



坡地社區智慧防災系統研發及實證研究-雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

Monitoring of Ground Surface Displacements Using Dual-Frequency Multi GNSS Technique

委託機關：內政部建築研究所

計畫主持人：沈哲緯

受委託者：興創知能股份有限公司

共同主持人：王禹翔

計畫人員：王順治、王鵬智、林修國、吳笙緯、張淵翔

壹、計畫主旨

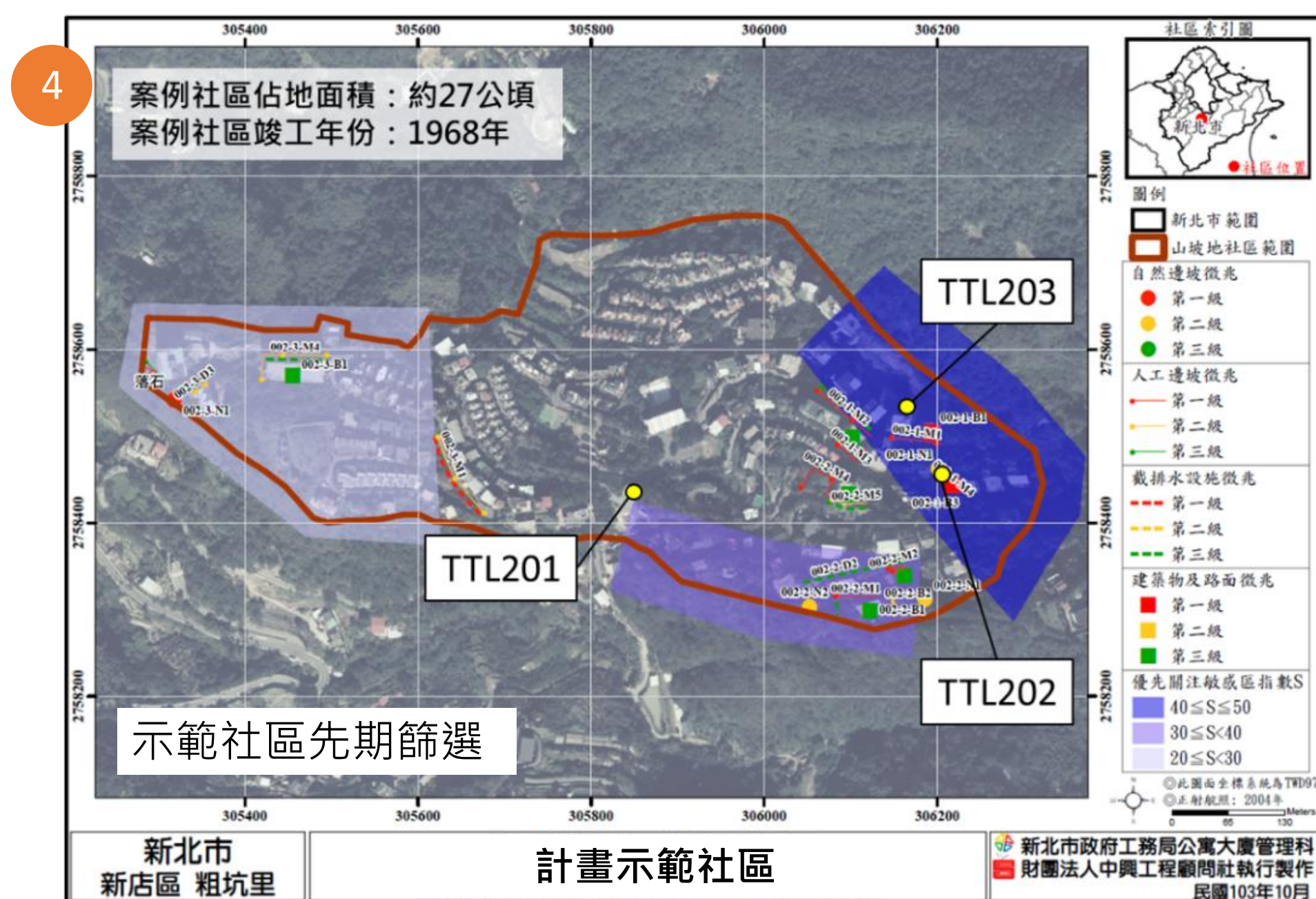
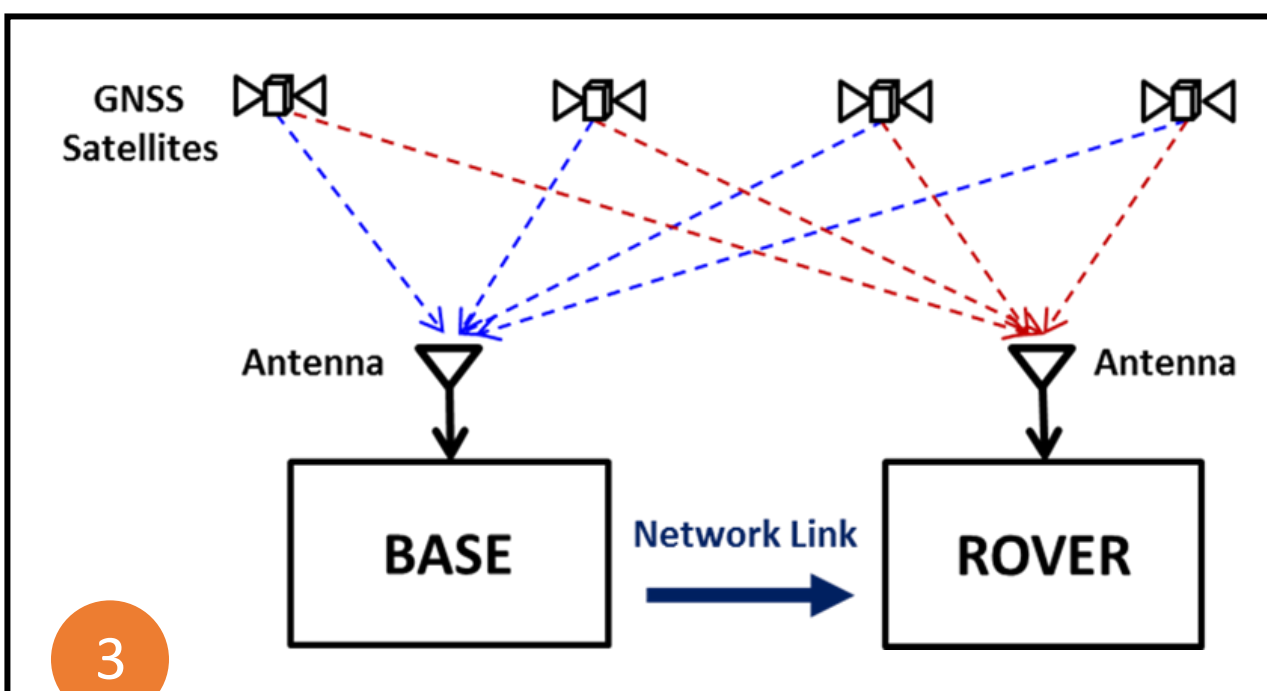
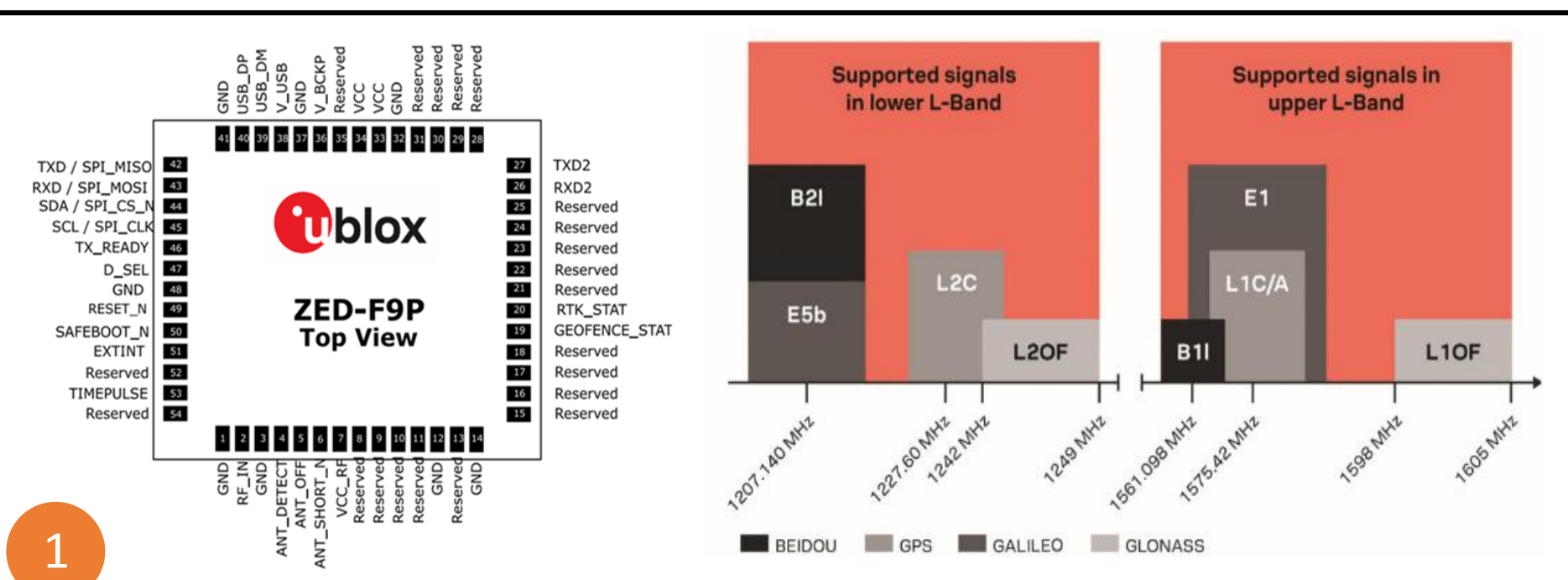
在土地的過度開發與不當利用、水土保持設施年久失修老化，加上極端降雨與地震事件的影響下，坡地上的潛在風險日益增高，經常造成山崩落石、邊坡滑動、土石流及地基淘刷等嚴重災害。然這些潛在災害的肇因並非一日而生，且既有的監測方案中尚且缺少長時間尺度的地表位移觀測機制，以做到更早的趨勢因應與大面積監控，致使需要導入衛星導航系統(Global Navigation Satellite System, GNSS)來加強坡地安全監控的活用性。

為了提升坡地安全長時間尺度的全域監控能力，本計畫使用國內已研發的低成本GNSS-IoT自動化監測設備，實際於坡地社區試行系統化的即時監測作業，其工作內容包含GNSS定位解算技術研析、示範場域GNSS監測測試、時序監測數據分析與驗證，以及即時運算服務系統之建置四項，透過時序資料分析、觀測數據驗證，以及即時監控展示等內容來完善技術整合之成果。

貳、研究成果

一、GNSS定位解算技術研析

- u-blox是一間瑞士晶片製造商，致力發展消費型導航定位技術，本計畫在海洋大學林修國副教授的協助下，將2018年問世的ZED-F9P整合於Raspberry Pi微型電腦之中，搭配天線盤、通訊模組，以及韌體演算法，籌組應用於坡地社區的低成本雙頻多星系GNSS設備。(圖1、圖2)
- 即時動態技術(RTK)是一種透過基準站(Base Station)與待測站(Rover Station)的同步觀測方法。利用差分(Differential)定位的解算方式，可消除衛星與接收儀之間的定位誤差，對於10公里範圍內的短基線，動態定位可達到近公分等級的定位精度。(圖3)



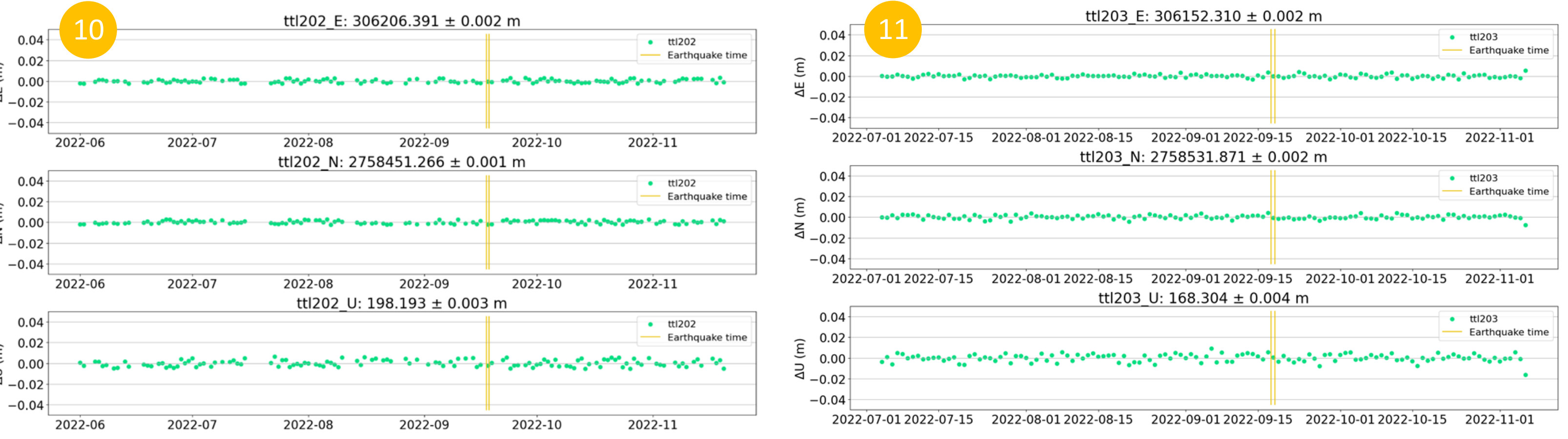
二、示範場域GNSS監測測試

- 示範社區先期篩選：自新北市山坡地社區危險徵兆普查結果，選擇具有監測需求之目標社區。(圖4)
- 監測需求評估調查：與社區管委會進行接洽，前往現地調查，確認地表變形造成的危險徵兆。(圖5、圖6)



三、時序監測數據分析與驗證

- 如下圖所示，以動態RTK(Real Time Kinematic)方式解算TTL202、TTL203長時間(6個月)位移趨勢變化，不論水平或鉛直方向平均誤差均小於1公分。黃線表示監測期間所遭遇到的全臺有感地震(第111086號、第111111號)。(圖10、圖11)



- 設備環境評估調查：為了滿足GNSS設備需求，確認現場網路、電力與透空度是否符合。(圖7)
- 監測評估量表填寫：為社區打造評估量表，以確認示範社區是否滿足GNSS監測之標準。(圖8、圖9)

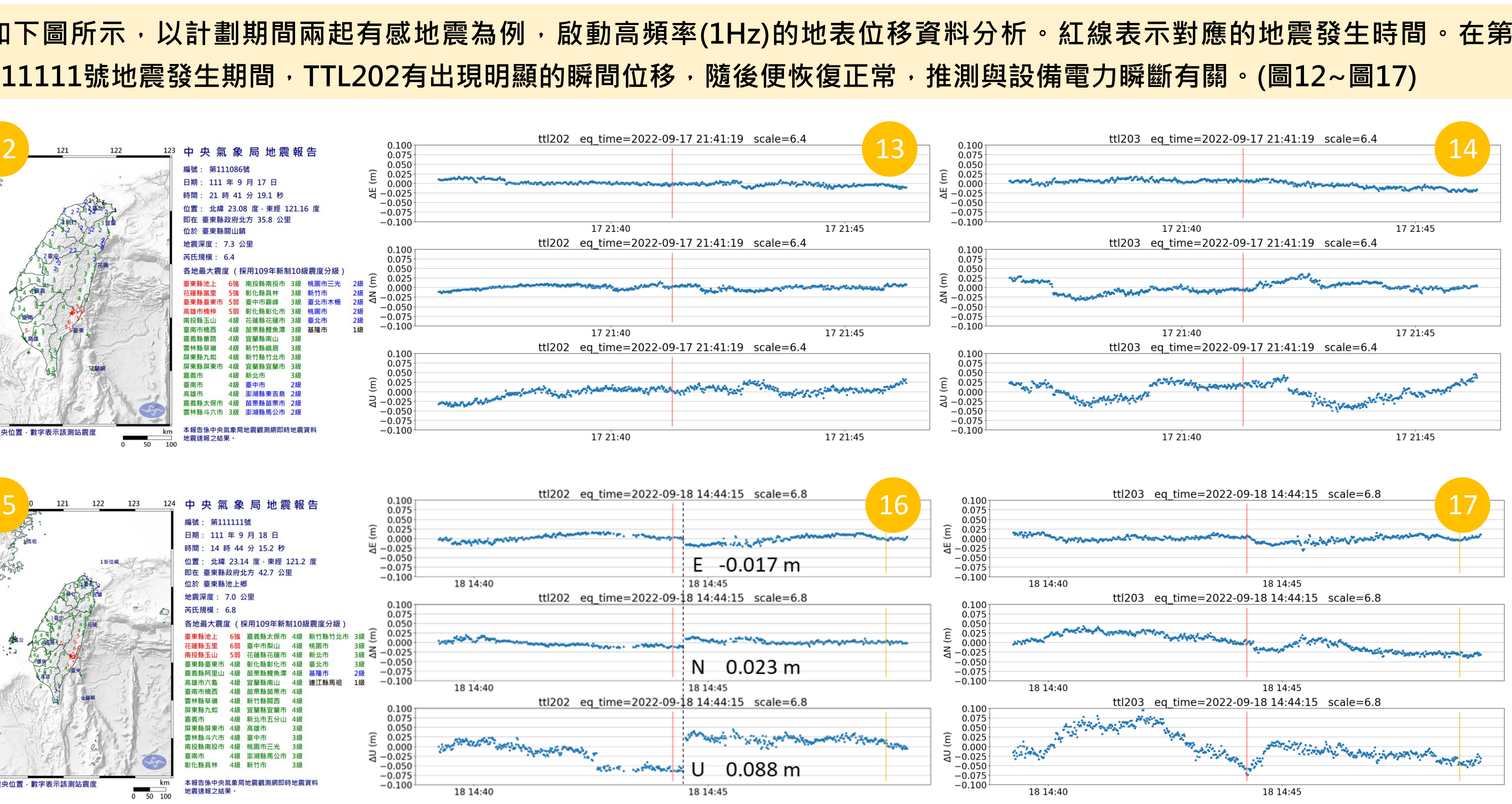
Figure 7 shows photos of the demonstration community with evaluation points for network, power, and sky view.

Figure 8: 示範社區 整體評估 (Overall Evaluation of the Demonstration Community)

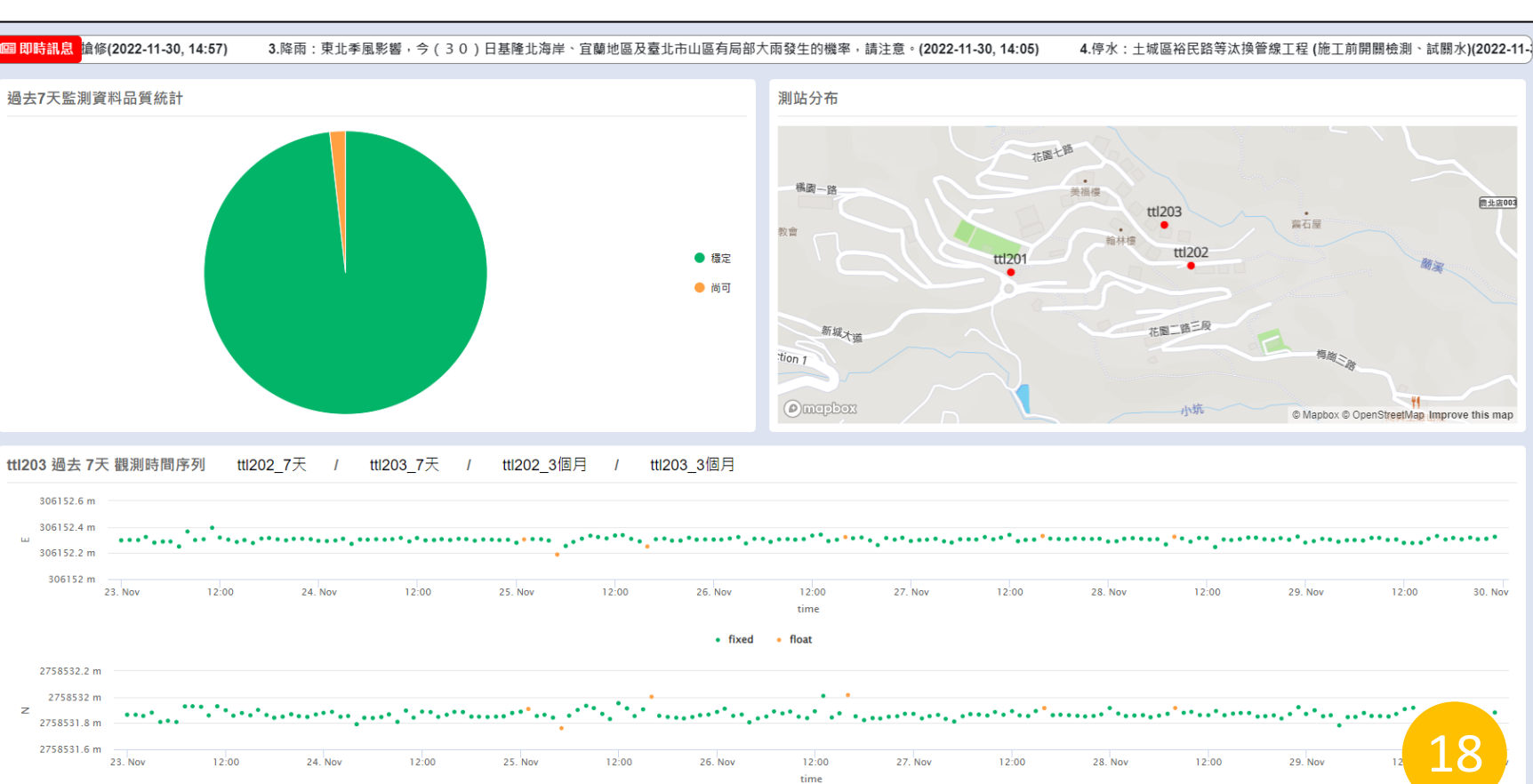
評估問題	評估回覆			
潛在危險區影響戶數 (監測建議站數，不包含基站本身)	三戶以下(至少2站)	三至十戶(至少5站)	十戶以上(5站以上)	V
社區管委會安裝意願	有	V	無	
是否已存在既有監控	有		無	V

Figure 9: 站點 TTL202 安裝評估 (Station TTL202 Installation Evaluation)

評估問題	評估回覆		評估問題	評估回覆	
	有	無		有	無
鄰近住戶安裝意願	V		鄰近住戶安裝意願	V	
有無合適基樁位置	V		有無合適基樁位置	V	
環境透空(50%以上)	V		環境透空(50%以上)	V	
電力有無	V		電力有無	V	
通訊有無	V		通訊有無	V	



四、即時運算服務系統之建置



- 本計畫搭建即時資料監控平臺，提供管理單位、社區用戶掌握數據動態。平時可定期監控了解資料穩定度與長時間變化趨勢，遭遇特殊情況時，例如颱風強降雨或有感地震事件，可即時關注位移量測變化情況，若有異常徵兆則可積極安排現地調查確保居住安全。(圖18)

參、結論建議

- 本計畫使用消費型GNSS晶片，其設備搭配RTK進行解算，長達6個月的連續監測，驗證了資料的可用性且具備公分級的觀測能力，能應用於坡地社區地表變形徵兆之監控。透過降低設備成本，提升坡地社區落地接受度，與其他邊坡監測技術搭配使用。
- GNSS設備係透過衛星訊號進行坐標解算，電力、通訊與環境透空度都是影響資料傳輸、解算品質的重要因素，因此透過設計社區專業評估量表，搭配既有的盤查報告，可加速社區用戶監測需求之溝通。
- 透過智慧監控系統能即時提供GNSS位移量測結果，除了協助相關單位進行安全性評估，也可提供社區用戶定期查閱。在國內外邊坡監測案例中，各種警戒值雖未能有統一準則，但仍可以GNSS設備的量測精度為參考值，提醒使用者監測達門檻應安排定期檢測，以確認危險徵兆。
- 臺灣山坡地範圍約佔國土面積73%，面對大量的坡地社區安全監測需求，建議可透過相關管理政策的調整，來加速監測設備的廣佈應用。在特定的執照審議過程中，可評估納入觀測結果作為重要評估依據，亦可使用不同程度之強制或獎勵的手段，加深申請者自主監測之約束或意願。