

一、前言

測量技術隨著時間日益發展，除了平板儀到高觀測精度的全站儀等傳統地面測量及全球導航衛星系統（Global Navigation Satellite System, GNSS）技術的進步，遙感探測亦是測量技術另一發展的重點。遙感探測顧名思義即是在不需接觸到地表物的情況下，即可獲取地表物的相關資訊，如地表高程、溫度、地表物種類的判識及分類等。遙感探測的感測器種類，一般分為被動式系統及主動式系統，本文介紹雷達即為一種主動式遙測系統。

二、雷達系統之特性

雷達是一種主動式觀測系統，該種系統本身會發送訊號，再接收經過目標物散射後之訊號。雷達訊號使用的波段為微波，微波波長介於1公釐至1公尺之間，因其波長較長，故可穿透雲、雨、霧、濛而不受影響。雷達系統可分為四個種類：（1）側視航照雷達 - Side-Looking Airborne Radar（SLAR）、（2）側視雷達 - Side-Looking Radar（SLR）、（3）真實孔徑雷達 - Real Aperture Radar（RAR）以及（4）合成孔徑雷達 - Synthetic Aperture Radar（SAR），目前使用最多的是合成孔徑雷達的影像（楊龍士等，2006）。

一般光學系統之觀測為接收陽光照射於地表物後，由地表物體反射或散射太陽輻射能，得到地表物反射太陽光輻射能之強度值，因此光學系統在夜間時無法觀測，反觀雷達系統為主動式觀測系統，可主動發送訊號後再接收回波訊號，因此觀測時間不受晝夜限制。此外，一般光學系統，以衛星系統為例，若大氣中含有雲層時，因雲層會直

接反射太陽輻射能，使得雲層下方的地表物缺乏太陽的輻射能而無反射的能量，因此在有雲層的地區僅能記錄到雲層的資訊，該地區的地表資訊則較難判釋；而雷達系統因微波具有穿透雲、雨、霧、濛的效果，因此雷達系統於蒐集地面資訊時不受天候的影響。



圖 1 光學影像（左）與雷達影像（右）（楊佳祥，2011）

另外，有些地表物如瀝青與水體或陰影、樹與矮灌木及草地等於光學影像中難以區分出來，然而上述特徵物因其表面粗糙度及散射訊號能力之不同，有些於雷達影像中可被辨識出來。因此光學影像與雷達影像的相互輔助，對地表物的判識可以有更好的效果。

三、雷達干涉技術（Interferometric Synthetic Aperture Radar, InSAR）

基於雷達的主動式觀測方式，其觀測結果包括雷達回波的振幅（Amplitude）¹ 以及雷達波行進的時間，其中雷達波行進時間以相位（Phase）儲存，其亦隱含著雷達感測器到地表物之間的距離關係。一般我們常見到的雷達影像事實上是雷達回波的振幅影像，而 1 張雷達影像除了儲存雷達回波的振幅資訊外，還儲存了相位資訊。因此雷

¹波的振幅即表示波的強度，因此雷達的振幅影像可看作是雷達回波的強度影像

達影像除了可利用振幅資訊於影像判識外，亦可利用 2 張雷達影像以及雷達干涉技術，透過影像中的相位資訊計算而得到地表高程，精度可達到公尺等級，該技術最早被應用於金星及月球表面的觀測。除了干涉技術外，透過雷達差分干涉技術（Differential Interferometric Aperture Radar, DInSAR）可得到地表的位移量，其精度更可達到公分等級，使得雷達差分干涉技術有更多的運用空間，如地震災害造成之地表變形、地層下陷之監測等。

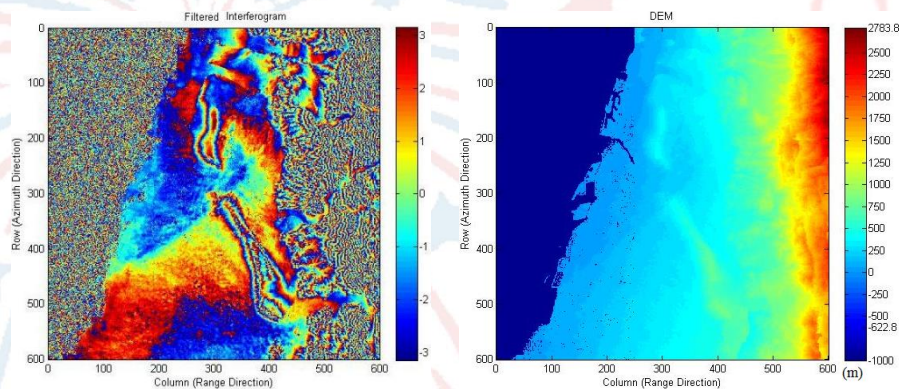


圖 2 透過 2 張雷達影像的相位計算產生 1 張雷達干涉圖（左），並進一步產生數值高程模型（右）（楊佳祥，2011）

四、永久散射體雷達干涉技術(Permanent Scatterers Interferometric Aperture Radar, PSInSAR)

永久散射體雷達干涉技術係於影像取樣範圍中找尋可穩定反射雷達訊號的物體，這些物體稱為永久散射體，並僅針對這些物體於雷達影像形成的圖像點進行計算，因此這項技術比雷達差分干涉技術有更好的精度等級。研究指出，永久散射體雷達干涉技術計算成果與精密水準測量成果具有一致性，顯示其具有監測地表微量變形的良好應用潛力（楊佳祥等，2015）。

五、結語

從雷達影像的判識到雷達干涉技術的發展，可看出雷達測量的技術隨著時間在進步。雖然目前地表高程監控的技術仍以精密水準測量有最高的精度，然而進行水準測量需要大量人力及時間，有些即時性或短週期性的地表變動由水準測量或許是無法觀測出來的。雷達測量技術相信未來在研究人員的努力及實驗下，可再度提升其測量成果精度及可靠度，以雷達干涉測量法的即時性以及節省人力及勞力的優勢，或許在未來可以取代水準測量在地表高程監控的地位，並可進行更多元、更多面向地表變形監測的探究。

參考文獻

1. 楊龍士、雷祖強、周天穎（2006）。遙感探測理論與分析實務。臺北市：文魁資訊。
2. 楊佳祥（2011）。改良式永久散射體雷達干涉法（碩士論文）。國立成功大學測量及空間資訊系統，臺南市。
3. 楊佳祥、蔡展榮、蘇柏宗（2015）。改良型 PS-InSAR 測量法求定臺灣中部地區的地層下陷量。航測及遙測學刊，3，171-187。