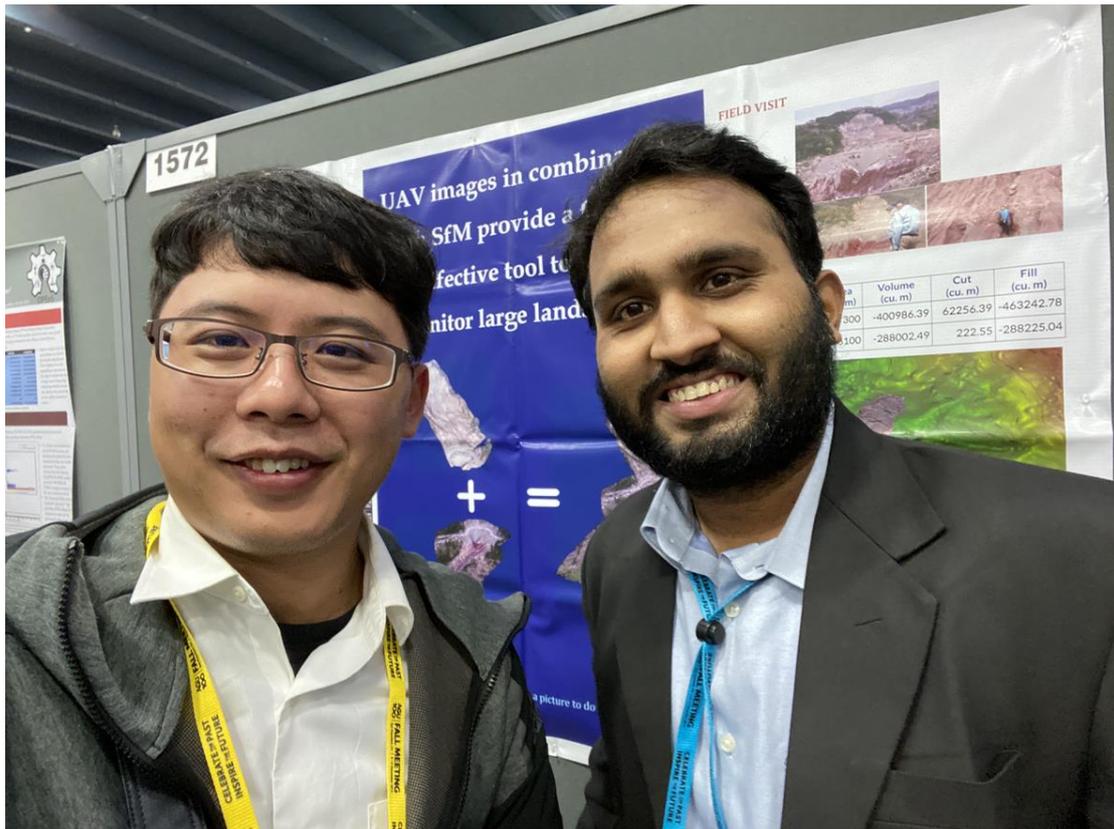


圖 8、Sharad 博士(下圖右)將 UAV 影像結合 SfM 技術，提供一個有效的方法來觀測大尺度山崩(以印度 Kotrupi 山崩為例，上圖投影片)。

### 3. Exhibit Hall

- A. 配合 AGU 會議展出的攤位約 150 家，包含岩礦展售、學校及期刊推廣、各式儀器廠商及各政府機關與研究單位，其中 NASA 攤位最受歡迎，也有贈送紙本月歷及書籍，本人亦有與各攤位的先進或廠商討論相關計畫及業務未來需求，可參考一些先進儀器型錄，而影像部分有拿取 Open Topography 的 LiDAR 資訊;航拍或空拍相關的，則參考 Pix4Dmapper 相關資訊。



圖 9、展場開幕盛況(上圖)及與攤位先進(下圖)交流合影。

### 三、心得與建議

1. 所內各業務組室各自有相關業務的資料展示平臺，約有 4 種不同業務目的線上平臺，本所內部中長程(10~20 年間)應整合至單一平台(如中央地質調查所地質圖資服務雲)，並可參考國外地質調查機構公告的圖資內容及呈現方式；短期就「山崩雲端資訊服務」而言，可新增「主題圖幅」，如環境地質圖(岩體強度、環境地質、岩性分布及災害潛勢)，另可於平臺提供「特殊調查點位資訊」，如山崩災害調查點位，可將詳細資料如地層、位態、災害資訊等內容放置平臺中，供各界參考。
2. 以組織再造而言，未來整併為水保地質地礦署，核心業務勢必以地質災害之防救災及減災為出發，參考國外經驗早期的預警系統，結合四點要素：設計(Design)、監測(Monitoring)、預測(Forecasting)及教育(Education)，本所目前的著力點應在設計(Design)的部分，決定前期山崩調查的標準及判釋特徵或分級標的，而監測(Monitoring)、預測(Forecasting)在本次發表的坡地計畫亦有相關成果可供參考，包含觀測技術及門檻值訂定，最後是教育(Education)，本所在地質推廣亦有施力，然近期日趨成熟的國外的概念「公民科學(Citizen Science)」，結合網路及地方民眾的回饋，以自主觀測紀錄與管理，可有效達到山崩防減災之效。
3. 有關本次發表題目之回饋(所內計畫：坡地場址調查觀測及變形機制分析)，有關地球物理的調查方式，建議未來計畫應整理出一個方法學的成果彙整表(如現地調查方法、觀測技術及模擬技術)，提供在不同條件下之崩塌地，應選較適合的搭配調查方法，另評估 HVNR 和 Array 此兩種地球物理方式是否適用於某些特定場址？另本計畫成果雖有比對各項成果，然多種地物試驗的成果比對成效不彰且難以解釋，可考慮採用模糊集(fuzzy set)的方式，將各地物試驗(如表面波、地電阻、折射震測等)的量化成果來處理較為複雜的地層概念問題。另空拍影像的拼接方式，除使用 Pix4D 軟體的特徵點拼接外，亦可考量 SfM 的技術，嘗試將錄影的成果納入分析，以建構崩塌地之三維結構。
4. D008 車心崙崩塌地之崩塌機制，綜整各試驗結果顯示，其下邊坡地層向坡面傾，較可能的解釋可參考 Tamrakar 等人(2002)提出的理論，後續搭配相關條件去確認順向坡轉為 toppled structure 後再崩滑的可靠信？尚以弧形滑動的機制去解釋才較為合理。另國外許多應用震波技術來觀察崩塌地之破壞情形(如周遭噪訊源 ambient noise、震波速度擾動 relative velocity change)，這勢必是趨勢，本計畫主持人趙老師為此領域專長，相關技術已領先各界，然對於基礎知識及概念

本所同仁仍較缺乏，應於計畫期間辦理相關教育訓練。

5. 為了解一區域之山崩發生機率，山崩潛感分析(landslide susceptibility analysis)在國外已有多方採用，亦有利用 LiDAR 不同解析度資料進行山崩潛感因子分析，應探討本所在相關事件型山崩潛感值是否也會受地形解析度之影響？同等，因此類山崩潛感分析於本所歷程已有約 20 年，係本所長期以來推動業務，而近期亦完成全島的落石及岩屑崩滑潛勢區，應有較完整的過程演進、歷程與意涵的說明，以提供新進人員對此方面業務的了解。
6. 水文地質(Hydrology)在國外為重大領域之結合，涵蓋水文、海洋、山崩、土砂、地熱及污染物傳輸等議題，為各式資源應用的基礎科學，舉凡地熱之應用須結合火山學及區域地質學，而地下水傳輸及水文地質架構亦是重點，未來本所推行相關地熱資源業務，資源組及區域組之關係在此領域應密不可分。另有關本所公告之地下水補注地質敏感區，其屬「水量」保育型的地質敏感區，不建議再另外進行透水面積或水量管控類型的調查，但國外多關注「水質」之特性，未來業務推廣應著重在特定水文地質特性的保護，並結合其他相關法規，如土污法所提到的污染場址，若此污染場址又同時位在此類地質敏感區時應加強的做為或可提供的資訊。