計畫編號：**ARDSWC-112-039**

GB-SAR 系統的重建與改置
Refabrication of GB-SAR system

執 行 單 位：國立中央大學

執 行 期 間：112 年 02 月 08 日至 112 年 12 月 31 日

計畫主持人 ：于　班　兼任副研究員

○○○ ○○(姓名 職稱)

○○○ ○○(姓名 職稱)

農業部農村發展及水土保持署　編印

中華民國 112 年 12 月

（本報告書內容及建議純屬執行單位意見，僅供本署施政參考）


農業部農村發展及水土保持署
Agency of Rural Development & Soil and Water Conservation, MOA

GB-SAR 系統的重建與改置

摘要

地基合成孔徑雷達(GB-SAR)配合干涉技術的發展，是地表形變監測的有效工具。國立中央大學利用現有的高價儀器（網路分析儀、訊號產生器...及移動成像軌道），組成新形式的 GB-SAR 系統並結合改裝後「移動式雷達車」，以其穩定運作平台且更長時效的電源供應能效。嘗試重建 Ku、C、S 或 L 波段的 GB-InSAR 硬軟體，以獲得適用於台灣地區邊坡偵測的最佳波段組合，解決現有 GB-SAR 受植生區域影響甚大，無法穿透密林區的困境。

嘗試解決 GB-SAR 觀測邊坡，因波長限制受限之實務問題；及持續長時間監測時，對穩定電源的需求問題。

關鍵詞：地基合成孔徑雷達、網路分析儀、差分干涉、形變監測

Prefabrications of GB-SAR system

Abstract

Ground-Based synthetic aperture radar (GB-SAR) is an effective tool for monitoring surface deformation as interferometry develops. NCU's existing costly instruments (vector network analyzers, signal generators... and mobile imaging tracks) form a new form of the GB-SAR system combined with a modified " GB-SAR system", with its stable operating platform and longer time effective Power supply energy efficiency. Try to rebuild the GB-SAR hardware and software of Ku, C, S, or L bands to obtain the best band combination suitable for Slope observation of deformation in Taiwan, and solve the problem that the existing GB-SAR is greatly affected by vegetation areas.

The dilemma of being incapable of penetrating densely forested areas. Try to resolve the convenient problem of GB-SAR limited by wavelength and slope observation. And continuous long-term monitoring, the demand for stable power supply.

Keywords: Ground based SAR (GB-SAR), Vector Network Analyzer (VNA), Differential Interferometry, Deformation Monitoring

目次

摘要.....**I**

Abstract.....**II**

目次.....**III**

表次.....**V**

圖次.....**VI**

第一章　緒論.....**1-1**

第一節　GB-SAR 影像特性及用途.....1-1

第二節　GB-SAR 目標形變監測原理.....1-2

第二章　研究構想及方法.....**2-1**

第一節　GB-SAR 使用限制.....2-1

第二節　以 VNA 基礎的 GB-SAR 系統構想規劃.....2-2

第三章　GB-SAR 系統重建與改置.....**3-1**

第一節　掃描成像平台重建規劃.....3-1

第二節　GB-SAR 測試作業.....3-5

第四章　結論及建議.....**4-1**

參考文獻.....**參-1**

附錄.....**附錄-1**

附錄一、審查會議紀錄暨回覆辦理情形.....附錄-1


農業部農村發展及水土保持署
Agency of Rural Development & Soil and Water Conservation, MOA

表次

表 2-1 測試平台規格需求.....2-4
表 3-1 二維(XY)軸向掃描儀規格參數.....3-3
表 3-2 天線連接基座規格參數.....3-4
表 3-3 作動控制器規格參數.....3-4
表 3-4 測試天線主要規格表(一).....3-7
表 3-5 測試天線主要規格表(二).....3-7
表 3-6 GB-SAR 系統參數及預期效能.....3-15

農業部農村發展及水土保持署 Agency of Rural Development & Soil and Water Conservation, MOA

圖次

圖 1-1 GB-SAR 系統組成概念.....1-4

圖 1-2 具 X、Y 軸的滑軌系統.....1-5

圖 2-1 國立中央大學現有 GB-SAR 相關設備.....2-2

圖 2-2 網路分析儀(AGILENT N5245A PNA-X).....2-3

圖 2-3 訊號產生器.....2-3

圖 2-4 頻譜分析儀.....2-4

圖 2-5 電波無反射室測試實景.....2-5

圖 3-1 二維掃描成像基礎構建配置圖.....3-1

圖 3-2 二維(XY)掃描成像儀.....3-2

圖 3-3 AGILENT N5245A PNA-X VNA 儀器介面.....3-6

圖 3-4 ROHDE & SCHWARZ SMW200A 儀器介面.....3-6

圖 3-5 ROHDE & SCHWARZ FSV3000 儀器介面.....3-7

圖 3-6 測試天線尺寸對照表.....3-8

圖 3-7 GB-SAR 滑軌系統架構組織.....3-9

圖 3-8 GB-SAR 滑軌系統硬體控制功能.....3-9

圖 3-9 GB-SAR 滑軌系統 X、Y、Z 軸軟體控制.....3-9

圖 3-10 GB-SAR 滑軌系統 POLARIZATION、ELEVATION 及 AZIMUTH TABLE 軟體控制.....3-10

圖 3-11 GB-SAR 滑軌系統 CIRCULAR 控制器軟體.....3-10

圖 3-12 由 PC 端自動化(軟體)控制的 GB-SAR 滑軌系統.....3-11

圖 3-13 由軟體控制的 GB-SAR 滑軌系統運作.....3-11

圖 3-14 GB-SAR 訊號發射測試實景.....3-12

圖 3-15 GB-SAR 訊號發射測試的儀器規劃.....3-13

圖 3- 16 ROHDE & SCHWARZ FSV3000 頻譜分析儀的訊號產生設定 3-13
圖 3- 17 無角反射器的 C–BAND 反射(弱)訊號 3-14
圖 3- 18 角反射器的 C–BAND 反射(強)訊號 3-14
圖 3- 19 移動式雷達車廂及載具構想.....3-16
圖 4- 1 「移動式雷達車」車頂結構加固作業 4-1
圖 4- 2 「移動式雷達車」各組件修護及強化作業 4-2

農業部農村發展及水土保持署 Agency of Rural Development & Soil and Water Conservation, MOA


農業部農村發展及水土保持署
Agency of Rural Development & Soil and Water Conservation, MOA

第一章　緒論

第一節　GB-SAR 影像特性及用途

合成孔徑雷達干涉測量技術(Interferometric Synthetic Aperture Radar, InSAR)是在合成孔徑雷達(SAR)基礎上發展起來的測量手段。InSAR 利用相位差，以科學方式解決 SAR 成像(解析度)難題。能夠有效獲取高精度的地表資訊，以提前預測地基形變，防止地質災害的加劇演變。與傳統監測技術相較，InSAR 在地質災害監測上展現出巨大的優勢，已逐漸成為地基形變監測的新利器。

一、特性

地基合成孔徑雷達(Ground-Based SAR,GB-SAR)是近年來新興的形變監測技術[1]，該技術將傳統衛(星)載、空(機)載 SAR 技術移轉到地面，利用 InSAR 成像技術，在斜距和方位方向實現高解析度成像；並具有解析度高、穿透性適度、運用性廣等特點。能夠對邊坡、水壩、橋樑、大型建物的微動形變和結構變化，進行全天候的大面積監測。相較於 GPS 和傳統固定式感測器，GB-SAR 具有工作連續性、覆蓋面大、精度高等優點。

GB-SAR 系統通常由雷達感測器、高精度(電子控制)位移軌道平台、即時監測軟體、電腦系統及遙測數據傳輸系統等組成。在邊坡形變量的即時監測上，採用地基重軌 InSAR 技術來實現。在監測過程中，首先將雷達系統安裝在坡面一側，通過雷達波束覆蓋邊坡表面，採用雷達感測器在軌道平台移動的方法獲取資料。其後將蒐集的雷達回波資料傳輸或記錄，最後再對不同時刻的雷達影像資料進行差分干涉，以提取相關形變資訊。

GB-SAR 的雷達感測器沿著固定導軌滑動，可避免衛載 InSAR 影像資料處理時基線估算難題。GB-SAR 系統測量是相對形變，無須去除地平效應，故重複觀測時間短、通常數分鐘可觀測數公里距離，對局部區域的目標達成高精確度、高解析度的成像。

由於系統體積小，可根據目的地區域特點，選擇相應的觀測平台來滿足形變監測的需求，並具有靈活應用的優勢。同時 GB-SAR 對微量(小)形變的高度敏感性，相較其他形變測量技術，有其獨特的發展價值，相輔相成達成監測需求。

二、用途

邊坡滑落過程通常緩慢，漫長的形變過程中，地表形變量甚小。InSAR 技術對地表微小形變，具有 mm 級(甚至更小)的探測能力；對滑坡監測深具意義。

干涉技術所實現 mm 等級微形變監測，不僅可以對地質滑坡等自然災害，進行有效的靜態形變監測，還可以對水壩、橋樑、大型人造建築、水壩及邊坡(道路、河床)等目標即時形變監測。具有速度快、精度高、功耗低的即時監測，且覆蓋範圍廣、攜行方便，容易操作；且具全天候、性價比諸多優點。

第二節　GB-SAR 目標形變監測原理

GB-SAR 採用電磁波主動探測成像[2]，利用差分干涉技術，對目標體發射和接收微波訊號；並計算兩時段之間的相位差來監測目標體的形變和微動。GB-SAR 先後兩次發射並接收電磁波訊號，在此期間目標視線方向(LOS) 形變量記作 d_{los} ，兩次接收訊號的相位 φ_1、φ_2，則雷達視線方向(LOS) 的形變量可表示為

$$d_{los} = {(\lambda/\pi)}\Big/{(\varphi_1 - \varphi_2)} \qquad (1)$$

一、以 VNA 為基礎的 GB-SAR 系統

向量網路分析儀 (Vector Network Analyzer 或稱 VNA) 此測試儀器，已協助並開發了無數的無線電新技術；現代 VNA 更廣泛用於射頻和高頻應用。

在電子裝置的設計開發中，工程人員會透過模擬，降低實體原型反覆組裝，以運算加速上市時間。VNA 可驗證這些設計及模擬，快速準確地驗證射頻組件和裝置的效能。

(一)歷史緣起

2003 年 Ellegi-LiSA Lab 公司獲得「歐盟聯合研究中心(JCR)的開發技術許可。首先開發商業應用的線性 SAR（LiSA）系統。以傳輸訊號線性掃頻的 VNA 解決方案，使用簡單的電子硬體在雷達射頻上開發具高度靈活性的 GB-SAR 系統；後續的十幾年內[3]，諸多公司和大學也對 GB-SAR 展開相關研究[4~7]。

(二)GB-SAR 使用 VNA 益處

以商用現貨（COTS）設備，獲得高品質 SAR 影像。現代量測設備的不斷發展（跨越幾十年），其功能大幅增強。製造商通常沒有意識到可以用於多方的應用上，使用廉價 FMCW 設備，設計地面微波遙測系統，並在窄頻寬的要求下運作[8、9]。

近十年來 GB-SAR 類型微波遙測系統的發展重點是寬頻系統籌建，主因於向量網路分析儀（VNA）普及且價格調降到可接受程度。因此寬頻雷達量測系統開始發展，在操作方便、儀器安設、測量時間和移動性上，提供更好的配置與效能；這些系統大多以 VNA 為主要量測儀器。

二、GB-SAR 系統組成

GB-SAR 系統由「無線電(雷達)射頻」和「軌道運動」兩大部分組成（如圖 1-1 所示）。雷達射頻部分由向量網路分析儀、微波訊號產生器(或頻譜分析儀)、及兩具角錐天線組成。

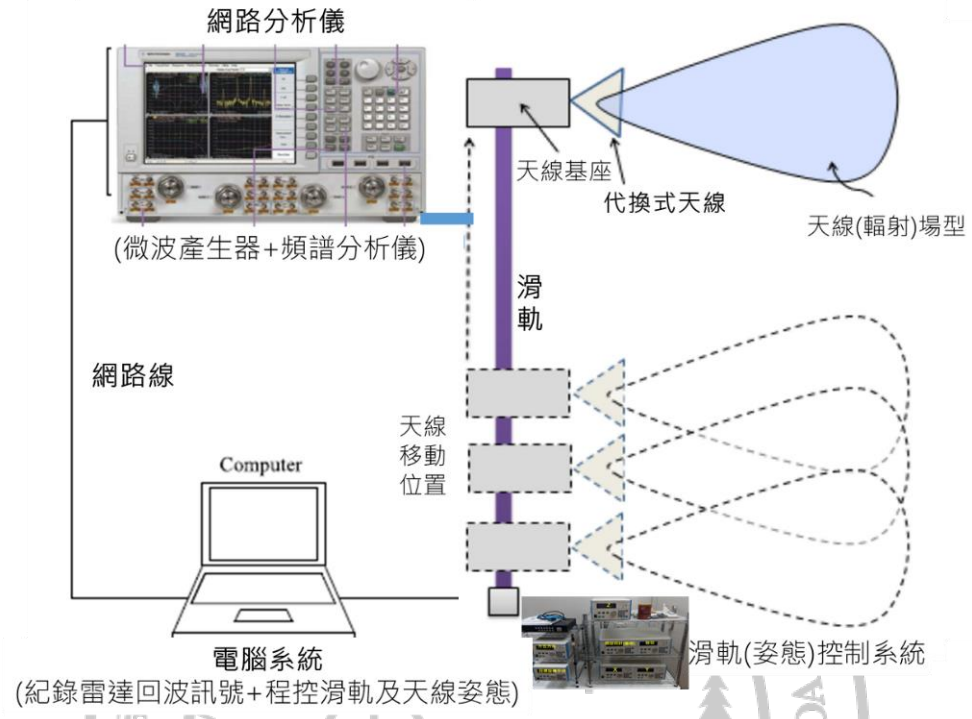


圖 1- 1　GB-SAR 系統組成概念

(一)實驗裝置由向量網路分析儀(VNA)、搭配脈波發射模組(Pulsed RF measurements)，除提供模擬訊號外，並與訊號產生、頻譜分析儀整合成發射機功率與掃頻測試平台，及接收機校驗測試平台，以進行全方位的系統測試；其分析儀通過 RF 電纜連接到發射和接收角錐天線。

(二)VNA 與工作站 PC 連接，可透過通用匯流排 GPIB(General Purpose Interface Bus)或乙太網路相連接。

(三)雷達訊號由 VNA 在步進頻率掃描模式下產生，並將訊號放大至合適的 dBm，然後饋入開關進行極化選擇。然後訊號通過天線的選定埠位傳輸。

(四)雷達波的背向散射訊號通過開關動作，再次選擇的埠位饋送到另一個天線進行極化，並由連接的電腦記錄(或直接由 VNA 收錄)；分別用於發射和接收的兩個天線，通同彼此相同。

(五)角錐天線安裝在滑軌系統的天線基座上，並透過滑軌(姿態)控制系統，在導軌的線性定位系統上控制移動位置。

(六)滑軌的運動部分由 X、Y 軸導軌、運動控制器及水平和垂直運動的各別步進馬達組成(如圖 1-2 所示)。水平運動主要用於 SAR 成像，同時垂直運動功能也可加入系統運作，以獲得另一個方向軌道干涉配置的基線。

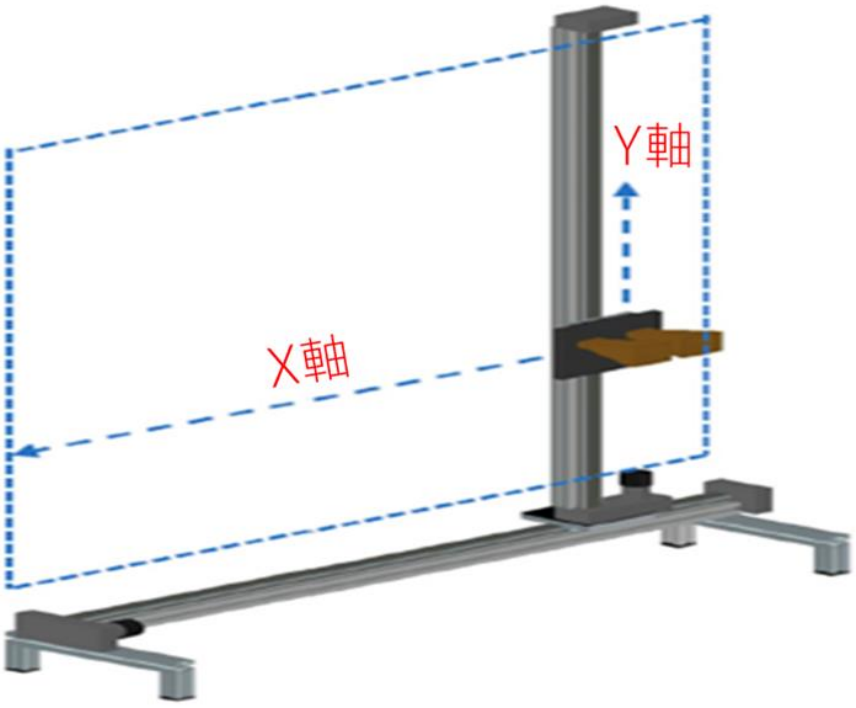


圖 1- 2 具 X、Y 軸的滑軌系統

(七)天線線性定位系統將發射(接收)角錐天線，沿方位方向移動，使雷達擷取斜距(Range)剖面資訊。在斜距剖面的 SAR 相位資料獲取完成後；天線移動到下一個位置，並獲取另一個斜距剖面資訊。

(八)此過程沿著導軌以規則的間隔重複，直到天線到達導軌末端。每個方位方向位置上的斜距分佈圖，會產生一個二維數位矩陣。也就是在方位方向上，以等距方式進行均勻取樣。

本計畫所使用 GB-SAR 系統，其「無線電(雷達)射頻」和「軌道運動」兩大部分，除新進獲得 Rohde & Schwarz SMW200A 訊號產生器及 Rohde & Schwarz FSV3000 頻譜分析儀(2023 年)。其餘器材均為舊設備的再次開發及運用(2013 年之前)。故相關的電子、機械及實驗器具，於實驗前之設備整備階段，均需執行相關調整、校驗作業，盡力維持其標準效能。並依後續經費獲得情形，全盤檢討是否商請原廠(或技術單位)調校。

第二章　研究構想及方法

第一節　GB-SAR 使用限制

一、波長(穿透性)限制

GB-SAR 技術測地距離可達數公里範圍，且相對於 3D 光達(LiDAR)或全測站經緯儀(Total Station)等感測器，易受風、雨及水氣等氣象環境限制(影響)而言，GB-SAR 深具優勢。但目前商業模式發展下的 GB-SAR 系統，多數仍欠缺適用於植被區域的穿透能力；例如以 C 波段的運作 Lisa 系統[10]，Ku 波段的 IBIS-L 系統[11]和 X 波段的 Risk SAR 系統[12]...。另依據農委會水土保持局的使用現況及經驗[13~15]，發現 GB-SAR 波長及受植坡影響限制甚大。

(一)GB-SAR 使用波長影響位移精度，且穿透率受植生區域甚大。使用波長影響位移精度，且穿透率受植生區域甚大。

(二)Ku band(波長 1.7cm)精度達 mm 等級，但在台灣山區植生廣泛限制其應用；如何克服植被影響？

(三)植生覆蓋對 GB-SAR 量測結果干擾極大，如何調整訊號處理、去除或改善干擾？

(四)若有植被覆蓋將使得雷達波散射，導致回強度不足。

(五)GB-SAR 監測地表，受限於目前 Ku 波段無法穿透密林區，是否有可改變使用波段，為 C 波段或 L 段？是否有波長較長，不受植被限制的 GB-SAR？

另根據電磁波傳播原理，低頻波段的雷達系統波長較長，通常比高頻波段具較佳的穿透校能[16~18]。為了進行形變測量，實現對植被區域的滑坡預警，需要具植被穿透能力的 GB-SAR。因此該系統應在低頻段工作。但頻率較低，天線尺寸較大；實務上仍須考量天線尺寸限制因素，致無法選(使)用過低頻率。

二、電力(使用時間)限制

水土保持局目前使用 GB-SAR，電池容量 273Ah，可持續工作 3 小時。故長時間持續監測時，需架設於可提供穩定電源之場所(或載具)。

第二節　以 VNA 基礎的 GB-SAR 系統構想規劃

針對林木茂密的台灣地區邊坡觀測需求，需要一種具有植被穿透能力的新型 GB-SAR 。利用此系統雷達在軌道上移動，以獲得合成孔徑影像，達到高穿透力的干涉影像。

依此提出了以不同波段的 GB- SAR 射頻，嘗試新的穿透效能的應用構想。研究利用國立中央大學現有及新購的高價儀器及設備（向量分析儀、訊號產生器...及移動成像軌道），組成新形式的 GB-SAR 系統(詳如附圖 2-1)，取代目前商業模式下廠家產製定頻 GB-SAR；並輔以微波暗房的測試檢驗，期透過實驗驗證此新型 GB-SAR 系統的成像及植被穿透效能。



圖 2- 1 國立中央大學現有 GB-SAR 相關設備

向量網路分析儀(Vector Network Analyzer, VNA)是無線電頻率領域的重要測試儀器，更被廣泛地用在高頻波段的應用上的；在GB-SAR 的開發過程中，VNA 可以快速準確地驗證這些射頻組件和裝置的實際效能[19~21]。

一、VNA 硬體構成

以 VNA 發射與接收 SAR 訊號，做為邊坡形變監測的干涉雷達波源。依據研究計畫需求，使用網路分析儀(美商安捷倫 Agilent N5245A PNA-X)搭配脈波發射模組(Pulsed RF measurements，如圖 2-2)，除提供模擬訊號外，並與訊號產生器(Agilent E8257 PSG 或 Rohde & Schwarz SMW200A，如圖 2-3)以及頻譜分析儀(Agilent N9020 MXA 或 Rohde & Schwarz FSV3000，如圖 2-4)整合成發射機功率與掃頻測試平台，及接收機校驗測試平台，以進行全方位的系統測試。GB-SAR 測試平台規格需求，如表 2-1 所示。



圖 2- 2 網路分析儀(Agilent N5245A PNA-X)



圖 2- 3 訊號產生器



圖 2- 4 頻譜分析儀

表 2-1 測試平台規格需求

項目	規格
發射頻率	10MHz 到 50GHz
發射功率	>23dBm(max)
訊號模式	脈衝掃頻、調幅、調相
動態接收訊號範圍	132 dB
雜訊基底值 Noise floor	-166dBm(max, 在 1Hz 的 IF 頻寬下)

利用向量網路分析儀(VNA)測量參數的埠(端子)與測試波段的天線相連，並置於滑軌上合成方位方向的天線輻射場型，組成基於實驗室現有通用設備的地基型合成孔徑雷達(GB-SAR) 系統，並測試其發射、接收及二維成像功能。

期待使用該系統對目標干涉成像，然後得出兩幅影像的相位差，結合相位與形變量之間的幾何模型，達成對目標的形變監測。

二、GB-SAR 滑軌

此研究利用現有的 XY 軸向掃描儀、天線連接基座及運動控制器。以 XY 軸向掃描儀可控制雷達(天線)位置與隨時間的變化量，在位置精度上可準確到 0.01mm 準確度。

三、GB-SAR 軟體

GB-SAR 成像系統的概念驗證，將使用向量網路分析儀(VNA)和滑軌上的天線線性定位系統的有效結合來達成。影像重建預計透過 MATLAB® 中實現距離遷移演算法 (RMA) 來完成的。GB-SAR 成像軟體系統包括 VNA、天線、電機控制和資料蒐集程式等，後續計畫透過 LabVIEW 實現操作自動化；配合實驗進度將陸續開發格式轉換模組、檔案存取模組、SAR(InSAR)處理模組、Doppler 參數估算模組、軌道預處理模組、影像後處理模組及視覺化操作介面。

四、微波暗房測試及校驗

為執行本案研究的 GB-SAR 系統的系統參數評估與儀器校驗測評，將利用現有的電波無反射室（anechoic chamber，或稱微波暗房）。應場址內考量操作頻率的正向入射衰減量，全面鋪設適當類型之吸收體，並具備隔離門、配電與接線面板、空調出入口等設施，並有防火安全認證，可作為各項校驗量測及掃描成像模擬平台使用。其室內內牆幾何大小為 5 m(長) × 3 m (寬) × 3 m(高)，內部空間與鋪設吸收體如圖 2-5 所示。

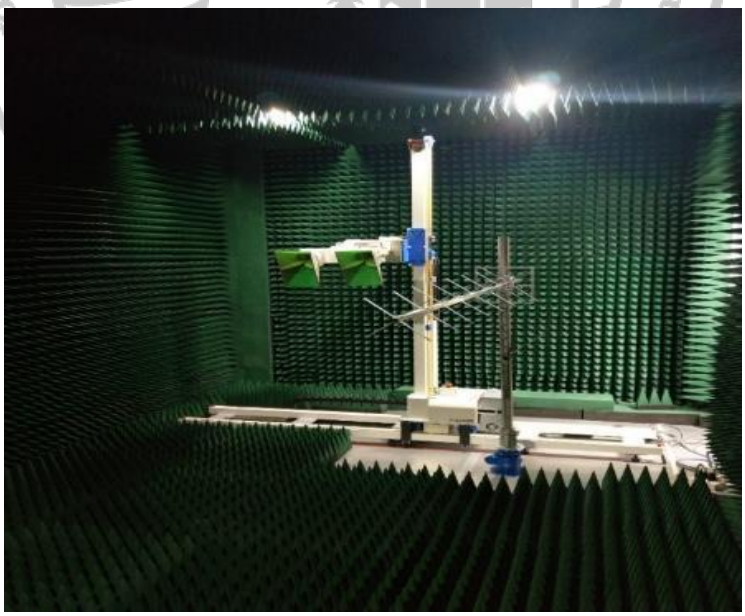


圖 2- 5 電波無反射室測試實景


農業部農村發展及水土保持署
Agency of Rural Development & Soil and Water Conservation, MOA

第三章　GB-SAR 系統重建與改置

第一節　掃描成像平台重建規劃

本研究案規劃以不同波段的 GB-SAR 射頻，嘗試新的穿透效能。利用國立中央大學現有的高價儀器（向量分析儀、訊號產生器...及移動成像軌道），組成新形式的 GB-SAR 系統；以取代商業模式所產製的 GB-SAR 產品。

相較於市面現售產品，將以更長的雷達移動軌道，且二維（可水平及垂直）掃描成像平台，取代 GB-SAR 一維水平軌道平台。二微掃描成像平台元件包含 XY 軸向掃描儀、天線連接基座及動作控制器，其配置的基礎構建如圖 3-1 所示。

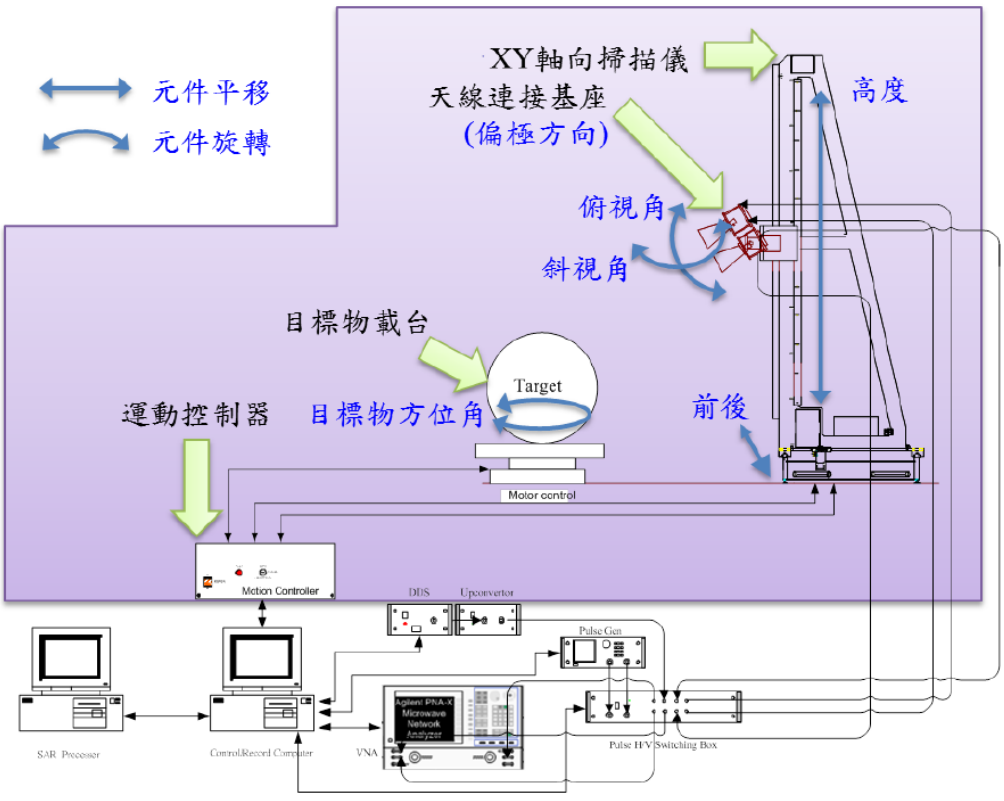


圖 3- 1 二維掃描成像基礎構建配置圖

本校現有滑軌系統實際上具有三維(X、Y 及 Z 軸)運動及控制功能，但考量本計畫案研究旨在探討-利用 VNA 為基礎的 GB-SAR 系

統的重建與改置，經參酌相關論文顯示 3D 成像(即 Y 及 Z 軸軌道滑移)有若干限制，且偏離預期目標[22、23]。故僅探討二維掃描成像平台，其中 X 軸可控制天線左右滑移，利於干涉成像；而 Y 軸僅使用於天線高度調整。

一、二維(XY)軸向掃描儀

二維(XY)軸向掃描儀可精確控制 SAR 天線之位置，及隨時間變化的位移量。在位置精度上，其軸向掃描精度達到公分級(含以下)規格[1]。

本研究案所用的軸向掃描儀規格如表 3-1 所示，二維(XY)掃描成像儀及天線連接基座則如圖 3-2 所示。而且整套系統從微波暗房移至外面實驗室地板，未來從實驗室地板移至移動式雷達車車頂的可行性大大增加。

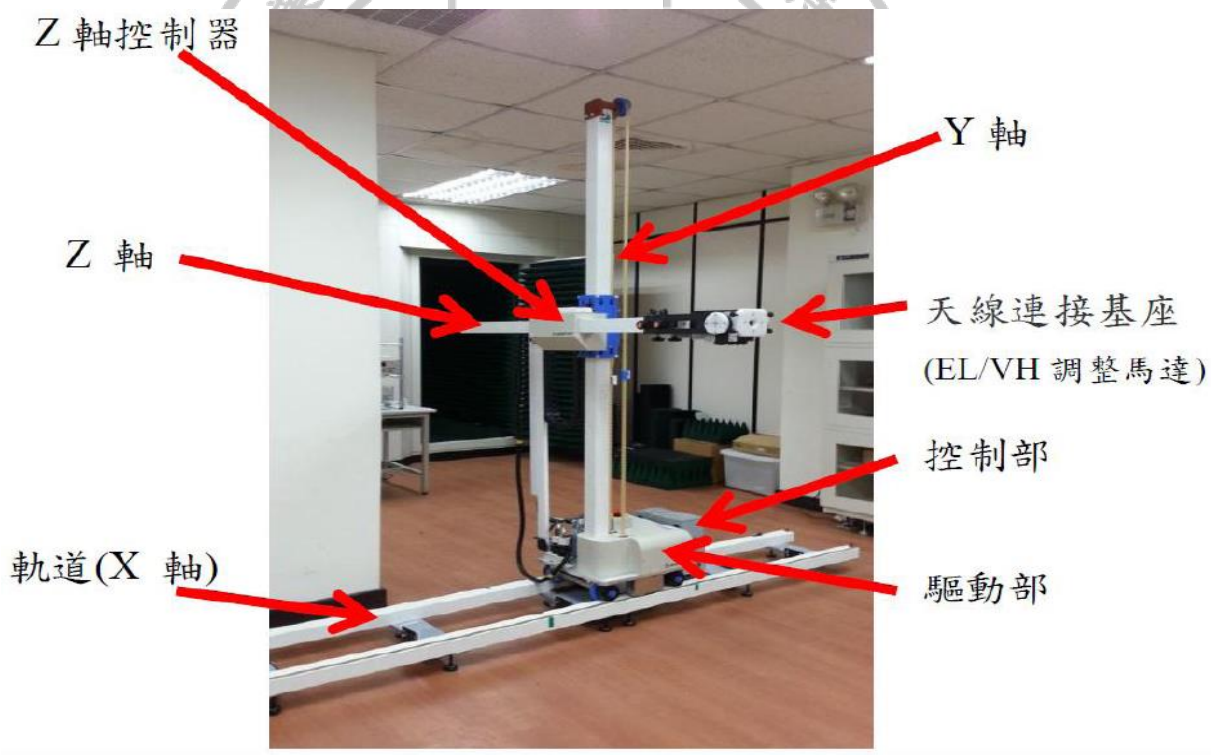


圖 3- 2 二維(XY)掃描成像儀

[1] 此設備原用於 TaiSAR 機載合成孔徑雷達系統「掃描成像模擬平台」設備，因需考量到飛行器本身之位置變化量以及其 IMU(Inertial measurement unit 慣性測量單元)之位置誤差量，故其軸向掃描儀精度需達到公分級以下的規格。

表 3- 1 二維(XY)軸向掃描儀規格參數

參數	規格
移動速度	3 ~ 150 mm/sec (10 ~ 100%)
解析度	0.01 mm
位置精度	0.05 mm + L × 0.0003 mm (L 表示移動長度)
重複位置精度	± 0.05 mm
反向位置精度	0.05 mm
最大可移動距離	2,500 mm (X 軸)
最大可移動高度	2,200 mm (Y 軸)
最大承載重量	90kg(基座最大可承載重量) 15kg (最大可承載天線和連接器重量)
驅動方式	Linear guide system
重量	70kg 到 145kg
使用電源	單向 AC 200V 20A (4KVA)
使用環境	溫度: 23 ± 5，濕度: 80 以下
保存環境	溫度: 0 ~ 40 ℃，濕度: 80 以下
尺寸	2,120 (寬) × 1,960 (高) × 700 (深) (mm)

二、天線連接基座(Antenna adapter)

天線連接基座可選擇連結基座之角度靈敏度，依據 SAR 取像特性或角錐天線(Horn antenna)偏極角度，調整(變換)俯視角度；並透過作動控制器進行調控，其規格參數如表 3-2 所示。

表 3- 2 天線連接基座規格參數

規格 ＼ 參數	偏極切換部分	仰角部分
旋轉速率	3~60 rpm	1~15∘/sec
可旋轉範圍	0~ 359.9∘(無限旋轉) ± 720∘(有限旋轉)	± 90∘
解析度	0.1∘	
原點返回再現性	±0.1∘	
位置精度	0.1∘	
重複位置精度	±0.1∘	
反向位置精度	0.1∘	
承載重量	5kg	10kg
最大承受力矩	14kg·cm	50kg·cm
使用環境	室內/戶外	
重量	1.2kg 或更小	約 2.5kg
使用電力	AC100V ± 10%, 50/60Hz 3A	

三、作動控制器(Motion controller)

作動控制器可精準控制二維(XY)軸向掃描儀的天線移動速度與位置達到 0.01 mm 精度的範圍，天線連接基座的俯仰角度也可達到 0.1∘精度；其 I/O 介面為 GPIB 通用匯流排接口，並可程序(式)化控制，規格參數如表 3-3 所示。

表 3- 3 作動控制器規格參數

項目	規格
顯示規格	單位為 mm，解析度為 0.01mm
IO 規格	GPIB 介面, LIMIT, TRIGGER
使用電力	AC100V ± 10% (0.2A 或更小)
尺寸	434 (寬) × 86 (高) × 307 (深) (mm)
重量	Mounted within the 5-axis total 7kg
標準配件	2m 電源線

特性	●手動調整啟動，停止，方向 ●限制功能：硬體有限制、軟體可任意設定 ●首頁位置功能 ●速度控制 ●保護功能顯示 ●位置改變 ●操作錯誤檢測：控制電纜斷開、無法運作 ●反向啟動	
	X 軸：水平方向	X 軸：垂直方向

第二節　GB-SAR 測試作業

重建 GB-SAR 系統前，首要的工作就是確認其系統組件皆正常無誤。故先期恢復初步籌建時的各項組件、工作環境及狀態。將此測試實驗選擇於無回波室環境，使用合適波段的角錐天線，結合網路分析儀、軌道、控制儀器與電腦建立系統做實際的測量，以確認 GB-SAR 系統重建作業之完整性。

一、發射機構測試

實驗中使用到「網路向量分析儀」及「頻譜分析儀」搭配「向量訊號產生器」，作為 GB-SAR 的雷達發射源[2]。其中網路分析儀為 Agilent 公司所生產的 N5245A PNA-X，經測試檢測其工作頻率範圍在 10MHz 到 50GHz、系統動態範圍為 126dB(接收機動態範圍 129dB)、最高掃頻點數為 32,001 點、最高可輸出功率為 16dBm；圖 3-4 為 N5245A PNA-X　VNA 儀器介面。另 2023 年新購入 Rohde & Schwarz SMW200A 訊號產生器及 Rohde & Schwarz FSV3000 頻譜分析儀的儀器介面[3]，詳如圖 3-5、3-6 所示。

[2] 「Agilent N5245A PAN-X 網路向量分析儀」可搭配「Analog E8257D PSG 模組化微波產生器」及「Agilent N9020 MXA 頻譜分析儀」

[3] 「Rohde & Schwarz FSV3000 頻譜分析儀」可搭配「Rohde & Schwarz SMW200A 向量訊號產生器」

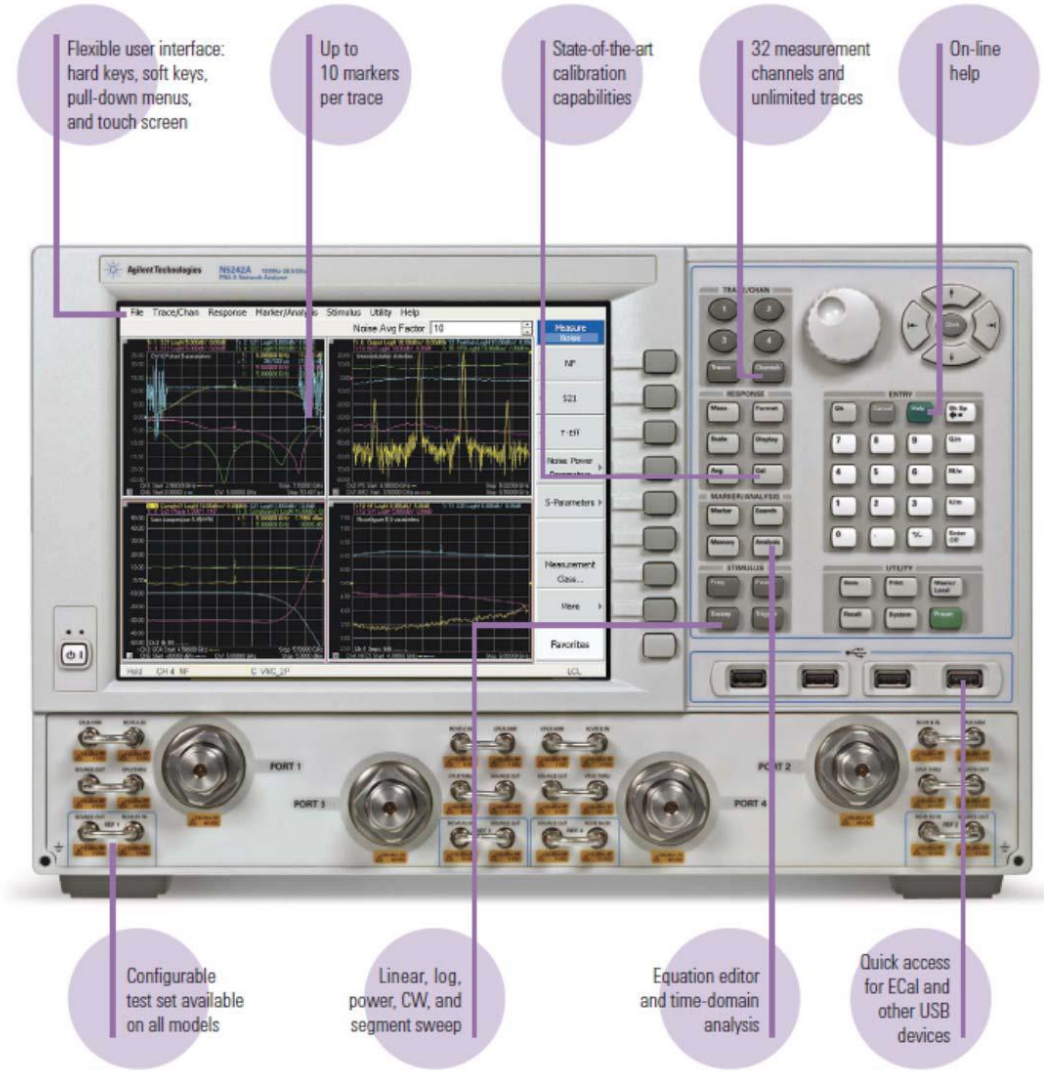


圖 3- 3　Agilent N5245A PNA-X VNA 儀器介面



圖 3- 4　Rohde & Schwarz SMW200A 儀器介面



圖 3- 5　Rohde & Schwarz FSV3000 儀器介面

二、天線測試

測試實驗中所使用的天線為標準增益的角錐天線，其主要規格如表 3-4、3-5 所示，尺寸對照如圖 3-6 所示。

表 3- 4 測試天線主要規格表(一)

Antenna	C Band			K Band		
Waveguide	SGH187			WR42		
Frequency	3.95GHz~5.85GHz			18GHz~26.5GHz		
Gain	17dBi~19.4dBi			15dBi~18dBi		
Gain at Experiment Frequency	5GHz			23.125GHz		
	18.55dBi			16.7dBi		
Dimensions	H	W	L	H	W	L
	16cm	21.6cm	33.3cm	7.5cm	9.8cm	16.6cm

表 3- 5 測試天線主要規格表(二)

Antenna	Full Band			L Band		
Waveguide	DRH-118			DRH-118-C900		
Frequency	1GHz~18GHz			0.75GHz~1.7GHz		
VSWR[4]	< 1.5:1 average					
Dimensions	H	W	L	H	W	L
	23cm	24cm	15cm	23cm	24cm	15cm

[4] VSWR 電壓駐波比 (Voltage Standing Wave Ratio)

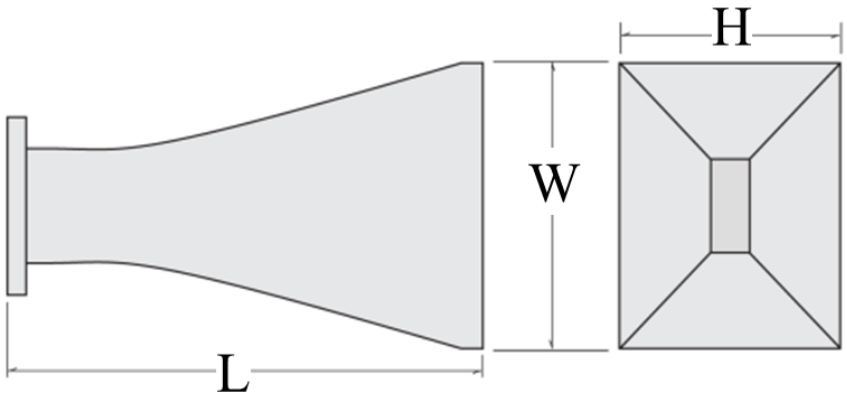


圖 3- 6 測試天線尺寸對照表

三、軌道儀表操控開發

基於 GB-SAR 量測時，軌道平滑運作及精確位置確認的極致需求，於 GB-SAR 重建作業前，委請協力廠家重新檢整滑軌系統現況，並重新測試(開發)控制統，其系統架構如圖 3-7 所示；硬體控制的實際操作功能如圖 3-8 所示。

1.Devide 軌道平台控制器軟體開發。

2.X、Y、Z 軸的控制器軟體開發，係透過 IEEE 488.2 Command 運作；如圖 3-9 所示。

3.Polariztion、Elevation 控制器軟體開發，如圖 3-10 所示。

4.Azimuth table、Circular 控制器軟體開發，如圖 3-11 所示。

5.以 LabVIEW 實現自動化作業，包含客製化人機介面，以控制軌道運動系統。

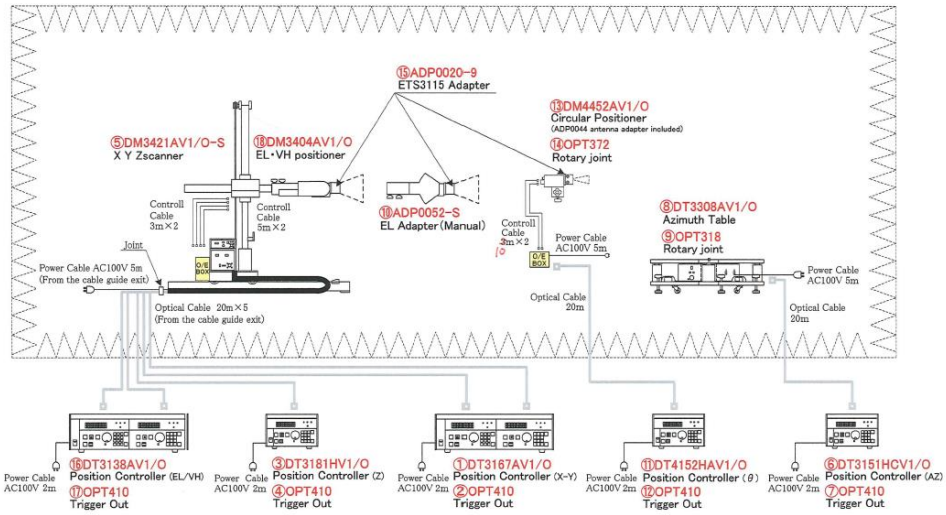


圖 3- 7　GB-SAR 滑軌系統架構組織



圖 3- 8　GB-SAR 滑軌系統硬體控制功能

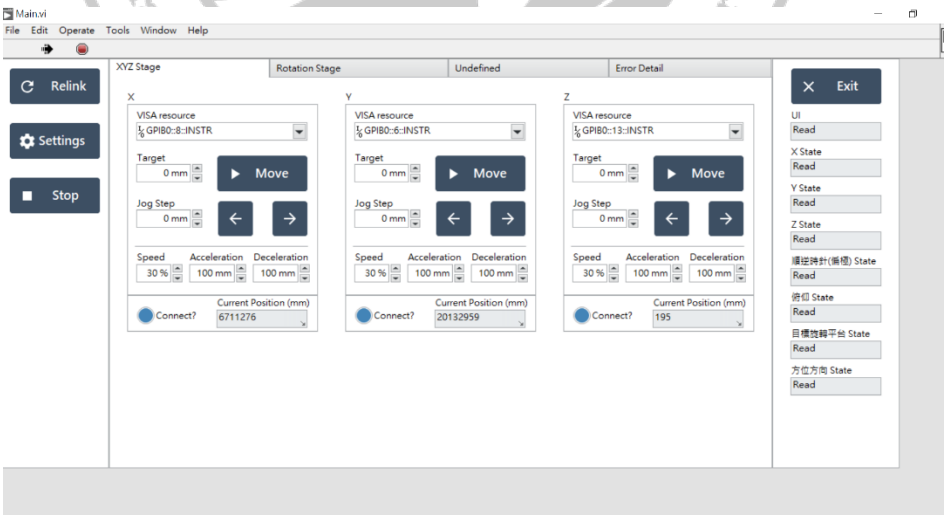


圖 3- 9　GB-SAR 滑軌系統 X、Y、Z 軸軟體控制

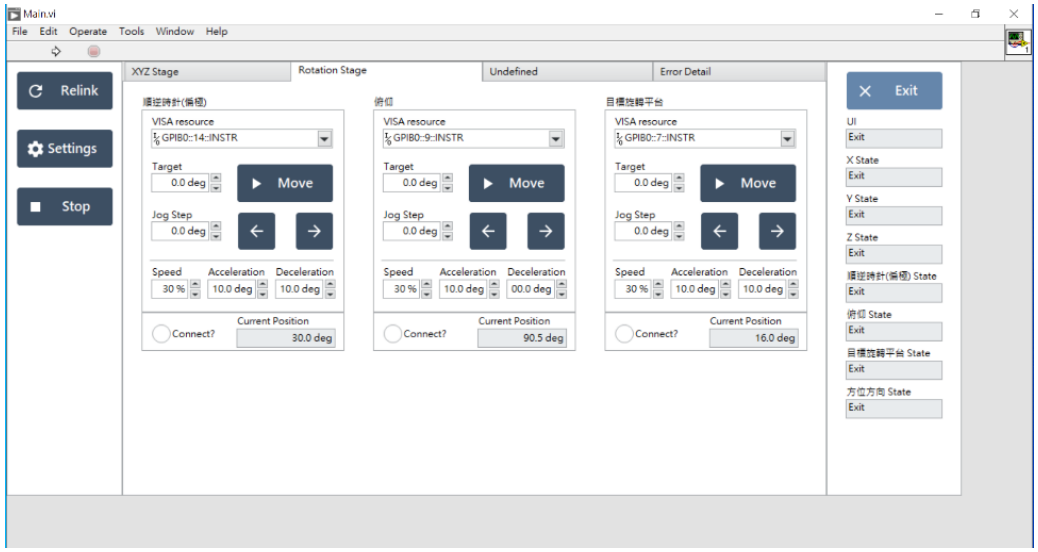


圖 3- 10　GB-SAR 滑軌系統 Polarization、Elevation 及 Azimuth table 軟體控制

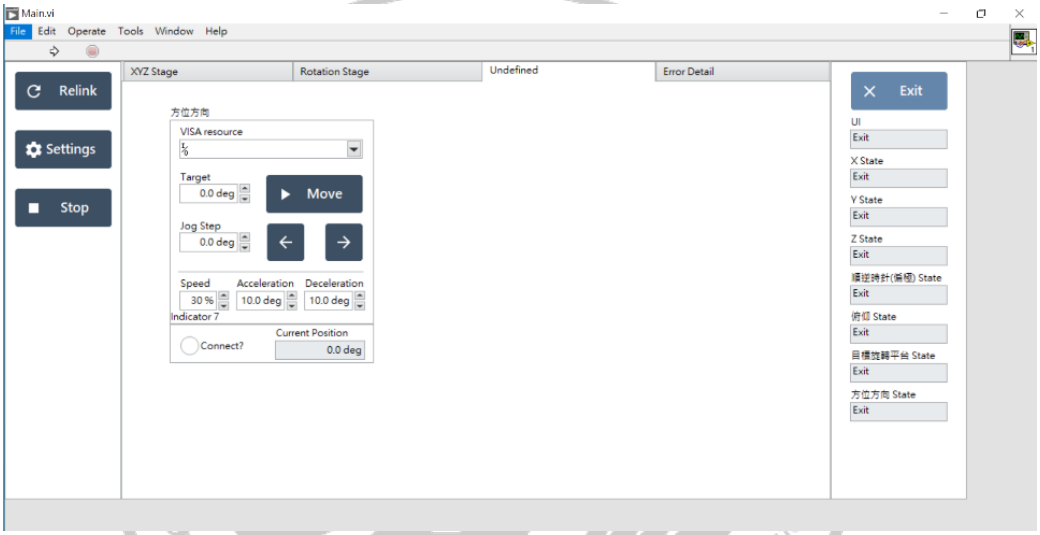


圖 3- 11　GB-SAR 滑軌系統 Circular 控制器軟體

四、微波暗房整體測試

GB-SAR 的整合測試平台，主要透過 VNA 作為發射與接收模擬訊號源的 SAR 訊號，以進行後期地表型變監測取像前的成像模擬，執行過程如圖 3-12、3-13 所示。



圖 3- 12 由 PC 端自動化(軟體)控制的 GB-SAR 滑軌系統

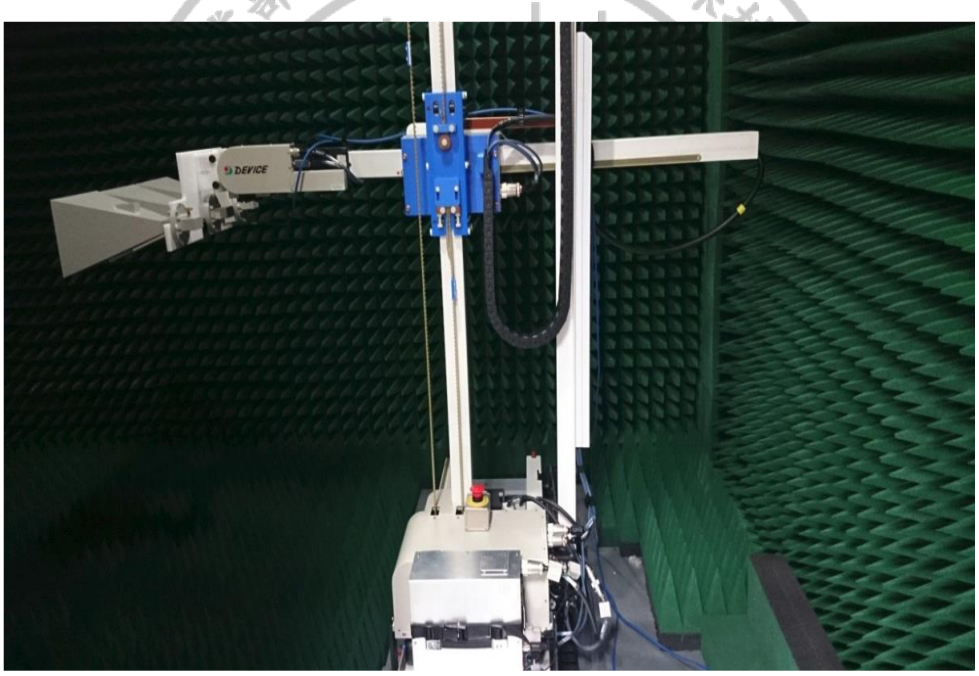


圖 3- 13 由軟體控制的 GB-SAR 滑軌系統運作

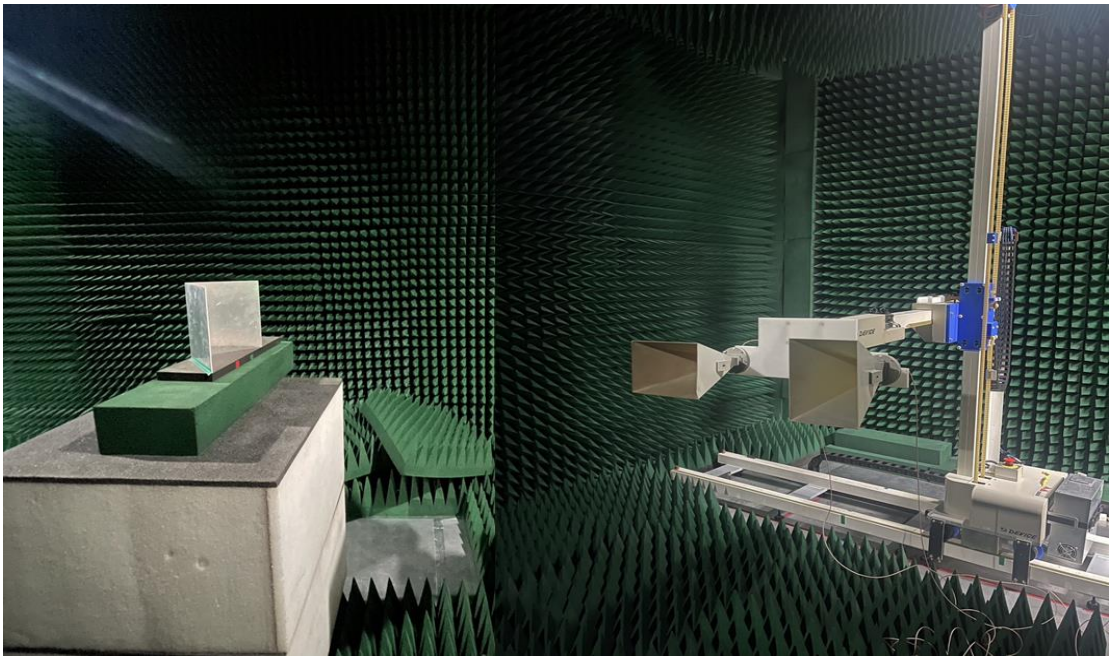


圖 3- 14　GB-SAR 訊號發射測試實景

GB-SAR 的微波暗房整合測試平台，原構想利用「Agilent N5245A PAN-X 網路向量分析儀」作為 SAR 訊號射頻的發射及接收主要來源，因設備故障，短期內無法查修(排除)。故改以新購的「Rohde & Schwarz FSV3000 頻譜分析儀」搭配「Rohde & Schwarz SMW200A 向量訊號產生器」完成訊號發射、接收測試，測試實景及儀器使用規劃如圖 3-14、3-15 所示。

Rohde & Schwarz FSV3000 頻譜分析儀的訊號產生設定情形如圖 3-16 所示(發射 C 波段頻率 5GHz、功率 20dBm Single Tone Signal)。以雷達截面積較高的二片(面)式角反射器作為反射目標[5]，利用角反射效應將接收雷達波束反射後，形成強回波信號。兩支角錐天線(Horn antenna)中心點相距 45.5 公分，天線與角反射器的距離為 318 公分，在成像後的 SAR 影像中，出現明亮的星狀亮斑，在雷達影像上可準確地被識別出來。如圖 3-17、3-18 相較，有角反射器顯示出較強的反射訊號。

[5] 二片(面)角反射器的 RCS 隨入射角變化很快，只在很小的入射角範圍內才能保證取得較大的 RCS 值[24]；但可藉由旋轉角度的變化，提供不同極化反應。

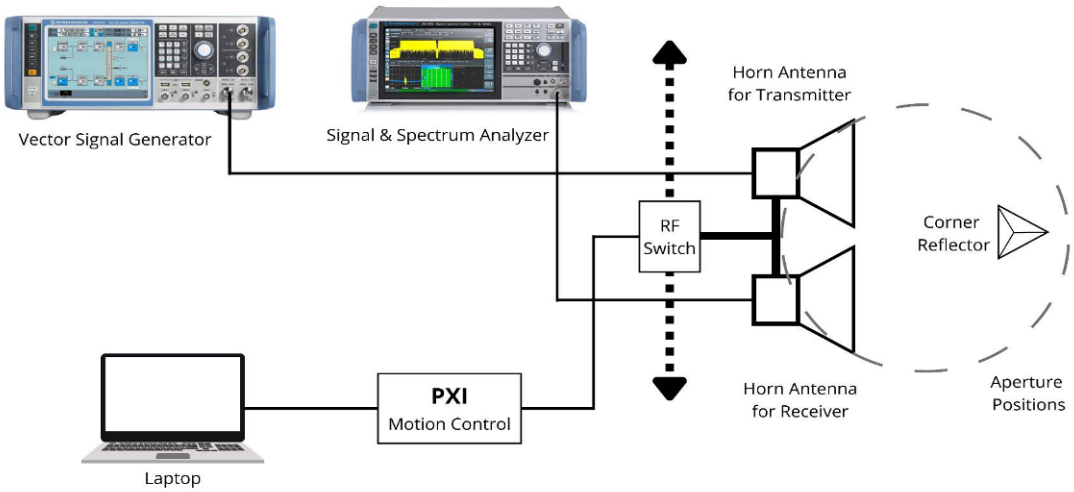


圖 3- 15 GB-SAR 訊號發射測試的儀器規劃

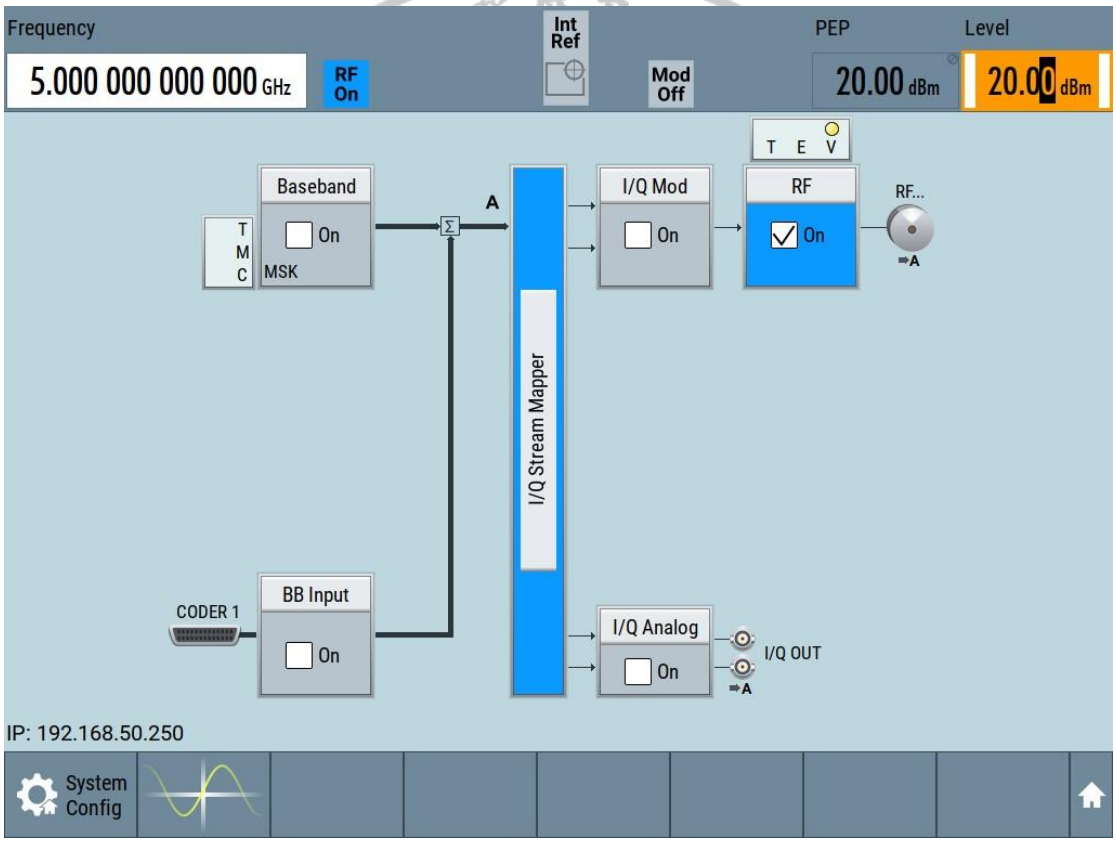


圖 3- 16 Rohde & Schwarz FSV3000 頻譜分析儀的訊號產生設定

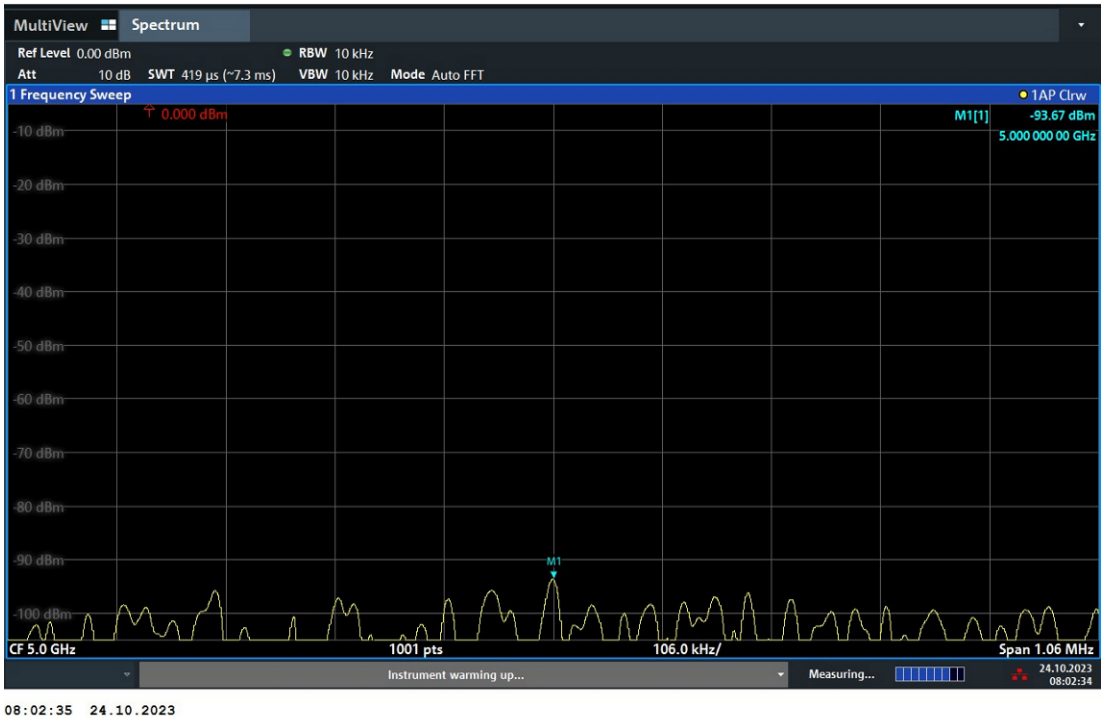


圖 3- 17 無角反射器的 C–band 反射(弱)訊號

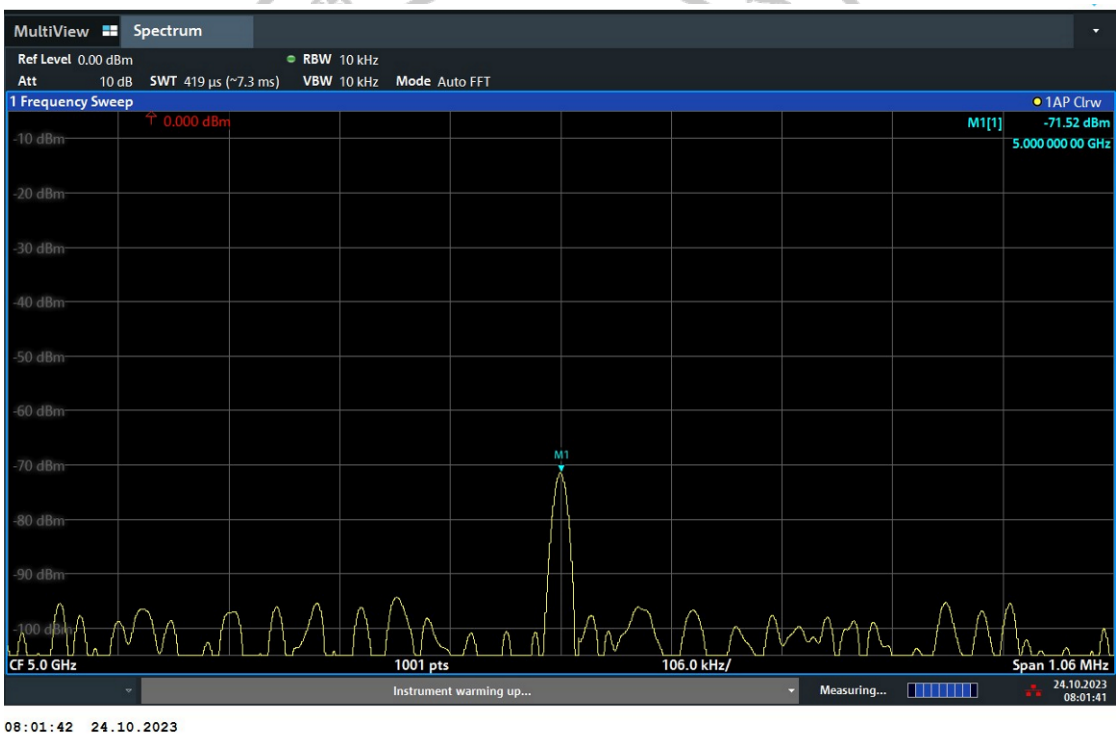


圖 3- 18 角反射器的 C–band 反射(強)訊號

經利用微波暗房內的天線執行 L 、C 及 Ku 波段天線執行測試，可得到類似成果。

GB-SAR 滑軌系統測試作業，目前已在微波暗房中完成測試，測試平台規格如表 3-6 所示。

表 3- 6　GB-SAR 系統參數及預期效能

觀測頻率範圍	10M – 50 GHz Agilent N5245A PAN-X
	100K – 40 GHz Rohde & Schwarz SMW200A
GB-SAR 系統高度	0.5m - 2.2 m 可調整式
	移動式雷達車平台離地高度 2.9 m
測距(觀測)範圍	待測
天線孔徑移動值 (間隔)	可調整式
	0.01 mm(最小值)
天線孔徑位置數	138,000(最大值)
合成孔徑長度 (軌道移動範圍)	2.5 m X 軸 2.2 m Y 軸
積分角	視搭配天線而定

第三節 改置「移動式雷達車」前置整備

重建後的 GB-SAR 經過軟、硬體整合測試，可安置於野外執行觀測測試。為了更加的視野、更長的運作時程。將改裝國立中央大學現有「移動式雷達車」以滿足後續長時間的邊坡觀測需求。

一、車頂軌道安置平台

現有「移動式雷達車」由雷達車廂及 3.5 噸車頭(動力載具)所組成，其雷達車廂具液壓承載式(四足)平衡穩定系統，有助於 GB-SAR 系統運作之成果精度。且 GB-SAR 定點長期觀測時，可選擇與車頭(載具)分離或合併作業。

為了更加的觀測視野，研究將 GB-SAR 觀測平台改裝安置於「移動式雷達車」車頂，面積觀測平台安置於「移動式雷達車」，面積 觀測平台安置於「移動式雷達車」，其面積大（長 3.34m、寬 2.1m），離地高度 2.9m，可滿足 GB-SAR 全波段觀測的大視野需求；應用構想詳如圖 3-19 所示；受限執行預算，車頂改裝作業，將於中期研究計畫執行。



圖 3- 19 移動式雷達車廂及載具構想

二、電力系統整建

現有「移動式雷達車」配置發電機，可滿足長時間觀測需求。

(一)內置 Kosika KG7500 AC 發電機(功率 7,000W、可連續 7.5hr)及 Kosika KG3000 AC 發電機(功率 2,800W、可連續 7.5hr)；均可提供 AC 110V、220V 雙重電壓電力。

(二)發電機艙具主動式散熱系統，供電品質(電壓、頻率)穩定。

(三)經實際測試，發電運作時間可達 7.5hr 以上。

第四章　結論及建議

「GB-SAR 系統的重建與改置」研究案執行迄今，已驗證相關設備具體可行，達成 GB-SAR 重建作業；另改置作業亦按部就班的逐步實現。

目前已執行「移動式雷達車」車頂結構加固作業、發電機檢修、發電機纜線檢修、發電機運作效能檢測、發電機排煙系統檢修及車廂液壓性統檢修等改置項目的前期作業；施工項目詳如附圖 4-1、4-2 所示；二維(XY)掃描成像儀亦可移出微波暗房作業，如圖 3-2 所示。



圖 4- 1　「移動式雷達車」車頂結構加固作業



圖 4- 2 「移動式雷達車」各組件修護及強化作業

下一(113)年度將接續完成 GB-SAR 系統的改置作業，將重建後的 GB-SAR，改置於國立中央大學現有的「移動式雷達車」，滿足更穩定運作平台及更長時效的電源供應。有效達成

一、以「移動式雷達車」作為 GB-SAR 移動載具。

二、利用「移動式雷達車」車頂平台，具選擇性安置重建後 GB-SAR，以獲得更高、更廣的觀測視野。

三、以「移動式雷達車」的內載發電機，提供 GB-SAR 長效、穩定及安全的電力供應需求。

四、執行「GB-SAR 系統的重建與改置」的軟、硬體整合測試，完成 GB-SAR 系統的全般整備作業。待本計劃(112 及 113 年度)完成後，

(一)未來「重建與改置 GB-SAR 系統的觀測實驗」選址以不同波段的 GB-SAR 射頻，嘗試對植披的新穿透效能，尋求最適用於以獲用於台灣地區邊坡偵測的最佳波段配置。

(二)新整合硬、軟體 GB-SAR 及新移動載具的測試評估。

(三)針對戶外實驗試驗區域（預劃為新竹縣尖石鄉秀巒邊坡崩塌地），選址評估後執行。

農業部農村發展及水土保持署 Agency of Rural Development & Soil and Water Conservation, MOA


農業部農村發展及水土保持署
Agency of Rural Development & Soil and Water Conservation, MOA

參考文獻

1. Pieraccini, M., bibliographic review.Remote Sensing, 11(9), 1029.
2. Luzi, G., Imperatore, P., & Riccio, D. (2010). Ground based SAR interferometry: a novel tool for Geoscience. Geoscience and Remote Sensing New Achievements, 508.
3. Takahashi, K., Matsumoto, M., & Sato, M. (2013). Continuous observation of natural-disaster-affected areas using ground-based SAR interferometry. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 6(3), 1286-1294.
4. Gurrala, K. K., & Das, S. (2012). Impact of relay location on the performance of multi-relay cooperative communication. International Journal of Computer Networks and Wireless Communications, 2(2), 226-231.
5. Fei, L., Qinghua, L., Tao, L., & Guangxin, Y. (2007, April). Impact of relay location according to SER for amplify-and-forward cooperative communications. In 2007 International Workshop on Anti-Counterfeiting, Security and Identification (ASID) (pp. 324-327). IEEE.
6. Xue, K., Hong, X., Chen, L., Xiong, J., Shi, J., & Wang, C. X. (2013, December). Performance analysis and resource allocation of heterogeneous cognitive Gaussian relay channels. In 2013 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM) (pp. 1167-1172). IEEE.
7. Tera, A. D., Gurrala, K. K., & Das, S. (2014, March). Power allocation for AF cooperative relaying using particle swarm

optimization. In 2014 International Conference on Green Computing Communication and Electrical Engineering (ICGCCEE) (pp. 1-4). IEEE.

8. Chet, K. V., Kuan, C. B., & Teik, C. H. (2003). Development of a ground-based radar for scattering measurements. IEEE Antennas and Propagation Magazine, 45(2), 36-42.
9. Chet, K. V., Kuan, C. B., & Teik, C. H. (1999, June). Design and development of a scatterometer system for environmental monitoring. In IEEE 1999 International Geoscience and Remote Sensing Symposium. IGARSS'99 (Cat. No. 99CH36293) (Vol. 1, pp. 583-585). IEEE.
10. Tarchi, D, Casagli, N, Moretti, S, et al.: 'Monitoring landslide displacements by using ground based synthetic aperture radar interferometry: application to the ruinon landslide in the Italian Alps', J.Geophys. Res., 2003, 108, (B8),pp. 10–14
11. Rödelsperger, S, Becker, M, Gerstenecker, C, et al.: 'Digital elevation model with the grounded based SAR IBIS-l as basis for volcanic deformation monitoring', J. Geodyn., 2010, 49, (3–4), pp.241–246
12. Pipia, L, Aguasca, A, Fabregas, X, et al.: 'Temporal decorrelation in polarimetric differential interferometry using a ground based SAR sensor', In Proc. IGARSS, Seoul, Korea, 2005, pp. 4108–4111
13. 余騰鐸.（2020）.「應用地基合成孔徑雷達干涉技術於邊坡崩塌預警系統建置」成果報告書 ,水保局 SWCB-109-264。
14. 余騰鐸.（2021）.「應用地基合成孔徑雷達干涉技術於邊坡與土

石流之預警機制偵測」成果報告書 ,水保局 110 保發 -8.1-保-01-06-001(27)。

15. 余騰鐸. (2021). 應用地基合成孔徑雷達干涉技術於邊坡崩塌預警系統建置. 水保技術,15(3), 36-37.
16. Kerr, D. E. (Ed.) , et al. (1987). Propagation of short radio waves , MIT, Radiation Laboratory Series, (Vol. 24). IET.
17. Treuhaft, R. N., & Cloude, S. R. (1999). The structure of oriented vegetation from polarimetric interferometry. IEEE Transactions on geoscience and remote sensing, 37(5), 2620-2624.
18. Bekefi, G., & Barrett, A. H. (1977). Electromagnetic vibrations, waves, and radiation. Mit Press.
19. Burki, J., Ali, T., & Arshad, S. (2013, December). Vector network analyzer (VNA) based synthetic aperture radar (SAR) imaging. In INMIC (pp. 207-212). IEEE.
20. V. T., Nehru, D. N., Pettersson, M. I., & Sjögren, T. K. (2013, September). An experimental ground-based SAR system for studying SAR fundamentals. In Conference Proceedings of 2013 Asia-Pacific Conference on Synthetic Aperture Radar (APSAR) (pp. 424-427). IEEE.
21. Gromek, A. (2014, June). High resolution SAR imaging trials using a handheld vector network analyzer. In 2014 15th International Radar Symposium (IRS) (pp. 1-4). IEEE.
22. Pieraccini, M., & Miccinesi, L. (2019). Ground-based radar

interferometry: A bibliographic review. Remote Sensing, 11(9), 1029.

23. Frukacz, M., & Wieser, A. (2017). On the impact of rockfall catch fences on ground-based radar interferometry. Landslides, 14(4), 1431-1440.
24. Doerry, A. W. (2014). Reflectors for SAR performance testing (No. SAND2014-0882). Sandia National Lab.(SNL-NM), Albuquerque, NM (United States).

農業部農村發展及水土保持署 Agency of Rural Development & Soil and Water Conservation, MOA

附錄

附錄一、審查會議紀錄暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
研提計畫書之計畫內容審查意見：		
一	雷達波波長越長，對植被的穿透率越高，但是空間分辨率也會降低。在試驗各種波長的雷達波之前，建議先進行基本計算，根據量測的距離、植被的密度、概略估算理想的雷達波長範圍。	納入後續執行評估
二	雷達回波訊號的品質，和所使用來接收的天線息息相關，建議善用車輛的優勢，設計一個可以精準指向的天線，來增加收到的訊號品質。	現有二維掃描成像模擬平台，具有X軸、Y軸及Z軸移動能力，另天線連接基座具有「方位方向控制器」，可精確調整天線的「俯視角度」及「斜視角度」，達成審查意見所提列的精準指向需求。
三	將所有儀器設備整合在一台三噸半的卡車上，的確有很多優勢，但是卡車能夠到達的地點，卻又產生了新的限制，尤其是掃描的對象如果在集水區上游的溪溝裡，要如何因應？建議也要詳細討論車輛的限制。	「移動式雷達車」由雷達車廂及3.5噸車頭（動力載具）所組成， 1.作為GB-SAR的移動載具，雷達車廂(車頂)提供觀測平台，可安置GB-SAR執行觀測。

項次	審查意見	回覆辦理情形
		2.現有 GB-SAR 系統及發電機仍可單獨運作，依環境需求就地安置，執行對地觀測。
四	擬解決的問題主要包含GB SAR波長受植被影響，包括各種因素。請說明如何改善現有設備，達到監測效能的提升。	本案「GB-SAR 系統的重建與改置」完成後，將嘗試以不同波段的 GB SAR 射頻，實驗各種植披的穿透效能，尋求最適用於以獲用於台灣地區邊坡偵測的最佳波段配置。
五	以國內自有技術組成GB SAR系統，以取代目前高價之商用系統，頗具發展之必要性。	持續研究辦理。
六	行動式載台與GB SAR系統結合，可使本局行動式觀測站功能更為強化。	持續研究辦理。

項次	審查意見	回覆辦理情形
期中報告內容審查意見：		
一	報告中說明各種軟硬體的特性與功能，但是未見現有設備採用的內容，與擬重建與改置項目，建議分別列表補充，並說明選用的理由。	納入後續執行評估。
二	例如：圖2-1 說明中央大學 “現有”GB-SAR相關設備，但是預計重建的圖2-2、圖2-3等又與現有設備相同，看不出重建為何？現有移動軌道已經是二維(圖2-1、或P2-4文字都說明是二維)，在P3-1的重建作業上又說明以二維取代現有一維水平軌道。請仔細釐清現有設備與重建計畫中更新項目，暨使用本計畫支付預算項目。	1.本校現有滑軌系統實際上具有三維(X、Y 及 Z 軸)運動及控制功能，但考量本計畫案研究旨在探討-利用 VNA 為基礎的 GB-SAR 系統的重建與改置，經參酌相關論文顯示 3D 成像(即 Y 及 Z 軸軌道滑移)有若干限制，且偏離預期目標。 2.故僅探討二維掃描成像平台，其中 X 軸可控制天線左右滑移，利於干涉成像；而 Y 軸僅使用於天線高度調整。 3.修調相關文字敘述。

項次	審查意見	回覆辦理情形
三	P3-5，提及重建Ka、K、Ku、X、C、S或L波段的GB SAR效能，請評估本案需求，採適用的波段。	依審查意見辦理，以探討適用於邊坡偵測波段為主。
四	建議系統組建後的測試規劃，應有完整的測試規劃，並在期末佐以效能測試與校驗成果。	1.依計畫將完成「GB-SAR系統的重建與改置」作業，後續的研究將執行實地測試與校驗。 2.將嘗試以不同波段的 GB SAR 射頻，實驗各種植披的穿透效能，尋求最適用效能，以獲得適用於台灣地區邊坡偵測的最佳波段(或偏極)配置。
五	P1-2，觀測距離一般是「幾」公里，建議能給訂範圍。	應為「數」公里之誤，後續修調文字敘述。
六	P2-1，GB-SAR受植”坡”影響大，錯字請修正。	修正錯(漏)處。
七	P2-1，(一)GB-SAR…文字重覆，另…受植生區域？甚大	修正錯(漏)處及文字敘述。

項次	審查意見	回覆辦理情形
八	P3-2，表3-1使用環境=溫度23±5，濕度80以下，若需現地監測坡面常有高溫及大雨，是否適用？	表 3-1 規格係引用滑軌生產原廠(日商 Device 公司)資料，若使用於高溫及大雨環境，應考量遮蔽物；以確保儀器安全。
九	P3-6，…更「加」的觀測…，應為「佳」。觀測車雙重電力是指輪流使用可達15hrs？其組裝後是否有簡單測試其運行狀況？	1.修正錯(漏)處。 2.二具發電機滿油後，均可運作 7.5 小時；且可單獨支撐GB-SAR系統運作的電功率需求。
十	為因應機關組織改造，機關名稱修正為「農業部農村發展及水土保持署」，報告書封面及內文等請依本署最新範本格式撰寫，相關範本檔案請至本署電子圖書管理中心下載(https://elibrary.ardswc.gov.tw/)。	按審查意見辦理。

項次	審查意見	回覆辦理情形
期末報告內容審查意見：		
一	GB-SAR與發電機同時安裝於車上，請問發電機發電時的震動是否有可能會影響到GB-SAR的監測結果？	1.實務上發電機(發電)運作時震動，車廂因具備液壓承載穩定系統，故不影響GB-SAR 觀測實驗成果。 2.發電機亦可自車廂卸下，獨立安置於地面供電。
二	目前建置GB-SAR之天線波長為1GHz到18GHz，是否有於實驗室測試各波段障礙物穿透率與訊號接收分析，再請補充說明。	實驗室現有全波段(1GHz~18GHz)天線，依後續研究案規劃，陸續執行各波段障礙物穿透率與訊號接收實驗。
三	土石流及大崩發生區有蠻多地方較大型車輛無法到達，是否有考慮輕量化以利山區觀測？	1.移動式雷達車由雷達車廂及 3.5 噸車頭(動力載具)組成，其雷達車廂具液壓承載式(四足)平衡穩定系統，有助於 GB-SAR 觀測運作之成果精度。 2.GB-SAR 定點長期觀測時，可選擇與車頭(載具)分離或合併(置於車廂頂部)方式運作。 3.依實驗進度及作業需求，尚無輕量的規劃考量。

項次	審查意見	回覆辦理情形
四	雷達觀測資料後續應用的規劃如何？希望達到何目標？	雷達觀測資料後續 InSAR 成像處理後，將分析評估各波段的實際穿透力；以求得台灣地區邊坡偵測的最佳適用波段組合。
五	本計畫完成舊設備再次開發及運用，惟其機械設備精度是否有進行校正？後續運用部分是否有適切性規劃，建議納入緒論中說明。	1.本案 GB-SAR 所使用的移動成像軌道(二維掃描成像平台)，為日商 Device 公司產品。依目前使用及測試情形，其機械精度尚符合需求，後續將依經費獲得情形，全盤檢討是否商請原廠調校。 2.加入緒論說明。
六	相關儀器設備重建後是否應校正的一定期間？	1.本案 GB-SAR 所使用的移動成像軌道，目前使用及測試情形，其機械精度尚符合需求；且實驗前需執行測試及設備自我校驗。 2.VNA 依儀器作業手冊，重建時已委請 Agilent (Keysight)代理商調校；後續並需定期校正。

項次	審查意見	回覆辦理情形
七	維護成本評估與操作人員訓練成果？	1 維護成本包括 GB-SAR 設備 (VNA、掃描成像平台、電腦…)及機動雷達車 (3.5 噸車頭、車廂液壓系統、發電機..等)，目前為研究案初期，業務尚未運行，維護成本尚難評估。 2.操作人員為校內研究生及專職博士後研究，後續將開發標準作業程序(SOP)文件，便利作業品質及後續傳承。
八	預期實際觀測作業的內容，以及可能成效？	目前完成實驗室(微波暗房)Ku、C、S 及 L 波段發射及接收試驗，後續年度將測試分析各波段的實際穿透力；求得適用於台灣地區邊坡偵測的最佳波段組合。
九	GB-SAR系統移動式雷達車是移動中使用還是駐車時（停止）使用？	1.GB-SAR 系統使用「移動式雷達車」作為交通載具，GB-SAR 觀測需駐車(於停止狀態下)使用。

項次	審查意見	回覆辦理情形
		2.但可選擇與車頭(載具)分離或合併(置於車廂頂部)方式運作。 3.另「移動式雷達車」於國家太空中心「SAR 車載成像系統研究案」配合 TaiSAR 系統，則是移動中使用(取像)。
十	因內載有發電機裝置，設備運轉之高溫及車箱內之熱效應恐不是散熱風扇可以處理，建議評估配置冷氣或駐車冷氣。	1.「移動式雷達車」為多功能之實驗行動載具，其車尾配置分離式冷氣，以提供車廂空調。 2.另發電機艙已改裝具有獨立排煙及電力風扇排熱系統，實務上測試時發電機運作正常。