

第五章 討論

在討論的部份，本研究將分為二個部份來進行討論。首先針對雲林地區利用雷達差分干涉技術的限制及永久散射體差分干涉方法一所存在的限制及誤差因素；第二部份則利用永久散射體差分干涉技術的法二結果與水準測量做比對驗證。

5-1 技術限制

5-1-1 雷達差分干涉之限制

差分干涉測量的誤差分析是一個值得探討的問題。影響差分干涉成像的因素很多，一般認為會造成誤差的因素包括有大氣效應、軌道偏差、數值高程模型誤差、影像中地物特徵導致的誤差、差分干涉處理過程產生的誤差、主副影像間的殘差等。

誤差模式可概分為兩種，一種是由軌道因素所產生的誤差，另一種是屬於非穩定性的誤差。軌道因素所產生的誤差會在差分干涉圖上產生近平行的干涉條紋，而要避免此種誤差的發生可在處理流程中導入精確軌道資料(precise orbit)。非穩定性(non-stability)的誤差，又可分成兩大類，第一種其發生模式類似雜訊，其誤差量是沿著一個基準值上下跳動，如數值高程模型誤差、合成孔徑雷達影像處理過程誤差、主副影像所產生之殘差與地物對影像造成的誤差(Bamler and Just,1993)。前兩個因素所導致的誤差量往往不及1 公分，而且若是比較單一差分干涉圖中兩個點的相對變化時，此因素所造成的誤差經常可以忽略不計。至於後兩個因素(主副影像所產生之殘差與地物對影像造成的誤差)所造成誤差模式，其中主副影像所產生之殘差與個別影像品質的好壞有關，比對量化結果後發現，除非個別影像的品質極差，否則誤差值並不大。由地物特性對影像造成的誤差量，與監測地區的地物分佈特性有絕對的關係；而且影響的程度會依地物本身的特性而異。這兩項因素所造成的誤差值甚至可到達2 公分。因此針對雲林地區，特別對地面覆蓋物提出說明。

根據多組雲林地區雷達差分干涉結果圖發現，在雲林地區干涉結果都非常不明顯，有干涉環顏色的地方大都位於建築物較多的都市區。因雲林地區其地面覆蓋物絕大部分為植被或稻田，植被對雷達波的散射會有想當程度的影響，不易產生較佳的干涉結果。干涉影像對的同調性係數與此地區的地面散射係數有很大的關係(陳卉瑄，2001)。根據圖5.1可得知雲林地區分為不同幾個覆蓋區，其中主要有三大區域，植被區、水體區、建築物區。

(1) 植被區：圖中紅色部分為植被區，在雲林地區占絕大部分。在雲林東半部大多為山區，而在平原地區多為稻田區，植被對雷達波較易產生散射，加上稻田的生長期約 110 天(陳承昌，2006)，稻草於此時間內有不同的生長變化，因而有空間性誤差(spatial decorrelation)造成此區域影像的同調性降低，無法成像。

(2) 水體區：在此圖之西半部成分大多為海水、魚塭及海埔地。於圖中黑色區域中，魚塭多為鏡面反射體，對雷達訊號的反射成效不佳；加上水體非固定物，同調性影像於時間序列差異甚大，不易維持良好的同調性。

(3) 建築物區：在圖中白色部分為都市區，由於建物密集幾無植被，建築物為一固定體且對雷達回波反射效應而言為良好的地面特性，於同調性也是最佳的地區，較容易有干涉結果。



圖 5.1 雲林地區之不同幾個覆蓋區。紅色為植被區、藍黑色為水體、白色為建



第二種非穩定性誤差的發生模式類似地表的微量變形，其分佈情形通常與地物特性無關，而與大氣條件較有關係。雷達波雖然可以穿透雲霧水氣，但是在穿透過程中仍然會造成電波衰減，因此干涉結果會造成類似地表微量變形的干涉環。這類誤差量可能高達0.4 個干涉條紋，而且很難單純的利用雷達影像資料區分出來，這是目前差分干涉測量較大的限制。於本研究中的差分干涉結果中，發現1997/07/10_1997/06/05這組影像對可能存在大氣效應誤差的影響，而進行討論與分析。

5-1-2 永久散射體差分干涉方法一之限制

針對雲林地區無法在雷達差分測量中得到良好的成果，我們進一步利用永久散射體差分干涉測量來對此區域研究。其中，永久散射體干涉測量法有以下幾項重要的優點：

1. 高精確性：永久散射體干涉測量法使用多張影像進行疊加運算，在影像數目大於一定數量時，量測之雷達視距變化精度可達1mm或更佳(e.g., Colesanti et al., 2003; Hilley et al., 2004; Salvi et al., 2004)。
2. 有效克服大氣因素：一般的雷達差分干涉測量法(DInSAR)很難完全去除大氣因素所造成的測量誤差，然而永久散射體干涉測量技術對於大氣效應引起的誤差可以做有效的去除，使得地表變形資訊清楚呈現。
3. 高空間密度：在一張衛星雷達圖幅內，依據設定條件可找出數百甚至數千個可追蹤的永久散射點，如此的資料密度相對於一般的精密水準測量或GPS測量而言，高出十倍至數十倍。
4. 誤差修正：雷達差分干涉法中存在的地表特徵物、大氣效應、基線長誤差、數值高程模型誤差，可透過永久散射體技術將予以修正。

在永久散射體技術方法一中，根據 Ferretti (2000)提出永久散射體(Permanent Scatterers, PS)的概念，認為基線長短之取決對成像之精度並非主要影響因素，基於需要多量之影像對的考量下，選取影像僅限制為垂直基線長低於 1000 公尺，影像選取時間為主影像和副影像時間的差距。但依據此方法，在雲林地區所得的結果根據表 5.1 發現：於較靠近西部沿海地區，A、B、C 這三區其變形率的範圍較相近於水準測量的結果，而 D、E、F 這三區其誤差相差非常大。

表 5.1 永久差分干涉測量方法一之結果與水準測量結果相比較

	民國 85~88 年平 均下陷率最大 值(cm/yr)	相對最大抬升 率(cm/yr)	相對下陷率 (cm/yr)	相對變形率的 範圍(cm/yr)
A (崙背、褒忠)	6	5.8	1.2	7
B (東勢、褒忠 及元長)	6	4.7	3.5	7.2
C (土庫、虎尾)	7	4.01	3.11	7.12
D (土庫、元長)	7	5.69	5.69	11.38
E (虎尾鎮)	5	3.5	2.56	6.01
F (西螺)	3	4.54	4.12	8.66

5-2 InSAR 與水準結果比較

精密水準測量方法是大地測量中精度較高的方法，本研究採用工研院所提供的資料，水準監測時間為 1996 年 10 月至 1999 年 11 月，表二為水準點之基本資料，雲林地區共有 54 處水準點，本研究利用克立金法內差出研究區域的變化率趨勢。

在永久散射體差分干涉方法二結果中，我們對高鐵通過的雲林土庫地區附近作測試，在圖 5.2 結果中，以此區域水準結果不動點為參考點，相對此參考點，於此區域有幾個明顯的下陷中心，其下陷趨勢呈現均勻趨勢，相對於不動點的下陷率，位於此區域，其變形趨勢是由東往西呈現下陷的現象，最大相對下陷速率為 8 cm/yr，主要下陷中心有兩個地方，一個是靠近此區域的中心位置，另一個則是位於此區域西側的位置位。其下陷率範圍由 3 cm/yr 到 8 cm/yr。再者，工研院所提供根據民國 85 年至 88 年之水準測量，經內差所得之結果，其趨勢由東往

西呈現沉陷的現象，其下陷率變化，4.67 cm/yr ~ 6.67 cm/yr，下陷中心則位於此區域的西南側。將兩者結果(圖 5.3)相比較，從巨觀的角度來討論，兩者趨勢相同，變形區是接往西移動至其下陷中心。

在微觀方面，經由永久散射體差分干涉技術所的点位年變化率資料，此區域的資料是由 284 個 PS 點位所求算出來的；相對於水準測量資料，因此區域沒有水準點，其結果是由其他點位內插出來，PS 點位的精度相較之下，比水準來的精確，推測此為兩者資料部份有差異的原因之一。另外水準資料時段為 1996 年 10 月至 1999 年 11 月，而本研究的時段位於 1996 年 2 月至 1999 年 7 月，時段有部份不相同，推測此亦有可能是差異原因之一。最後本研究分析重點永久散射體差分干涉部份，整體趨勢來說西側相對東側，沉陷的情形來的嚴重，高速鐵路正好經過此區域的中心位置，東西兩側地形的落差將會對高速鐵路行駛安全有所影響。

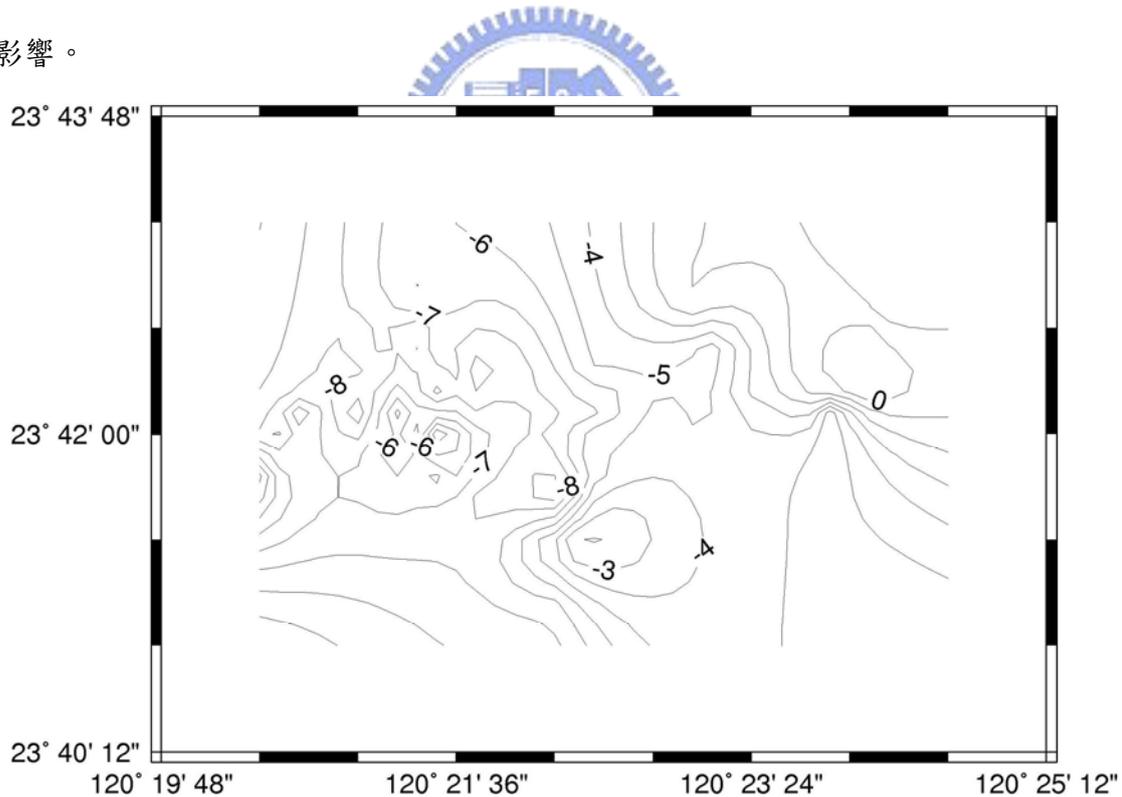


圖 5.2 PS 結果之年平均下陷速率圖(單位：cm/year)。

