



近自主式邊坡落石之地動偵測技術

朱崇銳 劉哲欣 李士強 張志新

研發構想

當邊坡落石災害發生時，土石移動過程中會與地表產生複雜的撞擊與摩擦行為，因而產生地動。藉由地動監測設備捕捉落石災害所引發的地動訊號，可準確取得災害發生時間點，也具有遠距離且連續監測優勢。分析全時地動記錄，找出坡地災害事件訊號，便可建立完整的坡地災害資料庫。然而，全時地動監測數據量龐大，以人工方式判釋曠日廢時，大量訊號也會大幅提高人工或機械學習模型誤判機率。本研究概念聚焦在近自主式地動偵測 (near-real time seismic event detection)，作為全時地動訊號自動化快篩，濾除大量無判釋價值的噪訊，並動態擷取特徵訊號後，提供後續判釋之用。

研究場址

本研究選定場址為苗栗縣南庄鄉鹿湖崩塌區。該區因邊坡連年受強降雨及溪流沖刷影響造成多處局部塌陷，2018年5月，因邊坡趾部支撐力不足導致大量土石崩落，使得下方農路毀損，形成現今的大型崩塌面。崩塌發生後，坡面上不穩定的地質材料仍持續崩落，因此適合本研究要在短時間內蒐集大量落石事件的目標。參考當地落石路徑，本研究以線陣列橫跨坡面方式佈署四組地聲測站及一組寬頻地震站，量測落石所產生之地動訊號。落石坡面及測站位置如圖1。監測場址鄰近鹿場部落，因此監測期間容易測得較大的人為活動訊號及車輛行經農路之訊號。



圖1：監測場址與地動站佈署位置

參考文獻

Hibert, C., et al. (2014), Automated identification, location, and volume estimation of rockfalls at Piton de la Fournaise volcano, J. Geophys. Res. Earth Surf., 119, 1082–1105.

偵測技術

近自主式地動偵測技術架構可參閱圖2流程圖，概念上可分為兩部分：事件偵測及訊號擷取。事件偵測部分先採用微震訊號自動檢測中常用的短時窗訊號平均值與長時窗訊號平均值的比值 (Short Term Average and Long Term Average ratio, STA/LTA)，此方法容易理解和操作，在地震偵測中已被廣泛使用，但本研究偵測目標為邊坡落石，其所產生的地動並無明顯P波及S波，而是呈現紡錘狀時序列，使得STA/LTA所偵測的時間並非落石真正的起始時間。Hibert等人(2014)在文章中說明，如圖2，當環境中無特定地動源時，廣域隨機震動過程在統計上會呈現常態分佈；當環境中開始出現外來新震源時，則背景噪訊出現地動訊號的轉換過程，使得訊號振幅分布呈現尖峰態(leptokurtosis)；當整體訊號以該震動源為主時，振幅又會恢復到常態分佈。因此本研究藉由峰度(kurtosis)檢測，來判定訊號真正的起始點。取得訊號起始點後，當整體地動方均根值回到起始點以前的背景噪訊的1.1倍，即可視為該事件的地動訊號結束點。為了更有效率減少檢出無判釋意義的噪訊，本研究在流程上進一步比對單一事件的測得站數，當相同事件被1站以上的地動站偵測到，才進行訊號動態擷取的計算過程。

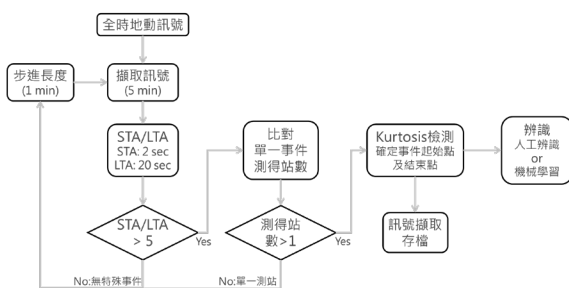


圖2：全時地動自動偵測流程

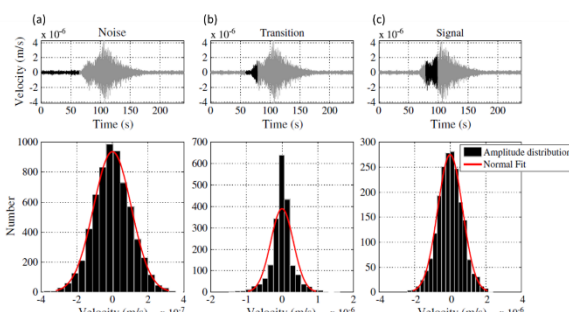


圖3：訊號峰度變化 (Hibert et al, 2014)

監測成果

本研究測試共分兩階段。第一階段以人工篩選樣本進行驗證，將2019/5/13-2019/5/21全時地動輸入偵測系統，其中訊號總量共51,840筆，經過偵測系統後共檢出3,001筆，濾除95%無效樣本。而這段期間內共有763筆事件訊號(落石、地震、車輛)，其中664筆被偵測系統成功檢出，代表人工篩選樣本中有87%可被自動偵測系統測得。圖4為系統檢出之一起落石訊號，由圖可知此偵測系統可有效動態擷取所需要的訊號段，降低噪訊干擾的可能性。第二階段則進行長時距穩定性測試，以2019/5/1-2020/12/31全時地動訊號進行測試。這段期間內訊號總數共2,142,396筆，四站共篩選出104,947筆有效樣本，濾除95.1%無效樣本，代表本研究設計的自動偵測系統可在長時間監測下運作正常。本研究最後以人工統計所檢測出的落石訊號，並比對鄰近雨量站之月雨量記錄，如圖5，發現2019年5月梅雨期間，系統測得225起落石事件，平均1天發生7次落石。直到2020年，可以看出落石事件逐漸減少，雖然雨量多寡仍會影響落石發生次數，但可以明顯看出該崩塌地已逐漸趨於穩定。

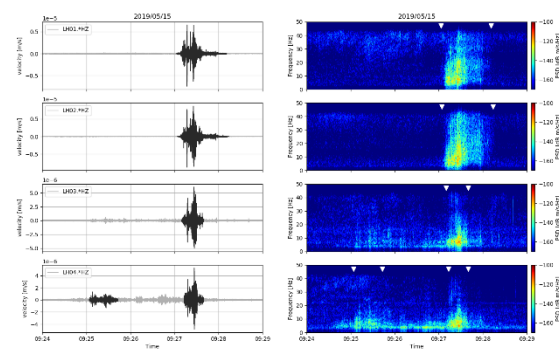


圖4：動態擷取落石事件訊號

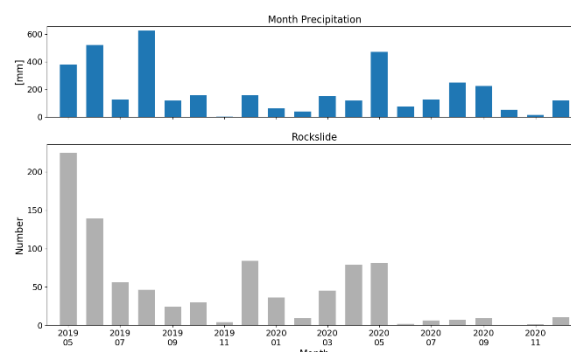


圖5：當地月降雨量與落石次數統計